

Особенности диагностики повреждений в кабелях

Круг авторов нашего журнала постоянно пополняется новыми именами. В адрес «КАБЕЛЬ-news» пришла интересная статья инженера-энергетика Уральского электрохимического комбината В.А. Шабанова, в которой он делится опытом применения акустического метода поиска повреждений в кабельных линиях. Автор подробно разбирает достоинства и недостатки этого диагностического метода, основывая свои рассуждения на опыте эксплуатации термоусаживаемых муфт типа «Райхем». На взгляд В.А. Шабанова, для исключения ошибочного диагностирования повреждения в соединительных муфтах «Райхем» следует использовать одновременно несколько методов. Автор статьи считает, что примененные дополнительно индукционный и контактный методы диагностики позволяют значительно снизить процент ошибочного результата анализа повреждений, что в свою очередь существенно сократит расходы на проведение ремонтных работ. Редакция «КАБЕЛЬ-news» предлагает присоединиться к обсуждению темы, поднятой автором статьи на страницах журнала и на сайте RusCable.Ru в разделе «Кабельный форум».

В процессе эксплуатации пробой кабельной линии довольно часто происходит в кабельной арматуре: концевых и соединительных муфтах. На нашем предприятии эксплуатируется более 250 км кабельных сетей на напряжение 6–10 кВ, и такого типа повреждения составляют около 60% от всех повреждений. Это, с одной стороны, связано с более неравномерным распределением напряженности электромагнитного поля в кабельной арматуре, а с другой — с несоблюдением технологии установки кабельной арматуры в полевых условиях. Поэтому работы по определению причин отказа кабельной арматуры должны производиться на всех предприятиях, занимающихся ремонтом кабельных сетей.

С появлением термоусаживаемых муфт типа «Райхем» количество повреждений в муфтах снизилось, однако, наиболее характерные причины повреждений остались прежними:

- нарушение радиусов при изгибе жил, что приводит к частичному разрыву бумажных лент из-за малого радиуса, либо из-за пореза о кромку оболочки;
- некачественная обработка оболочек кабеля при установке муфты, что приводит к коррозии оболочки с последующим увлажнением поясной и фазной изоляции;
- попадание загрязнений на бумажно-масляную изоляцию в процессе монтажа, с последующим на-

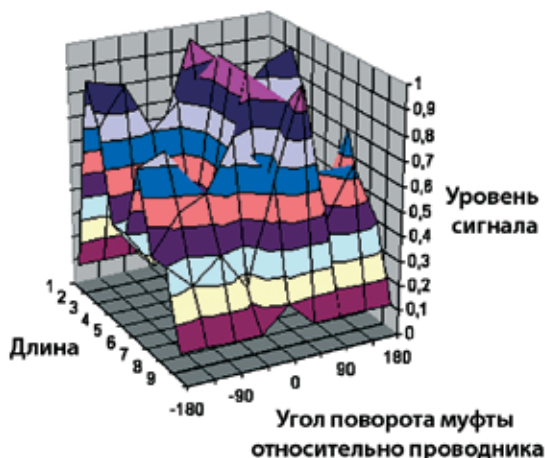
ложением изоляции, что приводит к развитию ползущего пробоя. Поэтому необходимо учитывать вышеуказанные факторы при выполнении монтажа кабельной арматуры.

С другой стороны, появились некоторые особенности диагностики повреждений в кабелях с соединительными муфтами из термоусаживаемых материалов. При использовании акустического метода поиска повреждений, который является основным топографическим путем, были случаи ошибочного диагностирования повреждения. Это повлекло за собой раскопку кабельных трасс, а в некоторых случаях даже вырезание целых муфт. Дело в том, что при применении акустического метода для определения места повреждения топографическим путем неповрежденные муфты «Райхем» создают акустический разряд, подобный разряду, излучаемому местом повреждения. В качестве генераторов для акустического метода использовались генераторы фирм ЯЭМЗ (ГВИ) и Seba Dynatronik (SWG), а в качестве приемников использовались акустические приемники АП-1, FLE-90 и HL-2000. Результаты поиска при различных комбинациях приборов были практически одинаковыми.

При исследовании муфты «Райхем» выяснилось следующее: при монтаже соединительной муфты для создания гальванической связи оболочек соединяемых кабелей используется гибкий проводник и металлическая сетка накладываемая на поясную изоляцию муфты. При акустическом методе по гибкому проводнику протекает до 95% тока, а по металлической сетке — оставшиеся 5 % тока. И гибкий проводник, и металлическая сетка закрепляются на муфте последующим наложением еще одного слоя термоусаживаемой трубки. Таким образом, полученная конструкция обладает достаточно малой жесткостью (по сравнению с муфтами других конструкций), и проходящий по оболочке кабеля импульсный ток, при акустическом методе определения повреждения, вызывает динамическое перемещение гибкого проводника. Именно это перемещение и вызывает звуковое поле над местом повреждения.

Звуковое поле определяется пространственным смещением его элементов, расстоянием до оператора, а так же соотношением длины излучаемой волны и размеров смещаемых элементов. Уровень сигнала на оболочке муфты и, соответственно, смещение оболочки соединительной муфты имеют случайный характер и практически не зависят от угла, либо от пространственного расположения точки на поверхности муфты (рис. 1). Исключение составляет

Рис. 1. Уровень сигнала на поверхности неповрежденной муфты «Райхем»



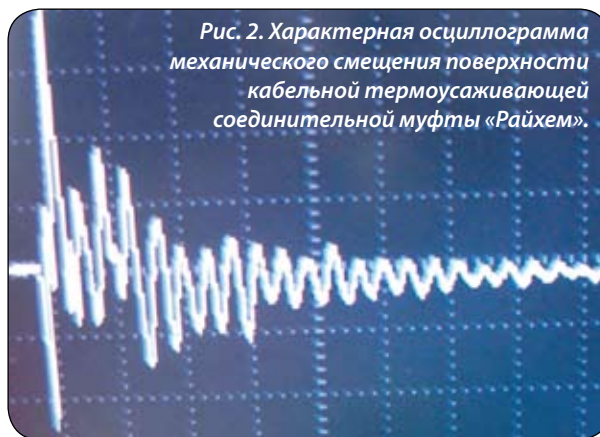
проекция соединительного проводника, по которому протекает практически весь ток при разряде, на поверхности муфты. Там перемещение верхнего слоя муфты и, следовательно, уровень сигнала — максимальны (угол поворота муфты относительно проводника равен нулю). Это объясняется неравномерным прилипанием верхнего слоя термоусаживаемой трубки к муфте. Причем это неравномерное прилипание обусловлено технологией монтажа муфты «Райхем» (Инструкция по монтажу соединительной муфты «Райхем»).

Строго говоря, расчетная модель соединительной муфты не может быть представлена в виде пульсирующей сферы, поскольку длина муфты составляет около 1 м, а нормируемая глубина залегания кабеля – 0,7 м, ее необходимо представлять как цилиндрический излучатель, пульсирующий в грунте. Поэтому акустическая мощность источника излучения определяется волновым сопротивлением среды (грунта) и амплитудой колебательной скорости колебаний [1].

Были проведены исследования частотного спектра излучения на поверхности соединительной муфты «Райхем» с помощью комплекса Tektronix TDS-2014. При анализе осциллограмм смещения точек, расположенных на поверхности муфты выяснилось, что частота колебаний при наибольшем смещении поверхности муфты для вертикальной составляющей находится на уровне 125 кГц (рис. 2). Частотный спектр для горизонтальной составляющей аналогичен вертикальному, что подтверждается данными из других источников [2].

При анализе проведенных лабораторных исследований выяснилось, что при акустическом методе

Рис. 2. Характерная осциллограмма механического смещения поверхности кабельной термоусаживающей соединительной муфты «Райхем».



для определения места повреждения невозможно диагностировать повреждение в термоусаживаемых муфтах «Райхем». Поскольку акустический метод является основным при диагностике повреждений, были случаи ошибочного вырезания целых муфт «Райхем» из-за эффекта акустического удара. Поэтому для уверенного определения места повреждения необходимо применять дополнительно использовать и другие методы: индукционный, либо контактный. Наибольшую достоверность представляет контактный метод, хотя он предполагает значительную трудоемкость работ. Именно при использовании контактного метода неоднократно были произведены работы по успешному уточнению повреждения в кабеле.

Выводы

1. При использовании акустического метода для диагностики повреждений в термоусаживающих муфтах «Райхем» возникает эффект акустического удара в неповрежденных муфтах, обусловленный технологией монтажа, что может привести к ошибочной забраковке кабельной арматуры.
2. Для исключения ошибочного диагностирования повреждения в соединительных муфтах «Райхем» следует применять дополнительно индукционный и контактный методы.

В.А. Шабанов — инженер-энергетик цеха сетей и подстанций Уральского электрохимического комбината

Список используемой литературы

1. Лепендин Л.Ф. Акустика. — М.: «Высшая школа», 1978.
2. Платонов В.В., Быкадоров В.Ф. Определение мест повреждения на трассе кабельной линии. — М.: Энергоатомиздат, 1993.