

В журнале открывается новая рубрика «Релейная защита», в которой читателям будут предложены публикации (очерки) об оборудовании, устройствах и системах, используемых на объектах передачи и распределения электроэнергии. Изложение материала будет в стиле, привлекательном для широкого круга читателей, связанных с энергетикой. Целью такого начинания является расширение технического кругозора у специалистов отрасли, ориентированных на другие виды производственной деятельности, не имеющие непосредственного отношения к рассматриваемым темам. В основе публикаций лекции и популярные презентации. Надеемся, она позволит читателям более полно сформировать ясное и целостное представление о релейной защите. Открывает рубрику материал об общих принципах построения систем релейной защиты.

Релейная защита. Общие принципы построения

Александр БУЛЫЧЁВ, заместитель генерального директора ОАО «ВНИИР» по науке, профессор кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» МЭИ (ТУ), д.т.н., профессор

ЧТО ТАКОЕ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ВООБЩЕ?

Ажурные опоры линий электропередачи, хитроумные переплетения проводов, фантастические конструкции подстанций и электростанций — все это яркие приметы современной электроэнергетики, выделяющие её особым своеобразием.

Потоки электрической энергии, рождаясь на электрических станци-

ях, растекаются к городам и заводам, разделяются на ручки и проникают в каждый дом, к каждому потребителю электрической энергии. Все элементы этой огромной системы большую часть времени работают безупречно и слаженно.

Но, какими бы надёжными не были электроэнергетические системы, в них неизбежно возникают повреждения и ненормальные режи-

мы, которые в свою очередь могут приводить к возникновению аварий. При этом управлять электроэнергетическими системами нужно так, чтобы потребители не замечали последствий этих повреждений и нежелательных возмущающих воздействий. Из-за дефицита времени и необходимости высочайшей точности действий в этих условиях управление осуществляется автоматически с помощью устройств автоматики и релейной защиты.

При возникновении повреждения или нежелательного режима управление электрическими системами должно осуществляться по особым алгоритмам. Это необходимо, чтобы и в экстремальных условиях всё же обеспечить нормальное электроснабжение (пусть не абсолютно всех) потребителей, предотвратить развитие аварии и снизить возможные объёмы разрушения повреждённого электрооборудования.

Релейная защита — это огромная управляющая система, представляющая собой совокупность согласованно и целенаправленно действующих взаимосвязанных (разнообразных по природе) элементов и автоматических устройств [1]. Она охватывает практически все основные элементы электроэнергетической системы (крупные и мелкие), от генераторов, вырабатывающих электрическую энергию, до приёмников электрической энергии, преобразующих её в другие виды энергии.

Независимо от того, какие принципы положены в основу отдельных устройств релейной защиты для выявления повреждений, система в целом должна безошибочно находить повреждённые элементы и отделять их от исправной части электроэнергетической системы. Ключевую роль в решении этой управленческой задачи играет логика целенаправленного взаимодействия устройств и параметры их срабатывания, обеспечивающие реализацию процедур взаимодействия.

Расчёты, выполняемые с целью определения конкретных значений параметров срабатывания устройств релейной защиты, имеют в связи с этим высочайшую практическую значимость и образуют методическую базу согласования устройств релейной защиты в единой системе.

ЧТО ДОЛЖНА ЗАМЕЧАТЬ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА?

Ненормальные режимы обычно связаны с относительно небольшими отклонениями величин напряжения, тока и (или) частоты от допустимых значений [2]. К ненормальным режимам относят перегрузки, однофазные замыкания на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, а также понижение уровня масла в расширителе масляного трансформатора [3].

Повреждения чаще всего сопровождаются значительным увеличением тока в элементах энергосистемы и глубоким понижением напряжения. Наиболее частыми и опасными повреждениями являются короткие замыкания.

Аварии — это нарушения работы электроэнергетической системы или её части, сопровождающиеся недоотпуском электроэнергии потребителям или недопустимым ухудшением её качества, разрушением основного оборудования, возникновением угрозы здоровью и жизни людей. Ненормальные режимы создают условия для возникновения повреждений, а вовремя не выявленные повреждения могут приводить к авариям.

Релейная защита — это комплекс автоматических устройств, предназначенных для быстрого (при повреждениях) выявления и отделения

от электроэнергетической системы повреждённых элементов этой системы в аварийных ситуациях с целью обеспечения нормальной работы исправной части этой системы.

КАК ОРГАНИЗОВАНА РАБОТА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ?

Действия средств релейной защиты организованы по принципу непрерывной оценки технического состояния отдельных контролируемых элементов электроэнергетических систем. На рисунке приведена схема электрической сети, содержащей линии электропередачи разных уровней напряжения $W1 - W6$, трансформаторы $T1 - T4$, электродвигатель $M1$, предохранители $F1 - F3$, коммутационные аппараты и эквивалентный источник питания E_c . Отдельные устройства релейной защиты (УРЗ), установленные на элементах электроэнергетических систем (генераторах, трансформаторах, линиях электропередачи, электродвигателях и др.), объединены в единую систему релейной защиты общей целью функционирования.

В соответствии с этим принципом отдельные устройства релейной защиты (например, УРЗ-1 — УРЗ-13) функционально связаны между собой практически только общей логикой действий. Причём каждое устройство релейной защиты для локализации повреждения может воздействовать

Рисунок. Пример схемы распределительной электрической сети с устройствами релейной защиты

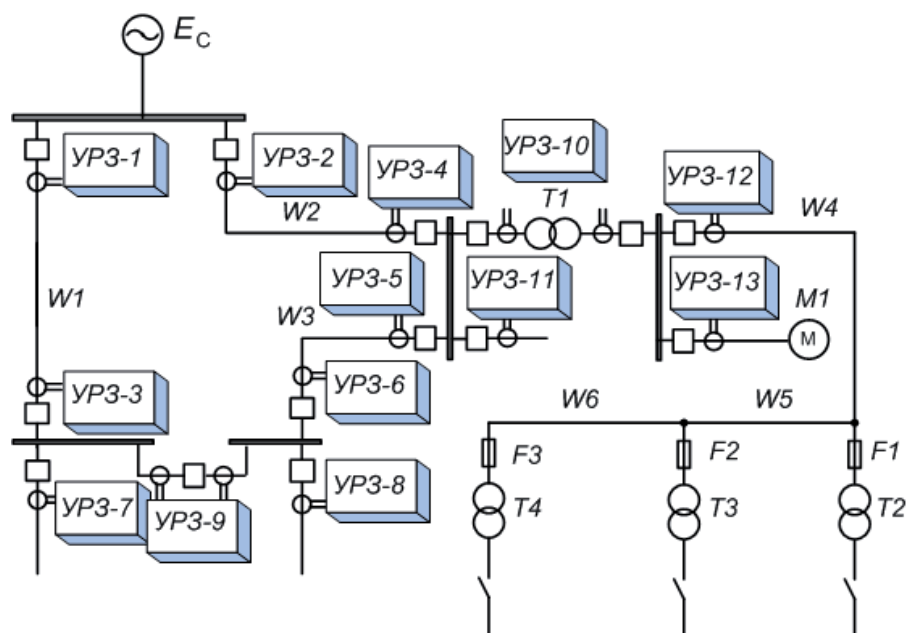


Таблица. Основные свойства релейной защиты

Общее название свойства		Вид функционирования		
		Срабатывание при внутренних повреждениях	Несрабатывание при внешних повреждениях	Несрабатывание без повреждений
Техническое совершенство	Селективность	Селективность срабатывания при внутренних повреждениях	Селективность несрабатывания при внешних повреждениях	Селективность несрабатывания без повреждений
	Быстродействие	Устойчивость скорости срабатывания при внутренних повреждениях	Устойчивость несрабатывания при внешних повреждениях	Устойчивость несрабатывания без повреждений
	Чувствительность	Устойчивость чувствительности при внутренних повреждениях	Отстроенность при внешних повреждениях	Отстроенность без повреждений
Надёжность		Надёжность срабатывания при внутренних повреждениях	Надёжность несрабатывания при внешних повреждениях	Надёжность несрабатывания без повреждений

вать только на коммутационные аппараты того объекта, на котором оно установлено.

Необходимо отметить, что система релейной защиты, как правило, включает в себя устройства не только разные по принципам выявления повреждений, но и разные по способам воздействия на контролируемый объект. Так, единой логике действий должны подчиняться как сложнейшие многофункциональные устройства релейной защиты, воздействующие на выключатели и другие аппараты управления, так и простейшие защитные устройства (например, предохранители), в которых функции выявления и коммутации повреждённой электрической цепи совмещены. На рисунке предохранители F1, F2, F3 показаны в цепях питания трансформаторов T2 – T4.

В некоторых случаях УРЗ формируют лишь световые и звуковые сигналы, а отделение повреждённого элемента от исправной части электрической сети может производиться вручную оперативным персоналом.

Согласованность действий устройств, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, как правило, достигается за счёт определённых параметров срабатывания (без применения физических каналов связи). Эти параметры в основном определяют точность и эффективность действия всей системы релейной защиты. В свою очередь это определяет живучесть электроэнергетических систем и степень риска развития аварийных ситуаций при возникновении повреждений.

Логические связи действуют в любых условиях и не подвержены воз-

действию внешних электрических и электромагнитных помех. Во многом благодаря этому свойству релейная защита имеет высочайшую степень надёжности.

КАКИМИ ОСНОВНЫМИ СВОЙСТВАМИ ОБЛАДАЕТ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА?

Селективность — это свойство релейной защиты, характеризующее её способность выявлять и отделять от электроэнергетической системы только повреждённые элементы. Другими словами, селективность — это избирательность действия.

Средства релейной защиты могут обладать абсолютной или относительной селективностью.

Быстродействие — это свойство релейной защиты, характеризующее скорость выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов. Быстродействие показывает, насколько быстро средства релейной защиты реагируют на возникновение тех или иных видов повреждений.

Показателем быстродействия является время срабатывания защиты. Это интервал времени от момента возникновения повреждения до отделения от сети повреждённого элемента. Наиболее быстродействующие защиты имеют время срабатывания 0,01–0,1 с. Медленные защиты могут иметь время срабатывания до нескольких секунд.

Следует отметить, что не во всех случаях от релейной защиты требуется высокое быстродействие. При возникновении одного из ненормальных режимов обычно достаточно дать предупредительный сигнал дежурному персона-

лу. На энергетических объектах без постоянного дежурного персонала производится отключение неисправного оборудования, но обязательно с выдержкой времени [3].

Чувствительность — это свойство, характеризующее способность релейной защиты выявлять повреждения в конце установленной для неё зоны действия в наиболее неблагоприятном для срабатывания режиме работы электроэнергетической системы. Другими словами, защита должна чувствовать те виды повреждений и ненормальных режимов, на которые она рассчитана, в любых состояниях работы защищаемой электрической системы.

Показателем чувствительности выступает коэффициент чувствительности, который для максимальных защит (реагирующих на возрастание контролируемой величины) определяется как отношение минимально возможного значения сигнала, соответствующего отслеживаемому повреждению, к установленному на защите параметру срабатывания (уставке).

Например, коэффициент чувствительности максимальной токовой защиты установленной на линии электропередачи, определяется как отношение значения минимального тока короткого замыкания при повреждении в конце контролируемой защиты той линии к значению тока срабатывания защиты.

В ряде случаев оценивается также чувствительность к повреждениям на соседнем (следующем по отношению к источнику) защищаемом объекте (т.е. в режиме дальнего резервирования).

Надёжность — это свойство, релейной защиты характеризующее её способность действовать правильно и безотказно при всех видах повреждений и ненормальных режимов, для действия при которых данная защита предназначена, и не действовать в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима, при которых действие данной защиты не предусмотрено [3]. Иными словами, надёжность — это свойство релейной защиты, характеризующее её способность выполнять свои функции в условиях эксплуатации, ремонта, хранения и транспортировки.

Показателями надёжности выступают время безотказной работы и интенсивность отказов — количество отказов за единицу времени.

Так как неправильно действующая защита может сама служить причиной возникновения аварий, её надёжность должна быть обеспечена в достаточной мере. Например, для защит ли-

ней электропередачи предельно допустимым считается один отказ за десять лет работы, а для защит генераторов — один отказ за несколько сотен лет.

Каждое свойство, в принципе, должно рассматриваться применительно к состоянию и виду функционирования релейной защиты. Детализация свойств может быть выполнена по общепринятой форме [1] как показано в таблице. Первые три свойства, характеризующие технические свойства релейной защиты, объединяются понятием «техническое совершенство».

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 528 с.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита: учеб. пособие для техникумов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1974. — 680 с.
3. Беркович М.А., Молчанов В.В., Семёнов В.А., Основы техники релейной защиты. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 376 с.

Ведущий рубрики — Александр Витальевич БУЛЫЧЁВ, заместитель генерального директора ОАО «ВНИИР» по науке, профессор кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» МЭИ (ТУ), д.т.н., ответит на все интересующие вопросы по данной теме, которые можно направить в редакцию по e-mail: vopros@eep.ru или позвонить по тел. +7 (495) 645 1221



ВЫСТАВКА



В РАМКАХ ВЫСТАВКИ



ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА
- ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
- ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
- СВЕТОТЕХНИКА. АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Генеральный медиа-партнер:



Генеральный Интернет-партнер:



EPIS

4-6 ОКТЯБРЯ 2011 • г. КРАСНОДАР
ВЦ «КРАСНОДАРЭКСПО»

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

«ИНФРАСТРУКТУРА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЮГА РОССИИ»



ОРГАНИЗАТОР

Тел.: +7 (495) 935 7350

Факс: +7 (495) 935 7351

E-mail: ides@ite-expo.ru

WWW.IDES-EXPO.RU