

Автоматические выключатели – доверять или проверять ?

Практически вся электроэнергия распределяется и поставляется потребителям через низковольтные аппараты, в том числе и автоматические выключатели (АВ). Последние предназначены для коммутации электрических нагрузок в любых режимах работы, в том числе в режиме короткого замыкания (КЗ). АВ выполняют функции защиты оборудования от перегрузок, короткого замыкания, аварийных снижений сетевого напряжения.

Сейчас ситуация в распределительных сетях такова:

- эксплуатируются АВ как современного, так и более раннего производства;
- существенное расширение номенклатуры АВ, от классических, сравнительно недорогих, до сложных, со значительно расширенными функциональными возможностями;
- часто не выполняются требования нормативных документов, регламентирующих ввод в эксплуатацию, порядок и периодичность контроля АВ;
- в случае отказа или неверной работы АВ возникает аварийная ситуация и реальная ответственность за убытки, понесенные предприятием и/или потребителями.

Надежность (качество) функционирования распределительных сетей зависит как от надежности, собственно, оборудования, так и от соблюдения технологии, уровня подготовки персонала. Например, для анализа причин возникновения аварии на подстанции большую помощь могут оказать результаты периодического контроля уставок срабатывания АВ, контроля изоляции, переходного сопротивления и др. данные, которые отображены в соответствующих документах (протоколах, журналах).

Анализ таких данных позволяет предотвратить переход работоспособного АВ в аварийное состояние, спланировать его своевременную замену (ремонт).

Таким образом, тема контроля параметров АВ на предприятиях, рассматриваемая в этой статье, является особенно актуальной.

Объем испытаний аппаратов до 1000В отображены в Правилах устройств электроустановок.

Методы испытаний, указанные в ДСТУ 3025-95 та в ДСТУ 2393-95 могут быть реализованы только в условиях специальных заводских испытательных станций.

Поэтому в условиях эксплуатации АВ проверяют в части контроля их основных функций, применяя доступное оборудование, по возможности, минимизируя затрат времени.

Так, *например*, в Методических указаниях по настройке и эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ700 на электростанциях и подстанциях СПО Союзтехэнерго, М.:1981 приведены рекомендации соответственно объема и методики настройки, расчета и выбора уставок защиты, а также рекомендации по объему, периодичности и методике технического и оперативного обслуживания выключателей серии АЗ700.

Согласно этому документу, калибровка тепловых расцепителей АВ АЗ700 осуществляется только на заводе- изготовителе этих выключателей, а при настройке и техническом обслуживании – только проверка их работоспособности: контроль срабатывания пополюсно, трехкратным номинальным током из холодного состояния. Проводник, соединяющий нагрузочный трансформатор с выключателем, должен быть медным, площадью не менее указанного в таблице. Критерием работоспособности АВ есть нормированное время срабатывания в заданных условиях. Если же время срабатывания больше максимально допустимого, выключатель подлежит замене или ремонту.

Сейчас с увеличением количества предложений от изготовителей АВ наблюдается дефицит или полное отсутствие рекомендаций по методикам их контроля (входящего и профилактического). *Отсутствие входного контроля фактически переносит во времени момент предъявления рекламаций производителю (продавцу), если продукция не отвечает требованиям ТУ.*

Таким образом, можно выделить основные направления работы в обеспечении надежности функционирования АВ:

- подготовка персонала, который отвечает за качественное проведение технического и оперативного обслуживания АВ;
- обеспечение персонала, технической документацией (отраслевые методические указания по наладке и эксплуатации АВ, техническое описание и инструкция по эксплуатации АВ, указания заводов – изготовителей, др. литература);
- приобретение оборудования и приборов, обеспечивающих проведение работ (нагрузочные трансформаторы, регуляторы напряжения, измерительные трансформаторы тока и др.)
- организация входного контроля АВ, пуско-наладочных и профилактических работ, оформление результатов испытаний (проверок) в соответствующих документах.

С развитием современных технологий качество и функциональность автоматических выключателей (АВ) существенно возросли. Часто пользователи не тратят время на контроль параметров срабатывания АВ (например при вводе их в эксплуатацию), доверяя гарантиям поставщика. В таких случаях наладка выключателя ограничивается установкой параметров расцепителей на заданные значения величин срабатывания с помощью соответствующих регулировок (уставок срабатывания).

Напомним, что время-токовая защитная характеристика АВ (рис.1) может реализовываться с помощью одного или нескольких максимальных расцепителей, работающих в зоне токов перегрузки и/или в зоне токов короткого замыкания.

Кроме этого выключатель может иметь независимый расцепитель (позволяет мгновенно отключить АВ по внешней команде) и минимальный или нулевой расцепитель напряжения, который отключает АВ при снижении сетевого напряжения до минимально допустимого. В некоторых выключателях могут применяться расцепители минимального тока, реагирующие на ток утечки.

Рассмотрим далее особенности максимальных расцепителей, обусловленные, как правило, их принципом действия.

Тепловой расцепитель, ставший классическим из-за своей простоты и математической точности, срабатывает через время, обратно-пропорциональное усредненному квадрату действующего значения тока. Его используют чаще всего для работы в зоне перегрузки, так как в зоне токов короткого замыкания (КЗ) требуется более высокое быстроедействие.

Достоинства тепловых расцепителей:

- простота конструкции, дешевизна;
- способность работать на постоянном и переменном токах, нечувствительность к форме тока;
- интегрирующая способность, тепловая память.

Недостатки тепловых расцепителей:

- невысокая точность регулировки при массовом производстве - (10-12) %;
- зависимость характеристики срабатывания от изменения температуры окружающей среды (до 10% на 10°C);
- влияние на характеристику срабатывания сечения и длины токоподводящих проводников;
- при больших токах КЗ, например, из-за несрабатывания электромагнитного расцепителя и возникновения остаточных деформаций биметалла, может нарушиться калибровка теплового расцепителя;
- в области больших токов КЗ тепловой расцепитель не может осуществить большую выдержку времени (для селективных защит) из-за ограниченной термостойкости.

Калибровка тепловых расцепителей требует немало времени, т.к. для установления теплового состояния выключателя, адекватного условиям эксплуатации, необходим предварительный прогрев номинальным током всех полюсов АВ, а затем контроль срабатывания (несрабатывания) при увеличении тока на 10-20% (см.рис.1), на что уходит от одного до двух часов времени. Для ускорения калибровки однотипные выключатели – образцовый и настраиваемый включают последовательно, и при двух-, трехкратном

испытательном токе корректируют время срабатывания настраиваемого выключателя. Если нет необходимости точной настройки теплового расцепителя под данный объект, то просто проверяется его работоспособность – соответствие заводских настроек времени срабатывания (табличные данные) при заданной температуре окружающей среды, заданной кратности тока (обычно 3); при пополюсной проверке из холодного состояния.

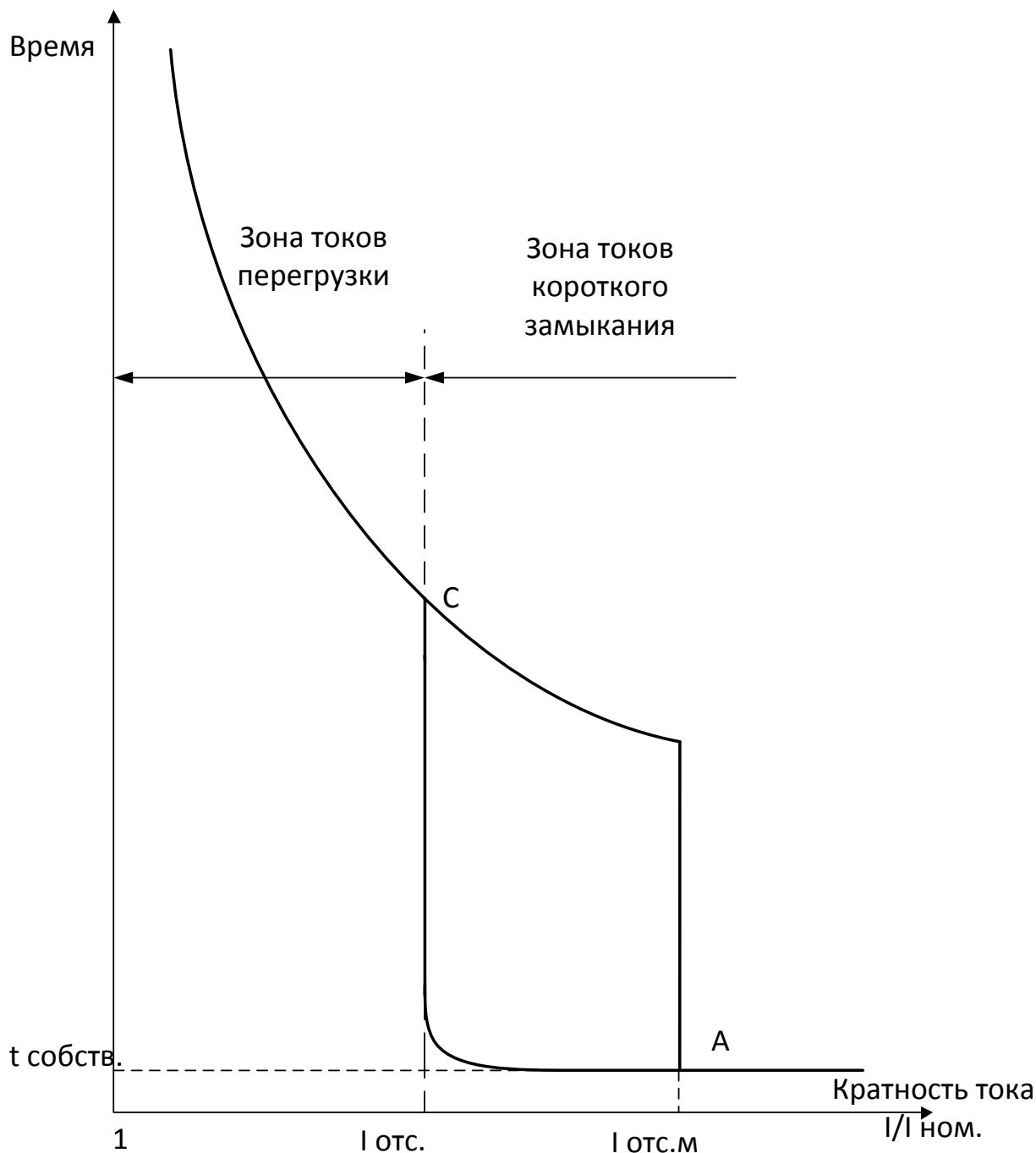


Рис.1

Время токовая характеристика АВ

Для выключателей с номинальным током более 1000 А калибровка тепловых расцепителей должна проводиться трехфазным переменным током.

Электромагнитный расцепитель обладает высоким быстродействием и часто применяется с тепловым, компенсируя его недостатки.

Достоинства электромагнитных расцепителей:

- простота конструкции, дешевизна;
- высокое быстродействие;
- малая зависимость характеристики от температуры;
- хорошая точность регулировки при массовом производстве – до 5%.

Недостатки электромагнитных расцепителей:

- зависимость характеристики срабатывания по току от изменения рода, формы и частоты тока;
- при длительной эксплуатации отклонения тока срабатывания могут достигать 30%.

Электромагнитные расцепители в комбинации с замедляющими часовыми механизмами (или др. замедлителями) могут обеспечить достаточно точную выдержку времени для обеспечения селективной защиты.

Если электромагнитный расцепитель работает совместно с тепловым или полупроводниковым, то он реализует функцию быстрого отключения АВ в зоне токов КЗ ($I_{отс.}$, $I_{отс.м}$ – рис.1). При проверке его работоспособности или калибровке необходимо исключить влияние испытательного тока на другие расцепители. Для этого можно подавать ток через полюс выключателя на малое время, достаточное для срабатывания электромагнитного расцепителя, но недостаточное для срабатывания расцепителей в зоне токов перегрузки или селективного отключения ($t_{собств.} < t < t_{зад.}$) – рис.2. Изменяя от опыта к опыту величину тока, необходимо определить пороговое значение тока устойчивого срабатывания (точка А).

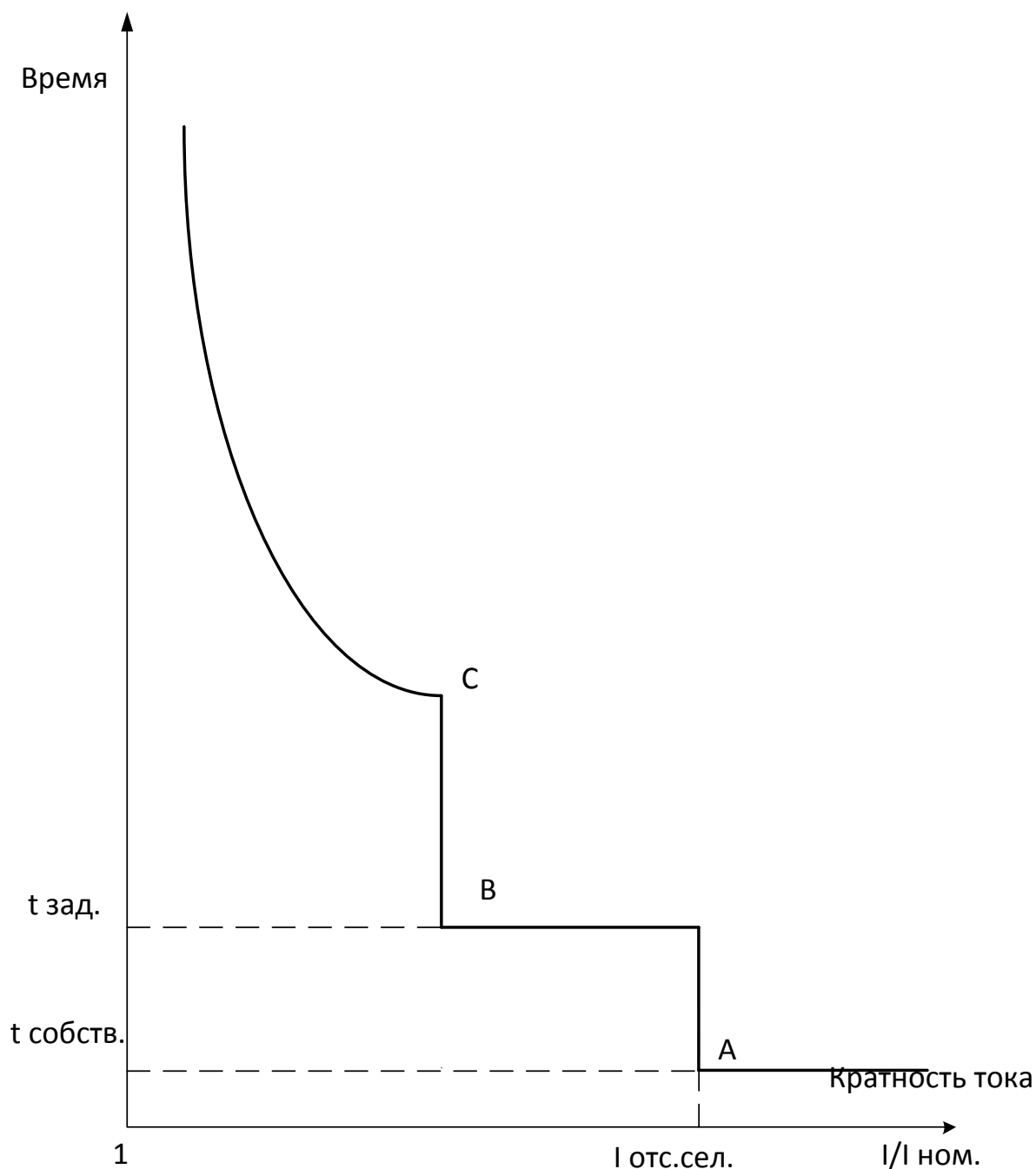


Рис.2
Время-токовая характеристика селективного АВ

Управляя током и временем его включения, измеряя время и ток срабатывания АВ, можно определить экспериментально другие характерные точки (например В, С –рис.2) время-токовой характеристики. При подаче серии испытательных «импульсов» тока необходимо делать паузы для возврата замедлителей в исходное состояние.

Полупроводниковые (электронные) расцепители создавались как альтернатива тепловым, а также для расширения возможностей изменения уставок срабатывания по току и времени. Основным их недостатком является зависимость характеристик срабатывания от рода, формы и частоты тока. Надежность полупроводниковых расцепителей содержащих более сотни компонентов на печатной плате недостаточно высока. Однако развитие современной элементной базы позволяет уже сейчас создавать электронные расцепители с небольшим количеством элементов, обладающие функциями измерения и запоминания аварийных токов/напряжений, количества срабатываний, расширенными диапазонами уставок тока и времени, рядом логических функций по обеспечению селективности, АВР и т.д.

Методика контроля работоспособности и калибровки уставок выключателей с полупроводниковыми расцепителями подробно описана, например, в Справочнике по наладке электроустановок и электроавтоматики.- Киев, Наукова думка,1985.Она сводится к контролю параметров защитной характеристики полупроводникового расцепителя при пропускании первичного тока (синусоидального для АВ переменного тока и постоянного для АВ постоянного тока) по одному или двум последовательно соединенным полюсам выключателя.

При проведении работ по наладке выключателей с целью экономии ресурса работы и повышения безопасности для персонала основные проверки первичным током проводят с использованием мощных низковольтных регулируемых источников тока.

Для переменного тока- это нагрузочные трансформаторы (НТ) с регулятором напряжения синусоидальной формы в первичной обмотке и выходным напряжением (6 ... 12) В, обеспечивающие длительный ток в нагрузке на уровне номинального для испытуемого выключателя и кратковременный - на уровне десятикратного (и более) от номинального тока.

Важное значение имеют габариты и масса НТ.

Для испытания на постоянном токе сложность выполнения переносного источника малых габаритов обусловлена требованием низкого коэффициента пульсаций выходного тока (до 2%), а также необходимостью обеспечения высокой скорости включения/выключения тока для тестирования селективных выключателей при токах 5-10кА.

В сложных распредустройствах с разветвленной структурой величины уставок срабатывания защит определяются расчетным путем и уточняются на практике по результатам измерений реальных токов КЗ или перегрузок. Для соблюдения принципа селективности в работе выключателей требуется достаточно точная настройка уставок срабатывания по току и времени, которая невозможна без знания принципов работы расцепителей АВ, учета их особенностей и **экспериментальной проверки установленных параметров.**