

УДК 621.3

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВКИ ТОКА СРАБАТЫВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ

Дронов И.А., студент гр. 8Э-52, I курс, Компанеец Б.С., к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова
г. Барнаул

В современных системах электроснабжения к устройствам защиты предъявляются повышенные требования по гибкости и адаптивности. Изменение режимов работы сети, рост мощностей, модернизация оборудования требуют корректировки параметров срабатывания автоматических выключателей. Однако не все типы коммутационных аппаратов имеют встроенную функцию регулировки тока уставки после изготовления. В связи с этим возникает потребность в анализе существующих способов настройки защиты и поиске доступных технических решений для адаптации уже установленных аппаратов к новым условиям эксплуатации [1].

1. Потребность в регулировке тока срабатывания

Необходимость регулировки тока срабатывания автоматических выключателей возникает в ряде типовых эксплуатационных ситуаций:

- Обеспечение селективности защиты. При построении многоуровневых систем требуется точная настройка уставок на каждом уровне, чтобы при аварии отключался только ближайший к месту повреждения аппарат.
- Защита оборудования с высокими пусковыми токами. Электродвигатели и трансформаторы при запуске потребляют токи, в 5–7 раз превышающие номинальные. Настройка защиты должна исключать ложные срабатывания при пуске, но обеспечивать отключение при перегрузках или коротких замыканиях.
- Адаптация к изменяющимся параметрам сети. При модернизации производства или добавлении новых нагрузок ранее установленные аппараты могут перестать соответствовать новым условиям. Замена выключателей требует значительных затрат, что делает актуальным поиск способов перенастройки существующих устройств.
- Согласование с характеристиками защищаемого оборудования. Дорогостоящее оборудование имеет собственные токовые характеристики, требующие индивидуальной настройки параметров защиты.

Указанные задачи решаются с помощью автоматических выключателей, обладающих функцией регулировки тока срабатывания. Конструктивная реализация такой регулировки существенно различается в зависимости от типа расцепителя [2].

2. Способы регулировки тока срабатывания

В зависимости от типа расцепителя, используемого в автоматическом выключателе, способы регулировки тока срабатывания можно разделить на три основные группы [3].

2.1. Термомагнитные расцепители

Термомагнитные расцепители являются наиболее распространенными в серийных автоматических выключателях. Они состоят из двух функциональных узлов: теплового (биметаллического) элемента для защиты от перегрузок и электромагнитного (соленоидного) — для защиты от коротких замыканий. Возможности регулировки у этих узлов существенно различаются.

Регулировка теплового расцепителя. Тепловой расцепитель основан на принципе нагрева биметаллической пластины протекающим током. При превышении допустимого значения пластина изгибается и воздействует на механизм отключения. Существуют модели реле, в которых, предусмотрена возможность настройки тока срабатывания теплового элемента. Регулировка осуществляется с помощью специального винта или поворотного переключателя на корпусе, который изменяет расстояние между биметаллической пластиной и рычагом расцепления. Это позволяет задать ток уставки в определенном диапазоне, как правило, от 0,7 до 1,0 от номинального тока выключателя.

Особенности теплового расцепителя: для его срабатывания требуется время, необходимое на нагрев биметаллической пластины. Даже при значительном превышении тока отключение не происходит мгновенно — чем выше ток, тем быстрее нагрев, но в любом случае процесс занимает от долей секунды до нескольких минут в зависимости от величины перегрузки. Это делает тепловой расцепитель эффективным для защиты от длительных перегрузок, но не приспособленным для быстрого отключения при коротких замыканиях или резких скачках тока.

Регулировка электромагнитного расцепителя. Электромагнитный расцепитель представляет собой соленоид с подвижным сердечником, который при достижении тока определенной величины втягивается и механически воздействует на расцепляющий механизм. Конструктивно такая система настраивается заводским способом путем подбора параметров катушки (число витков, сечение провода) и усилия возвратной пружины. После изготовления выключателя возможность регулировки тока срабатывания электромагнитного расцепителя, как правило, отсутствует. В некоторых моделях может быть

предусмотрена дискретная переключаемая уставка (например, $5 \times I_n$, $10 \times I_n$), однако непрерывная настройка в широком диапазоне технически не реализована.

Особенности электромагнитного расцепителя: срабатывает практически мгновенно (в течение миллисекунд) при достижении тока уставки, поскольку для его работы не требуется времени на нагрев. Это делает его незаменимым для защиты от коротких замыканий, однако отсутствие возможности оперативной перенастройки ограничивает гибкость применения.

Таким образом, терромагнитные расцепители обладают лишь ограниченными возможностями регулировки, касающимися преимущественно тепловой защиты. Регулировка электромагнитного расцепителя после изготовления выключателя практически недоступна, что не позволяет гибко адаптировать параметры быстрого отключения при коротких замыканиях.

2.2. Электронные и микропроцессорные расцепители

Электронные и микропроцессорные расцепители устанавливаются в выключателях в литом корпусе (МССВ) и воздушных выключателях (АСВ). Они представляют собой наиболее развитый класс устройств с широкими возможностями регулировки:

- устанавливать номинальный ток в широком диапазоне (например, 0,4–1,0 от максимального значения);
- настраивать ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечки) кратно номинальному току;
- задавать выдержку времени (для селективной защиты);
- программировать индивидуальные защитные характеристики.

Преимущества: высокая точность, широкий диапазон регулировки, дополнительные функции (измерение параметров, связь с SCADA).

Ограничения: высокая стоимость; необходимость полной замены аппарата при модернизации; сложность обслуживания.

2.3. Внешние устройства регулировки

Альтернативным подходом является использование внешних устройств, воздействующих на независимый расцепитель автоматического выключателя. Независимый расцепитель представляет собой электромагнитный механизм, который при подаче напряжения на катушку принудительно отключает выключатель.

Внешнее устройство включает в себя:

- датчик тока (трансформатор тока или шунт);

- схему сравнения с регулируемым опорным напряжением;
- выходной ключ для подачи сигнала на независимый расцепитель.

Принцип действия заключается в следующем: при превышении измеренного тока заданного порога (уставки) устройство формирует импульс, который подается на независимый расцепитель, вызывая отключение автоматического выключателя. Уставка регулируется с помощью подстроечного резистора, изменяющего опорное напряжение схемы сравнения [4].

Преимущества: возможность дооснащения уже установленных выключателей; низкая стоимость по сравнению с заменой на цифровые аналоги; сохранение штатных теплового и электромагнитного расцепителей; быстрота монтажа и настройки.

Ограничения: необходимость дополнительного монтажа; зависимость от наличия независимого расцепителя в составе выключателя.

Делая вывод, можно сказать, что рассмотрены основные способы регулирования тока срабатывания автоматических выключателей. Показано, что традиционные термомеханические расцепители не обладают гибкостью настройки, а современные электронные аналоги имеют высокую стоимость и требуют замены аппаратов. Обоснована актуальность разработки внешнего устройства дискретной регулировки на основе независимого расцепителя, которое может стать экономически эффективным решением для сетевых компаний и промышленных предприятий, позволяя адаптировать существующие системы защиты к изменяющимся условиям эксплуатации без значительных капитальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сошников, А. А. Выбор результативных решений при защите объектов АПК автоматическими выключателями / А. А. Сошников, Е. В. Титов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2023. – № 1(357). – С. 4-9. – DOI 10.33979/2073-7408-2023-357-1-4-9. – EDN THXNYG.
2. Зачем нужен автоматический выключатель // КАЭЗ URL: <https://keaz.ru/company/press-center/blog/2015/731-zachem-nujen-avtomaticheskij-vikluchatel> (дата обращения: 28.03.2026).
3. Классификация автоматических выключателей // ЭлектроЗамер URL: <https://electrozamer.ooo/blog/klassifikatsiya-avtomaticheskikh-vikluchateley> (дата обращения: 22.03.2026).
4. Автоматический выключатель с регулировкой тока // Элейн URL: <https://eleyen.ru/catalog/avtomat/silovye/iek-ekf/avtomaticheskij-vyklyuchatel-s-regulirovkoy-toka/> (дата обращения: 20.03.2026).