###### Министерство образования и науки Калужской области

###### Государственное автономное

###### профессиональное образовательное учреждение Калужской области

###### «Людиновский индустриальный техникум»

**Методические рекомендации**

**по выполнению практических работ**

**по МДК 03.01 Испытания кабелей и проводов**

**по специальности**

**13.02.08 Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника**

2019 г.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой профессионального модуля **ПМ. 03 Участие в испытаниях кабельной и конденсаторной техники**, утвержденной зам. директора по УПР.

Утверждено:

**Заведующая по учебной работе:**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Е. Селиверстова

« \_30\_\_» \_августа\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

###### Рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии

###### профессиональных дисциплин технического профиля

###### Протокол № \_1\_ от «30\_» \_\_августа\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

###### Председатель ЦК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.И. Хрычикова

###### Составил: преподаватель спец. дисциплин \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.Г. Петухова

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Темы работ | Кол-во часов | Страница |
| 1 | Практическое занятие № 1.  Испытания металлов и сплавов. | 6 | 5 |
| 2 | Практическое занятие № 2.  Измерение геометрических параметров кабельных изделий. | 6 | 12 |
| 3 | Практическое занятие № 3.  Определение достоверности испытаний при различных способах измерений. | 6 | 15 |
| 4 | Практическое занятие № 4.  Выбор с обоснованием испытательного оборудования для конкретных видов испытаний кабельных изделий. | 6 | 18 |
| 5 | Практическое занятие № 5.  Измерение конструктивных параметров кабельных изделий. | 6 | 20 |
| 6 | Практическое занятие № 6.  Измерение электрического сопротивления токопроводящих жил. | 6 | 25 |
| 7 | Практическое занятие № 7.  Измерение электрического сопротивления изоляции кабельных изделий. | 6 | 28 |
| 8 | Практическое занятие № 8.  Измерение электрической ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь. | 6 | 31 |
| 9 | Практическое занятие № 9.  Измерение параметров, характеризующих взаимные и внешние влияния в кабелях связи и радиочастотных кабелях. | 6 | 33 |
| 10 | Практическое занятие № 10.  Испытания кабелей и проводов на стойкость к воздействиям механических факторов. | 6 | 38 |
| 11 | Практическое занятие № 11.  Испытания кабелей и проводов на стойкость к воздействиям климатических факторов. | 6 | 41 |
| 12 | Практическое занятие № 12.  Испытания кабелей и проводов к специального вида воздействиям. | 6 | 44 |
| 13 | Практическое занятие № 13.  Испытания кабелей и проводов на надежность. | 6 | 48 |
| 14 | Практическое занятие № 14.  Испытания кабелей и проводов повышенным напряжением. | 6 | 51 |
| 15 | Практическое занятие № 15.  Измерение коэффициента затухания в волоконно-оптических кабелях. | 6 | 54 |
| 16 | Практическое занятие № 16.  Ремонт электрической изоляции кабелей и проводов. | 2 | 57 |
| 17 | Практическое занятие № 17.  Непрерывные неразрушающие виды испытаний. | 2 | 62 |
| 18 | Практическое занятие № 18.  Статистические методы контроля. | 2 | 65 |
| 19 | Практическое занятие № 19.  Оформление сопроводительных паспортов на кабельные изделия. | 2 | 68 |
| 20 | Практическое занятие № 20.  Оформление протоколов испытаний. | 2 | 71 |
|  | ***Итого*** | ***100 ч*** |  |

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1**

**Тема: Испытания металлов и сплавов.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами испытаний металлов и сплавов, применяемых при изготовлении проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

[Механические свойства металлов](https://studopedia.ru/6_52712_mehanicheskie-svoystva-metallov.html) (прочность, упругость, пластичность, вязкость), как и другие свойства, являются исходными данными при проектировании.

Методы определения механических свойств металлов делятся на следующие группы:

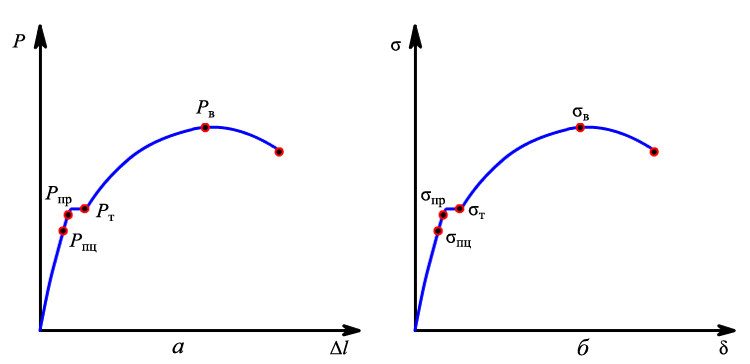
- статические, когда нагрузка возрастает медленно и плавно (испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, твердость);

- динамические, когда нагрузка возрастает с большой скоростью (испытания на ударный изгиб);

- циклические, когда нагрузка многократно изменяется (испытание на усталость);

- технологические – для оценки поведения металла при обработке давлением (испытания на изгиб, перегиб, выдавливание).

[Испытания на растяжение](https://studopedia.ru/19_12443_ispitanie-na-rastyazhenie.html) (ГОСТ 1497-84) проводятся на стандартных образцах круглого или прямоугольного сечения. При растяжении под действием плавно возрастающей нагрузки образец деформируется до момента разрыва. Во время испытания образца снимают диаграмму растяжения, фиксирующую зависимость между действующей на образец силой Р, и вызванной ею деформацией Δl (Δl — абсолютное удлинение).



Вязкость (внутреннее трение) – способность металла поглощать энергию внешних сил при пластической деформации и разрушении (определяется величиной касательной силы, приложенной к единице площади слоя металла, подлежащего сдвигу).

Пластичность – способность твердых тел необратимо деформироваться под действием внешних сил.

При испытании на растяжение определяют:

- σв – границу прочности, МН/м2 (кг/мм2):

image027

где Рb – наибольшая нагрузка;

F0 – начальная площадь сечения образца.

- σпц – границу пропорциональности, МН/м2 (кг/мм2):

image028

где Pпц – нагрузка, соответствующая границе пропорциональности;

- σпр – границу упругости, МН/м2 (кг/мм2):

image029

где Рпр – нагрузка, соответствующая границе упругости (при σпр остаточная деформация соответствует 0,05-0,005 % начальной длины);

- σт – границу текучести, МН/м2 (кг/мм2):

image030

где Рт— нагрузка, соответствующая границе текучести, Н;

- δ — относительное удлинение, %:

image031

где l0 — длина образца до разрыва, м;

l1 – длина образца после разрыва, м;

- ψ – относительное сужение, %:

image032

где F0 – площадь сечения до разрыва, м2;

F – площадь сечения после разрыва, м2.

Твёрдость – это сопротивление материала проникновению в него другого, более твёрдого тела. Из всех видов механического испытания определение твёрдости является самым распространённым.

[Испытания по Бринеллю](https://studopedia.ru/5_161735_tverdost-po-brinellyu.html) (ГОСТ 9012-83) проводятся путем вдавливания в металл стального шарика. В результате на поверхности металла образуется сферический отпечаток.

Твердость по Бринеллю определяется по формуле:

, где

P – нагрузка на металл, Н;

D – диаметр шарика, м;

d – диаметр отпечатка, м.

Чем твёрже металл, тем меньше площадь отпечатка.

Диаметр шарика и нагрузку устанавливают в зависимости от исследуемого металла, его твёрдости и толщины. При испытании стали и чугуна выбирают D = 10 мм и P = 30 кН (3000 кгс), при испытании меди и ее сплавов D = 10 мм и P = 10 кН (1000 кгс), а при испытании очень мягких металлов (алюминия, баббитов и др.) D = 10 мм и P = 2,5 кН (250 кгс). При испытании образцов толщиной менее 6 мм выбирают шарики с меньшим диаметром – 5 и 2,5 мм. На практике пользуются таблицей перевода площади отпечатка в число твердости.

Метод Бринелля не рекомендуется применять для металлов твердостью более НВ 450 (4500 МПа), поскольку шарик может деформироваться, что исказит результаты испытаний.

[Испытания по Роквеллу](https://studopedia.ru/5_79369_tverdost-po-rokvellu.html) (ГОСТ 9013-83). Проводятся путём вдавливания в металл алмазного конуса (α = 120°) или стального шарика (D = 1,588 мм или 1/16"). Прибор Роквелла имеет три шкалы – В, С и А. Алмазный конус применяют для испытания твердых материалов (шкалы С и А), а шарик – для испытания мягких материалов (шкала В). Конус и шарик вдавливают двумя последовательными нагрузками: предварительной Р0 и общей Р:

*Р = Р0 + Р1,*

где Р1 – основная нагрузка.

Предварительная нагрузка Р0 = 100 Н (10 кгс). Основная нагрузка составляет 900 Н (90 кгс) для шкалы В; 1400 Н (140 кгс) для шкалы С и 500 Н (50 кгс) для шкалы А.

Твёрдость по Роквеллу измеряют в условных единицах. За единицу твёрдости принимают величину, которая соответствует осевому перемещению наконечника на расстояние 0,002 мм.

Твёрдость по Роквеллу вычисляют следующим способом:

НR = 100 – e (шкалы А и С);

НR = 130 – e (шкала В).

Величину e определяют по формуле:

image035,

где h – глубина проникновения наконечника в металл под действием общей нагрузки Р (Р =Р0+ Р1);

h0 – глубина проникновения наконечника под действием предварительной нагрузки Р0.

В зависимости от шкалы твердость по Роквеллу обозначают НRВ, НRС, НRА.

[Испытания по Виккерсу](https://studopedia.ru/5_79371_tverdost-po-vikkersu.html) (ГОСТ 2999-83). В основе метода – вдавливание в испытываемую поверхность (шлифованную или даже полированную) четырехгранной алмазной пирамиды (α = 136°). Метод используется для определения твёрдости деталей малой толщины и тонких поверхностных слоев, имеющих высокую твёрдость.

Твёрдость по Виккерсу:

image036

где Р – нагрузка на пирамиду, Н;

d – среднее арифметическое двух диагоналей отпечатка, измеренных после снятия нагрузки, м.

Число твердости по Виккерсу определяют по специальным таблицам по диагонали отпечатка d. При измерении твердости применяют нагрузку от 10 до 500 Н.

Микротвёрдость (ГОСТ 9450-84). Принцип определения микротвердости такой же, как и по Виккерсу, согласно соотношению:

image037

Метод применяется для определения микротвердости изделий мелких размеров и отдельных составляющих сплавов. Прибор для измерения микротвердости – это механизм вдавливания алмазной пирамиды и металлографический микроскоп. Образцы для измерений должны быть подготовлены так же тщательно, как микрошлифы.

Испытание на ударную вязкость. Для испытания на удар изготавливают специальные образцы с надрезом, которые затем разрушают на маятниковом копре. Общий запас энергии маятника будет расходоваться на разрушение образца и на подъем маятника после его разрушения. Поэтому если из общего запаса энергии маятника отнять часть, которая тратится на подъем (взлет) после разрушения образца, получим работу разрушения образца:

*K = Р(h1 – h2)* или

*K = Рl(соs β – соs α),* Дж (кг·м),

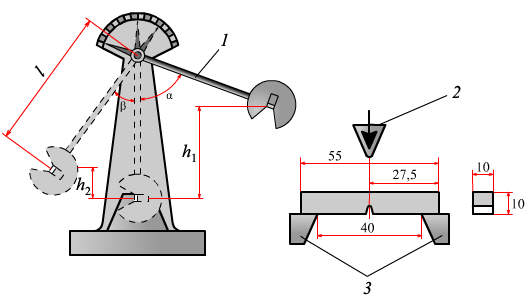
где P – масса маятника, Н (кг);

h1 – высота подъема центра масс маятника до удара, м;

h2 – высота взлета маятника после удара, м;

l – длина маятника, м;

α, β – углы подъёма маятника соответственно до разрушения образца и после него.



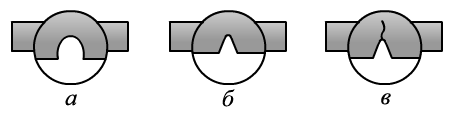
Ударную вязкость, т. е. работу, затраченную на разрушение образца и отнесенную к поперечному сечению образца в месте надреза, определяют по формуле:

image039, МДж/м2 (кг·м/см2),

где F – площадь поперечного сечения в месте надреза образца, м2 (см2).

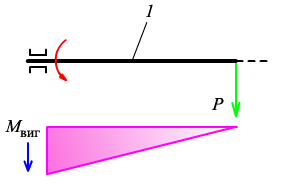
Для определения KС пользуются специальными таблицами, в которых для каждого угла β определена величина работы удара K. При этом F = 0,8 · 10–4 м2.

Для обозначения ударной вязкости добавляют и третью букву, указывающую на вид надреза на образце: U, V, Т. Запись KСU означает ударную вязкость образца с U-образным надрезом, KСV — с V-образным надрезом, а KСТ — с трещиной.



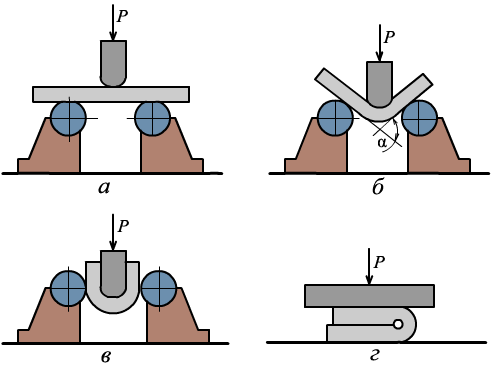
Испытание на усталость (ГОСТ 2860-84). Разрушение металла под действием повторных или знакопеременных напряжений называется усталостью металла. При разрушении металла вследствие усталости на воздухе излом состоит из двух зон: первая зона имеет гладкую притертую поверхность (зона усталости), вторая – зона долома, в хрупких металлах она имеет грубокристаллическое строение, а в вязких – волокнистое.

При испытании на усталость определяют границу усталости (выносливости), т. е. то наибольшее напряжение, которое может выдержать металл (образец) без разрушения заданное число циклов. Самым распространенным методом испытания на усталость является испытание на изгиб при вращении.



Применяют следующие основные виды технологических испытаний (проб).

Проба на изгиб в холодном и горячем состоянии – для определения способности металла выдерживать заданный изгиб; размеры образцов – длина l = 5а + 150 мм, ширина b = 2а (но не менее 10 мм), где а – толщина материала.



Проба на перегиб предусматривает оценку способности металла выдерживать повторный изгиб и применяется для проволоки и прутков диаметром 0,8—7 мм из полосового и листового материала толщиной до 55 мм. Образцы сгибают попеременно направо и налево на 90° с равномерной – около 60 перегибов в минуту — скоростью до разрушения образца.

Проба на выдавливание – для определения способности металла к холодной штамповке и вытягиванию тонкого листового материала. Состоит в продавливании пуансоном листового материала, зажатого между матрицей и зажимом. Характеристикой пластичности металла является глубина выдавливания ямки, что соответствует появлению первой трещины.

Проба на навивку проволоки диаметром d ≤ 6 мм. Испытание состоит в навивке 5-6 плотно прилегающих по винтовой линии витков на цилиндр заданного диаметра. Выполняется только в холодном состоянии. Проволока после навивки не должна иметь повреждений.

Проба на искру используется при необходимости определения марки стали при отсутствии специального оборудования и маркировки.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 При испытании твёрдости металла по Бринеллю от шарика диаметром 10 мм получился отпечаток диаметром 6 мм. Усилие на прессе при этом составило 2,5 кН.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить твёрдость данного металла.

**Решение:**

Переводим величины в систему СИ:

10 мм = 0,01 м;

6 мм = 0,006 м;

2,5 кН = 2500 Н.

Определяем твёрдость металла по Бринеллю по формуле:



# 3 Задание.

При испытании твёрдости металла по Бринеллю от шарика диаметром 10 мм получился отпечаток диаметром А. Усилие на прессе при этом составило В. Определить твёрдость данного металла.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 6,5 мм | 30 кН | 795,6 |
| 2 | 5,5 мм | 30 кН | 1158,6 |
| 3 | 4,0 мм | 10 кН | 762,6 |
| 4 | 5,0 мм | 10 кН | 475,2 |
| 5 | 6,0 мм | 10 кН | 318,3 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Чем отличаются различные методы измерения твёрдости?

2. Как измеряется твёрдость тонкостенных материалов?

3. Чем ограничен метод Бринелля?

4. Оцените правильность применения метода Бринелля для своего случая?

5. Какие измерительные приборы применяются в данном случае?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2**

**Тема: Измерение геометрических параметров кабельных изделий.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами измерений геометрических параметров кабельных изделий.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# ГОСТ 12177-79 распространяется на кабели, провода и шнуры и устанавливает методы проверки их конструктивных размеров.

# Поверхность кабельных изделий и элементов их конструкций на участках, подвергаемых измерениям, должна быть тщательно очищена от загрязнений мягким материалом (марля, ветошь и др.). При очистке допускается применение растворителей (спирт, бензин и др.), не ухудшающих качество поверхности.

# Разделка концов или образцов кабельных изделий должна производиться без повреждения участков элементов их конструкций, подлежащих измерениям.

# Если маркировочный знак нанесен на изоляцию или оболочку вдавливанием, то образцы, используемые для измерения, должны быть отобраны так, чтобы они имели маркировку.

# Все измерения должны быть проведены не ранее чем через 16 ч после экструзии или вулканизации (или сшивания) материалов изоляции или оболочки, если это указано в стандартах на изделия отдельных видов.

# Проверка состояния поверхности кабельного изделия и его элементов, соответствие изоляции жил и маркировки требованиям НТД на изделие и отделяемости элементов кабельного изделия должна проводиться без применения или с применением увеличительных приборов в зависимости от требований НТД.

# Осмотру подвергают кабельные изделия без разматывания, за исключением изделий, перематываемых для проверки длины, поверхность которых осматривают по всей длине.

# Измерение конструктивных размеров должно проводиться при температуре окружающей среды 20 ± 15 °С и относительной влажности воздуха 58 ± 20 %, если в НТД на средства измерений не указаны другие условия их эксплуатации.

# Проводить измерения наружного диаметра по оболочке или шлангу и их толщины в местах выпуклой маркировки не допускается.

# Измерение диаметра кабельных изделий и их элементов круглого сечения должно проводиться в двух взаимно перпендикулярных направлениях в каждом измеряемом сечении.

# При измерении конструктивных размеров, не превышающих 25 мм, должны применяться микрометры, профильные проекторы и другие средства измерений. При измерении конструктивных размеров оптическими средствами измерений образцы помещают так, чтобы измеряемая поверхность была перпендикулярна оптической оси средств измерений.

# При измерении окружности или периметра поверхности кабельных изделий или их элементов размером свыше 25 мм измерение проводят стальной мерной лентой путем намотки ленты одним полным витком.

# Допускается проводить также измерение лентой из телефонной бумаги с последующим установлением результата измерения с помощью линейки.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется силовой кабель низкого напряжения марки ВВГ 3х16ок-0,66.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить общую методику измерения геометрических параметров для данного изделия в соответствии с ГОСТ 12177-79.

**Решение:**

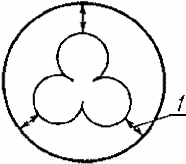
Определяем методику измерений в соответствии с ГОСТ 12177-79:

1) Измерение наружных размеров кабельных изделий должно проводиться в трёх местах, отстоящих друг от друга не менее чем на 1000 мм.

2) Измерение длины кабельных изделий должно проводиться в процессе производства, контрольной переметкой через измерительные устройства автоматического измерения, мерной лентой или измерительной рулеткой.

3) Толщину пластмассовых оболочек измеряют на образцах длиной не менее 100мм, взятых из трех мест от конца (концов) строительной длины, отстоящих друг от друга не менее чем на 1000 мм. Все элементы конструкции, находящиеся под оболочкой образца, должны быть удалены без повреждения оболочки.

Если внутренняя поверхность шланга или оболочки имеет углубления, образованные изолированными жилами, то измерения проводят, как это представлено:

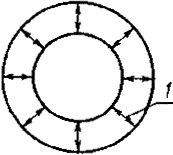


4) Если в НТД нормировано среднее арифметическое значение толщины оболочки, то при его вычислении значение толщины в месте маркировки в подсчёт не включают. При этом толщина оболочки в месте маркировки не должна быть меньше минимального значения.

Толщина однослойной пластмассовой изоляции должна измеряться на образцах длиной не более 100 мм, взятых из трёх мест строительной длины, отстоящих друг от друга не менее чем на 1000 мм.

Изоляция должна быть освобождена от других покровов (слоев), а токопроводящая жила удалена так, чтобы изоляция не была повреждена. Если невозможно изоляцию разделить на слои и удалить токопроводящую жилу, допускается проводить измерение, не разделяя изоляцию на слои и не удаляя токопроводящую жилу. Затем разрезают изоляцию или образец с изоляцией в плоскости, перпендикулярной продольной оси при помощи соответствующего инструмента (острый нож, лезвие бритвы и т. п.). Если на изоляцию нанесена маркировка тиснением, что ведет к частичному уменьшению толщины, то образцы выбирают с маркировкой. Измерение должно быть проведено не менее чем в шести местах, равномерно распределенных по срезу.

Если внутренний профиль образца круглой формы, то измерения проводят в шести местах, равномерно распределенных по окружности, как это представлено:



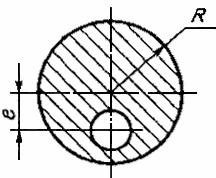
5) Измерение шага скрутки должно проводиться в процессе производства на выпрямленной токопроводящей жиле или заготовке из скрученных изолированных жил.

Для определения величины шага скрутки измеряют длину в продольном направлении, соответствующую не менее чем двум полным оборотам (виткам) элемента скрутки. Шаг скрутки должен определяться как частное от деления измеренной длины на число витков скрутки.

Допускается проводить измерение шага скрутки на образцах длиной, равной значению двух шагов скрутки, но не менее 1000 мм.

При этом до среза образцов со строительной длины должно быть обеспечено надежное закрепление его концов так, чтобы не была нарушена целостность конструкции образца.

6) Коэффициент эксцентриситета изоляции должен определяться из значений эксцентриситета изоляции *е* и радиуса изолируемой жилы *R,* определенных расчетным способом:



Эксцентриситет изоляции определяют по результатам измерения максимальной и минимальной толщин изоляции, а радиус – как половину измеренного диаметра. Измерение необходимо проводить в одном сечении, перпендикулярном продольной оси жилы.

# 3 Задание.

Имеется силовой кабель низкого напряжения марки А. Определить общую методику измерения геометрических параметров для данного изделия в соответствии с ГОСТ 12177-79.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | ВВГ 1х4ок-0,66 | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | АВВГ 2х4ок(N)-1 |
| 3 | ВВГ 3х16мк-3 |
| 4 | АВВГ 4х50мс(PE)-1 |
| 5 | ВВГ 5х10ок(N, PE)-0,66 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что регламентирует ГОСТ 12177-79?

2. Дайте определение эксцентриситету изоляции?

3. Как измеряется толщина изоляции, если внутренний профиль образца не круглой формы?

4. Дайте определение величине шага скрутки?

5. Дайте определение среднему арифметическому значению толщины оболочки?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3**

**Тема: Определение достоверности испытаний при различных способах измерений.**

**Цель работы**: ознакомление со способами определения достоверности испытаний при различных способах измерений.

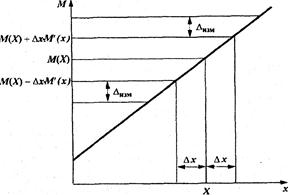
**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Согласно принятому определению, испытание – это экспериментальное определение характеристик продукции в заданных условиях её функционирования. Испытания являются важнейшим этапом создания образцов новой техники и их результаты служат осно­ванием для принятия решений по доработке конструк­ции и технологии, принятия решения о запуске в се­рийное производство и т. д.

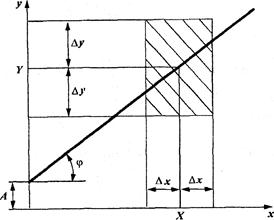
С метрологической точки зрения цель испытания заключается в нахождении посредством измерения истинного значения контролируемого параметра и оценивании степени доверия к нему. Как и при изме­рении, результат испытания контролируемого парамет­ра отличается от своего истинного значения по причи­не погрешности измерения параметра, а также потому, что невозможно точно выдержать заданные номиналь­ные условия испытания.

Для оценки качества результата испытания введе­но понятие погрешности испытания Δucn. Формиро­вание погрешности испытания показано на рисунке.



Требуется определить истинное значение контроли­руемого параметра изделия М(Х) в условиях, харак­теризуемых номинальным значением испытательно­го воздействия (установки) X.

Положим, что зависи­мость Μ = М(х) – линейная. Пусть погрешности измерения параметра и погрешность его установки X заданы своими пределами: соответственно Δизм и Δх. При отсутствии погрешности измерения Δизм па­раметра Μ возможный результат испытания находит­ся в пределах Ми = М(Х) ± ΔXx·М'(х), где М'(х) – производная от М(х). Наличие погрешности измерения приводит к расширению интервала неопределенности результата испытания. С учетом погрешности измере­ния Δизм параметра Μ наибольшее по абсолютной ве­личине значение погрешности испытания будет:



*Δисп =Δизм +Δх·х·М'(х).*

Результат испытаний следует записать в виде:

*Ми = Мизм ± Δисп*

В общем случае, когда при испытании требует­ся задавать и поддерживать m параметров испыта­тельных воздействий:

, где

Δхi – погрешность установки i-го параметра условий испытания.

Считается, что погрешности испытания обладают всеми принципиальными свойствами погрешностей измерения. Поэтому они могут описываться теми же характеристиками, что и погрешности измерения.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Проводится испытание источника питания. Контролируемый параметр – выходное напряжение – должен быть Uн = (20+0,5) В при температуре 20 °С. Температура испытаний поддерживается равной (20+1) ºС. Изменение напряжения источника при изменении температуры составляет 1 % на 1 ºС. Измерение напряжения производится вольтметром с погрешностью ∆изм = + 0,3 В. Показания вольтметра Uизм = 19,9 В.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Оценить результат полученных испытаний.

**Решение:**

Погрешность испытаний оценим по формуле:

*Δисп =Δизм +Δх·х·М'(х).*

Отклонение испытательной температуры от номинальной на 1 ºС приводит к изменению выходного напряжения на значение:

(20·1)/100 = 0,2 В. Отсюда:

∆исп = 0,3 + 0,2 = 0,5 В.

Результат испытания U = (19,9 ± 0,5) В.

Судя по результатам испытания, источник не удовлетворяет требованиям, так как нижний порог напряжения:

19,9 - 0,5 = 19,4 В

Он выходит за пределы установленной нормы (20+0,5) В. Однако, такой результат обусловлен не плохим качеством источника, а слишком большой погрешностью вольтметра.

# 3 Задание.

Проводится испытание источника питания. Контролируемый параметр – выходное напряжение – должен быть А при температуре 20 °С. Температура испытаний поддерживается равной В. Изменение напряжения источника при изменении температуры составляет С на 1 ºС. Измерение напряжения производится вольтметром с погрешностью D. Показания вольтметра Е. Оценить результат полученных испытаний.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | D | Е | Ответ |
| 1 | (12+0,25) В | (20+0,25) ºС | 0,1 % | + 0,1 В | 11,9 В | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | (16+0,3) В | (20+0,3) ºС | 0,2 % | ± 0,2 В | 16,3 В |
| 3 | (22+0,1) В | (20+0,5) ºС | 0,3 % | + 0,25 В | 21,7 В |
| 4 | (24+0,15) В | (20+0,75) ºС | 0,4 % | ± 0,3 В | 24,1 В |
| 5 | (30+0,05) В | (20+2) ºС | 0,44 % | + 0,5 В | 30,3 В |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Как подключается вольтметр в цепи?

2. Как увеличить точность измерений?

3. Почему температура влияет на напряжение?

4. Дайте определение испытанию?

5. Дайте определение погрешности испытания?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4**

**Тема: Выбор с обоснованием испытательного оборудования для конкретных видов испытаний кабельных изделий.**

**Цель работы**: научиться производить выбор испытательного оборудования для организации испытания токопроводящей жилы проводов марки СИП.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Для того, чтобы произвести выбор испытательного оборудования для конкретных видов кабельных изделий:

- классифицировать изделие;

- определиться со требованиями, предъявляемыми к изделию в технической документации;

- выбрать необходимые испытания;

- выбрать необходимое испытательное оборудование.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Имеется провод марки СИП-3 1х150-20.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Произвести выбор испытательного оборудования для проверки механических параметров провода.

***Решение:***

В соответствии с ГОСТ 31946-2012 к проводу марки СИП-3 1х150-20 предъявляются следующие требования к механическим параметрам:

- Прочность при растяжении проволок из алюминиевого сплава до скрутки в жилу должна быть не менее 295 Н/мм2, относительное удлинение при разрыве – не менее 4 %, модуль упругости – не менее 62·103 Н/мм2, коэффициент линейного расширения – не более 23·10-6 °С-1.

- Токопроводящая жила защищённых проводов должна быть стойкой к растяжению и удерживать разрывное усилие, указанное в таблице 4 (43,4 кН).

- Прочность при растяжении изоляции до старения – не менее 12,5 МПа.

- Относительное удлинение изоляции до старения при разрыве – не менее 200 %.

- Изменение значения прочности при растяжении после старения – не более 25 %.

- Изменение значения относительного удлинения при разрыве после старения – не более 25 %.

Выбираем машину для испытания конструкционных материалов УТС 110МН-50 производства ООО «Тестсистемы».

Машина предназначена для создания нормированного значения меры силы и применяется для проведения механических испытаний образцов конструкционных материалов (металлы, пластмассы и проч.) и изделий в режиме растяжения или сжатия измерителя силы.

Технические характеристики:

- наибольшая предельная нагрузка, кН: 50;

- рабочая скорость перемещения активного захвата при номинальной нагрузке, мм/мин: 0,005-500;

- скорость возврата активного захвата, мм/мин: 500;

- полный рабочий ход траверсы, не менее, мм: 1000;

- расстояние между колоннами, не менее, мм: 420;

- габаритные размеры, не более, мм:

высота: 1600,

ширина: 756,

глубина: 700;

- масса, не более, кг: 380;

- потребляемая мощность, не более, Вт: 700.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания и пример выполнения ответить на поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

**3 Задание.**

Имеется провод марки А. Произвести выбор испытательного оборудования для проверки механических параметров провода.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | СИП-2 3х25+1х35 ГОСТ 31946-2012 | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | СИП-2 1х95+1х95 ГОСТ 31946-2012 |
| 3 | СИП-1 1х50+1х54,6 ГОСТ 31946-2012 |
| 4 | СИП-4 2х16 ГОСТ 31946-2012 |
| 5 | СИП-4 4х25 ГОСТ 31946-2012 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

**5 Контрольные вопросы.**

1. Почему несущие жилы должны обладать определённой прочностью?

2. Из каких материалов состоит токопроводящая жила?

3. Из какого материала выполнена изоляция?

4. Расшифруйте обозначение провода?

5. Назначение светостабилизационных добавок в изоляции?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5**

**Тема: Измерение конструктивных параметров кабельных изделий.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами измерений конструктивных параметров кабельных изделий.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Для измерений конструктивных размеров выбор средств измерений должен быть произведен с учётом предела допускаемой погрешности измерений в соответствии с таблицей 1 ГОСТ 12177-79.

# В случае, если в нормативно-технической документации (НТД) указаны несимметричные предельные отклонения от номинального размера (верхнее и нижнее предельные отклонения с разными значениями), то выбор средств измерений должен быть произведен в соответствии с таблицей по наименьшему абсолютному значению предельного отклонения.

# В случае, если в НТД указано только верхнее или нижнее предельное отклонение, а второе указано как ненормируемое, то выбор средств измерений должен быть произведен в соответствии с таблицей по указанному верхнему или нижнему предельному отклонению.

# В случае, если в НТД не указан номинальный размер, а указан только предельный размер (наибольший или наименьший), то выбор средств измерений должен быть произведён в соответствии с таблицей по предельному отклонению, равному половине расчетного допуска для данного конструктивного размера. Если результат измерения превышает заданное НТД значение, то следует провести повторное измерение при помощи средства измерения с меньшей погрешностью или с меньшей ценой деления. Результат повторного измерения является окончательным.

# Допускается применение других средств измерений, в том числе автоматических и автоматизированных, обеспечивающих проведение измерений с пределом допускаемой погрешности, регламентированным таблицей. Не допускается применение универсальных механических средств измерений взамен оптико-механических, выбранных в соответствии с таблицей.Метод определения и учёт погрешности от измерительного усилия приведен в приложении 2 ГОСТ 12177-79.

# Подготовка к измерениям:

# - Поверхность кабельных изделий и элементов их конструкций на участках, подвергаемых измерениям, должна быть тщательно очищена от загрязнений мягким материалом (марля, ветошь и др.). При очистке допускается применение растворителей (спирт, бензин и др.), не ухудшающих качество поверхности.

# - Разделка концов или образцов кабельных изделий должна производиться без повреждения участков элементов их конструкций, подлежащих измерениям.

# - Если маркировочный знак нанесен на изоляцию или оболочку вдавливанием, то образцы, используемые для измерения, должны быть отобраны так, чтобы они имели маркировку.

# - Все измерения должны быть проведены не ранее чем через 16 ч после экструзии или вулканизации (или сшивания) материалов изоляции или оболочки, если это указано в стандартах на изделия отдельных видов.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется контрольный кабель марки КВВГЭ 4х1,0.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить общую методику измерения конструктивных параметров для данного изделия в соответствии с ГОСТ 12177-79.

**Решение:**

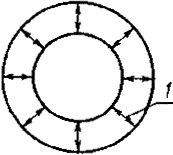
1) Измерение наружных размеров кабельных изделий должно проводиться в трех местах, отстоящих друг от друга не менее чем на 1000 мм.

2) Измерение длины кабельных изделий должно проводиться в процессе производства, контрольной переметкой через измерительные устройства автоматического измерения, мерной лентой или измерительной рулеткой.

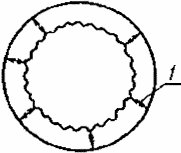
3) Измерение толщины и ширины лент, применяемых для экранирования, проводят на образцах длиной не менее 150 мм, снятых с концов строительной длины. Перед измерением образцы выравнивают резиновым молотком. Толщину и ширину измеряют не менее чем в трёх местах, равномерно распределенных по длине образца.

4) Толщину пластмассовых оболочек измеряют на образцах длиной не менее 100мм, взятых из трёх мест от конца (концов) строительной длины, отстоящих друг от друга не менее чем на 1000 мм. Все элементы конструкции, находящиеся под оболочкой образца, должны быть удалены без повреждения оболочки. Если невозможно удалить внутренние элементы, то измерение проводят, не удаляя их. Оболочка или образец с оболочкой должны быть разрезаны в плоскости, перпендикулярной продольной оси, при помощи соответствующего инструмента (острый нож, лезвие бритвы и т. п.).

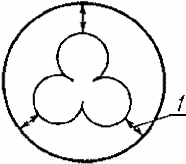
Если внутренний профиль образца круглой формы, то измерения проводят, как это представлено:



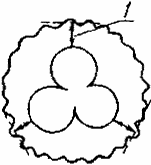
Если внутренний профиль образца неправильной формы, но близкой к круглой, то измерения проводят в шести местах, равномерно распределенных по окружности, как это представлено:



Если внутренняя поверхность оболочки имеет углубления, образованные изолированными жилами, то измерения проводят, как это представлено:



Если наружная поверхность оболочки имеет неровности или отпечатки лент, то измерения проводят, как это представлено:



5) Толщина однослойной пластмассовой изоляции должна измеряться на образцах длиной не более 100 мм, взятых из трёх мест строительной длины, отстоящих друг от друга не менее чем на 1000 мм.

При измерении кабельных изделий с числом жил не более пяти, измерению подвергают все жилы.

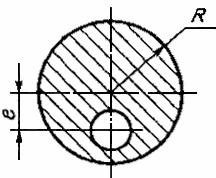
Изоляция должна быть освобождена от других покровов (слоев), а токопроводящая жила удалена так, чтобы изоляция не была повреждена. Если невозможно изоляцию разделить на слои и удалить токопроводящую жилу, допускается проводить измерение, не разделяя изоляцию на слои и не удаляя токопроводящую жилу. Затем разрезают изоляцию или образец с изоляцией в плоскости, перпендикулярной продольной оси при помощи соответствующего инструмента (острый нож, лезвие бритвы и т. п.). Измерение должно быть проведено не менее чем в шести местах, равномерно распределенных по срезу.

Если внутренний профиль образца круглой формы, то измерения проводят в шести местах, равномерно распределенных по окружности.

6) Шаг обмотки определяют путём измерения длины в продольном направлении, соответствующей полному обороту ленты.

7) Коэффициент перекрытия лент обмотки должен быть определен по результатам измерения шага обмотки, ширины ленты, толщины ленты и диаметра элемента кабельного изделия под обмоткой.

8) Коэффициент эксцентриситета изоляции должен определяться из значений эксцентриситета изоляции *е* и радиуса изолируемой жилы *R,* определенных расчетным способом:



Эксцентриситет изоляции определяют по результатам измерения максимальной и минимальной толщин изоляции, а радиус – как половину измеренного диаметра. Измерение необходимо проводить в одном сечении, перпендикулярном продольной оси жилы.

Толщину изоляции определяют средствами измерений, указанными в п. 4 табл. 1 ГОСТ 12177-79, в соответствии с требованиями п. 3.4.7 ГОСТ 12177-79.

9) Коэффициент равностенности изоляции должен определяться по результатам измерения толщины изоляции не менее чем на 10 образцах, отобранных от различных строительных длин кабельных изделий одной марки и одного размера, средствами измерений, указанными в п. 4 табл. 1 ГОСТ 12177-79, в соответствии с требованиями п. 3.4.7 ГОСТ 12177-79. Наибольшие и наименьшие значения результатов измерения должны приниматься соответственно за максимальную и минимальную толщину изоляции. Определение толщины изоляции по полуразности диаметров по изоляции и жиле для определения коэффициента равностенности изоляции не допускается.

# 3 Задание.

Имеется контрольный кабель марки А. Определить общую методику измерения конструктивных параметров для данного изделия в соответствии с ГОСТ 12177-79.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | КВВГЭ 19х1,5 | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | АКВВГЭ 14х2,5 |
| 3 | КВВГЭ 7х1,0 |
| 4 | АКВВГЭ 4х4 |
| 5 | КВВГЭ 5х1,5 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Как производится подготовка к измерениям?

2. Дайте определение коэффициенту перекрытие ленты?

3. Как измеряется толщина оболочки, если внутренний профиль образца не круглой формы?

4. Что такое строительная длина?

5. Где указан предел допускаемой погрешности измерений?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6**

**Тема: Измерение электрического сопротивления токопроводящих жил.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами измерений электрического сопротивления токопроводящих жил.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# ГОСТ 7229-76 распространяется на кабельные изделия и устанавливает метод определения электрического сопротивления постоянному току токопроводящих жил и проводников кабелей, проводов и шнуров, а также проволоки, лент и шин. Метод не распространяется на кабельные изделия в смонтированном состоянии.

# Измерение электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников должно быть произведено одинарным, двойным или одинарно-двойным мостом постоянного напряжения с инструментальной погрешностью не более 0,2 %. Принципиальные схемы измерения приведены на схемах ниже.

# Схема измерения одинарным мостом с двухзажимным подключением:

# 

# Схема измерения одинарным мостом с двухзажимным подключением и электрическим сопротивлением для компенсации электрического сопротивления проводов, соединяющих кабельное изделие с мостом:

# 

# Схема измерения двойным мостом:

# 

Обозначения на схемах:

*Е –* источник постоянного тока;

*А* – амперметр;

*G* – гальванометр;

*'E* – электрическое сопротивление, ограничивающее ток;

*r* – реостат;

*П* – переключатель для измерения направления тока при измерении;

*R*1, *R*2, *R'*1, *R'*2, *R'*3 *–* электрическое сопротивление плеч моста;

*K*1, *K*2 – ключи для включения и выключения гальванометра и защитного электрического сопротивления;

*R*N – эталонное электрическое сопротивление;

*RК* – электрическое сопротивление, служащее для компенсации электрического сопротивления проводов, соединяющих кабельное изделие с мостом;

*r*2 – электрическое сопротивление провода, соединяющего образцовое и измеряемое электрическое сопротивление двойного моста;

*r*1 – защитное электрическое сопротивление гальванометра;

*R*X – измеряемое электрическое сопротивление.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 На одинарном мосте постоянного напряжения измеряется сопротивление токопроводящей жилы из меди марки ММ. Измеренные значения сопротивлений при равновесии моста: R1 = 0,385 Ом; R2 = 0,85 Ом; R3 = 0,211 Ом. Температура при проведении измерений – 18 ºС.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить электрическое сопротивление токопроводящей жилы при 20 ºС в соответствии с ГОСТ 7229-76.

**Решение:**

Определяем методику измерений в соответствии с ГОСТ 12177-79:

Рассчитываемзначение измеряемого электрического сопротивления Rx по формуле, указанной в пункте 5.1 ГОСТ 7229-76:

Ом.

Данное сопротивление получено при температуре окружающей среды 18 ºС. Измеренное значение электрического сопротивления должно быть пересчитано на температуру 20 °С по формуле, указанной в пункте 5.4 ГОСТ 7229-76:

*R20* = *Rt* ⋅ *K*, где

*Rt* – электрическое сопротивление, измеренное при температуре *t*, Ом;

*K –* температурный множитель, значение которого для меди марок ММ и МТ и алюминия

приведено в справочном приложении ГОСТ 7229-76.

Рассчитываем электрическое сопротивление токопроводящей жилы при температуре 20 °С, учитывая, что К = 1,0079 для меди марки ММ и 18 ºС:

*R20* = 0,0956 ⋅ 1,0079 = 0,0964 Ом.

# 3 Задание.

На одинарном мосте постоянного напряжения измеряется сопротивление токопроводящей жилы из материала А. Измеренные значения сопротивлений при равновесии моста: R1 = В; R2 = С; R3 = D. Температура при проведении измерений – E. Определить электрическое сопротивление токопроводящей жилы при 20 ºС в соответствии с ГОСТ 7229-76.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | D | E | Ответ |
| 1 | МТ | 1,114 | 0,45 | 3,123 | 8 ºС | 8,1015 Ом |
| 2 | Алюминий | 0,953 | 3,159 | 0,555 | 15 ºС | 0,1709 Ом |
| 3 | ММ | 0,763 | 0,765 | 0,989 | 22 ºС | 0,9787 Ом |
| 4 | МТ | 2,133 | 0,899 | 0,787 | 30 ºС | 1,7987 Ом |
| 5 | Алюминий | 3,185 | 1,111 | 0,656 | 35 ºС | 1,7732 Ом |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что регламентирует ГОСТ 7229-76?

2. Каким оборудованием производится измерение электрического сопротивления?

3. От чего зависит способ измерения сопротивления?

4. В каких помещениях должны проводиться измерения?

5. Какими характеристиками должен обладать измерительный ток?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7**

**Тема: Измерение электрического сопротивления изоляции кабельных изделий.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами измерений электрического сопротивления изоляции кабельных изделий.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# ГОСТ 3345-76 распространяется на кабели, провода и шнуры и устанавливает метод определения электрического сопротивления изоляции их при напряжении постоянного тока.

Для измерения должны быть отобраны строительные длины кабелей, проводов и шнуров, намотанные на барабаны или в бухты, или образцы длиной не менее 10 м, исключая длину концевых разделок, если в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры не оговорена другая длина.

Число строительных длин и образцов для измерения должно быть указано в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры.

Измерение электрического сопротивления изоляции проводят при напряжении от 100 до 1000 В, если в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры не указаны другие условия.

Измерение проводят с помощью измерительных схем и приборов, обеспечивающих проведение измерений с погрешностью не более 10 % измеряемых значений от 1⋅105 до 1⋅1010 Ом, не более 20 % измеряемых значений свыше 1⋅1010 до 1⋅1014 Ом и не более 25 % измеряемых значений свыше 1⋅1014 Ом. Если стандартами или техническими условиями на кабели, провода и шнуры допускается производить измерения на коротких (менее 10 м) образцах изделий, то погрешность таких измерений не должна быть более 10 % для любых измеренных значений сопротивления изоляции.

Значение электрического сопротивления изоляции соединительных проводов измерительной схемы должно превышать не менее чем в 20 раз минимально допускаемое значение электрического сопротивления изоляции испытуемого изделия.

Установка для измерений должна быть выполнена с учетом требований, относящихся к установкам напряжением до 1000 В, и должна обеспечивать безопасность проведения измерений.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Измеряется сопротивление изоляции токопроводящих жил многожильного кабеля на воздухе.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить методику измерения электрического сопротивления изоляции токопроводящих жил соответствии с ГОСТ 3345-76.

**Решение:**

Определяем методику измерений в соответствии с ГОСТ 3345-76:

1) В необходимых случаях перед измерением концы испытуемого изделия должны быть разделаны.

Для повышения точности измерения допускается на концевых разделках устанавливать охранные кольца, которые должны быть при измерении заземлены или присоединены к экрану измерительной схемы.

2) Измерение проводят при температуре окружающей среды (20 ± 15) °С и относительной влажности воздуха не более 80 %, если в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры не предусмотрены другие условия.

3) Измерение температуры окружающей среды проводят с погрешностью не более ± 0,5 °С на расстоянии не более 1 м от испытуемого изделия.

4) Время выдержки образцов перед проведением испытаний при температуре окружающей среды должно быть не менее 1 ч, если в стандартах или технических условиях на конкретные кабельные изделия не указано другое время выдержки.

5) При измерении электрического сопротивления изоляции кабелей, проводов и шнуров на строительных длинах, намотанных на барабаны или в бухты, диаметры шеек барабанов или бухт должны соответствовать указанным в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры.

6) Электрическое сопротивление изоляции многожильных кабелей, проводов и шнуров должно быть измерено:

- для изделий без металлической оболочки, экрана и брони – между каждой токопроводящей жилой и остальными жилами, соединенными между собой;

- для изделий с металлической оболочкой, экраном и броней – между каждой токопроводящей жилой и остальными жилами, соединенными между собой и с металлической оболочкой или экраном, или броней.

7) При повторных измерениях испытуемое изделие должно быть разряжено в течение не менее 2 мин путем соединения токопроводящей жилы с заземляющим устройством (при соблюдении правил техники безопасности).

8) Отсчёты значений электрического сопротивления изоляции при измерении проводят по истечении 1 мин с момента приложения измерительного напряжения к образцу, но не более чем через 5 мин, если в стандартах или технических условиях на конкретные кабельные изделия не предусмотрены другие требования.

Перед повторным измерением все металлические элементы кабельного изделия должны быть заземлены не менее чем за 2 мин.

# 3 Задание.

Измеряется сопротивление изоляции токопроводящих жил изделия А в среде В. Определить методику измерения электрического сопротивления изоляции токопроводящих жил соответствии с ГОСТ 3345-76.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | Многожильный кабель в броне | вода | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Одножильный кабель в броне | вода |
| 3 | Многожильный кабель без брони | воздух |
| 4 | Одножильный кабель без брони | вода |
| 5 | Одножильный кабель в броне | воздух |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что регламентирует ГОСТ 3345-76?

2. Каким оборудованием производится измерение электрического сопротивления изоляции?

3. Что необходимо выполнить, если измерение проводилось при температуре, отличающейся от 20 °С?

4. Каким образом производится пересчёт электрического сопротивления изоляции на длину 1 км?

5. С какой точностью должна быть определена длина изделия?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8**

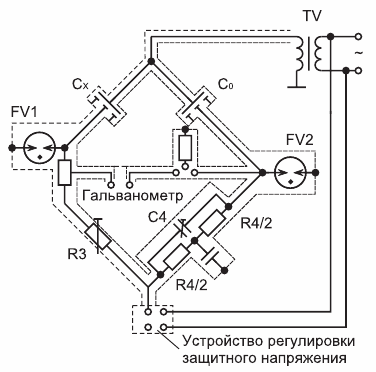
**Тема: Измерение электрической ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами расчётов электрической ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь экранированных радиочастотных кабелей.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Для измерения емкости и угла диэлектрических потерь (или tgδ) эквивалентную схему конденсатора представляют как идеальный конденсатор с последовательно включенным активным сопротивлением (последовательная схема) или как идеальный конденсатор с параллельно включенным активным сопротивлением (параллельная схема).



В момент равновесия моста:

1291972996_4

где f – частота переменного тока, питающего схему.

*Cх = (R4/Rх)·Со*

Постоянное сопротивление R4 выбирается равным 104/π Ом. В этом случае tgδ = С4, где ёмкость С4 выражена в микрофарадах.

Одним из основных электрических параметров для экранированных радиочастотных кабелей является их ёмкость. Для расчета ёмкости радиочастотного кабеля используют следующую формулу:

, где

– относительная диэлектрическая проницаемость изоляционного материала;

– электрическая постоянная (8,854·10-12 Ф/м);

d – диаметр внутреннего проводника;

D – диаметр внешнего проводника.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется радиочастотный экранированный кабель связи со следующими характеристиками:

- диаметр внутреннего проводника – 0,17 мм;

- диаметр внешнего проводника – 1,0.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить ёмкость радиочастотного кабеля.

**Решение:**

Принимаем относительную диэлектрическую проницаемость изоляционного материала (полиэтилена) за 2,25. Определяем ёмкость радиочастотного кабеля по формуле:

=

= 70,638·10-12 Ф/м = 70,638 пФ/м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

1 Имеется радиочастотный экранированный кабель связи со следующими характеристиками:

- диаметр внутреннего проводника – А;

- диаметр внешнего проводника – В.

Определить ёмкость радиочастотного кабеля, если относительная диэлектрическая проницаемость изоляционного материала равна 2,2.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | В | Ответ |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,122 мм | 1,1 мм | 55,656 пФ/м |
| 2 | 0,133 мм | 1,4 мм | 51,995 пФ/м |
| 3 | 0,144 мм | 1,6 мм | 50,827 пФ/м |
| 4 | 0,155 мм | 1,8 мм | 49,912 пФ/м |
| 5 | 0,166 мм | 2,0 мм | 49,174 пФ/м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что такое относительная диэлектрическая проницаемость?

2. Какое назначение экрана в кабеле связи?

3. Дайте определение угла диэлектрических потерь?

4. Как определяют момент равновесия моста?

5. Почему сопротивление R4 выбирается равным 104/π Ом?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9**

**Тема: Измерение параметров, характеризующих взаимные и внешние влияния в кабелях связи и радиочастотных кабелях.**

**Цель работы**: ознакомление со способами измерения параметров, характеризующих взаимные и внешние влияния в кабелях связи и радиочастотных кабелях.

**Методические рекомендации**

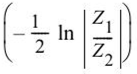
**1 Краткие теоретические сведения.**

При частотах меньше 1 МГц взаимное влияние в цепях кабелей связи оценивается по степени асимметрии взаимных емкостей. В общем случае измеряют непосредственно переходное затухание по схеме, приведённой на рисунке.

Схема измерения переходных затуханий величина
, что следует из (7.29). При измерениях

При измерении переходного затухания в конце линии переключатель отключают от зажимов 1 и 2 и подключают к зажимам 3 к 4. Нагрузочные сопротивления Z1 и Z2 должны быть равными волновым сопротивлениям кабельных линий. Сопротивление Rн должно быть равно сопротивлению магазина затухания (М3).

При равенстве напряжения на Rн и на зажимах линии II переходное затухание равно затуханию МЗ*.* Если волновые сопротивления цепей не одинаковы, то к получаемым величинам добавляется величина:



При измерениях несимметричных цепей один из выводов сопротивлений должен быть заземлён. Простейшая проверка симметрии при измерениях в симметричных цепях может быть осуществлена путем перемены местами выводов генератора. Если при этом разность показаний измерителя напряжения не превышает 2 дБ, симметрия считается достаточной.

Более точно и полно переходное затухание характеризуется коэффициентами электромагнитной связи N' и F'. Для таких измерений в схеме кроме делителя напряжения (магазина затухания) включают еще и фазовращатель. Индикатор равновесия включают аналогично схеме. Индикатор измеряет разность напряжений на резисторах. Изменением затухания М3 и фазы па фазовращателе добиваются минимального показания индикатора равновесия. Действительная часть комплексной величины А в формулах равна затуханию МЗ*.* Защита от внешних помех обеспечивается экранами, эффективность которых оценивается коэффициентом экранирования:



где Е1, Н1 – напряжённости электрического и магнитного полей в какой-либо точке экранированного пространства; Е2, Н2 – то же без экрана. Коэффициент затухания для экрана определяется по формуле

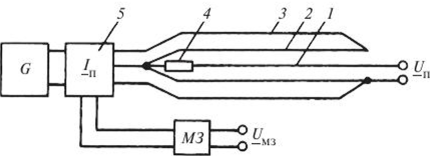
178

Для оценки степени экранирования используется сопротивление связи:



где I – ток вдоль экрана; *U* – напряжение помехи (на единице длины линии), которое возникает между жилой и экраном при замыкании жилы с экраном на дальнем конце кабеля.

Схема измерения сопротивления связи в коаксиальном кабеле:



Сопротивление связи в коаксиальных кабелях может быть измерено методом триаксиальной линии, показанной на рисунке выше. Коаксиальный кабель помещают в металлическую трубку 3. Экран 2 и трубка 3 образуют внешнюю коаксиальную линию, по которой протекает ток I. Проводники внутренней коаксиальной линии (жила 1 и экран 2) замыкаются на одном конце на нагрузочный резистор 4, сопротивление которого равно волновому сопротивлению линии. На другом конце внутренней линии измеряют напряжение. Волновые сопротивления внешней и внутренней линий должны быть примерно одинаковыми. Измеритель тока 5 подключают ко входу внешней коаксиальной линии.

Экранирующие свойства оболочек характеризуются сопротивлением связи при частоте 50 Гц, которое рассчитывается по формуле:



Для определения сопротивления связи ток в оболочке и напряжение в контуре жилы и оболочки измеряется по схеме.

Асимметрия в цепях симметричных кабелей приводит к усилению воздействия внешних помех. Перед измерениями производят симметрирование схемы (симметрирующих дросселей СД1 и СД2, нагрузочных резисторов вместе с соединительными проводами). При равенстве напряжений на М3 и измеряемой линии затухание асимметрии равно затуханию М3.

Для быстрого измерения частотной зависимости переходного затухания между симметричными цепями используют визуальные измерители затухания (ВИЗ). Работа ВИЗ основана на применении генератора качающейся частоты, сигналы которого подаются во влияющую цепь. Из цепи, на которую передается влияние, слабые сигналы подаются на усилитель и затем на экран осциллографа. Генератор качающейся частоты создает колебания, частота которых автоматически изменяется по линейному закону в пределах измеряемого диапазона частот. Амплитуда колебаний в процессе всего цикла изменения частоты остается постоянной. Схема измерения для определения сопротивления связи:

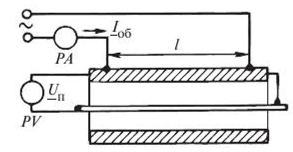
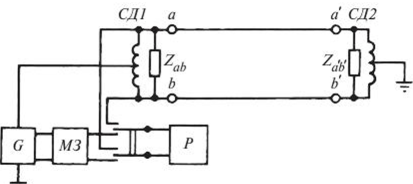


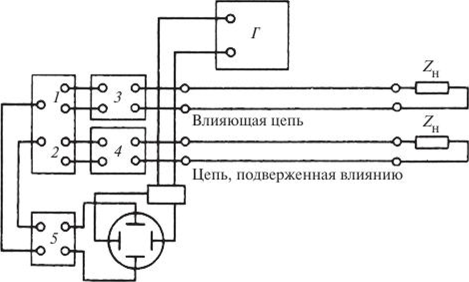
Схема измерения затухания асимметрии на осциллографе отражают зависимость коэффициента затухания от частоты.



Прибор ВИЗ-З пригоден для измерения переходных затуханий до 140 дБ (16 Нп) с погрешностью не более ± 1,75 дБ в диапазоне частот до 800 кГц. Период качания частоты генератора составляет 4 с. Диапазон качания частоты можно регулировать. Высокая частота генератора модулирована низкой частотой тока. Это позволяет на определенном этапе усиления выделять низкую частоту модуляции и усиливать ее дополнительно.

Приемная часть прибора ВИЗ-З имеет два входа (с усилителем). На вход 1 подается сигнал от влияющей цепи (контрольный канал), а па вход 2 – от цепи, подверженной влиянию. В каждом канале имеются градуированные делители напряжений 3 и 4. С их помощью можно совместить изображения обеих характеристик на экране в какой-либо точке (частоте) для точного определения переходного затухания на соответствующей частоте, так как разность ослабления напряжений делителями в каждом канале точно равна разности между уровнем сигнала на входах контрольного и измерительного каналов, т. е. измеряемому значению затухания на данной частоте.

Контрольный и измерительный каналы с помощью коммутирующего устройства попеременно (через каждый период развертки по частоте) подключаются к входу усилителя 5, что дает возможность видеть на экране одновременно две кривые (экран с послесвечением), соответствующие контрольной и измеряемой характеристикам. На экране высвечиваются также частотные метки. Схема измерений с помощью прибора ВИЗ-З:



# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1. Имеется кабель связи.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить методику оценки сопротивления связи.

**Решение:**

Сопротивление связи удобно измерять методом сравнения. В этом случае вместо измерителя тока через коаксиальный тройник подключают магазин затуханий. При равенстве напряжений магазина затуханий и кабеля затухание связи равно затуханию магазина.



Этот метод применяют при частоте примерно до 100 МГц. При частотах 200…900 МГц коаксиальный кабель помещают в коаксиальный резонатор. Внутренний цилиндр резонатора, в котором находится кабель, делают с отверстиями для связи кабеля с полостью резонатора. По кабелю пропускают высокочастотный ток, при этом через экран кабеля проходит часть энергии, и в резонаторе возникают электромагнитные колебания. Затем с кабеля снимают экран и снова помещают в резонатор. Логарифм отношения напряжений в резонаторе для кабеля без экрана и с экраном характеризует экранное затухание.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется кабель связи. Описать методику измерения параметра А.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | Ответ |
| --- | --- | --- |
| 1 | Переходное затухание. | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Сопротивление связи в коаксиальном кабеле методом триаксиальной линии. |
| 3 | Измерение с помощью прибора ВИЗ-З. |
| 4 | Измерение затухания асимметрии. |
| 5 | Измерение частотной зависимости переходного затухания. |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Назовите внешние влияния в кабелях связи?

2. Назовите взаимные влияния в кабелях связи?

3. Что такое магазин затухания?

4.Что такое экранное затухание?

5. Что такое сопротивление связи?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10.**

**Тема: Испытания кабелей и проводов на стойкость к воздействиям механических факторов.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами испытаний кабелей и проводов на стойкость к воздействиям механических факторов.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Самым распространённым видом механическим видом воздействия является навивание изделия. В соответствии с п. 5.2.3 ГОСТ 31996-2012 силовые кабели низкого напряжения должны быть стойкими к навиванию при определённых условиях.

Проверку стойкости кабелей к навиванию проводят на отрезке кабеля с открытыми концами при температуре 10…25 °С. Длина образца кабеля – не менее 1,5 м, исключая концевые разделки. Образцы кабелей всех марок подвергают трем циклам испытания.

Цикл заключается в навивании образца полным витком сначала в одном направлении, затем, после выпрямления, в противоположном направлении таким образом, чтобы слои, растягиваемые в первом случае, были сжимаемы во втором. Навивание и разматывание кабелей следует проводить плавно.

Номинальный диаметр цилиндра Dц, мм, на который должен быть навит отрезок кабеля, рассчитывают по формулам:

Dц = 20·(Dн + d) – для одножильных кабелей;

Dц = 15·(Dн + d) – для многожильных кабелей, где

Dн – наружный диаметр кабеля, мм;

d – наружный диаметр токопроводящей жилы, мм.

Предельные отклонения от номинального диаметра цилиндра ± 5 %.

Перед испытанием на навивание образцы кабелей с наружной оболочкой или защитным шлангом из поливинилхлоридного пластиката или из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести, или из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожароопасности, или из полимерной композиции, не содержащей галогенов, выдерживают в холодильной камере при температуре минус (15 ± 2) °С, а с защитным шлангом из полиэтилена – при температуре минус (20 ± 2) °С.

После достижения в холодильной камере заданной температуры образцы должны быть выдержаны в ней в течение следующего времени:

- 45 мин – для кабелей наружным диаметром до 20 мм;

- 120 мин – для кабелей наружным диаметром от 20,1 до 40 мм;

- 180 мин – для кабелей наружным диаметром свыше 40 мм.

Время между выемкой образцов из холодильной камеры и началом изгибания должно быть не более 5 мин.

После навивания образцы испытывают переменным напряжением, указанным ниже, в течение 5 мин по ГОСТ 2990.

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное напряжение кабеля, кВ | Переменное напряжение, кВ |
| 0,66 | 3,0 |
| 1,0 | 3,5 |
| 3,0 | 9,5 |

Испытание напряжением одножильных кабелей после навивания проводят в воде при температуре окружающей среды, при этом напряжение прилагают между жилой и водой.

Наружная оболочка или защитный шланг кабелей после навивания не должны иметь разрывов и трещин, видимых при внешнем осмотре.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется силовой кабель низкого напряжения марки ВВГ 3х16ок-0,66. Диаметр неизолированной жилы – 4,5 мм. Диаметр кабеля – 25,0 мм.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить необходимые параметры для проверки стойкости кабеля к навиванию.

**Решение:**

Рассчитываем номинальный диаметр цилиндра, на который должен быть навит отрезок кабеля для проверки по формуле:

Dц = 15·(Dн + d) – так как кабель многожильный. Отсюда:

Dц = 15·(25,0 + 4,5) = 442,5 мм.

Из ГОСТ 31996-2012 определяем время выдержки кабеля в холодильной камере:

- 120 минут для кабеля диаметром 25,0 мм.

Из ГОСТ 31996-2012 определяем испытательное переменное напряжение кабеля после навивания:

- 3,0 кВ для кабеля номинальным напряжением 0,66 кВ.

# 3 Задание.

Имеется силовой кабель низкого напряжения марки А. Диаметр неизолированной жилы – В. Диаметр кабеля – С. Определить необходимые параметры для проверки стойкости кабеля к навиванию.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | ВВГ 1х4ок-0,66 | 2,20 мм | 15 мм | 344 мм; 45 мин; 3,0 кВ |
| 2 | АВВГ 2х4ок(N)-1 | 2,25 мм | 19 мм | 318,75 мм; 45 мин; 3,5 кВ |
| 3 | ВВГ 3х16мк-3 | 4,40 мм | 22 мм | 396 мм; 120 мин; 9,5 кВ |
| 4 | АВВГ 4х50мс(PE)-1 | 6,50 мм | 40,5 мм | 705 мм; 180 мин; 3,5 кВ |
| 5 | ВВГ 5х10ок(N, PE)-0,66 | 3,50 мм | 20,2 мм | 355,5 мм; 120 мин; 3,0 кВ |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Дайте определение стойкости к навиванию?

2. Какой должна быть длина отрезка кабеля перед испытаниями?

3. Чем различаются методики испытаний кабелей с разными материалами оболочки?

4. Что такое концевые разделки?

5. В каком случае применяется понятие «защитный шланг»?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11**

**Тема: Испытания кабелей и проводов на стойкость к воздействиям климатических факторов.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами испытаний кабелей и проводов на стойкость к воздействиям различных климатических факторов.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

ГОСТ 16962.1-89 распространяется на электротехнические изделия народнохозяйственного назначения и для экспорта, перечень которых приведен в приложении 1 ГОСТ 15543.1.

Стандарт устанавливает методы испытаний изделий на соответствие требованиям ГОСТ 15543.1 в части устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды.

Термины, применяемые в настоящем стандарте, и их пояснения приведены в приложении

2 ГОСТ 16962.1-89.

Испытания по настоящему стандарту относят к предварительным, приёмочным (государственным, межведомственным, ведомственным), типовым, квалификационным и периодическим испытаниям.

При типовых испытаниях соответствующие испытания предприятие-изготовитель выбирает в зависимости от возможного влияния вносимых изменений на качество изделий и согласовывает с представителем заказчика на данном предприятии и с организацией-держателем подлинника конструкторской документации.

При периодических испытаниях изделия испытывают через определенный срок или после выпуска определенного количества изделий; периодичность различных испытаний может быть различной для одной и той же группы изделий, в зависимости от стабильности производства и конструктивных и технологических особенностей изделий, и должна устанавливаться в стандартах и технических условиях на изделия. При проведении испытаний через определенный срок периодичность выбирают из ряда: 1, 3, 6, 12 мес; в отдельных технически и экономически обоснованных случаях допускается устанавливать периодичность из ряда: 1,5; 2; 3; 4; 5 лет, причем для периодичности три года и менее при отсутствии в течение трех лет отказов при испытаниях или рекламаций по данному виду воздействия периодичность испытаний может быть увеличена.

Изделия, предназначенные для применения в качестве встроенных элементов, можно подвергать некоторым климатическим испытаниям один раз в составе комплектного изделия, в которое они встроены, или отдельно от него. При этом:

- комплектные изделия допускается не подвергать всем или некоторым видам испытаний, если входящие в его состав встроенные элементы удовлетворяют требованиям, предъявляемым к комплектному изделию в целом, а конструктивные особенности комплектного изделия таковы, что соединение элементов в комплектное изделие не меняет параметры элементов или изделия по данному виду испытания;

- встроенные элементы, функционально зависящие от работоспособности комплектного изделия (например, щетки для электрических машин), подвергают всем или некоторым видам испытаний только в составе комплектного изделия.

Если масса, габаритные размеры и конструкция изделий не позволяют испытывать их в полном комплекте на существующем испытательном оборудовании, то испытания проводят поблочно. Порядок таких испытаний оговаривают в стандартах и технических условиях на конкретные серии или типы изделий и (или) программах испытаний.

Если последовательные поблочные испытания не позволяют проверять соответствие изделий требованиям технических заданий или стандартов и ТУ на изделия, то испытания блоков, электрически связанных между собой, проводят одновременно при размещении их в нескольких камерах или на нескольких стендах.

Изделия, которые состоят из блоков, узлов или деталей, находящихся в неодинаковых эксплуатационных условиях, испытывают раздельно по нормам, соответствующим условиям эксплуатации данных блоков, узлов или деталей, что устанавливают в стандартах и ТУ на изделия и ПИ.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется силовой кабель низкого напряжения ГОСТ 31996-2012.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Описать методику испытания на стойкость к воздействию повышенной температуры по методу 201-1.2 ГОСТ 16962.1-89.

**Решение:**

Описываем методику испытания в соответствии ГОСТ 16962.1-89 и ГОСТ 31996-2012.

Испытание проводят с целью проверки параметров и сохранения внешнего вида изделий в условиях и после воздействия верхнего значения температуры. Испытание проводят методом 201-1.2 – испытание греющихся изделий. Метод применяют при наличии специального технического обоснования.

Испытания проводят, как указано в п. 2.1.4 ГОСТ 16962.1-89, но при значении температуры в камере, равной температуре контролируемого участка изделия, которую он приобретает при верхнем значении температуры среды при эксплуатации в условиях свободного обмена воздуха и электрической нагрузке, указанной в стандартах и ТУ на изделия и ПИ для этого верхнего значения температуры. При установлении в стандартах и ТУ на изделия значения температуры контролируемого участка изделия следует пользоваться методикой согласно приложению 4 ГОСТ 16962.1-89.

При испытании изделий, температуру контролируемого участка которых нельзя определить по приложению 4, устанавливают в камере температуру, превышающую заданное верхнее значение температуры внешней среды на указанную в стандартах величину наибольшего превышения температуры участка или узла, над температурой среды в наиболее жестком режиме, с учетом нормированного в стандартах снижения электрической нагрузки с повышением температуры внешней среды.

Если изменение параметров контролируют с целью определения температурных коэффициентов, то диапазон температур, в котором проводят испытание, устанавливается в стандартах и ТУ на изделия и ПИ.

Проверку стойкости кабелей к воздействию повышенной температуры окружающей среды проводят на трёх образцах кабеля длиной не менее 2 м, свернутых в бухты внутренним диаметром, соответствующим указанному в 8.4 ГОСТ 31996-2012.

Образцы помещают в камеру тепла, после чего в камере устанавливают температуру (50 ± 2) °С и выдерживают при установившемся режиме не менее 2 ч.

После извлечения из камеры образцы выдерживают в нормальных климатических условиях в течение не менее 1 ч, после чего они должны выдержать испытание переменным напряжением по п. 5.2.2.5 ГОСТ 31996-2012.

На поверхности образцов не должно быть разрывов и трещин, видимых при внешнем осмотре.

# 3 Задание.

Имеется изделие А. Описать методику климатического испытания В по ГОСТ 16962.1-89.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | Кабель ГОСТ 31996-2012 | 204-1 | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Провод ГОСТ 31946-2012 | 201-1.2 |
| 3 | Кабель ГОСТ 31996-2012 | 207-2 |
| 4 | Провод ГОСТ 31946-2012 | 211-1 |
| 5 | Кабель ГОСТ 31996-2012 | 214-1 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какой стандарт пришёл на замену ГОСТ 16962.1-89?

2. На что распространяется ГОСТ 16962.1-89?

3. В каких климатических условиях проводят испытания?

4. К каким типам испытаний относят испытания по ГОСТ 16962.1-89?

5. Что предпринимают, если масса, габаритные размеры и конструкция изделий не позволяют испытывать их в полном комплекте на существующем испытательном оборудовании?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12.**

**Тема: Испытания кабелей и проводов к специального вида воздействиям.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами испытаний кабелей и проводов на стойкость к специального вида воздействиям.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

ГОСТ Р 51802-2001 распространяется на машины, приборы и другие технические изделия всех видов и устанавливает методы испытаний изделий на стойкость к воздействию агрессивных и других специальных сред (коррозионно-активных агентов атмосферы), в частности, для проверки соответствия изделий техническим требованиям, указанным в стандартах и технических условиях на изделия, в том числе на соответствие ГОСТ Р 51801.

Стандарт не распространяется на испытания для условий внутренних объёмов химических аппаратов, если иное не установлено в стандартах и ТУ на конкретные типы таких аппаратов.

Стандарт применяют совместно с ГОСТ 30630.0.0.

Требования, изложенные в разделах 4-7 настоящего стандарта и приложении В ГОСТ Р 51802-2001, являются обязательными как относящиеся к требованиям безопасности.

Общие требования к проведению испытаний – в соответствии с ГОСТ 30630.0.0, раздел 9.

Испытания изделий, к которым предъявляют требования по стойкости к воздействию газо- и парообразных агрессивных сред, проводят в ускоренном режиме, испытания изделий на стойкость к воздействию специальных сред группы 6 проводят в нормальном режиме.

Испытания изделий на стойкость к воздействию газо- и парообразных агрессивных сред групп 1-3, 4а, а также неармированных электрокерамических изделий, предназначенных для эксплуатации по группам условий агрессивности XI, Х2, ХЗ, не проводят.

Испытания изделий на стойкость к воздействию жидких специальных сред групп 1-3, 5, а также специальных сред групп 4, 6 и 7 проводят в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51372.

Допускается не проводить испытания изделий в этих средах (за исключением группы 5), если стойкость изделий может быть гарантирована применением стойких материалов и покрытий.

Виды изделий, предназначенные для эксплуатации по указанным выше группам условий агрессивности, как правило, не подвергают испытаниям в газо- и парообразных агрессивных средах группы 5, если стойкость таких изделий может быть гарантирована применением стойких к данным условиям эксплуатации материалов и покрытий (например, металлических и неметаллических неорганических покрытий по ГОСТ 9.303). Для проверки возможности применения новых материалов и покрытий на стадии предварительных испытаний допускается испытывать изделия и (или) материалы, предназначенные для эксплуатации и (или) хранения по группам условий агрессивности, перечисленным в настоящем пункте, по вышеуказанным режимам, если признано нецелесообразным проводить такие испытания по полной программе в соответствии с ГОСТ Р 51372.

Испытания на подтверждение стойкости к воздействию хлоридов проводят путем испытаний на воздействие соляного тумана по методикам соответствующих стандартов дополнительно к испытаниям, установленным в соответствии с предыдущем пункте.

Не проводят испытание в газо- и парообразных агрессивных средах группы 5 изделий, предназначенных для эксплуатации по группам условий агрессивности Х00, Х01, Х02.1, Х04.1, а также Х03.1 и Х03.3, кроме изделий, предназначенных для размещения в машинных и котельных отделениях.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется ГОСТ Р 51802-2001.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Описать методику оценки результатов испытаний по ГОСТ Р 51802-2001.

**Решение:**

Описываем методику оценки результатов испытаний по ГОСТ Р 51802-2001.

Оценку извлеченных из камеры изделий проводят в следующей последовательности:

- проводят визуальный осмотр изделий без разборки;

- для электрорадиоизделий измеряют сопротивление изоляции между разобщенными электрическими цепями, после чего испытывают изоляцию повышенным напряжением, значение которого и порядок испытаний принимают по 5.4.5 ГОСТ Р 51802-2001. Эти измерения проводят спустя 1 ч после окончания испытаний;

- проводят испытания изделий на работоспособность в соответствии с 5.4.2 ГОСТ Р 51802-2001 и проверку параметров, указанных в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий и типов. Испытания на работоспособность изделия начинают спустя нс более 1 ч после испытаний для ЭРИ, для остальных изделий – спустя не более 1 ч после извлечения изделия из камеры;

- проводят визуальный осмотр изделий с их разборкой с целью выявления состояния покрытий и внешнего вида узлов и деталей.

Испытания на работоспособность изделий проводят в течение 1 ч или меньшего времени, если в стандартах и ТУ на изделия установлено меньшее время непрерывной работы. Во время и после (если это указано в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий или типов) испытания на работоспособность проверяют параметры изделий, специфичные для воздействия специальной среды. Эти параметры должны быть указаны в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий или типов.

При испытаниях ЭРИ дополнительно к требованиям, установленным в 5.4.1 и 5.4.2 ГОСТ Р 51802-2001, следует руководствоваться общими положениями, приведенными в настоящем пункте ниже.

При испытании изделие должно работать при номинальном напряжении. Превышение температуры обмоток (а при их отсутствии – других узлов, содержащих электрическую изоляцию и указанных в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий или типов или в программе испытаний) должно быть таким же, как при номинальной нагрузке, что достигается путем испытаний при номинальной нагрузке или путем периодических пусков и остановок изделий, или другими способами.

Значение испытательного напряжения для корпусной и междуфазовой изоляции должно быть равно половине значения испытательного напряжения, установленного для проверки изделий при испытаниях в нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150.

При проверке изоляции испытательное напряжение плавно повышают и выдерживают для органической и кремнийорганической изоляций 5 мин, неорганической – 1 мин. Междувитковую изоляцию испытывают в нагретом состоянии. Допускается междувитковую изоляцию электродвигателей мощностью до 100 кВт испытывать при номинальном напряжении и в режимах работы, указанных в 5.4.2 ГОСТ Р 51802-2001.

Под плавным подъёмом напряжения понимают подъем напряжения с произвольной скоростью до значения, равного 40 % испытательного, и дальнейший его подъем со скоростью порядка 3 % испытательного напряжения в 1 с, если в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий или типов не предусмотрен более быстрый подъём напряжения.

Изделие считают выдержавшим испытание на стойкость к воздействию специальных сред, если оно удовлетворяет следующим требованиям:

- изделие сохраняет работоспособность;

- при визуальном осмотре состояния лакокрасочных покрытий изделия не наблюдается их растрескивание или размягчение и другие недопустимые изменения внешнего вида. При применении кремнийорганических эмалей допускается наличие на пленке эмали отдельных трещин, но не допускается сетка трещин. Допускаются отдельные мелкие вздутия лакокрасочных покрытий, исчезающие после выдержки их в течение от 12 до 24 ч в нормальных условиях испытаний по ГОСТ 15150, а также отдельные небольшие пятна, появляющиеся вследствие изменения оттенка окраски;

- при визуальном осмотре металлических деталей (в том числе с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями), не подлежащих защите лакокрасочными покрытиями, не наблюдается коррозия или другие недопустимые изменения внешнего вида.

Допускаются отдельные очаги коррозии или незначительная коррозия на поверхности, если это не влияет на работоспособность и безотказность изделий и не нарушает их товарный вид.

Не допускается коррозия на рабочих дорожках подшипников, взрывозащитных поверхностях, упругих элементах и на поверхностях, где осуществляется электрический контакт. Допускается потемнение отдельных металлических деталей, образовавшееся вследствие испытания на работоспособность;

- при визуальном осмотре пластмассовых деталей нс наблюдается их коробление более допустимого по нормам, указанным в стандартах и (или) ТУ на изделия и в программах испытаний или в документации на детали. Допускается незначительное изменение цвета пластмассы; оболочки изделий по 9.7 ГОСТ 30630.0.0 должны соответствовать установленной степени защиты изделий оболочками.

- допускается устанавливать дополнительные требования при проверке изделий после испытаний на стойкость к воздействию агрессивных сред, например, в технически обоснованных случаях оценку изделий по 5.4.1 ГОСТ Р 51802-2001 проводят после испытаний на воздействие механических ВВФ по методам, перечисленным в приложении Е ГОСТ 30630.0.0.

Дополнительно к требованиям, установленным в 5.4.4, ЭРИ считают выдержавшими испытания, если:

- изоляция токоведущих частей относительно корпуса и междуфазовая изоляция выдерживают испытательное напряжение;

- для электродвигателей мощностью от 0,6 до 1000 кВт сопротивление междуфазовой изоляции и изоляции обмоток относительно корпуса после испытаний составляет (если иное не оговорено в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий или типов) не менее 1 МОм.

Для остальных изделий сопротивление изоляции указывают в стандартах или ТУ на изделия конкретных серий или типов на основании предварительных или межведомственных испытаний изделий или их аналогов.

# 3 Задание.

Имеется ГОСТ Р 51802-2001. Описать методику А по ГОСТ Р 51802-2001.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | Метод нормальных испытаний | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Требования безопасности |
| 3 | Типовые формы записи требований по испытаниям |
| 4 | Подготовка к методу ускоренных испытаний |
| 5 | Проведение ускоренных испытаний по группе Х1 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. В какой комплекс стандартов входит ГОСТ 16962.1-89?

2. На что распространяется ГОСТ 16962.1-89?

3. В каких условиях проводят испытания?

4. Как производится отбор образцов для испытаний по ГОСТ 16962.1-89?

5. Что регламентирует приложение Б ГОСТ 16962.1-89?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13.**

**Тема: Испытания кабелей и проводов на надежность.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами испытаний кабелей и проводов на надёжность.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

В соответствии с ГОСТ 13377-75 надежность есть свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным, режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Применительно к неремонтируемым элементам аппаратуры надежность можно определить как свойство изделий выполнять заданные функции в течение заданного времени при заданных условиях хранения и эксплуатации. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения изделий и условий их эксплуатации может включать безотказность, долговечность и сохраняемость.

Безотказность – это свойство изделий непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени.

Долговечность – это свойство изделий сохранять работоспособность до предельного состояния при заданных условиях эксплуатации.

Сохраняемость – это свойство изделий сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и транспортирования в заданных условиях.

Важнейшим понятием теории надежности является понятие отказа. Под отказом понимается событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия. Признаки (критерии) отказов устанавливаются НТД на данное изделие.

Однако в зависимости от назначения аппаратуры значимость этих показателей становится неодинаковой. Так, для особо ответственной аппаратуры, предназначенной для кратковременного использования, наибольшее значение имеет обеспечение высоких показателей безотказности, в то время как для изделия бытовой техники экономически целесообразно оперировать показателями долговечности.

Важными являются такие понятия надежности, как наработка, технический ресурс, сроки службы и сохраняемости.

Под наработкой понимается фактическая продолжительность или объем работы изделия.

Технический ресурс, или, кратко, ресурс – это наработка изделия от начала эксплуатации до предельного состояния.

Под сроком службы, понимается календарная продолжительность эксплуатации изделий от ее начала до наступления предельного состояния.

Срок сохраняемости – это календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования изделия в заданных условиях, в течение и после которой сохраняются значения заданных показателей в установленных пределах.

Приведенные выше определения требуют следующих пояснений. После изготовления «судьба» любых элементов аппаратуры, в том числе кабелей и проводов, может быть самой различной. Часть из них сразу монтируется в аппаратуру, другая часть может длительно храниться в упаковке поставщика и лишь потом монтироваться. После монтажа провода и кабели могут также храниться в составе аппаратуры или сразу эксплуатироваться в различных режимах.

Условия хранения проводов и кабелей, как правило, бывают менее жесткими, чем условия эксплуатации, однако в общем случае показатели их надежности после хранения могут снизиться. Поэтому после истечения срока сохраняемости, установленного в НТД на изделия, другие показатели их надежности не могут гарантироваться в полной мере.

Эксплуатация проводов и кабелей в составе радиоэлектронной аппаратуры возможна как в рабочих, так и в нерабочих режимах, а суммарная ее продолжительность определяется сроком службы. Учитывая, что эксплуатация аппаратуры в нерабочих режимах может быть приравнена к хранению, под сроком службы проводов и кабелей можно понимать календарную продолжительность их хранения в составе аппаратуры и эксплуатации до предельного состояния. Приведены характерные случаи реализации срока службы кабельного изделия:

- хранение в заводской упаковке, в составе аппаратуры или ЗИП в течение предельно допустимого срока сохраняемости. По истечении срока не может гарантироваться наработка кабельного изделия;

- эксплуатация в составе аппаратуры в течение всего допустимого времени;

а) непосредственно после изготовления кабельного изделия (в состоянии приёмки и поставки);

б) после хранения в течение времени;

в) то же, что и в пункте «б», но при чередовании рабочего и нерабочего состояний аппаратуры;

- использование частично;

а) либо сроков сохраняемости и службы при полной выработке;

б) либо наработки и срока сохраняемости при полной выработке.

Таким образом, срок службы для одного и того же изделия не является постоянным и зависит от степени реализации установленных для этого изделия наработки и срока сохраняемости.

В связи с этим в документации на элементы аппаратуры, в том числе на кабели и провода, срок службы устанавливается равным, как правило, сроку сохраняемости.



Надежность как свойство изделий имеет свои количественные показатели, общая схема которых приведена на рисунке выше. Для обеспечения надежной работы кабельных изделий не должно допускаться превышение ни одного из трех нормируемых в НТД показателей.

Как указывалось выше, одним из основных понятий теории надежности является понятие отказа. Не вызывает сомнения, что отказ любой аппаратуры или ее элементов является событием случайным, при этом случайным является как количество экземпляров изделия, отказавших за время наступления отказа данного экземпляра. В связи с этим трудно представить аппарат для описания количественных показателей надежности более подходящий, чем аппарат теории вероятностей и математической статистики.

В настоящее время вероятностная теория надежности получила широкое распространение во всех отраслях промышленности, в том числе и в кабельной технике.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется ГОСТ 27.410-87.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Описать применяемость данного стандарта.

**Решение:**

ГОСТ 27.410-87 распространяется на изделия, к которым в нормативно-технической и конструкторской документации предъявляют требования надежности, и устанавливает методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность.

Принятые в стандарте обозначения приведены в приложении 1, термины и определения планов испытаний па надежность – в приложении 2. применяемость испытаний на надежность – в приложении 4. планы контрольных испытаний – в приложении 7, контрольные испытания на ремонтопригодность – в приложении 8. примеры планирования контрольных испытаний на надежность – в приложении 9. пояснения – в приложении 10.

# 3 Задание.

Имеется ГОСТ 27.410-87. Описать методику А по ГОСТ 27.410-87.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | Требования к расчётно-экспериментальным методам  контроля показателей надёжности. | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Требования к расчётным методам контроля показателей надёжности. |
| 3 | Примерное содержание программы испытаний на надёжность. |
| 4 | Правила разработки и оформления программы и методик испытаний на надёжность. |
| 5 | Планы контрольных испытаний. |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что должен включать контроль нормируемых показателей надежности?

2. На что распространяется ГОСТ 16962.1-89?

3. Как разделяются методы контроля показателей надежности?

4. С учётом чего выбирают метод контроля показателей надежности?

5. Что служит исходными данными для выбора плана контроля?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14.**

**Тема: Испытания кабелей и проводов повышенным напряжением.**

**Цель работы**: ознакомление со способами и видами испытаний кабелей и проводов повышенным напряжением.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

ГОСТ 2990-78 распространяется на кабели, провода и шнуры и устанавливает методы испытания переменным электрическим напряжением номинальной частоты 50 Гц (далее-переменным напряжением), постоянным и импульсным напряжением, а также метод испытания переменным электрическим напряжением частоты 50-106 Гц и импульсным напряжением резиновой или пластмассовой изоляции, оболочки или защитного шланга кабельных изделий на проход (далее-испытание напряжением на проход).

Стандарт не распространяется на эмалированные провода и обмоточные провода с бумажной и волокнистой изоляцией.

Испытание переменным, постоянным и импульсным напряжением:

- Испытанию должны быть подвергнуты кабельные изделия, не имеющие видимых наружных повреждений и хранившиеся в условиях, указанных в нормативно-технической документации на них.

- При проведении испытаний на образцах число и длина образцов должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации на кабельные изделия.

Испытание напряжением на проход:

Испытанию напряжением на проход должны быть подвергнуты изолированные жилы и провода в процессе наложения изоляции, скрутки жил, или в процессе их перемотки, а также оболочки или защитные шланги в процессе их наложения или перемотки.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется кабельное изделий без отдельно экранированных жил.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить общую методику испытания повышенным напряжением в соответствии с ГОСТ 2990-78.

**Решение:**

Определяем методику испытаний в соответствии с ГОСТ 2990-78:

1) Схемы испытания однофазным напряжением кабельных изделий без отдельно экранированных жил должны соответствовать указанным в таблице 1 ГОСТ 2990-78.

Однофазное испытательное напряжение следует подключать к испытуемому кабельному изделию согласно схемам таблице 1 ГОСТ 2990-78, а трехфазное – согласно схемам таблицы 1а ГОСТ 2990-78, если в нормативно-технической документации на отдельные виды кабельных изделий не установлены другие требования.

Допускается проводить испытания трехфазной испытательной установкой по схемам, указанным в таблице 1 ГОСТ 2990-78, используя отдельные фазы установки.

2) При испытании однофазным напряжением изоляции кабельных изделий одна жила (одножильных или многожильных кабельных изделий) или группа электрически соединенных жил (многожильных кабельных изделий) должна быть соединена с выводом высокого напряжения испытательной установки. Другая жила или группа жил, а также общая металлическая оболочка, экран, броня или специальный электрод должны быть соединены электрически между собой и с заземленным выводом установки.

3) Значение испытательного напряжения, а также продолжительность выдержки кабельного изделия под напряжением должны быть указаны в нормативно-технической документации на кабельные изделия.

4) Пояснения к схемам испытания электрической изоляции кабельных изделий, а также пояснения к выбору значения испытательного напряжения даны в приложении ГОСТ 2990-78.

5) При испытании первоначально приложенное значение напряжения не должно составлять более 40 % значения испытательного напряжения. При подъеме от 40 до 100 % значения испытательного напряжения скорость подъема не должна быть более 1 кВ/с для значений испытательного напряжения до 60 кВ включительно и более 2 кВ/с для значений испытательного напряжения свыше 60 кВ.

Допускается для значений испытательного напряжения свыше 200 кВ, чтобы первоначально приложенное значение напряжения не составляло более 75 % значения испытательного напряжения, а скорость подъема не составляла более 2 % значения испытательного напряжения в 1 с.

6) Значение испытательного напряжения следует поддерживать с допустимым отклонением ± 5 % в течение испытания.

7) При определении кратковременного пробивного напряжения изоляции кабельных изделий напряжение должно плавно повышаться до пробоя за время от 5 до 60 с.

8) Снятие напряжения до 40 % значения испытательного напряжения должно производиться плавно при любой скорости, после чего установка может быть отключена.

9) При испытании постоянным напряжением заземляют отрицательный полюс установки, если в нормативно-технической документации на кабельные изделия нет других требований.

# 3 Задание.

Имеется кабельное изделие А. Определить общую методику испытания повышенным напряжением в соответствии с ГОСТ 2990-78.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | С отдельно экранированными жилами | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Симметричная четвёрка магистрального кабеля |
| 3 | Защитный покров |
| 4 | С заземляющей жилой |
| 5 | С нулевой жилой |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что регламентирует ГОСТ 2990-78.

2. Какова инструментальная погрешность измерения испытательного напряжения?

3. Какие требования предъявляются к испытательному оборудованию?

4. Какие требования предъявляются к полному импульсу напряжения?

5. При каких внешних условиях проводят испытания напряжением?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 15.**

**Тема: Измерение коэффициента затухания в волоконно-оптических кабелях.**

**Цель работы**: освоить методику расчёта коэффициента затухания в световоде оптического кабеля.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Затухание является важнейшим параметром оптических кабелей. Затухание обусловлено собственными потерями в волоконном световоде и дополнительными потерями, так называемыми кабельными, обусловленными скруткой, а также деформацией и изгибами оптических волокон при наложении покрытий и защитных оболочек в процессе изготовления ОК.

# Собственные потери волоконного световода состоят из потерь поглощения молекулами кварца и потерь рассеяния вследствие изменения направления распространения лучей на нерегулярностях и их высвечивания в окружающее пространство.

# Часть мощности поглощается также и посторонними примесями, выделяясь в виде джоулева тепла. Примесями могут являться ионы металлов (никель, железо, кобальт и др.) и гидроксильные группы (ОН), приводящие к появлению резонансных всплесков затухания.

# Затухание за счёт поглощения связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, линейно растет с частотой, существенно зависит от свойств материала оптического волокна. Потери на поглощение растут линейно с уменьшением частоты.

# Потери релеевского рассеяния обусловлены неоднородностями материала волоконного световода, расстояния между которыми меньше длины волны, и тепловой флуктуацией показателя преломления.

# Дополнительное затухание, обусловленное кабельными потерями, состоит из суммы, по крайней мере, семи видов парциальных коэффициентов затухания:

# 1 – возникает вследствие приложения к ОВ термомеханических воздействий в процессе изготовления кабеля;

# 2 – вследствие температурной зависимости коэффициента преломления материала ОВ;

# 3 – вызывается микроизгибами ОВ;

# 4 – возникает вследствие нарушения прямолинейности ОВ (скрутка);

# 5 – возникает вследствие кручения ОВ относительно его оси (осевые напряжения скручивания);

# 6 – возникает вследствие неравномерности покрытия ОВ;

# 7 – возникает вследствие потерь в защитной оболочке ОВ.

# Дополнительные потери определяются в основном процессами рассеяния энергии на неоднородностях, возникающих вследствие перечисленных влияний, и частично увеличением потерь на поглощение энергии. Причинами увеличения потерь на поглощение являются остаточные осевые и поперечные напряжения в ОВ, могущие возникнуть при изготовлении кабеля.

# Затухание в местах соединений оптических волокон. В отличие от традиционных кабелей затухание в сростках ОВ может достигать больших величин, соизмеримых с километрическим затуханием. На затухание сростка большое значение оказывает поперечное смещение и смещение осей.

# Внутренние потери. Производство оптических волокон оставляет некоторые допуски на воспроизводимость их параметров. Потери в ОВ обусловлены различием: числовых апертур, диаметров сердцевины, диаметров модового поля, некруглостью, неконцентричностью сердцевины/оболочки.

# Экспериментально потери излучения в волоконных световодах принято выражать в децибелах на единицу длины волокна 1 км (линейные потери):

# , где

# – мощность прошедшего через ОВ светового потока, Вт;

# – мощность входящего (падающего) на ОВ светового потока, Вт,

# L – длина оптического волокна, км.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется оптическое волокно длиной 500 м. Замеренная мощность входного сигнала составила 1 мВт, выходного – 0,9 мВт.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить затухание сигнала в оптическом волокне.

**Решение:**

# Переводим величины в систему СИ:

# 500 м = 0,5 км;

# 1 мВт = 1·10-3 Вт;

# 0,9 мВт = 0,9·10-3 Вт.

# Определяем затухание сигнала в данном волокне по формуле:

дБ/км.

Знак «–» в данном случае означает затухание сигнала.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется оптическое волокно длиной А. Замеренная мощность входного сигнала составила В, выходного – С. Определить затухание сигнала в оптическом волокне

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | B | C | Ответ |
| 1 | 375 м | 0,98 мВт | 0,64 мВт | -4,935 дБ/км |
| 2 | 398 м | 1,34 мВт | 0,98 мВт | -3,414 дБ/км |
| 3 | 406 м | 1,22 мВт | 0,62 мВт | -7,241 дБ/км |
| 4 | 435 м | 0,33 мВт | 0,01 мВт | -34,908 дБ/км |
| 5 | 444 м | 0,64 мВт | 0,02 мВт | -33,9 дБ/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что такое собственные потери волоконного световода?

2. Что значит затухание в местах соединений оптических волокон?

3. Что значит дополнительное затухание, обусловленное кабельными потерями?

4. Чем обусловлено релеевское рассеяние?

5. Приведите пример использования оптических волокон?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16.**

**Тема: Ремонт электрической изоляции кабелей и проводов.**

**Цель работы**: ознакомиться с методами и способами ремонта конструктивных элементов в кабельных линиях.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Во время эксплуатации кабельных линий по определенным причинам кабели, а также соединительные муфты и концевые заделки выходят из строя.

# Основные причины повреждения кабельных линий напряжением 1-10 кВ следующие:

# - предшествующие механические повреждения – 43 %;

# - непосредственные механические повреждения строительными и другими организациями – 16 %;

# - дефекты в соединительных муфтах и концевых заделках во время монтажа – 10 %;

# - повреждение кабеля и муфт в результате осадки грунта – 8 %;

# - коррозия металлических оболочек кабелей – 7 %;

# - дефекты изготовления кабеля на заводе – 5 %;

# - нарушения при прокладке кабеля – 3 %;

# - старение изоляции из-за длительной эксплуатации или перегрузок – 1 %;

# - прочие и неустановленные причины – 7 %.

# В соответствии с требованиями безопасности каждая кабельная линия должна подвергаться текущему или капитальному ремонту.

# Текущий ремонт может быть аварийным, срочным и плановым.

# Аварийным ремонтом называется такой ремонт, когда после отключения кабельной линии потребители всех категорий остались без напряжения и нет возможности подать напряжение по кабелям высокого или низкого напряжения, в том числе по временным шланговым кабелям, или когда резервная линия, на которую передана нагрузка, недопустимо перегружается и нет возможности дальнейшей разгрузки или требуется ограничение потребителей.

# К аварийному ремонту приступают немедленно и выполняют его непрерывно в минимально кратчайший срок и включают кабельную линию е работу.

# В больших городских кабельных сетях и на крупных промышленных предприятиях для этого сформированы аварийно-восстановительные службы из бригады или нескольких бригад, которые дежурят круглосуточно и по указанию диспетчерской службы немедленно выезжают на место аварии. Срочным ремонтом называется такой ремонт, когда приемники первой или особо важные второй категории лишаются автоматического резервного питания, а для приемников всех категорий нагрузка на оставшихся кабельных линиях вызывает их перегрузку или ограничение потребителей. К срочному ремонту кабельных линий приступают ремонтные бригады по указанию руководства энергослужбы в течение рабочей смены.

# Плановый ремонт – это ремонт всех кабельных линий, не указанных выше, который выполняется по плану-графику, утвержденному руководством энергослужбы. План-график ремонтов кабельных линий составляется ежемесячно на основе записей в журналах обходов и осмотров, результатов испытаний и измерений, а также по данным диспетчерских служб.

# Капитальный ремонт кабельных линий производится по годовому плану, разрабатываемому ежегодно в летний период для следующего года на основе данных эксплуатации.

# При составлении плана капитального ремонта учитывается необходимость внедрения новых, более современных типов кабелей и кабельной арматуры. Планируется ремонт кабельных сооружений и всех работ, связанных с исправностью освещения, вентиляции, противопожарных средств, устройств по откачке воды Учитывается также необходимость частичной замены кабелей на отдельных участках, лимитирующих пропускную способность линий или не удовлетворяющих требованиям термической стойкости в изменившихся условиях работы сети при возросших токах короткого замыкания

# Ремонт находящихся в эксплуатации кабельных линий выполняется непосредственно самим эксплуатационным персоналом или персоналом специализированных электромонтажных организаций. При ремонте эксплуатируемых кабельных линий выполняются следующие работы:

# - подготовительные – отключение кабельной линии и её заземление, ознакомление с документацией и уточнение марки и сечения кабеля, выписка наряда-допуска по технике безопасности, погрузка материалов и инструмента, доставка бригады на место работы;

# - подготовка рабочего места – выполнение шурфов, раскопка котлованов и траншей определение ремонтируемого кабеля, ограждение рабочего места и мест раскопок, определение кабеля в РП (ТП) или в кабельных сооружениях, проверка отсутствия горючих и взрывоопасных газов, получение разрешения на огневые работы;

# - подготовка к монтажу – допуск бригады, прокол кабеля, разрезание кабеля или вскрытие муфты, проверка изоляции на наличие влаги отрезание участков поврежденного кабеля, установка палатки; прокладка ремонтной кабельной вставки;

# - ремонт кабельной муфты – разделка концов кабеля, фазировка кабелей, монтаж соединительных муфт (или муфты и заделки);

# - оформление окончания работ – закрытие дверей РУ, ТП, кабельных сооружений, сдача ключей, засыпка котлованов и траншей, уборка и погрузка инструмента, доставка бригады на базу, составление исполнительного эскиза и внесение изменений в документацию кабельной линии, отчет об окончании ремонта;

# В целях ускорения ремонтных работ на кабельных линиях должна широко применяться механизация при выполнении земляных работ: пневматические отбойные молотки, электромолотки, бетоноломы, экскаваторы, средства для отогрева мерзлого грунта.

# Для перевозки ремонтных бригад применяются специальные передвижные кабельные мастерские.

# Ремонты кабельных линий бывают простые, не требующие больших трудозатрат и времени, и сложные, когда ремонт продолжается несколько дней. К простым ремонтам относятся, например, такие, как ремонт наружных покровов (джутового покрова, поливинилхлоридного шланга), покраска и ремонт бронелент, ремонт металлических оболочек, ремонт концевых заделок без демонтажа корпуса и т.п. Перечисленные ремонты выполняются в одну смену одной бригадой (звеном).

# К сложным относятся такие ремонты, когда приходится заменять большие длины кабеля в кабельных сооружениях с предварительным демонтажем вышедшего из работы кабеля или прокладывать в земле новый кабель на участке длиной несколько десятков метров (в редких случаях и сотни метров).

# Выполнение ремонтов усложняется в большинстве случаев тем, что кабельная трасса проходит по сложным участкам с многими поворотами, с пересечением шоссейных дорог и инженерных коммуникаций, при большой глубине залегания кабеля, а также в зимнее время, когда необходимо отогревать землю При выполнении сложных ремонтов прокладывается новый участок кабеля (вставка) и монтируются две соединительные муфты

# Сложные ремонты выполняются одной или несколькими бригадами, а при необходимости круглосуточно, с применением землеройных механизмов и других средств механизации.

# Сложные ремонты выполняются или силами энергослужбы предприятия (городских сетей), или с привлечением специализированных организаций по монтажу и ремонту кабельных линий.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется кабельная линия.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Описать методику ремонта концевых заделок кабельной линии.

**Решение:**

При разрушении корпуса заделки и выгорании жил в корешке ремонт заделок выполняется так же, как и ремонт концевых муфт, за исключением того, что корпус заделки и детали нельзя использовать повторно.

Ремонт концевых заделок в стальных воронках при разрушении изоляции жил выполняется в следующей последовательности:

- разрушенную изоляцию жил или пришедшую в негодность (загрязнение, увлажнение) удаляют с жил;

- сматывают один слой бумажной изоляции;

- производят подмотку в пять слоев с 50 % перекрытием липкой поливинилхлоридной лентой или тремя слоями прорезиненной ленты с последующим покрытием изоляционными лентами или красками. Вместо указанных лент ремонт может быть выполнен с применением ленты ЛЭТСАР (два слоя) и ленты ПВХ (один слой).

При растрескивании, отслаивании, частичном уходе и значительном загрязнении заливочного состава, особенно когда эти дефекты сопровождаются заметным смещением жил между собой или к корпусу воронки (что может в свою очередь вызываться неправильным положением или отсутствием распорной пластины), следует сделать полную перезаливку стальной воронки.

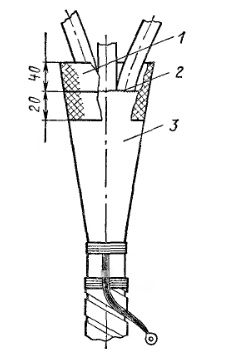
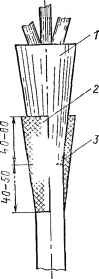
Старый заливочный состав удаляется (выплавляется), воронка опускается вниз и очищается oт копоти и грязи. Производится подмотка нового уплотнения (под воронку), и воронка ставится на место.

Горловина воронки подматывается смоляной лентой, и воронка вместе с кабелем крепится к опорной конструкции хомутом. Проверяется правильность положения фарфоровых втулок. Производится заливка воронки заливочным составом (МБ-70, МБ-90).

Ремонт концевых заделок из поливинилхлоридных лент производится при наличии пропиточного состава в корешке или на жилах, при растрескивании и обрывах лент. Технология ремонта заключается в демонтаже старых лент и подмотке на жилах новых лент ПВХ или ЛЭТСАР.

Ремонт эпоксидных концевых заделок при разрушении подмоток на жилах выполняется с демонтажем старых лент, восстановлением новых лент ЛЭТСАР и дополнительной подливкой эпоксидного компаунда с таким расчетом, чтобы ленты заходили в заливаемый компаунд не менее чем на 15 мм.

При течи пропитывающего состава по кабелю в корешке заделки обезжириваются нижняя часть заделки на участке 40-50 мм и на таном же расстоянии участок брони или оболочки (для небронированных кабелей). На обезжиренный участок корпуса заделки и примыкающий к нему участок кабеля шириной 15-20 мм накладывается двухслойная подмотка из смазанной эпоксидным компаундом хлопчатобумажной ленты. Устанавливается ремонтная форма, заливка которой производится эпоксидным компаундом.



При нарушении герметичности в месте выхода жил из корпуса заделки обезжириваются верхняя плоская часть корпуса заделки и участки трубок или подмотки жил длиной 30 мм, примыкающие к корпусу. Устанавливается съёмная ремонтная форма, размеры которой выбираются в зависимости от типоразмера заделки. Заливка формы компаундом производится так же, как и в предыдущем случае.

При нарушении герметичности на жилах обезжиривается дефектный участок трубки или подмотки жилы и накладывается ремонтная двухслойная подмотка из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой эпоксидным компаундом каждого витка обмотки или лента ЛЭТСАР в три слоя.

При нарушении герметичности в месте примыкания трубки или подмотки к цилиндрической части наконечника обезжириваются поверхность бандажа и участок трубки или подмотки жилы длиной 30 мм. На обезжиренные участки накладывается двухслойная подмотка из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой компаундом каждого витка подмотки. Поверх подмотки накладывается плотный бандаж из крученого шпагата и также обмазывается эпоксидным компаундом.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется кабельная линия. Описать методику ремонта элемента А кабельной линии.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | Ремонт концевых муфт наружной установки. | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Ремонт соединительных муфт. |
| 3 | Восстановление бумажной изоляции кабеля. |
| 4 | Ремонт металлических оболочек. |
| 5 | Ремонт защитных покровов. |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Дайте определение кабельной линии?

2. Какие работы выполняются при ремонте эксплуатируемых кабельных линий?

3. Каким может быть текущий ремонт кабельной линии?

4. Какова основная причина повреждений кабельных линий?

5. Какой ремонт кабельной линии называется сложным?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 17.**

**Тема: Непрерывные неразрушающие виды испытаний.**

**Цель работы**: ознакомиться с методами и способами неразрушающих видов профилактических испытаний изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Профилактические испытания – комплекс мероприятий, направленных на своевременное обнаружение дефектов в элект­рической изоляции.

Основное назначение электрической изоляции – не про­пускать электрический ток по нежелательным путям. В про­цессе эксплуатации на изоляцию воздействует множество не­благоприятных факторов: тряска, вибрации, изменения тем­ператур, иногда в широком диапазоне, повышенные темпе­ратуры, загрязнение, увлажнение, воздействие агрессивной пыли, электрического поля, как при рабочем напряжении, так и при перенапряжениях. Поэтому с течением времени изоляция постепенно теряет свои первоначальные свойства. Изоляция стареет, а возникшие дефекты настолько снижают ее электрическую прочность, что она не может выдержать не только коммутационные или атмосферные перенапряже­ния, но и номинальное рабочее напряжение.

Периодичность восстановительных ремонтов изоляции элек­трооборудования устанавливается на основе опыта эксплуа­тации, а объём и технология ремонта определяются характе­ром образовавшихся дефектов. Как правило, дефекты не могут быть обнаружены путем визуального осмотра, для выявле­ния их необходимо проводить определенные испытания, ко­торые называются профилактическими.

Целью профилактических испытаний изоляции являются сво­евременное выявление развивающихся дефектов и недопущение повреждения изоляции в процессе эксплуатации.

Такие испытания сопровождаются контрольными измерениями параметров, характеризующих диэлектрические свойства изоля­ции. Они позволяют получить объективные данные о состоянии изоляции, определить объем и технологию восстановитель­ного ремонта. Постоянные контрольные испытания электри­ческой изоляции сокращают число повреждений оборудова­ния в процессе эксплуатации. Кроме того, при проведении таких контрольных испытаний можно изучать физические особенно­сти и анализировать причины появления дефектов в изоляции.

Профилактические испытания подразделяются на два вида: неразрушающие и испытания изоляции повышенным напряжением. Для конкретного оборудования и конкретных условий его эк­сплуатации применяются и специальные методы испытаний: импульсные испытания изоляции контактной сети, испытания электрических кабелей, контроль распределения напряжения по изоляторам гирлянды.

К неразрушающим методам профилактических испытаний относятся:

- контроль сопротивления изоляции;

- контроль изоляции по величине тангенса диэлектрических потерь

- контроль влажности изоляции;

- контроль тока утечки;

- метод, основанный на искажении формы кривой тока утечки;

- метод частичных разрядов;

- метод измерения скорости спада тока заряда.

К методам испытания изоляции повышенным напряжением относятся:

- испытание изоляции повышенным переменным напряжением;

- испытание изоляции повышенным выпрямленным на­пряжением;

- испытание изоляции повышенным импульсным напря­жением.

В условиях эксплуатации неразрушающие методы испыта­ния, конечно же, являются предпочтительными. Они прово­дятся при воздействии на изоляцию напряжения, по величине не превышающего максимального амплитудного рабочего на­пряжения. При таких испытаниях исключается возможность пробоя ослабленной электрической изоляции в отличие от ис­пытаний изоляции повышенным напряжением.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется кабельная линия.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Описать методику неразрушающего способа контроля сопротивления изоляции.

**Решение:**

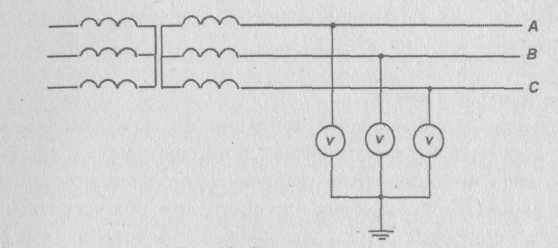
Поддержание сопротивления изоляции на высоком уровне уменьшает вероятность замыканий на землю, на корпус и пораже­ний людей электрическим током. Контроль изоляции может быть приёмосдаточным, периодическим или постоянным (непрерывным). В малоразветвлённых сетях с изолированной нейтралью, где ём­кость фаз относительно земли невелика, сопротивление изоляции яв­ляется основным фактором безопасности. Поэтому ПУЭ требуют в се­тях до и выше 1 кВ с изолированной нейтралью осуществлять по­стоянный контроль изоляции.

В сетях с большой ёмкостью и в сетях с заземлённой нейтралью сопротивление изоляции не определяет безопасности, однако повре­ждение изоляции может стать причиной поражения при прикоснове­нии к изолированной токоведущей части. Поэтому и в таких сетях должен проводиться контроль изоляции, правда, можно ограничиться периодическим контролем.

Правила предусматривают проведение периодических проверок сопротивления изоляции мегомметром, измерительное напряжение которого должно быть равным или несколько большим номинального напряжения электроуста­новки, так как сопротивление изоляции является нелинейной функцией приложенного напряжения.

Измеряется сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между фазами на каж­дом участке между двумя последовательно установленными предо­хранителями, выключателями и другими устройствами или за послед­ним предохранителем (выключателем). Сопротивление изоляции электропроводок (в том числе осветительных) и кабельных линий каж­дого участка в установках напряжением до 1000 В согласно ПУЭ и ПТЭЭП должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу; распределительных устройств, щитов и токопроводов – не менее 1 МОм; кранов и лифтов – не менее 0,5 МОм. В результате измерений обнаруживаются участки с низким сопротивлением изоляции, требующие профилактических мероприятий для предупреждения замыканий на землю и коротких замыканий Неудобство таких измерений состоит в том, что они должны проводиться при полном снятии на­пряжения с установки и при отключенных электроприёмниках (в осве­тительных сетях – при вывернутых лампах накаливания). В настоящее время разработаны приборы, позволяющие измерять сопротивление изоляции под напряжением и при включённых электроприёмниках.

Постоянный (непрерывный) контроль изоляции проводится под рабочим напряжением с подключёнными потребителями, поэтому он даёт информацию о величине сопротивления изоляции всей электроустановки. Наиболее простой схемой постоянного контроля изоляции является схема трёх вольтметров, представленная на рисунке.



При нормальном состоянии изоляции каждый из вольтметров показывает напряжение соответствующей фазы отно­сительно земли. При полном (металлическом, глухом) замыкания одной из фаз на землю вольтметр, подключённый к этой фазе, покажет нуль, а вольтметры, подключённые к другим фазам – линейное напряжение.

На практике чаще возникают замыкания на землю через переходное сопротивление (неполное замыкание). В этом случае вольтметр повреждённой фазы покажет напряжение больше нуля, но меньше фазного, а вольтметры исправных фаз – напряжение больше фазного, но меньше линейного. Конкретные значения показаний вольтметров определяются величиной переход­ного сопротивления в месте замыкания на землю.

Схема трёх вольтметров не измеряет сопротивление изоляции, а лишь указывает на наличие или отсутствие замыкания на землю в электрически связанной сети. Конкретное место замыкания на землю определяется по­следовательным отключением потребителей (электроприемников).

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется кабельная линия. Описать методику неразрушающего способа контроля А.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | Контроль влажности изоляции. | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Контроль тока утечки. |
| 3 | Контроль изоляции по величине тангенса угла диэлектрических потерь. |
| 4 | Метод частичных разрядов. |
| 5 | Метод измерения скорости спада тока заряда. |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. На какие виды разделяются профилактические испытания?

2. Дайте определение профилактическим испытаниям?

3. Опишите причины старения изоляции?

4. Что является целью профилактических испытаний?

5. Как определяется периодичность восстановительных ремонтов изоляции?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 18.**

**Тема: Статистические методы контроля.**

**Цель работы**: ознакомиться со статистическими методами контроля проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Статистический приёмочный контроль – это совокупность методов статистического контроля качества массовой промышленной продукции с целью выявления её соответствия заданным требованиям.

# При контроле качества промышленной продукции можно выделить два основных подхода: сплошной контроль (полный контроль всей партии) и выборочный контроль, когда по качеству выборки из n изделий, являющейся частью всего объёма партии N, судят о всей партии.

# При большом объеме партии сплошной контроль может быть затруднен как по времени, так и по стоимости самого процесса контроля. Но при сплошном контроле все равно возникает вопрос о том, сколько можно допускать «брака».

# При выборочном контроле из партии извлекается выборка или проба. Выборка – это часть партии (n < N). Она может представлять одно изделие или совокупность изделий, отобранных для контроля. Выборка из контролируемой партии должна быть случайной и представительной. Случайная выборка составляется из изделий, вероятность отбора каждого из которых одинакова. Выборка является представительной, если ее свойства отражают свойства всей контролируемой совокупности.

# При контроле нештучной продукции (вода, бензин, газ и пр.) пользуются термином проба. Проба – это некоторое количество продукции, отобранное для контроля, она характеризуется объемом, взятым для пробы.

# В стандартах на готовую продукцию, в технических условиях, технической документации и других нормативно - технических документах указываются планы контроля.

# Планами контроля называется совокупность данных о виде контроля, объемах контролируемой партии, выборке или проб, о контрольных нормативных и решающих правилах.

# Контрольный норматив – это значение показателей качества продукции, определенное нормативно – технической документацией и представляющее собой критерий для принятия решения по результатам контроля.

# Приемочное число – это контрольный норматив, являющийся критерием для приемки партии продукции.

# Браковочное число – контрольный норматив, являющийся критерием для забраковывания партии продукции.

# Различают два варианта статистического контроля качества (надежности) изделий [63]:

# - контроль по качественным признакам,

# - контроль по количественным признакам.

# Статистический приемочный контроль по качественному признаку представляет собой контроль качества продукции, в ходе которого все изделия разбиваются на две группы: годные (кондиционные) и негодные (дефектные). Оценка всей партии проводится по величине доли дефектных изделий в выборке.

# Статистический приемочный контроль по количественным признакам – это контроль качества продукции, в ходе которого определяются численные значения одного или нескольких её параметров. Оценка всей партии проводится по статистическим характеристикам распределения определяемых параметров.

# Статистический приемочный контроль может быть одноступенчатым, двухступенчатым, многоступенчатым и последовательным.

# Одноступенчатый приемочный контроль – это такой контроль, когда решение относительно партии продукции принимается по результатам контроля только одной выборки или пробы.

# При одноступенчатом контроле из контролируемой партии продукции объемом N случайным образом отбирают n единиц продукции, проверяют эту выборку и в ней подсчитывают число дефектных изделий m. Если число m меньше или равно приёмочному числу С, то партия изделий принимается. В противном случае она бракуется.

# В том случае, если установлено приёмочное число C2, то партия принимается при m ≤ C1 и бракуется при m ≥ C2.

# Если же по результатам одноступенчатого контроля окажется, что C1 < m < C2, то производится двухступенчатый контроль.

# При двухступенчатом контроле устанавливаются объем второй выборки n2 и новое приемочное число С3 и браковочное число С4. Сравнение числа дефектных изделий с этими числами производится по совокупности двух выборок.

# Последовательный контроль (последовательный анализ) – метод статистического исследования при проверке гипотез, при контроле после каждого наблюдения производится анализ всех предыдущих наблюдений. Максимальное число наблюдений (проверок нескольких выборок) заранее не устанавливается. Применяется как для приемки партии изделий, так и для сравнения двух систем.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 На предприятии производится статистический приёмочный контроль. Количество изделий в партии – 48 шт., число дефектных изделий в партии – 2 шт. Допустимый уровень дефектности – 0,05.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Произвести оперативную характеристику плана контроля.

**Решение:**

Оперативная характеристика плана статистического приемочного контроля – это выраженная уравнением, графиком или таблицей зависимость вероятности приема партии от величины, характеризующей уровень качества этой продукции.

Если N – общее число изделий в партии и М – число дефектных изделий в ней, то характеристикой качества партии служит доля дефектных изделий (уровень дефектности) в партии:



Так как текущий уровень дефектности (0,0417) меньше допустимого (0,05), то приёмка считается допустимой.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

На предприятии производится статистический приёмочный контроль. Количество изделий в партии – А, число дефектных изделий в партии – В. Допустимый уровень дефектности – С. Произвести оперативную характеристику плана контроля.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 15 шт. | 3 шт. | 0,25 | 0,2; допустима |
| 2 | 50 шт. | 10 шт. | 0,19 | 0,2; недопустима |
| 3 | 200 шт. | 4 шт. | 0,025 | 0,02; допустима |
| 4 | 75 шт. | 12 шт. | 0,1 | 0,16; недопустима |
| 5 | 100 шт. | 6 шт. | 0,1 | 0,06; допустима |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Дайте определение выборки?

2. Дайте определение контрольному нормативу?

3. Дайте определение приёмочному числу?

4. Дайте определение браковочному числу?

5. Какие бывают варианты статистического контроля качества?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 19.**

**Тема: Оформление сопроводительных паспортов на кабельные изделия.**

**Цель работы**: научиться оформлять сопроводительные паспорта качества на силовые кабели низкого напряжения.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# В соответствии с технической документацией кабели силовые низкого напряжения должны иметь маркировку в виде надписи, нанесенной на поверхность наружной оболочки или защитного шланга.

# Надпись должна содержать: марку кабеля, наименование предприятия-изготовителя, обозначение стандарта, год выпуска кабеля.

# Допускается в содержании маркировки указывать дополнительную информацию, например число и сечение жил, номинальное напряжение, длину, кодовое обозначение предприятия-изготовителя.

# Маркировка в виде надписи может быть выполнена печатным способом или рельефно и должна быть нанесена через равномерные промежутки. Расстояние между концом одной надписи и началом следующей не должно превышать 1000 мм.

# Цвет цифр (букв), выполненных печатным способом, должен быть контрастным по отношению к цвету наружной оболочки или защитного шланга.

# Маркировка, нанесенная печатным способом, должна быть четкой и прочной.

# На щеке барабана или на ярлыке, прикрепленном к барабану или бухте, должны быть указаны:

# - товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;

# - условное обозначение кабеля;

# - обозначение технических условий на кабели конкретных марок и обозначение стандарта;

# - дата изготовления (месяц и год);

# - масса кабеля брутто в килограммах (при поставке на барабанах);

# - длина кабеля в метрах и число отрезков;

# - заводской номер барабана;

# - знак соответствия.

# На ярлыке должно быть проставлено клеймо технического контроля.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

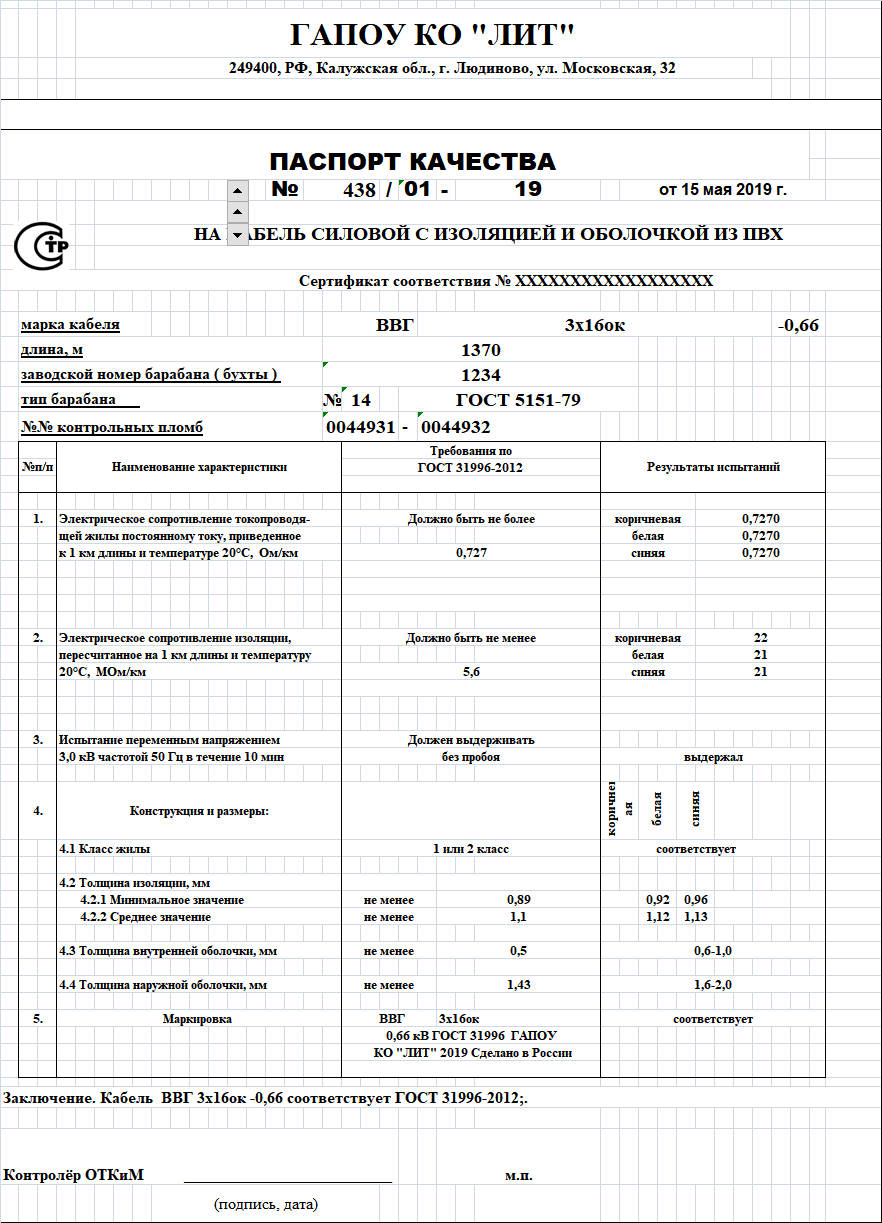
1 Имеется силовой кабель низкого напряжения марки ВВГ 3х16ок-0,66.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Оформить паспорт на данное проводниково-кабельное изделие.

**Решение:**

В соответствии с методическими рекомендациями составляем эскиз паспорта качества на данное изделие:



# 3 Задание.

Имеется силовой кабель низкого напряжения марки А. Оформить паспорт на данное проводниково-кабельное изделие.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | ВВГ 1х4ок-0,66 | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | АВВГ 2х4ок(N)-1 |
| 3 | ВВГ 3х16мк-3 |
| 4 | АВВГ 4х50мс(PE)-1 |
| 5 | ВВГ 5х10ок(N, PE)-0,66 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Расшифруйте обозначение данного изделия?

2. Опишите конструкцию данного изделия?

3. Какие материалы применяются в данном изделии?

4. Для чего необходим паспорт на изделие?

5. Для чего необходима маркировка на оболочке кабеля?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 20.**

**Тема: Оформление протоколов испытаний.**

**Цель работы**: научиться оформлять протоколы приёмосдаточных испытаний проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Приемосдаточные испытания проводятся на соответствия ГОСТ, ТУ и внутризаводской технологической документации, куда входят:

# Проверка состояния поверхности кабельного изделий и его элементов, соответствие изоляции жил и маркировки требованиям ТД на изделие и отделяемости элементов кабельного изделия.

# Проверка конструктивных параметров: конструкция и номинальное сечение токопроводящей жилы диаметр (параметры) токопроводящей жилы, мм;

# - толщина изоляции, мм; число изолированных жил (основных, нулевых);

# - толщина внутренней и наружной оболочки или защитного шланга;

# - наличие брони, толщина бронеленты (для бронированных кабелей)

# Проверка электрического сопротивления ТПЖ, измерения производят измерителем сопротивления жил кабеля с погрешностью не более 0,2 % в измеряемом диапазоне. Прибор автоматически осуществляет пересчет результатов измерения к нормированной температуре и длине кабеля.

# Проверка электрического сопротивления изоляции при 20 ºС. Измерения проводят на строительных длинах кабельных изделий, намотанных на барабаны или бухты, или на образцах длиной не менее 10 метров. Измерения электрического сопротивления изоляции проводят при напряжении от 100 до 1000 В с помощью мегаомметра.

# Испытание напряжением: испытания проводят при температуре окружающей среды от 5 ºС до 35 ºС и относительной влажности не более 80 %. Бухты и барабаны с кабельными изделиями устанавливаются на испытательное поле. Перед началом испытаний должен быть произведен внешний осмотр бухты или барабана с кабельным изделием, при котором проверяется отсутствие внешних повреждений. Кабели должны выдерживать воздействие переменного напряжения частотой 50 Гц или постоянного напряжения, значение которого должно быть в 2,4 раза больше номинального. Испытания проводятся установкой для испытания кабелей переменным напряжением промышленной частотой УИК-5.

# Проверка маркировки и упаковки производится согласно ТД.

# После проведения ПСИ контролёр ОТК заносит данные в журнал ПСИ и оформляет протокол приёмосдаточных испытаний.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

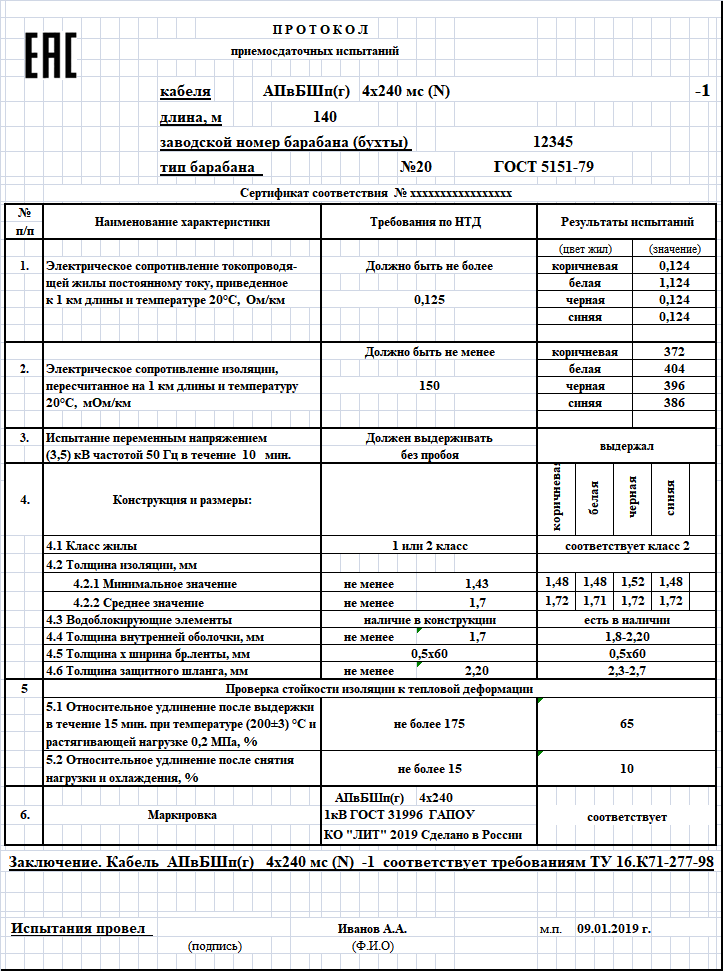
1 Имеется силовой кабель низкого напряжения марки АПвБШп(г) 4х240мс(N)-1.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Оформить протокол приёмосдаточных испытаний.

**Решение:**

В соответствии с методическими рекомендациями составляем эскиз протокола приёмосдаточных испытаний на данное изделие:



# 3 Задание.

Имеется силовой кабель низкого напряжения марки А. Оформить протокол приёмосдаточных испытаний.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | ВВГ 1х4ок-0,66 | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | АВВГ 2х4ок(N)-1 |
| 3 | ВВГ 3х16мк-3 |
| 4 | АВВГ 4х50мс(PE)-1 |
| 5 | ВВГ 5х10ок(N, PE)-0,66 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Дайте определение приёмосдаточным испытаниям?

2. Как проводится проверка электрического сопротивления ТПЖ?

3. Как проводится проверка маркировки и упаковки?

4. Как проводится испытание напряжением?

5. Как проводится проверка конструктивных параметров?