

УДК 621.3

## ПРОТОКОЛ GOOSE И РАЗВИТИЕ ЗАЩИТ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Подлипалин О. Я.

Научный руководитель - к.т.н. доцент Константинова С.В.,

Отличительной особенностью распределительных сетей 6–10 кВ крупного промышленного предприятия является относительно малая протяженность силовых линий между распределительными и трансформаторными подстанциями производственных участков с одновременным высоким сечением питающих линий. Так на «головных» участках сети при средней длине линии до 0,5 км ее сечение зачастую составляет от 120 мм<sup>2</sup> и более [1]. Схемы для электроснабжения при этом, как правило, используются радиальные с односторонним питанием, что в свою очередь является причиной пологой характеристики токов короткого замыкания (КЗ) относительно протяженности кабельной сети. Указанные особенности приводят к низкому быстродействию максимальной токовой защиты (МТЗ) и невозможности применения токовой отсечки (ТО) на линиях распределительной сети.

В сетях напряжением 6–10 кВ максимальная токовая защита является основной защитой от аварийных токов коротких замыканий. Уставка данной защиты выбирается по условию отстройки тока ее срабатывания ( $I_{с.з}$ ) от максимальных токов нагрузки линии, а чувствительность МТЗ к токам короткого замыкания, как правило, оказывается достаточной как для основной (непосредственно защищаемой линии), так и для резервной (линии, смежной с защищаемой) зоны. Обладая относительной селективностью, МТЗ обеспечивает надежное резервирование при отказе защиты или выключателя предыдущей линии, что делает ее незаменимой. Однако для обеспечения селективности между защитами предыдущей и последующей линий применяется ступенчатый принцип: выдержка времени срабатывания последующей защиты выбирается на ступень селективности ( $\Delta t$ ) больше времени срабатывания предыдущей МТЗ.

Данная необходимость является основным недостатком МТЗ, так как защиты, расположенные ближе к источнику питания и отключающие близкие КЗ, сопровождающиеся большими токами, имеют наибольшую выдержку времени срабатывания. Согласно ПУЭ, для сохранения бесперебойной работы неповрежденной части электрической сети и ограничения области и степени повреждения элементов устройства релейной защиты должны обеспечивать наименьшее возможное время отключения КЗ. Для выполнения, данного требования и повышения быстродействия защит МТЗ дополняют токовыми отсечками.

Токовая отсечка является быстродействующей токовой защитой, селективность которой обеспечивается отстройкой тока срабатывания защиты от наибольшего тока КЗ в конце защищаемого участка. Оценка зоны действия ТО кабельных линий 6-10 кВ рассмотренная в [2] показывает, что при сечении линии равном 120 мм<sup>2</sup> защита эффективна лишь при длинах более 380 метров.

Так невысокая длина и большие сечения кабельных линий распределительных сетей промышленных предприятий приводит к малой разнице между токами КЗ в начале и в конце линии, что ограничивает применение ТО в качестве основной быстродействующей защиты, в результате чего в данных сетях остается только одна защита – МТЗ [3].

Широкое применение микропроцессорных терминалов релейной защиты в последние годы значительно повлияло на развитие способов обеспечения нормальных режимов работы энергосистемы промышленных предприятий. Несмотря на различные методы и подходы в отношении характеристик времени срабатывания МТЗ ([3], [4], [5], [6]), реализация которых стала возможной благодаря применению микропроцессорных устройств, использование ТО в рассматриваемых распределительных сетях остается жестко ограниченным.

Однако, наряду с совершенствованием уже существующих защит, микропроцессорные устройства значительно расширили возможности применения иных видов защит. Примером может послужить логическая защита шин (ЛЗШ), которая стала неотъемлемой частью системы релейной защиты распределительных подстанций 6-10 кВ [7]. ЛЗШ — это распределенная защита, выполняющая функцию защиты шин распределительного устройства от коротких замыканий и являющаяся аналогом дифференциальной защиты шин. Большое количество присоединений на распределительных подстанциях 6-10 кВ не позволяют эффективно использовать дифференциальные защиты ввиду их дороговизны, в то время как ЛЗШ реализуется исключительно программными методами на уже установленных терминалах.

Данная защита представляет собой отдельную ступень токовой защиты, реализованную на вводных и секционном выключателях и работающую с минимальной выдержкой времени (0,1-0,15 с). При коротком замыкании на отходящем присоединении пусковые органы защит этого присоединения срабатывают и выдают эту информацию путем передачи сигнала, блокирующего работу ЛЗШ на терминалах вводных и секционного выключателей. Блоки защиты присоединений соединены с блоками ввода и секционного выключателями по схеме “выходные контакты – дискретный вход”.

Дальнейшее развитие микропроцессорных терминалов, а также разработка и выпуск стандарта МЭК 61850 «Коммуникационные сети и системы подстанций» в значительной степени повлияло на подходы к построению защит в электроэнергетике и привело к созданию так называемых «цифровых подстанций». Стандартом МЭК 61850 предусмотрены три основных протокола передачи данных [8]:

- MMS (Manufacturing Message Specification) – протокол передачи данных реального времени и команд диспетчерского управления между сетевыми устройствами и/или программными приложениями;

- GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) – протокол передачи данных о событиях на подстанции. Фактически данный протокол служит для замены медных кабельных связей, предназначенных для передачи дискретных сигналов между устройствами;

- SV (Sampled Values) – протокол передачи оцифрованных мгновенных значений от измерительных трансформаторов тока и напряжения (ТТ и ТН). Данный протокол позволяет заменить цепи переменного тока, соединяющие устройства РЗА с ТТ и ТН.

Отправка GOOSE-сообщений осуществляется на канальном уровне по сети Ethernet с использованием физических адресов сетевых устройств, что в конечном итоге позволяет осуществлять групповую рассылку сообщений (Multicast) на все физические устройства, подключенные к данной сети. Другими словами, современные устройства релейной защиты обмениваются информацией о своем состоянии путем транслирования специальных сообщений в локальную сеть подстанции. При этом остальные устройства в этой сети сами определяют необходимость анализа данных сообщений.

При более широком подходе данная технология не просто позволяет заменить классический способ передачи информации, но и значительно расширить область ее применения. Так, используя локальные сети предприятий, становится возможной качественная передача информации не только на отдельно взятой подстанции, но между подстанциями, что в свою очередь позволит реализовать некоторые виды защит без дополнительных существенных затрат. Одной из таких защит может стать логическая защита линии, принцип действия которой будет аналогичен принципу действия ЛЗШ. Так при прохождении сквозного тока короткого замыкания на терминал питающего присоединения посредством передачи GOOSE-сообщения будет приходить сигнал блокировки работы данной защиты, а при коротком замыкании непосредственно на отходящей линии отключение будет производиться с минимальной выдержкой времени аналогично ТО.

Необходимость высокой скорости передачи данных не позволяют реализовать для GOOSE-сообщений получение подтверждений от получателей о доставке. Вместо этого для них был реализован специальный механизм гарантированной доставки данных. В условиях отсутствия изменений в передаваемых наборах данных пакеты с GOOSE-сообщениями передаются циклически, через установленный пользователем интервал. Эта цикличность передачи сообщений позволяет постоянно контролировать информационную сеть. Устройство-приемник ожидает прихода сообщения через заданный интервал времени, и, в случае его отсутствия в течение интервала ожидания, может подать сигнал о неисправности в сети передачи данных, оповещая оперативный персонал о неполадках;

Также в GOOSE-сообщении, помимо набора данных, может содержаться признак качества сообщения, который идентифицирует определенный аппаратный отказ устройства-источника, нахождение его в режиме тестирования или другое нештатное состояние. Устройство-приемник согласно встроенным алгоритмам сначала выполняет проверку этого признака качества, и только потом обрабатывает полученные данные. Это может предупредить неправильную работу устройств-приемников.

Следует учитывать, что при изменении атрибутов данных передача пакетов с минимальной выдержкой времени вызывает повышенную нагрузку

на сеть (режим «информационного шторма»), которая теоретически может приводить к возникновению задержек при передаче данных. Однако согласно проводившимся в лаборатории опытам по исследованию функциональной совместимости устройств, работающих по условиям стандарта МЭК 61850, такая задержка наблюдалась на интервале в 10 мс [9]

**Выводы.**

Использование цифровых технологий в электроэнергетике промышленных предприятий позволяет существенно повысить надежность электроснабжения потребителей. Так современные микропроцессорные терминалы защит позволяют значительно уменьшить выдержки времени ступеней МТЗ путем применения комбинации различных временных характеристик реле. Однако наиболее перспективным направлением развития может оказаться применение новых принципов обмена информацией между устройствами. Использование протоколов «цифрового» стандарта МЭК 61850 позволяют решить одну из наиболее серьезных проблем в организации защит линий распределительной сети предприятия - отсутствие быстродействующих токовых защит. Применение принципов построения ЛЗШ, и использование GOOSE-сообщений для связи терминалов на разных концах линии позволяют программными методами реализовать быстродействующую защиту с абсолютной селективностью. А механизмы гарантированной доставки сообщений обеспечивают дополнительный контроль исправности как сети передачи данных, так и самих микропроцессорных терминалов.

### Литература

1. Ибрагимов, С. С. Способ устранения короткого замыкания в секционированных сетях цеховых кабельных линий 6–10 кВ на предприятиях сельского поселения / С. С. Ибрагимов, Р. С. Ахметшин. — Текст: непосредственный, электронный // Молодой ученый. — 2018. — № 12 (198). — С. 43-47.
2. Исаков Р. Г., Гарке В. Г. Концепция развития релейной защиты системы электроснабжения крупного промышленного предприятия // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2012. – №7-8. С.46-54.
3. Курганов, В. В. Метод повышения быстродействия максимальных токовых защит линий электропередачи / В. В. Курганов // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2011. - № 1. - С.69-73.
4. О выборе характеристик срабатывания токовых защит линий в распределительных сетях с односторонним питанием / Ф. А. Романюк [и др.] // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика : международный научно-технический и производственный журнал. – 2008. – № 6. – С. 5–10. - Режим доступа:<http://rep.bntu.by/handle/data/7946>
5. Романюк, Ф. А. О выполнении максимальной токовой защиты в распределительных сетях / Ф. А. Романюк, А. А. Тишечкин, Н. Н. Бобко, Е. В. Глинский // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика : научно-технический и производственный журнал. - 2010. - №3. - С. 5-9. - Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/1673>
6. Романюк, Ф. А. Направления совершенствования токовых защит линий распределительных сетей / Ф. А. Романюк, М. А. Шевалдин // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2015. – № 2. – С. 5-10. - Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/17326>

7. Проект РЗА[Электронный ресурс]: Релейная защита и автоматика. Сети 6-35 кВ. Логическая защита шин (ЛЗШ) /Д. Василевский, 2016. - Режим доступа: <https://pro-rza.ru/logicheskaya-zashhita-shin-lzsh/> - Дата доступа: 02.05.2020.

8. E-urchin [Электронный ресурс]: МЭК 61850. Протокол GOOSE. / Н.Г. Макина – Режим доступа: <http://iv-sp.blogspot.com/2015/12/blog-post.html>. – Дата доступа: 02.05.2020.

9. Новости Электротехники [Электронный ресурс]: Стандарт МЭК 61850. Протокол GOOSE / А.О. Аношин, А.В. Головин, 2012. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2012/78/07.php>. – Дата доступа: 02.05.2020.