

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ**

Диссертационный совет Д 05.06.319

На правах рукописи
УДК 62.50

КУРМАНАЛИЕВА РОЗА НАСБЕКОВНА

**СИНТЕЗ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА И СЛОЖНОСТИ**

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2007

Работа выполнена в Институте автоматике Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Научный руководитель доктор технических наук,
член-корреспондент НАН КР,
лауреат Государственной премии КР
Оморев Туратбек Турсунбекович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор
Рафатов Рамиз Рафатович

канд.техн.наук, доцент
Бочкарев Александр Иванович

Ведущая организация Международный университет Кыргызстана

Защита состоится 27 апреля 2007г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 05.06.319 по присуждению ученых степеней доктора и кандидата технических наук при Институте автоматике Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г.Бишкек, пр. Чуй, 265. Институт автоматике.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке НАН КР по адресу: 720071, г. Бишкек, пр.Чуй, 265,а.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направить по адресу: 720071, г. Бишкек, пр.Чуй, 265 Институт автоматике НАН КР, диссертационный совет Д 05.06.319.

E-mail: avtomatica_nankr@mail.ru, факс: +996 (312) 65-55-22.

Автореферат разослан 26 марта 2007г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 05.06.319
к.т.н., с.н.с.

В. И. Замай

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Современный этап автоматизации и информатизации процессов управления характеризуется повышенными требованиями к системам автоматического управления (САУ), которые используются, практически, во всех сферах техники и производства. Автоматические системы должны совершенствоваться с учетом сложности объектов управления, требований высокой эффективности производства и к качеству выходной продукции. А это, в свою очередь диктует необходимость создания новых принципов и методов проектирования САУ.

К настоящему времени в рамках теории автоматического управления разработано множество методов синтеза САУ. К их числу относятся: частотные методы, модальное управление, аналитическое конструирование оптимальных регуляторов (АКОР), методы теории H^∞ , методы, основанные на функциях Ляпунова и концепции обратной задачи динамики. Наряду с указанными методами для, оптимизации процессов управления широко применяются принцип максимума, динамическое программирование, линейное и нелинейное программирование.

В развитие классической теории регулирования существенный вклад внесли ученые В.В.Солодовников, Б.Н.Петров, А.А.Воронов, А.А.Фельдбаум, А.А.Вавилова, Я.З.Цыпкин, С.И.Емельянов, Е.П.Попов, Р.М.Юсупов, а основы современной теории управления заложены в трудах Л.С.Понтрягина, Р.Беллмана, Н.Н.Красовского, А.А.Красовского, А.М.Лётова, Поляка Б.Ф., В.Ф.Бирюкова, Р.Калмана, Х.Розенброка, Б.Портера и других ученых. В Кыргызстане значительные результаты в теории автоматического управления получены в работах Ж.Ш.Шаршеналиева, В.П.Живоглядова, Б.М.Миркина, Т.Т.Оморова, Ж.И.Батырканова и Р.О.Оморова.

Как известно, к основным характеристикам САУ относятся – цель управления, качество процессов управления и сложность системы управления. Качество управления, в общем случае, оценивается («измеряется») посредством некоторого векторного показателя, определяющего степень успешности выполнения системой основной цели управления. Наиболее естественным и прямым показателем качества управления является критерий, основанный на допустимости переходных процессов САУ. При этом считается, что система обладает допустимым качеством, если процессы, вызванные действием внешних воздействий или начальным отклонением координат системы от требуемых (желаемых) значений, не выходят за пределы заданных допустимых областей (множеств). Границы этих множеств определяются предельными значениями таких инженерных показателей, как быстродействие и точность

системы. Принцип проектирования САУ на основе допустимого качества управления назван концепцией допустимости.

В отличие от указанного подхода к решению задач управления в современной теории управления развит принцип оптимального управления. Здесь для оценки качества системы, в основном используются косвенные, в частности, интегральные критерии. Как известно, последние не в полной мере учитывают первичные инженерные требования к проектируемой системе, что связано с отсутствием функциональных соотношений между весовыми коэффициентами и желаемыми параметрами переходных процессов САУ. Для того чтобы достичь требуемого качества управления необходимо многократное повторение процедур синтеза методов оптимизации управления, таких, как аналитическое конструирование оптимальных регуляторов, теория H^∞ , принцип максимума, математическое программирование.

С другой стороны, при создании САУ необходимо обеспечивать разумный компромисс между её качеством и сложностью. Требования к качеству управления и к сложности являются противоречивыми, поскольку разработчики систем всегда стремятся к достижению высокого качества управления, используя более простые, т.е. менее сложные технические решения. Поэтому целесообразно, чтобы еще на этапе постановки задачи синтеза САУ, учитывать требования не только к качеству управления, но и требования к сложности технической или программной реализации искомых законов управления.

Целью диссертационной работы является разработка конструктивных методов и алгоритмов синтеза управляющих подсистем (регуляторов) многомерных систем управления по заданным критериальным ограничениям на переходные процессы и показателям сложности.

Сформулированная цель предполагает решение следующих основных задач:

- получение условий, гарантирующих многомерной системе управления заданные динамические свойства;
- описание соотношений, необходимых для синтеза эталонной модели системы по исходным инженерным требованиям к качеству процессов управления;
- исследование возможности решения задач синтеза управляющих подсистем для многомерных объектов управления по прямым (инженерным) показателям качества управления;
- разработка методики структурного и параметрического синтеза регуляторов для линейных и класса нелинейных систем по прямым ограничениям на переходные процессы;

- оценка сложности управляющих подсистем и разработка методики синтеза автоматических систем с учетом показателей качества и сложности.
- расчет систем управления и их компьютерное моделирование.

Методы исследования. Выполненные в работе исследования основаны на методах линейной алгебры, теории матриц, дифференциальных уравнений, математического анализа и теории автоматического управления. Для проверки эффективности предложенных алгоритмов управления использованы методы математического и компьютерного моделирования.

Научная новизна полученных результатов заключается в развитии единого подхода к решению задач управления многомерными объектами непосредственно по заданным прямым показателям качества с учетом сложности технической реализации проектируемой автоматической системы. На его основе разработаны новые методы структурного и параметрического синтеза регуляторов линейных и определенного класса нелинейных систем, обеспечивающие гарантированные результаты по качеству процессов управления.

На защиту выносятся следующие научные результаты:

- математическое описание условий, выполнение которых обеспечивает гарантированные результаты по качеству САУ;
- процедура построения эталонной модели замкнутой системы управления, обладающей заданными прямыми (инженерными) показателями качества;
- методика структурного и параметрического синтеза регуляторов для линейных и класса нелинейных систем по критериальным ограничениям на управляемые процессы;
- алгоритм синтеза идентификатора состояния линейного многомерного объекта по ограничениям на переходные процессы;
- процедура динамического проектирования многомерных систем управления с учетом прямых показателей качества и действий неопределенных ограниченных внешних возмущений;
- методика синтеза регуляторов ограниченной (минимальной) сложности с учетом инженерных показателей качества управления.

Практическая ценность результатов работы. Разработанные в диссертации методики и алгоритмы дают возможность:

- проектировать эффективные системы автоматического управления, выполняющие функции регулирования и слежения техническими объектами в различных отраслях экономики;
- разрабатывать алгоритмическое и специальное программное обеспечение компьютерных информационных систем управления технологическими процессами;
- создавать эффективные процедуры синтеза для использования в системах автоматизированного проектирования САУ.

Результаты работы ориентированы на обеспечение высокого качества и простоты технической реализации разрабатываемых систем управления.

Реализация результатов работы. Работа выполнена в рамках проектов фундаментальных научно-исследовательских работ Института автоматике Национальной академии наук Кыргызской Республики. Результаты работы использованы в ОАО «Бишкекский машиностроительный завод» и в учебном процессе Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты докладывались и обсуждались на:

- международной научно-практической конференции «ГИС в Центральной Азии» (г. Бишкек, 2005);
- второй международной научно-практической конференции «Проблемы естественно-технических наук, информационных технологий и управления на современном этапе» (г. Бишкек, 2005);
- научно-практической конференции «Постсоветский Кыргызстан и перспективы развития» (г. Бишкек, 2006);
- международной научно-технической конференции «Инновации в образовании, науке и технике» (г. Бишкек, 2006);
- на заседаниях Ученого совета Института автоматике Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликовано 12 научных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 137 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников, который включает 168 наименований, и содержит 3 таблицы и 32 рисунка. В приложении приведены акты об использовании результатов диссертационной работы.

Основное содержание работы

Во введении формулируется цель работы, обоснована актуальность темы, даются общая характеристика работы, её научная новизна и практическая ценность.

В первой главе рассматриваются общая постановка проблемы управления с учетом показателей качества и сложности проектируемой системы управления, и проводится краткий анализ состояния проблемы синтеза САУ.

Вначале формулируется общая проблема управления многомерными объектами, динамика которых описывается векторным дифференциальным уравнением в переменных состояния:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f[x(t), u(t), \xi(t), t], \\ x(t_0) &= x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \end{aligned} \quad (1.1)$$

где $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$ – n -мерный вектор состояния объекта; $u(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)]^T$ – m -мерный вектор управляющих воздействий; $\xi(t) = [\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_r(t)]^T$ – r -мерный вектор внешних возмущающих

воздействий; $f = [f_1, f_2, \dots, f_n]^T$ – n -мерная вектор-функция, компоненты которой удовлетворяют условиям существования и единственности соответствующей задачи Коши; T – знак транспонирования; t_0, t_k – начальный и конечный моменты управления; x^0 – начальное состояние объекта.

Вектор управляемых переменных системы $y(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_N(t)]^T$ определяется соотношением

$$y(t) = Cx(t),$$

где C – $N \times n$ – мерная вещественная матрица.

Цель управления задается посредством задающей подсистемы, формирующей вектор желаемого состояния объекта по выходу: $g(t) = [g_1(t), g_2(t), \dots, g_N(t)]^T$.

Основная проблема состоит в определении структуры и параметров управляющей подсистемы (регулятора) для многомерного объекта, описываемого векторным уравнением (1.1), по заданному критерию качества управления. При этом целесообразно, чтобы задача синтеза решалась с учетом сложности технической реализации искомого регулятора.

Как известно, для решения сформулированной проблемы в теории управления используются, в основном, концепция допустимого качества и концепция оптимальности процессов управления. В последнем случае для характеристики качества САУ вводится некоторый функционал, определяющий обобщенную меру отклонения координат управляемого объекта от желаемого состояния. Закон управления определяется путем минимизации этого функционала, называемого критерием оптимальности. Концепция допустимости предполагает, что в целевом пространстве системы управления исходя из технических и технологических требований, задается некоторая допустимая область для управляемых процессов. Структура и параметры искомой системы отыскиваются так, чтобы переходные процессы не выходили за пределы заданных допустимых областей. Такой подход к синтезу САУ является более естественным, так как позволяет непосредственно учитывать инженерные требования к проектируемой системе, в частности, такие требования, как точность и быстродействие.

Как известно, наиболее исчерпывающую информацию о качестве процессов управления дают переходные процессы по ошибке управления

$$e_i(t) = g_i(t) - y_i(t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (1.2)$$

Концепция допустимости предполагает задание допустимой области (подмножества) $E_i^*(t)$ для каждой компоненты вектора ошибки управления:

$$E_i^*(t) = \left\{ e_i(t) \in R^1 : |e_i(t)| \leq b_i^*(t) \right\}, \quad (1.3)$$

$$i = \overline{1, N}, \quad t \in [t_0, t_k],$$

где $b_i^*(t)$ – положительная функция времени, задающая границы допустимого подмножества; R^1 – одномерное вещественное арифметическое пространство.

При этом функции $b_i^*(t)$, $i = \overline{1, N}$, определяются в соответствии с заданными инженерными требованиями к качеству управления.

Геометрическая иллюстрация критерия допустимого качества показана на рис.1.

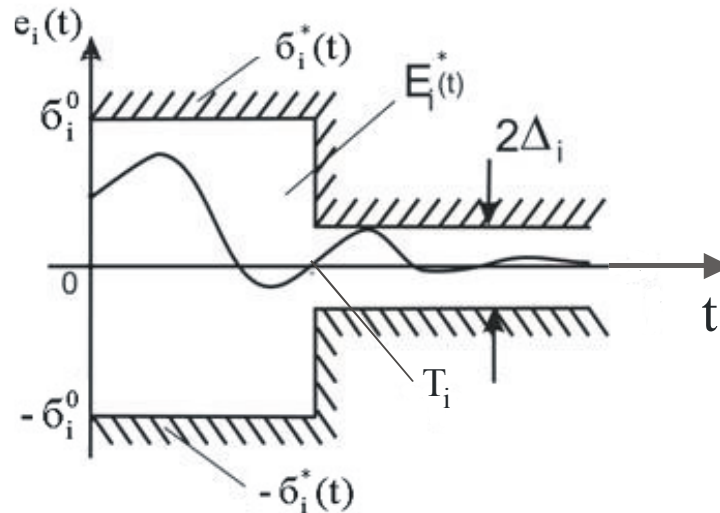


Рис.1. Критерий допустимого качества управления.

Совокупность указанных показателей

$$\Pi_i = [\bar{\sigma}_i^0, T_i, \Delta_i], \quad i = \overline{1, N}, \quad (1.4)$$

характеризует точность и быстродействие, т.е. качество системы управления.

Значение вектора качества управления Π_i состоит в том, что при проектировании автоматических систем в большинстве случаев в качестве исходных инженерных требований задаются именно компоненты этого вектора: $\bar{\sigma}_i^0, T_i, \Delta_i$. Особенностью такого описания качества процессов управления состоит в том, что оно связано не с одним, а целым множеством переходных процессов, которые являются допустимыми с точки зрения обеспечения работоспособности САУ.

Допустимое множество $E^*(t)$ для вектора невязки $e(t)$ определяется соотношением:

$$E^*(t) = \{e \in R^N : e_i(t) \in E_i^*(t), \quad i = \overline{1, N}\}. \quad (1.5)$$

Как известно, оптимизация управления связана с определением единственного – наилучшего в некотором смысле закона управления $u(t)$. Однако, техническая реализация полученного таким образом $u(t)$ часто затруднительна. Поэтому с точки зрения упрощения синтезируемого регулятора необходимо, чтобы оптимизация управления была связана не с одним, а с некоторым семейством (множеством) переходных процессов, удовлетворяющих первичным показателям качества $\{\Pi_i\}$. Таким образом, концепцию допустимости можно рассматривать как важный элемент в проблеме обеспечения компромисса между качеством САУ и сложностью технической реализации управляющей подсистемы.

Далее дается общая характеристика сложности САУ. Понятие сложности системы является емким, неоднозначным и трудно формализуемым. В общем случае сложность системы можно представить в виде обобщенного показателя, характеризующего уровень технического воплощения решений по ее структуре и параметрам, алгоритмов управления, обеспечивающих достижение заданной основной цели управления. В свою очередь, качество управления определяется

уровнем технических и программных средств, т.е. технических решений, элементной базы и технологий. Поэтому сложность является основным фактором, который формирует облик системы и ее основные характеристики.

Решение задачи синтеза регулятора САУ является неоднозначным, так как одно и то же качество управления можно достичь с помощью различных регуляторов, но отличающихся уровнем сложности. Сложность САУ можно охарактеризовать рядом показателей, в частности, числом усилительно-преобразовательных элементов, порядками дифференциальных операторов уравнения регулятора, числом ненулевых элементов матрицы обратной связи.

В общем случае, для оценки сложности системы необходимо разбиение множества исследуемых структур управляющих устройств САУ по выбранному признаку на классы или формирование указанного множества из заданных классов. Для этой цели можно использовать понятия шкалы сложности. Вопросы, связанные с построением различных типов шкал сложности рассматриваются в главе 4.

Далее проводится краткий анализ состояния проблемы динамического проектирования САУ. Обсуждаются особенности методов параметрического и структурного синтеза, построения одномерных и многомерных систем, линейных и нелинейных САУ, оптимизации управления, а также рассмотрены частотные методы, аналитическое конструирование оптимальных регуляторов (АКОР), модальное управление, теория H^∞ , метод неравенств и другие методы.

Вторая глава посвящена проблемам математического описания условий допустимого качества управления и динамического проектирования систем управления многомерными объектами.

Вначале описываются математические условия, выполнения которых гарантирует принадлежность управляемых процессов заданным допустимым областям (множествам).

Рассматриваются ошибки (невязки) управления $e_i(t) = g_i(t) - y_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, и критериальные ограничения вида

$$\begin{aligned} |e_i(t)| &\leq \bar{\sigma}_i(t), \\ i &= \overline{1, N}, \quad t \in [t_0, t_k], \end{aligned} \quad (2.1)$$

где $\bar{\sigma}_i(t)$ – непрерывно дифференцируемые положительные функции, которые аппроксимируют границы исходных допустимых областей $E_i^*(t)$.

Соответствующие допустимые множества $E_i(t)$ и $E(t)$ определяются выражениями, аналогичными (1.3) и (1.5). На основе основных соотношений принципа гарантируемой динамики доказывается следующее утверждение.

Утверждение 1. Пусть $e(t_0) \in E(t_0)$. Тогда вектор ошибки управления $e(t) \in E(t)$, если для каждого $t \in [t_0, t_k]$ выполняются условия

$$\begin{aligned} e_i^+(t) &\leq \bar{\mathcal{E}}_i(t), \\ -e_i^-(t) &\leq \underline{\mathcal{E}}_i(t), \end{aligned} \quad i = \overline{1, N}, \quad t \in [t_0, t_k], \quad (2.2)$$

где
$$\bar{\mathcal{E}}_i(t) = \mathcal{E}_i(t) \Big|_{e_i(t) = \bar{\sigma}_i(t)}, \quad \underline{\mathcal{E}}_i(t) = \mathcal{E}_i(t) \Big|_{e_i(t) = -\bar{\sigma}_i(t)}. \quad (2.3)$$

Условия (2.2) далее используются для решения задач структурного и параметрического синтеза САУ.

В задаче структурного синтеза рассматривается объект управления, описываемый векторным уравнением в отклонениях ($e = -x$):

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) + \xi(t), \\ x(t_0) &= x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \end{aligned} \quad (2.4)$$

где A и B – вещественные известные матрицы:

$$A = \{a_{ij}\}_{n \times n}, \quad B = \{b_{lj}\}_{m \times n},$$

а остальные обозначения имеют прежний смысл.

Предполагается, что объект управления обладает свойством управляемости, а векторы состояния и возмущения доступны для измерения.

Процедура синтеза регулятора состоит из трех основных этапов. На первом – осуществляется построение эталонной модели, т.е. семейства желаемых переходных процессов. На втором – формируются уравнения синтеза закона (алгоритма) управления. На третьем этапе определяются структура и параметры закона управления путем решения уравнений синтеза.

Построение эталонных процессов $z(t)$ основывается на концепции допустимости и результатах утверждения 1. Динамическая система, формирующая эталонную модель, задается векторным уравнением:

$$\dot{\tilde{e}}(t) = M\tilde{e}(t), \quad (2.5)$$

где $\tilde{e}(t)$ – N -мерный вектор невязки:

$$\tilde{e}(t) = z(t) - g(t). \quad (2.6)$$

Здесь $z(t) = [z_1(t), z_2(t), \dots, z_N(t)]$ – N -мерный желаемый процесс;
 $g(t) = [g_1(t), g_2(t), \dots, g_N(t)]$ – N -мерный требуемый вход системы;
 вещественная матрица:

$$M = \{m_{ij}\}_{N \times N}.$$

Качество эталонных процессов $z_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, определяется критериальными ограничениями вида (2.1).

Предполагается, что для вектора невязки $\tilde{e}_i(t)$, задана допустимое множество

$$\tilde{E}(t) = \{ \tilde{e} \in R^N : |\tilde{e}_i(t)| \leq \tilde{b}_i(t), \quad i = \overline{1, N} \}, \quad (2.7)$$

где $\tilde{b}_i(t)$ – положительные непрерывно дифференцируемые функции, определяющие максимально допустимые отклонения для $\tilde{e}_i(t)$. Указанное множество определяет допустимую область P для вектор-параметра $p = [p_1, p_2, \dots, p_r]$ эталонной подсистемы, составленного из элементов матрицы M :

$$P = \{ p \in R^r : \tilde{e}_i(t) \in \tilde{E}_i(t), \quad i = \overline{1, N} \}. \quad (2.8)$$

На основе утверждения 1 получено описание подмножества P :

$$P = \{ p \in R^r : L_{i2}(p) - \hat{L}_{i1}(p) \geq 0, \quad i = \overline{1, N} \}, \quad (2.9)$$

где

$$L_{i2}(p) = \hat{\delta}_i^{\&}(t) - m_{ii} \tilde{\delta}_i(t), \quad \hat{L}_{i1}(p) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |m_{ij}| \tilde{\delta}_i(t).$$

Следует отметить, что для упрощения анализа условий допустимого качества управления целесообразным является специальное построение функций $\tilde{\delta}_i(t)$, задающих границы допустимых областей $\tilde{E}_i(t)$.

В частности, пусть функции $\tilde{\delta}_i(t)$ описываются уравнениями

$$\hat{\delta}_i^{\&}(t) = \alpha_i \tilde{\delta}_i(t), \quad i = \overline{1, N}, \quad (2.10)$$

что соответствует их заданию в виде экспоненциальных функций. При этом, если положить, что

$$\tilde{\delta}_i(t) = \tilde{\delta}_i^0 e^{\alpha_i t}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (2.11)$$

где $\tilde{\delta}_i^0 > 0$, а $\alpha_i = \alpha < 0$, то допустимое подмножество P определяется системой неравенств

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |m_{ij}| \tilde{\delta}_j^0 \leq (\alpha - m_{ii}) \tilde{\delta}_i^0, \quad (2.12)$$

$$i = \overline{1, N}.$$

Следует подчеркнуть, что выполнение условий (2.12) обеспечивает одновременно и свойство асимптотической устойчивости замкнутой САУ, если все $\alpha_i < 0$, поскольку при этом

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\delta}_i(t) = 0,$$

а переходные процессы $\tilde{\epsilon}_i(t) \in \tilde{E}_i(t)$.

Для поиска искомого вектор-параметра $p^* \in P$, вводится скалярная функция

$$J(p) = \sum_{i=1}^N |L_i(p)| - \sum_{i=1}^N L_i(p), \quad (2.13)$$

где $L_i(p) = L_{i2}(p) - \hat{L}_{i1}(p)$, $i = \overline{1, N}$. (2.14)

Функция $J(p)$ обладает следующим свойством

$$J(p) = \begin{cases} 0, & \text{если } p \in P, \\ c, & \text{если } p \notin P, \end{cases} \quad (2.15)$$

где c – положительное число.

Процесс поиска $p \in P$ рассматривается как управляемый процесс, описываемый векторным уравнением:

$$\begin{aligned} \dot{p}(t) &= B\hat{u}(t), \\ p(0) &= p^0, \quad t \in [0, t_k], \end{aligned} \quad (2.16)$$

где $\hat{u} = [\hat{u}_1, \hat{u}_2, \dots, \hat{u}_r(t)]^T$ – вектор управления; диагональная матрица $B = \text{diag}[1, 1, K, 1]$.

Предполагается, что начальный выбор $p^0 = [p_1^0, p_2^0, \dots, p_r^0]^T \notin P$.

На основе утверждения 1 найден вектор управления $\hat{u}(t)$, обеспечивающий целенаправленный поиск искомого вектор-параметра $p^* \in P$.

Таким образом, обобщенный алгоритм построения эталонной модели замкнутой системы управления включает следующие основные этапы:

Шаг 1. Задание структуры эталонной модели замкнутой САУ, например, в форме (2.5).

Шаг 2. Задание функций $\tilde{b}_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, определяющих требования к качеству эталонных процессов.

Шаг 3. Описание подмножества P .

Шаг 4. Выбор начального вектора $p = p^0$. Если $p^0 \in P$, то задача синтеза решена. В противном случае необходимо перейти к шагу 5.

Шаг 5. Составление функции $J(p)$ по формуле (2.13).

Шаг 6. Формирование и решение системы уравнений (2.16)

В результате, либо будет найдено решение задачи $p(t^*) = p^* \in P$, либо оно отсутствует, т.е. $p(t_k) \notin P$. В последнем случае необходимо расширение допустимой области для эталонных процессов или задание другой – более сложной эталонной модели.

Получено уравнение синтеза закона управления $u(t)$ для случая, когда объект управления описывается векторным уравнением (2.4). При этом считается, что допустимые области для управляемых $y(t)$ и эталонных $z(t)$ переменных совпадают. Искомый закон управления определен как решение уравнения синтеза:

$$\tilde{B}u(t) = Qx(t) + Mg(t) - C\xi(t), \quad (2.17)$$

где вещественные матрицы

$$Q = MC - \tilde{A}, \quad \tilde{A} = CA, \quad \tilde{B} = CB.$$

В случае, когда для матрицы $\tilde{B}^T \tilde{B}$ существует обратная матрица $[\tilde{B}^T \tilde{B}]^{-1}$ искомый закон управления

$$u(t) = Kx(t) + \hat{K}g(t) + \tilde{K}\xi(t), \quad (2.18)$$

где матрицы регулятора

$$K = [\tilde{B}^T \tilde{B}]^{-1} \tilde{B}^T (MC - \tilde{A}), \quad \hat{K} = -M, \quad \tilde{K} = -[\tilde{B}^T \tilde{B}]^{-1} \tilde{B}^T C. \quad (2.19)$$

Далее разрабатывается методика параметрического синтеза системы управления с линейной обратной связью на основе полученных выше результатов. Рассматривается нестационарный объект управления, описываемый векторным уравнением в отклонениях:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= \hat{A}(t)x(t) + Bu(t), \\ x(t_0) &= x^0, \quad t \in [t_0, t_k], \end{aligned} \quad (2.20)$$

где $\hat{A}(t)$ и B – вещественные известные матрицы:

$$\hat{A}(t) = \{\hat{a}_{ij}(t)\}_{n \times n}, \quad B = \{b_{lj}\}_{m \times n}.$$

Допустим, что объект управления обладает свойством управляемости, а вектор состояния доступен для измерения.

Матрицу $\hat{A}(t)$ можно представить в виде суммы постоянной $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ и переменной $\tilde{A}(t) = \{\tilde{a}_{ij}(t)\}_{n \times n}$ матриц:

$$\hat{A}(t) = A + \tilde{A}(t). \quad (2.21)$$

Элементы матрицы $\tilde{A}(t)$ удовлетворяют соотношениям:

$$|\tilde{a}_{ij}(t)| \leq a_{ij}^*, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (2.22)$$

где a_{ij}^* – известные положительные величины.

Теперь исходное уравнение объекта (2.20), с учетом представления (2.21), имеет вид

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + \tilde{A}(t)x(t). \quad (2.23)$$

Поскольку уравнение объекта задано в отклонениях, то вектор ошибки управления

$$e(t) = -x(t).$$

Пусть задана структура закона управления:

$$u(t) = Ke(t) = -Kx(t), \quad (2.24)$$

где K – $m \times n$ – мерная матрица регулятора:

$$K = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ M \\ k_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & K & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & K & k_{2n} \\ M & M & & M \\ k_{m1} & k_{m2} & K & k_{mn} \end{bmatrix}.$$

Вектор-параметр регулятора $p = [p_1, p_2, \dots, p_r] = [k_1, k_2, \dots, k_m]$.

Требования к качеству системы управления заданы в виде следующих ограничений на переходные процессы $e_i(t)$:

$$\begin{aligned} |e_i(t)| = |x_i(t)| &\leq \bar{\sigma}_i(t), \\ t &\in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}, \end{aligned} \quad (2.25)$$

Подмножество

$$P = \left\{ p \in R^r : e_i(t) \in E_i(t), \quad i = \overline{1, N} \right\}$$

определяет допустимую область в пространстве параметров проектируемой системы.

Задача синтеза решается в два этапа: на первом – осуществляется описание допустимого подмножества P , а на втором этапе производится поиск и определение искомого вектор-параметра $p \in P$.

Для описания подмножества P используются результаты утверждения 1. Для этой цели, с учетом уравнения объекта (2.20) и закона управления (2.24), векторное уравнение замкнутой САУ запишем в виде:

$$\dot{x}(t) = D x(t) + \tilde{A}(t)x(t), \quad (2.26)$$

где матрица $D = \left\{ d_{ij} \right\}_{n \times n}$, $d_{ij} = a_{ij} - \sum_{\lambda=1}^m \sum_{j=1}^n b_{i\lambda} k_{\lambda j}$.

Утверждение 2. Пусть $x_i(t_0) \in E_i(t_0)$. Тогда $x_i(t) \in E_i(t)$, если для каждого $t \in [t_0, t_k]$ будут выполняться соотношения:

$$L_{i1}(p) \leq L_{i2}(p), \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.27)$$

где

$$L_{i1}(p) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \left[|d_{ij}| + a_{ij}^* \right] \bar{b}_i(t), \quad L_{i2}(p) = \dot{\bar{e}}_i(t) - d_{ii} \bar{b}_i(t) - \tilde{a}_{ii} \bar{b}_i(t) \geq 0. \quad (2.28)$$

Подмножество P , определяющее допустимую область для вектора p , описывается следующим соотношением:

$$P = \left\{ p \in R^r : L_{i2}(p) - L_{i1}(p) \geq 0, \quad i = \overline{1, n} \right\}. \quad (2.29)$$

Для поиска вектор-параметра $p = [p_1, p_2, \dots, p_r]$, принадлежащего допустимому подмножеству P , т.е. $p \in P$, можно использовать известные численные методы или вычислительную процедуру, использованную ранее для нахождения параметров эталонной модели.

Таким образом, алгоритм синтеза линейной стационарной обратной связи состоит из следующих этапов:

Шаг 1. Задание модели объекта в виде векторного уравнения (2.20).

Шаг 2. Задание структуры закона управления объектом в виде (2.24).

Составление вектора-параметра $p = [p_1, p_2, \dots, p_r]$.

Шаг 3. Определение функций $\bar{b}_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, задающих границы допустимого множества $E(t)$ для вектора ошибки управления $e(t)$ на основе требований к качеству управления $\Pi = [\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_N]$.

Шаг 4. Описание допустимой области P для вектор-параметра регулятора.

Шаг 5. Определение вектор-параметра $p \in P$.

В третьей главе изложены некоторые обобщения результатов, полученных в главе 2.

Вначале рассматривается задача синтеза идентификатора состояния линейного стационарного объекта по прямым ограничениям на переходные процессы по ошибке восстановления вектора состояния $x(t)$. Для её решения использованы результаты, полученные при построении эталонной модели замкнутой системы управления.

Далее исследуется проблема параметрического синтеза линейного регулятора заданной структуры (2.24) для нелинейного объекта, динамика которого задается векторным уравнением в отклонениях ($e = -x$):

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + G(x) + M(u), \quad (3.1)$$

где A, B – вещественные матрицы соответствующих размерностей:

$$A = \{a_{ij}\}_{n \times n}, \quad B = \{b_{i\lambda}\}_{n \times m};$$

$$G(x) = \begin{bmatrix} G_1(x) \\ G_2(x) \\ \vdots \\ G_n(x) \end{bmatrix}, \quad M(u) = \begin{bmatrix} M_1(u) \\ M_2(u) \\ \vdots \\ M_n(u) \end{bmatrix},$$

$$G_i(x) = x^T(t) \tilde{A}_i x(t), \quad M_i(u) = u^T(t) \tilde{B}_i u(t), \quad i = \overline{1, n},$$

\tilde{A} и \tilde{B} – вещественные матрицы соответствующих размерностей.

Получено описание допустимого подмножества P для вектор-параметра регулятора $p = [p_1, p_2, \dots, p_r]$, обеспечивающего выполнение условий требуемого качества управления (2.1).

Решение задачи структурного синтеза регулятора рассматривается для нелинейного многомерного объекта, описываемого векторным уравнением в отклонениях:

$$\dot{x} = F(x) + Bu(t), \quad (3.2)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad t \in [t_0, t_k],$$

где $F(x) = [F_1(x), F_2(x), \dots, F_n(x)]^T$ – n -мерная нелинейная вектор-функция, зависящая только от вектора состояния $x(t)$; B – $n \times m$ -мерная вещественная матрица.

Здесь используются идея эталонной модели и условия эквивалентности вектора состояния $x(t)$ и эталонного процесса $z(t)$.

Далее дается обобщение разработанной методики для синтеза линейного безынерционного регулятора для многомерного объекта, подверженного действию внешних ограниченных возмущений и описываемого уравнением в отклонениях:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + \xi(t), \quad (3.3)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad t \in [t_0, t_k],$$

где компоненты вектора возмущений $\xi(t)$ удовлетворяют следующим ограничениям:

$$|\xi_i(t)| \leq \bar{\xi}_i^+(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (3.4)$$

а $\bar{\xi}_i^+(t)$ – положительные ограниченные функции.

Задача синтеза состоит в определении закона управления $u(t)$ в форме (2.24), обеспечивающего заданные требования к качеству процессов управления (2.1). Её решение основывается на использовании следующего результата.

Утверждение 3. Пусть $x(t_0) \in E(t_0)$. Тогда состояние объекта управления, описываемого векторным уравнением (3.1) и замкнутого регулятором (2.24), будет удовлетворять требованиям к качеству управления (2.1), если для каждого $t \in [t_0, t_k]$ будут выполняться соотношения:

$$\sum_{\substack{i \neq j \\ j=1}}^n \left| a_{ij} - \sum_{l=1}^n \sum_{\lambda=1}^m b_{i\lambda} k_{j\lambda}(t) \right| \bar{\sigma}_j(t) + \bar{\xi}_i^+(t) \leq \bar{\sigma}_i(t) - d_{ii} \bar{\sigma}_i(t), \quad (3.5)$$

$$i = \overline{1, n}.$$

Четвертая глава посвящена проблеме синтеза САУ с учетом двух критериев – показателей качества и сложности регулятора. Оценка качества системы осуществляется на основе концепции допустимости и соответствующих условий, полученных во второй главе. Учет сложности управляющей подсистемы основан на принципе сложности. В соответствии с этим принципом строится дискретная шкала сложности для искомым регуляторов, представляющая собой систему подмножеств

$$S = \{S_v\}, \quad S_v \neq \emptyset, \quad v = \overline{1, M}, \quad (4.1)$$

Элементы шкалы $S_v, v = \overline{1, M}$, должны удовлетворять определенным требованиям на основе следующих основных принципов:

- структуры регуляторов, входящие в подмножества $S_v, v = \overline{1, M}$, должны выбираться так, чтобы они обеспечивали необходимые свойства исследуемой системы, в частности, устойчивость замкнутой САУ;

- шкала сложности должна быть построена так, чтобы при возрастании номера подмножества v увеличивалась сложность элементов, образующих подмножества S_v ;

- подмножества $S_v, v = \overline{1, M}$, должны быть «сконструированы» так, чтобы либо являлись вложенными друг в друга:

$$S_1 \subset S_2 \subset \dots \subset S_M, \quad (4.2)$$

либо – попарно непересекающимися:

$$S_i \cap S_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1, M}, \quad (4.3)$$

где \emptyset - пустое множество.

- шкала сложности строится относительно выбранного признака (критерия) сложности и она должна обеспечивать эффективное решение задачи синтеза.

На основе указанных принципов построен ряд дискретных шкал сложности для управляющих устройств. В частности, для случая, когда в качестве признака сложности выступает число усилительно-

преобразовательных звеньев, а в качестве закона управления выбрана линейная обратная связь вида (2.24), подмножества

$$S_v = \{K^v \in R^{m \times n} : p^v \in Q_v\}, \quad v = \overline{1, M}, \quad (4.4)$$

образуют шкалу сложности S для безынерционных регуляторов многомерной системы, включающей регулятор с матрицей обратной связи K^v , где Q_v – область устойчивости замкнутой САУ по вектор-параметру

$$p^v = [p_1, p_2, \dots, p_v], \quad v = \overline{1, M}, \quad M = m \times n,$$

где v – число ненулевых элементов матрицы K .

Задача синтеза системы управления формулируется следующим образом. Для заданного объекта управления необходимо синтезировать регулятор, обеспечивающий гарантированное выполнение критериальных соотношений (2.1) и минимально сложный относительно шкалы сложности $S = \{S_v\}$.

Разработана методика синтеза регуляторов с учетом показателей качества управления и сложности, которая включает следующие основные этапы:

Шаг 1. Задание математической модели объекта управления.

Шаг 2. Задание цели управления.

Шаг 3. Определение требований к качеству управления. Задание вектор-функции $b(t) = [b_1(t), b_2(t), \dots, b_N(t)]^T$, компоненты которой определяют границы допустимых областей $E_i(t)$ для ошибок управления $e_i(t)$:

$$E_i(t) = \{e_i(t) \in R^1 : |e_i(t)| \leq b_i(t)\}, \quad (4.5)$$

$$t \in [t_0, t_k], \quad i = \overline{1, N}.$$

Шаг 4. Выбор типа соединения (места включения) регулятора и структуры закона управления.

Шаг 5. Построение шкалы сложности для регуляторов

$$S = \{S_v\} \quad v = \overline{1, M}. \quad (4.6)$$

Шаг 6. Выбор некоторого элемента S_v (например, при $v = 1$ выбирается S_1) шкалы S и описание допустимого подмножества P_v для вектор-параметра $p^v = [p_1, p_2, \dots, p_v]$:

$$P_v = \{p^v \in R^v : e(t) \in E(t)\}, \quad v = \overline{1, M}. \quad (4.7)$$

Методика описания подмножеств P_v изложена в главе 2.

Шаг 7. Выбор решения относительно подкласса S_v . В случае, когда подмножество S_v не пусто, т.е. $S_v \neq \emptyset$, где \emptyset – пустое множество, то регулятор из подкласса S_v решает задачу синтеза.

Если подмножество S_v является пустым множеством, т.е. $S_v = \emptyset$, тогда необходимо положить $v = v + 1$ и перейти к шагу 6, т.е. к анализу следующего более сложного элемента S_{v+1} шкалы сложности.

В случае, когда для некоторого $v = v^*$ подмножество $S_{v^*} \neq \emptyset$, а для всех v , удовлетворяющих условию $1 \leq v < v^*$, $S_v = \emptyset$, то регулятор из подмножества

S_{v^*} является минимально сложным относительно рассматриваемой шкалы $S = \{S_v\}$.

В случае, когда для всех v подмножества $S_v = \emptyset$, то решение задачи синтеза управляющего устройства относительно шкалы $S = \{S_v\}$ не существует.

В последнем случае, необходимо либо ослаблять требования к качеству управления путем расширения допустимых областей $E_i(t)$ для ошибок управления $e_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, либо переходить к более сложным классам регуляторов.

В пятой главе полученные в предыдущих главах теоретические результаты использованы для решения двух технических задач:

- расчета контура управления системой электроприводов, входящих в состав технологического комплекса;
- синтеза системы управления синхронным генератором.

В рамках первой задачи объект управления состоит из двух двигателей постоянного тока и приемной катушки, на которую наматывается длинномерный материал (лента, проволока и др.). Для обеспечения желаемого качества технологического процесса необходимо поддерживать параметры процесса – линейные скорости движения материала в заданных точках и их соотношения по определенному алгоритму (закону). Одна из особенностей исследуемого объекта состоит в том, что в процессе его функционирования момент инерции одного из двигателей изменяется во времени из-за увеличения диаметра приемной катушки. В результате управляемый объект становится нелинейным и нестационарным, что усложняет решение задачи управления.

Для расчета регулятора рассматриваемой системы управления использована методика структурного синтеза САУ. На её основе получены искомые законы управления, обеспечивающие заданные инженерные требования к точности и быстродействию автоматической системе.

Во второй задаче объектом управления является синхронная машина совместно с турбиной, работающая на систему неограниченной мощности. Задача синтеза состоит в определении структуры и параметров регулятора, обеспечивающего поддержание требуемых значений напряжения на шинах генератора и частоты вращения ротора с учетом инженерных показателей качества и сложности его технической реализации. Для её решения использована методика синтеза регулятора ограниченной сложности. Построена дискретная шкала сложности $S = \{S_v\}$, элементами которой являются матрицы линейных обратных связей $K = \{k_{ij}\}_{2 \times 3}$. В структуре синтезированного регулятора используется ограниченное (минимальное) количество усилительно-преобразовательных элементов, что значительно упрощает его техническую реализацию.

Выполнено компьютерное моделирование синтезированных систем управления с использованием программного пакета Matlab/Simulinc. Результаты моделирования показали эффективность разработанных методов и алгоритмов построения многомерных автоматических систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе рассмотрена проблема структурного и параметрического синтеза регуляторов многомерных систем автоматического управления. В качестве основных характеристик системы использованы:

- качество процессов управления;
- сложность проектируемой автоматической системы.

Для оценки качества управления выбран критерий допустимости переходных процессов, который в отличие от интегральных критериев, непосредственно связан с такими важнейшими с инженерной точки зрения показателями, как быстродействие и точность системы в динамике и установившемся режиме. Сложность системы оценивается количеством преобразовательных элементов, входящих в структуру управляющей подсистемы. В связи тем, что требования к качеству управления и к сложности системы являются противоречивыми, задача динамического проектирования системы управления рассматривается как компромисс между её качеством и сложностью. Отсюда вытекает необходимость учета указанных требований еще на этапе постановки задачи синтеза. Для решения сформулированных в работе задач используются концепция допустимости и принцип сложности.

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

- получены математические условия, выполнение которых обеспечивает гарантированные результаты по качеству проектируемой системы управления;
- предложена процедура построения эталонной (желаемой) модели замкнутой системы управления, обладающей заданными динамическими свойствами;
- разработаны методики и алгоритмы структурного и параметрического синтеза регуляторов линейных и класса нелинейных многомерных систем по заданным прямым показателям качества;
- разработан алгоритм синтеза идентификатора состояния линейного многомерного объекта по ограничениям на переходные процессы;
- предложена процедура динамического проектирования многомерных систем управления с учетом показателей качества и действий неопределенных ограниченных внешних возмущений;
- разработана методика синтеза регуляторов ограниченной (минимальной) сложности с учетом инженерных показателей качества управления.

Результаты работы ориентированы на обеспечение гарантированных результатов по качеству управления и простоты технической реализации разрабатываемых автоматических систем.

Разработанные методики и алгоритмы применены при расчете регуляторов САУ электроприводами и синхронным генератором. Результаты работы использованы в ОАО «Бишкекский машиностроительный завод» и учебном процессе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Список опубликованных работ

1. Тыныстанова Ж.М., Дулатов М.Т., Курманалиева Р.Н., Кушакова С.Е., Омурбаев Н.Т., Оморов Т.Т. Расчет регуляторов динамических систем на основе принципа гарантируемой динамики // Проблемы автоматики и управления. – Бишкек: Илим, 2002. – С. 28–35.
2. Оморов Т.Т., Тыныстанова Ж.М., Курманалиева Р.Н. Синтез систем управления нелинейными объектами одного класса // Проблемы автоматики и управления. – Бишкек: Илим, 2002. – С.18–23.
3. Дулатов М.Т., Усубалиева Р., Курманалиева Р.Н. К синтезу релейно-знаковых управляющих устройств автоматических систем // Проблемы автоматики и управления. – Бишкек: Илим, 2003. – С.33–36.
4. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т. Синтез систем управления с учетом критериев качества и сложности // Проблемы естественно-технических наук, информационных технологий и управления на современном этапе: Матер. второй межд. науч.-практ. конф. – Вестн. №2 (2) Казахской академии транспорта и коммуникации им. М.Тынышпаева и Кыргызского отделения межд. акад. энергетики им. А.Эйнштейна (КО МАЭ). Совместный выпуск. – Алматы–Бишкек. 2005. – С.63–69.
5. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т. Построение автоматических систем минимальной сложности // ГИС в Центральной Азии: Матер. межд. науч.-практ. конф. – Вестн. Восточно-Казахстанского гос. техн. ун-та им. Д.Серикбаева – Кыргызского. гос. ун-та строит., трансп. и архит. Совместный выпуск. – Усть-Каменогорск – Бишкек: 2005. – С. 69–75.
6. Курманалиева Р.Н. Расчет управляющей подсистемы минимальной сложности для синхронного генератора // Проблемы автоматики и управления. – Бишкек: Илим, 2005. – С.27–36.
7. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т. Синтез систем управления ограниченной сложности // Проблемы автоматики и управления. – Бишкек: Илим, 2005. – С. 9–18.
8. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т. Синтез алгоритмов управления линейными многомерными системами // Вестн. Кырг.отд. Межд. Акад. энергетики им. А.Эйнштейна (КО МАЭ), 2006 – №2. – С.109–114.
9. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т. Структурный и параметрический синтез многомерных систем управления по критериальным ограничениям // Инновации в образовании, науке и технике: Матер. межд. науч.-техн. конф.– Бишкек, 2006. Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Т.П. – С.376–380.
10. Курманалиева Р.Н., Оморов Т.Т. К проблеме качества и сложности систем автоматического управления // Постсоветский Кыргызстан и перспективы развития: Матер.науч.-практ.конф. – Бишкек, – Вестн. КГУСТА, №1, 2006.– С.116–122.
11. Оморов Т.Т., Курманалиева Р.Н. Параметрический синтез регуляторов нелинейных многомерных систем управления // Поиск. №2. Министерство образования и науки Республики Казахстан.– Алматы, 2006.– С.280–284.

12. Оморов Т.Т., Курманалиева Р.Н. К построению эталонной модели системы управления // Проблемы автоматки и управления. – Бишкек: Илим, 2006. – С. 3–9.

Кыскача мазмуну
Курманалиева Роза Насбековна

«Көп өлчөмдүү башкаруу системаларын сапаттык көрсөткүчү жана татаалдыгы боюнча синтездөө»

Диссертациялык иш 05.13.01 – системдик талдоо, башкаруу жана маалыматтарды иштеп чыгуу адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын алуу үчүн сунушталат.

Ачык сөздөр: автоматтык башкаруунун системасы, башкаруу, регулятор (жөнгө салгыч), өтмө процесстер, объектинин динамикасы, чектелген аймак, башкаруунун сапаты жана татаалдыгы, моделдештирүү, көп өлчөмдүү (ченемдүү) система, эталондук модель, башкаруу мыйзамы.

Диссертациялык иште көп өлчөмдүү регулятордун (жөнгө салгычтын) татаалдыгы жана сапаттык көрсөткүчү боюнча автоматташтырылган башкаруусунун жаңы усулдары жана алгоритми иштелип чыкты.

Башкаруунун натыйжалуулугун баалоо үчүн өтмө процесстик системанын сапаттык көрсөткүчү, ал эми татаалдыкты мүнөздөө үчүн регулятордун күчөтмө – кайра жаратуу элементтеринин саны пайдаланылат.

Инженердик сапаттык көрсөткүчтөрдү гарантиялоо менен башкаруу максатына жетүүнү камсыз кылган математикалык шарттар алынды.

Сызыктуу автоматташтырылган системалар үчүн критериалдык чектелген башкаруу процесси боюнча регулятордун (жөнгө салгычтын) структуралык синтези жана параметрдик методу иштелип чыкты.

Сызыктуу объектти башкаруу үчүн эталондуу моделдерди түзүү алгоритми жана абалды идентификаторлоо сунуш кылынды.

Сызыктуу автоматташтырылган системанын синтези боюнча алынган жыйынтыктар сызыктуу эмес динамикалык системалардын кээ бир классын синтездөө учуруна жалпылаштырылды.

Көп өлчөмдүү башкаруу системасынын курулуш процедурасы сырткы жоготуулары чектелген, жөнгө салынбаган аракетин эсепке алуу менен сунуш кылынды.

Чектелген татаалдыктагы регулятордун синтездөө методикасы берилген чектелүүлөрдүн өтмө башкаруу системасынын процесси боюнча иштелип чыкты.

Иштелип чыккан методдордун жана алгоритмдердин негизине таянып синхрондуу генератор жана өндүрүш электроприводдорунун регуляторлору синтездештирилди.

Жумуштун жыйынтыгы жогорку сапатты камсыздоо жана иштелип чыккан башкаруу системасын техникалык реализациялоосун жөнөкөйлөтүүгө багытталат.

Резюме

Курманалиева Роза Насбековна «Синтез многомерных систем управления по показателям качества и сложности»

Диссертационная работа представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Ключевые слова: система автоматического управления, регулятор, управление, переходные процессы, динамика объекта, допустимая область, сложность и качество управления, моделирование, многомерные системы, эталонная модель, закон управления.

В диссертационной работе разработаны новые методы и алгоритмы синтеза регуляторов многомерных систем автоматического управления по показателям качества и сложности.

Для оценки эффективности управления используются показатели качества переходных процессов системы, а для характеристики сложности – количество усилительно-преобразовательных элементов регулятора.

Получены математические условия, выполнение которых обеспечивает достижение цели управления с гарантированными инженерными показателями качества.

Разработаны методики параметрического и структурного синтеза регуляторов для линейных автоматических систем по критериальным ограничениям на управляемые процессы.

Предложены алгоритмы построения эталонных моделей и идентификаторов состояния линейного объекта управления.

Полученные результаты по синтезу линейных автоматических систем обобщены на случай синтеза класса нелинейных динамических систем.

Предложена процедура построения многомерных систем управления с учетом действий неконтролируемых ограниченных внешних возмущений. Разработана методика синтеза регулятора ограниченной (минимальной) сложности по заданным ограничениям на переходные процессы системы управления.

На основе разработанных методов и алгоритмов синтезированы регуляторы для промышленных электроприводов и синхронного генератора. Результаты работы ориентированы на обеспечение высокого качества и простоты технической реализации разрабатываемых систем управления.

Resume

Kurmanalieva Roza Nasbekovna

“The synthesis meeltumeasure system of control by index quality and complication”

The work represents to competition scholar degree candidate technical science specialist 05.13.01 – The systematic analyses, control and processing informatics.

Key words: the system of automatic control, regulator, control, transitive processes, dynamics of object, permissible region, complication and quality of control, meeltumeasure system, system, etalon of model, law of control.

In dissertation work exploited new methods and algorithm synthesis regulators much measure system automatic control by indexes quality and complication.

For the estimate effects control use indexes quality transitive processes of system, and for characteristic complication quant intensifiers – reformer elements regulator. Received methods paramedics and structures synthesis regulators for linear of automatic system criteria limited in control process.

Received mathematics terms, execution which provide achievement aims control with guarantee engineering index quality.

Worked methods paramatics and structures synthesis regulators for linear automatics system by criteria limitation to control processes.

Prepositional algorithm construction pattern models and identifications condition linear object of control.

Received results by synthesis linear automatic system enriched to the case synthesis of class in linear dynamics system.

Prepositional procedure construction system control with calculation actions uncontrolled limited external indignations.

Worked methods synthesis of regulator limited complication by given limited to transitive processes systems of control.

On the base of worked methods and algorithms synthesized device arrangement for synchronize generator and industrial wiring. The results of works orientated to guarantee ring high quality and simplicity mechanical realization worked system of control.

Подписано в печать 23.03.2007. Формат 60x84 1/16. Объем 1,0 п.л.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж 120 экз. Заказ № ____.