

АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК 66.012-52:621.311.22:681.5

Грицай В., Савицький В., Стасюк І.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

© Грицай В., Савицький В., Стасюк І., 2000

In given article is described generalised to recommendations, concerning all stages of the process of creation and system syntheses of autocontrolling by technological processes from standpoints of rational choice of its functions – technological measurements, automatic control, signalizings, protection, blocking and remote manual control.

Сучасні багатотоннажні виробництва є енерго- і матеріалоємними, тому раціональна організація їх технологічних процесів забезпечує значну економію енергії та сировини, а також підвищення якості продукції, збільшення надійності технологічного комплексу, покращання умов праці оперативного технологічного персоналу та захист довкілля.

Особливо важливою є організація таких енергоємних процесів, як випарювання, випаровування, ректифікація, сушіння, адсорбція, нагрівання та охолодження (особливо в нагрівальних печах), переміщення та перемішування речовин (рідин, сипких матеріалів, глинистих розчинів тощо), компресування газів, кондиціонування, опалення, парогенерування та ін.

Детальне знання властивостей об'єктів керування та застосування сучасних досягнень техніки автоматизації енерго- та матеріалоємних процесів дозволяє економити до 40 % енергетичних та до 15 % матеріальних ресурсів [1]. Наукові дослідження, спрямовані на енергозбереження, відкривають нові методи і способи автоматизації цих об'єктів.

Автоматизація виробництва дає змогу зменшити експлуатаційні затрати, збільшити обсяг виробництва продукції, підвищити продуктивність праці, знизити на 30-40 % трудомісткість виготовлення продукції [2].

Синтез раціональної структури системи керування технологічним об'єктом є багатофакторною проблемою, оскільки під час її розв'язання має враховуватись оптимальна організація технологічного процесу, взаємодія об'єкта з навколишнім середовищем, надійність системи загалом та умови праці оперативного технологічного персоналу.

У технічній літературі [2-5] основна увага зосереджена лише на окремих питаннях, які стосуються створення систем автоматизації. У цій роботі зроблена спроба на підставі літературних джерел і власного досвіду авторів виробити узагальнені рекомендації, які стосуються усіх стадій процесу створення і синтезу систем автоматичного керування технологічними процесами.

Метою керування технологічним об'єктом є досягнення оптимального значення деякого прийнятого показника Q - цільової функції (функції мети керування). Залежно від специфіки об'єкта керування і завдань, що розв'язуються, функція мети керування може бути

як технічною (тривалість регулювання, відхилення регульованої величини в перехідному режимі тощо), так і економічною (продуктивність, прибуток, якість продукції, собівартість тощо) [6].

Якщо режим технологічного об'єкта керування необхідно оптимізувати, то система автоматичного керування повинна забезпечувати екстремум вибраної цільової функції:

$$Q = f(\bar{X}, \bar{X}^*, \bar{Z}, \bar{U}, t) = \text{extr} \quad ,$$

де \bar{X} – вектор поточних значень регульованих величин; \bar{X}^* – вектор заданих значень регульованих величин; \bar{Z} – вектор збурень; \bar{U} – вектор керуючих дій; t – час.

В інших випадках достатньо, щоб цільова функція була більшою чи меншою від деякого заданого значення або дорівнювала цьому значенню.

Переважно для оцінки роботи об'єктів керування в статичних (усталених) режимах застосовують економічні цільові функції, а для оцінки динамічних (перехідних) режимів – технічні цільові функції. У найпростішому випадку стабілізації технологічних параметрів задовільними вважають перехідні процеси з 20 %-м перерегулюванням або з мінімальною інтегральною оцінкою.

Створення систем автоматичного керування складається з таких етапів, як визначення основної мети керування; синтез системи керування; розрахунок окремих елементів систем автоматизації; вибір технічних засобів автоматизації з урахуванням особливостей технологічного процесу (токсичність, вибухо- і пожежонебезпека тощо) та умов експлуатації технічних засобів автоматизації, а також складності алгоритмів керування процесом.

Під синтезом системи автоматичного керування розуміють отримання близького до ідеального розв'язку задачі із створення системи автоматичного керування, який може бути отриманий за допомогою її формалізації і математичного розв'язування згідно з певною процедурою [7]. У цьому випадку під формалізацією розуміють чітк математичне формулювання задачі синтезу, а під процедурою – відповідний математичний апарат.

Оскільки теорія синтезу систем автоматичного керування для більшості технологічних процесів поки що не створена, то під синтезом розуміють проектування (розробку) такої системи, яка задовольняє певні задані вимоги.

Створення системи автоматичного керування технологічним процесом починають з детального вивчення та дослідження об'єкта керування. Вивчають теоретичні основи роботи об'єкта та уточнюють значення технологічних параметрів, які визначають оптимальне проходження процесу, аналізують (або складають) матеріальні та енергетичні баланси і визначають параметри і чинники, що впливають на технологічний процес. Встановлюють залежності між параметрами і факторами і розробляють структурну схему взаємозв'язків між параметрами. Поділяють параметри на вхідні керуючі, вихідні регульовані, збудуючі контрольовані параметри і чинники – параметри, які трудно контролювати. Визначають реально можливі зміни параметрів у процесі роботи об'єкта і встановлюють основні канали проходження сигналів через об'єкт. Розробляють математичні моделі об'єкта по всіх каналах проходження сигналів. Спільно з технологістами формують вимоги до системи автоматичного керування технологічним процесом. Вивчають способи і схеми автоматизації аналогічних процесів і оцінюють їх придатність за економічними, екологічними, ергономічними критеріями та за надійністю.

Під час передпроектного вивчення та дослідження об'єкта керування повинні бути виявлені резерви виробництва, які можуть бути використані завдяки застосуванню систем

автоматизації. Наприклад, якщо у разі застосування локальної системи автоматизації технологічний агрегат простоє в середньому 20 % планового часу роботи, з котрих 1/4 викликана помилками оперативного персоналу через несвоєчасне виявлення передаварійних ситуацій, то застосування автоматизованої системи керування технологічним процесом, яка реалізує функції прогнозування і аналізу виробничих ситуацій, може усунути ці втрати. Тоді обсяг продукції зростає на 5 %, що призводить до збільшення обсягу реалізації і зниження собівартості продукції.

Нагромаджений досвід автоматизації хімічних виробництв показав, що резерви економічної ефективності, які можуть бути використані завдяки автоматизації технологічних процесів, зазвичай становлять від 0,5 до 6 % [8].

Система автоматичного керування технологічним процесом виконує такі функції, як контроль, регулювання, сигналізація відхилень, захист, блокування, дистанційне керування [4,5]. Системи технологічного контролю залежно від призначення, місця і форми подання вимірювальної інформації можуть бути по-різному виконані, зокрема або за традиційною структурою (давач – вторинний прилад), або за допомогою інформаційно-вимірювальної системи. Залежно від важливості вимірювальна інформація може бути подана постійно або за викликом, з реєстрацією або без неї.

Автоматичному контролю підлягають регульовані параметри, витрати сировини, готової продукції та енергоносіїв і ті величини, від яких залежить надійність роботи технологічного комплексу. Зокрема контролю підлягають усі величини, які визначають оптимальний чи нормальний режим роботи об'єкта керування, дотримання матеріальних і енергетичних балансів, та величини, пов'язані з пуском і зупинкою технологічного процесу. З урахуванням особливостей роботи об'єкта керування, характеру контрольованих середовищ, допустимої довжини ліній зв'язку та метрологічних вимог вибирають засоби вимірювання та складають структурні схеми систем контролю.

Найважливішим і найменш формалізованим під час розробки системи автоматичного керування є визначення її структури, тобто каналів регулювання і алгоритмів керування. Лише в окремих випадках задачу синтезу структури системи автоматичного керування розглядають як задачу оптимального керування. Переважно визначення структури системи автоматичного керування здійснюють неформальним методом, який полягає у спільному аналізі алгоритму функціонування апаратів технологічного процесу і його характеристик як об'єкта керування. У випадку багатоваріантності структури системи автоматичного керування кращу вибирають за допомогою математичного моделювання на ЕОМ.

Розглянемо основні засади неформального методу при виборі структури системи керування. Для багатомірних об'єктів, які характеризуються численними вхідними і вихідними параметрами (координатами) та перехресними впливами, найперше визначають можливість застосування незв'язаних контурів регулювання. При цьому для оптимального регулювання параметрів процесу необхідно діяти на декілька змінних, причому кількість регулюючих величин повинно перевищувати число регульованих параметрів. Забезпечити оптимальне регулювання одного параметра, діючи лише на одну змінну, неможливо.

Якщо існують сильні перехресні зв'язки, стійкість незв'язаних систем автоматичного регулювання (САР) істотно зменшується. Щоб максимально ослабити такі зв'язки і у такий спосіб підвищити працездатність незв'язаних систем, виконують такі дії:

– як об'єкти регулювання вибирають ті, в яких коефіцієнти передачі по каналу регулюючої дії є максимальні, а час запізнення і сталі часу об'єкта мінімальні;

– для того, щоб САР працювали на різних власних частотах, вибирають об'єкти з різко відмінними сталими часу і запізненням;

– разом з регулюванням традиційних параметрів (температури, тиску тощо) поєднують регулювання якісних та непрямих (обчислюваних) параметрів.

Застосування систем каскадного регулювання має сенс у тому випадку, коли можливості одноконтурних систем вже вичерпані [9]. Це стосується, по-перше, об'єктів з великим запізненням (зокрема для об'єктів з розподіленими параметрами), для яких випереджувальну інформацію про вплив на значення регульованої величини можна отримати з проміжної точки, що має менше запізнення і швидше сприймає збурення, яке треба компенсувати; по-друге, коли завдання для стабілізуючого контуру регулювання змінюється відповідно до значення іншої регульованої величини; по-третє, коли необхідно значно збільшити швидкість САР.

На стадії проектування САР оцінити вплив збурюючих факторів та їх частотний спектр досить складно, тому простіше передбачити додаткові контури стабілізації (якщо збурюючий фактор – витрата чи тиск будь-якого середовища) або виконати САР з компенсацією основних збурень.

Найраціональніші системи регулювання з декількох можливих варіантів вибирають за заданим критерієм моделювання на ЕОМ.

Виконання систем сигналізації та захисту залежить від складності об'єкта керування і важливості технологічних параметрів з тих чи інших міркувань (вибухо- і пожежонебезпеки, якості продукції, екології тощо). Системи сигналізації і захисту можуть бути суміщені з системами контролю, а в особливо важливих випадках для підвищення надійності їх виконують як самостійні. Системи захисту можуть діяти як на зменшення продуктивності установки, так і на відключення окремого технологічного обладнання або на зупинку процесу.

Встановленню сигналізації підлягають технологічні параметри, що пов'язані з вибухотопожежонебезпекою, агресивністю і токсичністю перероблюваних речовин, мікрокліматом в приміщеннях та визначенням стану силових двигунів, запірних та регулюючих органів. Обов'язковою є сигналізація відхилень за допустимі межі концентрацій вибухонебезпечних та токсичних речовин в повітрі виробничих приміщень, рівнів рідин, надлишкових тисків в апаратах, високих температур, витрат речовин, що можуть призвести до аварії (наприклад, у водогрійних котлах, парогенераторах, реакторах та ін.). Необхідна також сигналізація про окремі операції під час пусків та зупинок складного технологічного обладнання.

Пожежо- і вибухонебезпечні технологічні апарати (водогрійні котли, парогенератори, котли-утилізатори, нагрівальні печі, ємності під значним надлишковим тиском тощо) повинні бути забезпечені надійними, часто продубльованими системами автоматичного захисту. Захист таких апаратів здійснюють за параметрами, які можуть призвести до аварійної ситуації.

Системи дистанційного керування, переважно, є складовими частинами систем автоматичного регулювання. Крім того, передбачають системи дистанційного керування запірною арматурою та для вмикання (вимикання) окремих механізмів і апаратів.

Фактор ручного дистанційного керування – це не тільки механізація трудомістких операцій керування, а й можливість застосовувати прогнозувальні та адаптивні властивості оператора, що дає змогу правильно вибирати нові канали регулюючої дії та алгоритми керування і навіть нові досконаліші способи автоматичного керування технологічним об'єктом загалом.

Автоматичне блокування передбачають у разі вмикання (вимикання) механізмів у певній логічній послідовності (під час керування технологічними апаратами або під час пуско-зупинних операцій). В окремих випадках системи автоматичного блокування можуть бути складовою систем автоматичного захисту. Інколи передбачають системи технологічного блокування, коли значення технологічних параметрів взаємозв'язані і зміна одного з них може призвести до небажаних змін іншого (наприклад, під час керування режимом оберткової цементної печі).

Вибираючи технічні засоби автоматизації (ТЗА), порівнюють різні варіанти технічного забезпечення системи автоматичного керування технологічним процесом з урахуванням різноманітних критеріїв (технічних, економічних, виробничих, експлуатаційних вимог тощо). У зв'язку з відсутністю загальноприйнятих кількісних критеріїв і оцінкових шкал для порівняння різних варіантів технічного забезпечення, а також відсутністю загальних формалізованих процедур вибору на всіх етапах створення систем автоматичного керування, переважно, завдання вибору ТЗА вирішують нині евристичними методами, що спираються на досвід та інтуїцію розробників.

У загальному випадку процедура вибору ТЗА може бути розділена на два етапи. На першому вибирають конкретний комплекс із сукупності можливих, пристрої якого передбачається застосувати як технічне забезпечення системи автоматичного керування. На другому етапі синтезують конкретну структуру системи за допомогою пристроїв вибраного комплексу. При цьому вибір ТЗА здійснюють залежно від характеристик об'єкта керування та вимог до системи керування [10].

Вибираючи ТЗА, слід враховувати такі узагальнені характеристики об'єкта керування: характер технологічного процесу (формування, транспортування, зміна агрегатного стану чи хімічного складу); проходження технологічного процесу в часі (неперервний чи дискретний); протяжність об'єкта (окремий технологічний апарат, група апаратів, технологічна лінія, технологічний процес тощо); особливості регулюючих органів і виконавчих механізмів (зусилля чи моменти під час регулювання, показники точності); особливості навколишнього середовища (агресивність, вібрація); вимоги з вибухо- і пожежобезпеки; перспектива розвитку і модернізації технологічного процесу. Крім того, вибір ТЗА ґрунтується на таких вимогах до системи керування, як рівень ієрархії; кількість вимірюваних і регульованих параметрів, а також обґрунтування точності дотримання режимних величин; виконувані функції (одноконтурне чи багатозв'язане автоматичне регулювання, оптимізація у статичі чи (і) динаміці, оптимальне керування з адаптацією); зв'язок з іншими системами; перспективи розвитку системи керування.

Процедура вибору ТЗА є ітераційним процесом, в ході якого з багатьох можливих варіантів розв'язання цього завдання вибирають кращий за техніко-економічними показниками.

Слід відзначити, що застосування сучасних ТЗА – мікропроцесорних контролерів – дає змогу (за допомогою конфігурування) створювати без додаткових затрат різні схеми регулювання, ускладнювати їх аж до розв'язання оптимізаційних задач керування.

Розглянуті рекомендації щодо обсягу та вибору, а також технічної реалізації систем автоматизації технологічних процесів можуть бути корисними для розробників (проектантів) під час створення та проектування систем автоматичного керування технологічними процесами у різних сферах виробничої діяльності, зокрема під час розробки функціональної схеми автоматизації технологічного процесу.

1. Шински Ф.Г. *Управление процессами по критерию экономии энергии*. – М., 1981.
2. Полоцкий Л.М., Латшенков Г.И. *Автоматизация химических производств: Теория, расчет и проектирование систем автоматизации*. – М., 1982.
3. Мандельштейн М.Л. *Автоматические системы управления технологическим процессом брагоректификации*. – М., 1975.
4. Ключев А.С. *Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля*. – М., 1991.
5. РД 34.35.101-88. *Методические указания по объему технологических измерений, сигнализации и автоматического регулирования на тепловых электростанциях*. – М., 1988.
6. Анисимов И.В., Бодров В.И., Фомин Н.Г. *Определение экономической целесообразности автоматической оптимизации технологических процессов // Теоретические основы химической технологии*. – 1970. – № 6. С.907-911.
7. Ту Ю. *Современная теория управления*. – М., 1971.
8. Дудников Е.Г. и др. *Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов*. – М., 1987.
9. Эрриот П. *Регулирование производственных процессов*. – М., 1967.
10. Корытин А.М. и др. *Автоматизация типовых технологических процессов и установок: Учебник для вузов*. – М., 1988.

УДК 693.554:624.016

Щеглюк М.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ АРМАТУРИ В ЗАКРИТИХ КАНАЛАХ

© Щеглюк М., 2000

In the article displayed questions, which connected with the regulation of temperature an armature in closed concrete desing channels. This enables to use electrothermal voltage of armature in the monolithig construction that allows to get spare electric powers and armature steels.

У монолітному будівництві для попереднього напруження залізобетонних конструкцій використовують електротермічне напруження арматури. Її часто розташовують в каналах, які спеціально влаштовують в конструкції при бетонуванні. Канали можуть мати спеціальні каналоутворювачі із сталеві труби, гофрованого металорукава або бути без них [1]. Часто арматуру, обмазану спеціальним полімером, закладають у конструкцію при бетонуванні [2]. При нагріванні арматури полімерна обмазка спочатку переходить у в'язкотекучий стан, а потім незворотно тужавіє, забезпечуючи хороше зчеплення арматури з бетоном.

При електротермічному напруженні арматури контроль температури нагріву є обов'язковим, але в аналізованій технології він неможливий, бо відсутній доступ до арматури для встановлення на ній первинного перетворювача температури або контролю температури її поверхні безконтактним методом.

Для контролю і регулювання температурного режиму таких конструкцій було розроблено і досліджено спеціальну систему автоматичного регулювання стабілізації струму нагріву. Між зміною струму і температурою арматури існує строга закономірність, яка використовується для налагодження системи [3].

Структурна схема САР наведена на рис.1. Струм нагріву перетворюється первинним перетворювачем ПП в електричний сигнал і подається на регулятор, де порівнюється із