Безопасность эксплуатации электрического оборудования открытого распределительного устройства, напряжением 330 кB

1. Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации электрического оборудования ОРУ напряжением 330 кB

При эксплуатации ОРУ 110 кВ основной опасностью является возможность поражения человека электрическим током в результате прикосновения к токоведущим частям, находящихся под напряжением, а также при попадании под шаговое напряжение и напряжение прикосновения. Оценим опасность поражения человека электрическим током. Результат расчета сведем в таблицу (Таб.1.).

Существует опасность поражения человека электрическим током при эксплуатации ОРУ напряжением 110 кВ в связи с тем, что рассчитанные значения токов превышают значения установленные ГОСТ-12.1.038-88 ССБТ. Следовательно, для обеспечения безопасности эксплуатации электрического оборудования ОРУ напряжением 110 кВ необходимо применять защитные меры.

- опасность для обслуживающего персонала при работах, выполняемых на высоте (1,3 м и более).

Анализ вредных факторов:

- шум;

- метеорологические условия (работа вне помещения);

- неудовлетворительное освещение.

**Примечание:**

- фазное напряжение сети;



Rч = 1500 Ом - сопротивление цепи человека;

Rд = 3000 Ом - сопротивление электрической дуги;

Rp = 0,5 Ом - сопротивление рабочего заземлителя;

Iз = 12920 А - ток однофазного замыкания на;

α1 = 0,25 – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий место положения человека и характер потенциальной кривой

Rз = 0,5 Ом - сопротивление нейтрали заземлителя согласно требованиям ПУЭ [1.7.51];

β1 = 0,15 коэффициент напряжения шага, учитывающий характер потенциальной кривой и зависящий от вида заземлителя

Rч = 3000 Ом - сопротивление цепи от одной ноги человека к другой.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Вид прикосновения | Схема | Расчетный ток, А |
| 1 | Прикосновение к фазному проводу напряжением 330 кВ |  |  |
| 2 | Прикосновение к корпусу заземлённого оборудования напряжением 330 кВ |  |  |
| 3 | Ток, протекающий через человека, попавшего под напряжение шага. | Rч |  |

Таблица 1

2. Защитные меры

2.1 Приёмосдаточные испытания изоляции оборудования

Таблица 2. Согласно ПУЭ составляем таблицу 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование испытаний | Нормы испытаний | Сопротивление изоляции |
| **Выключатель ВВД-330Б-40/3150У1** | | |
| Измерение сопротивления опорного изолятора, воздухопровода и тяги (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора | Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ или от источника напряжения выпрямленного тока. В случае необходимости измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей следует производить с установкой охранных колец на внешней поверхности. | Сопротивление 5000 МОм |
| Измерительные трансформаторы тока ТФУМ-330 А | | |
| Измерение сопротивления изоляции  А) первичных обмоток | Мегаомметром на напряжение  2500 В | Сопротивление изоляции не  нормируется |
| Б) вторичных обмоток | Производится мегаомметром на напряжение 500 или 1000 В | Сопротивление изоляции вторичных обмоток вместе с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм. |
| **Измерительные трансформаторы напряжения НКФ-300-83У1** | | |
| Измерение сопротивления изоляции  вторичных обмоток | Производится мегаомметром на напряжение 500 или 1000 В | Сопротивление изоляции вторичных обмоток вместе с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм. |
| **Разъединитель РНДЗ.1-330/3200У1** | | |
| Измерение сопротивления изоляции  А) поводков и тяг, выполненных из органических материалов | Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. | Сопротивление изоляции не ниже 5000 МОм |
| Б) многоэлементных изоляторов. | Мегаомметром на напряжение 2,5 кВ при положительной температуре окружающего воздуха | Сопротивление изоляции не менее 300 МОм |
| В) вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления | Мегаомметром на напряжение  500-1000 , В | Сопротивление изоляции не менее 10 МОм |

2.2Недоступность токоведущих частей

Для исключения возможности опасного приближения к токоведущим частям, проектируемое ОРУ 110 кВ ограждено сетчатым забором высотой 2 м. Ограждение выполнено из сетки с размером ячеек мм. Вход на территорию ОРУ оборудован самозакрывающейся калиткой. Оборудование ОРУ установлено на железобетонных конструкциях высотой 0,9 м, что обеспечивает его недоступность, а также устраняет опасность приближения к частям, находящимся под напряжением. В ОРУ 110 кВ предусмотрен проезд вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий; габарит проезда 4 м по ширине и высоте. Минимальная высота, на которой расположены токоведущие части относительно земли согласно ПУЭ [4.2.58] равна 3,6 м. Высота подвеса ошиновки составляет 6 м и, следовательно, обеспечивается безопасное передвижение персонала обслуживающего ОРУ 110 кВ.



2.3 Блокировки безопасности

Распределительное устройство 110 кВ оборудовано оперативной блокировкой, исключающей возможность:

- включения выключателей на заземляющие ножи и короткозамыкатели;

- включения заземляющих ножей на ошиновку, не отделенную разъединителями от ошиновки, находящейся под напряжением.

На ОРУ 110 кВ применяется механическая оперативная, а также электромагнитная блокировка.

На заземляющих ножах линейных разъединителей со стороны линии установлена механическая блокировка с приводом разъединителя и приспособление для запирания заземляющих ножей замками в отключенном положении.

Питание цепей электромагнитной блокировки ОРУ – 110 кВ осуществляется выпрямленным напряжением с панели питания блокировки, которая имеет устройство контроля изоляции. Схема электромагнитной блокировки выполнена с учётом наличия у всех разъединителей электродвигательных приводов, а у всех заземляющих разъединителей ручных приводов. Блокировка осуществляется разрывом цепей управления привода при несоблюдении условий, при которых допустимо оперирование. Применяются электромагнитные блокировки с одинаковым по конструкции замком и одним электромагнитным ключом.

Механическая блокировка между разъединителями и заземляющими ножами узловых трансформаторов напряжения и линейных трансформаторов напряжения ОРУ – 110 кВ, выполнена в виде дисков с вырезами, насаженных на валы приводов этих разъединителей. Эта блокировка не допускает включения заземляющих ножей при включённых главных разъединителях и наоборот.

2.4 Ориентация в электроустановках

Ориентация на ОРУ осуществляется следующими методами:

1. Маркировка электрооборудования (нанесение условных обозначений на схемы и схемы электрических соединений) служит для распознавания принадлежности оборудования.

Выполняется буквенно-смысловой и цифровой. Все элементы одного присоединения должны иметь один маркер.

2. Использование знаков безопасности – стороны чёрные или красные, фон желтый. Внутри изломанная стрела чёрного или красного цвета. Размещаются на порталах, корпусах оборудования, дверях ОРУ, опорах.

3. Соответствующее расположение и окраска токоведущих частей:

- фаза А – наиболее удаленная (желтый цвет);

- фаза В – средняя (зеленый цвет);

- фаза С – ближняя (красный цвет).

4. Световая сигнализация указывает на включённое или отключённое состояние электрооборудования. Применяется схема “на свет” – лампы питаются от сети оперативного тока.

3. Защитное заземление

## Исходные данные для расчета защитного заземления ОРУ**:**

1. Номинальное напряжение заземленного оборудования Uн = 330 кВ.

2. Ток однофазного замыкания на землю Iз = 12920 А (из расчетов токов короткого замыкания на ОРУ напряжением 330 кВ).

3. Сеть выполнена с эффективно заземленной нейтралью.

4. Площадь занимаемая заземлителем S = 179 × 143 = 25597 м2 (площадь территории ОРУ).

5. Расчетные удельные сопротивления верхнего и нижнего слоев земли ρрас1 = 100 Ом ·м (суглинок); ρрас2 = 40 Ом·м (глина). Толщина верхнего слоя H = 1,8 м.

6. В качестве естественных заземлителей используем систему трос-опоры трёх отходящих от ОРУ воздушных линий напряжением 330 кВ на металлических опорах с длиной пролета L= 325 м. Каждая линия имеет nтр = 2 грозозащитных троса сечением Sтр = 50 мм2.

## **Расчёт**

Определим требуемое сопротивление заземлителя. Согласно ПУЭ для сети с эффективно заземленной нейтралью заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей. Примем допустимое значение заземляющего устройства 0,5 Ом. Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ.

Определим сопротивление естественного заземлителя:

Ом



где Rоп = 15 Ом - наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства опор при удельном сопротивлении земли 100 Ом ·м [таб.2.5.22.,Л.4]. При сопоставлении Rе и Rз видно, что Rе > Rз (1,35> 0,5), следовательно, необходимо параллельно с естественным заземлителем установить искусственный заземлитель. Определим требуемое сопротивление искусственного заземлителя:

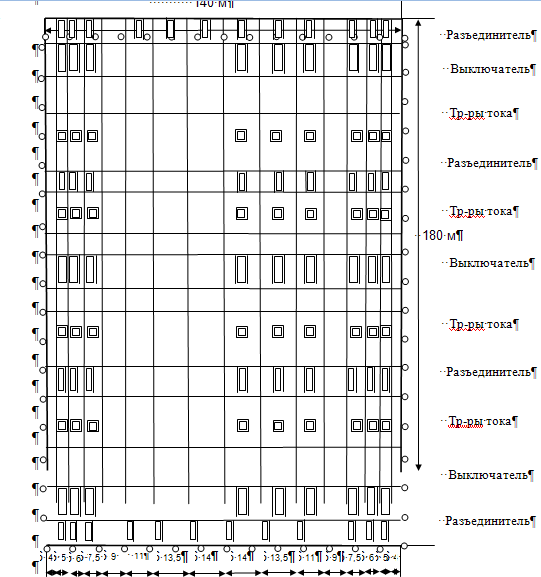
Ом



Заземлитель выполняем из горизонтальных полосовых электродов сечением 4х40 мм и вертикальных стержневых электродов длиной = 5м размещённых по периметру заземлителя, через 10 м диаметром d =12 мм; глубина заложения электродов в землю h = 0,8 м.



Составим схему заземления (рис.1).



М=1:1000

Рис. 1. План расположения заземлителей на территории ОРУ напряжением 330 кВ

По предварительной схеме определим суммарную длину горизонтальных и количество вертикальных электродов.

Суммарная длина горизонтальных полосовых электродов составляет 16 полос длиной 143 м и 11 полос длиной 179 м каждая (рис.1.):

Lг = 16 · 140 + 17 · 180 = 5300 м.

Число вертикальных стержневых электродов исходя из предварительной схемы: nв = 64 шт.

Составим расчётную модель заземлителя в виде квадратной сетки с площадью равной площади предварительной схемы заземления S = 25200 м2. Длина одной стороны модели будет м.



Количество ячеек по одной стороне расчётной модели заземлителя:

шт.



Примем m=16 шт.

Уточним суммарную длину горизонтальных электродов:

м



Длина стороны ячейки модели:

м



Расстояние между вертикальными электродами:

м



Суммарная длина вертикальных электродов:

Lв = nв · Lв = 64 · 5 = 320 м

Относительная глубина погружения в землю вертикальных электродов:



Относительная длина верхней части вертикальных электродов:



Расчётное эквивалентное удельное сопротивление грунта:

Ом·м



где показатель степени к определяется по формуле:



поскольку 1<



Расчётное сопротивление искусственного заземлителя:

Ом



где коэффициент А определяется по формуле, поскольку 0<tотн<0,1.

А = 0,444 – 0,84 · tотн = 0,444 – 0,84 · 0,037 = 0,413

Uз = Iз • Rз = 12,92• 0,134 = 1,735 кВ < 10 кВ

Такое значение напряжения допустимо, так как не превышает 10 кВ [ПУЭ].

Напряжение прикосновения:

Uпр = Iз·Rи·α1 ,

где α1= М(μ)·Т-μ = 0,655·13,71-2,5 = 0,001

Ом



М(μ) = 0,655 определено по [табл.10.8 Л.2]. По данной таблице построен график и по отношению μ = ρ1/ρ2 = 100/40=2,5 определено М(μ):

Uпр = 12920 • 0,134 • 0,001 = 1,731 В

Условие Uпр = 1,731 В < Uпр.доп. = 500 В выполняется,

где Uпр.доп. – наиболее допустимое напряжение прикосновения при аварийном режиме в электроустановках переменного тока напряжением выше 1000 кВ (продолжительность воздействия тока до 0,1 с),

Проверим заземлитель на термическую стойкость.

Поверхность соприкосновения заземлителя с грунтом:



где а1 и b1 – ширина и толщина горизонтальных полос, м.

,



где ρ - удельное сопротивление грунта в наиболее сухой период, принимаем равным эквивалентному сопротивлению ρэ = 48,354 Ом·м;

t = 0,08 с - длительность замыкания на землю во время срабатывания защиты, принимаем равным времени отключения выключателя (ВВД-330Б-40/3150У1).

Получили, что Sз = 497,82 м2 > Sр = 3,05 м2 выполняется.

Проверим горизонтальные проводники по минимальному допустимому сечению. Согласно ПУЭ:

мм2



где а = 21 – постоянный множитель (для стали а=21);

Θ - допустимая температура кратковременного нагрева [ПУЭ].

Горизонтальная полоса проходит контроль по термической стойкости, так как

S=4x40=160 мм2 > 39,87мм2

Таким образом, искусственный заземлитель ОРУ 330 кВ должен быть выполнен из горизонтальных пересекающихся полосовых электродов сечением 4 х 40 мм общей длинной не менее 5397,33 м и вертикальных стержневых электродов в количестве не менее 64 шт. диаметром 12 мм, длиной по 5 м, по периметру заземлителя. Глубина погружения электродов в землю 0,8 м. При выполнении этих условий сопротивление искусственного заземлителя не будет превышать 0,134 Ом.



электрический ток опасность поражение

4. Электрозащитные средства

На ОРУ напряжением 110 кВ применяются следующие электрозащитные средства:

Основные:

* штанга измерительная универсальная ШИУ – 110 – 2 шт.;

Дополнительные:

* диэлектрические боты – 4 пары;
* диэлектрические перчатки – 4 пары;
* защитные очки – 4 шт.;
* переносные заземления – 4шт.;
* переносные ограждения (щиты) – 4 шт.;
* плакаты безопасности – 4 комплекта;
* предохранительные монтёрские пояса – 2 комплекта.

Предохранительные монтёрские пояса предназначены для обеспечения безопасности обслуживающего персоналапри работах на высоте.

5. Меры и средства защиты от вредных факторов

5.1 Защита от электрических полей промышленной частоты

В электроустановках напряжением 330 кВ существует интенсивное электрическое поле промышленной частоты, его напряженность составляет 5-7 кВ/м.

Поэтому применяют защитные меры для защиты персонала от напряжённости электрического поля (ЭП) или снижения её до допустимых значений:

1) Основная защита, есть защита временем, то есть ограничение времени пребывания в поле Т, часов, напряжённостью в интервале выше 5 до 7 кВ/м включительно вычисляются по формуле:

ч,



где Е – напряжённость действующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

2) Экранирование рабочих мест или оборудования. Экраны могут быть стационарными или переносными. Стационарные – алюминиевая сетка, переносные – в виде сетки, навесов, палаток из брезента покрашенного металлизированной краской. Экран обязательно должен быть заземлен. На ОРУ 330 кВ применяют конструктивные методы защиты от полей промышленной частоты: увеличение высоты подвеса проводов, уменьшение диаметра проводов, уменьшение шага расщепления и количества проводов в расщепленной фазе.

3) Методы ориентации – на плане станции наносятся линии за напряженностью.

5.2 Зашита от шума

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски.

5.3 Защита от метеоусловий

Теплая одежда предупреждает чрезмерное охлаждение организма человека при низких температурах воздуха. Для защиты головы от атмосферных осадков предназначены каски. При работах в условиях высоких температур воздуха в течение смены устраиваются перерывы.

5.4 Защита от неудовлетворительного освещения

ОРУ 110 кВ освещается естественным и искусственным светом. Искусственное освещение применяется в тёмное время суток.

Согласно ПУЭ для наружного освещения используются газоразрядные лампы типа ДРЛ. Для аварийного освещения применяются лампы накаливания. Светильники рабочего и аварийного освещения на открытом пространстве питаются от разных независимых источников. Аварийное освещение присоединяется к независимому источнику питания или на него переключается при погасании рабочего освещения.

6. Пожарная безопасность

Пожарная опасность на ОРУ напряжением 110 кВ обусловлена наличием в принимаемом оборудовании горючих веществ и материалов: изоляция обмоток трансформаторов тока и напряжения, маслонаполненное оборудование (больше 1000 кг в единице) – трансформаторы, краска корпусов электрических аппаратов, изоляция контрольных кабелей релейной защиты.

Причины пожара на ОРУ могут быть электрического и неэлектрического характера.

Причины электрического характера:

* при коротких замыканиях по проводникам протекают большие токи, вследствие чего происходит нагрев проводников, загорается изоляция и окружающие предметы. Устраняется максимальной токовой защитой (МТЗ);
* перегрузка проводников при протекании по проводникам токов, на которые они не рассчитаны. Устраняется тепловой защитой;
* удары молнии на территории ОРУ. Устраняется с помощью грозозащитных тросов и стержневых молниеотводов, установленных на порталах;
* электрические искры и дуги, которые появляются в аварийных режимах, а также в нормальных режимах при коммутационных процессах. Не опасны для невзрывоопасной среды;
* большое переходное сопротивление при сужении пути протекания тока и в местах контактов возникает местный нагрев. Устраняется путем выполнения контактов массивными или неразъемными (сварными).

Причины неэлектрического характера:

- неисправность оборудования;

* несоблюдение персоналом правил пожарной безопасности.

Практические меры пожарной безопасности:

* выполнение под всем маслонаполненным оборудованием, маслоприёмников засыпаных гравием. Маслоприёмник рассчитываются на поглощение 80 % масла для выключателя с большим объемом масла;
* фундаменты маслонаполненного оборудования выполнены из огнеупорных материалов;
* маслоприёмники трансформаторов выполняются с маслоотводами, выполненными в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов или лотков. С помощью последних масло отводится в маслоприемник закрытого типа, удалённого от оборудования станции на пожаробезопасное расстояние.
* прокладывание кабельных линий в железобетонных желобах закрытых сверху железобетонными плитами;

Площадка ОРУ 110 кВ оборудована стационарной системой пожаротушения. Тушение пожаров происходит с помощью воды. При возникновении пожара система приводится в действие с пульта системы пожаротушения ОРУ 110 кВ.

Также тушение пожара производится с помощью ручных огнетушителей типа ОУ-4.

Литература

1. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., та ін Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / За ред. Канд.техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. – Львів, Афіша, 2000 – 352 с.
2. Охрана труда в электроустановках : Учебник для вузов / Под ред. Б.А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с., ил.
3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
4. Правила устройств электроустановок / Минэнерго. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 648 с.