

УДК 621.3

## КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Хрущев Р.И., Дунченко Д.А., Мамончик А.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Дерюгина Е.А.

Всякая электрическая система обладает колебательными свойствами, однако в нормальном режиме работы эти колебательные свойства обычно не проявляются. Колебательные свойства электрической системы, которые могут вызвать появление перенапряжений, проявляются при нарушении баланса между генерируемой и поглощаемой энергией. Причиной нарушения баланса может явиться внезапное отключение элементов, способных поглощать энергию (активной нагрузки, сосредоточенных и распределенных сопротивлений и проводимостей схемы).

Внутренние перенапряжения при коммутациях имеют только переходный характер, т. е. являются коммутационными. Величины, числом характеризующие внутренние перенапряжения, оказываются зависимыми от ряда случайных обстоятельств: от схемы сети, ее режима, ее параметров, от наличия средств борьбы с перенапряжениями и эффективности этих средств, а также от некоторых других факторов. Поэтому количественные характеристики внутренних перенапряжений оказываются величинами случайными, требующими при их рассмотрении привлечении методов математической статистики.

Практически каждая коммутация линии сопровождается возникновением переходных процессов, которые могут привести к перенапряжениям. Наиболее высокие напряжения возникают, если от предшествующего режима работы на линии осталось напряжение противоположной полярности, а включение происходит в момент положительного максимума

Существует ряд мер, направленных на снижение вероятности появления высоких перенапряжений при включениях линии. Меры снижения коммутационных перенапряжений можно подразделить на группы. Меры ограничения вынужденной составляющей коммутационных перенапряжений. К ним относятся: деление дальних линий электропередачи на участки длиной не более 300 км с подключенными к промежуточным точкам устройствами поддержания нормального уровня напряжения; применение трансформаторов с регулирующимся коэффициентом трансформации, шунтирующих реакторов и синхронных компенсаторов; выбор такой последовательности включения концов линии, при которой сначала линия подключается к шинам наиболее мощной подстанции, а затем к шинам менее мощной подстанции. К мерам, направленным на ослабление переходной составляющей коммутационного процесса при включении линий относят установку шунтирующих сопротивлений в выключателях и синхронное включение выключателей. Ослабление интенсивности переходного процесса при включении линии можно достичь также путем введения на время коммутации активных сопротивлений в цепь тока, протекающего по шунтирующим реакторам, например, включения резистора в нейтраль обмоток группы трехфазных реакторов. Вентильные разрядники и ОПН поглощают в своих рабочих резисторах значительную часть энергии перенапряжений.

Перенапряжения при коммутации ненагруженных линий электропередачи связаны с включениями или отключениями выключателями емкостных токов. Подобные же процессы возникают при отключениях батарей конденсаторов поперечной компенсации (БК) или сборных шин подстанций.

Коммутации АПВ линии происходят реже, чем плановые включения, но могут сопровождаться более высокими перенапряжениями. Главной причиной повышенных перенапряжений является наличие на линии остаточного заряда, не успевающего стечь за время бестоковой паузы АПВ и создающего в момент включения начальное напряжение на линии  $U_0$ . Особенно неблагоприятными являются АПВ линии на устойчивое короткое замыкание. При этих коммутациях кратность переапряжения на здоровых фазах

увеличивается за счет повышения установившейся составляющей напряжения, вызванного протеканием в сеть несимметричного тока короткого замыкания. Однако, доля таких неуспешных АПВ в общем количестве автоматических включений линий в сетях 110-500 кВ составляет всего около 20 %.

Коммутационные перенапряжения на линиях могут возникать при отключениях коротких замыканий и при разрыве электропередачи в случае потери синхронизма. Наиболее интенсивный переходный процесс возникает на поврежденной фазе, где разница между начальным (до отключения линии) и установившемся значением напряжения линии после отключения имеет наибольшую величину.

Перенапряжения при отключениях электродвигателей имеют такую же природу, как и при отключениях трансформаторов или реакторов. Эти перенапряжения вызваны обрывом тока в выключателе и обусловлены свободными колебаниями, возникающими в процессе обмена энергией между индуктивностью отключаемого электродвигателя и емкостью питающего кабеля. Они могут возрасти при отключении синхронного электродвигателя в режиме асинхронного хода, а также при двухфазных коротких замыканиях в статорной обмотке машины. В аварийных режимах работы электродвигателя увеличивается скольжение ротора и возрастает ток в обмотке статора, что также приводит к повышению кратностей перенапряжений. Возникающие при отключениях электродвигателей перенапряжения, как правило, представляют собой комбинацию колебательных процессов разной частоты, наложенных на напряжение рабочей частоты 50 Гц. Перенапряжения, которые возникают при срезе тока до его естественного перехода через нуль, представляют собой высокочастотные колебания.

Ограничение коммутационных перенапряжений может осуществляться путем снижения вероятности возникновения таких аварийных ситуаций, а также установки вентильных разрядников и ОПН.