

Влияние состояния заземляющих устройств энергообъектов на надежность работы релейной защиты автоматики

В процессе эксплуатации энергообъекта возникают повреждения отдельных ее элементов. Наиболее опасными и частыми видами повреждений являются короткое замыкание (КЗ) между фазами электрооборудования и однофазные КЗ на землю в сетях с большими токами замыкания на землю. В электрических машинах и трансформаторах наряду с междуфазными КЗ и замыканиями на землю имеют место витковые замыкания. Вследствие возникновения КЗ нарушается нормальная работа энергосистемы и системы энергоснабжения, что создает ущерб промышленным предприятиям.

При протекании тока КЗ элементы системы электроснабжения подвергаются термическому и динамическому воздействию. Для уменьшения размеров повреждения и предотвращения развития аварии устанавливают совокупность автоматических устройств, называемых релейной защитой и автоматикой (РЗИА) и обеспечивающих с заданной степенью быстротой отключения поврежденного элемента или сети (1).

На надежность работы релейной защиты и автоматики влияет множество факторов, одним из которых является состояние заземляющих устройств.

Заземляющие устройства (ЗУ) на электростанциях и подстанциях (ПС) являются ответственными элементами энергообъекта, выполняющими основные функции защиты:

- людей от поражения электрическим током (*защитное заземление*),
- проводника электрического тока при замыканиях на землю и ударов молнии (*рабочее заземление*).

Заземляющие устройства – сложное техническое сооружение, состоящее из контуров заземления, проложенных в виде сетки в земле, и множества проводников, соединяющих корпуса и выводы электрооборудования, щиты переменного тока, панели релейной защиты (РЗ) с контуром заземления, а также отдельные контуры между собой. Они выполняются из материалов (как правило, из стальной полосы), которые со временем меняют свои механические свойства, подвергаясь коррозии и повреждениям.

Если заземляющее устройство выполнено с отступлениями от проекта или нарушены его цепи эксплуатации, то может неправильно сработать релейная защита и автоматика (РЗ и А), а также выходить из строя сами заземляющие устройства, кабели вторичных коммутации, воздухопроводы воздушных выключателей и элементы их конструкций, так как в перечисленных случаях при близких коротких замыканиях токи в перечисленных устройствах и цепях достигают недопустимых значений.

При правильно рассчитанных и соответствующим образом эксплуатируемых заземляющих устройств, последние могут обеспечивать также требования электромагнитной совместимости устройства РЗ и А, телемеханики, связи автоматизированных систем управления (АСУ) с электроустановками, в которых они работают. Это особенно важно для микропроцессорных устройств.

В последние годы во многих энергосистемах участились случаи проявления негативных явлений из-за некачественного выполнения и низкого уровня эксплуатации заземляющих устройств. При этом имели место выгорания контактов цепей или даже целых панелей с токовыми цепями, ложная работа релейной защиты разных уровней напряжения первичной сети, отказ действия автоматического повторного включения (АПВ) из-за перегорания предохранителей в цепях постоянного оперативного тока, отключения автоматов во вторичных цепях трансформаторов напряжения (ТН) и т.д.

Для определения состояния заземляющих устройств используется, как правило, метод измерения сопротивления растекания тока. Иногда измеряются напряжения прикосновения или шаговое напряжение. На практике применяется также оценка сопротивления связей оборудования с контуром заземления путем имитации токов КЗ. Степень износа заземлителей можно выявить при вскрытии грунта.

Однако это не дает полной картины реального состояния заземляющих устройств. Сопротивление растеканию тока – интегральная характеристика, напряжение прикосновения измеряется без учета мест прокладки реального заземлителя, а при измерениях сопротивления связей не учитывается тот факт, что на энергообъекте связи оборудования с контуром заземления могут осуществляться не только через заземлители, но и через экраны, броню кабелей и воздухопроводы, не рассчитанные на ток КЗ.

В последнее время появились новые методы определения состояния заземляющих устройств, а также его эффективности в обеспечении электромагнитной совместимости. При диагностировании заземляющих устройств контролируются:

- состояние выравнивающей сетки из горизонтальных заземлителей (размер ячеек, глубина прокладки заземлителей, соединение и степень износа заземлителей);
- наличие связи оборудования с заземляющим устройством (протяженность и сечение соединительных проводов, места и целостность присоединений, глубина прокладки в грунте);
- сопротивление растекания тока и связей по заземляющему устройству.

Токи в оболочках и нулевых проводниках (имеющих соединение с заземляющим устройством) кабелей и трубопроводах при имитации КЗ.

По результатам измерений определяется соответствие состояния заземляющих устройств, проектным условием и требованием нормативных документов (ПУЭ и ПТЭ). При использовании данной методики на подстанциях и электростанциях, в ряде электростанций было установлено, что на обследованных объектах целостность контура заземления и соответственно равномерная сетка искусственного заземлителя, как правило, нарушены, а это приводит к появлению опасных потенциалов прикосновения на оборудовании. Силовые трансформаторы часто недостаточно связаны с открытым распределительным устройством (ОРУ), к которому они подключены.

В некоторых случаях отдельные элементы оборудования или целая их группа не имеют связи с искусственными заземлителями, но заземлены через кабели. Данная методика позволяет определить не только фактор наличия или отсутствия связи с заземлителем, но и ее качество.

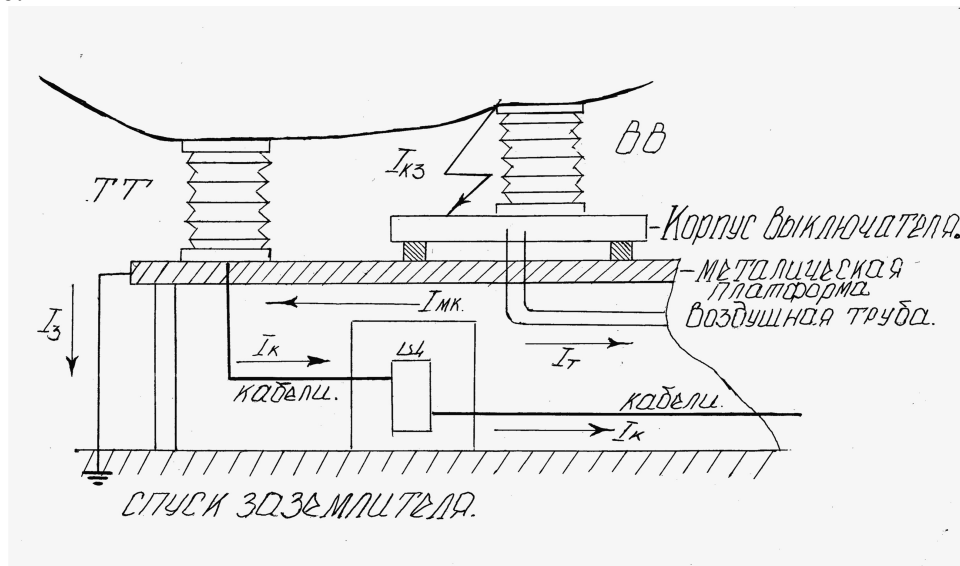


Рис. 1 Возможные схематические пути растекания тока КЗ с оборудования, которое связано с заземляющим устройством.

где $I_з$ - ток проходящий по заземляющему спуску, I_k - ток проходящий по кабелям,

I_t - по трубам, $I_{мк}$ - по металлоконструкциям

На рис. 1 приведены возможные схематические пути растекания тока КЗ с оборудования, которое связано с заземляющим устройством, не только заземляющим спуском ($I_з$), но и кабелями (I_k), трубами (I_t), и другими металлоконструкциями ($I_{мк}$), ($I_{кз} = I_{мк} + I_t = I_з + I_k + I_t$). Далее на примере одной из электрических станций приведен перечень выявленного при обследовании незаземленного оборудования на подстанциях разного напряжения (кВ) 500... 4-трансформатора тока (ТТ), 11-выключателей (В), 9-шкафов,

1-конденсатор связи (КС), 3-шинных разъединителей (ШР)
 220... 2-выключателя, 1 конденсатор связи, 6-ТТ, 1-ТН, 2- разрядника,
 1- автотрансформатор (АТ)

110... 1- силовой трансформатор, 3 –ШР, 1-В, 1-АТ, 1- разъединитель, 1- портал

В таблице 1. представлены средние значения параметров заземляющих устройств и их среднеквадратичные отклонения, полученные при обследовании нескольких электрических станций. (3)

Таблица 1.

Параметры заземляющих устройств.	Среднее значение.	Среднеквадратические отклонения.
Количество незаземленного оборудования (шт)	6	--
Количество оборудования, связанного с ЗУ через вторичные цепи (шт)	7	--
Продольные поперечные коэффициенты регулярности заземляющей сетки*	0,77/0,76	0,13/0,14
Продольные поперечный размеры (м) ячеек заземляющей сетки для ОРУ разного напряжения 110кВ 220кВ	15,6/9,3 17,0/9,1	5,9/3,9 7,0/4,0
Глубина залегания горизонтальных заземлителей (м)	0,3	0,3
Длина присоединяющего заземлителя (м)	2,0	1,9
Число заземлителей, связывающих между собой заземляющие устройства ОРУ различных классов напряжения (шт)	4	3,1
Соппротивления растекания тока ЗУ (Ом)	0,26	0,13

* Определяются как отношение средней длины продольных (поперечных) заземлителей к продольному (поперечному) размеру заземляющих устройств.

Далее в таблице 2 показано количественное распределение незаземленного (т.е. заземленного через вторичные цепи) силового оборудования по функциональному назначению:

Таблица 2.

Наименование.	Количество %
Шкафы управления вторичной коммутации	30,3(23,9)
Выключатели	25,6 (46,5)
Трансформаторы тока	11,3
Разъединители	10,5(16,4)
Конденсаторы ВЧ связи	4,5(1,3)
Силовые трансформаторы	3,0(3,1)
Дугогасящие катушки	2,3
Разрядники	3,0(1,9)
Трансформаторы напряжения	2,3(1,3)
Трансформаторы собственных нужд	1,5(3,8)
Мачты освещения	1,5
Заземляющие ножи	1,5
Опорные изоляторы	0,75(0,6)
Прочее оборудование	1,5(1,2)

Таким образом, при проверке обеспечения требования электромагнитной совместимости должны осуществляться следующие виды деятельности:

- анализ проектной документации;
- измерения по определению путей растекания тока при КЗ;
- измерения импульса помех, наводимых в цепях R_з и A в результате взаимного влияния кабелей;

Анализ результатов измерений и определение соответствия заземляющих устройств, прокладки кабелей защиты, требованиям нормативных документов, а также оценка последствий при КЗ и поражения объектов молнией должны разрабатываться рекомендации по устранению недостатков и предотвращению опасных влияний на аппаратуру.

При анализе результатов измерений и разработке рекомендации нами использованы национальные и международные нормативные документы, а также специальная рекомендуемая литература.

Список литературы

- 1) А.А. Федоров. Л.Е. Старкова Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования Москва: «Энергоатомиздат» 1987-368.с
- 2) П.А. Долин Основы техники безопасности в электроустановках Москва: «Энергоатомиздат» 1984-448 с.
- 3) Энергетик № 9 Москва НТФ «Энергопрогресс» 1999-40с.