

ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Анисимов Т.С.,

научный руководитель ст. преподаватель каф. ЭТКиС ПИ СФУ Петухов Р.А.

Сибирский федеральный университет

Политехнический институт

Проблемы обеспечения качества электроэнергии в сельских и районных сетях общего назначения хорошо изучены и широко описаны в отечественных и зарубежных публикациях. На современном этапе развития сложных электроэнергетических систем становится особенно актуальным максимальное снижение затрат на решение задач, связанных с управлением, оптимизацией и планированием их режимов. В первую очередь, это связано с повышением быстродействия и эффективности применяемых алгоритмов. Вычислительная техника и новые технологии программирования позволяют реализовать довольно сложные, но в тоже время мощные алгоритмы [1].

Качество электроэнергии - это совокупность ее свойств, определяющих воздействие на электрооборудование, приборы и аппараты и оцениваемых показателями качества электроэнергии, численно характеризующими уровни электромагнитных помех в системе электроснабжения по частоте, действующему значению напряжения, форме его кривой, симметрии и импульсам напряжения [2]. Основным документом, устанавливающим нормы параметров качества электрической энергии в нашей стране, долгое время являлся ГОСТ 13109-97. В настоящее время вступил в силу новый документ ГОСТ Р 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» Одним из основных параметров качества электрической энергии является установившееся отклонение напряжения. В целях поддержания данного параметра в допустимых пределах используются следующие методы:

- регулирование напряжения на отходящих линиях;
- регулирование напряжения на шинах подстанций;
- совместное регулирование при одновременном снижении (повышении) напряжения и на ПС, и на линиях;
- дополнительное регулирование, когда требуется локальное изменение напряжения у конкретного потребителя;
- регулирование напряжения за счёт изменения схем электроснабжения.

Одним из способов регулирования напряжения на отходящих линиях является использование трансформаторов с РПН [1]. Потребляемая в электрических сетях реактивная мощность, вызывает дополнительные активные потери (на покрытие которых расходуется энергия на электростанциях) и потери напряжения (ухудшающие условия регулирования напряжения). В некоторых электрических установках реактивная мощность может быть значительно больше активной мощности. Это приводит к появлению больших реактивных токов и вызывает перегрузку источников тока. Для устранения перегрузок и повышения коэффициента мощности электрических установок осуществляется компенсация реактивной мощности [3]. Одним из способов компенсации реактивной мощности является использование устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ).

Для решения задачи по поддержанию напряжения в районных и городских сетях общего назначения была предпринята попытка разработать алгоритм

регулирования напряжения на основе управления положением отпайки РПН трансформатора и включением или отключением батарей статических конденсаторов (БСК) на шинах 0,4 кВ.

В основе алгоритма используется теория нечетких (fuzzy) множеств. Преимущества fuzzy-систем по сравнению с другими системами управления доказаны в работах [4,5]. Основными из них являются:

- возможность оперировать нечеткими входными данными;
- возможность нечеткой формализации критериев оценки и сравнения: оперирование критериями "большинство", "возможно", "преимущественно";
- возможность проведения качественных оценок как входных данных, так и выходных результатов: возможность оперирования не только значениями данных, но и их степенью достоверности и ее распределением;
- возможность проведения быстрого моделирования сложных динамических систем и их сравнительный анализ с заданной степенью точности [1].

Для реализации алгоритма на основе нечеткой логики была выбрана система математического моделирования MatLab со встроенным пакетом Fuzzy Logic Design. С её помощью можно довольно просто создать базу продукционных правил для управления контроллером, а также построить поверхности отклика и посмотреть, как будет вести себя данный алгоритм при различных входных данных.

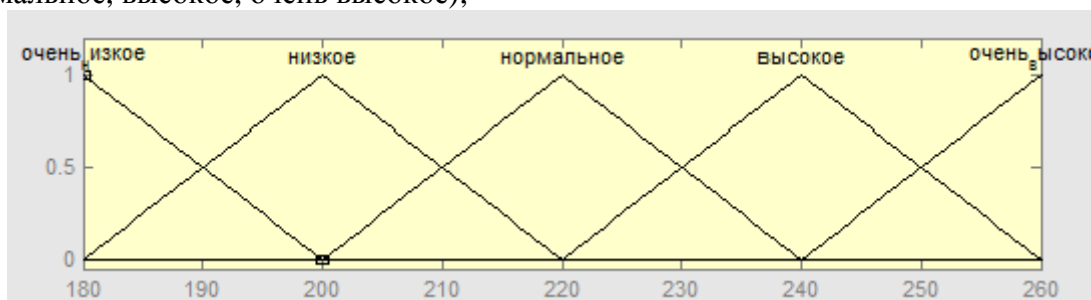
В качестве нечеткого алгоритма был выбран алгоритм Мамдани, т.к. он более понятен для программирования, а также ему не столь важна точность вывода, сколько наглядность всех составляющих алгоритма.

Входными переменными являются: напряжения на шинах подстанции, положение отпайки РПН силового трансформатора, количество включенных в работу БСК. Выходными данными являются: решение контроллера об изменении положения отпайки РПН и решение о подключении или отключении устройств компенсации реактивной мощности (БСК).



В качестве входных данных использовались следующие нечеткие функции принадлежности:

- напряжения – 5 треугольных функций принадлежности (очень низкое, низкое, нормальное, высокое, очень высокое);

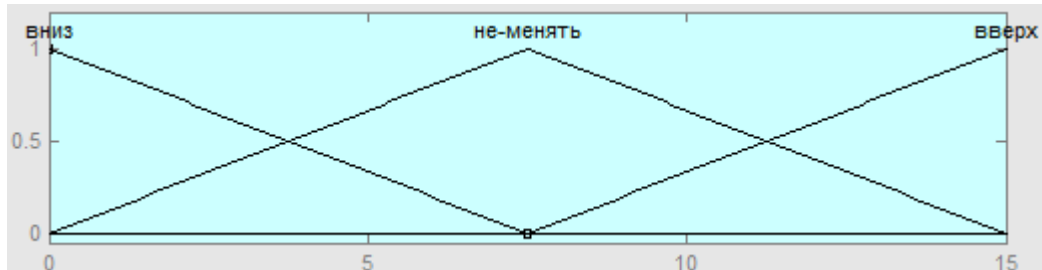


- количества БСК – 4 треугольные функции принадлежности (0, 1, 2, 3).

- положения отпайки РПН - 5 треугольных функций принадлежности (очень низкое, низкое, нормальное, высокое, очень высокое).

С выхода контроллера снимались следующие нечеткие функции принадлежности:

- управления РПН – 3 треугольные функции принадлежности (вниз, не менять, вверх);



- управления БСК – 3 треугольные функции принадлежности (отключить, не подключать, подключить).

Выбор в пользу треугольных функций принадлежности объясняется тем, что в данной модели используется ступенчатое регулирование, т.е. изменение отпайки РПН или количества БСК на конкретное число.

После выбора функций принадлежности была создана база из 163 продукционных правил для управления выходными переменными величинами. Правила создавались по следующим принципам:

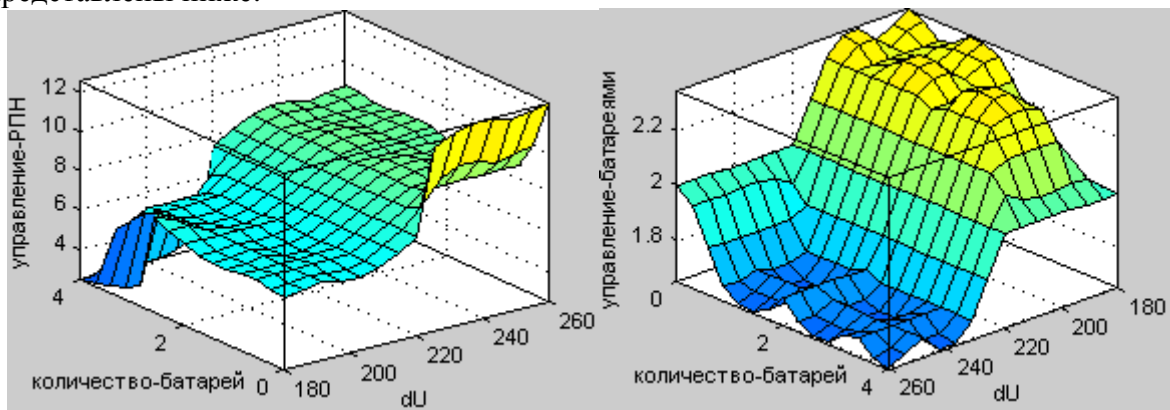
- если напряжение на шинах потребителя очень низкое или низкое, то положение отпайки РПН должно перемещаться вниз и/или должно быть подключено УКРМ;

- если напряжение на шинах потребителя очень высокое или высокое, то положение отпайки РПН должно перемещаться вверх и/или должно быть отключено УКРМ.

Помимо этих, основных, принципов создания правил также учитывалось положение отпайки РПН, т.е. в случае если отпайка находится в крайнем верхнем или нижнем положении, то регулирование должно производиться только за счет включения БСК. Аналогично и с количеством БСК: если их подключено максимальное количество, то регулирование должно осуществляться только с помощью изменения положения отпайки РПН или же если они не подключены совсем, то подавать команду на их отключения не имеет смысла.

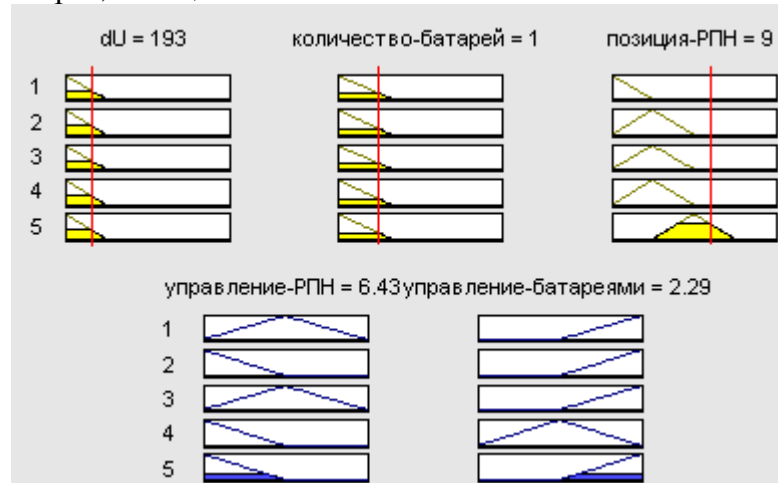
Аварийные режимы работы в данной модели предусмотрены не были, однако, их реализация вполне возможна.

После создания базы правил были построены поверхности отклика, которые представлены ниже:



Рассмотрим работу контроллера на конкретных примерах:

1. Напряжение на шинах потребителя низкое (193 В), подключена 1 компенсационная батарея, позиция отпайки РПН 9.



На выходе контроллера будут величины: положение отпайки РПН 6 (6.43 округляется до целого числа по правилам математики), а количество батарей – 2. Действительно, данное решение позволит повысить напряжение на шинах потребителя.

2. Напряжение на шинах потребителя высокое (247 В), подключено 3 конденсаторных батареи, позиция отпайки РПН 8.

На выходе контроллера будут величины: положение отпайки РПН 9 (8,62 округляется до целого числа по правилам математики), а количество батарей – 2. Действительно, данное решение позволит понизить напряжение на шинах потребителя.

1. Полученная нечеткая модель с базой продукционных правил, созданная на основе прикладного пакета FUZZy-Logic, позволяет автоматически регулировать и поддерживать напряжение в сельских и районных распределительных сетях.

2. Использование аппарата нечеткой логики позволяет совместно использовать возможности трансформаторов с РПН и БСК для поддержания напряжения в нормируемых пределах, что является актуальной задачей для сетевых и распределительных компаний.

Основываясь на поверхностях отклика, можно сделать вывод, что полученный нечеткий алгоритм принимает адекватные решения по регулированию напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жмак Е.И. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах на основе нечеткой логики: дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.02./ Науч. рук. В.З. Манусов.- Новосибирск, 2004.- 117 с.

2. Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. и др.; под ред. Шарова Ю.В. Управление качеством электроэнергии. М: Издательский дом МЭИ, 2006.- 320 с.

3. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2009.- 456 с.

4. Жмак Е.И., Манусов В.З. Обоснование принципа нечеткого регулирования напряжения с помощью РПН трансформаторов// Электроэнергетика: Сб. науч. тр. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002.

5. Манусов В. З. и др. Моделирование режимов систем электроснабжения в условиях неполной информации/ Манусов В.З., Моисеев С. И., Озерных И. Л. Новосибирск: НЭТИ, 1985. - 75с.