Министерство образования Российской Федерации

Архангельский государственный технический университет

Кафедра электроснабжение промышленных предприятий

**Курсовой проект**

по релейной защите и автоматике

наименование дисциплины

Расчет защит генератора и

тема курсового проекта

с трансформатора собственных нужд

Пояснительная записка

0165.00.КП.00.23.ПЗ

обозначение

Выполнил студент заочного факультета, 5 курса

шифр 96-ЭПП-23: Кузовлев Д.В.

Руководитель: Мокеев А.В.

Оценка :\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Архангельск

2001

Оглавление:

[Введение. 3](#_Toc511051809)

[I. Технические данные генератора, трансформаторов: 7](#_Toc511051810)

[II. Расчёт параметров схемы замещения: 7](#_Toc511051811)

[III. Выбор и расчет защит генератора 7](#_Toc511051812)

[IV. Расчет токов короткого замыкания. 9](#_Toc511051813)

[a) Расчёт продольной дифференциальной токовой защиты 10](#_Toc511051814)

[б) Расчёт односистемная поперечная дифференциальная токовая защита генератора 11](#_Toc511051815)

[в) Расчёт защиты от перегрузки ротора током возбуждения 11](#_Toc511051816)

[г) Расчёт защиты генератора от симметричной перегрузки 11](#_Toc511051817)

[д) Расчёт токовой защиты обратной последовательности 12](#_Toc511051818)

[ж) Расчёт защиты генератора от асинхронного режима. 12](#_Toc511051819)

[з) Расчёт контроля изоляции на стороне генераторного напряжения. 13](#_Toc511051820)

[и) Расчёт защиты от внешних симметричных коротких замыканий. 13](#_Toc511051821)

[V. Выбор и расчет защит трансформатора 14](#_Toc511051822)

[а) Расчёт параметров трансформатора собственных нужд. 15](#_Toc511051823)

[а) Расчет продольной дифференциальной защиты трансформатора 16](#_Toc511051824)

[б) Расчет максимальной токовой защиты с пуском по напряжению на стороне 10,5 кВ 17](#_Toc511051825)

[в) Расчет защиты трансформатора от перегрузки. 17](#_Toc511051826)

[VI. Список использованной литературы: 17](#_Toc511051827)

# Введение.

На генераторах устанавливаются защиты от внутренних повреждений и опасных ненормальных режимов, т. е. таких режимов, которые могут вызывать повреждение генератора.

При ненормальных режимах работы генератора, не требующих немедленного отключения, защита, как правило, должна действовать на сигнал, по которому дежурный обязан принять меры устранению ненормального режима без отключения генератора.

Автоматическое отключение генератора допускается только в тех случаях, когда возникший ненормальный режим нельзя устранить, а его дальнейшее продолжение ведет к повреждению генератора.

Для предотвращения развития повреждения, возникшего в генераторе, защиты от внутренних повреждений должны отделить генератор от сети, отключив главный выключатель, и прекратить ток в обмотке ротора отключением автомата гашения поля.

Большинство повреждений генератора вызывается нарушением изоляции обмоток статора и ротора. Эти нарушения обычно происходят вследствие старения изоляции, ее увлажнения, наличия в ней дефектов, а также в результате повышения напряжения, пере напряжений, механических повреждений, например из-за вибрации стержней обмоток и стали магнитопровода. Поэтому в принципе повреждения возможны в любой части обмоток.

**Повреждения в статоре.** В статоре возникают междуфазные (двухфазные и трехфазные) к. з., замыкание одной фазы на корпус (на землю), замыкание между витками обмотки одной фазы. Наиболее часто происходят междуфазные к.з. и замыкания на корпус.

*Междуфазные к.з.* сопровождаются прохождением в месте повреждения очень больших токов (десятки тысяч ампер) и образованием электрической дуги, вызывающей выгорание изоля­ции и токоведущих частей обмоток, а иногда и стали магнитопровода статора.

*Замыкание обмотки статора на корпус* является замыканием на землю, так как корпус статора связан с землей. При этом ток повреждения проходит в землю всегда через сталь магнитопровода статора, выжигая ее. Повреждение стали требует длительного и сложного ремонта.

*Замыкание витков одной фазы*. В замкнувшихся накоротко витках протекает большой ток, разрушающий изоляцию обмоток. Этот вид повреждения часто переходит в замыкание на землю или в замыкание между фазами.

Защиты от междуфазных к.з. и витковых замыканий должны быть быстродействующими и настолько чувствительными, чтобы они могли действовать при повреждениях вблизи нулевой точки генераторов и при малом числе замкнувшихся витков в одной фазе.

**Повреждения в роторе.** Обмотка ротора генератора находится под невысоким напряжением (300—500 В), поэтому ее изоляция имеет значительно больший запас прочности, чем изоляция статорной обмотки. Однако из-за тяжелых механических условий работы обмотки ротора, вызываемых большой частотой вращения (1500— 3000 об/мин), относительно часто наблюдаются случаи поврежде­ния изоляции и замыкания обмотки ротора на корпус (т. е. на землю) в одной или двух точках.

*Замыкание на корпус в одной точке об­мотки ротора* неопасно, так как ток в месте замыкания практически равен нулю и нормальная работа генератора не нарушается. Но при этом повышается вероятность возникновения опасного для генератора аварийного режима в случае появления второго замыкания на корпус в другой точке цепи возбуждения.

*При* *двойных замыканиях* часть витков обмотки ротора оказывается зашунтированной; сопротивле­ние цепи ротора при этом уменьшается и в ней появляется повы­шенный ток, этот ток перегревает обмотки ротора и питающего ее возбудителя, вызывает дальнейшие разрушения в месте поврежде­ние и может вызвать горение изоляции ротора.

Кроме того, из-за нарушения симметрии магнитного потока в воздушном зазоре между ротором и статором, обусловленного замыканием части витков обмотки ротора, возникает сильная меха­ническая вибрация, опасная для генератора. Особенно большая и опасная вибрация появляется при двойном замыкании на землю на гидрогенераторах и синхронных компенсаторах (СК), имеющих явнополюсные роторы. Поэтому на гидрогенераторах и крупных СК целесообразно устанавливать защиту, сигнализирующую пер­вое замыкание на землю в роторе. При срабатывании этой защиты

гидрогенератор останавливают для устранения повреждения. Для турбогенераторов двойное замыкание менее опасно, поэтому тур­богенераторы допускается оставлять в работе при первом замыка­нии в роторе. Специальной защиты от этого вида повреждения можно не ставить. Замыкание на землю в роторе обнаруживается при измерении его изоляции, проводимом периодически на работаю­щем генераторе.

Однако на мощных турбогенераторах 300 МВт и более установка такой защиты, осуществляющей непрерывный контроль за изоля­цией ротора, следует признать целесообразной.

На турбогенераторах при первом замыкании обмотки ротора на корпус устанавливается защита от двойного замыкания на землю. На генераторах малой мощности защиту разрешается выпол­нять с действием на сигнал. На мощных генераторах 200 МВт и выше защита выполняется с действием на отключение.

Ненормальными режимами генератора считаются: опасное увеличение тока в статоре или роторе

сверх номиналь­ного значения (сверхтоки), несимметричная нагрузка фаз статора, опасное повышение напряжения на статоре, асинхронный и двигательный режимы работы генератора.

Повышенные токи (сверхтоки) в генераторе возникают при внешних к.з. или перегрузках.

При внешних к.з. в генераторе, питающем место по­вреждения, появляется ток к.з. превышающий номинальный ток генератора. Нормально такие к.з. ликвидируются защитой поврежденного элемента и неопасные для генератора.

Однако в случае отказа защиты или выключателя этого элемента ток к.з. в генераторе будет проходить длительно, нагревая его обмотки. Повышенный нагрев может привести к повреждению последних. Предупредить подобное повреждение можно только путем отключения генератора.

*Для этой цели на генераторе должны предусматриваться защиты, реагирующие на внешние к.з. и резервирующие отказ защиты или выключателей смежных элементов.*

Перегрузка генератора обычно возникает в ре­зультате отключения или отделения части параллельно работаю­щих генераторов системы; кратковременных толчков нагрузки, вызванных технологией производственных процессов у потреби­телей; самозапуска двигателей; форсировки возбуждения генера­тора; нарушения синхронизма; потери возбуждения у генератора и тому подобных причин.

Перегрузка, т.е. увеличение тока нагрузки в обмотках генера­тора сверх номинального значения так же как и внешнее к. з., вызывает перегрев обмоток и может привести к порче изоляции, если ее температура превзойдет некоторое предельное значение опасное для изоляции.

Во многих случаях перегрузки, обусловленные форсировкой возбуждения, синхронными качаниями, кратковременными толч­ками нагрузки у потребителя и т. п., ликвидируются сами по себе до истечения предельного времени. При авариях в системе с дефицитом генераторной мощности предусматривается автомати­ческая разгрузка путем отключения части потребителей при снижении частоты, а также автоматический и ручной ввод резерва активных и реактив­ных мощностей. Такими путями предупреждается и ликвиди­руется длительная перегрузка генераторов при недостатке ге­нераторной мощности.

*Отключение генераторов при перегрузках допускается только в тех случаях, когда принятые меры по их разгрузке не дают результата, а допустимое время перегрузки истекло*.

С учетом сказанного защита от перегрузки генераторов на электростанциях с дежурным персоналом устанавливается с дей­ствием на сигнал. На автоматизированных электростанциях защита от перегрузки выполняется с действием на отключение или раз­грузку генераторов по истечении допустимого времени перегрузки. Аналогичное исполнение защиты желательно иметь и на мощных генераторах, так как на этих генераторах при перегрузках, пре­вышающих 30%, предельное время достаточно мало и дежурный персонал не успеет произвести своевременную разгрузку их.

**Несимметрия токов** в фазах генераторов возникает при двух­фазных и однофазных к.з. вне генератора, при обрывах одной или двух фаз цепи, связывающей генератор с нагрузкой, и при неполнофазном режиме работы в сети. Несимметрия токов приводит к дополнительному нагреванию ротора и механической вибрации машины.

Несимметрия *сопровождается появлением в обмотке статора токов обратной последовательности, эти токи имеют обратное чередование фаз и создают магнитное поле, вращающееся в сторону, противоположную вращению ротора. В результате этого поток, созданный токами обратной последовательности, пересекает корпус ротора с двойной скоростью. Он индуктирует в металлических частях ротора (в бочке ротора) значительные вихревые токи, имеющие двойную час­тоту, и создает дополнительный, пульсирующий с двойной часто­той электромагнитный момент.* Вихревые токи вызывают повышенный нагрев ротора, апульсирующий момент- вибрацию вращающейся части машины.

Несимметрия токов особенно опасна для крупных современных турбо- и гидрогенераторов ТВФ, ТВВ, ТГВ, ТВМ, выполняемых, как указывалось выше, с пониженным тепловым запасом. С учетом термических и механических характеристик отечественных генера­торов допускается их длительная работа с неравенством (несиммет­рией) токов по фазам, не превышающим 10% для турбогенерато­ров и 20% для гидрогенераторов и синхронных компенсаторов, при условии, что ток в фазах не превосходит номинального зна­чения.

*При указанной несимметрии ток обратной последовательности составляет около 5 и 10% номинального тока генератора, соответственно, эти значения являются максимальными длительно допустимыми токами* и их можно рас­сматривать как номинальные (предельные) токи обратной после­довательности генератора.

Эти токи вызывает опасный дополнительный нагрев ротора и может допускаться лишь в течение ограниченного времени *.*

Величина допустимого времени определяется предельной температурой, допустимой для изоляции обмотки ротора и отдельных, наиболее подверженных нагреву элементов ротора: бандажных колец, зубцов, металлических пазовых клиньев.

Непосредственно нагрев ротора происходит от тепла, выделенного вихревыми токами, возникающими в корпусе ротора, но так как последние индуктируются токами статора и ему пропорциональны,

При адиабатическом процессе нагрева (без отдачи в окружаю­щую среду) предельные температуры достигаются при опре­деленном, постоянным для данного типа генератора количестве тепла.

**Повышение напряжения** возникает на генераторах при внезапном сбросе нагруз­ки, так как при этом исчезает магнитный поток реакции статора и увеличивается ча­стота вращения разгрузив­шейся машины.

На турбогенераторах по­вышение напряжения не до­стигает опасных значений и ликвидируется автоматиче­скими регуляторами скорости и возбуждения или в случае отсутствия последнего- руч­ным регулированием возбуждения. При увеличении частоты вращения до 110% на турбогенераторах срабатывает «автомат безопасности», полностью закрывающий доступ пара в турбину, что исключает чрезмерное увеличение частоты вращения и опасное повышение напряжения. На гидрогенераторах регуляторы скорости действуют медлен­нее, чем на турбогенераторах, в результате этого при сбросе нагрузки частота вращения агрегата резко увеличивается а мо­жет превысить номинальную на 40—60%,а напряжение генера­тора вследствие этого может воз­расти до 150% номинального и больше. Поэтому на гидрогене­раторах наряду с автоматиче­ским устройством развозбуждения предусматривается защита от повышения напряжения, дей­ствующая на снятие возбужде­ния или отключение генератора.

**Асинхронный режим** возникает при потере возбуждения, из-за отключения АГП и по любой другой причине. Асинхронный режим сопровождается потреблением из сети значительного реактивного тока, понижением напряжения на зажимах генератора, увеличе­нием оборотов ротора и в общем случае качаниями. Турбогенера­торы могут работать в асинхронном режиме с некоторым сколь­жением как асинхронный генератор, при условии снижения актив­ной нагрузки. Благодаря повышенным значениям тока работа генератора в асинхронном режиме ограничена по времени в зави­симости от его конструкции и термических характеристик. Гене­раторы с косвенным охлаждением могут работать без возбуждения с нагрузкой до 60% номинальной. Генераторы с непосредственным охлаждением имеют меньшие термические запасы и могут работать, в асинхронном режиме с нагрузкой не более 40%. На турбогенераторах целесообразно предусматривать защиту, реагирующую на потерю возбуждения, действующую на снижения активной нагрузки до величины, обеспечивающей устойчивую» работу генератора.

**Защита трансформаторов.**

Основными видами повреждений в трансформаторах являются:

а) замыкания между фазами внутри кожуха трансформатора и на наружных выводах обмоток;

б) замыкания в обмотках между витками одной фазы (так назы­ваемые витковые замыкания);

в) замыкания на землю обмоток или их наружных выводов;

г) повреждение магнитопровода трансформаторов, приводящее к появлению местного нагрева и «пожару стали».

Опыт показывает, что к. з. на выводах и витковые замыкания в обмотках трансформаторов происходят наиболее часто. Междуфазные повреждения внутри трансформаторов возникают значительно реже. В трехфазных трансформаторах они хотя и не исключены, но маловероятны вследствие большой прочности меж­дуфазной изоляции. В трансформаторных группах, составленных из трех однофазных трансфор­маторов, замыкания между об­мотками фаз практически не­возможны.

При витковых замыканиях токи, идущие к месту повреж­дения от источников питания, могут быть небольшими.

В случае замыкания на землю обмотки трансформатора, под­ключенной к сети с малым током замыкания на землю, ток повре­ждения определяется величиной емкостного тока сети. Поэтому защиты трансформатора, предназначенные для действия при витковых замыканиях, а также при замыканиях на землю в об­мотке, работающей на сеть с изолированной нейтралью, должны обладать высокой чувствительностью.

Для ограничения размера разрушения защита от повреждений в трансформаторе должна действовать быстро. Повреждения, сопровождающиеся большим током к.з. должны отключаться без выдержки времени с *t =* 0,05 — 0,1 с.

*Защиты от повреждений*. В качестве таких защит применяются токовая отсечка, дифференциальная и газовая защиты. За рубежом применяется довольно простая защита от замыкания на корпус (кожух) трансформатора.

# Технические данные генератора, трансформаторов:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название | Тип | Мощ  ность  МВт | Номин. напря  жение  кВ | Номин ток,А  ВН/НН | Максим  длит.ток  А | cos ϕ | x′′d  % | х2  % | x′d  % | xd  % | Напря  жение  К.З. % |
| Генератор | ТВФ-120-2 | 100 | 10,5 | 6880 | 7760 | 0,8 | 21,4 | 22 | 190,7 | 27,2 |  |
| Трансформатор | ТДЦ-125000/  110-70 | 25 | 121/10,5 |  |  |  |  |  |  |  | 10,5 |
| Трансформатор | ТДНС-10000/35 | 10 | 10,5/6,3 |  |  |  |  |  |  |  | 8 |

# Расчёт параметров схемы замещения:

Принимаем базовую ступень напряжения 10,5 кВ.

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Формула вычисления | Результат |
| Прямая (обратная) последовательность | | |
| Система |  |  |
| Генератор |  |  |
| Трансформатор Т |  |  |
| Трансформатор ТСН |  |  |

# Выбор и расчет защит генератора

Данный проект содержит необходимые расчёты для выбора принципов защит на генераторе и трансформаторе собственных нужд, проверку их чувствительности. Схемы защит и расчёты выполнены согласно ПУЭ и руководящих указаний.

Для генератора типа ТВФ-120-2 предусматриваются защиты:

1. от многофазных коротких замыканий в обмотке статора и на его выводах устанавливается продольная дифференциальная токовая защита генератора;
2. от коротких замыканий между витками одной фазы в обмотке статора генератора односистемная поперечная дифференциальная токовая защита генератора;
3. от замыканий на землю на стороне генераторного напряжения устанавливается защита напряжения нулевой последовательности;
4. от внешних симметричных коротких замыканий и для резервирования основных защит устанавливается одноступенчатая дистанционная защита на одном реле сопротивления, устанавливаемая со стороны нулевых выводов генератора;
5. от внешних несимметричных коротких замыканий и несимметричных перегрузок и для резервирования основных защит предусматривается ступенчатая токовая защита обратной последовательности с сигнальным элементом;
6. от симметричных перегрузок предусматривается токовая защита с использованием тока одной фазы;
7. от перегрузки ротора турбогенератора предусматривается защита, реагирующая на повышение напряжения ротора;
8. от замыканий на землю в двух точках цепи ротора турбогенератора предусматривается токовая защита с четырёх плечным мостом;
9. от замыкания на землю на стороне генераторного напряжения, имеющего выключатель в цепи турбогенератора - контроль изоляции;
10. от потери возбуждения;
11. от замыкания на землю в одной точке цепи ротора турбогенератора.

При этом продольная и поперечная дифференциальные токовые защиты генератора и защита от замыканий на землю в 2-х точках цепи генератора действуют на отключение выключателя генератора, в схему УРОВ этого выключателя, на гашение поля генератора и возбудителя, в схему технологических защит (останов турбины и котла). Защита от однофазных коротких замыканий в обмотке статора генератора действует на сигнал, но предусматривается возможность перевода её на отключение и останов блока. Защита от внешних коротких замыканий устанавливается со стороны нулевых выводов генератора и с выдержкой времени действует на отключение выключателей блока, АГП, останов турбины и котла. Ступенчатая токовая защита обратной последовательности, установленная со стороны нулевых выводов генератора при работе I ступени, резервирующей основные защиты генератора действует на отключение выключателя генератора, в схему УРОВ этого выключателя, на гашение поля генератора и возбудителя, в схему технологических защит (останов турбины и котла), на отключение выключателя 6 кВ трансформатора 10,5/6,3 кВ; при работе II, III и IV ступеней, предназначенных для резервирования основных защит трансформатора блока и защит сети- с 2-мя выдержками времени действует на отключение выключателей блока, АГП, останов турбины и котла; III и IV ступени действуют на деление шин высшего напряжения блока. Защита генератора от симметричных перегрузок, контроль изоляции, защита от замыканий на землю в одной точке цепи ротора действуют на сигнал. Защита в сети с большим током замыкания на землю действует: при работе грубого органа токовой защиты нулевой последовательности с выдержкой времени действует на отключение выключателей блока, АГП, останов турбины и котла. Защита ротора генератора от перегрузки токов возбуждения действует на отключение выключателя генератора, в схему УРОВ этого выключателя, на гашение поля генератора и возбудителя. Защита от потери возбуждения при допустимости асинхронного режима действует на отключение выключателей, обеспечивающих отсоединения собственных нужд от блока и действие в схему технологических защит на разгрузку блока по активной мощности, при недопустимости асинхронного режима действует на отключение выключателя генератора, в схему УРОВ этого выключателя, на гашение поля генератора и возбудителя.

Результаты расчётов, необходимых для выбора защит, сведены в таблицы.

# Расчет токов короткого замыкания.

При расчётах используются величины токов короткого замыкания, полученные при расчётах для энергосистемы в целом, для её минимального и максимального режима. Расчёт был произведён ЦС РЗАИ ООО "Архэнерго". Полученные результаты сведены в таблицу .

Таблица

Токи КЗ в ветвях и точках 110 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Точка, ветвь | Σ 3I0 на шинах и 3I0  в  ветвях (однофазного КЗ) | | | Σ I на шинах и I в ветвях  (трёхфазного КЗ) | | |
|  | mах, А | min, A | cверх min | max,A | min,А | сверх min |
| 1. | Шины 110 кВ | 22463 | 7636 | 7358 | 19155 | 5928 | 5768 |

Токи КЗ в ветвях и точках 6,3-10,5 кВ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка, ветвь | | | Σ I на шина и I в ветвях (трёхфазного КЗ) | | |
| mах, А | min, A | сверхминимум |
| 1. | Шины 10,5 кВ генератора 1Г | | 82664 | 61954 | 0 |
|  | в том числе: | 1T | 47007 | 26332 | 0 |
|  |  | 1Г | 35657 | 35622 | 0 |
| 2. | Шины 10,5 кВ генератора 2Г | | 82260 | 61826 | 0 |
|  | в том числе: | 2Т | 46603 | 26203 | 0 |
|  |  | 2Г | 35657 | 35623 | 0 |
| 3. | Шины 10,5 кВ генератора ЗГ | | 86930 | 66218 | 0 |
|  | в том числе: | ЗТ | 47050 | 26375 | 0 |
|  |  | ЗГ | 39880 | 39843 | 0 |
| 4. | Шины 10,5 кВ генератора 4Г | | 92500 | 68066 | 34484 |
|  | в том числе: | 4АТ | 52622 | 28230 | 34484 |
|  |  | 4Г | 39878 | 39836 | 0 |
| 5. | Вводы 6,3 кВ рабочего тсн 21T | | 11189 | 10900 | 0 |
| 6. | Вводы 6,3 кВ рабочего тсн 22Т | | 10500 | 10246 | 0 |
| 7. | Вводы 6,3 кВ рабочего тсн 23Т | | 11463 | 11192 | 0 |
| 8. | Вводы 6,3 кВ рабочего тсн 24Т | | 11621 | 10365 | 10282 |
| 9. | Вводы 6,3 кВ резервн. тсн 1ТР | | 13406 | 12410 | 12324 |

Максимальный режим энергосистемы (mах): все генерирующие мощности энергосистемы в работе, все системообразующие связи включены;

Минимальный режим энергосистемы (min): минимальный состав работающего оборудования в Архангельском энергоузле при прохождении летних нагрузок 1999 г. в режиме раздельной работы с ОЭС Центра; в работе 1Г, ЗГ Архангельской ТЭЦ; ЗГ Северодвинской ТЭЦ-1; 1Г Северодвинской ТЭЦ-2; все кроме 5Г, 8Г ТЭЦ-1 АБК; 1Г ТЭЦ-3 АБК; 1Г, 2Г, ЗГ ТЭЦ СЦБК; ЗГ, 5Г, 6Г ТЭЦ КЦБК;

Сверминимальный режим энергосистемы: остановлены все генераторы Архангельской ТЭЦ и Северодвинской ТЭЦ-2 , их распределительные устройства работают в режиме подстанций; в работе 2Г, 4Г, 6Г Северодвинской ТЭЦ-1; генераторы блок-станций в режиме минимума; отключены ВЛ-110 кВ "Двина-2" и ВЛ-220 кВ "Арх.ТЭЦ-РП Первомайский-2".

По полученным данным величин токов к.з. произведём выбор трансформаторов тока:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование | Тип ТТ | Номин.напряж  кВ | Номин.перв.  ток, А | Номин.втор.  ток, А | Коэф-т  трансф-ции |
| 1. | Трансформатор тока  (встроенный) | ТВТ-35 | 35 | 600 | 5 | 120 |
| 2. | Трансформатор тока  (шинный) | ТШЛ-20Б | 20 | 10000 | 5 | 2000 |
| 3. | Трансформатор тока  (проходной) | ТПОЛ-10 | 10,5 | 1500 | 5 | 300 |
| 4. | Трансформатор тока  (встроенный) | ТВТ-35 | 35 | 1000 | 5 | 200 |

### a) Расчёт продольной дифференциальной токовой защиты

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование величины | | Расчётная формула | Результат | |
| 10,5 кВ | |
| 1. | Ток срабатывания защиты по условию отстройки от переходных процессов | | Iс.з.1=0,6Iном.ген | Iс.з.1=0,6⋅6880=  =4128 А | |
| 2. | Максимальный ток режима асинхронного тока при угле расхождения системы и генератора близком к 180° | |  |  | |
| 3. | Максимальное значение расчётного тока небаланса | В режиме асинхронного хода | Iнб.расч.=kапkоднfiIас.max | Iнб.расч.=1⋅0,5⋅0,1⋅25725=1286 А | |
| В режиме 3-х фазного к.з. на выводах генератора | Iнб.расч.=kапkоднfiI (3)ас.max | Iнб.расч.= 1⋅0,5⋅0,1⋅39880=1994 А | |
| 4. | Ток срабатывания защиты по условию отстройки от максимального тока небаланса | | Iс.з.2=kнIн.б.рас. | Iс.з.2=1,3⋅1994=2592 А | |
| 5. | Принимаемый первичный ток срабатывания защиты | | 4128 А | | |
| 6. | Вторичный ток срабатывания реле | |  | |  |
| 7. | Расчётное число витков рабочей обмотки | |  | |  |
| 8. | Принимаемое число витков | | Wраб.=48 | | |
| 9. | Вторичный ток срабатывания реле, соответствующий установленному количеству витков | |  | |  |
| 10. | Уточнённый первичный ток срабатывания защиты | | Iс.з.ут=Iср.ут.nT | | Iс.з.ут=2.08⋅2000=4160 |
| 11. | Коэффициент чувствительности защиты при 2-х фазном к.з. на выводах генератора для случая одиночно работающего генератора | |  | | по ПУЭ kч≥2 |
| 12. | Принимаемый тип реле | | РНТ-565 | | |

### б) Расчёт односистемная поперечная дифференциальная токовая защита генератора

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная  формула | Результат | Примечание |
| 10,5 кВ |
| 1. | Ток срабатывания защиты | Iс.з.=(0,2÷0,5) Iном | Iс.з.=(0,2÷0,3)⋅6880=  =1376÷2064 А |  |
| 2. | Ток срабатывания реле |  |  |  |
| 3. | Принимаемый тип реле | РТ-40/Ф | | |

### в) Расчёт защиты от перегрузки ротора током возбуждения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная  формула | Результат | Примечание |
| 10,5 кВ |
| 1. | Уставка срабатывания пускового органа защиты | Uрот.ср.=  1,5Iрот.ном.Rрот  R0=0.1265 Ом при  t0=15° | Uрот.ср.=1.5⋅6880⋅0.177⋅  ⋅ (100/10500)=  =17.4 В  где | Uрот уточняется при наладке, т.к. сопротивление ротора в горячем состоянии при максимальной длительно допустимой температуре определяется по заводской инструкции |
| 2. | Принимаемый тип реле | РН-53/60Д | | |

### г) Расчёт защиты генератора от симметричной перегрузки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная  формула | Результат | Примечание |
| 10,5 кВ |
| 1. | Первичный ток срабатывания защиты |  |  |  |
| 2. | Ток срабатывания реле |  |  |  |
| 3. | Принимаемый тип реле | РТ-40/10 | | |

### д) Расчёт токовой защиты обратной последовательности

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | | Расчётная  формула | Результат | Примечание | |
| 10,5 кВ |
| 1. | I  ступепь | Ток срабат.реле | I2 ср I=  1,95 Iнои.вт | I2 ср I=1,95⋅ 3.44=  =6.71 А |  | |
| 2. | Принимаемый тип реле и уставка по времени | РТ-40/6; ЭВ-124; tср=2,3 с. Реле подключаются на дополнительно выведенные клеммы реле РТФ-7/2 | | | |
| 3. | II  ступень | Ток срабат.реле | I2 ср II=  1,3 Iнои.вт | I2 ср II=1,3⋅ 3.44= 4.47 А | |  |
| 4. | Принимаемый тип реле и уставка по времени | РТФ-7/2, грубый элемент, ЭВ-132, tср=3,5 с | | | |
| 5. | III  ступень | Ток срабат.реле | I2 ср III=  0.6 Iнои.вт | I2 ср III=0,6⋅ 3.44= 2.06 А | |  |
| 6. | Принимаемый тип реле и уставка по времени | РТФ-7/1, грубый элемент, ЭВ-132, tср=8,5 с | | | |
| 7. | IV  ступень | Ток срабат.реле | I2 ср IV=  0.25 Iнои.вт | I2 ср IV=0,25⋅ 3.44= 0.86 А | |  |
| 8. | Принимаемый тип реле и уставка по времени | РТФ-7/2, чувствительный элемент, ЭВ-144, ЭВ-142, tср=40 с | | | |
| 9. | V  ступень | Ток срабат.реле | I2 ср V=  0.07 Iнои.вт | I2 ср V=0.07⋅ 3.44= 0.24 А | |  |
| 10. | Принимаемый тип реле и уставка по времени | РТФ-7/1, чувствительный элемент (сигнал) | | | |

### ж) Расчёт защиты генератора от асинхронного режима.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная  формула | Результат |
| 10.5 кВ |
| 1. | Синхронный реактанс генератора |  |  |
| 2. | Переходный реактанс генератора |  |  |
| 3. | Диаметр окружности характеристики омметра, используемого для защиты от потери возбуждения | Zзащ=1.1xd | Zзащ=1.1⋅1.68=1.85 Ом |
| 4. | Смещение характеристики | Zсмещ=0,4x′d | Zсмещ=0.4⋅0.245=0.098 Ом |
| 5. | Вторичное сопротивление диаметра характеристики |  |  |
| 6. | Вторичное сопротивление смещения |  |  |
| 7. | Принимаемый тип реле защиты | КРС-2 | |

### з) Расчёт контроля изоляции на стороне генераторного напряжения.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная  формула | Результат |
| 10,5 кВ |
| 1. | Напряжение срабатывания реле по условию обеспечения отстройки реле от напряжения III-й гармоники |  | 15 В |
| 2. | Устанавливаемая выдержка времени |  | tвыд=9 c |
| 3. | Принимаемый тип реле защиты | РН-53/60Д | |

### и) Расчёт защиты от внешних симметричных коротких замыканий.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная  формула | Результат |
| 10,5 кВ |
| 1. | Минимальное сопротивление нагрузки |  |  |
| 2. | Сопротивление срабатывания защиты, равное малой оси эллипса |  |  |
| 3. | Сопротивление срабатывания защиты, равное большой оси эллипса |  |  |
| 4. | Сопротивление смещения | Zсмещ=18%Zс.з | Zсмещ=0.18⋅0.94=0.17 Ом |
| 5. | Вторичное сопротивление срабатывания защиты  (уставка реле) |  |  |
| 6. | Сопротивление смещения реле |  |  |
| 7. | Коэффициент чувствительности защиты при 3-х фазном к.з. на шинах 110 кВ |  |  |
| 8. | Коэффициент чувствительности защиты по току точной работы |  | Ток точной работы 2.2 А |
| 9. | Принимаемый тип реле защиты | КРС-2 | |

# Выбор и расчет защит трансформатора

Защищаемым объектом является двух обмоточный трансформатор собственных нужд блока №3 23Т.

Для защиты трансформатора собственных нужд предусматриваются защиты:

1. продольная дифференциальная защита от всех видов коротких замыканий в обмотках трансформатора и на его выводах и действует на отключение трансформатора собственных нужд и блока генератор- трансформатор;
2. газовая защита от внутрибаковых повреждений трансформатора, действующая на сигнал и на отключение;
3. максимальная токовая защита на стороне 10 кВ с пуском по напряжению, действующая с выдержками времени на отключение выключателя 6 кВ и на отключение блока генератор- трансформатор;
4. защита от перегрузки, установленная на стороне низшего напряжения трансформатора, действующая на сигнал.

Для защиты трансформатора от коротких замыканий. В обмотках и на выводах используется продольная дифференциальная токовая защита.

Защита является основной и действует на отключение трансформатора без выдержки времени. При этом отключаются блочный масляный выключатель 1МВ-110кВ, генераторный масляный выключатель 2МВ-10кВ и отключаются вводы рабочего питания на секции 3МВ-6кВ.

Защита выполнена в трех фазном исполнении с использованием реле типа РНТ-565.

От повреждений внутри бака трансформатора, бака «регулятора под напряжением» и понижения уровня масла предусмотрена газовая защита с использованием реле РГЧ3-66. Защита действует на сигнал при слабом газообразовании и при понижении уровня масла, а также на отключение без выдержки времени при бурном газообразовании.

От токов, обусловленных внешними короткими замыканиями, предусматривается максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению. Защита действует на отключение 3МВ-6кВ с 1-ой выдержкой времени и на отключение трансформатора полностью со 2-ой выдержкой времени. Для защиты от токов, вызывающих перегрузку трансформатора, в ячейке КРУ 6кВ устанавливается максимально токовая защита с действием на сигнал.

1МВ

3МВ

2МВ

КАТ1

КАТ2

КАТ3

КА1

КА2

КА3

КА4

КU1

КU2

TU 6кВ

Т23

3Г

Рис.9. Поясняющая схема.

### а) Расчёт параметров трансформатора собственных нужд.

По данным из каталога для данного трансформатора и данным расчётов токов короткого замыкания, полученным из Архэнерго, получим:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная формула | Результат | |
| 10.5 кВ | 6.3 кВ |
| 1. | Трансформатор ТСН(основное) |  |  |  |
| 2. | Трансформатор ТСН(min) |  |  |  |
| 3. | Трансформатор ТСН(max) |  |  |  |
| 4. | Сопротивление системы в макс.режиме |  |  |  |
| 5. | Сопротивление системы в мин.режиме |  |  |  |

### а) Расчет продольной дифференциальной защиты трансформатора

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование величины | | Расчётная формула | Результат | |
| 10,5кВ | 6,3кВ |
| Первичный ток для защищаемого трансформатора при работе с номинальной нагрузкой | |  |  |  |
| Схема соединения трансформаторов тока | |  |  |  |
| Коэффициент трансформаторов тока | | Кт | 1000/5=200 | 1500/5=300 |
| Вторичный ток в плечах защиты при работе с номинальной нагрузкой | |  | Iном.вт =550⋅1/200=2.75А | Iном.вт=918⋅1/300=3.06А |
| Максимальный ток небаланса,обусловленный погрешностью трансформаторов тока и регулированием напряжения | | Iнб=I`нб+I``нб=  =εКапКоднI(3)к вн max+ +ΔUI(3)к вн max | Iнб=0.1⋅1⋅1⋅6300+  +0.12⋅6300=1386 А |  |
| Первичный ток срабатывания защиты по условию отстройки от тока небаланса при внешнем трехфазном коротком замыкании на шинах 6кВ | По условию отстройки от тока небаланса при скозном 3-х фазном к.з. на шинах | Iсз≥kн⋅Iнб расч | Iсз≥1.3⋅1386=1801.8 A |  |
| По условию отстройки от броска тока намагничивания | Iсз≥kнIном | Iсз≥1.3⋅1.05⋅550=750.75A |  |
| Первичный ток срабатывания приведенный к основной стороне(6кВ) | |  |  |  |
| Предварительный вторичный ток срабатывания | | Iср=Iсз/Кт |  | Iср=3003/300=10.01 A |
| Расчетное число витков насыщающегося трансформатора реле для основной стороны | | Wосн расч=Fср/Iср |  | Wосн расч=100/15.01=6,66  Принято-7 витков |
| Уточненный первичный ток срабатывания защиты | |  |  |  |
| Уточненный ток срабатывания реле на основной стороне | | Iср осн=Fср/Wосн |  | Iср осн=100/7=14.3А |
| Расчетное число витков на неосновной стороне | |  |  |  |
| Ток срабатывания на неосновной стороне | | Iср неосн=Fср/Wнеосн | Iср неосн=100/7=14.3 А |  |
| Первичный ток срабат.з-ты со стороны питания | | Iср неосн=IсрnT | Iср неосн=14.3⋅200=2860 A |  |
| Коэффициент чувствительности защиты | |  | Чувствительность защиты достаточна | |
| Принимаемый тип защиты | | РНТ-565 | | |

### б) Расчет максимальной токовой защиты с пуском по напряжению на стороне 10,5 кВ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование величины | Расчётная формула | Результат | | |
| 10,5 кВ | | 6,3 кВ |
| Токовый орган | | | | | |
| 1. | Первичный ток срабатывания по условию отсройки от тока нагрузки |  |  | |  |
| 2. | Коэффициент чувствительности при 2-х фазном к.з. на шинах 6,3 кВ в минимальном режиме |  |  | |  |
| 3. | Ток срабатывания реле | Iс.р.=Iс.з/nT | Iс.р.=962.5/200=4.8 А | |  |
| 4. | Принимаемый тип реле РТ-40/10 | | | | |
| Пусковые органы напряжения | | | | | |
| 5. | Напряжение срабатывания устройства фильтр-реле напряжения обратной последовательности | Uс.з=1.1Uном |  | Uс.з=0.11⋅6.3=0.69 | |
| 6. | Принимаемый тип реле РНФ-1М | | | | |
| 7. | Уставка реле, включенного на междуфазное напряжения (напряжение возврата реле) | Uвозвр.р=Uост/kн  где  Uост= |  | Uвозвр.р=3.74/1.2=3.12  где  Uост= | |
| 8. | Принимаемый тип реле РН-53/60Д | | | | |

### в) Расчет защиты трансформатора от перегрузки*.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п |  | Результат | |
| 6.3 кВ | |
| 1. | Первичный ток срабатывания защиты | Iсз ≥ (Кн/Кв)⋅Iном | Iсз = (1,05/1,08)⋅917,4 = 1205 А |
| 2. | Ток срабатывания реле | Iср=Iсзkсх/nT | Iсз в = 1205/200 = 6,02 А |
| 3. | Принимаемый тип реле | РСТ-13-24-1 | |

# Список использованной литературы:

1. Федосеев А.М. "Релейная защита электрических систем"

1. Чернобровов Н.В. "Релейная защита"
2. Таубес И.Р. "Релейная зашита мощных турбогенераторов"
3. Шабад М.А. "Защита трансформаторов распределительных сетей"
4. Шабад М.А. "Расчёт релейной защиты и автоматики распределительных сетей"