

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



К 80-летию Московского энергетического института

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА

**ШЕСТНАДЦАТАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

МОСКВА 2010

**ТОМ
3**

щего при гашении тока короткого замыкания коммутационным аппаратом, что отражено соответствующей серией зависимостей на рис. 1.

С помощью программного пакета ЕМТР рассмотрены случаи гашения КЗ предохранителем и возникающие при этом перенапряжения. Получен характер влияния постоянной времени на уровень возникающего перенапряжения.

В работе также рассмотрено моделирование гашения перенапряжений с помощью диодной защиты и варистора.

Для исследования работы системы постоянного оперативного тока на кафедре "Электрические станции" МЭИ в рамках инновационной образовательной программы создана специальная учебно-исследовательская установка постоянного тока. Она включает в себя все компоненты типовой СОПТ: ЩПТ, ЗВУ, а также батарею суперконденсаторов, заменяющую аккумуляторную батарею в режиме короткого замыкания.

Подготовлена программа испытаний, в ходе которых будут исследоваться перенапряжения, возникающие при коммутациях защитных аппаратов в цепях постоянного тока, а также эффективность различных методов защиты от этих перенапряжений. Схемы опытов будут повторять схемы соответствующих расчетов, сделанных в программе ЕМТР.

Литература

1. Гусев Ю.П. Компоненты СОПТ: Положительные тенденции и проблемы развития // Новости электротехники. 2005. № 31. С. 55.
2. Намитоков К.К., Ильина Н.А., Шкловский И.Г. Аппараты для защиты полупроводниковых устройств. М.: Энергоатомиздат, 1988.

С.А. Долин, асп.; рук. А.В. Трофимов, к.т.н., доц. (МЭИ (ТУ))

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ЖЁСТКОЙ ОШИНОВКИ НА ВЕТРОВОЙ РЕЗОНАНС

При эксплуатации жёсткой ошиновки ОРУ 110 кВ и выше возможно возникновение ветровых резонансных колебаний шин, обусловленных срывом вихрей с частотой, равной или близкой к частоте собственных колебаний шин.

В [2,3] показано, что устойчивые ветровые резонансные колебания не возникают, если амплитуды колебаний при вихревых возбуждениях, меньше допустимого значения. Амплитуда резонансных колебаний прямо пропорциональна квадрату диаметра шины и обратно пропорциональна её массе и логарифмическому декременту затухания. Для подавления устойчивых резонансных колебаний наиболее эффективно является увеличение

рассеяния энергии и, следовательно, логарифмического декремента затухания δ .

Экспериментально (в полевых условиях) проверить эффективность «отстройки» от ветровых резонансов затруднительно. Поэтому разработан и успешно реализован экспериментально-аналитический подход, который включает в себя экспериментальное определение δ при свободных колебаниях шин в вертикальной плоскости, расчёт амплитуды колебаний A при ветровом резонансе (например, согласно рекомендации [2]) и ее сопоставление с допустимым значением $A_{\text{доп}}$. Если $A \leq A_{\text{доп}}$, то устойчивые резонансные колебания не возникают.

Для проведения экспериментальных исследований свободных колебаний шин, а также колебаний шин при ветровых резонансах, разработан датчик измерения вибраций с использованием акселерометра, реализованы схема измерений и методика обработки полученных результатов.

Указанный подход был использован для определения эффективности «отстройки» от ветровых резонансов шинных конструкций напряжением 110, 220, 330 и 500 кВ различных производителей. Всего было испытано 35 модификаций 14 базовых шинных конструкций. Ряд измерений проводился при вихревых возбуждениях.

На каждой конструкции исследовалось влияние демпфирующих устройств, шинодержателей и других элементов жёсткой ошиновки.

Результаты работы показали, что с увеличением длины пролёта шины снижается логарифмический декремент затухания (рассеяние энергии) и возрастает опасность возникновения ветровых резонансов. В конструкциях до 110 кВ наиболее простым и экономичным является демпфер в виде провода, проложенного внутри трубчатой шины [3]. В ряде случаев этот демпфер достаточно эффективен для ошиновки конструкций 220 кВ. Однако для этих конструкций существенное влияние оказывает также конструкция шинодержателей. В ошиновке конструкций 330 и 500 кВ для подавления резонансных колебаний, как правило, приходится применять демпфирующие устройства специальной конструкции. Тем не менее в ряде случаев применение демпферов недостаточно и требуется увеличение массы шины (за счёт увеличения толщины её стенки). Один из вариантов демпфирующего устройства для этого типа жёсткой ошиновки предложен автором.

Литература

1. Долин А.П., Шонгин Г.Ф. Открытые распределительные устройства с жесткой ошиновкой. М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. СТО 56947007-29.060.10.006-2008. Методические указания по расчету и испытаниям жесткой ошиновки ОРУ и ЗРУ 110-500 кВ. М.: ФСК.2007.
3. СТО 56947007-29.060.10.005-2008. Руководящий документ по проектированию жёсткой ошиновки ОРУ 110 – 500 кВ. М.: ФСК, 2007.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЕТРОВУЮ И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ ЖЕСТКОЙ ОШИНОВКИ

В настоящее время жесткая ошиновка все более широко используется при сооружении ОРУ 110-750 кВ подстанций и электростанций, поскольку она позволяет создать компактные и экономичные распределительные устройства.

Выбор и расчет жесткой ошиновки ОРУ 110 кВ и выше проводится по допустимым температурным удлинениям, условиям короны, нагреву в рабочих режимах, термической стойкости; допустимым изоляционным расстояниям в рабочих режимах и при КЗ, допустимым прогибам шин от собственного веса (в том числе с учетом гололеда), отстройке ошиновки от ветровых резонансов, стойкости при гололедных, ветровых и электродинамических нагрузках, а также при сочетании нагрузок [1, 2].

В работе исследовались эффективность отстройки от ветровых резонансов, а также зависимость ветровой и электродинамической стойкости при неуспешных АПВ от логарифмического декремента затухания δ и других параметров. Логарифмический декремент затухания ошиновки зависит от конструкции шинодержателей, типа демпфера, а при колебаниях в горизонтальной плоскости от типа изолятора.

Проведены испытания различных типов шинных конструкций напряжением 110-500 кВ с шинодержателями различного исполнения. Исследовалась эффективность различных гасителей вибрации. В соответствии с требованиями [2] проведены расчеты более 30 типов и модификаций шинных конструкций. Результаты расчетов эффективности отстройки от ветровых резонансов, электродинамической стойкости при неуспешных АПВ, а также при сочетании электродинамических, ветровых и гололедных нагрузок для некоторых конструкций приведены в таблице.

Проведенные исследования показали следующее.

1. Наиболее эффективными способами отстройки от устойчивых ветровых резонансных колебаний являются увеличение рассеяния энергии за счет изменения конструкции шинодержателей и применение более эффективных демпфирующих устройств.

2. В ряде случаев определяющим для выбора прочности изоляторов является условие электродинамической стойкости при неуспешных АПВ. Согласно [2, 3] эти расчеты дают оценки стойкости с запасом. Учет реальной продолжительности КЗ для РУ с современными элегазовыми выключателями может снизить расчетные значения наибольших нагрузок на изоляторы и напряжений в материале шин при повторных включениях на КЗ

и обосновать использование более экономичных решений без снижения требований надежности ошиновки.

Таблица

Результаты испытаний

| U, кВ | D/d, мм | Шинодержатель | Демпфер | δ | Соответствие требованиям | | |
|-------|---------|---------------|--------------------------|----------|--------------------------|---|---|
| | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 110 | 80/60 | Литой | Провод АС 120/19, 9 м | 0,189 | + | + | + |
| | | | Стержень, 9 м, 1,58 кг/м | 0,042 | + | + | - |
| 110 | 100/90 | Сварной | Провод А185, 4 м | 0,217 | + | + | + |
| | | | Пруток, 4 м, 0,395 кг/м | 0,078 | - | - | - |
| 220 | 160/140 | Два хомута | Провод АС 400/51, 15,4 м | 0,093 | + | + | + |
| | | | Труба, L=198 см, 16 кг/м | 0,076 | + | - | - |

Примечания: 1. D и d — внутренний и внешний диаметры шины.

2. Требования: 1 — отстройка от ветрового резонанса; 2 — электродинамическая стойкость при неуспешных АПВ; 3 — сочетание нагрузок.

3. «+» и «-» — обозначение соответствует и не соответствует требованиям [2].

Литература

1. Долин А.П., Шонгин Г.Ф. Открытые распределительные устройства с жесткой ошиновкой. М.: Энергоатомиздат, 1988.

2. СТО 56947007-29.060.10.006-2008. Методические указания по расчету и испытаниям жесткой ошиновки ОРУ и ЗРУ 110-500 кВ. М.: ФСК. 2007.

3. ГОСТ 50736-20073. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока КЗ.

Е.С. Зайцев, студ.; рук. В.Д. Лебедев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЦЕПЕЙ С ИНДУКТИВНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЯ

К трансформаторам напряжения - источникам информации о напряжении прикладываются все возрастающие требования по точности, одновременно возрастают требования по надёжности и взрывобезопасности. Работа обычных электромагнитных трансформаторов напряжения ТН во время переходных процессов может приводить к возникновению феррорезонансов [1, 2].

Меры по борьбе с феррорезонансными явлениями изложены в литературе [1-3] и в руководстве по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений (РД 153-34.3-35.125-99), где в качестве одной из основных мер по борьбе с феррорезонансными явлениями является использование антирезонансных трансформаторов напряжения.