

Особенности защиты генератора, работающего непосредственно на сборные шины¹

- Романов Ю. В., канд. техн. наук, ООО “Исследовательский центр “Бреслер”
- Алексеев А. Г., ООО “Исследовательский центр “Бреслер”

Описываются особенности выполнения комплекса релейной защиты синхронного генератора, работающего непосредственно на сборные шины 6 – 10 кВ, на базе устройства микропроцессорной защиты типа ШГ 2114.510 производства ООО “ИЦ “Бреслер”.

Ключевые слова: синхронный генератор, релейная защита, электрическое повреждение, аномальный режим.

Шкаф цифровой релейной защиты типа ШГ 2114.510 (рис. 1) производства ООО “ИЦ “Бреслер” предназначен для защиты синхронных генераторов, работающих непосредственно на сборные шины 6 – 10 кВ. Как правило, в состав шкафа входят две одинаковые системы защиты с независимыми оперативными, измерительными и выходными цепями, т.е. реализуется принцип дублирования. Для защиты блоков генератор – трансформатор выпускаются шкафы типа ШГ 2114.511, описанные в [1].

Шкаф ШГ 2114.510 удовлетворяет требованиям ПУЭ, заводов – изготовителей генераторов и производится по согласованному проекту. Проектным организациям по официальному запросу предоставляются типовые решения. Схема расстановки защит типового шкафа защиты генератора по трансформаторам тока (ТТ) и трансформаторам напряжения (ТН) показана на рис. 2. Его функциональный состав приведен в таблице, где порядковые номера соответствуют номерам, обведенным на рис. 2 двойными окружностями.

Микропроцессорные терминалы в составе шкафа поставляются с программным обеспечением (ПО), которое максимально адаптировано под проект согласно заданию заводу-изготовителю.

По статистике, подавляющее большинство электрических повреждений обмотки статора генератора приходится на замыкания на землю [2]. Более того, согласно [3], для генераторов, работающих на сборные шины, двойные замыкания на землю с первой точкой в сети возникают чаще, чем

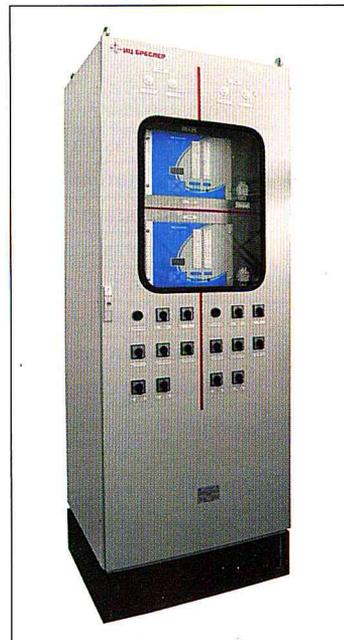


Рис. 1. Общий вид шкафа ШГ 2114.510

¹ Публикуется на правах рекламы.

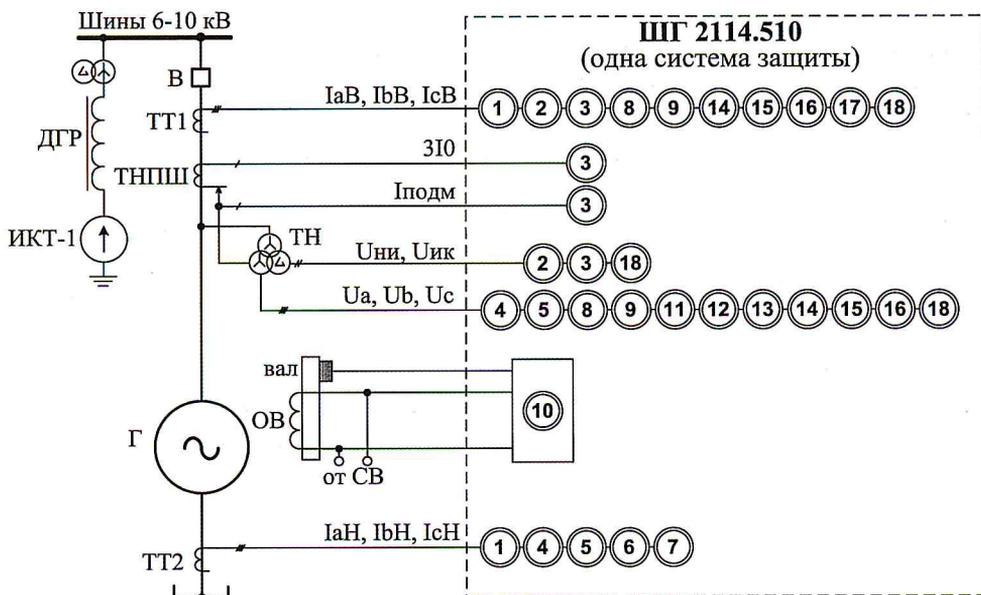


Рис. 2. Схема расстановки защит типового шкафа ШГ 2114.510:

ТНПШ – трансформатор тока нулевой последовательности; *ДГР* – дугогасящий реактор; *ИКТ-1* – источник контрольного тока 25 Гц; *ОВ* – обмотка возбуждения; *СВ* – система возбуждения; $I_{\text{подм}}$ – ток подмагничивания; $U_{\text{ни}}$ – напряжение между точками Н и И дополнительной вторичной обмотки ТН, соединённой в разомкнутый треугольник; $U_{\text{ик}}$ – напряжение между точками И и К дополнительной вторичной обмотки ТН, соединённой в разомкнутый треугольник; $I_{\text{аН}}, I_{\text{бН}}, I_{\text{сН}}$ – токи со стороны нулевых выводов генератора

однофазные. На двойные замыкания на землю по принципу действия реагирует продольная дифференциальная токовая защита (ДЗГ), однако её чувствительность к этому виду повреждения весьма ограничена. Первая ступень защиты ЗЗГШ, реагирующая на составляющую промышленной частоты тока нулевой последовательности, намного чувствительнее к двойным замыканиям, чем ДЗГ.

Её первичный ток срабатывания составляет 100 А (типичное значение).

До конца 80-х годов XX в. защита от однофазных замыканий на землю генераторов, работающих на сборные шины, в основном выполнялась с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности шинного типа (ТНПШ). В шкафу ШГ 2114.510 – это функция защиты ТЗНП, реагирующей на полный ток замыкания на землю.

Функциональный состав шкафа ШГ 2114.510

Номер п/п	Полное наименование защиты	Краткое наименование
1	Продольная дифференциальная токовая защита генератора	ДЗГ
2	100%-ная защита статора от замыканий на землю	ЗЗГШ
3	Защита статора от замыканий на землю по току нулевой последовательности	ТЗНП
4	Дистанционная защита с функцией блокировки при качаниях	ДЗ с БК
5	Максимальная токовая защита с пуском по напряжению	МТЗН
6	Защита от несимметричной перегрузки, токовая защита обратной последовательности	ЗНП
7	Защита статора от перегрузки	ЗСП
8	Защита ротора от перегрузки током возбуждения	ЗРП
9	Защита от потери возбуждения	ЗПВ
10	Защита ротора от замыкания на землю в одной точке	ЗРЗ1т
11	Защита ротора от замыканий на землю в двух точках	ЗРЗ2т
12	Защита от повышения напряжения	ЗПН
13	Защита от снижения напряжения	ЗСН
14	Защита от изменения (повышения, снижения) частоты	ЗИЧ
15	Защита обратной активной мощности	ЗОАМ
16	Защита от непреднамеренного включения генератора	ЗНВГ
17	Устройство резервирования при отказе генераторного выключателя	УРОВ
18	Блокировка при неисправности цепей напряжения переменного тока	БНН

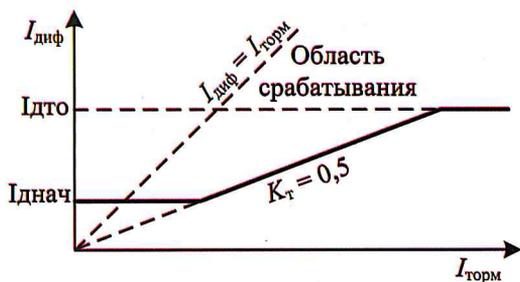


Рис. 3. Тормозная характеристика срабатывания дифференциального измерительного органа ДЗГ:

$I_{дто}$ – ток срабатывания дифференциальной отсечки

В настоящее время по ряду причин ТНПШ не производится, поэтому ТЗНП может использоваться только при реконструкции релейной защиты старых генераторов, уже оборудованных этими трансформаторами тока. В остальных случаях защита от однофазных замыканий осуществляется второй ступенью ЗЗГШ, подключённой к трёхтрансформаторному фильтру тока нулевой последовательности, составленному из *ТТ1* (рис. 2). Вторая ступень ЗЗГШ, реагирующая на однофазные замыкания на землю, в зависимости от схемы подключения генератора и предпочтений заказчика может реагировать либо на высокочастотные составляющие тока нулевой последовательности (как аналог ЗГНП-4.4), либо на наложенный контрольный ток с частотой 25 Гц (в этом случае в комплект поставки входит источник контрольного тока *ИКТ-1*, производимый ООО “Релейная защита”, г. Томск).

В обоих случаях в отличие от ТЗНП защита удовлетворяет частому требованию заводов – изготовителей генераторов по 100%-ному охвату витков обмотки статора. Кроме того, вторая ступень ЗЗГШ реагирует как на устойчивые металлические и дуговые замыкания на землю, так и на повторно-кратковременные замыкания через перемежающуюся дугу.

Многофазные короткие замыкания в обмотке статора возникают гораздо реже, чем замыкания на землю [2], и зачастую являются результатом развития однофазного замыкания на землю. Тем не менее короткие замыкания приводят к очень тяжёлым повреждениям генератора.

Основная защита от многофазных КЗ – продольная дифференциальная токовая защита генератора (ДЗГ) – выполнена с процентным торможением. Характеристика срабатывания дифференциального органа защиты изображена на рис. 3. Главное требование к основным защитам – высокое быстродействие. Время срабатывания ДЗГ по контакту выходного реле терминала составляет 10 – 30 мс. В составе ДЗГ предусмотрен модуль КИТ (контроль исправности токовых цепей), предназначенный для выявления неисправностей в токовых цепях. Модуль КИТ содержит быстродействующий и медленно-действующий канал контроля исправности токовых цепей и может действовать как на предупредительную сигнализацию, так и на блокировку срабатывания ДЗГ.

В шкафу ШГ 2114.510 в качестве резервной защиты от коротких замыканий применяются: двухступенчатая дистанционная защита (ДЗ), максимальная токовая защита с пуском по напряжению (МТЗН), а также токовая защита обратной последовательности (ЗНП). Обе ступени дистанционной защиты запускаются от модуля блокировки при качаниях, реагирующего на скачкообразное приращение токов прямой и обратной последовательности. Выполнение блокировки при качаниях на токовом принципе полностью исключает ложное срабатывание дистанционной защиты в случае возникновения неисправности в цепях напряжения.

Примечательно, что по части возбуждения среды всех повреждений и аномальных режимов синхронного генератора большинство случаев приходится на потерю возбуждения [2]. С целью исключения ложного и избыточного срабатывания защита от потери возбуждения (ЗПВ), входящая в состав шкафа ШГ 2114.510 и реагирующая на

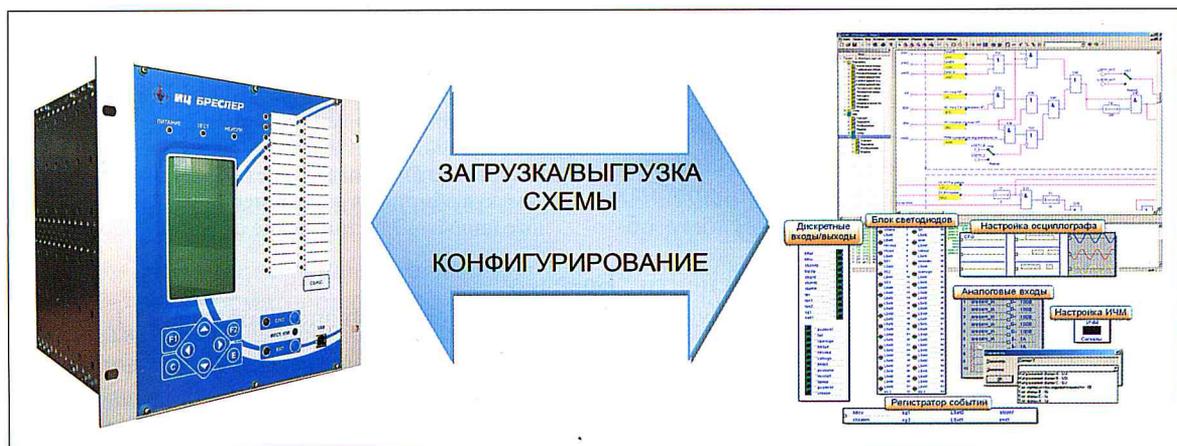


Рис. 4. Структура конфигурации терминала

значение измеряемого комплексного сопротивления, выполнена с пуском от реле обратной реактивной мощности и с блокировкой от реле тока обратной последовательности.

Существует проблема выбора уставок обратно-зависимой выдержки времени защиты ротора от перегрузки током возбуждения (ЗРП), выполненной с помощью устройства БЭ1102 или его цифровых аналогов. Проблема заключается в том, что по всего лишь двум уставкам (B и C) очень трудно приблизить характеристику срабатывания интегрального органа к заданной перегрузочной характеристике генератора. Защита ротора от перегрузки, входящая в состав защит шкафа ШГ 2114.510, не требует расчёта уставок обратно-зависимой выдержки времени – характеристика срабатывания интегрального органа задаётся в табличном виде (по восьми точкам) в соответствии с тем, как обычно представляется перегрузочная характеристика генератора. Интегральные органы всех функций защит от перегрузок, включая ЗРП, имитируют процесс охлаждения после устранения перегрузки.

Защита от изменения частоты помимо обычных выдержек времени на срабатывание содержит также аккумулирующие выдержки времени. Ступени с аккумулирующими выдержками времени позволяют выполнить упреждающую защиту от повреждения лопаток турбины, действующую на предупредительную сигнализацию.

Надёжность работы релейной защиты обеспечивается, помимо прочего, правильной настройкой её параметров срабатывания. В комплект поставки шкафа ШГ 2114.510 входят рекомендации по расчёту уставок защит синхронного генератора. С целью автоматизации расчёта уставок ООО “ИЦ “Бреслер” предлагает платный продукт – программу автоматизированного выбора уставок PSC2.

Шкафы изготавливаются с использованием современной базы устройств РЗА, поддерживающих стандарт МЭК 61850. Они могут иметь до 8 портов связи [USB, RS-485, 2×Ethernet (ВОЛС) или 2×RS-485, 2×Ethernet (ВОЛС), 2×ВОЛС] с поддержкой протоколов ModBus-RTU, ModBus-ASCII, МЭК 60870-5-103, IEEE C37.94 и стандартов МЭК 61850-8-1, МЭК 61850-9-2 (до 6 потоков МЭК 61850-9-2LE) по отдельным портам связи. Пары портов связи могут работать в режиме резервирования по стандарту МЭК 62439-3 PRP.

В комплект поставки шкафа входит подробная инструкция по его монтажу и техническому об-

служиванию. Данная инструкция даёт чёткие представления о том, как нужно правильно обеспечивать и поддерживать электромагнитную совместимость шкафа. Для проведения наладочных работ предоставляются программа и методика испытаний вместе с бланком протокола испытаний. Терминалы, входящие в состав шкафа, – свободно конфигурируемые с помощью инструмента графического программирования. Благодаря конфигурируемой логике устройства (рис. 4) в среде графического программирования можно задать необходимый порядок и алгоритм функционирования и взаимодействия основных блоков защиты, автоматики, управления и сигнализации, настроить аналоговые входы, информацию, выводимую на дисплей интерфейса человек-машина, т.е. произвести полную начальную настройку терминала. Через сервисное программное обеспечение доступна быстрая и простая конфигурация дискретных входов/выходов, светодиодов, осциллографа и регистратора событий.

Таким образом, шкаф типа ШГ 2114.510 – это комплекс цифровых защит от всех возможных видов повреждений и аномальных режимов работы синхронного генератора, работающего на сборные шины 6 – 10 кВ. Основные особенности шкафа:

имеется несколько вариантов построения защиты от однофазных замыканий на землю в обмотке статора;

выполняются без ТНПШ высокочувствительная защита от двойных замыканий на землю и 100%-ная защита от однофазных замыканий;

поставляется вместе с расширенным комплектом документации и ПО для использования при монтаже, наладке и в ходе эксплуатации;

поставляется вместе с рекомендациями по расчёту уставок;

обеспечивается полноценная поддержка стандарта МЭК 61850.

Список литературы

1. Романов Ю. В., Швелёв А. В. Особенности реализации релейной защиты блока генератор-трансформатор. – Энергоинфо, 2012, № 5(64).
2. *Värmekraftaggregatens Reläskyddssystem*, The Swedish Trunklinecommittee, Operations Committee, The Working Group for Protection Systems, 1991, 21 October.
3. Алексеев В. Г. Токовая защита ЗГНП-4.2 от замыканий на землю в обмотке статора генератора, работающего на сборные шины. – Электрические станции, 2006, № 2.

ООО “Исследовательский центр “Бреслер”

428020. Чувашская республика, г. Чебоксары, проспект Ивана Яковлева, д. 1

www.ic-bresler.ru

E-mail: rza@ic-bresler.ru

Факс (8352) 24-02-43

Тел. (8352) 24-06-50 Романов Юрий Вячеславович, заведующий сектором

Центра применения продукции