

Конспект лекцій з навчальної дисципліни
«Засоби автоматики і телемеханіки»
для здобувачів вищої освіти за освітнім
ступенем магістр за спеціальністю 275
«Транспортні технології»

Розробив доц. кафедри ТТ
НУ «Запорізька політехніка»
Вячеслав Трушевський

1 Основні поняття та визначення. Функції елементів автоматики

Автоматика – це галузь науки і техніки, що охоплює теорію та принципи побудови автоматичних і автоматизованих систем.

Автоматичні системи – це такі системи, що виконують свої основні функції без безпосередньої участі людини.

Автоматизовані системи – це такі системи що виконують свої основні функції за безпосередньої участі людини.

Телемеханіка – галузь науки і техніки, що охоплює теорію та принципи побудови пристроїв, що перетворюють інформацію у сигнали та передають її на відстань по лініях зв'язку для вимірювання, сигналізації та управління без безпосередньої участі людини.

Залежно від **функцій**, що їх виконують системи автоматики, їх можна поділити на системи **контролю** та системи регулювання (**управління**).

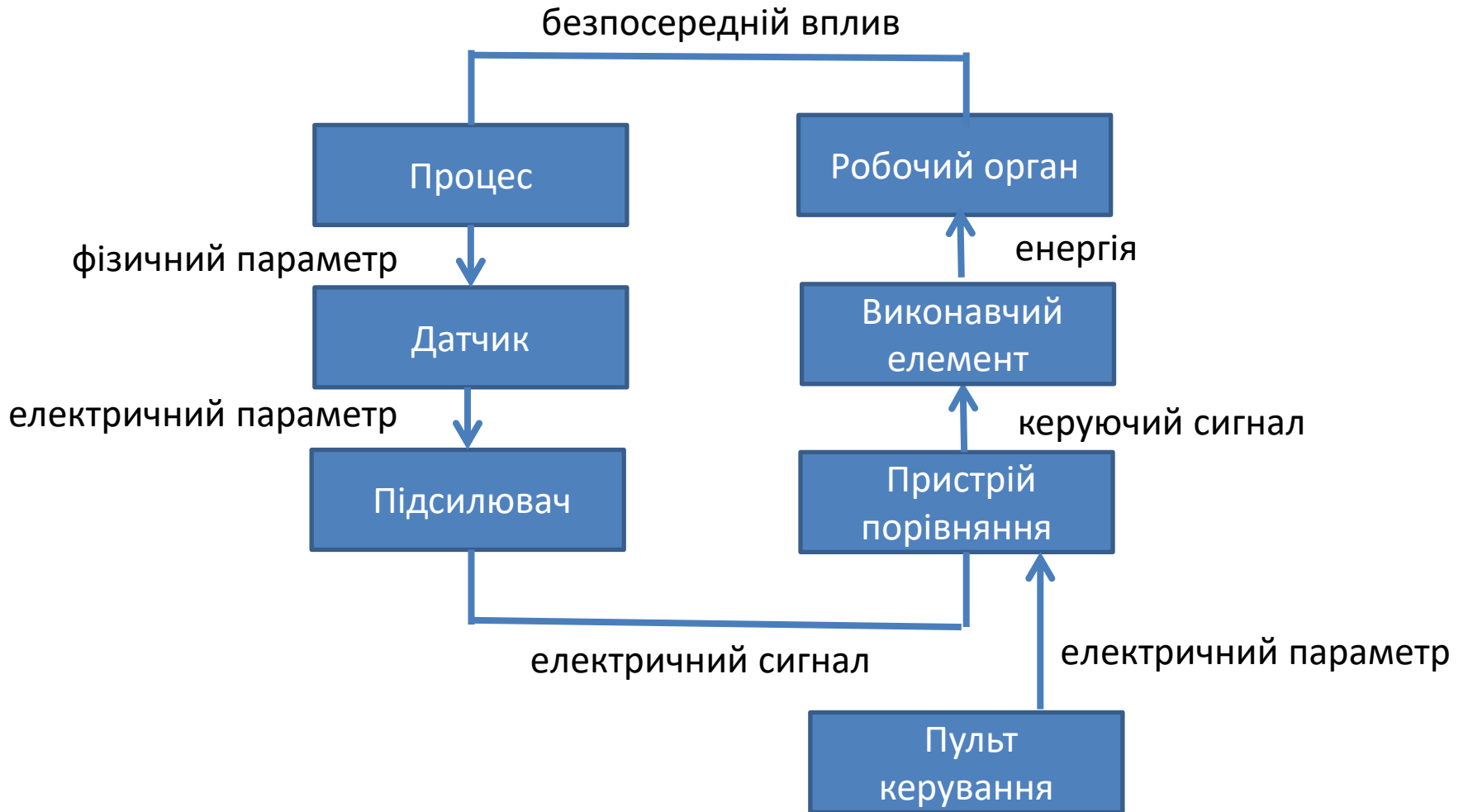


Схема автоматичної (автоматизованої) системи

Датчик – це первинний інформаційний перетворювач, пристрій, що перетворює контрольовану або регульовану фізичну величину у сигнал такого виду, що є найбільш зручним для впливу на наступні за схемою елементи автоматики, телемеханіки та обчислювальної техніки.

Регулятор – це елемент, який має керуючий вплив.

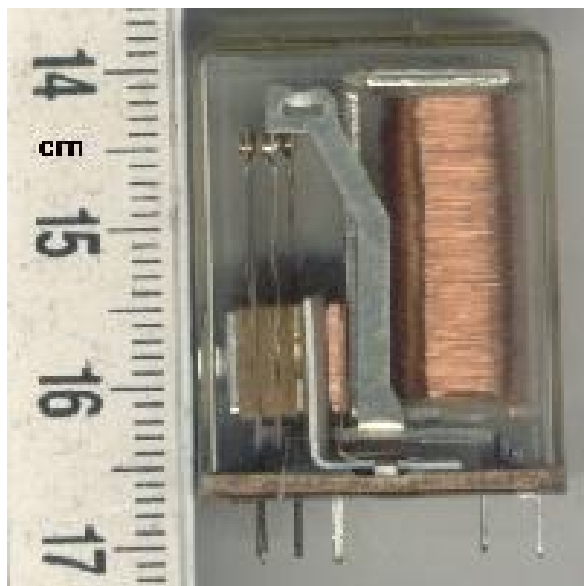
Виконавчі елементи – це елементи, що перетворюють керуючий сигнал на певну дію або енергію.

Двигун – це пристрій, що виконує перетворення енергії певного виду у механічне переміщення.

Підсилювач – це елемент, що за рахунок зовнішнього джерела енергії створює потужну копію вхідного сигналу. При цьому вхідний та вихідний сигнали мають однакову фізичну природу.

Стабілізатори – це елементи, що забезпечують утримання в встановленому діапазоні значення певної фізичної величини за рахунок накопичення енергії або збалансування різних параметрів одного процесу.

З метою комутації електричних ланцюгів, управління різними за видом та значеннями струмом в автоматичних системах застосовується комунікаційна апаратура. До неї належать: **реле, контактори, магнітні пускачі.**



Реле електромагнітне

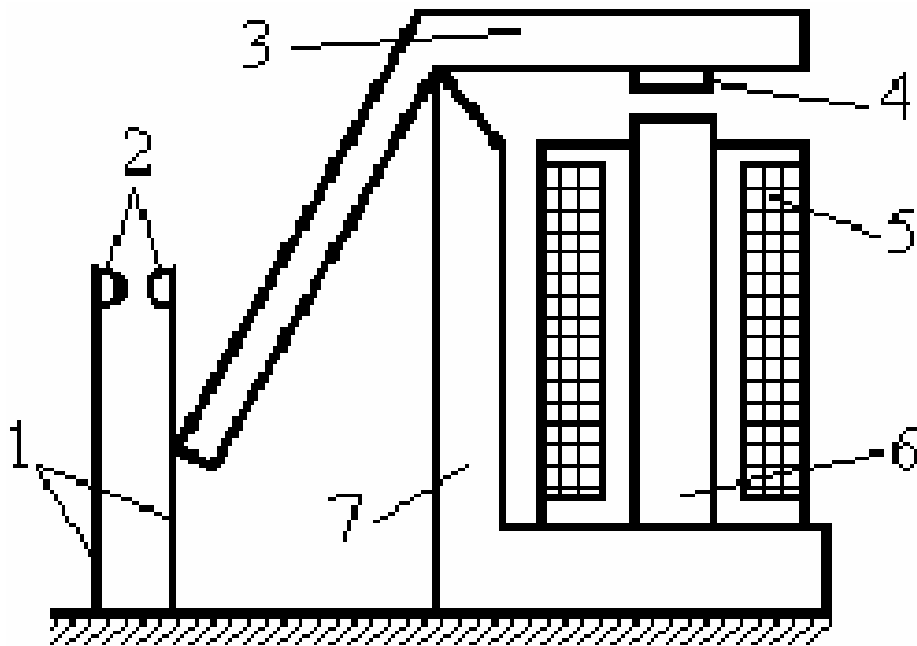


Контактор

Реле – це елемент, в якому поступова зміна вхідної величини перетворюється у стрибкоподібну зміну вихідної величини.

Контактор – це електромагнітне реле, що має потужну контактну систему. Потужність, що комутується дорівнює кільком кіловатам.

Магнітний пускач – це контактор, що має тепловий датчик для захисту двигуна від перегріву та спеціальну схему для управління натисненням кнопок.

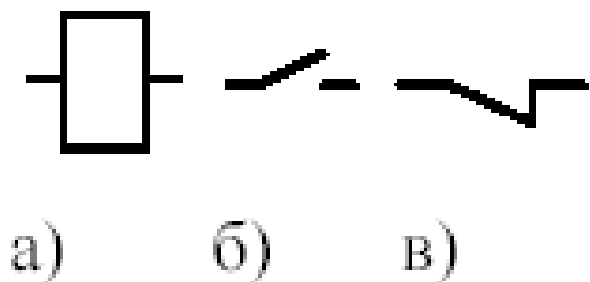


- 1 – контактна група
- 2 – контакти
- 3 – явір
- 4 – латунний штифт
- 5 – обмотка
- 6 – сердечник
- 7 – ярмо.

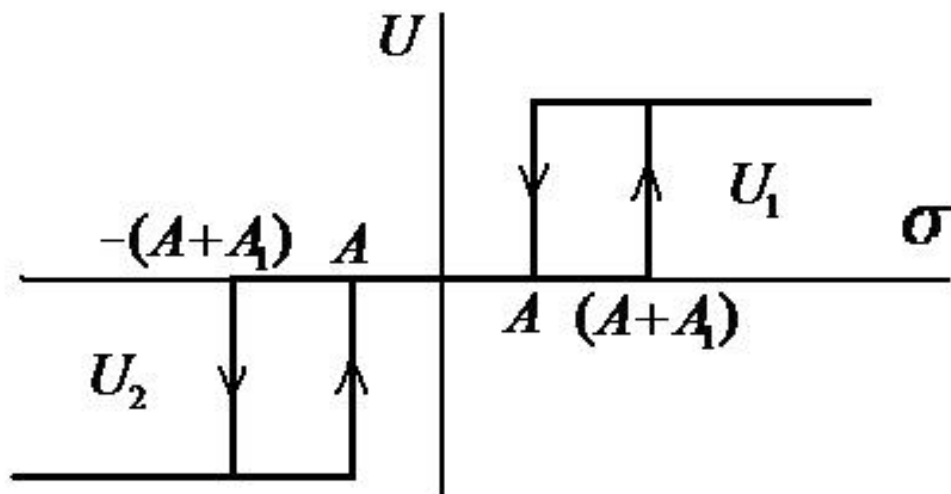
Схема електромагнітного реле

Нормально розімкнені контакти – це такі контакти, що розімкнені, коли на обмотці немає напруги.

Нормально замкнені контакти – це такі контакти, що замкнені, коли на обмотці немає напруги.



Позначення на електричній схемі
а) обмотка реле
б) нормально розімкнені контакти
в) нормально замкнені контакти



Релейна характеристика елемента
 $A+A_1$ – величина спрацювання
 A – величина відпускання
У разі подальшого збільшення
(зменшення) A - **пробій**

Основні характеристики реле

Величина спрацювання

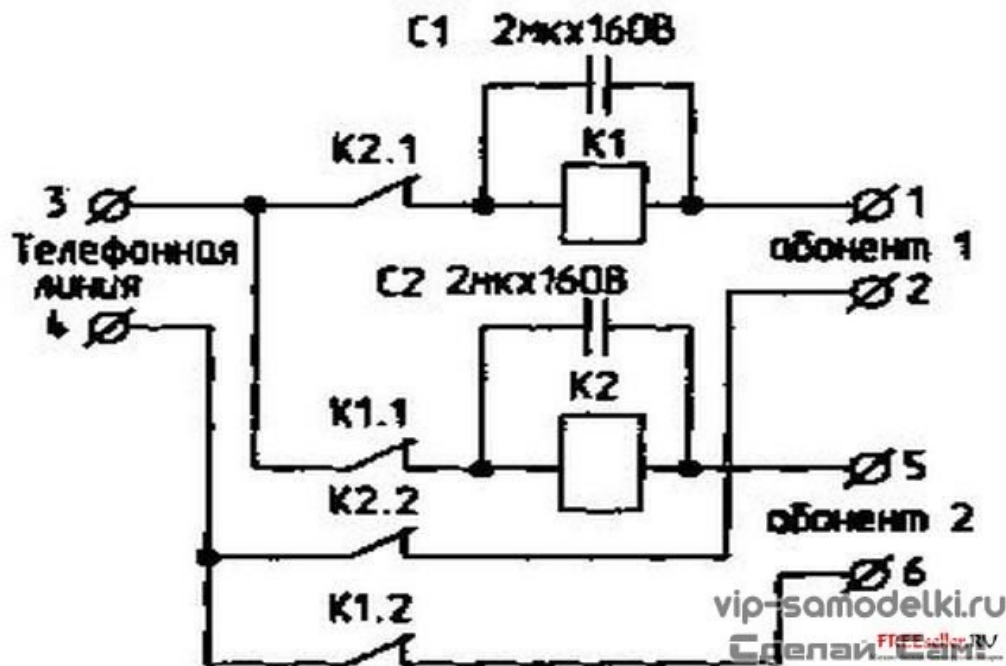
Потужність спрацювання

Керована потужність (мала – до 25 Вт; середня – до 100Вт ; підвищена – більше 100 Вт – контактори)

Час спрацювання

За типом вхідного електричного струму розрізняють **реле постійного струму** та **реле змінного струму**.

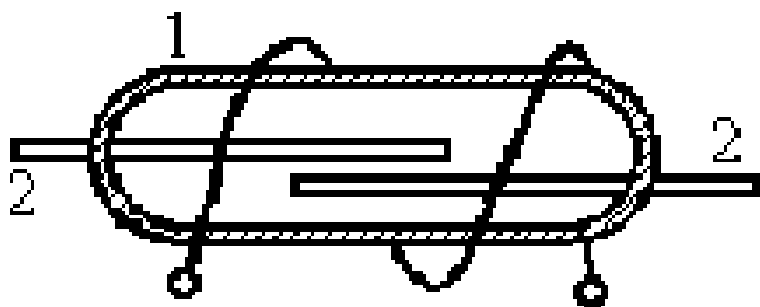
Поляризоване реле – це реле постійного струму, що, залежно від полярності вхідного сигналу вмикає та розмикає різні контактні групи.



Нейтральне реле – це реле постійного струму, що вмикає та розмикає контактні групи незалежно від полярності вхідного сигналу .

Безконтактне реле – це реле, що діє на вихідний електричний ланцюг шляхом стрибкоподібної зміни параметрів певних параметрів (опору, індуктивності, ємності).

Геркон (герметичний контакт) – це електромагнітне реле з герметизованими контактами.

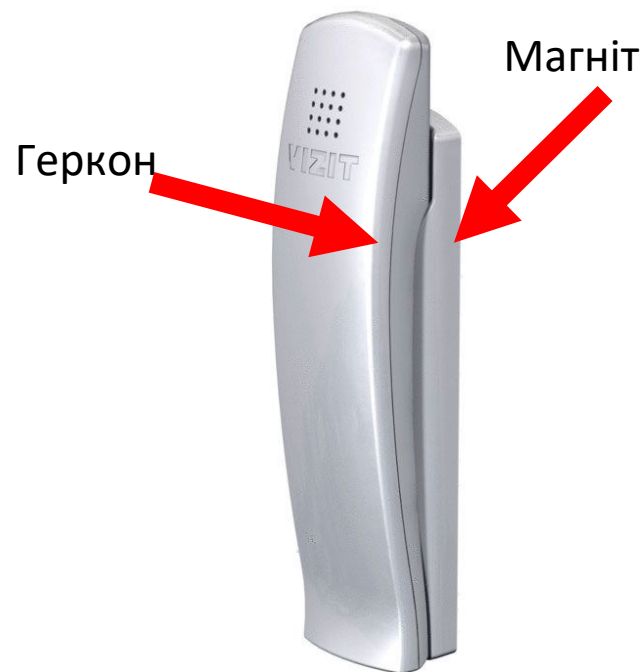


Геркон

1 – ампула

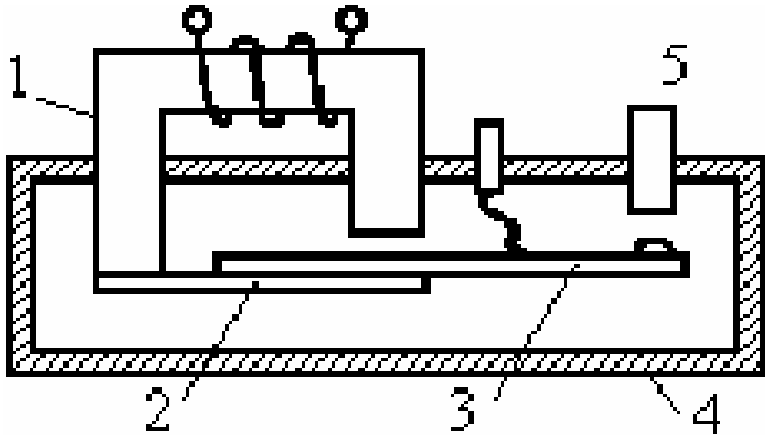
2 – пластинка

Навколо пластинки – обмотка. За наявності обмотки, геркосин це – **герконове реле**.



Домофон

Геркосин (герметичний контакт силовий) – це контактний пристрій, розміщений в герметичній оболонці.



Геркосин

- 1 – електромагніт
- 2 – якор з пружиною
- 3 – рухомий контакт
- 4 – герметичний корпус
- 5 - нерухомий контакт

Закислення контактів



2 Типи електричних датчиків

За допомогою датчиків контрольована чи регульована величина перетворюється у сигнал, залежно від зміни якого відбувається весь подальший процес управління.

Електричні датчики поділяються на **датчики електричних величин** та **датчики неелектричних величин**.

За вхідними фізичними величинами, що підлягають перетворенню датчики бувають:

- електричні та магнітні;
- теплових величин;
- механічних величин;
- оптичних параметрів;
- форми та розмірів;
- акустичних величин;
- концентрації та складу;
- іонізуючого випромінення.

За видом вихідного сигналу датчики бувають:

дискретні;
аналогові;
цифрові;
імпульсні.

Статичні характеристики датчиків

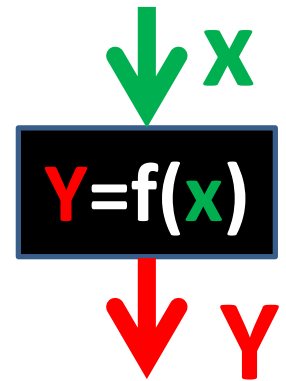
Передатна функція – це теоретична залежність між величинами вхідного та вихідного сигналу датчика.

$Y = a + bx$ - лінійна характеристика датчика

a – постійна складова (рівень вихідного сигналу при нульовій величині вхідного)
b – чутливість датчика.

Точність (максимальна абсолютна похибка) – це максимальна величина різниці між показами реального та ідеального датчиків.

Для визначення реальних параметрів передатної функції проводиться калібрування датчика із застосуванням еталонів.



Статичні характеристики датчиків

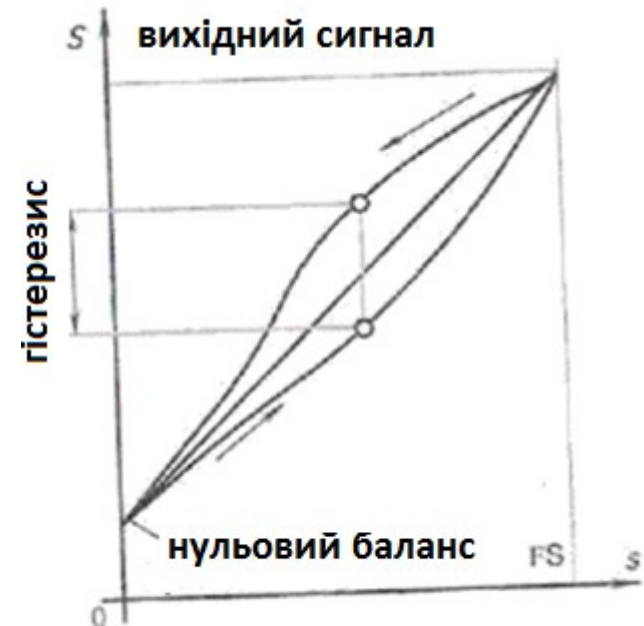
Відтворюваність – це здатність датчика видавати ідентичні результати при однакових умовах роботи.

Дозволяюча здатність – це мінімальна зміна вхідної величини, що викликає зміну вихідної величини.

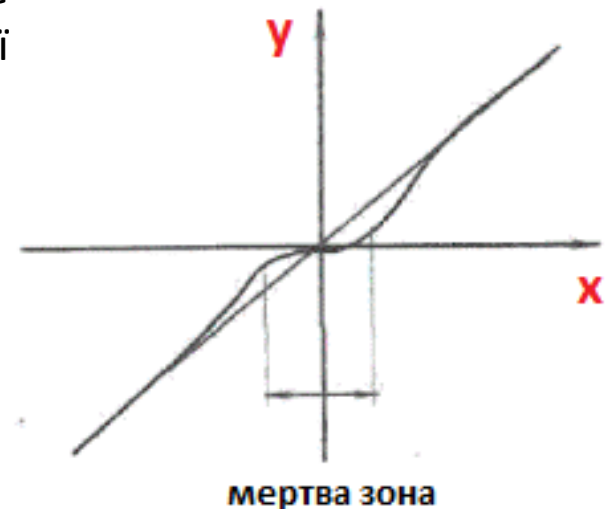
Надійність – здатність датчика виконувати свої функції при дотриманні заданих умов впродовж певного проміжку часу. Або **імовірність** того, що пристрій буде функціонувати безвідмовного протягом певної кількості циклів або впродовж певного часу.

Гістерезис – це різниця значень вихідного сигналу для однакового вхідного сигналу, одержана при його збільшенні та зменшенні.

Мертва зона – це зона нечутливості датчика до певного діапазону вхідних сигналів. У цій зоні величина вихідного сигналу практично постійна.



Гістерезис датчика

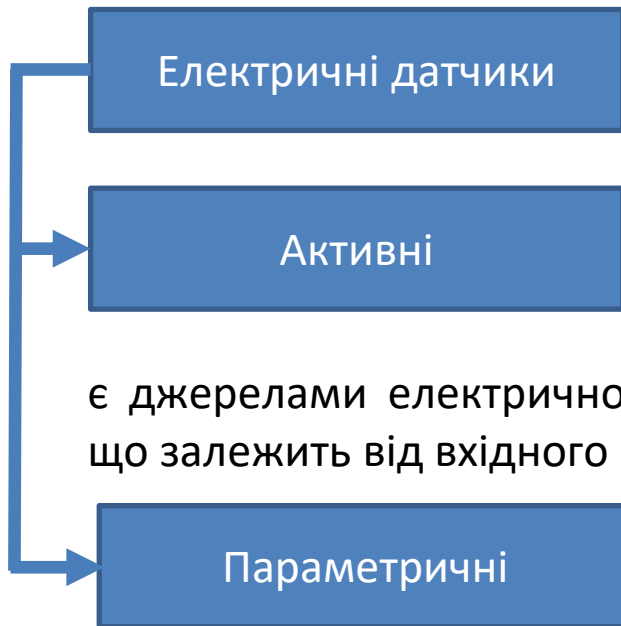


Мертва зона датчика₁₃

Динамічні характеристики датчиків

Частота зрізу – це найменша та найбільша частоти зовнішніх впливів, що їх датчик може сприймати без викривлень.

Фазовий зсув – це показник відставання вихідного сигналу від вхідного.



за характером формування вихідного сигналу

є джерелами електричної енергії, що залежить від вхідного сигналу

зміна вхідного сигналу викликає зміну параметра електричної мережі



термопара



детектор руху

Класифікація електричних датчиків

За принципом роботи:

- контактні
- потенціометричні
- тензометричні
- електромагнітні
- п'єзоелектричні
- ємкісні
- термоелектричні
- фотоелектричні
- ультразвукові



ультразвуковий датчик (радар)



контактний датчик



потенціометричний датчик

Класифікація електричних датчиків

За характером зміни вихідного сигналу

- неперевні
- дискретні

Потенціометричний датчик призначено для перетворення переміщення в електричний сигнал за допомогою реостата

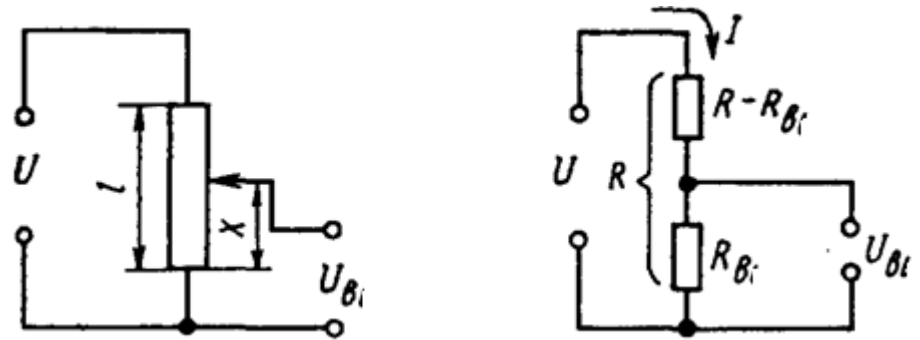


Схема підключення та проходження струму

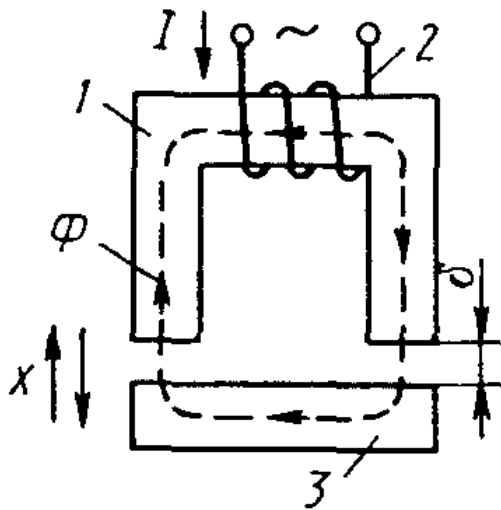
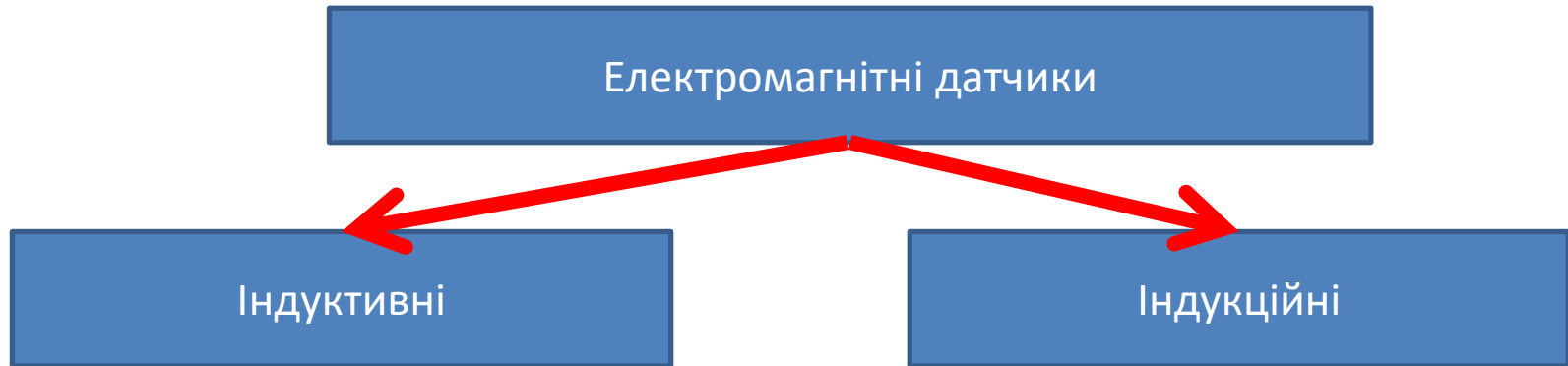
Тензометричний датчик призначено для вимірювання механічних напружень та деформацій. Працює за рахунок зміни активного електричного опору при деформації.



тензометричні ваги



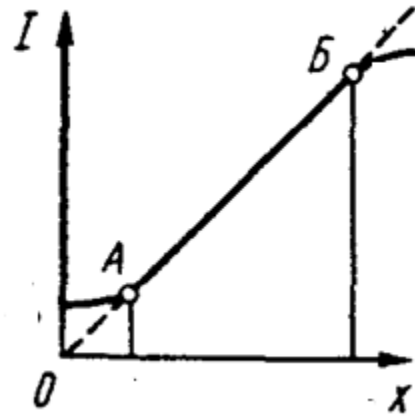
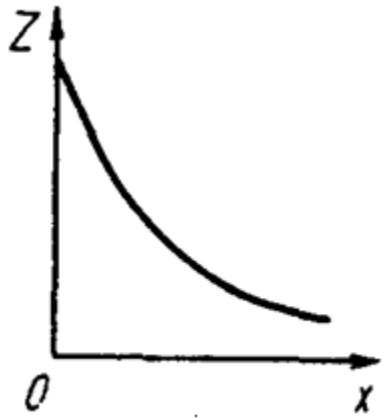
Електромагнітні датчики призначено для перетворення переміщення в електричний сигнал за рахунок зміни параметрів електричної мережі.



1 – сердечник; 2 – обмотка; 3 – якорь;
Φ – магнітний потік; I – сила струму; x – вертикальне переміщення якоря; δ - зазор

Переміщення якоря змінює магнітний опір ланцюга, що складається з сердечника, якоря і зазора. Оскільки струм змінний, то зі збільшенням зазора магнітний опір збільшується, а індуктивний – зменшується, сила струму зростає.

індуктивний датчик



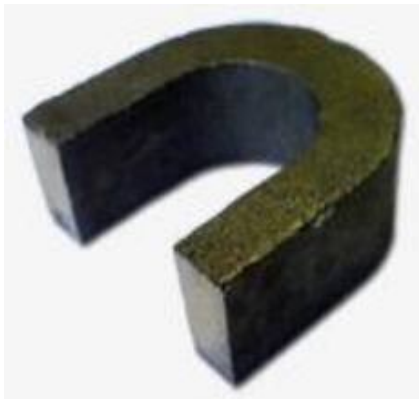
Z – електричний опір; x – переміщення;
 I – сила струму

На ділянці АБ датчик має лінійну характеристику. Зліва від А – зона нечутливості; праворуч від Б – зона насичення.

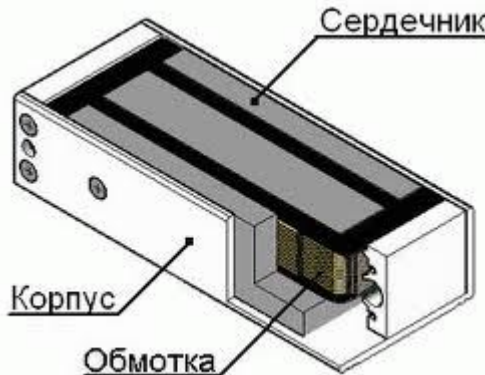
Характеристики індуктивного датчика

Індукційні датчики призначено для перетворення *швидкості* лінійних переміщень в ЕРС. Це датчики генераторного типу. Принцип їх дії базується на *електромагнітній індукції*.

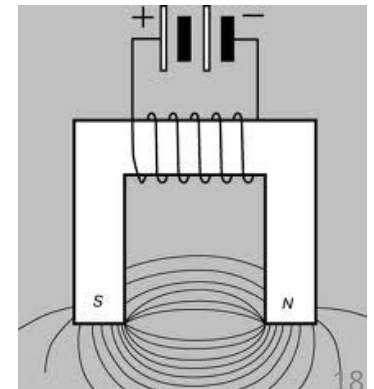
На відміну від індуктивних, в індукційних датчиках застосовується *постійне* магнітне поле що утворюється постійними магнітами або електромагнітами постійного струму.



Постійний магніт



Електромагніт



Підключення електромагніта

Дія п'єзоелектричних датчиків базується на п'єзоєфекті.

П'єзоелектричний ефект – це поява електричних зарядів на гранях кристалів деяких речовин при стисненні кристала у певному напрямку.

Кількість зарядів залежить від сили стиснення. Ці датчики генераторні.

Під час подачі напруги на такі кристали вони стискаються, це зветься зворотним п'єзоєфектом і використовується в ультразвукових генераторах.



гітарний



П'єзоелектричні звукодатчики

електрофонний

Терморезистори – це параметричні температурні датчики, активний електричний опір яких залежить від температури.

Терморезистор підігрівається електричним струмом, що проходить крізь нього, при цьому його температура залежить від інтенсивності теплообміну з навколишнім середовищем.

Терморезистор характеризується **температурним коефіцієнтом електричного опору**, значення якого перебувають у межах $(4 - 6,5) * 10^{-3}$ 1/градус



терморезистори

Термоелектричні датчики є датчиками генераторного типу, принцип дії яких засновано на явищі **термоелектричної ЕРС**.



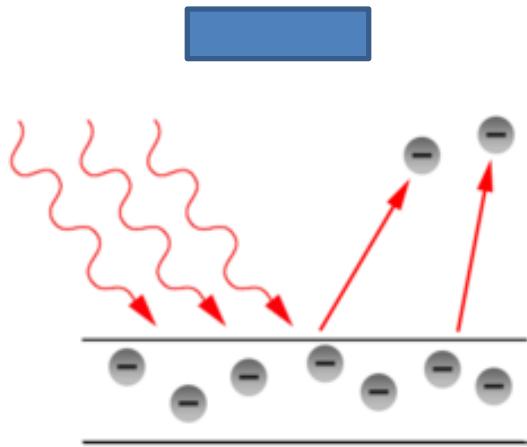
термопара

Фотоелектричні датчики реагують на зміну освітленості і складаються з джерела та приймача світлового потоку. Однак, в деяких випадках, джерелу світлового потоку може бути зовнішнім (ліхтарі, сонце, автомобільні фари).

Фотоелемент – це датчик, що перетворює світлову енергію у електричну. В основі цього перетворення лежить явище фотоелектру.

Фотоелектр – явище «вибивання» світлом електронів із металів.

Всі фотодатчики є селективними, тобто реагують на певний діапазон довжин світлових хвиль, наприклад видиме світло знаходиться у діапазоні 0,38-0,78 мкм.



фотоелектр



фотоелемент

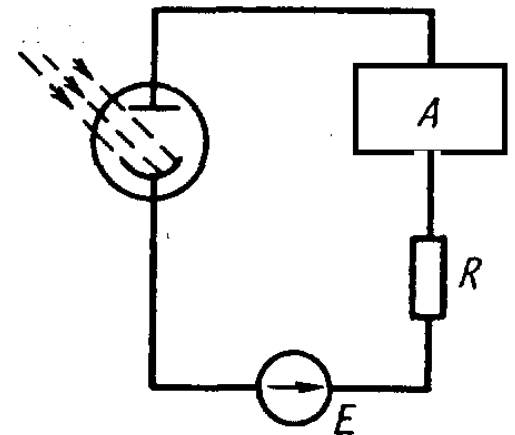


схема підключення

Піро́метр (рос. пирометр) - прилад для безконтактного вимірювання температури непрозорих тіл за їх випроміненням в оптичному діапазоні спектру. Принцип дії полягає на вимірюванні потужності теплового випромінення об'єкта вимірювання.



піродатчик

Принцип дії датчика іонізації середовища засновано на *зміні електричної провідності* середовища внаслідок збільшення кількості іонів у ньому.

Оскільки процес горіння супроводжується іонізацією, то можливо застосовувати такі датчики для контролю виникнення та припинення горіння.



застосування датчику полум'я



датчик іонізації

Лічильник Гейгера — детектор радіоактивного випромінювання на основі іонізаційної камери, призначений для реєстрації бета- та гамма-променів, може бути прилаштований для реєстрації альфа-частинок і нейтронів.



радіометр



схема радіометра



Електролічильник — електричний вимірювальний прилад, засіб обліку спожитої електричної енергії змінного або постійного струму.

Лічильники поділяються на *індукційні та електронні*.

Принцип дії індукційних приладів обліку полягає у взаємодії магнітного поля обмоток з вихревими струмами, що наводяться цими полями в алюмінієвому диску.

Вісь приладу з'єднана з лічильним механізмом, який вимірює частоту обертання диска. Частота обертання диска пропорційна потужності навантаження, а кількість обертів пропорційна кількості електричної енергії, що проходить через прилад. Передаточне число лічильного механізму підібрано так, що покази лічильника відповідають кількості використаної електроенергії, вираженій у кВт • год.

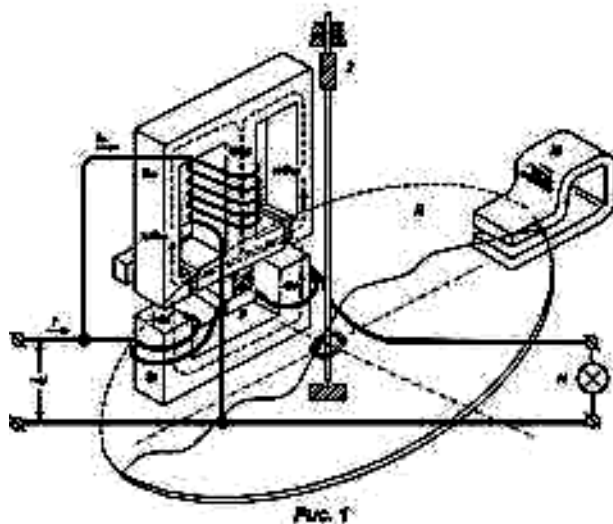


Схема індукційного лічильника



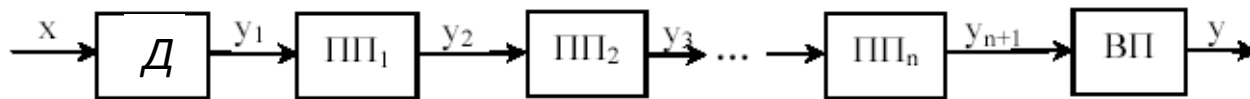
Електролічильники:
індукційний та електронний



3 Вимірювальні схеми

Вимірювальні схеми – це схеми поєднання датчиків, що застосовуються для вдосконалення перетворення вимірюваних величин в електричні, поліпшення їх подальшої обробки, підсилення, передавання.

Вони поділяються на типи залежно від способу поєднання датчиків у схемі.



Послідовна вимірювальна схема

D – датчик,
 $ПП_1, ПП_2, \dots, ПП_n$ – проміжні перетворювачі,
 $ВП$ – вихідний перетворювач.

У послідовній схемі датчик вимірює контрольовану величину та виробляє сигнал пропорційно до значення цієї величини.

Проміжні перетворювачі виконують кілька послідовних перетворень, в тому числі можуть змінювати тип сигналу (механічний, оптичний, електричний).

Вихідний перетворювач погоджує вихідний сигнал з вхідними величинами наступного пристрою у схемі.

Електродна послідовна вимірювальна схема рівня рідини

Електродний датчик використовується для контролю рівня струмопровідної рідин, що не є вогне- та вибохонебезпечними.

Позначення на схемі:

1 – короткий електрод (контакт верхнього рівня рідини)

2,3 – довгі електроди (контакти нижнього рівня рідини)

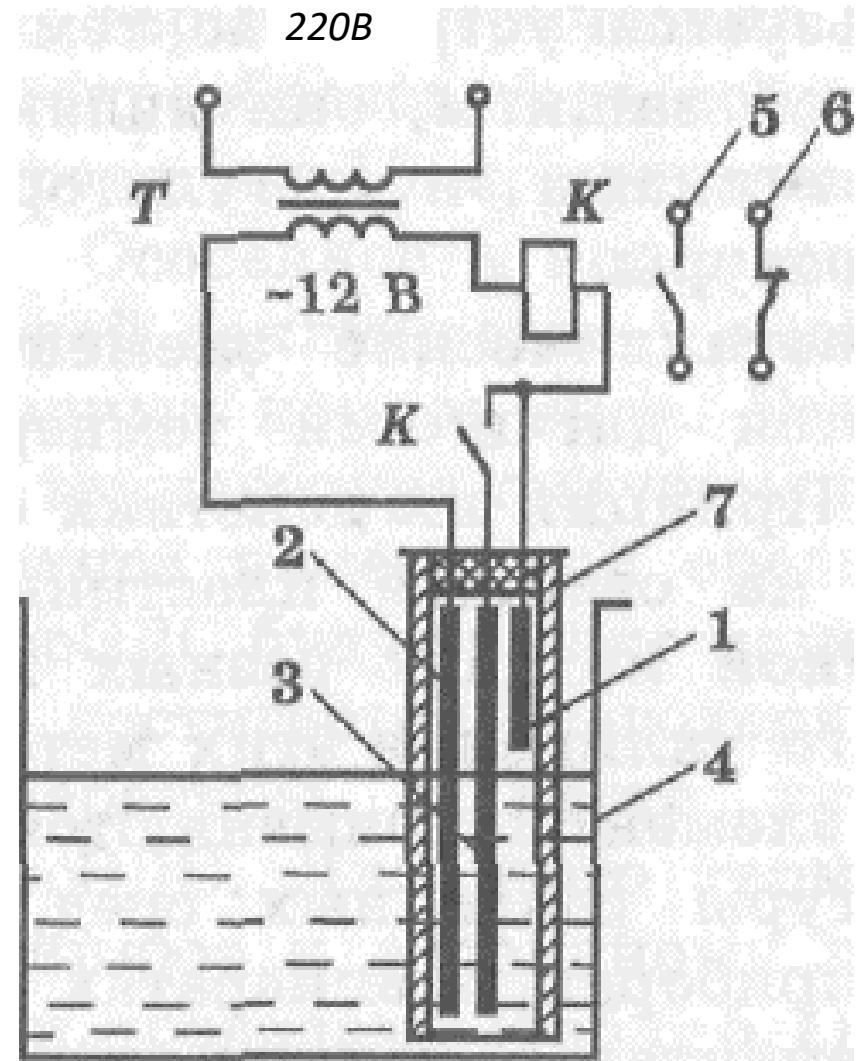
4 – резервуар

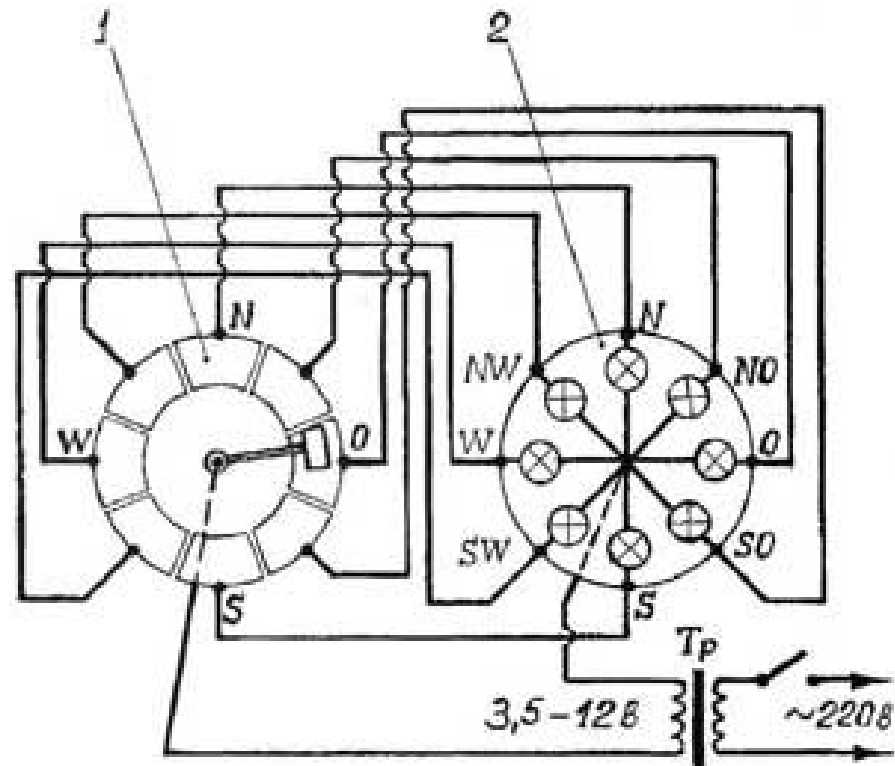
5,6 – контактні групи реле

7 – корпус датчика.

Коли рівень рідини нижче за нижні електроди, двигун вмикається через реле, і pompa заповнює резервуар.

Коли рівень досягає верхнього електрода, обмотка реле знеструмлюється, двигун вимикається.





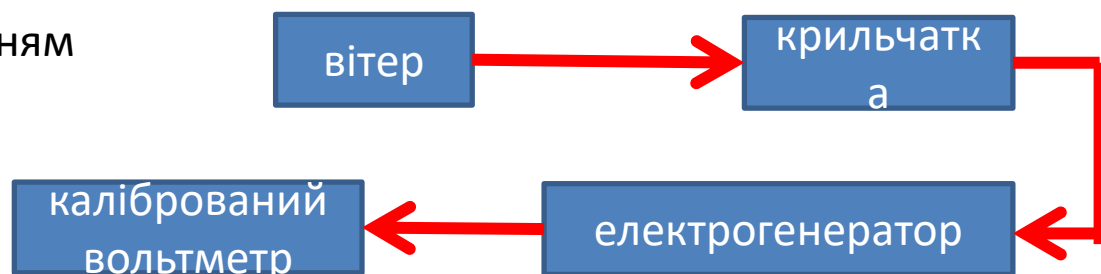
Електрична схема показує напрям вітру, що його фіксує флюгер, на електричному світловому табло.

Флюгер, насаджений на вал перемикача, повертаючись, змінює його положення, переміщуючи рухомий контакт. Контакт замикає відповідний електричний ланцюг, що забезпечує підсвічування певного сектора табло, який відповідає напрямку вітру.

У разі необхідності систему може бути доповнено генераторним датчиком швидкості вітру, зібраного на електричній машині постійного струму.

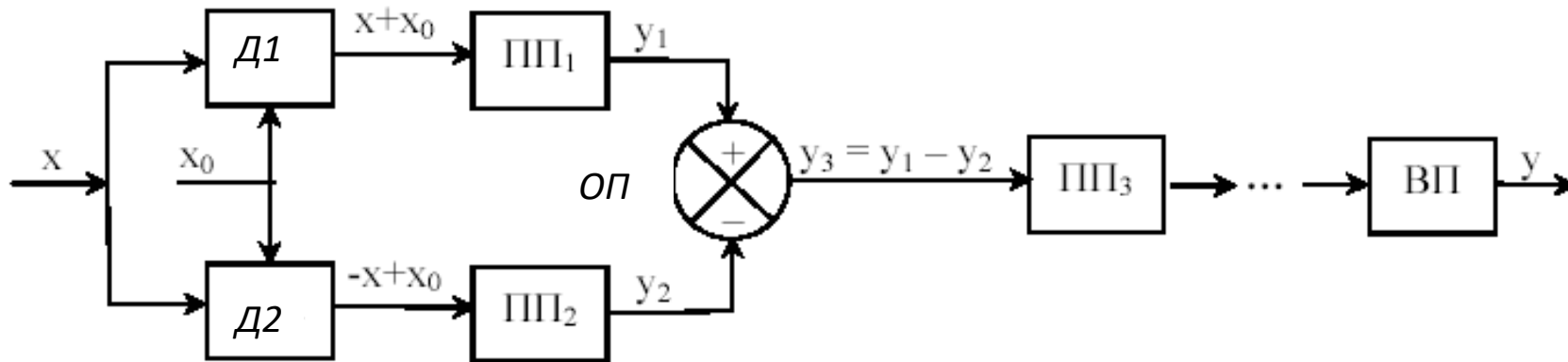
Схема електрична принципова з телеавтоматичним передаванням інформації на світлове табло

1 – колекторний перемикач;
2 – світлова схема.



Функціональна схема датчика швидкості вітру

Диференційна схема застосовується для зниження величини *похибки* вимірювання, що виникає під впливом зовнішніх факторів.



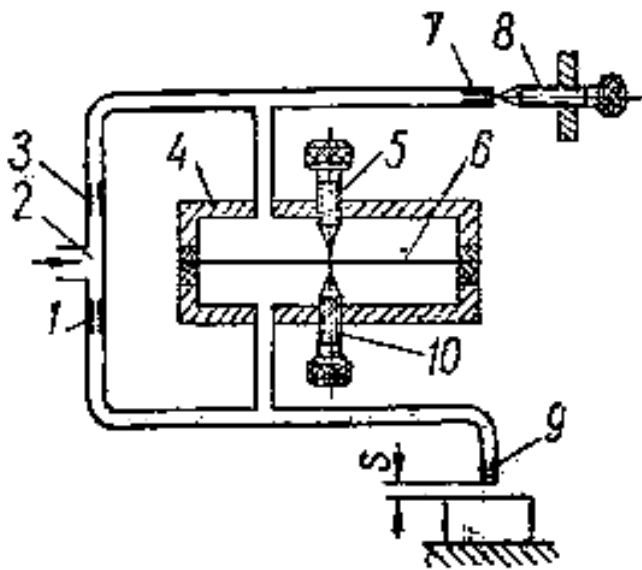
Диференційна схема

Д1, Д2 – датчики;

ПП1, ПП2, ПП3 – проміжні перетворювачі;

ОП – орган порівняння;

ВП – вихідний перетворювач.



Диференційна схема мембранного датчика

Мембранний датчик тиску працює за *диференційною схемою*.

Повітря потрапляє в пневматичну мережу через отвір **2** і далі йде в двох напрямках: через трубопровід **1** до сопла **9** та через трубопровід **3** до сопла **7**, що регулюється гвинтом **8**.

Перерізи обох сопел однакові. Дві гілки трубопроводів поєднуються камерою **4**, в якій знаходиться мембранний датчик **6**.

Якщо тиск в обох гілках рівний, мембрана знаходиться в середньому положенні; якщо він змінюється в якійсь з гілок, то мембрана переміщується в бік цієї гілки, замикаючи електричні контакти **5** або **10**.

Величина, що вимірюється, діє одночасно на два однакових датчики Д1 та Д2, вихідні сигнали з яких мають протилежні знаки: $+x$ та $-x$.

Крім того, на датчики діє послідовне зовнішнє збурення x_0 .

На вхід ПП1 подається $(x+x_0)$, на вхід ПП2 $(-x+x_0)$.

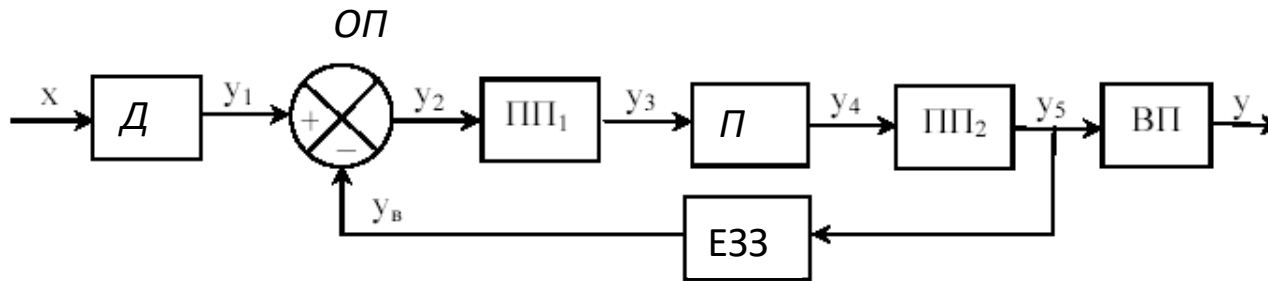
На виході ПП1 отримуємо $y_1 = k(x+x_0)$, на виході ПП2 $y_2 = k(-x+x_0)$.

$$y_1 - y_2 = kx + kx_0 + kx - kx_0$$

Після віднімання сигналів на виході ОП отримуємо : $y_3 = y_1 - y_2 = 2kx$.

Висновок: диференційна схема забезпечує зменшення систематичних похибок вимірювання.

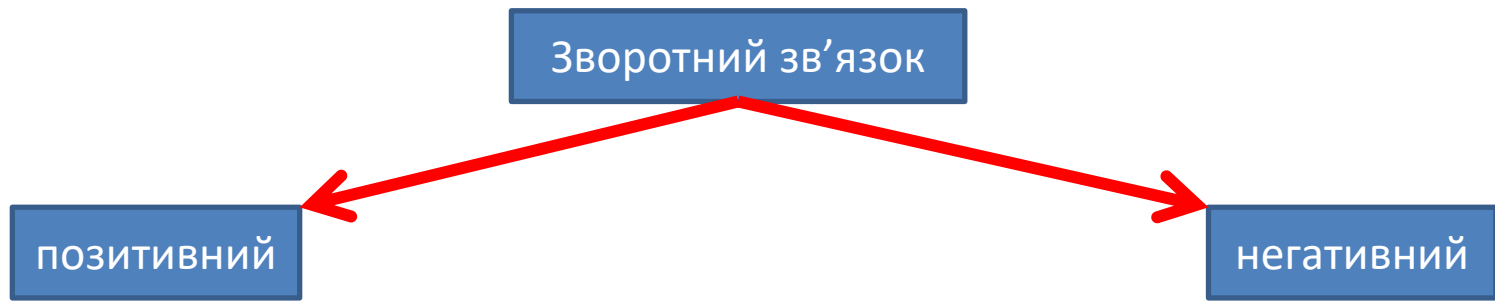
Компенсаційні схеми підключення датчиків засновано на принципі автоматичного *врівноваження* величини, що вимірюється, компенсуючою величиною того ж роду, яке може здійснюватися безпосередньо або після попереднього перетворення її чутливим елементом.



Д – датчик; **ОП** – орган порівняння; **ПП** – проміжний перетворювач; **П** - підсилювач; **ВП** – вихідний перетворювач; **ЕЗЗ** – елемент зворотного зв'язку

Зворотний зв'язок — вплив результату функціонування якої-небудь системи на характер її подальшого функціонування





збільшує вихідний сигнал

зменшує вихідний сигнал

Позитивний зворотний зв'язок реалізується шляхом передачі на вхід системи частини вихідного сигналу таким чином, що сигнал зворотного зв'язку збігається у фазі з вхідним сигналом, що є еквівалентним *збільшенню вхідного сигналу*.

Негативний зворотний зв'язок реалізується шляхом передачі на вхід системи частини вихідного сигналу таким чином, що сигнал зворотного зв'язку знаходиться у протифазі з вхідним сигналом, що є еквівалентним зменшенню вхідного сигналу, що призводить до зниження коефіцієнта підсилення системи, але при цьому також підвищується стійкість системи та зменшується похибка та інерційність системи.

Нехай вхідний сигнал u і вихідний сигнал U певного об'єкта (чорної скриньки) зв'язані лінійним співвідношенням

$$U = ku.$$

де k — коефіцієнт підсилення.

Якщо на вхід системи подати крім сигналу u ще й частково сигнал із виходу, так що загальний вхідний сигнал стане $u + \alpha U$, де α — певний коефіцієнт зворотного зв'язку, то отримаємо

$$U = k(u + \alpha U).$$

У такому разі вихідний сигнал визначатиметься формулою

$$U = \frac{ku}{1 - k\alpha}.$$

При додатних значеннях α вихідний сигнал посилюватиметься, але стабільність падатиме. При $\alpha = 1/k$ вихідний сигнал стане нескінченно великим (насправді в такому разі система вийде з лінійного режиму).

При від'ємних значеннях α підсилення зменшується й система стабілізується.

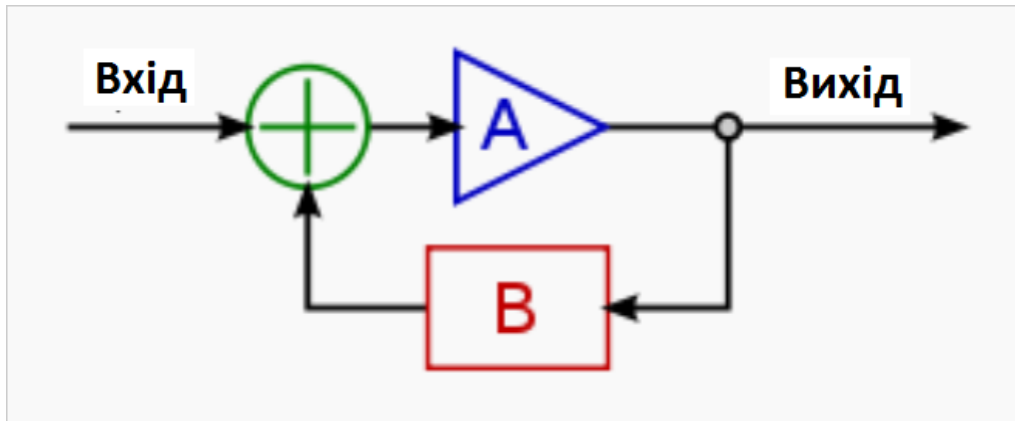


Схема з елементом зворотного зв'язку (ЕЗЗ)

A — прилад;

B — ЕЗЗ.

Величина, що вимірюється, (x) потрапляє на датчик **Д**, вихідна величина якого y_1 порівнюється за допомогою органу порівняння **ОП** з величиною y_e .

Сигнал різниці, що дорівнює $y_2 = y_1 - y_e$ через проміжний перетворювач **ПП1** Передається на підсилювач **П**, а ділі – на **ПП2**.

Елемент зворотного зв'язку **ЕЗЗ** забезпечує подавання компенсуючої величини на другий вхід **ОП**.

Сигнал y_5 подається на вихідний перетворювач **ВП**.

В усіх вимірювальних схемах цього типу наявна ланка від'ємного зворотного зв'язку, що забезпечує врівноваження величини, що вимірюється

Компенсаційні схеми застосовуються для вимірювання сигналів малої потужності.

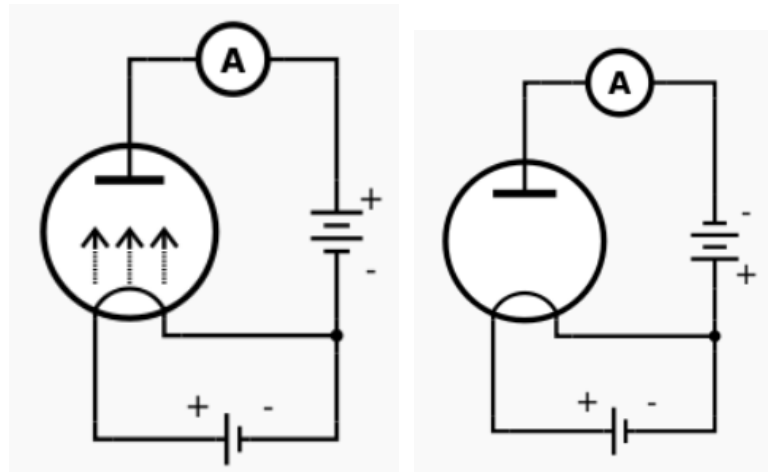
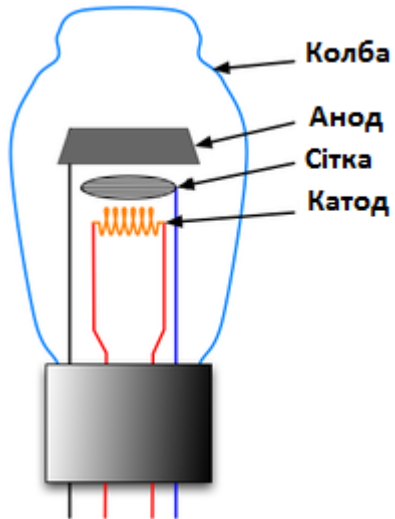
4 Напівпровідникові прилади

4.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИП ДІЇ НАПІВПРОВІДНИКІВ

Електровáкуумна лáмпа або електрónна лáмпа — електровакуумний прилад, що призначений для різноманітних перетворень електричних величин шляхом утворення потоку електронів та його керуванням.

Дія електролампи базується на принципі *термоелектронної емісії*. У електровакуумній лампі емісія електронів відбувається у вакуумі із розжареної поверхні катода.

Термоелектронна емісія - ефект випускання електронів нагрітими тілами



Електричний струм
проходить не проходить



Електронна лампа

Будова електронної лампи

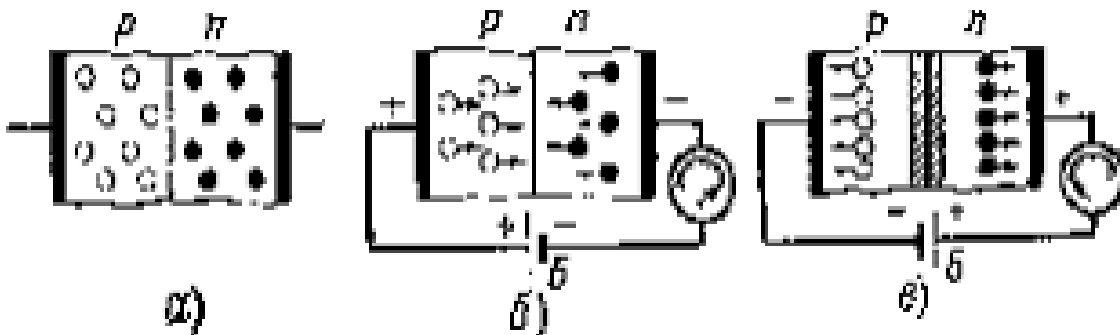
Напівпровідники – це матеріали, які по своїй питомій провідності займають проміжне місце між провідниками і діелектриками та відрізняються від провідників сильною залежністю питомої провідності від концентрації домішок, температури і дії різних видів випромінювання.

Дірка — квазічастинка у напівпровіднику, яка за своєю природою відповідає відсутності електрона у валентній зоні.

Дірка має додатний заряд, який за величиною дорівнює заряду електрона

В напівпровіднику *p-типу* концентрація *дірок* набагато перевищує концентрацію електронів. В напівпровіднику *n-типу* концентрація *електронів* набагато перевищує концентрацію дірок.

p-n перехід — область контакту напівпровідників *p-* та *n-*типу, яка характеризується одностороннім пропусканням електричного струму.



- а) струм відсутній;
- б) пряме підключення;
- в) зворотне підключення

Підключення p – n переходу

Порівняно з електронними лампами, напівпровідникові прилади мають суттєві переваги.

1. Мала вага та малі розміри.
2. Відсутність витрат електроенергії на розжарювання.
3. Довгий час роботи.
4. Більша механічна міцність
5. Вищий коефіцієнт корисної дії.
6. Малопотужні пристрої можуть працювати на низьких напругах.

Недоліки напівпровідникових приладів

1. Параметри та характеристики приладів з одного ряду можуть мати суттєві відхилення
2. Робота приладів сильно залежить від температури.
3. Робота приладів погіршується, під дією радіоактивного опромінення, а електромагнітне поле може взагалі виводити їх з ладу.

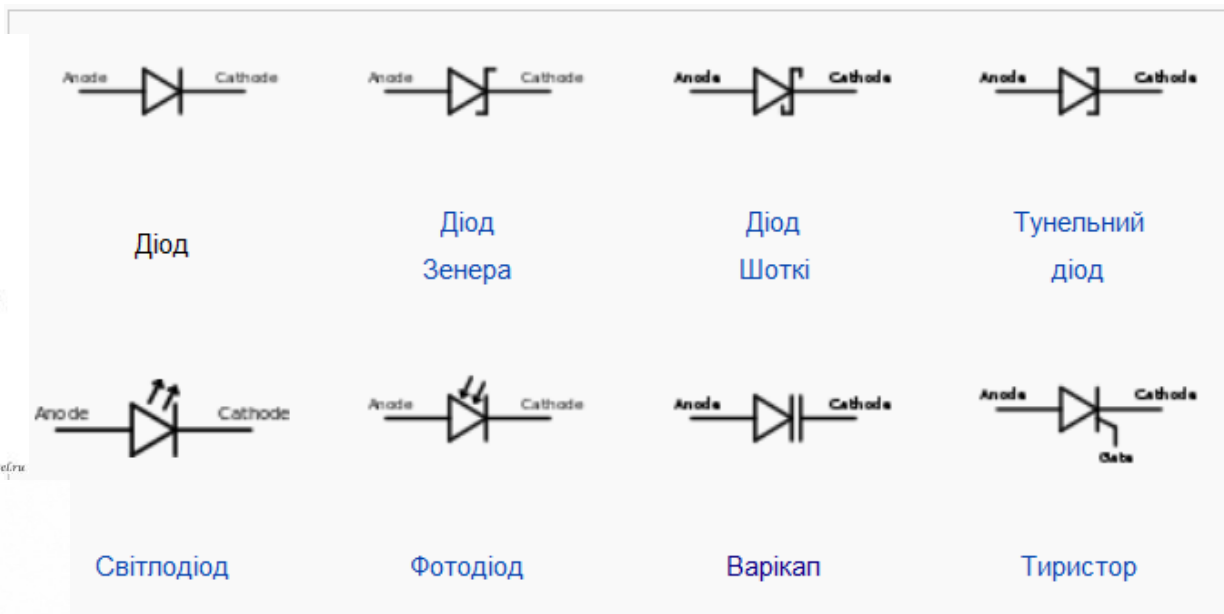
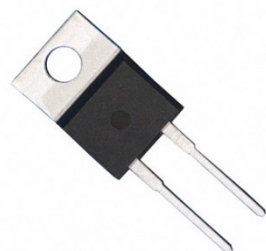
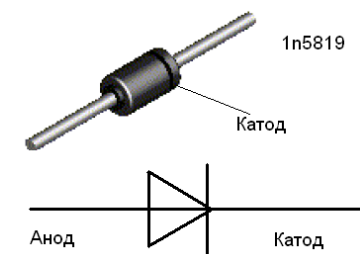


Напівпровідниковий діод — це напівпровідниковий прилад з одним $p - n$ переходом і двома зовнішніми виводами.

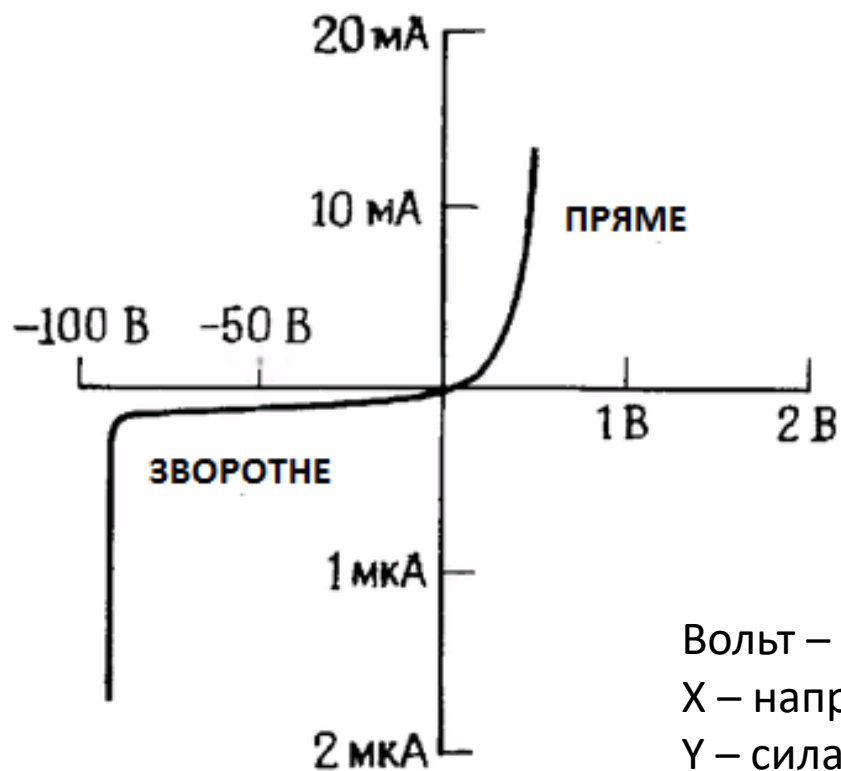
За методом отримання переходу бувають:

- точкові, у яких використовується пластинка напівпровідника завтовшки 0,1...0,6 мм і площею 0,5...1,5 мм²; з пластинкою стикається загострений провідник;
- планарні, у яких $p-n$ перехід утворюється двома напівпровідниками з різними типами електропровідності; площа переходу - від сотих ч квадратного міліметра до десятків квадратних сантиметрів (силові діоди).

За матеріалом напівпровідникові діоди бувають: германієві, кремнієві.



Схематичні позначення напівпровідників



Нелінійні властивості діода видно на його вольт-амперній характеристиці.

Прямий струм у десятки міліамперів можна отримати при напрузі менше вольта, тому прямий опір не більше десятків Ом.

Зворотний струм при зворотній напрузі у сотні вольтів не перевищує 1 мкА, що відповідає значенню зворотного опору до сотень кОм та більше.

Вольт – амперна характеристика діода
 X – напруга на електродах;
 Y – сила струму через діод.

Тип діода за потужністю	Максимальна сила струму
Малої потужності	До 300 мА
Середньої потужності	300 мА – 10А
Потужні (силові)	Від 10А

4.2 СВІТЛОДІОДИ

Світлодіод (англ. LED - light-emitting diode) — напівпровідниковий пристрій, що випромінює некогерентне світло, при пропусканні через нього електричного струму.

Це світло лежить у вузькій ділянці спектру, а його колір залежить від хімічного складу використаного у світлодіоді напівпровідника. Світлодіоди можуть випромінювати світло від інфрачервоного до ультрафіолету.

Існують методи розширення смуги випромінювання і створення білих світлодіодів.

Світлодіоди випромінюють світло певної довжини хвилі і в певному напрямі.

Лазерні діоди працюють на тому ж принципі, але меншчому напрямлене випромінювати когерентне світло.

ПРИНЦИП РОБОТИ СВІТЛОДІОДА

Як і в звичайному напівпровідниковому діоді, в світлодіоді є р-п перехід. При пропусканні електричного струму в прямому напрямку, носії заряду — електрони і дірки — рекомбінують з випромінюванням фотонів.



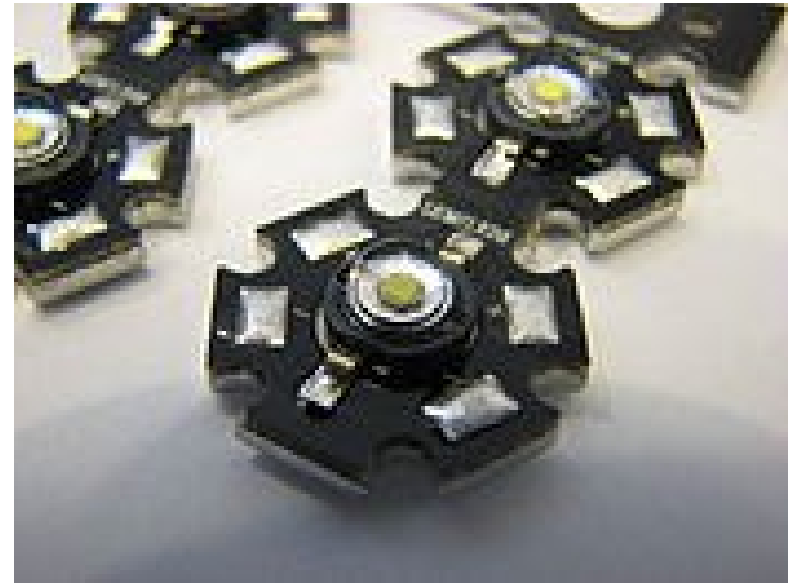
Будова світлодіода



«Прозорий»
діод



Світлодіодна
матриця



Над'яскраві білі діоди з люмінофором



Ходові вогні



Діодний світильник



Діодна стрічка⁴⁶

Білий світлодіод – це багатокомпонентний напівпровідниковий прилад, що випромінює світло, яке викликає в людини сприйняття, майже ідентичне із сприйняттям світла, близького до білого.



Люмінофорний діод

Білі діоди

Багатокристалічні

Люмінофорні

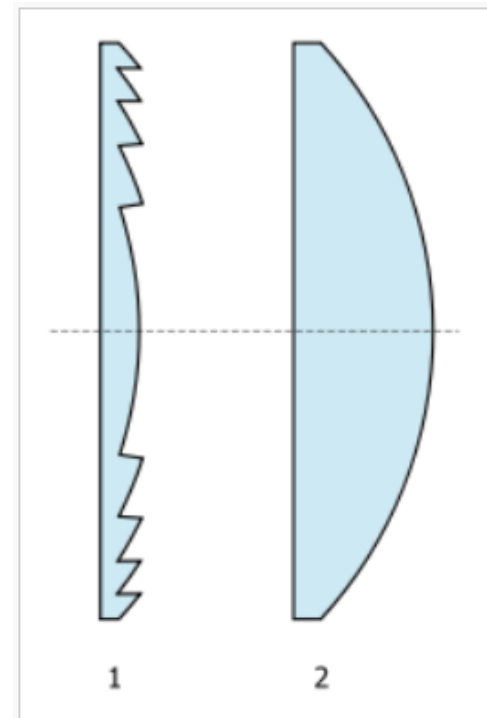
Багатокристалічні (частіше трикомпонентні RGB – діоди) мають у своєму складі три випромінювачі червоного, зеленого та синього кольорів, поєднані в одному корпусі.

Люмінофорні світлодіоди створюються на основі ультрафіолетових або синіх та мають у своїй будові шар люмінофора, що в результаті фотолюмінесценції перетворює частину випромінювання діода у світло у достатньо широкій спектральній смузі з максимумом близького жовтого кольору. Випромінювання діода та люмінофора, змішуючись, дають білий колір різних відтінків.

ПЕРЕВАГИ СВІТЛОДІОДІВ

- висока світловіддача (до 150 люмен на ватт);
- висока механічна міцність (відсутня нитка розжарювання);
- довгий термін служби (від 30000 до 100000 годин – при восьмигодинній роботі – 34 роки), але при недостатньому охолодженні відбувається «отруєння» кристалу
- різний спектр (від теплого 2700 К до холодного білого 6500 К)
- мала інерційність (вмикаються та вимикаються одразу)
- кількість циклів вмикання та вимикання не впливає на термін служби;
- різний кут випромінювання (від 15 до 180 градусів);
- низька вартість індикаторних діодів, проте над'яскраві коштують дорого;
- безпечність (не потрібна висока напруга, навіть навпаки; температура не перевищує 60 градусів за Цельсієм);
- нечутливість до низьких та наднизьких температур ;
- екологічність (відсутній фосфор, ртуть та ультрафіолетове випромінювання).

Лінза Френеля – складна лінза, що складається не з цільного шліфованого шмату скла зі сферичними або іншими поверхнями, а з окремих концентричних кілець невеликої товщини, що прилягають одне до одного та у перерізі мають форму призми спеціального профілю.



Перерізи: 1 – звичайна лінза, 2 – лінза Френеля



1



2



3

Світлофорні сигнальні пристрої: 1 – з лінзами Френеля; 2 – багатодіодний; 3 – матричний

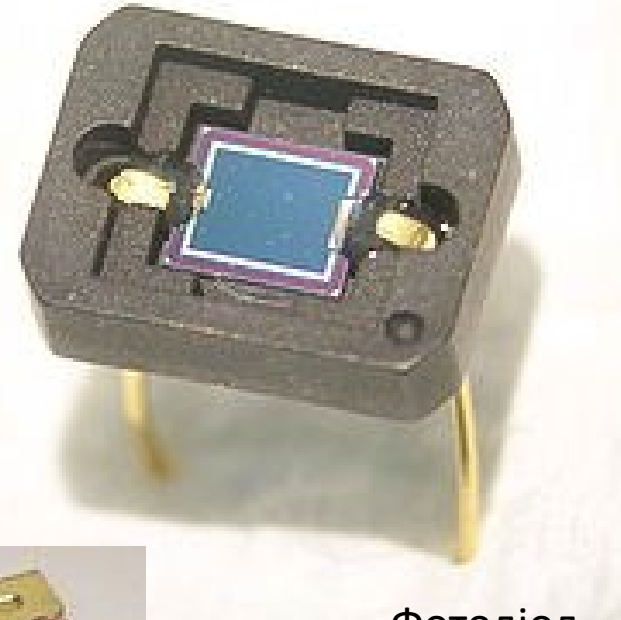
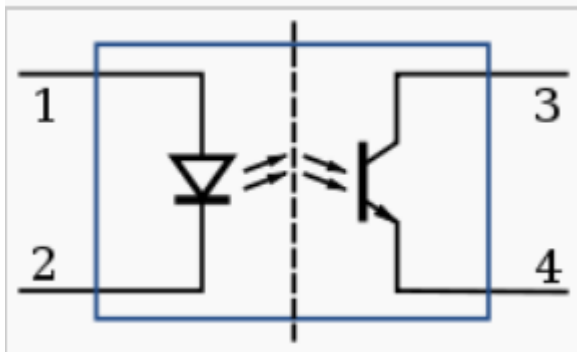
4.3 ФОТОДІОДИ ТА ОПТРОНИ

Фотодіод — це приймач оптичного випромінювання, який перетворює падаюче на його фоточутливу область світло в електричний заряд за рахунок процесів в р-п-переході.

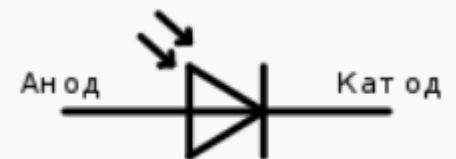
ПРИНЦИП РОБОТИ

Коли фотон потрапляє на фотодіод, відбувається внутрішній фотоефект: фотон збуджує електрон з матеріалу діода, таким чином створюючи пару носіїв заряду: вільний електрон та дірку. Дірки рухаються до анода, а електрони до катода, і виникає фотострум.

Оптрон — оптикоелектронний пристрій, що складається з джерела світла, фотоприймача й керуючого середовища.



Фотодіод



Схематичне
позначення

Оптрон: схема (1,2 – вхід; 3,4 – вихід) та зовнішній вигляд

Група за частотою	Частота, Мгц
Низькочастотні	менше 3
Середньочастотні	від 3 до 30
Високочастотні	від 30 до 300
Надвисокочастотні	вище 300

Частота́ — фізична величина, характеристика будь-яких процесів, які регулярно повторюються; кількість подій за одиницю часу. Вимірюється у герцах (Гц).

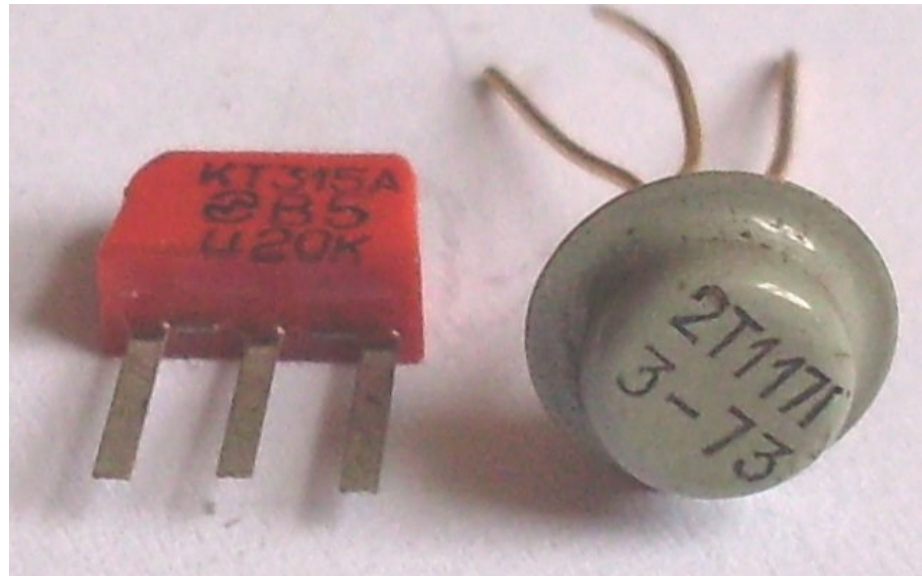
У позначеннях транзисторів використовується шифр, який складається з 5 елементів:

1 елемент - матеріал, з якого виготовлений транзистор **Г** або **1** – Германій, **К** або **2** – кремній, **А** або **3** – арсенід галію, **І** або **4** – індій.

2 елемент – буква **Т** (біполярний) або **П** (польовий).

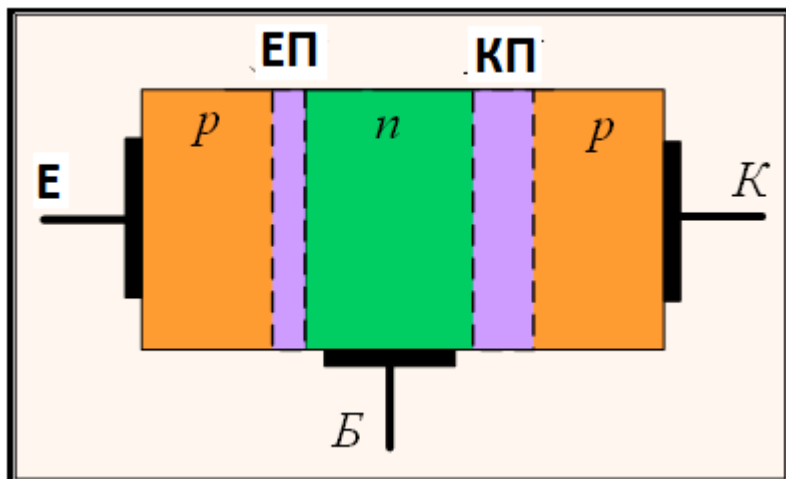
3 елемент – цифра, що вказує на функціональні можливості транзистора по допустимій потужності, що розсіюється і частотним властивостями;

4 та 5 елементи – номер розробки.



Маркування транзисторів

4.3 БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ



Структура біполярного транзистора

Е – емітер;
К – колектор;
Б – база;
ЕП – емітерний перехід;
КП – колекторний перехід.

Принцип роботи біполярного транзистора

В біполярному транзисторі носії заряду рухаються від *емітера* через тонку *базу* до *колектора*. База відділена від емітера й колектора *p-n* переходами.

Струм протікає через транзистор лише тоді, коли носії заряду втягуються з *емітера* в базу через *p-n* перехід.

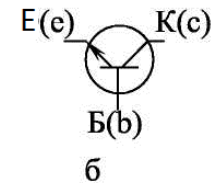
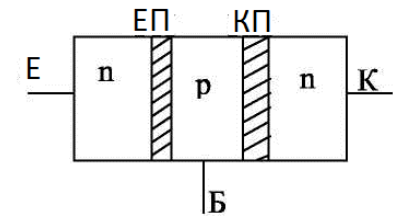
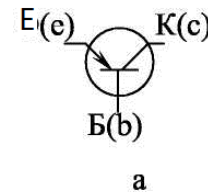
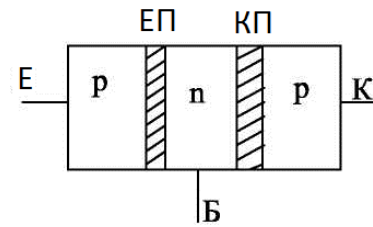
В базі вони є неосновними носіями заряду й легко проникають через інший *p-n* перехід між *базою* й *колектором*. В самій *базі* носії заряду рухаються за рахунок дифузійного механізму, тож база повинна бути досить тонкою.

Управління струмом між *емітером* і *колектором* здійснюється зміною напруги між *базою* і *емітером*, від якої залежать умови втягування носіїв заряду в базу.

4.5 БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ

Залежно від типу провідності шарів напівпровідника розрізняють n - p - n та p - n - p транзистори.

Емітер – це область, що залає струм, формуючи основний потік носіїв заряду. *Колектор* екстрагує заряди з бази. *База* передає носії заряду від емітерного до колекторного переходу.



Структури та позначення транзисторів
а) p - n - p транзистор; б) n - p - n транзистор

Залежно від режиму роботи транзистора переходи пропускають або не пропускають електричний струм, тобто є відкритими або закритими.

Режим роботи	Стан переходів	
	Емітерного	Колекторного
Активний	Відкритий	Закритий
Насичення	Відкритий	Відкритий
Відсікання	Закритий	Закритий
Інверсний	Закритий	Відкритий

4.6 БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ

В активному режимі відбувається ефективне управління величиною колекторного струму за допомогою малого базового струму. При цьому на КП виділяється велика потужність, що дозволяє реалізувати ефект підсилення.

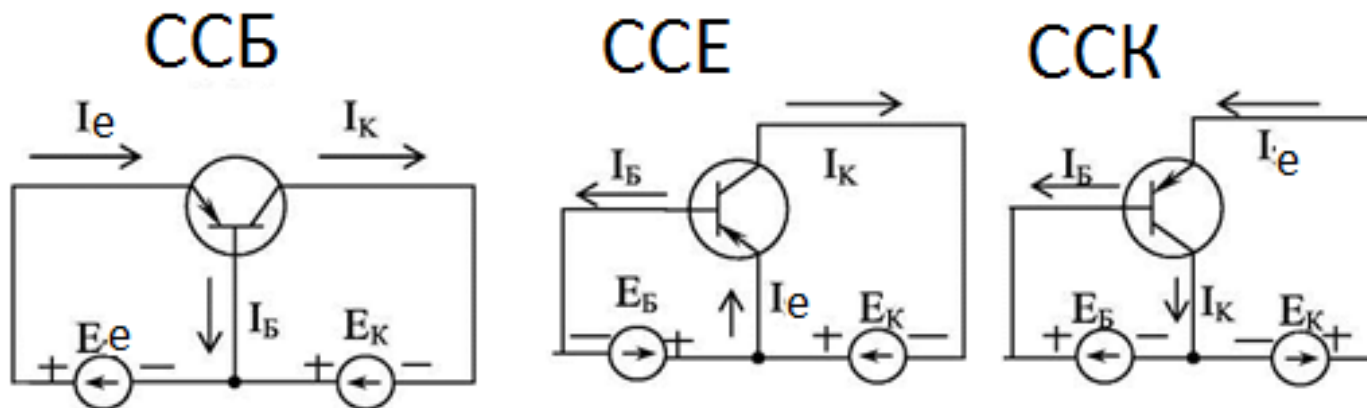
Режим насичення характеризується малими значеннями напруги на переходах, а режим відсікання – малими значеннями сили струму.

Інверсний режим можливо реалізувати лише для малої потужності.

Оскільки транзистор має три зовнішні виводи то є три варіанти підключення двох електричних ланцюгів (керуючого та керованого).

Залежно від того, який з виводів є спільним для обох ланцюгів, розрізняють схему зі спільною базою (ССБ), схему зі спільним емітером (ССЕ) та схему зі спільним колектором (ССК).

На схемах спільний електрод завжди знизу, керуючий – ліворуч, керований – праворуч.



Схеми підключення транзистора

4.7 БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ

Основні процеси, що відбуваються у біполярному транзисторі, наведеному на схемі:

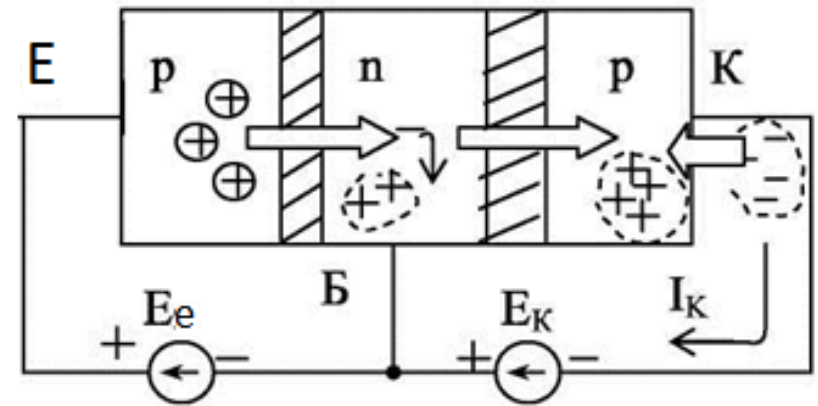
1) інжекція дірок (основних носіїв заряду) з емітера в базу під дією електричного поля від E_e ;

2) дифузійне перенесення дірок від емітерного переходу до колекторного з невеликим зменшенням кількості дірок (на 1-3%);

3) екстракція дірок, що досягли колекторного переходу, за допомогою електричного поля від E_k . При цьому поява надлишку дірок порушує його електричну нейтральність;

4) дія закону електричної нейтральності: введення додаткових електронів із зовнішнього джерела E_k для компенсації надлишку дірок та позитивного заряду;

5) взаємна рекомбінація (поєднання) електронів і дірок в області колектора.



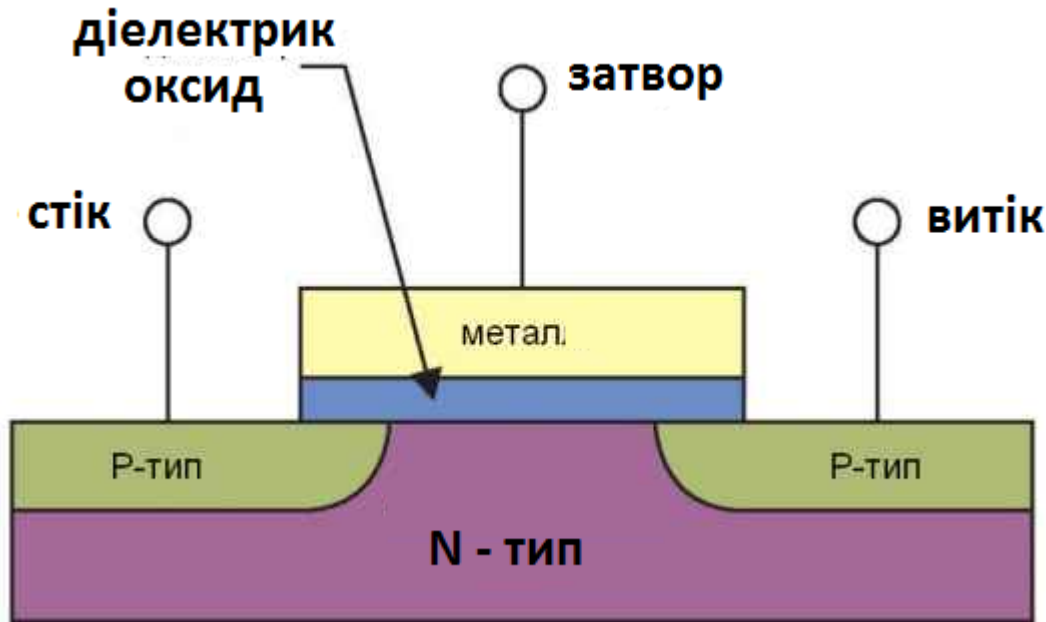
Принцип дії біполярного транзистора на прикладі ССБ



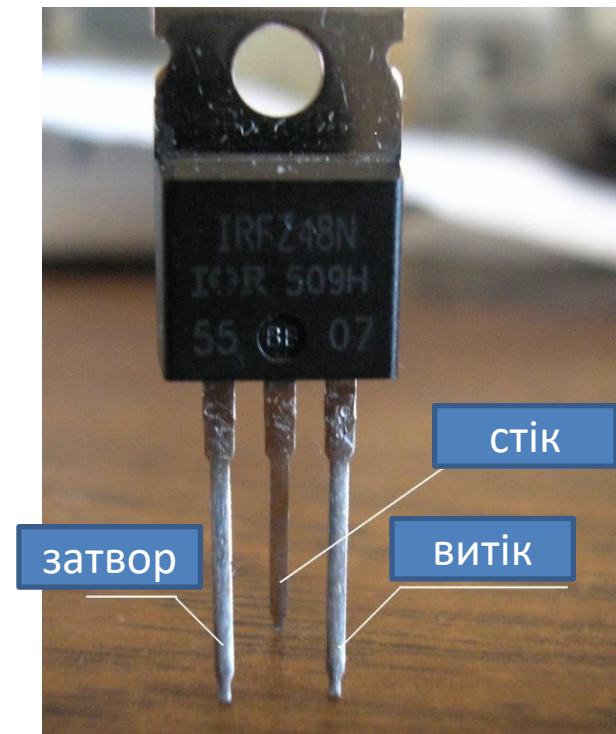
4.8 ПОЛЬОВІ ТРАНЗИСТОРИ

Польовий транзистор — напівпровідниковий пристрій, переважно із трьома виводами, в якому сила струму, що протікає між двома електродами (витоком і стоком) регулюється напругою, прикладеною до третього електрода (затвора).

Струм протікає через канал, що утворено областю напівпровідника, розташованою між підкладкою і затвором. До каналу під'єднані два електроди — витік, що є джерелом носіїв заряду й стік, до якого носії заряду стікаються.



Будова польового транзистора



Польовий транзистор

Носії заряду протікають через канал, обмежений з одного боку підкладкою, в якій не може протікати струм та областю збіднення, яка утворюється під затвором завдяки контактній різниці потенціалів. Шириною області збіднення можна керувати, прикладаючи до затвора напругу,

4.8 ПОЛЬОВІ ТРАНЗИСТОРИ

Типи польових транзисторів

Польові транзистори *із затвором у виді p-n переходу* та польові транзистори *із затвором, який ізолюваний діелектриком*.

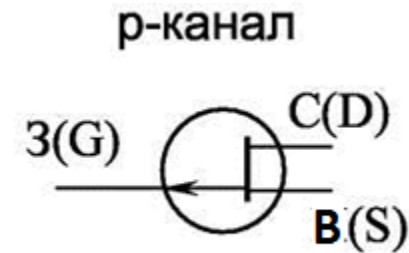
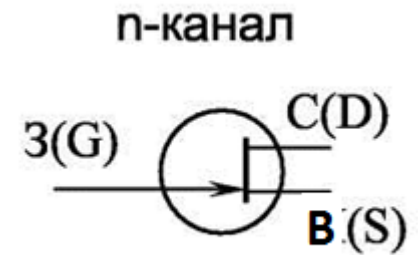
Також польові транзистори поділяються на транзистори з *каналом провідності n-типу* або *p-типу*.

Застосування польових транзисторів

Польові транзистори майже витіснили біполярні транзистори з більшості галузей електроніки. Понад 100 млн. транзисторів у процесорі комп'ютера є польовими.

Особливості польових транзисторів

- 1) польовий транзистор є уніполярним приладом, оскільки струм у провідній області (каналі) створюється носіями заряду одного знаку (основними носіями);
- 2) у транзисторі реалізовано польовий принцип управління, провідність каналу змінюється під дією поперечного електричного поля ;
- 3) польовий транзистор має принципово нижчий рівень низькочастотних шумів, тому що в ньому відсутні процеси інжекції та рекомбінації.



Позначення та виводи

4.8 ПОЛЬОВІ ТРАНЗИСТОРИ

Механізм зміни провідності каналу

Керуюча напруга, що передається через затвор, призводить до зміни провідності підзатворної області (каналу). Формула об'ємного опору каналу:

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\ell}{S},$$

де $\sigma = qn\mu$,

σ - питома електрична провідність;

ℓ - довжина каналу;

S - площа поперечного перерізу каналу;

q - заряд одного носія;

n - концентрація основних носіїв заряду;

μ - питома характеристика.

Ця формула дозволяє визначити такі варіанти регулювання провідності каналу:

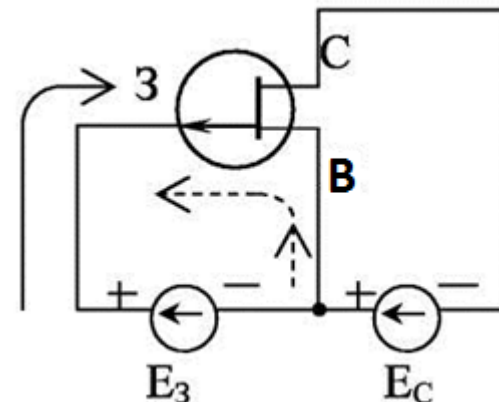
- зміна геометричних параметрів (ℓ, S);
- зміна концентрації основних носіїв заряду в каналі;
- інверсія (зміна на протилежний) типу провідності каналу.

Напрямо зміни концентрації зарядів визначає можливі режими роботи транзистора: **збагачення** (збільшення концентрації) та **збіднення** (зменшення концентрації).

4.8 ПОЛЬОВІ ТРАНЗИСТОРИ

Режим роботи транзистора

Керуюча (вхідна) напруга подається між затвором та витоком. Ширина р-п переходів, а, значить і ефективна площа поперечного перерізу каналу, його опір та сила струму у ньому залежать від цієї напруги. При її збільшенні зменшується ефективна площа поперечного перерізу, а, значить, зменшується сила струму.



Таким чином, сила струму, що протікає у ланцюгу між витоком та стоком, зворотно пропорційно залежить від вхідної напруги.

Для визначення полярності підключення джерел напруги можна застосовувати принцип відповідності напрямку електричного струму.

Джерело у ланцюгу затвора повинне забезпечувати мінімально можливу силу струму. Оскільки стрілка затвора вказує напрям прямого струму, то струм що утворюється джерелом E_3 , спрямовується назустріч стрілці. Та відповідає малій величині зворотного струму переходу.

Для визначення полярності джерела E_c спочатку визначається напрям струму у вихідному контурі за стрілкою затвора. Таким чином визначається напрям руху основних носіїв заряду у вихідній мережі (транзистор уніполярний).

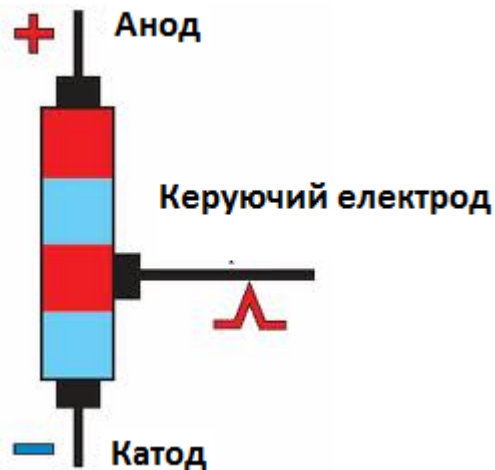
Струм, що створюється джерелом E_c , повинен співпадати з цим напрямом.

4.9 ТИРИСТОРИ

Тиристор – напівпровідниковий прилад на основі монокристалу напівпровідника з трьома та більше р-п переходами та має два стійкі стани: закритий стан (стан низької провідності) та відкритий стан (стан високої провідності).

Тиристор можна розглядати як електронний перемикач (ключ). Основне застосування тиристорів – управління потужним електричним навантаженням за допомогою слабких сигналів, а також властивості перемикання.

За видами тиристори поділяються за способом управління та по провідності. Поділ по провідності означає, що бувають тиристори, що проводять струм в одному напрямі (триністори) та в двох напрямках (симістори).



Структура тиристора



Триністор



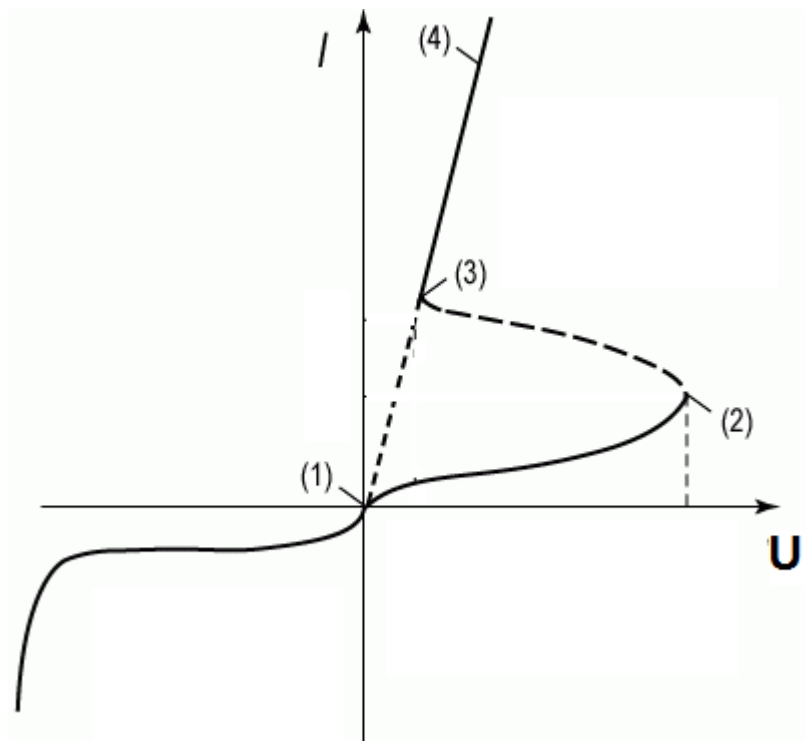
Симістор

4.9 ТИРИСТОРИ

Тиристор має нелінійну вольт-амперну характеристику з ділянкою від'ємного опору.

Перехід тиристора з одного стану до іншого відбувається стрибкоподібно та здійснюється за допомогою зовнішнього впливу на прилад: або напругою (струмом), або світлом (для фототиристора).

Після переходу у відкритий стан тиристор залишається у ньому навіть при припиненні керуючого сигналу, якщо сила струму, який протікає через тиристор перевищує певну величину, що називається струмом утримання.



Вольт-амперна характеристика тиристора

У точці 1 відбувається включення тиристора.

Між точками 1 та 2 знаходиться ділянка від'ємного опору.

Між точками 3 та 4 – ділянка прямої провідності (відкритий стан).



5 ТРАНСФОРМАТОРИ

Трансформатор — статичний електромагнітний пристрій, що має дві або більше індуктивно зв'язані обмотки і призначений для перетворення за допомогою електромагнітної індукції однієї або кількох систем (напруг) змінного струму в одну або декілька інших систем (напруг) змінного струму без зміни частоти системи (напруги) змінного струму та без суттєвих втрат потужності.

Базові принципи роботи трансформатора

- 1) Змінний електричний струм створює змінне магнітне поле.
- 2) Змінне магнітне поле, що пронизує обмотку наводить у ній змінний електричний струм (електромагнітна індукція)

На одну з обмоток (первинну) подається напруга від зовнішнього джерела. Струм, що тече первинною обмоткою, створює у магнітоводі змінний магнітний потік, що створює в усіх обмотках ЕРС індукції



трансформатор

Трансформатор може мати одну чи декілька ізольованих дротяних обмоток, які охоплюються спільним магнітним потоком, що проходить крізь магнітовод (сердечник) з феромагнітного матеріалу.



ЕРС у первинній обмотці може бути визначена за законом Фарадея

$$U_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

де U_2 - напруга на первинній обмотці;
 N_2 - число витків дроту у вторинній обмотці;
 Φ - сумарний магнітний потік через 1 виток обмотки;
 t - час

Для первинної обмотки:

$$U_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

Оскільки час і значення магнітного потоку однакові, то можна записати:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Первинна обмотка
 N_1

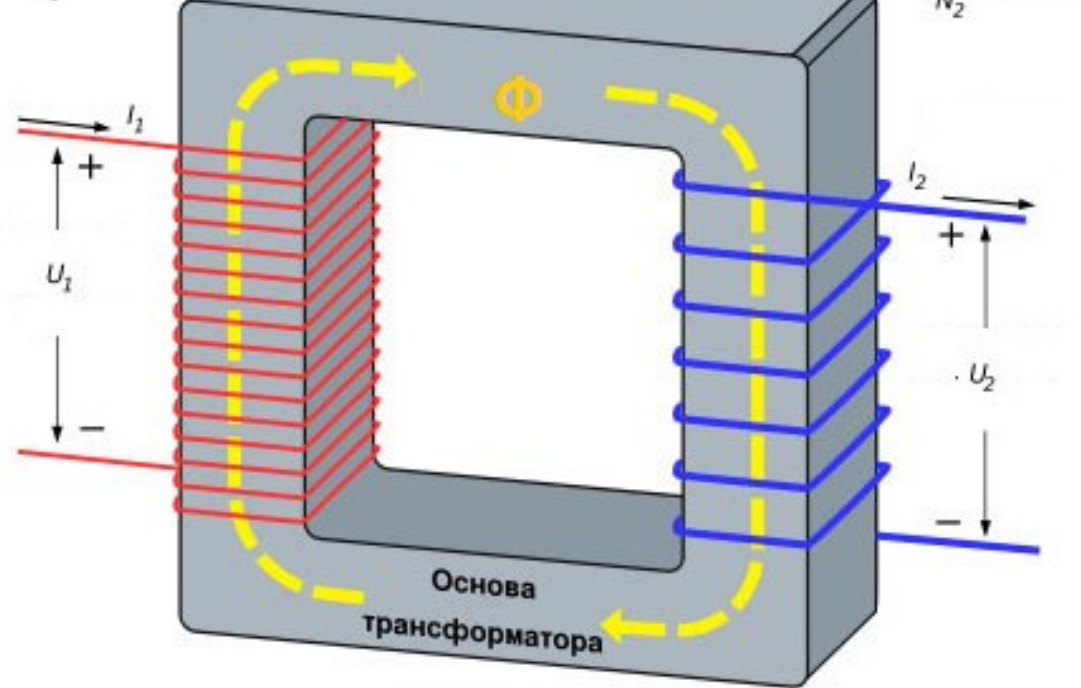
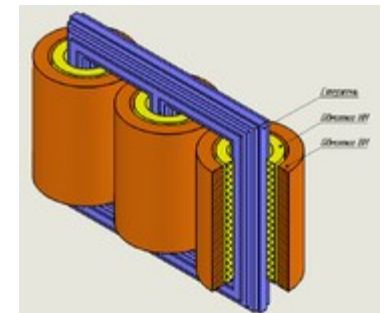
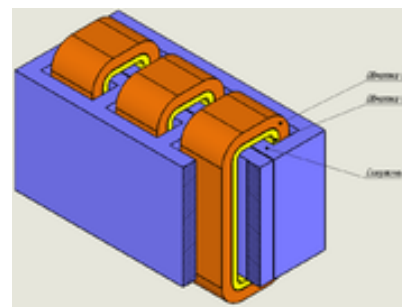


Схема роботи трансформатора



Броньовий та стрижневий типи тр-рів

Основні елементи конструкції трансформатора

- магнітна система;
- обмотки;
- система охолодження.

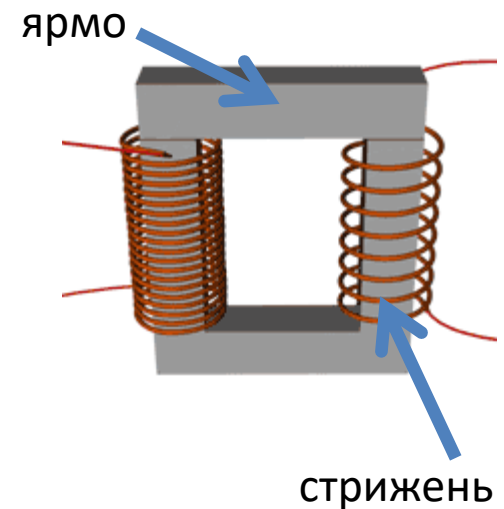
Магнітна система – це комплекс пластин з феромагнітного матеріалу, зібраний у певну геометричну форму та призначений для локалізації основного магнітного поля трансформатора.

Частина магнітної системи, на якій знаходяться обмотки називається стрижнем, а та, що слугує лише для замикання магнітного контуру – ярмом.

Основний елемент обмотки – виток – електричний провідник, що один раз охоплює стрижень та у якому наводиться електричний струм за рахунок енергії магнітного поля трансформатора.

Обмотка – сукупність витків, що утворює електричний ланцюг, а в трифазному трансформаторі – сукупність обмоток однієї напруги трьох фаз, що поєднуються між собою електрично.

Елементи обмотки (дроти) електрично ізолювані за допомогою діелектричного лаку.



За призначенням обмотки поділяються на:

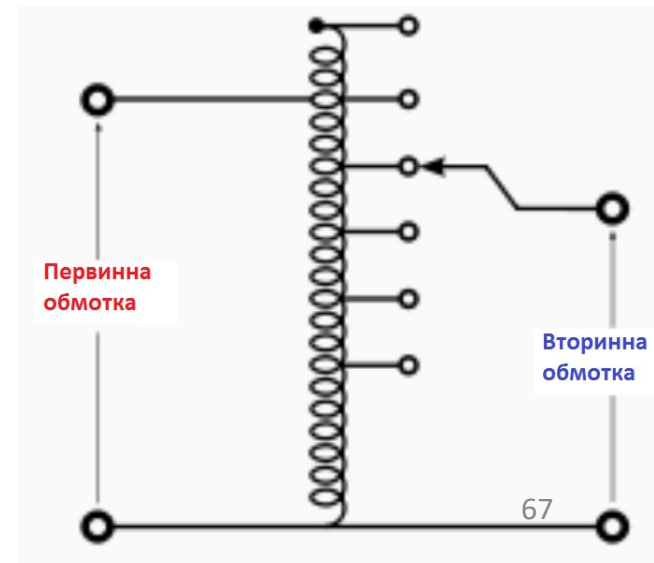
- основні (ті, до яких підводиться та з яких забирається перетворювана електрична енергія);
- регулюючі (виглядають як проміжні виводи та застосовуються для регулювання співвідношення кількості витків);
- допоміжні (для «власних потреб» трансформатора).

Режими роботи трансформатора:

- режим холостого ходу (електричний ланцюг обмотки 2 розімкнено, струм холостого ходу характеризує величину втрат енергії у трансформаторі);
- режим короткого замикання (вся енергія вторинного контуру виділяється у вигляді тепла на обмотці – небезпека загоряння);
- режим навантаження (співвідношення вторинної і первинної напруги зворотне пропорційне співвідношенню вторинного та первинного струмів).

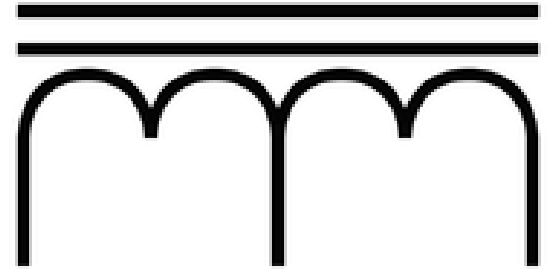
Автотрансформатор — трансформатор, дві або більше обмоток якого мають спільну частину.

Це варіант виконання трансформатора, в якому первинна і вторинна обмотки сполучені безпосередньо, і мають не тільки електромагнітний зв'язок, а й електричний. Обмотка автотрансформатора має декілька виводів (як мінімум 3), при підключенні до яких, можна отримувати різні напруги.



Перевага автотрансформатора - є вищий ККД (лише частина потужності піддається перетворенню — це особливо суттєво, коли вхідна і вихідна напруги відрізняються незначно).

Недолік - відсутність електричної ізоляції між первинним і вторинним колом. У мережах, де наявність заземлення нульового проводу обов'язкова, це неважливо, зате прилад має меншу вартість.



Позначення
автотрансформатора

Вимірювальний трансформатор — трансформатор, призначений для пересилання інформаційного сигналу вимірювальним приладам, лічильникам, пристроям захисту і (або) керування.

Вимірювальні трансформатори поділяються на трансформатори струму і трансформатори напруги.

Трансформатор струму — вимірювальний трансформатор, в якому вторинний струм пропорційний первинному і зсув фаз між ними близький до нуля.



6 ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТА ІНВЕРТОРИ

Випрямляч - механічний, електровакуумний, напівпровідниковий або інший пристрій, призначений для перетворення змінного вхідного електричного струму в постійний вихідний електричний струм.

Інвертор — перетворювач постійного струму в змінний однофазний або багатофазний струм

СТ – силовий тр-тор;

ВБ – вентиляльний блок;

ФП – фільтруючий пристрій;

СН – стабілізатор напруги;

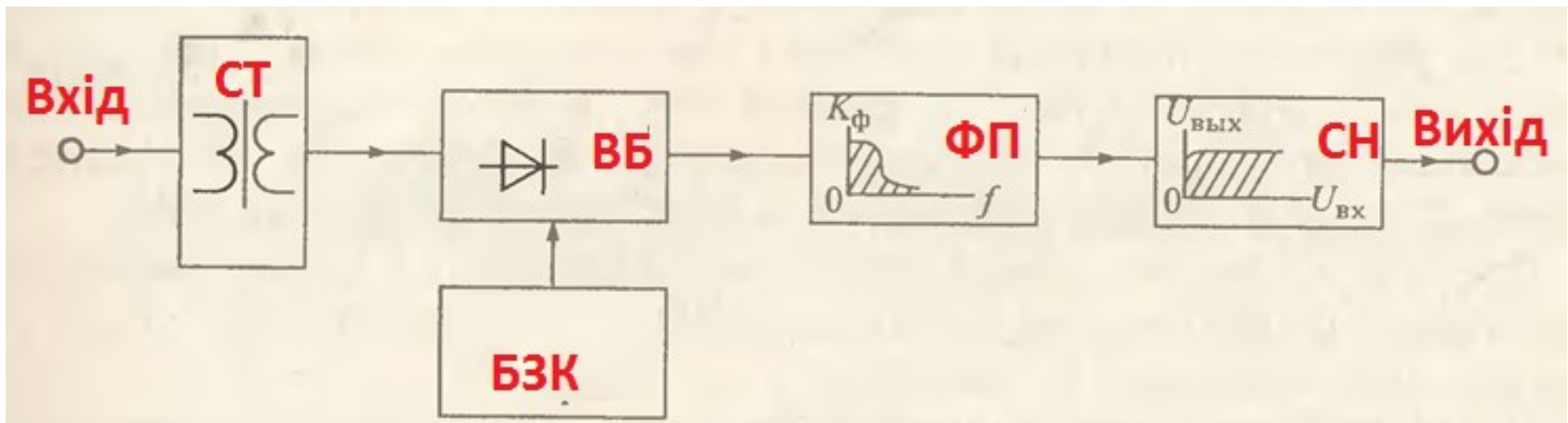
БЗК – блок захисту і контролю



випрямляч



побутовий інвертор



структурна схема випрямляча

Силовий трансформатор СТ виконує 3 функції: перетворення значення напруги, електрична ізоляція напруги від мережі живлення, перетворення кількості фаз.

В імпульсних перетворювачах (блоках живлення, зарядних пристроях) СТ може бути відсутнім.

Вентильний блок ВБ (основна ланка випрямляча) забезпечує односпрямоване протікання електричного струму у навантаженні, що підключене до виходу випрямляча. В якості вентилів використовуються електровакуумні, газоразрядні та напівпровідникові прилади, що мають однобічну провідність (радіолампи, діоди, транзистори, тиристори).

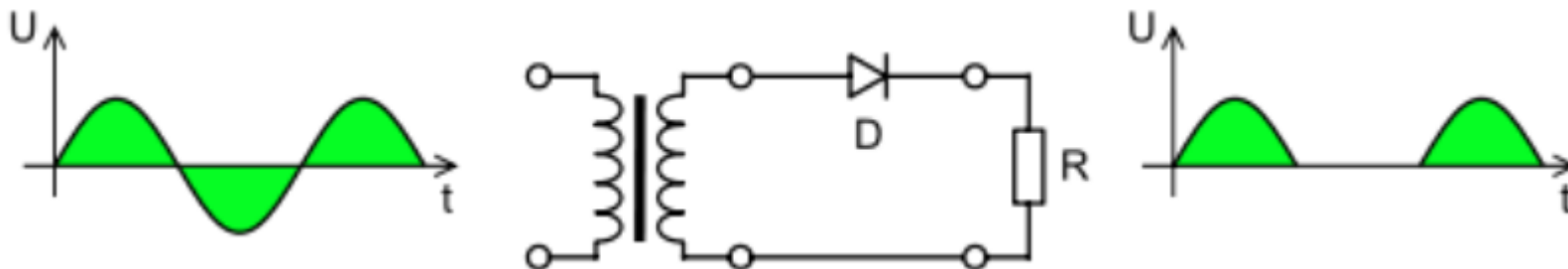
Фільтруючий пристрій ФП використовується для послаблення пульсацій вихідної напруги. Для цього використовуються фільтри низьких частот, зібрані на резисторах, конденсаторах та котушках індуктивності.

Стабілізатор напруги СН призначено для зменшення впливу зовнішніх факторів (напруги на вході, температури, зміни величини підключеного навантаження) на величину вихідної напруги. Стабілізатор може бути встановлено на вході або на виході схеми. В імпульсних джерелах живлення функції стабілізатора виконує блок, що заміняє силовий трансформатор.

Блок захисту і контролю БЗК підвищує надійність функціонування випрямляча автоматично забезпечуючи зміни режимів роботи залежно від зовнішніх параметрів та гарантує безпеку (не допускає високих напруг, перегрівання).

Класифікація випрямлячів

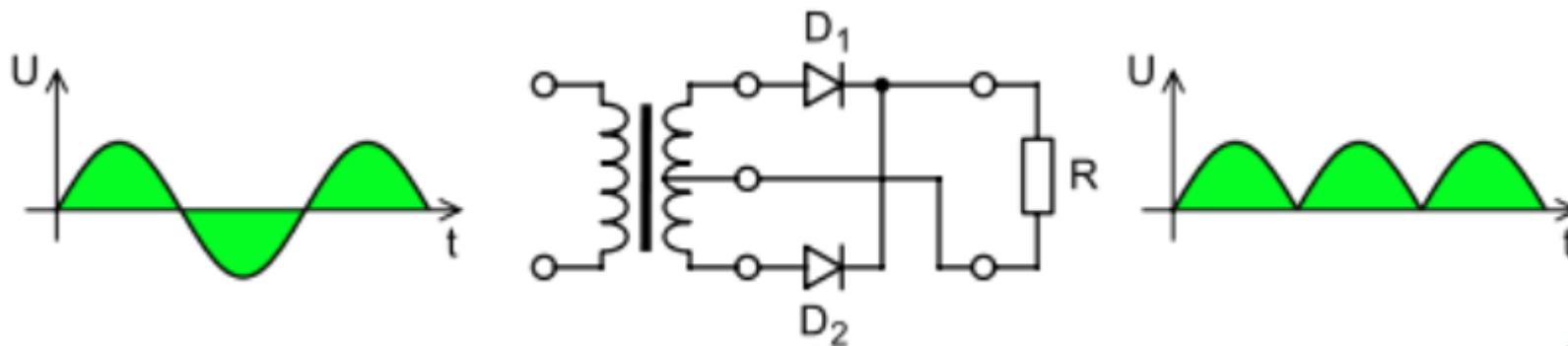
1. За кількістю випрямлених напівхвиль: однонапівперіодні, двонапівперіодні.
2. За числом фаз вхідної напруги: 1 -, 2 -, 3 -, 6 – фазні.
3. За типом схеми вентильного блоку: паралельні, послідовні, мостові.



Однофазний однонапівперіодний випрямляч

Використовуючи односторонню провідність напівпровідникового діода, струм у зворотному напрямку відтинається. Недоліком даної схеми є втрата потужності.

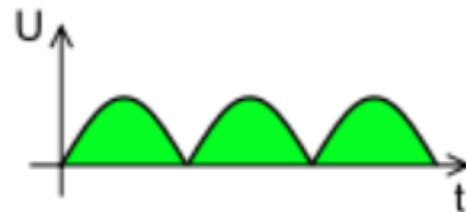
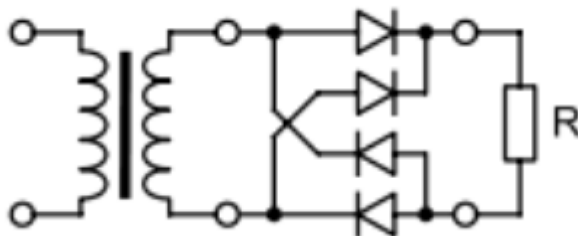
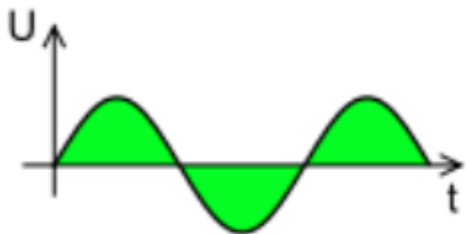
Цей тип застосовується у малопотужних пристроях, оскільки погано використовується трансформатор та фільтруючий пристрій.



Двофазний двонапівперіодний випрямляч

Цей випрямляч є паралельним поєднанням двох двох однонапівперіодних, що живляться від двох частин вторинної обмотки.

Недоліком цієї схеми є неповне використання трансформатора - в кожен момент часу працює лише одна половина вторинної обмотки, проте форма вихідного сигналу більш близька до постійного струму .

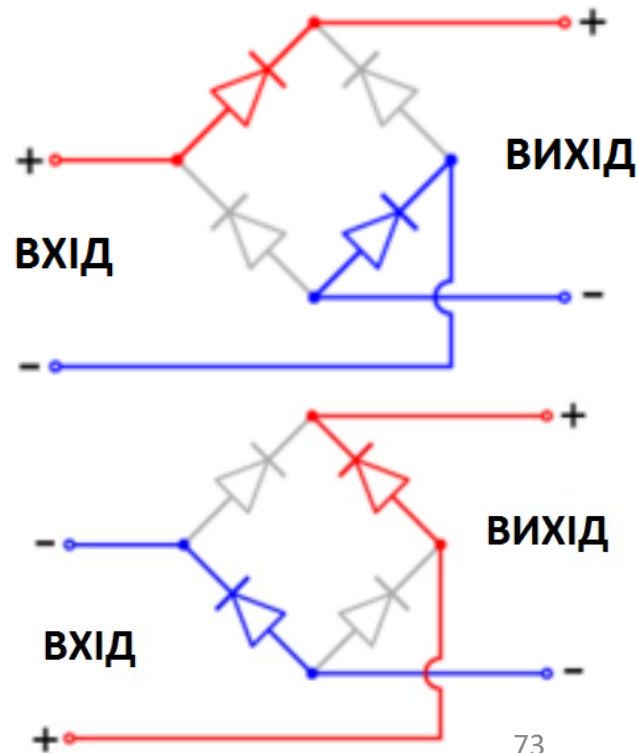


мостова схема

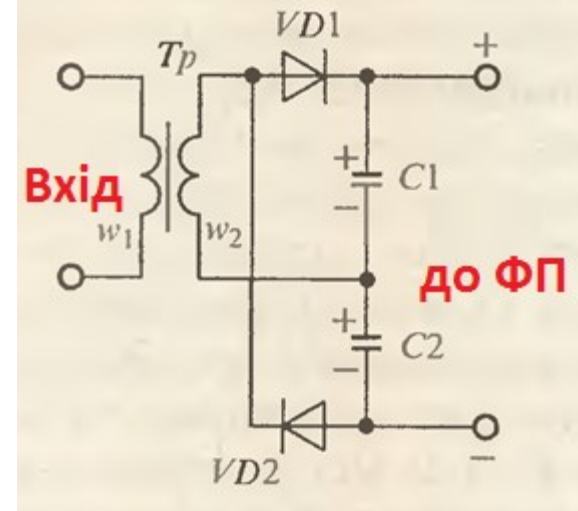
Для збільшення потужності випрямленого струму використовується мостова схема, яку можна використовувати без трансформатора.

Чотири діоди під'єднані таким чином, що під час половини періоду струм пропускають лише два з них, а під час наступної половини — два інші, даючи корисний струм в тому ж напрямку.

Недолік – підвищене падіння напруги за рахунок збільшення кількості діодів, тому не використовується для напруг, нижчих за 5В.



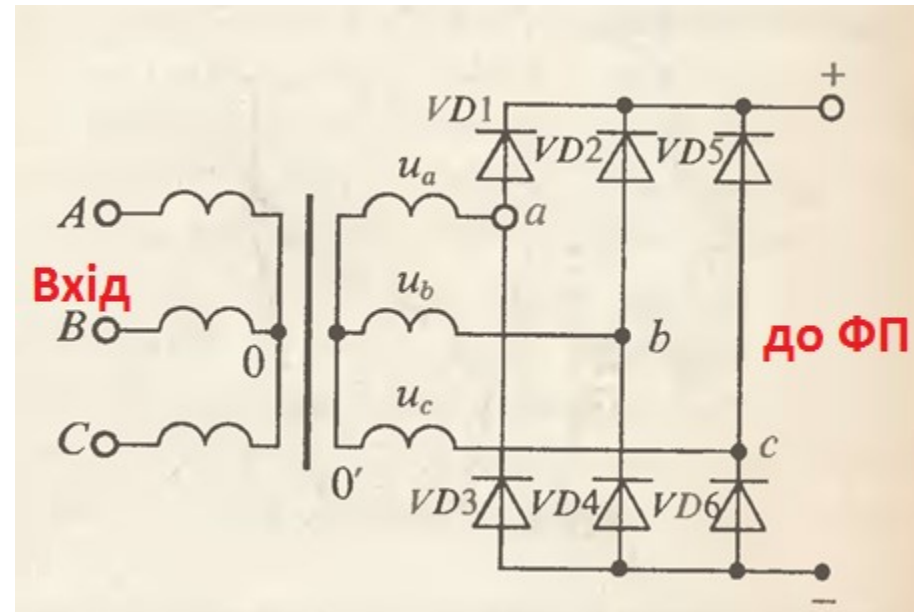
Цей випрямляч являє собою паралельне поєднання двох однофазних однонапівперіодних випрямлячів. В першому періоді через діод **VD1** заряджається конденсатор **C1**, а в другому через діод **VD2** – конденсатор **C2**. Оскільки конденсатори поєднані послідовно, то напруга подвоюється. Конденсатори також виконують роль фільтрів.



Однофазний випрямляч з подвоєнням напруги

До трифазної мостової схеми включено 6 діодів, що випрямлюють від'ємні та додатні напівхвилі трифазної напруги.

У будь-який момент часу струм проводять три діоди, різниця потенціалів на електродах яких є найбільшою.



Трифазний мостовий випрямляч

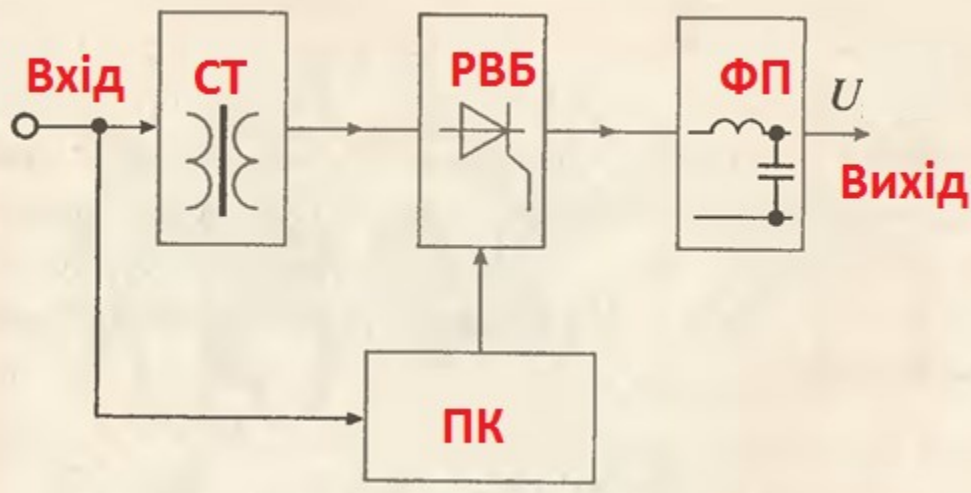


Схема керованого випрямляча

- СТ** – силовий трансформатор;
- РВБ** – регульований вентильний блок;
- ФП** – фільтруючий пристрій;
- ПК** – пристрій керування

Регулювання вихідної напруги випрямляча може відбуватися кількома способами: за допомогою керованого трансформатора; шляхом управління вентильним блоком та шляхом застосування конденсаторів і резисторів на виході схеми.

Найбільш поширеним є другий спосіб, коли в якості вентилів застосовуються тиристори.

7 СТАБІЛІЗАТОРИ НАПРУГИ

Стабілізатор напруги – це пристрій, що підтримує з певною точністю незмінною напругу на виході.

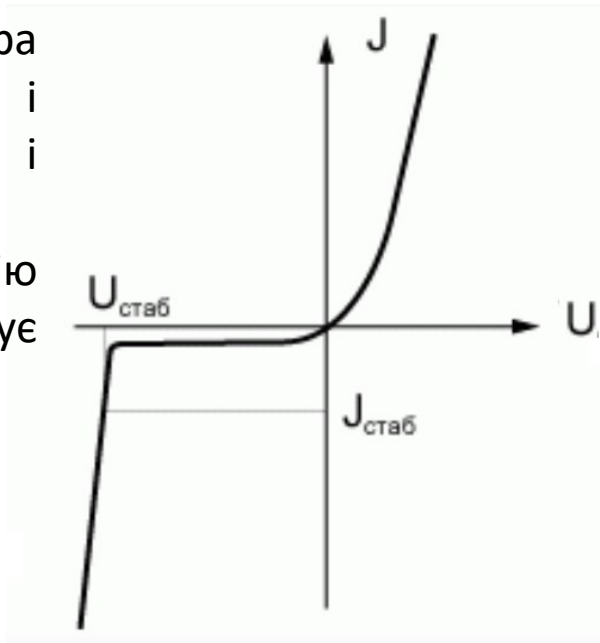
Для стабілізаторів застосовуються напівпровідникові прилади – стабілітрони.

Напівпровідниковий стабілітрон (діод Зенера) – напівпровідниковий діод, що працює при зворотній напрузі в режимі пробою.

До настання пробою через стабілітрон у зворотному напрямі протікає незначний струм, при цьому його опір дуже високий. При настанні пробою опір різко знижується до десятих Ома, сила струму зростає. Тому в режимі пробою напруга на стабілітроні підтримується із заданою точністю в широкому діапазоні зворотних струмів.

У простій схемі стабілізатора стабілітрон виступає одночасно і джерелом керуючої напруги, і силовим керуючим елементом.

У складніших схемах функцію керуючого елемента виконує транзистор.



Вольт-амперна характеристика (U – напруга, J – струм)



Стабілітрон та його позначення 77

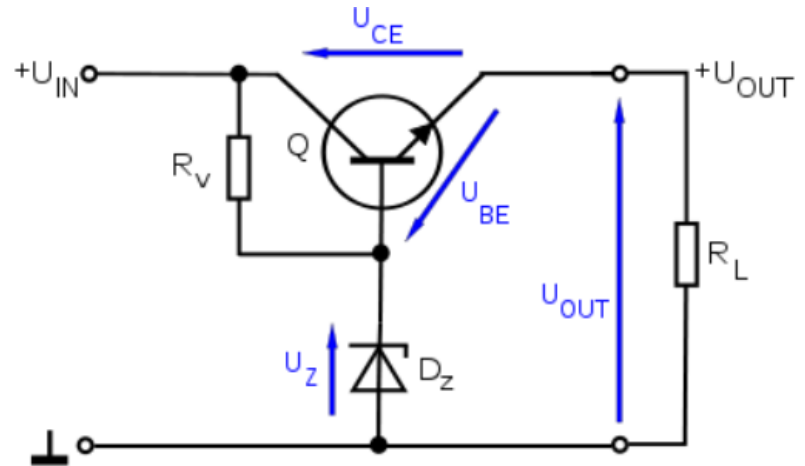


Залежно від підключення елемента зі змінним опором до навантаження стабілізатори поділяються на два типи: паралельні та послідовні.

В залежності від способу стабілізації стабілізатори бувають:

- параметричні (застосовується ділянка ВАХ, що швидше зростає чи спадає;
- компенсаційні (мають елемент зворотного зв'язку, що порівнює вихідну напругу з еталонною та, залежно від різниці, формує керуючий сигнал)

У даній схемі стабілітрон підключається до схеми зі спільною базою, зібраної на основі біполярного транзистора. Ця схема дозволяє збільшити максимальний вихідний струм стабілізатора.

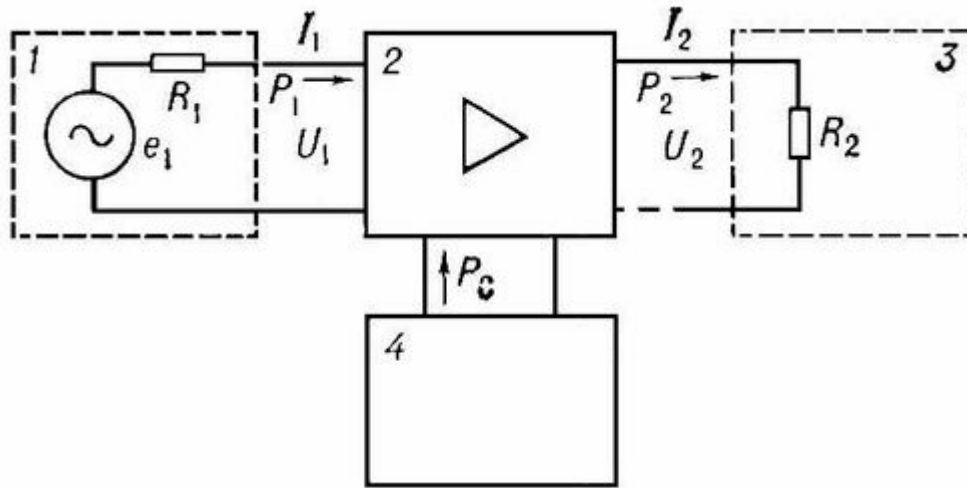


Послідовний стабілізатор на біполярному транзисторі



8 ПІДСИЛЮВАЧІ

Підсилювач – елемент автоматики, призначений для підсилення вхідного сигналу до рівня, достатнього для спрацювання наступного елемента, за рахунок енергії допоміжного джерела чи за рахунок зменшення інших характеристик вхідного сигналу.



1 – джерело сигналу; 2- підсилювач;
 3 – навантаження; 4 – джерело живлення підсилювача; e_1 — джерело коливаний, що підсилюються; R_1, R_2 — еквівалентні опори джерела коливаний, що підсилюються, та навантаження; I_1, P_1, U_1 — відповідно сила струму, потужність та напруга на вході підсилювача; I_2, P_2, U_2 — відповідно сила струму, потужність та напруга на виході підсилювача; P_0 — потужність джерела живлення.

Струкрна схема підсилювача електричних коливаний

Керована потужність P_0 сильно перевищує керуючу P_1 , яка зветься вхідною. Частина P_0 , що віддається до зовнішньої мережі (до навантаження), зветься вихідною потужністю P_2 . На відміну від пасивної електричної мережі, що не містить джерела енергії (наприклад, трансформатора), коефіцієнт підсилення потужності (коефіцієнт передавання) підсилювача $K_p = P_2 / P_1 > 1$.

Окрім підсилення потужності, підсилювач електричних коливань може підсилювати струм і напругу, що оцінеться коефіцієнтами підсилення струму та напруги $K_u = U_2/U_1$; $K_i = I_2/I_1$ (U_1 , I_1 и U_2 , I_2 – напруга та сила струму відповідно на вході та виході підсилювача).

Електронні підсилювачі

Електронний підсилювач – це пристрій, в якому вхідний сигнал напруги або струму використовується для управління струмом (а, значить, і потужністю), що подається від джерела живлення на навантаження.

Класифікація підсилювачів:

- за типом елементів автоматики, що використовуються (лампові, транзисторні, діодні, на мікросхемах);
- за кількістю каскадів (одно- та багатокаскадні);
- за діапазоном частот (низькочастотні, високочастотні, смугові, постійного струму).

Основні характеристики підсилювачів

Всі характеристики підсилювачів поділяються на вхідні, вихідні та передатні.

Вхідні характеристики: припустимі значення вхідних напруги та сили струму, вхідний опір та ємність.

Основна передатна характеристика – коефіцієнт підсилення (відношення вихідного та вхідного параметрів). Вирізняють коефіцієнти підсилення по напрузі, по струму та по потужності.

При проходженні сигналів через підсилювач мають місце викривлення (зміна форми вихідного сигналу порівняно з вхідним), що поділяються на лінійні та нелінійні.

Лінійні викривлення не змінюють спектральний склад сигналу. Якщо на вхід підсилювача подати гармонічний сигнал певної частоти, то через лінійні викривлення на виході все одно буде гармонічний сигнал цієї ж частоти.

Нелінійні викривлення змінюють спектральний склад сигналу. Їх поява пов'язана з характеристиками елементів, що входять до складу підсилювача.






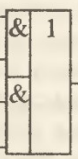
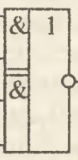

Для опису нелінійних викривлень застосовується коефіцієнт гармонік.

$$K_r = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1},$$

U_1 – діюче значення напруги першої гармоніки; $U_2, U_3 \dots$ - діючі значення напруг інших гармонік

9 ЦИФРОВІ ІНТЕГРАЛЬНІ МІКРОСХЕМИ

Основні логічні функції

Елемент	Функція та схема
НЕ	 $Y = \bar{X}$
ТА	 $Y = X_1 X_2$
ТА-НЕ	 $Y = \overline{X_1 X_2}$
АБО	 $Y = X_1 + X_2$
АБО-НЕ	 $Y = \overline{X_1 + X_2}$
ТА-АБО	 $Y = X_1 X_2 + X_3 X_4$
ТА-АБО-НЕ	 $Y = \overline{X_1 X_2 + X_3 X_4}$
той, що виключає АБО	 $Y = \overline{X_1} X_2 + X_1 \overline{X_2} = X_1 \oplus X_2$



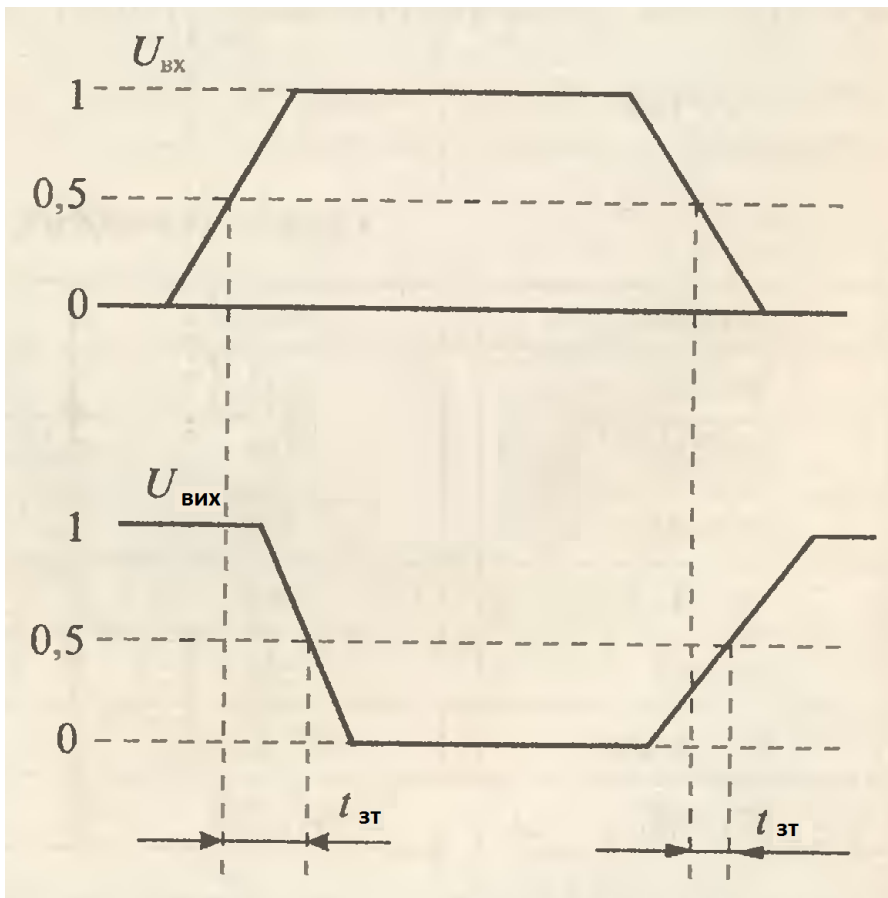


Схема визначення часу затримки вихідного сигналу логічного елемента НЕ



10 ТРИГЕРИ

Тригер (тригерна схема) – клас електронних пристроїв, що має здатність протягом тривалого часу знаходитися в одному з двох стійких станів та чергувати їх під впливом зовнішніх сигналів.

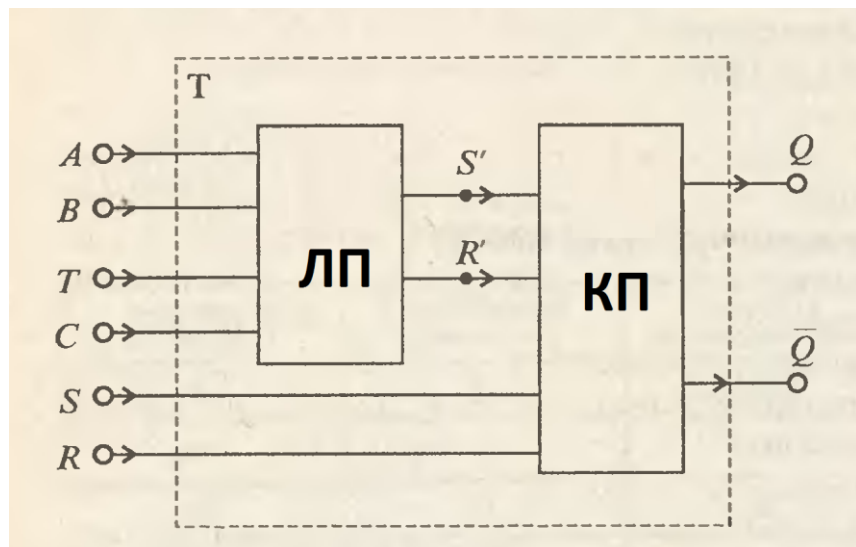
Кожен стан тригера можна розпізнати по значенню вихідної напруги.

За характером дії тригери належать до імпульсних пристроїв. Їх активні елементи (транзистори, лампи) працюють у ключовому режимі, а час зміни стану є незначним.

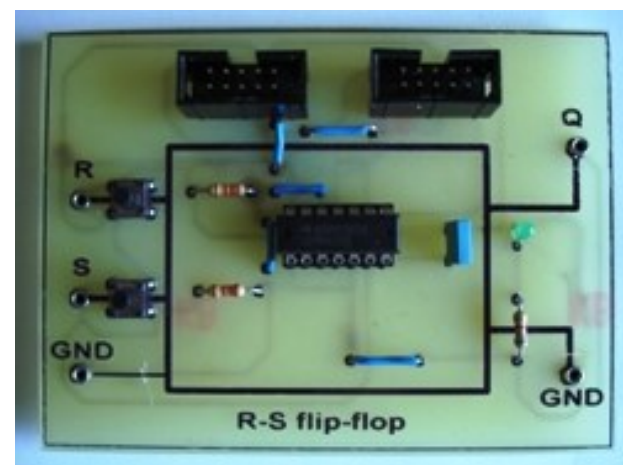
Функціональною особливістю тригера є властивість збереження інформації, представлені у двійковому (бінарному) коді.

Оскільки тригер змінює свій стан під впливом зовнішнього сигналу, то можна вважати, що він запам'ятовує один розряд числа, записаного у двійковому коді.

Сучасні логічні схеми на основі тригерів застосовуються для організації компонентів обчислювальних систем: регістрів, лічильників, процесорів, ОЗП.



Спрощена схема тригера



Тригерна мікросхема на
платі

ПОЗНАЧЕННЯ

ЛП – логічний пристрій; **КП** – комірка пам'яті; **A** та **B** – інформаційні ходи; **S'** та **R'** – внутрішні входи комірки пам'яті; **T** – вхід передвстановлення (для подачі сигналу, що дозволяє приймати інформацію); **C** – вхід синхронізації; **Q** та \bar{Q} – виходи.



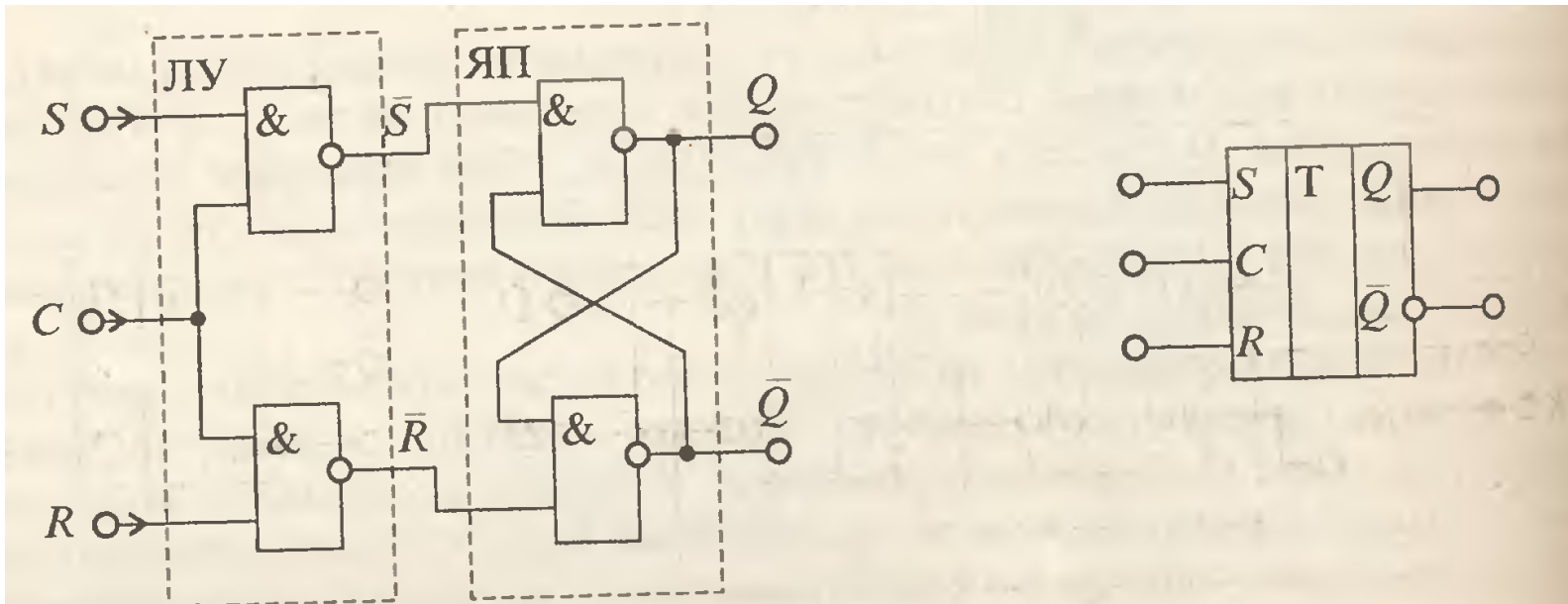
SR – тригер має два інформаційних входи **S** та **R**. Подача на вхід **S** сигналу **1**, а на вхід **R** сигналу **0** встановлює на виході **Q** тригера сигнал **1**. І навпаки, при **S=0**, **R=1** сигнал на виході **Q=0**.

Для **SR – тригера** комбінація **S=1**, **R=1** є забороненою, при такій комбінації вхідних сигналів стан тригера є невизначеним, отже на виході може бути **0** або **1**.

JK – тригер теж має два інформаційних входи та працює за аналогією з **SR-тригером**, проте при подачі вхідних сигналів **J=K=1** вихід тригера **Q** переходить у протилежний стан.

D – тригер (тригер затримки) при подаванні синхронізуючого сигналу на вхід **C** переходить у стан, що відповідає потенціалу на вході **D**. Вихідний сигнал **Q** змінюється не одразу після зміни вхідного сигналу **D**, а лише після появи сигналу на вході **C**, тобто із затримкою на один цикл синхронізації. ■

T – тригер (лічильний тригер) змінює стан виходу за фронтом імпульсу на вході **C**. Частота зміни потенціалу на виході T-тригера вдвічі нижче, ніж частота сигналів на вході **C**, що дозволяє використовувати його в якості основи для двійкового лічильника. ■



SR-тригер та його схематичне позначення

10 ЛІЧИЛЬНИКИ ІМПУЛЬСІВ

На базі D-тригера може бути побудований лічильний T-тригер, що має один вхід та 2 виходи. Сигнали на виходах змінюються на протилежні при кожному перепаді напруги на лічильному вході T.

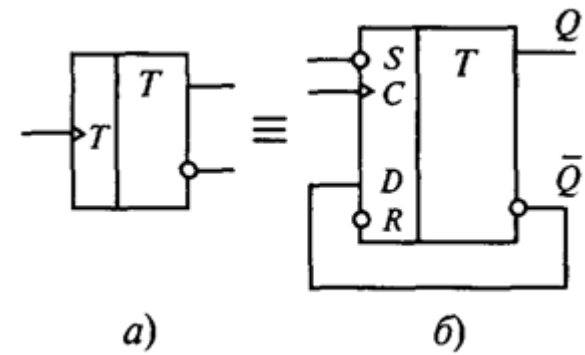
Для зберігання інформації (багаторазрядного кодового слова) застосовуються декілька тригерів, по одному на кожен розряд.

Регістр – група підключених один до одного тригерів, що застосовуються для збереження інформації у двійковому коді.

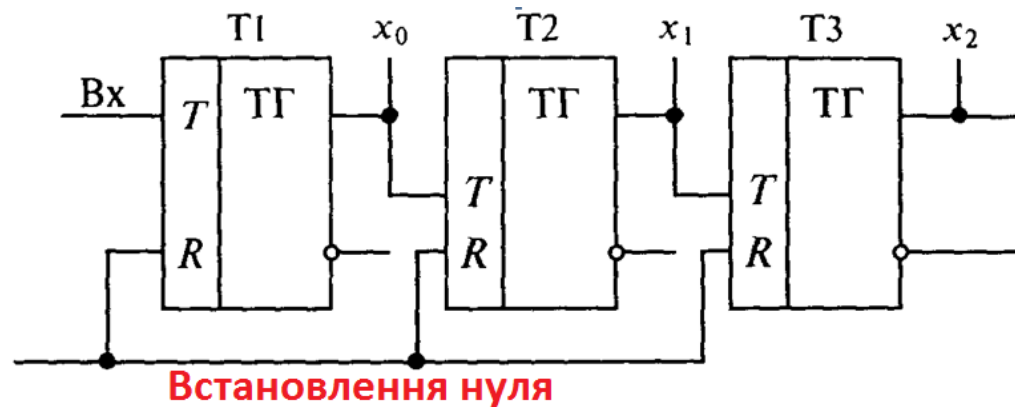
Аби рахувати імпульси застосовують регістри, що складаються з T-тригерів. У початковому стані такого регістру всі тригери перебувають у стані 0. Після першого вхідного імпульса тригер T1 перейде у стан 1, після другого у стан 1 перейде T2 і так продовжується далі.

Визначити кількість імпульсів, що

потрапила на вхід, можна за станом тригерів по таблиці. Після восьмого імпульса всі тригери переходять у стан 0 та процес повторюється.



Лічильний T-тригер
а) позначення
б) підключення



Трирозрядний двійковий лічильник імпульсів

В загальному випадку інформаційна ємність лічильника дорівнює 2^n , де n – число тригерів у лічильнику.

Кількість вхідних імпульсів	Стан тригерів		
	T3	T2	T1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0



11 ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ І ТЕЛЕМЕХАНИКИ

СХЕМА УПРАВЛІННЯ ТРАМВАЙНОЮ СТРІЛКОЮ

Схема управління стрілкою від контактної мережі працює від напруги 600В постійного струму. Один з електричних приладів серієсний (С) включений до електричного ланцюгу послідовно мережі трамвайного вагону. Інший привод – шунтовий (Ш) включений до електричної мережі паралельно.

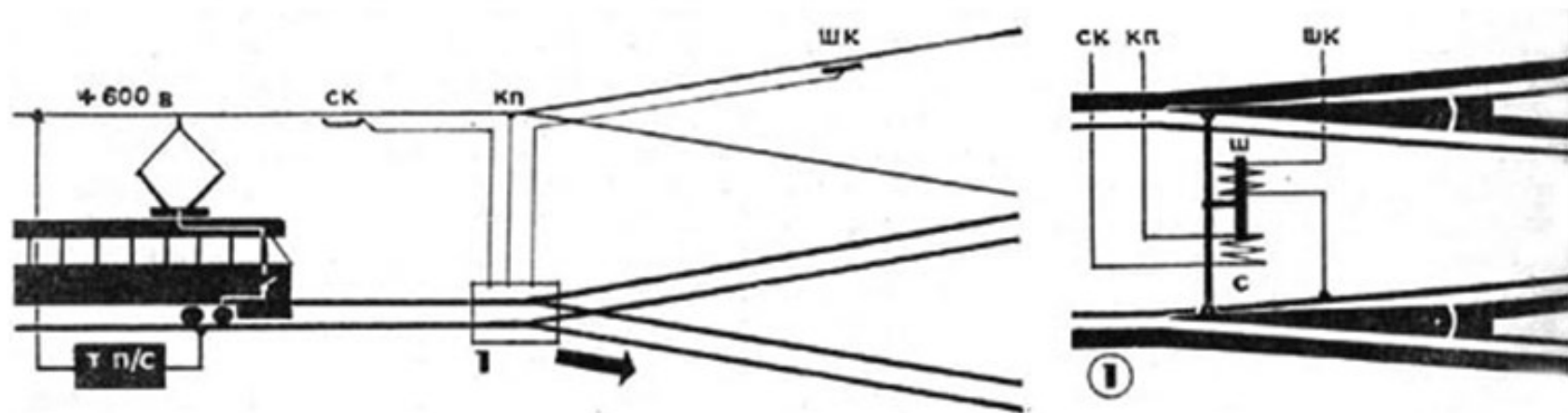
На контактному дроті перед стрілкою знаходяться серієсні повітряні контакти (СК), що опускають струмознімач трамваю, поступово відриваючи його від контактного дроту (КД). За стрілкою на лівому напрямі в одному рівні з контактним дротом встановлені шунтові повітряні контакти (ШК).

Якщо трамваю необхідно їхати праворуч, водій проводить його під серієсним контактом накатом, тобто з вимкненими двигунами. Тому стрілка залишається в правому положенні, оскільки серієсний ланцюг залишається розімкненим.

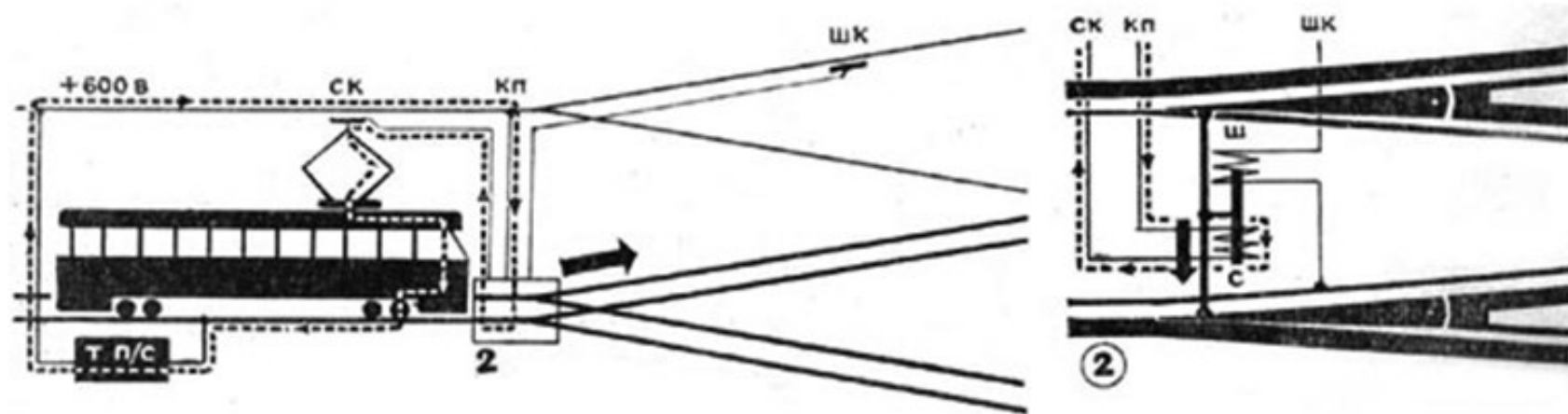
Якщо трамваю слід їхати ліворуч, то водій за допомогою контролера вмикає двигуни. Коли поїзд проходить під стрілкою з ввімкненими двигунами, виникає електричний ланцюг: контактний дріт – серієсний електропривод – серієсні повітряні контакти – двигуни вагона – рейки – тягова підстанція (Т П/С).

Таким чином, контролер трамвайного поїзда є вимикачем, що замикає серієсний електричний ланцюг стрілки.

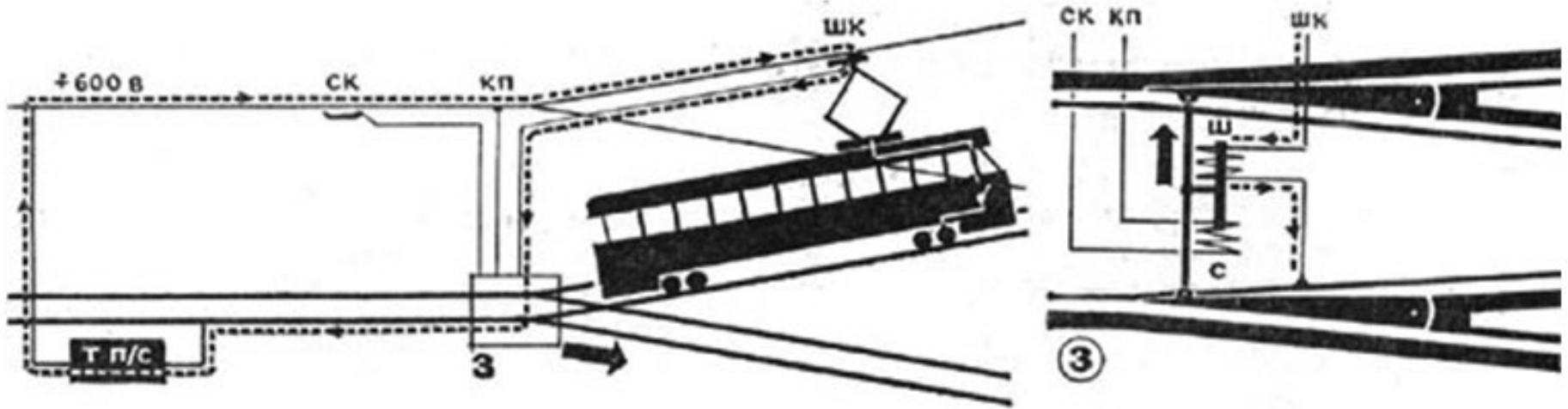
Після того, як вагони минули стрілку, під шунтовими контактами автоматично виникає інша електрична мережа: контактний дріт – шунтові повітряні контакти – шунтовий електропривод – рейки – тягова підстанція. В результаті шунтовий електропривод повертає стрілку у початковий стан.



Проходження стрілки праворуч



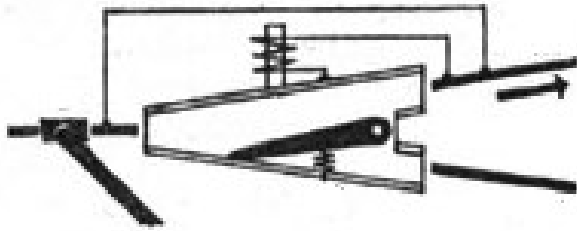
Спрацювання серієсного приводу



Спрацювання шунтового приводу

АВТОМАТИЧНА ТРОЛЕЙБУСНА СТРІЛКА

Тролейбусна стрілка в місцях розходження лінії працює за таким принципом: у випадку, якщо тролейбус проїздить стрілку ліворуч водій під час проходження стрілки відключає тролейбусний двигун, сильно знижуючи витрату струму з контактної мережі тролейбусом. Привод стрілки, що являє собою електромагніти, які перенаправляють штанги на ліву лінію, спрацьовує лише в тому випадку, коли обмоткам електромагнітів, підключеним у стрілці послідовно до електричного ланцюга тролейбуса, достатньо для спрацювання величини струму, що проходить через них. Спрацювання приводу і переведення штанг праворуч досягається за рахунок ввімкнення двигуна під час проходження стрілки та збільшення таким чином сили струму через електромагніти.



ЗАЛІЗНИЧНЕ АВТОБЛОКУВАННЯ

Автоблокування (АБ) — автоматична система регулювання руху поїздів. При АБ перегін між станція ми ділиться на один або кілька блок-ділянок довжиною зазвичай від 1 до 3 км. На початку кожного блок-ділянки встановлюється автоматично діючий прохідний світлофор, що сигналізує двома, трьома або чотирма показаннями залежно від значності АБ.

Сигнали автоблокування

Двозначне АБ (застосовується обмежено на метрополітенах)

Зелений вогонь — блок-ділянка вільна

Червоний вогонь — Забороняється проїжджати сигнал.

Тризначне АБ

Зелений вогонь — вільні дві і більше блок-ділянки

Жовтий вогонь — вільний один блок-ділянку

Червоний вогонь — Забороняється проїжджати сигнал.

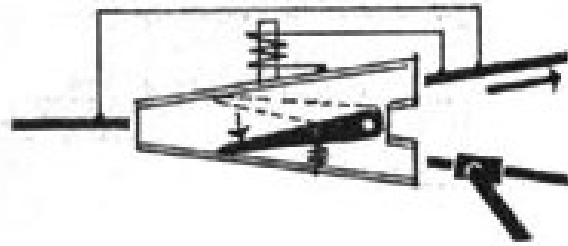
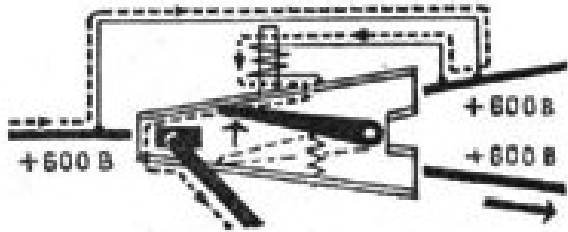
Чотиризначне АБ

Зелений вогонь — вільні три або більше блок-ділянки

Жовтий і зелений вогонь — вільні дві блок ділянки

Жовтий вогонь — вільний один блок-ділянку

Червоний вогонь — Забороняється проїжджати сигнал.



Положення стрілки

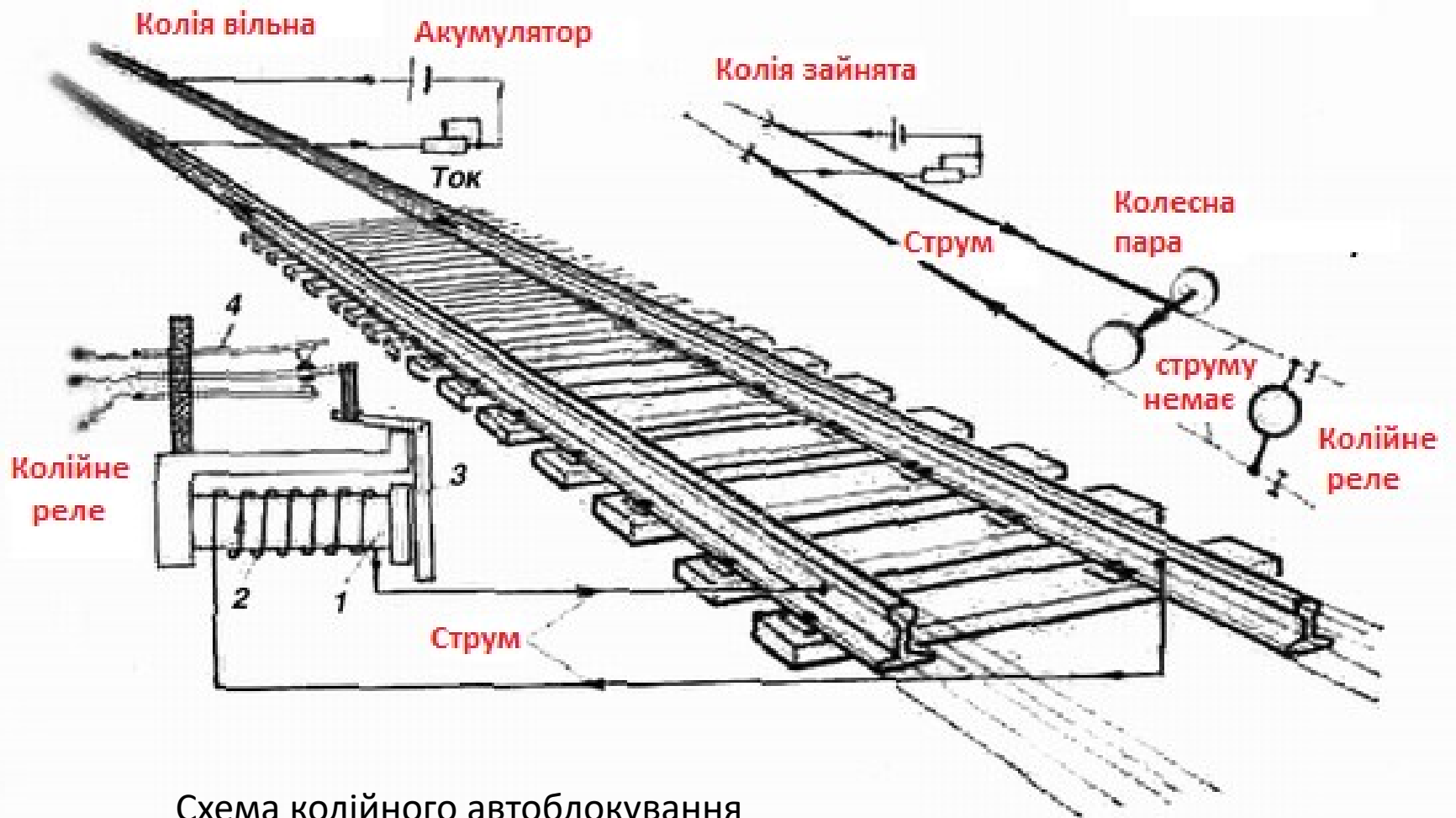


Схема колійного автоблокування

ЛАМПИ ДЕННОГО СВІТЛА

Люмінесцентна лампа — газорозрядне джерело світла, світловий потік якого визначається в основному світінням люмінофорів під впливом ультрафіолетового випромінювання розряду.

Люмінофор - речовина, яка має властивість світитися при збільшенні внутрішньої енергії, тобто проявляти люмінесценцію.

При роботі люмінесцентної лампи між двома електродами, що розташовані на протилежних кінцях лампи виникає електричний розряд. У лампі, яка заповнена парами ртуті, змінний струм приводить до появи УФ-випромінювання.

Це випромінювання невидиме для людського ока, тому його перетворюють у видиме світло за допомогою явища люмінесценції. Внутрішні стінки лампи покриті люмінофором, що поглинає УФ-випромінювання і виділяє видиме світло. Змінюючи склад люмінофора, можна змінювати відтінок одержаного світла.

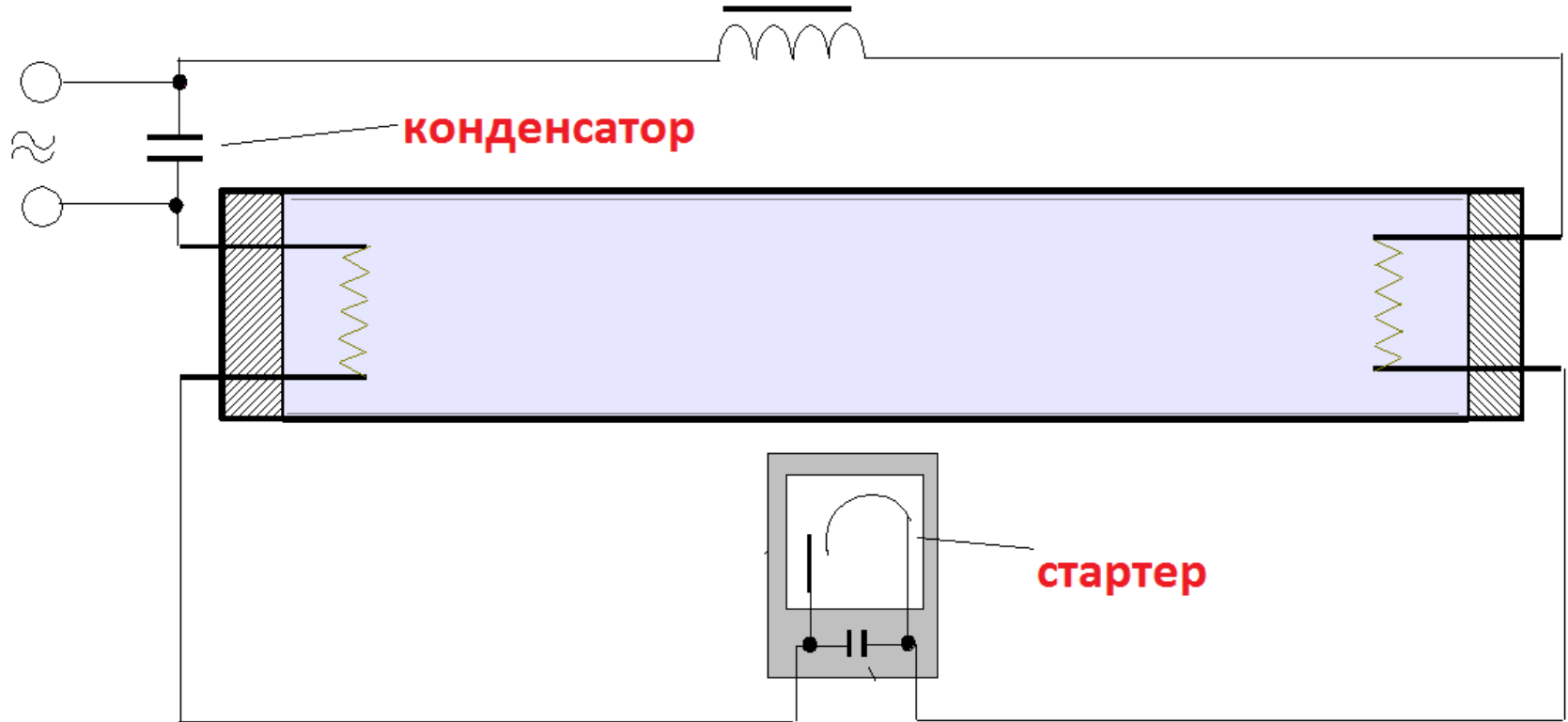
При безпосередньому підключенні до електричної мережі лампа дуже швидко вийде з ладу через велику силу струму. Щоб запобігти цьому, лампи підключають через спеціальний пристрій (баласт).

Це може бути резистор, однак частіше застосовується реактивний опір (конденсатор або котушка індуктивності).



Позначення люмінесцентних ламп

індуктивність



Підключення лампи денного світла