**УМОВИ ПОВНОЇ КЕРОВАНОСТІ Й СПОСТЕРЕЖНОСТІ**

Поняття керованості й спостережності специфічні для методу простору станів. При класичному описанні динамічних систем у термінах вхід – вихід проблема керованості й спостережності не виникає.

При використанні методу простору станів не втрачається цілісна картина об'єкта. При записі рівняння стану передбачається, що в об'єкті можуть відбуватись інші процеси й існувати перемінні, не доступні для спостереження чи ті, що не піддаються управлінню.

Розглянемо проблему керованості й спостережності на якісному прикладі, запропонованому Дж. Медич. Нехай динамічна система описується вектором стану *Q* , вектором входів *X* і вектором виходів *Y* . Схема системи подана на рис. 13, де Y - вектор, компонентами якого є перші k компоненти вектора стану, *q1 q2, q3….qk.* Зі структури системи ясно, що значення інших компонентів вектора стану (*qk+1, qk+2,...qm*) не можна визначити на основі наявних відомостей про вихідний вектор *Y* , тому що ці змінні не впливають на *q1, q2….qk* і не включені до складу вектора, *Y* , який спостерігають. Отже, система не є тією, що спостерігається. Але якщо X впливає на всі перемінні стани *Q* , система є керованою.

Аналогічно система, показана на рис. 13, буде тією, що спостерігається, але не керованою, тому що сигнал X впливає тільки на перемінні *q1, q2….qk*, а на змінні *qk+1, qk+2,...qm* ззовні впливати не можна.



**Враховуючи викладене, всі системи можна розділити на такі чотири категорії: *що спостерігаються і керовані; що спостерігаються але некеровані; що не спостерігаються, але керовані; що не спостерігаються і некеровані.***

Поняття керованості й спостережності мають принципове значення при дослідженні систем будь-якої природи. Неврахування некерованості і неспостережності може привести до помилкових висновків. Умови керованості й спостережності можна зв'язати з видом матриць, що описують систему.

Для приклада розглянемо, при яких умовах може виникнути неспостережність чи некерованість у найпростішому випадку, коли матриця A діагональна. Нехай система має вигляд, показаний на рис. 14, де Q і Y - вектори розмірності 2, X - вектор розмірності 3.



Управління системи в матричному вигляді записується так:



Якщо один з рядків у матриці B (наприклад, перший) складається повністю з нульових елементів, тоді відповідна координата (перша) буде некерованою, тому що жодна з трьох керуючих дій не чинить керуючого впливу на q1.

 Аналогічно, якщо один з двох стовпців матриці C складається з нульових елементів, то відповідна координата вектора стану не вчинить впливу ні на один із двох сигналів, що спостерігаються, - y1 і y2 . Її поведінка ніяк не буде проявлятися зовні, координата неспостережна.

Таким чином, для системи найпростішого вигляду з діагональною матрицею A можна було б зв'язати умови керованості й спостережності з виглядом матриць B і C: керованість означає відсутність нульового рядка у B , спостережність – відсутність нульового стовпця у C.

У загальному випадку матриця A недіагональна, а самі перемінні стану можуть впливати один на другий. Тому навіть якщо немає безпосереднього впливу управління на дану координату стану *q* , такий вплив може виникнути більш складним чином: управління *X* впливає на якусь іншу координату, а вже ця координата через матрицю *A* впливає на дану координату. У такому випадку роль матриці *B* відіграє добуток матриць *AB*. Якщо й у цьому випадку впливу *X* на координату *q*і немає, тоді може виявитися, що такий вплив здійснюється ще більш опосередкованим чином – через матрицю A(AB )= A2B та ін.

Тоді умову повної керованості можна записати так: система є цілком керованою, якщо ранг матриці [ B, AB, A2B,..., Am−1 , В] дорівнює *m*.

Рангом матриці називають максимальний розмір її мінорів, відмінних від нуля. Мінор k-того порядку матриці розмірністю (*m⋅l*) виходить викреслюванням будь-яких ( *m − k* ) рядків і (*l* − *k* ) стовпців матриці.

Аналогічна й умова спостережності системи. Система цілком спостережна, якщо ранг матриці [СT , АTСT , АT2СT ….] дорівнює *m* (тут індекс T означає транспортування).