Министерство энергетики и электрификации СССР

Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЛАДКЕ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ЗАЩИТЫ ОБМОТКИ СТАТОРА МОЩНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ БРЭ 1301

СПО

ОРГРЭС

Москва 1991

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ФИРМА ПО НАЛАДКЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ ОРГРЭС

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЛАДКЕ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ЗАЩИТЫ ОБМОТКИ СТАТОРА МОЩНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ БРЭ 1301

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ОРГРЭС

Москва 1991

Р А З Р А Б О Т А Н О Всесоюзным научно-исследовательским институтом электроэнергетики,
Производственным объединением по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И В.М.КИСКАЧИ (ВНИИЭ), Г.А.ПУШКИНА (Союзтехэнерго)

У Т В Е Р Ж Д Е Н О ПО "Союзтехэнерго" 23.04.90 г.

Заместитель главного инженера Ф.Л.КОГАН

Всесоюзным научно-исследовательским институтом электроэнергетики 06.04.90 г.

Заместитель директора по научной работе Л.Г.МАМИКОНЯНЦ

© СПО ОРГРЭС, 1991.

УДК 621.316.925

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЛАДКЕ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ЗАЩИТЫ ОБМОТКИ СТАТОРА МОЩНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ БРЭ 1301

Срок действия установлен
с 01.06.90 г.
до 01.06.96 г.

В Методических указаниях приведены объем и порядок проверки при новом включении защиты обмотки статора генератора от замыканий на землю БРЭ 1301, рекомендации по оптимальной настройке блока третьей гармоники (БТГ) блока защиты БРЭ 1301.01, указания по техническому обслуживанию.

В приложениях приведены технические данные, краткое описание структурной схемы блока защиты БРЭ 1301, форма протокола проверки при новом включении блока защиты, методика выбора уставки срабатывания блока основной составляющей (БОС).

Методические указания составлены на основании документации завода-изготовителя, материалов ВНИИЭ и опыта экспериментально-наладочных работ ПО "Союзтехэнерго" и ВНИИЭ.

Методические указания предназначены для персонала наладочных организаций и служб релейной защиты электростанций, занимающегося наладкой и эксплуатацией устройств релейной защиты.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Блок защиты БРЭ 1301 предназначен для применения в схемах защиты от замыканий на землю в обмотке статора генераторов, работающих в блоке с трансформаторами.

При этом:

блок защиты БРЭ 1301.01 применяется в схемах защиты генераторов, у которых в нейтрали обмотки статора установлен однофазный трансформатор напряжения;

блок защиты БРЭ 1301.02 применяется в схемах защиты генераторов, у которых нейтраль обмотки статора изолирована.

1.2. Защита БРЭ 1301 является 100%-ной защитой обмотки статора генератора от замыканий на землю. Она не имеет зоны нечувствительности. Это достигается наличием двух основных блоков: БОС и БТГ. Дополнительно блок защиты БРЭ 1301 содержит орган блокировки по напряжению обратной последовательности (ОБН), который расположен в БОС.

1.3. Блок защиты БРЭ 1301 выполнен на базе интегральных микросхем. В качестве выходных реле используются реле РП-13.

Два исполнения блоков защиты БРЭ 1301: БРЭ 1301.01 и БРЭ 1301.02 отличаются только блоками третьей гармоники, принципы действия которых различны. Переход от одного исполнения защиты к другому осуществляется путем замены БТГ.

1.4. Основные технические данные блока защиты БРЭ 1301 приведены в приложении 1.

1.5. Краткое описание принципа действия и структурных схем блоков защит БРЭ 1301.01 и БРЭ 1301.02 приведены в приложении 2.

2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. При техническом обслуживании блока защиты БРЭ 1301 необходимо руководствоваться требованиями действующих "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок (М.: Энергоатомиздат, 1987) и "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей" (М.: Энергоатомиздат, 1989).

2.2. Установка и исключение отдельных блоков из кассеты блока защиты должны производиться при снятом с блока защиты напряжении питания и входных напряжений.

2.3. Корпус блока защиты после установки его на панели защиты должен быть заземлен.

3. ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ ПРИ НОВОМ ВКЛЮЧЕНИИ

3.1. Подготовительные работы

3.1.1. Подготовить заводскую документацию на блок защиты

БРЭ 1301, схему защиты энергоблока генератор-трансформатор, заданные уставки.

3.1.2. При отсутствии в производственном объединении энергетики и электрификации (ПОЭЭ) или на электростанции данных о значении коэффициента деления $K_д$ емкостного делителя блока генератор-трансформатор (или данных о емкости между обмотками ВН и НН одной фазы трансформатора блока), позволяющих выполнить расчет уставки срабатывания БОС, необходимо при остановленном генераторе в соответствии с рекомендациями приложения 3 выполнить работы по определению $K_д$ и расчет уставки БОС.

3.1.3. Подготовить протокол для внесения данных по результатам проверки. Рекомендуемая форма протокола проверки при новом включении блока защиты БРЭ 1301.01 приведена в приложении 4. Для блока защиты БРЭ 1301.02 рекомендуется использовать протокол проверки БРЭ 1301.01, заменив при этом раздел "Проверка БТ" на приведенный в приложении 5.

3.1.4. Подготовить необходимые приборы, инструмент, удлинительный жгут с разъемами ОНП-ВГ-7 для настройки отдельных блоков.

Перечень приборов и устройств, необходимых для технического обслуживания блока защиты БРЭ 1301, приведен в приложении 6. Контрольно-измерительные приборы могут быть других типов, обеспечивающих необходимые точность измерений и внутреннее сопротивление.

3.2. Осмотр и ревизия механической части промежуточных реле

3.2.1. При внешнем осмотре следует проверить:

соответствие требованиям проекта типа установленного блока защиты;

отсутствие механических повреждений блока защиты.

3.2.2. При внутреннем осмотре следует проверить:

механические характеристики промежуточных реле (растворы размыкающих и замыкающих контактов);

надежность установки реле;

состояние печатного монтажа;

накрутку монтажных проводов на разъемах (подергиванием пинцетом);

надежность контактных соединений на разъемах отдельных блоков.

3.3. Проверка изоляции

3.3.1. Измерение сопротивления изоляции входных и выходных цепей между собой и относительно корпуса проводить мегаомметром на напряжение 500 В.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

Схемы проверки изоляции приведены на рис.1.

3.3.2. Испытание электрической прочности изоляции входных и выходных цепей между собой и на корпус проводить напряжением 1000 В частоты 50 Гц в течение 1 мин.

При первом профилактическом контроле и профилактическом восстановлении испытание электрической прочности изоляции проводить напряжением 900 В в течение 1 мин.

После испытания электрической прочности изоляции следует повторно измерить сопротивление изоляции цепей в соответствии с п.3.3.1. Изоляция цепей блока защиты считается выдержавшей испытания, если сопротивление изоляции, измеренное до и после испытаний, будет одинаковым.

3.3.3. Отсутствие замыкания между нулем электрической схемы и корпусом защиты проверить омметром на напряжение, не превышающее 15 В.

3.3.4. Проверка изоляции и отсутствие замыкания проводятся при вставленных в кассету блоке питания (БП), БОС, БТГ, выходном блоке (ББ).

3.4. Проверка и настройка электрических характеристик блока защиты

3.4.1. Общие указания

Проверка производится по схеме, приведенной на рис.2. Напряжение питания 100 В подается от сети трехфазного переменного тока 220 В через ЛАТРы, входные напряжения частоты 25-250 Гц - от низкочастотного генератора сигналов (например Г3-56/1).

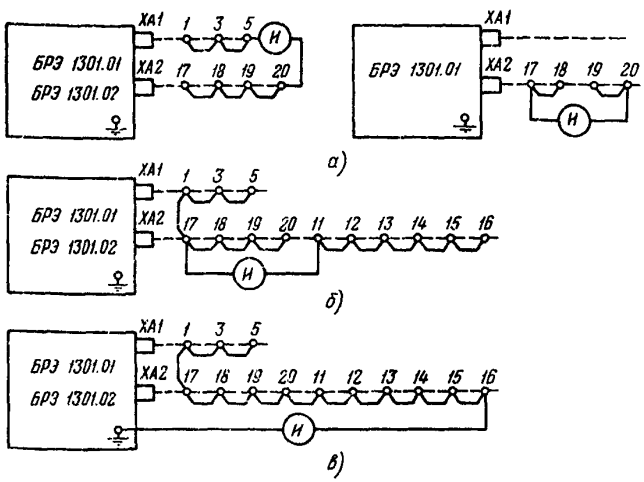


Рис.I. Схемы проверки сопротивления изоляции:

а - между входными цепями; *б* - между входными и выходными цепями; *в* - между входными, выходными и корпусом

Примечания: I. При проверке сопротивления изоляции следует временно выполнить объединение входных зажимов блока защиты.-2. *И* - мегаомметр (при измерении сопротивления изоляции); испытатель вторичных цепей (при испытании электрической прочности изоляции повышенным напряжением).

Контроль функционирования устройства производится по напряжениям в контрольных точках (к.т.) на передних платах блоков.

При необходимости выполнения подстройки электрических параметров БОС, БТГ соответствующий блок следует вынуть из кассеты блока защиты и подключить его через удлинительный жгут.

Принципиальные электрические схемы приведены:

на рис.3 - блока защиты БРЭ I30I.0I (БОС, БТГ, БВ) (см.вклейку);

на рис.4 - блока питания;

на рис.5 - блока третьей гармоники блока защиты БРЭ I30I.02 (см.вклейку).

При работе с контактными перемычками XI÷XI0 следует учитывать, что замкнутому состоянию перемычки соответствует горизонтальное

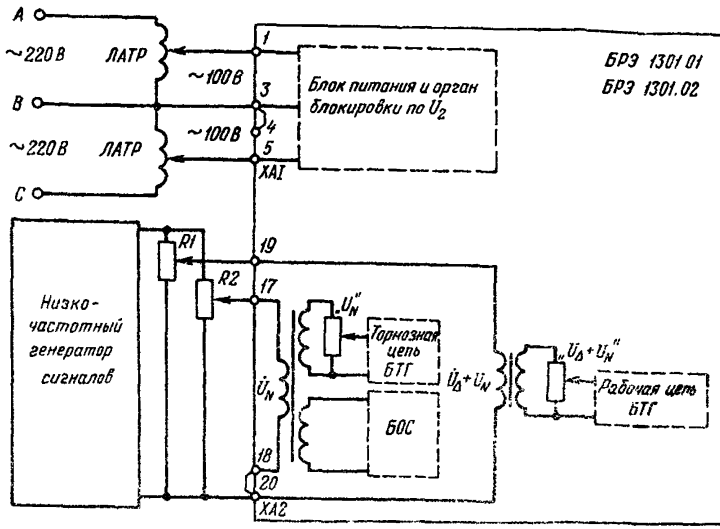


Рис.2. Схема проверки блока защиты БРЭ 1301.01 ($R1=R2=200-300$ Ом)

Примечания: 1. При проверке БОС блоков защит БРЭ 1301.01, БРЭ 1301.02 и элементов тормозной цепи БТТ блока защиты БРЭ 1301.01 напряжение от низкочастотного генератора сигналов подается только на зажимы 17, 18; при проверке элементов рабочей цепи БТТ блока защиты БРЭ 1301.01 напряжение подается на зажимы 19,20.-2. Для БРЭ 1301.02 схема подключения низкочастотного генератора сигналов при проверке кратностей скачкообразного изменения входных напряжений, соответствующих границам срабатывания и возврата БТТ, приведена на рис.6,*а*

положение шлица на штоке и утопленное положение штока, разомкнутому - вертикальное положение шлица и выступающее положение штока (см.рис.3).

3.4.2. Проверка БП

3.4.2.1. Проверка от источника однофазного напряжения

3.4.2.1.1. Проверка на холостом ходу

Блок питания должен быть вставлен в кассету, остальные блоки вынуты.

На входные зажимы 1, 3 подать напряжение 100 В и измерить напряжения в к.т. "+15 В" и " -15 В".

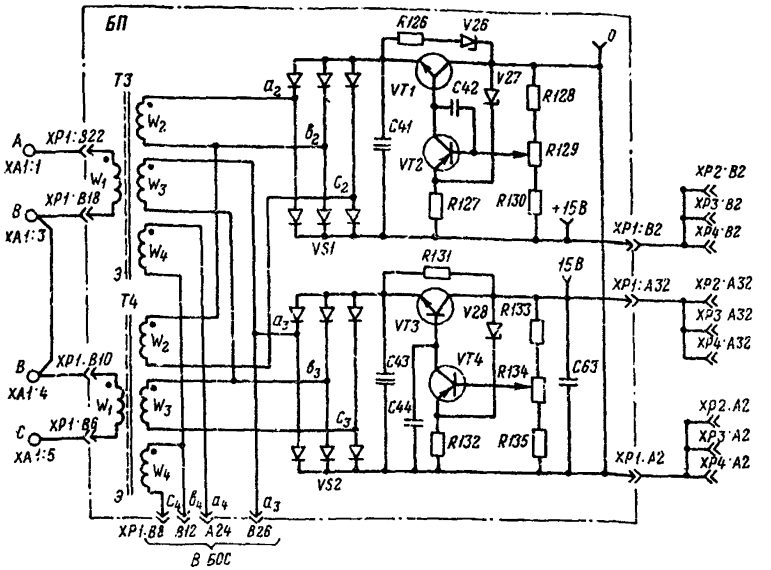


Рис.4. Принципиальная электрическая схема блока питания

Значения измеренных напряжений должны находиться в пределах I5,0±0,3 В. Подстройка напряжений плюс I5 В и минус I5 В производится при необходимости соответственно резисторами R129 и R134, регулировочный винт которых расположен на передней плате БП.

На входные зажимы 3,5 подать напряжение I00 В и измерить напряжения в к.т. "+I5 В" и "-I5 В". Значения напряжений также должны находиться в пределах I5,0±0,3 В.

3.4.2.I.2. Проверка под нагрузкой

Блоки БОС, БТГ, БВ вставить в кассету. Замкнуть перемычки XI-X5, X9, XI0. Подать напряжение питания на зажимы I,3 (или 3,5).

При изменении напряжения питания от 80 до II5 В измерить напряжения в к.т. "+I5 В" и "- I5 В". Значения напряжений должны находиться в пределах I5,0±I,5 В.

3.4.2.2. Проверка под нагрузкой от источника трехфазного напряжения

На зажимы I, 3, 5 подать трехфазное напряжение 3xI00 В и измерить напряжения в к.т. "+I5 В" и "-I5 В". Значения измеренных напряжений должны находиться в пределах I5,0±0,3 В.

Разомкнуть перемычки XI. X2.

3.4.3. Проверка БОС и ОБН

3.4.3.I. Проверка балансировки операционных усилителей по постоянному току

Разомкнуть перемычки У5÷XI0 ("5 В"; "I0 В"; "I5 В"; "20 В" "9,5%"; "I7,5%"). Измерить напряжения в к.т. 2, 3, 7, 8. Значения измеренных напряжений по модулю не должны превышать 0,3 В. Подстройка напряжений при необходимости производится резистором R72 в к.т. 2,7 и резистором R143 в к.т. 3,8

3.4.3.2. Проверка напряжения срабатывания БОС по шкале уставок

Проверка производится при подаче на входные зажимы I7, I8 регулируемого напряжения частоты 50 Гц от низкочастотного генератора сигналов и замкнутой одной из перемычек X5 X8 в зависимости от уставки

Плавно изменяя входное напряжение, добиться срабатывания, а затем возврата реагирующего органа

Срабатывание и возврат фиксируются по скачкообразному изменению полярности напряжения на выходе реагирующего органа в к.т.4 (при срабатывании от минус I0÷I5 В до плюс I0÷I5 В).

Входное напряжение при срабатывании должно соответствовать уставке с погрешностью ±5%. Коэффициент возврата должен быть не менее 0

Если напряжения срабатывания и возврата не удовлетворяют указанным требованиям, выполнить поэлементную проверку БОС по пп.3.4.3.3, 3.4.3.4.

3.4.3.3. Проверка резонансной частоты фильтра

Замкнуть перемычку X5 ($U_{уст}$ = 5 В).

Плавно изменяя частоту входного напряжения в пределах 25-150 Гц и поддерживая его значение равным 5 В, определить резонансную частоту фильтра, при которой напряжение на выходе фильтра в к.т. 3 максимально.

Резонансная частота фильтра должна находиться в пределах 50±1 Гц. Напряжение в к.т.3 при частоте входного напряжения 50 Гц должно быть равно 9,2±0,5 В; при частотах 25 и 150 Гц не должно превышать соответственно 1,84 и 0,92 В.

Подстройка резонансной частоты при необходимости производится резистором R70.

3.4.3.4. Проверка выпрямителя и реагирующего органа

Установить входное напряжение частоты 50 Гц такого значения, при котором переменное напряжение в к.т. 3 равно 7 В. При этом постоянное напряжение на выходе выпрямителя в к.т.8 должно быть равно минус 7,0±0,4 В. Если значение постоянного напряжения в к.т.8 не соответствует требуемому, то резистором R79 производится подстройка напряжения в к.т.8 на минимальное значение переменной составляющей.

Плавно изменяя входное напряжение, измерить постоянное напряжение в к.т.8, соответствующее срабатыванию и возврату реагирующего органа.

Значение напряжения в к.т.8 при срабатывании должно быть равно минус 9,0±0,5 В, при возврате - минус 7,9±0,4 В.

3.4.3.5. Проверка ОНН

3.4.3.5.1. Проверка фильтра обратной последовательности

Проверить прямое чередование фаз трехфазного напряжения, поданного на зажимы 1, 3, 5.

Замкнуть перемычки X9, X10 (уставка U_2 - 6%).

При симметричном трехфазном напряжении на входе фильтра 3x100 В измерить переменное напряжение в к.т.2, которое не должно превышать 0,3 В. Подстройку напряжения в к.т.2 при необходимости производить попеременной регулировкой резисторов R91, R124, добиваясь минимального значения напряжения на выходе фильтра в к.т.6.

3.4.3.5.2. Проверка напряжения срабатывания ОБН по шкале уставок.[I]

Проверка производится в зависимости от уставки при замкнутых перемычках:

X9 и XI0 - уставка 6%;

X9 - уставка 9,5%;

XI0 - уставка I7,5%.

Плавно уменьшая одно из входных напряжений, например на зажимах I,3 (напряжение на зажимах 3,5 при этом должно быть равно I00 В), добиться срабатывания реагирующего органа. Срабатывание фиксируется по скачкообразному изменению полярности напряжения на выходе реагирующего органа в к.т.5 (от уровня плюс I0+I5 В до минус I0+I5 В). Значения входного напряжения при срабатывании должны с точностью ±I0% соответствовать приведенным в табл.I.

Таблица I

Уставка U_2, %	Напряжение срабатывания, В
6	90
9,5	83
I7,5	70

Если значения напряжения срабатывания отличаются от указанных в табл.I более чем на I0%, выполнить поэлементную проверку ОБН по п.3.4.3.5.3.

3.4.3.5.3. Проверка частотного фильтра, выпрямителя и реагирующего органа.

Замкнуть перемычку X9. Уменьшить одно из входных напряжений до значения, при котором напряжение в к.т.6 равно 4,9 В. При этом переменное напряжение в к.т.2 должно быть равно 4,3±0,2 В, постоянное напряжение в к.т.7 - плюс 4,2±0,2 В. При необходимости под-

---

[I] Если блок защиты БРЭ I30I имеет резервное питание от сети постоянного оперативного тока, выполненное с использованием источника питания ГИ-03И-03 в соответствии с рекомендациями приложения 7, проверка уставок срабатывания ОБН может быть проведена обычными для реле методами обратной последовательности методами.

стройку напряжения в к.т.2 производить резистором R96, в к.т.7 - резистором RI05 на минимальное значение переменной составляющей.

Плавно изменяя одно из входных напряжений, измерить постоянное напряжение в к.т.7, соответствующее срабатыванию и возврату реагирующего органа.

Значение напряжения в к.т.7 при срабатывании должно быть равно плюс 4,3±0,2 В; при возврате - плюс 3,8±0,2 В.

3.4.4. Проверка БГТ блока защиты БРЭ I30I.0I

3.4.4.I. Проверка балансировки операционных усилителей по постоянному току

Разомкнуть перемычки X3, X4. Измерить напряжения в к.т.I3, I4, I6, I7, I8. Значения измеренных напряжений по модулю не должны превышать 0,3 В. Подстройка напряжения в к.т.I7 при необходимости производится резистором R23.

Превышение модуля напряжения в к.т.I3,I4,I6,I8 значения 0,3 В указывает на неисправность операционного усилителя или на несоответствие параметров схемы требуемым.

3.4.4.2. Проверка фильтров рабочей и тормозной цепей

Замкнуть перемычку X3. Установить движок переменного резистора *RI* "$U_\Delta + U_N$" в положение, соответствующее полностью введенному сопротивлению. На зажимы I9, 20 подать напряжение 0,45 В от низкочастотного генератора сигналов и измерить напряжение на выходе фильтра в к.т.I4 при частотах входного напряжения 50, I44, I50, I56, 250 Гц. Значение измеренного напряжения в к.т.I4:

при частоте I50 Гц должно находиться в пределах 4,5-5,5 В;

при частотах I44 и I56 Гц должно быть не ниже 0,9 напряжения при частоте I50 Гц;

при частоте 50 Гц не должно превышать 0,02 напряжения при частоте I50 Гц;

при частоте 250 Гц не должно превышать 0,09 напряжения при частоте I50 Гц.

Определить резонансную частоту фильтра, при которой напряжение в к.т.I4 имеет максимальное значение.

Проверка фильтра тормозной цепи проводится аналогичным образом. При этом замыкается перемычка X4, движок переменного резистора *R27* "U_N" устанавливается в положение, соответствующее полностью введенному сопротивлению, входное напряжение подается

на зажимы I7, I8, измеряется напряжение на выходе фильтра в к.т.I8.

Значения резонансных частот фильтра рабочей и тормозной цепей не должны отличаться более чем на 2 Гц.

При несоответствии значений напряжения в к.т.I4 или к.т. I8 требуемым или отличии резонансных частот фильтров рабочей и тормозной цепей более чем на 2 Гц необходимо проверить отдельно настройку звеньев фильтра, первое из которых должно иметь резонансную частоту I40 Гц, второе - I60 Гц. Настройка первого звена фильтра рабочей цепи контролируется по напряжению в к.т.I3, второго звена - в к.т.I4.

На зажимы I9, 20 подать такое напряжение, чтобы напряжение в к.т. 20 было равно 0,26 В, и измерить напряжение в к.т.I3 при частотах входного напряжения 50, I40, 250 Гц. Значение измеренного напряжения в к.т. I3:

при частоте I40 Гц должно находиться в пределах 4,5÷5,5 В;

при частоте 50 Гц не должно превышать 0,I25 напряжения при частоте I40 Гц;

при частоте 250 Гц не должно превышать 0,25 напряжения при частоте I40 Гц.

Подстройка напряжения в к.т.I3 при необходимости производится резистором *R*4.

Установить такое входное напряжение на зажимах I9, 20, чтобы напряжение в к.т. I3 было равно 0,3 В, и измерить напряжение в к.т.I4 при частотах входного напряжения 50, I60, 250 Гц. Значение измеренного напряжения в к.т. I4:

при частоте I60 Гц должно находиться в пределах 4,5÷5,5 В;

при частоте 50 Гц не должно превышать 0,I25 напряжения при частоте I60 Гц;

при частоте 250 Гц не должно превышать 0,25 напряжения при частоте I60 Гц.

Подстройка напряжения в к.т. I4 при необходимости производится резистором *R*II.

После настройки звеньев фильтра повторно проверить фильтр рабочей цепи в целом.

Проверка звеньев фильтра тормозной цепи проводится аналогичным образом. При этом входное напряжение подается на зажимы I7, I8, измеряется напряжение на выходе первого звена фильтра в к.т.I6, на выходе второго звена - в к.т. I8. Подстройка напряжения

в к.т. I6 производится резистором $R30$, в к.т. I8 - резистором $R37$.

3.4.4.3. Проверка сопротивления срабатывания при изменении входных напряжений

Замкнуть перемычки X3, X4.

Проверку провести для двух диапазонов входных напряжений частоты I50 Гц: от 0,2 В до I,0 В и от I,4 В до 7,0 В.

Тормозное напряжение, поданное на зажимы I7, I8, установить равным 0,2 В при проверке первого диапазона, I,4 В - при проверке второго диапазона. Регулировкой резистора $R27$ "U_N" настроить в к.т. I8 напряжение максимально возможное, но не более 7 В.

Рабочее напряжение, поданное на зажимы I9, 20, установить равным тормозному. Регулировкой резистора $R1$ "$U_\Delta + U_N$" настроить в к.т. I4 напряжение, равное напряжению в к.т. I8.

Изменением входного рабочего напряжения добиться срабатывания реагирующего органа.

Срабатывание фиксируется по скачкообразному изменению полярности напряжения на выходе реагирующего органа в к.т. I9 (от минус I0-I5 В до плюс I0-I5 В).

По значениям входных напряжений при срабатывании реагирующего органа рассчитать значение сопротивления срабатывания, которое должно быть примерно равно I.

$$\underset{*}{Z}_{cp} = \frac{U_{ср.I7,\ I8}}{U_{ср.I9,\ 20}} .$$

Увеличить входные напряжения в 5 раз: при проверке первого диапазона установить напряжение, равное I В, второго - 7 В. В к.т. I8 и I4 настроить те же значения напряжений, что в предшествующем режиме. Аналогичным образом добиться срабатывания реагирующего органа и рассчитать значение сопротивления срабатывания.

Значения сопротивлений срабатывания при изменении входных напряжений в 5 раз не должны изменяться более чем на I0%.

Если указанное требование не выполняется, провести поэлементную проверку БТГ по пп.3.4.4.4, 3.4.4.5.

3.4.4.4. Проверка выпрямителя рабочей и тормозной цепей

Замкнуть перемычку X3. Установить движок переменного резистора $R1$ "$U_\Delta + U_N$" в положение, соответствующее полностью введен-

ному сопротивлению. На зажимы I9, 20 подать напряжение частоты I50 Гц такого значения, при котором напряжение в к.т. I4 равно 5 В. При этом постоянное напряжение на выходе выпрямителя в к.т. I2 должно быть равно плюс 5,0±0,5 В.

Если значение постоянного напряжения в к.т. I2 не соответствует требуемому, резистором R18 производится подстройка напряжения в к.т. I2 на минимальное значение переменной составляющей.

Разомкнуть перемычку X3, замкнуть перемычку X4. Установить движок переменного резистора R27 " U_N " в положение, соответствующее полностью введенному сопротивлению. На зажимы I7, I8 подать напряжение частоты I50 Гц такого значения, при котором напряжение в к.т. I8 равно 5 В. При этом постоянное напряжение в к.т. I5 должно быть равно минус 5,0±0,5 В.

Если значение постоянного напряжения в к.т. I5 не соответствует требуемому, резистором R44 производится подстройка напряжения в к.т. I5 на минимальное значение переменной составляющей.

3.4.4.5. Проверка сглаживающего сумматора и реагирующего органа

Замкнуть перемычки X3, X4. На зажимы I9, 20 и I7, I8 подать напряжение от низкочастотного генератора сигналов.

Установить входные напряжения частоты I50 Гц такого значения, чтобы переменные напряжения в к.т. I4 и I8 были равны 7 В. При этом переменное напряжение в к.т. I7 не должно превышать 0,35 В после прогрева схемы при поданном питании в течение не менее двух часов.

В случае несоответствия необходимо выполнить подстройку схемы сглаживающего сумматора следующим образом. При напряжении в к.т. I4, равном 7 В, установить такое входное напряжение на зажимах I7, I8, чтобы напряжение постоянного тока в к.т. I7 не превышало I В. Попеременным регулированием резисторов R52 и R138 добиться, чтобы переменное напряжение в к.т. I7 не превышало 0,35 В.

Разомкнуть перемычку X4. Плавно изменяя входное напряжение частоты I50 Гц, поданное на зажимы I9, 20, измерить постоянное напряжение в к.т. I7, соответствующее срабатыванию и возврату реагирующего органа. Значение напряжения в к.т. I7 на границе срабатывания и возврата должно находиться в пределах I,8±2,2 В.

Значение входного напряжения рабочей цепи при срабатывании реагирующего органа зависит от положения движка переменного резистора RI "U_Δ+U_N": при полностью введенном сопротивлении оно не должно превышать 0,25 В.

Для проверки тормозной цепочки, загрубляющей реагирующий орган при переходных процессах, следует установить частоту входного напряжения, поданного на зажимы I9, 20, равной 50 Гц. Измерить значение входного напряжения, соответствующее срабатыванию реагирующего органа сначала при его плавном увеличении, затем при подаче его на зажимы I9, 20 толчком (без дребезга). В первом случае значение входного напряжения должно быть не менее 2,5 В; во втором - не менее 0,75 измеренного при плавном увеличении входного напряжения. Резистор RI "U_Δ+U_N" полностью введен.

3.4.4.6. Предварительная настройка сопротивления срабатывания $Z_{ср}$= I при входных напряжениях, соответствующих максимально возможному напряжению третьей гармоники в нормальном (без замыкания) режиме работы генератора

Выполняется в целях определения на работающем генераторе сопротивления $Z_{*\infty}$, измеряемого БТГ в нормальном (без замыкания) режиме работы генератора.

Установить входные напряжения частоты I50 Гц, поданные на зажимы I7, I8 и I9, 20, равные максимально возможному на генераторе (в нормальном режиме работы) напряжению третьей гармоники. Установить в к.т. I8 и I4 регулировкой соответственно с помощью резисторов R27 "U_N" и RI "U_Δ+U_N" напряжения, равные 7 В. Зафиксировать положение движков резисторов зажимной гайкой.

Значение максимально возможного напряжения третьей гармоники равно максимальному напряжению нейтрали генератора $U_{N\,макс}$ (без учета составляющих других гармоник и отсутствия несимметрии фазных напряжений генератора), которое имеет место обычно при номинальной нагрузке генератора.

Если для генератора, на котором будет устанавливаться защита, неизвестно значение напряжения $U_{N\,макс}$, следует принять его равным 3 В.

3.4.5. Проверка БТГ блока защиты БРЭ I30I.02

3.4.5.I. Проверка балансировки операционных усилителей по постоянному току.

Разомкнуть перемычку X3 (см.рис.5).

Измерить напряжения в к.т.I2,I3,I4,I5,2I,24,25. Значения измеренных напряжений по модулю не должны превышать 0,3 В.

Подстройка напряжения в к.т. 2I при необходимости производится резистором *R*35.

3.4.5.2. Проверка кратностей скачкообразного изменения входных напряжений, соответствующих границам срабатывания и возврата БТГ.

Напряжение от низкочастотного генератора сигналов подать на зажимы I7, I8 в соответствии со схемой рис.6,*а* .Установка рубильника *S*2 необходима при отсутствии переключателя у генератора сигналов в цепи выходного напряжения, позволяющего скачком подать напряжение на схему.

При разомкнутом рубильнике *S*I и полностью введенных сопротивлениях резисторов *R*2, *R*3 схемы рис. 6,*а* (*R*2 - движение в верхнее по схеме положение, *R*3 - нижнее) установить входное напряжение частоты I50 Гц такого значения, при котором напряжение в к.т. I3 равно 4 В.

Без изменения напряжения от генератора сигналов регулировкой резисторов *R*2 и *R*3 выполнить настройку входного напряжения БТГ таким образом, чтобы отношение напряжения на зажимах I7, I8 при разомкнутом рубильнике *S*I к напряжению на этих же зажимах при замкнутом рубильнике *S*I было примерно равно I,25. Замкнуть рубильник *S*I. Проверить по изменению напряжения в к.т. 26, чтобы с увеличением входного напряжения скачком в I,25÷0,I2 раз при размыкании рубильника *S*I БТГ срабатывало.

При срабатывании БТГ напряжение в к.т. 26 - не менее I2 В, при возврате - не более I,5 В.

Изменить положение движков резисторов *R*2 или *R*3 таким образом, чтобы отношение напряжения на зажимах I7, I8 при разомкнутом рубильнике *S*I к напряжению на этих же зажимах при замкнутом рубильнике *S*I было примерно равно I,I7. Разомкнуть рубильник *S*I. Привести БТГ в сработанное состояние, для чего подать напряжение от генератора сигналов на схему толчком с помощью рубильника *S*2.

Проверить по изменению напряжения в к.т. 26, чтобы с уменьшением входного напряжения скачком в 0,85±0,08 раз $(0{,}85 = \frac{I}{I{,}I7})$ при замыкании рубильника *S*I БТГ возвращалось. Потенциальная диаграмма изменения входных напряжений, соответствующих границам срабаты-

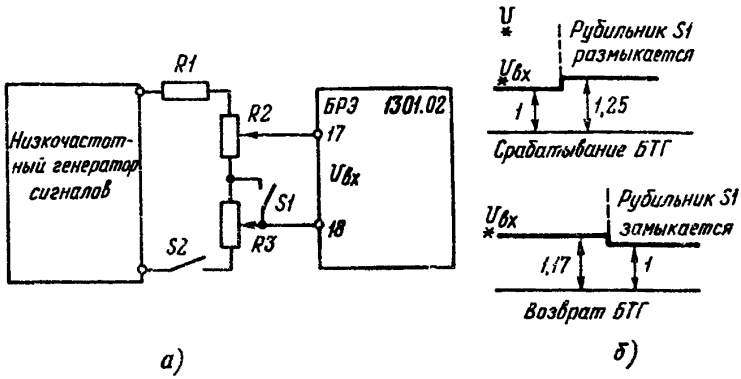


Рис.6. Схема проверки БТГ блока защиты БРЭ 1301.02:

а - схема проверки кратностей скачкообразного изменения входных напряжений, соответствующих границам срабатывания и возврата БТГ; *S1, S2* - рубильники; *R1 = R2 = R3 =* 100 Ом;

б - потенциальная диаграмма изменения входных напряжений, соответствующих границам срабатывания и возврата БТГ

вания и возврата, приведена на рис.6,*б*.

Если кратности изменения входного напряжения, соответствующие границам срабатывания и возврата БТГ, не соответствуют требуемым значениям, выполнить поэлементную проверку БТГ по пп.3.4.5.3, 3.4.5.4, 3.4.5.5.

3.4.5.3. Проверка уровней напряжений в к.т. при отсутствии входных напряжений

Разомкнуть перемычку X3, нажать на кнопку S5 "Возврат" (см. рис.5). Измерить напряжения в к.т. I6,I7,I8,I9,20,23,26. Значения измеренных напряжений должны удовлетворять следующим требованиям:

в к.т. I6 должно находиться в пределах 5,8÷0,2 В;

в к.т. I7 должно находиться в пределах 8,2÷0,2 В;

в к.т. I8,I9 должно быть не более 2 В;

в к.т. 20 и 23 должно быть не менее I2 В;

в к.т. 26 должно быть не более I,5 В.

Подстройка напряжения в к.т. I6 при необходимости производится резистором R40, в к.т. I7 - резистором R39.

3.4.5.4. Проверка фильтра, выпрямителя и сглаживателя

Замкнуть перемычку X3. Установить движок переменного резистора *R*I " U_{Δ} " в положение, соответствующее полностью введенному сопротивлению. На зажимы I7, I8 подать напряжение 0,9 В от низкочастотного генератора сигналов и измерить напряжение на выходе фильтра в к.т. I3 при частотах входного напряжения 50, I44, I50, I56, 250 Гц. Значения измеренного напряжения в к.т. I3:

при частоте I50 Гц должно находиться в пределах 4,5÷5,5 В;

при частотах I44 и I56 Гц должно быть не ниже 0,9 напряжения при частоте I50 Гц;

при частоте 50 Гц не должно превышать 0,02 напряжения при частоте I50 Гц;

при частоте 250 Гц не должно превышать 0,09 напряжения при частоте I50 Гц.

Установить входное напряжение частоты I50 Гц такого значения, при котором напряжение в к.т. I3 равно 5 В. При этом постоянное напряжение на выходе выпрямителя в к.т. I4 должно быть равно минус 5,0÷0,5 В, постоянное напряжение на выходе сглаживателя в к.т. I5 - плюс 7,0÷0,7 В; переменное напряжение в к.т.I5 не должно превышать 0,I5 В. Подстройка переменного напряжения в к.т.I5 при необходимости производится резистором *R*I56.

3.4.5.5. Проверка измерительного и пускового органов, логической схемы

Установить входное напряжение частоты I50 Гц такого значения, при котором постоянное напряжение в к.т. I5 равно плюс 2,2 В. Напряжение в к.т. 25 должно быть равно плюс 2,2±0,2 В. Нажать на кнопку *S*2 "Контр". БТ. При этом напряжение в к.т. 25 должно скачком уменьшиться до значения минус 2,5÷0,3 В.

При несоответствии значений напряжения в к.т. 25 требуемым необходимо выполнить настройку измерительного органа следующим образом. Установить движки переменных резисторов *R* 54 и *R*59 в нижнее по схеме положение (вывести на нуль). Нажать и отпустить кнопку *S*5 "Возврат". При напряжении в к.т. I5, равном плюс 2,2 В, регулировкой резистора *R*54 настроить в к.т. 25 напряжение, равное плюс I,5 В. Нажать и отпустить кнопку *S*2 "Контр." БТ, в результате чего БТ срабатывает и не возвращается. Регулировкой резистора *R*59 настроить в к.т. 25 напряжение, равное минус 2,5 В. Нажать и отпустить кнопку *S*5 "Возврат", БТ должен вернуться в

исходное состояние. Проверить настройку измерительного органа по значениям напряжения в к.т. 25 при нажатии и отпускании кнопки S2 "Контр." БТГ, как указано выше.

С помощью электронного осциллографа измерить длительность и амплитуду импульсов в к.т. I8 и 20, возникающих при нажатии на кнопку "Контр". БТГ, и импульсов в к.т. I9 и 23, возникающих при отпускании кнопки "Контр".БТГ. Параметры импульсов должны соответствовать указанным на рис.7 значениям с погрешностью не более I0%.

3.4.5.6. Проверка несрабатывания БТГ при скачкообразном изменении входного напряжения частоты 50 Гц (проверка, определяющая отстройку БТГ от однофазных КЗ на стороне ВН энергоблока)

При полностью введенном сопротивлении R1 "U_{Δ}" на зажимы I7, I8 от генератора сигналов (или от сети 220 В через ЛАТР) толчком подать напряжение частоты 50 Гц, равное уставке срабатывания БОС. При этом БТГ не должен срабатывать: напряжение в к.т. 26 должно быть не более I,5 В.

3.4.6. Проверка БВ

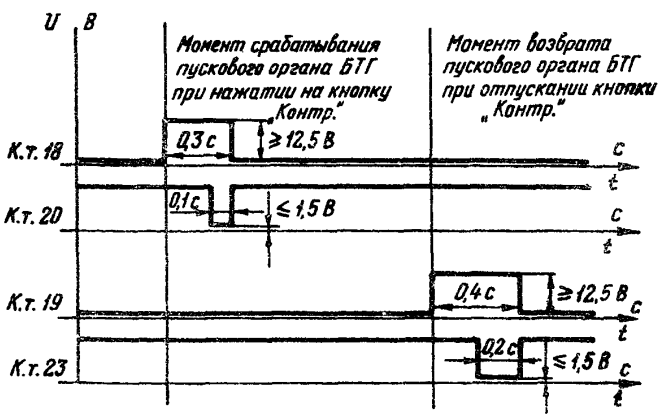


Рис.7. Временная диаграмма работы пускового органа БТГ блока защиты БРЭ I30I.02 при его срабатывании и возврате от кнопки "Контр."

3.4.6.I. Проверка логической схемы

Замкнуть перемычки XI, X2. На зажимы I7, I8 подать напряжение 0,5 В частоты I50 Гц.

Проверить:

при нажатии на кнопку S3 "Контр." БОС срабатывание реле KI и загорание светодиода "БОС";

при нажатии на кнопку S2 "Контр." БТГ срабатывание реле KI и загорание светодиода "БТГ";

при нажатии на кнопку S4 "Контр. U_2 " срабатывание реле K2 и загорание светодиода " U_2 " с выдержкой времени примерно I с;

при отпускании кнопок S3 "Контр".БОС, S2 "Контр." БТГ, S4 "Контр. U_2 " возврат соответственно реле KI и K2, погасание светодиода " U_2 ";

при нажатии на кнопку SI "Сброс" погасание светодиодов "БОС" и "БТГ";

при нажатой кнопке S4 "Контр. U_2" нажатие на кнопки S3 "Контр." БОС или S2 "Контр."БТГ приводит к загоранию светодиодов "БОС" или "БТГ" и не приводит к срабатыванию реле KI.

Измерить напряжение в к.т.9 и I0 до и после срабатывания реле KI и K2. Значения измеренных напряжений должны быть:

до срабатывания реле - не менее I3,5 В;

после срабатывания реле - в к.т. 9 - не более 5 В,в к.т. I0 - не более 6 В.

3.4.6.2. Проверка напряжения срабатывания промежуточных реле

Разомкнуть перемычки XI, X2

Подать на обмотку реле между к.т.9 и "+I5 В" при проверке реле KI и к.т. I0 и "+I5 В" при проверке реле K2 регулируемое напряжение постоянного тока (от внешнего источника или от блока питания БП через потенциометр).

Определить напряжение срабатывания реле KI и K2 при подаче напряжения на обмотку реле толчком. Напряжение срабатывания не должно превышать 8,4 В ($0,7\,U_{ном}$).

Если напряжение срабатывания менее 6,5 В, необходимо в соответствии с указаниями приложения 8 - выполнить изменения в схеме БВ, направленные на исключение возможного излишнего срабатывания реле при плавном подъеме напряжения на генераторе в режиме холостого хода.

Напряжение возврата реле должно быть не менее I,5 В.

Отключить внешний источник питания с обмоток реле.

Замкнуть перемычки XI, X2, разомкнуть - X9, XI0

Проверить при питании блока защиты от источника однофазного напряжения (регулируемое напряжение подано на входные зажимы I и 3) несрабатывание реле KI и K2 при плавном подъеме напряжения питания.

При напряжении питания, равном 80 В, проверить:

срабатывание реле KI при нажатии на кнопку S3, "Контр."БОС;

срабатывание реле K2 при замыкании перемычки X9 (или XI0).

3.5. Проверка защиты в полной схеме релейной защиты энергоблока

3.5.I. Проверка взаимодействия элементов защиты. Комплексная проверка защиты

Проверку следует производить при номинальном напряжении питания блока защиты и полностью собранных цепях защиты (выходные цепи защиты должны быть разомкнуты, цепи напряжения генератора временно отключены).

Напряжение питания блока защиты I00 В переменного тока рекомендуется подавать от постороннего источника однофазного напряжения (от сети переменного тока 220 В через ЛАТР) на входные зажимы I, 3.

3.5.I.I. При напряжении постоянного оперативного тока, равном 0,8 номинального значения, следует проверить правильность взаимодействия блока защиты с реле сигнализации, реле времени и выходными реле защит энергоблока при срабатывании и возврате промежуточных реле KI, K2* блока защиты БРЭ I30I.

Срабатывание и возврат реле KI производить нажатием на кнопку S3 "Контр."БОС при выведенном из работы ОБН: перемычки X9 и XI0 должны быть разомкнуты (так как ОБН при однофазном напряжении питания будет находиться в сработанном состоянии). Срабатывание и возврат реле K2 производить путем замыкания и размыкания перемычки X9 (или XI0).

---

*Действие реле K2 на сигнал при его срабатывании должно быть предусмотрено независимо от того, вводится в работу ОБН или нет.

Действие защиты должно полностью соответствовать исполнительным принципиальным схемам релейной защиты энергоблока.

3.5.I.2. При номинальном напряжении постоянного оперативного тока и подаче со стороны вторичных цепей ТН генератора напряжения аварийного режима от постороннего источника следует проверить:

срабатывание БОС при напряжении частоты 50 Гц, равном I,I уставки срабатывания на входных зажимах I7, I8 блока защиты;

несрабатывание БОС при напряжении частоты 50 Гц, равном 0,9 уставки срабатывания;

срабатывание БТГ при плавном увеличении напряжения частоты I50 Гц на входных зажимах I9, 20 блока защиты;

полное время действия защиты, включая выдержку времени реле времени, при подаче на вход БОС напряжения частоты 50 Гц, равного I,3 уставки срабатывания.

Время действия защиты должно составить 0,5 с.

3.6. Проверка защиты на работающем генераторе в режиме холостого хода с номинальным напряжением

3.6.I. Проверка БТГ блока защиты БРЭ I30I.0I

3.6.I.I. Проверка правильности подключения БТГ к цепям напряжения генератора

Измерить напряжения в к.т. I4 и I8 при уставке $Z_{*ср}$= I, настроенной предварительно (п.3.4.4.6). По соотношению измеренных напряжений оценить правильность подключения БТГ к цепям напряжения генератора.

При правильной схеме включения обмоток ТН напряжение в к.т. I8 должно превышать напряжение в к.т. I4*.

---

*Обычно напряжение в к.т.I8 составляет единицы вольт и превышает напряжение в к.т. I4 на порядок. В некоторых случаях при правильной схеме включения обмоток указанное соотношение напряжений в к.т. I8 и I4 не выполняется вследствие того, что распределение напряжения третьей гармоники по обмотке статора не обеспечивает примерное равенство абсолютных значений напряжений в нейтрали и на линейных выводах. Это наблюдается в следующих случаях: при ухудшении изоляции в любой точке сети генераторного напряжения, когда емкость на землю сети генераторного напряжения соизмерима с емкостью на землю обмотки статора генератора; при появлении в напряжении U_A ЭДС третьей гармоники, вызванной недопустимо ранним (при 0,6-0,7 $U_{ном}$) насыщением ТН, включенного на линейных выводах обмотки статора генератора. При этом для защиты будет характерно низкое (менее 5) значение сопротивления Z_{∞} и резкое увеличение коэффициента надежности $K_н$ с набором нагрузки на генераторе.

Если напряжение в к.т. I4 примерно в два раза превышает напряжение в к.т. I8 и БТГ в сработанном состоянии, то полярность обмоток H не соответствует заданной и должна быть изменена.

Схема подключения блока защиты БРЭ I30I.0I к цепям напряжения генератора энергоблока приведена на рис.8.

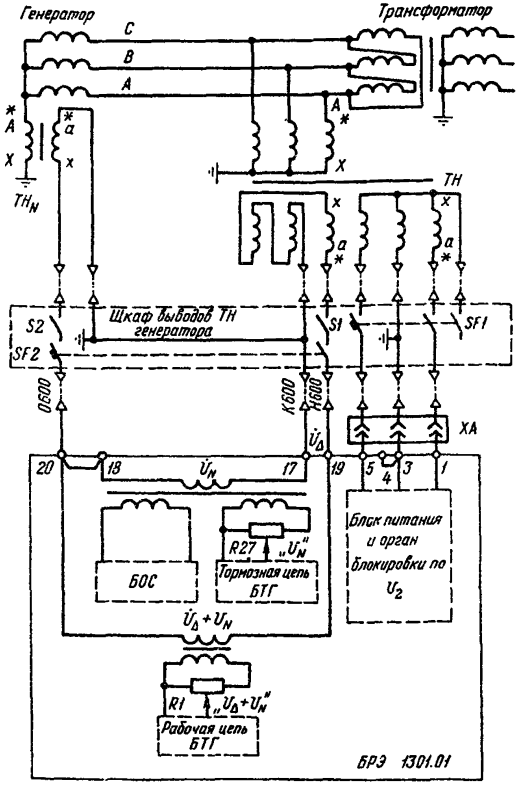


Рис.8. Схема подключения блока защиты БРЭ I30I.0I к цепям напряжения генератора энергоблока

3.6.I.2. Расчет сопротивления **нейтрали** обмотки статора в нормальном режиме, коэффициента надежности и сопротивления срабатывания

По измеренным значениям напряжений в к.т. I4 и I8 рассчитать значение сопротивления нейтрали обмотки статора в нормальном режиме $Z_{*\infty}$

$$Z_{*\infty} = \frac{U_{18}}{U_{14}} \quad (при\ Z_{*ср} = 1). \qquad (I)$$

Рассчитать значение коэффициента надежности $K_н$, которое необходимо настроить для обеспечения коэффициента чувствительности БТ, равного 2, при металлическом замыкании в точке ($\alpha_{гр}$, рис.П2.2), определяющей равную и минимальную чувствительность БОС и БТ, по формуле

$$K_н = \frac{Z_{*\infty}}{4U_{*ср.БОС}} \left(1 - 4U_{*ср.БОС}\right), \qquad (2)$$

где $U_{*\,ср.БОС} = \frac{U_{ср.БОС}(В)}{100(В)}$ - уставка срабатывания БОС, отн.ед.

Рассчитать значение сопротивления срабатывания БТ по формуле:

$$Z_{*ср} = \frac{Z_{*\infty}}{K_н} \quad . \qquad (3)$$

3.6.I.3. Настройка коэффициента надежности и масштаба входных напряжений

Измерить напряжение нейтрали обмотки статора генератора U_N на входных зажимах I7, I8 блока защиты. Рассчитать значение коэффициента K_E, учитывающего изменение напряжения U_N (на частоте третьей гармоники) с изменением нагрузки генератора

$$K_E = \frac{U_{N\,макс}}{U_N}^{*}, \qquad (4)$$

---

*Более точно значение K_E может быть рассчитано по напряжениям в к.т. I8, измеренным в режимах холостого хода и номинальной нагрузки генератора, при неизменной настройке БТ.

где $U_{N\,макс}$ - максимальное значение напряжения нейтрали обмотки статора генератора при отсутствии замыкания на землю (обычно в режиме номинальной нагрузки генератора). Если значение напряжения $U_{N\,макс}$ неизвестно при новом включении защиты, следует принять его равным 3 В;

U_N - напряжение нейтрали при отсутствии замыкания на землю в режиме работы генератора, при котором производится настройка коэффициента надежности, в данном случае - в режиме холостого хода.

Выполнить настройку рассчитанного по формуле (2) коэффициента надежности $K_н$ и выбор масштаба входных напряжений БТ в зависимости от значения сопротивления срабатывания $\underset{*}{Z}_{ср}$ в соответствии с табл.2.* Коэффициент надежности $K_н$ БТ задается соотношением напряжений в к.т. I4 и I8:

$$K_н = \frac{U_{I8}}{U_{I4}} \left(K_н = \underset{*}{Z}_{\infty} \text{ при } \underset{*}{Z}_{ср} = 1\right).$$

Таблица 2

Контрольная точка	Напряжение в к.т. в зависимости от значения $\underset{*}{Z}_{ср}$, В		
	$\underset{*}{Z}_{ср} \leq 0{,}5$	$0{,}5 \leq \underset{*}{Z}_{ср} \leq I$	$\underset{*}{Z}_{ср} \geq I$
I8	$\frac{7}{K_E}$	$\frac{7}{K_E} \cdot \frac{I}{2\underset{*}{Z}_{ср}}$	$\frac{3{,}5}{K_E}$
I4	$\frac{U_{I8}}{K_н}$		

*Настройка коэффициента надежности $K_н$ и выбор масштаба входных напряжений производятся из условия работы БТ в нормальном (без замыкания) режиме работы генератора с максимальными значениями (в пределах линейности) выходных напряжений операционных усилителей в целях повышения точности работы и помехозащищенности электронной схемы. В пределах линейности $U_{вых.макс} = I0$ В - амплитудное значение; действующее значение синусоидального напряжения - 7 В. Настройка напряжений в к.т. I8 и I4 в соответствии с формулами табл.2 обеспечивает в условиях границы срабатывания БТ режим работы операционных усилителей одного из каналов (по рабочему или тормозному напряжению) в пределах линейности.

Настройка напряжения в к.т. I8 производится резистором $R27$ "U_N", в к.т. I4 - RI "$U_Д + U_N$".

При настройке напряжения в к.т. I4 и сопротивлении срабатывания $Z_{*ср} > I$, если резистор RI введен полностью, а напряжение $U_{I4} < \frac{U_{I8}}{K_н}$, необходимо уменьшить напряжение U_{I8}, чтобы $U_{I8} = K_н U_{I4}$.

Зафиксировать положения движков резисторов RI и $R27$ зажимными гайками.

3.6.I.4. Расчетная проверка отстройки БТГ от КЗ на землю на стороне ВН энергоблока

Рассчитать значение коэффициента надежности $K_н$, обеспечивающее несрабатывание БТГ при КЗ на землю на стороне ВН энергоблока, по формуле

$$K_н = \sqrt{\frac{1 + 4 Z_{*\infty}^2 \frac{U_{ср.БОС}^2}{K_ф^2 U_N^2}}{1 + \frac{U_{ср.БОС}^2}{K_ф^2 U_N^2}}}, \qquad (5)$$

где $U_{ср.БОС}$ - уставка срабатывания БОС, В;

$K_ф$ - коэффициент фильтра БТГ, принимается равным 50.

Рассчитанное по формуле (5) значение $K_н$ не должно превышать рассчитанное по формуле (2) и настроенное (см.п.3.6.I.3) значение $K_н$.

Если рассчитанное по (5) значение $K_н$ превышает рассчитанное по (2), то для отстройки БТГ от КЗ на землю на стороне ВН энергоблока должен быть введен в работу ОНН.

Расчет уставки ОНН проводится в соответствии с рекомендациями приложения 3.

В подавляющем большинстве случаев введение в работу ОНН не требуется.

3.6.I.5. Расчет зоны обмотки статора, защищаемой БТГ*

Рассчитать зону обмотки статора от нейтрали, защищаемую БТГ ($K_ч \geq 1$), по формуле

*Расчет может выполняться после окончания испытаний защиты на генераторе.

$$\alpha_1 \leqslant \frac{I}{2 + \frac{I}{\frac{Z}{*}ср}},$$

где α_1 - относительное значение количества витков обмотки статора от нейтрали до места замыкания (см.приложение 2).

3.6.2. Настройка БТГ блока защиты БРЭ 1301.02

Схема подключения блока защиты БРЭ 1301.02 к цепям напряжения генератора энергоблока приведена на рис.9.

Измерить напряжение U_Δ , снимаемое с обмоток ТН генератора, соединенных в разомкнутый треугольник, на входных зажимах 17-18 блока защиты. Рассчитать значение коэффициента K_E, учитывающего

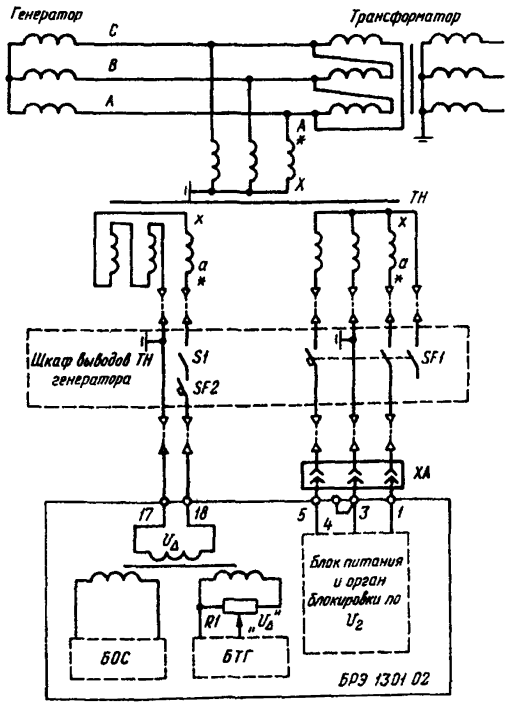


Рис.9. Схема подключения блока защиты БРЭ 1301.02 к цепям напряжения генератора энергоблока

изменение напряжения U_Δ (на частоте третьей гармоники) с изменением нагрузки генератора:

$$K_E = \frac{U_{\Delta\,макс}}{U_\Delta}^{*},$$

где $U_{\Delta\,макс}$ - максимальное значение напряжения U_Δ при отсутствии замыкания на землю (обычно в режиме номинальной нагрузки генератора). Если значение напряжения $U_{\Delta\,макс}$ неизвестно при новом включении защиты, следует принять его равным 3 В;

U_Δ - напряжение на обмотках ТН, соединенных в разомкнутый треугольник, при отсутствии замыкания на землю в режиме работы генератора, при котором производится настройка БТГ (в данном случае - в режиме холостого хода).

Произвести выбор масштаба входного напряжения U_Δ, выполнив резистором $R1$ " U_Δ " настройку напряжения в к.т. 13:

$$U_{13} = \frac{5{,}0}{K_E}, \text{ В}.$$

3.6.3. Проверка ОБН**

Проверить прямое чередование фаз напряжения на входных зажимах 1, 3, 5 блока защиты и измерить значения входных напряжений.

Измерить напряжение небаланса на выходе частотного фильтра в к.т. 2. Значение измеренного напряжения при равенстве входных напряжений не должно превышать 0,3 В.

Проверить срабатывание ОБН при нажатии на кнопку "Контр. U_2 ".

3.6.4. Проверка функционирования БОС и БТГ

Проверить срабатывание БОС и БТГ при нажатии на кнопки "Контр".БОС и "Контр".БТГ соответственно.

3.7. Дополнительные проверки при опытах замыкания на землю обмотки статора генератора

3.7.1. Правильность работы БТГ блока защиты БРЗ 1301.01 может быть проверена при заземлении нейтрали обмотки статора и плавном подъеме напряжения генератора.

---

*Более точно значение K_E может быть рассчитано по напряжениям в к.т.13, измеренным в режимах холостого хода и номинальной нагрузки генератора при неизменной настройке БТГ.

**Проверка производится, если ОБН вводится в работу.

3.7.2. Уставка БОС блоков защит БРЭ 1301.01 и БРЭ 1301.02 и срабатывание БТ блока защиты БРЭ 1301.01 при сопротивлении срабатывания $Z_{ср} > I$ могут быть проверены при заземлении одной фазы линейных выводов обмотки статора и плавном подъеме напряжения генератора.

Особенности поведения БТ блока защиты БРЭ 1301.01 при опытах замыкания на землю обмотки статора и плавном подъеме напряжения генератора рассмотрены в приложении 9.

3.7.3. Режим заземления одной фазы линейных выводов позволяет провести проверку правильности подключения БТ блока защиты БРЭ 1301.01 к цепям напряжения генератора. При напряжении генератора, соответствующем уставке срабатывания БОС или минимальному значению напряжения возбуждения, измеряются напряжения на входе блока защиты. Соотношение напряжений при правильном включении полярных концов обмоток ТН должно быть следующим:

$$U_{17-18} \approx U_{17-19}, \quad U_{19-20} \approx U_{17-18} + U_{17-19}$$

3.7.4. Проверка блока защиты при опытах замыкания на землю обмотки статора генератора требует организации питания блока защиты БРЭ 1301 от постороннего источника.[1] На входные зажимы 1-3 (или 3-5) необходимо от сети переменного тока 220 В через ЛАТР подать напряжение 100 В. Вывести из работы СБН: разомкнуть перемычки X9 и X10.

3.8. Подготовка блока защиты к вводу в работу

3.8.1. Проверить соответствие положения перемычек заданным уставкам срабатывания БОС и ОБН.

Проверить замкнутое положение перемычек X1, X2, X3, X4.

3.8.2. Закрыть крышкой переднюю панель блока защиты.

3.8.3. Проверить положение флажков указательных реле, испытательных блоков.

3.8.4. Выполнить запись в журнале РЗА о возможности ввода в работу блока защиты генератора БРЭ 1301.

---

[1] Если блок защиты БРЭ 1301 имеет резервное питание от сети постоянного оперативного тока, выполненное с использованием источника питания ГН-08Н-03, посторонний источник питания не требуется.

3.9. Проверка параметров настройки БТГ в режиме нагрузки генератора

После включения энергоблока в систему при нагрузке на генераторе не ниже 0,8 номинального значения следует выполнить:

для блока защиты БРЭ I30I.0I проверку значения коэффициента надежности и масштаба входных напряжений БТГ;

для блока защиты БРЭ I30I.02 проверку масштаба входного напряжения БТГ.

Проверка производится при разомкнутых выходных цепях защиты.

3.9.I. Проверка коэффициента надежности и масштаба входных напряжений БТГ блока защиты БРЭ I30I.0I

Измерить напряжения в к.т. I4 и I8. Рассчитать значение коэффициента надежности как отношение напряжений в к.т.I8 и I4:

$$K_н = \frac{U_{I8}}{U_{I4}} .$$

Если рассчитанное значение $K_н$ равно значению, настроенному в режиме холостого хода (см.п.3.6.I.3), и значение напряжения в к.т. I8 равно 6,5÷ 7,5 В, настройка БТГ не изменяется.

Если рассчитанное значение $K_н$ отлично от настроенного в режиме холостого хода или значение напряжения в к.т. I8 не находится в пределах 6,5÷7,5 В, необходимо:

выполнить при нагрузке на генераторе не ниже 0,8 номинальной в соответствии с табл.2 настройку напряжений в к.т. I8 и I4, обеспечивающую необходимое, рассчитанное по формуле (2), значение коэффициента надежности $K_н$, принимая значение коэффициента K_E равным I;

измерить при первом останове энергоблока в режиме холостого хода с номинальным напряжением напряжения в к.т. I4 и I8;

рассчитать новое значение коэффициента K_E как отношение напряжения в к.т. I8, настроенного при нагрузке генератора не менее 0,8 номинальной (~7 В), к напряжению в к.т. I8, измеренному в режиме холостого хода при первом останове энергоблока, и использовать рассчитанное значение K_E и измеренные значения напряжений в к.т. I4 и I8 для контроля за настройкой БТГ после проведения технического обслуживания блока защиты при последующих пусках энергоблока[1].

[1]При новом включении блока защиты БРЭ I30I.0I на однотипных генераторах электростанций при настройке БТГ в режиме холостого хода рекомендуется использовать рассчитанное для данного генератора значение K_E.

3.9.2. Проверка масштаба входного напряжения БП блока защиты БРЭ 1301.02

Измерить напряжение в к.т. 13.

Если значение измеренного напряжения равно 4,5÷5,5 В, настройка масштаба входного напряжения БТ не изменяется.

Если значение измеренного напряжения не находится в пределах 4,5÷5,5 В, необходимо:

установить при нагрузке на генераторе не ниже 0,8 номинальной регулировкой резистора $R1$ " U_{Δ} " напряжение в к.т. 13 равным 5 В (коэффициент K_E принимается равным 1);

измерить при первом останове энергоблока в режиме холостого хода с номинальным напряжением напряжение в к.т. 13;

рассчитать новое значение K_E как отношение напряжения в к.т.13, настроенного при нагрузке генератора не менее 0,8 номинальной (~5 В), к напряжению в к.т. 13, измеренному в режиме холостого хода при первом останове энергоблока, и использовать рассчитанное значение K_E и измеренное значение напряжения в к.т.13 для контроля за настройкой БТ. После проведения технического обслуживания блоков защиты при последующих пусках энергоблока[1].

4. ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ОБЪЕМ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ

4.1. Техническое обслуживание блока защиты БРЭ 1301 должно производиться в соответствии с программами работ для каждого вида технического обслуживания, приведенными в "Правилах технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ". РД 34.35.617-89 (М.: СПО Союзтехэнерго, 1989).

4.2. Программа технического обслуживания при проверке электрических характеристик блоков защиты БРЭ 1301.01 приведена в табл.3, защиты БРЭ 1301.02 в табл.4.

---

[1] При новом включении блока защиты БРЭ 1301.02 на однотипных генераторах электростанции при настройке БТ в режиме холостого хода рекомендуется использовать рассчитанное для данного генератора значение K_E.

Таблица 3

Наименование работ при проверке БРЭ 1301.01	Вид технического обслуживания
Проверка БП:	
от источника однофазного напряжения:	
на холостом ходу	Н
под нагрузкой при изменении напряжения питания	Н, В
от источника трехфазного напряжения под нагрузкой	Н,КI,К,В
Проверка напряжения срабатывания промежуточных реле	Н,КI,В
Проверка напряжения срабатывания БОС и ОБН по шкале уставок	Н
Проверка напряжения срабатывания БОС и ОБН на рабочей уставке	Н,КI,В
Проверка настройки фильтров БТ	Н
Проверка сопротивления срабатывания БТ при изменении входных напряжений	Н
Настройка сопротивления срабатывания БТ $\frac{Z}{}_{ср} = I$	Н
Настройка коэффициента надежности и масштаба входных напряжений БТ на холостом ходу работающего генератора и их проверка в режиме нагрузки генератора	Н
Проверка коэффициента надежности БТ на холостом ходу работающего генератора	КI, В
Проверка функционирования БОС, БТ, ОБН при нажатии на кнопки "Контр".БОС, "Контр."БТ, "Контр. U_2 "	Н,К,КI,В

4.3. Проверка коэффициента надежности $К_и$ БТ блока защиты БРЭ 1301.01 на холостом ходу работающего генератора, проводимая при первом профилактическом контроле и профилактическом восстановлении, заключается в измерении напряжений в к.т.14 и 18 и сравнении измеренных значений с данными предыдущих измерений, которые произведены при новом включении блока защиты в режиме холостого хода при пуске энергоблока, если значение $К_и$ в режиме нагрузки генератора не изменялось, или при останове энергоблока, если настройка $К_и$ производилась в режиме нагрузки генератора.

Если измеренные значения напряжений равны предыдущим, проверка БТГ в режиме нагрузки генератора не производится. В противном случае настройка БТГ производится как при новом включении.

Таблица 4

Наименование работ при проверке БРЭ 1301.02	Вид технического обслуживания
Проверка БП:	
от источника однофазного напряжения:	
на холостом ходу	Н
под нагрузкой при номинальном напряжении питания	
от источника трехфазного напряжения под	Н,КI,К,В
Проверка напряжения срабатывания БОС и ОБН по шкале уставок	Н
Проверка напряжения срабатывания БОС и ОБН на рабочей уставке	Н,КI,В
Проверка кратности изменения входного напряжения, соответствующего границам срабатывания и возврата БТГ	Н
Проверка отстройки БТГ от однофазных КЗ стороне ВН энергоблока	Н
Настройка масштаба входного напряжения БТГ на холостом ходу работающего генератора и его проверка в режиме нагрузки генератора	Н
Проверка масштаба входного напряжения БТГ на холостом ходу работающего генератора	КI, В
Проверка функционирования БОС, БТГ, ОБН при нажатии на кнопки "Контр".БОС, "Контр".БТГ, "Контр.U_2"	Н,КI,К,В

4.4. Проверка масштаба входного напряжения БТГ блока защиты БРЭ 1301.02 на холостом ходу работающего генератора, проводимая при первом профилактическом контроле и профилактическом восстановлении, заключается в измерении напряжения в к.т. 13 и сравнении измеренного значения с данными предыдущего измерения, которое произведено при новом включении блока защиты в режиме холостого хода при пуске энергоблока, если настройка масштаба в режиме нагрузки генератора не изменялась, или при останове энергоблока, если настройка масштаба проводилась в режиме нагрузки генератора.

Если измеренное значение напряжения в к.т. I3 равно значению предыдущего измерения, проверка БТТ в режиме нагрузки генератора не производится. В противном случае настройка БТТ производится как при новом включении.

Приложение I

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ БЛОКА ЗАЩИТЫ БРЭ I30I

Номинальное напряжение питания частоты 50 Гц ...	I00 В
Потребляемая мощность по цепи питания на фазу ..	Не более I0 В·А
Напряжение срабатывания БОС по шкале уставок....	5; I0; I5; 20 В
Диапазон изменения входных напряжений третьей гармоники	0,2-7,0 В
Пределы регулирования относительного сопротивления срабатывания БТТ блока защиты БРЭ I30I.0I	0,3-3,0 отн.ед.
Кратность изменения входного напряжения БТТ блока защиты БРЭ I30I.02:	
при срабатывании	I,25 отн.ед±0,I2
при возврате	I,I7 отн.ед±0,I3
Напряжение срабатывания ОБН....	3,5; 5,5; 9,8 В
Процент фазного напряжения	6,0; 9,5; I7,5%

Приложение 2

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И СТРУКТУРНЫХ СХЕМ БЛОКОВ ЗАЩИТ БРЭ I30I.0I И БРЭ I30I.02

I. Блоки защиты БРЭ I30I.0I и БРЭ I30I.02 являются I00%-ными защитами обмотки статора генератора от замыканий на землю. Защиту большей части обмотки статора (примерно 70-80%), считая от ных выводов, обеспечивают БОС, реагирующие на напряжение последовательности частоты 50 Гц и выполненные в обеих защит идентично.

Защиту нейтрали и примыкающей к ней части обмотки стато (30-40%) обеспечивают БТТ, выполненные в этих защитах на раз принципах.

Принцип выполнения БТ блока защиты БРЭ 1301.01 основан на использовании комбинаций напряжений третьих гармоник, измеренных на линейных выводах $\dot{U}_{3\Delta}$ и в нейтрали $\dot{U}_{3N}$ обмотки статора генератора. Защита реагирует на отношение модулей $\frac{|\dot{U}_{3N}|}{|\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}|}$, характеризующее непосредственно переходное сопротивление в месте замыкания на землю, что позволяет получить высокую чувствительность и надежную отстройку защиты от режимов нагрузки.

Принцип выполнения БТ блока защиты БРЭ 1301.02 основан на использовании производной по времени амплитуды напряжения третьей гармоники, измеренной на линейных выводах генератора. Защита реагирует на быстрое увеличение напряжения (постоянная времени нарастания $\dot{U}_{3\Delta}$ не более 0,1 с) третьей гармоники и позволяет осуществить эффективную защиту нейтрали и прилежащей к ней части обмотки статора генератора без установки дополнительного трансформатора напряжения в нейтрали.

2. Блок защиты БРЭ 1301 содержит следующие функциональные узлы и блоки:

блок питания;

блок основной составляющей;

орган блокировки по напряжению обратной последовательности;

блок третьей гармоники;

выходной блок.

Структурная схема блока защиты БРЭ 1301.01 приведена на рис.П2 БТ блока защиты БРЭ 1301.02 - на рис.П2.2.

2.1. Блок питания

Блок питания предназначен для организации оперативного питания микросхем и обмоток промежуточных реле.

Входное напряжение БП - два линейных напряжения 100 В частоты 50 Гц от измерительного трансформатора напряжения генератора.

Выходные напряжения БП - стабилизированные напряжения +15 В и -15 В.

Блок питания состоит из двух входных разделительных трансформаторов, вторичные обмотки которых соединены по схеме открытого треугольника, двух трехфазных выпрямительных мостов и стабилизаторов напряжения последовательного типа. Входные трансформаторы имеют дополнительную вторичную обмотку для организации входных напряжений ОНН.

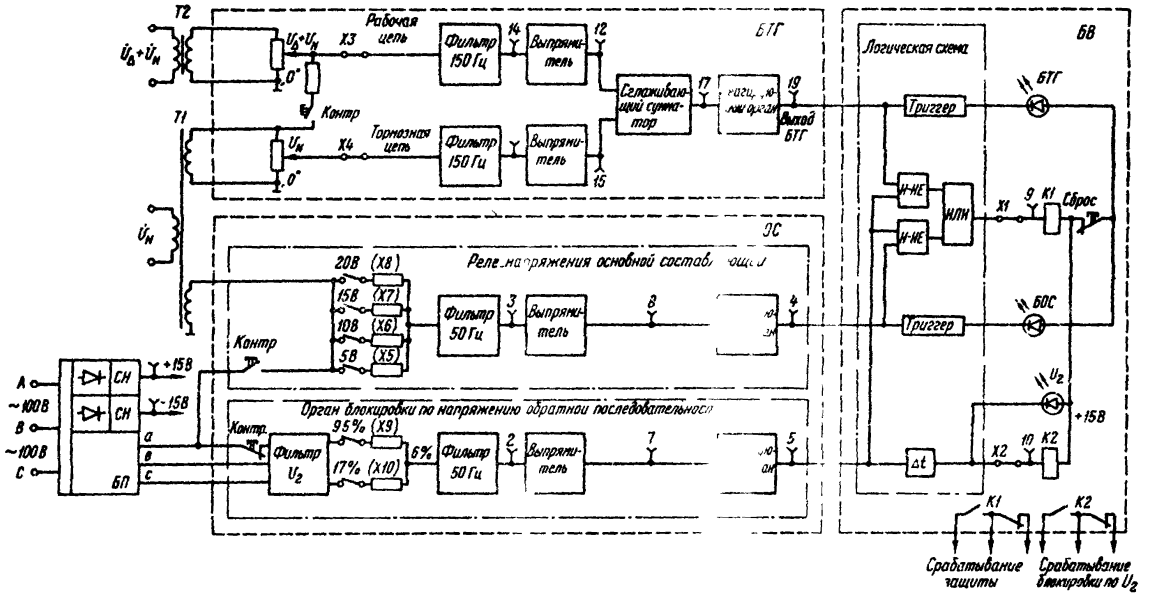


Рис.П2.1. Структурная схема блока защиты обмотки статора генераторов БРЭ 1301.01

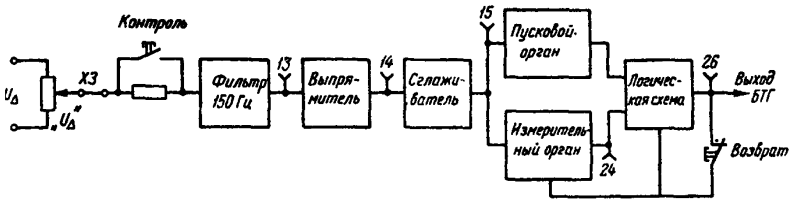


Рис.П2.2. Структурная схема БТГ блока защиты БРЭ 1301.02

2.2. Блок основной составляющей

2.2.1. Блок основной составляющей представляет собой максимальное реле напряжения, которое реагирует на основную составляющую напряжения нулевой последовательности.

Блок основной составляющей блока защиты БРЭ 1301.01 включается на напряжение U_N , блока защиты БРЭ 1301.02 - на напряжение U_Δ . Это напряжение после разделительного трансформатора подается через резистор, соответствующий заданной уставке срабатывания, на полосовой фильтр, пропускающий только напряжение первой гармоники. После фильтра напряжение частоты 50 Гц подается на двухполупериодный выпрямитель и затем на реагирующий орган, который при срабатывании выдает сигнал на логическую схему.

Кнопка "Контр." позволяет проводить проверку срабатывания БОС путем подачи на вход напряжения со вторичной обмотки входного трансформатора, заведомо превышающего максимальную уставку срабатывания БОС.

2.2.2. Орган блокировки по напряжению обратной последовательности (конструктивно входит в БОС) представляет собой максимальное реле напряжения обратной последовательности.

Два линейных напряжения подаются на двухплечевой активно-емкостный фильтр напряжения обратной последовательности и затем через резистор, соответствующий заданной уставке, на полосовой фильтр с резонансной частотой 50 Гц. После фильтра напряжение подается на двухполупериодный выпрямитель и реагирующий орган, который при срабатывании выдает сигнал на логическую схему.

Кнопка "Контр." позволяет проводить проверку срабатывания ОБН путем обрыва одной фазы входного напряжения.

2.3. Блок третьей гармоники

2.3.I. Блок третьей гармоники блока защиты БРЭ I30I.0I

2.3.I.I. Блок третьей гармоники блока защиты БРЭ I30I.0I представляет собой реле сопротивления, реагирующее при замыкании на землю на относительное результирующее сопротивление обмотки статора со стороны нейтрали по отношению к земле, измеряемое с помощью составляющих третьей гармоники напряжения нулевой последовательности генератора. БТГ защищает нейтраль и примыкающую к ней часть обмотки статора.

Третьи E_3 и кратные им гармоники ЭДС генератора, обусловленные несинусоидальностью индукции в воздушном зазоре, существуют при нормальной работе генератора, во всех трех фазах совпадают по фазе и поэтому являются составляющими нулевой последовательности. При этом наибольшей является третья гармоника ЭДС генератора.

Эквивалентная схема замещения сети генераторного напряжения энергоблока для составляющих третьей гармоники приведена на рис.П2.3. Распределение напряжения третьей гармоники вдоль обмотки статора в нормальном режиме показано на рис.П2.3,*а*, при металлическом замыкании на землю нейтрали - на рис.П2.3,*б*.

Результирующее сопротивление в нейтрали $Z = \frac{Z_N R}{Z_N + R}$ определяется как

$$Z = \frac{\dot{U}_{3N}}{\dot{I}_{3N}} . \qquad (П2.I)$$

Так как емкость на землю ошиновки, трансформатора блока и трансформатора собственных нужд существенно меньше емкости на землю обмотки статора генератора сопротивление $Z_ш \gg Z_c$, ток $\dot{I}_{3N} \gg \dot{I}_{3ш}$, т.е. ток $\dot{I}_{3N}$ практически пропорционален напряжению U_{3C}

$$\dot{I}_{3N} \approx - \frac{\dot{U}_{3C}}{Z_c} . \qquad (П2.2)$$

Напряжение $\dot{U}_C$ может быть определено как

$$\begin{cases} \dot{U}_{3C} = \frac{\dot{E}_3}{2} + \dot{U}_{3\Delta} ; \\ \dot{U}_{3C} = - \frac{\dot{E}_3}{2} + \dot{U}_{3N} \end{cases}$$

или $$\dot{U}_{3C} = \frac{1}{2}(\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3C}) .$$

Тогда

$$Z = \frac{\dot{U}_{3N}}{\dot{I}_{3N}} \approx 2Z_C \frac{\dot{U}_{3N}}{\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}} \quad и$$

$$\underset{*}{Z} = \frac{Z}{2Z_C} = \frac{\dot{U}_{3N}}{\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}} . \qquad (П2.3)$$

(Сопротивление Z_C при замыканиях на землю является неизменной величиной).

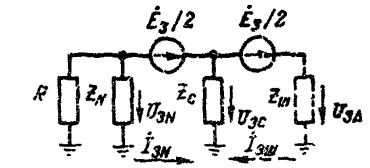
Таким образом, результирующее сопротивление нейтрали обмотки статора на землю, отнесенное к удвоенному емкостному сопротивлению генератора, определяется отношением $\dot{U}_{3N}/\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}$. БТГ выполнен в виде реле сопротивления, реагирующего на указанное отношение напряжений.

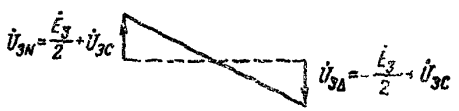
Такое реле сопротивления отличается от обычного реле полного сопротивления тем, что одной из сравниваемых величин является не напряжение, равное измеряемому току, умноженному на сопротивление уставки, а напряжение ($\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}$).

Настройка уставки БТГ осуществляется регулированием соотношения напряжений, пропорциональных $|\dot{U}_{3N}|$ и $|\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}|$. Реагирующий орган БТГ обладает направленностью действия для обеспечения срабатывания только при $|\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}| \geq |\dot{U}_{3N}|$, т.е. напряжение, пропорциональное $|\dot{U}_{3N}|$, является тормозной величиной, напряжение, пропорциональное $|\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}|$, - действующей (рабочей).

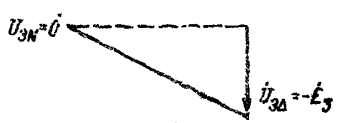
Уставка БТГ выбирается из условия отстройки от сопротивления нейтрали обмотки статора на землю в нормальном без замыкания режиме $\underset{*}{Z}_{\infty}$ ($R \to \infty$) с коэффициентом надежности $K_н$:

$$\underset{*}{Z}_{ср} = \frac{\underset{*}{Z}_{\infty}}{K_н} . \qquad (П2.4)$$





а)



б)

Рис.П2.3. Эквивалентная схема замещения сети генераторного напряжения блока генератор–трансформатор для составляющих третьей гармоники:

а – распределение напряжения третьей гармоники вдоль обмотки статора генератора в нормальном режиме;

б – то же при замыкании на землю нейтрали обмотки статора генератора;

R – переходное сопротивление в месте замыкания;

E_3 – третья гармоника ЭДС фазы генератора;

Z_C – сопротивление на землю трех фаз обмотки статора генератора, определяемое емкостью трех фаз обмотки и активным сопротивлением изоляции

Z_N – сопротивление компенсирующей катушки или однофазного трансформатора напряжения;

$Z_Ш$ – сопротивление на землю трех фаз трансформатора энергоблока, сшиновки и трансформатора собственных нужд, определяемое их суммарной емкостью на землю и активным сопротивлением изоляции;

$U_{3Δ}$, U_{3N} – напряжение третьей гармоники на линейных выводах и в нейтрали обмотки статора генератора;

U_{3C} – напряжение третьей гармоники на сопротивлении Z_C

Значение сопротивления $Z_{*\infty}$ рассчитывается по значениям напряжений в к.т. I4 и I8 БТГ на выходе фильтров третьей гармоники при работе генератора в любом режиме нагрузки, в том числе в режиме холостого хода

$$Z_{*\infty} = \frac{U_{18}}{U_{14}} \quad \text{при} \quad Z_{*ср} = 1 . \qquad (П2.5)$$

Значение коэффициента надежности $K_н$ выбирается из условия обеспечения коэффициента чувствительности $K_ч$, равного 2, при металлическом замыкании в точке ($\alpha_{гр}$, рис.П2.4), определяющей равную и минимальную чувствительность БОС и БТГ:

$$K_н = \frac{Z_{*\infty}}{K^2_{ч\ мин} \cdot U_{*ср.БОС}} (I - 2\, K_{ч\ мин} \cdot U_{*ср.БОС}), \qquad (П2.6)$$

где $U_{*ср.БОС} = \frac{U_{ср.БОС\ (В)}}{I00\ (В)}$ – уставка срабатывания БОС, отн.ед.

Выбранное значение $K_н$ должно удовлетворять требованию несрабатывания БТГ при КЗ на землю на стороне ВН трансформатора блока:

$$K_н \geq \sqrt{\frac{1 + 4 Z^2_{*\infty} \dfrac{U^2_{ср.БОС}}{K^2_ф U^2_{N\ мин}}}{1 + \dfrac{U^2_{ср.БОС}}{K^2_ф U^2_{N\ мин}}}} , \qquad (П2.7)$$

где $K_ф$ – коэффициент фильтра БТГ, принимается равным 50;
$U_{N\ мин}$ – минимальное напряжение нейтрали генератора на частоте третьей гармоники в нормальном режиме работы генератора (обычно в режиме холостого хода).

Если указанное соотношение не выполняется, то вводится в действие ОБН, который блокирует БОС и БТГ на время существования КЗ на землю за трансформатором блока.

Надежная отстройка БТГ в нормальном режиме работы генератора обеспечивается при значениях $K_н$ не ниже 3:

$$K_н \geq 3 .$$

Настройка БТГ с коэффициентом надежности $K_н$, обеспечивающим при металлическом замыкании в точке $\alpha_{гр}$, где БОС и БТГ имеют равную чувствительность, коэффициент чувствительности, равный 2:

удовлетворяет требованию ПУЭ относительно наименьшего коэффициента чувствительности защит от замыканий на землю;

обеспечивает надежную отстройку от излишнего действия БТГ при однофазных и двухфазных КЗ на землю на стороне ВН энергоблока

устраняет в определенной мере чрезмерную чувствительность БТГ, которая вредна с точки зрения возможного излишнего действия защиты при "неопасном" снижении сопротивления изоляции фаз генератора на землю;

определяет в зависимости от значения уставки срабатывания БОС значение сопротивления срабатывания БТГ:

$$\underset{*}{Z}_{ср} < I \quad \text{при} \quad U_{ср.БОС} < 12{,}5\ В;$$

$$\underset{*}{Z}_{ср} > I \quad \text{при} \quad U_{ср.БОС} \geq 12{,}5\ В.$$

Коэффициент чувствительности БТГ*

$$K_ч = \frac{\underset{*}{Z}_{ср}}{\underset{*}{Z}} = \frac{1}{K_н}\sqrt{\frac{1+\left[\frac{\underset{*}{Z}_{\infty}-2Z_c}{R}(1-2\alpha)\right]^2}{1+\left(\alpha\frac{2Z_c}{R}\right)^2}}, \qquad \text{(П2.8)}$$

где α - относительное количество витков обмотки статора от нейтрали до места замыкания.

Предельное переходное сопротивление в месте замыкания

$$R_{пред} = \underset{*}{Z}_{\infty} - 2Z_c\sqrt{\frac{(1-2\alpha)^2-\left(\frac{\alpha}{\underset{*}{Z}_{ср}}\right)^2}{K_н^2-1}} \qquad \text{(П2.9)}$$

Анализ формулы (П2.8) показывает, что чувствительность БТГ максимальна при замыкании в нейтрали обмотки статора ($\alpha = 0$) и уменьшается при движении точки замыкания от нейтрали в обмотку. В середине обмотки статора существует "мертвая" зона БТГ, где $K_ч < I$

*Кискачи В.М. "Защита генераторов энергоблоков от замыканий на землю в обмотке статора". - "Электричество", 1975, № 11.

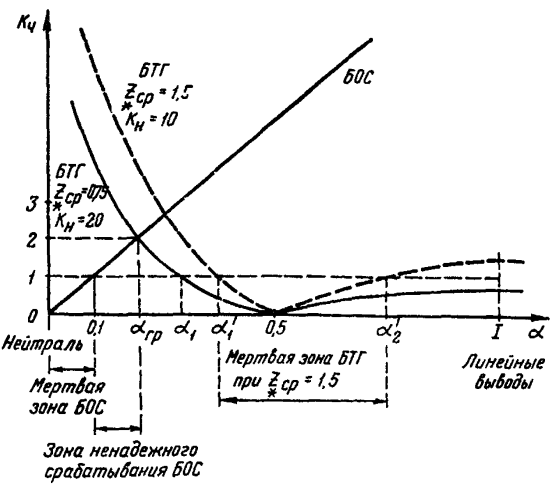


Рис.П2.4. График зависимости коэффициента чувствительности БТГ и БОС блока защиты БРЭ 1301.01 от относительного количества витков обмотки статора от нейтрали до места замыкания для энергоблоков 300 МВт при $Z^*_{\infty} = 15$ и $U_{ср.БОС} = 10$ В; $\alpha_1 = 0,3$; $\alpha_1' = 0,37$; $\alpha_2' = 0,75$

При металлическом замыкании в нейтрали ($\alpha = 0, R = 0$) $K_ч \to \infty$

Зоны срабатывания БТГ* ($K_ч \geq 1$) при металлическом замыкании:

$\alpha_1 \leq \dfrac{1}{2 + \dfrac{1}{Z^*_{ср}}}$ - основная зона: нейтраль и примыкающая к ней часть обмотки статора генератора;

$\alpha_2 \geq \dfrac{1}{2 - \dfrac{1}{Z^*_{ср}}}$ - неосновная зона: примыкающая к линейным выводам часть обмотки статора генератора, ошиновка, обмотка трансформатора блока и ТСН.

При уставке срабатывания $Z^*_{ср} < 1$ БТГ срабатывает при замыканиях на землю только в основной зоне (на практике наблюдается срабатывание БТГ с уставкой $0,5 < Z^*_{ср} < 1$ при замыканиях и на линейных выводах обмотки статора генератора, что обусловлено значитель-

*Кискачи В.М. "Защита генераторов энергоблоков от замыканий на землю в обмотке статора". - "Электричество", 1975, № 11.

ной основной составляющей частоты 50 Гц напряжения нулевой последовательности в этих режимах и ограниченной добротностью фильтров БТГ).

При уставке срабатывания $Z_{*ср} > I$ БТГ срабатывает не только в основной зоне, но и при замыканиях в примыкающей к линейным выводам части обмотки статора генератора, на ошиновке, в обмотке трансформатора блока и ТСН.

На рис.П2.4 приведен график зависимости коэффициента чувствительности БТГ и БОС от места металлического замыкания в обмотке статора генератора для энергоблока 300 МВт при $Z_{*\infty} \approx 15$. Коэффициент чувствительности $K_ч$, равный 2, при металлическом замыкании в точке $\alpha_{гр}$, где БОС и БТГ имеют равную и минимальную чувствительность, обеспечивается при $K_н = 20$ и $Z_{*ср} = 0{,}75$. Зона срабатывания БТГ - нейтраль и примыкающие к ней 30% обмотки статора генератора ($\alpha_1 = 0{,}3$). При $Z_{*ср} = 1{,}5$ и $K_н = 10$ чувствительность БТГ выше, основная зона срабатывания шире ($\alpha_1' = 0{,}37$), появляется не основная зона срабатывания БТГ ($\alpha_2' = 0{,}75$), но хуже отстройка от КЗ на землю за трансформатором блока (по этому условию $K_н$ должен быть не менее 4,5).

2.3.1.2. Входными напряжениями БТГ являются: для рабочей цепи сумма напряжений ($\dot{U}_N + \dot{U}_\Delta$), для тормозной - напряжение $\dot{U}_N$. Вторичные обмотки входных разделительных трансформаторов рабочей и тормозной цепей включены на регулировочные потенциометры "$U_N + U_\Delta$" и "U_N", с помощью которых выполняется настройка коэффициента надежности БТГ.

Третья гармоника напряжений ($\dot{U}_N + \dot{U}_\Delta$) и $\dot{U}_N$ выделяется полосовыми фильтрами с резонансной частотой 150 Гц.

Напряжения рабочей и тормозной цепей после выпрямления подаются на сглаживающий сумматор, который сравнивает напряжения, пропорциональные $|\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}|$ и $|\dot{U}_{3N}|$. При соотношении $|\dot{U}_{3N} + \dot{U}_{3\Delta}| \geq |\dot{U}_{3N}|$ срабатывает регулирующий орган БТГ и выдает сигнал на логическую схему БВ.

Кнопка "Контр." позволяет проводить прозерку срабатывания БТГ путем подачи на вход рабочей цепи тормозного напряжения, которое по коэффициенту передачи превысит порог срабатывания БТГ по рабочей цепи при наличии тормозного действия.

2.3.2. Блок третьей гармоники блока защиты БРЗ 1301.02

2.3.2.1. Блок третьей гармоники блока защиты БРЭ 1301.02 представляет собой реле, реагирующее при замыкании на землю на скорость и значение изменения третьей гармоники напряжения нулевой последовательности генератора, измеряемого со стороны линейных выводов обмотки статора. Блок БТГ защищает нейтраль и примерно 40% обмотки статора, примыкающей к нейтрали.

При замыкании на землю третья гармоника напряжения нулевой последовательности $U_{3\Delta}$ увеличивается (см.рис.П2.3,б) с постоянной времени, которая не превышает 0,1 с. Изменение напряжения $U_{3\Delta}$ с изменением нагрузки генератора происходит со значительно большей постоянной времени, БТГ не реагирует на такое изменение.

Реле имеет два реагирующих органа: измерительный и пусковой.

Измерительный орган реагирует на относительное значение приращения напряжения $U_{3\Delta}$ по отношению к значению $U_{3\Delta}$ предшествующего установившегося режима.

Пусковой орган реагирует на знак производной огибающей напряжения $U_{3\Delta}$ и постоянную времени процесса изменения $U_{3\Delta}$ независимо от значения $U_{3\Delta}$ предшествующего установившегося режима.

Пусковой и измерительный органы воздействуют на схему логики, которая обеспечивает следующий алгоритм работы БТГ.

Если увеличение напряжения $U_{3\Delta}$ происходит с постоянной времени меньше граничного значения 0,3 с и кратность изменения напряжения $U_{3\Delta}$ выше заданного уровня, БТГ срабатывает и удерживается в сработанном состоянии при новом установившемся значении $U_{3\Delta}$. Условия возврата БТГ при уменьшении напряжения $U_{3\Delta}$ аналогичны: кратность изменения напряжения $U_{3\Delta}$ должна быть выше заданной, постоянная времени изменения напряжения $U_{3\Delta}$ должна быть меньше граничного значения.

2.3.2.2. Напряжение U_{Δ} со вторичной обмотки разделительного трансформатора подается на потенциометр "U_{Δ}", с помощью которого выполняется настройка масштаба входного напряжения. Третья гармоника напряжения U_{Δ} выделяется полосовым фильтром с резонансной частотой 150 Гц и после выпрямления и сглаживания подается на вход измерительного и пускового органов.

Сигнал о срабатывании (или возврате) БТГ поступает в логическую схему выходного блока БВ.

Кнопка "Контр." позволяет проводить проверку срабатывания БТГ.

Кратность и постоянная времени увеличения (уменьшения) входного напряжения при нажатии (отпускании) на кнопку "Контр." обеспечивает срабатывание (возврат) измерительного и пускового органов.

2.4. Выходной блок

Выходной блок содержит логическую схему, схему сигнализации и два промежуточных реле К1 и К2.

Срабатывание БТТ или БОС при выведенном из работы ОБН или отсутствии сигнала о его срабатывании вызывает срабатывание реле К1. Орган блокировки при срабатывании запрещает действие БТТ и БОС и с выдержкой времени примерно 1 с приводит к срабатыванию реле К2 и загоранию светодиода " U_2 ".

Сигнализация о срабатывании БОС и БТТ раздельная. Для сброса сигналов светодиодов "БОС" и "БТТ" предусмотрена кнопка "Сброс".

Приложение 3

МЕТОДИКА ВЫБОРА УСТАВКИ СРАБАТЫВАНИЯ БОС

1. Выбор уставки срабатывания БОС производится по условию отстройки от напряжения нулевой последовательности на выводах генератора $U_{0г}$ при КЗ на землю однофазном $K^{(1)}$ или двухфазном $K^{(1,1)}$, за трансформатором блока. При этом расчетным является такой режим работы сети ВН, при котором напряжение нулевой последовательности U_0 на стороне ВН трансформатора блока в условиях $K^{(1)}$ или $K^{(1,1)}$ максимальное. К сети генераторного напряжения прикладывается доля напряжения $U_{0\,макс}$, которая определяется значением коэффициента деления $K_д$ емкостного делителя блока генератор-трансформатор.

Максимальное значение напряжения нулевой последовательности на выводах генератора равно

$$U_{0г\,макс} = K\frac{C_{мо}}{C_{мо}+C_т+C_г}U_{0\,макс} = K\,K_д\,U_{0\,макс}\,, \qquad (П3.1)$$

где К - коэффициент, учитывающий распределение напряжения нулевой последовательности по обмотке ВН трансформатора блока; при изолированной нейтрали К=1, при заземленной - К=0,5;

$C_{мо}$ - емкость между обмотками ВН и НН одной фазы трансформатора блока;

$C_т$ – емкость обмотки НН одной фазы трансформатора блока на землю; значением емкости $C_т$ ввиду ее малости обычно пренебрегают;

$C_г$ – емкость одной фазы обмотки генератора на землю, задается заводом-изготовителем генератора.

Напряжение срабатывания БОС рассчитывается по формуле:

$$U_{ср.БОС} \geq K_н \frac{3U_{0г\,макс}}{K_{тн}} = K_н U_{Δ\,макс}, \qquad (П3.2)$$

где $K_н$ – коэффициент надежности, принимается равным I,3-I,5;

$K_{тн}$ – коэффициент трансформации трансформатора напряжения, установленного на линейных выводах обмотки статора генератора, вторичные обмотки которого соединены по схеме разомкнутого треугольника;

$U_{Δ\,макс}$ – максимально возможное значение напряжения нулевой последовательности на входе БОС.

Трудности при расчете уставки связаны с определением значения емкости $C_{мо}$.

2. Значение коэффициента деления $K_д$, позволяющего выполнить расчет уставки срабатывания БОС, определяется по результатам измерений, проводимых при остановленном генераторе и собранных цепях напряжения защиты.

Схема энергоблока при проведении измерений необходимых для расчета уставки БОС, приведена на рис.П3.I. Энергоблок отключен выключателем на стороне ВН, генератор не возбужден и остановлен (но подключен к трансформатору).

Порядок выполнения работ по определению $K_д$ и расчету уставки БОС следующий:

разземляется нейтраль обмотки ВН трансформатора блока;

между нейтралью или выводом одной фазы обмотки ВН трансформатора блока и "землей" включается обмотка ВН испытательного трансформатора напряжения, например НОМ-I0 (как правило, достаточно поднять напряжение $U_{исп}$ до значения, при котором произведение $U_{исп}\ K_{тн\,исп}$ составляет I-2% номинального напряжения обмотки ВН трансформатора блока);

на обмотку НН испытательного трансформатора напряжения подается напряжение частоты 50 Гц $U_{исп}$ от сети собственных нужд

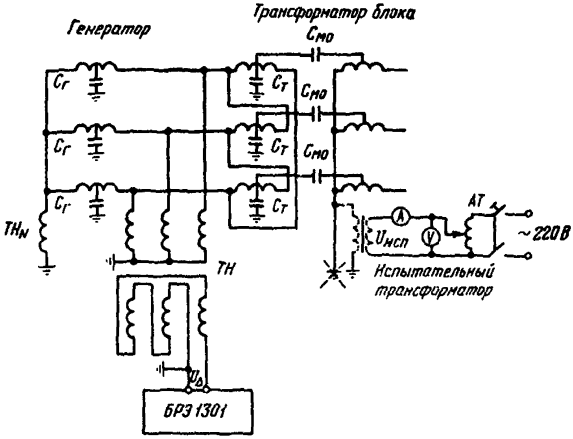


Рис.П3.I. Схема энергоблока при проведении измерений, необходимых для расчета уставки БОС

электростанции (уровень напряжения $U_{исп}$ определяется нагрузочной способностью испытательного трансформатора);

измеряется напряжение $U_Δ$ на вторичных обмотках ТН генератора, соединенных по схеме разомкнутого треугольника:

для блока защиты БРЭ I30I.0I на зажимах I7,I9 входного разъема;

для блока защиты БРЭ I30I.02 на зажимах I7,I8;

рассчитывается значение коэффициента деления по формуле

$$K_д = \frac{U_Δ K_{тн}}{3U_{исп} K_{тн\ исп}} \qquad (П3.3)$$

и напряжение срабатывания БОС по формуле

$$U_{ср.БОС} \geq K_н \frac{3 K K_д U_{0\,макс}}{K_{тн}} = K_н \frac{K U_Δ U_{0\,макс}}{U_{исп} K_{тн\ исп}}, \qquad (П3.4)$$

где $K_{ТН\,исп}$ - коэффициент трансформации испытательного трансформатора.

Значение $U_{0\,макс}$ должно быть задано ПЭЭ. С запасом может быть принято

$$U_{0\,макс} = \frac{1}{3}\,\frac{U_{ном\,ВН}}{\sqrt{3}} .$$

Для записи результатов измерений и расчетов рекомендуется использовать таблицу, форма которой приведена ниже.

Исходные данные			Значение измеренного напряжения		Расчетное значение напряжения срабатывания БОС
$U_{0\,макс}$ кВ	$K_{ТН\,исп}$ кВ/В	K отн.ед.	$U_{исп}$ В	U_{Δ} В	$U_{ср.БОС} = 1{,}3\,\frac{K U_{\Delta} U_{0\,макс}}{U_{исп} K_{ТН\,исп}}$ В

Уставка БОС должна быть выбрана как ближайшее большее значение к рассчитанному по (П3.4).

Если рассчитанная по (П3.4) уставка срабатывания БОС превышает 20 В, то вводится в работу ОБН и уставка срабатывания БОС принимается равной 10 В.

Уставка срабатывания ОБН выбирается из условия обеспечения коэффициента чувствительности $K_ч$ не ниже 1,5 при КЗ на землю за трансформатором блока

$$U_{2\,ср} \leqslant \frac{U_{2\,г.\,мин}}{K_ч} ,$$

где $U_{2\,г.\,мин}$ - минимальное напряжение обратной последовательности на выводах генератора при однофазном или двухфазном КЗ на землю за трансформатором блока.

Значение $U_{2\,г.\,мин}$ должно быть задано ПЭЭ.

Приложение 4

Министерство энергетики
и электрификации СССР

_____
предприятие, объект

_____
организация, выполняющая
проверку

_____
присоединение

" " _____ 19__ г.

ФОРМА
ПРОТОКОЛА ПРОВЕРКИ
ПРИ НОВОМ ВКЛЮЧЕНИИ БЛОКА ЗАЩИТЫ
БРЭ 1301.01

1. Основные технические данные

Напряжение питания		Номинальная частота, Гц	Год выпуска	Заводской номер
Значение, В	Частота, Гц			
100	50	50		

2. Заданные уставки

2.1. Блок основной составляющей (реле напряжения первой гармоники)

Напряжение срабатывания - _____ В.

2.2. Орган блокировки по напряжению обратной последовательности

Напряжение срабатывания ____В (___% фазного напряжения).

2.3. Выдержка времени защиты на срабатывание - 0,5 с.

3. Лабораторная проверка

3.1. Состояние блока защиты, контактных поверхностей, механической части выходных реле удовлетворительное.

3.2. Проверка изоляции

3.2.1. Сопротивление изоляции, МОм:

между входными цепями _____ ;

входных цепей относительно выходных _____ ;

входных и выходных цепей относительно корпуса _____ .

Измерения производились мегаомметром на напряжение 500 В.

3.2.2. Электрическая прочность изоляции входных и выходных цепей между собой и на корпус испытана переменным напряжением 1000 В, 50 Гц в течение 1 мин.

3.3. Проверка БП

3.3.1. Проверка БП от источника однофазного напряжения

Напряжение питания подано на зажимы	Источник питания	Значение выходного напряжения, В, при работе			
		на холостом ходу при 100 В	под нагрузкой при		
			80 В	100 В	115 В
1-3	+15 В				
	-15 В				
3-5	+15 В				
	-15 В				

3.3.2. Проверка БП от источника трехфазного напряжения

Напряжение питания подано на зажимы	Источник питания	Значение выходного напряжения, В, при работе под нагрузкой при 100 В
1,3,5	+15	
	-15	

3.4. Проверка БОС и ОБН

3.4.1. Проверка балансировки операционных усилителей по постоянному току

Разомкнуты перемычки X5 ÷ X10	Напряжение в к.т.,В			
	2	7	3	8

3.4.2. Проверка БОС

3.4.2.1.* Проверка резонансной частоты фильтра

Напряжение на зажимах I7,I8, В	Замкнута перемычка	Напряжение в к.т. 3, В, при частоте входного напряжения, Гц					
		25	49	50	5I	I00	I50
5	X5 (5 В)						

Резонансная частота фильтра составляет _____ Гц.

3.4.2.2.*. Проверка выпрямителя и реагирующего органа

Напряжение 50 Гц подано на зажимы I7, I8	Замкнута перемычка	Напряжение в к.т., В	
	X5 (5 В)	3	8 (постоянная составляющая)

Напряжение в к.т. 8 при срабатывании реагирующего органа _____ В, при возврате _____ В.

3.4.2.3. Проверка напряжения срабатывания по шкале уставок

Уставка, В	Замкнута перемычка	Напряжение 50 Гц на зажимах I7, I8, В		Коэффициент возврата $K_в = \frac{U_в}{U_{ср}}$
		при срабатывании $U_{ср}$	при возврате $U_в$	
5	X5			
I0	X6			
I5	X7			
20	X8			

3.4.3. Проверка ОНН

3.4.3.1. Проверка фильтра обратной последовательности

Проверено прямое чередование фаз трехфазного напряжения, поданного на зажимы I, 3, 5.

Проверки по пунктам, помеченным знаком "", выполняются при необходимости (см.пп.3.4.3.2, 3.4.3.5.2, 3.4.4.3).

Уставка, % фазного напряжения	Замкнута перемычка	Напряжение на зажимах и в к.т., В			
		I-3	3-5	6	2
6	X9, XI0	I00	I00		

3.4.3.2.* Проверка частотного фильтра, выпрямителя и реагирующего органа

Уставка, % фазного напряжения	Замкнута перемычка	Напряжение в к.т., В		
		6	2	7 (постоянная составляющая)
9,5	X9	4,9		

Напряжение в к.т. 7

при срабатывании реагирующего органа _____ В;

при возврате _____ В.

3.4.3.3. Проверка напряжения срабатывания по шкале устав

Уставка, % фазного напряжения	Замкнута перемычка	Напряжение на зажимах при срабатывании ОБН, В	
		I-3	3-5
6	X9, XI0		I00
9,5	X9		I00
I7,5	XI0		I00

3.5. Проверка БТГ

3.5.I. Проверка балансировки операционных усилителей по постоянному току

Разомкнуты перемычки	Напряжение в контрольных точках, В				
	I3	I4	I6	I8	I7
X3, X4					

3.5.2. Проверка фильтров рабочей и тормозной цепей

Фильтр	Замкнута перемычка	Напряжение 0,45 В подано на зажимы	Полностью введен резистор	Напряжение на выходе фильтра, В						$f_{рез}$ Гц
				К.т.	Частота входного напряжения, Гц					
					50	144	150	156	250	
Рабочий	X3	19-20	R1	14						
Тормозной	X4	17-18	R27	18						

3.5.3* Проверка выпрямителя рабочей и тормозной цепей

Напряжение частоты 150 Гц подано на зажимы	Замкнута перемычка	Напряжение в к.т., В			
		14	18	12 (постоянная составляющая)	15 (постоянная составляющая)
19-20	X3	5	-		-
17-18	X4	-	5	-	

3.5.4* Проверка сглаживающего сумматора

Напряжение частоты 150 Гц подано на зажимы	Замкнуты перемычки	Напряжение в к.т., В		
		14	18	17 (переменная составляющая)
17-18, 19-20	X3, X4	7	7	

3.5.5* Проверка реагирующего органа

Напряжение частоты 150 Гц подано на зажимы 19-20. Резистор R1 полностью введен	Замкнута перемычка	Напряжение в к.т.17, В	
		при срабатывании	при возврате
	X3		

При срабатывании реагирующего органа входное напряжение частоты 150 Гц _____ В.

частоты 50 Гц:

при плавном увеличении входного напряжения _____ В;

при подаче входного напряжения скачком _____ В.

3.5.6. Проверка сопротивления срабатывания при изменении входных напряжений

Напряжение частоты 150 Гц подано на зажимы	Напряжение в к.т.14, 18, В	Напряжение при срабатывании реагирующего органа на зажимах, В		$Z_{*ср} = \frac{U_{ср.17,18}}{U_{ср.19,20}}$
		17,18	19,20	
19,20 и 17,18. Замкнуты перемычки X3, X4		0,2		
		1		
		1,4		
		7		

3.5.7. Предварительная настройка сопротивления $Z_{*ср} = 1$ при входных напряжениях, равных максимальному значению напряжения нейтрали.

При $U_{N\ макс}$ = _____ В настроено напряжение в к.т. 14 и 18, равное 7 В.

3.6. Проверка БВ

3.6.1. Проверка логической схемы

Проверено срабатывание выходных реле К1 и К2 и загорание светодиодов от кнопок контроля. При срабатывании БТГ от кнопки "Контр" напряжение на зажимах 17,18 равно 0,5 В.

Состояние реле К1 или К2	Напряжение в к.т., В	
	9	10
До срабатывания		
После срабатывания		

3.6.2. Проверка промежуточных реле

Реле	Напряжение, В	
	срабатывания	возврата
К1		
К2		

4. Проверка защиты на работающем генераторе

4.I. Режим холостого ход с номинальным напряжением

Проверка БТГ

4.I.I. Проверка правильности подключения цепей напряжения, расчет сопротивления $Z_{*\infty}$ при $Z_{*ср} = I$

Напряжение в к.т., В		$Z_{*\infty} = \frac{U_{I8}}{U_{I4}}$ отн.ед.
I4	I8	

Условие $U_{I8} > U_{I4}$ выполняется.

4.I.2. Расчет и настройка коэффициента надежности $K_н$

$U_{I7-I8} = U_N =$ _____ В

Коэффициент надежности

$$K_н = \frac{Z_{*\infty}}{4\, U_{*ср.\,бос}} \quad (I - 4 \cdot U_{*ср.БОС} = _____ .$$

Сопротивление срабатывания

$$Z_{*ср} = \frac{Z_{*\infty}}{K_н} = _____ .$$

Коэффициент $K_E = \frac{U_{N\,макс}}{U_N}$	Напряжение в к.т., В					
	$Z_{*ср} \leq 0,5$		$0,5 \leq Z_{*ср} \leq I$		$Z_{*ср} \geq I$	
	I8	I4	I8	I4	I8	I4
	$U_{18}=\frac{7}{K_E}=$	$U_{14}=\frac{U_{18}}{K_н}=$	$U_{18}=\frac{7}{K_E}\frac{1}{2Z_{*ср}}=$	$U_{14}=\frac{U_{18}}{K_н}=$	$U_{18}=\frac{3,5}{K_E}=$	$U_{14}=\frac{U_{18}}{K_н}=$

4.I.3. Расчетная проверка отстройки БТГ от КЗ на землю на стороне ВН энергоблока

$$K_н = \sqrt{\frac{1 + 4 Z_{*\infty}^2 \dfrac{U_{ср\ бос}^2}{K_ф^2 U_N^2}}{1 + \dfrac{U_{ср\ бос}^2}{K_ф^2 U_N^2}}}$$

Рассчитанное значение $K_н$ не превышает настроенное.

4.2. Режим нагрузки. Проверка соответствия настроенного значения $K_н$ выбранному

Режим нагрузки генератора	U_N В	Напряжение в к.т., В		$K_н = \dfrac{U_{I8}}{U_{I4}}$
		I8	I4	
P = Q =				

5. Расчет зоны обмотки статора от нейтрали, защищаемой БТГ

$$\alpha_1 = \frac{I}{2 + \dfrac{I}{Z_{*ср}}} = _____ .$$

6. Заключение _____

_____

_____

Приборы, применяемые при измерениях:

Проверку производил _____

Руководитель работ _____

Приложение

ПРОВЕРКА БТГ БЛОКА ЗАЩИТЫ БРЭ 1301.02

1. Проверка электрических характеристик БТГ

1.1. Проверка балансировки операционных усилителей по постоянному току

Разомкнута перемычка	Напряжение в к.т., В						
	12	13	14	15	21	24	25
X3							

1.2*. Проверка напряжений в к.т. при отсутствии входного напряжения

Напряжение в к.т., В						
16	17	18	19	20	23	26

1.3.* Проверка фильтра

Резистор R1 полностью введен	Напряжение на зажимах 17,18, В	Напряжение в к.т. 13, В, при частоте входного напряжения, Гц				
		50	144	150	156	250
	0,9					

1.4.* Проверка выпрямителя и сглаживателя

Напряжение частоты 150 Гц подано на зажимы 17-18	Напряжение в к.т., В			
	13	14	15	
			постоянная составляющая	переменная составляющая
	5			

*Проверки по пунктам, помеченным знаком "ж", выполняются при необходимости (см.п.3.4.5.2).

I.5.* Проверка измерительного и пускового органов, логической схемы

При входном напряжении частоты I50 Гц в к.т. I5 настроено напряжение 2,2 В

Состояние БТГ	Напряжение в к.т., В	
	25	26
Не сработан		
Сработан		

Параметры импульсов в к.т.	При срабатывании БТГ		При возврате БТГ	
	к.т. I8	к.т. 20	к.т. I9	к.т. 23
Длительность, с				
Амплитуда, В				

I.6. Проверка кратности скачкообразного изменения входного напряжения при срабатывании и возврате БТГ

При входном напряжении частоты I50 Гц и разомкнутом рубильнике в к.т. I3 настроено 4 В.

Режим БТГ	Положение рубильника	Входное напряжение на зажимах I7,I8, В	Кратность изменения входного напряжения
Срабатывание	Замкнут		
	Разомкнут		
Возврат	Разомкнут		
	Замкнут		

2. Проверка БТГ на работающем генераторе

2.I. Режим холостого хода с номинальным напряжением

Настройка масштаба входного напряжения:

$U_{I7\text{-}I8} = U_{\Delta}$ = _____ В; $U_{\Delta\ макс}$ = _____ В;

$$K_E = \frac{U_{\Delta\ макс}}{U_{\Delta}} = \text{_____}.$$

В к.т. I3 настроено напряжение $U_{I3} = \frac{5}{K_E}$ = _____ В.

2.2. Режим нагрузки P = ... МВт, Q = ... Мвар

$U_{I7\text{-}I8} = U_{\Delta}$ = _____ В;

U_{I3} = _____ В.

Приложение 6

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ БЛОКА ЗАЩИТЫ БРЭ I30I

Наименование прибора, устройства	Тип прибора, техническая характеристика	Количество	Параметры измерения
Мегаомметр	Испытательное напряжение 500 В	I	Сопротивление изоляции
Устройство для испытания электрической прочности изоляции	ИВК - испытатель вторичных цепей, U = 0 -2000 В	I	-
Генератор сигналов низкочастотный	ГЗ-56/I и др., f = 25-250 Гц	2*	-
Частотомер (стрелочный или цифровой)	Пределы измерения 25÷250 Гц	I	Частота входных напряжений
Вольтметр универсальный	В7-26, В3-38 и др. Пределы измерений 0,I÷I5 В, $R_{вх}$ = I МОм	I	Напряжение частоты 25-250 Гц, напряжения U_N, U_{Δ}
Комбинированный прибор	Ц 4315, Ц 4353 и др.		Напряжение питания, напряжения в к.т. электронной схемы
Осциллограф электронный	С1-49, С1-67 и др.	I	Длительность импульсов пускового органа БТ блока защиты БРЭ I30I.02

*Для организации двух входных напряжений можно использовать один генератор сигналов и два реостата.

Приложение 7

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ГН-08Н-03 ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ БЛОКА ЗАЩИТЫ БРЭ 1301 ОТ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

Для повышения надежности работы блока защиты БРЭ 1301 институтом "Теплоэлектропроект" принято решение о необходимости выполнения резервного питания для этого блока от сети постоянного оперативного тока и установки для этой цели источника питания ГН-08Н-03.

Использование для блока защиты БРЭ 1301 в качестве резервного источника питания, подключенного к сети постоянного оперативного тока, позволит:

сохранить информацию о срабатывании БОС или БТ в виде горящих светодиодов после действия защиты на отключение энергоблока от сети и гашение поля генератора;

обеспечить питание электронной схемы защиты при обрыве фазы В напряжения питания (приложение 10), сохранив тем самым готовность защиты к срабатыванию;

обеспечить функционирование защиты в опытах замыкания на землю на линейных выводах и в нейтрали обмотки статора генератора, когда напряжение на генераторе значительно меньше номинального.

Источник питания ГН-08Н-03, согласно паспортным данным, предназначен для работы от сети переменного тока напряжением 220 В частоты 50 Гц. Подключение его к сети постоянного тока оказывается допустимым.

Источник питания ГН-08Н-03 имеет четыре выходных канала (три канала с номинальным выходным напряжением 15 В). Для питания блока защиты рекомендуется использовать, например, второй и третий каналы В блоке защиты БРЭ 1301 при использовании резервного источника питания необходимо вывести на свободные входные зажимы, например 7,8,9, напряжения плюс 15 В, минус 15 В и нуль.

Схема включения источника питания ГН-08Н-03 приведена на рис.П7.1. В качестве разделительных диодов V1, V2, обеспечивающих независимую параллельную работу источников питания используются например, диоды Д226 Б. Рекомендуется по возможности устанавливать разделительные диоды в корпусе блока защиты.

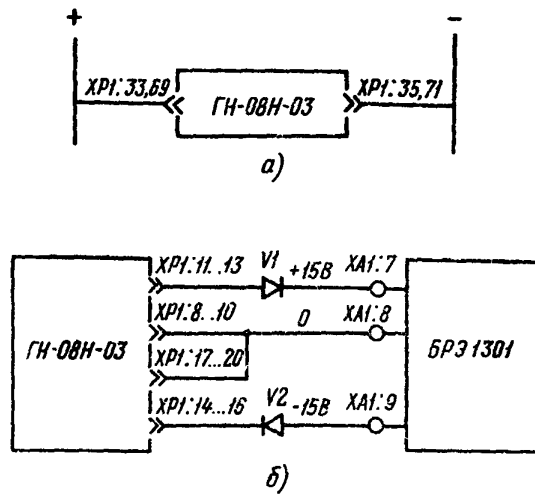


Рис.II7.I. Схема включения источника питания ГН-08Н-03:
а - цепи постоянного оперативного тока; *б* -- выходные цепи при использовании для питания блока защиты БРЭ I30I второго и третьего каналов

Последовательность подачи питания на блок защиты БРЭ I30I от основного источника (трехфазное напряжение 3хI00 В) и резервного (ГН-08Н-03) может быть любая. Для правильной ориентации логической схемы, расположенной в БВ, при подаче питания требуется появление напряжения минус I5 В одновременно или раньше напряжения плюс I5 В. Источник питания ГН-08Н-03 обеспечивает одновременность появления выходных напряжений ∓I5 В.

Проверка блока ГН-08Н-03 должна производиться в соответствии с требованиями завода-изготовителя.

Приложение 8

УКАЗАНИЯ ПО ИСКЛЮЧЕНИЮ ВОЗМОЖНОГО ИЗЛИШНЕГО СРАБАТЫВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЕ БЛОКА ЗАЩИТЫ БРЭ 1301 ПРИ ПЛАВНОМ ПОДЪЕМЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ГЕНЕРАТОРЕ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

На некоторых электростанциях отмечены случаи излишнего срабатывания промежуточных реле К1 и К2 блока защиты БРЭ 1301 при плавном подъеме напряжения на генераторе в режиме холостого хода.

Реле К1, К2 типа РП 13 имеют большой разброс напряжений срабатывания, и для реле с малыми напряжениями срабатывания возможно излишнее срабатывание в условиях плавного подъема напряжения питания из-за неориентированного состояния микросхемы Д3 типа К 511ЛИ1 до уровня логической единицы.

По этой причине наблюдается и кратковременное срабатывание ("клевок") промежуточных реле К1 и К2 при снятии напряжения питания.

Чтобы исключить излишнее срабатывание реле К1 и К2 в указанных случаях, необходимо:

заменить резистор *R*117 сопротивлением 36 Ом и резистор *R*121 сопротивлением 56 Ом резисторами сопротивлением 300 Ом;

установить параллельно резисторам *R*117 и *R*121 стабилитроны КС156А (аноды стабилитронов соответственно подключены к выходам 6 и 8 микросхемы Д3).

Приложение 9

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ БТГ БЛОКА ЗАЩИТЫ БРЭ 1301.01 ПРИ ОПЫТАХ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ ОБМОТКИ СТАТОРА И ПЛАВНОМ ПОДЪЕМЕ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

Блок БТГ реагирует на составляющие напряжения генератора частоты 150 Гц, которые с ростом возбуждения увеличиваются нелинейно. Подъем возбуждения до срабатывания БТГ при заземлении нейтрали обмотки статора означает увеличение ЭДС третьей гармоники до уровня, превышающего порог чувствительности БТГ. Значение возбуждения

(по отношению к номинальному) при срабатывании БТГ зависит от конструктивных особенностей каждого типа генератора и может быть определено опытным путем. Чувствительность БТГ не определяется значением возбуждения при срабатывании БТГ, а - предельным сопротивлением в месте замыкания.

При заземлении одной фазы линейных выводов обмотки статора и плавном подъеме возбуждения генератора срабатывание БТГ с сопротивлением срабатывания $Z_{*ср} \geq I$ (линейные выводы обмотки статора входят в зону срабатывания БТГ (см.приложение 2), а также срабатывание БТГ с сопротивлением $0,5 \leq Z_{*ср} \leq I$ (линейные выводы не входят в зону срабатывания БТГ) определяет в основном значительная составляющая напряжения нулевой последовательности частоты 50 Гц, которая появляется в этом режиме в напряжениях U_N и U_Δ. Вследствие ограниченной добротности фильтров БТГ составляющие напряжения частоты 50 Гц трансформируются в рабочую и тормозную цепи, причем на входе рабочей цепи эти составляющие складываются арифметически, и напряжение, приложенное к рабочей цепи от составляющих нулевой последовательности частоты 50 Гц, вдвое превышает аналогичное напряжение, приложенное к тормозной цепи БТГ.

Таким образом, при замыкании на землю обмотки статора и плавном подъеме напряжения генератора по сути проверяется только факт срабатывания БТГ. При этом при замыкании на линейных выводах обмотки статора БТГ срабатывает независимо от уставки из-за наличия в рабочей и тормозной цепях практически только напряжения частоты 50 Гц.

Блок БОС реагирует на составляющие напряжения генератора частоты 50 Гц. При заземлении одной фазы линейных выводов обмотки статора плавный подъем возбуждения генератора означает линейное увеличение напряжения частоты 50 Гц от нуля до значения напряжения срабатывания БОС. Это значение по отношению к номинальному определяет чувствительность БОС.

Приложение IO

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ОКА ЗАЩИТЫ БРЭ I30I ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ В ЦЕПЯХ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

I. Нарушения входных цепей

I.I. Блок защиты БРЭ I30I.0I

Схема подключения блока защиты БРЭ I30I.0I к цепям напряжения генератора приведена на рис.8.

Поведение защиты рассматривается при выполнении заземления, общего для цепи обмоток ТН, соединенных по схеме разомкнутого треугольника, и цепи ТН в нейтрали в шкафу выводов ТН генератора.

По результатам анализа поведения защиты при неисправностях в цепях напряжения генератора составлена табл.ПIO.I.

При нарушениях в цепях напряжения, когда с тормозной цепи исчезает напряжение, а рабочее напряжение не равно нулю, БТТ срабатывает. К таким нарушениям относится закорачивание цепи напряжения U_N или обрыв провода, общего для напряжений U_N и U_Δ и заземленного в шкафу выводов ТН, на участке между шкафом выводов ТН и панелью, где установлена защита (на рис.8 провод с маркировкой К600). Блок БТТ в этих случаях срабатывает излишне независимо от значения сопротивления срабатывания (см.табл.ПIO.I, п.I).

При обрыве цепи напряжения U_N до шкафа выводов (в том числе потеря контакта в рубильнике $S2$) или провода 0600, а также при закорачивании цепи напряжения U_Δ (табл.ПIO.I, пп.2 и 3) поведение БТТ определяется значением сопротивления срабатывания, так как к рабочей и тормозной цепям прикладываются одинаковые напряжения: в первом случае примерно половина напряжения U_Δ, во втором - полное напряжение U_N.

При $Z_{*ср} > I$ ($K_н < Z_{*\infty}$) напряжение в к.т. I4, приложенное к рабочей цепи, превышает напряжение в к.т. I8, приложенное к тормозной цепи, БТТ срабатывает. Соотношение $U_{I4} > U_{I8}$ при равных входных напряжениях обеспечивает выполнение условия

$$K_н = \frac{U_{I8}}{U_{I4}} < Z_{*\infty}$$

При $Z_{*ср} < 1$ ($K_н > Z_{*\infty}$) имеет место обратное соотношение напряжений в к.т. 14 и 18, БТГ не срабатывает и готовность к действию не сохраняет.

Блок БОС при обрыве цепи напряжения U_N (когда на вход прикладывается примерно половина напряжения U_Δ) готов к срабатыванию с загрублением уставки примерно в два раза.

Таблица П10.1

Нарушения в цепях напряжения	Блоки защиты и защита в целом	Поведение блока защиты БРЭ 1301.01 в зависимости от настройки БТГ	
		$Z_{*ср} > 1$	$Z_{*ср} < 1$
1. Закорачивание U_N или обрыв провода К600	БОС	Не срабатывает	Не срабатывает
	БТГ	Срабатывает	Срабатывает
	Защита в целом	Срабатывает	Срабатывает
2. Обрыв цепи U_N до шкафа выводов ТН или провода 0600	БОС	В работе с загрублением уставки примерно в два раза	
	БТГ	Срабатывает	Не срабатывает
	Защита в целом	Срабатывает	Готова к действию; генератор с защитой ~80% обмотки
3. Закорачивание цепи U_Δ	БОС	В работе	В работе
	БТГ	Срабатывает	Не срабатывает
	Защита в целом	Срабатывает	Готова к действию; генератор с защитой ~90% обмотки
4. Обрыв цепи U_Δ до шкафа выводов ТН или провода Н600	БОС	В работе	
	БТГ	Не срабатывает	
	Защита в целом	Готова к действию; генератор с защитой ~90% обмотки	

При обрыве цепи напряжения U_{Δ} до шкафа выводов ТН (в том числе потеря контакта в рубильнике S1) или провода Н600 (см. табл.ПЮ.I, п.4) с рабочей цепи БТГ исчезает напряжение, БТГ не срабатывает и готовность к действию не сохраняет. Блок БОС, включенный на напряжение U_N , обрыв цепи напряжения U_{Δ} не чувствует и готов к срабатыванию.

Таким образом, возможные нарушения входных цепей блока защиты БРЭ I30I.0I приводят либо к излишнему срабатыванию защиты, либо излишнего срабатывания не происходит,но теряется готовность срабатыванию БТГ и генератор работает с защитой 80-90% обмотки статора, обеспечиваемой БОС.

I.2. Блок защиты БРЭ I30I.02

Схема подключения блока защиты БРЭ I30I.02 к цепям напряжения генератора приведена на рис.9.

При обрыве или закорачивании цепи входного напряжения U_{Δ} срабатывания БОС и БТГ не происходит, возникшая неисправность не выявляется, генератор работает без защиты. Исключение составляет обрыв, вызванный отключением автоматического выключателя $SF2$ (так как предусмотрена сигнализация отключенного положения автоматического выключателя).

2. Обрыв входных цепей напряжения питания

2.I. Обрыв фазы А или С напряжения питания блока защиты не нарушает работу источников стабилизированных напряжений питания микросхем ∓I5 В. Защита сохраняет готовность к срабатыванию.

Если введен в работу ОБН, то обрыв фазы А или С вызывает его срабатывание. При этом:

блокируется действие БОС и БТГ;

выходное реле ОБН с выдержкой времени примерно I с действует на сигнал: срабатывает указательное реле и загорается лампа "Указатель реле не поднят".

2.2. Обрыв фазы В приводит к недопустимому снижению стабилизированных напряжений питания ∓I5 В, блок защиты оказывается выведенным из работы.

Для уменьшения вероятности возникновения обрыва фазы В рекомендуется выполнять прокладку фазы В вплоть до входных зажимов блока защиты двумя жилами контрольного кабеля.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Общие положения 3
2. Требования безопасности 4
3. Проверка защиты при новом включении 4
3.I. Подготовительные работы 4
3.2. Осмотр и ревизия механической части промежуточных реле 5
3.3. Проверка изоляции 6
3.4. Проверка и настройка электрических характеристик блока защиты 6
3.4.I. Общие указания 6
3.4.2. Проверка БП 8
3.4.3. Проверка БОС и ОБН I0
3.4.4. Проверка БТТ блока защиты БРЭ I30I.0I..... .....I3
3.4.5. Проверка БТТ блока защиты БРЭ I30I.02 ..... I7
3.4.6. Проверка БВ 2I
3.5. Проверка защиты в полной схеме релейной защиты энергоблока 23
3.6. Проверка защиты на работающем генераторе в режиме холостого хода с номинальным напряжением.. 24
3.6.I. Проверка БТТ блока защиты БРЭ I30I.0I..24
3.6.I.I. Проверка правильности подключения БТТ к цепям напряжения генератора 24
3.6.I.2. Расчет сопротивления нейтрали обмотки статора в нормальном режиме, коэффициента надежности и сопротивления срабатывания 26
3.6.I.3. Настройка коэффициента надежности и масштаба входных напряжений.....26

3.6.I.4. Расчетная проверка отстройки БТГ от КЗ на землю на стороне ВН энергоблока 28

3.6.I.5. Расчет зоны обмотки статора, защищаемой БТГ 28

3.6.2. Настройка БТГ блока защиты БРЭ I30I.02..... 29

3.6.3. Проверка ОБН 30

3.6.4. Проверка функционирования БОС и БТГ. 30

3.7. Дополнительные проверки при опытах замыкания на землю обмотки статора генератора 30

3.8. Подготовка блока защиты к вводу в работу... 3I

3.9. Проверка параметров настройки БТГ в режиме нагрузки генератора 32

3.9.I. Проверка коэффициента надежности и масштаба входных напряжений БТГ блока защиты БРЭ I30I.0I 32

3.9.2. Проверка масштаба входного напряжения БТГ блока защиты БРЭ I30I.02 .. 33

4. Периодичность и объем работ по техническому обслуживанию 33

Приложение I. Основные технические данные блока защиты БРЭ I30I 36

Приложение 2. Краткое описание принципа действия и структурных схем блоков защит БРЭ I30I.0I и БРЭ I30I.02 36

Приложение 3. Методика выбора уставки срабатывания БОС 48

Приложение 4. Форма протокола проверки при новом включении блока защиты БРЭ I30I.0I..... 52

Приложение 5. Проверка БТГ блока защиты БРЭ I30I.02 60

Приложение 6. Перечень приборов и устройств, необходимых для технического обслуживания блока защиты БРЭ I30I 62

Приложение 7. Рекомендации по использованию источника питания ГН-08Н-03 для выполнения резервного питания блока защиты БРЭ I30I от сети постоянного оперативного тока..... 63

Приложение 8. Указания по исключению возможного излишнего срабатывания промежуточных реле блока защиты БРЭ I30I при плавном подъеме напряжения на генераторе в режиме холостого хода 65

Приложение 9. Особенности поведения БТГ блока защиты БРЭ 1301.01 при опытах замыкания на землю обмотки статора и плавном подъеме напряжения генератора..... 65

Приложение 10. Анализ поведения блока защиты БРЭ 1301 при неисправностях в цепях напряжения генератора 67

Подписано к печати 10.04.91 Формат 60x84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л. 4,19 Уч.-изд.л. 4,1 Тираж 900 экз.
Заказ №79/91 Издат. № 90093

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий ОРГРЭС
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО ОРГРЭС
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

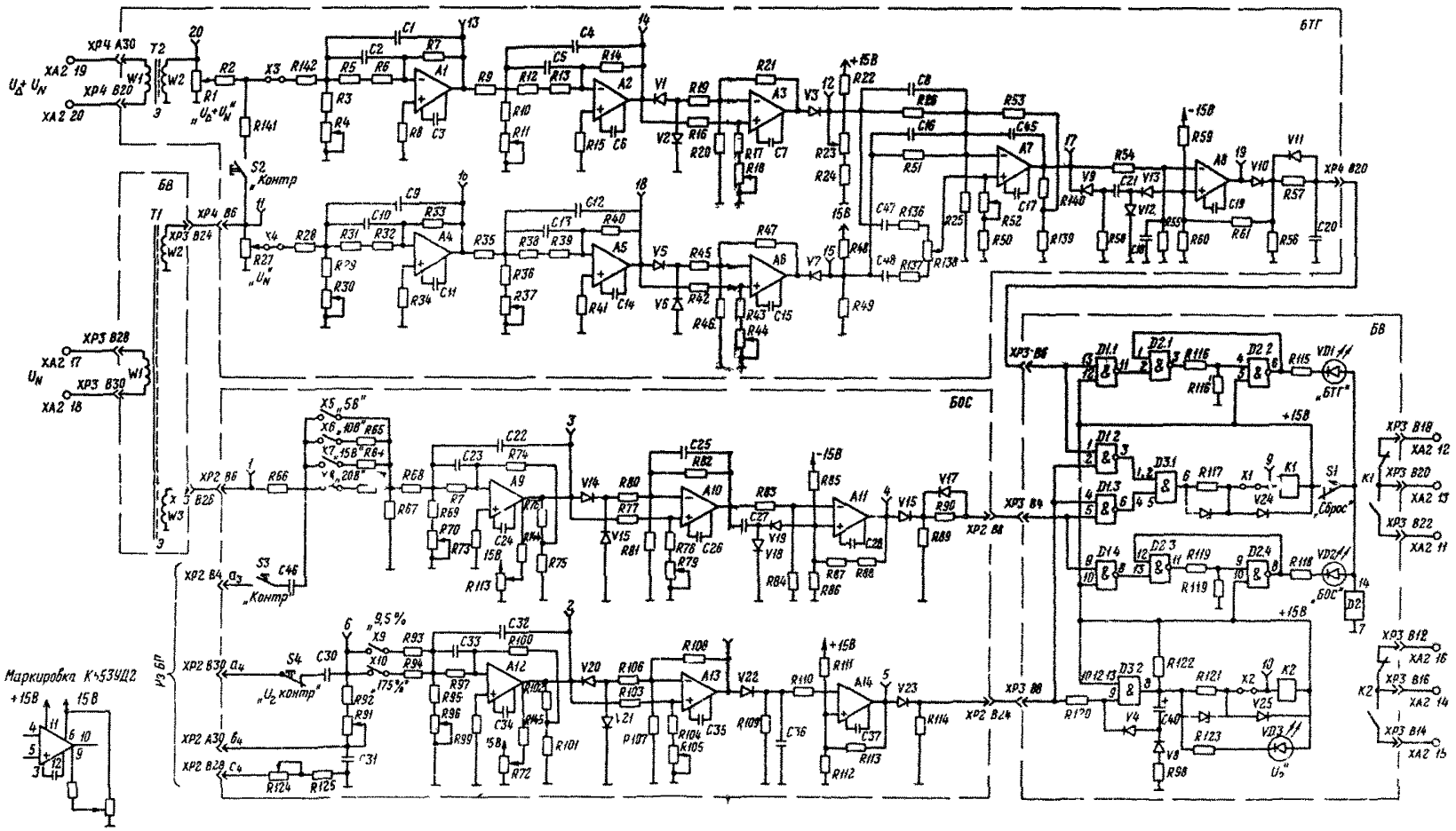


Рис.3. Принципиальная электрическая схема блока защиты БРЭ 1301.01

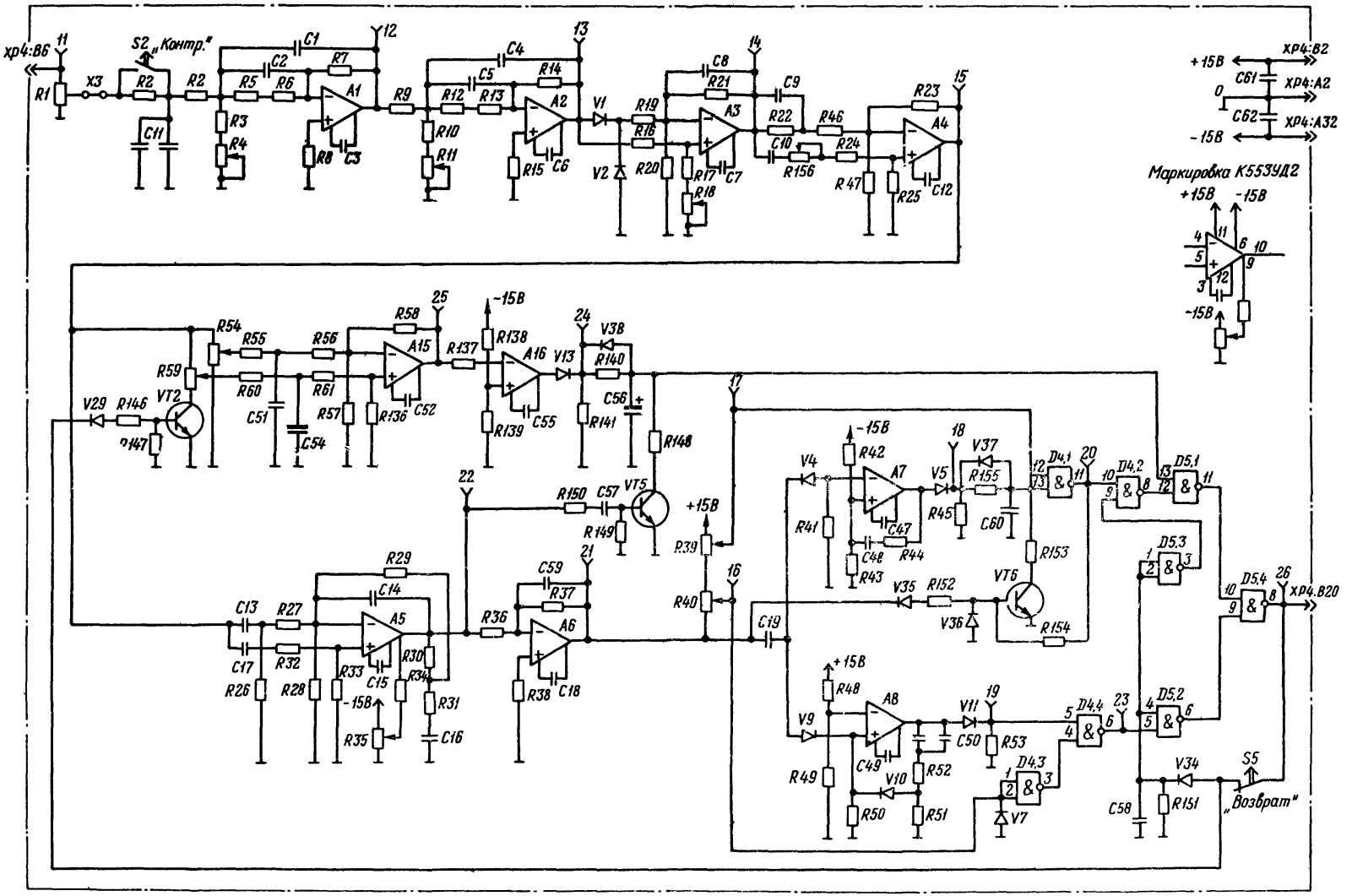


Рис.5. Принципиальная электрическая схема БТГ блока защиты БРЭ 1301.02

gost.e-ecolog.ru