

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 проверяются 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 помехоустойчивость. 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).

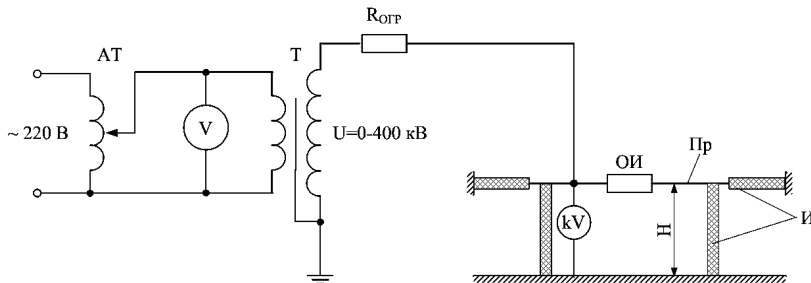


Рисунок 2 – Схема испытаний (переменное электрическое поле):
АТ – регулировочный автотрансформатор; V – вольтметр; Т – каскад трансформаторов; R_{огр} – токоограничивающее сопротивление; ОИ – объект испытаний (модуль); Пр – провод; И – изоляторы; кV – килвольтметр; H – высота подвеса провода

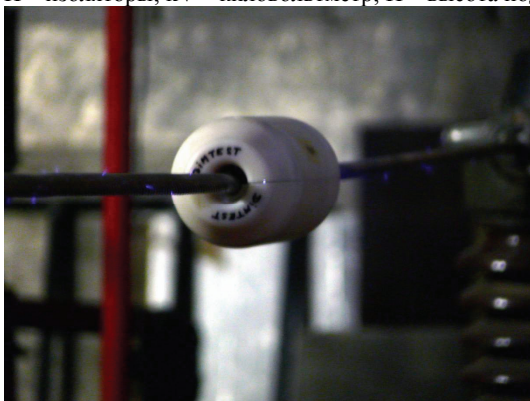


Рисунок 3 – Объект испытаний

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

$U_{НОМ(ЛИН.)}, \text{кВ}_{ДЕЙСТВ.}$	220	330	500
$E_{МАХ}, \text{кВ}_{АМПЛ./СМ}$	37,9	37,1	43,2
$E_{ПРОВ.}, \text{кВ}_{ДЕЙСТВ./СМ}$	26,8	26,2	30,5
$U_{ИСП.}, \text{кВ}_{АМПЛ.}$	178	175	203
$U_{ИСП.}, \text{кВ}_{ДЕЙСТВ.}$	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 проведения 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.

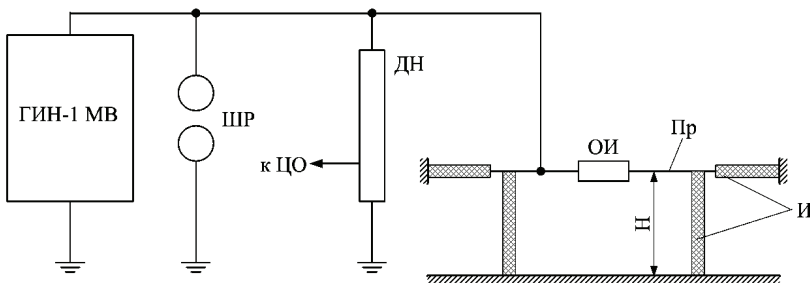


Рисунок 4 – Схема испытаний (импульсное электрическое поле): ШР – шаровой разрядник; ДН – делитель напряжения; ЦО – цифровой осциллограф

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

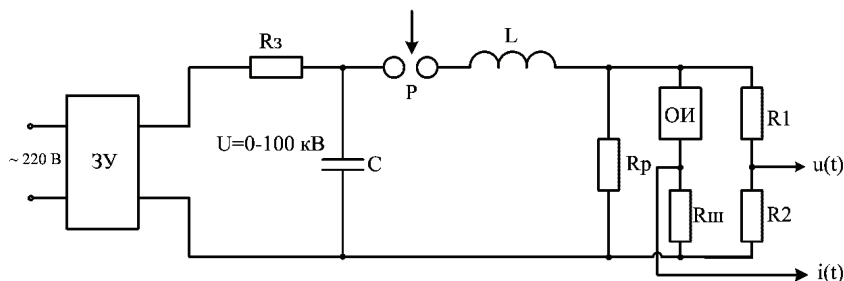


Рисунок 5 – Схема комбинированного генератора:

ЗУ – зарядное устройство; R_z – зарядное сопротивление; C – конденсаторная батарея ($C=5,1$ мкФ); P – разрядник; L – катушка индуктивности; R_p – разрядное сопротивление; ОИ – объект испытаний; $R_{ш}$ – измерительный шунт; R_1 - R_2 – омический делитель напряжения

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. Кужескин И.П., Ларионов В.П., Прохоров Е.Н. Молния

и молниезащита. – М.: Знак, 2003.

Поступила в редколлегию 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.