

2. Жураковський Ю. П., Полторак В. П. Теорія інформації та кодування : підручник / Ю.П. Жураковський, В.П. Полторак. – К.: Вища школа, 2001. – 255 с.
3. Кохманюк Д. Сжатие данных: как это делается / Д. Кохманюк // Index Pro. – 1992. – №1. – С.18-29.
4. Кохманюк Д. Сжатие данных: как это делается / Д. Кохманюк // Index Pro. – 1993. – №2. – С.30-49.

УДК 621.396.662.072.078

Варфоломеева О.Г., к.т.н.; Зінченко О. В.; Срочинська Г.С.; Жданенко О.В.
(Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

ЗАДАЧА ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Варфоломеева О.Г., Зінченко О.В., Срочинська Г.С., Жданенко О.В. Задача проектування оптимальної системи управління. Розглянуто різні підходи до вирішення задач проектування та синтезу оптимальної системи управління інфокомунікаціями як багатомірної і нестационарної системи. Проведено аналіз методу послідовних наближень і аналітичного методу. Визначено переваги та обмеження запропонованого методу.

Ключові слова: СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ, КРИТЕРІЇ

Варфоломеева О.Г., Зинченко О.В., Срочинская А.С., Жданенко А.В. Задача проектирования оптимальной системы управления. Рассмотрены разные подходы к решению задач проектирования и синтеза оптимальной системы управления инфокоммуникациями как многомерной и нестационарной системе. Проведен анализ метода последовательных приближений и аналитического метода. Определены преимущества и ограничения предложенного метода.

Ключевые слова: СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЕ, МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ, КРИТЕРИИ

Varfolomeieva O.H., Zinchenko O.V., Srochinska H.S., Zhdanenko O.V. Task of optimal control system planning. The different going is considered near the decision of tasks of planning and synthesis of optimal control system by infocommunication as to the multidimensional and non-stationary system. The analysis of method of progressive approximations and analytical method is conducted. Advantages and limitations of the offered method are certain.

Key words: SYSTEM MANAGEMENT, OPTIMIZATION METHODS, CRITERIA

Постійне розширення функцій мережі та послуг, що надаються користувачеві, ставлять підвищені вимоги до гнучкості систем і оперативності управління, їх здатності адаптуватися до умов роботи та до особливостей мереж, до забезпечення необхідної якості роботи та живучості як самої керованої мережі, так і системи управління; при створенні національних та регіональних центрів управління перед усіма фірмами постає завдання щодо забезпечення управління обладнанням, оптимізації існуючого устаткування мереж зв'язку різних виробників-постачальників, розробка таких систем управління, які забезпечували б контроль роботи і управління як існуючого, так і нового обладнання; надаються переваги системам управління, побудованим на базі та принципах систем пакетної комутації; усі пошуки покращення управління мережами та удосконалення систем управління спрямовані на зниження затрат і підвищення показників якості управління телекомунікаційними мережами. Сучасні конвергентні мережі є надскладною інфраструктурою, яка для ефективного виконання своїх функцій потребує ефективної системи управління, тому необхідно розвивати загальну теорію оптимальних систем управління, розробляти нові принципи побудови пристроїв для оптимального управління, методи побудови систем, що мають здатність до самоприспосовування, самонавчання та самоорганізації.

Вже досить давно розвиток техніки рухається в напрямку створення оптимальних систем управління (СУ). Серед сучасних напрямків розвитку науки та техніки автоматизація має особливе значення.

В останні десятиліття багато вчених займалися вирішенням досить складних проблем. Важко переоцінити їх значення. Необхідно і в подальшому розвивати загальну теорію оптимальних СУ, розробляти нові принципи побудови пристроїв для оптимального управління, методи побудови систем, що мають здатність до самоприспосовування, самонавчання та самоорганізації.

Побудові системи автоматичного управління зазвичай передує попередній етап збору деяких специфічних відомостей. Ці відомості стосуються математичного опису об'єкта управління (ОУ), вимог, що ставляться до системи в статичному та динамічному режимах, властивостей елементів системи та накладених обмежень, вхідних впливів, статичних властивостей зовнішніх збурень, вихідних змінних, що допускають безпосереднє вимірювання, та вихідних змінних, для яких може бути отримана тільки оцінка. При цьому заздалегідь може виявитися, що необхідно врахувати характер заданих впливів управління та структуру системи. В деяких випадках розв'язок задачі може бути єдиним, коли найкращою є лише одна система, в інших – можуть існувати декілька задовільних компромісних розв'язків і кінцевий вибір залежить від дослідника.

В теорії управління існують такі неоднозначні поняття як аналіз, проектування та синтез [1]. Будемо вважати, що аналіз означає, що СУ вже побудована та вимагається вивчити її роботу в заданих умовах. Термін «проектування» часто використовується для позначення процесів розрахунку СУ, що задовольняє вихідним умовам. В цілому цей процес не є заздалегідь визначеним та часто вимагає інженерної інтуїції [2]. Термін «синтез» відноситься до ситуацій, близьких до ідеальних, коли потрібно знайти математичний розв'язок задачі та відома процедура розв'язку.

Існує три різних підходи до вирішення задач проектування та синтезу СУ.

Перший підхід базується на операторних методах, що мають справу з перетвореннями в площині комплексної змінної z , а також на методі кореневого годографа. При використанні цього підходу проектування системи здійснюється послідовними наближеннями і тому його також називають методом проб і помилок.

При проектуванні системи звичайно потрібно задовольняти ряд вимог, що ставляться до частотних або часових характеристик системи і, можливо, до її структури. Такими характеристиками, що використовуються найбільш часто, є запас по посиленню, запас по фазі, вихідний імпеданс, час наростання і час встановлення процесів, максимальний викид або перерегулювання. Для задоволення заданих вимог зазвичай виконується регулювання підсилення і корекція частотних та часових характеристик системи.

Другий підхід, що часто називається аналітичним, заснований на використанні в якості критеріїв якості системи інтегральної квадратичної і середньоквадратичної помилки. Ці критерії якості були вперше запропоновані вченими Вінером і Холлом. Проектування зводиться до розрахунку компенсуючого фільтру при використанні класичних варіаційних методів для мінімізації помилок. Цей підхід може бути застосований до лінійних систем як у випадку детермінованих, так і у випадку стохастичних вхідних впливів, а також і до лінійних дискретних систем [1].

Раніше проектування САУ проводилося головним чином за допомогою перших двох підходів. Вони глибоко вкоренилися в інженерній практиці і можуть бути названі класичними. Структурна схема типової класичної системи зі зворотним зв'язком, що включає керований об'єкт і компенсуючий фільтр представлена на рис. 1.

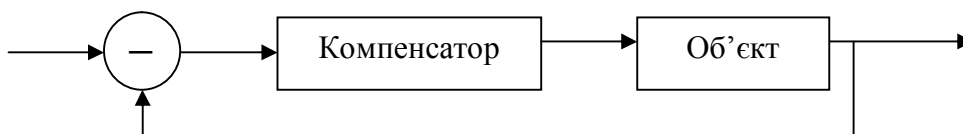


Рис. 1. Структурна схема системи зі зворотним зв'язком

Можна спроектувати спектр систем з різними характеристиками, що задовольняють вихідним вимогам. Структурна схема СУ в тому або іншому ступені визначається заздалегідь і, звичайно, не є оптимальною.

У класичній системі регулювання керуючий вплив створюється за допомогою порівняння входу з виходом. У системах навіть помірної складності однієї лише цієї операції недостатньо для одержання всієї інформації, необхідної для здійснення оптимального управління [2]. Проблема проектування багатомірних і нестационарних систем при використанні класичних методів має ряд серйозних труднощів і обмежень. Застосування цих методів, звичайно, обмежується ідеалізованими і відносно простими системами зі зворотної зв'язком. Розглянемо етапи проектування систем при використанні методу послідовних наближень і аналітичного методу відповідно.

Коротка характеристика методу послідовних наближень.

1. Вихідні дані:

- а) динаміка керованого процесу;
- б) вхід і бажаний вихід;
- в) зовнішні збурювання;
- г) допустима помилка і запас стійкості.

2. Процедура розрахунку:

- а) визначення необхідного посилення по допустимій помилці;
- б) розрахунок коригувального фільтра для забезпечення стійкості;
- в) проведення аналізу з метою перевірки відповідності отриманих характеристик необхідним;
- г) повторення процедури розрахунку і перехід до ускладненої компенсації, якщо вихідні вимоги не задовольняються.

Коротка характеристика аналітичного методу.

1. Вихідні дані:

- а) динаміка керованого процесу;
- б) вхід і бажаний вихід;
- в) зовнішні збурювання;
- г) критерії якості;
- д) допустимий розкид параметрів системи.

2. Процедура розрахунку:

а) встановлення класу системи в тих випадках, коли структура системи задана, не задана і може бути обрана вільно, частково задана;

б) складання аналітичного виразу для критерію якості як функції вільних параметрів, якщо структура системи задана; максимізація або мінімізація критерію якості шляхом відповідного регулювання цих параметрів;

в) розрахунок по методу спектральної факторизації коригувального фільтру для максимізації або мінімізації критерію якості, якщо структура системи не задана і може вибиратися вільно або задана частково;

г) перевірка відповідності характеристик отриманої системи необхідним; якщо вимоги задоволені, то теоретичний розгляд закінчений і може бути почата фізична реалізація, якщо ні, то вихідні вимоги повинні бути змінені.

Третій підхід до проектування СУ, що є узагальненням другого, одержав в останні роки подальший розвиток у різних напрямках. Однак, якщо обмежитися розглядом тільки

лінійних систем, то можна досить просто охарактеризувати послідовні етапи проектування. Спочатку задається або складається функціонал від змінних управління і стану процесу, накладаються обмеження на ці змінні і потім за допомогою одного з методів варіаційного числення визначається закон управління або керуюча послідовність, завдяки чому функціонал досягає максимуму або мінімуму [3].

Цей метод, що часто називається сучасним, став основним підходом, що використовується при проектуванні САУ. Основна ідея сучасного підходу полягає у визначенні закону або стратегії оптимального управління, що мінімізує або максимізує деяку сукупність критеріїв якості. Закон управління виражає керуючий вплив у виді функції координат стану об'єкта, що в результаті приводить до системи зі зворотним зв'язком. У відносно простих системах оптимальний закон керування можна реалізувати за допомогою коригувального пристрою або активного фільтру. У більш складних випадках для цієї мети часто застосовують цифрові обчислювальні машини, що дають великі переваги у формуванні оптимальних законів керування. Використовуючи інформацію про стан процесу, цифрова машина робить обчислення по деякій програмі і видає послідовність чисел, що виражають стратегію оптимального управління. Для динамічної оптимізації системи при використанні сучасного підходу необхідно передавати по каналу зворотного зв'язку всю інформацію, що характеризує динаміку процесу.

Сучасний підхід до проектування СУ має багато переваг в порівнянні з класичним. Він спрощує проектування нестационарних і багатомірних систем і дозволяє встановити структуру оптимальної системи.

Сучасні методи синтезу враховують довільні початкові умови. Сучасний підхід полегшує вирішення великого класу більш реалістичних задач керування, що з великими труднощами вирішуються класичними методами. Труднощі полягають у тому, що їхнє рішення повинно одночасно задовольняти багатьом умовам і обмеженням, тому проектування таких систем класичними методами може виявитися винятково складним. Сучасний підхід дозволяє проектувальнику обмежитися аналітичними рішеннями задачі або розробкою обчислювального алгоритму рішення і доручити обчислювальній машині виконання всієї важкої і стомлюючої роботи, пов'язаної з проведенням розрахунків, що звичайно можуть бути систематизовані і виконані по визначеній програмі.

Проблема оптимального управління в даний час займає центральне місце в теоретичних дослідженнях зі створення СУ [4]. У випадку типової СУ можна виділити наступні чотири групи змінних.

1. Незалежні змінні, котрі є керуючими змінними в процесі керування або регулювання; зміна цих змінних здійснюється відповідно до закону управління, що реалізується у системі.
2. Залежні змінні, котрі використовуються для виміру й опису стану процесу в будь-який момент часу.
3. Вторинні змінні, котрі використовуються для індикації і виміру якості функціонування СУ.
4. Збурюючі впливи, що є для системи неконтрольованими зовнішніми змінними.

Загальна проблема оптимального управління полягає у відшуванні способу збереження вторинних змінних в околі їх оптимальних значень, незважаючи на наявність флуктуацій, що виникають через збурення і зміну параметрів системи. Вторинні змінні використовуються для опису критерію якості СУ. Проблема оптимального управління зводиться, таким чином, до мінімізації або максимізації критерію якості [1].

Фізичну системун-го порядку в будь-який момент часу можна описати за допомогою кінцевої множини величин $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$. Ці змінні величини називають змінними стану системи і при записі у векторній формі вони являють собою координати вектора $x(t)$ стану системи. Щоб зв'язати послідовні стани системи в часі, зробимо просте і корисне допущення, що полягає в тому, що похідна вектора стану dx/dt залежить тільки від поточного стану системи і не залежить від передісторії станів.

Це просте допущення дозволяє описати процес за допомогою векторно-матричного диференціального рівняння

$$\dot{x}(t) = \frac{dx(t)}{dt} = f[x(t), m(t), t] \quad (1)$$

з початковою умовою $x(0)=x_0$. У рівнянні (1) $m(t)$ означає вектор управління, f – векторну функцію змінних стану, управляючих впливів, часу і, можливо, збурюючих впливів.

У кожен момент часу вектор управління m повинен задовольняти умові $g(m) \leq 0$, що описує обмеження, накладені на СУ. Функція g – задана векторна функція управляючих впливів.

Задачу проектування оптимальної системи можна сформулювати в такий спосіб: заданий ОУ або процес; знайти закон управління або керуючу послідовність впливів, завдяки якій задана сукупність критеріїв якості системи досягає максимуму або мінімуму. Оптимальний закон керування повинен формуватися оптимальним регулятором або цифровою обчислювальною машиною, що є складовою частиною СУ.

В загальній постановці проектування оптимальної системи є варіаційною задачею. Існує багато різних варіаційних методів мінімізації або максимізації функціонала в функціональному просторі. До них відносяться класичні методи варіаційного числення, а також числові методи та різні способи послідовних наближень, що використовують експеримент або моделювання процесів. Найбільш часто при проектуванні СУ використовуються наступні методи:

- варіаційне числення;
- принцип максимуму;
- динамічне програмування.

У всіх випадках кінцевою метою проектування є визначення оптимального закону управління або управляючої послідовності впливів, завдяки якій заданий функціонал, що характеризує якість системи досягає максимуму або мінімуму. Спільним для всіх трьох методів є використання варіаційних принципів. Принцип максимуму використовує в тій чи іншій формі прямі методи варіаційного числення, в той час як динамічне програмування, також наслідуючи варіаційні принципи, використовує рекурентні співвідношення або алгоритм диференціальних рівнянь з частковими похідними.

Література

1. Кривуца В.Г. Математичне моделювання телекомунікаційних систем / В.Г. Кривуца, В.В. Барковський, Л.Н. Беркман. – К.: ДП «ДВІА Зв'язок», 2007. – 270 с.
2. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку : підручник для ВНЗ / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Э.В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.
3. Кривуца В.Г. Імітаційне моделювання та прогнозування / В.Г. Кривуца. – К.: НАУ, 2000. – 205 с.
4. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій : підручник для ВНЗ / [Кривуца В.Г. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. та інші]. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.