

1.3. Системні аспекти керування

Будь-яка динамічна система здатна змінювати свій стан. Зовні ці зміни супроводжуються [25]:

- появою нових зв'язків і зникненням старих;
- зміною типу зв'язків і структури;
- зміною елементного складу і формуванням нових підсистем;
- розширенням функцій і т.п.,

що знаходить відображення у всіх описах системи. Самі ж зміни можуть відбуватися в результаті розвитку системи та у процесі керування.

Розвиток (в аспекті генетико-прогностичного опису) *припускає зміну морфології, розширення функцій, збільшення ресурсу і підвищення ефективності прояву системи в зовнішньому Середовищі*. Розвиток спрямований на вдосконалювання системи або на реалізацію програми її існування.

Керування пов'язане з формуванням процесів, які визначають *цілеспрямовану поведінку системи в рамках наявного ресурсу*; при цьому незмінними залишаються інформаційний і морфологічний описи (у відношенні елементного складу). **Зовнішнє керування** здійснюється з боку *іншої системи або середовища*, а внутрішнє керування відбувається з боку *однієї з підсистем*, тому розрізняють керуючу і керовану підсистему (систему) (рис. 1.7). Часто їх функції впливу один на одного досить складно переплітаються, особливо в технічних системах [25].



Рис. 1.7. Взаємозв'язок керуючої і керованої підсистем

Характерною рисою керованої системи є її здатність змінювати поведінку, місце розташування, переходити в новий стан під впливом різних керуючих впливів – команд, що надходять від керуючої системи. При цьому завжди мається на увазі наявність деякої заздалегідь визначеної множини можливих станів, положень, форм поведінки керованої системи, з яких здійснюється вибір. Таким чином, керування пов'язане з цілеспрямованим вибором з цієї множини.

Перехід системи з одного стану в інший є **процесом**, а сукупність процесів складає **сутність керування**, при цьому керування обов'язково передбачає наявність керуючого каналу.

Властивість керованості мають не будь-які системи. Необхідною умовою хоча б потенційної керованості володіють тільки т.зв. **“організовані”** системи, що відповідають **принципові організованості**, тобто *ті, які мають визначену структуру, доцільним складом елементів і наявністю необхідних зв'язків між ними.*

Керування пов'язане з реакцією на впливи, для чого необхідний зв'язок між керуючою і керованою системами (підсистемами). **Зв'язки** можуть бути *речовинними, енергетичними й інформаційними для передачі відповідно речовинних, енергетичних і інформаційних впливів.* Для складних, високоорганізованих систем характерні інформаційні впливи, що містять [25]:

- **інформуючу** інформацію, *необхідну для прийняття рішень;*
- **управлінську** (керуючу, командну) інформацію, *що містить команди, відповідно до яких здійснюється перехід у новий стан.*

Інформуюча інформація про режими роботи, стани, параметри та ін. направляється від керованої підсистеми до керуючої підсистеми, що може також одержувати інформацію про параметри зовнішнього Середовища. Вся інформаційна інформація надходить через **аферентні зв'язки** від рецепторної підсистеми, що може бути досить розгалуженою. При необхідності керуюча підсистема коригує стан керованої підсистеми шляхом подачі в неї управлінської інформації (команд). Остання надходить на керовану систему через **аферентні зв'язки** від ефекторної (виконавчої) підсистеми, що містить механізми виконання команд.

Перед формуванням управлінської інформації відбувається процедура обробки інформуючої інформації (для цих цілей служить рефлексивна підсистема). У складних системах процес переробки інформа-

ції може бути багатоступеневим, що включає, наприклад, збір інформації, кодування, відбір і класифікацію, передачу, декодування, відображення, збереження і т.д.

Керування визначене цільовою функцією системи. *Залежність керуючої дії від стану системи і середовища* визначає **закон керування**, що задає, власне кажучи, *спосіб досягнення цієї функції*. Його можна виразити в математичній, логічній або лінгвістичній формах; спосіб його формування залежить від типу і властивостей системи.

Закони керування можуть бути надзвичайно різноманітні, їхня складність змінюється в широких межах. Разом з тим самі складні закони керування можуть бути представлені *послідовністю порівняно простих одиничних факторів переробки “порцій” управлінської інформації*, ця послідовність визначає **алгоритм керування**. *Час від надходження чергової порції інформації до формування керуючої команди* називається **тривалістю циклу керування**. Ця тривалість не повинна бути більше часу, що відводиться на прийняття рішень у відповідності з умовами роботи системи. Інакше виникає **ефект запізнення**, що приводить до *неузгодженості команд, що надходять, і реального стану системи*, що може призвести до її загибелі [25].

Керуюча інформація може формуватися по ходу змін ситуації на підставі апостеріорної інформації про зовнішнє середовище й інформації про внутрішній стан системи або заздалегідь, коли на підставі апріорної інформації передвіщається розвиток ситуації. Можливий змішаний спосіб формування керуючих сигналів. Найпростіші механізми керування добре відомі і вивчені в теорії керування [25].

У схемі на рис. 1.8 реалізується **принцип керування по відхиленню**. Через ланцюг негативного зворотного зв'язку вихідна функція $y(t)$, перетворена в еквівалентний вхідний вплив $x^*(t)$, віднімається з керуючого вхідного впливу $x(t)$. Різниця впливів $x(t) - x^*(t)$ через блок перетворення і регулятор (виконавчий пристрій, ефектор) керує регульованим об'єктом. За рахунок контуру зворотного зв'язку забезпечується підтримка сталості вихідної функції $y(t)$ незалежно від впливу перешкод $\varepsilon(t)$, що можуть впливати на функціонування регулятора і регульованого об'єкта [25].

Схема на рис. 1.9 реалізує **принцип керування по збурюванню**, основу якого складає вимірник рівня зовнішнього фактора, що *обурює*, (t) випадкової природи. Блок перетворення керує виконавчим

механізмом (регулятором) так, щоб вплив цього фактора на регульований об'єкт був би компенсований впливом з боку регулятора.

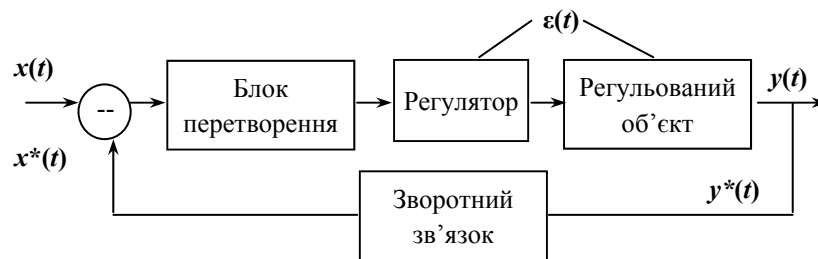


Рис. 1.8. Керування по відхиленню

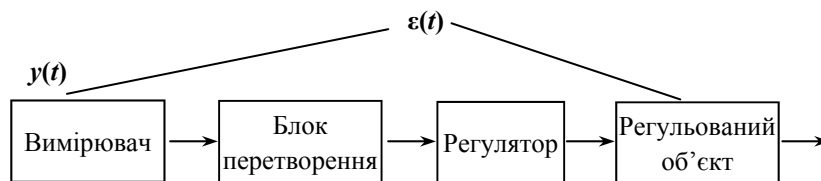


Рис. 1.9. Керування по збурюванню

Відомі й інші механізми керування, наприклад [25]:

- використання **граничних схем**, що підключають ефектори до керованої системи тільки при перевищенні вихідної функції деякого граничного рівня;
- **програмне керування**, для якого заздалегідь відомий закон керування, представлений у вигляді конкретної програми роботи керуючої системи, ця програма залежить від закону зміни вхідної дії;
- **блокове керування**, при якому закон керування представлений з'єднанням блоків стандартних підпрограм, різновидом цього підходу до організації керування є використання енергій (м'язова, інформаційні та інші енергії);
- **“форпостне” керування**, керування на основі прогнозування розвитку ситуації в зовнішньому середовищі і т.д.

Все різноманіття варіантів поведінки керованої системи можна розділити на три групи [25]:

- **реакція**, що являє собою простий механізм поведінки, який включається слідом за зміною вихідної функції. Прикладами такого керуваннями в живих системах служать рефлекси;
- **стереотип**, при якому поведінка системи будується по задалегідь визначеній програмі, що оброблена системою і стала для неї стандартною (типовою). Прикладами можуть служити робота верстатів ЧПУ, дії водія по керуванню транспортним засобом, робота обчислювального комплексу по стандартній програмі обробки інформації і багато інших систем;
- **моделювання як поведінка**, при якому кожен поведінковий акт системи враховує її поточний стан, параметри зовнішнього Середовища, кінцеві цілі. Формування закону керування в цьому варіанті вимагає аналізу інформації і розпізнавання ситуації. Між ситуаціями і поведінками системи повинно встановлюватися відповідність, оцінка якої складає основу керування і можливу загибель системи.

Для складних систем характерне сполучення різних способів керування, і особливо формування поведінки на основі моделювання і прогнозування розвитку ситуації в зовнішньому Середовищі, чим можна пояснити ту різноманітність поведінки, з якою зустрічається дослідник при вивченні, наприклад, живих систем.

Реалізація управлінських функцій може здійснюватись у вигляді централізованого і децентралізованого керування. Існують також і проміжні (змішані) типи керування. Для дуже складних і надскладних систем характерна ієрархічна структура керування, у якій управлінська інформація передається “ступінчасто” від зовнішніх(центральных) підсистем до нижніх (підлеглих), причому можливо трохи “сходинок” передачі інформації, що відповідають декільком різнорідним рівням організації всередині однієї системи [25].

У забезпеченні високої ефективності керування значна роль приділяється **зворотним зв'язкам**. Керуюча система безупинно контролює керовану систему і виробляє команди керування відповідно до стану керованої системи і метою керування. Без цього неможливі процеси адаптації і самоорганізації, немислиме існування живих систем. Особлива здатність систем формувати цілеспрямовану самостійну поведінку, що включає передбачення, здійснюється за допомогою зворотних зв'язків.

Зворотні зв'язки можна розділити на позитивні і негативні. **Позитивний зворотний зв'язок збільшує чутливість системи, негативний зворотний зв'язок сприяє її стійкості.** Спільна їх дія може зробити сильний формуючий вплив на процеси для підтримки їх рівня при випадкових зовнішніх впливах. Дослідження та опис комбінованих зворотних зв'язків представляє складну задачу, особливо при їх великій кількості, коли навіть виявити їх важко [25].

Керування тісно пов'язане з таким поняттям, як **“гомеостазис”**, під яким визначається *здатність системи забезпечувати стабільність структури та елементного складу, якісне виконання функцій і підтримка характеристичних параметрів у заданих межах поза залежністю від випадкових факторів впливу.* Гомеостазис – широке і багатогранне поняття, особливо для розуміння багатьох властивостей живих об'єктів. У термінах теорії керування **гомеостазис** означає, *що частина характеристичних параметрів системи у визначених умовах і у визначеному діапазоні активності системи інваріантна до випадкових збурювань (або мало чутлива до їхньої дії).*

При цьому джерелами цих випадкових факторів – збурювань є:

- **зміна зовнішніх умов** функціонування (наприклад, атмосферні явища, перешкоди зовнішнього середовища і т.п.);
- **випадкові коливання навантаження** (включаючи і потоки інформації);
- **внутрішні фактори** (наприклад, зміна режимів роботи, природне старіння елементів, шуми внутрішнього походження і т.п.).

Автоматична підтримка гомеостазиса забезпечується так званими **гомеостатичними механізмами**, у яких використовуються розглянуті вище принципи керування. Параметри, сталість яких підтримується цими механізмами, задають **гомеостатичні властивості** системи. Характеристикою гомеостатичних властивостей служать **гомеостатичні криві** – *залежності параметрів системи від величини факторів-збурювань*, що мають характерну форму з плато всередині та крутими ділянками по краях. Приклади таких кривих наведені на рис.1.10: області $Q_{ст}$ визначають діапазон змін фактора, що *збурює*, $хп$, у межах якого *властивість rk* приблизно постійна. Границі області визначають значення фактора, при якому відбувається зрив у роботі гомеостатичного механізму, а нахил плато характеризує ступінь стабілізації властивості [25].

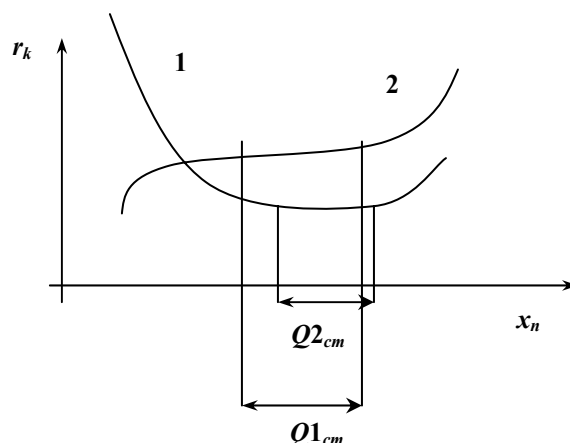


Рис. 1.10. Приклади гомеостатичних кривих

Іншою не менш важливою властивістю системи є її **адаптивність** – здатність системи пристосовуватися до умов Середовища, що змінюються, саме оптимізувати свою поведінку і структуру в умовах впливу випадкових факторів і спрямованих систематичних впливів. Область зовнішніх умов, у яких система виконує свої функції з заданою якістю, визначається її ресурсом – резервами: чим вище ресурс, тим ширше спектр припустимих змін. Адаптація може відбуватися на різних рівнях організації системи. Верхньою межею адаптивності є *забезпечення якості керування при мінімальних енергетичних витратах за мінімальний час* [25].

Системи, що здатні стійко зберігати характер взаємодії з зовнішнім середовищем, незважаючи на можливі зміни внутрішніх і зовнішніх факторів, називаються **самоорганізуючими**. Особливе значення для синтезу систем, що самоорганізуються, має **біонічний** підхід до дослідження структури і функціонування біологічних об'єктів різної складності (від кліток до живих організмів і їх популяцій) з метою створення нових більш досконалих технічних пристроїв і синтезу біотехнічних комплексів, що оптимально використовують властивість біологічних і технічних ланок, об'єднаних у єдину функціональну систему. Принципи адаптації і самоорганізації, реалізовані в біологіч-

них системах, дозволяють їм успішно боротися за життя в умовах непостійного зовнішнього середовища, змінюючи в широкому діапазоні свої характеристики і ступінь впливу на зовнішнє середовище [25].

Відзначені аспекти керування разом з іншими означеними вище проблемами приводять до значних труднощів при вивченні систем, навіть при відносно невеликій кількості елементів, що їх складають.