Ф. Р. ИСМАГИЛОВ
Ф. С. АХМАТНАБИЕВ

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ





УФА 2009

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уфимский государственный авиационный технический университет

Ф. Р. Исмагилов, Ф. С. Ахматнабиев

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Допущено Редакционно-издательским советом УГАТУ
в качестве учебного пособия для студентов всех форм обучения,
для бакалавров, магистров направления
140200 «Электроэнергетические системы и сети»

Уфа 2009

УДК 621.316.925(07)
ББК 31.27-05(я7)
И87

Рецензенты:
Главный инженер ООО «БашРЭС», Байрамов И. Ю.;
зав. кафедрой «Электротехники и электрооборуоования» УГНТУ, Шабанов В. А.

Исмагилов, Ф. Р. Ахматнабиев, Ф. С.
И87 Микропроцессорные устройства релейной защиты энергосистем: учебное пособие / Ф. Р. Исмагилов, Ф. С. Ахматнабиев / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2009. – 171 с.
ISBN 978-5-4221-0025-5

Рассмотрены устройства релейной защиты генераторов, двигателей, трансформаторов и линий электропередачи. Изложены основные принципы построения микропроцессорной релейной защиты. Систематизированы технические характеристики, основные функции отдельных узлов современных комплексов защит, приведены преимущества и недостатки отечественных и зарубежных устройств. Даны описания продукции нескольких производителей в области релестроения.

Предназначено для бакалавров, магистров направления 140200 – Электроэнергетические системы и сети, а также может быть использовано специалистами энергосистем.

Табл. 22. Ил. 12. Библиогр.: 28 назв.

УДК 621.316.925(07)
ББК 31.27-05(я7)

ISBN 978-5-4221-0025-5

© Уфимский государственный авиационный технический университет, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 7

Введение 8

1. Релейная защита электрической части электростанций 10

1.1. Продольная дифференциальная защита генератора 12

1.2. Поперечная дифференциальная защита генератора 12

1.3. Максимальная токовая защита 13

1.4. Защита от перегрузки статора генератора 15

1.5. Защита от воздействия несимметричных токов 15

1.6. Дистанционная защита генератора 17

1.7. Защиты от замыканий обмотки статора на корпус (на землю) .. 17

1.8. Защита ротора от замыкания на землю 20

1.9. Защита ротора от перегрузки по току возбуждения 21

1.10. Защиты от повышения и понижения напряжения 22

1.11. Защита обратного направления мощности 23

1.12. Защита генераторов от асинхронных режимов 23

1.13 Защиты от понижения (повышения) частоты 24

1.14. Защита по скорости повышения (понижения) частоты 24

2. Релейная защита электродвигателя 26

2.1. Токовая защита от многофазных замыканий в обмотке статора двигателя 28

2.2. Дифференциальная защита электродвигателя 29

2.3. Защита электродвигателя от замыканий на землю в обмотке статора 29

2.4. Защита электродвигателя по току обратной последовательности 29

2.5. Защита электродвигателя от снижения напряжения питания 30
2.6. Защита электродвигателя от тепловой перегрузки 30
2.7. Защита электродвигателя от потери синхронизма 30

3. Релейная защита трансформаторов 31
3.1. Дифференциальная защита трансформатора 32
3.2. Газовая защита трансформатора 33
3.3. Максимальная токовая защита трансформатора 34
3.4. Токовая отсечка трансформатора 34
3.5. Защита трансформатора от перегрузки 35
3.6. Токовая защита нулевой последовательности трансформатора 36
3.7. Защита трансформаторов от повреждения вводов 500 – 1150 кВ 36

4. Релейная защита линий электропередачи 39
4.1 Максимальная токовая защита линий электропередачи 40
4.2. Токовая защита линий электропередачи. Токовая отсечка 41
4.3. Направленная токовая защита линий электропередачи 41
4.4. Защита линии от замыканий на землю в сети с глухозаземленной нейтралью 42
4.5. Защита линии от однофазных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью 42
4.6. Дифференциальная защита линии 43
4.7. Дистанционная защита линий электропередачи 43
4.8. Высокочастотная защита линий электропередачи 44

4.9. Защиты сборных шин распредительных устройств высокого напряжения подстанций, электростанций 45
4.10. Логическая защита шин (ЛЗШ) 46

5. Современные технологии регистрации аварийных процессов на энергообъектах 47
5.1. "Черный ящик" фирмы ГОСАН. 49
5.2. Автоматические устройства регистрации аварийных нарушений «АУРА» и «АУРА М» 52
5.3. Цифровой регистратор аварийных процессов «ЦРАП-97Р» 53

6. Современная западная классификация защитных функций устройств РЗА 54

7. Основные производители цифровых устройств защиты и автоматики 62
7.1. Научно-производственное предприятие «ЭКРА» 62
7.2. Научно-технический центр "Механотроника" 72
7.3. Научно-производственная фирма «Радиус» выпускает микропроцессорные устройства «Сириус» 80
7.4. Компания «AREVA» 85
7.5 Шведская фирма «ABB» 114
7.6. Международная компания «SCHNEIDER ELECTRIC» 123
7.7. Компания «General Electric» 142
7.8. Концерн «Siemens AG» 146

8. СОПОСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ 154
8.1. Сравнение микропроцессорных устройств БМРЗ производства НТЦ «Механотроника» с аналогичными устройствами зарубежных фирм 154
8.2. Сравнение микропроцессорных устройств защиты в сетях 6-35 кВ "Сириус" фирмы "Радиус" Россия, с микропроцессорными устройствами защиты Sepam1000+ серия 40 производства "Schneider Electric". 167

Список литературы 170

ПРЕДИСЛОВИЕ

В конце 1990-х годов в эксплуатации появились микропроцессорные (цифровые) устройства релейной защиты и автоматики, сочетающие в себе функции защиты, автоматики, управления и сигнализации. Сейчас во всем мире идет процесс повсеместного перехода на устройства релейной защиты нового поколения. Для проведения на рынок электроэнергетики микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) производители этих устройств, а также их многочисленные торговые представители проводят весьма активную рекламную компанию, всячески восхваляя МУРЗ и принижая достоинства реле других типов. Большинство статей в технических журналах, посвященных МУРЗ, написано представителями компаний производителей МУРЗ и, естественно, направлено на рассмотрение их достоинств, но не на обсуждение реальных проблем.

Переход к цифровым устройствам релейной защиты и автоматики потребовал творческой переработки опыта, накопленного при создании электромеханических и микроэлектронных устройств РЗА. При этом было необходимо сохранить преимущества традиционной школы, двигаться дальше к усовершенствованию. Уникальный опыт России базируется на разработке и внедрении многих выдающихся технических решений в отечественной противоаварийной автоматике и релейной защите, которые вот уже 100 лет обеспечивают надёжное функционирование электрических станций, сетей и систем, поэтому до недавнего времени в стране не было больших катастрофических аварий, как во многих зарубежных энергосистемах. Но в области разработки новых микропроцессорных устройств релейной защиты имеется отставание от уровня зарубежных разработок.

С целью более разностороннего информирования о современной аппаратуре, в учебном пособии приводятся сведения, имеющиеся в каталогах зарубежных фирм, таких как AREVA (ALSTOM) ABB, Siemens, Schneider Electric и других.

Ввод в эксплуатацию защит нового поколения должен повысить точность и чувствительность РЗА, улучшить условия согласования защит, ввода новых ступеней защиты, что в конечном итоге должно увеличить надёжность электроснабжения потребителей.

ВВЕДЕНИЕ

Слово «реле» происходит от глагола на французском языке «relayer» – сменить, заменить. Первыми реле в электроэнергетике были устройства для автоматической коммутации электрической цепи по сигналу извне. Сегодня реле представляет собой аппарат, реагирующий на воздействие физических величин тока, напряжения, давления, температуры, светового и звукового потока или изменение характеристик (свойств) материалов. Когда отклонение измеряемой величины оказывается выше (ниже) допустимого значения-«уставки», аппарат срабатывает и его группа электрических контактов, замыкаясь или размыкаясь, производит необходимые переключения в цепях управления, контроля, защиты и сигнализации. Основная, характерная черта релейного элемента – наличие двух состояний устойчивого равновесия и возможность быстрого перехода из одного состояния в другое по внешнему сигналу. Необходимая скорость срабатывания релейной защиты определяется проектом в зависимости от характера технологического процесса у потребителя и условиями работы самой энергоснабжающей сети. Иногда для сведения до минимума ущерба от возникших повреждений релейная защита должна обеспечивать полное отключение электрооборудования от источников питания в течение сотых долей секунды.

Наибольшее распространение получили электрические реле, реагирующие на силу тока, напряжение, частоту электрических колебаний. В электроэнергетике применяются и другие реле:

- электромагнитные реле, реагируют на изменение магнитного поля;
- магнитоэлектрические реле – на изменение направления и силы тока, протекающего по обмотке, вращающейся в постоянном магнитном поле;
- магнитные реле – на напряженность магнитного поля, магнитную индукцию или магнитную проницаемость, коэрцитивную силу;
- тепловые реле – на тепловой поток, температуру;
- оптические реле – на световой поток, освещенность, частоту световых колебаний;
- механические реле – на перемещение, скорость, давление, амплитуду колебаний и т. п.

Общепринятые закономерности выполнения релейной защиты в энергетике излагаются на основе классических схем на электромеханических реле, так как в этом случае легче воспринимаются принципы выполнения устройств РЗА и предъявляемые к ним требования. В дальнейшем происходит переход к изучению тех же функций на современной микроэлектронной и микропроцессорной базе на основе этой логики. Поэтому представляют интерес данные в части электромеханических систем РЗА, которые актуальны и в современных условиях, а в учебном пособии широко использовалась как ранее выпускавшаяся литература, так и книги современных авторов, также техническая информация фирм производителей современной цифровой релейной защиты. Основная их идея о том, что МУРЗ обеспечивают очень высокую надежность релейной защиты в отличие от старых электромеханических реле, у нас в стране не воспринимается однозначно. МУРЗ представляют собой сложные технические комплексы, состоящие из многих тысяч компонентов. Как и любые другие сложные электронные системы, они не могут не иметь недостатков и не могут обладать абсолютной надежностью, особенно когда они работают в электрических станциях, подстанциях и сетях. Но, если этот вопрос спорный, то, наверное, в технической литературе должно было бы быть достаточно много статей, рассматривающих технические проблемы микропроцессорных реле. К сожалению имеющиеся в технических журналах статьи, написаны, как правило, представителями компаний производителей МУРЗ и направлены на обзор технических преимуществ, но не на рассмотрение реальных проблем, возникающих при переходе на новые системы РЗА.

Материалы подготовлены для студентов и начинающих специалистов по релейной защите, перед которыми стоит задача полной (частичной) модернизации существующего, или ввода нового оборудования и выбора аппаратуры, наиболее пригодной для использования в современных реальных условиях. Для этого нужна как общая техническая информация по вопросам выполнения релейной защиты, так и конкретная информация по новой аппаратуре, методам выбора уставок и настройке.

1. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Протекание больших токов, вызванных внутренними или внешними короткими замыканиями (КЗ) может вызвать при несвоевременном отключении, не только повреждения токоведущих частей, но и конструктивные разрушения элементов силового электрооборудования. Сквозные сверхтоки могут вывести из строя исправное на момент КЗ оборудование соседних участков. Поэтому защитой от сверхтоков КЗ должно обеспечиваться быстрое отключение каждого энергообъекта в электрической цепи. Основными видами защит при этом являются токовые, дифференциальные, дистанционные. Конкретный выбор вида защиты зависит от мощности, типа и назначения всевозможных условий и режимов работы электрооборудования и элементов электрической цепи.

В понятие релейной защиты электрической части электростанций объединяются защиты всех элементов электрической цепи, начиная от цепей возбуждения ротора, заканчивая последним звеном ошиновки распределительной установки охваченным зоной дифференциальной защиты. При неисправности котла, турбины, когда технологические защиты действуют на закрытие стопорных клапанов турбины, вспомогательные компоненты воздействуют на отключение генератора и гашения поля ротора через цепи релейной защиты и автоматики. Первые ступени основных защит, действующие на отключение выключателя блока генератор-трансформатор, должны одновременно воздействовать на перевод тепловой части блока в режим холостого хода.

Основной задачей построения релейной защиты энергоблока является обеспечение его эффективного функционирования при любых видах повреждений, предотвращение развития аварий и значительных разрушений защищаемого оборудования, а также предотвращение нарушений устойчивости в энергосистеме.

Для этого необходимо выполнение следующих условий:

- основные защиты от внутренних коротких замыканий должны обеспечивать быстрое отключение повреждений любого элемента блока. При этом не должно оставаться ни одного незащищенного (не входящего в зону действия защит) участка первичной схемы. Однако в ряде случаев приходится вынужденно допускать применение защит

не полностью охватывающих защищаемое оборудование (например, при витковых замыканиях);

- резервные защиты энергоблока также должны охватывать все его элементы и должны обеспечивать ближнее и дальнее резервирование основных защит блока и прилегающей сети;

- повреждения, не сопровождающиеся коротким замыканием и не отражающиеся на работе энергоблока, также должны при возможности быстро отключаться, если их развитие может привести к значительным разрушениям оборудования;

- анормальные режимы (например, перегрузки, потеря возбуждения и др.) должны автоматически ликвидироваться защитой, если они недопустимы для оборудования или для энергосистемы. В случаях, когда не требуется немедленная ликвидация анормального режима, допускается только сигнализация об их возникновении;

- действие устройств релейной защиты должно быть увязано с технологическими защитами и автоматикой энергоблока.

Основные требования к выполнению релейной защиты, обязательные при проектировании и в эксплуатации, регламентированы нормативным документом – Правилами устройства электроустановок (пункт 3.2) [3].

Для генераторов мощностью более 10 МВт в блоке генератор-трансформатор должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1) замыканий на землю на стороне генераторного напряжения;

2) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;

3) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора турбогенератора;

4) внешних КЗ;

5) перегрузки генератора токами обратной последовательности (для блоков с генераторами мощностью более 30 МВт);

6) симметричной перегрузки обмотки статора генератора;

7) перегрузки обмотки ротора генератора током возбуждения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов);

8) повышение напряжения на статоре генератора (для блоков с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более и для всех блоков с гидрогенераторами);

9) замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения;
10) асинхронного режима с потерей возбуждения». [3]

1.1. Продольная дифференциальная защита генератора

Продольная дифференциальная защита генератора является основной защитой при междуфазных коротких замыканиях в зоне до трансформаторов тока, обладает абсолютной селективностью, применяется для электрических генераторов средней и большой мощности. Защита выполняется в трехрелейном варианте с применением дифференциальных реле типа РНТ-565 или дифференциальных реле с торможением ДЗТ -11, ДЗТ-21.

Дифференциальная защита от КЗ на землю применяется, когда нейтраль генератора заземлена. Для защиты от однофазных КЗ используется чувствительная дифференциальная защита на основе сравнения токов нулевой последовательности, протекающих по обеим сторонам обмоток статора.

Для исключения неправильного действия при внешних КЗ с большими токами, сопровождающимися насыщением трансформаторов тока, комплекты дифференциальной защиты блокируются. Они блокируются при превышении максимальным из токов фаз определенного, заданного значения. Срабатывание защиты разрешается при появлении напряжения нулевой последовательности определённой величины. Дополнительно контролируется угол между токами нулевой последовательности сторон обмотки статора, что тоже повышает селективность при внешних, однофазных коротких замыканиях. [1]

1.2. Поперечная дифференциальная защита генератора

Поперечная дифференциальная защита от витковых замыканий в обмотке статора применяется при наличии параллельных ветвей статорных обмоток, когда есть возможность сравнения токов этих ветвей каждой фазы. Дифференциальная защита организуется для каждой фазы отдельно и реагирует на межвитковые замыкания лишь в своей фазе.

Односистемная поперечная дифференциальная защита измеряет и реагирует на ток в цепи между общими точками параллельных ветвей, соединённых в первую и вторую звезду. Данная защита реагирует как на витковые замыкания в одной фазе, так и на междуфазные КЗ, но защита имеет мёртвые зоны при замыканиях, соответствующих равной удалённости места КЗ от нейтралей обеих звёзд. Необходимо предусмотреть частотный фильтр для отстройки от высших гармоник, протекающих в цепи нейтрали и кратных трём. Защита выполняется с использованием одного фильтрового (отстроенного от токов высших гармоник) токового реле включенного в цепи трансформатора тока установленного между нейтралами параллельных ветвей обмотки статора.

1.3. Максимальная токовая защита

Максимальная, токовая защита (МТЗ) и токовая отсечка применяются, как основные защиты в генераторах небольшой мощности, для быстрого, селективного отключения внутренних коротких замыканий. Возможно использование и направленной токовой защиты. В основном эти защиты используются как резервные защиты генератора при внутренних замыканиях, или при внешних КЗ, когда запаздывание в отключении основных защит генератора приводит к недопустимой перегрузке по току.

Максимальная токовая защита от симметричных замыканий выполняется с использованием одного токового реле, включенного в цепи тока одной из фаз, с блокировкой минимального напряжения. МТЗ генератора может иметь оперативное ускорение, которое вводится при выводе основных защит генератора в ремонт или при испытаниях.

Максимальная токовая защита с фиксацией пуска при снижении напряжения применяется в генераторах, имеющих систему возбуждения, запитанную от сети.

При внешнем КЗ, при снижении напряжения на выводах генератора, ток в защите уменьшается, что может привести к возврату исходному состоянию МТЗ, действующей с выдержкой времени. Поэтому в таких схемах в комплект МТЗ входит блок, фиксирующий пуск защиты по току КЗ и удерживающий пусковой

сигнал до срабатывания защиты и при последующем снижении напряжения. Необходимы контроль исправности цепей напряжения и схема возврата защиты в исходное состояние с выдержкой времени большей времени срабатывания МТЗ. Структурная схема данной защиты приводится на рис. 1.1 [2].

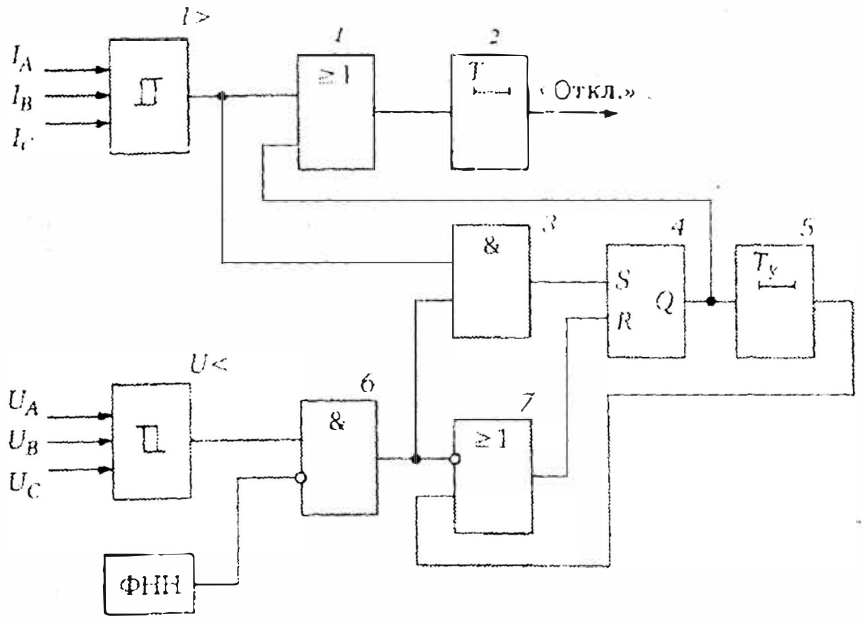

Рис. 1.1. Структура МТЗ с фиксацией пуска при снижении напряжения:

блок I > – пусковые токовые органы каждой фазы,
блок U < – элемент контроля снижения напряжения,
блок ФНН – элемент фиксации неисправности цепей напряжения,
блок 1,7 – логические элементы «или»,
блок 2 – элемент выдержки времени МТЗ,
блок 3,6 – логические элементы «и»,
блок 4 – триггер, запоминающий входной сигнал,
блок 5 – элемент выдержки времени возврата схемы в исходное состояние.

Максимальная токовая защита с характеристикой, зависящей от текущего напряжения – это наиболее общий случай учёта снижения напряжения на выводах генератора на характеристики МТЗ с независимой и зависимой выдержкой времени. Блок коррекции уставок по напряжению вводится переключателем (накладкой), что изменяет выдержки времени защиты с независимой характеристики, на зависимую от величины тока характеристику. При неисправности в цепях напряжения функции коррекции уставок блокируются специальным узлом, оставляя в действии защиту с фиксированной выдержкой времени.

1.4. Защита от перегрузки статора генератора

Защита от симметричной перегрузки по току статора генератора и обмоток генераторного напряжения трансформатора блока выполняется при помощи одного токового реле, работающего на сигнал.

Защита от тепловой перегрузки предотвращает температурный перегрев электрической машины. Используется моделирование (в первом приближении) теплового процесса в соответствии с дифференциальным уравнением на основе измерения текущего тока статора.

1.5. Защита от воздействия несимметричных токов

Составляющие токов обратной последовательности I_2 в обмотке статора создают магнитное поле, вращающееся с удвоенной скоростью относительно ротора и индуцирующее дополнительно разогревающие его токи. Поэтому для согласования защиты с тепловой характеристикой генератора и контроля значения и времени протекания токов I_2 применяются отдельные защитные функции с обратно-квадратичной зависимой характеристикой времени срабатывания. Токовая защита обратной последовательности генератора является резервной защитой блока генератор-трансформатор при внутренних и внешних несимметричных коротких замыканиях и перегрузках токами обратной

последовательности. Основным элементом защиты является фильтровое реле тока обратной последовательности с интегрально-зависимой выдержкой времени (типа РТФ-6М, РТФ-7/2). Защита может выполняться с независимой ступенчатой характеристикой, с зависимой от тока выдержкой времени или с комбинированной характеристикой.

Как вариант исполнения, рассматривается защита блока генератор-трансформатор. Запуск органа с интегрально-зависимой характеристикой происходит при уставке $I_2 = 0{,}08 * I_{н.\,ген}$, при этом учитывается охлаждение ротора генератора после прекращения несимметричного режима по экспоненциальному закону так, что выдержка времени, при возникновении следующего несимметричного режима, сокращается в зависимости от степени остывания генератора после предыдущего нагрева. Срабатывание данного органа реализуется через выходные реле резервных защит блока с двумя выдержками времени. Сигнальный орган с независимой выдержкой времени имеет уставку: $I_2 = 0{,}05 * I_{н.ген}$

Чувствительная «отсечка I» с независимой выдержкой времени защищает блочный трансформатор, гибкую связь и шины открытого распределительного устройства 500 кВ, резервируя основные защиты блока при несимметричных коротких замыканиях. Оперативное ускорение «отсечки I» вводится при выводе основных защит и испытаниях блока.

Грубая «отсечка II» с независимой выдержкой времени выполнена с блокировкой по напряжению $3U_0$ генератора. Зона действия «отсечка II» ограничивается токопроводами 20 кВ, так как двухфазное замыкание на токопроводе возможно только через «землю».

Взамен вышеописанного устройства Чебоксарский электроаппаратный завод (ЧЭАЗ) выпускает защиту обратной последовательности РТФ-9. Устройство РТФ-9 содержит два измерительных органа, имеющих разные диапазоны уставок по току обратной последовательности: грубый (0,4 – 1,6)Iн и более чувствительный (0,04 – 0,16)Iн. В сочетании с дополнительными реле времени обеспечивается двухступенчатая характеристика защиты.

1.6. Дистанционная защита генератора

Дистанционная защита используется в генераторах средней и большой мощности, как защита обмотки статора, частично и обмотки трансформатора блока со стороны генератора, а также, как резервная защита по отношению к другим защитам генератора, трансформатора или прилегающих элементов сети.

1.7. Защиты от замыканий обмотки статора на корпус (на землю)

Защиты генераторов от замыканий на землю выполняются наиболее простым образом на основе контроля значения напряжения нулевой последовательности $3U_0$ при изолированной нейтрали генератора или тока $3I_0$ протекающего через трансформатор, заземляющий нейтраль генератора. Замыкания на землю обмотки статора генератора, работающего в режиме изолированной нейтрали опасны, так как даже небольшие по величине ёмкостные токи короткого замыкания повреждают изоляцию и оплавляют активную сталь статора.

Реле напряжения, включенное в цепь разомкнутого треугольника трансформатора напряжения генератора, отключает выключатель с меньшей выдержкой времени, с контролем отсутствия тока короткого замыкания на землю на стороне высокого напряжения блочного трансформатора. В зоне действия защиты остаются обмотка статора генератора, токопроводы до блочного (отпаечного) трансформатора, она действует в пределах своей чувствительности при замыкании и одной фазы на землю. Соответствующей накладкой защита может быть переведена на сигнал, тогда она предназначается для сигнализации замыкания на землю на стороне генераторного напряжения трансформатора блока в режиме с отключенным генератором. Применяют и чувствительный контроль изоляции обмотки статора генератора при помощи вольтметра с двумя шкалами: 100В или 10В, переключение шкалы измерения – кнопкой (тумблером). В эксплуатации значение напряжения $3U_0$ находится в пределах 2,0 -2,5В.

Защита от замыканий на землю генераторов с использованием электромеханических реле напряжения охватывает порядка 95%

обмотки статора, т.е. имеет мертвую зону вблизи нейтрали генератора. В качестве быстродействующей, не имеющей зоны нечувствительности, защиты от замыканий на землю обмотки статора генераторов применяют блок-реле типа ЗЗГ-1. Данная защита содержит два измерительных органа:

Первый – реле напряжения, реагирующее на повышение напряжения нулевой последовательности первой гармоники, включенное в цепь $3U_0$ разомкнутого треугольника трансформатора напряжения генератора.

Второй – реле с торможением, реагирующее на отношение сопротивлений цепи между нейтралью обмотки статора и землей к емкостному сопротивлению цепи генераторного напряжения на частоте третьей гармоники. При этом измерение напряжения нулевой последовательности в нейтрале генератора осуществляется от, специально установленного для этой цели, трансформатора напряжения ЗОМ-1/20.

Селективная высокочувствительная защита типа БРЭ 1301-03 относительно новое устройство защиты от однофазных замыканий на землю реагирующее на высшие гармоники токов фаз.

Направленная защита нулевой последовательности генераторов, присоединяемых к сборным шинам. В данном случае напряжение нулевой последовательности практически одинаково при замыкании на землю на выводах генераторах или в близлежащей сети. Для обеспечения селективности защиты в этом случае возможно принятие таких же решений, как и для защиты объектов сетей с малым током замыкания на землю.

В случае, если суммарная ёмкость внешней, по отношению к рассматриваемому генератору сети, значительно больше ёмкости генератора, то возможно использование только устройств контроля значения тока нулевой последовательности.

Когда генератор мощный и его ёмкость по отношению к земле соизмеряется ёмкостью сети, необходимо применение направленной защиты нулевой последовательности.

Защита на основе контроля третьей гармонической составляющей напряжения.

Несинусоидальность индукции в воздушном зазоре электрической машины определяет постоянное присутствие в фазных напряжениях третьей гармонической составляющей U_3. Сдвиг на 120° первых гармонических составляющих фазного напряжения приводит

к сдвигу на 360° имеющихся в фазных напряжениях составляющих третьей гармоники. Это означает, что составляющие U_3 во всех фазных напряжениях статора совпадают по фазе в нормальном режиме и суммируются в результирующем напряжении открытого треугольника. Поэтому для их схем контроля можно использовать любую из схем контроля по цепям напряжения.

При относительно симметричном распределении емкости на землю обмотки статора напряжение U_3 распределяется равномерно вдоль обмотки, что приводит к равным и сдвинутым между собой по фазе на 180° напряжениям третьей гармоники $0,5U_3$ в нейтрали генератора и на его выводах

При замыкании на землю в нейтрали генератора потенциал этой точки становится равным нулю, что приводит к смещению на $0,5U_3$ всех потенциалов составляющих третьей гармоники вдоль обмотки статора и к увеличению (удвоению) напряжения третьей гармоники на выводах до 1,0 U_3. Таким образом, контроль напряжений третьей гармоники на выводах генератора позволяет с высоким коэффициентом чувствительности выявить замыкания на землю близи нейтрали генератора.

Защиты на основе использования наложенного напряжения. Полный охват обмотки статора при замыканиях на землю при использовании напряжений и токов основной частоты, источником которых является сам генератор, практически затруднен, прежде всего потому, что возможны повреждения статора (вблизи нейтрали), при которых сигналы основной частоты не изменяются. Наличие «мертвых зон» возможно и при реагировании на третью гармонику напряжения, создаваемую защищаемым генератором. Принципиально картина меняется, если создать искусственную цепь с внешним заземленным источником, в которую входит статор генератора и которая замыкается при соединении статора с землей через переходное сопротивление. В этом случае, учитывая относительно малое сопротивление обмотки статора, результирующий ток, создаваемый внешним источником, мало зависит от места замыкания обмотки статора на землю, и определяется, прежде всего, параметрами цепи источника сигнала и значением результирующего переходного сопротивления замыкания на землю. Принципиально важным при этом является использование сигнала наложенной частоты, существенно отличающейся от основ-

ной частоты, для исключения влияния режима работы генератора на токи и напряжения в искусственной цепи наложенного сигнала.

1.8. Защита ротора от замыкания на землю

Замыкание на землю в цепи обмотки возбуждения (ротора) не приводит непосредственно к тяжелым повреждениям ввиду изолированности цепи ротора от земли. Однако последствия при возникновении второго замыкания на землю, приводящего не только к повреждению обмотки ротора, но и к недопустимым механическим усилиям, обязывает своевременно выявить первое замыкание и отключить при появлении второго. Защита ротора должна быть чувствительна к ухудшению изоляции, т.е. реагировать на снижение активного сопротивления ротора относительно земли.

Наиболее распространенным решением является наложение переменного напряжения на цепь ротора с контролем активной составляющей тока (активного сопротивления) этой цепи относительно земли. Переменное напряжение 25Гц образуется из напряжения промышленной частоты в специальном комплектном устройстве (в комплекте КЗР-2, КЗР-3) и измерительное реле защиты реагирует на величину активного тока данной частоты, определяемого сопротивлением изоляции цепей возбуждения. Защита срабатывает при понижении сопротивления изоляции относительно земли до 8 кОм.

Возможность построения защиты ротора от замыканий на землю с повышенной чувствительностью, с отстройкой от влияния собственной емкости обмотки и гармонических составляющих, обусловленных тиристорной системой возбуждения, появляется при наложении низкочастотного прямоугольного напряжения 0,5 - 4,0 Гц.

Существует отдельная схема измерения для определения состояния подстуловой изоляции. Из-за неравномерности зазора между ротором и статором, зазоров в стыках между пакетами активной стали магнитная система машины в какой-то мере несимметрична. При вращении возбужденного ротора даже небольшая несимметрия магнитного поля приводит к наведению электродвижущей силы на концах ротора (вала) генератора. Если создать путь для тока через вал и подшипники, то его величина может достигнуть сотни ампер, что привело бы к повреждению

червячных пар, подшипников турбины, а также подшипников и вкладышей уплотнений генератора. Поэтому у генератора под стул подшипника со стороны возбудителя и под подшипники возбудителя устанавливаются изоляционные прокладки. Еще подшипники изолируются от маслопроводов путем установки изолированных фланцев. Изолируются также от торцевого щита и от маслопроводов корпус уплотнения генератора со стороны возбудителя. Сопротивление изоляции стула подшипника, измеренное перед сборкой подшипника, должно быть не менее 1 МОм. Для контроля изоляции стула подшипников путем дистанционного измерения напряжения на концах вала, между изолированным стулом и плитой монтируется данная схема, состоящая из переключателей точек замеров, вольтметра и амперметра. Амперметр имеет шкалу 10А, вольтметр – 30В и 150В.

При работе турбины вследствие трения лопаток последних ступеней ротора о влажный пар происходит заряд ротора статическим электричеством. Величина напряжения может доходить до 800В и привести к повреждению червячных пар, поражению обслуживающего персонала электрическим током. Для отвода наведенного заряда с ротора турбины в районе первого подшипника устанавливается щетка, соединенная с землей, скользящая по валу. В эксплуатации необходимо обеспечить надежность контакта этой щетки с валом турбины наряду с поддержанием в исправном состоянии изоляции подшипников.

1.9. Защита ротора от перегрузки по току возбуждения

Для предотвращения повреждения ротора при перегрузках предусматривается специальная релейная защита. Наиболее полноценную защиту ротора возможно осуществить с помощью реле, имеющего характеристику соответствующую тепловой, перегрузочной характеристике ротора. Такая защита типа РЗР-1М имеет две ступени: с первой она действует на развозбуждение генератора, а со второй – на отключение генератора от сети и на гашение поля. Ток ротора в защиту подается от датчика тока, в качестве которого при тиристорном или высокочастотном возбуждении используется трансформатор постоянного тока (ТПТ), а при бесщеточном возбуждении – индукционный короткозамкнутый

датчик тока (ИКДТ). Трансформатор постоянного тока представляет собой магнитный усилитель, в котором управляющая обмотка включается на ток ротора.

При применении блок-реле типа БЭ1102, на вход подается напряжение пропорциональное току ротора. Сигнал о величине тока возбуждения, зафиксированный шунтом этой же цепи, формируется преобразователем постоянного тока типа Е856/1. Блок-реле БЭ1102, обладает органом с интегрально зависимой выдержкой времени, обратно пропорциональной относительному значению тока ротора с двумя ступенями действия. Запуск отсчета времени в этом органе происходит при перегрузке ротора на 8%, при этом учитывается степень охлаждения ротора после предыдущей перегрузки. Время действия второй ступени на 25% больше времени действия первой ступени, работающей на расфорсировку. Сигнальный орган с независимой выдержкой времени имеет уставку: $I_y = 0,05*I_{ротор}$. Резервная защита от перегрузки ротора выполняется с помощью одного реле напряжения, подключенного к шинам сборки возбуждения генератора через резисторный делитель напряжения, действует аналогично основной защите.

1.10. Защиты от повышения и понижения напряжения

Защиты от повышения и понижения напряжения являются обычно двухступенчатыми и обеспечивают отключение генератора при недопустимом повышении (понижении) напряжения. Повышение напряжения приводит, в первую очередь, к повышению индукции и возможности повреждения изоляции, а понижение – к возможности потери устойчивости работы генератора в энергосистеме.

Защита от повышения напряжения при холостом ходе блока генератор-трансформатор выполняется при помощи одного реле напряжения, подключенного к трансформатору напряжения защиты и измерения. Сигнал на отключение контролируется по отсутствию тока нагрузки на стороне высокого напряжения блока или на стороне генераторного напряжения, при этом включается дополнительный, параллельный контроль по отключенному положению генераторного выключателя.

Отдельная защита от повышения напряжения в системе возбуждения генератора, т.е. на высокочастотном генераторе имеет

две ступени: чувствительная защищает от повышения напряжения частотой 500 кГц выше рабочего уровня, грубая – от повышения выше уровня форсировки. Измерительный орган каждой ступени, реле напряжения подключаются к одной из рабочих обмоток возбудителя. По постоянному току цепи защиты запитаны от оперативного тока цепей управления основного возбудителя. Чувствительная ступень, защищающая от повышения напряжения выше рабочего уровня, соответствующему нормальному режиму генератора, предназначена и для ограничения длительности форсировки при ненормальных режимах энергосистеме или неисправностях в системе возбуждения – «ложная форсировка», она действует с выдержкой времени на расфорсировку с самоудерживанием исполнительного реле.

1.11. Защита обратного направления мощности

Данная защитная функция предотвращает повреждение блока турбина-генератор при прекращении подачи энергоносителя к турбине. В этом случае генератор переходит в двигательный режим с подачей к турбине вращающего момента, что может привести к повреждению лопаток турбины. Поэтому необходимо своевременное отключение генератора от сети при выявлении данного режима. О наступлении двигательного режима генератора свидетельствует потребление им активной мощности из сети. Знак активной мощности при этом отрицательный. Значение и знак активной мощности являются основными критериями при определении данного режима. При этом эффективно измерение активной мощности прямой последовательности с использованием величин U_1 и I_1.

1.12. Защита генераторов от асинхронных режимов

Асинхронный ход турбогенераторов и гидрогенераторов является аномальным режимом, определяющим повышенные потери мощности и нагрев машин, а также возникновение больших механических усилий в отдельных узлах.

Одним из эффективных методов выявления асинхронных режимов при потере возбуждения генератора является контроль

комплексного сопротивления на его выходе. Указанный метод основан на том, что при отсутствии возбуждения входное сопротивление генератора располагается в зависимости от скольжения в разных точках полуокружности в четвертом квадранте комплексной плоскости сопротивления, т.е. эффективно использование дистанционного принципа. Существующие защиты от потери возбуждения выполнялись на базе блок-реле типа КРС-2 или устройства БРЭ-2801, с использованием второго из трех реле сопротивлений. Защита относится к резервным защитам, накладками может быть переведена на отключение блока или на разгрузку блока и на сигнал. Токовые цепи защиты включаются к трансформаторам тока со стороны нулевых выводов генератора, на сумму токов параллельных ветвей, а по цепям напряжения – к трансформаторам напряжения генератора, соединенным в звезду.

Для предотвращения излишних срабатываний защиты от потери возбуждения при внешних несимметричных коротких замыканиях, осуществляется ее блокировка, при срабатывании пускового органа токовой защиты обратной последовательности.

1.13. Защиты от понижения (повышения) частоты

Многоступенчатые защиты от понижения (повышения) частоты обеспечивают функционирование генератора в допустимом рабочем диапазоне частот [8].

1.14. Защита по скорости повышения (понижения) частоты

Защита по скорости повышения (понижения) частоты ($df/dt>$ или $df/dt<$) позволяет быстрее отследить за изменениями частоты генератора и предупреждать развитие аварий. Данные защиты также выполняются многоступенчатыми. С различными уставками по скорости изменения частоты и с соответствующими выдержками времени [5].

Контрольные вопросы

1. От каких повреждений и не нормальных режимов предусматриваются защиты на генераторе?
2. Чем опасны токи обратной последовательности для мощных генераторов?
3. Как выполняется защита генератора от витковых замыканий?
4. Какие защиты предусмотрены на генераторе от внешних КЗ и перегрузок?
5. Какие защиты устанавливаются в цепи ротора генератора?

2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) на двигателях напряжением выше 1000В должны устанавливаться следующие устройства релейной защиты:

- защита от междуфазных коротких замыканий;
- защита от замыканий на землю;
- защита от двойных замыканий на землю;
- защита от перегрузки.

Для синхронных двигателей дополнительно требуется защита от асинхронного режима. Применяемые для этой цели виды релейной защиты зависят от мощности электродвигателей:

В качестве защиты от междуфазных КЗ при мощности двигателей до 5000 кВт применяется токовая отсечка, она может применяться и для двигателей большей мощности, не имеющих фазных выводов со стороны нейтрали двигателя. При двигателях большей мощности, а также, если токовая отсечка для двигателей меньшей мощности не удовлетворяет требованиям чувствительности, применяется дифференциальная защита при условии, что эти двигатели имеют выводы со стороны нейтрали.

В качестве защиты от замыканий на землю при токах замыкания более 5А для двигателей более 2000 кВт и 10А для двигателей меньшей мощности применяется токовая защита нулевой последовательности, действующая на отключение. На линиях, питающих двигатели передвижных механизмов, защита от замыканий на землю, по соображениям электробезопасности, должна действовать на отключение независимо от величины тока замыкания на землю. На блоках трансформатор-двигатель защита от замыканий на землю действует на сигнал.

Для защиты от двойных замыканий на землю применяется токовая защита нулевой последовательности, действующая на отключение. Она применяется в тех случаях, когда защита от замыканий на землю имеет выдержку времени. Ее применение обязательно, если защита от междуфазных КЗ выполняется в двухфазном варианте.

Защита от перегрузки требуется для двигателей, подверженных перегрузке по технологическим причинам, или с особо тяжелыми условиями пуска. Защиту от перегрузки можно выполнять с

зависимой или независимой выдержкой времени. Она может действовать на разгрузку механизма по технологическим цепям или на сигнал – первая ступень и на отключение – вторая. Выдержка времени защиты от перегрузки при токе, равном пусковому току двигателя, выполняется большей времени его пуска. При таком выполнении защиты двигателя имеется значительный тепловой запас. Это дает возможность выполнить действие такой защиты от перегрузки на разгрузку механизма.

Согласно ПУЭ на двигателях мощностью менее 5000 кВт можно иметь токовую отсечку, токовую защиту от замыканий на землю, защиту от перегрузки. Существуют специальные защиты от перегрузки с зависимой от величины характеристикой, совпадающей с тепловой характеристикой.

Защита от асинхронного режима для синхронных двигателей может действовать по току перегрузки с независимой выдержкой времени. Для двигателей с ОКЗ более 1,0 может быть применена защита с зависимой характеристикой. Режим асинхронного хода сопровождается перегрузкой двигателя, и на него реагируют защиты от перегрузки. Простые токовые защиты могут срабатывать и возвращаться при колебаниях тока. Поэтому защиты от перегрузки в асинхронном режиме должны накапливать выдержку времени. Можно использовать две ступени защиты от перегрузки: ступень с меньшей выдержкой времени действует на ресинхронизацию, а с большей – на отключение.

Специальные защиты от потери возбуждения имеются в устройствах возбуждения крупных двигателей. Эти устройства целесообразно использовать для автоматической ресинхронизации. Для облегчения условий самозапуска, а также для предотвращения подачи несинхронного напряжения на возбужденные синхронные двигатели или заторможенные механизмы двигатели должны быть оборудованы защитой минимального напряжения. Эта защита может быть либо индивидуальной, либо групповой. В ряде случаев для ускорения подачи напряжения на шины или предотвращения подачи напряжения на двигатели автоматикой внешней сети синхронные двигатели могут быть дополнительно оборудованы защитой по понижению частоты, так как они способны длительно поддерживать напряжение в сети.

Кроме перечисленных, обязательных функций защиты, специальные защиты для двигателей имеют дополнительные

функции, использование которых улучшает условия эксплуатации двигателя. К ним относятся:

- защита от обрыва фазы;
- ограничение количества пусков;
- запрет пуска по времени прошедшего от предыдущего пуска;
- защита минимального тока или мощности;
- заклинивание или затормаживание ротора.

Специальные устройства защиты двигателей могут работать не только с током и напряжением, но и с датчиками температуры.

У двигателей большой мощности существуют также технологические защиты, которые могут действовать на отключение двигателей: повышение температуры двигателя, его подшипников, прекращение смазки подшипников, циркуляция воздуха в системе охлаждения. Необходимость этих защит и предъявляемые к ним требования излагаются в заводской документации.

2.1. Токовая защита от многофазных замыканий в обмотке статора двигателя

Защиты от многофазных замыканий в обмотке статора должны срабатывать по возможности с минимальным временем. Для этой цели используется максимальная токовая защита с зависимой или независимой выдержкой времени. При этом для быстрого отключения при сверхтоках короткого замыкания используется токовая отсечка, отстраиваемая от максимального значения пускового тока в момент включения двигателя. Остальной диапазон возможных токов коротких замыканий перекрывается ступенями МТЗ с независимой (зависимой) выдержкой времени.

Функция динамического переключения параметров (уставок) защиты обеспечивает ее загрубление на определенное время (при включении электродвигателя после предшествующей паузы) и тем самым позволяет повысить чувствительность к коротким замыканиям. При этом генерируется сигнал наличия предшествующей паузы в подаче напряжения, и переключаются уставки МТЗ, чем обеспечивается блокировка защиты во время последующего пуска двигателя.

2.2. Дифференциальная защита электродвигателя

Дифференциальная защита применяется на двигателях сравнительно большой мощности, а также в случаях, когда МТЗ и токовая отсечка не обеспечивают необходимую чувствительность к внутренним междуфазным коротким замыканиям, ввиду необходимости отстройки от пусковых токов.

2.3. Защита электродвигателя от замыканий на землю в обмотке статора

Защиты от замыканий на землю в обмотке статора зависят от вида заземления нейтрали сети. В сетях с большим током КЗ на землю (сеть с глухозаземленной нейтралью) применяется токовая защита, реагирующая на ток нулевой последовательности ($3I_0$). Так как ёмкость обмотки намного меньше ёмкости сети, можно использовать ненаправленные токовые защиты нулевой последовательности. В особых случаях, при соизмерительности ёмкости двигателя и электрической сети необходимо использование направленной токовой земляной защиты.

2.4. Защита электродвигателя по току обратной последовательности

Ток обратной последовательности (I_2) в обмотке статора возникает при несимметричном питании, при обрыве фазы обмотки статора, при несимметричном коротком замыкании. Как электрическая машина с вращающимся ротором, двигатель имеет значительно меньшее сопротивление для составляющих токов обратной последовательности. Поэтому составляющая тока обратной последовательности, возникающая в обмотке ротора и имеющая более высокую частоту ввиду обратного направления вращения относительно поля статора, приводит к увеличению тепловых потерь и разогреву двигателя. Принцип выполнения защиты основан на измерении симметричных составляющих рабочего тока.

2.5. Защита электродвигателя от снижения напряжения питания

Устойчивость работы двигателя зависит от значения и длительности снижения напряжения. Для этой цели используются защиты с контролем глубины снижения напряжения, которые могут иметь ступени по напряжению как с независимой выдержкой времени, так и с выдержкой времени, зависящей от глубины снижения напряжения. Данная защита должна автоматически выводиться из действия при отключении двигателя или при неисправности цепей напряжения.

2.6. Защита электродвигателя от тепловой перегрузки

Защита от тепловой перегрузки может быть выполнена на основе использования МТЗ с зависящей от тока выдержкой времени или на основе дифференциального уравнения нагрева двигателя.

2.7. Защита электродвигателя от потери синхронизма

Традиционный способ выполнения защиты двигателя от потери синхронизма – фиксация периодических колебаний тока статора. Другим критерием может являться потребление синхронным двигателем в асинхронном режиме сравнительно большого тока с низким коэффициентом мощности ($\cos\varphi$).

Контрольные вопросы

1. Перечислите обязательные и дополнительные функции релейной защиты электродвигателей напряжением выше 1000В.
2. Особенность выполнения защиты ответственных асинхронных электродвигателей собственных нужд электростанций.
3. В чём особенность защиты синхронных электродвигателей?
4. Чем продиктована защита электродвигателя по току обратной последовательности?

3. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ

При выполнении защит трансформаторов должны быть учтены следующие возможные режимы:

- многофазные замыкания в обмотках и на выводах;
- однофазные замыкания в обмотках и на выводах;
- витковые замыкания в обмотках;
- внешние короткие замыкания;
- частичный пробой изоляции вводов перенапряжением;
- перегрузка трансформатора по току;
- понижение уровня масла;
- "пожар" стали магнитопровода.

Для защиты трансформаторов от повреждений и ненормальных режимов в соответствии с Правилами устройства электроустановок должны быть предусмотрены следующие типы релейной защиты:

От повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа из трансформаторного масла и изоляции, т.е. защита с действием на появление газа и (или) понижения уровня масла, работающая на сигнал и отключение.

От повреждений на выводах и внутренних повреждений – токовая отсечка или продольная дифференциальная защита. Продольная дифференциальная защита ставится на трансформаторах мощностью 6300 кВА и более, на трансформаторах меньшей мощности – токовая отсечка. Если токовая отсечка не проходит по условиям чувствительности, то дифференциальная защита может быть установлена на трансформаторах меньшей мощности, но не менее 1000 кВА.

От токов внешних коротких замыканий должны быть установлены следующие защиты с действием на отключение:

- максимальная токовая защита для трансформаторов мощностью до 1000 кВА;
- максимальная токовая защита с комбинированным пуском или токовая защита обратной последовательности для трансформаторов мощностью 1000 кВА и более;
- дистанционная защита на понижающих автотрансформаторах напряжением 220 кВ и более, если это необходимо по условиям дальнего резервирования.

От возможной перегрузки на трансформаторах мощностью 400 кВА и более следует предусматривать максимальную токовую защиту с действием на сигнал или на разгрузку и отключение.

От токов внешних замыканий на землю при наличии заземленной нейтрали для трансформаторов мощностью 1000 кВА и более устанавливается максимальная токовая защита нулевой последовательности, если это необходимо по условиям дальнего резервирования.

3.1. Дифференциальная защита трансформатора

Дифференциальная защита, выполненная на принципе сравнения токов на входе и выходах, применяется в качестве основной быстродействующей защиты трансформаторов и автотрансформаторов. Защита селективная, реагирует на повреждения в обмотках, на выводах и в соединениях с выключателями, и действует на отключение трансформатора со всех сторон без выдержки времени. Зона действия дифференциальной защиты трансформатора (ДЗТ) ограничивается местом установки трансформаторов тока, и включает в себя ошиновки среднего и низкого напряжения. Ввиду ее сравнительной сложности, дифференциальная защита регламентирована нормативными документами в следующих случаях:

- на одиночно работающих трансформаторах (автотрансформаторах) мощностью 6300 кВА и выше;
- на параллельно работающих трансформаторах (автотрансформаторах) мощностью 4000 кВА и выше;
- на трансформаторах мощностью 1000 кВА и выше, если токовая отсечка не обеспечивает необходимой чувствительности при КЗ на выводах высшего напряжения ($К_ч < 2$), а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 с [3].

Современные цифровые релейные защиты получают разность фазных токов путем математического преобразования входного сигнала. У таких защит трансформаторы тока со всех сторон соединяются в звезду, а группа соединений трансформатора и их полярность вводится в реле в виде уставки. Соединение в звезду выгоднее в части снижения величины нагрузки на трансформаторы тока. Цифровые защиты исключают влияние тока нулевой

последовательности математическим путем, поэтому, трансформаторы тока можно соединить и в звезду.

3.2. Газовая защита трансформатора

Газовая защита (ГЗ) – это защита от внутренних повреждений трансформатора, сопровождающихся выделением газа, понижением уровня масла в газовом реле, или интенсивным движением потока масла из бака трансформатора в расширитель. Для правильной работы ГЗ корпус трансформатора устанавливается с наклоном 1,5–2% в сторону расширителя. Газовое реле устанавливается в рассечку трубопровода от корпуса трансформатора к расширителю. Данная защита, относится к основным защитам трансформатора. Она селективная, не реагирует на нарушения режима электрической сети и повреждения вне бака трансформатора. Газовая защита трансформатора выполняется двухступенчатая:

- первая ступень ГЗ (чувствительная, сигнальная) срабатывает при незначительном выделении газа, или понижении уровня масла в газовом реле, и с выдержкой времени действует на сигнал.
- вторая ступень ГЗ (грубая, отключающая) срабатывает при значительном выделении газа, понижении уровня масла в газовом реле, или при интенсивном движении потока масла из бака трансформатора в расширитель, и действует на отключение трансформатора со всех сторон без выдержки времени.

Отдельная газовая защита на трансформаторе с регулированием коэффициента трансформации под нагрузкой (РПН) для защиты устройства РПН от повреждений внутри его бака выполняется на струйном реле и действует на отключение трансформатора при интенсивном движении потока масла из бака РПН в сторону расширителя.

3.3. Максимальная токовая защита трансформатора

Максимальная токовая защита (МТЗ) является резервной защитой трансформатора, служит для отключения трансформатора при его повреждении и отказе основных защит, а так же при КЗ на сборных шинах или на отходящих от них присоединениях, если релейная защита или выключатели этих элементов отказали в работе. По условиям селективности МТЗ должна иметь выдержку времени, не может быть быстродействующей. По этой причине в качестве основной защиты от повреждений в трансформаторах она используется лишь на маломощных трансформаторах. На трансформаторах, имеющих специальную, основную защиту от внутренних повреждений, максимальная токовая защита от внешних замыканий служит резервной защитой. Когда ее чувствительность оказывается недостаточной, применяются более чувствительные МТЗ с пуском по снижению напряжения, МТЗ токов обратной, нулевой последовательности, дистанционная защита.

Неселективная максимальная токовая защита на стороне высокого напряжения блока применяется при наличии генераторного выключателя. Она вводится автоматически, при отключении выключателя генератора, когда дифференциальная защита блочного трансформатора оказывается нечувствительной к междуфазным замыканиям на токопроводах генераторного напряжения. Пусковым органом защиты являются два токовых реле, включенные в токовые цепи на стороне высокого напряжения, а блокирующим органом – трехфазное токовое реле УРОВ, контролирующее ток на стороне генераторного напряжения, т.е. в цепи статора.

3.4. Токовая отсечка трансформатора

Токовая отсечка – простая быстродействующая релейная защита от повреждений в трансформаторе. Зона действия отсечки ограничена, она не действует при витковых замыканиях и замыканиях на землю в обмотке, работающей на сеть с малым током замыкания на землю. Защита устанавливается с питающей стороны трансформатора и выполняется без выдержки времени.

На трансформаторах в сети с глухозаземленной нейтралью отсечка устанавливается в трех фазах, а в сети с изолированной

нейтралью на двух. Ток срабатывания отсечки отстраивается от максимального тока КЗ при повреждении за трансформатором.

В зону действия отсечки входят ошиновка, выводы и часть обмотки трансформатора со стороны питания. Отсечка, являющаяся резервной защитой от внутренних повреждений, должна отключать трансформатор со всех сторон, имеющих источники питания. Достоинством защиты являются ее простота и быстродействие. Отсечка в сочетании с МТЗ и газовой защитой обеспечивает хорошую защиту для трансформаторов малой мощности.

3.5. Защита трансформатора от перегрузки

Трансформаторы допускают нормированную перегрузку в течение значительного времени. Поэтому при наличии оперативного персонала защиту от перегрузки трансформатора выполняют действующей на сигнал. Защита от перегрузки на объектах без постоянного дежурного персонала может действовать на разгрузку или отключение трансформатора. Защита от перегрузки согласно нормативным документам устанавливается на трансформаторах мощностью 0,4 МВт и более [3].

Ток срабатывания защиты от перегрузки с действием на сигнал определяется по условию возврата защиты при номинальном токе нагрузки трансформатора. Общепринятая выдержка времени – 9 сек. Она устанавливается одинаковой на всех устройствах сигнализации, не имеющих специальных требований к выдержке времени.

В состав специализированных устройств защиты трансформаторов, а также вводов входят защиты от перегрузки, имеющие тепловую характеристику, включающую постоянные времени нагрева и охлаждения трансформатора. Таким образом, можно выполнить защиту от перегрузки, учитывающую предварительный нагрев трансформатора и максимально использующую его перегрузочную способность.

3.6. Токовая защита нулевой последовательности трансформатора

Токовая защита нулевой последовательности, от однофазных КЗ на землю («земляная защита трансформатора»), устанавливается на трансформаторах с соединением обмотки низкого напряжения в звезду с заземленной нейтралью. Измерительным органом защиты является одно максимальное реле тока, включенное в цепи трансформатора тока, установленного в заземленную нейтраль силового трансформатора. Возможно и двухступенчатое исполнение на двух токовых реле. В нормальных режимах работы трансформаторов в их заземленных нейтралях текут токи небаланса, незначительные, по сравнению с рабочими, фазными токами нагрузки. От тока небаланса рассматриваемая защита должна быть надежно отстроена. Замыкания на землю в сети (даже на шинах) обуславливают токи однофазного короткого замыкания, которые проходят через заземленную нейтраль трансформатора. Это достаточно для срабатывания защиты. По сравнению с максимальной токовой защитой эта защита всегда имеет более высокую чувствительность к однофазным КЗ, поскольку эти токи не нужно отстраивать от сверхтоков при самозапусках двигателей и перегрузках, которые являются симметричными режимами, которые и не сопровождаются появлением токов обратной и нулевой последовательностей.

Выполняется и ускорение земляной защиты трансформатора при неполнофазных отключениях выключателей, при этом цепь ускорения контролируется контактами реле непереключения фаз выключателей.

3.7. Защита трансформаторов от повреждения вводов 500 – 1150 кВ

Защита от частичного пробоя изоляции вводов ВН трансформатора (КИВ) предназначена для защиты маслонаполненных конденсаторных вводов путем выявления начальной стадии повреждения (частичного пробоя нескольких слоев конденсаторной изоляции) и подачи сигнала на отключение неисправного оборудования до наступления полного пробоя изоляции и разрушения ввода. Защита основана на использовании

конструктивных особенностей бумажно-масляных вводов. Ввод в целом представляет последовательно включенные конденсаторы (емкости) между токоведущим стержнем и фланцем, где протекает емкостной ток под действием рабочего напряжения. Значение тока определяется суммарной емкостью ввода. При повреждении изоляции ввода часть емкостей шунтируется, и величина емкостного тока возрастает, что фиксируют измерительные органы, два токовых реле защиты. Первое, более чувствительное реле срабатывает на сигнал при понижении уровня изоляции, второе реле при прогрессирующем повреждении действует на отключение через реле выдержки времени. Для исключения возможности ложной работы устройства «контроля изоляции вводов – КИВ-500» при обрывах соединительных цепей существует блокировка второй ступени защиты. Защита подключается к измерительным выводам высоковольтных вводов через согласующие трансформаторы, а также на напряжение $3U_0$ разомкнутого треугольника стороны ВН.

Входные цепи тока КИВ регулируются так, чтобы сумма емкостных токов трех вводов при отсутствии напряжения $3U_0$ равнялась бы нулю.

На начальной стадии повреждения ввода происходит пробой между отдельными слоями конденсаторной изоляции, эквивалентная емкость ввода на землю возрастает и увеличивается составляющая основной частоты емкостного неисправного ввода. Влияние высших гармонических составляющих в емкостном токе ввода подавляется с помощью цифрового фильтра. Выделенный из суммы токов трех фаз приращенный ток ввода сравнивается с величиной уставки двух органов («Iсигн» и «Iоткл»).

Предотвращение ложного срабатывания КИВ под действием составляющих нулевой последовательности емкостного тока вводов при замыканиях на землю в первичной сети либо при неполнофазных режимах производится путем компенсации возникающего в таких режимах небаланса током, пропорциональным напряжению $3U_0$. В случае развивающегося повреждения ввода компенсация составляющей нулевой последовательности не происходит и органы «Iсигн» и «Iоткл» срабатывают с порогом чувствительности, не зависящим от наличия составляющей нулевой последовательности в первичной сети.

При увеличении тока одного из вводов в процессе развития повреждения срабатывает орган «Iсигн» и чувствительность

избирателей становится более высокой, чем чувствительность органа «Iсигн», и срабатывание цепей сигнализации определяется только чувствительностью избирателей.

При дальнейшем увеличении тока поврежденного ввода срабатывает орган «Iоткл» и чувствительность избирателей становится более низкой, но выше чувствительности органа «Iоткл». При этом действие защиты на отключение происходит с чувствительностью, определяемой органом «Iоткл». В случае обрыва фазы ёмкостного тока происходит срабатывание органов «Iсигн» и «Iоткл», но чувствительность избирателей будет низкой, что улучшает отстройку КИВ от возникающих в этих режимах токов небаланса.

В защите предусмотрен вход от приемной цепи для загрубления органов «Iсигн» и «Iоткл» при отключении выключателя стороны ВН, если при этом отключаются цепи напряжения $3U_0$. Защиты отстройка от апериодической составляющей и высших гармоник, существует компенсация различия ёмкостей вводов, она не реагирует на изменение ёмкостных токов при внешних КЗ на землю и неполнофазных режимах, не работает ложно при обрыве цепи тока ввода одной из фаз [7].

Контрольные вопросы

1. От каких видов повреждений и ненормальных режимов предусмотрены защиты на трансформаторах?
2. Каковы принципы возникновения токов небаланса в дифференциальной защите трансформатора?
3. Как выполняются защиты от внешних КЗ и перегрузок?
4. Принцип работы газовой защиты?
5. Как выполнена защита вводов трансформатора?

4. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Электрические сети напряжением 110 кВ и выше работают в режиме с эффективно или глухозаземленной нейтралью. Поэтому любое замыкание на землю является коротким замыканием и подлежит отключению с минимально возможной выдержкой времени.

Линии высокого напряжения работают с большими токами нагрузки, что требует применения устройств релейной защиты со специальными характеристиками. Не допускается срабатывание защиты при перегрузках. Согласно нормативным документам (ПУЭ), устройства предотвращения перегрузки должны применяться в случаях, если допустимая для оборудования длительность протекания тока составляет менее 10 – 20 мин. Защита от перегрузки должна действовать на разгрузку оборудования, разрыв транзита, отключение нагрузки и только в последнюю очередь на отключение линии. На транзитных линиях, которые могут перегружаться, как правило, применяются дистанционные защиты, позволяющие эффективно отстроится от токов нагрузки. На тупиковых линиях во многих случаях можно обойтись более простыми токовыми защитами. Токовые и дистанционные защиты выполняются со ступенчатыми характеристиками. Количество ступеней не менее трех, в ряде случаев необходимо четыре или пять ступеней [6].

Задержка в отключении короткого замыкания на магистральных линиях может привести к нарушению устойчивости параллельной работы электростанций, и при этом могут произойти дополнительные повреждения оборудования. Поэтому на таких линиях применяются релейные защиты, которые отключают без выдержки времени. Это могут быть дифференциальные защиты, установленные по концам линии и связанные высокочастотным, проводниковым или оптическим каналом.

Линии высокого напряжения, как правило, имеют значительную длину, что усложняет поиски места повреждения. Поэтому линии должны оснащаться устройствами, определяющими расстояние до места повреждения (ОМП).

Согласно директивным материалам, средствами ОМП должны оснащаться линии длиной 20 км и более.

В ряде случаев, все требуемые защиты можно выполнить в составе одного комплексного устройства. Однако выход его из строя

может оставить оборудование беззащитным, что недопустимо. Поэтому защиты линий высокого напряжения целесообразно выполнять в составе двух комплектов. Второй комплект является резервным и может быть упрощен по сравнению с первым, основным: не иметь АПВ, ОМП, иметь меньшее количество ступеней и т.д. Второй комплект должен иметь другой автомат цепей оперативного тока и другой комплект трансформаторов тока. При наличии возможности, питаться от другой аккумуляторной батареи и другого трансформатора напряжения, действовать на другой соленоид отключения выключателя [11].

Устройства релейной защиты и автоматики высоковольтных линий должны учитывать возможность отказа выключателя т.е. иметь устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ), встроенное в комплекс защиты, либо организованное отдельно.

Для анализа аварии и работы релейной защиты и автоматики требуется регистрация, как аналоговых сигналов, так и дискретных величин. При аварийных событиях необходимо осциллографирование токов и напряжений, а также регистрация времени и длительности дискретных сигналов защиты и автоматики.

Линии, имеющие выключатели с пофазным управлением, должны иметь релейную защиту от неполнофазного режима, действующую на отключение своего и смежных выключателей, так как длительный неполнофазный режим в электрических сетях не допускается.

4.1. Максимальная токовая защита линий электропередачи

Максимальная токовая защита (МТЗ) – это защита по току, срабатывающая при увеличении тока в фазах ЛЭП сверх определенного значения. Селективность действия обеспечивается с помощью выдержки времени. МТЗ контролирует ток в защищаемом элементе, отстраивается от тока нагрузки. Это защита с относительной селективностью, которая не только обеспечивает отключение КЗ на своей линии, а если позволяет ее чувствительность, еще и резервирует отключение КЗ смежного участка. Выдержки времени смежных максимальных токовых защит отличаются на величину, называемую ступенью селективности. Недостатком МТЗ является то, что по мере приближения места

установки защиты к источнику питания увеличивается ее выдержка времени. Но при этом увеличивается и величина тока короткого замыкания, т.е. объем повреждения возрастает. МТЗ получила наиболее широкое распространение в радиальных сетях, в сетях 10 кВ и ниже она является основной релейной защитой линии.

4.2. Токовая защита линий электропередачи. Токовая отсечка

Она является первой ступенью токовой защиты, срабатывающей без выдержки времени (отсечка мгновенного действия). Токовая отсечка отстраивается от тока короткого замыкания в конце защищаемой линии.

Токовая защита линии выполняется многоступенчатой, без деления на токовую отсечку и максимальную токовую защиту. Количество ступеней при защите линий не менее трех, в ряде случаев необходима – четвертая или даже пятая ступень.

4.3. Направленная токовая защита линий электропередачи

Направленной токовой называется защита (НТЗ), действующая только при определенном направлении мощности короткого замыкания, т.е. имеющая специальный орган направления мощности. Защита применяется в кольцевых сетях и на линиях с двухсторонним питанием, где в большинстве случае невозможно обеспечить селективность действия обычных максимальных токовых защит. Защита широко применяется в качестве основной, на линиях напряжением до 35 кВ с двусторонним питанием или в простых кольцевых сетях с одной точкой питания. В сетях 110 – 220 кВ НТЗ применяется, в основном как резервная, если – основная, то она должна удовлетворять требованиям по чувствительности и быстродействию.

4.4. Защита линии от замыканий на землю в сети с глухозаземленной нейтралью

Для защиты ЛЭП от одно- и двухфазных коротких замыканий на землю применяется защита, реагирующая на токи и мощности нулевой последовательности (НП). Она выполнена более просто по сравнению с максимальной токовой защитой, реагирующей на полные токи фаз. Защиты нулевой последовательности выполняются в виде МТЗ НП или отсечек, как простых, так и направленных.

4.5. Защита линии от однофазных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью

В отличие от сети с глухозаземленной нейтралью, однофазное замыкание в сети с изолированной нейтралью не сопровождается появлением больших токов, поскольку ток повреждения замыкается на землю через очень большие сопротивления емкостей фаз сети. Такие защиты на линиях действуют на сигнал, тем не менее, применение этих защит целесообразно, так как место замыкания на землю нужно отыскать и устранить по возможности быстро, потому что упавший провод опасен для окружающих. Кроме того, повреждение в месте замыкания на землю развивается, и со временем может привести к короткому замыканию. В ряде случаев защита должна обязательно действовать на отключение. Это двигатели и генераторы, когда при токе замыкания на землю более 5 А, у них повреждается шихтованный магнитопровод. Существенным осложнением является то, что ток замыкания на землю имеет очень малую величину, она соизмерима с небалансом в нулевом проводе трансформаторов тока, поэтому в нулевой провод защиту от замыканий на землю не устанавливают. Для защиты от замыканий на землю используют специальные трансформаторы тока нулевой последовательности [9].

4.6. Дифференциальная защита линии

Для отключения коротких замыканий в пределах всей защищаемой линии без выдержки времени служат дифференциальные защиты, которые подразделяются на продольные и поперечные.

Принцип действия продольных дифференциальных защит основан на сравнении значения и фазы токов в начале и в конце защищаемой линии. Дифференциальная релейная защита не реагирует на внешние короткие замыкания по отношению к защищаемой ЛЭП, токи нагрузки и качания, поэтому она не должна от них отстраиваться. Она выполняется без выдержки по времени. Защита получила распространение в качестве основной защиты на ЛЭП 110 – 220 кВ, при длине до 10 – 15 км.

Поперечная дифференциальная защита применяется на параллельных линиях электропередач имеющих одинаковое сопротивление, и основана на сравнении значений и фаз токов, протекающих по обеим линиям. Равенство сопротивлений линий, в нормальном режиме (или при внешнем КЗ), обусловливает равенство токов в схеме сравнения защиты по значению и фазе.

Существуют два вида поперечных дифференциальных релейных защит: первая применяется на параллельных линиях, включенных под один общий выключатель, – это обычная, токовая, поперечная, дифференциальная защита. Вторая – на параллельных линиях электропередачи с самостоятельными выключателями – это направленная, поперечная, дифференциальная защита. Защита применяется в сетях 110 – 220 кВ как дополнительная к основной быстродействующей защите. В сетях 6 – 10 кВ эта защита может быть использована как основная.

4.7. Дистанционная защита линий электропередачи

Это сложные направленные или ненаправленные защиты с относительной селективностью, выполненные с использованием минимальных реле сопротивления, реагирующих на сопротивление линии до места короткого замыкания, которое пропорционально расстоянию, т.е. дистанции. Дистанционные защиты реагируют на междуфазные КЗ. Для их правильной работы необходимо наличие

цепей тока от трансформаторов тока присоединения и цепей напряжения от трансформатора напряжения. При отсутствии или неисправности цепей напряжения возможна излишняя работа ДЗ при КЗ на смежных участках.

В сетях сложной конфигурации с несколькими источниками питания простые и направленные МТЗ не могут обеспечить селективного отключения КЗ. Селективное отключение КЗ в сложных кольцевых сетях может быть обеспечено лишь с помощью дистанционной защиты (ДЗ).

Дистанционные защиты, выполняются ступенчатыми, количество ступеней не менее трех, в ряде случаев бывает необходимо четыре, или даже пять ступеней.

4.8. Высокочастотная защита линий электропередачи

Высокочастотные релейные защиты являются быстродействующими, предназначаются для ВЛ 110 – 500 кВ и линий сверхвысокого напряжения. Они применяются для селективного отключения линии при КЗ в любой ее точке с целью обеспечения устойчивости параллельной работы электрических станций и энергосистем в целом. ВЧЗ состоит из двух полукомплектов, устанавливаемых по концам защищаемой ЛЭП, между которыми обеспечивается связь посредством сигналов высокой частоты. Так же, как и дифференциальная защита, ВЧЗ отключает выключатели без выдержки времени. Применяются три вида ВЧ защит: первая защита – это направленная защита с высокочастотной блокировкой, основанная на сравнении направления знаков мощности по концам защищаемой ЛЭП; вторая – дифференциально-фазная защита (ДФЗ), основанная на сравнении фаз токов КЗ по концам ЛЭП; третий вид – это комбинированная защита (направленная защита и дифференциально-фазная защита), сочетающие оба принципа. Перечисленные ВЧ защиты состоят из двух частей – релейной и высокочастотной. Они являются основными защитами линии с абсолютной селективностью, обеспечивающими мгновенное и двустороннее отключение КЗ в пределах всей ЛЭП [13].

Существует возможность уменьшения уставки времени срабатывания отдельной ступени защиты (ускорение) или зоны срабатывания по высокочастотному сигналу с противоположного конца линии. Уставка первой зоны дистанционной защиты, обычно, устанавливается ниже 100% длины линии, вследствие необходимости отстройки этой зоны от КЗ на соседней линии. Обмен информацией между защитами, установленными по концам линии, о действии отдельных защитных функций позволяет быстродействующее отключение КЗ на всей линии. Есть защиты на основе контроля приема отключающих сигналов и защиты на основе обмена разрешающими (блокирующими) сигналами.

4.9. Защиты сборных шин распредительных устройств высокого напряжения подстанций, электростанций

Для защиты от повреждений при коротких замыканиях на шинах предусматриваются специальные защиты шин: токовые, токовые направленные, дистанционные и дифференциальные. Наиболее часто используются дифференциальные защиты. Они обязательны для шин 110 кВ и выше, но применяются и для шин 35 кВ ответственных подстанций. Дифференциальная защита шин 6 – 10 кВ предусматривается на электрических станциях с генераторами мощностью больше 12 МВт. Защита таких шин выполняется по упрощенным схемам.

Дифференциальная релейная защита шин (ДЗШ) основывается на том же принципе, что и дифференциальная защита трансформаторов, т.е. на сравнении значений и фаз токов, приходящих к защищаемому элементу (сборным шинам подстанции) и уходящих от него. Для измерительного органа ДЗШ на всех присоединениях устанавливаются трансформаторы тока с одинаковым коэффициентом трансформации, независимо от мощности присоединения.

4.10. Логическая защита шин (ЛЗШ)

Ячейки комплектных распределительных устройств снабжаются специальными устройствами защиты – это устройства дуговой защиты шин. Они бывают клапанные или световые и устанавливаются в ячейки заводом изготовителем. Сегодня широко распространены устройства дуговой защиты на фотоэлементах (фототиристорах). Логическая защита шин типа ПД-01 с волоконно-оптическим датчиком является устройством дуговой защиты. Оно предназначено для ускоренного отключения выключателя шкафа комплектных распределительных устройств 6 – 10 кВ при возникновении электрического дугового замыкания. Воздействие на вводные и секционные выключатели осуществляется совместно с запретом сигналов автоматики повторного включения и автоматики включения источника резервного питания. Блокировка и принцип действия устройства ПД-01 основан на наличии и одновременном воздействии двух внешних факторов:

1) воздействие светового потока, возникающего при появлении электрической дуги, вызванной токами замыкания внутри защищаемого объекта;

2) понижение питающего напряжения до значения 0,5 Uном.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные и резервные защиты линий.
2. Каково назначение ступеней в токовой, дистанционной и земляной защите?
3. Какие защиты линий могут сработать в режиме качаний?
4. Почему применяют два пусковых органа с разной чувствительностью на дифференциально-фазной защите?
5. Из каких элементов состоит высокочастотный канал, их назначение?

5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕГИСТРАЦИИ АВАРИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭНЕРГООБЪЕКТАХ

Развитие цифровой вычислительной техники постепенно вытесняет аналоговые регистрирующие устройства. На энергообъектах появились принципиально новые средства на базе микропроцессорных устройств. Они предназначены для решения конкретных задач: релейная защита, автоматика, управление, сигнализация и фиксация информации о доаварийных, аварийных событиях, которая может быть использована для решения задач послеаварийных ситуаций. Подобного рода системы существуют как в нашей стране, так и за рубежом. В наших энергосистемах это оперативные информационно-управляющие комплексы (ОИУК), в зарубежных – системы SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – системы диспетчерского управления и сбора данных). Это системы сбора информации, работающие в реальном времени с удаленным терминалом. Отличие SCADA систем в значительно большей информационной обеспеченности, как по количеству сигналов, так и по качеству их регистрации. Как ОИУК, так и SCADA в первую очередь являются информационно-обеспечивающими системами, т.е. хорошо отображающими информацию для ее обработки с целью получения определенных заключений о ситуации (прежде всего аварийной). Примерами отечественных цифровых систем регистрации информации являются аварийные регистраторы «Аура», «Нева», «Парма», «БРИЗ», «Черный ящик» фирмы «ГОСАН». Регистратор аварийных процессов является одним из элементов автоматизированных систем контроля и управления энергообъектами и на него возлагаются следующие основные функции:

1. Измерение значений непрерывных (аналоговых) параметров контролируемой энергосистемы, электрической сети (время, ток, напряжение и т.п.).

2. Контроль положения коммутационных аппаратов энергообъекта (выключателей, отделителей, т.п.).

3. Обнаружение аварийных и предаварийных событий на энергообъекте по отклонению (выходу) значений контролируемых параметров за пределы допустимых диапазонов, а также по соответствующему изменению положения коммутационных аппаратов.

4. Оперативное доведение информации об обнаруженных аварийных событиях и отклонениях до технологических систем и обслуживающего оперативного персонала энергообъекта.

5. Сохранение и накопление (регистрация) информации об аварийных событиях с последующей передачей в адрес верхнего уровня АСУ ТП для дальнейшего анализа и обработки.

Применение интеллектуальных программных комплексов для анализа аварийных процессов позволяет оперативно и объективно оценивать аварийные ситуации, а также анализировать целесообразность принятых технических решений, как при переходе в послеаварийный режим, так и при проектировании. Есть возможность оценивать правильность действия релейной защиты или использовать данные анализа для моделирования процессов на энергообъектах. При исследовании аварийных процессов, с помощью цифровых регистраторов, приходится обрабатывать большое количество данных. Возникает необходимость создания информационной базы данных для ведения архива, где ведется учет повреждений элементов электрических сетей и систематизации информации о технологических нарушениях. На основе имеющейся в базе информации можно анализировать состояние линий, уточнять анализ сложившихся случаев аварий с переходящими процессами из одного типа нарушений в другой [25].

Применяемые в энергосистемах методы, устройства и приборы для определения мест повреждений (ОМП) подразделяются на две основные группы: дистанционные, позволяющие определять с подстанций расстояние до места повреждения, и топографические, позволяющие непосредственно на месте определять участок или само место повреждения [27].

Классификация методов ОМП, устройств и приборов упрощенно представлена следующим образом на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Классификация методов ОМП

5.1. "Черный ящик" фирмы ГОСАН

Информационно-измерительный и управляющий комплекс "Черный ящик 2000" представляет собой регистратор, предназначенный для использования на объектах энергетики и позволяющий решать следующие задачи:

- регистрация аварийных процессов, т.е. цифровое осциллографирование сигналов и событий;

- телемеханика: телеизмерения, телесигнализация, телеуправление;

- контроль и учет потребления электроэнергии, контроль качества электрической энергии (работа в составе АСКУЭ);

- регистрация работы устройств релейная защита и автоматика.

Все перечисленные задачи могут решаться независимо друг от друга. Аппаратура комплекса представляет собой распределенное УСО (устройство сопряжения с объектом) состоящее из отдельных модулей: Базовых информационных модулей (БИМ) или регистраторов. Модули объединяются между собой специализированной локальной вычислительной сетью (СЛВС) с архитектурой «общая шина». Сетью управляет контроллер, устанавливаемый в компьютере, называемом сервером комплекса. Сервер комплекса, в свою очередь, может входить в состав ЛВС предприятия или работать автономно, обеспечивая удаленный доступ по коммутируемым телефонным линиям или другим каналам связи. Начиная с уровня сервера комплекса, программное обеспечение "Черный ящик 2000" работает под управлением операционных систем типа Windows 95/98/NT. Программное обеспечение комплекса строится по модульному принципу в рамках архитектуры клиент-сервер и ориентировано на работу, как в локальных, так и в глобальных сетях. Каждой функции комплекса «Черный ящик» соответствует программа, выполняемая на сервере «Черный ящик» или дополнительном персональном компьютере. Для управления серверами и анализа поступающих с них данных, имеется набор «программ-клиентов», для выполнения вспомогательных действий и преобразований данных – набор «программ-утилит».

Различают две основные схемы работы комплекса: для удаленных объектов и непосредственно в составе ЛВС предприятия. В этих схемах участвуют четыре конфигурации компьютеров:

• Сервер устройств «Черный ящик» – это специализированный необслуживаемый ПК. Он содержит контроллер с ЛВС и занимается сбором, первичной обработкой, хранением и передачей информации на другие уровни.

• Сервер удаленного доступа – это выделенный отдельный компьютер в составе ЛВС предприятия, обслуживающий модемную связь (или другой вид удаленной связи) с одним или несколькими серверами устройств «Черный ящик» (или другими серверами удаленного доступа). Он хранит и разделяет в сети информацию, поступающую от удаленных объектов, а также позволяет оператору управлять их работой.

• Рабочая станция администратора комплекса – это компьютер, имеющий в ЛВС предприятия доступ к жесткому диску сервера (1-го или 2-го типа), с правом изменять конфигурацию всех элементов комплекса и управлять запросами.

• Рабочие станции пользователей – это любые ПК, подключенные к ЛВС и использующие «программы-клиенты» комплекса. В некоторых конфигурациях функции серверов 1-го и 2-го типа, а также функции сервера и рабочей станции могут быть совмещены в одном компьютере.

На стороне подстанции устанавливается сервер устройств, работающий в автономном режиме или в сочетании с компьютером пользователя. На сервере запущены задачи управления сетью регистраторов, регистрации аварий, ведения телеизмерений и удаленного доступа по модему. Пользователь местного компьютера, подключенного к серверу по локальной сети, имеет возможность просматривать зарегистрированные аварии, архивы телеизмерений, текущие измерения и форму сигналов на входах регистраторов.

На стороне центральной службы, роль сервера комплекса берет на себя сервер удаленного доступа. Аварии, архивы телеизмерений и прочая информация, поступающая от удаленных объектов, хранится на жестком диске сервера и доступна всем потребителям в сети через протокол TCP/IP. Для возможности управления комплексом, жесткий диск сервера разделен в сети с паролем известным только администратору. Администратор комплекса, используя прямой доступ к диску сервера, имеет возможность управлять удаленными запросами, менять уставки и конфигурацию удаленных серверов или самого сервера удаленного доступа, управлять архивами аварий и телеизмерений.

Для управления комплексом «Черный ящик 2000» в сети имеется рабочая станция хозяина комплекса, имеющая непосредственный доступ к жесткому диску сервера (или нескольких серверов). С нее можно менять конфигурацию, настраивать уставки, управлять архивами измерений и аварий, а также другими задачами.

Пользователи остальных рабочих станций с помощью программ bbview и afview имеют возможность просматривать и анализировать аварийные записи и архивы телеизмерений, а также наблюдать форму текущих сигналов на входах регистраторов и результаты телеизмерений в реальном времени. Обычно ЛВС предприятия

подключается к глобальным сетям типа Internet не непосредственно, а через специальные фильтры firewalls или proxy. Это делается как из соображений безопасности, так и для управления правами доступа различных групп пользователей. Учитывая, что программы комплекса "Черный ящик 2000" используют передачу данных поверх протокола TCP/IP и работают с портами номер 9134-9139 то им можно разрешать работу через firewalls, не опасаясь нарушения безопасности локальной сети. Все элементы комплекса предназначены для круглосуточной работы и имеют механизмы защиты от сбоев и восстановления работоспособности. Все программы серверной и пользовательских частей умеют восстанавливать соединения при временной потери связи в ЛВС или по модему. Основные программы комплекса, работающие в автономном режиме, ведут циклические журналы работы, позволяющие разобраться при возникновении сбоев и нештатных ситуаций [26].

5.2. Автоматические устройства регистрации аварийных нарушений «АУРА» и «АУРА М»

Автоматические устройства регистрации аварийных нарушений «АУРА» и «АУРА М» Екатеринбургского предприятия «Свей» предназначены для измерений и регистрации аналоговых и дискретных электрических величин, текущего параметрического контроля электрической части объектов, хранения и передачи информации на вышестоящие уровни. Структура устройства соответствует традиционной для цифровых измерительных систем схеме, используются индивидуальные нормализирующие преобразователи, соединенные со своими датчиками. Входной переключатель аналоговых сигналов и АЦП связаны с устройством обработки данных. Основная концепция построения устройств «АУРА» – скорость записи информации на накопитель должна быть выше скорости поступления оцифрованной входной информации. По известной скорости записи применяемого накопителя и необходимой частоте сканирования вычисляется количество аналоговых каналов, или по необходимому числу каналов вычисляется максимальная частота сканирования.

5.3. Цифровой регистратор аварийных процессов «ЦРАП-97Р»

Цифровой регистратор аварийных процессов «ЦРАП-97Р» Санкт-Петербургского предприятия «ПАРМА» предназначен для регистрации и последующего анализа напряжений, токов, сигналов срабатывания устройств РЗА в распределительных устройствах станций и сетей при аварийных или нормальных режимах работы. Регистратор имеет возможность работы в системе АСУ ТП, определения место повреждения на ВЛ, возможность проверки функционирования устройств РЗА путем воспроизведения аварийного процесса с помощью проверочных программируемых комплектов.

Комплекс ЦАРП состоит из блока регистрации (БР-97Р) и устройства преобразования (ПУ-16/32), количество которых определяется числом регистрируемых сигналов. Конструкция ПУ-16/32 рассчитана на установку до 16 модулей, соответствующих типам и величинам входных сигналов. В состав волоконно-оптического канала входит небольшой длины гибкий кабель типа «Patchcord», которым соединяются в пределах панели функциональные блоки.

Контрольные вопросы

1. Какие функции возложены на регистраторы аварийных процессов?
2. Чем продиктована необходимость информационной базы данных?
3. Как работают дистанционные и топографические определители мест повреждений?
4. Что предоставляет собой комплекс «Чёрный ящик» фирмы ГОСАН?
5. Каково соотношение скорости поступления оцифрованной входной информации и скорости записи информации?

6. СОВРЕМЕННАЯ ЗАПАДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ УСТРОЙСТВ РЗА

Специальный стандарт ANSI/IEEE (American National Standards Institute/ Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, USA) определяет обозначения и нумерацию функций отдельных элементов электрической сети, в том числе и основных функций релейной защиты и автоматики в виде «кодов ANSI» [4].

Обозначения отдельных распространённых функций комплектов защит и автоматики приведены в табл. 6.1.

Коды ANSI применяемые для обозначения защитных функций реализуемых устройствами РЗА.

Таблица 6.1

Обозначения отдельных, распространённых функций комплектов защит и автоматики

№	Наименование	Сокращённое обозначение	Код ANSI	Характеристики
1	2	3	4	5
1	Защита от повышения частоты вращения	w >	12	контроль частоты вращения
2	Фиксация заторможенного ротора		14	контроль состояния ротора
3	Дистанционная защита от междуфазных замыканий	Z<	21 (21P)	контроль комплексного сопротивления
4	Дистанционная защита от замыканий на землю	Z<	21N (21G)	контроль комплексного сопротивления
5	Защита от перевозбуждения	U/F >	24	контроль U/F параметра
6	Устройство контроля синхронизма	КС	25	контроль напряжения, частоты, угла сдвига фаз
7	Защита минимального напряжения (однофазная)	U <	27 (27R)	контроль напряжения
8	Защита от минимального напряжения 3-й гармоники	U(150) <	27TN/64G2	контроль напряжения 3-й гармоники

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5
9	Частотнозависимая защита напряжения	U(F)	27/59/81	контроль напряжения при изменении частоты
10	Сигнализация		30	
11	Направленная защита по мощности	P	32L	контроль направления мощности
12	Контроль мощности в прямом направлении	P	32F	контроль направления мощности
13	Направленная максимальная защита активной мощности	P	32P	контроль направления мощности
14	Направленная максимальная защита реактивной мощности	Q	32Q	контроль направления мощности
15	Защита, реагирующая на реверс мощности	$P_{обр}$	32R	контроль направления мощности
16	Минимальная токовая защита (защита от снижения тока нагрузки/мощности)	I<, t	37	контроль значения и длительности протекания тока
17	Направленная минимальная защита активной мощности	P	37P	контроль величины активной мощности
18	Защита от перегрева оборудования путём измерения температуры с помощью термометров сопротивления	Θ	38/49T	контроль температуры
19	Защита от потери возбуждения	Φ<	40	контроль тока в цепи возбуждения
20	Токовая защита обратной последовательности	I_2>, t	46	контроль тока и длительности
21	Защита по напряжению обратной последовательности	U_2	47	контроль напряжения и длительности режима
22	**Контроль исправности цепей напряжения**	--	47	контроль соотношений между несколькими напряжениями

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5
23	Защита от пусковых режимов (защита от неполнофазного режима)	I, t	48	контроль значения и длительности протекания тока
24	Защита от тепловой перегрузки	Θ	49	контроль температуры
25	Тепловая защита кабеля		49MS	контроль температуры
26	Защита ротора от перегрузок с преобразователем тока ротора	≡IP	49R	контроль температуры
27	Защита статора от тепловой перегрузки		49S	контроль температуры
28	Токовая отсечка от междуфазных КЗ	I >	50	контроль значения тока
29	УРОВ, по токовым цепям		50BF	фиксация неотключения выключателя
30	Токовая защита от однофазных замыканий на землю	I_0 >	50N	контроль значения тока
31	Токовая защита статора от замыкания на землю	I_0 >	50NS	контроль значения тока
32	Токовая защита ротора от замыкания на землю	I_0 >	50NR	контроль значения тока
33	Токовая защита с выдержкой времени	I >, t	51	контроль значения и длительности тока
34	Токовая защита от однофазных замыкания на землю с выдержкой времени	I_0 >, t	51N	контроль значения и длительности тока
35	Токовая защита с выдержкой времени статора от замыкания на землю	I_0 > t	51NG	контроль значения и длительности тока
36	Защита от не до возбуждения		53	контроль по цепям возбуждения
37	Защита по показателю мощности (защита от выпадения из синхронизма)	cosφ	55	контроль показателя мощности

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5
38	Защита от повышения напряжения	$U_G >$	59	контроль напряжения
39	Защита по напряжению нулевой последовательности	$U_0 >$	59N	контроль напряжения разомкнутого треугольника
40	Устройство контроля исправности цепей генератора		60G	контроль целостности цепей напряжения
41	Устройство контроля исправности цепей переменного тока трансформатора		60T	контроль целостности токовых цепей
42	Контроль TA/ TV		60 FL	контроль исправности измерительных трансформаторов
43	Защита от замыкания на землю с контролем по напряжению	$U_E >$, t	64	контроль напряжения и длительности
44	Защита от замыкания на землю обмотки статора генератора	$U_E >$, t	64S	контроль напряжения и длительности
45	Защита в цепи заземления нейтрали		64 REF	контроль напряжения и длительности
46	Ограничение числа пусков оборудования (времени между пусками)		66	контроль числа пусков и времени
47	Токовая направленная защита		67	контроль тока и направления мощности
48	Токовая направленная защита от замыканий на землю		67N	контроль тока и направления мощности

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5
49	Токовая направленная защита от замыканий на землю обмотки статора		67NG	контроль тока и направления мощности
50	Логическая селективность (МТЗ с отстройкой от броска тока намагничивания тр-ра)		68	
51	Защита от асинхронного режима, потери синхронизма		68/78	
52	Блокировка включения		69	
53	Контроль цепей отключения выключателя		74TC	
54	Защита от асинхронного режима		78	контроль развития качаний в ЭС
55	Автоматическое повторное включение		79	контроль работы УРЗА и состояния выключателя
56	Защита от изменения частоты	f	81	контроль частоты
57	Защита минимальной частоты	f	81L	контроль частоты
58	Защита максимальной частоты	f	81H	контроль частоты
59	Защита от перевозбуждения генератора с моделированием тепловой характеристики	f	81R	контроль скорости изменения частоты
60	Частотная защита с контролем по цепям напряжения	f	81V	контроль частоты и напряжения
61	Логика приёма / передачи информации		85	контроль телесигналов
62	Защита от пусковых режимов двигателя (фиксация срабатывания выходных реле)		86	фиксация отключения от выходных реле защиты
63	Продольная дифференциальная защита линии (с проводными каналами)		87	контроль геометрической суммы токов
64	Дифференциальная защита линии с цифровыми (оптоволоконными каналами)	ΔI	87L	контроль геометрической суммы токов

Окончание табл. 6.1

1	2	3	4	5
65	Дифференциальная продольная защита генератора	ΔIG	87G	контроль геометрической суммы токов
66	Дифференциальная защита от замыканий на землю (сравнение токов НП)	ΔI0	87N	контроль геометрической суммы токов
67	Дифференциальная защита шин	ΔI	87B	контроль геометрической суммы токов
68	Управление выключателем (контактором)		94/69	
69	Защита от частичного пробоя изоляции высоковольтных вводов трансформаторов	КИВ	98	контроль тока утечки в изоляции

Для описания комбинированных устройств защит (комплексов) составляется новый код, объединением существующих, например:

50/51 – Трехфазная ненаправленная МТЗ.

50N/51N – Трехфазная ненаправленная ЗНЗ.

50DD – Детектор дефекта.

67/50/51 – Направленная/ ненаправленная МТЗ.

51V – МТЗ с контролем напряжения.

51FF – МТЗ с характеристикой «плавкого предохранителя».

27/59/81 – Частотнозависимая защита генератора по напряжению.

27X – Дополнительная защита от снижения напряжения.

50/87 – Дифференциальная защита трансформатора.

48/51LR/14 – Защита ротора от затяжного пуска.

87PC – Дифференциально-фазная защита линий.

VTS – Контроль цепей напряжения.

VTFF – Обрыв одной фазы.

CTS – Контроль цепей тока.

TCS – Контроль цепей отключения.

3I MCS – Контроль входных цепей тока.

DREC – Запись аварийных событий.

CBFP – УРОВ.

На рис. 6.1 представлен пример размещения защит генератора при использовании блоков серии MiCOM P241 фирмы "AREVA".

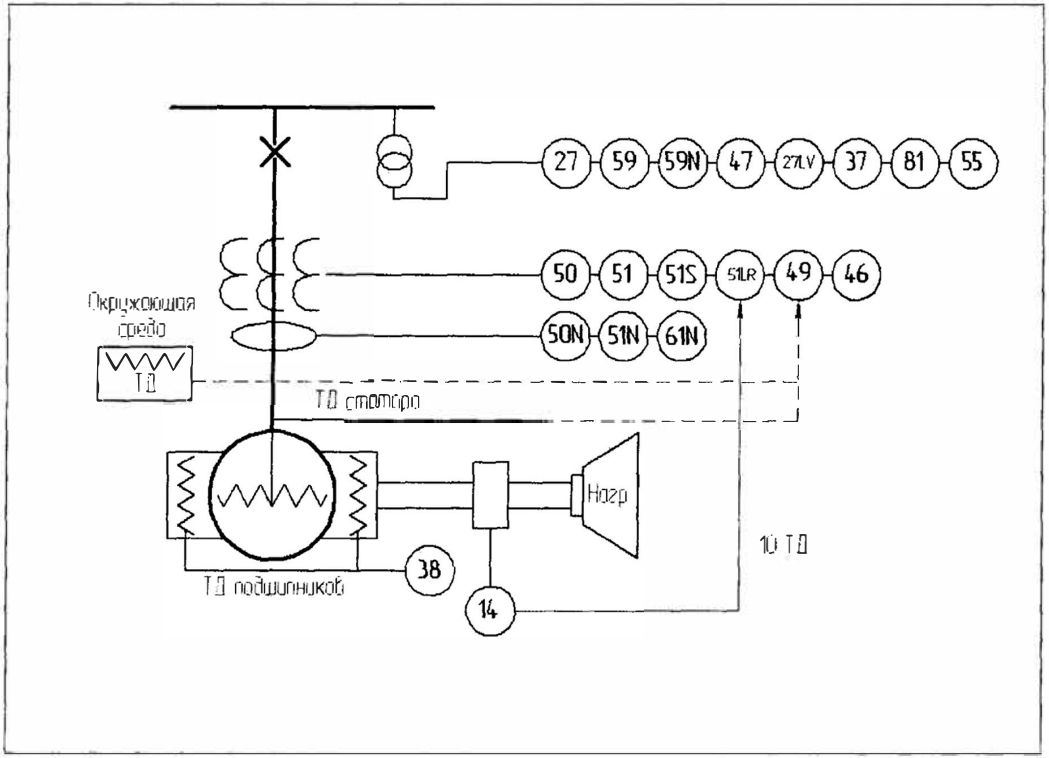

Рис. 6.1. Защита генератора.

Контрольные вопросы

1. Показать размещение защиты электродвигателя с использованием кодов ANSI.
2. Показать размещение защиты трансформатора с использованием кодов ANSI.
3. Показать размещение защиты воздушной линии с использованием кодов ANSI.
4. Показать размещение защиты кабельной линии с использованием кодов ANSI.
5. Показать размещение защиты системы шин с использованием кодов ANSI.

7. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

7.1. Научно-производственное предприятие «ЭКРА»

Научно-производственное предприятие «ЭКРА» было создано в 1991 году. Основу предприятия составили специалисты отдела релестроения Всесоюзного научно-исследовательского института (ВНИИР). Сегодня НПП «ЭКРА» – передовое российское предприятие, которое может предложить заказчикам собственные разработки микропроцессорных устройств защиты элементов подстанций, трансформаторов, генераторов и блоков генератор-трансформатор электрических станций любой мощности [12].

Предприятие выпускает на базе собственного программного обеспечения следующие микропроцессорные устройства защиты и автоматики:

- шкафы серии ШЭ2710 для защиты подстанционного оборудования объектов высокого напряжения 330-750 кВ;
- шкафы серии ШЭ2607 для защиты подстанционного оборудования объектов высокого напряжения 110-220 кВ;
- терминалы серии БЭ2502 для защиты оборудования напряжением 6-35 кВ;
- шкафы ШЭ1110 - ШЭ1113 для защиты оборудования электростанций [17].

Комплекс защит выполняется в виде двух взаиморезервируемых автономных систем защит. Для их установки должны быть предусмотрены индивидуальные измерительные трансформаторы, отдельные цепи постоянного оперативного тока и отдельные цепи воздействия во внешние схемы.

Все шкафы имеют дополнительные возможности:

- встроенный аварийный осциллограф;
- встроенный регистратор событий;
- развитая система самодиагностики;
- мониторинг текущих значений токов, напряжений, мощности и частоты;
- организацию локальной сети и интеграцию в АСУ ТП.

Номенклатура изделий, услуг и технических решений постоянно расширяется.

В 2005 году на предприятии был создан отдел низковольтных комплектных устройств (НКУ), реализующих типовые и нетиповые схемы вторичной коммутации. По этой программе, весь комплекс оборудования поставляется в однотипных шкафах, что создает современный вид рядов шкафов в распредительных устройствах. Отдел НКУ выпускает также щиты постоянного тока и щиты собственных нужд 0,4 кВ, что позволяет осуществлять комплексные поставки оборудования на объект [16].

В 2006 году начал работу отдел электропривода и номенклатуру изделий НПП «ЭКРА» дополнили системы плавного пуска электродвигателей напряжением 3, 6,10 кВ нового поколения. В этом же году был организован и проектный отдел, с задачами – разработка проектов с использованием продукции предприятия и экспертиза проектов, выполненных другими проектными организациями [14].

Таблица 7.1

Тип шкафа	ШЭ 1110	ШЭ 1110 М			ШЭ 1111 (ШЭ 1112)			ШЭ 1113	
	Г	Г	ТБ	ТСН	Г	ТБ	ТСН	Г	ТБ
ЗАЩИТА									
Защита от ЗНЗ обмотки статора генератора, работающего в блоке		+			+			+	
Защита от ЗНЗ обмотки статора генератора, работающего на сборные шины								+	
Продольная токовая ДЗ	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поперечная токовая ДЗ генератора									
Защита от повышения напряжения генератора	+	+			+			+	
Защита от понижения напряжения генератора	+	+			+			+	
Защита от потери возбуждения генератора	+	+			+			+	
Защита генератора от асинхронного режима: с потерей возбуждения									
Защита генератора от асинхронного режима: без потери возбуждения									
Защита генератора от несимметричных перегрузок и КЗ		+			+			+	
Защита генератора от симметричных перегрузок		+			+			+	
Защита обмотки ротора генератора от перегрузок		+			+			+	
Защита ротора генератора от ЗНЗ		+			+			+	
Защита от изменения частоты генератора		+			+			+	
Защита обратной (активной) мощности	+	+			+			+	
Дифференциальная токовая защита трансформатора									
МТЗ			+	+		+	+		+
Защита от перевозбуждения									
Резервная дистанционная защита от междуфазных повреждений	+	+			+			+	

Продолжение табл. 7.1

Резервная защита нулевой последовательности от ЗНЗ	+		+			+			+
Направленная токовая защита нулевой последовательности									
Направленная токовая защита обратной последовательности									
Газовая защита трансформатора (ГЗ)			+			+			+
ГЗ ТСН				+			+		
ГЗ РПН				+			+		
Защита от частичного пробоя изоляции высоковольтных вводов (КИВ)									
АВТОМАТИКА									
УРОВ генератора	+	+			+			+	
Устройство контроля синхронизма (КС)	+	+			+			+	
Устройство контроля исправности цепей напряжения переменного тока (КИН)		+			+			+	
ПИТАНИЕ (постоянное, переменное)	постоянное								
Дополнительно	Другие защиты по желанию заказчика								

6-35 кВ / **На базе терминала БЭ2502**	линии и выкл-ли				TV	РПН	СД, АД	
ЗАЩИТА	БЭ2502А 01Х	БЭ2502В 01Х	БЭ2502А 02Х	БЭ2502А 03Х	БЭ2502А 04Х	БЭ2502А 0501	БЭ2502А 07ХХ	БЭ2502В 07ХХ
МТЗ с пуском по напряжению (направлен/ненаправленная)	3ст/3ст	-/3ст	-/3ст	3ст/3ст			3ст/3ст	3ст/3ст
Ускорение МТЗ	+	+	+	+			+	+

Продолжение табл. 7.1

Автоматическое загрубление уставок МТЗ	+	+	+	+			+	+
Защита от перегрузки двигателя (тепловая модель)							+	+
Защита от потери нагрузки							+	+
Защита от однофазных ЗНЗ (направлен/ненаправленная)	2ст/2ст	-/2ст					1ст/1ст	-/1ст
Защита от однофазных ЗНЗ по напряжениям НП	2ст			+	+		1ст	
Защита минимального напряжения (ЗМН)	+			+	3ст		+	+
Защита от несимметричного режима (ЗНР)	+	+	+	+			+	+
Защита от повышения напряжения (ЗПН)					+			
ЛЗШ			+	+				
Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ)	+	+	+	+			+	+
АВТОМАТИКА								
УРОВ	+	+	+	+			+	+
АПВ	2ст	2ст		1ст			1ст	1ст
АЧР с контролем скорости изменения частоты					2 очереди			
выполнение команд АЧР, ЧАПВ и ПАА	+	+			+		+	+
АВР			+	+				
АУВ	+	+	+	+			+	+
контроль исправности TV	+	+	+		+		+	+
автоматика регулирующая напряжение с коррекцией по току нагрузки						+		
ПИТАНИЕ (постоянное, переменное)	постоянное							

Продолжение табл. 7.1

110-220 кВ	линии и выключатели											
На базе терминала БЭ2704	основные					резервные						
модификации	082-084	085-087	091	031	032	011 (012)	016	021	013 (014)	015	022	019
ЗАЩИТА												
ДФЗ	+	+										
ДЗ		5 ст	+			3 ст	3 ст	3 ст	3 ст		3 ст	
ВЧ				+	+							
ТНЗНП		4 ст	+			4 ст	4 ст	4 ст	4 ст		4 ст	
ДЗТ												
ДЗШ с торможением												
ДЗО												
МТЗ										2 ст		
ТЗНП										3 ст		
ЗНФ И ЗНФР						+	+		+	+		+
ЛЗШ												
ЗП												
ЗМН												
ТО		+	+			+	+	+	+		+	

Продолжение табл. 7.1

АВТОМАТИКА												
АУВ						+	+		+	+		+
АПВ						+	+		+	+		+
АРПТ			+				+	+			+	
УРОВ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
АО												
ПИТАНИЕ (пост, переменный ток)	постоянное											
ТЕЛЕОТКЛЮЧЕНИЕ И ТЕЛЕУСКОРЕНИЕ							+	+			+	
блокировка при качаниях		+	+									

Продолжение табл. 7.1

110-220 кВ	Т		АТ				ошиновка	шины	
На базе терминала БЭ2704	основные	резервные	основные		резервные				
	041	073	042	043	071	072	051	061	062
ЗАЩИТА									
ДФЗ									
ДЗ					4ст	4ст			
ВЧ									
ТНЗНП					5ст				
ДЗТ	+		+						
ДЗШ с торможением								+	+
ДЗО				+			+		
МТЗ	+	+	+	+	+	+			
ТЗНП	+	+			+	+			
ЗНФ И ЗНФР		+			+				
ЛЗШ				+					
ЗП	+		+						
ЗМН				+					
ТО					+	+			
АВТОМАТИКА									
АУВ		+			+				
АПВ		+			+		+	+	
АРПТ					+	+			
УРОВ	+	+	+		+		+	+	
АО	+		+						

Продолжение табл. 7.1

330-750 кВ	линии			вык-ли		АТ, ШР и КР								шины	
На базе терминала БЭ2704	основные		резервные			основные					резервные				
модификации	521	582	521	511	512	541 (ШР)	542 (АТ)	543 (АТ)	544 (АТ)	546 (КР)	572	071	072	561	562
ЗАЩИТА															
ДФЗ		+													
ДЗ	3 ст		3 ст							+	4ст	4ст	4ст		
ВЧ		+													
ДЗЛ продольная с торможением		+				+	+	+	+	+				+	+
ДЗЛ поперечная с торможением						+									
ДЗТ						+	+								
ДЗШ с торможением														+	+
ДЗО НН								+	+						
МТЗ	+		+			+	+	+	+		+	+	+		
ГЗ						+			+	+					
ТЗНП						+									
ТНЗНП	4 ст		4 ст								5ст	5ст	5ст		
ЗНФ И ЗНФР			+									+			
ЛЗ (ЛЗШ)							+	+	+						
ЗП						+	+			+					
ЗМН								+	+						
ТО	+		+									+	+		
КИВ ВН ЛВ						+	+								

Окончание табл. 7.1

АВТОМАТИКА																
АУВ				+	+					+						
АПВ												+				
ТАПВ				+	+											
УТАПВ				+												
ОАПВ	+	+														
АРПТ											+	+	+			
УРОВ				+	+	+	+			+		+				
ПИТАНИЕ (пост, переменный ток)	постоянное															
ТЕЛЕОТКЛЮЧЕНИЕ И ТЕЛЕУСКОРЕНИЕ	+		+													

7.2. Научно-технический центр "Механотроника"

Санкт-Петербургский научно-технический центр (НТЦ) «Механотроника» было создано в 1990 году. Основными видами деятельности предприятия в то время были разработка систем числового программного управления технологическим оборудованием, автоматических систем управления и другого электронного оборудования.

В 1994 году НТЦ «Механотроника» первым в России начинает разрабатывать, а с 1997 года и выпускать российские микропроцессорные устройства релейной защиты типа БМРЗ. В настоящее время основное направление деятельности – разработка и производство цифровых устройств релейной защиты, АСУ и сопутствующего оборудования для сетей напряжением от 0,4 до 220 кВ [10].

Обеспечение качества выпускаемой продукции является приоритетным направлением деятельности предприятия. Испытательная база НТЦ «Механотроника» оснащена современным оборудованием. Процессы проектирования и производства сертифицированы на соответствие системе менеджмента качества ISO 9001. В устройствах используется электронные компоненты только ведущих мировых производителей. Несмотря на это, все комплектующие изделия проходят 100% входной контроль, ведется пооперационный контроль узлов и модулей. Все изготовленные изделия проходят 100-часовой технологический прогон при повышенной температуре.

Серийный выпуск и промышленная эксплуатация микропроцессорных защит БМРЗ начался в 1997 г. Потребителями цифровых устройств БМРЗ производства являются: энергосистемы РАО "ЕЭС России", тепловые и атомные электростанции, сетевые предприятия, газокомпрессорные станции, предприятия по добыче, транспортировке и переработке нефти, тяговые подстанции железных дорог метрополитена, насосные станции водоканала, крупные промышленные предприятия.

Достоинством БМРЗ является их разработка в соответствии с требованиями Российских нормативных документов, использование идеологии и терминологии, принятой в России для построения систем РЗА.

Аппаратная конфигурация и набор функций для каждого блока определяется заказчиком при заполнении карты заказа. При этом могут быть заказаны и оригинальные функции автоматики и сигнализации, отличные от типовых проектных решений.

К недостаткам БМРЗ следует отнести большое количество узкоориентированных, специальных модификаций. Каждый такой блок имеет индивидуальную логику работы защиты, функциональный набор каждого блока определяет завод изготовитель. В результате только БМРЗ серии ВВ для вводного выключателя существует более 10 модификаций, в функциональных возможностях которых или отличительных характеристиках ориентироваться достаточно трудно. Блоки БМРЗ имеют возможность фиксированного изменения логики работы защит путем управления программными ключами. Это предоставляет возможность индивидуализации блоков к конкретным нуждам потребителя. Микропроцессорные блоки защит БМРЗ имеют интерфейсы связи для включения их в информационную сеть. БМРЗ используют стандартный протокол обмена Modbus. В качестве базовых элементов для организации сети используется электрический кабель типа "витая пара в экране". Для повышения надежности связи может быть использовано оптоволокно. Для комплектации оптоволоконных сетей производитель выпускает оптоволоконные преобразователи.

В целях удешевления стоимости релейной защиты НТЦ "Механотроника" выпускает устройства с упрощенной лицевой панелью, имеющую сигнализацию в виду ламп и не имеющие жидкокристаллического дисплея.

Все БМРЗ имеют функции регистратора аварийных событий. Регистратор аварийных событий фиксирует параметры электрической сети и время в момент отключения выключателя. Записывается огибающая кривая токов и напряжений (2 точки за период). Огибающая кривая не является осциллограммой, но в большинстве случаев позволяет судить о характере повреждения. БМРЗ записывает параметры 9 отключений. При пуске любой защиты производится запись осциллограммы мгновенных значений всех входных аналоговых величин продолжительностью 5 секунд, с частотой дискретизации 24 выборки на период. В памяти хранится четыре осциллограммы. При повторном возникновении условий пуска осциллографа стирается первая по времени записи осциллограмма.

Блоки БМРЗ-ДА защиты электродвигателя предназначены для выполнения функций защиты и автоматики асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением 6 – 10 кВ, а также кабельных линий напряжением 3 – 10 кВ. Блоки имеют несколько исполнений, отличающихся набором функций защит, и организацией функций автоматики, которые уточняются при заказе.

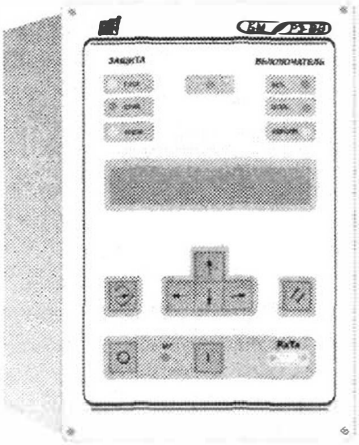

Рис. 7.1. Блок БМРЗ НТЦ «Механотроника»

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики НТЦ «Механотроника» Таблица 7.2

№	Тип изделия	Назначение, тип присоединения	Краткая характеристика, содержание блока.
1. Блоки РЗА для защиты и автоматики сетей 6(10)-35 кВ			
1.1	БМРЗ-ВЛ БМРЗ-КЛ	Воздушная, линия 6(10) - 35 кВ Кабельная линия 6(10) кВ. 19 модификаций	Трехступенчатая направленная максимальная токовая защита с пуском по напряжению (МТЗ). Направленная защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ); Защита от несимметричной составляющей и обрыва фазы питающего фидера (ЗОФ); Определение места повреждения (ОМП); Логическая защита шин (ЛЗШ); Резервирование отказов выключателя (УРОВ); Двукратное автоматическое повторное включение (АПВ); Выполнение команд от внешних защит (дуговая защита) и автоматики (АЧР/ЧАПВ); Число дискретных входов/выходов до 16/16.
1.2	БМРЗ-ВЛ-М БМРЗ-КЛ-М	Воздушная линия 6(10) - 35 кВ Кабельная линия 6(10) кВ Уменьшенное число входов/выходов.	Трехступенчатая направленная максимальная токовая защита с пуском по напряжению (МТЗ); Направленная защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ); Защита от несимметрии и обрыва фазы питающего фидера (ЗОФ); Определение места повреждения (ОМП); Логическая защита шин (ЛЗШ); Резервирование отказов выключателя (УРОВ), Двукратное автоматическое повторное включение (АПВ); Выполнение команд от внешних защит (дуговая защита) и автоматики (АЧР/ЧАПВ); Число дискретных входов/выходов до 8/8;

Продолжение табл. 7.2

1.3	БМРЗ-ВВ	Ввод секции 6(10) - 35 кВ 26 модификаций	Трехступенчатая МТЗ с комбинированным пуском по напряжению; Сигнализация однофазных замыканий на землю по $3U_0$; ЗОФ; ЛЗШ; УРОВ; АПВ; АВР; Выполнение команд от внешних защит и автоматики; Число дискретных входов/выходов до 16/16.
1.4	БМРЗ-ВВ	Ввод секции 6(10)-35 кВ	Трехступенчатая МТЗ с комбинированным пуском по напряжению; Сигнализация однофазных замыканий на землю по $3U_0$; ЗОФ; ЛЗШ; УРОВ; АПВ; АВР; Дальнее резервирование при отказах выключателей и защит на отходящих присоединениях; Выполнение команд от внешних защит и автоматики; Число дискретных входов/выходов до 16/16.
1.5	БМРЗ-СВ	Секционный выключатель 6(10)-35 кВ 12 модификаций	Трехступенчатая МТЗ; Автоматическое включение резерва с восстановлением схемы нормального режима (АВР); ЗОФ; ЛЗШ; УРОВ; АПВ; Выполнение команд от внешних защит и автоматики; Число дискретных входов/выходов 16/16.
1.6	БМРЗ-ДА	Защита синхронных и асинхронных двигателей мощностью до 4,5 МВт 6 модификаций	Трехступенчатая МТЗ; Направленная защита от однофазных замыканий на землю; Защита от потери питания; Дифференциальная токовая отсечка; ЗОФ; ЗМН; АВР; УРОВ; Выполнение команд от внешних защит и автоматики; Число дискретных входов/выходов 16/16

Продолжение табл. 7.2

1.7	БМРЗ-ДД	Комплексная защита синхронных и асинхронных двигателей большой мощности 4 модификации	Двухступенчатая дифференциальная защита двигателя; Дифференциальная защита от замыканий на землю; Защита от несимметричного питания и неправильного чередования фаз; Минимальная токовая защита от потери нагрузки; Защита от блокировки ротора и затянутого пуска; Псевдотепловая модель двигателя; Защита пуска вычислением теплового импульса, ограничение количества пусков; МТЗ; УРОВ; ЛЗШ; Автоматическое повторное включение двигателя.
1.8	БМРЗ-ДС	Спец. защита синхронных двигателей	Опережающее отключение синхронных двигателей при потере устойчивости; Защита от несимметричных режимов; Защита от повторного пуска перегретого двигателя; Защита от колебаний нагрузки; Учет количества пусков двигателя
1.9	БМРЗ-КН	Защита трансформатора. Контроль напряжения на секции КРУ 6(10)кВ	Двухступенчатая защита минимального напряжения; Сигнализация однофазных замыканий на землю; Регулирование напряжения трансформатора (РНТ); Сигнализация неисправности цепей напряжения; Контроль напряжения для АВР; Логическая защита шин от междуфазных коротких замыканий; Логическая защита шин от однофазных замыканий на землю

Продолжение табл. 7.2

2. Блоки частотной автоматики			
2.1	БМАЧР	Блок автоматической частотной разгрузки	АЧР-1, ЧАПВ-1; АЧР-2, ЧАПВ-2, АЧРС (3 ступени), ЧАПВ-С
2.2	БММРЧ	Многофункциональное реле частоты	8 свободнопрограммируемых каналов с алгоритмами из ряда по 3.1; Комбинированные алгоритмы Предотвращение аварийного снижения частоты с контролем напряжения сети (АЧР-Н); Предотвращение аварийного повышения частоты с контролем скорости (АОПЧ); Автоматическое осциллографирование частотных аварий; Связь с ПЭВМ -RS/232; Связь с АСУ - RS/485 или ВОЛС, протокол обмена RP-BUS или MOD-BUS.
3. Блоки сигнализации			
3.1	БМЦС	Блок центральной сигнализации	Прием и отображение аварийной и предупредительной сигнализации, 32 дискретных входа от отдельных датчиков, со световой индикацией; Регистрация информации об изменении состояния сигнальных контактов (аналог РИС), 4 канала по 32 датчика Выдача сигналов обобщенной сигнализации: "Авария", "Предупредительный", "Звонок", "Сирена", "Отказ"; Журнал событий; Связь с ПЭВМ- RS/485 или ВОЛС, протокол обмена RP-BUS или MOD-BUS
4. Блоки питания комбинированные			
4.1	БПК-3	Блок питания комбинированный	Бесперебойное питание РЗА (=220 В) на подстанциях без постоянного оперативного тока, нагрузка - 50 Вт.
4.2	БПК-4	Блок питания комбинированный С зарядом БК	Бесперебойное питание РЗА (=220 В) на подстанциях без постоянного оперативного тока, нагрузка - 50 Вт; =400В для батареи конденсаторов, контроль заряда конденсатора.

Окончание табл. 7.2

5. Информационно-управляющий комплекс РЗА			
5.1	КИУ-РЗА (1)	Комплект цифровых устройств РЗА; Средства связи; Системный блок пром. ЭВМ; АРМ (диспетчера или релейщика); Программное обеспечение.	Дистанционное управление защищаемым объектом; Дистанционное измерение электрических параметров; Передача информации от БМРЗ: параметры сети, состояние дискретных входов/выходов, об аварийных событиях, накопительная информация; Сигнализация о работе функций защит и автоматики; Вывод результатов осциллографирования сигналов (КИУ-РЗА(2)); Связь по последовательному каналу RS/485 или по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС); Скорость обмена информацией от 300 до 19200 бит/с; Возможность подключить в виде подсистемы нижнего уровня к различным АСУ.

7.3. Научно-производственная фирма «Радиус» выпускает микропроцессорные устройства «Сириус»

Профиль деятельности фирмы:

- Разработка и производство микропроцессорных терминалов РЗА.
- Шкафов РЗА на базе микропроцессорных терминалов, собственного производства.
- Средств определения повреждения воздушных линий.
- Средств испытаний и диагностики оборудования и линий электропередачи.
- Систем АСУ ТП для энергетики.

Серия микропроцессорных защит "Сириус" предназначена для организации комплексной релейной защиты энергообъектов напряжением 6-35 кВ. Серия содержит защиту кабельных и воздушных линий, трансформаторов мощностью до 1 МВА, синхронных двигателей, секционных и вводных выключателей. Все устройства серии имеют одинаковое конструктивное исполнение и различаются только программой их работы. Устройства могут применяться как совместно, так и по отдельности, в комплекте с традиционными защитами.

Во всех устройствах применен алфавитно-цифровой индикатор, отображающий две строки по 16 символов и клавиатура из 4-х кнопок. Имеются две кнопки ручного управления выключателем, а также кнопка сброса аварийной сигнализации. При наличии аварии или неисправности включается подсветка индикатора, привлекающая внимание персонала. Информация фиксируется в памяти устройства в порядке поступления и сохраняется о 9 последних отключениях. Информация о каждой последующей аварии фиксируется, стирая из памяти информацию о самом "старом" КЗ. Командное отключение также фиксируется как отдельная авария. Ход часов и зафиксированные данные в памяти сохраняются в течение времени не менее 72 часов при пропадании оперативного питания.



Рис. 7.2. Блок "Сириус" фирмы "Радиус"

Все уставки срабатывания защит и времена задержек регулируются в широком диапазоне значений и хранятся в энергонезависимой памяти устройства.

Предусмотрено выполнение всех функций защит при пропадании оперативного питания переменного или постоянного тока напряжением 220В на время до 0,5 с.

Предусмотрен дистанционный ввод уставок и снятие информации о срабатываниях защиты (телесигнализация), измерение текущих токов фаз (телеизмерение), а также управление выключателем (телеуправление) по линии связи от персонального компьютера. Программа работает под управлением MS Windows. Возможна реализация удаленного доступа с помощью модемов. Изменение уставок заблокировано паролем.

Устройства могут сопрягаться со стандартными каналами телемеханики, для чего предусмотрены соответствующие входные и выходные контакты.

Устройство «Сириус-Д» предназначено для работы в качестве защиты синхронных или асинхронных электродвигателей напряжением 6 – 35 кВ. Устройство устанавливается в ячейке КРУ, КРУН или КСО и управляет высоковольтным выключателем. Устройство подключается к измерительным трансформаторам тока фаз А, (В) и С с номинальным вторичным током 5 А, к трансформатору тока нулевой последовательности и к измерительным трансформаторам напряжения фаз А, В и С.

Устройство выполняет следующие функции защиты, автоматики и контроля:

- трехступенчатая максимальная токовая защита от междуфазных повреждений с контролем двух или трех фазных токов;
- защита от перегрева электродвигателя;
- защита от затянутого пуска;
- защита от блокировки ротора;
- защита синхронных двигателей от асинхронного хода;
- минимальная токовая защита;
- защита минимального напряжения с возможностью АПВ после восстановления напряжения;
- защита обратной мощности;
- защита от несимметричных режимов и от обрыва фазы питающего фидера с зависимой или с независимой характеристикой;
- защита от однофазных замыканий на землю;
- управление выключателем с защитой многократного включения («от прыгания»);
- исполнение четырех внешних сигналов аварийного отключения: АЧР, дуговой защиты и двух защит с программируемым названием;
- формирование сигнала УРОВ при отказах своего выключателя;
- формирование сигнала гашения поля при срабатывании защиты обратной мощности;
- формирование сигнала пуска МТЗ для организации логической защиты шин;
- запрет включения выключателя при превышении допустимого числа запусков или при перегреве.

Все уставки срабатывания защиты и времена задержек регулируются в широком диапазоне значений и хранятся в энергонезависимой памяти устройства.

Любая аварийная ситуация, отключение или неисправность, сопровождается замыканием контактов независимого реле предупредительной сигнализации.

В устройстве имеется постоянное самотестирование с выдачей сигнала неисправности самого устройства нормально замкнутыми контактами реле «Отказ», срабатывающего при успешном прохождении всех тестов. При отсутствии оперативного питания

контакты этого реле также остаются замкнутыми для сигнализации пропадания питания.

В случае срабатывания токовой защиты дополнительно определяется вид повреждения. Устройство имеет тумблеры оперативного управления «УРОВ», «АПВ», «АЧР» и «Дист/Ручн», позволяющие отказаться от накладок, обычно используемых для оперативных переключений дежурным персоналом [15].

Для уменьшения погрешности по току срабатывания при искажении формы сигнала с первичных трансформаторов тока, вызванном их насыщением, в устройстве применен алгоритм восстановления синусоидальной формы тока вплоть до 50% погрешности ТТ.

При срабатывании защиты устройство запоминает параметры отключения для последующего анализа обслуживающим персоналом. В число запоминаемых параметров аварии входят:

- причина отключения;
- вид повреждения;
- время и дата момента отключения;
- нагрев электродвигателя в момент отключения;
- ток и длительность аварийной ситуации;
- ток и напряжения обратной и нулевой последовательностей;
- векторная диаграмма токов и напряжений в линии в момент аварии.

Информация фиксируется в памяти устройства в порядке поступления и сохраняется до 9 последних отключениях. Информация о каждой последующей аварии фиксируется, стирая из памяти информацию о самом «старом» КЗ. Любое отключение выключателя фиксируется как отдельная авария. Ход часов и зафиксированные данные в памяти сохраняются при пропадании питания в течение нескольких лет.

Дополнительно, при каждом аварийном отключении, производится запись в память аварийной осциллограммы аналоговых и дискретных входов, а также состояния выходных реле устройства. Длительность записи соответствует длительности существования пусковых условий, максимально – до 4 секунд, с предаварийным режимом – в течение 80 мс и послеаварийным режимом – в течение 80 мс. Максимальное количество осциллограмм – 5. Частота дискретизации осциллографа –1000 Гц.

В устройстве имеется также архив на 500 событий, в котором фиксируются все пуски МТЗ, изменения состояния входных дискретных сигналов и выходных реле с временем и датой каждого события. Данная информация позволяет анализировать различные неисправности силового оборудования и своевременно их устранять.

Устройство имеет режим «Контроль», позволяющий выводить на встроенный индикатор текущие значения фазных токов, фазных и линейных напряжений, токов и напряжений нулевой и обратной последовательностей, нагрев электродвигателя, активную и реактивную мощности, состояние логических входных сигналов, а также контролировать ход встроенных часов. Функции защиты при этом полностью сохраняются.

Для упрощения эксплуатации устройства в энергосистемах с обратным чередованием фаз предусмотрена соответствующая уставка, изменяющая расчет тока и напряжения обратной последовательности.

В устройстве имеется два дополнительных выходных реле с программируемыми свойствами и точкой подключения их к внутренней логической схеме, позволяющие существенно расширить применение устройства. Предусмотрено также два сигнальных программируемых светодиода на передней панели устройства.

Ввод необходимых уставок производится с клавиатуры. В устройстве применен алфавитно-цифровой индикатор, отображающий две строки по 16 символов и клавиатура из 4-х кнопок. Имеются также две кнопки ручного управления выключателем, а также кнопка сброса аварийной сигнализации. При наличии аварии или неисправности включается подсветка индикатора, привлекающая внимание персонала.

Предусмотрен дистанционный ввод уставок, управление выключателем, контроль текущих состояний всех входов и снятие информации о срабатываниях защиты и осциллограмм по линии связи на персональный компьютер, для чего в устройстве имеется два полностью независимых интерфейса – RS232C и токовая петля (или RS485).

7.4. Компания «AREVA»

Компания «AREVA» является одним из ведущих в мире предприятий в областях производства и передачи энергии. Отдел энергетики располагает приобретенным в течение десятилетий опытом разработки и производства высоковольтных коммутационных аппаратов, отвечающих самым высоким требованиям.

В более чем в 120 странах коммутационные аппараты обеспечивают экономичное и надежное электроснабжение.

Все изделия, выпускаемые компанией «AREVA», соответствуют международным стандартам. Они отличаются высокой эксплуатационной безопасностью и надежностью. Устройства адаптированы к требованиям ПУЭ и ПТЭ в России, имеют методики применения и выбора уставок, схемы подключения ко всем типам коммутационной аппаратуры.

Защиты имеют 3 серии устройств: MODULEX3, MiCOM, MODN. Серия MiCOM отличается от MODULEX3 расширенным перечнем функций и повышенной точностью работы. Серия MODN имеет расширенные возможности по управлению выключателем, что упрощает схему управления.

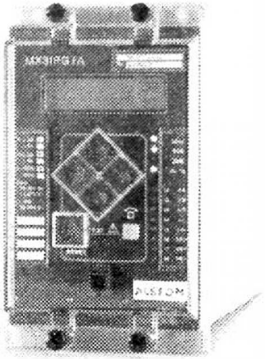

Рис. 7.3. Блок защиты серии MODULEX3

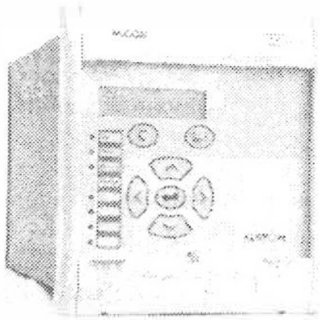

Рис. 7.4. Блок защиты серии MiCOM

К достоинствам устройств компании «AREVA» можно отнести то, что эти устройства разработаны недавно и имеют малые габариты. Кроме выполнения функций защиты и противоаварийной автоматики устройства осуществляют замер текущих величин, имеют автоматический контроль исправности.

Конструктивно изделие MiCOM выполнено в виде электронного блока с металлическим корпусом в виде кассеты. На задней стенке корпуса находятся клеммы для подключения входных и выходных сигналов. Внутри корпуса клемники выполнены в виде разъемов. Замена электронного блока осуществляется выемкой его из кассеты без отключения соединительных проводов.

Стандартной функцией блоков защит является запись осциллограмм аварийных процессов. В случае аварии записывается ряд аварийных параметров, время события, и осциллограмма 4 аналоговых и 16 дискретных сигналов. Осциллограмма пишется с дискретностью 20 точек/период, продолжительностью 3 с. Запись предыстории может программироваться от 100 мс до 3 с. Максимальное число записей пять.

Защиты MiCOM P120 – P123 имеют только токовые защиты (аналог Sepam 1000+ серии 20). MiCOM P125 – P125 имеют токовые защиты и защиты по напряжению (аналог Sepam 1000+ серии 40). Все блоки защит, имеющие входы тока и напряжения измеряют электрическую мощность и энергию, т.е. могут быть использованы для технического учета электроэнергии. Однако, для правильной оценки погрешности показаний, необходимо учитывать уточненные характеристики трансформаторов тока и напряжения.

Дистанционная защита MiCOM P433 – P439 имеет 6 ступеней. Устройство имеет также четырехступенчатую защиту от замыканий на землю и четырехступенчатую токовую защиту обратной последовательности. Ступени защит могут быть направленными. Для MiCOM P433, P439, может быть использована схема ускорения защиты по ВЧ каналу. Среди возможных способов ускорения по ВЧ каналу, имеется способ ускорения для режима «слабого питания», т.е. тупиковый режим электроснабжения.

Устройство MiCOM P439 имеет жидкокристаллический графический дисплей, на котором может быть изображена мнемосхема ячейки с разъединителями и заземляющими ножами, и может управлять до 6 аппаратами. Поэтому, область применения

такой защиты – это ячейки с дистанционным управлением разъединителями и заземляющими ножам (например КРУЭ).

Защита MiCOM P441 работает при междуфазных коротких замыканиях и при замыканиях на землю и имеет 5 ступеней дистанционной защиты (ДЗ). Устройство имеет также трехступенчатую защиту от замыканий на землю и четырехступенчатую максимальную токовую защиту от междуфазных коротких замыканий. Она может быть направленной, и применена вместо дистанционной защиты. Может быть также использована схема ускорения защиты по ВЧ каналу.

В серии MiCOM имеется набор дифференциальных защит линии MiCOM P540. Может быть применено устройство MiCOM P541, если не нужно АПВ, или если выполнить АПВ на резервной дистанционной защите, MiCOM P542 имеет четырехкратное АПВ. Перечисленные защиты могут работать по проводному или оптоволоконному каналу. Имеется также дифференциальнофазная защита MiCOM P547, которая работает по ВЧ каналу. Принцип ее действия похож на широко применяемые в СНГ защиты ДФЗ-201, и они работают со стандартными ВЧ приемопередатчиками ПВЗ. Все эти устройства могут быть применены в качестве основной защиты, а в качестве резервной применяются вышеупомянутые дистанционные защиты P433 – P439, P441.

Уставка автоматики обычно выполняется однократной, чтобы ограничивать объем повреждений на линии, при сохранении условий короткого замыкания и после отключения. Даже при однократном включении, линия включается от АПВ два раза, так как включается с двух сторон.

Для того чтобы обеспечить селективность защиты с небольшими выдержками времени (особенно на коротких линиях), необходимо применить четырехступенчатую защиту, уставки которой выбираются с учетом следующих условий:

1) ступень отстраивается от КЗ в конце защищаемой линии;

2) ступень согласовывается с первой ступенью параллельной линии в каскаде и первой ступенью смежной линии;

3) ступень согласовывается со вторыми ступенями параллельной и смежной ВЛ.

При согласовании защит со смежной линией, учитывается режим «одна с двумя»: на первом участке – 1 ВЛ на втором участке – 2, что существенно загрубляет защиту. Эти три ступени защищают

линию, а 4 ступень резервирует смежный участок. Имеющаяся пятая ступень, при вводе в работу, направлена к шинам и может обеспечить защиту шин, или резервирование смежных участков линии «за спиной». При согласовании защит по времени учитывается время действия УРОВ, что увеличивает выдержки времени согласуемых защит на время действия УРОВ. При выборе уставок защиты они должны быть отстроены от суммарной нагрузки двух линий, так как одна из параллельных ВЛ может отключиться в любой момент, и вся нагрузка будет подключена к одной ВЛ. Кроме этого, возможен наброс нагрузки на линию при размыкании транзита в удаленной точке, или отключении генераторных источников.

Устройство дистанционной защиты MiCOM P433-P435 работает при междуфазных коротких замыканиях и при замыканиях на землю и имеет 6 ступеней. В состав защиты входят четырехступенчатые защиты от замыканий на землю и междуфазных коротких замыканий. На воздушных линиях должно быть предусмотрено АПВ. В данном случае, устройство АПВ может быть выполнено с контролем синхронизма.

Рекомендуется применять следующие сочетания устройств защиты:

1. Набор из двух дистанционных защит MiCOM P441, или P435 с ВЧ каналом, при этом аппаратура для передачи сигнала отключения по ВЧ (или другому каналу) может быть любой фирмы, в том числе ПВЗ-90М, ПВЗУ-Е, АНКА-АВПА, АКПА.

2. Набор дистанционной защиты MiCOM P435, P441 и продольной дифференциальный защиты MiCOM P541, P542.

3. Набор дистанционной защиты MiCOM P435, P441 и продольной дифференциальнофазной защиты MiCOM P547.

7.4.1. Дифференциальные защиты R3IPT и MX3DPT3A компании «AREVA». Данные дифференциальные защиты имеют реле с тормозной характеристикой пропорционального типа («процентное торможение»), где ток срабатывания защиты увеличивается пропорционально увеличению тока короткого замыкания. Тормозным является наибольший ток, из подводимых к реле фазных токов. Защита использует 3 или 2 комплекта трансформаторов тока, расположенных с трех (двух) сторон трансформатора. Выравнивание вторичных токов по величине и по

фазе производится автоматически расчетным путем. Для этого при задании общих характеристик задаются параметры силового трансформатора и трансформаторов тока. При наличии возможности собрать трансформаторы тока со всех сторон в «звезду» можно снизить нагрузку вторичных цепей. Ток нулевой последовательности, при этом, устраняется программно, что делает характеристики независимыми от режима нейтрали трансформатора.

На рис. 7.5 приведена характеристика дифференциальной защиты R3IPT. Участок «AB» – начальный, на этом участке ток срабатывания не зависит от торможения. В точке «B» характеристика начального участка пересекается с первой тормозной характеристикой. Она (характеристика с наклоном P1) имеет наклон и начинается от начала координат. Эта характеристика работает при малых токах короткого замыкания, когда погрешность трансформаторов тока невелика. При токах, больших 2,5Iн начинается вторая тормозная характеристика, которая пересекается с первой в точке «C» и имеет более крутой наклон – P2 учитывая большую погрешность трансформаторов тока при больших ТКЗ. И последний участок – «DE», где ток срабатывания опять не зависит от тормозного тока. Ломаная линия ABCDE представляет общую характеристику дифференциальной защиты.

Для отстройки защиты от броска тока намагничивания при подаче напряжения применяется блокировка по второй гармоники тока КЗ. Блокировка по току пятой гармоники, предназначена для предотвращения ложной работы дифзащиты от повышенного тока намагничивания при перевозбуждении (подачи напряжения на обмотку трансформатора значительно выше номинального). Она работает совместно с предыдущей, и нормально должны быть введены обе блокировки.

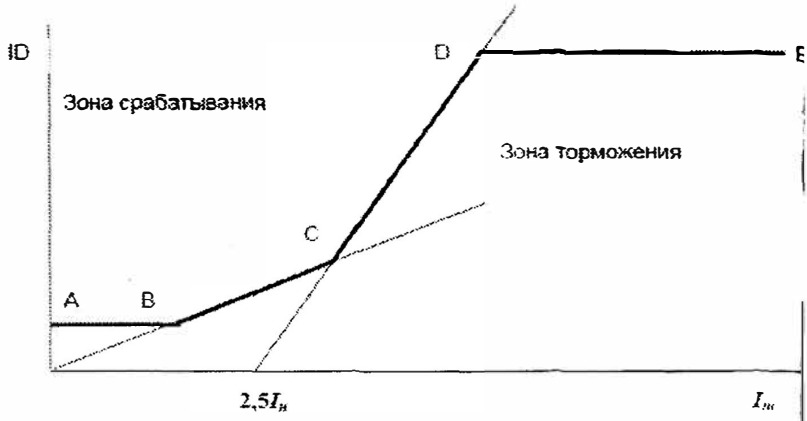

Рис. 7.5. Характеристика дифференциальной защиты R3IPT:

ID – дифференциальный ток;
It – тормозной ток равен наибольшему значению из трех вторичных токов;
AB, DE – участки независимой характеристики;
BC, CD – участки малых и больших ТКЗ, соответственно.

При выборе уставок данной защиты следует учесть следующие особенности:

• Уставки дифференциальных реле выбираются без расчета.

• Реле градуировано в относительных единицах к базисному току (номинальному току трансформатора). Вторичные токи пересчитываются автоматически исходя из введенных ранее коэффициентов трансформации трансформаторов тока и параметров трансформатора.

• Ток срабатывания 1 участка характеристики (AB) принимается равным 0,4 номинального тока трансформатора.

• Коэффициент торможения P1 первого участка тормозной характеристики в зоне малых токов КЗ, принимается равным 0,4.

• Коэффициент торможения P2 второго участка тормозной характеристики в зоне больших токов КЗ принимается равным 1.

• Для отстройки от броска тока намагничивания ток срабатывания отсечки должен быть равен 6.

• Ток блокировки по 2 гармонике принимается равным – 10%.

• Ток блокировки по 5 гармонике принимается равным – 10%.

• Группа соединений трансформатора, выравнивание вторичных токов по величине и фазе учитывается программным путем. Можно программно учесть и полярность трансформаторов тока.

7.4.2. Дифференциальные защиты MiCOM P632-633. Характеристики защит отличаются от рассмотренной характеристики (рис. 7.6), т.е. реле MiCOM P632-633 имеет торможение арифметической полусуммой подведенных токов.

Участок |I| – начальный. На этом участке ток срабатывания не зависит от торможения. Характеристика начального участка пересекается с первой тормозной характеристикой в точке, где сходится линия тормозной характеристики при одностороннем питании КЗ, она имеет наклон P1. Эта характеристика работает при малых токах короткого замыкания, когда погрешность трансформаторов тока невелика.

Ток начала второго участка торможения |III| задается уставкой. Имеется еще две уставки: первый, когда при токе Id>> прекращается действие блокировки по второй гармонике, и вторая уставка, когда при токе Id>>> прекращается действие тормозной характеристики. Благодаря наличию блокировок, ток срабатывания дифференциальной защиты выбирается значительно меньше номинального тока трансформатора [4].

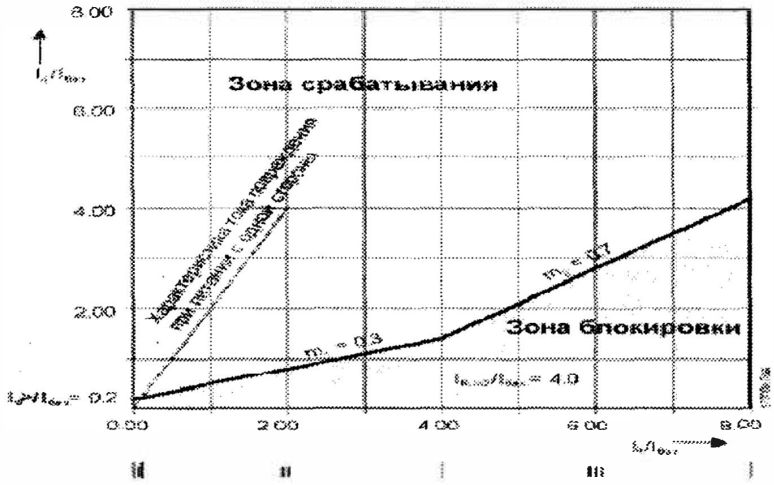

Рис. 7.6. Характеристики срабатывания дифференциального органа

При выборе уставок данной защиты следует учесть следующие особенности:

• Реле градуировано в относительных единицах к базисному току (номинальному току трансформатора). Вторичные токи пересчитываются автоматически исходя из введенных ранее коэффициентов трансформации трансформаторов тока и параметров трансформатора.

• Ток срабатывания 1 участка характеристики |I| принимается равным 0,35 номинального тока трансформатора.

• Коэффициент торможения m1 первого участка тормозной характеристики |II| в зоне малых токов КЗ, принимается равным m1 = 0,4.

• Ток начала второго участка торможения равен 1,5 номинального тока.

• Коэффициент торможения m2 второго участка тормозной характеристики

|III| в зоне больших токов КЗ принимается равным m2 = 1,0.

• Уставки Id>> и Id>>> принимаются одинаковыми и равными 6,0.

• Ток блокировки по 2 гармонике принимается равным – 10%.

• Ток блокировки по 5 гармонике принимается равным – 15%.

• Группа соединений трансформатора, выравнивание вторичных токов по величине и фазе учитывается программным путем. Можно учесть программно и полярность трансформаторов тока.

Дифференциальная защита от замыканий на землю входит в состав защиты MiCOM P632, P633, работает на фильтрах тока нулевой последовательности и защищает обмотку трансформатора с заземленной нейтралью. Включается на трансформаторы тока со стороны вводов защищаемой обмотки и на трансформатор тока установленный со стороны заземленной нейтрали. Дифзащита также имеет процентное торможение. Характеристика рис. 7.7. Защита более чувствительная, чем основная дифзащита, которая не реагирует на ток нулевой последовательности. Она достаточно четко реагирует на витковые замыкания обмотки трансформатора. Начальная точка характеристики Id> регулируется в пределах 0,1÷1,0·Iном. Коэффициент торможения не регулируется и равен m = 1,005. Ток

прекращения действия торможения Id>>> регулируется в пределах 5÷10·Iном. Рекомендуемые уставки:

Id >= 0,2·Iном;

Id >>>= 5·Iном;

m=1,005.

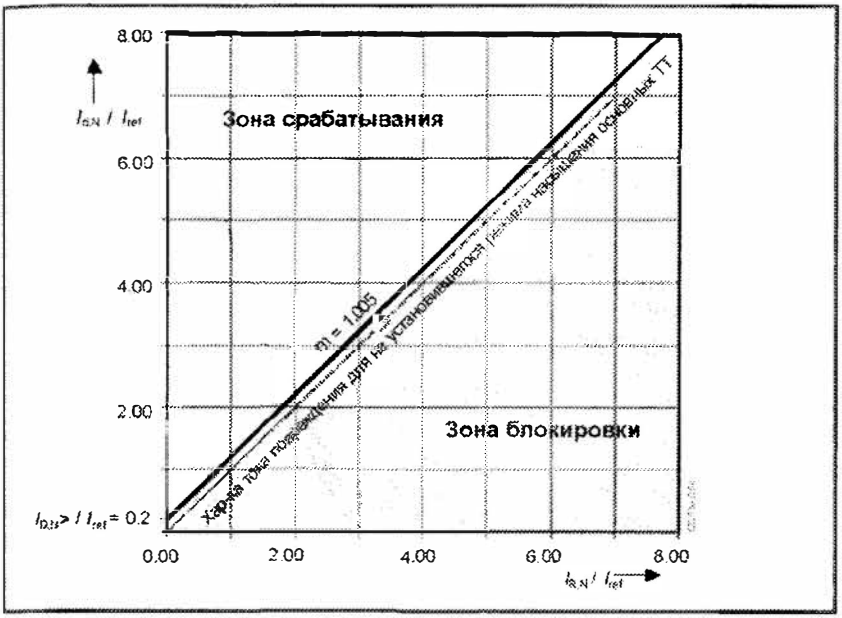

Рис. 7.7. Характеристика срабатывания дифференциального органа от замыканий на землю

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики компании «AREVA» Таблица 7.3

Наименование защиты	Код ANSI	AREVA									
		P923	P922	P921	P740	P634	P633	P632	P631	P547	P546
Защита от снижения скорости вращения (торможения) ротора	14										
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G										
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P										+
Защита от перевозбуждения	24										
Контроль синхронизма	25										
Защита от снижения фазного напряжения	27P	+	+	+		+	+	+			
Частотно зависимая защита напряжения (U(f))	27/59/81										
Чувствительная защита от 3P3 по Po	32										
Чувствительная защита от 3P3 по Po прямого направления	32F										
Чувствительная защита от 3P3 по Po при реверсе	32R										
Защита от снижения тока нагрузки/мощности	37									+	
Защита от потери возбуждения	40										
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M									+	
Токовая защита обратной последовательности генератора	46G									+	

Продолжение табл. 7.3

Защита от повышения напряжения обратной последовательности	47	+	+								
Защита от пусковых режимов двигателя (неполнофазный режим)	48										
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49					+	+	+	+	+	+
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой ротора	49R										
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой статора	49S										
ТО или ступенчатая защита	50				+	+	+	+	+	+	+
ТО при замыканиях на землю	50G										
ТО при однофазных замыканиях на землю	50N				+	+	+	+	+	+	+
Токовая защита статора от ЗНЗ	50NS										
Токовая защита ротора от ЗНЗ	50NR										
МТЗ	51				+	+	+	+	+	+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G										
МТЗ обмотки статора от ЗНЗ	51GN										
МТЗ при однофазных замыканиях на землю	51N				+	+	+	+	+	+	+
Защита от выпадения из синхронизма	55										
Защита от повышения напряжения	59	+	+	+		+	+	+			
Защита от повышения напряжений нулевой последовательности	59N	+	+	+							
Дифференциальная защита от ЗНЗ в обмотке ротора	64R										

Продолжение табл. 7.3

Ограничение числа пусков, времени между пусками	66										
Направленная МТЗ	67										+
Направленная МТЗ	67P										
Направленная защита от ЗНЗ	67N										+
Направленная защита от ЗНЗ обмотки статора	67G										
Защита от асинхронного режима и потери синхронизма	68/78										+
АПВ	79										
Частотная защита	81	+	+			+	+	+			
Защита от перевозбуждения генератора с моделированием тепловой характеристики	81R										
Частотная защита, комбинированная по напряжению	81V										
Продольная дифференциальная защита	87									+	
Дифференциальная защита трансформатора с % характеристикой	87T					+	+	+	+		
Дифференциальная защита от ЗНЗ	87G					+	+	+	+		
Дифференциальная защита шин	87B				+						
Дифференциальная защита линии	87L				+						+
Чувствительная дифзащита от КЗ на землю	87N					+	+	+			
Дифференциальная защита двигателя	87M					+	+	+	+		

Продолжение табл. 7.3

Наименование защиты	Код ANSI	P433	P430	P343	P342	P341	P241	P225	P220	P211	P143
Защита от снижения скорости вращения (торможения) ротора	14							+	+		
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G	+	+								
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P	+	+	+	+						
Защита от перевозбуждения	24			+	+						
Контроль синхронизма	25										+
Защита от снижения фазного напряжения	27P	+	+	+	+	+	+	+			+
Частотно зависимая защита напряжения (U(f))	27/59/81			+	+						
Чувствительная защита от ЗРЗ по Ро	32	+	+	+	+	+					
Чувствительная защита от ЗРЗ по Ро прямого направления	32F	+	+	+	+						
Чувствительная защита от ЗРЗ по Ро при реверсе	32R	+	+	+	+	+	+				
Защита от снижения тока нагрузки/мощности	37						+	+			+
Защита от потери возбуждения	40			+	+						
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M			+	+		+	+	+		+
Токовая защита обратной последовательностити генератора	46G			+	+		+	+	+		+

Продолжение табл. 7.3

Защита от повышения напряжения обратной последовательности	47						+				+
Защита от пусковых режимов двигателя (неполнофазный режим)	48						+	+	+		
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49	+					+	+	+	+	+
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой ротора	49R						+	+	+		
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой статора	49S						+	+	+		
ТО или ступенчатая защита	50	+	+	+	+		+	+	+	+	+
ТО при замыканиях на землю	50G						+	+	+		
ТО при однофазных замыканиях на землю	50N	+	+	+	+		+	+	+		+
Токовая защита статора от ЗНЗ	50NS						+	+	+		
Токовая защита ротора от ЗНЗ	50NR						+				
МТЗ	51	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G			+	+		+	+	+		
МТЗ обмотки статора от ЗНЗ	51GN			+	+		+				
МТЗ при однофазных замыканиях на землю	51N	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Защита от выпадения из синхронизма	55						+				
Защита от повышения напряжения	59	+	+	+	+	+	+	+			+
Защита от повышения напряжений нулевой последовательности	59N	+	+	+	+	+	+				+
Дифференциальная защита от ЗНЗ в обмотке ротора	64R			+	+	+					

Продолжение табл. 7.3

Ограничение числа пусков, времени между пусками	66						+	+	+		
Направленная МТЗ	67			+	+						+
Направленная МТЗ	67P										
Направленная защита от ЗНЗ	67N			+	+	+	+				+
Направленная защита от ЗНЗ обмотки статора	67G			+	+	+					
Защита от асинхронного режима и потери синхронизма	68/78		+								
АПВ	79	+	+								+
Частотная защита	81	+	+	+	+	+	+				+
Защита от перевозбуждения генератора с моделированием тепловой характеристики	81R			+	+	+					
Частотная защита, комбинированная по напряжению	81V			+	+						
Продольная дифференциальная защита	87										
Дифференциальная защита трансформатора с % характеристикой	87T										
Дифференциальная защита от ЗНЗ	87G			+							
Дифференциальная защита шин	87B			+							
Дифференциальная защита линии	87L										
Чувствительная дифференциальная защита от КЗ на землю	87N			+							
Дифференциальная защита двигателя	87M										

Продолжение табл. 7.3

Наименование защиты	Код ANSI	AREVA										
		P545	P544	P543	P542	P541	P444	P442	P441	P439	P437	P435
Защита от снижения скорости вращения (торможения) ротора	14											
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G						+	+	+	+	+	+
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P	+	+	+			+	+	+	+	+	+
Защита от перевозбуждения	24											
Контроль синхронизма	25	+		+			+	+	+		+	+
Защита от снижения фазного напряжения	27P						+	+	+	+	+	+
Частотно зависимая защита напряжения (U(f))	27/59/81											
Чувствительная защита от 3P3 по Po	32									+	+	+
Чувствительная защита от 3P3 по Po прямого направления	32F									+	+	+
Чувствительная защита от 3P3 по Po при реверсе	32R									+	+	+
Защита от снижения тока нагрузки/мощности	37											
Защита от потери возбуждения	40											
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M						+	+	+			
Токовая защита обратной последовательности генератора	46G						+	+	+			

Продолжение табл. 7.3

Защита от повышения напряжения обратной последовательности	47											
Защита от пусковых режимов двигателя (неполнофазный режим)	48											
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49	+	+	+	+	+			+	+	+	+
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой ротора	49R											
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой статора	49S											
ТО или ступенчатая защита	50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ТО при замыканиях на землю	50G											
ТО при однофазных замыканиях на землю	50N	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Токовая защита статора от ЗНЗ	50NS											
Токовая защита ротора от ЗНЗ	50NR											
МТЗ	51	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G											
МТЗ обмотки статора от ЗНЗ	51GN											
МТЗ при однофазных замыканиях на землю	51N	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Защита от выпадения из синхронизма	55											
Защита от повышения напряжения	59						+	+	+	+	+	+
Защита от повышения напряжений нулевой последовательности	59N						+	+	+	+	+	+
Дифференциальная защита от ЗНЗ в обмотке ротора	64R											

Продолжение табл. 7.3

Ограничение числа пусков, времени между пусками	66											
Направленная МТЗ	67	+	+	+			+	+	+			
Направленная МТЗ	67P											
Направленная защита от ЗНЗ	67N	+	+	+			+	+	+		+	
Направленная защита от ЗНЗ обмотки статора	67G											
Защита от асинхронного режима и потери синхронизма	68/78	+	+	+			+	+	+		+	+
АПВ	79						+	+	+	+	+	+
Частотная защита	81									+	+	+
Защита от перевозбуждения генератора с моделированием тепловой характеристики	81R											
Частотная защита, комбинированная по напряжению	81V											
Продольная дифференциальная защита	87											
Дифференциальная защита трансформатора с % характеристикой	87T											
Дифференциальная защита от ЗНЗ	87G											
Дифференциальная защита шин	87B											
Дифференциальная защита линии	87L	+	+	+	+	+						
Чувствительная дифзащита от КЗ на землю	87N											
Дифференциальная защита двигателя	87M											

Продолжение табл. 7.3

Наименование защиты	Код ANSI	P142	P141	P139	P127	P126	P125	P124	P124	P123	P122	P121	P120
Защита от снижения скорости вращения (торможения) ротора	14												
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G												
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P												
Защита от перевозбуждения	24												
Контроль синхронизма	25												
Защита от снижения фазного напряжения	27P	+	+	+	+	+							
Частотно зависимая защита напряжения (U(f))	27/59/81												
Чувствительная защита от ЗР3 по Ро	32												
Чувствительная защита от ЗР3 по Ро прямого направления	32F												
Чувствительная защита от ЗР3 по Ро при реверсе	32R												
Защита от снижения тока нагрузки/мощности	37	+	+		+	+		+		+	+		
Защита от потери возбуждения	40												
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M	+	+	+	+	+		+		+	+		
Токовая защита обратной последовательностити генератора	46G	+	+	+	+	+		+		+	+		

Продолжение табл. 7.3

Защита от повышения напряжения обратной последовательности	47	+	+										
Защита от пусковых режимов двигателя (неполнофазный режим)	48												
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49	+	+	+	+	+		+	+	+	+		
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой ротора	49R												
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой статора	49S			+									
ТО или ступенчатая защита	50	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
ТО при замыканиях на землю	50G			+									
ТО при однофазных замыканиях на землю	50N	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Токовая защита статора от ЗНЗ	50NS												
Токовая защита ротора от ЗНЗ	50NR												
МТЗ	51	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G												
МТЗ обмотки статора от ЗНЗ	51GN												
МТЗ при однофазных замыканиях на землю	51N	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Защита от выпадения из синхронизма	55												
Защита от повышения напряжения	59	+	+	+	+								
Защита от повышения напряжений нулевой последовательности	59N	+	+	+	+	+	+						
Дифференциальная защита от ЗНЗ в обмотке ротора	64R												

Окончание табл. 7.3

Ограничение числа пусков, времени между пусками	66												
Направленная МТЗ	67	+	+	+	+								
Направленная МТЗ	67P												
Направленная защита от ЗНЗ	67N	+	+	+	+	+	+						
Направленная защита от ЗНЗ обмотки статора	67G												
Защита от асинхронного режима и потери синхронизма	68/78												
АПВ	79	+		+	+	+		+		+			
Частотная защита	81	+	+	+									
Защита от перевозбуждения генератора с моделированием тепловой характеристики	81R												
Частотная защита, комбинированная по напряжению	81V												
Продольная дифференциальная защита	87												
Дифференциальная защита трансформатора с % характеристикой	87T												
Дифференциальная защита от ЗНЗ	87G												
Дифференциальная защита шин	87B												
Дифференциальная защита линии	87L												
Чувствительная дифференциальная защита от КЗ на землю	87N												
Дифференциальная защита двигателя	87M												

Таблица 7.4

Функциональный состав защит MiCOM 120-123

Функции	ANSI коды	MiCOM P120	MiCOM P121	MiCOM P122	MiCOM P123
Однофазная МТЗ	50/51 50N/51N	X			
Трёхфазная МТЗ	50/51		X	X	X
ЗНЗ	50N/51N	X	X	X	X
Термическая защита от перегрузки	49			X	X
МТЗ обратного чередования фаз	46				X
Защита от минимального тока	37			X	X
Защита от обрыва провода				X	X
Мгновенный контакт		X	X	X	X
УРОВ					X
Логическая блокировка МТЗ и ЗНЗ		X	X	X	X
Датчик начальной нагрузки				X	X
Селективная логика схемы реле				X	X
АПВ(4-х кратное)	79				X
Регистрация событий				X	X
Регистрация процесса повреждения				X	X
Запись нарушений				X	X
Контроль числа включений выключателя					X
Счётчики срабатываний		X	X	X	X
Измерения (тока и частоты)		X	X	X	X
Возможность подключения к сети связи		X	X	X	X

Функциональный состав защит MiCOM 125-127 Таблица 7.5

ФУНКЦИИ	КОД ANSI	MiCOM P125	MiCOM P126	MiCOM P127
Направленная/ненаправленная ЗНЗ	67N/50N/51N	o	o	o
Направленная/ненаправленная МТЗ	67/50/51			o
Трехфазная МТЗ	50/51		o	
Защита по мощности (Po или IoCos)	32N	o	o	o
Обнаружение обрыва провода			o	o
Защита минимального тока	37/37N		o	o
МТЗ обратной последовательности	46		o	o
Защита от термической перегрузки	49		o	o
Защита от снижения напряжения	27			o
Защита от повышения напряжения	59			o
Защита от повышения напряжения нулевой последовательности	59N	o	o	o
АПВ (4 цикла)	79		o	o
УРОВ	50BF		o	o
Контроль и управление выключателем			o	o
Логика блокировки		o	o	o
Датчик начальной нагрузки			o	o
Селективная логика			o	o
Мгновенный выход		o	o	o
Программируемая логика "И"			o	o
Группы уставок		1	2	2
Измерения		o	o	o
Регистрация повреждений			o	o
Регистрация событий			o	o
Регистрация осциллограмм			o	o
Средства тестирования		o	o	o
Самодиагностика		o	o	o
Подключение к сети передачи информации		o	o	o
Порт на лицевой панели RS232		o	o	o
Программная поддержка (MiCOM S1)		o	o	o

Таблица 7.6

Функциональный состав защит MiCOM

Функция	MODN	MiCOM P220	MiCOM P241	MiC. P441/442	MiCOM P141
Трёхфазная МТЗ	2 ст	1ст	2ст	2 ст	3ст
Направленная МТЗ	2 ст			2 ст	3ст
МТЗ ЗНЗ	2 ст	1ст		2 ст	3ст
Направленная ЗНЗ	2 ст		x	2 ст	x
Защита от перегрузки	X	2 ст	x	x	x
МТЗ обратного чередования фаз		2 ст	x		x
ЗНЗ по току высших гармоник					
Минимального напряжения	2 ст		x	X	x
Максимального напряжения	2 ст		x	X	x
Максимального напряжения $3U_0$	2 ст		x	x	x
Передача/блокировка				ВЧ	
Контроль синхронизма			x	X	x
Направленная по мощности	P_0		x		x
Дифференциальная защита					
Газовая защита	X				
Дистанционная от однофазных КЗ				5 ст	
Блокировка при качаниях мощности				X	

Окончание табл. 7.6

Дистанционная от междуфазных КЗ				5 ст	
Определение расстояния до места КЗ				X	
Защита от обрыва провода					
УРОВ			x		x
Логическая защита (шин)	X	X	x		x
АПВ				ОАПВ	АПВ
Защита при затирании ротора		X	x		x
Регистрация событий	8	75	75	32	75
Регистрация процесса повреждения	1,28с	3сх5	20х10,5с	20с	20х10,5с
Контроль ресурса выключателя	X	X	x		x
Число дискретных входов (макс.)	14	5	8	16	8
Число выходных реле	6	5	7	21	7
Непрерывный контроль исправности	X	X	X	X	X
Измерение тока	X	X	X	X	X
Измерение частоты	X	X	X	X	X
Измерение напряжения	X		x	X	x
Измерение мощности	X		x	X	x
Возможность подключения к сети передачи информации	X	X	X	X	X

Функциональный состав защит MODULEX3 Таблица 7.7

	Тип микропроцессорного устройства защиты, автоматики, дистанционного управления и контроля											
Функция	MX3AM30A	MX3AM0A	MX3AMD30A	MX3AMD0A	MX3AMD3A	MX3AMD20A	MX3AJ30A	MX3AJ30F	MX3AJM30A	MX3DPG3A	MX3VIC30A	MX3VIR30A
Трёхфазная МТЗ	3ст		3ст		3ст		3ст	3ст	1ст			
Направленная МТЗ					3ст	3ст						
МТЗ ЗНЗ	3ст	3ст	3ст	3ст		3ст	3ст	3ст	1ст			
Направленная ЗНЗ	3ст		3ст	3ст								
Защита от перегрузки							2ст	2ст	3ст			
МТЗ обратного чередования фаз									1ст			
Защита от минимального тока							1ст	1ст				
Минимального напряжения											2ст	2ст
Максимального напряжения											2ст	2ст
Максимального напряжения 3U0	X		X	X		X						2ст
Защита от снижения частоты											4ст	2ст
Защита от повышения частоты											2ст	2ст

Продолжение табл. 7.7

Направленная защита по мощности												
Защита от снижения мощности												
Дифференциальная защита										ген.		
Дистанционная защита												
Защита от потери возбуждения												
Газовая защита												
УРОВ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Логическая защита (шин)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
АПВ												
Защита при затирании ротора									X			
Регистрация событий	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Регистрация процесса повреждения	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с	2,5с
Контроль ресурса выключателя	X		X		X		X	X	X	X		
Счётчики срабатываний	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Измерение тока	X	$3I_0$	X	$3I_0$	X	X	X	X	X	X		
Измерение частоты								X			X	X
Измерение напряжения			$3U_0$	$3U_0$	X						X	X
Измерение мощности												
Возможность подключения к сети связи	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Продолжение табл. 7.7

Функция	Тип микропроцессорного устройства защиты, автоматики, дистанционного управления и контроля										
	MX3IPD1A	MX3R1A	MX3DPT3A	MX3DVZ3A	MX3IPG1A	MX3MUX1A	MX3MUX1B	MX3IM1A	MX3P3A	MX3EG1A	R3IPT
Трёхфазная МТЗ	3ст				3ст						3ст
Направленная МТЗ											
МТЗ ЗНЗ											3ст
Направленная ЗНЗ	3ст										
Защита от перегрузки					2ст						2ст
МТЗ обратного чередования фаз					2ст						
Защита от минимального тока											
Минимального напряжения					1ст				2ст		
Максимального напряжения					1ст				2ст		
Максимального напряжения $3U_0$	1ст								2ст		
Защита от снижения частоты									2ст		
Защита от повышения частоты									2ст		

Продолжение табл. 7.7

Функция	Тип микропроцессорного устройства защиты, автоматики, дистанционного управления и контроля										
	MX3IPD1A	MX3R1A	MX3DPT3A	MX3DVZ3A	MX3IPG1A	MX3MUX1A	MX3MUX1B	MX3IM1A	MX3P3A	MX3EG1A	R3IPT
Трёхфазная МТЗ	3ст				3ст						3ст
Направленная МТЗ											
МТЗ ЗНЗ											3ст
Направленная ЗНЗ	3ст										
Защита от перегрузки					2ст						2ст
МТЗ обратного чередования фаз					2ст						
Защита от минимального тока											
Минимального напряжения					1ст				2ст		
Максимального напряжения					1ст				2ст		
Максимального напряжения $3U_0$	1ст								2ст		
Защита от снижения частоты									2ст		
Защита от повышения частоты									2ст		

7.5 Шведская фирма «АВВ»

Шведская фирма «АВВ» – лидер в производстве силового оборудования высокого, среднего и низкого напряжения; продуктов и технологий для автоматизации. Продукция для автоматизации применяется в различных отраслях промышленности. Среди выпускаемой техники – средства управления, регулируемые приводы, Пусковые органы для автоматизации в масштабах предприятия, контрольно-измерительные приборы, низковольтные аппараты, электродвигатели и турбокомпрессоры. Подразделение фирмы для электроэнергетики предлагает комплексные решения для передачи и распределения электроэнергии. Строительство и автоматизация подстанций, технология построения высоковольтных линий постоянного тока, комплексы управления электрическими сетями, решения для повышения стабильности электрических сетей, технологии проектирования и производства кабельных линий, построение систем связи для электроэнергетики. Компания АББ имеет ряд робототехнической продукции, включая программное обеспечение, контроллеры, функциональное оборудование, специализированные отраслевые решения и комплексы услуг.

Терминалы защиты и автоматики SPAC-800 в России выпускаются совместным предприятием ООО «АББ Реле-Чебоксары».

Серия защит SPAC 800 была разработана более 10 лет назад. Несмотря на это она выполняет большинство возложенных на нее задач с высокой степенью надежности. В настоящее время фирма АББ не собирается принципиально модернизировать данные устройства или заменять их новыми модификациями. Терминалы входят в семейство SPACOM и совместимы с комплексной системой защиты и управления концерна АББ.

Терминалы SPAC 800 рассчитаны на потребителей, не требующих сложных видов защиты. Для построения сложных защит необходимо использование комплекса мер с использованием нескольких терминалов и дополнительных устройств, что может приводить к удорожанию системы защиты объекта. Для дополнения недостающих функций SPAC 800 используются микропроцессорные реле серий SPA 100 и SPA 300 также входящие в семейство SPACOM. Реле выполняют функции защит, измерения и

сигнализации. Некоторые реле имеют дополнительную функцию аварийного осциллографа, поставляемого по отдельному заказу.

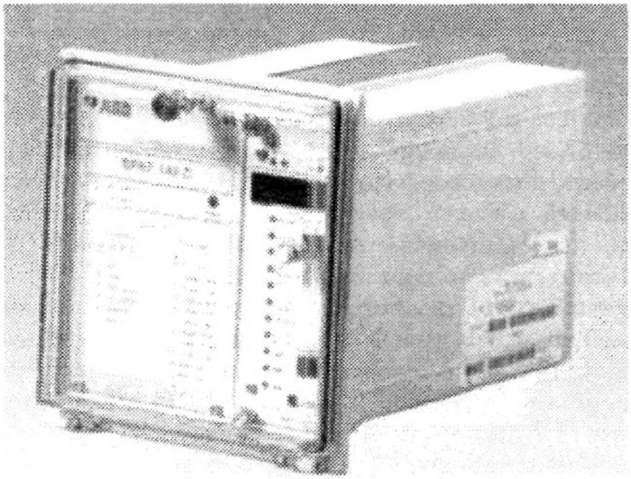

Рис. 7.8. Микропроцессорное реле частоты SPAF 140

К недостаткам SPAC 800 можно отнести устаревший недостаточно удобный интерфейс панели управления и индикации.

Достоинствами устройства являются:

- многофункциональность;
- возможность интегрирования в систему управления верхнего уровня;
- прием сигналов от внешних устройств с последующим действием на отключение или сигнализацию;
- контроль готовности цепей управления выключателем;
- регистрацию параметров аварийных событий;
- гибкая программируемая логика с действием на сигнал или отключения;
- цифровой дисплей для отображения параметров;
- интерфейс последовательной связи для передачи данных о событиях, уставках и состояния самоконтроля;
- малое потребление по цепям тока и оперативного питания; устойчивость к воздействию электрических помех.

В блоке входных трансформаторов, на вход которого подается аналоговые входные сигналы от измерительных трансформаторов тока или напряжения защищаемого присоединения сигналы преобразуется до уровней, необходимых для работы АЦП. Блок обеспечивает также разделение цепей устройств от цепей измерительных трансформаторов.

Измерительный блок выполняется на микропроцессорной элементной базе и имеет независимую систему самоконтроля, которая обеспечивает высокую надежность функционирования блока. Измерительный блок преобразует аналоговые сигналы в последовательность двоичных кодов и сравнивает их со значением уставок. Если сигналы превысят значение уставки, то в регистры памяти записываются параметры аварийного режима и формируется логический сигнал, который поступает на вход блока управления.

Блок управления выполнен на микропроцессорной элементной базе в виде блока логики L2210. Блок содержит микроЭВМ, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ). Такие же запоминающие устройства входят в измерительный блок. На вход блока управления, кроме сигналов защиты и автоматики, поступают также логические сигналы от блока дискретных входов. Блок дискретных входов обеспечивает прием внешних сигналов, например, от реле, контролирующей состояния выключателя (РПО, РПВ), до датчика дуговой защиты и др. Все поступающие сигналы блок управления обрабатывает по заранее определенному алгоритму, и формирует сигналы срабатывания выходного реле отключения и сигнализации (KL1...KL6). Микропроцессорная часть блока осуществляет постоянный контроль состояния этих реле. Предусмотрены меры, исключающие самопроизвольное их срабатывание.

Специальная серия «система REG 216/REG216» компактного исполнения предназначена для защиты генераторов и блоков генератор-трансформатор.

Функциональный состав терминалов микропроцессорных защит типа SPAC 800 и др. представлен в табл. 7.8. Как видно из таблицы, номенклатура выпускаемых устройств охватывает защиту практически всех присоединений в сетях 6 (10) кВ.

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики фирмы «ABB» Таблица 7.8

Наименование защиты	Код ANSI	ABB											
		REG 316*4-1	REG 316*4-2	REG 316*4-3	REG 316*4-4	REG 316*4-5	REG 316*4-6	REG 316*4-7	REG 216	RET 316*4-1	RET 316*4-2	RET 316*4-3	RET 316*4-4
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G		+	+	+		+						
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P		+	+	+		+						
Защита от перевозбуждения	24		+	+	+	+	+	+				+	
Защита от снижения фазного напряжения	27P		+	+	+	+	+	+				+	
Защита от снижения напряжения фазной гармоники 3U	27TN		+	+	+	+	+	+					
Дополнительная защита от снижения напряжения	27X		+	+	+	+	+	+					
Частотно зависимая защита напряжения (U(f))	27/59/81		+	+	+	+	+	+					
Чувствительная защита от ЗРЗ по P_0	32		+	+	+	+	+	+					
Защита от снижения тока нагрузки/мощности	37												
Защита от потери возбуждения	40		+	+	+	+	+	+					
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M	+	+	+	+	+	+	+					
Токовая защита обратной последовательности генератора	46G	+	+	+	+	+	+	+					

Продолжение табл. 7.8

Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49	+	+	+	+	+	+	+		+			+
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой ротора	49R	+	+	+	+	+	+	+					
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой статора	49S	+	+	+	+	+	+	+					
Дифзащита трансформатора	50/87									+	+	+	+
ТО или ступенчатая защита	50	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
ТО при замыканиях на землю	50G										+	+	+
МТЗ	51	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G									+	+	+	+
МТЗ с пуском по минимальному напряжению	51-27		+	+	+		+						
Защита от повышения напряжения	59											+	
Устройство контроля синхронизма	60				+	+	+	+					
100% диф. защита от замыканий на землю в обмотке статора	64TN							+					
Диф. защита от ЗНЗ в обмотке ротора	64R		+	+	+	+	+	+					
Направленная защита от ЗНЗ	67N												
Отключение при "выпадении" из синхронизма	78		+	+	+	+	+	+					
Частотная защита	81		+	+	+	+	+	+					
Диф. защита трансформатора с % характеристикой	87T	+	+			+							
Диф. защита от ЗНЗ	87G	+	+			+							

Продолжение табл. 7.8

		ABB										
Наименование защиты	**Код ANSI**	RET 316*4-5	RET 316*4-6	RET 316*4-7	RET 316*4-8	RET 316*4-9	RET 316*4-10	RET 316*4-11	RET 316*4-12	RET 316*4-13	RET 316*4-14	RET 521
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G			+				+				
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P			+				+				
Защита от перевозбуждения	24	+	+	+				+	+	+	+	
Защита от снижения фазного напряжения	27P	+	+	+				+	+	+	+	+
Защита от снижения напряжения фазной гармоники 3U	27TN											
Дополнительная защита от снижения напряжения	27X											
Частотно зависимая защита напряжения (U(f))	27/59/81											
Чувствительная защита от ЗР3 по P_0	32											
Защита от снижения тока нагрузки/мощности	37										+	
Защита от потери возбуждения	40											
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M											
Токовая защита обратной последовательности генератора	46G											

Продолжение табл. 7.8

Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49	+		+	+		+		+	+		+
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой ротора	49R											
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой статора	49S											
Дифференциальная защита трансформатора	50/87	+	+	+	+	+	+	+		+		+
ТО или ступенчатая защита	50		+	+		+	+	+	+	+	+	
ТО при замыканиях на землю	50G		+	+		+	+	+	+	+	+	
МТЗ	51		+	+		+	+	+	+	+	+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
МТЗ с пуском по минимальному напряжению	51-27											
Защита от повышения напряжения	59	+	+	+				+	+	+	+	+
Устройство контроля синхронизма	60											
100% дифзащита от замыканий на землю в обмотке статора	64TN											
Дифференциальная защита от ЗНЗ в обмотке ротора	64R											
Направленная защита от ЗНЗ	67N											+
Отключение при "выпадении" из синхронизма	78											
Частотная защита	81							+	+		+	+
Диф. защита трансформатора с % характеристикой	87T											
Диф. защита от ЗНЗ	87G											

Функциональный состав защит SPAC 800 Таблица 7.9

Типоисполнения терминалов	Применяемые модули и функции защит								Функции блока управления L221●							
	SPCS4D11	SPCJ 4D44	T001	SPCJ 4D28	SPCJ 4D34	SPCD 3D53	SPCU 1C6	SPCU3C15	SPCR 8C27	М/Д управление	УРОВ	МТЗ с ускорением	АПВ	Защита шин	АРВ	Дуговая защита
Терминал кабельной, воздушной линии SPAC 801-01				X						X	X	X	X2 кр			X
Терминал линии к КТП, ТСН SPAC 801-011(012)										X	X	X	X			X
Терминал кабельной, воздушной линии SPAC 801-013			X	X						X	X	X	X			X
Терминал секционного выключателя (СВ) SPAC 801-02				X*						X	X	X		X	X	X
Терминал секц., выключателя (СВ) SPAC 801-021				X*					X	X	X	X		X	X	X
Терминал вводного выключателя SPAC 801-03				X						X	X	X	X	X		X
Терминал вводного выключателя SPAC 801-031				X					X	X	X	X	X	X		X
Терминал вводного выключателя SPAC 801 -032				X*						X	X	X	X	X		X
Терминал вводного выключателя SPAC 801 -033				X*					X	X	X	X	X	X		X
Терминал асинхр. двигателя (до 5 МВТ) SPAC 802-01					X					X	X		X			X

Продолжение табл. 7.9

Терминал асинхр. двигателя (до 5 МВТ) SPAC 302-02		X			X					X	X		X			X
Терминал асинхр. двигателя (до 5 МВТ) SPAC 802-03					X				X	X	X		X			X
Терминал двухскоростного асинхр. двигателя (до 5 МВТ) SPAC 802-104 (в состав входит SPAM 150 для защиты второй скорости)					(два модуля)				(по заказу - на первой скорости)	X	X		X			X
Терминал синхр. асинхр. двиг. (>5МВТ SPAC 803-01					X	X				X	X		X			X
Терминал асинхр. двигателя (до 5 МВТ) SPAC 803-02					X					X	X		X			X
Терминал трансформатора напряжения SPAC 804							X	(два модуля)								X
Терминал кабельной, воздушной линии SPAC 805		X								X	X	X	X 2 кр.			X
Терминал вводного выключателя SPAC 806	X								(по заказу)	X	X	X	X	X		X

7.6. Международная компания «SCHNEIDER ELECTRIC»

Компания SCHNEIDER ELECTRIC (год создания – 1836) является мировым лидером в производстве электротехнического оборудования низкого напряжения и средств автоматизации. Продукция компании – это широчайшая гамма электрооборудования и услуг под всемирно известными марками Merlin Gerin, Telemecanique и Square D для четырех сегментов рынка: строительство, инфраструктура, промышленность, энергетика.

В 2003 году в состав Schneider Electric была интегрирована компания Lexel, ведущий европейский производитель электроустановочных изделий, кабеленесущих систем, пожарных сигнализаций и системных продуктов под торговыми марками Eljo, Elso, Thorsman, Wibe. С этого же времени в состав холдинга входит компания TAC, которая разрабатывает и производит системы автоматизированного управления зданиями, автоматика для систем тепло- и водоснабжения, кондиционирования, контроля доступа в помещение, программное обеспечение, системы интегрированного управления инженерными системами здания.

В 2006 году компания приобрела немецкую компанию Merten GmbH & Co Kg, предлагающую системы автоматизации для жилищного строительства и административных зданий. Компания Schneider Electric владеет 85% акций компании MGE UPS Systems (Merlin Gerin Electronics), занимающейся созданием систем гарантированного электропитания. Компания работает в 190 странах, где имеет 207 заводов и 170 сервисных центров.

На российском рынке продукция компании представлена более 25 лет. У компании 17 филиалов в крупнейших областных центрах России. Система менеджмента качества ЗАО "Шнейдер Электрик" сертифицирована AFAQ AFNOR International, международным подразделением группы AFNOR, мирового лидера в области стандартизации и сертификации.

Для защиты элементов сетей электроснабжения французская фирма выпускает два типа устройств Sepam 2000 и Sepam 1000+.

Первые устройства типа Sepam 1000+ появились на рынке в 2001 году. В настоящее время этот тип Sepam представлен тремя сериями: серия 20, 40, 80. В отличие от Sepam 2000, Sepam 1000+ имеет несколько разновидностей более простых по своему

функциональному назначению и, следовательно, более дешевых устройств. Sepam 1000+ – это новый тип устройств идущий на смену Sepam 2000. К 2008 году производство Sepam 2000 приостановлено, поддерживается лишь ремонтный задел для находящихся в эксплуатации устройств.

Терминалы Sepam 1000+ имеют модульную конструкцию, позволяющую гибко выбирать конфигурацию устройства для конкретного объекта и два варианта панели управления. Стандартная панель с сигнальными лампами используется при отсутствии постоянной необходимости местного управления работой электроустановки, т.е. при этом, контроль параметров и изменение уставок осуществляется через линию связи. В отдельных случаях может использоваться персональный компьютер с программным обеспечением SFT 2841.

Расширенный вариант панели с клавиатурой и графическим жидкокристаллическим дисплеем используется для обеспечения всей необходимой информацией при местном управлении работой установки вызов результатов измерений, данных диагностики, аварийных сообщений и т.д. для параметрирования Sepam 1000+ и настройки функций защиты. Для удобства считывания информация на экране дисплея может быть представлена на языке пользователя.

Расширенный вариант панели либо интегрируется в базовое устройство, либо может устанавливаться в виде выносного модуля в наиболее удобном для работы пользователя месте.

Для адаптации к наибольшему количеству возможных применений, а также для последующей модернизации установки Sepam может быть функционально улучшен путем добавления различных модулей, которые могут устанавливаться в любой момент в соответствии с запросами заказчика.

Устройства Sepam 1000+ серии 20 применяются там, где необходимы токовые защиты или защиты по напряжению.

Устройства Sepam 1000+ серии 40 имеют больший набор защит и применяются там, где одновременно необходимы токовые защиты и защиты по напряжению.

Устройства Sepam 1000+ серии 80 предназначены для защиты объектов большей сложности, имеют наиболее полный комплекс защит, в том числе и дифференциальные. Защиты Sepam 1000+ серии 80 практически полностью заменяют Sepam 2000.

Серия 80 Sepam 1000+, по сравнению с серией 40, имеет большие возможности по расширению количества входов/выходов.

Устройства Sepam 1000+ (серии 20,40,80) имеют функцию осциллографирования, которая для них является стандартной. Но Sepam 1000+ серии 20 не имеют функции счетчика электроэнергии, так как не имеет входов по напряжению (или току), а серии 40 или 80 имеют встроенные счетчики электроэнергии.

Устройства Sepam 1000+, имеют сменный картридж с программным обеспечением, т.е. программирование, которого может производить заказчик аналогично серии 40, но с большими возможностями по количеству логических уравнений.

Устройства подключаются к информационной системе управления и контроля, к одной сети могут быть присоединены Sepam 1000+ и Sepam 2000 в различных комбинациях. Они могут быть адаптированы к специальным видам применения с помощью программного обеспечения SFT 2841, позволяющего выполнять настройку матрицы управления в соответствии с требованиями заказчика. Матрица управления проводит информацию с логических входов, выдаваемой функциями защиты, функциями управления и контроля к 9 сигнальным лампам на передней панели Sepam, выходным реле, включению записи осциллограмм аварийных режимов.

Устройство Sepam серии 40 снабжено программой (редактором) логических уравнений, используемой для адаптации стандартных функций управления к различным особым типам применения путем программирования требующихся дополнительных функций. Редактор логических уравнений группирует входные логические данные, выдаваемые функциями защиты, логическими входами. Результат уравнения может быть назначен через матрицу управления логическому выходу, сигнальной лампе, сообщению или передан по линии связи в виде нового телесигнала. Так же может быть использован функцией управления цепью выключателя/контактора для отключения, включения, блокировки включения выключателя, или для повторного включения функции защиты. Ввод сигналов уравнения сопровождается функцией «комментариев и подсказок».

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики Sepam 1000+ серии 20 Таблица 7.1

Функции	код ANSI	Типы Sepam				
		Подстанция S20	Трансформатор T20	Электродвиг. M20	Сборные шины B21	B22
Защиты						
Максимальная токовая в фазах w	50/51	4	4	4		
Максимальная токовая на землю (или нейтраль) (1)	50N/51N	4	4	4		
Небаланс/обратная последовательность	46	1	1	1		
Тепловая защита	49 RMS		2	2		
Минимальная токовая в фазах	37			1		
Затянутый пуск, блокировка ротора	48/51 LR			1		
Количество пусков в час	66			1		
Минимальная напряжения прямой последовательности	27D/47				2	2
Минимального напряжения, однофазная	27R				1	1
Минимального линейного напряжения	27				2	2
Минимального фазного напряжения	27S				1	1
Максимального линейного напряжения	59				2	2
Максимального напряжения нулевой последовательности	59N				2	2
Максимальной частоты	81H				1	1
Минимальной частоты	81L				2	2
Скорость изменения частоты	81R					1
АПВ (4 цикла)	79	□				

Продолжение табл. 7.10

Термостат / газовое реле			□			
Контроль температуры (2)	38/49T		□	□		
Измерения						
Фазный ток (I1, I2, I3, RMS)		■	■	■		
Ток нулевой последовательности (Io)		■	■	■		
Среднее значение тока (I1, I2, I3)		■	■	■		
Максиметр фазного тока (IM1, IM2, IM3)		■	■	■		
Линейное напряжение (U21, U32, U13)					■	■
Фазное напряжение (V1, V2, V3)					■	■
Напряжение нулевой последовательности (Vo)					■	■
Напряжение прямой последовательности (Vd)/направление вращения					■	■
Частота					■	■
Измерение температуры (2)			□	□		
Диагностика сети						
Токи отключения (I1, I2, I3, Io)		■	■	■		
Коэффициент несимметрии / ток обратной последовательности (Ii)		■	■	■		
Счетчик часов работы			■	■		
Коэффициент тепловой перегрузки			■	■		
Время работы до отключения по перегрузке			■	■		
Время ожидания после отключения по перегрузке			■	■		

Продолжение табл. 7.10

Ток и длительность пуска				■		
Время запрета пуска/количество пусков до запрета				■		
Запись осциллограмм аварийных режимов		■	■	■	■	■
Диагностика аппаратуры						
Кумулятивное значение токов отключения		■	■	■		
Контроль цепи отключения		□	□	□	□	□
Количество коммутаций		□	□	□		
Время коммутации		□	□	□		
Время взвода привода		□	□	□		
Самодиагностика						
Устройство отслеживания готовности		■	■	■	■	■
Тестирование выходных реле (3)		□	□	□	□	□
Управление и контроль						
Управление выключателем / контактором (4)		□	□	□	□	□
Логическая селективность		□	□	□		
4 программируемых логических выхода		■	■	■	■	■

Окончание табл. 7.10

Дополнительные модули						
MET 148- 8 входов для датчиков температуры			□	□		
MSA 141-1 аналоговый выход низкого уровня		□	□	□	□	□
MES 108 (41/40) или MES 114 (101/40)		□	□	□	□	□

■ Базовый.

□ В соответствии с параметрированием и выбором модулей входов/выходов MES 103 или MES 114.

(1) 4 экземпляра с возможностью логической селективности или переключения с одной группы уставок на другую.

(2) Только с модулем MET 148, 2 порога на датчик.

(3) Только с усовершенствованным интерфейсом "человек-машина"

(4) № Для катушки при подаче или исчезновении напряжения в соответствии с параметрированием.

(5) Выполняет функции типа B20.

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики Sepam 1000+ серии 40 Таблица 7.11

Функции	код ANSI	Типы Sepam						
		Подстанция			Трансформатор		Двигатель	Генератор
		S40	S41	S42	T40	T42	M41	G40
Защиты								
Макс. токовая в фазах	50/51	4	4	4	4	4	4	4
Макс. токовая с торможением	50V/51V							1
От замыканий на землю, чувствительная от замыканий на землю	50N/51N 50G/51G	4	4	4	4	4	4	4
Отказ выключателя	50BF	1	1	1	1	1	1	1
Обратная последовательность / небаланс	46	2	2	2	2	2	2	2
Макс. направленная токовая в фазах	67			2		2		
Макс. направленная на землю	67N/67NC		2	2		2	2	
Макс. направленная активной мощности	32P		1	1			1	1
Максимальная направленная реактивной мощности	32Q/40						1	1
Тепловая перегрузка	49RMS				2	2	2	2
Минимальный ток в фазах	37						1	
Затянутый пуск /блокировка ротора	48/51LR/ 14						1	
Число стартов в час	66						1	
Мин. напряжения прямой последовательности	27D						2	
Мин. остаточного напряжения	27R						1	
Мин. напряжения[3]	27/27S	2	2	2	2	2	2	2
Макс. напряжения[3]	59	2	2	2	2	2	2	2

Продолжение табл. 7.11

Напряжения нулевой последовательности	59N	2	2	2	2	2	2	2
Максимальное напряжения обратной последовательности	47	1	1	1	1	1	1	1
Максимальной частоты	81H	2	2	2	2	2	2	2
Минимальной частоты	81L	4	4	4	4	4	4	4
АПВ (4 цикла)	79	□	□	□				
Контроль температуры (8 или 16 датчиков RTD, по 2 уставки на датчик)	38/49T				□	□	□	□
Термостат/ газовое реле					□	□		
Измерения								
Фазный ток (I1, I2, I3, RMS) Ток нулевой последовательности (Io)		■	■	■	■	■	■	■
Среднее значение тока (I1, I2, I3) Максиметр фазного тока (IM1, IM2, IM3)		■	■	■	■	■	■	■
напряжение (U21, U32, U13, V1, V2, V3), напряжение нулевой последовательности (Vo)		■	■	■	■	■	■	■
Напряжение прямой последовательности (Vd)/направление вращения фаз. Напряжение обратной последовательности (Vi)		■	■	■	■	■	■	■
Частота		■	■	■	■	■	■	■
Активная, реактивная и полная мощность (P, Q, S) Максиметр PM, QM коэффициент мощности		■	■	■	■	■	■	■

Продолжение табл. 7.11

Расчетная активная и реактивная энергия (=Вт.ч, ±ВАр.ч)		■	■	■	■	■	■	■
Активная и реактивная энергия (расчет по импульсам) (=Вт.ч, ВАр.ч)					□	□	□	□
Температура					□	□	□	□
Диагностика сети и машины								
Контекст отключения		■	■	■	■	■	■	■
Ток отключения (I1, I2, I3, Io)		■	■	■	■	■	■	■
Коэффициент несимметрии/ток обратной последовательности (Ii)		■	■	■	■	■	■	■
Сдвиг фаз (φ0, φ1, φ 2, φ3)		■	■	■	■	■	■	■
Запись осциллограмм аварийных режимов		■	■	■	■	■	■	■
Нагрев					■	■	■	■
Время работы до отключения по перегрузке					■	■	■	■
Счетчик ожидания после отключения по перегрузке					■	■	■	■
Счетчик часов работы/время работы					■	■	■	■
Ток и время пуска							■	
Время запрета пуска, количество пусков до запрета							■	
Диагностика аппарата								
Кумулятивное значение токов отключения		■	■	■	■	■	■	■
Контроль цепи отключения время		□	□	□	□	□	□	□
Количество коммутаций, время наработки, время взвода привода		□	□	□	□	□	□	□

Окончание табл. 7.11

Контроль TT/TH	60FL	■	■	■	■	■	■	■
Контроль и управление								
Управление выключателем / контактором [1]	94/69	■	■	■	■	■	■	■
Удержание /квитирование	86	■	■	■	■	■	■	■
Логическая селективность	68	□	□	□	□	□	□	□
Переключение групп уставок		■	■	■	■	■	■	■
Редактор логических уравнений		■	■	■	■	■	■	■
Дополнительные модули								
8 входов для присоединения температурных датчиков модуль MET 148- 2[2]					□	□	□	□
1 низкоуровневый аналоговый выход MSA 141		□	□	□	□	□	□	□
Логические вх./вых.-модуль MES 108 (4вх/4вых) или MES 114 (10вх/4вых)		□	□	□	□	□	□	□
интерфейс RS485-модуль ACE 949-2 (2 провода) или ACE 959 (4 провода)		□	□	□	□	□	□	□

■ стандарт,

□ в зависимости от параметров и требований заказчика: модули с логическими входами/выходами MES108, MES114 или MET 148-2.

[1] Для выключателя с катушкой отключения при подаче или исчезновении напряжения.

[2] Возможно использование 2 модулей.

[3] Исключительный выбор: фазное или линейное напряжение для каждой двухрелейной группы.

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики Sepam 1000+ серии 80 Таблица 7.12

Функции	код ANSI	Подстанция				Трансф-тор			Двигатель			Генератор			Сборн. шины		Дат.
		S80	S81	S82	S84	T81	T82	T87	M81	M87	M88	G82	G87	G88	B80	B83	C86
Защиты																	
Макс. токовая защита в фазах [1]	50/51	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Макс. токовая защита от замыканий на землю / чувствительная от замыканий на землю [1]	50N/51N 50G/51G	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Защита УРОВ	50BF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Макс. защита обратной последовательности	46	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Тепловая защита кабеля	49RMS		2	2	2												
Тепловая защита электрической машины [1]	49RMS					2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Тепловая защита конденсатора	49RMS																2
Небаланс конденсаторных батарей	51C																8
Дифференциальная защита от замыканий на землю	64REF					2	2	2				2		2			
Дифференциальная защита двухобмоточного трансформатора	87T							1			1			1			
Дифференциальная защита электрической машины	87M									1			1				
Макс. направленная токовая защита в фазах [1]	67			2	2		2	2				2	2				
Макс. направленная защита от замыканий на землю [1]	67N/67NC		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Макс. направленная защита активной мощности	32P		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

Продолжение табл. 7.12

Макс. направленная защита реактивной мощности	32Q								1	1	1	1	1	1			
Мин. направленная защита активной мощности	32P				2							2					
Мин. токовая защита в фазах	37								1	1	1						
Затянутый пуск / блокировка ротора	48/51LR								1	1	1						
Ограничение количества пусков	66								1	1	1						
Защита от асинхронного режима с потерей возбуждения (мин. полного сопротивления)	40								1	1	1	1	1	1			
Защита от потери синхронизма	78PS								1	1	1	1	1	1			
Макс. защита частоты вращения (2 уставки) [2]	12								□	□	□	□	□	□			
Мин. защита частоты вращения (2 уставки) [2]	14								□	□	□	□	□	□			
Макс. токовая защита с коррекцией по напряжению	50V/51V											2	2	2			
Мин. защита полного сопротивления	21B											1	1	1			
Защита от ошибочного включения в сеть	50/27											1	1	1			
Защита минимального напряжения нулевой последовательности 3-й гармоники / полная защита статора от замыканий на землю	27TN/ 64G2 64G							2				2	2	2			
Контроль насыщения (В/Гц)	24											2	2	2			

Продолжение табл. 7.12

Защита мин. напряжения (линейное или фазное)	27	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4
Защита мин. напряжения прямой последовательности	27D	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Защита мин. напряжения, однофазная	27R	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2
Защита макс. напряжения (линейное или фазное)	59	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Защита макс. напряжения нулевой последовательности	59N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Защита макс. напряжения обратной последовательности	47	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Защита максимальной частоты	81H	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Защита минимальной частоты	81L	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Защита по скорости изменения частоты	81R				2												
АПВ (4 цикла) [2]	79	□	□	□	□												
Термостат / газовое реле [2]	26/63					□	□	□	□		□	□		□			
Контроль температуры (16 датчиков) [3]	38/49T					□	□	□	□	□	□	□	□	□			□
Контроль синхронизма [4]	25	□	□	□	□	□	□	□				□	□	□	□	□	
Контроль и управление																	
Управление выключателем / контактором	94/69	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Автоматическое переключение источников питания (ATS) [2]		□	□	□	□	□	□	□									
ЗМН с автоматическим возвратом									■	■	■						

Продолжение табл. 7.12

Снятие возбуждения												■	■	■			
Останов турбины												■	■	■			
Управление конденсаторными батареями [2]																	□
Логическая селективность [2]	68	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Удержание / квитирование	86	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Сигнализация	30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Переключение групп уставок		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Редактор логических уравнений		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Программирование с помощью Logipam (рабочий язык)		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Измерения																	
Фазный ток (действующее значение) (I1, I2, I3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Вычисленный ток нулевой последовательности (I0Σ)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Среднее значение тока (I1, I2, I3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Максиметры тока (IM1, IM2, IM3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Измеренный ток нулевой последовательности (I'0)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Напряжение (U21, U32, U13, V1, V2, V3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Напряжение нулевой последовательности (V0)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Напряжение прямой последоват. (Vd)/направление вращения фаз)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Продолжение табл. 7.12

Напряжение обратной последовательности (V1)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Частота		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Активная мощность (P, P1, P2, P3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Реактивная мощность (Q, Q1, Q2, Q3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Полная мощность (S, S1, S2, S3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Максиметры мощности (PM, QM)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Коэффициент мощности		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Вычисленная активная и реактивная энергии (±Вт.ч, ±ВАр.ч)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Активная и реактивная энергии (имп. счетчик)[2] (±Вт.ч, ±ВАр.ч)		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Фазный ток (действ. значение) (I'1, I'2, I'3)								■		■	■		■	■			
Вычисленный ток нулевой последовательности (I'0Σ)								■		■	■		■	■			
Напряжение U'21, V'1 и частота b															■		
Напряжение U'21, U'32, U'13, V'1, V'2, V'3, V'd, V'1 и частота,																■	
Напряжение нулевой последовательности (V'0)																■	
Температура (16 датчиков) [6]						□	□	□	□	□	□	□	□	□			□
Частота вращения [5]									□	□	□	□	□	□			
Напряжение нейтрали (Vnt)									■	■	■	■	■	■			

Продолжение табл. 7.12

Диагностика сети и электрической машины																	
Контекст отключения		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ток отключения (TripI1, TripI2, TripI3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Счетчики отключений при межфазном замыкании и замыкании на землю		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Коэффициент несимметрии / ток обратной последовательности (I1)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Полный коэффициент гармоник тока и напряжения (Ithd, Uthd)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Сдвиг фаз φ_0, φ'_0, $\varphi 0\Sigma$		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Сдвиг фаз φ_1, φ_2, φ_3		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Запись осциллограмм аварийных режимов		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Нагрев			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■
Время работы до отключения по перегрузке			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■
Время ожидания после отключения при перегрузке			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■
Счетчик часов работы / время работы						■	■	■	■	■	■	■	■	■			■
Ток и время пуска									■	■	■						
Время запрета пуска									■	■	■						
Количество пусков до запрета									■	■	■						
Коэффициент несимметрии / ток обратной последовательности (I2)								■		■	■		■	■			

Продолжение табл. 7.12

Дифференциальный ток (Idiff1, Idiff2, Idiff3)								■		■	■		■	■			
Сквозной ток (It1, It2, It3)								■		■	■		■	■			
Фазовый сдвиг θ между токами I и I'								■		■	■		■	■			
Полное сопротивление прямой последовательности Zd		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Межфазное полное сопротивление Z21, Z32, Z13		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Напряжение гармоники 3, нейтрали или нулевой последовательности												■	■	■			
Отклонение амплитуды, частоты, фазовый сдвиг напряжений, значения которых сравниваются для контроля синхронизма (4)		□	□	□	□	□	□	□				□	□	□	□	□	
Ёмкость и токи небаланса конденсатора																	■
Диагностика выключателя																	
Контроль TT/TH	60/60FL	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Контроль цепи отключения (2)	74	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Контроль питания Sepam		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Кумулятивное значение токов отключения		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Количество коммутаций, время наработки, время взвода привода, количество ложных срабатываний выключателя (2)		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

Окончание табл. 7.12

Связь Modbus, IEC 608705103 или DNP3																
Считывание измерений [5]		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

■ стандарт,

□ - в соответствии с требованиями Заказчика.

[1] Функция защиты, имеющая 2 группы уставок.

[2] В соответствии с установленными параметрами и наличием модулей входов/выходов MES 120.

[3] С дополнительными модулями MET 148-2, имеющими входы подключения температурных датчиков.

[4] С дополнительным модулем MCS 025 для контроля синхронизма.

[5] С модулем связи ACE 949(2, ACE 959, ACE 937, ACE 969TP или ACE 969FO.

Все представленные устройства могут оснащаться следующими функциями: телесигнализация и временная маркировка событий; команды дистанционного управления; дистанционная настройка защит; передача данных записи осциллограмм аварийных режимов.

7.7. Компания «General Electric»

Компания «General Electric» (GE) – многопрофильная компания, работающая в сфере высоких технологий, производственных, информационных и финансовых услуг для решения сложнейших проблем сегодняшнего дня. Деятельность компании охватывает производство авиадвигателей, энергетического оборудования, систем безопасности, пластмасс, оборудования для водоподготовки и очистки воды, разработку методов визуализации в медицине, оказание финансовых услуг компаниям и частным лицам и создание телевизионных программ и фильмов. Свыше 300,000 сотрудников компании работают более чем в 100 странах мира.

История компании начинается с 1878 года, когда американский изобретатель Томас Эдисон основал компанию Edison Electric Light. После слияния с компанией Thomson-Houston в 1892 году была создана компания General Electric.

Компания GE Consume and Industrial Multilin – одна из 4-х ведущих производителей устройств релейной защиты и автоматики. Выпускаемые устройства РЗА серий UR, SR и M предназначены для обеспечения защиты генераторов, силовых трансформаторов, линий электропередачи различных классов напряжения, шин системообразующих, и транзитных подстанций, мощных синхронных и асинхронных электродвигателей управления выключателями присоединений 10 кВ и выше.

GE стремится достичь мирового лидерства в каждом из направлений своей деятельности. Для того чтобы добиться поставленных целей, существующая бизнес-стратегия GE сфокусирована на пяти ключевых факторах роста компании.

Функциональная система – это круглогодичный цикл интенсивных учебных занятий, на которых встречаются и обмениваются накопленными знаниями руководители отделений GE, а также лучшие сотрудники GE и других компаний.

Инновации – основа прошлого и ключ к будущему.

Исследовательский центр GE Global Research – один из наиболее многопрофильных исследовательских центров в мире, разрабатывающий инновационные технологии для всех отделений компании «General Electric».

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики Фирмы General Electric Таблица 7.13

Наименование защиты	Код ANSI	B30	B90	C30	C60	D30	D60	F35	F60	G60	L60	L90	M60	T35	T60
Дистанционная защита от замыканий на землю	21G					3	4				1	1			
Дистанционная защита от междуфазных замыканий	21P					3	4			3	1	1			
Защита от перевозбуждения	24									+					+
Контроль синхронизма	25				+	+	+		+	+	+	+			
Защита от снижения фазного напряжения	27P	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Защита от снижения напряжения фазной гармоники 3U	27TN									+					
Дополнительная защита от снижения напряжения	27X		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Чувствительная защита от ЗР3 по Ро	32				+				+	+			+		
Защита от потери возбуждения	40									+					
Токовая защита обратной последовательности двигателя	46M												+		
Токовая защита обратной последовательности генератора	46G									+					
Защита от перегрузки с тепловой характеристикой	49												+		
Защита от несанкционированного включения	50/27									+					
Дифференциальная защита трансформатора	50/87													+	+
Дифференциальная защита шин	50/87	+	+												

Продолжение табл. 7.13

Контроль цепей ТТ	50/74	+	+								+	+			
Детектор повреждений	50DD				+	+	+		+	+	+	+			
УРОВ	50BF		+		+		+		+		+	+			
ТО при междуфазных замыканий	50P	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
ТО при замыканиях на землю	50G					+	+	+	+	+	+	+	+		+
ТО при однофазных замыканиях на землю	50N					+	+	+	+	+	+	+	+		+
ТО обратной последовательности	50_2					+	+		+		+	+			
МТЗ при междуфазных замыканиях	51P	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
МТЗ при замыканиях на землю	51G					+	+	+	+	+	+	+	+		+
МТЗ обмотки статора от 3Н3	51GN														
МТЗ при однофазных замыканиях на землю	51N	+				+	+	+	+	+	+	+			+
МТЗ обратной последовательности	51_2					+	+		+		+	+			
Защита от повышения напряжений нулевой последовательности	59N	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Защита от повышения фазного напряжения	59P					+	+		+	+	+	+	+		+
Дополнительная защита от повышения напряжения	59X	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Защита от повышения напряжения обратной последовательности	59_2					+	+		+	+			+		
100% дифзащита от замыканий на землю в обмотке статора	64TN									+					
Направленная МТЗ	67P					+	+		+	+	+	+			+

Окончание табл. 7.13

Направленная защита от ЗНЗ	67N					+	+		+	+	+	+			+
Направленная защита от ЗНЗ обм статора	67G														
Направленная токовая защита обратной последовательности	67_2					+	+		+		+				
Блокировка при качаниях	68					+	+			+	+	+			
Отключение при "выпадении" из синхронизма	78					+	+			+	+	+			
АПВ	79				1/3Р	3р	1/3Р	3Р	3Р		3Р	1/3Р			
Защита от снижения частоты	81U							+	+	+					+
Защита от повышения частоты	81O								+	+					+
Диф. защита трансформатора с % характеристикой	87T													+	+
Дифференциальная защита от ЗНЗ	87G														+
Дифференциальная защита шин	87B	+	+												
Дифференциальная защита статора	87S									+			+		
Дифференциальная защита линии	87L											+			
ДФЗ	87PC										+				

7.8. Концерн «Siemens AG»

Продукция концерна «Siemens AG» представлена более, чем в 190 странах мира, предприятие входит в число лидеров среди компаний и организаций по широте и географии присутствия. По результатам 2006 финансового года оборот компании составил 87,325 млрд евро, при портфеле новых заказов 96,259 млрд евро.

В структуру Siemens AG входят следующие направления деятельности:

- промышленный сектор «Industry»;
- подразделение промышленной автоматики «Industrial Automation»;
- подразделение динамического контроля «Motion Control»;
- подразделение автоматики строительной индустрии и электроустановок зданий «Building Automation»;
- энергетический сектор «Energy»;
- подразделение традиционной энергетики «Fossil Power Generation»;
- подразделение энергетики возобновляемых источников «Renewable Energy»;
- подразделение автоматики нефте- и газоразработок «Oil & Gas»;
- подразделение электрических вращающихся машин «Service Rotating Equipment»;
- подразделение магистральных электрических сетей «Power Transmission»;
- подразделение распределительных сетей «Power Distribution»;
- сектор здравоохранения «Healthcare».

Концерн «Siemens AG» выпускает многофункциональные микропроцессорные блоки (реле) защиты генераторов, двигателей и трансформаторов серии «SIPROTEC» 7UM62.

Микропроцессорные устройства защиты типа «7UM62» – это компактные многофункциональные устройства, которые разработаны для генераторов электростанций малого и среднего размера и защиты двигателей и трансформаторов собственных нужд.

Устройство может быть использовано для защиты электрооборудования:

- гидроэлектростанций или гидроаккумулирующих электростанций;

- теплоэлектроцентралей;
- электростанций, использующих возобновляемые источники энергии, такие как ветер, солнце или биогазы;
- дизельных генераторных станций;
- газотурбинных электростанций;
- промышленных электростанций;
- теплоэлектростанций.

В комплектное устройство возложены следующие функции защиты:

- дифференциальная токовая защита генераторов, двигателей и трансформаторов;
- защита обмотки статора от замыканий на землю, чувствительная защита от замыканий на землю;
- защита обмотки статора от перегрузки;
- максимальная токовая защита (с независимой характеристикой или с обратнозависимой выдержкой времени);
- направленная максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени;
- защита от понижения или повышения напряжения;
- защита от повышения или понижения частоты;
- защита от перевозбуждения или недовозбуждения;
- внешняя развязка цепей;
- защита по направлению мощности;
- защита по току обратной последовательности;
- защита ротора от замыканий на землю (измерение f, R);
- контроль времени пуска электродвигателя и запрет повторного пуска для двигателей.

На основе базовой модели «SIRPOTEC» ОАО «Чебоксарский электроаппаратный завод» производит шкаф защиты блока генератор-трансформатор Ш.2106. Комплекс защит состоит из двух независимых и дублирующих друг друга систем защит, расположенных в двух шкафах.

Система защит блока серии «SIPROTEC» позволяет реализовать следующие функции:

- дифференциальная защита трансформатора блока;
- продольная дифференциальная защита генератора;
- поперечная дифференциальная защита генератора;
- защита от асинхронного режима;
- защита от наброса обратной мощности;

- МТЗ блочного трансформатора на стороне высокого напряжения;

- защита от повышения напряжения;

- токовая защита нулевой последовательности на стороне ВН;

- токовая защита обратной последовательности;

- защита от замыканий на землю в обмотке статора генератора;

- УРВ выключателя генератора;

- полная (100%) защита обмотки ротора от замыканий на корпус;

- полная (100%) защита статора от замыканий на землю.

В терминалах этой серии еще предусмотрены:

- измерение режимных параметров;

- осциллографирование переходных процессов и регистрация аварийных событий.

Цифровые устройства релейной защиты и автоматики концерна «Siemens AG» Таблица 7.14

Тип защиты		Дистанционная защита		Диф. продольная защита линии		Диф. продольная защита линии		Токовая ступенчатая защита				Защита двигателя		Диф. защита с торможением					Защита генератора				АПВ, контр. синх.	Синхронизация
№ по ANSI	Тип устройства Функция Устройства РЗА	7SA511	7SA513	7SD502	7SD503	7SD511	7SD512	7SJ60	7SJ511	7SJ512	7SJ531	7SJ551	7SJ60	7VH80	7UT512	7UT513	7SS50/51/52	7VH83	7UM511	7UM512	7UM515	7UM516	7VK512	7VE51
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14	Снижение скорости вращения (торможение) ротора										*	*												
21	Дистанционная защита (фаза)	*	*																			*		
21N	Дистанционная защита (земля)	*	*																					
24	Перевозбуждение																				*			
25	Контроль синхронизма	*	*																				*	*
27	Снижение напряжения									*	*	*							*	*	*			
27/59 /81	Частотнозависимая защита напряжения U/f (от недовозбуждения)																			*	*			
32	Направление мощности генератора																		*	*		*		
32F	Контроль мощности генератора в прямом направлении																		*	*		*		
32R	Реверс мощности																		*		*	*		
37	Снижение тока нагрузки/мощности										*	*								*				

Продолжение табл. 7.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
40	Потеря возбуждения																		*					
46	Несимметричная нагрузка, токовая защита обратной последовательности							*		*	*	*	*						*	*		*		
47	Обрат. последовательность напряжения	*	*																					
48	Неполнофазный режим, защита пусковых режимов двигателя										*	*	*											
49	Тепловая перегрузка	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*			*					
49R	Тепловая перегрузка ротора										*	*	*											
49S	Тепловая перегрузка статора										*	*	*						*					
50	Токовая отсечка/ступенчатая защита			*	*			*	*	*	*	*	*		*	*			*					
50N	Токовая отсечка (земля)							*	*	*	*	*	*											
50G	Токовая отсечка (двигатель)										*	*												
50NS	Токовая защита статора от замыканий на землю									*										*	*			
50NR	Токовая защита ротора от зам-й на землю									*										*	*			
51	Токовая защита с выдержкой времени	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*		*		
51N	Токовая защита от КЗ на землю с выдержкой времени	*	*			*	*	*	*		*	*							*	*				
51G	Токовая защита от замыканий на землю с выдержкой времени										*	*	*		*	*					*			
51GN	Защита обмотки статора от замыканий на землю										*	*						*	*	*				
53	Защита от недовозбуждения																		*					

Продолжение табл. 7.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
55	Снижение cos φ <									*	*													
59	Защита от повышения напряжения		*								*	*							*	*	*	*		
59N	Защита напр. нулевой посл-ти									*	*								*		*	*		
64	Защита от замыканий на землю																		*	*	*	*		
64R	Защита обмотки ротора от замыканий на землю						*				*								*	*	*			
64S	100% обмотки статора от замыканий на землю																				*			
67	Токовая направленная защита						*			*	*													
67N	Токовая направленная защита от замыканий на землю	*	*				*			*	*	*												
67G	Токовая направленная защита от замыканий на землю об-ки статора																			*				
68/78	Защита от асинхронного режима, потери синхронизма	*	*																			*		
79	АПВ	*	*				*	*		*	*	*											*	
81	Частотная защита																		*	*	*			
81R	Защита от перевозбуждения генератора U/f с моделированием тепловой характеристики																				*			

Окончание табл. 7.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
81V	Частотная защита, комбинированная по напряжению																				*			
85	Логика приёма/передачи, телесигнализация	*	*																					
86	Защита пусковых режимов двигателя (интегральная тепловая характеристика)										*	*												
87	Продольная диф. защита линии (с проводными каналами)			*	*																			
87L	Диф. защита линии с цифровыми / оптоволоконными каналами					*	*																	
87T	Диф. защита трансформатора														*	*								
87G	Диф. защита генератора														*	*								
87M	Диф. защита двигателя														*	*		*						
87N	Чувствительная дифзащита от КЗ на землю (сравнение $3I_0$)													*		*								
87B	Дифференциальная защита шин																*	*						
BF	УРОВ		*						*	*	*						*							

Контрольные вопросы

1. Какие защиты выпускает НПП «ЭКРА»?
2. В какой области релестроения специализируется НТЦ «Механотроника»?
3. Назовите направления деятельности отечественной фирмы «Радиус».
4. Чем отличаются устройства серии «MICOM» от серии «MODULEX3» компании «AREVA»?
5. Какие терминалы защит появились на отечественном рынке релейной защиты и автоматики?

8. СОПОСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

8.1. Сравнение микропроцессорных устройств БМРЗ производства НТЦ «Механотроника» с аналогичными устройствами зарубежных фирм

Современные микропроцессорные терминалы являются многофункциональными устройствами, реализующими функции релейной защиты, автоматики, измерения, управления выключателем, УРОВ и сигнализации на уровне одного присоединения. Отдельные терминалы защит, объединяемые в локальную сеть, образуют низший уровень координированной системы управления энергообъектом. Выпускаемые различными фирмами микропроцессорные терминалы имеют в значительной мере совпадающие функциональные возможности и выполнены в соответствии с одними и теми же стандартами и рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Микропроцессорные терминалы НТЦ «Механотроника» серии БМРЗ обеспечивают следующие функциональные возможности:

- выполнение функций защит, автоматики и управления, определенных ПУЭ, т.е. в том объеме, что регламентировано нормативными документами нашей страны;
- сигнализацию срабатывания защит, автоматики, положения коммутационных аппаратов и выключателя;
- местное и дистанционное управление выключателем с переключением режима управления;
- задание внутренней конфигурации (ввод защит, выбор характеристик, числа ступеней защиты и т.д.) программным способом;
- местный и дистанционный ввод уставок, их хранение и отображение;
- хранение двух наборов уставок (программ) и переключение программ автоматически при смене направления мощности либо по внешнему сигналу;
- отображение текущих электрических параметров защищаемого объекта;

- фиксацию, хранение и отображение аварийных электрических параметров для девяти последних событий с автоматическим обновлением информации;
- осциллографирование аварийных процессов;
- хранение и выдачу информации о количестве и времени пусков, срабатываний защит;
- учет числа отключений выключателя и циклов его АПВ;
- пофазный учет токов при аварийных отключениях выключателя для контроля ресурса;
- непрерывный оперативный контроль работоспособности терминала, самодиагностика в течение всего времени работы;
- блокировку всех выходов при неисправности терминала для исключения ложных срабатываний и выполнение МТЗ на отключение при неисправностях, не влияющих на работу максимальной токовой защиты;
- получение дискретных сигналов управления и блокировки, выдачу команд управления, а также аварийной и предупредительной сигнализации;
- защиту от ложных срабатываний дискретных входных цепей при нарушении изоляции в цепях оперативного тока КРУ;
- двусторонний обмен информацией с АСУ и ПВЭМ по стандартным последовательным каналам связи;
- подключение к импульсным выходам счетчиков электроэнергии для передачи информации в АСУ.

Алгоритмы функционирования защиты и автоматики, а также интерфейсы для внешних подключений блока разработаны в соответствии с техническими требованиями к отечественным системам УРЗА, что обеспечивает их совместимость с устройствами, находящимися в эксплуатации. Надежность систем релейных защит, выполненных на блоках БМРЗ, значительно выше, чем у защит, выполненных на электромеханических релейных элементах. Опыт внедрения устройств БМРЗ позволяет рекомендовать их, как современные надежные устройства защит, обладающие большими функциональными возможностями [19].

Ниже, в таблицах 8.1– 8.6 Приведены основные функции защит НТЦ «Механотроника» и зарубежных производителей для взаимосопоставления их основных параметров.

Таблица 8.1

Защиты вводной ячейки

Наименование функций защит и автоматики	Код ANSI	Сущест-вующие	Рекомендуемые	БМРЗ-ВВ	SPAC 801.03	Sepam 1000+ S41	ALSTOM MiCOM P 127
МТЗ	50/51	МТЗ	МТЗ с пуском по напряжению	МТЗ с пуском по напряжению 3 ступени	МТЗ 3 ступени	МТЗ 4 ступени пуск по напряжению программируется	МТЗ 3 ступени пуск по напряжению программируется
МТЗ направленная	67			1 ступень	Нет	Нет	3 ступени
ЗОФ	46		ЗОФ	ЗОФ	Защита от несимметричной работы нагрузки	Максимальная обратной последовательности / небаланса	Максимальная обратной последовательности / небаланса
ЗНЗ направленная	67N			Нет	Нет	2 ступени	3 ступени
ЗНЗ ненаправленная	50N/51N		ЗНЗ	Сигнализация ОЗЗ	3 ступени	4 ступени	3 ступени
Защита по направлению мощности	32P(32N)		Используется для ЗПП	Не требуется т.к. Есть ЗПП	Нет	Макс. направленная активной мощности	Защита по мощности (P0 или I0 Cos)
Защита минимального напряжения	27/27S		Используется для пуска МТЗ	Нет	Нет	2 ступени	2 ступени
Защита от повышения напряжения нулевой последовательности	59N			Нет	Нет	2 ступени	1ступень
Защита макс. частоты	81H			Нет	Нет	2 ступени	Нет
Защита мин. частоты	81L		Используется для ЗПП	Не требуется т.к. Есть ЗПП	Нет	4 ступени	Нет

Окончание табл. 8.1

ЗПП			ЗПП	ЗПП	Нет	Программируется	Программируется
УРОВ	50BF		УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
АПВ	79		АПВ	АПВ	АПВ	АПВ 4 цикла	АПВ 4 цикла
ЛЗШ	68		ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ
АВР			АВР	АВР	Нет	Программируется	Программируется
Дуговая защита				Вход	Вход	Вход	Вход
Аварийный осциллограф				Регистрация параметров аварийных событий 2 точек/период 9 записей	Нет	7 аналоговых 10 дискретных 12 точек/период до 19 записей максимум 10 сек. предыстория 0-99 периодов	4 аналоговых 16 дискретных 20 точек/период 5 записей максимум 3 сек. предыстория
Измерение электроэнергии (технический учет)				Нет	Нет	Есть	Есть

Таблица 8.2

Защиты секционного выключателя

Наименование функций защит и автоматики	Код ANSI	Сущ. защиты	Рекомендуемые защиты и автоматика	БМРЗ-СВ	SPAC 801.02	Sepam 1000+ S40	ALSTOM MiCOM P 127
МТЗ	50/51		МТЗ с пуском по напряжению	МТЗ с пуском по напряжению 3 ступени	МТЗ 3 ступени	МТЗ 4 ступени пуск по напряжению программируется	МТЗ 3 ступени пуск по напряжению программируется
ЗОФ	46		ЗОФ	ЗОФ	Защита от несимметричной работы нагрузки	Максимальная обратной последовательности / небаланса	Максимальная обратной последовательности / небаланса
ЗНЗ ненаправленная	50N/51N		ЗНЗ	Сигнализация однофазных замыканий на землю по $3U_0$	3 ступени	4 ступени	3 ступени
Защита минимального напряжения	27/27S		Используется для пуска МТЗ	Нет	Нет	2 ступени	2 ступени
УРОВ	50BF		УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
ЛЗШ	68		ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ
АВР			АВР	АВР	Нет	Программируется	Программируется
Дуговая защита				Вход	Вход	Вход	Вход

Окончание табл. 8.2

Аварийный осциллограф				Регистрация параметров аварийных событий 2 точек/период 9 записей	Нет	7 аналоговых 10 дискретных 12 точек/период до 19 записей максимум 10 сек. Предыстория 0-99 периодов	4 аналоговых 16 дискретных 20 точек/период 5 записей максимум 3 сек. Предыстория
Измерение электроэнергии (технический учет)				Нет	Нет	Есть	Есть

Таблица 8.3

Защиты трансформаторов

Наименование функций защит и автоматики	**Код ANSI**	**Сущ. защиты**	**Рекоменду-емые защиты и автоматика**	**БМРЗ-КЛ**	**SPAC 801.01**	**Sepam 1000+ T20**	**ALSTOM MiCOM P 123**
МТЗ	50/51	МТЗ	МТЗ	МТЗ 3 ступени	МТЗ 3 ступени	МТЗ 4 ступени	МТЗ 3 ступени
ЗОФ	46		ЗОФ	ЗОФ	Защита от несимметричной работы нагрузки	Максимальная обратной посл-ти / небаланса	Максимальная обратной посл-ти / небаланса
ЗНЗ ненаправленная	50N/51N		ЗНЗ	Сигнализация однофазных замыканий на землю по $3U_0$	3 ступени	4 ступени	3 ступени
Тепловая перегрузка	49RMS		Тепл. перегрузка	Нет	Нет	2 ступени	Есть
Термостат / газовое реле				Нет	Нет	Есть	Программируется
Контроль температуры (8 датчиков RTD, по 2 уставки на датчик)	38/49T			Нет	Нет	При установке дополнительного блока	Нет
УРОВ	50BF		УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
ЛЗШ	68		ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ
Дуговая защита				Вход	Вход	Вход	Вход

Окончание табл. 8.3

Аварийный осциллограф				Регистрация параметров аварийных событий 2 точек/период 9 записей	Нет	8 аналоговых 10 дискретных 12 точек/период до 2 записей максимум 86 периодов. Предыстория	4 аналоговых 16 дискретных 20 точек/период 5 записей максимум 3 сек. Предыстория 100 мс-3с
Измерение электроэнергии (технический учет)				Нет	Нет	Нет	Нет

Защиты электродвигателей

Таблица 8.4

Наименование функций защит и автоматики	Код ANSI	Существующие защиты	Рекомендуемые защиты и автоматика	БМРЗ – ДД	SPAC 803.01	Sepam 2000 M06	ALSTOM P220 + MX3DPG3A
МТЗ	50/51	МТЗ	МТЗ	МТЗ 3 ступени	МТЗ 2 ступени	МТЗ 2 ступени	МТЗ 3 ступени
ЗНЗ ненаправленная	50N/51N	ОЗЗ	ЗНЗ	Сигнализация	1 ступень	2 ступени	2 ступени
ЗНЗ направленная	67N			Нет	Нет	2 ступени	Нет
ЗОФ	46		ЗОФ	ЗОФ	От несимметричной работы нагрузки	Максимальная обратной последовательности / небаланса	Максимальная обратной последовательности / небаланса
Нагрев обмоток (тепловая модель)	49		Нагрев обмоток	Есть	Есть	Есть	Есть
Блокировка ротора/ затянутый пуск	48/51 LR	Оот перегрузки	Блок. Ротора/ затянутый пуск	Есть	Есть	Есть	Есть
Минимальная токовая	37		Мин. Токовая	Есть	Есть	Есть	Есть
Число пусков	66		Число пусков	Есть	Нет	Есть	Есть
Мин. напряжения прямой посл.	27D	ЗМН		Нет	Нет	2 ступени	Нет
Направление вращения	47			Нет	Нет	Есть	Нет
Температурный порог	38/49 T			Нет	Нет	Нет	6 датчиков

Окончание табл. 8.4

Дифференциальная защита двигателя	87M	ДЗ	Диф-я	Есть	Есть	Есть	MX3DPG3A
УРОВ	50BF		УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
ЛЗШ	68		ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ
Дуговая защита				Вход	Вход	Вход	Вход
Защита от длительной форсировки		От длит. форсировки		Вход	Вход	Вход	Вход
Защита от асинхронного хода		От асин. хода		Вход	Вход	Вход	Вход
Защита от пробоя вентилей		От пробоя вент.		Вход	Вход	Вход	Вход
Защита по снижению частоты		По снижению частоты		Вход	Вход	Вход	Вход
Аварийный осциллограф				Регистрация параметров аварийных событий 2 точек/период 9 записей	Нет	4-12 аналоговых 16 дискретных 12 точек/период 2 записи длительность 86 периодов предыстория 6 периодов	4 аналоговых 16 дискретных 20 точек/период 5 записей максимум 3 сек. Предыстория
Измерение электроэнергии (технический учет)				Нет	Нет	Есть	Нет

Защиты линий

Таблица 8.5

Наименование функций защит и автоматики	Код ANSI	Существующие защиты	Рекомендуемые защиты и автоматика	БМРЗ-КЛ	SPAC 801.01	Sepam 1000+ S20	ALSTOM MiCOM P 123
МТЗ	50/51	МТЗ	МТЗ	МТЗ 3 ступени	МТЗ 3 ступени	МТЗ 4 ступени	МТЗ 3 ступени
ЗОФ	46		ЗОФ	ЗОФ	Защита от несиммет-ричной работы нагрузки	Максимальная обратной последователь-ности / небаланса	Максимальная обратной последователь-ности / небаланса
ЗНЗ ненаправленная	50N/ 51N		ЗНЗ	Сигнализация однофазных замыканий на землю по $3U_0$	3 ступени	4 ступени	3 ступени
УРОВ	50BF		УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
ЛЗШ	68		ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ
АПВ			АПВ	АПВ	АПВ	АПВ	АПВ
Дуговая защита				Вход	Вход	Вход	Вход
Аварийный осциллограф				Регистрация параметров аварийных событий 2 точек/период 9 записей	Нет	8 аналоговых 10 дискретных 12 точек/период до 2 записей максимум 86 периодов. Предыстория	4 аналоговых 16 дискретных 20 точек/период 5 записей максимум 3 сек. Предыстория 100 мс-3с
Измерение электроэнергии (технич. учет)				Нет	Нет	Нет	Нет

Защиты трансформатора напряжения Таблица 8.6

Наименование функций защит и автоматики	Код ANSI	Существующие защиты	Рекомендуемые защиты и автоматика	БМРЗ-КН	SPAC 804	Sepam 1000+ B21	ALSTOM MiCOM P 123
Мин. напряжения прямой последовательности	27D/47		ЗМН	2 ступени	2 ступени	2	**2** ступени
Мин. остаточного напряжения	27R			Нет	Нет	Есть	Нет
Мин. линейного напряжения	27			Нет	Нет	2 ступени	**3** ступени
Мин. фазного напряжения	27S			Нет	Нет	Есть	Нет
Макс. линейного напряжения	59			Нет	Нет	2 ступени	**3** ступени
Напряжения нулевой последовательности	59N		Напряжения нул. последовательности	Нет	Нет	2 ступени	**3** ступени
Максимальной частоты	81H			Нет	Нет	Есть	**6** ступеней
Минимальной частоты	81L		Мин. частоты	Нет	Нет	2 ступени	**6** ступеней
Скорость изменения частоты	81R			Нет	Нет	В модификации B22	Нет
ЗНЗ ненаправленная	50N/51N		ЗНЗ	ОЗЗ	2 ступени	Нет	Нет
УРОВ	50BF		УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ	УРОВ
ЛЗШ	68		ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ	ЛЗШ
Дуговая защита				Вход	Вход	Вход	Вход

Окончание табл. 8.6

Аварийный осциллограф				Регистрация параметров аварийных событий 2 точек и период 9 записей	Нет	8 аналоговых 10 дискретных 12 точек/период до 2 записей максимум 86 периодов Предыстория	4 аналоговых 16 дискретных 20 точек/период 5 записей максимум 3 сек. предыстория 100 мс-3с
Измерение электроэнергии (технический учет)				Нет	Нет	Нет	Нет

8.2. Сравнение микропроцессорных устройств защиты в сетях 6-35 кВ "Сириус" фирмы "Радиус" Россия, с микропроцессорными устройствами защиты Sepam1000+ серия 40 производства "Schneider Electric"

Таблица 8.7

Сопоставление технических параметров модулей защиты «SEPAM 1000+» серии 40 с защитой типа «СИРИУС» [20]

Наименование	СИРИУС	SEPAM 1000+ S40
Защиты (количество)	3	4
МТЗ	1	4
Небаланс	1	2
Минимальное напряжение	--	2
Повышение напряжения	--	2
Защита $3U_0$–нулевая последовательность	--	2
Защита U_2–обратная последовательность	--	1
Повышение частоты	--	2
Понижение частоты	--	4
Число стандартных кривых	6	16
Диапазон регулировки защит	Фиксированный 2 –200 А	0.3 I_n - 24 I_n А
Трансформаторы тока	5А	5А ,1А или тор Роговского
Максимальное число входов (выходов)	15 входов 9 выходов	14 входов 8 выходов
Перегрузка токовых входов	2 I_n	3 I_n , кратковременно до 100 I_n
Степень защиты корпуса	IP 20	IP 52
Число регистрируемых событий	9	64
Рабочий диапазон температур	-20^0 $+55^0$	-25^0 $+70^0$
Среднее вр. наработки на отказ	3 года (25000 час)	28 лет
Исчезновение питания в момент перенастройки	Отказ устройства с полным перепрограммированием	Не влияет
Возможные применения.	1. защита линий 2. защита трансформатора мощностью до 1 МВА.	1. защита линий 2. защита силовых трансформаторов 3. защита двигателей 4. защита генератора

Продолжение табл. 8.7

Варианты исполнения в серии устройств	Только устройства для реализации токовых защит	В одном модуле выполняются защиты как по току, так и по напряжению. Программирование с помощью логического редактора
Цифровое осциллографирование	Векторная диаграмма токов в полярных координатах	Есть запись аварий (до 19), Общая длительность- 10 сек. с предаварийным режимом.
Контекст аварийных отключен	--	Все параметры 5-ти последних аварий
Защита от отказа выключателя	УРОВ	УРОВ (Sepam S23)
Логическая селективность		Есть
АПВ	2 цикла	4 программируемых цикла
Изменение конфигурации	Жесткая логика	Редактор логики позволяет «учитывать» любую автоматику – АВР, АЧР и.т.п.
Точность измерения	5%	0,5-1 %
Проверка допустимости введенных значений	Нет	Есть, проверка на допустимый диапазон.
Регулировки	Часть регулировок тумблерами с передней панели, отсутствует регулировка-кА через компьютер	Регулировки кнопками на Передней панели (по паролю) или через компьютер
Выход на систему телеуправления	Проприетарный закрытый протокол. Закрытая адресация.	Стандартный протокол MODBUS, DNP3, IEC 60970-5-103 IEC61850 Открытая адресация
Типовые сх. вторичных цепей	Нет	Есть.
Отображение информации	Экран на 2 строки по 16 знакомест, подсветка табло в нормальном режиме на экран ничего не выводится	Графический экран с возможностью вывода текстовой, символьной и графической информации
Изменение регулировок	Только на отключенном присоединении	В любой момент без отключения и нарушения функционирования

Окончание табл. 8.7

Диапазон оперативного напряжения		176 – 264 В пост. ток или 154 – 242 В пер тока Спец. заказ на 110 В	24 – 275 пост. тока или 84 – 264 пер. тока (47,5-63 Гц) возможно спец. исполнение на 19,2 – 36 В пост. тока
Время сохранения работоспособности при исчезновении питания		Данные не приводятся	0.5 сек при 220 В 0.2 сек при 110 В
Масса, кг		8	1.7
Материал корпуса (т.е.защита от электромагнитных полей)		Сталь	Обеспечивается специальными материалами
Конструкция		Фиксированный металлический корпус, без возможности расширения	Модульная конструкция, возможно расширение функций с помощью дополнительных модулей
Наличие дополнительных модулей		Нет	Модуль аналогового выхода (0-10, 0-20, 4-20 мА) Модуль на 8 температурных датчиков (до 2-х модулей) Модуль связи (оптика, вит. пара)
Размеры устройства мм ВхШхГ		325x310x160	222x176x129 Возможна установка на передней панели только экрана размером 117x162x25
Опыт использования устройств защиты	За рубежом	нет	да
	Россия		Более 20000 устройств

Контрольные вопросы

1. Какие преимущества терминалов НТЦ Механотроника перед зарубежными аналогами при защите:
- вводной ячейки?
- секционного выключателя?
- электродвигателей?
- линий электропередач?
2. Назовите достоинства и недостатки устройств «Сириус» фирмы «Радиус» в сравнении с терминалами Sepam 1000+.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернобровов, Н. В. Семенов, В. А. Релейная защита энергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1998.
2. Шнеерсон, Э. М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007.
3. Правила устройства электроустановок – 6-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Каталоги и информационные материалы фирм - производителей аппаратуры: ABB, ALSTOM, GE, SIEMENS, Merlin Gerin и др.
5. Семенов, В. А. Противоаварийная автоматика в ЕЭС России. – М.: НТФ "Энергопрогресс", 2004. 104 с.
6. Овчаренко, Н. И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика линий электропередачи ВН и СВН. Часть 1. – М.: НТФ "Энергопрогресс", 2007. 52 с.
7. Дьяков, А. Ф., Овчаренко, Н. Н. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учеб. пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2000.
8. Овчаренко, Н. Н. Аппаратные и программные элементы автоматических устройств энергосистем. – М.: Издат. НЦ ЭНАС, 2004.
9. Лукоянов, В. Ю. Комплект микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики для оснащения подстанций 6 – 35 кВ. / / Релейная защита и автоматика энергосистем 2004. – М.: ВВЦ, 2004. С. 277 – 278.
10. Цифровые устройства релейной защиты и автоматики. – СПб.: "НТЦ "Механотроника", 2003.
11. Арсентьев, А. П., Нудельман, Г. С., Шапсев, А. А. Новые функциональные возможности устройств РЗА высокого напряжения//Релейная защита и автоматика энергосистем 2004. – М.: ВВЦ, 2004.
12. Фурашов, В. С., Камаев, Е. В. Шкаф автоматики управления выключателем, ТАПВ, УРОВ типа ШЭ2710511 //Тамже. с. 100.
13. Дони, Н. А., Левиуш, А. Н., Фокин, Г. Г. Шкаф дифференциальнофазной защиты с ОАПВ типа ШЭ2710582. // Там же. С. 96 – 98.
14. Дони, Н. А., Фурашов, В. С. Комплекс микропроцессорных защит для присоединений 330 кВ. / / Там же. С. 94 – 95.
15. Вазюлин, М. В., Стрелков, В. М., Фокин, Г. Г. Микропроцессорный модуль для панели АПВ типа ПДЭ-4.0 1,

выполняющий функции погасания дуги и успешности ОАПВ линии // Там же. С. 108 110.
16. Терминалы защиты серии БЭ2704: Руководство по эксплуатации. Чебоксары: НПП "ЭКРА", 2000.
17. Основные принципы построения релейной защиты оборудования 330 – 750 кВ с использованием микропроцессорных устройств серии ШЭ2710 / Ю. Н. Алимов, А. К. Белотелов, А. И. Левиуш и др. // Электрические станции. 2005. №7. С. 32 35.
18. Кочкин, Н. А., Шурупов, А. А., Фокин, Г. Г. Шкаф дистанционной токовой зашиты линии с ОАПВ типа ШЭ271 О 521. // Релейная защита и автоматика. 2004. – М.: ВВЦ, 2004. 99. С.
19. Овчаренко, Н. И. Аналоговые элементы микропроцессорных комплексов релейной защиты и автоматики. – М.: НТФ "Энергопрогресс ", 2001.
20. Овчаренко, Н. И. Программные функциональные элементы микропроцессорной автоматики и релейной защиты электроэнергетических систем. М.: НТФ "Энергопрогресс", 2006.
21. Шкаф направленной высокочастотной защиты линии типа 2607 031: Руководство по эксплуатации. Чебоксары: ООО НПП "ЭКРА",2000.
22. Шкаф дифференциальнофазной защиты линии и устройства однофазного автоматического повторного включения типа ШЭ2710 582: Руководство по эксплуатации. Чебоксары: 000 НПП "ЭКРА", 2005.
23. Шкаф резервной защиты и однофазного автоматического повторного включения линии типа ШЭ2710 521. Чебоксары: ООО "ЭКРА" , 2004.
24. Шкаф основной защиты автотрансформаторов ШЭ2710 542. Чебоксары: 000 "ЭКРА", 2004.
25. Индикатор микропроцессорный фиксирующий ИМФ3С: Техническое описание, инструкция по эксплуатации, паспорт. – М.: ЗАО "РАДИУС Автоматика", 2004.
26. Арцишевский, Я. Л. Определение мест повреждения линий электропередачи в сетях с заземленной нейтралью. – М.: Высш. шк., 1988.

27. Аржанников, Е. А., Чухин, А. М. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи. – М.: НТФ "Энергопрогресс" , 1998.
28. Терминал, регистрирующий типа БЭ2704V900: Руководство по эксплуатации. Чебоксары: ООО НПП "ЭКРА", 2004.

Учебное издание

ИСМАГИЛОВ Флюр Рашитович,
АХМАТНАБИЕВ Фарит Сальманович

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Редактор Соколова О. А.

Подписано в печать 07.12.2009. Формат 60x84 1/16.
Печать плоская. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman Cyr.
Усл. печ. л. 10,7. Усл. кр.-отт. 10,7. Уч.-изд. л. 10,6.
Тираж 100 экз. Заказ № 110.
ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный
технический университет
Редакционно-издательский комплекс УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса,12