

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Хомич В.В., Сивый А.И., Бобрик Е.В., Ермола Д.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Силюк С.М.

Вопросы регулирования напряжения в распределительных сетях занимают сейчас важное место в комплексе вопросов технической эксплуатации энергосистем и сетей потребителей. Многочисленные исследования подтверждают, что поддержание напряжения на уровне номинального или в пределах допустимых отклонений его от номинального имеет большое значение. При некачественном чрезмерно высоком напряжении потребители и энергосистемы несут прямые убытки и порчи продукции, недоиспользовании мощностей, замедления технологического процесса, преждевременного износа изоляции и потерь энергии. Учет экономических факторов особенно важен в условиях экономического стимулирования труда и автоматизации технологических процессов.

Номинальным напряжением U_n источников и приемников электроэнергии (генераторов, трансформаторов) называется такое напряжение, на которое они рассчитаны в условиях нормальной работы. Каждая электрическая сеть характеризуется номинальным напряжением приемником электрической энергии, в том числе и трансформаторов, которые от нее питаются.

Качество электроэнергии характеризуется качеством частоты напряжения переменного тока и качеством напряжения. Для оценки качества частоты установлен один показатель – отклонение частоты, под которым понимают медленные плавные изменения частоты (менее одного процента в секунду) относительно ее номинального значения.

К одному из важнейших средств управления и регулирования, оказывающие влияние на режимы относятся устройства РПН трансформаторов.

Сущность регулирования напряжения с помощью трансформаторов заключается в том, что при необходимости изменения напряжения на вторичной стороне трансформатора изменяют его коэффициент трансформации. С этой целью на всех трансформаторах выполняют специальные ответвления, каждое из которых соответствует определенному числу витков обмотки и, следовательно, определенному коэффициенту трансформации.

Таким образом, каждому ответвлению трансформатора соответствует свое номинальное напряжение обмотки. Переводя переключатель ответвлений из одного положения в другое, т. е. изменяя n , можно изменять номинальное напряжение обмотки ВН, что приведет к регулированию напряжения U_n на шинах НН.

Так же часто используется метод регулирования напряжения изменением потоков реактивной мощности.

Сущность регулирования напряжения за счет воздействия на потоки реактивной мощности по элементам электрической сети заключается в том, что при изменении реактивной мощности изменяются потери напряжения в реактивных сопротивлениях

В отличие от активной мощности, реактивную мощность в узлах сети можно изменять путем установки в них устройств поперечной компенсации, т. е. компенсирующих устройств (КУ), подключенных параллельно нагрузке. В качестве таких компенсирующих реактивную мощность устройств могут служить батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы, шунтирующие и управляемые реакторы, статические тиристорные компенсаторы.

Зачастую регулирующие возможности трансформаторов, снабжённых дорогостоящим регулятором напряжения, не используется совсем или используется недостаточно. Для таких потребителей нет необходимости проектировать устройства регулирования напряжения, т. к. достаточно прибегнуть к средствам ступенчатого изменения напряжения:

а) отключение одного из двух параллельно работающих трансформаторов в режиме минимальной нагрузки. При этой операции происходит увеличение вдвое сопротивление звена трансформатора и напряжение на стороне нагрузки несколько снижается;

В общем, операцию по отключению параллельно работающих трансформаторов с целью ступенчатого изменения напряжения можно признать малоэффективной. Отключение мало загруженных трансформаторов в случае наличия нескольких параллельно работающих трансформаторов влечёт за собой некоторое снижение требований бесперебойности электроснабжения, т. к. в случае аварии с оставшимся трансформатором при отсутствии устройств для автоматического ввода резерва (АВР) неизбежен простой предприятия на время, необходимое для оперативных переключений. В сетях ВН, требующих известных мер безопасности, чрезмерное увеличение числа оперативных переключений также нежелательно;

б) отключение и включение параллельно работающих линий. Этот способ обладает тем же недостатком, что и операция с параллельно работающими трансформаторами, т. к. отсутствие устройств автоматического ввода резервной линии (АВР) ставит под угрозу бесперебойность электроснабжения. В некоторых случаях, когда потребитель имеет свою развитую сеть, можно произвести такое её оперативное переключение, при котором близко расположенные от питающей подстанции потребители (цеха) могут быть искусственно удалены созданием обходных цепей. Эту операцию можно рассматривать только как временную и крайнюю меру, т. к. обходные цепи вызывают дополнительную потерю энергии в сети, что экономически невыгодно;

в) выравнивание графика нагрузки предприятия. В ряде случаев величина напряжения на шинах данного потребителя зависит не только от режима работы системы, но и от режима работы данного предприятия и работы предприятий, питающихся от той же линии. Увеличить или уменьшить напряжение на шинах предприятия в некоторых случаях можно за счёт умело скоординированной нагрузки в течение суток. На ночную работу следует перевести большую часть энергоёмких потребителей или приёмников (насосные станции, компрессоры и др.). В том случае, когда от шин РТП системы питается несколько потребителей, можно по согласованию между технологами построить взаимно приемлемый график совместной работы предприятий, при котором напряжение в ночное время будет снижено, а в дневное время – повышено.

Силовые трансформаторы напряжением 6 кВ и выше и мощностью 25 кВ выпускаются в двух модификациях, со встроенным устройством РПН или ПБВ (переключатель без возбуждения). Переключатели ПБВ долгое время устанавливались на большинстве маломощных трансформаторов и поэтому чрезвычайно распространены. Переключатели этого типа позволяют изменением положения рукоятки устанавливать три или пять коэффициентов трансформации с диапазоном регулирования $\pm 5\%$. При изменении напряжения со стороны питания можно, используя переключатель ПБВ и устанавливая соответствующий коэффициент трансформации, сохранить напряжение на стороне нагрузки неизменным. Очевидно, что при повышении напряжения следует увеличивать коэффициент трансформации, и наоборот. Т. к. цели, преследуемые изменением коэффициента трансформации, могут быть различными, то правомерно поставить вопрос о выборе наиболее выгодного коэффициента трансформации. Операция по переключению коэффициента трансформации требует полного отключения трансформатора от сети и принятия специальных мер безопасности, поэтому не может производиться часто.

Наиболее выгодным называется коэффициентом трансформации, при котором обеспечиваются наименьшие отклонения напряжения у приёмников или наиболее полно удовлетворяются другие поставленные требования.

Для регулирования напряжения в производственных условиях существует много способов и средств, часть из которых доступна и эффективна в энергосистемах, а часть наиболее приемлема для распределительных сетей потребителей. Очевидно то, что поддержание качества напряжения может быть осуществлено только на основе согласованных действий и взаимной ответственности за качество электрической энергии как энергосистемы, так и самого потребителя.