

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Алимов Владислав Сергеевич

магистрант, Волгоградский государственный аграрный университет, РФ, г. Волгоград

Николаева Светлана Ивановна

канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный аграрный университет, РФ, г. Волгоград

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы действующие способы защиты от квазистационарных перенапряжений в электрических сетях.

Ключевые слова: квазистационарное перенапряжение, короткое замыкание, резонансное перенапряжение, феррорезонансное перенапряжение.

Квазистационарные перенапряжения возникают при неблагоприятных сочетаниях параметров сети и продолжаются до тех пор, пока такое сочетание существует. В самом деле, длительность этих перенапряжений ограничивается временем действия релейной защиты или оперативным персоналом. Наиболее часто они возникают в несимметричных режимах: при однофазных или двухфазных коротких замыканиях на землю, разбросе действия или отказе фаз выключателя. Для некоторых видов электрооборудования 110 кВ и выше (номинальное напряжение сетей 110 кВ и выше соответствует классу напряжения) установлены допустимые уровни стационарных и квазистационарных перенапряжений в зависимости от их длительности [1].

Квазистационарные перенапряжения делят на режимные, резонансные и феррорезонансные.

Режимные перенапряжения наблюдаются при неблагоприятных сочетаниях, действующих в сети электродвижущих сил. Так, например, к режимным можно отнести перенапряжения, действующие в течение времени замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью, а также перенапряжения при возбуждении и разгоне генератора, которые возникают в случае внезапного сброса нагрузки.

Кратковременное повышение напряжения в сети наблюдается при внезапном сбросе нагрузки, что связано с уменьшением падения напряжения на линии и инерционностью регуляторов возбуждения синхронных компенсаторов и генераторов. Эти повышения обычно безопасны для изоляции.

Резонансные перенапряжения имеют место при приближении одной из частот собственных колебаний отдельных участков сети к частоте вынужденной э.д.с. Например, линия электропередачи, подключенная к источнику э.д.с, имеет ряд собственных колебаний.

В неполнофазных режимах линии с присоединенным к ней реактором или трансформатором с заземленной нейтралью резонансный контур может образовывать емкость между фазами линии с индуктивностью реактора или трансформатора.

При несимметричных коротких замыканиях на линии генератор без демпферных обмоток создает значительные э.д.с. высших гармоник.

Феррорезонансные перенапряжения могут развиваться в контурах, содержащих емкость и индуктивность с насыщенным магнитопроводом, на частоте 50 Гц, на высших и низших гармониках. В несимметричной схеме (неполнофазный режим, обрыв провода) феррорезонанс на промышленной частоте может возникнуть в контуре из последовательно соединенных трансформатора с насыщенным магнитопроводом и емкостью проводов [2].

Меры ограничения коммутационных перенапряжений.

Прежде чем проводить анализ эффективности тех или иных мер ограничения перенапряжений следует заметить, что такая мера снижения вынужденной составляющей перенапряжений, как шунтирующие реакторы, как правило, не является специально используемой для этих целей мерой. Шунтирующие реакторы устанавливаются на ВЛ, исходя из требования обеспечения допустимого уровня напряжения на ВЛ в минимальном эксплуатационном режиме. Установку дополнительных реакторов для ограничения коммутационных перенапряжений вряд ли можно считать экономически оправданной мерой защиты. Следует также признать, что по возможности с помощью тех или иных мер защиты следует прежде всего воздействовать на причину возникновения перенапряжений. При таком подходе специальный аппарат для ограничения перенапряжений типа ограничителя перенапряжений (ОПН) следует использовать как дополнительную меру защиты, так как этот аппарат лишь ограничивает перенапряжения, возникшие при неблагоприятных условиях осуществления коммутации.

Поэтому рассмотрим сначала меры, основанные на использовании тех средств, которые приводят к ограничению перенапряжений. К таким мерам можно отнести управляемое и программированное включения, а также оснащение выключателей предвключаемыми резисторами [3].

1. Управляемое включение ВЛ.

При анализе максимально возможных перенапряжений, возникающих при плановом включении линии, был рассмотрен случай наиболее неблагоприятного включения, т.е. включения в момент, когда напряжение на контактах максимально. К наименьшим перенапряжениям приведет включение в момент, когда напряжение на контактах выключателя равно нулю. Произведя оценку перенапряжений в этом случае, рассмотрев процессы при включении простейшего колебательного контура, в котором в первом приближении может рассматриваться эффективность управляемого включения.

Основная частота собственных колебаний при включении ВЛ высокого напряжения обычно лежит в диапазоне $(1.6...3) \omega$. Если принять $\omega_0 = 2\omega$, то при управлении моментом включения выключателя можно ограничить перенапряжения с 2 до 1,5, т.е. в 1,33 раза. Расчеты показывают, что диапазон углов включения, приводящих примерно к такому ограничению перенапряжений, составляет $(0...20)$ градусов). Очевидно, что для осуществления такой точности включения ($\Delta t \approx 1\text{мс}$) необходимо добиться весьма малого времени разброса привода выключателя при его включении. В настоящее время это условие для существующих конструкций выключателей (воздушных и внедряемых элегазовых) невыполнимо [2].

2. Программированное включение ВЛ.

В случае, если ВЛ связывает две системы различной мощности, или в случае, если шунтирующий реактор установлен лишь на одном из концов ВЛ, может оказаться достаточно эффективным программированное включение ВЛ, т.е. включение ВЛ в первую очередь со стороны, отвечающей минимуму вынужденной составляющей на другом конце ВЛ. Так, например, в схеме без шунтирующих реакторов (рис.1, а) при $x_1 < x_2$ осуществляется включение в первую очередь выключателем В1. В схеме, в которой ВЛ связывает системы одинаковой мощности ($x_1 = x_2 = x$, рис.1, б), но при установке шунтирующего реактора лишь со стороны системы 2, включение в первую очередь также следует производить со стороны системы 1 [3].

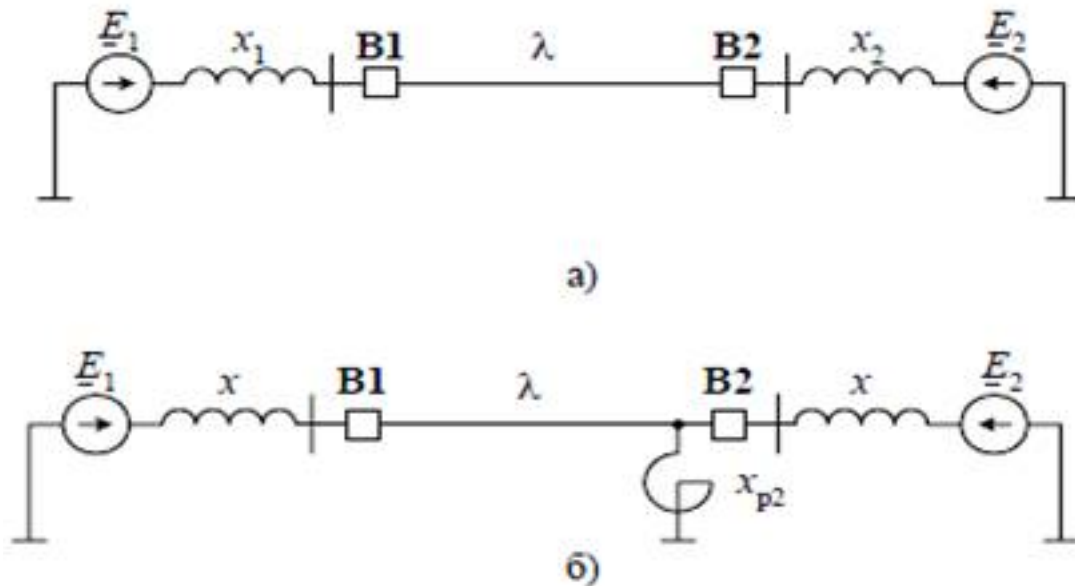


Рисунок 1. К пояснению программированного включения ВЛ

Эта мера применяется в настоящее время, в частности, в ЛЭП 500 кВ, поскольку не требует управления процессом в реальном времени.

3. Применение предвключаемых резисторов в выключателях.

Ограничения перенапряжений можно добиться путем внесения в схему дополнительного затухания, например, при осуществлении коммутации включения выключателем с предвключаемым резистором. Такой выключатель имеет два дугогасительных устройства (рис.2.) – основное, которое далее будем называть главными контактами (ГК) и вспомогательное – вспомогательные контакты (ВК).

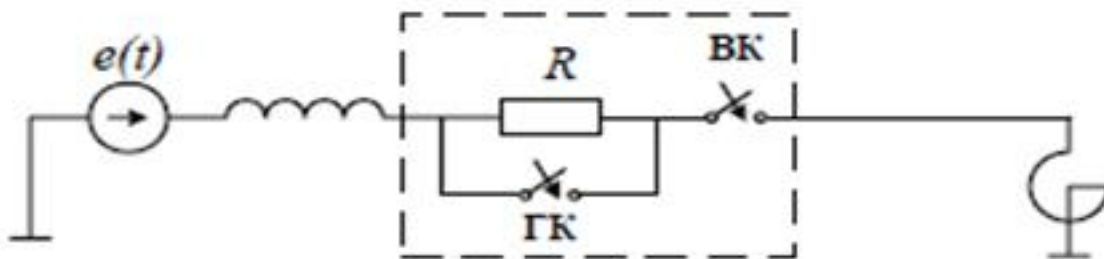


Рисунок 2. Принципиальная схема выключателя с предвключаемым резистором

Включение выключателя производится в два этапа:

- 1-ый этап – включение вспомогательных контактов, вводящих во включаемую линию дополнительное сопротивление R ,

- 2-ой этап – замыкание главных контактов, шунтирующих резистор и тем самым осуществляющих окончательное одностороннее включение линии.

Время между включением вспомогательных и главных контактов составляет примерно 1,5...2 периода промышленной частоты. За это время переходные процессы, связанные с включением вспомогательных контактов, практически затухают и замыкание главных контактов осуществляется практически в квазистационарном режиме односторонне включенной ВЛ через резистор.

Таким образом, применение одного из данных методов поможет облегчить условия осуществления коммутации.

Список литературы:

1. ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции. [Текст] Введен в действие 01.01.1999. 54 с.
2. Кадомская, К.П., Лавров, Ю.А., Рейхердт, А.А. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них. –М.: Издательство НГТУ, 2004. 319 с.
3. Халилов, Ф.Х. Классификация перенапряжений. Внутренние перенапряжения. – М.: Издательство НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2012. 80 с.