

ОПН для защиты линейной изоляции ВЛ и приборы контроля параметров ОПН

За последнее десятилетие в Российской Федерации нашли широкое применение защитные аппараты для линий классов напряжений от 0,22 до 500 кВ. При этом использовались как ОПН (ограничители перенапряжений нелинейные), непосредственно подключенные к фазному проводу, так и ОПН с внешним искровым промежутком — «линейные разрядники». Защитные аппараты устанавливались на опорах ВЛ различными способами — закреплялись на траверсе опоры и гибким проводником подключались к проводу, подвешивались непосредственно на фазные провода, устанавливались на дополнительные металлоконструкции и т.д.

Волович А.Г.,
заместитель главного конструктора
ЗАО «Полимер-Аппарат»

С 2007 по 2017 годы ЗАО «Полимер-Аппарат» выполнил поставку защитных аппаратов на 36 объектов строительства и реконструкции воздушных линий электропередачи классов напряжения 35–500 кВ.

Для защиты линейной изоляции ВЛ при демонтаже грозозащитного троса ЗАО «Полимер-Аппарат» поставил более 2000 линейных ограничителей перенапряжений для Сочинского Энергоузла для защиты двухцепных ВЛ 110 кВ. На выполненных объектах двухцепных грозовых отключений не

зафиксировано. Также были установлены подвесные ОПН-330 кВ на ВЛ 330 кВ Баксан — Кисловодск и Черкесск — Кисловодск общей протяженностью 138 км, ОПН-500 кВ для ВЛ 500 кВ Житикара — Ульке в Казахстане.

Применение линейных разрядников ОПН с внешним искровым промежутком главным образом осуществляется на ВЛ 110–220 кВ с грозозащитным тросом, проходящих в районах с высокими значениями удельного электрического сопротивления грунтов. В частности установка разрядников на двухцепных ВЛ 110 кВ предприятий по добыче нефти и газа обусловлена необходимостью бесперебойного питания объектов нефтедобычи. Любые отключения линий электропередачи, питающих объекты этих потребителей, даже с успешными повторными включениями могут приводить к значительным сбросам нагрузки из-за нарушений в технологических процессах добычи и транспорта нефти и газа.

В 2009 году линейные разрядники производства ЗАО «Полимер-Аппарат» были установлены на ВЛ 110 кВ Алехинская — Ай-Пимская ОАО «Сургутнефтегаз». В 2015 году была осуществлена установка ЛР на ВЛ 110 кВ Варьеган — Бахиловская 1,2 АО «Тюменьэнерго» длиной 160 км. В 2011–2012 годах в соответствии с проектом по повышению грозупорности ВЛ 220 кВ НГРЭС — Тында, ВЛ 220 кВ Тында — Дипкун



Рис. 1. Прибор контроля состояния параметров ОПН ИТУС-1

были установлены линейные разрядники типа РВЛ-220/150-10/680 УХЛ1 производства ЗАО «Полимер-Аппарат».

Общее количество линейных разрядников, поставленных ЗАО «Полимер-Аппарат» на ВЛ 110–220 кВ, составляет более 4000 штук.

Опыт эксплуатации показал, что повышение эффективности грозозащиты двухцепных ВЛ 110–220 кВ, эксплуатируемых в местности с высоким удельным сопротивлением грунта с полной защитой фаз линейными разрядниками только одной цепи, составляет:

- для защищенной цепи число грозовых отключений снижается в 8–15 раз;
- для незащищенной цепи (без ЛР) число грозовых отключений снижается в 1,6–3 раза;
- для двухцепных ВЛ число отключений первой и второй цепей снижается в 4–9 раз.

Основным компонентом защитных аппаратов являются оксидно-цинковые варисторы. На сегодняшний день ЗАО «Полимер-Аппарат» в производстве ограничителей перенапряжений применяет варисторы только двух мировых производителей: немецко-японской фирмы EPCOS-TDK и шведской ABB. Наличие двух поставщиков обес-новано более гибким и конкурентным ценообразованием при приобретении варисторов, сроков их поставок и более разнообразными геометрическими размерами варисторов и, следовательно, их электрическими параметрами.

ЗАО «Полимер-Аппарат» применяет при производстве ограничителей перенапряжений от 35 до 750 кВ технологию LSR (Liquid Silicon Rubber). Жидкий электро-технический силикон под вакуумом заполняет все внутреннее пространство аппарата, делая конструкцию полностью монолитной и герметичной. В отличие от традиционной конструкции ОПН между варисторами и окружающей средой нет материалов с плохой теплопроводностью, что обеспечивает максимально быстрый отвод тепла от варисторов.

Несущая конструкция ОПН представляет собой стеклоплас-

тиковый корпус клетчатой структуры, что обеспечивает высокую механическую прочность и полную взрывобезопасность. Взрывобезопасность ограничителей подтверждена испытаниями в лабораториях Zkratovna (Чехия) и CESI (Италия). ОПН выдерживают без взрывного разрушения ток короткого замыкания 65 кА.

При изготовлении корпусов применяется стеклоровинг с повышенным модулем прочности, что позволяет создавать легкие и особо прочные конструкции.

Диагностика состояния параметров ОПН, согласно нормативным документам, заключается в измерении тока утечки и тепловизионном контроле. Она, в основном, необходима и технико-экономически оправдана для ограничителей на классы напряжения от 110 кВ и выше.

Значение полного тока утечки ОПН мало информативно, так как оно содержит как активную составляющую, свидетельствующую о состоянии ОПН, так и емкостную составляющую. При этом емкостная составляющая тока значительно превосходит активную. Изменение активной составляющей тока утечки теряется на фоне колебаний полного тока утечки, происходящего из-за изменения внешних условий.

Поскольку выделить активную составляющую тока утечки каждого ОПН доступными по цене средствами не представляется возможным, применяются приборы, проводящие гармонический анализ тока утечки и вычисляющие значение 3-й (150 Гц) и 5-й (250 Гц) гармоники, которые в большей степени характеризуют состояние нелинейных резисторов ОПН (варисторов), чем полный ток утечки.

Изменение сетевого напряжения и степени присутствия 3-й гармоники в нем приводят к изменению в значении 3-й гармоники тока утечки ОПН. Значение 5-й гармоники меньше остальных показателей зависит от внешних факторов, и ее изменение в большей степени свидетельствует о состоянии ОПН.

ЗАО «Полимер-Аппарат» для контроля тока утечки предлагает многофункциональный цифровой прибор контроля ОПН ИТУС-1 на современной элементной базе (рисунок 1).

Прибор контроля ИТУС-1 имеет следующие преимущества перед другими аналогичными средствами измерения:

- встроенный счетчик разрядных импульсов, разделяющий импульсы средней и высокой мощности;

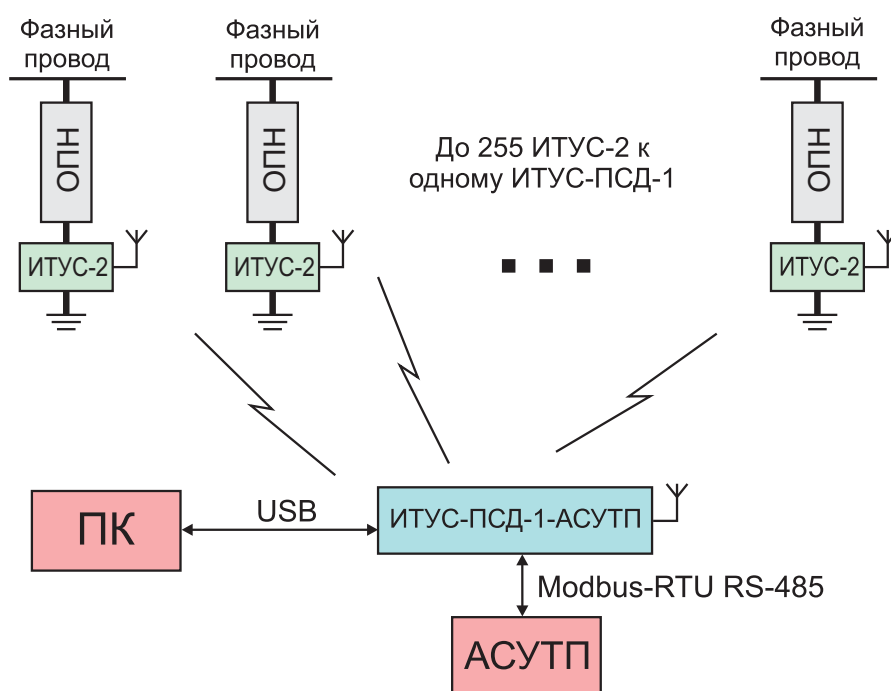


Рис. 2. Система непрерывного мониторинга состояния ОПН со сбором данных по радиоканалу

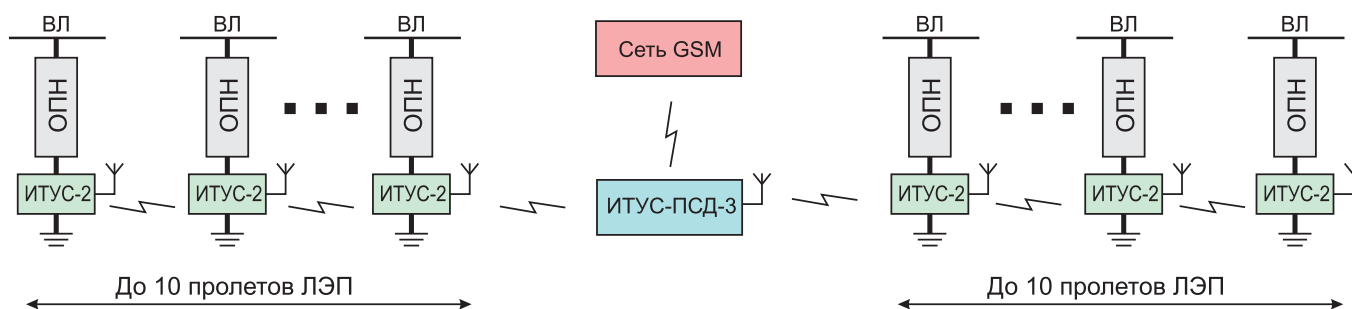


Рис. 3. Система мониторинга состояния ОПН на ЛЭП

- измерение действующего значения 5-й гармоники тока утечки;
- снятие показаний происходит с помощью кнопок на лицевой панели (в процессе снятия показаний отсутствует контакт персонала с токоведущими частями, которые могут оказаться под высоким напряжением при прохождении разрядного импульса).

С 2012 года на энергетических объектах ПАО «Россети» уже находятся в эксплуатации порядка тысячи приборов мониторинга состояния ОПН ИТУС-1.

Для решения проблемы непрерывного отслеживания параметров ОПН по заказу ЗАО «Полимер-Аппарат» был разработан прибор мониторинга состояния ОПН с беспроводной передачей данных ИТУС-2 (рисунок 2).

ИТУС-2 позволяет контролировать полный ток утечки, его 1-ю, 3-ю и 5-ю гармоники, температуру окружающей среды, регистрировать случаи срабатывания ОПН, записывая дату и время прохождения разрядного импульса. Данные автоматически один раз в сутки передаются в пульт сбора данных ИТУС-ПСД-1 по радиоканалу, который их сохраняет и по запросу передает либо в ПК через порт USB, либо в АСУТП подстанции по протоколу Modbus-RTU. Передача данных в SCADA-систему АСУТП подстанции позволяет службе диагностики и изоляции получать актуальные данные о состоянии эксплуатируемых ОПН.

Таким образом, при помощи датчиков ИТУС-2 и пультов ИТУС-ПСД-1, размещенных на объектах, служба изоляции получает актуальный массив данных, позволяющий оперативно прово-

дить сравнительный анализ параметров ОПН в динамике по всей энергосистеме.

Кроме применения на электрических подстанциях, ОПН все шире используются для защиты ЛЭП. Для линейных ОПН на основе прибора ИТУС-2 разрабатывается распределенная система сбора данных, которая позволит контролировать параметры линейных ОПН также, как и ОПН подстанций, не совершая их обход.

Система состоит из беспроводных датчиков ИТУС-2 с автономным питанием, устанавливаемых на каждый ОПН, и пультов сбора данных ИТУС-ПСД-3, принимающих данные с датчиков по каналу беспроводной связи частотой 2,4 ГГц. Данные записываются во встроенную энергонезависимую флэш-память пульта ИТУС-ПСД-3 и передаются в эксплуатирующую организацию через сеть GSM. Для местности, где сеть GSM недоступна, возможен автоматический сбор данных с пультов при помощи беспилотного летательного аппарата или любого другого транспортного средства.

Пульт сбора данных ИТУС-ПСД-3 устанавливается на одну из опор ЛЭП на высоте 6–7 метров, имеет автономное питание и доступен для обслуживания без отключения ЛЭП.

Для сокращения эксплуатационных затрат на систему предлагается кустовая схема распределения датчиков ИТУС-2 и пультов сбора данных ИТУС-ПСД-3, которая представлена на рисунке 3.

Датчики ИТУС-2 одновременно по расписанию активируются, проводят измерение токов утечки ОПН и устанавливают связь с соседними датчиками и пультом

сбора данных ИТУС-ПСД-3, образуя сеть передачи данных. После того, как связь установлена, данные об измерениях и значения счетчиков импульсов со всех датчиков ИТУС-2 передаются в пульт сбора данных ИТУС-ПСД-3. Периодичность снятия данных с датчиков ИТУС-2 может быть установлена от одного раза в сутки до одного раза в неделю.

Пульт сбора данных передает принятые от ИТУС-2 результаты измерений по сети GSM на сервер с GSM-модемом, установленный в эксплуатирующей организации. Сервер предоставляет данные для анализа ответственным за состояние изоляции ВЛ лицам через web-интерфейс, доступ к которому можно получить при помощи любого Интернет-браузера. Данные от датчиков ИТУС-2 автоматически заносятся в архив, который может храниться на сервере неограниченное время.

За одним пультом сбора данных может быть закреплено от 3 до 120 датчиков.

Такая схема позволит получить минимальные эксплуатационные затраты при высокой надежности системы. Для работы системы нужна одна SIM-карта на каждый пульт ИТУС-ПСД-3 и еще одна SIM-карта — в GSM-модеме сервера. Самоконфигурирующаяся сеть позволяет исключать из цепочки передачи датчики, вышедшие из строя. Если на одной опоре более одного датчика ИТУС-2, то передача данных об измерении от более удаленных от пульта датчиков будет происходить через любой из них. Таким образом, надежность системы передачи данных тем выше, чем больше датчиков установлено на одной опоре. **Р**