



Современные быстродействующие дуговые защиты с оптоволоконными датчиками для всех видов распределительных устройств (КРУ, КРУН, КСО и т.д.) с номинальным напряжением 0,4 ÷ 35 кВ.

ПРОЭЛ-МИНИ – компактное устройство дуговой защиты, предназначенное для организации защиты от дугового разряда небольшого количества ячеек с простой логикой отключений высоковольтных выключателей.

ОВОД-МД – устройство дуговой защиты централизованного типа, выполненное в виде металлического шкафа, которое может быть установлено как в распределительные устройства, находящиеся в эксплуатации, так и поставляться в составе нового, при этом допускается эксплуатация устройства вне помещения распределительного устройства - на открытом воздухе.

ОВОД-Л - устройство дуговой защиты распределенного типа, включающее в состав широкий набор функциональных модулей, устанавливаемых в низковольтные отсеки ячеек и соединяемых между собой шиной цифровой связи. Позволяет обеспечить защиту от дуговых замыканий любого распределительного устройства. Важной особенностью устройства является простота установки.



«ПРОЭЛ». Защита в действии



Электрическая дуга, или дуговой разряд, представляет собой перемещающийся в пространстве электрический разряд и является одним из самых опасных как для людей, так и для оборудования аварийных явлений, случающихся в электроустановках. В задачу статьи не входит подробный анализ причин его возникновения в силу большого разнообразия факторов, приводящих к подобному исходу. Данный материал посвящен устройствам дуговой защиты (УДЗ), основанным на регистрации оптического излучения электрической дуги и представляющим собой одно из самых эффективных средств защиты от дугового разряда. Сегодня УДЗ, разработанные научно-производственным предприятием «ПРОЭЛ», защищают от короткого замыкания, вызванного электрической дугой, множество распределительных устройств (КРУ, КРУН, КСО и т.д.) на разных объектах электроэнергетики, начиная с АЭС и заканчивая БКРТП. В статье освещаются принципы работы УДЗ с оптоволоконными датчиками, описываются их преимущества и недостатки.

ООО НПП «ПРОЭЛ», г. Санкт-Петербург

Элементы и принцип работы УДЗ

Наиболее действенным видом защиты персонала и оборудования от последствий дугового разряда на сегодняшний день является дуговая защита, основанная на регистрации оптического излучения электрической дуги. Устройства дуговой защиты (УДЗ), построенные по принципу определения освещенности внутри отсеков ячеек комплектных распределительных устройств (КРУ), считаются самым эффективным решением.

Датчик светового потока, установленный в потенциальной зоне дугового разряда, при возникновении аварийной ситуации мгновенно реагирует на вспышку и передает сигнал на анализирующее устройство, которое просчитывает уровень опасности и, в случае превышения заданного порога освещенности, генерирует команду на размыкание цепи.

Для работы УДЗ применяются фотодетекторы, изготовленные на основе кремниевых фотодиодов с широким спектральным диапазоном (от 0,4 до 1,1 мкм), позволяющим в максимальной степени справиться с задачей выявления дугового разряда. Кремниевый

фотодиод обеспечивает наиболее высокую чувствительность к длинам волн в ближней инфракрасной области, что уменьшает требования к чистоте поверхности световых датчиков. Отсутствие необходимости в дополнительной очистке регистрирующих датчиков в течение всего срока эксплуатации с очевидностью демонстрирует еще одно неоспоримое преимущество использования в УДЗ кремниевых фотодиодов.

Высокий уровень защиты от электромагнитных помех гарантируется благодаря применению волоконно-оптической технологии, понижающей вероятность ложного срабатывания дуговой защиты по сравнению с решениями, использующими полупроводниковые элементы (фототиристоры, фотодиоды, матрицы ПЗС и пр.) в составе датчиков, которые располагаются непосредственно в контролируемой зоне. Рядом с токоведущими элементами устанавливается волоконно-оптический датчик, изготовленный из диэлектрических материалов, таких как полимеры и кварцевое стекло.

Одной из важных характеристик УДЗ является быстрдействие, то есть

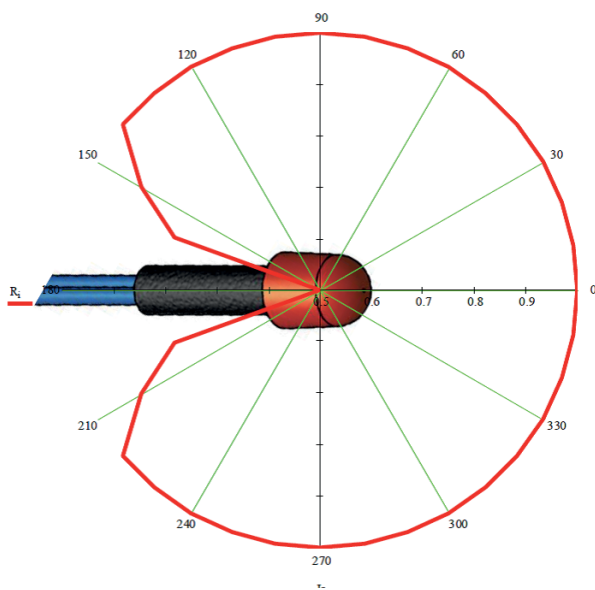
интервал времени между регистрацией сигнала о начале аварийного события и формированием управляющего воздействия для устранения аварии. В 2022 году линейка УДЗ, производимых ООО НПП «ПРОЭЛ», была дополнена моделями, обеспечивающими значение этого параметра равным 0,8 мс, что позволяет значительно уменьшить последствия дугового разряда.

Типы волоконно-оптических датчиков

В устройствах дуговой защиты разработки и производства НПП «ПРОЭЛ» применяются оптоволоконные датчики двух типов: точечные и петлевые. Точечный волоконно-оптический датчик ВОД (рис. 1) представляет собой приемник оптического излучения с объективом. Через объектив свет попадает в прибор и передается по оптоволоконному кабелю в фотоприемник, расположенный в УДЗ, который фиксирует превышение уровня освещенности, вызванное дуговым разрядом. При этом стоит отметить, что алгоритмы обработки сигналов от датчиков выделяют только быстрое, резкое изменение освещенности.



а



б

Рис. 1. Точечный волоконно-оптический датчик (ВОД):
а – общий вид; б – угол захвата

шенности. Эта особенность устраняет необходимость настройки порогового значения срабатывания датчика для учета уровня фоновой освещенности в защищаемом пространстве, а также делает УДЗ нечувствительным к включению/выключению освещения в отсеках ячеек, освещению фонарями при осмотрах и т. д.

Линза объектива ВОД имеет угол захвата, близкий к 5 стерадианам, благодаря чему обеспечивается практически круговая направленности. Такая конструкция позволяет контролировать замкнутый объем ячейки, не ориентируя ВОД на место возможного появления дугового разряда.



Рис. 2. Петлевой оптоволоконный датчик

Прибором второго типа является петлевой волоконно-оптический датчик ВОДП, у которого вся боковая поверхность волоконно-оптического кабеля представляет собой чувствительный элемент (рис. 2). Свет от дугового разряда проникает через внешнюю оболочку кабеля и попадает в сердцевину волокна, распространяясь по нему к фотоприемнику.

Важной особенностью точечного волоконно-оптического датчика ВОД является использование оптического волокна, изготовленного из кварцевого стекла. Этот материал имеет практически неограниченный срок службы, на протяжении которого его характеристики остаются неизменными. Данная особенность позволяет по окончании срока службы УДЗ производить замену только электронной части оборудования, подключая его к ранее установленным датчикам. В свою очередь, этот факт дает возможность значительно сократить расходы на закупку оборудования дуговой защиты и монтажные работы. Стоит отметить, что датчики петлевого типа не имеют такой особенности ввиду того, что со временем происходит помутнение полимерного оптического волокна, используемого для их производства. Появление помутнения приводит к значительной потере чувствительности датчиков УДЗ, вплоть до потери возможности выполнять основную функцию. В целом данный эффект проявляется для любого полимерного волокна любого производителя и, соответственно, приводит к сокращению сроков службы всех датчиков УДЗ, изготовленных на его основе. По нашим оценкам, срок эксплуатации датчиков на основе полимерного оптического волокна составляет порядка 10 лет.

Три семейства УДЗ НПП «ПРОЭЛ»

Компания предлагает три семейства устройств дуговой защиты: «ОВОД-МД», «ОВОД-Л» и «ПРОЭЛ-МИНИ». Эти системы различаются способом установки, что позволяет заказчику выбрать оптимальный вариант для своего проекта. А вот чувствительность и время срабатывания одинаковы у всех УДЗ. Чувствительность датчиков точечного типа – не хуже $0,5 \text{ мВт/см}^2$, датчиков петлевого типа – 10000 люкс. Собственное время срабатывания устройств состав-



Рис. 3. Устройство дуговой защиты «ОВОД-МД»

ляет 9,0 мс (для моделей с электро-механическими реле) или 0,8 мс (для моделей с твердотельными реле). Эти характеристики позволяют практически мгновенно обнаружить высоковольтный дуговой разряд и предотвратить его последствия: анализирующее устройство выдает команду на приведение в действие высоковольтных выключателей, и участок электрической цепи, на котором возник дуговой разряд, обесточивается.

УДЗ «ОВОД-МД»

Семейство «ОВОД-МД» (рис. 3) включает в свой состав несколько модификаций: для установки в отдельном малогабаритном шкафу, в отсеке низковольтного оборудования ячейки, в шкафу с клеммными зажимами. У всех модификаций есть общий элемент – блочный каркас с электронными модулями, к которым подключается выносной блок управления и разъемы интерфейсов связи. УДЗ «ОВОД-МД» могут непрерывно работать в неотапливаемых помещениях как с ВОД, так и с ВОДП и имеют высокую селективность благодаря радиальному принципу построения. Система ведет журналы срабатываний и неисправностей с привязкой к энергозависимым часам реального времени, эти данные передаются на ПК через встроенный USB-порт. УДЗ семейства «ОВОД-МД» осуществляют непрерывный автоматический контроль работоспособности датчиков и имеют защиту от ложных срабатываний при освещении лампой накаливания. Логика работы выходных реле

можно программировать или изменять в соответствии с требованиями заказчиков.

Преобразования светового сигнала осуществляются в блоке детектирования света и тестирования БДСТ (анализирующем устройстве): сперва – в аналоговый электрический сигнал, затем – в цифровой, который фильтруется и сравнивается с порогом срабатывания. Если порог превышен, формируется команда для дальнейших действий. Данные о регистрации дуги передаются по CAN-шине блокам дискретных выходов и входов (БДВх и БДВых). В алгоритм работы могут быть введены сигналы от шести дискретных входов. В совокупности такой подход позволяет формировать гибкую логику работы устройства.

Емкость журнала событий УДЗ составляет 500 записей. Получить данные с устройства можно либо через блок управления, либо с помощью компьютера, подключившись через USB-порт. Светодиодные индикаторы информируют о состоянии устройства.

Самой компактной модификацией семейства является «ОВОД-МД-А/Б», к нему подключается до 48 датчиков. Данное УДЗ оснащено 25 выходными реле, 6 дискретными входами и в исполнении «ОВОД-МД-Б» имеет дополнительный клеммный шкаф для подключения внешних электрических цепей. УДЗ «ОВОД-МД-А» представляет собой навесной шкаф одностороннего обслуживания с дверцей. Внутри смонтирован блочный каркас, в котором установлены электронные

блоки. На двери – блок управления, органы управления и индикации. На нижней панели шкафа находятся 10 кабельных вводов типа PG-21 и шпилька М6 для подключения заземления.

УДЗ модификации «ОВОД-МД-В/Г» предназначено для установки в отсек низковольтного оборудования и поддерживает подключение до 88 датчиков. Подключение внешних электрических цепей в устройстве от схем РЗА выполняется с помощью электрических проводов к разъемам, расположенным на блоках входов, выходов и блоке питания. Блочный каркас изготовлен из анодированного алюминия.

Модификация «ОВОД-МД-Д» выполнена в навесном шкафу и имеет широкий набор опций для различных условий применения. Поддерживает подключение до 88 датчиков, может иметь до 25 выходных реле. Внутри навесного шкафа установлены: блочный каркас с модулями дуговой защиты и наборные клеммы с пружинными контактами. УДЗ может быть оснащено автоматическим выключателем в цепи питания и комплектом антиконденсатного обогрева. Блок управления вынесен на дверь и соединен кабелем с блоком входов, здесь же расположены органы управления и индикации. На нижней панели шкафа находятся кабельные вводы.

УДЗ «ОВОД-МД-Е» выполнено в навесном шкафу одностороннего обслуживания и поддерживает подключение до 88 датчиков точечного или петлевого типа. Его особенностью яв-



Рис. 4. Устройство дуговой защиты «ОВОД-Л» с блоком управления

ляется возможность работы по протоколу МЭК 61850. Сигналы дуговой защиты передаются на преобразователь дискретных сигналов, а затем – смежным системам по каналу Ethernet в виде GOOSE-сообщений. Также имеется поддержка протокола MMS.

Данный вид УДЗ может быть оснащен конвертерами, позволяющими подключаться к сетям Ethernet, выполненным на основе витой пары (медь) или оптоволоконных линий связи.

УДЗ «ОВОД-Л»

Устройства дуговой защиты «ОВОД-Л» (рис. 4) предусматривают большое количество датчиков, дискретных входов и выходов, ограничиваемое лишь количеством блоков, которое может составлять до 110 шт. С точки зрения архитектуры данное УДЗ представляет собой совокупность функциональных блоков, объединенных по CAN-шине для обмена сигналами. Блоки расположены в отсеках низковольтного оборудования ячейки, причем датчики, регистрирующие в ячейке дуговой разряд, подключаются к блокам, размещенным в той

же ячейке. Блоки соседних ячеек соединены между собой электрическим кабелем, по которому осуществляется их питание и передаются цифровые сигналы.

В меню, через которое оператор контролирует работу УДЗ, информация о сработавшем датчике содержит номер ячейки и название отсека, где датчик расположен.

УДЗ «ОВОД-Л»:

- ▶ осуществляет полный автоматический контроль работоспособности оптоэлектронного тракта (ВОД, блоков и электрического кабеля линии связи);
- ▶ выдает команды на срабатывание выключателей трех ступеней силовых электрических цепей (1-я ступень – выключатель высокого напряжения; 2-я ступень – выключатель ввода или секционный выключатель; 3-я ступень – выключатель отходящей линии);
- ▶ определяет место возникновения электрической дуги;
- ▶ формирует сигналы запрета АПВ, запрета АВР и выполняет множество других функций.

Модификация данного семейства УДЗ «ОВОД-Л-НС» используется в качестве регистратора дугового разряда совместно с микропроцессорным терминалом РЗА и допускает подключение датчиков как точечного, так и петлевого типа. Это решение было разработано для защиты шкафов КРУ электрических подстанций 0,4–35 кВ совместно с микропроцессорным терминалом РЗА. При обнаружении разряда срабатывает выходное реле. УДЗ «ОВОД-Л-НС» можно настроить на работу в двух режимах: импульсном и с фиксацией. В импульсном режиме контакты реле после замыкания разомкнутся через заданный период времени. В режиме с фиксацией после срабатывания контакты останутся замкнуты до снятия питания.

УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ»

Третье семейство УДЗ – «ПРОЭЛ-МИНИ» (рис. 5) – предназначено для защиты одной ячейки распределительного устройства и поддерживает подключение до 4 датчиков. Обмен данными осуществляется через интерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU. УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ» применяется для защиты КРУ электрических подстанций 0,4–35 кВ. Для организации схемы работы устройства по двум сигналам (от ВОД и о наличии короткого замыкания) предусмотрено два дискретных входа. При наличии CAN-порта (опция) УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ» можно использовать как модуль для расширения устройства дуговой защиты «ОВОД-МД» или «ОВОД-Л».



Рис. 5. УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ»

В. Е. Милохин, технический директор,
Б. В. Михайлов, генеральный директор,
ООО НПП «ПРОЭЛ», г. Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 331-5033,
e-mail: info@proel.spb.ru,
сайт: proel.spb.ru