

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ 100%-НОЙ ЗАЩИТЫ
ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ОБМОТКИ СТАТОРА
БЛОЧНОГО ГЕНЕРАТОРА**

П. Т. АНОХИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических станций
и электрических систем и сетей)

В настоящее время независимо от типа и мощности генератора, работающего в блоке с трансформатором, защита от замыканий на землю выполняется в виде защиты напряжения нулевой последовательности [1, 2]. Указанная защита имеет мертвую зону, расположенную у нейтрали генератора.

В процессе эксплуатации генераторов наиболее частые повреждения — замыкания обмотки статора на землю. Наличие неконтролируемого замыкания на землю может привести к тяжелой аварии в случае повторного замыкания в цепи генераторного напряжения. Современные крупные генераторы практически всегда работают в блоке. Вследствие их высокой стоимости к защите от замыканий на землю предъявляется требование полного отсутствия мертвой зоны [3].

При разработке защиты, не имеющей мертвой зоны, автором использован известный принцип наложения выпрямленного напряжения на защищаемые первичные цепи [4]. Защита установлена на генераторе № 6 Иркутской ГЭС. Для ее технического осуществления дугогасящая катушка (ДГК) заземляется через конденсатор C_1 , типа ИМЗ-100 емкостью 100 мкф, а нулевая точка первичной обмотки трансформатора напряжения (ТН) — через конденсатор C_2 типа КБГ-П емкостью 10 мкф на напряжение 2 кв. Устройство для защиты, содержащее блок питания и измерительный орган, подключается к конденсатору C_1 . Отстройка действия защиты от тока заряда конденсатора C_1 при подаче питания достигается благодаря применению логической части, выполненной на электромеханических реле.

С 1968 г. защита [4] находится в опытной промышленной эксплуатации с действием на сигнал. Было зафиксировано два случая замыкания обмотки статора на землю, при которых защита сработала. Замены каких-либо элементов схемы не производилось. Однако выполнение логической части на электромеханических реле не позволяет сделать защиту компактной. Кроме того, исключается возможность появления сигнала о срабатывании защиты, если замыкание в защищаемой зоне возникло до подачи напряжения питания. Обнаружение такого повреждения при помощи световой сигнализации по месту установки защиты не исключает субъективные ошибки. Указанные недостатки полностью устраняются в усовершенствованном варианте защиты — РЗГ-100 рис. 1.

Логическая часть (ЛЧ) защиты РЗГ-100 выполнена на бесконтактных элементах. Основной элемент ЛЧ — транзистор 17, включенный по

схеме с общим эмиттером. Управление транзистором осуществляется по цепочке, состоящей из резистора 13 и конденсатора 14.

Транзистор работает в режиме ключа и в зависимости от состояния шунтирует либо дешунтирует измерительный орган (ИО). Для закрытия транзистора типа $p-n-p$ необходимо, чтобы напряжение перехода база — эмиттер $U_{бэ} \geq 0$. Это имеет место при заряженном конденсаторе 14, когда ток в цепи эмиттер — база не протекает ($U_{бэ} = 0$), или же при его разряде ($U_{бэ} > 0$).

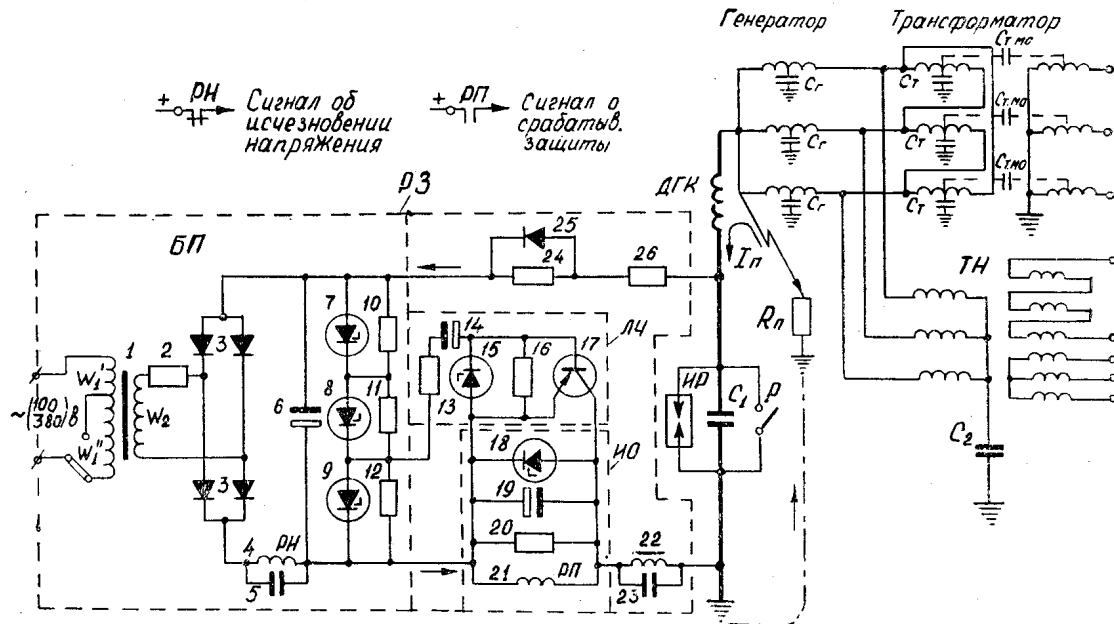


Рис. 1. Принципиальная схема защиты РЗГ-100

При подаче питания конденсаторы C_1 и 14 заряжаются. Протекание тока заряда конденсатора 14 ($I_{з.14}$) создает напряжение $U_{бэ} < 0$, поэтому транзистор открывается. Сопротивление перехода эмиттер — коллектор открытого транзистора очень мало и через него протекает практически весь ток заряда конденсатора C_1 ($I_{з.с1}$).

Для надежной отстройки защиты от тока $I_{з.с1}$ необходимо, чтобы в процессе заряда конденсатора C_1 транзистор находился в насыщенном состоянии. Это обеспечивается путем соответствующего согласования токов $I_{з.с1}$ и $I_{з.14}$ по величине, а также постоянных времени заряда конденсаторов C_1 и 14 ($\tau_{з.с1}$ и $\tau_{з.14}$). Такое согласование возможно, если отношение тока коллектора, принимаемого нами равным току $I_{з.с1}$, к току базы не превышает величину статического коэффициента усиления по току $B_{ст}$ транзистора. Пренебрегая шунтирующим действием стабилитрона 15 и резистора 16, получим:

$$\frac{I_{з.с1}}{I_{з.14}} < B_{ст} \approx \frac{I_{кн}}{I_{бн}},$$

где

$I_{кн}$ и $I_{бн}$ — токи коллектора и базы на границе насыщенного состояния транзистора [5].

Сопротивление резистора 13 выбирается из условия насыщения транзистора при минимально возможном статическом коэффициенте усиления по току для транзисторов данного типа. В схеме рис. 1 используется транзистор типа МП-26Б.

Емкость конденсатора 14 выбирается из условия согласования постоянных времени заряда $\tau_{з.с1}$ и $\tau_{з.14}$.

Для ограничения тока в цепях устройства РЗ при замыкании на землю на стороне генераторного напряжения предусмотрены резисторы 24 и 26. С целью уменьшения постоянной времени $\tau_{з.с1}$ резистор 24 шунтирован вентилем 25.

Блок питания (БП) представляет собой источник стабилизированного выпрямленного напряжения порядка 200 в. Трансформатор 1 может питаться как от сети собственных нужд 380 в, так и от вторичной обмотки 100 в трансформатора напряжения защищаемого генератора.

Напряжение источника питания контролируется при помощи реле минимального напряжения 4 типа РН 54/160, у которого выпрямитель и добавочные сопротивления не используются.

Стабилизация напряжения необходима для исключения замедления действия защиты при повреждении изоляции обмотки статора в момент работы форсировки возбуждения генераторов.

Надежная отстройка защиты от замыканий на землю на стороне высшего напряжения трансформатора блока достигается благодаря применению заграждающего фильтра, состоящего из катушки индуктивности 22 и конденсатора 23. Параметры фильтра выбраны из расчета запирающего напряжения основной частоты со стороны конденсатора C_1 при отсутствии замыкания на землю в защищаемой зоне.

Основным элементом измерительного органа (ИО) является реле 21 типа РП-7 с сопротивлением обмотки 6300 ом. Действие защиты основано на контроле величины постоянного тока I_n , протекающего в измерительном органе и зависящего в основном от переходного сопротивления в точке замыкания на землю. Чувствительность защиты можно регулировать сопротивлением резистора 20.

Защита РЗГ-100 установлена на генераторе № 5 Иркутской ГЭС.

В связи с тем, что предполагается эксплуатация защиты с действием на отключение генератора, ее чувствительность к замыканиям на землю через переходные сопротивления ограничена на уровне порядка 80 ком.

Потребляемая мощность схемой защиты со стороны переменного тока в нормальном режиме составляет около 6 ва. При металлическом замыкании на землю в защищаемой зоне защита потребляет не более 12 ÷ 15 ва.

Конструктивно устройство РЗ выполнено в виде комплектного реле и размещено в корпусе с габаритными размерами 195×175×180 мм.

Защита РЗГ-100 прошла производственные испытания на генераторе, возбужденном до номинального напряжения и с октября 1970 г. находится в опытной промышленной эксплуатации. Было зафиксировано замыкание обмотки статора на землю, при котором защита сработала.

Выводы

1. Выполнение логической части защиты РЗГ-100 на бесконтактных элементах обеспечивает высокую помехоустойчивость при любых изменениях напряжения питания. Кроме того, защита в целом получилась более простой, надежной и компактной.

2. Имеющийся опыт эксплуатации защиты РЗГ-100 на Иркутской ГЭС позволяет сделать вывод, что она удовлетворяет всем современным требованиям и может быть принята в качестве основной защиты обмотки статора от замыканий на землю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие указания по релейной защите, вып. 5, защита блоков генератор — трансформатор и генератор — автотрансформатор. Изд-во «Энергия», М., 1963.
2. *А. М. Федосеев*. Основы релейной защиты. Госэнергоиздат, 1961.
3. *Я. С. Гельфанд*. Вопросы выполнения релейной защиты в энергосистемах, СЦНТИ, ОРГРЭС, 1969.
4. *П. Т. Анохин*. Защита от замыканий на землю обмотки статора блочного генератора с использованием источника постоянного тока. Информационный листок ЦНТИ, Иркутск, 1970.
5. *Н. Н. Горюнов, А. Ю. Клейман, Я. А. Толкачева*. Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам. Изд-во «Энергия», М., 1968.