

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

РУСОВ В.А., директор ПВФ «Вибро-Центр», к.т.н.

Метод контроля состояния изоляции кабельных (КЛ) и воздушных (ВЛ) линий по уровню и распределению частичных разрядов в режиме «on line» в настоящее время является наиболее современным и эффективным. Это объясняется высокой чувствительностью метода и возможностью контроля состояния оборудования во включенном состоянии, в режиме «on line». Практическим применением этого метода занимаются многие зарубежные и отечественные фирмы, которыми получены достаточно убедительные подтверждения эффективности данного метода. «OVM» – универсальный прибор, позволяющий производить контроль состояния изоляции кабельных и воздушных линий.

Прибор «OVM» позволяет создавать сложные системы мониторинга с количеством точек контроля до 1000. Такие системы дают возможность комплексно контролировать изоляцию сетей кабельных и воздушных линий.

Для интегрирования измерительного канала «OVM» в комплексную систему мониторинга в нем предусмотрено наличие современных способов связи отдельных каналов между собой (оптическая связь, радиоканал, использование синхронизирующих сигналов от системы GPS).

Внешний вид стандартного одноканального модуля системы «OVM», предназначенного для регистрации частичных разрядов, приведен на рисунке 1. Из таких универсальных модулей собирается любая сложная система мониторинга кабельных линий.

Модуль «OVM» позволяет:

- регистрировать высокочастотные сигналы частичных разрядов в диапазоне частот от 0,1 до 20 МГц;
- записывать в память, за время одной регистрации, до нескольких десятков тысяч импульсов различной амплитуды. Динамический диапазон входных сигналов составляет 80 дБ;
- вне зависимости от количества отдельных модулей в общей системе мониторинга все они включаются на



Рис. 1. Прибор марки «OVM» для мониторинга состояния кабельных и воздушных линий

регистрацию одновременно. Импульсы регистрируются синхронно, привязываясь к общему отсчету времени. Синхронизация работы модулей осуществляется при сравнительно малых длинах контролируемых кабельных линий, по оптической линии связи. Если же модули «OVM» разнесены на большие расстояния, то синхронизация производится по сигналам глобальной системы GPS.

Для примера рассмотрим два варианта системы мониторинга кабельной линии с рабочим напряжением 110 кВ. Каждая фаза линии проложена отдельно и требует отдельного контроля.

На рисунке 2 приведен вариант мониторинга кабельной линии указанного напряжения, имеющей длину

1–2 км. Данное значение длины контролируемой КЛ отражает тот факт, что вдоль линии или по иному пути, прокладывается оптическая линия связи, информационно объединяющая модули «OVM», установленные на двух концах кабельной линии. До тех пор, пока имеется такая техническая возможность, т. е. можно связать модули на обеих сторонах кабельной линии оптическим волокном, следует использовать такую структуру системы мониторинга изоляции.

На поводках заземления каждой фазы КЛ с двух сторон устанавливаются датчики типа «RFCT» и модули «OVM». Приборы «OVM», расположенные на одной стороне кабельной линии, объединяются между собой при помощи оптических линий.

Вдоль контролируемой кабельной линии (на рисунке вдоль фазы «А») также прокладывается оптическая линия связи, объединяющая все шесть модулей «OVM» в единую систему комплексного мониторинга.

Седьмой модуль «OVM» на схеме не производит измерений, он является главным в системе мониторинга. Он осуществляет управление шестью модулями регистрации, производит сбор зарегистрированной информации и передачу ее в персональный компьютер. На персональном ком-

Бесплатная электронная версия журнала предоставлена компанией

. Другие номера журнала на сайте редакции:

пьютере устанавливается программное обеспечение мониторинга, диагностики дефектов и локации места возникновения дефектов в изоляции КЛ.

Зарегистрированной модулями информации достаточно для:

- определения общего технического состояния изоляции кабельной линии;
- выявления фазы контролируемой кабельной линии, в которой произошло ухудшение состояния изоляции;
- определения типа дефекта, который привел к повышению уровня частичных разрядов;
- локации места возникновения дефекта в линии, с точностью до нескольких метров, вдоль кабельной линии.

Совокупность свойств прибора «OVM» позволяет использовать его для решения важной практической задачи – создания систем мониторинга изоляции, предназначенных для воздушных линий электропередачи.

Достоинство таких систем – простая реализация дополнительных функций контроля воздушных линий, в первую очередь регистрация грозовых и коммутационных перенапряжений, а также оперативное определение мест повреждения воздушных линий, обрывов и коротких замыканий.

Точность определения места дефекта в изоляции линии, или определения места короткого замыкания, зависит только от того, с какой точностью будут синхронизированы внутренние часы всех модулей «OVM». При использовании существующих технических средств системы GPS точность определения места дефекта составит 100 метров, что для систем контроля ЛЭП соответствует точности «до одной опоры».

На рисунке 3 приведен пример технической организации системы мониторинга для воздушной линии с рабочим напряжением 110–750 кВ.

Основу системы мониторинга составляют восемь модулей «OVM», расположенных по четыре с каждой стороны контролируемой ЛЭП. По три модуля являются основными, регистрирующими информацию в каждой фазе воздушной линии. Модули 1 и 5 являются главными в подсистемах, расположенных по краям линии. Они синхронизируются по сигналам GPS и управляют работой основных модулей регистрации. Два компьютера служат в системе для сбора и передачи информации по стандартным каналам связи, причем на компьютере PC1 работает программное обеспечение мониторинга и диагностики.

Для регистрации информации об импульсных сигналах в воздушных линиях не-

обходимо применение специализированных датчиков, способных выделять импульсные сигналы малой амплитуды, в единицы и доли вольт, на фоне высоких напряжений промышленной частоты, в сотни тысяч вольт. Без решения этой задачи нет смысла заниматься системами мониторинга изоляции воздушных линий.

Наиболее просто эту задачу можно решить в том случае, если на обеих сторонах контролируемой ВЛ смонтированы силовые трансформаторы, имеющие вводы классической конструкции, маслонаполненные, или с RIP изоляцией. Основным условием, позволяющим использовать их в виде датчиков, является наличие на этих вводах ПИН выводов, подключенных к последней обкладке ввода. Именно такая схема измерения импульсов в линии приведена на рисунке 3.

Ввод такого типа является емкостным делителем напряжения с величиной емкости



Русов Валерий Александрович
Компания: ПФВ «Вибро-Центр»
Должность: Директор
Образование: Окончил Пермский политехнический институт в 1973 году. В 1981 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Электрические машины». Имеет ученое звание доцента.

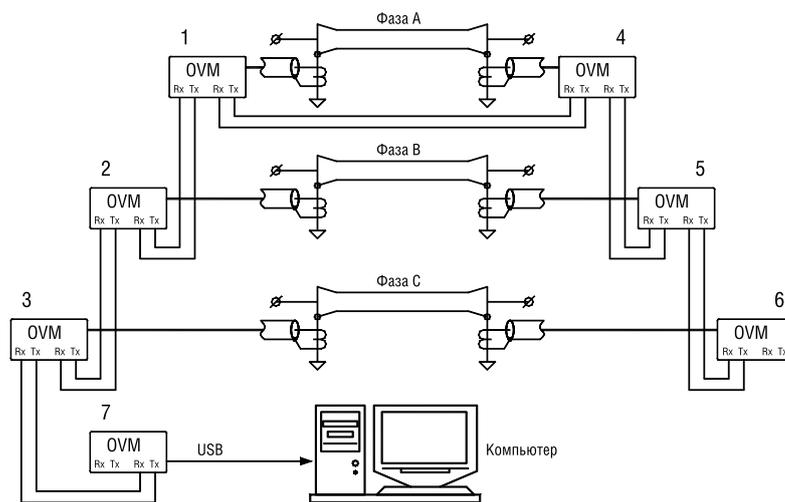


Рис. 2. Схема системы мониторинга изоляции на основе модулей «OVM», предназначенной для кабельных линий длиной 1–2 км

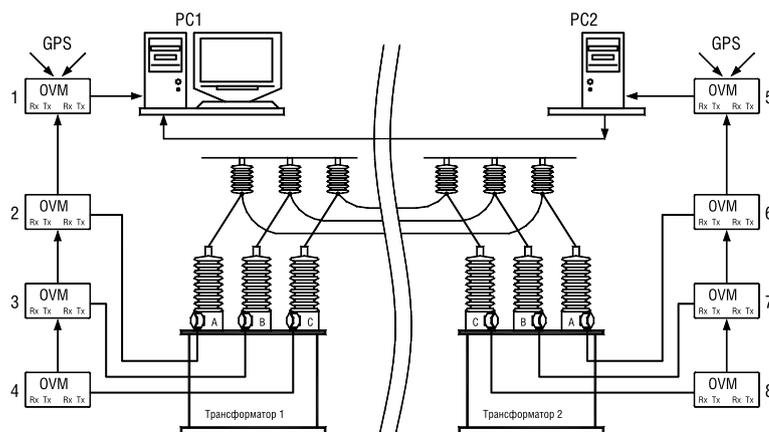


Рис. 3. Структурная схема системы мониторинга воздушной линии 110–750 кВ

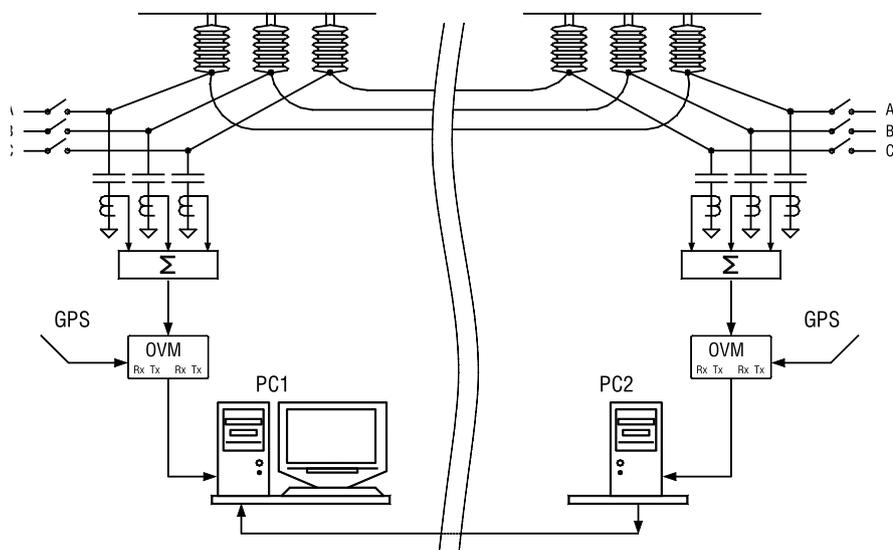


Рис. 4. Структурная схема системы мониторинга воздушных линий 6–35 кВ на базе приборов типа «OVM»

порядка 500 пикофарад. На заземляющий проводник, от ПИН к земле, можно установить датчик типа «RFCT-1» и успешно регистрировать импульсы разрядов в изоляции ВЛ. Для этих целей можно использовать и специально предназначенные для этого датчики типа «DB-2» из номенклатуры фирмы «Вибро-Центр», и установить их вместо существующих заземляющих крышек ПИН.

Использование вводов трансформаторов в системе мониторинга воздушной линии позволяет одновременно решить две проблемы. С одной стороны, ввод трансформатора используется в качестве датчика, с другой – сам трансформатор является «заградителем» для высокочастотных импульсов, которые существуют «с другой стороны» трансформатора, например, на стороне СН.

Вместо трансформаторных вводов можно также использовать соответствующие выводы экранов измерительных трансформаторов тока, в которых датчики частичных разрядов можно смонтировать в цепи заземления. При определенных условиях, проведя соответствующие согласования, для регистрации импульсов частичных разрядов можно использовать специализированные конденсаторы связи, широко используемые в ВЧ связи, которые подключены к соответствующей воздушной линии.

Для создания систем мониторинга воздушных линий более низкого напряжения, порядка 6–35 кВ, необходимо использование более дешевых решений. В качестве такого решения можно рассмотреть схему системы мониторинга, приведенную на рисунке 4. В этой системе мониторинга с каждой стороны воздушной линии устанавливается только один модуль типа «OVM», и персональный компьютер, предназначенный для реализации функции обмена информацией по стандартным каналам связи.

Сигналы с датчиков, установленных в трех фазах ЛЭП, поступают в специализированный сумматор, а далее на вход модуля «OVM». Единственный недостаток использования сумматора – то, что не удастся выявить, в какой фазе возник дефект. Синхронизация работы модулей, расположенных с двух сторон воздушной линии, осуществляется обычным способом, с использованием сигналов от системы GPS.

Для воздушных линий с рабочим напряжением 6–35 кВ для регистрации высокочастотных импульсов от частичных разрядов обычно используют конденсаторы связи специальной конструкции. Это обусловлено тем, что вводы трансформаторов, как и проходные изоляторы всех типов, рассчитанные на такое рабочее напряжение, обычно имеют моно-

литную керамическую конструкцию. По этой причине в них отсутствуют внутренние, проводящие и выравнивающие распределение потенциала обкладки, и, соответственно, отсутствует вывод от последней обкладки на внешний ПИН.

Система мониторинга изоляции воздушных линий, основанная на контроле частичных разрядов прибором «OVM», идеально подходит для регистрации и локализации мест возникновения грозовых и коммутационных перенапряжений. Это обусловлено несколькими причинами:

- система мониторинга изоляции воздушных линий, созданная на основе приборов типа «OVM», включается в работу периодически, через интервалы времени в несколько часов. Длительность каждой регистрации информации составляет единицы секунд, все остальное время система мониторинга свободна и может реализовывать другие функции контроля и диагностики;

- технически система регистрации грозовых и коммутационных перенапряжений проще, чем система регистрации импульсов частичных разрядов. Она должна включать в себя все те же элементы, что и система контроля изоляции, но иметь меньшую чувствительность, так как должна регистрировать импульсы максимальной амплитуды. Для этого в модулях «OVM» предусмотрено программное переключение чувствительности измерительных каналов;

- количество грозовых и коммутационных импульсов в системе сравнительно мало. Для сравнения, за одну секунду прибор «OVM» может зарегистрировать несколько тысяч импульсов малой амплитуды, в то время как количество мощных коммутационных импульсов составляет десятки в сутки. По этой причине регистрация грозовых и коммутационных импульсов может идти непрерывно, в режиме реального времени, неограниченно долго.

Важным для практики может явиться возможность регистрации мощных высокочастотных импульсов, возникающих при коротких замыканиях. Если система мониторинга изоляции воздушной линии находится в режиме регистрации грозовых и коммута-

ционных перенапряжений, то она позволит определить место возникновения короткого замыкания в линии.

Проблема поиска мест короткого замыкания и обрыва проводов – основная для ЛЭП с рабочим напряжением 6–35 кВ, может, даже более важная, чем контроль состояния опорной изоляции.

Как указывалось выше, приборы типа «OVM» могут работать в режиме мониторинга грозовых и коммутационных перенапряжений и в этом режиме контролировать наличие и место возникновения таких дефектов, как «перехлест проводов». Поскольку в этом случае приборы работают в режиме пониженной чувствительности, так как контролируют импульсы большой амплитуды, они не

смогут надежно выявлять дефекты типа «падение дерева» или обрывов линии, импульсы от которых могут иметь существенно меньшую амплитуду. Идеальным средством поиска дефектов такого типа является использование рефлектометров, но такие испытания можно проводить только на отключенной линии. Кроме того, ЛЭП с низким рабочим напряжением обычно имеют большое затухание, и необходимо использование специализированных рефлектометров, с большой энергией импульса.

В приборах типа «OVM» реализованы все функции рефлектометра, отсутствует только импульсный генератор. Как уже указывалось выше, если в месте дефекта возникают

высокочастотные импульсы достаточной амплитуды, т. е. генератором импульсов является сам дефект, то проблема локации места дефекта успешно решается. Если же разрядов необходимой амплитуды, достаточной для регистрации на концах линии, в месте дефекта не возникает, то определения дефекта и его локация невозможна.

В этом случае для диагностики следует использовать импульсный генератор «G-1000» с амплитудой выходного импульса до 1000 вольт. Генератор, конструктивно, выполнен совместно с конденсатором связи типа «СС», что позволяет инжектировать высокочастотные импульсы в работающую линию, без ее отключения, в режиме «on line».



Производственно-внедренческая фирма «Вибро-Центр» – лидер рынка средств диагностики состояния высоковольтного оборудования

Мы разработали и производим системы мониторинга работающего оборудования:

■ «MDR», «REMM» – контроль и диагностика состояния турбо и гидрогенераторов, высоковольтных электродвигателей.

■ «TDM», «TIM-3» – контроль и диагностика состояния силовых трансформаторов с рабочим напряжением 6–750 кВ.

■ «OVM», «CDM-9» «ССМ-6» – диагностика состояния воздушных и кабельных линий.

■ «CT-Relay» – контроль и диагностика состояния измерительных трансформаторов тока.

■ «ОПН-Монитор» – контроль и диагностика состояния ограничителей перенапряжений.

Переносные средства контроля электротехнического оборудования:

■ Серия приборов «Rxxx» – измерение и анализ частичных разрядов при помощи электрических и акустических датчиков.

■ «Никта» – прибор диагностики и оценки остаточного ресурса выключателей.

■ «Ганимед-2» – прибор безразборной диагностики РПН различных типов.

В линейке нашей продукции полный спектр приборов измерения вибрации, от простейших виброметров до многоканальных анализаторов.

Мы разработали и выпускаем балансировочные станки для роторов с массой от 0,1 до 2000 кг.

Дополнительную информацию по всем видам оборудования производства фирмы «Вибро-Центр» можно получить по адресу:
614600, Россия, г. Пермь, ул. Кирова, 70, офис 402

Тел./факс (342) 212-84-74

www.vibrocenter.ru

E-mail: vibrocenter@vibrocenter.ru