

Е. Н. Чернов; под ред. И. П. Кужекинаю – М.: МЭИ, 1983. – 262 с. 2. К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин Теоретические основы электротехники. В 3 тт. – 2003. 3. Разевиг Д. В. Техника высоких напряжений. – М.: Энергия, 1976. – 488 с. 4. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2004. – 704 с.

Поступила в редколлегию 25.04.2013

УДК 621.319.53

Особенности работы высоковольтных импульсных трансформаторов на емкостно-омическую нагрузку / Н. И. Бойко, Л. С. Евдошенко, В. М. Иванов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 27 (1000). – С. 32-38. – Бібліогр.: 4 назв.

У статті розглянуті деякі особливості виникають при роботі високовольтних імпульсних трансформаторів на реактори з коронним і бар'єрним розрядом представляють собою ємнісно-Омічні навантаження

Ключові слова: імпульсний трансформатор, коронний розряд, імпульс напруги, транзисторний комутатор

The paper considers some of the features resulting from the operation of high voltage pulse transformers for reactors with corona and the barrier discharge is a capacitive-resistive load

Keywords: pulse transformer, corona discharge, the voltage pulse, the transistor switch

УДК 537.8:621.316.98

Р. К. БОРИСОВ, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., Московский энергетический институт, Россия;

Д. А. КОЗЛОВ, ассистент, Московский энергетический институт, Россия

ИСПЫТАНИЕ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ УСТРОЙСТВ, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ НА ШИНАХ ПОДСТАНЦИЙ И ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

В статье рассмотрены методы испытаний на устойчивость к электромагнитным воздействиям устройств, которые устанавливаются на шинах высокого напряжения распределительных устройств и на проводах линий электропередач.

Ключевые слова: электромагнитные воздействия, технические средства, методика испытаний.

Постановка задачи. Все технические средства (ТС), устанавливаемые на энергообъектах (электрических станциях и подстанциях), должны быть испытаны на помехоустойчивость в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51317.6.5 (МЭК 61000. 6.5) [1]. Технические средства при испытаниях прове-

© Р. К. Борисов, Д. А. Козлов, 2013

ряются на устойчивость к электромагнитным воздействиям, которые могут возникнуть при эксплуатации энергообъектов: магнитные поля промышленной частоты; электромагнитные поля радиочастотного диапазона; разряды статического электричества; импульсные магнитные поля; колебательные затухающие помехи; микросекундные импульсные помехи большой энергии; наносекундные импульсные помехи; кондуктивные помехи радиочастотного диапазона; кондуктивные помехи низкой частоты. Требования к проведению испытаний на все указанные виды воздействий в основном определены в серии ГОСТ Р 51317-4...(МЭК 61000-4...). Испытаниям подвергаются порты корпуса, электропитания и сигнальные порты ТС.

В последнее время в электроэнергетике достаточно широкое распространение получили ТС, которые не попадают под действие указанных нормативных документов. Прежде всего к таким ТС относятся устройства, применяемые для определения места КЗ в сетях среднего и высокого напряжения [2]. Такие устройства устанавливаются непосредственно на проводах ВЛ (рис. 1) и имеют автономный источник питания. Передача данных при работе таких устройств осуществляется через радиоканал.

В распределительных устройствах (РУ) электрических подстанций и станций на шинах высокого напряжения устанавливаются измерительные датчики оптических трансформаторов тока и напряжения. Информация передается от датчиков через волоконно-оптические каналы, но питание подается по проводным кабелям.

Ведутся разработки устройств релейной защиты (РЗ), измерительные блоки которых предполагается устанавливать также на шинах РУ с автономным источником питания.



Рисунок 1 – Датчики регистрации аварийных событий на ВЛ в сети 10кВ

При эксплуатации такие ТС подвергаются электромагнитным воздействиям, отличающимся от предусмотренных в [1] для испытаний на помехо-

устойчивость. На такие ТС воздействуют магнитные поля промышленной частоты в нормальном и аварийном режимах на порядки превышающие испытательные воздействия по [1]. Особенно опасны для таких устройств импульсные высокочастотные электромагнитные поля, возникающие при переходных процессах в первичных цепях, а также при ударах молнии в ВЛ. Кроме того, при установке датчиков на проводах и шинах высокого напряжения, возможны помехи от коронных разрядов. С другой стороны, отсутствие сигнальных портов исключает воздействие кондуктивными помехами. Отсутствие доступа персонала к датчикам в процессе эксплуатации также исключает воздействие разрядами статического электричества.

Методика испытаний. Необходимость определения устойчивости к электромагнитным воздействиям таких ТС в лабораторных условиях потребовала разработки новой методики проведения испытаний на помехоустойчивость, так как воспроизведение реальных условий эксплуатации невозможно даже в высоковольтных испытательных центрах. Методика включает в себя проверку работоспособности ТС при воздействии: электрического поля промышленной частоты, возникающего в рабочем режиме; импульсного электрического поля, возникающего при грозовых перенапряжениях; импульсного электромагнитного поля, созданного высокочастотными составляющими тока короткого замыкания; импульсного электромагнитного поля, созданного током молнии.

Испытания на воздействие электрического поля промышленной частоты. Основой выбранной методики испытаний являлось обеспечение эквивалентности напряженности электрического поля в испытательной схеме напряженности поля в реальных условиях.

Для проведения испытаний использовалась испытательная установка переменного напряжения промышленной частоты (каскад трансформаторов) типа WP200/400. Объекты испытаний закреплялись на проводе (рис. 2, 3).

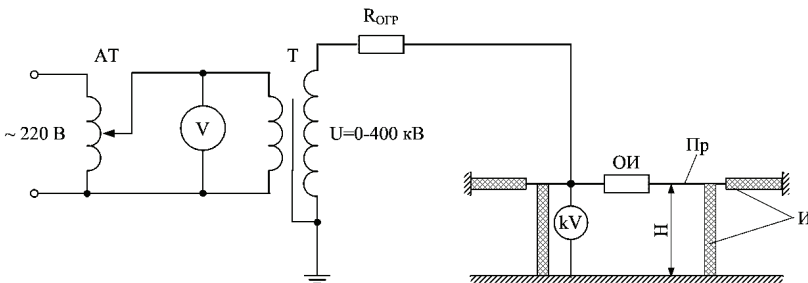


Рисунок 2 – Схема испытаний (переменное электрическое поле):

АТ – регулировочный автотрансформатор; V – вольтметр; Т – каскад трансформаторов; $R_{огр}$ – токоограничивающее сопротивление; ОИ – объект испытаний (модуль); Пр – провод; И – изоляторы; kV – киловольтметр; Н – высота подвеса провода

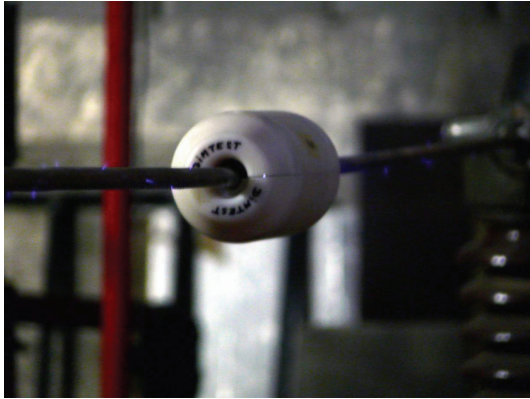


Рисунок 3 – Объект испытаний

Для того, чтобы обеспечить уровни напряженности электрического поля, соответствующие реальным условиям эксплуатации датчиков, расчетным путем была определена напряженность электрического поля на проводах ВЛ различного напряжения и соответствующие эквивалентные значения испытательного напряжения (табл. 1).

Возникновение короны на проводе и объекте испытаний определялось визуально. Коронный разряд регистрировался с помощью цифровой фотокамеры.

Таблица 1 – Требуемые значения испытательного напряжения

$U_{НОМ(ЛИН.)}, кВ_{ДЕЙСТВ.}$	220	330	500
$E_{max}, кВ_{АМПЛ./см}$	37,9	37,1	43,2
$E_{ПРОВ.}, кВ_{ДЕЙСТВ./см}$	26,8	26,2	30,5
$U_{ИСП.}, кВ_{АМПЛ.}$	178	175	203
$U_{ИСП.}, кВ_{ДЕЙСТВ.}$	126	123	144

Испытания на воздействие импульсного электрического поля. Для проведения испытаний использовался генератор импульсных напряжений ГИН-1 МВ. На провод подавались полные (ПГИ) и срезанные (СГИ) грозовые импульсы напряжения отрицательной полярности. Для получения срезанных импульсов использовался шаровой разрядник МКА75. Схема испытаний приведена на рис. 4.

Измерения амплитудных значений испытательного напряжения проводились с помощью омического делителя напряжений SMR 10/1250 (время реакции менее 10 нс) и цифрового осциллографа.

Испытания на воздействие импульсного электромагнитного поля высокочастотной составляющей тока короткого замыкания. Для прове-

дения испытаний использовался комбинированный генератор импульсных напряжений и токов ГГ-10 (рис. 5). Объект испытаний был закреплен на трубчатом токопроводе и установлен в разрядную цепь генератора в вертикальном положении. Генератор работал в режиме короткого замыкания.

Измерения импульсного тока проводились с помощью коаксиального трубчатого шунта (рабочий диапазон частот 10 кГц-10 МГц, диапазон измеряемых токов 0,1-50 кА) и цифрового осциллографа.

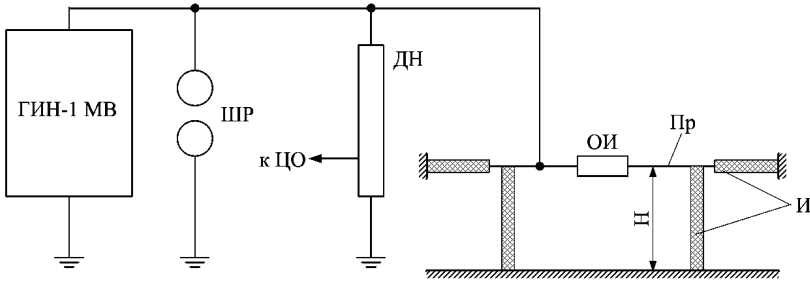


Рисунок 4 – Схема испытаний (импульсное электрическое поле): ШР – шаровой разрядник; ДН – делитель напряжения; ЦО – цифровой осциллограф

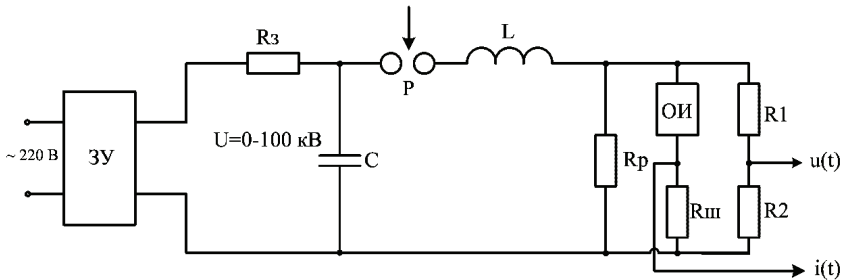


Рисунок 5 – Схема комбинированного генератора: ЗУ – зарядное устройство; Rз – зарядное сопротивление; C – конденсаторная батарея (C=5,1 мкФ); P – разрядник; L – катушка индуктивности; Rp – разрядное сопротивление; ОИ – объект испытаний; Rш – измерительный шунт; R1-R2 – омический делитель напряжения

Испытания на воздействие электромагнитного поля эквивалентно импульсного тока молнии. Для проведения испытаний использовался генератор тока молнии многокомпонентный ГТМ-4 [3]. Объект испытаний закреплялся на трубчатом токопроводе и устанавливался в разрядную цепь генератора в вертикальном положении. Измерения импульсного тока проводились с помощью коаксиального трубчатого шунта (рабочий диапазон час-

тот 10 кГц-100 МГц, диапазон измеряемых токов 1-200 кА) и цифрового осциллографа.

Испытания магнитным полем промышленной частоты. Для проведения испытаний использовался нагрузочный трансформатор и коммутирующее устройство «Сатурн». Вторичная обмотка трансформатора подключалась к проводнику, на котором был расположен испытуемый объект. Испытания проводились при нагружении рабочим током (ступенчато до 1000 А) не менее 5 минут и током КЗ (до 10 кА) кратковременно не более 0,3 секунды.

Заключение. Устройства, которые устанавливаются на шинах высокого напряжения распределительных устройств и на проводах линий электропередач, должны испытываться на устойчивость к электромагнитным воздействиям по специальной методике. Они эксплуатируются в электромагнитной обстановке более жесткой, чем другие ТС, устанавливаемые на электрических станциях и подстанциях. Однако воспроизвести реальные условия эксплуатации в испытательных лабораториях не представляется возможным. Предлагаемый подход к испытаниям основан на создании воздействий, эквивалентных реальным в условиях испытательной лаборатории высокого напряжения.

Список литературы: 1. ГОСТ Р 51317.6.5. (МЭК 61000.6.5) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний. 2. Борисов Р.К. О повышении надежности работы распределительных электрических сетей в грозовой сезон // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – № 49. 3. Кужекин И.П., Ларионов В.П., Прохоров Е.Н. Молния и молниезащита. – М.: Знак, 2003.

Поступила в редакцию 15.04.2013.

УДК 537.8:621.316.98

Испытание на помехоустойчивость устройств, устанавливаемых на шинах подстанций и линиях электропередач / Р.К. Борисов, Д.А. Козлов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 27 (1000). – С. 38-43. – Бібліогр.: 3 назв.

У статті розглянуті методи випробувань на стійкість до електромагнітних впливів пристроїв, які встановлюються на шинах високої напруги розподільних пристроїв і на проводах ліній електропередач.

Ключові слова: електромагнітні впливи, технічні засоби, методика випробувань.

The paper describes test methods of devices installed on high voltage switchgear bus-bars and overhead line wires for electromagnetic stability.

Keywords: electromagnetic effects, hardware, test method.