

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ПОВРЕЖДЕНИЯ ОПОР ВЛ 6-10 кВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРОТЕКАНИИ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

Сумерский Константин Петрович

магистрант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», РФ, г. Волгоград

Введение

При эксплуатации воздушных линий 6-10 кВ периодически встречаются случаи уменьшения несущей способности и, как следствие, разрушение стоек железобетонных опор по причине длительного протекания тока однофазного замыкания на землю (ЗНЗ).

К причинам замыканий помимо перекрытия изоляции, обрывов проводов в результате ветровых порывов, технологических работ можно отнести набросы и касания деревьев опор и земли проводами и др. Наиболее часто встречающимся типом повреждения ВЛ 6 – 10 кВ являются именно однофазные замыкания на землю, вероятность повторяемости которых составляет 70-80% от общего числа (Хакимзянов, 2014; Шуин; 1993).

В таком режиме при однофазном замыкании на землю продолжительностью до 2 часов допускается работа в сетях с изолированной нейтралью. Данная проблема и ее пути решения являются актуальными ввиду необходимости повышения надежности электроснабжения потребителей в энергосистеме большой сетевой протяженности.

О характере повреждений опор при длительном протекании тока однофазного замыкания на землю

Работа направлена на выявление особенностей характера повреждения опор ВЛ 6-10 кВ при длительном протекании тока однофазного замыкания на землю и определение оптимальных мер предотвращения.

Анализ литературных данных об показателях надежности элементов сети ВЛ 10 кВ, однофазных замыканиях на землю в воздушных линиях 10 кВ на железобетонных опорах, электрических свойств бетона, определения характера и места однофазного повреждения в электрических сетях, а также целостности железобетонных опор при однофазных замыканиях на землю в воздушных линиях 10 кВ, позволяет выявить особенности характера повреждений, а также физических процессов, протекающих в теле опор ВЛ 6-10 кВ (Шерстобитов).

В рамках представлений рабочей модели (Шерстобитов) полагается, что замыкание на землю вызывает за собой нагревание тела опоры и грунта, в зависимости от тока и сопротивления заземления, постепенно снижающегося. Если в условиях влажного грунта достигнуто нормальное сопротивление заземления, то замыкание на землю сопровождается интенсивным выпариванием влаги, вызывающим рост сопротивления заземления.

При этих процессах тело опоры оказывается под напряжением. Дуговые замыкания вызывают разрушение железобетонных опор, плавится грунт, в котором укреплены опоры. Возможны случаи, когда на пути протекания токов ЗНЗ образуются цельные грунтовые глыбы или лучи.

Падение конструкций опор, крепления которых подверглись повреждениям, влечет за собой обрывы проводов, следовательно, возможность перехода от однофазных дефектов (замыканий) в междуфазные.

Падение стоек железобетонных опор в результате ослабления несущей способности от протекания тока однофазного ЗНЗ может повлечь за собой повреждения конструкций соседних опор.

Протекание токов ЗНЗ создает опасные шаговые напряжения и напряжения прикосновения, которые могут быть опасны для людей и животных. Иногда при однофазном замыкании на землю грунт в месте установки опоры с поврежденной изоляцией подсыхает, переходное сопротивление возрастает, и ток замыкания пропадает. Однако возникает опасность поражения людей и животных электрическим током при касании опоры с поврежденной изоляцией. С этой точки зрения, важность учета метеорологических условий, в которых производится выявление и анализ явных и латентных повреждений высока.

К особенностям замыканий на землю в сетях 6 – 10 кВ можно отнести то, что они не сопровождаются большими токами повреждения, не изменяют систему линейных напряжений и не сопровождаются перебоями электричества для потребителей (Солдатов, 2015). Это дает толчок к усложнению системы определения наличия и конкретных локаций таких повреждений и появлению целого спектра дистанционных методов определения, включая метод стоячих волн, импульсный, емкостный, петлевой и топографические методы: индукционные, электромеханические, акустические, потенциальные. Таким образом, универсального высокоскоростного метода с высокой чувствительностью к изменениям выбранного согласно методу критерия и к пространственной локализации не существует (Лхамсурэн, 2017).

Одним из средств минимизации вероятности наступления повреждения опор ВЛ 6-10 кВ, имеющих большие запасы прочности по изоляции, при длительном протекании тока однофазного замыкания на землю служат сети с компенсированной изолированной нейтралью, с отсутствием соединений с землей. Суть построения сетей с компенсированной нейтралью заключается в балансировке емкостной составляющей линий с помощью индуктивности, включенной в цепи нейтрали. Результатом такой компенсации является минимизация токов повреждения на землю (Петрухин, 2009).

Перспективным подходом считается заземление нейтрали через резистор, различая высокоомный и низкоомный типы заземлений. При омном заземлении эффект накопления зарядов на фазах сети при дуговом перемежающемся ОЗЗ сводится к минимуму. При этом суммарный емкостный ток в 1.4 раза меньше, чем для сети с изолированной нейтралью.

Для сетей 10 кВ для защиты от замыканий на землю, также предложен метод наложения на первичные цепи обмотки статора вспомогательного (контрольного) тока, в частности, постоянного тока или тока с частотой 25 Гц.

В данной статье мы рассматриваем один из возможных путей минимизации наступления повреждений опор путем уменьшения проводимости электрического тока стойками опор, изменяя их диэлектрические свойства с целью повышения надежности электроснабжения потребителей в энергосистеме.

Наилучшим проводником электрического тока в теле типовой железобетонной опоры ВЛ является арматурный каркас, а бетон является полупроводником лишь при наличии значительного количества влаги в теле конструкции. С этой точки зрения, для уменьшения вероятности длительного протекания тока однофазного замыкания возможно применение специальной арматуры, обладающей большим сопротивлением к протеканию электрического тока (путем замещения металлического каркаса на арматуру из композитных материалов).

Приведем сравнительную характеристику металлической и композитной арматуры:

Характеристика	Арматура	
	Металлическая класса А III	Композитная «Арматек»
Материал	Сталь	Стекловолокно, связанный полимером на основе эпоксидной смолы
Предел прочности при растяжении, МПа	390	1200
Модуль упругости, МПа	200000	55000
Кэф-т линейного расширения, $\alpha \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	25	2,2
Кэффициент теплопроводности, Вт/(м °С)	46	0,35
Плотность, т/м ³	7,8	1,9
Коррозионная стойкость	корродирует	Не подвержен коррозии
Тепло – и электропроводность	ДА	НЕТ
Выпускаемые профили	6 – 80	4 – 20
Выпускаемая длина	Стержни 6 – 12 м	По заявке покупателя
Долговечность	Для обеспечения долговечности по СНиП требует защиты	Защиты не требует. Расчётная долговечность не менее 80 лет

Рисунок. Сравнительная характеристика металлической и композитной арматуры

Сравнение характеристик металлической и композитной арматуры показывает, что композитная арматура не подвержена коррозии и не проводит тепло и ток. Для достижения повышения сопротивления стоек железобетонных опор к протеканию через них электрического тока замыкания на землю предлагается решить задачу расчета несущей способности типовых стоек железобетонных опор с применением в них новых композитных материалов вместо металлического каркаса, изготовлением опытного образца и проведением опытных испытаний.

Обсуждение и результаты

Анализ данных литературы по проблеме повреждения опор ВЛ 6-10 кВ при длительном протекании тока однофазного замыкания на землю, в том числе методов определения повреждений указал на существенное разнообразие видов и характера повреждений, а также структуры и атмосферных условий работы электрических сетей. Показано, что при токах замыкания на землю менее 10 А возможны протекания необратимых процессов деструктивных преобразований железобетонных опор, приводящих к росту вероятности выхода из рабочего строя. При этом, что важно, замыкания могут носить перемежающийся во времени характер в зависимости от режима ветра и влажности воздуха.

При условии соблюдения всех требований действующих технических регламентов и нормативно-технических документов, предлагается оптимальное улучшение характеристик стоек опор ВЛ 6-10 кВ на основе применения арматурного каркаса из композитных материалов. Это повлечет за собой повышение устойчивости воздушных линий 6-10 кВ к токам однофазного замыкания на землю и повышению надежности электроснабжения потребителей в энергосистеме.

Список литературы:

1. СТО 59012820.29.020.002-2012. Стандарт организации ОАО «СО ЕЭС». Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при создании и организации эксплуатации. Издание официальное, Москва. 2012. - 5-8 с. 26
2. Бернацкий А.Ф. – Электрические свойства бетона
3. Забелло Е.П. – Однофазные замыкания на землю в воздушных линиях 10 кВ на ж/б опорах.
4. 4. Лхамсурэн Э. Совершенствование технологии поиска замыкания на землю воздушных линий 10 кВ в сети с изолированной нейтралью / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // М.: 2017. – 184 с.
5. Петрухин А. А. Совершенствование методов и технических средств определения мест повреждений воздушных ЛЭП 6-35 кВ на основе активного зондирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Петрухин А. А. - Иванова, 2009.
6. 6. Солдатов С.В. Совершенствование методов расчета и обнаружения аварийных режимов сельских электрических сетей 10 кВ по наведенным напряжениям / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Кострома.: 2015. – 200 с.
7. Хакимзянов Э. Ф., Мустафин Р. Г., Исаков Р. Г. Измерительный орган сопротивления, выявляющий двойное замыкание на землю в распределительных сетях 6-35 кВ / Релейная защита и автоматизация-2014. № 03. С. 29-35.
8. Р.М. Шерстобитов (Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №1'2012)- Исследования целостности железобетонных опор при однофазных замыканиях на землю в воздушных линиях 10 кВ.
9. Шуин В. А., Гусенков А. Г., Дроздов А. И. Централизованное направленное устройство сигнализации однофазных замыканий на землю с исследованием переходных процессов / Электрические станции. 1993. № 9. С. 53-57.
10. Юндин М.А. – Определение характера и места однофазных повреждений в сельских электрических сетях 10 кВ.