

УДК 621.315.1(574)

Д.К. АБИШЕВА, студент гр. ЭЭ-13-5 (КарГТУ)

Научный руководитель В.В. КАВЕРИН, к.т.н., доцент (КарГТУ)

Казахстан, г. Караганда

ТОКИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ КАК ФАКТОР АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Основными компонентами воздушных линий электропередач (ВЛЭП) являются токоведущие провода, опоры, подвесные изоляторы, грозотросы и электродуговые воздушные разрядники. Опоры бывают различных модификаций, но большая их часть конструктивно являются опорами портального типа. Опоры состоят из железобетонных вертикальных стоек, горизонтальных траверс, тросовых оттяжек, анкерных болтов и контура заземления [1]. Выход из строя одного из элементов линий приводит к большим экономическим потерям для организации, эксплуатирующей данные линии электропередач [2].

Специалистами кафедры АПП КарГТУ совместно с сотрудниками фирмы, эксплуатирующей линии электропередач, АО «KEGOC» определены основные негативные факторы, оказывающие существенное влияние на надёжность элементов конструкции и активные потери ВЛЭП: ток утечки подвесного изолятора; обледенение токоведущих проводов ВЛЭП, а также электрохимическая коррозия элементов крепления опор портального типа, расположенных под землёй.

С целью снижения активных потерь и сокращения времени поиска, вышедших из строя подвесных изоляторов, необходимо реализовать текущий контроль токов утечки и своевременно локализовать места повреждения, средствами контрольно-индикационных датчиков. Для разработки комбинированных контрольно-индикационных датчиков тока утечки необходимо выполнить анализ физических свойств токов утечки [3].

Ток утечки подвесного изолятора имеет две составляющие: фоновый ток, характеризующий активные потери, а также ток частичных разрядов, при превышении которого максимально допустимой величины возникает электродуговое перекрытие подвесного изолятора, которое приводит к отключению линии электропередач от источника энергии [2].

Энергия фонового тока промышленной частоты 50 Гц расходуется на нагрев подвесного изолятора и земли, по причине того, что нейтраль повышающих трансформаторов источника энергии заземлена.

Частичные разряды представляют собой электродуговые разряды по поверхности изолятора, энергия которых расходуется на ионизацию по-

верхности изолятора и воздуха окружающей среды, которые ведут к снижению его электрической прочности и как следствие к увеличению активных потерь электроэнергии. Дополнительно частичные разряды формируют ионизированный токопроводящий канал и как следствие электродуговому перекрытию подвесного изолятора с последующим аварийным отключением участка линии от источника электроэнергии.

Наиболее перспективным средством снижения негативного влияния токов утечки подвесных изоляторов является их текущий контроль. Поэтому исследование токов утечки подвесных изоляторов и разработка средств контроля имеет большое практическое значение и является актуальным.

Для проведения лабораторных исследований необходимо изготовить макет многофункционального испытательного стенда в соответствии с рисунком 1.

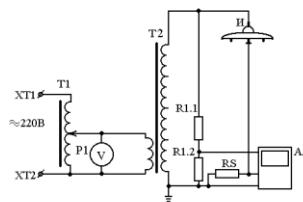


Рисунок 1- Схема стенда для определения характеристик тока утечки изоляторов

Где: Т1 – лабораторный автотрансформатор; Р1 – вольтметр; Т2 – повышающий трансформатор; И – изолятор; А5 – цифровые осциллографы; R1.1, R1.2 – резистивный делитель датчика напряжения сопротивлением RS – измерительный шунт сопротивлением 880 Ом.

Лабораторный стенд состоит из лабораторного автотрансформатора Т1 – марки ЛАТР 1М, посредством которого осуществляется регулирование напряжения на зажимах первичной обмотки трансформатора Т2. Технические характеристики трансформатора Т1 представлены в таблице 2. Осциллографом А5 – одновременно регистрировались два параметра – ток изолятора и падение напряжения на изоляторе.

В процессе экспериментальных исследований осциллографировались следующие параметры:

- напряжение на выходных зажимах трансформатора Т2, посредством резистивного делителя R1.1 и R1.2 (рисунок 1), зависимость напряжения в функции времени на осциллограмме (рисунок 2) представлена, синим цветом;

- ток протекаемый через изолятор при действующем значении напряжении на зажимах вторичной обмотки 15 кВ.

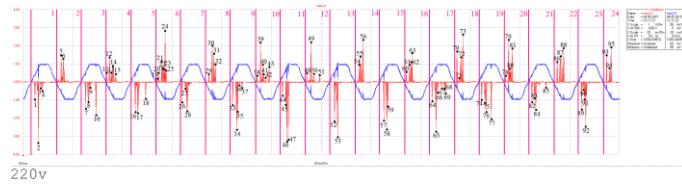


Рисунок 2 - Диаграмма напряжения и тока

С целью формирования пакета рекомендаций для разработки датчика тока частичных разрядов выполнены следующие экспериментальные исследования с последующей графо – аналитической обработкой полученных экспериментальных результатов:

- на лабораторном стенде (рисунок 1) получены осциллограммы тока протекающего через изолятор и напряжения на нём;
- средствами графического редактора и программного приложения к осциллографу фирмы FLUKE определены временные и амплитудные параметры выборок,
- средствами табличного редактора Excel созданы массивы для каждой выборки, где учитывались амплитудные и временные параметры токов частичных разрядов (ТЧР) в рамках каждого интервала для всей выборки;
- с использованием численных методов, а также табличных и графических редакторов созданы зависимости плотности распределения энергетических характеристик ТЧР.

Определение плотности распределения ТЧР относительно одного периода напряжения на изоляторе реализовалось следующим образом (рисунок 2):

Параметры выборок представлены в таблице 3.

Таблица 3. Характеристики выборок.

| № выборки | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| Временной интервал выборки, мс | 0-240 | 240-480 | 480-720 | 720-960 | 960-1200 | 1200-1440 | 1440-1680 |
| Количество секторов | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Количество импульсов в выборке | 95 | 104 | 95 | 111 | 122 | 120 | 116 |

Целью анализа выборок является определения необходимого и достаточного количества секторов для построения зависимости плотности распределения ТЧР.

Выборки можно условно разделить на большие и малые, так как в математической статистике используются различные подходы в зависимости от объёма выборки. Считается, что выборки объёма больше 30 можно

отнести к большим. В связи с тем, что в каждой из анализируемых выборок (Таблица 1) не меньше 95 импульсов ТЧР все выборки можно отнести к классу больших.

Формирование выборок соответствует районированному типу. В случае неоднородной генеральной совокупности, прежде, чем использовать вероятностную выборку с любой техникой отбора, рекомендуется разделить генеральную совокупность на однородные части, такая выборка называется районированной. Группами районирования могут выступать как естественные образования (например, диаграммы ограниченные возможностями индикационной техники), так и любой признак, заложенный в основу исследования. Признак, на основе которого осуществляется разделение, называется признаком расслоения и районирования. Также при формировании выборок использовался стратометрический отбор - с выделением секторов заданным временным интервалом. При данном способе формирования выборки генеральная совокупность делится на выборки, обладающие определёнными характеристиками (диапазон анализируемой амплитуды, временные интервалы), и отбираются ТЧР с соответствующими характеристиками.

1. Форматирование осцилограмм осуществлялось по следующему алгоритму:

- разделение осцилограмм по секторам (каждый сектор соответствует одному полупериоду напряжения промышленной частоты с последующей их нумерацией) причём нечётные нумерации секторов соответствуют положительным полуволнам переменного напряжения промышленной частоты, а чётная - отрицательным.

- последовательная слева направо сквозная, в рамках одной осцилограммы, нумерация анализируемых импульсов ТЧР. Анализировались осцилограммы амплитудой 1:10 относительно максимальной амплитуды ТЧР.

2. Определение достаточности количества обрабатываемых осцилограмм одинаковой продолжительностью (программное обеспечение осциллографа FLUKE позволяет формировать осцилограммы максимальной продолжительностью 240 мС (при масштабе по времени 20 мС/кл), что соответствует 12 периодам напряжения частотой 50 Гц) с последующим графоаналитическим обобщением частичных разрядов в рамках одного периода напряжения.

Получая графически представленные зависимости распределения в рамках одного периода напряжения для одной осцилограммы для двух осцилограмм и т. д. с последующим сравнением нормированных и приведённых зависимостей. В том случае когда закон распределения последующей выборки осцилограмм относительно предыдущей будет отличаться менее чем на 10% тогда можно считать количество обрабатываемых осцилограмм достаточным.

Следующим этапом все пронумерованные импульсы ТЧР, в рамках одной осциллограммы, сконфигурированы относительно одного полного периода напряжения на изоляторе. Результаты для пяти осциллограмм представлены на рисунке 3.

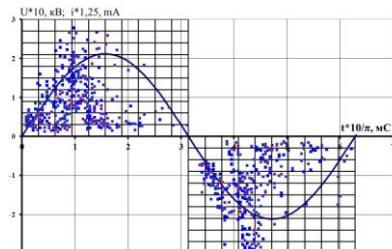


Рисунок 3 - Распределение ТЧР относительно напряжения на изоляторе.

Зависимости распределения суммарного значения ТЧР ($I_{t\Sigma}$) в функции времени относительно диаграммы напряжения прикладываемого к изолятору были построены с использованием табличного редактора Excel и представлены на рисунке 4.

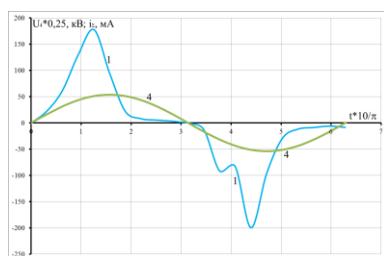


Рисунок 4 - Зависимость плотности распределения амплитудных значений ТЧР в функции напряжения на изоляторе

Импульсы ТЧР относительно диаграммы напряжения прикладываемого к изолятору, имеют максимальную концентрацию в первой третьей четвертых синусоидальной зависимости напряжения.

Список использованной литературы

1. Линии электропередач сверхвысокого напряжения: конструктивные особенности: электротехнический форум «Электротехника и Электромонтажные работы». 2009-2015. URL: <http://forum220.ru/lep-svn.php>
2. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / - М.: ЭНАС, 2009. – 456с.
3. М. И. Фурсанов, Ю. Л. Богатырёв, П. В. Криксин. Диагностика состояния изоляции ЛЭП 110 кВ под рабочим напряжением. Журнал для энергетиков «Энергия и Менеджмент» №2. Минск, 2011г.-28с.