

Абдылдаев Р.Н.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

R.N. Abdylidaev

ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM AS AN OBJECT OF CONTROL

УДК 621.311.: 681.513

Рассмотрена проблема решения задач оптимального управления режимами распределительных электрических сетей с использованием ситуационного управления.

The problem of solving issues of optimal control over electrical distribution system modes through situational analysis has been reviewed.

В последние годы решение проблемы рационального управления развитием и функционированием распределительных электрических сетей приобретает все более важное народохозяйственное значение, так как в них произошли качественные изменения. Существенно выросла доля электроприемников, предъявляющих повышенное требования к надежности электроснабжения и качеству электрической энергии. Введение в действие ГОСТ 13109-97 на качество электрической энергии (ЭЭ) на зажимах электроприемников потребовало по новому подойти к решению сложной задачи обеспечения нормируемых уровней напряжения в различных точках сети.

Задача электрических сетей состоит в обеспечении требуемым количеством ЭЭ заданного качества и с максимальной эффективностью. Одним из показателей эффективности работы электрической сети считаются потери ЭЭ на ее транспортировку и распределение потребителям. Снижение потерь ЭЭ неразрывно связано с задачами регулирования напряжения и реактивной мощности. Поэтому возникает задача оптимизации режима по напряжению и реактивной мощности, состоящей в определении установившегося режима электрической сети, при котором были бы выдержаны технические ограничения и были бы минимальными потери активной мощности в сети. Так как режим реактивной мощности имеет сильное влияние на режим напряжений, то от него существенно зависит такой показатель качества электрической энергии, как отклонение напряжения. В многочисленных работах показано, что наибольший ущерб потребителю наносит отклонение напряжения от нормируемых значений.

Основные цели регулирования напряжения и реактивной мощности заключаются в следующем: обеспечение требуемого значения напряжения; эффективное использование компенсаторов реактивной мощности; уменьшение потерь ЭЭ; обеспечение операций нескольких различных типов регулируемых устройств.

Поэтому повышение качества напряжения и проблема компенсации реактивной мощности требует комплексного решения с использованием системного подхода.

Данная статья посвящена проблемам решения задач оптимального управления режимами распределительных электрических сетей с использованием ситуационного управления.

Создание системы управления возможно на основе сочетания диспетчерского и автоматизированного управления, которая должна быть оснащена современными техническими средствами. Особенности распределительных электрических сетей как объекта управления усложняют управление параметрами режима и делают диспетчерскую систему малоэффективной и ненадежной.

Создание таких систем возможно на основе автоматизации всего процесса и особого внимания заслуживает использование автоматизированных систем контроля и учета электропотреблением (АСКУЭ), которые получили широкое внедрение.

Возможны статическая и динамическая постановки задачи оптимизации режимов электрических сетей. В первом случае речь идет об оптимальном управлении состояниями электрической системы, при этом не рассматривается, как система пришла в то или иное состояние, а во втором – об оптимальном управлении переходом из одного состояния в другое.

В процессе управления необходимо правильно интерпретировать ситуацию, т. е. определять наиболее важные факторы и вероятный эффект от изменения одной или нескольких переменных.

Управление, основанное на выявлении проблемных ситуаций и преобразовании

имеющейся информации в управленческие решения, приводящие к их разрешению, получила название ситуационного управления, т.е. управление в темпе реального времени. [1,2]

Рассмотрим электрическую сеть как объект управления (рис.1)

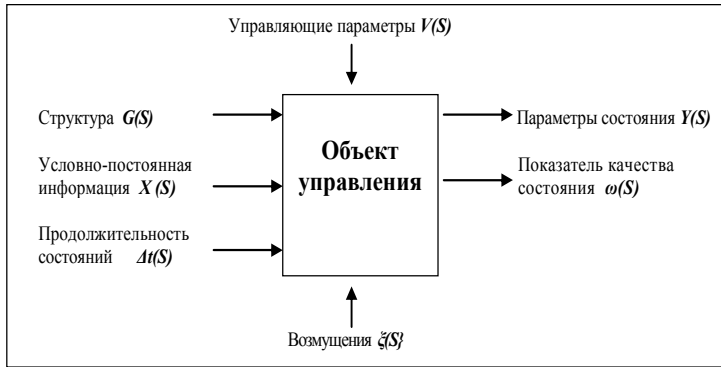


Рис.1 Структурная схема управления электрической сети

По ситуациям S_i , зафиксированной в момент времени t , определяется класс, которому принадлежит S_i . Затем выбирается команда управления, соответствующая этому классу, по которой ситуация S_i преобразуется в ситуацию S_{i+1} и т.д.

Каждому S -ому из упорядоченного множества состояний (рис. 1) такой системы $S = (0, 1, 2, \dots, s, \dots, l)$ соответствует: структура системы G_s ; вектор условно-постоянной информации X_s ; вектор независимых переменных (управляющих параметров) V_s ; вектор зависимых переменных (параметров состояния) Y_s ; продолжительность состояния Δt_s ; критерий качества состояния ω_s .

Состояние системы можно описывается системой уравнений

$$\Psi_s = g(G_s, X_s, V_s, Y_s) = 0 \quad (1)$$

На величины управляющих параметров и параметры состояния системы налагаются технические ограничения вида:

$$V_s' \leq V_s \leq V_s'', \quad Y_s' \leq Y_s \leq Y_s'' \quad (2)$$

где $V_s', V_s'', Y_s', Y_s'' \in X_s$; V_s', V_s'', Y_s', Y_s'' минимальные и максимальные допустимые значения векторов, соответственно, управляющих параметров и параметров состояния.

А связь между состоянием и показателем его качества - функцией вида

$$\omega_s = f(G_s, X_s, V_s, Y_s) \quad (3)$$

где f -скалярная функция.

Каждой ситуации S из множества состояний системы $S = (0, 1, 2, \dots, s, \dots, l)$ отличных от начального можно поставить в соответствие вектор возмущений ζ_s , т.е. отклонение структуры системы от начальной или отклонение координаты вектора X_s от его начального значения.

Множеству состояний системы поставим в соответствие множества: структур системы $G(S) = (G_0, G_1, G_2, \dots, G_s, \dots, G_l)$, векторов условно-постоянной информации

$X(S) = (X_0, X_1, X_2, \dots, X_s, \dots, X_l)$, векторов возмущений $\zeta(S) = (\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_s, \dots, \zeta_l)$, векторов управляющих параметров $V(S) = (V_0, V_1, V_2, \dots, V_s, \dots, V_l)$, векторов параметров состояния $Y(S) = (Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_s, \dots, Y_l)$, продолжительности состояний $\Delta t(S) = (\Delta t_0, \Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_s, \dots, \Delta t_l)$, а также показатель качества множества

состояний Ω , такой, что:

$$\Omega = \sum_{s=0}^l \omega_s \Delta t_s \quad (4)$$

и интервал времени $T = \left[t_0; t_0 + \sum_{s=0}^l \Delta t_s \right]$

Задачу оптимального управления электрической сетью можно сформулировать следующим образом: для заданных $G(S)$ и $X(S)$ найти $V(S)$ и $Y(S)$, такие, что показатель качества множества состояний Ω на интервале времени T достигает своего экстремального значения при условиях (1-4).

Схематически это можно представить следующим образом. Предварительно производится выбор определенных параметров управления режимами электрической системы (входная информация), составляется база правил управления. После этого система управления в назначенный момент приступает к реализации плана, непрерывно отслеживает текущие фактические результаты в сопоставлении с расчетными. При расхождении по ходу управления режимами расчетного и реально складывающегося хода процесса управления (например, резкое падение напряжения в сети), система осуществляет полный пересчет параметров и соответствующих управляющих воздействий.

Основные принципы ситуационного управления: система может находиться в разных состояниях; количество состояний растет с ростом сложности системы; количество

возможных планов управления на порядок меньше количества состояний системы.

Реализация данного подхода – используют разбиение всего множества состояний системы на классы в соответствии с применяемыми планами управления. Далее текущее состояние системы в соответствии с заданными признаками относят к одному из классов и применяют соответствующий план управления. Для осуществления принципов ситуационного управления необходимо определить, состояние объекта управления, возможное множество состояний и алгоритм определения класса текущего состояния объекта управления.

Реализуемая ситуационная модель управления работает в режиме «советчика», поскольку ответственность за принятия решений возлагается на оператора.

Если множество состояний ситуаций S можно разбить на классы, то задача управления будет решена, когда все ситуации S окажутся отнесенными к какому нибудь определенному классу K_i , которому однозначно соответствует некоторое решение.

Отсюда вытекает одна из фундаментальных задач ситуационного управления режимами электрических сетей – задача распознавания состояний [3].

Задача распознавания состояний электрических сетей представляется как отыскание правил классификации и распознавание состояний на основании перечня признаков.

Формирование правил классификации осуществляется на основании обучения с помощью специалистов, имеющих опыт управления объектом.

Согласно правилу классификации в обучающей выборке выделяют классы. Состояния из одного класса характеризуются малым отличием оптимальных значений управляющих параметров. Затем формируется решающее правило, по которому распознают текущее состояние, т.е. относят его к одному из известных классов.

Под классом понимается совокупность объектов или явлений, обладающих какими-либо общими свойствами. Количественной характеристикой образа служит мера сходства между объектами, составляющими данный класс.

Если представить объект совокупностью значений признаков $\{x_i\}$, то можно ожидать, что изображения одного и того же класса будут расположены в пространстве R^m геометрически близко (компактно) друг к

другу, но в то же время геометрически далеко от другой, такой же компактной, совокупности объектов другого класса. Под распознаванием понимают принятие решения, устанавливающего принадлежность объекта X_s к данному классу объектов ω_i путем сравнения свойств этого объекта со свойствами класса.

Таким образом, для совокупности объектов или явлений по имеющейся априорной информации необходимо решить задачи их классификации и распознавания.

Такая постановка задачи предполагает наличие технических и вычислительных средств, реализующих алгоритм распознавания.

Распознающее устройство состоит из трех функциональных блоков: блок измерения параметров X , блок принятия решений E , исполнительных устройств S .

Для блока измерения параметров X используем цифровые счетчики применяемые в современных АСКУЭ. Второй блок – это устройство, реализующее алгоритм распознавания (обычно ЭВМ). В качестве блока S рассматриваем исполнительные механизмы (РПН трансформаторов, регуляторы возбуждений СМ).

Если на вход такой системы поступит информация о текущем состоянии электрической сети X_s , представленная данными телеизмерений параметров режима $\{x_i\}$, то система распознавания выносит решение о принадлежности X_s к соответствующему классу и исполняющие устройства осуществляют необходимые управляющие действия.

Выводы

1. Реализацию данных решения и осуществление в дальнейшем управления в зависимости от изменений параметров режима электрической сети используем на основе принципов ситуационного управления.
2. Для построения системы ситуационного управления используем реально существующие системы АСКУЭ.
3. Задача ситуационного управления – классификация состояний электрической сети решена на основе специального метода обработки информации.

Литература

1. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.
2. Абдылдаев Р.Н. Управление распределительными сетями с использованием ситуационного моделирования / Проблемы управления и информатики, Бишкек, 2007, с.65-73.
3. Браверманн Э.М., И.Б. Мучник. Структурные методы обработки эмпирических данных. М.: Наука, 1983.

Рецензент: д.ф-м.н. Мамытов Дж.М.