

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
Кафедра автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри АСБтаІТ

Роман ШЕВЧЕНКО

Навчальна дисципліна
**СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ**

Лекція № 1

**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
КОНТРОЛЮ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ,
ВИЗНАЧЕННЯ, СТРУКТУРНІ СХЕМИ**

Лекцію розробив:
Доцент кафедри АСБтаІТ

Вячеслав ДУРЄЄВ



ХАРКІВ 2024

Сьогодні ми починаємо вивчення нової дисципліни
«Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій».

На вивчення дисципліни приділяється 52 години.

З них:

Л – 28 годин;

ПЗ – 8 години;

ЛР – 16 годин.

Звітність по дисципліні:

- 6 семестр – ЗАЛІК З ОЦІНКОЮ;

Дисципліни, що забезпечують: вища математика, теоретична механіка, теорія механізмів і деталей машин, технічна термодинаміка і теплопередача, гідравліка, електротехніка, інформатика.

Забезпечувані дисципліни: сучасні системи пожежної автоматики, засоби автоматичного протипожежного захисту.

У результаті вивчення дисципліни необхідно:

ЗНАТИ:

- основні поняття;
- принципи дії, характеристики, умови роботи, особливості конструктивного виконання елементів автоматичних систем (АС);
- принципи керування й структуру типових АС;
- методи розрахунку характеристик лінійних АС й їхні елементи.

УМІТИ:

- становити лінійні математичні моделі елементів АС і виконувати розрахунок динамічних параметрів;
- становити структурні й функціональні схеми АС;
- виконувати математичний аналіз і синтез АС по їхніх функціональних моделях;
- аналізувати роботу АС у різних умовах.

БУТИ ОЗНАЙОМЛЕНИМ:

- с основами теорії нелінійних АС;
- 2. Статичної точності АС - визначення помилки керування на сталих режимах роботи при відомих параметрах АС.
- 3. Динамічної точності АС - визначення динамічних характеристик на несталих режимах (часу регулювання, забросов РП).

Б.) Синтез АС. Визначення параметрів елементів АУУ з вимог стійкості й заданої якості керування при дотриманні всіх обмежень, що накладають на параметри ОУ (статичної й динамічної точності).

Література основна:

1. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С 05-08.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU_praktykum.pdf

Зміст лекції.

1.1. Вступ

1.2. Історія становлення пожежної та виробничої автоматики як науки.

1.3. Предмет і задачі дисципліни.

1.4. Терміни та визначення.

1.5. Структурні схеми САУ.

1.6. Критерії якості АС.

1.1. ВСТУП.

Пожежна та виробнича автоматика – сукупність технічних елементів та пристроїв, що виявляють і гасять пожежу без участі людини.

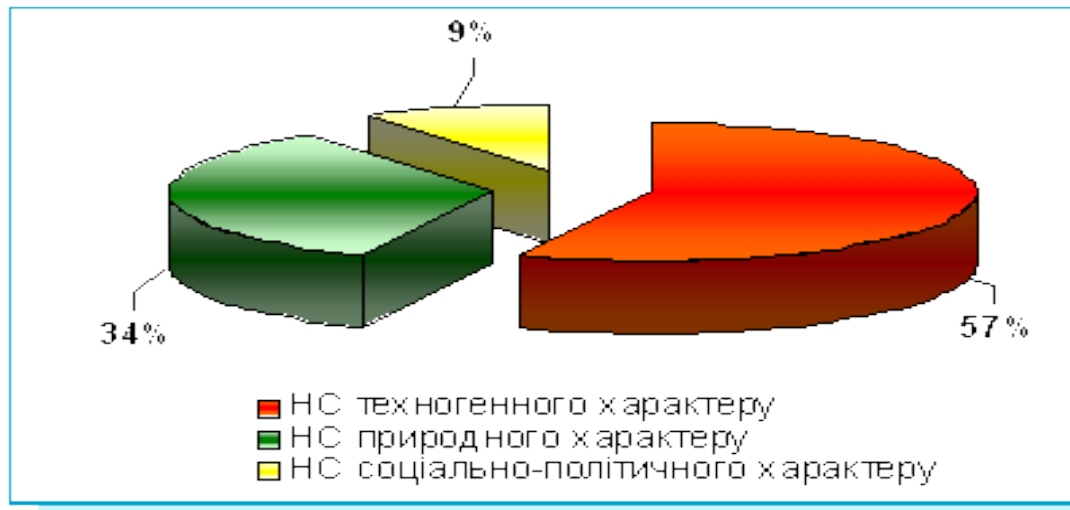
Крім того, пристрої пожежної і виробничої автоматики дозволяють контролювати стан технологічних параметрів та виконують управління автоматичними протипожежними системами.

Розглянемо необхідність застосування ПіВА.

Протягом 2023 року в Україні:

- виникло 312 надзвичайних ситуацій;
- загинуло 587 громадян;

Рис. 1. Розподіл надзвичайних ситуацій за класами



- збитки понад 4,7 млрд.гривень.

Протягом 2023 року в Україні

- виникло 49838 пожеж;
- загинуло 3 896 людини (92 дитини).

Щодня в Україні:

- виника близько 136 пожеж;
- в їх наслідок гине 11, травмується 5 осіб.

В Україні установками пожежної автоматики обладнано 304,4 тисячі об'єктів або 86,3 % від необхідної кількості (з них сигналізацією 91,4%)

Успішно спрацювали близько 73,2% установок ПА:

- Дніпропетровська обл. - 25,7%
- Полтавська обл. - 50%
- м. Київ - 49,5%

Таким чином: Основа основ підготовки фахівця з протипожежного захисту є вивчення принципів побудови та функціонування автоматичних систем пожежогашіння.

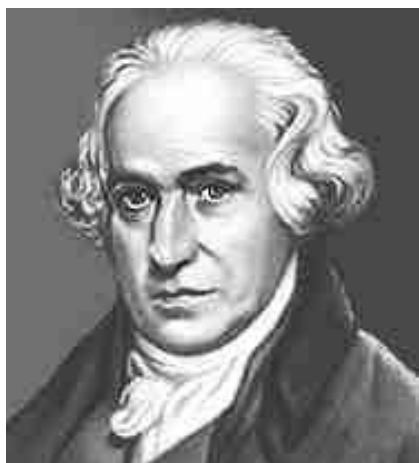
1.2. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ТА ВИРОБНИЧОЇ АВТОМАТИКИ ЯК НАУКИ

Протягом розвитку людства видатні винахідники створювали різні самодіючі механізми. Але тільки у зв'язку із промисловою революцією й механізацією виробництва виникли проблеми, вирішити які виявилось можливим тільки на основі фундаментальних теоретичних досліджень.

1765р. - Ползунов І.І. застосував перший промисловий регулятор для стабілізації рівня води в паровому казані на Барнаульском заводі.

Ползунов Іван Іванович (1728-66), російський теплотехнік. В 1763 зробив проект універсального парового двигуна – першої у світі двоциліндрової машини безперервної дії, здійснити який йому не вдалося. В 1765 побудував по іншому проекту першу в Росії паросилову установку для заводських потреб, що проробила 43 днів; за тиждень до її пробного пуску Ползунов помер.

1785р. - Джеймс Уатт (англ.) винайшов відцентровий регулятор частоти обертання на паровій машині.



УАТТ (Watt) Джеймс (1736-1819 рр.), англійський винахідник, розробив універсальний тепловий двигун. Винайшов (1774-84 рр.) парову машину з циліндром подвійної дії, в якій застосував відцентровий регулятор, передачу від штоку циліндра до балансиру з паралелограмом та ін. (патент 1784 р.). Машина Уатта відіграла велику роль у переході до машинного виробництва.

1834р. - Якоби Б.С. і Ленц Э.Х. винайшли регулятор напруги.



Якобі Борис Семенович (дійсне ім'я та прізвище - Мориц Герман фон Якобі, von Jacobi) (21 вересня 1801 р., Потсдам — 11 березня 1874 р., Санкт-Петербург), російський фізик і винахідник в області електротехніки, академік Петербургської АН (1847 р.; член-корр. 1838 р.)



ЛЕНЦ Емілій Христіанович (1804-65 рр.), російський фізик і електротехнік, академік Петербурзької АН (1830 р.), ректор Санкт-Петербурзького університету (з 1863 р.). Встановив (1833 р.) правило, назване його ім'ям, експериментально обґрунтував закон Джоуля — Ленца (1842 р.). Дав методи розрахунку електромагнітів (разом з Б. С. Якобі), відкрив оборотність електричних машин. Має праці по геофізиці.

1867 р. — Давидов О.П. — розробив електричну систему, що стежить, для корабельної артилерійської установки.

Загальним недоліком перших регуляторів була низька точність регулювання. Спроби збільшити точність часто приводили до неоясненої погіршеності якості регулювання – тривалим коливанням чи взагалі до втрати стійкості. Почалася формуватися ТАУ як наука.

1838 р. – з'явився перший курс теорії регуляторів, опублікований професором Петербурзького університету Чишовим Д.С.



ЧИЖОВ Дмитро Семенович (1785-1852 рр), російський математик і механік, член-кореспондент (1826 р.) і почесний член (1841 р.) Петербурзької АН. Основні праці по прикладній механіці, теорії механізмів і машин. Вивчав динамічну силу людини і тварин.



МАКСВЕЛЛ (Maxwell) Джеймс Клерк (Clerk) (1831-1879рр.), англійський фізик, творець класичної електродинаміки, один з основоположників статистичної фізики, організатор і перший директор (з 1871 р.) Кавендишської лабораторії. Розвиваючи ідеї М. Фарадея, створив теорію електромагнітного поля, (рівняння Максвелла), увів поняття про струм зсуву, пророчив існування електромагнітних хвиль, висунув ідею електромагнітної природи світла. Встановив статистичний розподіл, названий його ім'ям. Досліджував в'язкість, дифузію і теплопровідність газів. Показав, що кільця Сатурна складаються з окремих тіл. Праці по кольоровому зору і колориметрії (диск Максвелла), оптиці (ефект Максвелла), теорії пружності (теорема Максвелла, діаграма Максвелла — Кремони), термодинаміці, історії фізики й ін.

1866 р. – Максвелл Д.К. досліджував взаємодію регулятора з об'єктом регулювання.

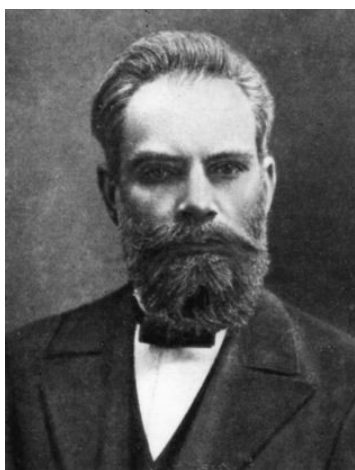


ВИШНЕГРАДСЬКИЙ Іван Олексійович (1831/32-95), російський державний діяч і підприємець. У 1886-94 рр. Почесний член Петербурзької АН (1888 р.). З родини священика. Математик, учень М. В. Остроградського. Один з основоположників теорії автоматичного регулювання, засновник наукової школи по конструюванню машин. У 1865-75 рр. професор прикладної математики в Михайлівській артилерійській академії, у 1875-78 рр. директор Петербурзького технологічного інституту. Одночасно з кінця 1860-х рр. до 1878 р. служив інженером-механіком у Головному артилерійському управлінні, де по його розробках був обладнаний Охтинський пороховий завод, механічні майстерні Петербурзького арсеналу. Член Ради торгівлі і мануфактур. Як підприємець займався в основному залізницями, міськими службами, входив у правління ряду залізниць. Мільйонер. З 1884 р. член ради Міністерства народної освіти, з 1886 по 1895 рр. член Державної ради. З 1887 р. керуючий Міністерством фінансів, у 1888-92 рр. міністр. Підвищив ряд податків, увів додаткові акцизи. Прихильник протекціонізму в митній політиці. Прагнув залучити в країну іноземний капітал і обмежити ввіз іноземних товарів. Сприяв розвитку експортно-орієнтовних галузей, розширенню експорту. Провів конверсію зовнішніх позик з 5-процентних у 4-процентні. Домігся встановлення активного платіжного балансу в зовнішній торгівлі, підготував введення винної і тютюнової монополій. У цілому його політика спиралася на зроблене Н. Х. Бунге, причому Вишнеградський також прагнув до зменшення витрат на озброєння і пропонував почати міжнародні переговори про обмеження нарозощування озброєнь.

1876р. Вишнеградский И.А. досліджував проблеми стійкості й точності регулювання. Показав, що безглуздо досліджувати регулятор без об'єкта регулювання, безглуздо збільшувати точність регулювання шляхом зниження тертя в регуляторі. Без тертя регулятор не працездатний. Розробив критерій стійкості систем 3-го порядку. Вышнеградский И.А вважається по праву основоположником ТАУ.

1877р. Раус Э. - описав спосіб дослідження стійкості АС по співвідношенню коефіцієнтів їх лінійних диференціальних рівнянь.

1892р. Ляпунов А.М. - розробив теорію стійкості нелінійних систем.



ЛЯПУНОВ Олександр Михайлович (1857-1918), російський математик і механік, академік РАН (1917; академік Петербурзької АН з 1901). Створив сучасну теорію стійкості рівноваги й рухи механічних систем з кінцевим числом параметрів. Праці по диференціальних рівняннях, гідродинаміці, теорії ймовірностей.

1934р. Вознесенський І.М. - розробив теорію регулювання систем з декількома регульованими параметрами.

ВОЗНЕСЕНСЬКИЙ Іван Миколайович (1887-1946), російський учений, член-кореспондент АН СРСР (1939). Основні праці по гідромашинобудуванню (керував проектуванням і будівлею потужних турбін і насосів) і автоматичному регулюванню (парові турбіни й казани). Державна премія СРСР (1947, посмертно).

1938р. Михайлов А.В. - розробив частотні методи дослідження САР.

1.3. ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ

Предмет ДИСЦИПЛІНИ

Автоматична система – взаємозалежна система автоматичного управляючого пристрою (АУП) і об'єкта управління (ОУ).

$$АУ = АУП + ОУ.$$

АУП – сукупність всіх елементів що виробляють, перетворюють і виконують управляючі сигнали.

Предметом дисципліни є інформаційні АС що дозволяють здійснити процес управління без особистої участі людини.

Задачі дисципліни:

А) Аналіз АС. Визначення параметрів, що характеризують роботу АС:

1. Стійкості АС.

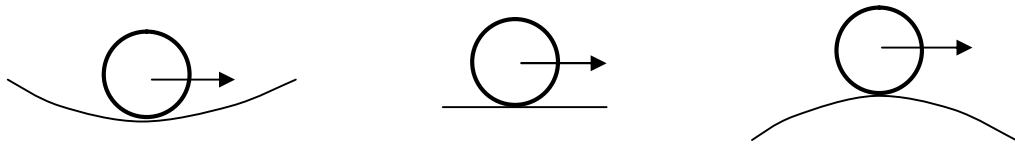


Рис.1.1. Приклад стійкої, нейтральної і нестійкої систем

2. Статичної точності АС – забезпечення мінімальної помилки управління на сталих режимах роботи.

3. Динамічної точності АС – забезпечення оптимальних параметрів регулювання при дотриманні всіх обмежень, що накладаються на параметри ОУ.

Б) Синтез АС. Визначення параметрів елементів АУП з вимог стійкості і заданої якості управління (статичної і динамічної точності).

1.4. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Інформаційні АС – системи, управління в яких здійснюється на підставі інформації про умови процесу і результати управління (запуск АУПГ).

Детерміновані АС – системи, в яких управління здійснюється по жорстких тимчасових програмах (запуск насосу).

Управління – це доцільна організація процесу з метою одержання заданої його ефективності.

Регулювання – це приватний вид управління, при якому параметри процесу підтримуються в заданих межах.

Об'єкт управління (ОУ) – це частина системи, у якій відбувається процес, що підлягає управлінню.

Регульований параметр (РП) – параметр процесу, що характеризує його стан, контролюється АУП, та підлягає управлінню (п).

Регулюючий фактор (РФ) – фізична величина, яка прямо чи побічно впливає на регульований параметр (m).

Зовнішнє збурювання (ЗЗ) – фізична величина навколишнього середовища, що істотно впливає на процес.

1.5. СТРУКТУРНІ СХЕМИ САУ

В автоматичі АС прийнятий зображувати у вигляді структурних схем, на яких елементи АС умовно зображуються прямокутниками з назвами елементів, а функціональні зв'язки стрілками, причому напрямок стрілки показує й напрямок впливу.

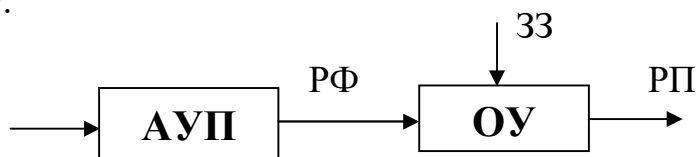


Рис.1.2. Структурна схема САУ

Принцип побудови АС - це основні положення (правила), що визначають взаємодію АУУ й ОУ, а, отже, структуру самого АУУ і його властивості.

Розглянемо принципи побудови на прикладі систем регулювання, як найбільш простий АС.

1.5.1. Принцип управління по відхиленню

В АС із принципом управління по відхиленню регулятор «стежить» за регульованим параметром і порівнює поточне значення РП із еталонним (заданим) його значенням. Якщо РП відхиляється від заданого значення, то регулятор у такий спосіб змінює значення РФ, щоб відновити задане значення РП.

Наприклад: У САР частоти обертання ротора ГТД регулятор $n_{\text{тк}}$ стежить за поточним значенням частоти обертання ротора. Якщо частота обертання ротора по якій або причині зменшиться, то регулятор збільшить витрату палива в камеру згоряння так, щоб частота обертання ротора відновилася.

1. Необхідно знати поточне значення РП, отже, потрібний **датчик РП (ДАТ)**.
2. Необхідно знати задане значення РП, потрібний **задаючий пристрій (ЗП)**.
3. Необхідно порівнювати поточне значення РП із заданим, отже, потрібний **порівнювальний пристрій (ПП)**.

Порівняння відповідає математичної операції вирахування:

$$\varepsilon = n_{\text{зад}} - n$$

де ε - називається відхиленням, неузгодженістю, помилкою регулювання.

Якщо $\varepsilon = 0$, то $n_{\text{зад}} = n$ і в зміні РФ немає необхідності.

Якщо $\varepsilon > 0$, то $n_{\text{зад}} > n$ - необхідно збільшити РФ.

Якщо $\varepsilon < 0$, то $n_{\text{зад}} < n$ - необхідно зменшити РФ.

4. Можливо, деякі сигнали буде потрібно підсилити, отже, буде потрібний **посилюючий пристрій (ПосП)**.

5. Можливо, деякі сигнали буде потрібно відкоригувати, отже, буде потрібний **коригувальний пристрій (КП)**.

6. Необхідно потрібним чином змінити РФ, отже, буде потрібний **виконавчий пристрій (Вик.П)**.

Таким чином, повна структурна схема САУ, що реалізує принцип управління по відхиленню буде мати вид:

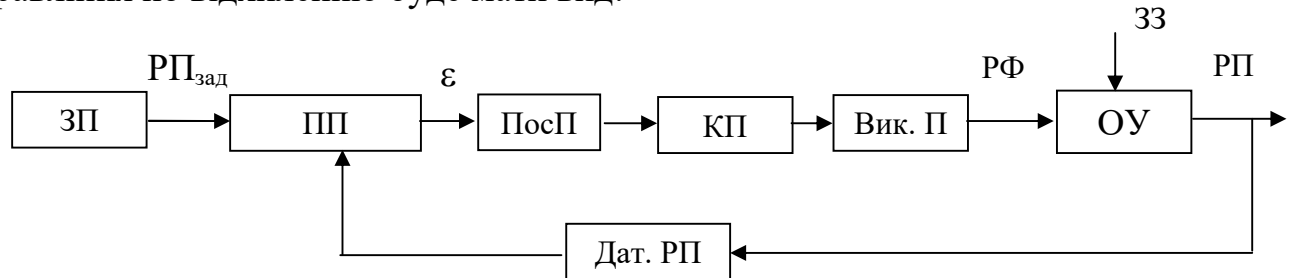
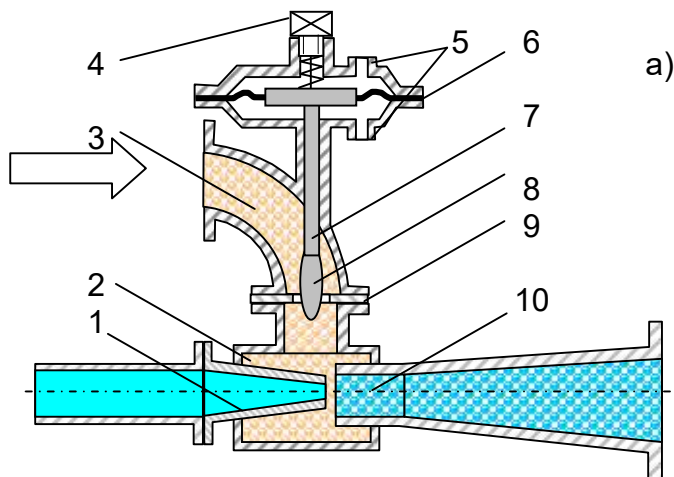
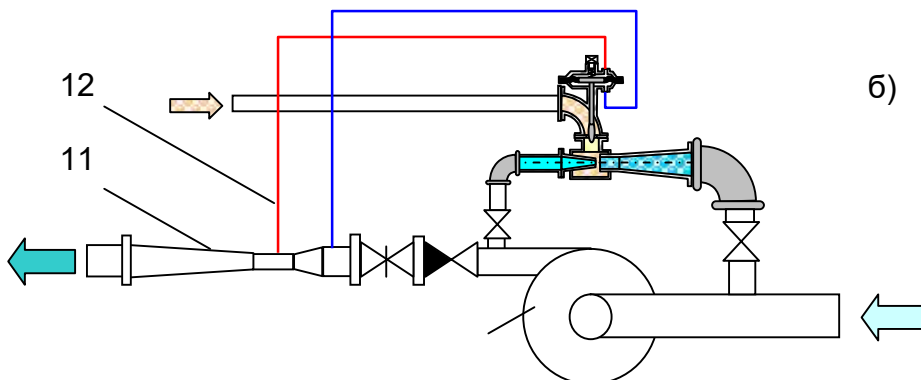


Рис.1.3. Структурна схема замкнутої САУ



Приклад: автоматичний дозатор піноутворювача.



Автоматичний дозатор діафрагменного типу

а — струйний змішувач; б — схема підключення;

1 — струменевий насадок; 2 — змішувальна камера; 3 — підведення піноутворювача; 4 — регулюючий винт; 5 — штуцери командних тисків; 6 — діафрагма; 7 — шток; 8 — плунжер; 9 — седло клапану; 10 — дифузор; 11 — труба Вентурі; 12 — трубки командних тисків; 13 — насос

Можна спростити структурну схему скориставшись поняттям регулятор.

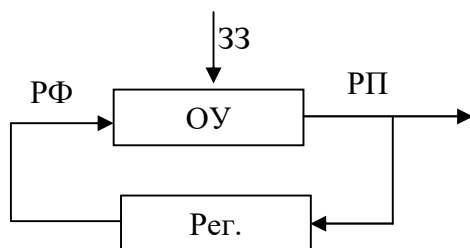


Рис. 1.4 Спрощена схема замкнутої САУ

Видно, що САУ, яка реалізує принцип управління по відхиленню, має замкнутий контур через регулятор. Тому така САУ називається **замкнутою**.

ПРИМІТКА. Наявність замкнутого контуру не є достатньою ознакою замкнутої САУ. САУ буде замкнутою тільки в тому випадку, якщо замкнутий контур утворений через регулятор.

Перевагою замкнутих САУ є висока статична точність. Керування можна здійснювати доти величина ε не буде задовольняти заданим вимогам. Регулятор може нарощувати регулюючий вплив доти, поки помилка не стане рівної нулю.

Недоліком замкнутих САУ є обмежені динамічні можливості (обмежена швидкодія), тому що регулятор вступає в роботу тільки при наявності помилки керування ε , тобто тоді, коли зміна РП уже відбулося.

1.5.2. Принцип управління по збурюванню (дозування піноутворювача)

В АС із принципом управління по збурюванню регулятор «стежить» за зовнішніми збурюваннями, що впливають на ОУ, і відповідно до стану навколишнього середовища забезпечує таке значення РФ, щоб значення РП залишалося увесь час незмінним.

Для реалізації такого принципу управління структура регулятора повинна включати:

1. Датчики зовнішніх збурювань.
2. Обчислювальний пристрій, що формує задане значення РФ.
3. Замкнуту підсистему регулювання РФ.

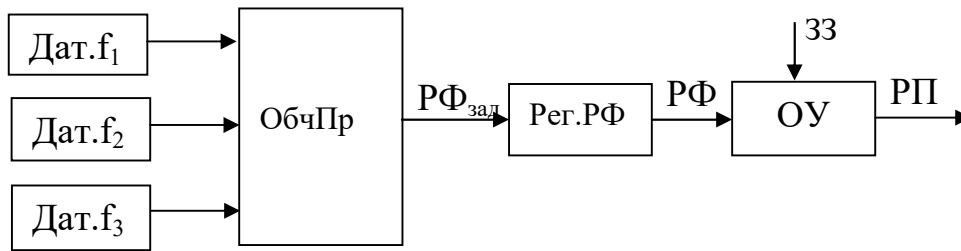


Рис.1.5. Структурна схема розімкнутої САУ

Можна спростити структурну схему, скориставшись поняттям регулятор.

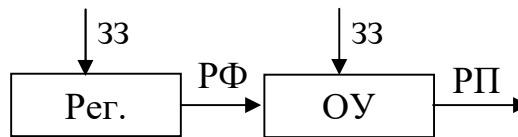


Рис.1.6. Спрощена структурна схема розімкнутої САУ

Видно, що система автоматичного регулювання, що реалізує принцип керування по збурюванню, є **розімкнутою**.

Переваги розімкнутих САУ є висока швидкодія. РФ починає змінюватися одночасно зі зміною зовнішніх збурювань, при цьому РП може й не відхилитися від заданого значення.

Недоліком розімкнутих САУ є низька статична точність. Справа в тому, що для забезпечення високої точності керування необхідно стежити за більшим числом зовнішніх збурювань. У ряді випадків може знадобитися інформація про швидкості зміни збурювання, його прискоренні або взагалі (і)-я похідна збурювання. У загальному випадку необхідно обробити матрицю виду:

$$\begin{matrix} f_1, & f_2, & f_3, & f_n; \\ f_1^{(1)}, & f_2^{(1)}, & f_3^{(1)}, & f_n^{(1)}; \\ f_1^{(2)}, & f_2^{(2)}, & f_3^{(2)}, & f_n^{(2)}; \\ f_1^{(n)}, & f_2^{(n)}, & f_3^{(n)}, & f_n^{(i)}; \end{matrix}$$

Обчислювальний пристрій, необхідний для обробки такої матриці даних, виходить дуже складним. Для спрощення обчислювача зневажають зовнішніми збурюваннями, вплив яких досить мало. У самому обчислювачі складні нелінійні залежності заміняють більше простими лінійними залежностями. У результаті таких спрощень керування виявляється неточним і наприкінці керування неминуче нагромадження помилки.

1.5.3. Комбінований принцип регулювання (перспективна АУПГ)

Комбіновані АС являють собою комбінацію замкнутої й розімкнутої АС, що дозволяє об'єднати їх переваги й уникнути недоліки.

Структурна схема АС буде мати вигляд:

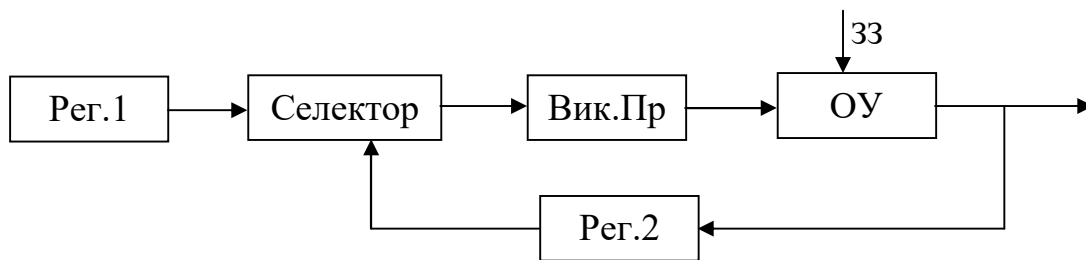


Рис. 1.7. Структурна схема комбінованої АС

При зміні зовнішніх впливів вступає в роботу розімкнута частина АС і приблизно їх парирує, не допускаючи появи надмірної помилки. На другому етапі вступає в роботу замкнута частина АС і повністю усуває помилку. Селектор забезпечує порядок взаємодії регуляторів.

1.6. Критерії якості АС

При оцінці роботи АС виникає необхідність у застосуванні загальних критеріях, що дозволяють чисельно оцінити дійсну точність АС і виконувати порівняння АС між собою.

Такими критеріями є:

Статична точність АС – величина помилки регулювання на сталих режимах

$$\varepsilon(t) = X_{\text{зад}}(t) - X(t) \quad \text{при } t \rightarrow \infty.$$

ПРИМІТКА: режим називається сталим, якщо регульований параметр чи його похідні приймають постійні значення:

$X^{(0)} = \text{Const}$ – сталий (рівноважний) режим;

$X^{(1)} = \text{Const}$ - режим сталої швидкості;

$X^{(2)} = \text{Const}$ – режим сталоого прискорення.

Якщо наприкінці перехідного процесу з'являється помилка, то АС називається статичною, якщо помилки немає - то астатичною.

Астатизм АС залежить від виду вхідного сигналу. Чим складніше вид вхідного сигналу, тим складніше парирувати його без помилки. Можливість парирувати без помилки сигнал складного виду визначається порядком астатизму АС.

АС називається астатичною першого порядку, якщо вона парирує без помилки тільки східчастий сигнал:

$$\varepsilon(\infty) = 0, \quad f(t) = a(t).$$

АС називається астатичною другого порядку, якщо вона парирує

без помилки східчастий сигнал швидкості вхідного сигналу:

$$\varepsilon(\infty)=0, \quad f^{(1)}(t)=a(t), \quad f(t)=at.$$

АС називається астатичною третього порядку, якщо вона парирує без помилки східчастий сигнал прискорення вхідного сигналу:

$$\varepsilon(\infty)=0, \quad f^{(2)}(t)=a(t), \quad f^{(1)}(t)=at, \quad f(t)=at^2/2.$$

За аналогією можна ввести поняття астатизму n-го порядку. Порядок астатизму повинний бути обґрунтованим, тому що підвищення порядку астатизму веде до ускладнення АС, росту її вартості і додаткових витрат енергії.

Динамічна точність АС (якість перехідних процесів) – характеризується наступними параметрами:

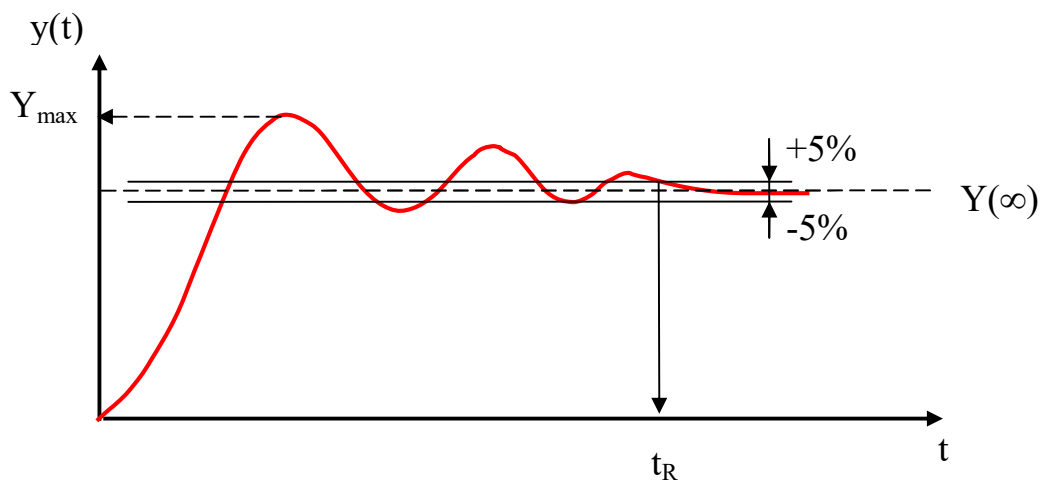


Рис. 1.8 Перехідний процес АС

Час перехідного процесу τ_R . Відраховується до моменту, коли крива перехідного процесу входить в 5% зону сталою значення РП.

Максимальна відносна величина забросу РП

$$\overline{\sigma}_{\max} = \frac{Y_{\max} - Y(\infty)}{Y(\infty)} \cdot 100 \%$$

ПІДСУМКИ ЗА ЛЕКЦІЄЮ

Таким чином, загальні відомості, що нами розглянуто, будуть вами використані для більш глибокого опанування основних теоретичних положень теорії автоматичного управління, яка буде розглянута на наступній лекції.

Завдання на самопідготовку

1. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С 05-08.

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU_praktykum.pdf