

УДК 621.316.925

Л.Л.Филин (5 курс, каф. ЭСиАЭС), А.К.Черновец, д.т.н., проф.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РПН НА ТРАНСФОРМАТОРАХ И АВТОТРАНСФОРМАТОРАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС

На Ленинградской АЭС имеется 3 открытых распределительных устройства (ОРУ): ОРУ-110кВ, ОРУ-330кВ, ОРУ-750кВ. На ОРУ-110кВ использована схема 2 системы шин с обходной, на ОРУ-330кВ – полуторная, на ОРУ-750кВ – четырехугольника. Связь между ОРУ-110кВ и ОРУ-330кВ осуществляется с помощью двух автотрансформаторов (АТ) связи; связь между ОРУ-330кВ и ОРУ-750кВ осуществляется с помощью одного АТ связи с продольно-поперечным регулированием.

Регулирование под нагрузкой позволяет переключать ответвления обмотки трансформатора без разрыва цепи. Устройство РПН предусматривает регулирование напряжения в различных пределах в зависимости от мощности и напряжения трансформатора (от ± 10 до $\pm 16\%$ ступенями приблизительно по 1,5%).

Рабочие ТСН и РТСН ЛАЭС оборудованы устройствами РПН, установленными на стороне высшего напряжения со стороны нейтрали. Для расширения диапазона регулирования без увеличения числа ответвлений применяют ступени грубой и тонкой регулировки. Переход с одного ответвления регулировочной обмотки на другое осуществляется так, чтобы не разрывать ток нагрузки и не замыкать накоротко витки этой обмотки. Управление РПН может осуществляться дистанционно со щита управления вручную или автоматически. На ЛАС управление осуществляется дистанционно или вручную, схема автоматического управления смонтирована, но не используется по причинам, изложенным ниже.

АТ связи 330/110кВ оборудованы устройствами продольного регулирования напряжения, установленными со стороны линейного вывода обмотки среднего напряжения. АТ связи 330-750кВ оборудованы устройствами продольного и поперечного регулирования напряжения. В АТ при расположении РПН со стороны нейтрали имеет место связанное регулирование напряжения. При переключении ответвлений одновременно меняется количество витков ВН и СН. Это приводит к резким изменениям индукции в сердечнике и колебаниям напряжения в обмотке НН. С помощью поперечного регулирования меняется угол δ между векторами напряжений на высшей и средней стороне, это позволяет регулировать направление потока мощности через АТ между сетями 750 – 330 или 500 и 220 кВ.

При использовании РПН возникают следующие трудности:

- переключения осуществляются на трансформаторах, находящихся в работе, что в случаях отказа в работе переключающих устройств может привести к повреждению трансформатора;

- сложная конструкция переключающих устройств приводит к нарушениям в их работе, что вызывает их повреждение и как следствие нарушение в работе трансформаторов с необходимостью их отключения и последующим ремонтом.

На повышающих трансформаторах блока РПН не используется, т.к. регулирование напряжения происходит с помощью генератора, и монтаж РПН ведет к увеличению стоимости и габаритов трансформатора.

В современных устройствах РПН для коммутации тока находят применение вакуумные дугогасительные камеры. Благодаря этому трансформаторное масло не используется в качестве дугогасительной среды и не требуется его смена в процессе эксплуатации.

Дальнейшим совершенствованием РПН является применение тиристорных переключателей. Тиристоры срабатывают в моменты переходов тока нагрузки через нуль и последовательно включают необходимую комбинацию обмоток.

На ЛАЭС используются схемы с генераторными выключателями. Применение генераторных выключателей исключает перегрузки РТСН при пуске и останове блока, что увеличивает их срок службы. Использование генераторных выключателей повышает надежность электроснабжения собственных нужд и позволяет упростить дифференциальные защиты блока.

Роль, которую вносит регулировка под нагрузкой в работу энергосистемы, важна. В данное время использование РПН на ЛАЭС не является эффективным. РПН либо используется не полностью, либо не используется вообще. Это объясняется рядом проблем, существующих в данное время:

1. В случае отказа приводного механизма при начавшемся цикле переключения ответвлений практически невозможно обеспечить безаварийную работу трансформатора из-за недостаточной термической устойчивости токоограничивающих сопротивлений в быстродействующих регулирующих устройствах.

2. В автотрансформаторах связи распредустройств, по которым перетоки мощностималы и нечасты, возможно окисление контактов контактора в РПН и выхода из строя приводного механизма из-за редких включений. Это приводит к возможности возникновения аварийной ситуации при отказе срабатывания элементов РПН, что недопустимо.

3. Настройка приводного механизма для осуществления точных переключений – процесс, который требует от персонала, обслуживающего данный механизм, высокого профессионализма.

4. В случае аварии, связанной с использованием РПН на трансформаторах собственных нужд, отключается как трансформатор, так и весь блок.

5. Высока стоимость ремонта и монтажных работ при аварии, связанной с использованием РПН.

6. Отсутствует квалифицированный персонал, который бы занимался ремонтом трансформатора при аварии данного типа.

7. Высока стоимость самого трансформатора, если ремонт невозможен.

8. Высока стоимость транспортировки трансформатора на ремонтное предприятие.

9. В процессе реструктуризации произошло разделение собственности энергосистем, что привело к несовпадению интересов генерирующих предприятий (станций) и передающих электроэнергию предприятий (сетей), т.е. при поступлении команды диспетчера на использование РПН, операторы станций идут на это как можно реже из-за большого риска. В случае аварии оплата ремонта будет производиться за счет станции.

Таким образом, в данное время использование РПН на ЛАЭС не является эффективным. Безусловно, РПН применяется на АТ связи ОРУ-330/110 кВ и ОРУ-750/330кВ, но это происходит очень редко, регулирование на АТ связи ОРУ-750/330кВ используется 3 - 4 раза в год. Если РПН и используется, то это чаще всего поперечное регулирование, которое влияет на изменение потока мощности. Например, при выводе в ремонт одного из автотрансформаторов Ленинградской подстанции необходимо часть активной мощности, генерируемой на второй очереди ЛАС отдавать в сеть 330кВ через АТ связи. Сделать это без изменения угла δ невозможно, т.к. сопротивление ЛЭП-750кВ меньше сопротивления ЛЭП-

330кВ. Таким образом, используя поперечное регулирование, т.е. меняя угол δ , добиваются изменения части потока активной мощности в сторону ЛЭП-330кВ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проектирование электрической части атомных электростанций. Учебное пособие. А.К. Черновец, Ю.М. Шаргин, ЛПИ им. М.И. Калинина, 1984 г.
2. Черновец А.К., Шаргин Ю.М. Обоснование технических решений по схемам электроснабжения АЭС. Учебное пособие, изд. ЛПИ им. М.И. Калинина, 1985 г.
3. Вольдек А.И. Электрические машины. Л.: Энергоатомиздат, 1975 г.