

УДК 621.3.072.2

## РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Ерёма В.В.

Научный руководитель – к.т.н., профессор СИЛЮК С.М.

Напряжение в узлах сети постоянно меняется из-за изменения нагрузки, режима работы источников питания, схемы сети.

Режим напряжений в электрической сети должен быть таким, чтобы были выполнены требования ГОСТ в отношении допустимых отклонений напряжения для электроприёмников, которые питаются от этой сети.

Чтобы обеспечить необходимые отклонения напряжения на шинах электроприемников следует применять регулирование напряжения.

Регулированием напряжения называется процесс изменения уровней напряжения в характерных точках сети с помощью специальных технических средств.

Способы регулирования напряжения возникли с возникновением электрических сетей. Сначала использовалось регулирование напряжения в центрах питания распределительных сетей и непосредственно у потребителей и на энергоблоках электростанций. Сейчас эти методы регулирования напряжения называются локальными.

Локальное регулирование может быть централизованным и местным. Централизованное управление выполняется в центрах питания. Местное регулирование проводится непосредственно у потребителей. Регулирование напряжения в центрах питания приводит к изменению режима напряжения во всей сети, которая питается от него. Местное регулирование приводит к изменению режима напряжения в ограниченной части сети.

Регулирование напряжения на генераторах электростанций выполняется за счет изменения тока возбуждения с помощью устройства автоматического регулирования возбуждения (АРВ).

Регулирование напряжения на шинах низшего напряжения понижающих подстанций производится с помощью:

- трансформаторов со встроенными устройствами для регулирования напряжения под нагрузкой (РПН);
- синхронных компенсаторов (СК);
- линейных регуляторов (ЛР).

При этом регулирование напряжения производится автоматически в пределах располагаемого диапазона регулирования. Регулирование напряжения происходит одновременно для всех линий электропередач сети, которые питаются от шин центра питания.

В зависимости от характера электроприемников можно выделить три подтипа регулирования напряжения:

- стабилизация напряжения;
- двухступенчатое регулирование напряжения;
- встречное регулирование.

Стабилизация напряжения применяется для потребителей с практически неизменной нагрузкой в течение суток (трехсменные предприятия).

Двухступенчатое регулирование выполняется для электроприемников с ярко выраженным двухступенчатым характером изменения нагрузки (односменные предприятия).

В случае переменной суточной нагрузки выполняется встречное регулирование. Этот подтип регулирования напряжения самый распространенный.

Суть метода встречного регулирования заключается в изменении напряжения в зависимости от изменения графика нагрузки электроприемника.

Согласно методу встречного регулирования, напряжение на шинах низшего напряжения районных подстанций в период максимальной нагрузки должно поддерживаться на 5 % выше номинального напряжения питаемой сети. Эта цифра приведена в ПУЭ. Опыт эксплуатации показывает, что следует повышать напряжение на 10 %, если при этом отклонение напряжения у ближайших потребителей не превосходит допустимого значения.

Наибольшее отклонение напряжения наблюдается в аварийных режимах работы системы. В этом случае поддерживать напряжение у всех потребителей в заданных пределах для нормального режима работы без значительных затрат на специальные устройства регулирования напряжения невозможно. Поэтому в аварийных режимах допускается большее отклонение напряжения.

На электростанциях регулирование напряжения производится на генераторах и повышающих трансформаторах.

Изменение напряжения генераторов возможно за счет регулирования тока возбуждения. Не меняя активную мощность генератора напряжение можно изменять в пределах  $\pm 5$  %. Повышение напряжения на 5 % сверх номинального сопровождается увеличением потерь в стали и повышением ее нагрева. При снижении напряжения на 5 % номинальный ток статора возрастает на 5 % и соответственно увеличивается нагрев обмотки.

На каждой ступени трансформации теряется приблизительно 5–10 % напряжения. Поэтому регулировочного диапазона генераторов явно недостаточно, чтобы поддерживать необходимый уровень напряжения в сети. Кроме того, трудно согласовать требования к регулированию напряжения у близких и удаленных электроприемников. Поэтому генераторы электростанций являются вспомогательным средством регулирования напряжения. Как единственное средство регулирования генераторы применяются только для простейшей системы: электростанция – нераспределенная нагрузка. В этом случае на шинах электростанций осуществляется встречное регулирование напряжения.

Повышающие трансформаторы на электростанциях тоже являются вспомогательным средством регулирования напряжения. Трансформаторы мощностью до 250 МВА напряжением 110 и 220 кВ имеют устройство регулирования напряжения типа ПБВ (переключение без возбуждения, то есть с отключением от сети). Повышающие трансформаторы большей мощности выпускаются без устройств ПБВ.

Для регулирования напряжения трансформаторами подстанций предусмотрена возможность изменять коэффициент трансформации в пределах 10–20 %. По конструктивному исполнению различают два типа переключающих устройств:

- с регулированием без возбуждения (ПБВ), то есть для изменения коэффициента трансформации трансформатор отключают от сети;
- с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН).

Устройства РПН и управляющие ими системы автоматического регулирования характеризуются величиной напряжения ступени регулирования, зоной нечувствительности, выдержкой времени срабатывания и точностью регулирования.

Дальнейшее развитие системы регулирования напряжения и реактивной мощности должно основываться на широком применении современных средств регулирования под управлением централизованных систем автоматического управления.

Сегодня реализуется ряд мероприятий, направленных на повышение качества регулирования напряжения. К ним относятся: организационные мероприятия силами оперативного персонала подстанций и центров управления сетями, мероприятия по оснащению современными средствами регулирования напряжения и реактивной мощности, разработка пилотных централизованных автоматических систем регулирования напряжения и реактивной мощности в сети.

#### Литература

- 1 Копылов, И. П. Электрические машины / И. П. Копылов. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 360 с.

2 Вольдек, А. И. Электрические машины / А. И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1979. – 832 с.

3 Васильев, А. А. Электрическая часть электрических станций и подстанций / А. А. Васильев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.