

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Кафедра «Цифровые технологии и платформы   
в электроэнергетике»

**Методические указания**

к практическим занятиям по дисциплине

**«ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ»**

ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Ростов-на-Дону

2023

УДК 621.3.027.3(07)

Составитель(и) Синегубов А.П.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине **«**Защита электрооборудования от перенапряжений». Задания на выполнение контрольной работы/ сост. Синегубов А.П. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2023. –10 с.

Приведены задания на контрольную работу по дисциплине **«**Защита электрооборудования от перенапряжений» и методические указания по её выполнению. Каждое задание включает две задачи и один теоретический вопрос.

Предназначены для обучающихся заочной формы обучения по направлению подготовки 13.04.02 «Интеллектуальные электроэнергетические системы».

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «ЦТ и П» к.т.н., доцент Юров А.А.

(ученая степень, ученое звание и ФИО руководителя структурного подразделения, ответственного за реализацию ОПОП)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

В печать \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Формат 60×84/16. Объем \_\_\_\_\_\_\_ усл. п. л.

Тираж 50 экз. Заказ № \_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный

технический университет, 2023

© Синегубов А.П.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 |  | Задание на контрольную работу | 4 |
|  | 1.1 | Задача 1 | 4 |
|  | 1.2 | Задача 2 | 4 |
|  | 1.3 | Вопросы | 5 |
| 2 |  | Методические указания по решению задач | 7 |
|  | 2.1 | Задача 1 | 7 |
|  | 2.2 | Задача 2 | 8 |
|  |  | ЛИТЕРАТУРА | 10 |

**1. Задание на контрольную работу**

В процессе изучения дисциплины «Техника высоких напряжений» обучающиеся должны выполнить одну контрольную работу, включающую две задачи и один теоретический вопрос. Варианты исходных данных задач определяются по последней цифре номера зачётной книжки, номер контрольного вопроса определяется суммой последней и предпоследней цифр номера зачётной книжки.

1.1 Задача 1

Определить число изоляторов в поддерживающей гирлянде промежуточной опоры по удельной эффективной длине пути утечки. ЛЭП проходит на высоте менее 1000м над уровнем моря, остальные необходимые данные и варианты заданий приведены в табл.1. Литература: [3, гл. 1-9; 1, с.172-175, 394-395; 5, с. 95-98, 100-101].

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номинальное напряжение линии, кВ | Тип опоры | Степень загрязнения атмосферы | Тип изолятора | Диаметр тарелки D, мм | Строительная высота H, мм | Длина пути утечки *LИ*, мм |
| 0 | 110 | ж/б | 1 | ПС 70Е | 255 | 127 | 303 |
| 1 | 220 | ж/б | 2 | ПС 120 Б | 255 | 146 | 320 |
| 2 | 330 | ж/б | 3 | ПС 160 Д | 280 | 170 | 370 |
| 3 | 500 | мет | 4 | ПС 210 В | 300 | 195 | 370 |
| 4 | 750 | мет | 4 | ПС 300 В | 320 | 195 | 390 |
| 5 | 110 | ж/б | 4 | ПС 70Е | 255 | 146 | 303 |
| 6 | 220 | ж/б | 3 | ПС 70Е | 255 | 146 | 320 |
| 7 | 330 | ж/б | 2 | ПС 120 Б | 255 | 146 | 370 |
| 8 | 500 | мет | 1 | ПС 160 Д | 280 | 170 | 370 |
| 9 | 750 | мет | 2 | ПС 160 Д | 280 | 170 | 390 |

1.2 Задача 2

Рассчитать необходимую высоту молниеотводов *h* двойного стержневого молниеотвода и построить их зону защиты на высоте *hx* защищаемого объекта размером *a\*b*. Молниеотводы одинаковой высоты устанавливаются на крыше защищаемого объекта. Данные для расчета приведены в табл. 2 [4].

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Ширина  объекта *a*, м | Длина объекта *b*, м | Высота объекта *hx*, м | Надежность защиты *Рз* |
| 0 | 20 | 60 | 10 | 0,9 |
| 1 | 21 | 73 | 12 | 0,99 |
| 2 | 22 | 76 | 14 | 0,9 |
| 3 | 26 | 80 | 15 | 0,99 |
| 4 | 27 | 85 | 11 | 0,9 |
| 5 | 23 | 90 | 13 | 0,99 |
| 6 | 24 | 52 | 16 | 0,9 |
| 7 | 25 | 56 | 10 | 0,99 |
| 8 | 28 | 60 | 12 | 0,99 |
| 9 | 29 | 65 | 14 | 0,9 |

1.3 Вопросы

1. Газовая изоляция и её применение в электроэнергетике.
2. Основные процессы и виды ионизации в газах.
3. Зависимость электрической прочности газов от различных факторов (давления, разряжения, введения посторонних веществ и др.).
4. Частичные разряды. Условия их возникновения, их воздействие на изоляцию.
5. Скользящий разряд. Условия возникновения. Его воздействие на изоляцию.
6. Коронный разряд. Условия его возникновения. Основные особенности. Способы снижения потерь мощности на корону и радиопомехи.
7. Основные электрические воздействия, которым подвергается изоляция высоковольтных конструкций в процессе эксплуатации.
8. Виды внутренних перенапряжений в электрических установках
9. Классификация высоковольтных изоляторов, их конструктивные особенности и используемые материалы.
10. Основные электрические характеристики изоляции силовых трансформаторов.
11. Основные электрические и тепловые характеристики изоляции силовых электрических кабелей различной конструкции.
12. Основные электрические характеристики изоляции силовых конденсаторов.
13. Методы испытаний изоляции электростанций, подстанций и линий электропередачи.
14. . Виды профилактических испытаний изоляции высоковольтных конструкций.
15. Основные факторы, влияющие на снижение электрической прочности высоковольтных конструкций в процессе эксплуатации.
16. Молнии как источник грозовых перенапряжений. Интенсивность грозовой деятельности. Электрические характеристики молний.
17. Молниеотводы. Принципы их действия. Зоны защиты подстанций от прямых ударов молнии.
18. Защита оборудования подстанций от набегающих волн перенапряжений.
19. Вентильные разрядники и ограничители перенапряжения.
20. Молниезащита линий электропередачи.
21. Перенапряжения в длинных линиях электропередачи. Влияние шунтирующих реакторов на величину перенапряжений.
22. Феррорезонансные перенапряжения. Условия их возникновения. Меры их ограничения.
23. Коммутационные перенапряжения при отключениях коротких замыканий. Меры их ограничения.

27. Перенапряжения при отключениях ненагруженных трансформаторов и линий. Меры их ограничения.

28. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью. Меры их ограничения.

**2 Методические указания по решению задач**

2.1 Задача 1

В соответствии с ПУЭ количество подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих гирляндах для ВЛ на металлических и железобетонных опорах должно определяться по формуле



где *L*и(см) - длина пути утечки одного изолятора по стандарту или техническим условиям на изолятор конкретного типа (табл. 1), если расчет *m* не дает целого числа, то выбирают следующее целое число; *L* (см) - длина пути утечки изоляторов и изоляционных конструкций из стекла и фарфора.

Длина пути утечки изоляторов определяется по формуле

*L* = λэ ⋅*U* ⋅ *k*,

где λэ — удельная эффективная длина пути утечки по табл. 3, см/кВ; *U* - наибольшее рабочее междуфазное напряжение, кВ; *k* — коэффициент использования длины пути утечки.

Наибольшее рабочее междуфазное напряжение для ЛЭП 35 - 220кВ равно 1,15Uном, для ЛЭП 330кВ – 1,1Uном, для ЛЭП 500-750кВ – 1,05Uном.

Таблица 3.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Степень  загрязнения | λэ, см/кВ (не менее), при номинальном  напряжении, кВ | |
| до 35 включительно | 110-750 |
| 1 | 1,90 | 1,60 |
| 2 | 2,35 | 2,00 |
| 3 | 3,00 | 2,50 |
| 4 | 3,50 | 3,10 |

Коэффициенты использования *k* изоляционных конструкций, составленных из однотипных изоляторов

*k* = *k*и ⋅ *k*к,

где *k*и - коэффициент использования изолятора; *k*к - коэффициент использования составной конструкции с параллельными или последовательно-параллельными ветвями (Для одноцепных гирлянд *k*к = 1,0.).

Коэффициенты использования *k*и подвесных тарельчатых изоляторов следует определять по табл. 4 в зависимости от отношения длины пути утечки изолятора *L*и к диаметру его тарелки *D*.

Таблица 4.

|  |  |
| --- | --- |
| *L*и/*d* | *k*и |
| От 0,90 до 1,05 включительно | 1,00 |
| От 1,05 до 1,10 включительно | 1,05 |
| От 1,10 до 1,20 включительно | 1,10 |
| От 1,20 до 1,30 включительно | 1,15 |
| От 1,30 до 1,40 включительно | 1,20 |

2.2 Задача 2

Зоны защиты одиночного и двухстержневого молниеотвода представлены на рис.1. В соответствии с СО 153-34.21.122 – 2003 стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой *h* является круговой конус высотой *h*0 < *h*, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рис.1а). Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса *h*0 и радиусом конуса на уровне земли *r*0.

|  |  |
| --- | --- |
| а) | б) |

Рис.1. Зоны защиты одиночного (а) и двухстержневого молниеотвода (б).

Таблица 5.

Расчет зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Надежность защиты *Р*з | Высота молниеотвода *h*, м | Высота конуса *h*0, м | Радиус конуса *r*0, м |
| 0,9 | От 0 до 100 | 0,85*h* | 1,2*h* |
| От 100 до 150 | 0,85*h* | [1,2-10-3(*h*-100)]*h* |
| 0,99 | От 0 до 30 | 0,8*h* | 0,8*h* |
| От 30 до 100 | 0,8*h* | [0,8-1,43⋅10-3(*h*-30)]*h* |
| От 100 до 150 | [0,8-10-3(*h*-100)]*h* | 0,7*h* |

Для зоны защиты требуемой надежности (рис.1а) радиус горизонтального сечения *rx* на высоте *hx* определяется по формуле:



Построение внешних областей зон двойного молниеотвода (полуконусов с габаритами *h*0, *r*0) производится по формулам для одиночных стержневых молниеотводов. Размеры внутренних областей определяются параметрами *h*0 и *h*c, первый из которых задает максимальную высоту зоны непосредственно у молниеотводов, а второй - минимальную высоту зоны посередине между молниеотводами. При расстоянии между молниеотводами *L* ≤ *L*c граница зоны не имеет провеса (*h*c = *h*0). Для расстояний *L*c ≤ *L* ≤ *L*max высота *h*c определяется по выражению



Входящие в него предельные расстояния *L*max и *L*c вычисляются по эмпирическим формулам.

Таблица 6.

Расчет параметров зоны защиты двойного стержневого молниеотвода

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Надежность защиты *Р*з | Высота  молниеотвода *h*, м | *L*max, м | *L*с, м |
| 0,9 | От 0 до 30 | 5,75*h* | 2,5*h* |
| От 30 до 100 | [5,75-3,57⋅10-3(*h*-30)]*h* | 2,5*h* |
| От 100 до 150 | 5,5*h* | 2,5*h* |
| 0,99 | От 0 до 30 | 4,75*h* | 2,25*h* |
| От 30 до 100 | [4,75-3,57⋅10-3(*h*-30)]*h* | [2,25-0,01007 (*h*-30)]*h* |
| От 100 до 150 | 4,5*h* | 1,5*h* |

Размеры горизонтальных сечений зоны вычисляются по следующим формулам, общим для всех уровней надежности защиты:

- максимальная полуширина зоны *rх* в горизонтальном сечении на высоте *hx*:



- ширина горизонтального сечения в центре между молниеотводами 2*r*cx на высоте *hx* ≤ *h*c:



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Александров Г.Н. Ограничение перенапряжений в электрических сетях: учебное пособие/ Г.Н. Александров Издание центра подготовки кадров, 2003. -192 с.
2. Кабышев А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие/ А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во ТПУ-2006, -124 с.
3. Важнов В.Ф. Высоковольтная техника в электроэнергетике: учебное пособие /В.Ф. Важнов, В.А. Лавринович; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. -176 с.
4. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7-1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1-6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10. – 7-е изд.-М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 552 с.
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций. – М.: Издательство МЭИ, 2004. - 57 с. (СО 153-34.21.122 – 2003)
6. Техника высоких напряжений / Под общ. ред. Д.В. Разевига. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1976. -488 с.