Официальный сайт ЗАО "ФЕНИКС-88"
fenix88.com

Особенности диагностики систем заземления гидроэлектростанций

Нестеров С.В., к.т.н., доцент УНЛ ЭТМ
Целебровский Ю.В., профессор УНЛ ЭТМ
Новосибирский государственный технический университет

Заземляющее устройство электроустановок является элементом, во многом определяющим параметры электромагнитной обстановки на объекте, обеспечивающим электромагнитную совместимость технических средств, электробезопасность обслуживающего персонала, нормальное функционирование системы молниезащиты и устройств ограничения перенапряжений. Поэтому своевременная и разносторонняя диагностика заземляющего устройства является необходимым мероприятием для всех классов энергообъектов – станций и подстанций. Обследование заземляющего устройства таких крупных объектов, какими являются гидроэлектростанции (ГЭС), имеет ряд специфических особенностей.

В первую очередь это связано со значительными размерами самой станции и далеко разнесенными по ее территории устройствами и объектами – машинный зал с гидрогенераторами, блочные трансформаторы, распределительные устройства разных классов напряжения, многочисленные здания сопутствующих служб, развитая система электропитания собственных нужд станции. Поперечные размеры (диагональ) территории ГЭС может составлять более 1,5 км.

Измерение сопротивления заземляющего устройства является сложной задачей ввиду его большого размера, так как требуются длинные разносы токовой и потенциальной цепей – не менее двух, трех километров [1]. В случае ГЭС существует возможность разноса измерительных проводов в зимнее время по льду водохранилища. При таких значительных разносах и малых, как правило, измеряемых сопротивлениях, существует опасность появления погрешности за счет взаимного влияния измерительных проводов, что следует учитывать при проведении таких измерений.

Целостность заземляющего устройства по территории станции является важной эксплуатационной характеристикой и определяется путем измерения сопротивления металлосвязей между различными объектами и устройствами – например, машинным залом и открытым распределительным устройством. При этих измерениях также необходима прокладка длинных измерительных цепей по территории станции, а величины измеряемых сопротивлений малы, пример измеренных значений приведен в табл. 1

Табл. 1

Сопротивления основных металлосвязей ГЭС

Заземляющие устройства		Сопротивление металлосвязи, Ом
Плотина	ОРУ 500 кВ	0,011
Плотина	ОРУ 220 кВ	0,020
Плотина	Площадка АТиР	0,024
ОРУ 500 кВ	Площадка АТиР	0,051

Прокладка длинных измерительных цепей по территории ОРУ при измерениях сопротивлений металлосвязи может привести к появлению значительных наведенных напряжений в потенциальной цепи прибора.

Второй особенностью при диагностике заземляющего устройства гидроэлектростанции является то, что они имеют большое количество заземленных нейтралей силовых аппаратов – это блочные трансформаторы, автотрансформаторы связи между разными классами напряжений, реакторы. На ГЭС количество таких нейтралей, как правило, более десяти. В силу различных факторов – несимметрии нагрузки, несимметрии разных фаз одного автотрансформатора и т.д., в нормальном режиме работы станции в нейтралях протекают заметные токи несимметрии, достигающие десятков ампер. На рис. 1 приведены примеры осциллограмм токов нейтралей. Токи зачастую являются несинусоидальными, обогащенные высшими гармониками.

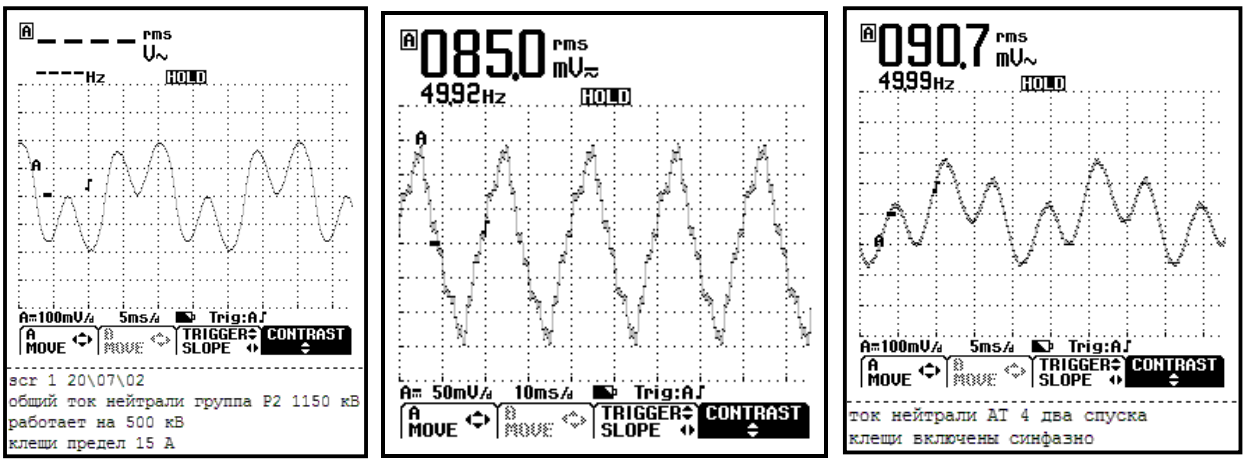

Рис. 1 Осциллограммы токов в нейтралях

Поскольку трансформаторы и реакторы разнесены по территории станции, то эти токи протекают по магистралям заземляющего устройства и другим металлическим коммуникациям, приводя к появлению разностей потенциалов по территории и к появлению некоторого потенциала на заземляющем устройстве по отношению к зоне нулевого потенциала.

Наличие этих потенциалов, достигающих нескольких вольт, может привести к определенным трудностям в проведении измерений при обследовании заземляющего устройства, так как не все измерительные приборы могут нормально работать при таких условиях. Наличие этого напряжения в токовой цепи прибора может повлиять на работу устройства стабилизации измерительного тока. Наличие напряжения промышленной частоты в потенциальной цепи может привести к перегрузке входных каскадов и к ограничению амплитуды напряжения вместе с измеряемым сигналом. К тому же наличие заметного напряжения помехи по отношению к полезному сигналу требует высокой селективности прибора.

Были проведены эксперименты с целью определения допустимых напряжений помех у широко применяемых при обследовании заземляющих устройств приборов Ф-4103 и ПИНП путем включения в потенциальную цепь напряжения помехи промышленной частоты. В табл. 2 приведены ре-

зультаты измерений, из которых видно, что при малых измеряемых величинах (на нижних пределах) допустимое напряжение помехи составляет менее 10 В.

Табл. 2

Допустимые значения напряжения помехи

Ф-4103		
Предел измерения	Напряжение срабатывания сигнализации, В	Допустимое напряжение помехи, В
0,3	3	5
1	6,7	7
3	9,5	10
10	>30	10
30	-	-

ПИНП		
Предел измерения	Коэффициент деления	Допустимое напряжение помехи, В
0,01	1:1	8
0,1	1:10	10
1	1:100	40
10	1:1000	-

Специфическое расположение гидроэлектростанций приводит к тому, что разные части заземляющего устройства станции расположены в разных условиях с точки зрения протекания электрохимических процессов. Эти может привести к образованию т.н. пар неравномерной аэрации - участки заземляющего устройства, находящиеся в сухих аэрируемых грунтах, являются катодами, а расположенные во влажных грунтах или на большой глубине – анодами. Это приводит к повышенной скорости протекания процессов грунтовой коррозии элементов заземляющего устройства. На рис. 2 приведена фотография горизонтального электрода заземляющего устройства со следами значительной коррозии.

Рис. 2 Горизонтальный заземлитель со следами коррозии.

Анализ результатов измерений, направленный на расчет распределения токов и напряжений при коротких замыканиях, имеет также свои особенности. При коротких замыканиях в различных точках заземляющей системы по многочисленным металлосвязям будут протекать продольные токи, при этом на изоляции вторичных кабелей, проложенных между объектами ГЭС, будут возникать напряжения, пример расчета которых приведен в таблице 3.

Табл. 3

Расчет напряжений на изоляции вторичных кабелей при однофазных КЗ

Объекты, между которыми проложен кабель вторичных цепей	Значения напряжений на изоляции кабеля при замыкании:			
	на ОРУ 500 кВ	на ОРУ 220 кВ	на площадке АТиР (сторона 500 кВ)	на площадке АТиР (сторона 220 кВ)
ОРУ 220 кВ – машзал	-	116 В	-	-
ОРУ 500 кВ – машзал	122 В	-	-	-
Площадка АТиР – ОРУ	299 В	1042 В	-	-
Площадка АТиР – машзал	164 В	150 В	430 В	289 В

Таким образом, диагностика заземляющего устройства гидроэлектростанции, в связи со спецификой объекта, имеет свои отличительные особенности, которые необходимо учитывать. В противном случае возможно получение как недостоверных результатов измерений, так и их неверный анализ.

Список литературы

1. Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. РД 153-34.0-20.525-00.