

УДК 621.311.6.03

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Швед Г.А.

Научный руководитель Колосова И.В.

Перенапряжения это завышенное или циклично завышенное напряжение. Обычно является следствием так называемого "перекоса фаз" — неравномерная нагрузка на разных фазах. В этом случае на нагруженной фазе происходит постоянный провал, а на двух других постоянное перенапряжение. Перенапряжение сокращает срок службы самого разного оборудования. Временное перенапряжение бывает импульсным и высокочастотным.

Высокочастотные (ВЧ) перенапряжения на высоковольтном оборудовании подстанций являются результатом высокоскоростной перезарядки емкостей шин распределительных устройств при электрических пробоях изоляционных промежутков во время аварийных и эксплуатационных коммутаций.

Высокочастотные перенапряжения возникают:

- в начальный момент коротких замыканий на шинах подстанций;
- при не удаленных коротких замыканиях на присоединениях;
- при работе короткозамыкателей; при электрических пробоях межконтактных промежутков высоковольтных выключателей;
- при коммутациях разъединителями холостых участков шин и маломощных электрических аппаратов: шин ячеек выключателей, обходных систем шин, ячеек с трансформаторами напряжения, разрядниками и т.д.

Выполняя ремонтных и профилактических работ приходится отключать сборные шины, а также участки ошиновки, связывающие эти шины с оборудованием подстанции. Например, при ремонте шинного трансформатора тока силовые трансформаторы и линии переводятся на обходную систему шин, а оставшиеся без нагрузки шины отключаются. При ремонте трансформатора напряжения отключается его ячейка с присоединенными разрядниками и отрезками шин.

Если отключение ненагруженных шин производится выключателем, то повторных зажиганий дуги между расходящимися контактами выключателя практически нет и перенапряжений нет. Но иногда схема подстанции не предусматривает шиносоединительных выключателей и отключать ненагруженные шины приходится разъединителями. Многократные повторные зажигания дуги при этих операциях и возникающие при этом перенапряжения на отключаемых и на питающих шинах зависят от ряда факторов, основными из которых являются величина напряжения перед пробоем на контактах разъединителя, протяженность коммутируемых шин, особенности схемы подстанции.

При каждом пробое межконтактного промежутка разъединителя в высоковольтной схеме подстанции возникают затухающие электромагнитные колебания с частотой от 50 до 1000 кГц и длительностью 10-500 мкс. Число таких процессов за одну коммутацию может составить от нескольких десятков до нескольких тысяч в зависимости от параметров схемы, класса напряжения распределительных устройств, скорости движения контактов разъединителя, метеоусловий. Амплитуда колебаний меняется за коммутацию от сотен вольт при малых размерах межконтактного промежутка до  $3,5 U_{фм}$  при максимальных пробиваемых расстояниях между контактами, что представляет реальную опасность для высоковольтного оборудования. Наблюдаются выходы из строя элементов настройки ВЧ заградителей, повреждение изоляции измерительных трансформаторов, разрушения разрядников.

Разрядники как средства защиты от перенапряжений, малоэффективны в связи с резким подъемом их вольт-секундная характеристика при предразрядных временах менее 1 мкс. Разрядники сами нуждаются в защите от высокочастотных перенапряжений. Высокие

значения высокочастотных перенапряжений приводят к многократным срабатываниям разрядников за одну коммутацию разъединителя, к перегрузке нелинейных сопротивлений сопровождающим током и отказу разрядников.

Мероприятия по ограничению высокочастотных перенапряжений и защите от них оборудования действующих подстанций следующие:

1. Регулировка приводов разъединителей на синхронность движения ножей.
2. Не допускать недовключенное положение разъединителя с горящим искровым разрядом.
3. На подстанциях 22 кВ и выше целесообразно исключить подачу напряжения на протяженные холостые шины и снятие напряжения с них с помощью разъединителей. Эти операции целесообразно выполнять выключателями.
4. При выборе типа или конструктивной модификации разрядников следует отдавать предпочтение разрядникам с повышенным коэффициентом импульса при малых предразрядных временах. Если при одной коммутации разъединителем наблюдается большое число срабатываний разрядника (более 5), то такой разрядник подлежит замене на другой тип или на нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН).
5. Выбор мест безопасной установки разрядников производится на основании предварительного анализа ВЧ перенапряжений, при невозможности выполнения этого условия разрядник необходимо поставить под защиту емкостных трансформаторов напряжения, специальных емкостей или аппаратов, входная емкость которых соизмерима с емкостью конденсаторов связи.
6. Нельзя подключать разрядник в средней части длинных (более 50 м) воздушных переходов от блочных трансформаторов, где наиболее вероятны перенапряжения. Разрядник должен быть максимально приближен к трансформатору.
7. Нельзя располагать разрядник вблизи разомкнутых концов рабочих и обходных систем шин или перед высокочастотными заградителями со стороны распределительных устройств, где наблюдаются наибольшие амплитуды высокочастотных перенапряжений.
8. При невозможности выполнения достаточного объема мероприятий по ограничению высокочастотных перенапряжений необходима замена разрядников на ОПН. Их следует рассматривать как средство ограничения высокочастотных перенапряжений, если частота последних не превышает 200 кГц. При более высоких частотах ОПН слабо реагирует на первый пик высокочастотных перенапряжений, но ограничивает последующие.
9. На протяженных системах шин, подлежащих частым коммутациям разъединителями в холостом режиме (обходные системы шин), использование емкостных трансформаторов напряжения нежелательно, следует применять электромагнитные трансформаторы, которые за счет принудительного снятия заряда с шин в 2 – 3 раза снижают как высокочастотные, так и низкочастотные перенапряжения. Их целесообразно устанавливать в трех фазах шин, при применении только в одной фазе в двух других необходимо предусмотреть специальные мероприятия, способствующие ускоренному снятию заряда.
10. Эффективным средством ограничения высокочастотных перенапряжений является использование на питающих шинах, на длинных воздушных переходах к силовым трансформаторам специальных емкостей типа конденсаторов связи.
11. Для распределительных устройств с протяженными сборными шинами эффективной мерой ограничения высокочастотных перенапряжений является деление шин продольными реакторами, в качестве которых могут быть использованы высокочастотные заградители без элементов настройки с упрощенной защитой.