

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ИЛИ ПЛАВКИЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ?

ГУСЕВ Ю.П. Заведующий кафедрой «Электрические станции» ГОУВПО «МЭИ (ТУ)»

В проекте стандарта ОАО «ФСК ЕЭС» по техническим требованиям к СОПТ подстанций в качестве основного вида отключающего защитного аппарата предлагается использовать плавкие предохранители. Ранее, в течение последних 20–30 лет, отдавалось предпочтение автоматическим выключателям. В статье рассматривается целесообразность возврата к «морально устаревшим» аппаратам.

Развитие отечественной электроэнергетики, новые технологии и новое оборудование на современных электростанциях и подстанциях требуют пересмотра традиционных технических решений в области электроснабжения собственных нужд энергообъектов. Одна из наиболее актуальных задач – совершенствование систем оперативного постоянного тока (СОПТ) подстанций.

НОМЕНКЛАТУРА ОТКЛЮЧАЮЩИХ ЗАЩИТНЫХ АППАРАТОВ

Современные отечественные и зарубежные производители отключающих защитных аппаратов предлагают большое разнообразие автоматических выключателей для применения в электроустановках переменного тока. В то же время выбор автоматических выключателей для электроустановок постоянного тока напряжением 220 В крайне ограничен. Разработка и производство сложных коммутационных аппаратов для цепей постоянного тока, особенно напряжением свыше 60 В, экономически менее выгодны, так как их потребление относительно невелико.

Возможности выбора плавких предохранителей, ориентированных на использование в электроустановках постоянного тока, существенно шире. Стимулом для разработки новых современных типов плавких предохранителей стало широкое распространение силовых полупроводниковых приборов. Для их защиты от сверхтоков были разработаны специальные плавкие вставки категории применения «R» с уникальными характеристиками.

Важное преимущество современных плавких предохранителей – обеспечение ими времятоковых характеристик, согласованных с параметрами защищаемого электротехнического оборудования. Так, плавкие вставки категории применения «L» имеют характеристики, скоординированные с термикой кабелей, вставки категории применения «M» ориентированы на защиту цепей с электродвигателями.

КОММУТАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ

К сожалению, не все специалисты, занимающиеся проектированием СОПТ, знают, что большинство серийных автоматических выключателей, прекрасно работающих в электроустановках переменного тока напряжением 380 В, нельзя использовать в цепях постоянного тока напряжением свыше 40–60 В. Это связано с особенностями гашения электрической дуги постоянного тока.

Плавкие предохранители, разработанные для электроустановок переменного тока, также не рекомендуется использовать для защиты цепей постоянного тока. В порядке исключения в электроустановках постоянного тока с номинальным напряжением 220 В можно использовать плавкие вставки с номинальным напряжением переменного тока не ниже 500 В. При этом постоянная времени защищаемой цепи не должна превышать 2–5 мс. Теория и опыты в реальных условиях на подстанциях указывают на возможность взрыва плавких вставок, применяющихся без учета ограничений на область применения. Следует заметить, что аналогичные нарушения с автоматическими выключателями также приводят к взрывам и возгораниям.

Ресурс отключающей способности у всех защитных аппаратов ограничен. У плавких предо-

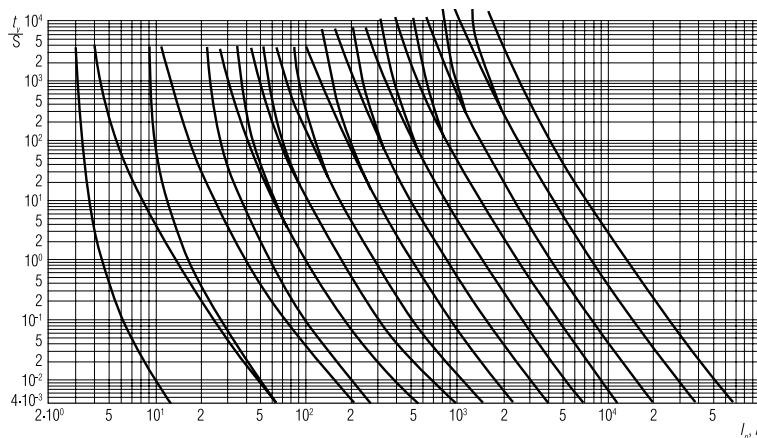


Рис. 1. Время-токовые характеристики плавких предохранителей категории применения «L». Группа 1



Гусев Юрий Павлович
Организация: ГОУВПО
«МЭИ (ТУ)».
Должность: заведующий
кафедрой «Электрические
станции», профессор.
Образование: В 1974 году
окончил Электроэнергетический
факультет МЭИ по специальности
«Электрические станции».
В 1984 году защитил
диссертацию на соискание
ученой степени кандидата
технических наук.
Лауреат премии Президента
РФ в области образования

хранителей он равен единице. Однако и у автоматических выключателей ресурс не бесконечен. Проведенные опыты свидетельствуют, что после каждого отключенного короткого замыкания у автоматических выключателей увеличивается внутреннее сопротивление и продолжительность гашения дуги. После отключения 5–8 коротких замыканий может потребоваться замена автоматического выключателя.

Остаточный коммутационный ресурс автоматических выключателей в электроустановках переменного тока косвенно можно оценить по их температуре в рабочем состоянии, например, с помощью тепловизора. Наличие электроэрозионных каверн и окисных пленок на поверхности контактов выключателей в цепях оперативного постоянного тока можно выявить только специальными замерами. В нормальном режиме выключатели в СОПТ по току не загружены, и их температура близка к температуре окружающей среды.

КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

В процессе отключения короткого замыкания можно выделить две стадии. На первой стадии контакты выключателя замкнуты, плавкий элемент предохранителя не расплавлен. На второй между контактами выключателя и внутри плавкой вставки предохранителя горит электрическая дуга. На первой стадии ток возрастает, а на второй уменьшается. Скорость снижения тока зависит от напряжения дуги и индуктивности короткозамкнутой цепи. Чем больше напряжение на дуге превышает напряжение источника, тем быстрее ток достигнет нулевого значения, и процесс отключения закончится. Размыкание цепи с индуктивностью неизбежно сопровождается перенапряжениями. Продолжительность горения дуги и уровень перенапряжений определяются дугогасительной системой отключающего аппарата. Наибольшие коммутационные перенапряжения создают токоограничивающие автоматические выключатели, их работа может быть причиной перенапряжений до 2000–2500 В [1]. Продолжительность импульсов

коммутационных перенапряжений может изменяться в пределах 1–5 мс.

Плавкие предохранители категории применения «L» могут создавать коммутационные перенапряжения такие же, как и токоограничивающие автоматические выключатели. Самые большие коммутационные перенапряжения могут создавать плавкие предохранители категории применения «R», предназначенные для защиты полупроводниковых приборов.

Максимальное напряжение дуги на плавких вставках с номинальным током до 16 А не нормируется. Использование таких предохранителей в ЩПТ, в цепях с большим уровнем токов короткого замыкания, не рекомендуется.

СЕЛЕКТИВНОСТЬ

Для обеспечения отключения сверхтоков ближайшим к месту короткого замыкания защитным аппаратом применяются автоматические выключатели категории применения «B» с задержкой отключения. В старых типовых схемах СОПТ в цепь, связывающую электроприемник с источником питания – аккумуляторной батареей, устанавливалось от 3 до 4 автоматических выключателей. В результате вводные выключатели на щитах постоянного тока должны были иметь задержку по отключению к моменту возникновения короткого замыкания не менее 0,5–0,7 с. Короткие замыкания на головных участках кабелей, отходящих от ЩПТ, становились затяжными и сопровождались мощным тепловым и электродинамическим воздействием на аккумуляторы, проводники и коммутационные аппараты. Это приводило к короблению электродных пластин аккумуляторов, выгоранию разъемных контактов коммутационных аппаратов и возгоранию кабелей.

Обеспечить селективность второго и третьего уровней защиты (в кольцах питания приводов высоковольтных выключателей, в ответвлениях от магистралей постоянного тока) с помощью автоматических выключателей в большинстве случаев невозможно, так как у автоматических выключателей с номинальными токами менее 100 А нет регулируемых расцепителей.

Можно обеспечить селективность автоматических выключателей с помощью выносных защит, действующих на независимый расцепитель. Выносные защиты позволяют устанавливать любую задержку срабатывания выключателей. Но они нуждаются во внешнем источнике питания, а независимые расцепители имеют низкую термическую стойкость и менее надежны.

Селективность плавких предохранителей обеспечивается их времятоковыми характеристиками (рис. 1, 2). Последовательно в одной цепи могут включаться плавкие предохранители с номинальными токами, отличающимися не менее чем на две ступени.

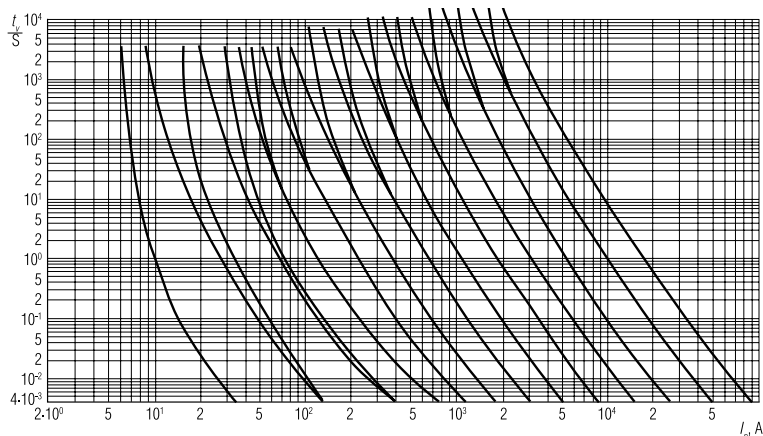


Рис. 2. Время токовые характеристики плавких предохранителей категории применения «L». Группа 2.

БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

Продолжительность полного двухстадийного процесса отключения короткого замыкания автоматическими выключателями серий АВМ и АЗ700 примерно равна 100 мс. Современные быстродействующие выключатели могут отключить короткое замыкание за 10–40 мс. У селективных выключателей процесс отключения начинается после установленной выдержки времени.

В отличие от автоматических выключателей продолжительность отключения коротких замыканий плавкими предохранителями зависит от величины тока. Чем больше ток короткого замыкания, тем быстрее отключается короткое замыкание. При коротких замыканиях в зоне ЩПТ вместо 0,7 с короткое замыкание отключается менее чем за 10 мс. За время, предшествующее плавлению плавкого элемента и возникновению электрической дуги, благодаря индуктивному характеру сопротивлений аккумуляторной батареи и цепи ввода, ток не успевает достичь максимального значения. Благодаря токоограничивающим свойствам плавких предохранителей электродинамическое и термическое действие сверхтока на аккумулятор ослабевает.

На новых подстанциях релейная защита строится на микропроцессорных устройствах, некоторые из которых после провалов напряжения глубиной более 50 % и продолжительностью более 50 мс осуществляют перезагрузку программного обеспечения и самотестирование. Следствием таких операций является потеря, на десятки секунд, защиты первичного оборудования и линейных присоединений подстанции от коротких замыканий. Ряд производителей микропроцессорных защит допускает более глубокие и более продолжительные провалы напряжения, но при этом возрастают пусковые токи, что препятствует обеспечению чувствительности отключающих защитных аппаратов.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Среднестатистическое значение тока дугового короткого замыкания на 15–35 % меньше тока металлического короткого замыкания. В конкретном случае ток дугового короткого замыкания может быть в 2–3 раза меньше. Отключать дуговые короткие замыкания желательно за время, не превышающее 0,5 с. При продолжительности дугового короткого замыкания более 0,5 с значительно возрастает риск возгорания от открытой электрической дуги. Автоматические выключатели, особенно в цепях ввода аккумуляторных батарей и в присоединениях колец питания электромагнитных приводов высоковольтных выключателей, не обеспечивают решение такой задачи.

Времятоковые защитные характеристики автоматических выключателей в цепях постоянного

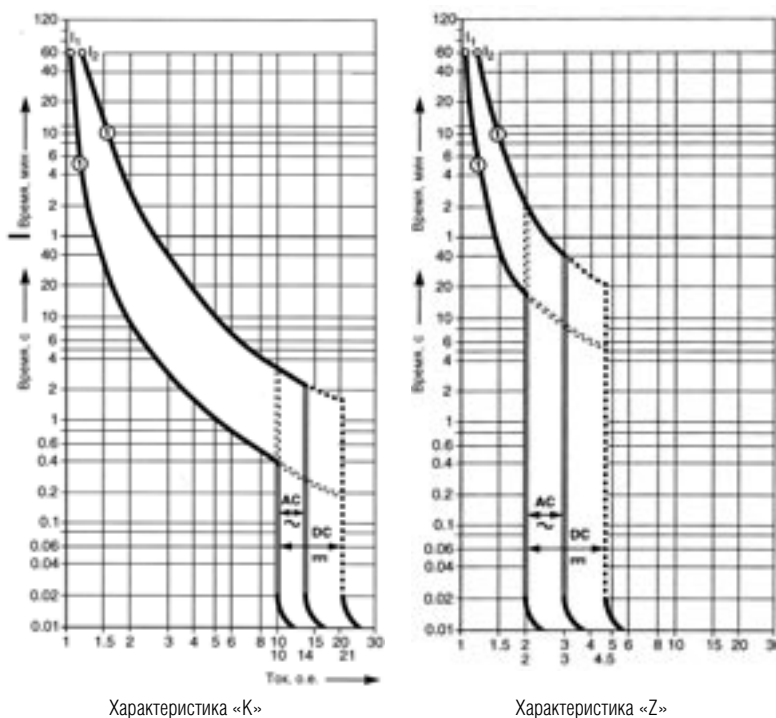


Рис. 3. Время токовые характеристики автоматических выключателей на переменном и постоянном токе

тока имеют большие разбросы параметров срабатывания (рис. 3), что дополнительно снижает их чувствительность.

Правильно выбранные плавкие предохранители могут отключать дуговые короткие замыкания за время, не превышающее 0,5 с, даже в зоне резервирования автоматических выключателей третьего (ближайшего к электроприемнику) уровня защиты.

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Автоматические выключатели являются сложными электромеханическими системами и имеют определенную вероятность отказа. Для минимизации последствий отказов каждый выключатель должен резервироваться. По действующим нормам в СОПТ должно обеспечиваться дальнейшее или ближнее резервирование отключающих защитных аппаратов. Дальнее резервирование более надежно, но не всегда удастся обеспечить чувствительность резервного автоматического выключателя к удаленным дуговым коротким замыканиям. Ближнее резервирование может быть обеспечено с помощью установки плавких предохранителей рядом с автоматическими выключателями (включаются последовательно со стороны источника). Старые нормы проектирования допускали вместо резервирования выключателей резервировать расцепители, т.е. в автоматическом выключателе с комбинированным расцепителем электромагнитный расцепитель рассматривался в качестве основной защиты от коротких замыканий, а тепловой расцепитель – в

качестве резервной защиты. Такой способ резервирования является условным, и риск затяжных или не отключаемых коротких замыканий становится чрезмерно большим.

Практически неразрешимой проблемой является резервирование вводных выключателей на ЩПТ. Кабельная линия между аккумуляторным помещением и ЩПТ остается без защиты от коротких замыканий.

Использование вместо автоматических выключателей плавких предохранителей позволяет успешно решить задачи резервирования защиты от коротких замыканий и перегрузок. Плавкий предохранитель:

- конструктивно проще, а значит, надежнее автоматического выключателя;
- состоит из двух независимых плавких вставок, включаемых в разные полюса защищаемой цепи. Для отключения короткого замыкания достаточно срабатывание хотя бы одной из двух вставок.

Т.о. вставки можно рассматривать как средства ближнего резервирования по отношению друг к другу. Плавкие вставки могут размещаться в отдельных однополюрных ящиках на стене аккумуляторного помещения и, благодаря отсутствию мест сближения полюсов цепи аккумуляторной батареи, обеспечивать основную и резервную защиту ввода аккумуляторной батареи в ЩПТ.

ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В ЩПТ многих подстанций до сих пор используются автоматические выключатели серий АВМ и АЗ793С. Выдержка времени у выключателей АВМ обеспечивается двумя часовыми механизмами, их

керны требуют повышенного внимания, сложной регулировки. В настоящее время специалистов, обладающих навыками выполнения подобных работ, найти крайне трудно. Непростая ситуация и с выключателями АЗ793С. Согласно техническим условиям 1979 года на автоматические выключатели серии АЗ700 (ТУ 16.529.798-79), проверку работоспособности блока управления полупроводникового расцепителя у этих выключателей следует проводить каждые 5000 часов. Такие проверки должны выполняться квалифицированным техническим персоналом с использованием специальных приборов. Выполнение указанных работ предполагает продолжительное отключение аккумуляторной батареи, что на подстанциях с одной батареей увеличивает риск возникновения не отключаемых коротких замыканий во время технического обслуживания вводных выключателей.

У современных автоматических выключателей объем и частота технического обслуживания меньше. Но, тем не менее, не следует пренебрегать рекомендациями производителей коммутационных аппаратов – не реже одного раза в год производить опробование выключателей для разрушения окисной пленки на поверхности контактов и устранение возможного закоксовывания механизмов расцепителей.

Техническое обслуживание плавких предохранителей сводится к замене перегоревших плавких вставок и плавких вставок, подвергавшихся воздействию сверхтока. Параметры вставок, подвергавшиеся воздействию тока, близкого к току плавления плавкого элемента, деградируют. Теоретически можно не заменять плавкие вставки с номинальным током, превышающим

Мы предлагаем:

- Разработку и внедрение информационно-измерительных систем энергетических и промышленных объектов "под ключ", в том числе: АСУ ТП, системы ТМ, ССПИ, СОТИ, СМид ТО, АИИСКУЭ и т.д.;
- Проектирование энергообъектов
- Ведение генерального подряда на информационно-измерительные системы энергетических и промышленных объектов



192171, Санкт-Петербург
ул. Седова д. 70/2
тел.: (812) 297 19 90
факс: (812) 297 80 21

номинальный ток перегоревшей вставки более чем на две ступени. Но в некоторых зарубежных энергокомпаниях считают оправданным после перегорания одной вставки одновременно заменить все вставки, по которым протекал ток короткого замыкания. Замена плавких вставок операция несложная и выполняется быстро, риски потери оперативного тока минимизированы.

УДОБСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ КОММУТАЦИОННЫХ ОПЕРАЦИЙ

Один из ранее действовавших факторов, обуславливавших предпочтение эксплуатационным персоналом автоматических выключателей по сравнению с плавкими предохранителями, – удобство в выполнении коммутаций. Для операций со старыми типами предохранителей правила техники безопасности требуют использовать специальные съемники и резиновые перчатки. В настоящее время имеется большой выбор комбинированных коммутационных аппаратов, совмещающих функции предохранителя, выключателя и разъединителя. Операции с ними не менее удобны, чем с автоматическими выключателями. А с точки зрения безопасности они даже предпочтительнее, так как обеспечивают возможность снятия крышки аппарата с установленными в ней плавкими вставками, что с большей гарантией позволяет предотвратить подачу напряжения в зону выполнения ремонтных работ.

ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Современные плавкие предохранители, также как и автоматические выключатели, могут

иметь механические указатели и средства дистанционной сигнализации срабатывания. Кроме того, комбинированные коммутационные аппараты предохранитель–выключатель – разъединитель имеют микровыключатели для сигнализации о положении крышки. Информация о состоянии и положении комбинированных коммутационных аппаратов может использоваться в устройствах местной индикации и передаваться в АСУ ТП.

ВЫВОДЫ

1. Плавкие предохранители обладают рядом преимуществ по сравнению с автоматическими выключателями, и их следует использовать в электроустановках оперативного постоянного тока электростанций и подстанций для защиты от сверхтоков.

2. Для максимально эффективного применения плавких предохранителей в системах оперативного постоянного тока необходимо разработать методические указания по их выбору и типовые руководства по эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 50030.1-2000 (МЭК 60947-1-99) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.
2. ГОСТ Р 50030.2-99 (МЭК 60947-2-98) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели.
3. ГОСТ Р 50339.0-2003 (МЭК 60269-1-98) Предохранители плавкие низковольтные. Часть 1. Общие требования.



НИИПТ

Отдел Автоматизированных
Систем Управления

Предлагает:

- Автоматизированные системы управления технологическими процессами в энергетике;
- Системы сбора и обработки аварийной информации для всех уровней диспетчерского и технологического управления;
- Системы контроля и управления на базе микропроцессорных устройств релейной защиты;
- Экспертиза и консультации по тендерной и проектной документации.

Россия, 194223,
г. Санкт-Петербург,
ул. Курчатова 1, лит. а.
Тел./факс: (812) 297 80 21
(812) 297 19 90
www.niipr.com
ni03@niipr.ru