

$$M\{\xi(t)\xi(\tau)\} = \lambda^{-1}(t) \delta(t - \tau). \quad (1)$$

Выходной сигнал системы управления u , вырабатываемый на основе априорной информации и данных о разности

$$y(t) = x_0 + x_2 t + x_3 t^2 / 2 + \xi(t) \varphi(\tau), \quad (2)$$

ограничен по модулю (например, ограничено напряжение, подаваемое на электродвигатель), смешивается с нестационарным «белым шумом» $h(t)$, который имеет корреляционную функцию

$M\{h(t)h(\tau)\} = R(t) \delta(t - \tau)$, и является случайным возмущением, действующим на электродвигатель.

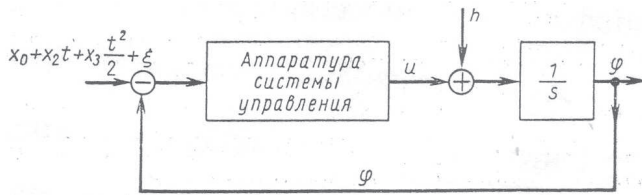


Рисунок 1 – Структурная схема стохастической системы

Необходимо построить систему управления так, чтобы в заданный момент T было минимально математическое ожидание функции потерь (четной и неубывающей, например квадратичной) от ошибки слежения x_1 угла φ за полезным сигналом:

$$x_1 = x_0 + x_2 t + x_3 t^2 / 2 - \varphi.$$

Учитывая уравнение $\varphi = u + h$, получим, что объект и сигнал обратной связи опишутся уравнениями

$$x_1 = x_2 + x_3 t - u - h, \quad x_2 = 0, \quad x_3 = 0, \quad y = x_1 + \xi.$$

Фундаментальная матрица уравнений объекта имеет вид

$$\Phi(t, T) = \begin{pmatrix} 1 & T-t & \frac{1}{2}(T-t)^2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

и условия инвариантности оптимального управления относительно T не выполнены. Поэтому блок решения реализует формулу

$$u^0(z_1, t) = -\gamma(t) \text{sign } z_1 \text{sign } g(t) \quad (4)$$

при условии, что z_1 — первая компонента вектора оценок прогнозируемых фазовых координат.

В данном случае удобнее находить вектор оценок текущих фазовых координат. Обозначим через z_1, z_2, z_3 компоненты вектора оценок текущих фазовых координат объекта. В рассматриваемом случае и из матрицы (3) следует, что сигнал оптимального управления определится формулой

$$u^0(z, t) = \gamma \text{sign} [z_1 + (T-t) z_2 + 1/2(T-t)^2 z_3], \quad (5)$$

z_1, z_2, z_3 определяются системой уравнений

$$z_1 = z_2 + t z_3 - u + \lambda(t) C_{11} (y - z_1)$$

$$z_2 = \lambda(t) C_{21} (y - z_1)$$

$$z_3 = \lambda(t) C_{31} (y - z_1), \quad (6)$$

где C_{11}, C_{21}, C_{31} — коэффициенты.

Система уравнений (6) решается при начальных условиях

$$z_1(0) = z_2(0) = z_3(0) = 0.$$

Уравнения (6) решаются с помощью Mathcad. Если положить $T = t$, то получим, что оптимальное управление, цель которого — минимизировать математическое ожидание функции потерь от текущей ошибки слежения, находится по формуле

$$u^0(z, t) = \gamma \text{sign } z_1.$$

Таким образом, в данном примере рассмотрен случай синтеза оптимального управления стохастической системой. Получен закон оптимального управления ею.

УДК 62-533.7

И.А. Иванова, В.В. Шишминцев
Курганский государственный университет

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ЭНЕРГООБЪЕКТА

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос модернизации диспетчерского управления энергообъектами. Показаны преимущества модернизированной системы.

Ключевые слова: энергообъект, диспетчерское управление, подстанция.

I.A. Ivanova, V.V. Shishminzev
Kurgan State University

CONTROL OF THE PARAMETERS OF POWER FACILITIES

Abstract. The article considers the problem of modernization of the energy facilities dispatching control. The work shows the advantages of the modernized system.

Index terms: power facilities, dispatching control, substation.

Основными тенденциями диспетчерского управления энергообъектами является все большая степень интеграции. Региональное диспетчерское управление (РДУ) области выполняет следующие основные технологические функции:

- непрерывное (круглосуточное), централизованное оперативно-технологическое (диспетчерское) управление работой объектов диспетчерского управления;
- принятие мер по обеспечению сбалансированности потребления и нагрузки электростанций с учетом внешних перетоков региональной энергосистемы;
- осуществление краткосрочного планирования за счет расчета балансов электрической энергии и мощности объектов оперативно-технологического (диспетчерского) управления региональной энергосистемы.

Оперативно-информационная подсистема (ОИП), используемая в РДУ, представляет собой программно-аппаратный комплекс, выполнена в сетевой распределенной архитектуре. Она может работать как на одино-

ном сервере, так и в виде сложных распределенных многомашинных комплексов. Клиенты, пользующиеся информационной подсистемой, работают на отдельных рабочих станциях и могут подключаться к серверам комплекса при помощи вычислительных сетей различного рода.

Технологическая информация с энергообъектов (потоки энергии, напряжение, ток, частота, температура) области поступает в РДУ по различным каналам связи. Специальное программное обеспечение производит обработку по алгоритмам, анализируя текущую ситуацию в единой энергосистеме, моделируя развитие и прогнозируя потребление электроэнергии. Телеметрическая информация сохраняется в базе данных, выводится на диспетчерские видеосистемы и ретранслируется в соседние диспетчерские управления.

Диспетчер контролирует работу энергообъектов и вносит корректировки, необходимые для поддержания заданного режима, не допуская аварийных режимов работы. Для связи с энергообъектами и передачи корректировок диспетчер использует телефонную связь, что не соответствует современным требованиям. В связи с этим было решено модернизировать систему сбора и передачи данных, что и было реализовано в процессе работы.

Модернизации системы сбора и передачи информации имеет преимущества удаленного управления энергообъектами:

- обеспечение обратной связи с энергообъектами введением управляющих сигналов;
- повышение эффективности управления подстанцией с целью ведения заданного режима;
- получение качественной оперативной информации на соответствующих автоматизированных рабочих местах;
- обеспечение возможности подробного ретроспективного анализа режимов работы основного электрооборудования.

В процессе работы написано приложение по управлению параметрами подстанции. Разработка приложения ведется на языке программирования C++ в среде разработки QT Creator, для построения графического интерфейса используются компоненты QT. Выбор фреймворка QT позволил создать приложение, отвечающее современным требованиям программного обеспечения.

Основное окно программы содержит стандартные элементы, необходимые элементы отображения и ввода информации, позволяющие диспетчеру производить корректировку режима работы:

- переключать тип управления подстанции;
- переключать управляемую секцию подстанции;
- плавно изменять напряжение автотрансформаторов;
- производить планирование переключений.

Приложение интегрируется с существующей АСКУЭ-системой (автоматизированная система контроля и учёта энергоресурсов) на базе ОИК СК-2007, предоставляя диспетчеру привычный интерфейс.

Локальная система управления напряжением и контролем коммутации шинных переключателей подстанции до модернизации не имела возможности удаленного управления, однако серьезных технических преград для этого не существовало.

Центральным структурным звеном телемеханики подстанции является шкаф телемеханики КП «Исеть», собирающий технологическую информацию с установленных измерительных преобразователей и передающий ее по каналам связи в РДУ. Шкаф КП «Исеть» имеет возможность принимать сигналы телеуправления, но не

имеет возможности это управление реализовать. В проекте разработан шкаф управления на базе контроллера Овен ПЛК-110 и микропроцессорного регулятора РНМ-1, необходимых электрических принципиальных схем и схем подключений.

Разработанные алгоритмы управления реализуют связь с объектом управления по протоколу Modbus TCP (по каналам Ethernet, TCP/IP), предоставляя возможности для удаленного переключения типа управления, изменения контролируемой секции, прибавления и убавления напряжения обмотки автотрансформаторов.

В алгоритмах управления важными объектами, такими как подстанция, необходимо предусмотреть обработку ошибок. Алгоритмом предусмотрена обработка различных исключающих ситуаций: ввод некорректных данных, отсутствие канала связи и другие. Также алгоритмом обеспечено протоколирование всех действий, выполняемых диспетчером.

Таким образом, модернизация диспетчерского управления подстанцией за счет оперативного управления введением управляющих сигналов позволила повысить эффективность управления.

УДК 62-506.56

И.А. Иванова, Д.Е. Кухта, И.Е. Гордеев
Курганский государственный университет

ВИБРАЦИОННАЯ ЛИНЕАРИЗАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию релейных систем автоматического управления в режиме вибрационной линеаризации.

Ключевые слова: система автоматического управления, вибрационная линеаризация, передаточная функция.

I.A. Ivanova, D.E. Kuhta, I.E. Gordeev
Kurgan State University

LINEARIZATION BY OSCILLATION OF NONLINEAR SYSTEMS

Abstract. This article covers the research of the automatic control relay systems in the mode of linearization by oscillation.

Index terms: automatic control system, linearization by oscillation, transfer function.

Известно, что методом вибрационной линеаризации можно линеаризовать нелинейные системы автоматического управления, т.е. нелинейная система приобретает свойства линейной системы под действием высокочастотных колебаний, которые действуют вместе с медленно изменяющимися задающими воздействиями. На основе теории вибрационной линеаризации могут быть получены передаточные функции вибрационно линеаризованных систем. При этом предполагается, что высокочастотные внешние колебания полностью подавляются линейной частью системы. В результате этого на высокой частоте релейная система оказывается разомкнутой. Задачей данного исследования является получение математической модели нелинейной системы, т.е. ее передаточной функции.

Рассмотрим случай, когда имеются малые отклоне-