

ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ И ВЛ 110 КВ И ВЫШЕ С УЧЕТОМ КОРРОЗИЙНОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТА

Заземляющие устройства (ЗУ) энергообъектов подвергаются совместному воздействию грунтовой (почвенной) коррозии, вызываемой окислительно-восстановительными реакциями, и токов короткого и двойного замыкания на землю, что приводит к разрушению заземляющих проводников в местах входа в грунт и непосредственно под поверхностью грунта, горизонтальных заземлителей, нижних концов вертикальных электродов [1]. В статье рассматриваются некоторые технические решения, позволяющие существенно снизить риск нарушений электроснабжения, обусловленных почвенным корродированием металла.

Дефекты ЗУ значительно снижают электробезопасность обслуживающего персонала и при воздействии коммутационных или внешних перенапряжений могут приводить к значительному народнохозяйственному ущербу, выражающемуся в недоотпуске электроэнергии потребителям вследствие отключения ответственных электроустановок, вызванного их повреждениями или ненормальными режимами работы. Одной из важнейших характеристик грунта, влияющих на активность процесса почвенного корродирования металла, является его электропроводность. В настоящее время разработаны подходы, позволяющие осуществлять выбор геометрических параметров заземляющих устройств подстанций (ПС) и воздушных линий электропередачи (ВЛ) в зависи-

мости от удельного электрического сопротивления грунта с учетом фактора корродирования.

Основные требования к заземляющим устройствам

Согласно [2] заземлители ВЛ, как вертикальные, так и лучевые, должны выполняться из круглой стали диаметром 12 мм, что в условиях Республики Беларусь обеспечивает им срок службы 50 и более лет. Для выявления тенденции корродирования и более точного прогнозирования срока службы заземлителей рекомендуется производить измерения удельного сопротивления грунта [1].

Применительно к проектируемым ПС согласно [3] заземляющие проводники выбираются исходя из требований, предъявленных к их механической проч-



М.А. ДРАКО,
м.т.н., заведующий
электротехнической
лабораторией отдела учета
и качества электроэнергии
РУП «Белэнергосетьпроект»



А.М. КОРОТКЕВИЧ,
к.т.н., директор
РУП «Белэнергосетьпроект»



А.П. ИВАНЕНКО,
главный инженер филиала
«Геофизическая экспедиция»
РУП «Научно-производственный
центр по геологии»

Таблица 1. Зависимость коррозионной активности грунта от его удельного сопротивления

Коррозионная активность грунта	Удельное сопротивление грунта, Ом·м
Весьма высокая	до 5
Высокая	5–10
Повышенная	10–20
Средняя	20–100
Низкая	100

Таблица 2. Значения электрического сопротивления осадочных горных пород четвертичного возраста по результатам полевых геофизических исследований, Ом·м

Горная порода	По данным геофизических исследований в скважинах (водонасыщенные породы)			По результатам вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)			
				водонасыщенные		сухие	
	от	до	сред.	от	до	от	до
Песок	80	350	180	90	280	300	10000
Супесь	40	100	80	40	250	180	550
Суглинок	30	40	35	30	40	50	150
Глина	15	30	20	10	30	15	30
Песок глинистый	70	120	90	70	150	300	800

Таблица 3. Сечение стальных вертикальных заземлителей в зависимости от агрессивности грунтов

Коррозионная активность грунта по отношению к стали	Рекомендуемый диаметр заземлителей	Допустимые к применению заземлители
Стальные вертикальные заземлители		
Весьма высокая	сталь круглая (СК) Ø 16 мм	–
Высокая	СК Ø 16 мм	–
Повышенная, средняя	для мягких грунтов – СК Ø 12 мм	сталь угловая (СУ) 63×63×6 мм
Низкая	для грунтов средней твердости – СК Ø 16 мм	для мягких грунтов – СУ 50×50×5 мм, для грунтов средней твердости – СУ 63×63×6 мм
Стальные-горизонтальные заземлители и заземляющие проводники		
Весьма высокая	СК Ø 16 мм	стальная полоса (СП) 20×10, 30×10, 40×10 мм
Высокая	СК Ø 14 мм	СП 20×8, 30×8, 40×8 мм
Повышенная, средняя	СК Ø 12 мм	СП 20×6, 30×6, 40×6 мм
Низкая	СК Ø 10–12 мм	СП 20×4, 30×4, 40×4 мм

ности, коррозионной и термической стойкости, а сечение вертикальных электродов ЗУ – в зависимости от их механической прочности и коррозионной стойкости.

В качестве основного фактора коррозионного воздействия на металлические элементы заземляющего устройства ПС [3] выделяет удельное электрическое сопротивление грунта, в котором они расположены. В таблице 1 приведена коррозионная активность грунта в зависимости от его удельного сопротивления.

Удельное электрическое сопротивление осадочных пород определяется степенью их водонасыщения (положение уровня грунтовых вод), глинистостью и минерализацией грунтовых вод. Значение удельного электрического сопротивления менее 5 Ом·м характерно только для водонасыщенных пород при минерализации грунтовых вод более 10 г/дм³. Наиболее типичная минерализация грунтовых вод Беларуси составляет 1,0 г/дм³. Значения, превышающие данную величину, обусловлены, как правило, техногенным загрязнением.

В таблице 2 представлены наиболее характерные значения элек-

трического сопротивления осадочных горных пород по результатам полевых геофизических исследований, проведенных специалистами филиала «Геофизическая экспедиция» и РУП «Белэнергосетьпроект».

Если минимально допустимый диаметр сечения элементов ЗУ определяется не термической стойкостью, а только механической прочностью, то его величина в зависимости от агрессивности грунта принимается по таблице 3. При этом применение форм заземлителей, не указанных в данной таблице, по условию коррозии не допускается.

Применительно к ВЛ согласно [2] в агрессивных грунтах для защиты заземлителей опор ВЛ от почвенной коррозии и удлинения срока службы заземляющего устройства рекомендуется применение стали увеличенного диаметра (до 16 мм), а в отдельных случаях – оцинкованной или омедненной стали, в зависимости от агрессивности грунта. Необходимый диаметр по условиям коррозии определяется расчетом.

В отдельных случаях [2] допускает следующие пути обеспечения защиты от коррозии:

- выполнение гидроизоляции заземлителя по длине 20 см в обе стороны от границы грунта посредством обмотки заземлителя хлопчатобумажной лентой, пропитанной горячим битумом;

- засыпка дна траншеи однородным грунтом слоем толщиной 10–15 см с последующей укладкой на него заземлителя и покрытие его тем же однородным грунтом слоем толщиной 10–15 см.

Что касается площади поражения коррозией, то здесь выделяются локальные, местные и общие разрушения, которые носят язвенный характер. Применительно к энергетическим объектам количественная оценка степени коррозионного износа производится выборочно по участкам контролируемого элемента ЗУ путем измерения характерных размеров элемента, зависящих от вида коррозии, после удаления с его поверхности коррозионных продуктов. При сплошной поверхностной коррозии характерными размерами являются линейные размеры поперечного сечения проводника (диаметр, толщина, ширина), измеряемые штангенциркулем, при местной язвенной коррозии – глубина отдельных язв, а также площадь язв на контролируемом участке.

Для определения коррозионного состояния ЗУ осмотр его элементов производится со вскрытием грунта с периодичностью не реже одного раза в 12 лет. Причем элемент ЗУ должен быть заменен, если разрушено более 50 % его сечения [4].

Анализ конструктивных дефектов ЗУ, вызванных грунтовой коррозией

Приведем некоторые характерные конструктивные дефекты ЗУ, обусловленные корродированием, выявленные при реконструкции одной из ПС 110 кВ Белорусской энергосистемы.

В результате наружного осмотра ЗУ, проведенного со вскрытием грунта, выяснено, что заземляющие спуски, смонтированные на оборудовании подстанции, выполнены из стали круглой (СК) диаметром 12 и 14 мм и стальной полосы (СП) размерами 17×3 мм, 22×3 мм, 30×8 мм и в большинстве случаев не имеют защитного покрытия. Коррозионные потери площади поперечного сечения заземляющих спусков не превышают 3–5 %, однако в переходной зоне (уровень земли) наблюдаются разрушения заземляющих спусков (рис. 1, 2), а также сварных соединений в узле присоединения заземляющих спусков к заземляющему устройству подстанции (рис. 3, 4). Элементы заземлителя ПС выполнены из СК диа-



Рис. 1. Разрушение заземляющего спуска в переходной зоне на секционном разъединителе ПС 110 кВ



Рис. 2. Разрушение в переходной зоне заземляющего спуска рельса силового трансформатора



Рис. 3. Разрушение сварного соединения на шинном разъединителе ТСН-1

метром 12, 14, 20 мм и СП размерами 25×5 мм, 30×8 мм, а сплошная коррозия элементов ЗУ составляет не более 15 % площади сечения.

Согласно проведенным измерениям удельное электрическое сопротивление грунта в месте расположения ПС 110 кВ составило 320 Ом·м, что свидетельствует о низкой коррозионной активности по отношению к стали. Вместе с тем данные, полученные в ходе геологических изысканий, показали, что площадка рассматриваемой ПС расположена на слое водонасыщенного пылеватого песка средней прочности, на глубине 1,8–2,4 м выявлены грунтовые воды. В связи с этим было принято решение при заземлении нового электрооборудования применить оцинкованные вертикальные заземлители.



Рис. 4. Разрушение сварного соединения в узле присоединения заземляющего спуска к ЗУ на шинной опоре 110 кВ

Вывод

Определенное экспериментальными методами значение удельного электрического сопротивления грунта в местах расположения проектируемых ПС и ВЛ 110 кВ и выше совместно с данными инженерно-геологических изысканий позволяет в полной мере учесть фактор почвенной коррозии ЗУ электроустановок при выборе геометрических параметров заземляющих устройств и, соответственно, повысить надежность электроснабжения потребителей, а также безопасность эксплуатирующего персонала.

Список литературы

1. Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок : РД 153-34.0-20.525-00.
2. Методические указания по проектированию и выполнению заземляющих устройств опор ВЛ напряжением 35–750 кВ. Приложение В. Типовой альбом заземляющих устройств опор ВЛ: СТП 09110.20.189-12. – Минск. – 2012. – 56 с.
3. Методические указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 35–750 кВ : СТП 09110.47.103-07.
4. Методические указания по выполнению заземления на электрических станциях и подстанциях напряжением 35–750 кВ : СТП 09110.47.203-07.
5. Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила проведения электроразведочных работ : ТКП 17.04-40-2012.