Устройства дуговой защиты «ПРОЭЛ»

В статье представлены устройства дуговой защиты (УДЗ), разработанные научно-производственным предприятием «ПРОЭЛ» и основанные на регистрации оптического излучения электрической дуги. Объясняются принципы работы УДЗ с оптоволоконными датчиками, описываются их преимущества. Представлены УДЗ серий «ОВОД-МД», «ОВОД-Л» и «ПРОЭЛ-МИНИ», различающиеся способами установки и функциональностью.

ООО НПП «ПРОЭЛ», г. Санкт-Петербург

Элементы и принцип работы УДЗ

Защита людей и оборудования от поражения электрическим током – важнейшая задача во всех сферах энергетики. Разработанные для этого технические решения, оборудование и мероприятия различаются в зависимости от типа аварийной ситуации, области применения и других факторов. Мы рассмотрим средство от поражения электрической дугой, или дуговым разрядом, который представляет собой перемещающийся в пространстве электрический разряд и крайне опасен как для людей, так и для электроустановок.

Наиболее часто дуговые разряды возникают в распределительных устройствах (КРУ, КРУН, КСО и других), а самыми эффективными средствами защиты от них сегодня считаются УДЗ (устройства дуговой защиты), которые построены с применением оптического принципа действия. Их устанавливают в зоне, где возникновение дуги наиболее вероятно, например в ячейке КРУ. Чувствительным элементом УДЗ является датчик светового потока: при возникновении дуги он фиксирует свечение и передает сигнал на анализирующее устройство, входящее в состав УДЗ. Анализирующее устройство просчитывает интенсивность и продолжительность свечения и, если данные показатели будут оценены как аварийные, генерирует команду на размыкание цепи.

Датчики светового потока строятся с применением фотодетекторов, которые изготовлены на основе кремниевых фотодиодов с широким спектральным диапазоном: от 0,4 до 1,1 мкм. Такая оптическая чувствительность позволяет датчику успешно справляться с задачей выявления дугового разряда. При этом кремниевый фотодиод чувствителен к волнам ближней инфракрасной области, а это значит, что не требуется часто очищать поверхность датчика. Таким образом, УДЗ с кремниевыми фотодиодами не сложны в эксплуатации: они будут надежно срабатывать даже без постоянного обслуживания.

Высокий уровень защиты от электромагнитных помех обеспечен благодаря применению волоконно-оптических технологий, которые, в отличие от полупроводниковых элементов (фототиристоры, фотодиоды, матрицы ПЗС и пр.), понижают вероятность ложного срабатывания дуговой защиты.

Одной из важных характеристик УДЗ является быстродействие, 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, у которых значение этого параметра доведено до 0,8 мс, что позволяет значительно снизить ущерб от возникновения дугового разряда.

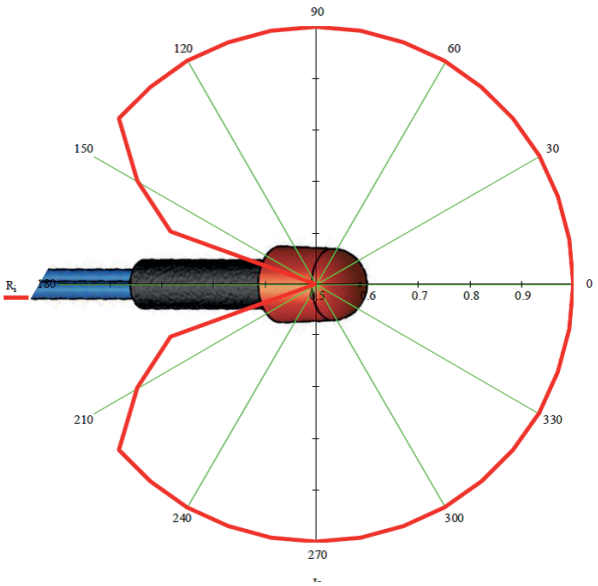
Типы волоконно-оптических датчиков

В устройствах дуговой защиты разработки и производства НПП «ПРОЭЛ» применяются оптоволоконные датчики двух типов: точечные и петлевые. В точечный волоконно-оптический датчик, ВОД (рис. 1), свет попадает через объектив и проходит по оптоволоконному кабелю в фотоприемник, расположенный в корпусе устройства дуговой защиты. В фотоприемнике фиксируется превышение уровня освещенности, вызванное дуговым разрядом. Важно отметить, что алгоритмы обработки сигналов от датчиков выделяют только быстрое, резкое изменение освещенности. Это сделано для того, чтобы датчик не сработал от фоновой освещенности, света налобного фонарика, включения/выключения освещения в отсеках ячеек и т.д.

Хотя датчик и назван точечным, обзор у него большой: линза его объектива имеет угол захвата, близкий к 5 стерадианам, благодаря чему обеспечивается почти круговая диаграмма направленности. Такая конструкция позволяет контролировать замкнутый объем ячейки, не ориентируя ВОД на место возможного появления дугового разряда.

У прибора второго типа, петлевого волоконно-оптического датчика (ВОДП), чувствительным элементом

а



б

Рис. 1. Точечный волоконно-оптический датчик (ВОД): *а* – внешний вид; *б* – круговая диаграмма направленности объектива

является вся поверхность волоконно-оптического кабеля (рис. 2). Свет от дугового разряда проникает через внешнюю оболочку кабеля и попадает в сердцевину волокна, распространяясь по нему к фотоприемнику.

Важная особенность ВОД – использование оптического волокна, изготовленного из кварцевого стекла. Этот материал имеет практически неограниченный срок службы, на протяжении которого его характеристики остаются неизменными. Поэтому, когда истекает срок службы УДЗ, достаточно заменить только электронный блок оборудования, подключив его к ранее установленным датчикам. Это позволяет значительно сократить расходы на закупку устройства дуговой защиты и монтажные работы. Необходимо отметить, что ВОДП (датчики петлевого типа) не имеют такой особенности: со временем происходит помутнение полимерного оптического волокна, используемого для их производства. Из-за помутнения датчик в значительной степени утрачивает свою чувствительность, вплоть до потери возможности выполнять основную функцию. Данный эффект проявляется для любого полимерного волокна любого производителя, поэтому все УДЗ, изготовленные на основе ВОДП, имеют более короткий срок службы. По нашим оценкам, срок эксплуатации датчиков на основе полимерного оптического волокна составляет порядка 10 лет.

Рис. 2. Петлевой оптоволоконный датчик (ВОДП)

Три серии УДЗ НПП «ПРОЭЛ»

Компания предлагает три серии устройств дуговой защиты: «ОВОД-МД», «ОВОД-Л» и «ПРОЭЛ-МИНИ». Они 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 мВт/см^2, датчиков петлевого типа – 10000 люкс. Собственное время срабатывания устройств составляет 9,0 мс (для моделей с электромеханическими 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.

Рассмотрим конструктивные особенности УДЗ каждой серии.

УДЗ «ОВОД-МД»

В состав серии «ОВОД-МД» (рис. 3) входит несколько модификаций: для установки в отдельном малогабаритном шкафу, в отсеке низковольтного оборудования ячейки, в шкафу с клеммными зажимами. У всех устройств 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 энергонезависимым часам реального времени, эти данные передаются на ПК через встроенный USB-порт. Осуществляется непрерывный автоматический контроль работоспособности датчиков. Имеется защита от ложных срабатываний при освещении лампой накаливания. Логику работы выходных реле можно программировать или изменять в соответствии с требованиями заказчика.

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 эти данные можно либо через блок управления, либо подключившись с компьютера по USB-порту. Светодиодные индикаторы информируют о состоянии устройства.

Самая компактная модификация серии – «ОВОД-МД-А/Б», к этому УДЗ подключается до 48 датчиков. Устройство 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. Особенностью этой модификации является 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. УДЗ «ОВОД-МД-Е» может быть оснащено конвертерами, позволяющими подключаться к сетям Ethernet, выполненным на основе витой пары (медь) или оптоволоконных линий связи.

Рис. 3. Устройство дуговой защиты «ОВОД-МД»: исполнение в навесном шкафу

УДЗ «ОВОД-Л»

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

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

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

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

Перечислим основные функции УДЗ «ОВОД-Л»:

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

Модификация УДЗ «ОВОД-Л-NC» 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-NC» 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»

Серия УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ» (рис. 5) предназначена для защиты одной ячейки распределительного устройства и поддерживает подключение до 4 датчиков. Передача данных 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) имеется два дискретных входа. При наличии CAN-порта (опция) УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ» можно использовать как модуль для расширения устройств дуговой защиты «ОВОД-МД» или «ОВОД-Л».

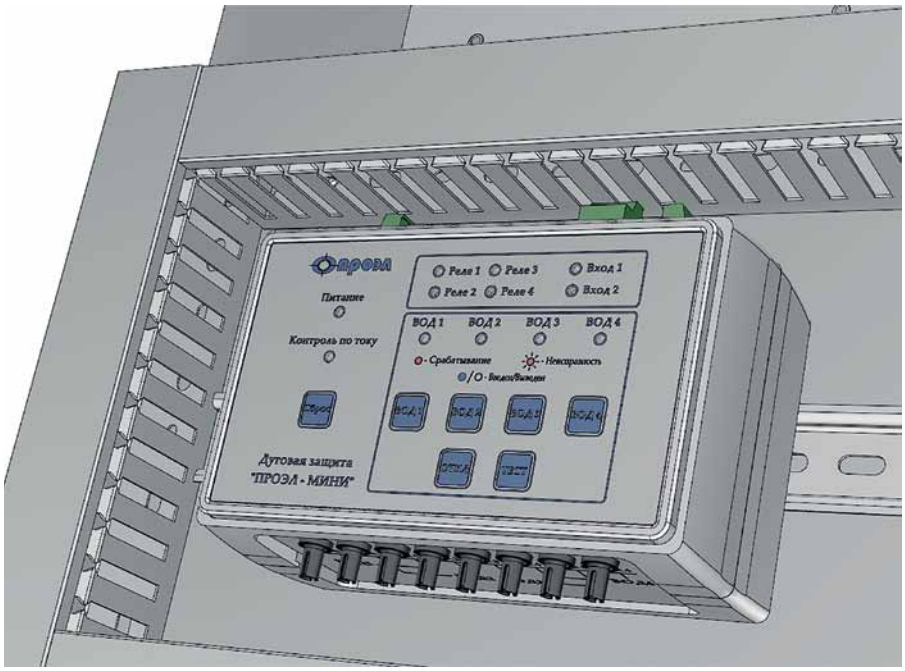


Рис. 5. УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ»

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