

Проблемы терминологии в релейной защите

Владимир Гуревич

Israel Electric Corp, к. т. н.

В последнее время в релейной защите (РЗ) возникло множество новомодных тенденций [1, 2], связанных с возможностями, которые открылись с появлением мощных микропроцессоров и переходом РЗ на микропроцессорную технику.

В технической литературе и в докладах по РЗ на научных конференциях обсуждаются вопросы использования недетерминированной логики в РЗ, РЗ упреждающего действия [3—5], систем мониторинга электрооборудования, встроенных в микропроцессорные реле защиты, и т.д. При этом рассуждения апологетов этих трендов сводятся к следующему: если производительность микропроцессоров современных устройств РЗ возрастает, что позволяет вводить в них дополнительные опции, то эти опции должны быть обязательно реализованы. Более того, из этой необходимости якобы вытекает и неизбежность дальнейшего развития микропроцессорной РЗ в направлении все большего функционального усложнения. Причем речь идет не о каких-то

чисто философских или теоретических выкладках, а о вполне конкретных разработках специалистов, финансируемых из госбюджета или различных фондов содействия науке. Однако даже с чисто философской точки зрения такие рассуждения в корне ошибочны [6]. Совершенно очевидно, что никакой «необходимости» в таких тенденциях развития РЗ на самом деле не существует.

Проблемы совершенствования РЗ всегда были важными и актуальными. Однако именно отсутствие в настоящее время четкой, безупречной технической и логически выверенной трактовки понятия «реле защиты», манипуляции с терминологией, загромождение релейной защиты абсолютно не свойственными ей функциями приводят к возникновению опас-

ных и непредсказуемых тенденций в ее развитии. С целью предотвращения этих негативных веяний следует уточнить значение базовых понятий «реле защиты» и «релейная защита». Наличие четких и внятных, безупречных с технической точки зрения и логически обоснованных формулировок послужило бы мощным фильтром, позволяющим выделить РЗ из обширного класса электронных и микропроцессорных устройств, проектируемых и производимых сегодня для электроэнергетики, скорректировать направления развития РЗ.

Для анализа существующей ситуации с терминологией обратимся к технической литературе, при этом сразу же отметим, что так называемые реле защиты прямого действия, контакты которых напрямую включены в защищаемую цепь, рассматриваться не будут. По нашему мнению, эти устройства следует классифицировать не как реле защиты, а как разновидность автоматических выключателей, поскольку они гораздо ближе к ним, чем к реле за-

щиты, и по конструкции, и по принципу действия, и по назначению [7].

К сожалению, точное цитирование десятков изученных нами научных работ не представляется возможным вследствие ограниченности объема данной статьи. Поэтому придется сгруппировать наиболее близкие по своей сути определения, приведенные разными авторами в различных источниках, и ограничиться анализом лишь некоторых основных типов определений, присущих этим группам. Рассмотрим вначале монографии классиков РЗ и современных авторов.

В [8—10] понятие «релейная защита» трактуется следующим образом. Основным назначением РЗ является автоматическое отключение поврежденного элемента (как правило, при коротком замыкании) от остальной, неповрежденной части системы при помощи выключателей.

Дополнительным назначением РЗ является необходимость ее реагирования на опасные ненормальные режимы работы элементов системы. В зависимости от их вида и условий эксплуатации установки (например, наличия или отсутствия постоянного дежурного персонала) защита действует на сигнал или отключение выключателей тех элементов, оставлять которые на некоторое время в работе нежелательно или даже недопустимо, т.к. это может привести к возникновению повреждения или аварии.

В этих и некоторых других публикациях основным назначением РЗ предлагается считать автоматическое отсоединение (отключение) поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части системы с помощью выключателя. Но поскольку именно выключатель обеспечивает отсоединение (отключение) поврежденного элемента от рабочей части системы, то из этого определения следует, что выключатель и есть релейная защита. Уточняющее слово «автоматическое» не добавляет четкости этой формулировке, а лишь запутывает ситуацию и уводит в смежную область автоматических выключателей, имеющих свою собственную структуру, терминологию и область применения [7].

Что касается так называемого дополнительного назначения РЗ, которое заключается в реагировании на ненормальные режимы работы элементов системы и выдачи сигнала, то оно никак не сочетается с базовым словом «защита» в понятии «релейная защита». Действительно, кого и от чего защищает световой или звуковой сигнал? То, что реле защиты, помимо своей прямой функции, вытекающей из названия, может выполнять еще и вспомогательные, не говорит о том, что оно должно это делать. То есть возможность использовать большое количество светодиодов на передней панели микропроцессорного устройства релейной защиты (МУРЗ) в качестве, например, индикатора срабатываний различных реле на подстанции или использовать МУРЗ в качестве преобразователя входных световых логических сигналов в выходные электрические еще не означает, что такие функции должны присутствовать в трактовке терминов «реле защиты» или «релейная защита».

В публикациях [12—14] у РЗ несколько иное назначение — выявление места возникновения повреждения и быстрое автоматическое отключение с помощью выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части.

Дополнительным назначением РЗ является выявление нарушений нормальных режимов работы оборудования и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу или отключение оборудования с выдержкой времени.

«Определение места повреждения» [11, 17] как основная функция релейной защиты вообще не выдерживает критики, поскольку ни одно реле защиты на это не способно. Замена слова «определение» на «выявление» [12—14] ничуть не лучше. Для выявления (определения) мест повреждения на линиях электропередачи или в трансформаторах (генераторах) существуют специальные приборы, не имеющие никакого отношения к РЗ.

Из определения, согласно которому РЗ воздействует на «специальные силовые выключатели» [15], следует, что «специальные силовые выключатели» и «релейная защита» — это два разных термина и эти «специальные силовые выключатели» не входят в понятие релейной защиты, тем не менее именно релейная защита, по мнению авторов, «выявляет и отключает от системы поврежденный участок». Понятно, что это утверждение некорректное, поскольку РЗ без выключателя не может отсоединить поврежденный участок. Кроме того, в [15] некорректно трактуются действия РЗ при ненормальных режимах. По-видимому, это обусловлено отсутствием четкого разделения между аварийными и ненормальными режимами. Между тем это разные режимы, и реакция на них РЗ тоже должна быть разной. Такие же недо-

Чтобы навести порядок в нормативных документах, необходимо четко и внятно разделить перечни оборудования, входящего в состав РЗ и в зону ответственности и обслуживания служб РЗ.

статки присущи определению, данному в [16].

Обратимся к стандартам и нормативным документам. Возможно, там удастся найти более точную и адекватную формулировку термина «релейная защита».

С сожалением приходится констатировать, что и нормативные документы далеки от истины. Так,

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ 05 (100) ИЮНЬ 2012 35

в [18] не делается разницы между повреждением (*fault*) и ненормальным режимом (*abnormal conditions*).

Там же приведено весьма «оригинальное» определение, которое можно перевести примерно так: «одно защитное устройство или более либо другие устройства, предназначенные для выполнения одной или более защитных функций», которое не выдерживает никакой критики, поскольку вообще не дает никакого объяснения тому, что же представляет собой РЗ. Не лучше формулировка и в [19]: «Система релейной защиты —

совокупность устройств релейной защиты»... Не правда ли, после такой трактовки всем стало ясно и понятно, что такое РЗ? То же относится и к назначению РЗ как «обеспечивающей выполнение функций отключения поврежденных ЛЭП, оборудования энергосистемы». Из этого определения следует, что функция РЗ — это отключение заранее выявленных (кем-то или чем-то) «поврежденных ЛЭП, оборудования энергосистемы». В других документах рассматривается не назначение РЗ, а совокупность входящих в нее компонентов, но и при этом между нормативами нет соответствия. Например, в работах [18, 20] исключают из состава РЗ выключатели. При этом не учитывается, что в таком случае РЗ не сможет отключить поврежденное электрооборудование, т.е. выполнить, согласно [8—10], свою основную функцию. Введение в состав РЗ электромагнитов управления выключателями [24] не решает проблему, т.к. поврежденное электрооборудование выводит из работы не отключающая катушка, а контактная система выключателя с соответствующим приводом. Аналогичная ситуация и с измерительными трансформаторами тока и напряжения. Если в [23] они входят в состав системы РЗ полностью, то в [21, 24] — только их вторичные цепи (связи с вторичными обмотками), которые сами по себе, в отрыве от всех остальных частей, не могут обеспечить функционирование РЗ.

Что касается наличия в составе РЗ приборов нахождения мест повреждений, осциллографов и регистраторов аварийных режимов [22], то эти устройства вообще не имеют никакого отношения к выполнению ключевых задач РЗ.

Рассмотрим теперь определения «реле защиты». В [25] это понятие трактуется слишком широко, в его состав, по сути, включаются любые реле, используемые в РЗ, в том числе и промежуточные электромагнитные, которые не являются реле защиты: «Электрическое реле, применяемое в устройствах защиты элемен-

тов электрических установок, носит название реле защиты».

В [27] речь идет о каких-то «входных импульсах», тогда как на самом деле в реле защиты основными входными величинами являются аналоговые величины (токи и напряжения), а не импульсные сигналы: «Задача каждого устройства релейной защиты и автоматики энергосистем заключается в преобразовании входных импульсов, зависящих от состояния электрической схемы, в выходные».

Формулировка, приведенная в [27], могла бы быть вполне приемлемой, если бы не указание на «ненормальный» режим вместо правильного в данном контексте «аварийного». Кроме того, выражение «инициация соответствующих изменений энергосистемы» слишком обтекаемое, неконкретное и неточное. (Что значит «соответствующих изменений»? Чему они должны соответствовать?)

Такие же расплывчатые понятия «реле защиты» и в стандартах. Так, [18] утверждает, что «реле защиты — это измерительные реле, которые выявляют аварийные или ненормальные режимы». Здесь для определения реле защиты вводится новый термин — «измерительное реле», который, в свою очередь, требует расшифровки. Довольно странный и нелогичный прием — объяснять одно неточное понятие другим, таким же размытым. Кроме того, рассматривать функцию измерительного реле как «выявление аварийных и ненормальных режимов» в корне неверно, т.к. это всего лишь часть функции реле защиты: одного лишь «выявления» явно недостаточно для реализации функции РЗ. В источниках [18 и 28] толкование термина «реле защиты» заменяется описанием условий срабатывания измерительного реле: «Измерительное реле — электрическое реле, предназначенное для срабатывания с определенной точностью при заданном значении или значении характеристической величины».

В [19] устройствам РЗ приписывается «автоматическое отключение поврежденной ЛЭП, оборудова-




Антон Назаров
 директор по связям с общественностью — руководитель департамента информационной политики ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС», член редакционной коллегии журнала «ЭнергоРынок»

Уважаемые коллеги!

Искренне поздравляю вас с преодолением юбилейного рубежа в 100 выпусков! Долголетие журнала, существующего в условиях жесткой конкуренции со стороны многочисленных отраслевых изданий, лучше любых слов свидетельствует о его востребованности и актуальности. «ЭнергоРынку» удалось занять и на протяжении почти десятка лет удерживать свою уникальную нишу. Само появление журнала и его становление как бренда связано с началом рыночных преобразований в российской электроэнергетике, и на протяжении всего этого времени издание остается главной медиаплощадкой, где анализируются и обсуждаются вопросы функционирования и регулирования нашей отрасли.

Материалы «ЭнергоРынка» всегда отличала глубина анализа, высокий профессионализм авторов и способность видеть перспективу. При этом редакции журнала удалось выстроить систему подготовки высококачественной аналитики, где сложнейшие аспекты отраслевого регулирования излагаются в доступной и интересной форме. Желаю изданию актуальных интересных материалов, новых читателей, а также еще не одну сотню выпусков!

ния», что не выдерживает критики, поскольку отдельные «устройства релейной защиты» (например, те же реле защиты) не могут самостоятельно отключить поврежденную ЛЭП. На это способна только система релейной защиты в совокупности многих устройств.

Завершая обзор литературных источников, раскрывающих понятия «реле защиты» и «релейная защита», нельзя обойти молчанием [15, 16, 30], где предпринята попытка сформулировать специальные требования к реле защиты и к релейной защите. Эти выкладки, на наш взгляд, очень важны для понимания и оценки современных тенденций в развитии микропроцессорных реле защиты, о которых упоминалось в начале статьи.

Из анализа [15] следует, что функцией РЗ якобы является непрерывный контроль за состоянием всех элементов энергосистемы. Но, во-первых, контролировать все элементы энергосистемы невозможно. Во-вторых, контроль состояния элементов энергосистем называется сегодня мониторингом электрооборудования и осуществляется приборами и устройствами, специально для этого предназначенными и не имеющими никакого отношения к РЗ. Очевидна также необходимость разделения и четкого толкования понятий «повреждение» (в других источниках применяется термин «аварийный режим») и «ненормальный режим».

В противовес [15] в [19 и 30] изложены важнейшие требования к реле защиты, отрицающие правомерность и целесообразность возложения на реле дополнительных «не защитных» функций. Фактически отрицается право на существование реле защиты упреждающего действия. Вводится понятие «реле мониторинга» как отдельного вида реле, не связанного с реле защиты [30].

Анализ многочисленных литературных источников показывает, что на практике в терминологии используется два подхода: определение устройству (системе) дается либо по

составу элементов, из которых оно состоит [20, 21], либо по его функциональному назначению [21, 27, 29]. Второй вариант предпочтительнее, поскольку в разных конкретных случаях «состав» устройств или систем, имеющих одно и то же назначение, может быть различным. Кроме того, с развитием техники и появлением новых технологий, новой элементной базы, новых принципов построения устройств и систем их «состав» может существенно меняться, тогда как «назначение» меньше зависит от перечисленных факторов и остается стабильным в течение длительного времени. Указание на «состав», по нашему мнению, приемлемо как чисто информативное, для уточнения и конкретизации базового понятия по «назначению».

В действующих нормативных документах и стандартах множество противоречий и по составу электрооборудования, относящегося к РЗ. Так, ограничение области РЗ электромагнитами отключения выключателя [25] или вообще полное «изъятие» всего выключателя [18] является попыткой сузить зону ответственности обслуживающего РЗ персонала, но приводит к искажению термина «релейная защита», поскольку в таком усеченном виде оно несовместимо с основной функцией РЗ. Без выключателя (даже при наличии электромагнита отключения, входящего в состав РЗ) невозможно отделить (отключить) поврежденное электрооборудование (или его часть) от работающего, т.е. реализовать основное предназначение РЗ. Такая же путаница и по измерительным трансформаторам, когда в [25] к РЗ отнесены лишь «вторичные цепи измерительных трансформаторов тока и напряжения», в [21] — лишь «связи со вторичными обмотками измерительных трансформаторов тока и напряжения», а в [18, 20, 23] разделения измерительных трансформаторов на первичные и вторичные цепи нет и они полностью включены в состав РЗ. С другой стороны, отмеченному выше принципу противоречит

отнесение к РЗ систем электропитания [22]. В большинстве случаев это аккумуляторные батареи и зарядно-подзарядные агрегаты. Но разве эти виды оборудования обслуживают релейщики?!

Чтобы навести порядок в нормативных документах, необходимо, по нашему мнению, четко и внятно разделить перечни оборудования, входящего в состав РЗ и в зону ответственности и обслуживания служб РЗ. Следует указать, что эти перечни не совпадают, и признать, что в зону ответственности служб РЗ попадают не все виды оборудования, фактически относящиеся к РЗ по значению термина. Например, реле защиты, измерительные трансформаторы тока и напряжения, выключатели, системы оперативного питания, системы связи и обмена информацией между реле по определению отнесены к РЗ, хотя и не все они обслуживаются соответствующими службами. А устройства и системы для записи и регистрации аварийных режимов, автоматического регулирования электрических режимов силового электрооборудования электростанций и подстанций, устройства поиска мест повреждений, мониторинга и сигнализации нельзя причислить к РЗ, хотя и обслуживаются они в большинстве своем ее службами.

Инструкции, стандарты организации (СО) и руководящие документы (РД) должны быть гармонизированы друг с другом, чтобы исключить противоречия в толковании терминов. Однако в настоящее время, как было показано выше, отсутствуют четкие, логически выверенные и правильные с технической точки зрения определения «реле защиты» и «релейная защита», что способствует возникновению спорных и опасных тенденций в развитии этого направления. В связи с этим считаем необходимым дать точную трактовку указанным понятиям. Представляем на суд технической общественности составленные нами формулировки.

Реле защиты — устройство, предназначенное для выявления

аварийного режима работы защищаемого объекта и выдачи команды на исполнительный элемент, обеспечивающий прекращение этого режима.

Система релейной защиты — совокупность взаимосвязанных устройств, обеспечивающих выявление аварийного режима работы электрооборудования и его прекращение.

Реле сигнализации — устройство, предназначенное для выявления ненормального режима работы контролируемого объекта и выдачи тревожного сигнала.

В данных определениях присутствуют такие понятия, как «ненормальный режим работы» и «аварийный режим работы», которые тоже требуют разъяснения. Для первого из них существует стандартное определение (ГОСТ 18311—80), вполне пригодное для использования в РЗ с небольшим дополнением: «*Ненормальным называется продолжающийся режим работы электротехнического изделия (электротехнического устройства, электрооборудования), при котором значение хотя бы одного из параметров режима выходит за пределы наибольшего или наименьшего допустимого рабочего значения.*» (Примечание: слово «продолжающийся» введено автором.)

А вот для «аварийного режима работы» общего стандартного определения нет, есть лишь частные, «подогнанные» под конкретные области техники, в связи с чем предлагаем собственную трактовку.

Аварийным называется такой ненормальный режим работы оборудования (устройства, системы), при котором дальнейшее его продолжение является недопустимым.

По нашему мнению, внедрение в практику предлагаемой единой системы понятий поможет навести порядок в стандартах, нормативных документах, учебной литературе, а главное — избежать спекуляций и опасных перекосов в процессе развития реле защиты и релейной защиты при использовании новых технологий.

Литература

1. Гуревич В.И. Релейная защита энергосистем — не испытательный полигон для модных идей! // PRO Электричество. — 2011. — № 4.
2. Гуревич В.И. Технический прогресс в релейной защите. Опасные тенденции развития РЗА // Новости электротехники. — 2011. — № 5.
3. Нудельман Г.С., Булычев А. Совершенствование за счет упреждающих функций // Новости электротехники. — 2009. — № 4 (58).
4. Булычев А. Защита упреждающего действия для электродвигателей // Новости электротехники. — 2011. — № 5.
5. Гуревич В.И. Сенсационные «открытия» в области релейной защиты // Энергетика и промышленность России. — 2009. — № 23—24.
6. Родин А. Синергетика и детерминизм // В сб.: Онтология и эпистемология синергетики // Под ред. В. И. Аршинова. — М.: ИФРАН, 1997.
7. Харечко В.Н., Харечко Ю.В. Понятие «автоматический выключатель» // Электрика. — 2007. — № 2.
8. Гельфанд Я.С. Релейная защита распределительных систем: Учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
9. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1992.
10. Андреев В.А., Фабрикант В.Л. Релейная защита распределительных электрических сетей. — М.: Высшая школа, 1965.
11. Беркович М.А. и др. Основы техники релейной защиты. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
12. Гловацкий В.Г., Пономарев И.В. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей. — Энергомашин, 2004.
13. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем. Курс лекций. Ч. 1. Релейная защита электрических систем // Сост.: Ю.А. Ершов, А.В. Малеев, О.П. Халезина. — Красноярск: СФУ, 2007.
14. Копьев В.Н. Релейная защита: принципы выполнения и применения: Учебное пособие. — Томск, Изд. ЭЛТИ ТПУб, 2006.
15. Чернобровов Н.В. Релейная защита: Учебное пособие. — М: Энергия, 1974.
16. Titarenko M., Noskov-Dukelsky I. Protective Relaying in Electric Power Systems. — Foreign Languages Publishing House, Moscow.
17. Davies T. Protection of Industrial Power Systems. Newnes, Oxford, 1996.
18. IEC 60050. International Electrotechnical Vocabulary.
19. Стандарт организации. Релейная защита и автоматика, противоаварийная автоматика. Организация взаимодействия служб релейной защиты и автоматики в ЕЭС России, 2007.
20. IEEE Std C37.100-1992 IEEE Standard Definitions for Power Switchgear — relay system.
21. СО 34.35.302-2006 Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций.
22. СО 34.35.502-2005 Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.
23. РД 153-34.0-35.617-2001. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ.
24. РД 34.35.516-89 Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем.
25. Алексеев В.С., Варганов Г.П., Панфилов Б.И. и др. Реле защиты. — М.: Энергия, 1976.
26. Фабрикант В.Л., Глухов В.П., Паперно Л.Б. Элементы устройств релейной защиты и автоматики энергосистем и их проектирование. — М.: Высшая школа, 1968.
27. Sleva A.F. Protective Relay Principles. — CRC Press, Boca Raton, 2009.
28. ГОСТ 16022-83. Реле электрические. Термины и определения. Ч. 2. Изменяемое электрическое реле.
29. Glossary of Terms for Electric Utility Personnel. American Power Dispatchers Association. A Common Terminology Among Personnel within the Electric Industry.
30. Blackburn J.L., Domin T.J. Protective Relaying. Principles and Applications. Third Edition. CRC Press, Boca Raton, 2007.