

---

УДК 621.316.925.1

Т.И. УТЮЖ, студент гр. ЭРб-181 (КузГТУ)

Научный руководитель В.А. ВОРОНИН, старший преподаватель (КузГТУ)  
г. Кемерово

## РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА — ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Первое упоминание успешной работы релейной защиты датируется концом XIX века. В 1891 году Михаил Осипович Доливо-Добровольский смонтировал устройства защиты трехфазной ЛЭП около города Лауфена (Германия). По окончанию строительства, у жителей и власти городов, вдоль которых проходила высоковольтная линия остались сомнения по поводу ее безопасности. Они были вынуждены запретить ее включение, без предоставления дополнительных доказательств того, что линия не представляет угрозы для жизни людей. Для доказательства надежности в работе защитных устройств пришлось провести опасный эксперимент: при включении линии, искусственным путем быть оборван провод, который с яркими искрами упал на рельсы железной дороги. Доливо-Добровольский подошел и поднял провод голыми руками [2]. Он был уверен, что защита, которую он спроектировал, сработает надежно.

Данный эксперимент наглядно продемонстрировал не только безопасность построенной линий электропередач, но и подтвердил необходимость защитных устройств и их эффективность при возникновении внештатных ситуаций. Для достижения успеха в работе устройств защиты ученым пришлось проделать большую работу.

Дальнейшее развитие защит происходило в зависимости от развития энергосистем и применяемой техники.

Релейная защита (РЗ) является одним из распространенным способом защиты линии электропередач при аварийных режимах работы [1]. Она организована по принципу оценки технического состояния отдельных контролируемых элементов электроэнергетических систем и осуществляет непрерывный контроль состояния всех элементов электроэнергетической системы, реагируя на возникновение повреждений и ненормальных режимов. При возникновении повреждений РЗ должна выявить поврежденный участок и отключить его от электроэнергетической системы, воздействуя на специальные силовые выключатели, предназначенные для размыкания токов повреждения (короткого замыкания).

Говоря о защитах, важно учесть, что всегда есть два момента, которые особенно сложно реализовать – это селективность и быстрдействие. С одной стороны, релейная защита должна быть избирательная, то есть

отключать только поврежденный участок, с другой стороны она должна быть быстродействующей [4]. И простыми защитами, такими как максимальная токовая защита (МТЗ) или токовая отсечка (ТО), это не всегда можно выполнить.

Разберем на примере простых токовых защит: токовая отсечка, которая работает по признаку повышения тока без выдержки времени и МТЗ, которая работает по признаку повышения тока, но с выдержкой времени.

Обеспечить селективность с помощью отсечки, как правило, невозможно. Та зона, до которой она чувствует, а за которой она не чувствует, точно не может быть определена, так как при различных коротких замыканиях – разные токи, следовательно, будут разные точки, до которых защита будет срабатывать. Также при расчете линий нельзя точно сказать о ее состоянии, ибо формулы, которые используют, соответствуют действительности с какими-либо погрешностями. Решить вопрос о селективности с помощью отсечки невозможно и поэтому защиту настраивают так, чтоб она защищала около 30-50% своей линии: при коротком замыкании в самом начале линии, где будут возникать экстратоки, она мгновенно сработает.

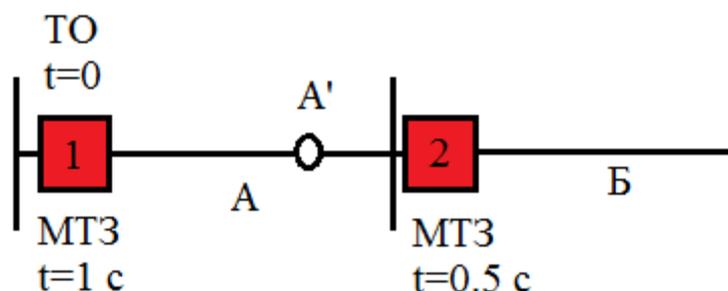


Рис. 1. ТО и МТЗ

На рис. 1 показана линия электропередач. Для обеспечения защиты всей линии, на выключателе 1 будет установлена отсечка с током уставки равному току короткого замыкания в точке А' и МТЗ с выдержкой 1 секунда, на выключателе 2 применятся МТЗ выдержкой 0,5 секунды. В случае короткого замыкания на участке А срабатывает отсечка и отключает поврежденную часть. При коротком замыкании на участке Б срабатывает МТЗ с выдержкой 0,5 секунды и отключает линию. МТЗ с выдержкой 1 секунда не сработает, так как она не успевает доработать свое время. Участок А защищается мгновенно, а остальная линия будет отключаться с выдержкой 1 секунда. Следовательно, с использованием таких простых защит невозможно обеспечить одновременно и 100% селективность, и 100% короткое время срабатывания.

Для решения данных проблем было придумано использовать высокочастотную защиту с помощью реле, которое чувствует направления перетекания мощности: от шин в линию или от линии в шины. Такая защита бывает двух видов:

- высокочастотная блокировка;
- дифференциально-фазная защита.

Рассмотрим высокочастотную блокировку. Посты ВЧ-связи присоединяются к линии через специальную аппаратуру присоединения, которая позволяет пропустить высокочастотный сигнал, но не допустить попадания промышленной частоты в аппаратуру связи.

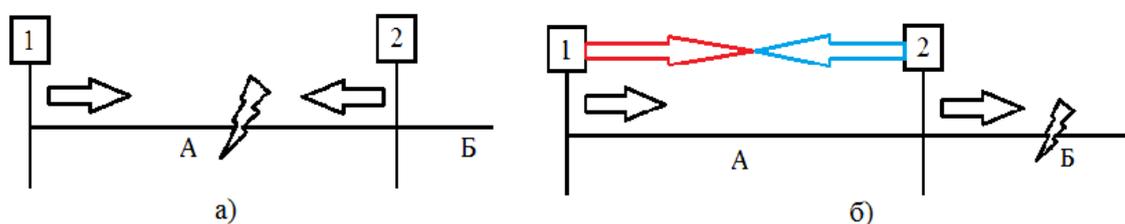


Рис. 2. Высокочастотная блокировка

При коротком замыкании на участке А (рис. 2, а) органы направления мощности видят, что мощность направлена от шин в линию и передатчики не посылают навстречу друг другу блокирующий сигнал, и линия мгновенно отключается. При коротком замыкании на участке Б (рис. 2, б) передатчик 2 чувствует, что мощность, подпитывающая короткое замыкание, протекает от шин в линию, поэтому он посылает блокирующий сигнал на передатчик 1 и участок А не отключается. Таким образом, такая высокочастотная защита помогает решить и 100% селективность, и почти мгновенное отключение. Реле направления мощности сравнивает, совпадают ли токи по фазе или они находятся в противофазе. Но у данного реле есть определенное время срабатывания, которое будет еще накладываться на время срабатывания приемника. То есть небольшие задержки в отключении линии все равно будут присутствовать.

Такого недостатка нет в дифференциально-фазной защите: приемники сами контролируют сигнал [3].

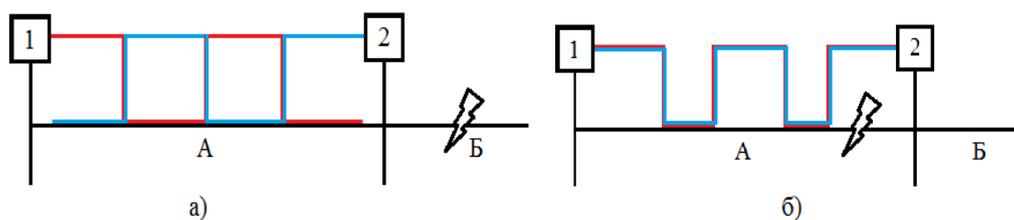


Рис. 3. Дифференциально-фазная защита

При коротком замыкании на участке А приемник 1 и приемник 2 посылают друг другу сигналы, сдвинутые на 180 градусов. Данный сигнал они воспринимают как сплошной и в этом случае не дают включиться выключателям (рис. 3, а). При коротком замыкании на линии между приемниками, сигналы не сдвинуты по фазе и приемники получают прерывистый сигнал, что влечёт за собой отключение данного участка линии (рис. 3, б)

В настоящее время на этих же принципах используются микропроцессорные устройства релейной защиты (МУРЗ). Однако, став панацей в системе защиты электроснабжения, МУРЗ имеет свои минусы, их немного, но они значительно осложняют жизнь потребителям, производителям электроэнергии и сетевым компаниям:

- Высокая стоимость оборудования с длительным эксплуатационным сроком службы.

Данная проблема только на первый взгляд не существенна, а на самом деле — это рост затрат, отвлечение оборотных средств и наращивание неоправданной инвестиционной составляющей. Разберем эту проблему более детально.

МУРЗ — это дорогостоящее оборудование, которое амортизируется от 15 до 20 лет, при этом моральный износ наступает намного раньше и даже с учетом разрешённого повышающего коэффициента к основной норме амортизации, стоимость оборудования переносится на затраты в течении 10 лет, но уже через 3-5 лет МУРЗ не отвечает возросшим требованиям, а к моменту полной амортизации МУРЗ уже вовсе не справляются с требованиями производственного процесса. Необходимо либо приобретать новое оборудование, либо модернизировать. Производитель устройств не стоит на месте: он осваивает выпуск новых МУРЗ и запасные части или комплектующие на ранее выпущенные устройства уже не производит. В этом случае любое незначительное повреждение МУРЗ, приводит, по своей сути, не к приобретению запасного модуля, а к приобретению нового микропроцессорные устройства релейной защиты, а это вновь дополнительные капитальные вложения, которые будут окупаться в течении следующих 10 лет.

Конечно, дальнейшее развитие технологий в конечном счете приведет к полному вытеснению электромеханических реле (ЭМР) с рынка с заменой на МУРЗ. Но все больше предприятий, где это возможно, отдают предпочтение более дешевым, но не менее надежным ЭМР.

Электромеханические реле защиты последнего поколения полностью удовлетворяли всем требованиям, предъявляемым к ним, как к средствам защиты электроэнергетических объектов от аварийных режимов. Они требуют к себе более пристального внимания в обслуживании, которое могут

обеспечить только высококвалифицированные работники. Подготовкой кадров в области релейной защиты и автоматики занимаются всего 17 высших учебных заведений в стране, и поэтому потребители вынуждены обращать внимание на более дорогие микропроцессорные устройства релейной защиты, тем самым вытесняя полностью человеческий фактор.

Новейшие микропроцессорные устройства релейной защиты объединяют функции устройств связи и передачи данных, регистраторов аварийных режимов, узлов подстанционной логики. Они имеют значительные преимущества в сравнении с электромеханическими реле, однако, чем больше количества исполняемых функций и больше усложнений этих функций, тем больше «человечество» полагается на технику, увеличивая тем самым вероятность сбоя «искусственного» интеллекта. В конечном счете, трудно сказать к чему это приведет.

В связи с развитием цифровых технологий, а именно созданием «цифровых подстанций», увеличиваются требования и к релейной защите. Одним из векторов развития РЗ считается создание централизованных устройств релейной защиты (ЦРЗА).

Суть концепции ЦРЗА заключается в следующем: один терминал выполняет все требуемые функции РЗ, объединяя в себе различные устройства РЗ. ЦРЗА обеспечивает более надежную защиту подстанций, уменьшает общее количество устройств на объекте. Но тут же встает вопрос по обеспечению информационной безопасности в случае массового применения цифровых защит, необходимость проведения расчетов и подготовки технико-экономических обоснований по каждому предлагаемому варианту развития системы РЗА.

В настоящее время предлагаемый вариант развития ЦРЗА больше относится к научно-исследовательской работе. Для реального массового внедрения в электросетевой комплекс необходимо решить многие вопросы.

Однако неважно какие будут использоваться устройства релейной защиты в будущем, главная их функция останется – обеспечение безопасности энергоснабжения потребителей всех категорий.

#### Список литературы:

1. Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения / Гуревич В. И., ред. Зеленина О. М.: Инфра-Инженерия, 2013, —256 с.
2. Киреева Э.А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Э.А. Киреева, С. А Цырук. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 288с

3. Куликов А.Л., Колесников А.А., Хориков А.А. Анализ применимости дифференциальной защиты в современных передачах постоянного тока среднего напряжения // // Журнал «Релейщик», 2018. — №1— 39-43 с

4. Шалин А.И. Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем. Новосибирск, издательство НГТУ, 2002. — 384 с.

Информация об авторах:

Утюж Татьяна Игоревна, студент гр. ЭРб-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, uti00@mail.ru

Воронин Вячеслав Андреевич, старший преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, voroninva@kuzstu.ru