

УДК 621.311

Ю.Л. Саенко, д.т.н., проф., А.С. Попов, к.т.н.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Y.L. Sayenko, Dr., Prof., A.S. Popov, Ph.D.

WAYS OF SOLVING THE FERRORESONANCE PROBLEM IN NETWORKS WITH ISOLATED NEUTRAL POINT

Известной проблемой электрических сетей с изолированной нейтралью является существование феррорезонансных процессов (ФРП) между емкостью сети и нелинейной индуктивностью трансформаторов напряжения контроля изоляции (ТНКИ). По данным статистики в Украине ежегодно повреждается порядка 7-10% из всех установленных ТНКИ [1]. Повреждению зачастую подвергается обмотка высокого напряжения (ВН), что обусловлено термическим действием сверхтоков в данной обмотке при ФРП.

Наиболее часто феррорезонансные процессы возникают при отключении или самоустранении однофазных замыканий на землю. При появлении напряжения нулевой последовательности избыточные заряды с фазной емкости сети начинают стекать на землю через активные проводимости сети на землю и заземленные обмотки ВН измерительных трансформаторов. Типовым является субгармонический феррорезонанс на частоте 25 Гц [2]. На рис. 1 приведены расчетные кривые токов в обмотке ВН трансформатора (а), напряжение $3u_0$ (б), спектр напряжения $3u_0$ (в) для случая феррорезонанса, возникшего в результате устранения однофазного замыкания на землю (ОЗЗ).

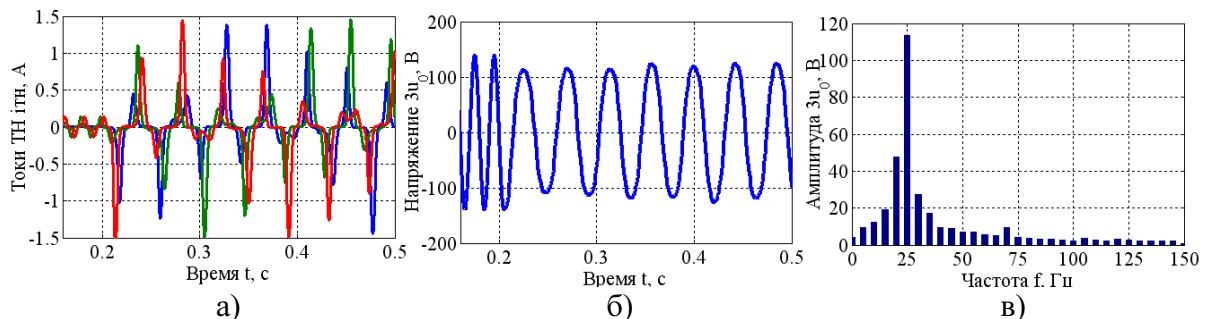


Рис. 1. Расчетные кривые токов в обмотке ВН трансформатора (а), напряжения $3u_0$ (б), спектр напряжения $3u_0$ (в) в режиме субгармонического феррорезонанса

Предельно допустимым током обмотки ВН измерительных трансформаторов является величина 0,2 А. В рассмотренном на рис. 1 случае действующее значение тока в обмотке ВН составило 0,35 А, что непременно приведет к повреждению ТН менее чем за 10 мин. Исследования показывают, что на величину тока в обмотке ВН при ФРП наибольшее влияние оказывают параметры сети и параметры ТНКИ, а именно вебер-амперная характеристика.

Условно все способы защиты ТН от ФРП можно разделить на три разновидности: изменение режима нейтрали сети, применение антирезонансных конструкций ТН, использование специальных защитных устройств от феррорезонанса.

Изменение режима нейтрали с изолированной на резистивную является наиболее эффективным из существующих решений, направленных на предотвращения ФРП и всецелое повышение надежности электрических сетей. В этом случае контур нулевой последовательности шунтируется относительно малым сопротивлением, что предупре-

ждает стекание зарядов с емкости нулевой последовательности сети через заземленные обмотки ВН измерительных трансформаторов и развитие феррорезонансных колебаний. Кроме того, применение резистивной нейтрали позволяет ограничить дуговые перенапряжения при ОЗЗ и повысить чувствительность земляных защит. На сегодняшний день существует несколько разновидностей резистивной нейтрали, среди которых низкоомное или высокоомное, низковольтное или высоковольтное заземление. Выбор исполнения режима нейтрали определяется требованиями к электробезопасности, релейной защите, а также должно иметь строгое экономическое обоснование.

На сегодняшний день существенное внимание уделено созданию антирезонансных ТНКИ, в основу которых положено использование дополнительного трансформатора со сниженной номинальной индукцией. Надежность работы таких трансформаторов оказывается выше, чем ТНКИ традиционной конструкции, однако они также могут быть подвержены феррорезонансу и повреждаться ввиду наличия гальванической связи ТНКИ с землей через нелинейную индуктивность. Автором [1] предложена конструкция антирезонансного ТНКИ, в которой измерение фазных напряжений осуществляется с помощью емкостного делителя напряжения. Нерезонирующий трансформатор напряжения (НТН) оказывается абсолютно устойчивым к феррорезонансу, поскольку не имеет гальванической связи с землей через индуктивность. В то же время следует отметить, что применение НТН накладывает некоторые ограничения на систему учета электроэнергии, поскольку к данному типу ТНКИ возможно подключать лишь двухэлементные счетчики.

Важное место в решении проблемы существования ФРП занимает разработка и внедрение защитных устройств, основанных на селективном подключении балластных резисторов к ТНКИ. Известен ряд схем подключения защитных резисторов, среди которых использование высоковольтных резисторов в обмотке ВН и нейтрали ВН трансформатора, подключение балластных резисторов к основной или дополнительной вторичной обмотке ТНКИ. Среди известных на рынке устройств можно выделить Smart Load и VT Guard фирмы АВВ, устройства семейства ПЗФ, а также устройство FDD. Последнее разработано авторами данной работы. Устройство FDD подключается к обмотке разомкнутого треугольника, в режиме реального времени измеряет напряжение $3u_0$ и вычисляет спектральный состав напряжения нулевой последовательности. Факт искажения данного напряжения положен в основу метода идентификации режима феррорезонанса. При срабатывании устройства к обмотке разомкнутого треугольника кратковременно подключается резистор величиной 8 Ом.

Кардинальным решением проблемы феррорезонанса является отказ от электромагнитного контроля изоляции. На сегодняшний день существуют так называемые датчики напряжения и тока, которые приходят на смену существующим измерительным трансформаторам [3]. Кроме решения проблемы ФРП их использование позволяет повысить точность учета электроэнергии и надежность работы релейной защиты.

Литература

1. Журахівський А.В. Ферорезонансні процеси в електромережах 10 кВ з різнотипними трансформаторами напруги / А.В. Журахівський, Ю.А. Кенс, А.Я. Яцейко, Р.Я. Масляк // Технічна електродинаміка. – 2010. – №2. – С. 73 – 77.
2. Yuhong Yu. Study on Simulation of Ferroresonance Elimination in 10kV / Yu Yuhong, Zhou Hao // Proc. of the Power System Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, IEEE/PES. – 2005. – pp. 1 – 7.
3. Rahmatian F. Design and Application of Optical Voltage and Current Sensors for Relaying / F. Rahmatian // Proc. of the Power Systems Conference and Exposition, IEEE PES. – 2006. – pp. 532 – 537.