Розділ 1.

1.2. Структурні схеми для опису систем керування.

Систему керування в загальному випадку можна представити у вигляді наступної схеми:

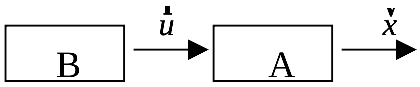

Рис.1. 2.

Тут: A - об’єкт керування; B - пристрій керування (або керуючий пристрій), $x(t)=\left(x_1(t),\mathbf{K},x_n(t)\right)^T$ - вектор фазових координат або фазовий стан системи, T – знак транспонування; $x(t)\in X$, X - фазовий простір, $u(t)=\left(u_1(t),\mathbf{K},u_r(t)\right)^T$ - векторна функція керування,

Вектор $x(t)$ називають вихідним сигналом. Вектор $u(t)$ називають вхідним сигналом (входом по відношенню до об’єкту A).

Будемо вважати, що фазовий стан $x(t)$ об’єкту керування A в довільний момент часу $t>t_0$ визначається повністю і однозначно його відомим початковим станом $x(t_0)$ та керуванням $u(t)$ при $t\geq t_0$.

Пару векторних функцій ($u(t),x(t)$) називають процесом керування.

Для різних систем керування внутрішні характеристики об’єкту керування описуються відповідними залежностями різної природи – алгебраїчними, диференціальними, інтегральними.

Закон перетворення сигналів називають рівнянням об’єкту.

Широко розповсюджені неперервні системи керування, об’єкти яких описуються звичайними диференціальними рівняннями (див. приклади *1.1-1.3*). Такі системи називають системами із зосередженими параметрами. Система керування, об’єкти яких описуються за допомогою диференціальних рівнянь в частинних похідних, називаються системами з розподіленими параметрами.

Функції або функціонали, екстремуми яких повинні забезпечувати шукані оптимальні керування, будемо називати критеріями якості об’єкту керування або критеріями оптимальності.

Зміст оптимальності в різних задачах може бути різним:
- приведення системи до заданого стану за найкоротший проміжок часу – тобто найшвидше,
- мінімізація енергетичних витрат на керування,
- мінімізація відхилення фазового стану системи від заданої траєкторії та інші.

Процес керування, що забезпечує екстремум критерію якості об’єкту керування, називається оптимальним процесом керування.

Наприклад, системи керування, для яких критерієм якості є мінімум часу переходу системи з однієї множини станів в іншу, називають системами, оптимальними за швидкодією.

Розглянемо тепер, які функції має виконувати пристрій керування *B* (Рис.*1.2*).

Розглянемо два істотньо різних типи систем керування:

1) Системи програмного керування, або незамкнені системи або системи без оберненого зв’язку.

В таких системах об’єкти керування А мають точно визначені наперед рівняння, що описують їх функціонування. Ці об’єкти керування позбавлені впливу випадкових збурень. Критерій якості для них є детермінованою величиною. Всі канали зв’язку, як і пристрою керування так і об’єкту керування, захищені від будь-яких випадкових впливів та збурень.

Тоді оптимальне керування $u^0(t)$ можна обчислити наперед, для всіх t ще до початку функціонування системи. Керуючий пристрій В має забезпечити тільки подачу розрахованого наперед керування $u^0(t)$ на вхід об’єкту керування *A*. За цим принципом можна керувати системою, наведеною в *прикладі 1.1*.

Але застосування систем програмного керування на практиці обмежене. Як правило, система керування має додаткові лінії зв’язку, по яким надходить інформація про стан об’єкту *A* на вхід керуючого пристрою *B*.

2) Система керування з оберненим зв’язком (замкнені системи керування).

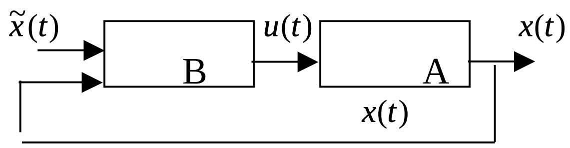

Рис.1.3.

Тут $\tilde{x}(t)$ - задаючий (програмний) вплив. Для програмних систем цей сигнал можна вважати частиною внутрішньої структури пристрою *B*. На практиці, як правило, системи без оберненого зв’язку не мають істотного практичного значення. Обернений зв’язок необхідний, оскільки динамічні характеристики систем можуть бути відомі лише наближено, крім того, можуть впливати на систему зовнішні збурення, як правило, випадкового характеру. Контур оберненого зв’язку дозволяє керуючому пристрою враховувати відхилення і робити відповідну корекцію руху.

Системи з випадковими збуреннями, що діють на об’єкт керування можна представити у вигляді структурної схеми:

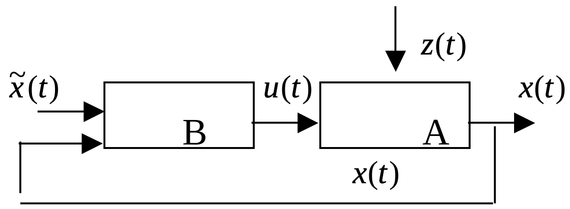

Рис. 1.4.

Тут $z(t)$ - вектор випадкових збурень.

Критерій оптимальності для таких систем матиме вигляд:

$$Q = M\{ \int_{t_0}^{t_1} G(\tilde{x}(t), x(t), u(t), z(t), t)dt \}.$$

Параметри керування реальних систем не можуть приймати довільні значення: $u(t) \in W(U)$.

Множину $W(U)$ - називають <u>областю допустимих керувань</u> (або областю керування); де – U - простір змінних $u_1, \ldots, u_r$.

Множина $W(U)$ задається системою рівностей або нерівностей.

Аналогічно, $x(t) \in W(X)$, де $W(X)$ - <u>область можливих станів</u> системи, X – простір змінних $x_1, \ldots, x_n$.

В загальному випадку можуть бути обмеження на функціонали від вектор функцій $u(t), x(t), z(t)$:

$$L_m [x(t), u(t), z(t)] \in W_m(L), \ (m = \overline{1, m}),$$

де $W_m(L)$–допустима область зміни функціоналу .

В теорії керування вважають, що керування є кусково-неперервними функціями, або вимірними функціями. Вважають, що функції $u_i(t)$ в точках розриву неперервні справа, крім того, $u_i(t)$ неперервні на кінцях відрізку $t_0 \le t \le t_1$, $i = 1, \bar{k}$, $\bar{k}$ - кількість точок розриву . Чому так?

Тому що оптимальні керування $u^0(t)$ для багатьох систем є кусково-неперервними, а розв'язку задачі у класі неперервних функцій не існує. Наприклад, припустимо, розривна функція $u^0(t)$ – єдине оптимальне керування деякої системи керування. Побудуємо іншу функцію, близьку до $u^0(t)$, але неперервну. Тоді, яку б близьку до оптимального керування неперервну функцію не взяли, завжди можна побудувати іншу неперервну функцію, яка буде ще ближчою до оптимального керування, але не буде співпадати з $u^0(t)$. Тобто у класі неперервних функцій просто не існує оптимального керування, і задача оптимізації у класі неперервних функцій не буде мати розв'язку.

Кусково-неперервні керування дозволяють для широкого класу систем отримати точний математичний розв'язок задачі оптимізації.

Термінологія, наведена вище, справедлива не тільки для неперервних систем, а й для дискретно-неперервних та дискретних систем.

Можлива класифікація систем керування також і за іншими ознаками:

1) системи з повною інформацією про об'єкт керування. Такі системи - математична абстракція. Тому, що в керуючий пристрій *B* введена повна апріорна інформація: рівняння об'єкту, всі обмеження, інформація по критерій оптимальності, про сигнал $\tilde{x}(t)$, збурення $z(t)$, про стан $x(t)$в кожний момент, що в реальних системах зробити майже неможливо.

Але ця абстракція часто з достатньою точністю відповідає реальним системам керування, коли неповнотою інформації можна знехтувати.

2)системи з неповною інформацією про об'єкт керування і пасивним її накопиченням в процесі керування. Нехай неповнота інформації – це неповнота заданого сигналу $\tilde{x}(t)$: тобто на вхід надходить $y(t): y(t) \neq \tilde{x}(t)$. Процес накопичення інформації про $\tilde{x}(t)$ не залежить від алгоритму (стратегії) керуючого пристрою *B*. Накопичення полягає в спостереженні і побудові прогнозу про $\tilde{x}(t)$. Сам процес спостереження не залежить від того, яке рішення прийме *B* про характер $\tilde{x}(t)$. Інформацію, отриману в результаті спостережень, можна тільки використати, але її не можна збільшити;

3) системи з неповною інформацією про об'єкт керування, але з активним накопиченням її в процесі керування (системи дуального керування). Пристрій *B* подає на *A* деяку послідовність керувань $\{ u_i(t) \}$ і по оберненому зв'язку отримує реакції $\{ y_i(t) \}$, які аналізуються керуючим пристроєм *B*. Пристрій *B* робить висновки про характеристики об'єкту керування, зокрема про сигнал$\tilde{x}(t)$. Мета цих дій об'єкту *B* - сприяти більш точному вивченню характеристик об'єкту керування *A* для більш ефективного керування цим об'єктом (для генерації потрібних керувань). Системи з неповною інформацією виникають через те, що на систему впливають випадкові, непередбачені збурення.