МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Техническое и профессиональное образование

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ»

(по заочной форме обучения)

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ:

0904000 «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

Алматы,2017г

Программа разработана преподавателем Алматинско­го колледжа железнодорожного транспорта Нуржанова Г.Е.

Обсуждено и одобрено Учебно-методическим объе­динением по специальностям железнодорожного транспор­та.

Ответственный за выпуск Нуржанова Г.Е.

Уважаемые коллеги! Все Ваши замечания и предло­жения по улучшению качества типовой учебной програм­мы, просим высылать по адресу: г.Алматы, ул.Достык, 108, Алматинский колледж железнодорожного транспорта. Учебно-методическое объе­динение по железнодорожным специальностям.

Программа без оригинальной печати Алматинского колледжа железнодорожного транспорта не действительна

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа предмета предусматривает изучение уча­щимися природы перенапряжений, способов защиты от них, изоляции ЛЭП, электрических машин и трансформато­ров, а также способов испытания изоляции.

В процессе изучения предмета учащиеся должны оз­накомиться с новейшими достижениями в области техники высоких напряжений РК и за рубежом.

При этом очень важно понять роль высоковольтной части системы электроснабжения железных дорог, необхо­димость повышения надежности ее работы.

В результате изучения предмета учащиеся должны

знать:

Природу возникновения перенапряжений, их класси­фикацию, способы защиты от перенапряжений;

Конструкцию изоляторов и изоляцию ЛЭП, электри­ческих машин, трансформаторов;

Способы испытания изоляции.

Для получения учащимися практических навыков программой предусмотрены лабораторные работы, которые выполняются под руководство преподавателя в срок, уста­новленные учебным графиком.

В брошюре приводится полный перечень лаборатор­ных работ. Конкретное их количество определяет ЦМК в соответствии с часами, указанными в учебном плане.

**Лабораторная работа № 1**

Исследование вилита.

Знания: знать конструкцию вилита.

Навыки: построить графики.

Умения: уметь построить графики.

**Лабораторная работа № 2**

Испытание изоляторов и исследование распределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов.

Знания: знать виды изоляторов.

Навыки: измерения напряжения вдоль гирлянды изо­ляторов.

Умения: рассчитать распределение о вдоль гирлянды.

**Лабораторная работа № 3**

Испытание твердых диэлектриков. Построение вольт- секундных электродов на переменном и постоянном токе.

Знания: знать виды диэлектриков.

Умения: уметь построить графики.

**Лабораторная работа № 4**

Испытание газовых промежутков с различными фор­мами электродов на переменном и постоянном токе.

Знания: знать виды газовых промежутков.

**Лабораторная работа № 5**

Измерение сопротивления изоляции и испытание ка­беля.

После изучения программного материала учащиеся выполняют домашнюю контрольную работу и сдают экза­мен. Вопросы для самопроверки при подготовке к экзамену помещены в конце данной брошюры.

ПРОГРАММА

ВВЕДЕНИЕ

Развитие науки и техники до 2030 года. Перспективы развития техники высоких напряжений. Обоснование необ­ходимости роста напряжений в современных условиях и в будущем. Содержание и задачи предмета.

1. ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Классификация перенапряжений. Распространение электромагнитных волн вдоль линий, скорость распростра­нения волн, закон Ома, волновое сопротивление.

Преломление и отражение волн, коэффициенты пре­ломления и отражения.

Эквивалентные схемы для волновых процессов.

Прохождение волн через индуктивность и мимо емкости.

Природа атмосферных перенапряжений, схема разви­

тия разряда молнии.

Параметры разрядов молнии: полярность, интенсив­ность грозовой деятельности, амплитуда тока молнии, фор­ма кривой тока молнии. Индуктированные перенапряжения.

Коммутационные перенапряжения при включении и отключении линий электропередач, трансформаторов. Резо­нансные перенапряжения. Перенапряжения при замыкании фазы на землю, вызванные перемежающимися замыка­ниями на землю. Величина тока замыкания на землю.

Перенапряжения на тяговых подстанциях и в кон­тактной сети электрифицированных железных дорог.

1. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Способы защиты от перенапряжений, мероприятия предупреждающего и ликвидирующего характера. Вольтсе- кундные характеристики изоляции. Стандартные испыта­тельные волны. Уровень и координация изоляции.

Защитные тросы, конструкция, работа, зона защиты, схема анкерного участка защитного троса.

Стержневые молниеотводы, конструкция, работа, зона защиты одного, двух, нескольких молниеотводов.

Назначение и принцип действия разрядников. Конст­рукция, работа, типы, область применения защитных искро­вых промежутков, трубчатых и щелевых разрядов. Ограни­чители напряжения.

Вентильные разрядники. Материалы сопротивлений, вольтамперные характеристики, коэффициент нелинейно­сти, пропускная способность. Типы вентильных разрядни­ков.

Защита от перенапряжений тяговых подстанций, кон­тактной сети постоянного и переменного тока, ВЛ и транс­форматорных подстанций.

Требования правил устройств электроустановок и ру­ководящих указаний по защите от перенапряжений.

1. ИЗОЛЯЦИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Классификация изоляторов и требования к ним. Типы и характеристики изоляторов, применяемых на контактной сети, тянговых подстанциях, устройствах СЦБ. Линейные изоляторы, изоляторы для условий сильного загрязнения.

Гирлянды изоляторов, распределение напряжения вдол^гирлянды, защита от коронирования.

Испытания и дефектировка изоляторов.

1. ИЗОЛЯЦИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ

Требования к электроизоляционным материалам.

Классификация изоляционных материалов по нагре- востойкости. Теплопроводность изоляционных материалов, уравнение Фурье, удельные тепловые сопротивления изоля­ционных материалов.

Конструкция изоляции электрических машин. Кор­пусная и витковая изоляция. Набегание волн на обмотки электрических машин.

Конструкция изоляции трансформаторов. Внешняя, внутренняя, главная и продольная изоляция. Набегание волн и распределение напряжения вдоль обмотки транс­форматора с заземленной нейтралью, с изолированной ней­тралью. Нерезонирующие трансформаторы. Распределение напряжения в трехфазных трансформаторах.

1. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ИЗОЛЯЦИИ УСТАНОВОК ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Необходимость профилактических испытаний изоля­ции.

Испытательные высоковольтные установки пере­менного тока, испытательные трансформаторы, каскады трансформаторов. Высоковольтные выпрямительные уста­новки. Генераторы импульсов тока и напряжения.

Измерение высоких напряжений, шаровые разрядни­ки, генерирующие вольтметры, электронные осциллографы, делители напряжения. Изменение угла диэлектрических по­терь, измерение емкости изоляции.

Профилактические испытания изоляции устройств электроснабжения.

Правила техники безопасности при высоковольтных испытаниях.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа составлена в 50 вариантах. Вари­ант контрольной работы определяется двумя последними цифрами шифра учащегося по таблице 1.

Таблица № 1 - Варианты контрольной работы №1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вариант | Две по­следние цифры шифра | № вопросов | №  вариант | Две по­следние цифры шифра | № вопросов |
| 1 | 01 или 51 | 11,21,31,41 | 26 | 26 или 76 | 6, 12,21, 31, 41 |
| 2 | 02 или 52 | 2, 12,22,32,42 | 27 | 27 или 77 | 7, 13,22.32, 43 |
| 3 | 03 или 53 | 3, 13,23,33,43 | 28 | 28 или 78 | 8, 15,24, 33,42 |
| 4 | 04 или 54 | 4, 14,24,34,44 | 29 | 29 или 79 | 9, 14,23.34, 41 |
| 5 | 05 или 55 | 5, 15,25,35,45 | 30 | 30 или 80 | 10, 16,25. 35.44 |
| 6 | 06 или 56 | 6, 16,26,36,46 | 31 | 31 или 81 | 1, 17,26,36.45 |
| 7 | 07 или 57 | 7,17,27,37,47 | 32 | 32 или 82 | 2, 18,27,36.42 |
| 8 | 08 или 58 | 8, 18,28,38,48 | 33 | 33 или 83 | 3, 19,28,37.46 |
| 9 | 09 или 59 | 9, 19,29,39,49 | 34 | 34 или 84 | 4,20,29,38,47 |
| 10 | 10 или 60 | 10,20, 30,40, 50 | 35 | 35 или 85 | 5, 11,30,39.48 |
| 11 | 11 или 61 | 1, 11,22,33,44 | 36 | 36 или 86 | 6, 12,22,40.49 |
| 12 | 12 или 62 | 2,12, 23, 34,45 | 37 | 37 или 87 | 7, 13,23,33.50 |
| 13 | 13 или 63 | 3, 13,24, 35, 46 | 38 | 38 или 88 | 8, 14,24,35.45 |
| 14 | 14 или 64 | 4, 14, 25, 36,47 | 39 | 39 или 89 | 9, 15,26,36,47 |
| 15 | 15 или 65 | 5, 15, 26, 37,48 | 40 | 40 или 90 | 10, 16,25,34,48 |
| 16 | 16 или 66 | 6, 16, 27, 38,49 | 41 | 41 или 91 | 1, 17,28,38,46 |
| 17 | 17 или 67 | 7, 17, 28, 39, 50 | 42 | 42 или 92 | 2, 18,29,39,42 |
| 18 | 18 или 68 | 8, 18, 29,40, 44 | 43 | 43 или 93 | 3, 19,30,40,50 |
| 19 | 19 или 69 | 9, 19, 30, 33,45 | 44 | 44 или 94 | 4,20,30,39,41 |
| 20 | 20 или 70 | 10,20,22,34,46 | 45 | 45 или 95 | 5, 16,28,40,45 |
| 21 | 21 или 71 | 1, 11, 23,35, 47 | 46 | 46 или 96 | 6, 17,29,40,44 |
| 22 | 22 или 72 | 2, 12, 24, 36, 48 | 47 | 47 или 97 | 7, 18,30,33,46 |
| 23 | 23 или 73 | 3, 13, 25, 37, 49 | 48 | 48 или 98 | 8, 19,22,35,47 |
| 24 | 24 или 74 | 4, 14, 26, 38, 50 | 49 | 49 или 99 | 9,20,23,36,49 |
| 25 | 25 или 75 | 5, 15, 27,39, 44 | 50 | 50 или 00 | 10, 11,24,37,50 |

Задачи 1-10

Недалеко от воздушной ЛЭП с UH0M произошел грозо­вой разряд при токе молнии Ім . Возникшая волна перена­пряжения перешла на кабель с волновым сопротивлением Zкаб- Средняя высота подвеса проводов воздушной ЛЭП hcp, диаметр проводов d.

1. Определить амплитуды волн напряжения и тока, перешедших на кабель. Во сколько раз кабельная вставка снижает амплитуду волн перенапряжений, набегающих с линий.
2. Определить переломленное напряжение, дейст­вующее на изоляцию кабельной воронки, если в точке пере­хода воздушной ЛЭП на кабель включен разрядник. Сопро­тивление заземления разрядника R.
3. Сравнить величины преломленного напряжения в обоих случаях и сделать вывод, во сколько раз остаточное напряжение, созданное разрядником, меньше преломленно­го

Данные для своего варианта взять из таблицы 2.

Таблица 2 - Данные для выполнения контрольной работы№1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величины | Задачи | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| U „о„(кВ) | 10 | 6 | 10 | 6 | 10 | 6 | 10 | 6 | 10 | 6 |
| 1м (кА) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| ZM6 (Ом) | 30 | 25 | 32 | 22 | 25 | 20 | 24 | 27 | 30 | 28 |
| hep (м) | 8 | 7 | 6 | 8 | 6 | 7 | 8 | 7 | 6 | 8 |
| d (мм) | 10 | 8 | 15 | 14 | 19 | 17 | 14 | 10 | 15 | 8 |
| R (Ом) | 15 | 17 | 8 | 15 | 16 | 15 | 16 | 17 | 18 | 16 |

1. Обоснование необходимости роста напряжений в современных условиях и в будущем. Технико­экономические проблемы, связанные с освоением высоких напряжений.
2. Классификация перенапряжений в электроуста­новках. Распространение электромагнитных волн в линиях. Фронт волны. От чего зависит скорость перемещения фрон­та волны?
3. Процесс отражения и преломления волн. Формулы связи между напряжениями и токами всех составляющих волн. Коэффициенты преломления щ отражения.
4. Природа атмосферных перенапряжений, их класси­фикация. Форма и параметры волн атмосферных перенапря­жений.
5. Процесс развития грозовых разрядов. Кривая тока молнии и ее параметры. Почему крутой фронт волны опасен для межвитковой изоляции?
6. Прямое действие грозового разряда. Как определить амплитуды волн перенапряжений, возникающих при прямом ударе молнии в контактную сеть и воздушную ЛЭП?
7. Индуктированное действие грозового разряда. Фор­ма волн индуктированных перенапряжений. От чего зависит амплитуда волн индуктированных перенапряжений?
8. Причины возникновения, формы и параметры волн коммутационных перенапряжений. Привести примеры.
9. Перенапряжения, возникающие при дуговых замы­каниях линии на землю. Меры борьбы с премежающейся ду­гой.
10. Как заменяются волны напряжения и тока при про­хождении их через индуктивность и мимо емкости?
11. В чем заключается принцип координации изоляции по импульсной прочности? Пояснить при помощи вольт- секундных характеристик изоляции защитного аппарата и за­щищаемого объекта. Описать ход построения вольт- секундной характеристики.
12. Какие способы защиты электроустановок от перена­пряжений относятся к мероприятиям предупреждающего и ликвидирующего характера? Перечислить. Описать мероприя­тия по усилению изоляции и применению кабельных вставок и емкостей.

**23**.Методы защиты изоляции электроустановок и ЛЭП от атмосферных перенапряжений. Назначение, устройство и зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов.

1. Назначение, принцип действия и типы разрядни­ков.
2. Дать технико-экономическое сравнение искровых и трубчатых разрядников, их условное графическое обозна­чение на схемах. Описать конструктивные особенности и работу искровых разрядников.
3. Дать технико-экономическое сравнение искровых и вентильных разрядников, их условное графическое обо­значение на схемах. Описать конструктивные особенности и работу вентильных разрядников.
4. Дать технико-экономическое сравнение труб­чатых и вентильных разрядников, их условное графическое обозначение на схемах. Описать конструктивные особенно­сти и работу трубчатых разрядников.
5. Приведите и опишите схемы защиты от перена­пряжений подстанций переменного тока напряжением 35 - 110 кВ; 3 - 10 кВ.
6. Приведите и опишите схемы защиты от перена­пряжений тяговых подстанций.
7. Защита от перенаряжений контактной сети элек­трифицированных железных дорог постоянного и перемен­ного тока.
8. Назначение, устройство и классификация изолято­ров высокого напряжения. Основные характеристики изоля­торов.
9. Факторы, влияющие на конструктивные особенно­сти изоляторов. Меры повышения надежности изоляции в условиях интенсивных загрязнений.
10. Распределение напряжения вдоль гирлянды изоля­торов. Назначение и устройство защитной арматуры.
11. Опишите способы обнаружения поврежденных изоляторов
12. Испытания и дефектировка изоляторов.
13. Требования к изоляции электрических аппаратов высокого напряжения. Как классифицируются электроизо­ляционные материалы по нагревостойкости и теплопровод­ности?
14. Конструкция изоляции трансформаторов. Главная и продольная изоляции.
15. Как распределяется напряжение вдоль обмотки трансформатора при падении прямоугольной волны? При­вести поясняющие чертежи.
16. Пояснить, каким образом осуществляется сниже­ние разности потенциалов в неренозирующем трансформа­торе.
17. Конструкция изоляции электрических машин. Рас­пределение напряжения вдоль обмотки машины при набе­гании волны перенапряжений.
18. Каким образом получают высокие переменные на­пряжения для испытания изоляции? Привести схемы уста­новок и дать описание.
19. Каким образом получают высокие постоянные на­пряжения для испытания изоляции? Привести схемы уста­новок и дать описание.
20. Назначение, устройство и работа генератора им­пульсных токов.
21. Назначение, устройство и работа генератора им­пульсных напряжений.
22. Способы измерения высоких выпрямленных на­пряжений.
23. Способы измерения высоких переменных напря­жений.
24. Способы измерения импульсных напряжений.
25. Измерение угла потерь твердых и жидких диэлек­триков; измерение емкости изоляции.
26. Профилактические испытания изоляции устройств электроснабжения.
27. Правила техники безопасности при проведении испытаний изоляции.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ  
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Приступая к выполнению контрольной работы, следу­ет учесть, что первая цифра задания относится к задаче, вторая цифра означает вопросы, включающие содержание «Введения» и темы 1 программы; третья цифра - темы 2; четвертая цифра - темы 3 и 4; пятая^темы 5.

Задачи, в основном, составлены на материале темы Ш Поэтому, рекомендуется по мере освоения программного материала выполнять задание контрольной работы. При этом необходимо пользоваться Международной системой единиц (СИ), соблюдать требования ГОСТа на условные графические обозначения; ответы на вопросы пояснять не­обходимыми рисунками, схемами, выполненными с помо­щью чертежных принадлежностей.

В связи с отсутствием единого учебника по предмету, ниже даны краткие методические указания по каждой теме программы и рекомендуется литература, которой учащиеся могут воспользоваться при подготовке к контрольной рабо­те и экзамену.

С ростом производства электроэнергии растут потоки мощностей в электрических сетях, соответственно растут и напряжения сетей и ЛЭП

Как известно из курса электротехники, передача элек­троэнергии на большие расстояния осуществляется при по­мощи ЛЭП высоких и сверхвысоких напряжений.

Еще сравнительно недавно считалось, что предельная дальность электропередачи не превышает 400 км и предель­ное напряжение не может быть выше 330 кВ. Сейчас со­оружаются ЛЭП 1150 кВ, 500 кВ переменного тока и 1500 кВ постоянного тока, а расстояние передачи далеко превы­шает 1000 км. Однако, освоение все более высоких напря­жений при передаче электроэнергии приводит к возникно­вению сложных технико-экономических проблем. Этот во­прос довольно подробно освещен в книге Веникова В.А. «Дальние электропередачи переменного и постоянного то­ка», с. 5 -17.

В теме 1 учащиеся испытывают определенные труд­ности при изучении вопросов распространения электромаг­нитных волн, отражения и преломления волн. Этот матери­ал в более доступной форме изложен в пособии Хоменко А.И., с. 4 - 14, пособии Михалкова А.В., с. 116Ц& 127.

Внезапное изменение напряжения в одной точке не мгновенно, а в вид электромагнитной волны, распростра­няющейся в диэлектрике (воздухе) вдоль проводов линии со скоростью К=1/ϻ0ℇ0=С = 300 м/мКС.

Волны возникают при включении и отключении ис­точника энергии, КЗ в линии, ударе молнии в линию или вблизи нее и т.д. Для удобства рассмотрения волновых про­цессов единую электромагнитную волну представляют в виде 2-х составляющих волны напряжения, несущей в себе запас электрической энергии (W3 = CU2 / 2); волны тока не­сущей запас магнитной энергии (WM ~ Li2 / 2). В точке пере­хода с одного волнового сопротивления на другое электро магнитная волна

испытывает деформацию, что приводит к перераспределению между величинами электрической и магнитной энергии, следовательно, изменяется соотноше­ние между напряжением и током волны. Этот процесс ус­ловно получил название падения (набегания) волны, отра­женной и преломленной. Ток и напряжение волны связаны с законом Ома. При рассмотрении волновых процессов, осо­бенно при решении задач, пользуются правилами эквива­лентной схемы замещения (Хоменко А.И., с 11).

При изучении темы 1 необходимо также четко пред­ставлять себе классификацию перенапряжений и природу их возникновения. Все перенапряжения делятся на 2 основ­ные группы: внешние (атмосферные), вызванные прямым ударом молнии в объект или вблизи объекта, и внутренние, вызванные изменением схемы сети или параметров уста­новки.

Соответственно внешние подразделяются на перена­пряжения прямого удара молнии и индуктивные; внутрен­ние подразделяются на 3 вида:

Коммутационные, вызванные волновыми процессами;

Резонансные перенапряжения

Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю.

Перенапряжения каждого вида характеризуются ам­плитудой, длительностью воздействия, формой кривой.

При изучении формы и параметров напряжений реко­мендуется использовать пособие Хоменко А.И., с. 14-31, книгу Радченко В.Д., с. 126 - 139, книгу Иерусалимова М.Е., с. 52 - 54. При рассмотрении параметров волны необ­ходимо обратить внимание на такой показатель, как крутиз­на фронта волны (а = di / dt кА/мкс), и постараться отве­тить на вопрос, почему крутой фронт волны опасен для межвитковой изоляции (трансформатора, эл. машины).

В дальнейшем это поможет ответить на другой во­прос, почему подстанционная изоляция защищается вен­тильными разрядниками.

Знакомство с материалом темы 2 начинается с опре­деления принципа координации изоляции по импульсной прочности и его практического осуществления. Координа­ция - это согласование уровней изоляции электроустановок с ожидаемыми перенапряжениями и характеристиками раз­рядников. Основной целью координации является обеспе­чение защиты изоляции от перенапряжений, превышающих принятые для нее уровни. Вольт-секундная характеристика изоляции - это зависимость пробивного напряжения от времени. Она показывает, какое необходимо время, чтобы сформировался пробой изоляции. Построение вольт- секундной характеристики хорошо описано в учебнике Ба­бикова М.А., с. 118-121.

Все мероприятия по защите внешних перенап­ряжений делятся на мероприятия предупреждающего и лик­видирующего характера. К первым относятся меры, не до­пускающие попадания прямых ударов молний в объект (на­пример, применение молниеотводов).

Ко вторым относятся те мероприятия, которые защи­щают изоляцию от набегающих волн (например, разрядни­ки).

При изучении разрядников необходимо для каждого типа РИ, РТ, РВ суметь конкретно выделить достоинства и недостатки, что поможет ответить на вопросы технико­экономического их сравнения и применения. При этом сле­дует пользоваться следующим в настоящее время ГОСТом на условные графические обозначения. Это требование от­носится и к ответам на вопросы защиты электроустановок (подстанций и контактной сети) от перенапряжений. Для изучения вопросов

защиты подстанций и контактной сети рекомендуется литература: Радченко, с. 317-327; Горошков, с. 284-286; Хоменко, с. 56-61; Прохорский, с. 392-393, 412- 413.

Следует иметь в виду, что такие учебники, как Радченко и Хоменко, изданы давно и ряд сведений в них устарел. В ча­стности указан разрядник РВ-25, который применялся в ОРУ- 27,5 кВ. В настоящее время используется разрядник РВМ-35 (разрядник вентильный с магнитным дутьем).

Основные положения по грозозащите электроустановок из­ложены в ПУЭ, с. 402-419. Понятие о грозоупорности ЛЭП дано в учебнике Бабикова, с.558.

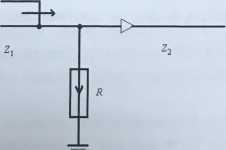
При изучении темы 3 необходимо обратить особое внимание на правильность и универсальность определе-ния изолятора. Изолятором в электроустановках называ-ется электротехническое устройство, которое служит для изоля­ции частей электроустановки, находящихся под разными потенциалами, и их механической связи.

Для изучения изоляторов, применяемых в устройствах электроснабжения, рекомендуется учебник Радченко, с. 40- 45, 55-69.

При изучении темы 4 следует обратить внимание, в каких тяжелых условиях работает изоляция трансформато­ров и электрических машин, а также на необходимость не только правильного выбора изоляционного материала, но и правильной его конструкции. При этом хороший эффект да­ет сочетание твердых и жидких диэлектриков. Особенно широкое распространение получило трансформаторное масло, которое выполняет несколько функций в высоко­вольтных аппаратах и устройствах. Материал по данному вопросу можно найти в учебниках Радченко, с. 28-39, Ба­бикова, с. 165-170, Ларионова. С. 65-80 и др.

Тема 5 состоит из трех разделов:

* получение высоких напряжений;
* измерение высоких напряжений;
* испытания изоляции устройств электроснабжения.

В каждом из этих разделов большая роль отводится изуче­нию вопроса обеспечения безопасности работ, особенно при производстве различных испытаний. Поэтому рекомендует­ся проработать материал ПТЭ, с. 81-85, ПТБ, с. 254-259.

Виды профилактических испытаний изоляции тяго­вых устройств, ТБ при испытаниях достаточно хорошо ос­вещены в учебнике Радченко, с. 70-89.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Учащимся рекомендуется пособие. Михалкова, с. 116- 120, 128-130, а также учебник Бабикова, с. 478-488, пособие Хоменко, с. 9-12.

Задача решается в следующем порядке:

1. Для случая, когда воздушная ЛЭП переходит в кабель (разрядник отсутствует).
   1. Определяется волновое сопротивление воздуш­ной ЛЭП по формуле

ZЛЕП=1381ig\*2hch/r (1)

где hcp - средняя высота подвеса проводов над землей, см; г - радиус провода, см.

* 1. Определяется амплитуда индуктированного пе­ренапряжения, возникшего в воздушной ЛЭП

Uи нд=5,31м

Эта формула приведена на с.ЗО пособия Хоменко.

* 1. Амплитуда индуктивного перенапряжения соот­ветствует амплитуде падающей волны, которая набегает с воздушной ЛЭП на кабель.

Uинд=Uпод

* 1. Амплитуда переломленной волны напряжения, т.е. перешедшей на кабель, определяется по формуле:

Uпрел1=Uподα1

* 1. Амплитуда преломленной волны тока определя­ется по закону Ома для волны.
  2. Определяется, во сколько раз кабельная вставка снижает амплитуду перенапряжения, набегающего с линии.

1. Для случая, когда разрядник защищает ка­бельную воронку.

2.1. Изобразить схему набегания волны перенапря­жения на узловую точку, к которой присоединены кабель ZKaб и разрядник R, согласно рис. 1.

2.2. Составить схему замещения, в которой волно­вые сопротивления Zme и 1лэп заменяются равными им ак­тивными сопротивлениями, а сопротивление заземления R разрядника остается без изменений .

Uпрел1=Uподα2

где α=2 Zэкв/ZЛЭП Zэкв коэффициент преломления,

2.3 Амплитуда преломленной волны напряжения определяется по формуле:

2.4. Сделать вывод по соотношению

Uпрел1/Uпрел2

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

1. Содержание предмета ТВН, его значение в свете решений партии и правительства.
2. Краткая история развития ТВН и ее перспекти­вы.
3. Классификация перенапряжений в электроуста­новках.
4. Распространение электромагнитных волн в длинных линиях с распределенными параметрами. Фронт волны, его скорость.
5. Закон Ома для волны. Волновое сопротивление для воздушных и кабельных ЛЭП.
6. Отражение и преломление волн при переходе с одной линии на другую. Энергетический процесс.
7. Коэффициенты отражения и преломления волн. Обрыв и к.з. в линии.
8. Правила эквивалентной схемы замещения при волновых процессах.
9. Природа атмосферных перенапряжений.
10. Молния и ее параметры.
11. Индуктированные перенапряжения и их опас­ность для электроустановок.
12. Прямое действие грозового разряда. Понятие об уровне изоляции ЛЭП.
13. Внутренние перенапряжения, причины их воз­никновения, меры по их ограничению.
14. Прохождение волны через индуктивность и ми­мо емкости.
15. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю и меры борьбы с ней.
16. Перенапряжения в тяговых устройствах.
17. Понятие о координации изоляции. Вольт- секундная характеристика изоляции, ее построение и значе­ние.
18. Мероприятия для защиты от атмосферных пере­напряжений. Усиление изоляции, применение кабельных вставок и емкостей.
19. Заземление нейтралей. Применение дугогаси­тельных аппаратов и ограничителей напряжения.
20. Применение тросов и молниеотводов, их защит­ное действие; зоны защиты.
21. Назначение и типы разрядников, принцип дей­ствия.
22. Искровые разрядники, их устройство, работа и применение.

**23** Трубчатые разрядники, их устройство, работа и применение.

1. Вентильные разрядники, их устройство, работа и применение.
2. Защита подстанций от перенапряжения. Схемы защиты.
3. Защита к.с. от перенапряжения. Схемы защиты.
4. Руководящие указания по грозозащите ЛЭП; понятие о грозоупорности электроустановок.
5. Высоковольтные изоляторы, их классификация назначение; устройство и основные характеристики; испы­тания изоляторов.
6. Распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов.
7. Способы обнаружения поврежденных изолято­ров. Дефектировка изоляторов на к.с.
8. Общие требования к изоляции электрических аппаратов и устройств, классификация изоляционных мате­риалов.
9. Изоляция трансформатора, ее особенности; уровни изоляции.
10. Набегание волны перенапряжений на обмотку трансформатора; распределение напряжения вдоль обмотки.
11. Нерезонирующий трансформатор.
12. Изоляция электрических машин, ее особенно­сти. Защита изоляции от перенапряжений.
13. Необходимость высоковольтных испытаний изоляции. Техника безопасности при их проведении.
14. Установки для испытания изоляции высоким напряжением постоянного тока.
15. Установки для испытания изоляции высоким напряжением переменного тока.
16. Генераторы импульсов тока и напряжения.
17. Измерение высоких напряжений измерительны­ми приборами и устройствами.
18. Измерение угла диэлектрических потерь, изме­рение емкости изоляции.
19. Профилактические испытания изоляции уст­ройств электроснабжения. Требования техники безопасно­сти при испытаниях.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Бабиков М.А. и др. Техника высоких напряжений. М, 1963.
2. Радченко В.Д. Техника высоких напряжений уст­ройств электрической тяги. М., 1975.
3. Хоменко А.И. Техника высоких напряжений. Пособие для учащихся специальности «Энергоснаб-жение и энергетическое хозяйство железнодорожного транспорта», ВЗТМПС, 1966.

Дополнительная

1. Ларионов В.П., Базяткин В.В., Сергеев Ю.Г. Техни­ка высоких напряжений. М., 1982.
2. Правила устройств электроустановок. М., 1986.
3. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. М., 1983
4. Горошков Ю.И., Бондарев Н.А. Контактная сеть. М, 1981.
5. Руководящие указания по защите электростанций и подстанций 3-500 кВ от прямых ударов молнии и грозовых волн, набегающих с линии электропередачи. СЦНТИ ОРГРЭС, 1975.
6. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электро­передачи переменного и постоянного тока. М., 1985.
7. Технический прогресс развития энергетики СССР. Под редакцией Непорожнего. М., 1986.
8. Правила технической эксплуатации электроустано­вок потребителей и правила техники безопасности при экс­плуатации электроустановок потребителей. М., 1986.
9. Иерусалимов М.Е., Орлов Н.Н. Техника высоких напряжений. Издательство Киевского университета, 1967. Михалков А.В. Техника высоких напряжений в примерах и задачах, М., 1965