

Дуговая защита



В статье приводится краткий технический обзор эксплуатационных возможностей устройств дуговой защиты производства ООО НПП «ПРОЭЛ», предназначенных для защиты персонала и оборудования электрических подстанций от последствий дугового разряда. В основу работы этих устройств положен принцип регистрации резкого изменения освещенности в зоне возможного появления дугового разряда посредством оптоволоконных датчиков точечного и петлевого типов. Представлены три семейства устройств дуговой защиты – «ОВОД-МД», «ОВОД-Л» и «ПРОЭЛ-МИНИ», различающиеся архитектурой построения.

ООО НПП «ПРОЭЛ», г. Санкт-Петербург

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 ячейки комплектных распределительных устройств (КРУ), считаются самым эффективным решением.

Принцип работы УДЗ

Датчик светового потока, установленный в зоне возможного появления дугового разряда, при возникновении аварийной ситуации мгновенно реагирует на вспышку и передает сигнал на анализирующее устройство, которое оценивает 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 требова-

ния к чистоте поверхности световых датчиков. Отсутствие необходимости в дополнительной очистке регистрирующих датчиков в течение всего срока эксплуатации очевидно 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, такие как фототиристоры, фотодиоды, матрицы ПЗС и прочие, в составе датчиков, которые располагаются непосредственно в контролируемой зоне. Рядом с токоведущими элементами устанавливается волоконно-оптический датчик, изготовленный из диэлектрических материалов – полимеров и кварцевого стекла.

Дуговая защита позволяет определить место возникновения разряда с высокой точностью, благодаря чему появляется возможность осуществить точечное отключение только той части распределительного устройства, в которой произошло короткое замыкание, без полной блокировки всей системы. Для реализации точечного отключения в каждый оптически изо-

лированный отсек ячейки распределительного устройства устанавливается волоконно-оптический датчик, который контролирует весь объем охраняемого отсека.

Для повышения надежности работы УДЗ используются данные от двух входных сигналов:

- ▶ светового, идущего от дугового разряда;
- ▶ электрического, который оповещает о наличии тока короткого замыкания.

Такой дублированный подход предельно минимизирует вероятность ложного срабатывания и одновременно позволяет реализовать алгоритм выборочного отключения проблемной зоны, позволяющий сохранять остальные ячейки в рабочем состоянии.

Волоконно-оптические датчики

Для регистрации дугового разряда в устройствах дуговой защиты ООО НПП «ПРОЭЛ» применяется два типа оптоволоконных датчиков: точечные и петлевые.

Точечный волоконно-оптический датчик (ВОД) – это приемник оптического излучения с объективом, обеспечивающим ввод светового излучения из окружающего пространства в оптоволоконный кабель (рис. 1). Световой поток распространяется по оптоволоконной до оптоэлектронного фотоприем-



Рис. 1. Точечный волоконно-оптический датчик: а – внешний вид; б – диаграмма направленности

ника, размещенного в устройстве. Элементы, используемые в точечных волоконно-оптических датчиках, относятся к диэлектрикам, невосприимчивым к электромагнитным полям (наводкам), что обуславливает их широкое применение в подобных системах. ВОД предназначены для регистрации дугового разряда в оптически изолированных отсеках ячеек КРУ, КРУН, КСО, а также могут применяться для регистрации дугового разряда в отсеках сборных шин без проходных изоляторов.

Линза объектива обеспечивает угол захвата, близкий к 5 стерадианам, или фактически круговую диаграмму направленности. Такая конструкция позволяет контролировать замкнутый объем ячейки, что устраняет необходимость ориентировать ВОД на место возможного появления дугового разряда. С другой стороны кабель оконцован коннекторами для подключения к модулю оптоэлектронного преобразования устройства дуговой защиты.

Волоконно-оптический датчик петлевой (ВОДП) – это приемник оп-

тического излучения, чувствительным элементом которого является вся боковая поверхность волоконно-оптического кабеля (рис. 2). Свет от дугового разряда проникает через внешнюю оболочку и попадает в сердцевину волокна, по которому распространяется к фотоприемнику, расположенному в устройстве дуговой защиты.

Три семейства УДЗ производства компании «ПРОЭЛ»

ООО НПП «ПРОЭЛ» предлагает три семейства устройств дуговой защиты, которые различаются архитектурой построения, – «ОВОД-МД», «ОВОД-Л» и «ПРОЭЛ-МИНИ». Каждое из семейств включает в себя разнообразные модификации, в первую очередь различающиеся способом установки, что позволяет выбрать устройство, наиболее полно отвечающее требованиям конкретного проекта. При этом основные технические характеристики, чувствительность и время срабатывания одинаковы для всех устройств. Чувствительность датчиков точечного типа составляет величину не хуже $0,5 \text{ мВт/см}^2$, а датчиков петлевого типа – не хуже

10000 люкс. Собственное время срабатывания устройств составляет 9,0 мс. Совокупность этих характеристик позволяет вовремя обнаружить наличие высоковольтного дугового разряда и нейтрализовать его действие путем выдачи команд на отключение высоковольтных выключателей с целью обесточить участок электрической цепи, на котором возник дуговой разряд.

А теперь рассмотрим подробно функциональность и конструктивные особенности устройств дуговой защиты каждого семейства.

УДЗ «ОВОД-МД»

Семейство устройств «ОВОД-МД» включает несколько модификаций: для установки в отдельном малогабаритном шкафу (рис. 3), в виде модуля для установки в отсеке низковольтного оборудования ячейки или в шкафу с размещенными внутри рядами клеммных зажимов. Общим элементом семейства является блочный каркас с электронными модулями. К модулям подключается выносной блок управления, а также разъемы интерфейсов связи. «ОВОД-МД» может непрерывно работать как с ВОД, так и с ВОДП в неотопливаемых помещениях и обладает высокой селективностью вследствие радиального принципа построения. Система ведет журналы срабатываний и неисправностей с привязкой к энергонезависимым часам реального времени, которые передаются на ПК через встроенный порт USB. Предусмотрены непрерывный автоматический контроль работоспособности датчиков и защита от ложных срабатываний при освещении лампой накаливания. Имеется возможность программирования и изменения логики



Рис. 2. Волоконно-оптический датчик петлевой



Рис. 3. УДЗ «ОВОД-МД-А/Б»: блочный каркас с контроллером и различными функциональными модулями, установленный в малогабаритном шкафу

работы выходных реле в соответствии с требованиями эксплуатантов.

В модуле оптоэлектронного преобразования (в документации он носит название «блок детектирования света и тестирования» – БДСТ) световой сигнал, зарегистрированный с помощью объектива, преобразуется в электрический аналоговый сигнал. Микроконтроллер БДСТ осуществляет преобразование аналогового сигнала в цифровой, его фильтрацию и сравнение с порогом срабатывания. При превышении порога формируется команда для дальнейших действий. Данные о регистрации дуги передаются по шине цифровой связи CAN блокам дискретных выходов и входов. В алгоритм работы могут быть введены сигналы от шести дискретных входов. В совокупности такой подход позволяет формировать гибкую логику работы устройства.

Емкость журнала неисправностей составляет 500 событий. Доступ к данным осуществляется как через меню блока управления, так и с помощью ПК через порт USB. Органы управления и индикации расположены на блоке управления. Для информирования о состоянии устройства используются светодиодные индикаторы, а взаимодействие оператора с устройством осуществляется через меню с помощью клавиатуры.

«ОВОД-МД-А/Б» (рис. 3) – это компактное устройство, которое пре-

дусматривает подключение до 48 датчиков и содержит 25 выходных реле, 6 дискретных входов, а также имеет дополнительный клеммный шкаф для подключения внешних электрических цепей («ОВОД-МД-Б»). УДЗ «ОВОД-МД-А» представляет собой навесной шкаф одностороннего обслуживания с передней дверцей. Внутри смонтирован блочный каркас, где установлены электронные блоки. На дверцу вынесен блок управления, который подключается к блоку дискретных входов соединительным кабелем. Органы управления и индикации находятся с внешней стороны дверцы шкафа. На нижней стенке шкафа расположены 10 кабельных вводов типа PG-21 и шпилька М6 для подключения заземления.

УДЗ «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 осуществляется с помощью электрических проводов сечением до 2,5 мм² к разъемам, расположенным на блоках входов, выходов и блоке питания. Блочный каркас изготовлен из анодированного алюминия.

УДЗ «ОВОД-МД-Д» выполнено в навесном шкафу с широким набором опций для различных условий применения. Поддерживает подключение до 88 датчиков и содержит до

25 выходных реле, а также имеет 6 дискретных входов и автоматический выключатель в цепи питания.

Внутри навесного шкафа установлены: блочный каркас с модулями дуговой защиты, ряд наборных клемм с пружинными контактами. Опционально устройство «ОВОД-МД-Д» комплектуется автоматическим выключателем в цепи питания и комплектом антиконденсатного обогрева. Блок управления находится на передней дверце и соединен с блоком входов кабелем. Органы управления и индикации расположены на двери. На нижней стенке шкафа установлены кабельные вводы.

УДЗ «ОВОД-МД-Е» выполнено в навесном шкафу одностороннего обслуживания и предусматривает подключение до 88 датчиков (точечного или петлевого типа). Принцип работы заключается в том, что входные и выходные сигналы дуговой защиты снимаются и подаются на преобразователь дискретных сигналов по Ethernet. Таким образом, внешние устройства могут формировать посредством GOOSE-сообщений сигналы о наличии тока короткого замыкания, которые преобразователь трансформирует в физические сигналы посредством своих выходных реле.

УДЗ «ОВОД-Л»

УДЗ данного семейства предусматривают большое количество датчиков, дискретных входов и выходов, ограничиваемое лишь количеством блоков (110 шт.). Такое УДЗ представляет собой совокупность функциональных блоков (рис. 4), объединенных шиной цифровой связи CAN для обмена сигналами срабатывания датчика, состояния дискретного входа и т. п. Блоки расположены в отсеках низковольтного оборудования ячейек. При этом датчики, которые регистрируют дуговой разряд в одной ячейке, подключаются к блокам, размещенным в той же ячейке. Группы блоков (или одиночные блоки), размещенные в соседних ячейках, соединяются электрическим кабелем, через который проходят сигналы цифровой последовательной связи и напряжение питания блоков устройства.

Взаимодействие оператора с устройством осуществляется через меню. Для удобства информация о сработавших датчиках выводится с указанием



Рис. 4. УДЗ «ОВОД-Л»



Рис. 5. УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ» на DIN-рейке

номера ячейки и названием отсека, в котором этот датчик расположен.

Устройство обеспечивает реализацию множества функций, основными из которых являются:

- ▶ полный автоматический контроль работоспособности оптоэлектронного тракта (ВОД, блоков и электрического кабеля линии связи);
- ▶ выдача команд на отключение 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);

- ▶ определение места возникновения электрической дуги (номер и отсек ячейки);
- ▶ формирование сигналов запрета АПВ и запрета АВР.

УДЗ «ОВОД-Л-НС» применяется в качестве регистратора дугового

разряда совместно с микропроцессорным терминалом РЗА и допускает подключение датчиков как точечного, так и петлевого типа. Предназначено 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 импульсном режиме, когда после замыкания контакты реле разомкнутся через заданный период времени. Также есть возможность настроить данное устройство дуговой защиты на работу с фиксацией, когда после срабатывания контакты останутся замкнутыми до снятия питания.

Семейство УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ»

Это компактное УДЗ (рис. 5) создано для защиты одной ячейки распределительного устройства и поддерживает подключение до 4 датчиков. Обмен данными производится по интерфейсу RS-485 под управлением протокола Modbus RTU. Обеспечивает защиту шкафов комплектных распределительных устройств электрических подстанций 0,4–35 кВ от коротких замыканий, сопровождающихся открытой электрической дугой. Для организации схемы работы устройства по двум сигналам (сигнал от ВОД и сигнал о наличии короткого замыкания) предусмотрено два дискретных входа. При наличии порта CAN (опция) УДЗ «ПРОЭЛ-МИНИ» можно использовать как модуль для расширения устройств дуговой защиты «ОВОД-МД» или «ОВОД-Л».

А.В. Рожков, главный инженер
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,
www.proel.spb.ru



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



facebook.com/isup.ru
Фейсбук



zen.yandex.ru/isup
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе