

УДК 621.3

### Установки мониторинга частичных разрядов кабельных систем

Никонович М. Ю.

Научный руководитель – ГАВРИЕЛОК Ю. В.

Частичные разряды (ЧР) – электрические разряды, которые происходят в изоляции электрооборудования, обычно возникающие в электрических системах, работающих при напряжении от 3000 В и выше.

Частичные разряды возникают в пустотах в твердой изоляции (бумажной или полиэтиленовой), в многослойных системах электродов или проводников, имеющих несколько слоев твердой изоляции, а также в пузырьках газа (в случае жидкой изоляции) или вокруг электродов в газе (коронный разряд) и в большинстве случаев представляют собой воздушные или масляные промежутки в изоляции.

Информация о частичных разрядах появилась после создания высоковольтного оборудования, ориентировочно в 1930-х годах.

ЧР обычно не приводят к быстрому пробое изоляционных промежутков, процесс развития ЧР довольно медленный и зависит от интенсивности частичного разряда.

При большой интенсивности происходит разрушение изоляции в виду разрастания малых воздушных или масляных промежутков, которыми являются ЧР, впоследствии этот процесс приводит к пробое и выводу оборудования из работы до истечения срока эксплуатации.

Общепризнанно, что ЧР в изоляции образуются в результате внесения воздушных (газовых) включений или проводящих частиц при нарушении технологического процесса изготовления оборудования или при его эксплуатации.

Появление ЧР сопровождается следующими физическими явлениями: протекание импульсного тока в искусственно создаваемых цепях, где имеются объекты с ЧР, электромагнитное излучение в окружающее пространство, ударные волны, разложение диэлектрика на молекулярные группы в зоне действия частичных разрядов, световое излучение в окружающее пространство, нагрев локальных объемов изоляции с ЧР.

Система мониторинга марки «КМК-500» предназначена для комплексного непрерывного контроля технического состояния кабельных линий. Контроль режимов работы линии на основании анализа профиля температуры с использованием оптоволоконных датчиков. Контроль состояния кабеля по результатам измерения частичных разрядов с использованием высокочастотных датчиков. Контроль состояния концевых и соединительных муфт по частичным разрядам при помощи акустических датчиков, регистрация и анализ емкостных токов утечки и уравнительных токов в экранах кабельной линии.

Достоинства практического использования системы непрерывного мониторинга марки «КМК-500». Измерение температуры кабельной линии при помощи системы «ASTRO» с оптическим волокном, которая позволяет не только оценивать температурный режим работы и проводить диагностику зон кабеля с повышенным нагревом, но и определять возможность увеличения нагрузки на линию. Выявление дефектов изоляции кабеля и муфт по частичным разрядам на ранних стадиях возникновения и развития, определение типа и опасности выявленного дефекта, используя диагностические приборы марок «CDR» (контроль состояния изоляции кабеля) и «ADM» (контроль состояния изоляции концевых и промежуточных муфт). Локализация места возникновения дефекта в изоляции на работающей кабельной линии на основании анализа формы и времени прихода «прямых» и «отраженных» импульсов частичных разрядов (система CDR). Проведение оперативного контроля емкостных и уравнительных токов, протекающих по броне кабельной линии, что позволяет корректировать режимы работы контролируемой кабельной линии.

Все оборудование системы мониторинга КМК-500 располагается в монтажных шкафах трех типов, связанных оптоволоконными линиями. Конфигурация оборудования системы мониторинга зависит от места его установки, и реальной топологии контролируемой кабельной линии.

Для контроля частичных разрядов в кабельных линиях 110 кВ и выше предназначена система мониторинга марки CDR, производимая компанией DIMRUS.

При помощи системы «CDR» реализуются функции мониторинга. Осуществляется непрерывный контроль состояния изоляции высоковольтной кабельной линии на основе метода регистрации и анализа уровня и распределения частичных разрядов, определяется тип дефекта в изоляции и степень его развития. Производится автоматическая локализация мест возникновения дефектов в изоляции, выявленных системой по частичным разрядам, как в муфтах, так и в самом кабеле; уникальность этой важной диагностической функции в системе заключается в том, что она реализована для кабельной линии, находящейся под рабочим напряжением. Непрерывное контактное измерение рабочей температуры фаз кабельной линии (концевых муфт), расположенных рядом с измерительным прибором системы мониторинга. Контроль величины уравнивающих фазных токов, протекающих по экрану (броню) кабельной линии при помощи дополнительного датчика тока.

В качестве прибора регистрации и анализа параметров кабельных линий в системе мониторинга CDR использован шестиканальный измерительный прибор с функциональными особенностями. Возможность регистрации импульсов частичных разрядов в очень широком диапазоне частот, от 50 кГц до 1 ГГц; использование такого диапазона частот связано с тем, что импульсы ЧР, перемещаясь по линии, уменьшаются по амплитуде и увеличиваются по длительности. Если импульс возник рядом с датчиком, то его частота будет высокой, равной сотням МГц. Частота «удаленного импульса» может составлять «всего» сотни кГц. Чем длиннее линия, тем более низкочастотные импульсы ЧР могут быть зарегистрированы в ней. В систему мониторинга марки «CDR» встроены два современных метода локализации места возникновения дефекта в изоляции кабельной линии; один работает независимо на основе анализа рефлектограмм распределения импульсов частичных разрядов в линии, а второй анализирует разницу по времени прихода высокочастотного импульса от дефекта к «концам» контролируемой кабельной линии. В системе «CDR» реализована экспертная диагностическая система «PD-Expert», позволяющая в автоматическом режиме определять тип дефекта в изоляции и степень его развития.

Для реализации уникального набора функциональных возможностей в системе «CDR» использованы специфические технические решения. Во-первых, это то, что регистрация импульсов частичных разрядов во всех шести измерительных каналах прибора «CDR» производится полностью синхронно; только в этом случае возможна реализация всех вышеперечисленных диагностических алгоритмов. Во-вторых, если система мониторинга создается для контроля нескольких кабельных линий, то ее приходится создавать, используя несколько приборов марки «CDR»; в этом случае задача синхронизации измерений частичных разрядов становится глобальной.

Система мониторинга марки CDM-30 предназначена для постоянного контроля технического состояния изоляции до 30 кабельных линий 6–10 кВ под рабочим напряжением.

Использование многоканальной системы мониторинга CDM-30 позволяет, что очень важно, снизить общие затраты на систему мониторинга и диагностики, рассчитываемые на один контролируемый кабель.

Система CDM-30 предназначена для периодического мониторинга технического состояния изоляции 30 кабельных линий общей кабельной сборки (КРУ) под рабочим напряжением.

В системе CDM-30 контроль технического состояния высоковольтной изоляции кабельных линий, соединительных и концевых муфт, осуществляется на основе метода регистрации и анализа частичных разрядов.

При помощи системы CDM-30 реализуются функции диагностики. Осуществляется непрерывный контроль состояния изоляции высоковольтной кабельной линии на основе метода регистрации и анализа уровня и распределения частичных разрядов; определяется тип дефекта в изоляции, анализируется степень его развития и опасности для дальнейшей эксплуатации. Производится автоматическая локализация мест возникновения дефектов в изоляции, выявленных системой по частичным разрядам, как в муфтах, так и в самом кабеле; уникальность этой важной диагностической функции в данном случае заключается в том, что она реализована для кабельных линий в режиме «on-line», т. е. под рабочим напряжением.

Система CDM-30 предназначена для контроля параметров изоляции кабельных линий и работает полностью в автоматическом режиме. Объемы внутренней памяти прибора хватает для хранения замеров частичных разрядов в течение достаточно длительного времени. Полученная информация и диагностические заключения оперативно передаются в систему более высокого уровня.

Система мониторинга ADM-9 предназначена для оперативного контроля технического состояния и поиска дефектов изоляции высоковольтного оборудования под рабочим напряжением. В системе ADM-9 диагностика осуществляется на основе метода регистрации и анализа частичных разрядов, который имеет максимально высокую чувствительность при поиске дефектов в изоляции любого типа.

Акустические датчики системы ADM-9 устанавливаются непосредственно на поверхности контролируемого оборудования, максимально близко к контролируемой зоне изоляции.

При помощи системы мониторинга марки ADM-9 эффективно решаются наиболее важные проблемы диагностики состояния оборудования, непосредственно влияющие на эксплуатацию высоковольтного оборудования. При помощи одного измерительного прибора марки ADM-9 может производиться контроль активности частичных разрядов в восьми различных точках оборудования, удаленных друг от друга на расстояние до 30 метров. Благодаря наличию функции синхронной регистрации сигналов по нескольким измерительным каналам, в приборе ADM-9 проводится локация места возникновения частичных разрядов внутри баков высоковольтного оборудования. На основании анализа полученной информации системой вырабатываются оперативные диагностические решения, и даются рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования.

Акустические датчики системы ADM-9 могут быть эффективно применены для контроля технического состояния концевых, а при необходимости и наличии технической возможности (наличия сетевого питания в этой зоне), и промежуточных соединительных муфт высоковольтных кабельных линий.