

УДК 621.316.8

Т.О. Валова, А.Н. Козлов

**ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ: УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
И СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ**

В статье приведены общие сведения о феррорезонансных перенапряжениях и основные способы их ограничения.

Ключевые слова: феррорезонанс, феррорезонансные перенапряжения, антирезонансный трансформатор напряжения, резистивное заземление нейтрали.

**FERRORESONANCE OVERVOLTAGES. GENERAL INFORMATION,
CONDITIONS OF OCCURRENCE AND METHODS OF LIMITATION**

The article gives general information about the ferro-resonance overvoltage and the main way to limit them.

Key words: ferroresonance, ferroresonance overvoltages, antiresonant voltage transformer, resistive neutral grounding.

Феррорезонанс – это резонанс в цепи, содержащей хотя бы один ферромагнитный элемент [1].

Феррорезонансным перенапряжением является резонанс напряжений, который сопровождается увеличением напряжения на емкости и на всех соединенных с этой емкостью элементах сети при последовательном соединении емкости и индуктивности с источником переменного напряжения.

Для возникновения феррорезонансных процессов необходимо и достаточно наличие двух условий: токи должны быть достаточны для перехода кривых намагничивания за колено насыщения; входное сопротивление сети, подключенной к зажимам обмотки, должно иметь емкостный характер.

Наиболее опасными в отношении феррорезонансных перенапряжений являются режим холостого хода и режим преобладания реактивной нагрузки.

В сетях с изолированной нейтралью феррорезонанс может развиваться в полнофазных режимах работы сети при наличии индуктивности с насыщающимся сердечником. Такой индуктивностью часто оказывается обмотка трансформатора напряжения [2]. Но чаще всего возникновение перенапряжений связано с неполнофазными режимами, – например, при обрыве фазного провода, при отключении электродвигателя или ненагруженного понижающего трансформатора коммутационным аппаратом при одновременном отключении трех фаз. Феррорезонансные перенапряжения могут возникать на основной частоте, в высших гармониках и субгармониках. Исходя из результатов исследований и опыта эксплуатации промышленных сетей, значительные феррорезонансные перенапряжения возникают в основном на промышленной частоте.

Феррорезонансные перенапряжения представляют опасность для электроустановок сетей 6–35 кВ. Они опасны для разрядников с шунтирующими сопротивлениями и ОПН, а также для трансформаторов напряжения своей длительностью, так как существуют столько времени, сколько существует неполнофазный режим [3]. В неполнофазном режиме при феррорезонансе однофазное напря-

жение преобразуется в трехфазное. Направление чередования фаз может быть прямым или обратным. Как указано в [1], установление прямого чередования фаз приводит к длительному повышению напряжения до $(2,2-2,3) \times U_{\phi}$ и вызывает перегорание предохранителей ТН. При обратном чередовании происходит опрокидывание фазы и повышение одного из фазных напряжений до $(3,8-4,2) \times U_{\phi}$, а малонагруженные двигатели у потребителя начинают вращаться в обратную сторону, при этом повреждаются разрядники с шунтирующими сопротивлениями, ОПН и ТН.

При феррорезонансных процессах возникают токи, длительное протекание которых по первичной обмотке трансформатора напряжения приводит к его повреждению, так как их величина значительно превышает максимально допустимую по условию тепловой устойчивости изоляции обмотки. Ежегодно в сетях напряжением 6-35 кВ по этой причине повреждается примерно 6-8% трансформаторов напряжения.

Один из основных способов уменьшения ущерба от феррорезонанса – применение антирезонансных ТН. Согласно источнику [4], антирезонансным называют электромагнитный заземляемый ТН, устойчиво работающий при наличии в сети непрекращающихся феррорезонансных явлений и не вызывающий их. К антирезонансным ТН, работающим в сетях 6-35 кВ, предъявляют следующие требования: не должны вызывать устойчивого феррорезонанса; не должны повреждаться при длительных однофазных замыканиях сети на землю через перемежающуюся дугу; не должны повреждаться при устойчивом феррорезонансе емкости сети с нелинейной индуктивностью других трансформаторов.

Еще один способ защиты от повреждений, вызванных феррорезонансными перенапряжениями, – режим резистивного заземления нейтрали трансформаторов. В сетях 35 кВ целесообразно в нейтраль силового трансформатора подключить высоковольтный резистор, в сетях 6-10 кВ – низковольтный резистор (подключать в обмотку разомкнутого треугольника трансформатора).

Сопротивление резистора выбирается по условию ограничения напряжения при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ) и обеспечения чувствительности защиты от ОЗЗ.

Таким образом:

1. Феррорезонансные перенапряжения возникают при последовательном соединении емкости и индуктивности с источником переменного напряжения.

2. К числу основных способов защиты от повреждений, вызванных феррорезонансными перенапряжениями, относится использование антирезонансных ТН и режима резистивного заземления нейтрали.

3. При использовании режима резистивного заземления нейтрали трансформаторов в сетях 35 кВ в нейтраль силового трансформатора необходимо подключить высоковольтный резистор, а в сетях 6-10 кВ – низковольтный резистор в обмотку разомкнутого треугольника трансформатора.

1. Поляков, В.С. Феррорезонанс в сетях с изолированной нейтралью // Электрические станции. – 1977. – № 3.

2. Майоров, А.В., Челазнов, А.А., Ильиных, М.В. Экспериментальные исследования переходных процессов при однофазных замыканиях в сети 20 кВ // Вестник ИГЭУ. – 2015. – Вып. 6.

3. Алексеев, В.Г., Зихерман, М.Х. Феррорезонанс в сетях 6 – 10 кВ // Электрические станции. – 1978. – № 1. – С. 63-65.

4. Зихерман, М.Х. Антирезонансные трансформаторы напряжения. Технические требования и методы испытаний // Новости электротехники. – 2011. – № 2 (68).