

Вывод. Результаты вычислительных экспериментов показали высокую эффективность разработанных алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казиев Г.З. Блочно-симметричные модели и методы постановки и решения задач дискретного программирования. // Вестник инженерной академии РК, №2 (10), Алматы, 2003, с.55-59.

2. Казиев Г.З., Сагимбекова А.О., Набиева Г.С., Оспанова С.Б. Эффективный алгоритм решения блочно-симметричных задач. // Вестник КАЗНТУ имени К.И. Сатпаева, Алматы, 3/4 (37/38), КАЗНТУ, 2003, с. 310-315.

УДК 621.331:62-63:620:16

Былкайырова Алия Шмановна – главный специалист отдела по развитию персонала Управления по работе с персоналом (Астана, АО «НК «ҚТЖ» – «Дирекция магистральной сети»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЯХ

Объективные данные о техническом состоянии электрооборудования можно получить современными диагностическими методами. Они позволяют определять не только техническое состояние объекта, но и локализовать имеющиеся проблемные места. Диагностические испытания электрооборудования, как правило, выполняются методами, не травмирующими изоляцию. Проведение комплексных диагностических испытаний различными методами неразрушающего контроля позволяет оценить степень старения.

Контроль над изменениями технического состояния силовых электрических кабелей во времени обеспечивается следующими методами:

- периодическое испытание диагностическими методами с целью определения динамики процессов старения или развития дефектов (тренд);
- «непрерывный» контроль технического состояния, позволяющий контролировать процессы в изоляции в текущий момент времени (мониторинг).

Из практики эксплуатации высоковольтных кабельных линий известно, что положительные результаты испытаний повышенным напряжением вовсе не гарантируют безаварийную последующую работу кабельных линий, нередко происходит выход их из строя в ближайшие после этого месяцы. Установлено, что причина этого в интенсивном разрушении изоляции частичными разрядами в проблемных местах, что приводит к сокращению срока службы кабельных линий. Кроме того, испытания повышенным постоянным напряжением кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена практически бесполезны, так как полиэтилен обладает высокой электрической прочностью и малыми токами утечки. И, наконец, испытания повышенным постоянным напряжением не позволяют локализовать проблемные места в кабельных линиях.

Наиболее опасны испытания повышенным напряжением для кабельных линий с большим сроком эксплуатации или низким качеством монтажа, уже имеющих высокий уровень частичных разрядов в проблемных местах. В этом случае, испытания повышенным напряжением приводят к увеличению уровня частичных разрядов. Этот вывод сделан на основании результатов диагностических испытаний высоковольтных кабельных линий аппаратурой OWTS и CDS производства германской фирмы Seba KMT, которые выполнялись до и после производства испытаний кабельных линий повышенным напряжением.

Последние десять лет ведутся интенсивные работы по совершенствованию неразрушающих методов диагностики изоляции и выпуску предназначенной для этого аппаратуры. Эти методы ориентированы на диагностические испытания, не разрушающие изоляцию электрооборудования и позволяющие выполнять локализацию проблемных мест на ранней стадии развития дефектов в изоляции.

К числу недостатков диагностических методов испытаний изоляции следует отнести высокую стоимость диагностической аппаратуры и требование наличия высококвалифицированного персонала, а также сложность методов диагностики. Однако, эти недостатки исключаются при производстве диагностических испытаний силами специализированных предприятий, имеющих персонал высокой квалификации.

Важным вопросом является оценка результатов диагностики и формулирование заключений. Для этого необходимо иметь критерии оценки по уровню частичного разряда, частоте и интенсивности. Следует отметить, что мировая практика, эксплуатирующих подобные установки, уже имеет методики и соответственно критерии по оценке результатов диагностики. Так, например, в Германии для аппаратуры OWTS предельным значением принят уровень частичных разрядов, равный 1000 пК, а в Италии – 1200 пК. Уровни разрядов, превышающие указанные значения, недопустимы, и кабельные линии подлежат ремонту. Имеющиеся в этих странах критерии диагностики разбиты на ряд групп, а методики на основе созданных баз данных позволяют определить вид или причину дефекта. За счет совершенствования технологии монтажа кабельных линий, достигается впоследствии устранение причин, вызывающих те или иные дефекты. В среднем количество дефектных кабельных линий (с уровнем разрядов более 1200 пК) в Германии и Италии составляет около 50%.

В перспективе техническое состояние высоковольтных кабельных линий в Казахстане должно соответствовать нормам. Поэтому, следует обратить внимание на совершенствование технологии монтажа кабельных линий и соответствующее повышение требований по оценке их технического состояния.

В алгоритме оценки технического состояния линий учитываются результаты повторных диагностик, реализующей диагностику методом возвратного напряжения, позволяющей определить степень старения изоляции и остаточный ресурс кабелей. Совершенствование алгоритма анализа результатов диагностики позволит существенно повысить достоверность вырабатываемых заключений.

Под действием высокой напряженности электрического поля в изоляции в местах пониженной электрической прочности возникают частичные разряды, которые представляет собой пробои газовых включений, локальные пробои малых объемов твердого или жидкого диэлектрика, местные разряды по поверхности твердого диэлектрика. Условия возникновения частных разрядов определяется конфигурацией электрического поля изоляционной конструкции и электрическими характеристиками рассматриваемой области изоляции.

Возникновению частичных разрядов свидетельствует о местной неоднородности диэлектрика. В связи с этим, регистрации характеристик частичных разрядов позволяют оценивать качество изготовления той или иной изоляционной конструкции и выявлять местные дефекты, которые практически невозможно определить обычными испытаниями высоким напряжением или измерениями каких-либо интегральных характеристик изоляции (тангенс угла диэлектрических потерь, сопротивление изоляции и др.).

Понятие частичного разряда в изоляции охватывает местный разряд на поверхности или внутри изоляции в виде короны, скользящий разряд или пробой отдельных элементов изоляции, шунтирующую часть изоляции между электродами, находящимися под разными потенциалами.

Частичные разряды в изоляции возникают в местах с пониженной электрической прочностью (например, в прослойках пропитывающей жидкости или в газовых включениях в толще диэлектрика).

При длительном приложении напряжения в кабелях с пластмассовой изоляцией возможно возникновение ветвистых побегов – дендритов, - постепенно развивающихся от одного электрода к другому и проводящих к пробое изоляции.

Так как при ч.р. в кабеле возникает волновой процесс с многократными отражениями волн по концам испытуемого отрезка кабеля, то для того, чтобы образец кабеля мог рассматриваться как сосредоточенная емкость, необходимо, чтобы импульсы, возникающие на входе регистрирующего устройства от единичного ч.р., воспринимались устройством как один импульс.

Система регистрации частичных разрядов с использованием аналоговых измерителей. Эти измерители достаточно хорошо определяли напряжения зажигания и погасания частичного разряда; отображали на дисплее расположение импульсов частичных разрядов на полуволнах промышленной частоты, ось ординат была проградуирована в абсолютных единицах. Общий кажущийся заряд, связанный с дискретными импульсами частичных разрядов, мог быть оценен визуально, и оператором отслеживалось приблизительное соотношение фаз между импульсами и приложенным напряжением в течение проведения испытаний.

Использование современной цифровой микропроцессорной техники в регистрации частичного разряда значительно повышает качество. В этом отношении нужно подчеркнуть, что амплитуда импульса частичного разряда, определенная цифровой системой, в общем случае не будет той же самой при определении этой же величины в аналоговой, из-за зависимости цифровой системы от частоты оцифровки, полосы пропускания и оперативной памяти. Кроме того, аналоговая схема обычно стоит на входе цифровой системы для усиления и формирования сигнала, то есть возможно регистратор частичного разряда представляющий собой аналогово-цифровой гибрид.

По результатам анализа методик аппаратуры для поиска повреждения в кабельных линиях и рассмотрен разработанный комплекс аппаратуры для автоматического прожига мест повреждения.

При эксплуатации кабельных линий электропередачи в условиях города сложно определить место повреждения. Особенно сложно, когда переходное сопротивление замыкания не является стабильным, то есть при действии номинального напряжения переходное сопротивление близко 0, а при снятии напряжения достаточно велико. Поэтому, известные методы поиска места повреждения кабельных линий, даже в сочетании локационного, акустического и индукционного способов поиска могут оказаться неэффективными. Для этого основным условием эффективного поиска является, прежде всего, малое переходное сопротивление места повреждения.

Проанализированы существующие по временным параметрам частичного разряда, и предложена методика определения мест повреждения в кабельных линиях.

На основании анализа разработан комплекс аппаратуры для автоматического прожига дефектных мест (защищенное патентом № от 14.12.2006, бюл. №19629 Республики Казахстан).

Поэтому актуальной экономической и технической задачей является создание комплекса аппаратуры для определения точки повреждения в силовых кабельных линиях, а это, прежде всего, аппаратура для «дожига изоляции места повреждения кабельных линии» и автоматического доведения величины переходного сопротивления до минимального.

Известны устройства для прожига изоляции силовых кабелей, содержащие высоковольтный источник постоянного тока, с положительными и отрицательными

полюсами которого соединены соответственно жила и оболочка кабеля, низковольтный источник постоянного тока, с полюсами которого соединены оболочки кабеля.

Недостатками такого устройства являются его неуниверсальность из-за отсутствия регулирования высокого напряжения, а также отсутствие возможности автоматического включения, отключения высоковольтного источника постоянного тока, низкая надежность из-за применения в качестве коммутатора электрического контактора, а также ненадежная защита от поражения электрическим током от высоковольтного источника, который постоянно включен в момент действия низковольтной фазы прожига при пульсирующем характере горения дуги.

Цель разработки и создания такой аппаратуры это – повышение эффективности процесса прожига и повышение надежности путем предварительной установки величины высокого напряжения, а также условия автоматического включения и выключения высоковольтного источника постоянного тока в зависимости от состояния переходного сопротивления, исключения электромеханического контактора с блоком его управления.

Это достигается тем, что в устройство, содержащее высоковольтный источник постоянного тока, выходы которого соединены с клеммами для подключения объекта контроля низковольтный источник постоянного тока, выход которого соединен с первым входом блока управления низковольтным источником постоянного тока, второй вход которого соединен с выходом датчика тока, а выходы блока управления низковольтным источником постоянного тока соединены с соответствующими входами низковольтного источника постоянного тока, выключатель, отличающееся тем, что, с целью повышения эффективности процесса прожига, упрощения устройства и повышения его надежности, в него введены симметричный тиристор, блок управления симметричным тиристором, второй датчик тока, цепочка последовательно соединенных диодов, причем первый вход симметричного тиристора соединен с соответствующим входом низковольтного источника постоянного тока, выход его соединен с первым входом высоковольтного источника постоянного тока, второй вход которого соединен с соответствующим входом низковольтного источника постоянного тока, регулирующий электрод симметричного тиристора соединен с выходом блока управления симметричным тиристором, первый вход которого соединен с выходом датчика тока, второй вход соединен с выходом второго датчика тока, третий вход соединен с соответствующим выходом блока управления низковольтным источником постоянного тока, второй вывод датчика тока соединен с входом цепочки последовательно соединенных диодов, выход которой соединен с клеммой для подключения объекта контроля, причем входные выводы выключателя соединены с электросетью, а выходные выводы соединены с соответствующими входами низковольтного источника постоянного тока. Блок управления симметричным тиристором содержит два компаратора, элемент синхронизации и формирования импульсов, резисторы, причем первый и второй входы первого компаратора соединены соответственно с первым и вторым входами блока управления симметричным тиристором, выход первого компаратора соединен с первым входом элемента синхронизации и формирования импульсов, второй и третий входы которого соединены с соответствующими входами блока управления симметричным тиристором, четвертый вход соединен с выходом второго компаратора и с первым выводом первого резистора, второй вывод которого соединен с первым входом второго компаратора и соответствующим входом блока управления симметричным тиристором, второй вход второго компаратора соединен с первым выводом второго резистора, второй вывод которого соединен с земляной шиной, выход элемента синхронизации и формирования импульсов соединен с выходом блока управления симметричным тиристором.

На рисунке 1 изображена электрическая схема устройства, защищенного патентом от 14.12.2006, бюл. №19629 Республики Казахстан.

Устройство содержит высоковольтный источник 1, состоящий из повышающего трансформатора 2, токоограничивающего резистора 3 и выпрямителя 4, низковольтный источник 5 постоянного тока, выключателя 6, датчик 7 тока, цепочку диодов 8, блок 9 управления низковольтным регулируемым источником 5 постоянного тока, содержащий блок 10 синхронизации и формирования импульсов управления тиристорами и компаратор 11, задатчик 12 тока, симметричный тиристор 13, блок 14 управления симметричным тиристором, состоящий из блока 15 синхронизации и формирования импульсов управления тиристора 13, усилителя 16, резисторов 17, компаратора 19, задатчик 20 тока.

После подключения положительного полюса высоковольтного источника 1 и положительного полюса цепочки вентилях 8, последовательно соединенных с положительным полюсом низковольтного источника 5 постоянного тока к жиле, а общего провода – к оболочке поврежденного кабеля и включения выключателя 6 напряжение сети подается на низковольтный источник 5 постоянного тока и первичную цепь повышающего трансформатора 2 через симметричный тиристор 13. Угол открытия симметричного тиристора 13 предварительно устанавливается задатчиком 20 тока. Режим работы компаратора 19 выбран таким образом, что при незначительных токах через датчик 7 тока на выходе его действует постоянное напряжение, обеспечивающее угол фазового сдвига управляющих импульсов симметричного тиристора 13 в блоке 15 синхронизации и формирования, равное значению предварительно установленного задатчиком 20 тока.

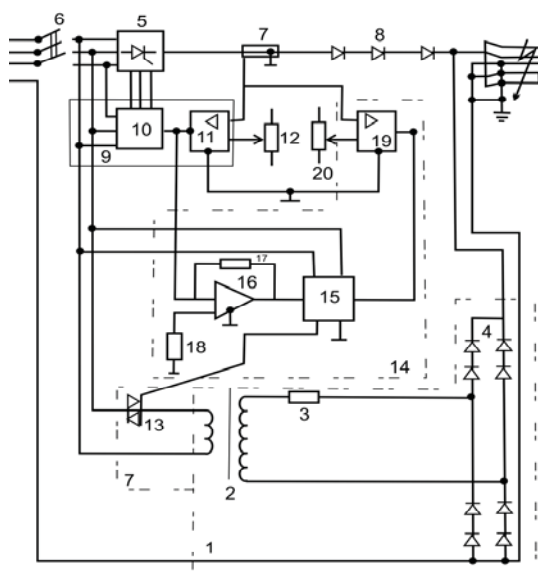


Рисунок 1 - Устройство для автоматического процесса прожига

Режим работы компаратора 11 выбран таким образом, что при значениях тока, протекающего через датчик 7 меньше заданного, он выдает управляющее напряжение блоку 10 синхронизации и формирования обеспечивающее угол фазового сдвига управляющих импульсов тиристоров низковольтного источника 5 постоянного тока, равное значению предварительно установленного задатчиком 12 тока.

Действующие на переходном сопротивлении места повреждения кабеля высокое напряжение запирает цепь вентилях 8 и тем самым исключает действие напряжения низковольтного источника 5 постоянного тока.

При пробое дефектной изоляции в месте повреждения возникает электрическая дуга, от воздействия которой снижается переходное сопротивление места повреждения и падает напряжение в точке перекрытия. По мере снижения переходного сопротивления в месте повреждения происходит перераспределение падения напряжения между переходным сопротивлением и внутренним сопротивлением высоковольтного источника, т.е.:

1) при достижении падения напряжения на переходном сопротивлении заданного значения от низковольтного источника 5 постоянного тока начинает протекать ток через место повреждения кабеля, величина которого зависит от заданного угла регулирования транзисторов низковольтного источника 5 и величины переходного сопротивления дефектной изоляции кабеля;

2) при достижении тока низковольтного источника постоянного тока 5 значение уставки, задаваемого режимом компаратора 19, он перебрасывается и закрывает блок 15 синхронизации и формирования, т.е. симметричный тиристор 13 запирается, отключая высоковольтный источник от кабеля.

Электрическая дуга, питаемая низковольтным источником 5 постоянного тока, прожигает дефектную изоляцию, снижая переходное сопротивление в месте повреждения до значений, определяемых уставкой максимального тока, установленного задатчиком 12 тока. При значении тока, равного уставке максимального тока, компаратор 11 перебрасывается и запирает блок 10 синхронизации и формирования, т.е. снимаются управляющие импульсы с управляющих электродов тиристоров низковольтного источника 5, закрывая его. Этот же сигнал с повышенным с помощью усилителя 16 уровнем блокирует включение блока 15 синхронизации и формирования 15 после окончания прожига до снижения переходного сопротивления в месте повреждения кабеля до значения, определяемого заданной уставкой.

В случае неподхвата электрической дуги в начале процесса или срыва горения дуги в процессе прожига вновь автоматически включается высоковольтный источник 1, так как в питающей цепи от низковольтного источника 5 постоянного тока станет меньше величины уставки компаратора 19, и он возвратится в первоначальное состояние, снимая запирающий сигнал с блока 15 синхронизации и формирования. Таким образом, цикл прожига неоднократно может повторяться.

Предлагаемое устройство позволяет повысить надежность и улучшить условия техники безопасности путем предварительной установки величины высокого напряжения, а также автоматического включения и выключения высоковольтного источника постоянного тока в зависимости от состояния переходного сопротивления, тем самым исключить электромеханический контактор с блоком его управления.

Выводы:

1. В результате ретроспективного анализа прослежен физический процесс развития частичного разряда в кабельных линиях, а также обозначены основные проблемы в регистрации частичных разрядов. Показано влияние характеристики частичного разряда на величину и форму регистрируемых электрических сигналов. Сформулированы основные требования к системе регистрации частичного разряда электрическим методом в сверхширокой полосе частот.

2. На основе сравнительного анализа практического применения для контроля изоляции кабелей методом регистрации частичных разрядов доказано, что метод обладает высокой способностью обнаруживать локальные дефекты изоляции, кроме того, в сочетании с другими методами, регистрация частичного разряда существенно повышает достоверность оценки состояния изоляции, особенно, в начальных стадиях ее старения.

3. Представлена методика определения мест повреждения в кабельных линиях, на основании чего разработан комплекс аппаратуры для автоматического прожига дефектных мест.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л., Энергия. Ленингр. отделение, 1979, 224 с.
2. Ларина Э.Т. Силовые кабели и кабельные линии. М., Энергоатомиздат, 1984, 300 с.
3. Привезенцев В.А., Ларина Э.Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии, М., Энергия, 1970, 424 с.