

1 Елементи автоматики-перетворювачі інформації

1.1 Загальні відомості.

Узагальнену структурну схему будь-якої системи керування технологічним об'єктом зображено на рисунку 1.1.

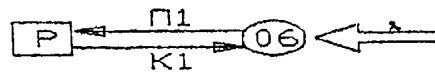


Рис. 1.1 - Узагальнена структура системи керування

Об - об'єкт керування;

λ - вплив зовнішнього середовища на об'єкт, внаслідок чого порушується заданий перебіг технологічного процесу ("збурювальний вплив");

Р - розпорядча ланка;

П1 - повідомна інформація про стан об'єкта (за зворотним зв'язком);

К1 - керуюча інформація, що має на меті забезпечити заданий перебіг технологічного процесу (за прямим зв'язком).

Матеріальним носієм інформації є сигнал - певне фізичне явище, зв'язане з конкретним фактом або подією (приклади сигналів у технічних системах керування: наявність або відсутність електричного струму в колі, зміна тиску повітря у трубопроводі, механічне переміщення фізичних тіл та ін.).

У розпорядчій ланці здійснюється перетворення інформації, сигнали перетворюються з одного виду в інший за допомогою тих чи інших пристроїв, названих інформаційними перетворювачами.

Розпорядча ланка складається з чотирьох елементів (Рис. 1.2):

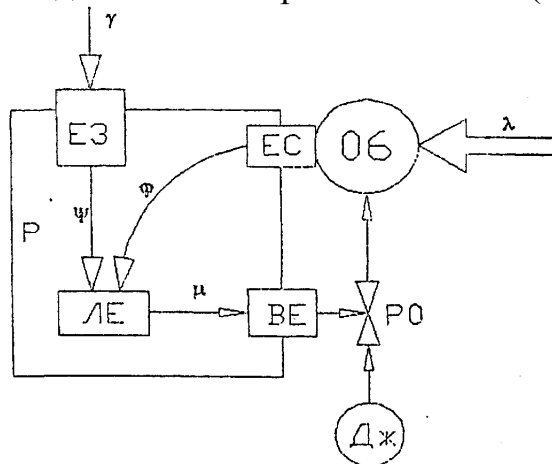


Рис. 1.2 Структурна схема керування технологічним об'єктом

ЕС - елемент, який сприймає інформацію про стан об'єкта і переробляє її у сигнал ϕ ;

ЕЗ – елемент, що задає інформацію Ψ про те, яким має бути стан об'єкта;

ЛЕ - логічний елемент, що порівнює сигнали ϕ та Ψ і виробляє розпорядчий сигнал μ , який вказує, як треба вплинути на об'єкт для забезпечення заданого алгоритму його роботи;

ВЕ - виконавчий елемент, який на основі сигналу μ безпосередньо впливає на регулюючий орган (РО), встановлюючи за його допомогою необхідний потік енергії або речовини, що надходить до об'єкта від джерела (ДЖ). Завдання в ЕЗ вводиться за допомогою уставки γ .

У кожному з вищезазначених елементів здійснюється перетворення інформації, сигнали перетворюються з одного виду в інший за допомогою інформаційних перетворювачів.

На рис. 1.3 показано узагальнену структурну схему такого перетворювача:

X - вхідний сигнал;

Y - сигнал на виході перетворювача;

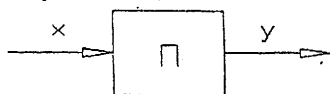


Рис. 1.3 - Перетворювач інформації

Розглянемо деякі фізичні пристрої, які використовуються у технічних системах керування з метою перетворення інформації. Ці перетворювачі прийнято поділяти на групи залежно від характеру сигналів на їх виході.

1.2 Перетворювачі, в яких вихідним сигналом є механічне переміщення (лінійне, обертальне).

Відцентровий перетворювач (рис. 1.4) використовується для одержання лінійного переміщення $y = l$ залежно від частоти обертів вала машини $x = n$. При обертанні вала 1 тягарі 2 під дією відцентрових сил, прикладених до важелів 3, розходяться врізнібіч, і кільце 4, переборюючи опір пружини 5, переміщується вгору, і це переміщення l буде тим більшим, чим більша частота обертів n вала.

Поплавковий перетворювач (рис. 1.5) забезпечує переміщення штока $y = l$, що відповідає зміні рівня рідини $x = h$. Поплавок виготовляється з матеріалу, об'ємна густина якого менша, ніж об'ємна рідини. У цьому перетворювачі $l = h$.

Буйковий перетворювач (рис. 1.6) відрізняється від поплавкового наявністю пружини, яка обмежує вихідне переміщення, тому в цьому перетворювачі l пропорційне h , але $l < h$.

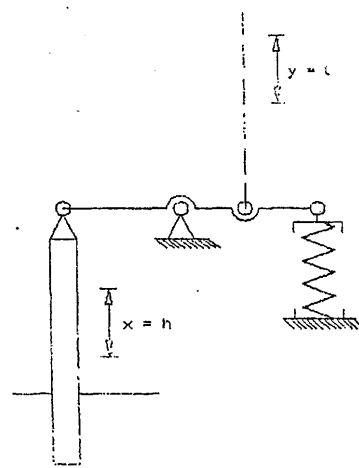
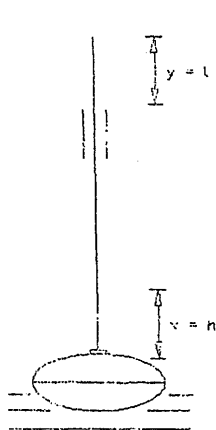
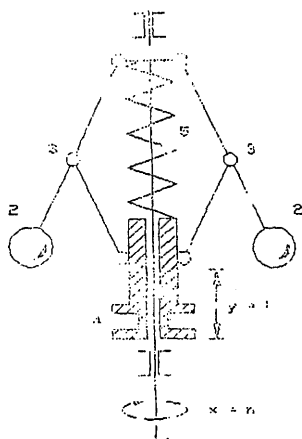


Рис. 1.4 - Відцентровий П. Рис. 1.5 - Поплавковий П. Рис. 1.6 - Буйковий П.

Манометричний трубчастий перетворювач (рис. 1.7). Коли тиск $x = p$ зростає, трубка розгинається, і рух її вільного кінця є вихідним параметром $y = l$. Якщо тиск зменшується, трубка завдяки своїй пружності повертається у початкове положення. При тому ж тиску $x = p$ переміщення $y = l$ буде більшим, якщо трубка має декілька витків (рис. 1.8, 1.9); перетворювач на рис. 1.9 відрізняється ще й тим, що вихідне переміщення його прямолінійне.

Мембранний перетворювач (рис. 1.10, 1.11). Якщо тиск $x = p$ газу або рідини

зростає, мембрана прогинається, і шток переміщується $y = l$. Мембрани виготовляються з еластичного листового матеріалу (рис. 1.10) або з тонкого металевого листа (Рис. 1.11); з метою збільшення прогинання металеві мембрани можна гофрувати.

Мембранний перетворювач можна приєднати до двох різних джерел тиску p_1 і p_2 , тоді прогинання мембрани залежатиме від різниці тисків $p_1 - p_2$. Такий мембранний перетворювач дістав назву диференціального (рис. 1.11).

Сильфонний перетворювач (рис. 1.12) являє собою гофрований металевий стаканчик; переміщення його дна $y = l$ залежить від тиску газу або рідини $x = p$ у середині стаканчика.

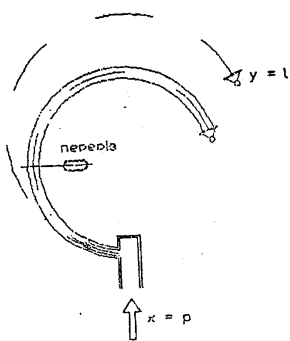


Рис. 1.7 - Манометричний

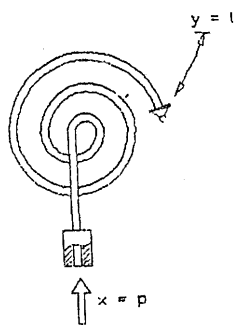


Рис. 1.8 - Манометричний

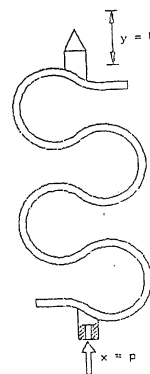


Рис. 1.9 - Манометричний

Рідинний термометр (рис. 1.13): при підвищенні температури $x = t$ рідина (ртуть, підфарбований спирт) розширюється, і стовпчик рідини в трубці довшає, $y = l$.

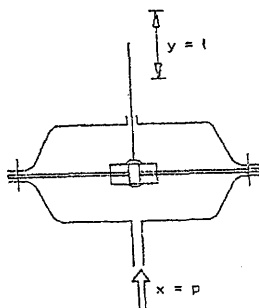


Рис. 1.10 - Мембранний

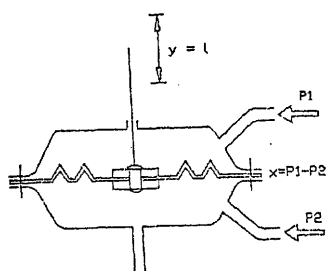
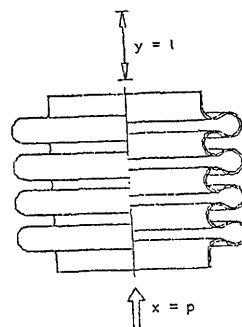


Рис. 1.11 – Диференціальний мембранний П. Рис. 1.12 - Сильфонний П.



Біметалевий перетворювач (рис. 1.14) виконаний з двох металевих смужок, з'єднаних між собою, причому температурні коефіцієнти їх лінійного розширення неоднакові: один більший (α_b), другий - менший (α_m). Метал з великим температурним коефіцієнтом лінійного розширення називають термоактивним (латунь, хромо-нікелева сталь), метал з меншим коефіцієнтом - термopасивним (сплав інвар, 64% Fe + 36% Ni). При підвищенні температури $x = t$ вільний кінець цього перетворювача згинається, $y = l$.

Дилатометричний перетворювач (рис. 1.15) теж виготовляється з термоактивного і термopасивного металів; при підвищенні температури $x = t$ термоактивний стакан довшає, а внутрішній термopасивний стрижень залишається незмінним, тому верхній кінець його переміщується вниз, $y = l$.

Ротаметр (рис. 1.16) складається з трубки 1, що розширюється догори, і поплавка 2, який має особливу форму: знизу - конус, угорі - невеликий обідок з косими пазами. Питома маса поплавок повинна трохи перевищувати питому масу середовища (газ, рідина), що проходить через перетворювач. Потік газу або рідини підіймає поплавок на певну висоту; чим більший потік Q речовини, тим вище підіймається

ся поплавков, $y = l$. Косі пази тут для того, щоб поплавок обертався при проходженні речовини по трубці і не торкався стінок.

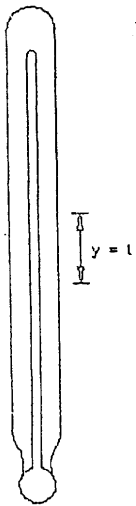


Рис. 1.13

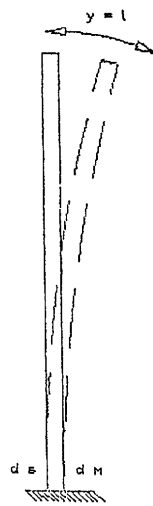


Рис. 1.14

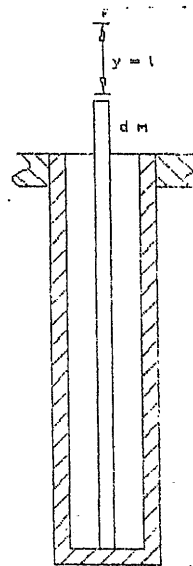


Рис. 1.15

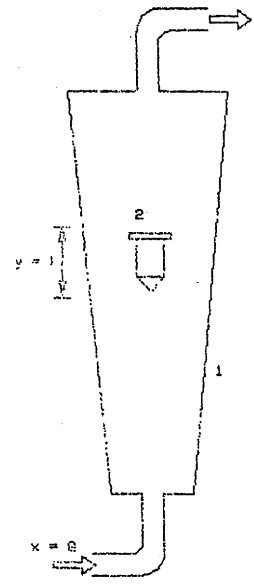


Рис. 1.16

Рис. 1.13 - Рідинний термометр

Рис. 1.14 - Біметалевий П.

Рис. 1.15 - Дилатометричний П.

Рис. 1.16 - Ротаметр

Магнітоелектричний перетворювач зображено на рисунку 1.17: між полюсами постійного магніту 1 розташована легка котушка 2, струм до якої підводиться через спіральні пружини 3. Взаємодія струму котушки з магнітним полем постійного магніту створює обертовий момент, внаслідок чого котушка повертається за годинниковою стрілкою, переборюючи протидію пружинок. Кут обертання котушки $y = \alpha$ пропорційний струму в ній $x = i$. Перетворювач функціонує тільки на постійному струмі (або випрямленому, рис. 1.18).

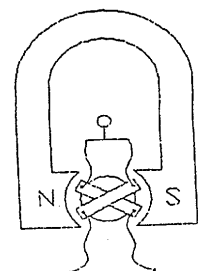
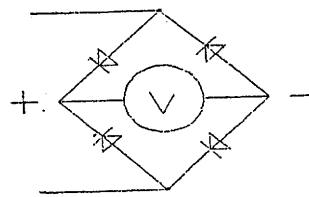
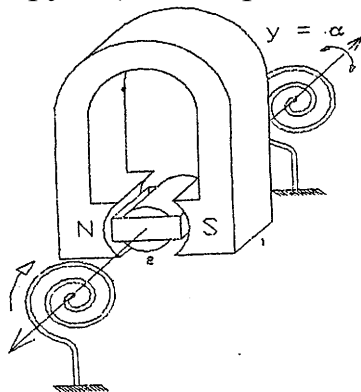


Рис. 1.17 - Магнітоелектричний П. Рис. 1.18 – Випрямляч Рис. 1.19 – Логометр

Різновид магнітоелектричного перетворювача - на рисунку 1.19: у ньому нема протидіючих пружинок, але дві котушки: одна створює обертаючий момент, друга - протидіючий. Кут обертання рухомої визначається відношенням струмів у котушках, тому цей прилад зветься "логометром" (грецьк. відношення).

Електромагнітні перетворювачі ґрунтуються на використанні магнітного поля струму; можливі різні конструкції.

На рисунку 1.20 зображено електромагнітний перетворювач для вимірювання струму: при проходженні струму по котушці 1 феромагнітний ярмо 2 утягується всередину котушки, переборюючи протидію спіральної пружини 3. Кут обертання $y = \alpha$

залежить від величини струму $x = i$. Перетворювач може працювати як на постійному, так і на змінному струмі. На рисунку 1.21 - електромагнітний перетворювач соленоїдного типу: струм $x = i$ (у даному випадку - постійний) проходить по котушці 1, створює магнітний потік, що втягує якір 2 усередину котушки, переборюючи його вагу (а іноді - і протидію пружини).

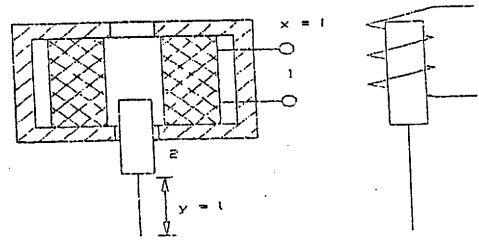
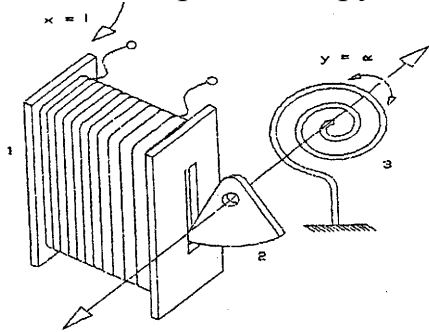


Рис. 1.20 – Електромагнітний П. Рис. 1.21 - Соленоїдний електромагнітний П.

На рисунку 1.22 - електромагнітний перетворювач з поворотним якорем: струм $x = i$, проходячи по котушці 1, створює у магнітопроводі магнітний потік, який притягує якір 3 до осердя 2. Такий перетворювач може працювати тільки на постійному струмі; на змінному струмі у момент проходження магнітного потоку через нуль електромагнітне зусилля зникає, і якір вібруватиме.

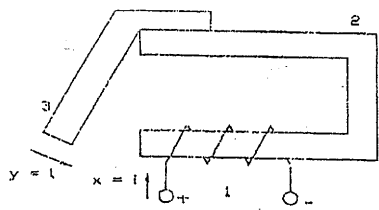


Рис. 1.22

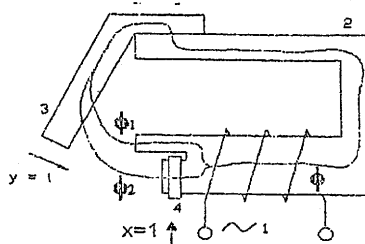


Рис. 1.23

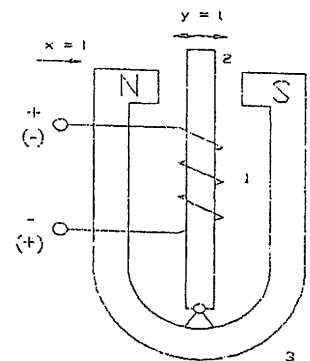


Рис. 1.24

Рис. 1.22 - Електромагнітний П. постійного струму

Рис. 1.23 - Електромагнітний П. змінного струму

Рис. 1.24 - Поляризований електромагнітний П.

Варіант електромагнітного перетворювача (з поворотним якорем) для змінного струму - на рисунку 1;23: котушка 1, осердя 2, якір 3. Поліус осердя розщеплюється, і на одну його частину нанизується мідне кільце 4; частина Φ_2 загального магнітного потоку Φ , яка проходить через кільце, за законом Ленца, відстає від другої частини Φ_1 , тому Φ_1 і Φ_2 проходять через нуль неодноразово і вібрації якоря не буде.

Електромагнітні перетворювачі, робота яких залежить від напрямку струму в котушці, називаються поляризованими. Можливий варіант будови поляризованого електромагнітного перетворювача – на рис. 1.24. Струм $x = i$, проходячи по котушці 1, створює в якорі 2 магнітний потік; якір намагнічується, і верхній його кінець відштовхується від однойменного полюса осердя 3 і притягується до протилежного. Так, якщо на верхній затискач котушки подати "+", то верхній кінець якоря стане полюсом "N" і переміститься праворуч при подачі "-", на верхній затискач котушки верхній кінець якоря переміститься ліворуч.

1.3 Перетворювачі, в яких вихідним сигналом є тиск газу або рідини.

Дросельні перетворювачі використовуються для вимірювання витрати газу або рідини, що проходять трубопроводом. Принцип дії таких перетворювачів ґрунтується на законі Бернуллі: якщо зменшити переріз труби, то швидкість гаду або рідини в цьому місці зростає, а тиск зменшується (рис. 1.25), причому різниця тисків до звуження p_1 і після нього p_2 може бути показником витрати речовини у трубопроводі, оскільки чим більша витрата, тим більша і різниця $p_1 - p_2$. Після звуження струмінь речовини знову розширюється, швидкість його зменшується, а тиск поновлюється, але внаслідок втрат на тертя - не до попередньої величини (це явище зветься "необоротною втратою тиску", Δp на рис. 1.25). На рис. 1.26 зображено будову найпростішого дросельного перетворювача витрати - нормальної діафрагми. Більш досконалим дросельним перетворювачем є труба Вентурі (рис. 1.27): у цьому перетворювачі необоротні втрати тиску значно менші, ніж у нормальній діаграмі.

Золотниковий перетворювач - на рис. 1.28. Якщо його поршень переміщується вгору, робоча речовина під тиском потрапляє у верхню вихідну трубку, а нижня вихідна трубка з'єднується з атмосферним тиском ($p_1 = p_{\text{живл}}$, $p_2 = p_0$): якщо ж поршень золотника переміщується донизу, то все відбувається навпаки: $p_2 = p_{\text{живл}}$, $p_1 = p_0$. Золотникові перетворювачі бувають гідравлічні (робоча речовина - рідина під тиском) і пневматичні (робоча речовина - стиснене повітря).

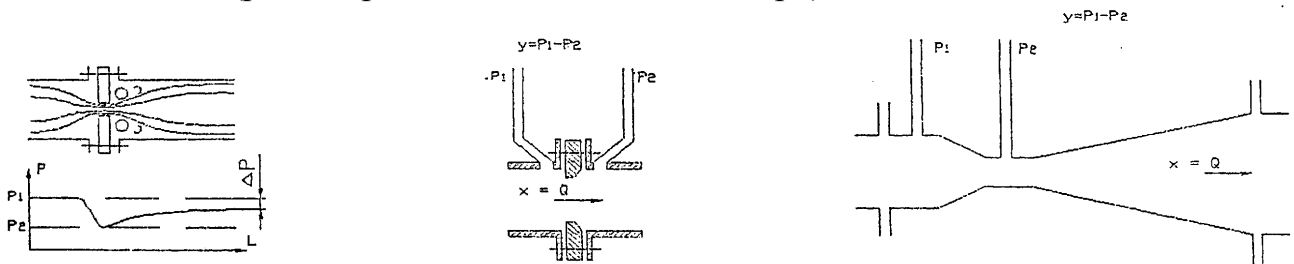


Рис. 1.25 - Дросельний П. Рис. 1.26 - Нормальна діафрагма Рис. 1.27 - Труба Вентурі

Струминний перетворювач - на рис. 1.29. Якщо струминна трубка розташована вертикально, то робоча речовина під тиском розподіляється рівномірно між лівою і правою вихідними трубками, тому $p_1 = p_2$. Якщо ж трохи повернути струминну трубку навколо точки О у напрямку годинникової стрілки, то тиск p_1 стане більшим, ніж p_2 ; при обертанні трубки проти годинникової стрілки буде $p_2 > p_1$. Різниця між p_1 і p_2 стає відчутною при дуже малих переміщеннях $x = l$ вільного кінця струминної трубки.

Струминні перетворювачі здебільшого гідравлічні, але бувають і пневматичні.

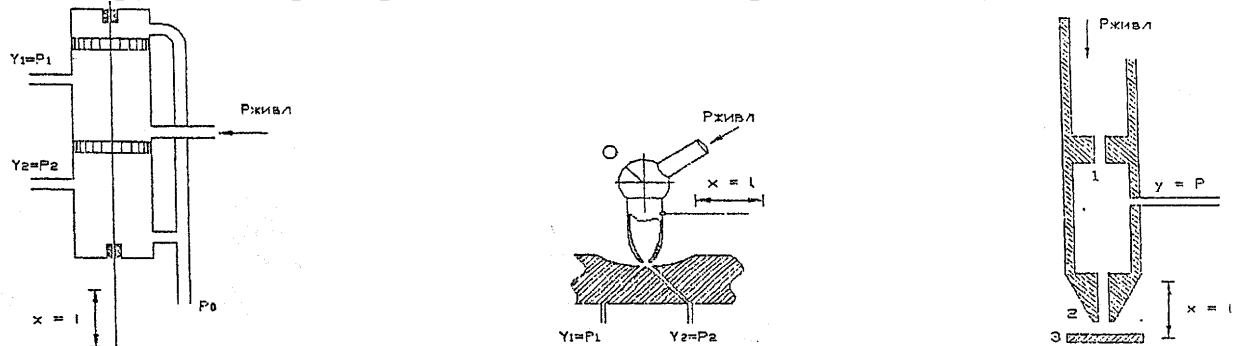


Рис. 1.28 - Золотниковий П. Рис. 1.29 - Струминний П. Рис. 1.30 - Сопло - заслінка

Перетворювач з соплом і заслінкою зображено на рис. 1.30. Складається він з двох звужувальних пристроїв: одного (1) з постійним перерізом і другого - зі змін-

ним: чим ближче заслінка 3 до сопла 2, тим переріз цього звужувального пристрою менший, і тим тиск $y = p$ на виході більший (якщо заслінка закриє сопло повністю, тиск дорівнюватиме $y = p_{\text{живл}}$; якщо вона переміститься досить далеко, то тиск зрівняється з атмосферним, $y = p_0$). Ці перетворювачі також можуть бути гідравлічними і пневматичними.

Термоманометричні перетворювачі - на рисунках 1.31 і 1.32. У газовому термоманометричному перетворювачі (рис. 1.31) балон заповнений газом (азот, гелій); при підвищенні температури $x = t$ тиск газу за законом Шарля відповідно збільшується, $y = p$. У парових термоманометричних перетворювачах (рис. 1.32) робочою речовиною є рідини, що мають низьку температуру кипіння (ацетон, бензол). При роботі цього перетворювача частина рідини випаровується причому тиск пари $y = p$ при збільшенні температури $x = t$ зростає значно швидше, ніж у газових. Однак для правильної роботи парового перетворювача необхідно, щоб пара робочої рідини була тільки в балоні, а у вихідному капілярі рідина. З цією метою вихідний капіляр закінчується всередині балона трубкою, яка має занурюватися в робочу рідину - як для вертикальної установки (рис. 1.32,а), так і для горизонтальної (рис. 1.32,б).

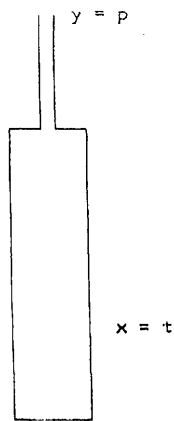


Рис. 1.31

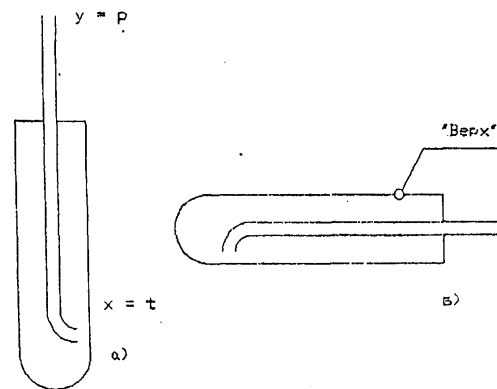


Рис. 1.32

Рис. 1.31 – Газований термоманометричний П.

Рис. 1.32 – Рідинний термоманометричний П.

1.4 Перетворювачі, де вихідним сигналом є електрична величина.

Контактний перетворювач здійснює перетворення механічного переміщення у замикання (рис. 1.33,а) або розмикання (рис. 1.33,б) електричного кола; можливе також одночасне замикання одного кола і розмикання іншого (рис. 1.33,в). Контактними тілами звичайно служать метали: при невеликих контактних зусиллях - платина, у менш відповідальних випадках - срібло, при значних струмах - вольфрам, молибден. Умовні графічні позначення контактів - на тому ж рисунку 1.33.

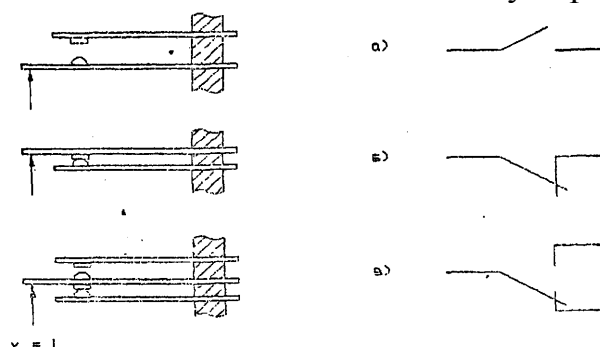


Рис. 1.33 - Контактні перетворювачі та їх графічні позначення

При розмиканні контактів, особливо на постійному струмі, виникають електричні іскри, які руйнують поверхню контактних тіл. Щоб зменшити їх руйнівний вплив, застосовують шунтування контакту конденсатором (рис. 1.35) або шунтування індуктивності, яка розмикається контактом, за допомогою діода (рис. 1.36).

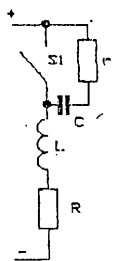


Рис. 1.34

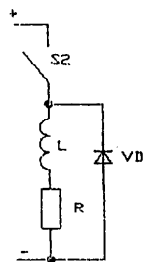


Рис. 1.35

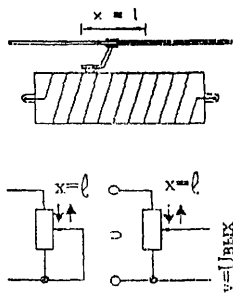


Рис. 1.36

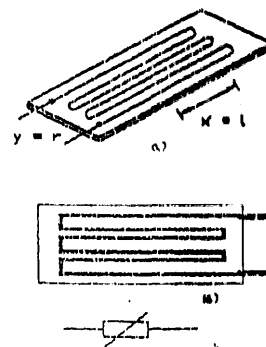


Рис. 1.37

Рис. 1.34 – Шунтування контакту

Рис. 1.35 – Шунтування котушки

Рис. 1.36 - Реостатний П. та схеми його з'єднання

Рис. 1.37 – Тензорезистор та його графічне позначення

Реостатний перетворювач (рис. 1.36) являє собою регульований дротяний опір з пересувним контактом, переміщення якого $x=l$ впливає на електричний вихідний параметр перетворювача $y=r$ (якщо перетворювач ввімкнено в електричне коло послідовно) або $y=U_{\text{вих}}$ (якщо перетворювач використовується як подільник напруги). Найбільш поширені каркасні реостатні перетворювачі, де манганіновий (сплав $\text{Cu}+\text{Mn}+\text{Ni}$) або константановий (сплав $\text{Cu}+\text{Ni}$) дріт намотаний на ізоляційний каркас (ебоніт, гетинакс, текстоліт), як у звичайних реостатах змінного струму, але значно менших габаритів.

Тензорезистор дротяний (рис. 1.37,а) виготовляється з тонкого константанового дроту. Такий перетворювач слід наклеїти на деталь, деформація $x=l$ якої вимірюється. При розтягуванні деталі опір перетворювача збільшується, при стисненні - зменшується. Такі ж властивості у тензорезистору, виготовленого з константанової фольги (рис. 1.37,б). Умовне графічне позначення цих тензорезисторів - на рисунку 1.37,в.

Індуктивні перетворювачі - на рисунках 1.38 ... 1.40. Як відомо індуктивність L котушки з феромагнітним осердям дорівнює

$$L = \frac{\omega^2}{R_m},$$

де ω - число витків котушки;

R_m - магнітний опір осердя;

При деформації осердя (розтягуванні, стисненні) змінюється магнітна проникність μ матеріалу осердя, що впливає на магнітний опір R_m , отже, і на індуктивність L котушки. Такий індуктивний перетворювач дістав назву магнітопружного (рис. 1.38). В індуктивному перетворювачі на рис. 1.39 осердя 2 нерухоме, а якір 3 може пересуватися, змінюючи повітряний проміжок; це призводить до збільшення або зменшення магнітного опору R_m , відповідно змінюючи індуктивність L котушки 1.

На рисунку 1.40 - індуктивний перетворювач соленоїдного типу, диференціальний. Якщо якір міститься посередині між двома котушками, їх індуктивності L_1 і L_2 однакові. При переміщенні якоря вгору індуктивність L_1 збільшується, L_2 зменшується; при переміщенні якоря вниз - навпаки, $L_2 > L_1$.

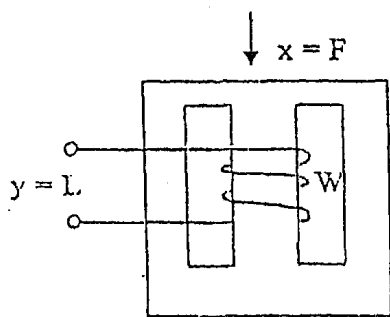


Рис. 1.38

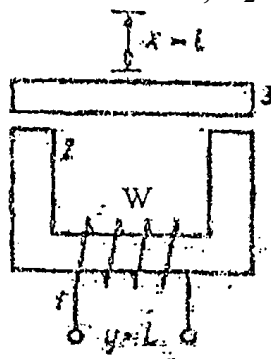


Рис. 1.39

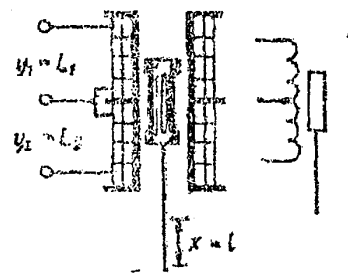


Рис. 1.40

Рис. 1.38 - Магнітопружний І.П.

Рис. 1.39 - Дросельний І.П.

Рис. 1.40 - Диференціальний І.П.

У вимірювальних системах поширені трансформаторні перетворювачі (рис. 1.41...1.47). Як відомо, вторинна напруга U трансформатора залежить від напруги живлення $U_{\text{живл}}$ первинної обмотки, кількості витків первинної W_1 і вторинної W_2 котушок, магнітного потоку Φ в магнітопроводі й опору R , на який замкнена вторинна обмотка.

Якщо $U_{\text{живл}}$, W_1 , W_2 та R незмінні, можна вважати, що U однозначно залежить тільки від величини магнітного потоку Φ , який для котушки з феромагнітним осердям обернено пропорційний магнітному опору R_m .

У магнітопружному трансформаторному перетворювачі (рис. 1.41) деформація осердя призводить до зміни магнітної проникності μ його матеріалу, зміни величини магнітного потоку Φ , отже, і до зміни вторинної напруги $y = U$.

Трансформаторний перетворювач, що на рисунку 1.42, складається з феромагнітного осердя, на якому дві обмотки W_1 і W_2 , та феромагнітного якоря. Магнітний потік Φ у такому перетворювачі залежить від величини повітряного проміжку між осердям і якорем: чим менший проміжок, тим магнітний потік більший, і навпаки. Переміщення якоря $x = l$ в якому перетворювачі спричинює зміну вихідної напруги $y = U$: якщо якір переміщується вниз, проміжок зменшується, магнітний потік Φ збільшується, і U зростає.

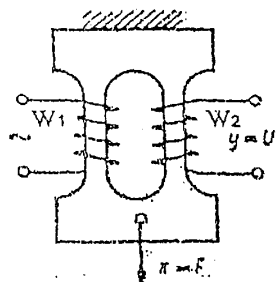


Рис. 1.41

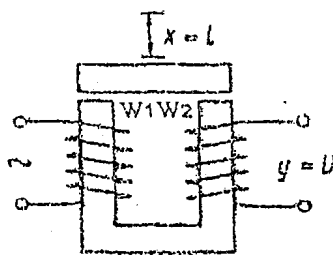


Рис. 1.42

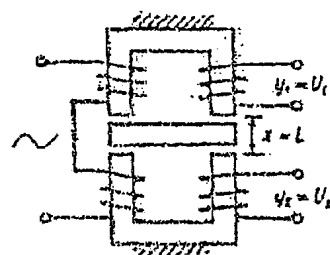


Рис. 1.43

Рис. 1.41 - Магнітопружний Т.П.

Рис. 1.42 - Трансформаторний Т.П.

Рис. 1.43 - Диференціальний Т.П.

У диференціальному трансформаторному перетворювачі (Рис. 1.43) переміщення якоря вгору призводить до збільшення U_1 і зменшення U_2 ; при переміщенні якоря вниз - навпаки, зростає U_2 і зменшується U_1 .

Трансформаторний перетворювач соленоїдного типу - на рисунку 1.43: якщо якір займає вказане положення, магнітний потік Φ між обмотками W_1 і W_2 найбільший і значення $y = U$ також максимальне. Переміщення якоря вгору чи вниз призведе до зменшення вихідної напруги, причому кожному значенню $x = l$ відповідатиме певне значення $y = U$. Умовне графічне позначення такого перетворювача - на тому ж рисунку 1.44 праворуч. У диференціальному трансформаторному перетворювачі соленоїдного типу (Рис. 1.44) при переміщенні якоря вгору збільшується U_1 і зменшується U_2 , при переміщенні якоря вниз - навпаки. Умовне графічне позначення - на тому ж рисунку 1.44.

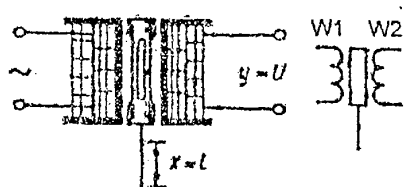


Рис. 1.44

Рис. 1.44 – Соленоїдний Т.П.

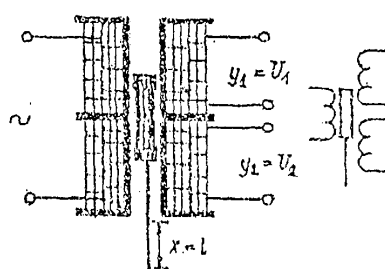


Рис. 1.45

Рис. 1.45 - Диференціальний Т.П.

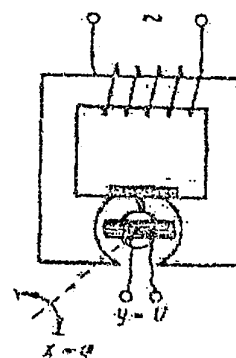


Рис. 1.46

Рис. 1.46 - Т.П. з поворотною котушкою

На рисунку 1.46 - трансформаторний перетворювач з поворотною котушкою. Вихідна напруга $y = U$ залежить від положення вторинної котушки $x = \varphi$: чим більший магнітний потік пронизує вторинну котушку, тим більше значення U . Якщо розташувати площину котушки горизонтально (як на рис. 1.46), то магнітний потік не пронизуватиме котушку, тому $U = 0$. Найбільше значення U відповідає вертикально розміщеній площині котушки. Кожному значенню $x = \varphi$ відповідає цілком певне значення $y = U$.

Трансформаторний перетворювач на рисунку 1.47 відрізняється від попереднього трьома вторинними котушками, площини яких знаходяться під кутом 120° одна до одної. В кожній з цих котушок виникають відповідні значення вторинної напруги залежно від кута повороту якоря $x = \varphi$. Умовне графічне позначення такого перетворювача (який має назву „сельсин”) - на рисунку 1.47 праворуч.

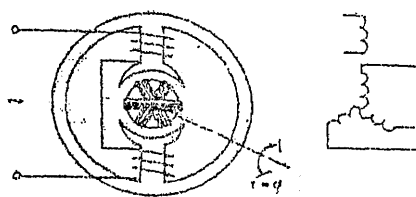


Рис. 1.47 – Сельсин

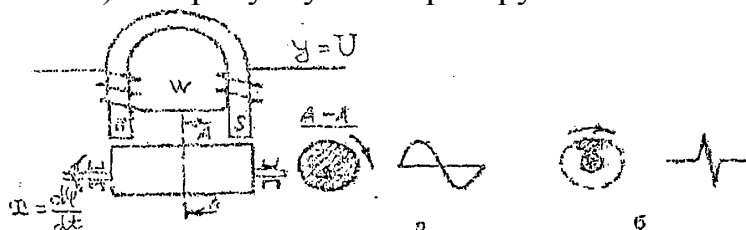


Рис. 1.48 - Індукційний П.

Індукційний перетворювач, зображений на рисунку 1.48,а, може застосовуватись для вимірювання швидкості обертання. Складається він з осердя, на якому зна-

ходиться обмотка, і якоря, насадженого на вал ексцентрично. При кожному оберті вала проміжок між осердям і якорем змінюється від мінімуму до максимуму, тому змінюється відповідно від максимуму до мінімуму і магнітний потік, збуджуючи при цьому в обмотці електрорушійну силу електромагнітної індукції. Частота вихідної напруги $y = U$ дорівнює числу обертів вала за секунду; форма напруги в такому перетворювачі близька до синусоїдальної. Якщо виконати якір так, як показано на рисунку 1.48,б, зміни магнітного потоку будуть різкішими, тому форма напруги буде, як на рисунку 1.48,б, праворуч.

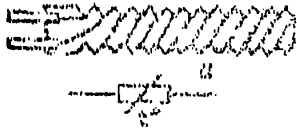


Рис. 1.49

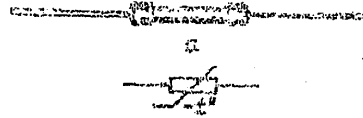


Рис. 1.50

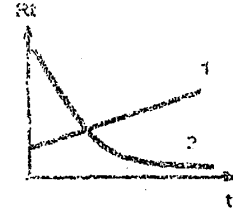


Рис. 1.51

Рис. 1.49 - Терморезистор дротяний

Рис. 1.50 – Термістор

Рис. 1.51 – Статичні характеристики

Терморезистори - це перетворювачі, у яких зміна температури $x = t$ призводить до зміни електричного опору $y = r$: терморезистори бувають дротяні (рис. 1.49) і напівпровідникові (рис. 1.50).

Дротяні терморезистори (термометри опору) виготовляються з мідного чи платиного дроту, який намотується на слюдяний каркас; при збільшенні температури опір дротяного терморезистора зростає (рис. 1.51, графік 1). Умовне графічне позначення дротяного терморезистора - на рисунку 1.49.

У напівпровідникових терморезисторах (термісторах) зміни опору значно інтенсивніші, але протилежні за знаком: збільшення температури спричинює зменшення опору термістора (рис. 1.51, графік 2). Умовне графічне позначення термістора - на рисунку 1.50 внизу.

Термоелектричний перетворювач. Якщо дві дротини, виготовлені з різних металів, зварити (рис. 1.52,а), а потім нагріти місце їх з'єднання, то у дротинках виникне електрорушійна сила. Цей пристрій (рис. 1.52,б) дістав назву термопара. Термопара перетворює температуру $x = t$. Умовне позначення термопари - на рисунку 1.53.в.

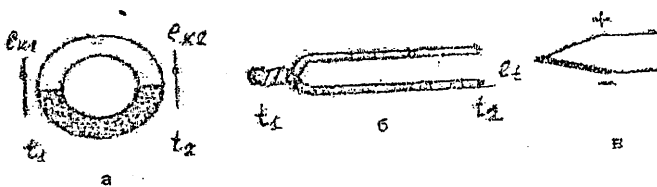


Рис. 1.52 – Термопара

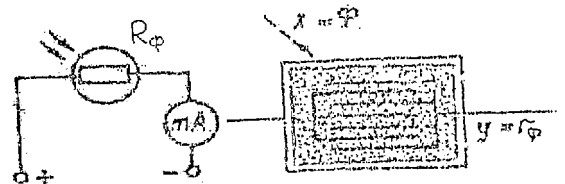


Рис. 1.53 - Фоторезистор

У фоторезисторі (рис. 1.53) при освітленні $x = \Phi$ опір $y = r_{\Phi}$ напівпровідникового шару між двома гребінчастими електродами зменшується. Умовне графічне позначення – на тому ж рисунку зліва.

У фотодіоді (рис. 1.54) при освітленні зменшується зворотний опір (схема зліва) або збільшується фотострум (схема справа). На рисунку 1.55 зображено прилад, протилежний фото діоду за своїми властивостями: він випромінює світло при проходженні електричного струму в прямому напрямку. Такий прилад дістав назву

“світлодіод”.

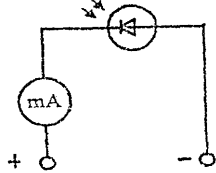


Рис. 1.54 - Режими роботи фото діода

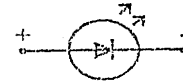
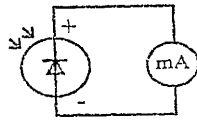


Рис. 1.55 - Світлодіод

Можливе об'єднання розглянутих простих перетворювачів інформації у складніші пристрої.

На рисунку 1.56 - об'єднання поплавкового перетворювача з контактним (1 - поплавок, 2 - важіль, 3 - протизага, SQ1 та SQ2 контакти). Якщо рівень рідини низький, то замкнуто SQ1; у разі підвищення рівня замикається SQ2.

На рис 1.57 - контактний термометр, що поєднує рідинний ртутний термометр, з контактним перетворювачем: при певному значенні температури стовпчик ртуті видовжується так, що замикає коло між контактами 1 та 2.

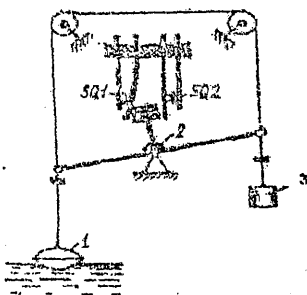


Рис. 1.56

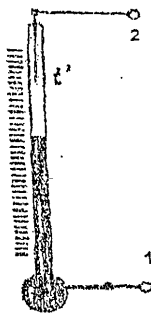


Рис. 1.57

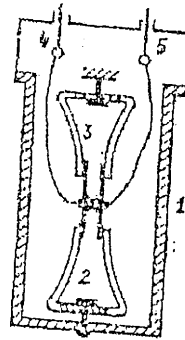


Рис. 1.58

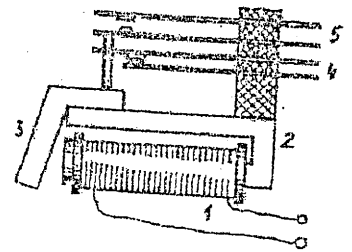


Рис. 1.59

Рис. 1.56 - Датчик рівня рідини

Рис. 1.57 - Контактний термометр

Рис. 1.58 – Дилатометричне реле

Рис. 1.59 - Електромагнітне реле

На рисунку 1.58 – дилатометричне реле: при підвищенні температури термоактивний стакан 1 подовжується, термопасивні пластини 2 та 3 витягуються, і контакти 4 та 5 розмикаються.

На рисунку 1.59 - електромагнітне реле постійного струму, яке є сполученням електромагнітного перетворювача (з поворотним якорем) і контактної пристрою. При проходженні струму по котушці 1 у магнітопроводі, що складається з осердя 2 та якоря 3, виникає магнітний потік, якір притягується до осердя, контактна група 4 розмикається (розмикаючий контакт), а контактна група 5 замикається (замикаючий контакт).

1.5 Перетворювачі інформації - виконавчі пристрої.

Деякі перетворювачі можуть бути використані безпосередньо як виконавчі елементи.

На рисунках 1.60, 1.61 зображено статори двох найбільш поширених однофазних електродвигунів змінного струму.

У першому з них обертове магнітне поле створюється за допомогою двох котушок W_1 і W_2 (кожна з них складається з двох напівкотушок), розміщених у просторі

на 90° ; одна з цих котушок (на рисунку 1.60, а - перша) ввімкнута через конденсатор, тому струм у ній випереджає струм другої котушки на чверть періоду. Внаслідок цього магнітний потік Φ_1 випереджає Φ_2 на 90° електричних градусів. У такому статорі сумарний магнітний потік Φ змінює свій напрям (Рис. 1.60,б,в), по черзі займаючи позиції $\Phi_I - \Phi_{II} - \Phi_{III} - \Phi_{IV}$, тобто обертаючись навколо осі О; у даному випадку обертання відбувається за годинниковою стрілкою (як правило, від напрямку магнітного поля, що випереджає, до напрямку поля, яке відстає).

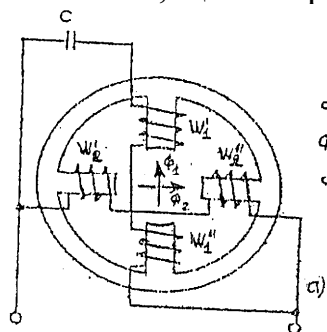


Рис. 1.60

Рис. 1.60 - Конденсаторний сервоелектродвигун

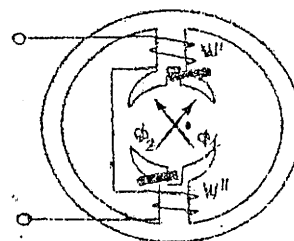
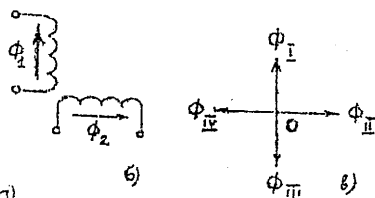


Рис. 1.61

Рис. 1.61 - Електродвигун з розщепленими полюсами

Для зміни напрямку обертання в такому електродвигуні (так званому “конденсаторному”) треба ввімкнути через конденсатор іншу котушку.

У статорі двигуна на рисунку 1.61 тільки одна котушка (теж з двох напівкотушок), але магнітні полюси розщеплені, причому на одній частині кожного полюса розміщене мідне кільце (так само, як і в електромагнітному перетворювачі змінного струму, рис. 1.23). Внаслідок цього, загальний магнітний потік котушки поділяється на дві частини Φ_1 та Φ_2 , причому Φ_2 відстає від Φ_1 на 90 електричних градусів. Зміщення двох магнітних полів на 90° як у просторі, так і в часі призводить до виникнення обертового поля (у даному випадку теж за годинниковою стрілкою, від напрямку поля Φ_1 , що випереджає, до напрямку поля Φ_2 , яке відстає).

Різні варіанти роторів до таких допоміжних електродвигунів (вони дістали назви сервоелектродвигунів, від англ. serve - служити) зображено на рисунку 1.62. У асинхронних сервоелектродвигунах змінного струму використовуються ротори “біляче колесо” (рис. 1.62, а); недоліком такого ротора є велика інерційність. Для зменшення інерційності замість “білячого колеса” може бути використаний ротор у вигляді алюмінієвого стаканчика (рис. 1.62, б); при такому роторі електродвигун теж буде асинхронним.

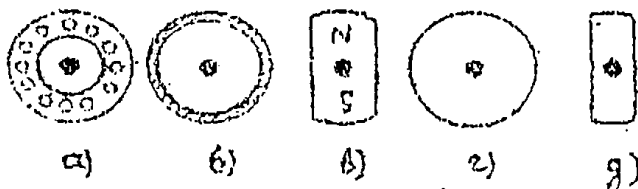


Рис. 1.62 - Варіанти роторів сервоелектродвигунів

Якщо ротор виконати з постійного магніту (рис. 1.62, в) і розкрутити його до такої ж швидкості обертання, з якою обертається магнітне поле, то надалі він буде обертатися з постійною швидкістю, такою ж, з якою обертається магнітне поле (це буде синхронний сервоелектродвигун з активним ротором). Але самостійно почати обертання в обертовому магнітному полі такий ротор не здатний.

Для усунення цього недоліку можна виконати ротор у вигляді суцільного циліндра (рис. 1.62, г) з магнітотвердого матеріалу, з великим гістерезисом. Такий ротор, якщо його помістити в обертове поле, спочатку почне обертатись з асинхронною швидкістю, потім буде "втягнутий у синхронізм": обертове поле захопить ротор, і надалі він працюватиме як активний. Цей синхронний сервоелектродвигун дістав назву "гістерезисного".

Можна виготовити ротор з магнітом'якого матеріалу, якщо забезпечити магнітну асиметрію (рис. 1.62, д): у магнітному полі цей ротор прагнучиме зайняти таке положення, при якому його магнітний опір буде найменшим; це можливе тоді, коли магнітний потік проходить вздовж його головної осі симетрії (для рисунку 1.62. д - вертикально). Спочатку ротор обертається з асинхронною швидкістю, потім втягується в синхронізм. Такий синхронний сервоелектродвигун дістав назву "реактивного".

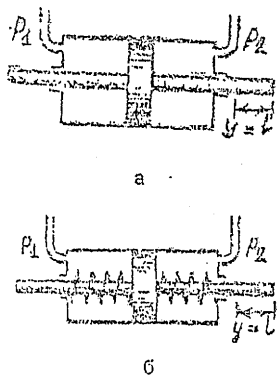


Рис. 1.63

Рис. 1.63 – Поршковий серводвигун

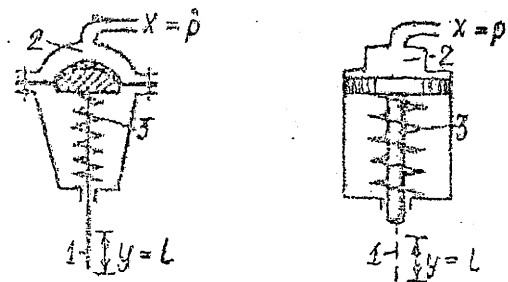


Рис. 1.64

Рис. 1.64 - Однобічні (мембранний та поршковий) серводвигуни

На рис. 1.63 - поршковий серводвигун. Якщо робочою речовиною (стисненим повітрям, рідиною під тиском) заповнити обидві камери ліворуч і праворуч від поршня, то залежно від співвідношення між p_1 і p_2 рухатиметься поршень: при $p_1 > p_2$ - праворуч, при $p_1 < p_2$ - ліворуч (а - двобічний без самоповернення, б - з самоповерненням).

Мембранний виконавчий серводвигун - на рисунку 1.64,а: якщо в камеру над мембраною 2 подати стиснене повітря ($x = p$), то робочий шток 1, переборюючи протидію пружини 3, переміститься вниз ($y = l$). Аналогічно діє і однобічний поршковий серводвигун (рис. 1.64,б).

У деяких системах-автоматики застосовується спеціальний допоміжний пристрій - демпфер (рис. 1.65,а): на трубці, що ззовні з'єднує верхню і нижню порожнини демпфера, встановлено регулюючий клапан, який гальмує перетікання робочої рідини з однієї порожнини в іншу.

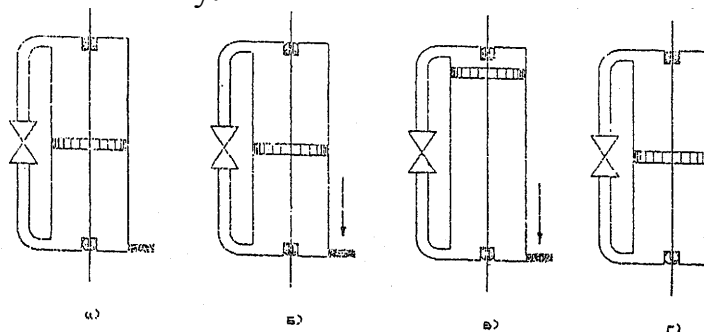


Рис. 1.65 – Варіанти використання демпфера

Якщо корпус демпфера закріпити, то цей пристрій можна вжити для гальмування при переміщенні окремих деталей. Однак можна використати демпфер й інакше. Якщо корпус демпфера переміщувати досить швидко, разом з корпусом буде змушений так само переміщуватися і поршень, - навіть при деякій протидії (рис. 1.66,б). Якщо ж корпус демпфера переміщується повільно, поршень при наявності протидії залишається нерухомим (рис. 1.65,в).

2 Системи автоматизованого вимірювання і контролю.

Систему синхронного зв'язку на двох диференціальних індуктивних перетворювачах зображено на рисунку 2.1. Якщо якори обох перетворювачів займають середнє положення (рис. 2.1, а), то струми у всіх чотирьох котушках $W_1 \dots W_4$ однакові. При переміщенні $x = L_1$ якоря лівого перетворювача вгору струми I_2 і I_4 у котушках W_2 та W_4 стають більшими, ніж (I_1 і I_3 у котушках W_1 та W_3 (рис. 2.1, б); оскільки $I_4 > I_3$, то й електромагнітне зусилля $F_4 > F_3$, тому якір правого перетворювача переміститься вгору і досягне такого ж положення, як і якір лівого. При переміщенні лівого перетворювача вниз (рис. 2.1, в) - навпаки, I_1 і I_3 зростають, I_2 і I_4 зменшуються; як наслідок - $F_3 > F_1$, і якір правого перетворювача переміститься вниз. Отже, якір правого перетворювача синхронно повторює всі переміщення якоря лівого перетворювача.

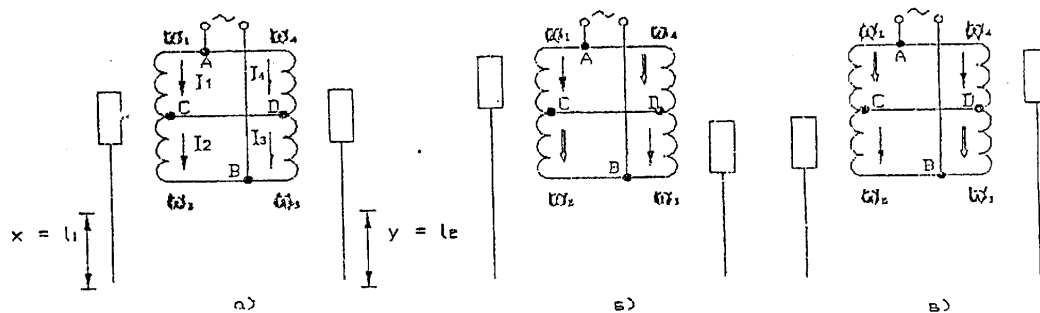


Рис. 2.1 - Синхронний зв'язок на індуктивних перетворювачах

Система синхронного зв'язку на двох трансформаторних перетворювачах, з поворотною котушкою - на рисунку 2.2.

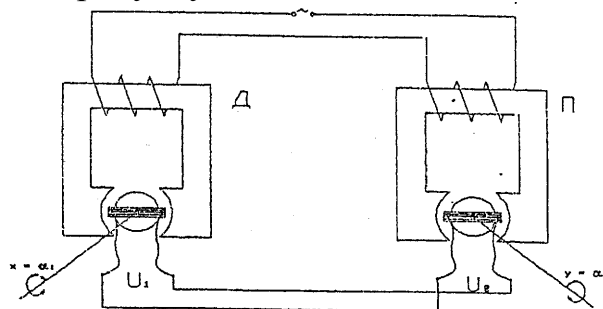


Рис. 2.2 – Синхронний зв'язок на трансформаторних перетворювачах

При повороті $x = \alpha_1$ котушки лівого перетворювача Д (датчика) від вказаного на рисунку 2.2 положення на її виході з'являється вторинна напруга U_1 . Якщо на виході котушки правого перетворювача П (приймача) вторинна напруга $U_2 \neq U_1$, в колі обох котушок виникає струм, взаємодія якого з магнітним полем первинної котушки П примусить повернутися його вторинну котушку у α_2 ; струм зникне тільки в тому випадку, коли α_2 дорівнюватиме α_1 . Котушка приймача синхронно повторюватиме всі повороти котушки датчика.

Система синхронного зв'язку на двох сельсинах – на рисунку 2.3. Якщо $\alpha_1 = \alpha_2$, то вторинні напруги відповідно в котушках ω_1' і ω_1'' , ω_2' і ω_2'' , ω_3' і ω_3'' однакові, тому в з'єднувальних проводах струму не буде. Якщо ж $\alpha_1 \neq \alpha_2$, то відповідні вторинні напруги неоднакові, в системі вторинних котушок виникають струми нерівноваги; взаємодія цих струмів з магнітним полем первинної котушки приймача ω_0'' створює обертовий момент, який обертає якір приймача. Цей момент зникає тоді, коли буде досягнуто умови $\alpha_2 = \alpha_1$. Обертання α_1 якоря датчика призводить до синхронного обертання α_2 якоря приймача.

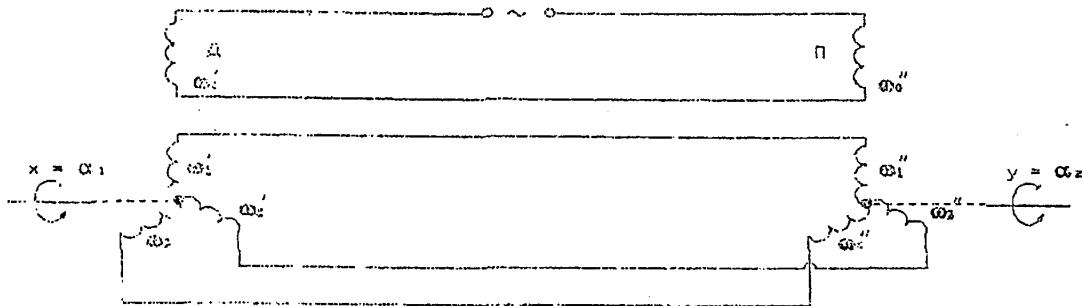


Рис. 2.3 – Синхронний зв'язок на сельсинах.

Вторинний перетворювач ДСП (Державної Системи Приладів). Цей перетворювач (рис. 2.4) забезпечує постійний струм $I_{\text{вих}}$, який змінюється в межах 0...20 мА при зміні вхідної величини (зусилля F) від нуля до номінального значення. Зусилля F через важіль 1 примушує якір 2 диференціального трансформаторного перетворювача відійти від середнього положення; на виході вторинних котушок цього перетворювача з'являється напруга нерівноваги, яка підсилюється за допомогою підсилювача 3, випрямляється перетворювачем 4 змінного струму на постійний. Підсилений постійний струм проходить через котушку спеціального магнітоелектричного перетворювача 4; взаємодія цього струму з магнітним полем постійного магніту створює зусилля, спрямоване назустріч зусиллю F , перешкоджаючи дальшому переміщенню важеля 1. При цьому чим більше значення F , тим більшим буде значення і струму $I_{\text{вих}}$, тобто струм $I_{\text{вих}}$ зростає пропорційно зусиллю F .

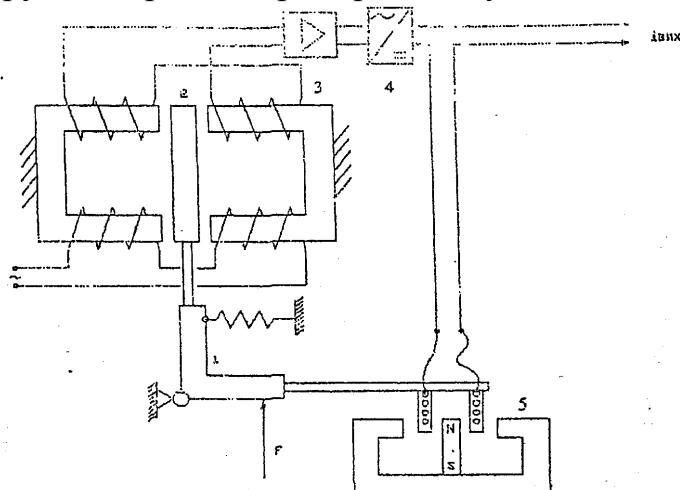


Рис. 2.4 – Перетворювач механічного зусилля F на постійний струм $I_{\text{вих}}$