

его сигнальной обмотки дополнительным коммутатором через дополнительное сопротивление) увеличивает активную составляющую тока ОЗЗ, на которую реагирует РЗ поврежденного присоединения.

Второй способ отличается от первого только тем, что две секции сигнальной обмотки дугогасящего реактора коммутируются отдельными дополнительными тиристорами последовательно через дополнительные сопротивления таким образом, чтобы обеспечить в токе замыкания модуляцию гармоники, кратной основной частоте, на которую реагируют РЗ присоединений.

Для пояснения принципа действия предлагаемых способов на рис. 1 приведена электрическая схема дугогасящего реактора, подключенного к нейтрали сети через питающий трансформатор. В случае, когда необходимо обеспечить селективность и повысить чувствительность токовых защит от ОЗЗ путем увеличения активной составляющей в токе ОЗЗ, достаточно включить коммутатор (дополнительно установленный на выводах сигнальной обмотки НН дугогасящего реактора) на время 0,5 – 2 с, достаточное для срабатывания РЗ. Величина дополнительного сопротивления подбирается таким образом, чтобы соблюдалось условие по значению активной составляющей в первичном токе реактора (5 – 10 А). На рис. 2 приведена осциллограмма такого режима с кратковременной коммутацией сигнальной обмотки реактора.

Поскольку в сетях с компенсированной нейтралью уже установлены трансформаторы с дугогасящими реакторами, имеющими сигнальную обмотку, а размещение дополнительного коммутатора с сопротивлением на напряжение 100 В и небольшую мощность не вызывает больших затрат и затруднений при монтаже, предлагаемые способы обладают несомненными технико-экономическими преимуществами и применимы в любых компенсированных электрических сетях — кабельных, воздушных и смешанных, где используются токовые защиты от ОЗЗ.

Для правильного действия РЗ, реагирующих на неосновные гармоники в токе ОЗЗ, потребуются два управляемых ключа (например, тиристора) и два дополнительных сопротивления. Каждая секция сигнальной обмотки коммутируется своим тиристором через токоограничивающее сопротивление таким образом, чтобы на необходимый для действия РЗ промежуток времени (1 – 2 с) модулировать в токе ОЗЗ гармонику требуемой частоты.

Так, если коммутировать секции сигнальной обмотки поочередно в каждую третью полуволну напряжения на реакторе (нейтрали), он добавит в место повреждения гармонику низкой частоты с

преобладанием 16,7 Гц (треть частоты сети). При условии коммутации секций каждый полупериод поочередно и в противоположных направлениях (чтобы получить эффект двухполупериодного выпрямления или четной гармоники) в токе ОЗЗ появится преобладающая вторая гармоника с частотой 100 Гц.

Значение модулируемой гармоники в токе ОЗЗ также определяется дополнительными сопротивлениями (или углом включения коммутаторов) и для успешного срабатывания РЗ может составлять менее 1 А первичного тока реактора. Установка коммутаторов НН (тиристоров или транзисторов с дополнительными сопротивлениями на кратковременный ток примерно 100 А) затруднений не вызывает.

Описанный способ опробован на действующем стенде с управляемым дугогасящим реактором РУОМ-480 мощностью 480 квар на напряжение 6 кВ,

серийно выпускаемым Раменским электротехническим заводом “Энергия”. Предельные значения по активной составляющей в первом методе — 20 А, а по модуляции неосновной частоты — до 10 А, что вполне достаточно для успешной и селективной работы РЗ присоединений.

В качестве коммутатора в первом методе можно применять вакуумный выключатель, силовой симистор или автомат при ручном управлении, во втором — серийные полупроводниковые приборы (тиристоры или транзисторы, например, Т-320 класса 10).

Следует отметить, что при использовании тиристора в качестве коммутатора управляемого прибора за счет протекания тока через сигнальную обмотку в одном направлении можно получить увеличение не только активной составляющей, но и второй гармоники до значений в несколько ампер.

Ультразвуковой метод контроля фарфоровой изоляции воздушных линий электропередачи 35 – 220 кВ

БАЗАНОВ В. П., СПИРИН М. В., ТУРАЕВ В. А., инженеры, Нижновэнерго

В настоящее время на воздушных линиях (ВЛ) электропередачи 35 – 220 кВ эксплуатируется значительное количество фарфоровых изоляторов, которые по действующим правилам необходимо периодически контролировать. Традиционные методы контроля изоляторов при помощи измерительных штанг трудоемки и небезопасны. В этой связи делаются попытки использования бесконтактных методов контроля изоляторов, например, посредством электронно-оптического дефектоскопа “Филин”, который имеет однако ряд недостатков, в частности, необходимость работы в ночное время.

В Нижновэнерго в течение ряда лет предпринимаются усилия по контролю гирлянд изоляторов ВЛ 35 – 220 кВ на основе измерения уровня ультразвукового излучения этих гирлянд. Известно, что на гирляндах изоляторов возникают поверхностные частичные разряды (ПЧР), выдающие широкий спектр электромагнитных и акустических колебаний (в том числе в интервале частот 20 – 60 кГц), а интенсивность ПЧР пропорциональна восьмой степени приложенного к изолятору напряжения¹.

При наличии “нулевых” изоляторов распределение напряжения по гирлян-

де, приводящее к повышению напряжения на исправных изоляторах, изменяется. При этом повышается интенсивность ПЧР и, как следствие, уровень ультразвукового излучения с отдельных частей поверхности гирлянды, что регистрируется прибором. Если дефект изолятора (трещина в фарфоре) приводит к искровому разряду в толще изолятора, это вызывает значительное увеличение сигнала.

Таким образом, по аномальному ультразвуковому сигналу контролируемой гирлянды относительно фонового уровня обнаруживаются бракованные гирлянды с “нулевыми” изоляторами. При этом за фоновый принимается уровень сигнала от исправных гирлянд. Он определяется в процессе производства работ на каждой ВЛ в конкретных условиях загрязнения и погодных условиях.

Для ультразвукового контроля линейной изоляции предпочтительна сухая безветренная погода. Следует отметить, что источником повышенного ультразвукового излучения могут быть гирлянды и без “нулевых” изоляторов, когда имеют место дефектные армирующие заделки (загрязненные, выщербленные, с трещинами) отдельных изоляторов или арматура гирлянд с монтажными дефектами в виде острых выступающих поверхностей (чрезмерно длинные болты зажимов, незаделанные концы проводов). Дефекты монта-

¹ Вдовико В. П., Овсянников А. Г., Поспелов А. И. Диагностика электрической изоляции высоковольтного оборудования под рабочим напряжением // Энергетик. 1995. № 10. С. 16 – 18.

жа и проводов определяются путем наведения приемного устройства прибора на верхнюю часть гирлянды и измерений с различных угловых и радиальных позиций.

В Нижновэнерго для обнаружения дефектных гирлянд на ВЛ 35 – 110 – 220 кВ (в качестве приемника ультразвукового излучения) используется ультразвуковой детектор (УД) типа УД-8В, разработанный ТОО “Сигнал” (Н. Новгород) по техническому заданию Нижновэнерго. Принцип действия УД состоит в улавливании ультразвука от контролируемых гирлянд, его усилении, детектировании и последующем выводе количественной информации об интенсивности “звучания” гирлянд изоляторов. Последняя передается на измерительный прибор и головной телефон (микронаушник).

Основная техническая характеристика УД-8В

Полоса детектируемых частот, кГц	44,2 – 45
Угол раскрытия диаграммы направленности (по уровню 0,5), град.	Не более 3,5
Диапазон измерения интенсивности контролируемого сигнала, дБ	0 – 50
Диапазон рабочих температур, °С	–30 – +40
Габаритные размеры, мм.	130 × 130 × 90
Масса с источником питания и головным телефоном, кг.	Не более 0,65
Вид электропитания	Батарейка “Крона”

В таблице приведены данные состояния гирлянд изоляторов, полученные посредством прибора УД-8В как на полигоне ВЛ 35 – 110 кВ, так и на действующих ВЛ 35 – 220 кВ.

Если в отдельных гирляндах измеренный сигнал превышает фоновый уровень, такие гирлянды фиксируются как дефектные. До наработки достаточного практического опыта применения УД-8В в Нижновэнерго принято решение на забракованных этим прибором

ВЛ на разные напряжения (общее число изоляторов в гирлянде)	Число “нулевых” изоляторов в гирлянде	Отношение фактически измеренного сигнала к фоновому уровню
220 кВ (12 – 14 шт.)	1	1,5
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
110 кВ (6 – 8 шт.)	1	6
	2	10
	3	15
	4	20
35 кВ (3 шт.)	1	5
	2	15

гирляндах проводить контрольные измерения стандартными методами (измерительными штангами, мегаомметрами), которые в большинстве случаев подтверждают достоверность отбраковки.

Ультразвуковой метод контроля изоляторов имеет недостаток — завышение процента отбраковки за счет “звучания” дефектов арматуры и проводов. Если интенсивность сигнала от какой-либо гирлянды превышает измерительные возможности прибора, состояние такой гирлянды следует считать аварийным.

При пользовании прибором УД-8В контролируемая гирлянда должна находиться на расстоянии не далее 8 – 15 м (для сохранения его чувствительности). Ввиду простоты работы с прибором и

его технической адаптации к полевым условиям, измерения целесообразно совмещать с обходами ВЛ.

Выводы

1. Разработана простая ультразвуковая методика дистанционного контроля состояния гирлянд линейных фарфоровых изоляторов ВЛ 35 – 220 кВ на базе использования прибора УД-8В.

2. Опыт применения детектора УД-8В на действующих ВЛ 35 – 220 кВ Нижновэнерго показал принципиальную возможность проведения массового контроля линейной изоляции ультразвуковым методом взамен традиционного.

Программа “Анализ трассы 4”

КАНАВИН В. В., инж., Ленэнерго

В настоящее время принятие решений по расчистке трасс воздушных линий (ВЛ) электропередачи затруднено из-за отсутствия дифференцированного подхода к данной задаче — сведений о наличии поросли и способах ее ликвидации. Единственный документ — “Листок обхода”, составляемый “на глазок” электромонтером при обходе трассы, который не попадает руководителем. К тому же, если высота поросли выше роста обходчика и на трассе имеют место более одной линии, объективность, как правило, отсутствует. Все это приводит к безадресному и неэффективному расходованию скудных финансовых средств.

На текущий момент сетевые предприятия не имеют документов по трассам ВЛ, подобных учетно-контрольным картам. Руководители предприятий при составлении планов не могут по объективным причинам принять достоверное решение (проанализировать вероятную аварийность отключений от замыканий на поросль, сравнить состояние разных трасс в разные периоды, точно определить место и минимальный объем работ по расчистке), а также оценить эффективность проведенных мероприятий.

Однако теперь контролировать трассы ВЛ поможет программа “Анализ трассы 4”, база данных которой содержит сведения о выполненных работах по расчистке трасс ВЛ сетевым предприятием или по энергосистеме в целом, а также данные об участках, не имеющих поросли. Основные критерии расчета: габарит до земли (зависит от температуры окружающего воздуха), возраст поросли, высота или скорость ее роста, плодородие почвы. Следует

отметить, что расчет по более чем одному из этих показателей нецелесообразен, поэтому был выбран только один ежегодный увеличивающийся критерий “Возраст поросли”.

Недостатком программы является необходимость для начала ее эффективной работы иметь данные по выполненным объемам работ за несколько последних лет. Максимальный временной период для рассматриваемой базы данных — 13 прошедших лет. Несомненное преимущество программы состоит в том, что пользователь получает наглядную информацию об условиях нахождения трассы на протяжении 11-ти рассчитываемых лет (пять лет назад, в год расчета и прогноз на пять лет вперед).

Поскольку в основе расчета принята семилетняя периодичность расчистки, в каждом из одиннадцати расчетных лет поросль классифицируется по возрасту. Для этого вся площадь трассы делится на четыре группы (более семи лет, равную семи годам, менее семи лет, только что вырублено), а пролеты, сведения о которых отсутствуют в базе данных, принимаются как “не чищенные” с момента ввода линии и рассчитываются с этим условием. В результате получаем новые характеристики трассы:

процент, показывающий долю поросли, которой более семи лет (количество критической поросли в каждом году из 11-ти расчетных лет, ее размер в гектарах). Для расчетного года приводятся число и номера пролетов с разбивкой на шесть категорий по возрасту поросли (8, 9, 10, 11, 12, 13 и более лет);