УДК 621.316.9

**Повышение эффективности регулирования генерацией**

**реактивной мощности путем выбора оптимального интервала переключений ступеней конденсаторной установки**

**Басманов В.Г., Лищенко К.В.**

*Россия, г. Киров, ФГБОУ ВПО «ВятГУ»*

В данной публикации описаны результаты исследования оптимального интервала переключений ступеней конденсаторной установки, который позволит уменьшить износ коммутационной аппаратуры и конденсаторов, а также увеличить срок службы.

This publication describes the results of a study of optimal intervals switching steps of condenser installations, which will reduce the wear and tear switching apparatus and condensers, and increases service life.

Одной из важнейших характеристик автоматического регулятора реактивной мощности является интервал переключения конденсаторных банок.

Производители регуляторов предлагают конденсаторные установки с минимальным временем переключения, которое достигается за счет большого числа банок, часть которых находится как бы «в резерве». Для безаварийной и безопасной работы конденсаторной установки необходимо разряжать конденсаторы, чтобы напряжение на них снижалось до нуля. Конденсаторы разряжаются через разрядное сопротивление – резистор, подключенный параллельно конденсатору. Для конденсаторов достаточным временем для разряда является время порядка 120 секунд.

С учетом требований о необходимости разряда, конденсатор, отключенный от сети, не может быть включен в работу раньше, чем произойдет его полный разряд. Таким образом, для достижения времени переключения конденсаторов, меньшего, чем время разряда, необходимо включать в конденсаторную установку большее число ступеней регулирования, тогда при переключении будет происходить подключение именно той ступени, которая уже успела разрядиться.

С одной стороны такой способ регулирования можно считать выгодным, так как время переключения ступеней минимально. Но с другой стороны при реагировании на любые кратковременные изменения нагрузки регулятор заставляет коммутационную аппаратуру батарей работать в тяжелом режиме, что приводит к сокращению срока ее эксплуатации и быстрому выходу контактов из строя. Износ контактов ведет к повышению эксплуатационных издержек. Кроме того, при частых коммутациях увеличивается частота возникновения пусковых токов, что приводит к дополнительному износу изоляции конденсаторов.

Еще одним фактором, который надо учесть при выборе времени переключения батарей, является требуемая точность регулирования.

Поэтому очень важно определить оптимальный интервал времени переключения конденсаторных банок, при котором переток реактивной энергии будет минимальным. Этот интервал определяется длительностью разряда конденсаторов, поэтому коммутационная аппаратура и конденсаторы вынуждены работать в тяжелом режиме с частыми включениями и отключениями, повышающими их износ и уменьшающими срок службы. При этом нет достаточной обоснованности использования этого интервала переключения для разных графиков нагрузки. Поэтому серьезной проблемой, увеличивающей износ коммутационной аппаратуры и конденсаторов, является отсутствие рекомендаций по выбору интервала переключения ступеней КУ для разных типов графиков реактивной нагрузки потребителей. Для решения этой задачи необходимо провести экспериментальные исследования графиков реактивной нагрузки потребителей. Кроме того, графики реактивной мощности потребителей позволяют оценить диапазон регулирования генерации реактивной мощности [1].

Для решения этих задач необходимо разработать инструмент, позволяющий произвести исследования по выбору оптимального количества, мощности ступеней регулирования и интервала переключений ступеней (КУ).

В качестве инструмента, позволяющего произвести исследования по выбору оптимального количества, мощности ступеней регулирования и интервала переключений ступеней КУ, разработан программный продукт Lab, моделирующий процедуру управления генерацией реактивной мощности с помощью регулятора реактивной мощности. Критерием выбора оптимального количества, мощности ступеней и интервала переключений ступеней КУ является минимальный переток реактивной энергии по участку сети [2].

Данная модель реализована в среде визуального программирования Delphi. В качестве модели регулятора реактивной мощности используется регулятор реактивной мощности РРМ+. Критерием оптимального регулирования является полная компенсация реактивной мощности, так как в этом случае максимально увеличивается пропускная способность элементов системы электроснабжения потребителей,а также выполняются лимиты по потреблению реактивной мощности [2].

Выбор интервала переключения ступеней КУ производится методом численного моделирования с использованием реальных графиков реактивной мощности потребителей и программного продукта модели регулятора реактивной мощности - Lab. Интервал переключения выбирается на основе анализа влияния величины интервала переключения ступеней регулирования на величину перетока реактивной энергии. Для этого используются результаты выбора оптимального количества, мощности ступеней регулирования, т.е. производятся исследования интервала переключения для выбранного варианта количества и мощности ступеней регулирования. При численном моделировании изменяется интервал переключения ступеней регулирования, и исследуется изменение перетока реактивной энергии для разных интервалов переключения. На основании анализа полученных результатов выбирается вариант интервала переключения ступеней регулирования генерацией реактивной мощности КУ с минимальным перетоком реактивной энергии по участку сети, при этом предпочтение отдается большим интервалам переключения, так как в этом случае снижается износ коммутационных аппаратов и конденсаторов.

В качестве примера исследования оптимального интервала переключений ступеней конденсаторной установки рассматривается КУ мощностью 150 квар с шестью ступенями регулирования для ТП-101 трансформатор Т1 г. Кирова, имеющий график нагрузки приведенный на рисунке.

Результаты исследования интервалов переключения для данного объекта показали, что практически одинаковое качество регулирования генерации реактивной мощности получаются при интервале 120 секунд и интервалах находящихся в пределах 1440-1680 секунд, а наилучшее качество регулирования получено при интервале переключения равном 780 секунд. Результаты для остальных объектов исследования показали, что для объектов коммунально-бытовых потребителей практически одинаковый переток реактивной энергии (погрешность около 5%) достигается при интервале 120 секунд и интервалах находящихся в пределах 1200-1800 секунд в зависимости от изменчивости графика реактивной нагрузки (коэффициент вариации изменяется от 0,09 до 0,22). Поэтому для этих потребителей с целью уменьшения частоты переключений ступеней регулирования, а, следовательно, и уменьшения износа коммутационной аппаратуры и конденсаторов необходимо выбирать интервал переключения в пределах 1200-1800 секунд. А для других потребителей, имеющих резкопеременный график нагрузки, с увеличением интервала переключения происходит значительное увеличение перетока реактивной энергии, т.е. значительно ухудшается качество регулирования реактивной мощности, поэтому для этих объектов необходимо интервал переключения принимать 120 –360 секунд



Рисунок - Результаты регулирования реактивной мощности на ТП-101 (Т1) при использовании КУ мощностью 150 квар на 6 ступени регулирования (10+15+20+25+35+45)

Разработанный алгоритм выбора интервала переключений ступеней КУ, позволяет уменьшить износ контактов коммутационной аппаратуры и увеличить срок службы коммутационной аппаратуры КУ, а также конденсаторов, из которых изготовлены эти установки. Разработанная программа позволяет производить выбрать оптимальный вариант интервала переключения ступеней КУ, что позволит осуществить качественное регулирование генерацией реактивной мощности, используя оптимальный режим работы конденсаторной установки.

**Литература**

1. Черепанов В.В., Басманов В.Г. О необходимости создания регуляторов реактивной мощности с использованием прогнозирования // Известия высших учебных заведений «Проблема энергетики». - 2006. -№11-12. - С. 38-40.
2. Басманов В.Г., Порошин Д.А. Математическая модель адаптивного регулятора реактивной мощности и результаты ее применения для исследования по выбору оптимального интервала переключения ступеней конденсаторных установок // Электрика. – 2012. - №8. С.2-7.

**Басманов Владислав Геннадьевич**, Вятский Государственный Университет, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение», 610033, г. Киров, Студенческий проезд, д.11, к.204, vlad.basm@hotbox.ru, т: (8332) 53-02-74.

**Лищенко Константин Вадимович**, Вятский Государственный Университет, студент группы ЭПП–41,610033, г. Киров, Студенческий проезд, д.11, к.204, kaf\_eps@vyatsu.ru, т: (8332) 53-02-74.