**Контрольная работа**

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ БЛОКА ГЕНЕРАТОР–ТРАНСФОРМАТОР МОЩНОСТЬЮ 250МВт**

**Содержание**

1. Опасность попадания человека под напряжение при эксплуатации блока генератор-трансформатор

2. ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ПРИ НОРМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ

2.1 Изоляция токоведущих частей. Нормы контроля изоляции токоведущих частей

2.2 Недоступность токоведущих частей

2.3 Блокировки безопасности

2.4 Методы ориентации

3. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

4. ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

5. Пожарная безопасность

6. Меры обеспечения пожаробезопасности

**1. Опасность попадания человека под напряжение при эксплуатации блока генератор-трансформатор**

При обслуживании блока и при ремонтных работах возможно попадание человека под напряжение.

Рассмотрим различные возможные случаи попадания человека под напряжение и оценим их опасность, принимая во внимание, что обмотка статора генератора изолирована от земли и соединена по схеме «звезда».

При однофазном прикосновении к токоведущим частям генераторного напряжения (рис. 1.а.) при нормальном режиме работы ток,



протекающий через тело человека, определяется по следующей формуле:



где: фазное напряжение генератора;

r = 2МОм – сопротивление токоведущих частей генераторного напряжения относительно земли;. RЧ = 2⋅103 Ом - сопротивление цепи человека. При двухфазном прикосновении к токоведущим частям генераторного напряжения (рис. 1.в.) при нормальном режиме работы ток, протекающий через тело человека, определяется по формуле:



где: UЛ = 20⋅103, В - линейное напряжение сети;

R”Ч = 1000 Ом - сопротивление цепи человека;

RД = 1000 Ом - сопротивление электрической дуги. При однофазном прикосновении к токоведущим частям генераторного напряжения (рис. 1.б.) в аварийном режиме ток, протекающий через тело человека, определяется:



где: UЛ = 20⋅103, В - линейное напряжение генератора;

RЧ = 2⋅103 Ом - сопротивление цепи человека.

RК = 100 Ом - сопротивление контакта в месте замыкания на землю.

При прикосновении к заземленным нетоковедущим частям



электроустановки, оказавшимся под напряжением в аварийном режиме, ток, протекающий через тело человека, определяется по формуле:

где: IЗ = 9920 А - ток однофазного замыкания на землю

α1 = 0,2 - коэффициент напряжения прикосновения учитывающий место положения человека и характер потенциальной кривой ;

RЗ = 0,5 Ом - сопротивление заземлителя; ( согласно ПУЭ )

RЧ = 2000 Ом - сопротивление цепи человека.

При попадании человека под шаговое напряжение (рис. 1д.) ток,



протекающий через человека, определяется по формуле:

где: IЗ = 9920 А - ток однофазного замыкания на землю;

RЗ = 0,5 Ом - сопротивление заземлителя; (согласно ПУЭ)

β1 = 0,15 – коэффициент, учитывающий форму потенциальной кривой;

R``Ч = 3⋅103 Ом - сопротивление цепи человека.

При прикосновении к фазному проводу сети напряжением 330 кВ со стороны блочного трансформатора (рис. 5.е.) ток через человека определяется по формуле:



где: - фазное напряжение сети;



RД = 3000 Ом - сопротивление электрической дуги;

RЗ = 0,5 Ом - сопротивление заземлителя; (согласно ПУЭ)

Рис. 1.1

Iч

RК

Iч

Iч

Rраб

Iч

Iз

а)

в)

г)

б)

е)

д)

RЧ = 2⋅103 Ом - сопротивление цепи человека

На основании анализа произведенных расчетов можно сделать вывод, что величины расчетных токов превышают допустимые значения по ГОСТ 12.01.038-88\*. Следовательно, при эксплуатации и ремонте блока генератор - трансформатор главной задачей является защита обслуживающего персонала от поражения электрическим током и электрической дугой.

электрозащита безопасность генератор трансформатор

**2. ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ПРИ НОРМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ**

**2.1 Изоляция токоведущих частей. Нормы контроля изоляции токоведущих частей**

Нормальная работа генератора значительной мерой зависит от состояния изоляции обмоток.

Согласно ПУЭ и СНИП-3-33-76\* сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в таблице 1.1.

##### Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Испытуемый объект | | Напряжение мегаомметра кВ | Сопротивление изоляции | | | | | | | | | | |
| Генератор ТВВ-320-2ЕУ3 | | | | | | | | | | | | | |
| Обмотка статора | | 2,5 | Не менее указанных величин | | | | | | | | | | |
| t1° | 75 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | | | 20 | 10 |
| Rиз,  МОм | 3 | 3,5 | 5,5 | 8 | 12 | 16,5 | | | 25 | 32 |
| Обмотка ротора | | 1 (допускается 0,5) | Не менее 0,5 МОм при температуре 10-30оС. допускается ввод в эксплуатацию неявнополюсных роторов, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре +75 оС или 20 кОм при +20 оС | | | | | | | | | | |
| Подшипники генератора и сопряженного с ним возбудителя | | 1 | Сопротивление изоляции, измеренные относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах, должно быть не менее 1 МОм для турбогенераторов. | | | | | | | | | | |
| Водородное уплотнение вала | | 1 | Не менее 1 МОм | | | | | | | | | | |
| Щиты вентиляторов для ТГ типа ТВВ | | 1 | Сопротивление изоляции, измеренное между частями диффузоров, должно быть не менее  0.5 МОм | | | | | | | | | | |
| Допустимые изолированные стяжные болты стали статора | | 1 | Не менее 1 МОм | | | | | | | | | | |
| Термоиндикаторы генераторов  с непосредственным охлаждением обмотки статора | | 0,5 | Не менее 0,5 МОм | | | | | | | | | | |
| Цепи возбуждения генератора и возбудителя (без обмоток ротора и электромашинного возбудителя | | 1 (допускается 0.5) | Сопротивление изоляции, измеренное с сопротивлением всей присоединенной аппаратуры должно быть не  менее 1 МОм | | | | | | | | | | |
| Силовой трансформатор блока ТДЦ-400000/330 | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Измерение характеристик изоляции | | | Для трансформаторов определение условий включения, измерения характеристик изоляции следует проводить в соответствии с инструкцией «Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию». | | | | | | | | | | |
| 2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты | а) изоляция обмоток вместе с вводами | | Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам напряжением 20 кВ – 49,5 кВ; 300 кВ – 414 кВ. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин. | | | | | | | | | | |
| б) изоляция доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок | | Испытательное напряжение 1-2 кВ.  Продолжительность испытания 1 мин | | | | | | | | | | |
| Воздушный выключатель | | | | | | | | | | | | | |
| Измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей и изолирующих тяг выключателей. | | Производится мегаомметром на напряжении 2,5 кВ или от источника напряжения постоянного тока.  В случае необходимости измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов гасительных камер и отделителей следует производить с установкой охранных колец на внешней поверхности.  Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в таблице: | | | | | | | | | | | |
| Испытуемый объект | | | | | | | | Сопротивление изоляции Rиз , МОм, при Uном = 20 кВ. | | | |
|  | | Опорный изолятор воздухопровод и тяга (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора.  Тяга, изготовленная из органических материалов. | | | | | | | | 5000  3000 | | | |
| Разъединители | | | | | | | | | | | | | |
| Измерение сопротивления изоляции поводков и тяг, вы полненных из органических материалов | | Производится мегаомметром на напряжении 2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений , приведенных в таблице | | | | | | | | | | | |
| Номинальное напряжение разъединителя, кВ | | | | | | | | | 220 – 500 | | |
| Сопротивление изоляции | | | | | | | | | 5000 | | |

**2.2 Недоступность токоведущих частей**

Недоступность токоведущих частей обеспечивается установкой генератора в машзале главного корпуса с закрытыми дверьми. Токоведущие части располагаются под генератором. Токопровод пофазно экранирован и изолирован. Блочные трансформаторы находятся вне машзала на открытом воздухе и огорожены сетчатым ограждением, имеющим двери, запирающиеся на замок. Токоведущие части блочных трансформаторов, к которым крепятся воздушные линии электрической связи с ОРУ-330 кВ, расположены на высоте 9,5 м от земли, что обеспечивает их недоступность.

**2.3 Блокировки безопасности**

Блокировки безопасности - это устройства, предотвращающие поражение персонала электротоком при ошибочных действиях. Подразделяются на:

1. электрические (осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливают на дверях ограждений, крышках и дверцах кожухов);
2. механические (применяются в электрических аппаратах – рубильниках, пускателях, автоматических выключателях и т.д.).

В рассматриваемом блоке генератор-трансформтор предусмотрены механические блокировки безопасности на блочных разъединителях QS1 и QS2 для избежания ошибочных включений заземляющих ножей при замкнутых разъединителях.

**2.4 Методы ориентации**

Методы ориентации позволяют ориентироваться персоналу при выполнении работ и предостерегают от ошибочных действий. Методами ориентации служат:

1. Маркировка частей электрооборудования, служит для распознавания принадлежности и назначения оборудования. Выполняется с помощью условных обозначений (буквенных, цифровых).

2. Предупредительные сигналы, подписи, таблички.

3. Знаки безопасности, наносятся на корпуса оборудования, на входах и опорах. Фон желтый (или фон интерьера), стрелка черная или красная.

4. Соответствующее расположение и раскраска токоведущих частей.

При переменном токе:

- фаза «А» располагается верхней левой (желтый цвет);

- фаза «В» - средняя (зеленый цвет);

* фаза «С» - нижняя правая (красный цвет).
* нулевые шины: при изолированной нейтрали - голубые; при заземленной - продольные полосы желтого и зеленого цвета.

**3. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ**

При аварийном режиме работы блока генератор-трансформатор безопасность его эксплуатации обеспечивается защитным заземлением. Конструктивно, защитное заземление представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Исходные данные для расчета:

1. Напряжение установки 20кВ
2. Ток однофазного замыкания на землю IЗ = 9,92кА
3. Расчетное удельное сопротивление верхнего и нижнего слоев земли

ρ1=100 Ом⋅м, ρ2 = 70 Ом⋅м, соответственно, толщина верхнего слоя грунта h = 2м.

Заземлитель предполагается изготовить из горизонтальных полосовых электродов сечением 4х40 мм и вертикальных стержневых электродов длиной l = 5м,

5м  l 20м l = 5м Условие выполняется диаметром d =12 мм; глубина заложения электродов в землю Н = 0,6 м.(ПУЭ, п.1.7.51.).

Изобразим план (а) и горизонтальный разрез (б) заземления (Рис. 5.2.). По контуру заземления по его ширине проложены 8 и по длине 5 горизонтальных полос.

1. Определяем суммарную длину горизонтального заземлителя:

L = 7⋅90 + 10⋅60 = 1230 м, где 7 полос по 90 м и 10 полос по 60 м.

Принимаем среднее расстояние между горизонтальными и вертикальными электродами аср = 2⋅5 = 10 м.

0,5  аСР / l 40 аСР / l = 10 / 5 = 2 Условие выполняется

Вертикальные стержневые электроды расположены по контуру площади заземления. Количество электродов n =30. Площадь заземляющего контура: S = 90⋅60 = 5400м2

S = 40010000м2 S = 5400м2

Условие выполняется

Для расчета применяем метод наведенных потенциалов, который учитывает двухслойную структуру грунта.

Так как μ = ρ1/ρ2 = 100/70 = 1,429 < 2, то обобщенный параметр Т:



0,5  Т1  40 T1 = 8,369

Условие выполняется

Проверим справедливость примененного метода расчета заземления. Метод справедлив при следующих ограничениях:

0,5  Т1  40 T1 = 8,369

5м  l 20м l = 5м

0,5  аСР / l 40 аСР / l = 10 / 5 = 2

L /= 440 L /= 16,738



h = 15м h = 2м

H = 0,4м H = 0,6м

S = 40010000м2 S = 5400м2

Метод выбран верно.

2. Определяем значения промежуточных обобщенных параметров из табл.8.4 [2];

СВ = 0,52; ЕВ = 0,239 + 0,0693⋅h = 0,239 + 0,0693⋅2 = 0,3776

Сβ = 0,149; Еβ = 0,338 + 0,0425⋅h = 0,338 + 0,0425⋅2 = 0,423

3. Определяем значения параметров В и β:

В = СВ⋅(ρ1 / ρ2)ЕВ = 0,52⋅(100 / 70)0,3776 = 0,595

β = Сβ⋅(ρ1 / ρ2)Еβ = 0,149⋅(100 / 70)0,423 = 0,171

7. Сопротивление заземления:



Сравниваем полученные значения сопротивления с допустимыми:

RЗ = 0,394 Ом < RДОП = 0,5 Ом. Условие выполняется

Сопротивление заземления меньше нормы.

Произведем проверку заземления:

Определяем напряжение на заземлителе при стекании по нему тока замыкания на землю:

UЗ = IЗ⋅RЗ = 9920⋅0,394 = 3908,48 В < 10000 В

Условие выполняется

Определяем напряжение прикосновения:

UПР = IЗ⋅RЗ⋅α1 = 9920⋅0,394⋅0,03 = 117,25 В

где: α1-коэффициент напряжения прикосновения:

α1= МТ1-μ = 0,526⋅(8,369)-1,429 = 0,03

Параметр М = f(μ) определяем из таблицы 10.8 [2]: μ = 1,429, М = 0,526.

Сравниваем Uпр = 117,25 В < Uпр.доп = 400 В для времени t = 0,2с.

Условие выполняется

Проверяем термическую стойкость заземлителя:



где: ρ1=100 Ом м – удельное сопротивление верхнего слоя грунта;

t = 0,1 с – длительность замыкания во время срабатывания защиты, которое складывается из собственного времени отключения выключателя 0,09 с, [2], и времени действия максимальной токовой защиты 0,01 с, [2].

Суммарная поверхностная площадь S заземления складывается из поверхности вертикальных стержней и поверхности горизонтальных полос:



где: l = 5 м – длина вертикальных электродов;

d = 0,012 м – диаметр вертикальных электродов;

nв = число вертикальных электродов;

рг = 88⋅10-3 м – периметр поперечного сечения (4х40), мм2, горизонтальной полосы;

L = 1230 м – суммарная длина горизонтальных полос.



т.е., условия термостойкости выполняются.



Проверяем термическую стойкость заземляющих проводников:

где: α = 21 – постоянный множитель;

= 400 0С – допустимая температура кратковременного нагрева стали;

Iз = 9920 А – ток замыкания на землю.

Sсеч = 4х⋅40 = 160 мм2 - площадь поперечного сечения горизонтальной полосы.



Таким образом:

Условие выполняется, заземление пригодно к эксплуатации.

**4. ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА**

Согласно ГОСТ 12.1.009-76 электрозащитными средствами называются переносные и перевозные изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия дуги и электромагнитного поля.

На блоке генератор-трансформатор имеются следующие электрозащитные средства:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Средства защиты | Электрооборудование напряжением | Тип | Кол-во |
| 1.  2.  3.  4.  6.  7.  8.  9.  10.  11. | Изолирующая штанга  Изолируещая штанга  Оперативная штанга  Изолирующие клещи  Измерительная штанга  Указатель напряжения УВН  Диэлектрические перчатки  Диэлектрические боты  Защитные очки  Защитные каски(каждому рабочему)  Переносные заземления | 35  330  35  35  330  до 35 | ШИ-35У4  ШИ-35У4  ШО-35 У4  ШИУ-330  УВН-10У4 | 1 шт.  1 шт.  2 шт.  1 шт.  1 шт.  1 шт.  2 пары  2 пары  2 шт.  по 1шт.  2 шт. |

В помещении блочного щита управления для хранения электрозащитных средств отводится место вблизи входа, которое оборудуется стеллажами, полками, шкафами и приспособлениями для хранения штанг, переносных заземлений, плакатов, переносных ограждений и др.

**5. Пожарная безопасность**

Для охлаждения обмоток турбогенератора используется водород, который является взрывоопасным веществом. Так как турбогенератор расположен в помещении, в котором при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси газа с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей, то согласно ПУЭ помещение турбогенератора относится к классу В-Iа по взрывоопасности - (зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов, независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения, или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей).

По классу возникновения пожаров электроустановка относится к классу Е - (пожары связаны с горением электроустановок).

Для охлаждения обмоток трансформатора используется трансформаторное масло. Трансформатор расположен вне помещения машзала, поэтому зона вокруг трансформатора относится к пожароопасной зоне класса П-III и категории В.

В электроустановках причины пожаров и взрывов могут быть электрического и неэлектрического характера.

**Причинами электрического характера являются**:

* искрение в электрических аппаратах и машинах;
* токи коротких замыканий и токовые перегрузки проводников, вызывающие их перегрев до высоких температур, что может привести к воспламенению их изоляции;
* неудовлетворительные контакты в местах соединения проводов, когда вследствие большого переходного сопротивления при протекании электрического тока выделяется значительное количество тепла и резко повышается температура контактов (местный нагрев).
* электрическая дуга, возникающая между контактами коммутационных аппаратов.

**К причинам пожаров неэлектрического характера можно отнести:**

* несоблюдение персоналом правил пожарной безопасности;
* неисправность приборов или нарушение режимов их работы
* неисправность производственного оборудования (перегрев подшипников и т.п.);

**6. Меры обеспечения пожаробезопасности**

В помещении турбогенератора все электрооборудование и светильники, включая переносные, во взрывозащищенном исполнении. Все провода и кабели силовых и осветительных сетей с медными жилами.

Для обеспечения пожаробезопасности устанавливают следующие средства: на генераторе предусмотрен пеногенератор типа ГВП-600.

Возле трансформатора предусмотрены пять углекислотных огнетушителей типа ОУ-8, пожарный гидрант, ящик с песком.

При возгорании генератора, он отключается от сети релейной защитой. Если возникла опасность взрыва водорода, из центральной системы охлаждения водород вытесняют углекислым газом.

Для предотвращения разлива масла, под трансформатором предусмотрена яма для слива масла. На блочном щите управления (БЩУ) имеется два углекислотных огнетушителя типа ОУ-8.

Молниезащита электрического оборудования выполняет по второй категории в соответствии с СН-305-77 "Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений".