

# ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Муратов Г.Г.<sup>1</sup>, Шойимов Й.Ю.<sup>2</sup>, Махамаджанов Р.К.<sup>3</sup>, Ганиев С.Т.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Муратов Гуламжан Гафурович - старший преподаватель;

<sup>2</sup>Шойимов Йулчи Юсупович - старший преподаватель;

<sup>3</sup>Махамаджанов Равшан Камилджанович – ассистент;

<sup>4</sup>Ганиев Сарвар Турсунбаевич - старший преподаватель,

кафедра электротехники и электромеханики,

Алмалыкский филиал

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,

г. Алмалык, Республика Узбекистан

**Аннотация:** авторы исследуют автоматизированную защиту конденсаторов. Батареи статических конденсаторов (БСК) используются для компенсации реактивной мощности в сети, регулирования уровня напряжения на шинах, выравнивания формы кривой напряжения при использовании схем управления с частотным регулированием или выпрямительно-инверторных систем. Итогом работы является ряд существенных факторов усовершенствования установок.

**Ключевые слова:** конденсатор, электродвигатель, реактивная мощность, активная мощность.

Передача реактивной мощности по линии электропередачи приводит к снижению напряжения, особенно заметному на воздушных линиях электропередачи, имеющих большое реактивное сопротивление. Кроме того, дополнительный ток, протекающий по линии, приводит к росту потерь электроэнергии. Если активную мощность нужно передавать именно такой величины, которая требуется потребителю, то реактивную можно генерировать на месте потребления. Для этого служат конденсаторные батареи. Наибольшее потребление реактивной мощности имеют асинхронные двигатели. Поэтому при выдаче технических условий потребителю, имеющему в составе нагрузки значительную долю асинхронных двигателей, обычно предлагается довести  $\cos \phi$  до величины 0,95. При этом снижаются потери активной мощности в сети и падение напряжения на линии электропередачи [1].

При минимальных нагрузках системы может создаться положение, когда конденсаторная батарея создает избыток реактивной мощности. В данном случае излишняя реактивная мощность направляется обратно к источнику питания, при этом линия опять загружается дополнительным реактивным током, увеличивающим потери активной мощности. Напряжение на шинах растет и может оказаться опасным для оборудования. Поэтому очень важно иметь возможность регулирования мощности батареи конденсаторов. В простейшем случае в минимальных режимах нагрузки можно отключить БСК. Иногда этого недостаточно и батарею делают состоящей из нескольких БСК, каждую из которых можно включить или отключить отдельно. Такое регулирование является ступенчатым регулированием. Во всех случаях для этого применяется автоматика регулирования БСК.

Основным видом повреждений конденсаторных установок является пробой конденсатора, что приводит к междуфазному КЗ. В условиях эксплуатации возможны также ненормальные режимы, связанные с перегрузкой конденсаторов высшими гармоническими составляющими тока и повышением напряжения.

Широко применяемые схемы тиристорного регулирования нагрузки приводят к появлению высших гармоник тока в токе нагрузки и гармоник напряжения на питающем источнике. Батареи статических конденсаторов способствуют снижению уровня гармоник в напряжении, так как их сопротивление с ростом частоты падает и, следовательно, растет величина потребляемого батареей тока. Это приводит к сглаживанию формы напряжения. При этом появляется опасность перегрузки конденсаторов токами высших гармоник и требуется защита от перегрузки.

Конденсаторная батарея состоит обычно из нескольких конденсаторов, которые образуют батарею. Количество конденсаторов в батарее зависит от необходимой мощности БСК, мощности одного конденсатора и от его номинального напряжения. Существуют конденсаторы, рассчитанные на полное напряжение сети 6 или 10 кВ. Такие конденсаторы включаются обычно по схеме треугольника.

Внутри конденсаторов имеется разрядное сопротивление, предназначенное для разряда конденсатора после снятия напряжения. Набор из одного или нескольких шкафов подключается к секции через выключатель.

Батарея статических конденсаторов может быть выполнена из конденсаторов, не рассчитанных на полное рабочее напряжение. Так, широко распространены конденсаторы наружной установки КС-2-1.05-60 с номинальным напряжением 1,05 кВ. В данном случае батарею необходимо собирать из группы последовательно соединенных конденсаторов. Для уменьшения количества последовательных элементов батарея соединяется в звезду и на каждую группу таким образом приходится фазное напряжение.

Конденсаторы соединяются параллельно в ряды из одинакового количества конденсаторов, ряды собираются последовательно таким образом, чтобы на каждый конденсатор приходилось допустимое напряжение. Каждый конденсатор имеет собственный отдельный предохранитель, который перегорает при замыкании внутри конденсатора. Количество конденсаторов в ряду выбирается, исходя из получения необходимой мощности. Минимальное количество конденсаторов в ряду определяется не только мощностью батареи, но и величиной напряжения на один конденсатор. Нейтраль батареи конденсаторов 6-35 кВ изолирована и может смещаться при неравенстве сопротивлений конденсаторов, подключенных к фазам. На батареях конденсаторов напряжением 110 кВ нейтраль заземлена и ее смещения происходить не может [2].

Если использовать конденсаторы с номинальным напряжением 1,05 кВ, то необходимо выполнить не менее четырех рядов для сети 6 кВ, семь рядов - для сети 10 кВ, 24 ряда - для сети 35 кВ. Если в каком-то ряду отключился один из конденсаторов после перегорания его предохранителя, то сопротивление этого ряда возрастает. Если предположить в ряду по два конденсатора, то сопротивление этого ряда вырастет вдвое и, соответственно, на конденсаторе появится напряжение примерно вдвое большее. Это напряжение может превысить допустимое и повредится другой конденсатор этого ряда.

При одинаковых сопротивлениях фаз батареи, когда все конденсаторы исправны, напряжение нейтрали равно нулю. Если повредится один из конденсаторов, сопротивление этой фазы возрастает, нарушается баланс фазных напряжений и на выходе схемы появляется напряжение небаланса, на которое реагирует балансная защита.

Шунтирующие фазы ТН являются также разрядными сопротивлениями, разряжающими конденсаторы при снятии напряжения с батареи.

На напряжении 6 кВ могут быть использованы четыре ряда таких конденсаторов и шунтирующий фазу измерительный трансформатор ОМ-6.

Батарея конденсаторов 35 кВ имеет 24 ряда конденсаторов КС-2-1.05-60. Параллельно фазе включается трансформатор напряжения НОМ-35, который используется для подключения балансной защиты.

Из конденсаторов КС-2-1.05-60 может быть набрана и батарея напряжением 110 кВ. Такая батарея работает с глухозаземленной нейтралью и имеет 72 ряда конденсаторов типа КС-2-1.05-60. Фаза шунтируется трансформатором напряжения НКФ-110. Поскольку нейтраль заземлена наглухо, выполнить балансную защиту по старому принципу невозможно. Взамен этого выполняется дифференциальная защита по напряжению. Для этой цели ряды конденсаторов делятся пополам и к середине подключается трансформатор напряжения.

Защита БСК может быть собрана на отдельных реле, или применено комплектное устройство, содержащее необходимые защиты. Минимальный набор защит для БСК 6-10 кВ: МТЗ и ТО. Это могут быть микроэлектронные или микропроцессорные защиты. Микропроцессорный вариант предпочтительней для конденсаторных батарей, которые нужно защищать от перегрузки токами высших гармоник, так как они реагируют на суммарную величину основной и высокочастотных гармонических составляющих. Если необходимо защитить БСК 35-110 кВ, то требуется трехфазное реле тока; целесообразнее применять микропроцессорный вариант с реле для защиты от повышения напряжения. Для балансной или дифференциальной защиты можно применить реле РНН-57 или РТЗ-51.

#### ***Список литературы***

1. *Андреев В.А.* Релейные защита и автоматика систем электроснабжения. Москва. «Высшая школа», 1991.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб.-метод. пособие Л.И. Евминов, Г.И. Селиверстов; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. 531 с.