**Релейная защита блока**

**1. Общие сведения**

Блочные схемы соединений: находят широкое применение на современных мощных электростанциях. Наиболее часто соединяются в один блок генератор — повышающий трансформатор (или автотрансформатор) и трансформатор собственных нужд (рис.1). Находят применение также блоки генератор — повышающий трансформатор (или автотрансформатор) — линия. Блоки большой мощности (100, 200, 300, 500, 800 МВт) объединяют в единый агрегат не только генератор и трансформатор, но также котел и турбину. Такие блоки не имеют поперечных связей, позволяющих заменять один элемент блока (например, трансформатор или котел) аналогичным элементом другого блока. В результате этого повреждение или нарушение нормальной работы одного элемента блока выводит из работы весь блок.

На генераторах, трансформаторах (или автотрансформаторах) и линиях, соединенных в один блок, устанавливаются те же защиты, что и в случае их раздельной работы. Однако объединение в один рабочий агрегат нескольких элементов большой мощности вызывает некоторые, отмеченные ниже особенности в требованиях к защитам и в отдельных случаях в исполнении защиты.



Рис. 1. Основные схемы блоков:

а, б, в — генератор — трансформатор с ответвлением на с. н.; г — блок с двумя генераторами; д — спаренные блоки.

1. Соединение в один блок нескольких элементов позволяет объединить однотипные защиты этих элементов в одну общую защиту. Общими обычно выполняются дифференциальные защиты генератора и трансформатора, а также защиты от сверхтоков при внешних к. з. и перегрузках.

2. Отсутствие электрической связи между генератором и сетью, имеющее место в блочных схемах, облегчает решение вопросов селективности защиты генератора от замыканий на землю, но требует в то же время новых способов выполнения этой защиты.

3. Вследствие высокой стоимости мощных генераторов и трансформаторов блока к их защитам от внутренних повреждений предъявляются повышенные требования в части чувствительности, быстроты действия и надежности.

4. Малые запасы по нагреву мощных генераторов обусловливают необходимость выполнения защиты от недопустимого нагрева ротора генератора при несимметричном режиме и от перегрузки обмотки ротора.

5. На блоках без поперечных связей, все элементы которых объединены в единый агрегат, возникает необходимость действия электрических защит не только на выключатель и АГП, но и на останов блока в целом, т. е. котла и турбины.

Соответственно Правилам устройств электроустановок (ПУЭ) для защиты блоков генератор – трансформатор при мощности генератора больше 10МВт должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений:

* от замыканий на землю в цепи генераторного напряжения;
* от многофазных коротких замыканий в обмотке статора генератора и его выводах;
* от междувитковых коротких замыканий в обмотке статора при наличии двух параллельных ветвей;
* от многофазных коротких замыканий в обмотках блочного трансформатора и на его выводах;
* от междувитковых коротких замыканий в обмотках блочного трансформатора;
* от внешних коротких замыканий;
* от перегрузки генератора токами обратной последовательности (при мощности генератора больше 30 МВт);
* от симметрической перегрузки генератора и трансформатора;
* от перегрузки ротора генератора током возбуждения;
* от повышения напряжения (для генераторов мощностью 100 МВт и выше);
* от замыкания на землю в одной точке обмотки возбуждения;
* от замыкания на землю во второй точке обмотки возбуждения (при мощности генератора меньше 160 МВт);
* от перехода в асинхронный режим при потере возбуждения;
* от снижения уровня масла в баке трансформатора;
* от повреждения изоляции вводов высокого напряжения блочного трансформатора (при напряжении 500 кВ и выше).

Ниже рассмотрим и рассчитаем основные защиты для блока мощностью 300 МВт:

* продольная дифференциальная защита генератора от многофазных коротких замыканий в обмотке статора и его выводах;
* поперечная дифференциальная защита генератора от междувитковых коротких замыканий в обмотке статора при наличии двух параллельных ветвей;
* от перехода в асинхронный режим при потере возбуждения;
* дифференциальная защита блочного трансформатора от всех видов коротких замыканий.

# 2. Продольная дифференциальная защита генератора

**2.1 Теоретические сведения**

В качестве защиты от междуфазных коротких замыканий в генераторе применяется быстродействующая продольная дифференциальная защита, её схема для одной фазы генератора показана на рис. 1, а.



Рис.2 Схема и принцип действия продольной дифференциальной защиты генератора

Принцип действия защиты основан сравнении величин и фаз токов (и ) в начале и конце обмотки фазы статора. С этой целью с обеих сторон обмотки статора устанавливаются трансформаторы тока  и  с одинаковыми коэффициентами трансформации . Их вторичные обмотки соединяются последовательно, как показано на рисунке, разноимёнными полярностями. Дифференциальное реле  включается параллельно вторичным обмоткам обоих трансформаторов тока.

При к.з. вне зоны (точка  на рис.1. а) первичные токи   равны по величине и направлены в одну сторону (к месту к.з.). Распределение вторичных токов в показано на рис. 1, а, ток в реле, при идеальной работе трансформаторов тока  и поэтому  – защита не работает. В действительности из-за погрешности трансформаторов тока  и в реле появляется ток небаланса . Для исключения ложной работы необходимо обеспечить условие



При нагрузке распределение первичных и вторичных токов соответствует условиям внешнего короткого замыкания, ток  и защита не действует.

При коротком замыкании в зоне (точка  на рис. 1, б) первичные токи к.з. на обеих сторонах обмотки направлены встречно (к месту к.з.). В результате этого вторичные токи в реле суммируются  и реле приходит в действие, если . Для прекращения к.з. защита должна отключить генераторный выключатель и АГП.

Поскольку дифференциальная защита генераторов предназначена для действия при междуфазных к.з., она может выполняться по двухфазной схеме. Однако двухфазная защита не может обеспечить отключение генератора при двойных замыканиях на землю. Для быстрого отключения такого повреждения дифференциальная защита генератора должна выполнятся трёхфазной. В целях экономии трансформаторов тока дифференциальные защиты генераторов можно выполнять двухфазными, предусматривая при этом соответствующее исполнение защиты от замыканий на землю, позволяющее ей отключить двойное замыкание на землю.

Зона действия защиты ограничена участком между трансформаторами тока и . При выполнении защиты стремятся расширить её зону; с этой целью трансформаторы тока  обычно устанавливают возле непосредственно у выключателя, так чтобы повреждения на всех токоведущих частях от выводов генератора до выключателя выключалась мгновенно дифференциальной защитой.

Обрыв соединительного провода в схеме дифференциальной защиты нарушает баланс токов в реле и вызывает неправильную работу защиты при сквозных к.з. или даже в нормальном режиме. Поэтому токовые цепи защиты должны выполнятся с особой надёжностью. Число контактных соединений в токовых цепях должно быть минимальным, а качество соединений – надёжным.

Вторичные обмотки трансформаторов тока дифференциальной защиты заземляется только у одной группы трансформаторов  или ; вторая группа трансформаторов связана с первой и поэтому своего заземления не имеет. При заземлении обеих групп трансформаторов образуется цепь, по которой могут проходить токи, появляющиеся в контуре заземления подстанции, в результате чего возможно неправильное действие защиты.

При внешних к.з. в дифференциальном реле  (рис. 1)



Ток небаланса может вызывать неправильную работу дифференциальной защиты, поэтому принимаются меры к ограничению его величины.

Для этой цели необходимо соблюдать следующие требования :

1. трансформаторы тока не должны насыщаться при токах сквозного к.з., что позволяет уменьшить токи намагничивания, а следовательно, а ток небаланса при внешних к.з. . Это обеспечивается применением трансформаторов тока, насыщающихся при возможно больших значениях вторичной э.д.с., и уменьшением сопротивления плеч защиты, составляющих нагрузку трансформаторов тока при внешних к.з., от которой зависит величина .
2. для уменьшения разности намагничивающих потоков характеристики намагничивания трансформаторов тока  и  должны быть идентичными (совпадающими), а сопротивление плеч – по возможности равными. При этих условиях разность  будет минимальной.

Выполнение указанных требований весьма существенно ограничивает установившееся значение тока небаланса, обусловленный апериодической составляющей тока при внешнем к.з. или самосинхронизации генератора, может достигать значительной величины.

Для исключения работы дифференциальной защиты от тока небаланса в неустановившемся и установившемся режимах кроме отмеченных выше мер по уменьшению намагничивающих токов могут использоваться три способа:

1. уменьшение величины и продолжительности броска  в неустановившемся режиме;
2. применение реле, отстроенных от бросков , возникающих в этом режиме;
3. применение реле с торможением от тока сквозного к.з.

Уменьшение броска тока небаланса достигается с помощью активного сопротивления порядка 5 Ом, включаемого последовательно с обмотками дифференциальных реле. Активное сопротивление ограничивает величину  и, кроме того, уменьшает постоянную времени  вторичного контура трансформатора тока (). Однако включение значительного активного сопротивления (5 Ом) создаёт повышенную нагрузку на трансформаторы тока при к.з. в генераторе. В результате этого их погрешность увеличивается, что понижает чувствительность защиты и является недостатком, ограничивающим применение этого способа.

В качестве второго, более совершенного способа применяется отстройка от неустановившихся токов небаланса включением дифференциального реле через быстронасыщающийся трансформатор.

Третий способ предусматривает использование в качестве дифференциального реле – реле с торможением, автоматически заглубляющихся при внешнем к.з. одновременно с ростом тока небаланса.

Защита выполняется на реле с торможением и быстронасыщающемся трансформатором типа ДЗТ-11/5. Реле имеет рабочую обмотку с ответвлением посредине и тормозящую обмотку.

Тормозящую обмотку целесообразно присоединять к трансформаторам тока со стороны линейных выводов. Торможение позволяет увеличить чувствительность защиты за счёт отстройки от внешних и к.з. и асинхронного режима.

**2.2 Выбор уставок**

Номинальный ток генератора:

кА

Выбираем ТТ с коэффициентами трансформации:

12000/5 – для линейных выводов генератора;

6000/5 - для нулевых выводов генератора.

Номинальный вторичный ток:

– для линейных выводов генератора



- для нулевых выводов генератора

.

Принимаем число витков рабочей обмотки реле:

.- для линейных выводов генератора;

.- для нулевых выводов генератора.

Вторичный минимальный ток срабатывания реле:

 – для линейных выводов генератора;

 - для нулевых выводов генератора.

Расчётный ток небаланса:



где: - относительная погрешность ТТ, принимается 0,1;

- коэффициент однотипности принимаем 1;

- коэффициент, что учитывает апериодическую составляющую тока, для реле серии ДЗТ с насыщающимся трансформатором принимается равным 1,0;

-периодическая составляющая тока короткого замыкания, кА.

 (А).

Намагничивающая сила рабочей обмотки реле:

 ().

По тормозной характеристике реле ДЗТ 11/5 определяем намагничивающую силу тормозной обмотки (А).

Расчётное число витков тормозной обмотки:

. Принимаем 

Коэффициент чувствительности:



блок генератор релейный дифференциальный защита

**3. Поперечная дифференциальная защита**

**3.1 Теоретические сведения**

Защита от витковых замыканий имеет ограниченное применение вследствие отсутствия простых способов её осуществления.

Только для мощных генераторов, каждая из фаз которых выполнена в виде двух или более параллельных ветвей, выведенных наружу, разработаны относительно простые и надёжные схемы защиты.

В нормальных условиях и при внешних к.з. в параллельных ветвях  и  каждой фазы генератора наводятся одинаковые по величине и фазе э.д.с.  и . Сопротивления параллельных ветвей равны, поэтому токи ветвей  и  в нормальном режиме при внешних к.з. также равны по величине и совпадают по фазе.



Рис.3 Схема и принцип действия поперечной дифференциальной защиты генератора

В случае замыкания части витков  ветви одной фазы в закороченных витках под действием их э.д.с.  возникает большой ток к.з. , циркулирующий по закороченным виткам.

Электродвижущая сила и сопротивление повреждённой ветви (на рис.2 ветвь 2) уменьшается за счёт повредившихся витков  замкнутых накоротко. В результате этого нарушается баланс э.д.с.  и , а также токов  и  в параллельных ветвях повреждённой фазы. Появляется э.д.с. , под действием которой в контуре повреждённой фазы возникает уравнительный ток

,

где  и  – индуктивные сопротивления ветвей  и  (активные сопротивления не учитываются, так как они очень малы);  и  – э.д.с. неповреждённой и повреждённой ветвей.

Чем меньше число замкнувшихся витков  тем меньше будет различие между  и . Следовательно с уменьшением  будет уменьшатся и ток повреждения  из-за уменьшения .

Нарушение равенства токов в параллельных ветвях статора генератора, происходящее при витковых замыканиях, и появление уравнительного тока  используется для выполнения защиты от этого вида повреждения.

Для защиты от витковых замыканий применяется поперечная дифференциальная защита, основанная на сравнении токов двух параллельных ветвей фаз генератора. Такое сравнение можно осуществить с помощью трёхсистемной или односистемной схемы защиты.

Трёхсистемная схема предусматривает сравнение токов ветвей отдельно для каждой фазы. Каждое реле включается на разность токов параллельных ветвей фазы ,  и  соответственно.

Односистемная выполняется с помощью одного дифференциального реле, сравнивающего сумму токов параллельных ветвей  трёх фаз  с такой же сумой токов  другой группы параллельных ветвей .

Односистемная схема получила преимущественное распространение в Украине.

При такой схеме три параллельных ветви  фаз статора ,  и  и три параллельных ветви  тех же фаз (рис.2) соединяются раздельно в две звезды с двумя выведенными наружу нейтралями  и . Эти нейтрали соединяются друг с другом нулевым проводом . В цепи нулевого провода устанавливается трансформатор тока . К его вторичной обмотке через фильтр  подключается токовое реле . Фильтр  пропускает ток основной частоты 50 Гц и запирает ток высших гармоник, в том числе третей гармоники.

Из схемы видно, что ток  в нулевом проводе , питающий реле , равен разности токов нулевой последовательности звезды двух групп параллельных ветвей  и :

,

где  и  – ток нулевой последовательности параллельных ветвей  и .

В нормальном режиме геометрическая сума токов фаз каждой звезды равна нулю, т.е.

 и .

При трехфазных и двухфазных внешних к.з. сума токов к.з в каждой звезде также равна нулю. Токи нагрузки, проходящие при этих повреждениях в ветвях статора, балансируются, так как нейтраль нагрузки не связана нейтралью генераторов и токи нулевой последовательности в нагрузке и генераторе отсутствуют.

Таким образом, в обоих случаях ток в нулевом проводе равен нулю и реле не работает. В действительности ток . В следствии некоторого искажения формы кривой фазных э.д.с. генератора в каждой группе параллельных ветвей возникают гармонические токи, в особенности токи третей гармоники  и . Эти токи совпадают по фазе и суммируются в нулевом проводе , образуя результирующий ток:

.

Вследствие неточного равенства э.д.с. параллельных ветвей  и,  и,  и в контуре каждой фазы появляется уравнительный ток основной частоты ,  и . Уравнительный ток и ток третей гармоники замыкаются в контуре параллельных ветвей каждой фазы, протекая по нулевому проводу :

.

Токи третьих гармоник запираются фильтром  и не попадают в реле. Уравнительные токи  имеют частоту 50 Гц и поэтому беспрепятственно проходят в реле, обусловливая появления в нём тока небаланса:

.

Для исключения ложного действия защиты необходимо выполнить условие

.

При замыкании витков в ветви одной из фаз равенство токов в ветвях повреждённой фазы нарушается, возникает уравнительный ток .

Этот ток замыкается по нулевому проводу  и вызывает появление тока в реле:

.

Защита приходит в действие при .

Поскольку величина тока  уменьшается с уменьшением числа замкнувшихся витков , защита имеет мёртвую зону. Она не действует при . Защита реагирует не только витковые замыкания, она может сработать при междуфазных к.з. и при замыканиях между ветвями одной фазы, так как этом обычно нарушается равенство э.д.с. и токов в параллельных ветвях повреждённых фаз. В этом можно убедится, рассмотрев токораспределения в обмотках статора для каждого из указанных напряжений. В обоих случаях защита имеет значительные мёртвые зоны.

Трансформатор  пытающий защиту, выбирается без учёта тока нагрузки, поскольку ток появляется в нём только при повреждениях, но он должен проходить по условиям термической и динамической устойчивости при максимальном значении тока повреждения.

Этим требованиям отвечает трансформатор тока с первичным номинальным током порядка . Исходя из этого, коэффициент трансформатора тока  выбирается по выражению

,

при этом вторичный ток  должен соответствовать шкале установок на дифференциальном реле. В отличии от всех остальных схем дифференциальных защит в данной схеме, погрешность трансформатора тока  не вызывает тока небаланса, поэтому к его точности (характеристикам намагничивания) не предъявляют особых требований.

В связи с образованием двух нейтралей ( и ) у нулевых выводов обмоток статора трансформаторы тока для продольной дифференциальной защиты генератора должны иметь по две первичные обмотки, состоящие из двух изолированных друг от друга пакетов шин первой и второй параллельной ветви фазы статора генератора.

Ток срабатывания защиты должен быть больше чем ток небаланса, появляющегося в реле при внешних к.з.: .

Для выполнения защиты применяются реле РТ-40/Ф, схема которого показана на рис.2, б. Сопротивление обмоток реле и конденсатора  подобраны так, что токи третей гармоники циркулируют по проводу, соединяющему нейтрали  и , замыкаются главным образом через конденсатор; благодаря этому  при частоте 150 Гц получается в 10 раз больше чем при токе с частотой 50 Гц. Ток срабатывания реле регулируется отпайками на трансформаторе  и пружиной на реле в пределах 1,75-8,8 А.

В процессе эксплуатации выяснилось, что поперечная дифференциальная может неправильно работать при двойных замыканиях на землю в обмотке ротора.

Это объясняется тем, что витки параллельных ветвей статора располагаются в разных пазах; при двойном замыкании в роторе магнитное поле ротора становится неравномерным; ветви одной фазы попадают в поле с разной магнитной индукцией, в результате чего равенство э.д.с. ветвей нарушается и в реле дифференциальной защиты появляется ток.

Двойное замыкание на землю иногда бывают неустойчивыми (носят кратковременный характер). Чтобы исключить в этом случае работу поперечной дифференциальной защиты, можно замедлить её действие. Однако при этом защита теряет своё быстродействие, что приводит к увеличению повреждения при витковых замыканиях. Поэтому от замедления отказались, допуская срабатывание защиты при двойных замыканиях на землю в обмотке ротора.

Достоинством рассмотренной защиты от витковых замыканий является её простота и быстродействие, а недостатком – наличие мёртвой зоны и непригодность для защиты генераторов, не имеющих параллельных ветвей.

**3.2 Выбор уставок**

Первичный ток срабатывания защиты из условия отстройки от тока небаланса:

(А).

Вторичный ток срабатывания защиты:

(А).

Принимаем реле типа РТ-40/Ф.

**4. Дифференциальная защита трансформатора**



Рис.4. Схема и принцип действия дифференциальной защиты трансформатора

Защита выполняется на реле ДЗТ-21-У3.

Произведём расчёт уставок защиты:

Номинальный первичный ток:

(А) - для стороны ВН;

(А) - для стороны НН.

Коэффициенты трансформации трансформаторов тока и коэффициенты схемы:

 - для стороны ВН;

- для стороны НН.

Минимальный ток срабатывания защиты:

(А) - для стороны ВН;

(А) - для стороны НН.

Номинальный вторичный ток:

(А) - для стороны ВН;

(А) - для стороны НН.

Номинальные токи автотрансформаторов тока

АТ-II  

АТ-II  

Коэффициент трансформации автотрансформаторов и промежуточных трансформаторов тока



Номинальный вторичный ток в плече защиты:

(А).

Расчёт рабочей цепи.

Номинальный ток ответвления Т в цепи НН .

Номинальный расчетный ток ответвления в цепи ВН:

(А),

номинальный принятый ток ответвления в цепи ВН:

(А).

Относительный минимальный ток срабатывания реле:

(о.е.) - для стороны ВН;

(о.е.) - для стороны НН.

Выбираем уставку относительного тока срабатывания: .

Проверим отстройки защиты от к.з. за трансформатором собственных нужд:

Относительный рабочий вторичный ток:

(о.е.)

Коэффициент надёжности:



Расчёт цепи торможения.

Номинальный ток ответвлений трансформаторов тока тормозной цепи

:

- для стороны ВН 3,75 А

- для стороны НН 5 А

Уставка начала торможения:

.

Определим составляющие небаланса:

1. за счёт погрешности ТТ

(А);

1. за неточности уставки 

(А).

Расчётный максимальный ток небаланса:

(A).

Относительный ток рабочей цепи:

.

Относительный ток тормозных цепей:

- для стороны ВН;

- для стороны НН.

Коэффициент торможения:



**5. Защита от асинхронного режима при потере возбуждения**

Защита выполняется на одном из 3-х реле сопротивления комплекта КРС-2. Положение характеристики реле на комплектной плоскости сопротивлений определяется положением комплексного сопротивления на выводах генератора в режиме нормальной работы и асинхронном режиме.

В нормальном режиме вектор комплексного сопротивления находится в I квадранте, а при потере возбуждения и переходе в асинхронный режим смещается в IV квадрант. По этой причине характеристика срабатывания реле сопротивления защиты выбирается в III и IV квадрантах при угле максимальной чувствительности близкий к 2700.

Первичное сопротивление срабатывания, что определяет диаметр круга реле, принимается равным

,

что целесообразно для обеспечения надёжной работы реле при потере возбуждения не нагруженным генератором.

Для предотвращения срабатывания реле при нарушении синхронизма в энергосистеме его характеристика смещается по оси jx комплексной плоскости в сторону III и IV квадрантов на величину



Угол максимальной чувствительности желательно иметь равным 2700. На используемых реле удается получить .

Сопротивлению диаметра характеристики и её сдвиг в III и IV квадранты соответствуют вторичные значения этих сопротивлений:

,

где -- коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения соответственно.

Время срабатывания защиты 1…2с. Задержка времени необходима для предотвращения срабатывания защиты при нарушении динамической устойчивости и асинхронно ходе в системе.

**Дифференциальная защита ошиновки**

Защита выполняется с использованием дифференциальных реле с быстронасыщающимися трансформаторами типа РНТ-566. Подключается защита к ТТ с коэффициентами трансформации 2000/1.

Рассчитаем ток небаланса:

.

Минимальный ток срабатывания защиты:

.

Расчётное число витков рабочей обмотки реле:



принимаем .

Рассчитаем уточненный ток срабатывания защиты:



Проверим коэффициент чувствительности:



**Резервная дифференциальная защита блока**

Для энергоблоков мощностью 160 МВт и больше подключённых к системе шин напряжением 330 кВ и выше защита выполняется на дифференциальном реле с торможением типа ДЗТ-21.

Произведём расчёт уставок для данной защиты.

Рабочая цепь:

Номинальный первичный ток:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

.

Минимальный ток срабатывания защиты:

,

.

Расчётный относительный ток срабатывания защиты:



Коэффициент трансформации трансформаторов тока и коэффициент схемы:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

,.

Номинальный вторичный ток:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

.

Номинальный ток ответвления автотрансформатора тока и номер ответвления автотрансформатора тока, к которому подводится номинальный ток защиты плеча:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

,.

Номинальный ток ответвления автотрансформатора тока и номер ответвления автотрансформатора тока, к которому подключается реле:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

,.

Коэффициент трансформации автотрансформатора тока:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

.

Номинальный ток плеча защиты:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

.

Номинальный ток ответвления трансформатора в цепи НН:

,

Номинальный ток и номер ответвления трансформатора в цепи ВН:

,

принимаем

,.

Относительный минимальный ток срабатывания:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

.

Принимаем .

Цепь торможения

Номинальный ток ответвления тормозной цепи:

- для цепи выключателей блока

,

- для цепи выключателей блока

,.

Уставку начала торможения начала торможения принимаем равной 1.

Расчёт тока небаланса:

- за счёт погрешности трансформаторов тока:

,

- за счёт неточности уставки :

.

Расчётный ток небаланса:



Относительный ток рабочей цепи:

.

Относительные токи тормозных цепей:

- для цепи выключателей блока



- для цепи выключателей блока

.

Расчётный коэффициент торможения:



Принимаем коэффициент торможения равный 0,3.

**Защита от внешних симметрических коротких замыканий**

Защита выполняется с помощью одного из 3-х реле сопротивления комплекта КРС-2.

Реле имеет круговую или эллиптическую характеристику срабатывания, расположенную в I квадранте комплексной плоскости.

Произведём расчёт уставок для данной защиты.

Определим сопротивление срабатывания защиты по условию отстройки от вектора сопротивления наибольшей нагрузки:

,

где - коэффициент отстройки;

- коэффициент возвращения реле;

- угол максимальной чувствительности;

- угол нагрузки.



.

Определение большой эллиптической характеристики в режиме максимально доступной реактивной нагрузки:

.

Определение максимальной уставки защиты:



Расчётный коэффициент эллиптичности:

, принимаем 

Уточнённая уставка по малой оси эллипса:

.

Определим сопротивление срабатывания реле:

.

**Защита от несимметрических коротких замыканий и перегрузок с интегрально-зависимой характеристикой выдержки времени**

Защита выполняется с помощью фильт-реле РТФ-6М.

Номинальный вторичный ток генератора:



Номинальный ток реле равен 5А, уставка по величине «А» - .

Уставка пускового органа 

Уставка срабатывания сигнального органа 

Уставка срабатывания отсечки тока 

Уставка срабатывания интегрального органа потоку и времени определяется при наладке с учетом реальной тепловой характеристики генератора.

**Защита от повышения напряжения**

Напряжение срабатывания защиты:

.

Вторичное напряжение срабатывания защиты

.

Выбираем реле типа РН-58/200.

Первичный ток срабатывания защиты

.

Первичный ток срабатывания защиты

.

Выбираем реле типа РТ-40/Р5.

**Защита от внешних однофазных коротких замыканий в сети 330 кВ**

Защита является резервной от сверхтоков однофазных коротких замыканий в сети с большим током замыкания на землю. На трансформаторах энергоблоков с заземлённой нейтралью защита выполняется с помощью токовых реле, что подключаются в нейтральный провод трансформаторов тока. Защита имеет 2-а измерительных органа: чувствительный и грубый.

Ток срабатывания реле с более грубой уставкой, предназначенной для отключения блока от сети при дальнем резервировании:

.

- уточняется эксплуатацией с учетом реального тока . Принимаем реле типа РТ-40/2.

Ток срабатывания с более чувствительного реле:



Вторичный ток срабатывания реле:

.

Принимаем реле типа РТ-40/0,6.

**Защита от симметричных перегрузок**

Защита выполняется на токовом реле типа РТВК-2 с высоким коэффициентом возвращения .

Первичный ток срабатывания защиты:

.

Вторичный ток срабатывания защиты:

.

Защита действует на сигнал с выдержкой времени 6…9с.

**Защита ротора генератора от перегрузок током возбуждения**

Защита выполняется на реле РЗР-1М и включает 4-е основных органа:

* входное преобразовательное устройство;
* пусковой орган;
* сигнальный орган;
* интегральный орган.

Ток срабатывания пускового органа: .

Ток срабатывания сигнального органа: 