



Министерство образования и науки Самарской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Самарской области  
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»  
(ГБПОУ «СЭК»)

Кафедра электротехники

О.Н. Спирина

## МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
для студентов  
специальности 13.02.03. Электрические станции, сети и системы

ПМ.01 Обслуживание электрооборудования электрических станций,  
сетей и систем

МДК 01.01. Техническое обслуживание электрооборудования  
электрических станций, сетей и систем

Самара 2017

Монтаж и демонтаж электрооборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям для студентов специальности 13.02.03 / сост: О.Н. Спирина – Самара: ГБПОУ «СЭК», 2018 – 39 с.

Издание содержит методические рекомендации к лабораторно-практическим занятиям. Составлено в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 13.02.03 *Электрические станции, сети и системы*.

Рассмотрено на заседании кафедры электротехники (протокол № 6 от 25.01.2018)

Рекомендовано к изданию методическим советом ГБПОУ «СЭК» (протокол № 3 от 02.02.2018 г.)

Рецензенты:

Волков А.П. – преподаватель ГБПОУ «Самарский энергетический колледж»

Путько В.Ф. – д.т.н., профессор, председатель Саморегулируемой организации «Ассоциация энергоаудиторов и энергосервисных компаний Самарской области»

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «Самарский энергетический колледж» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А.

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по междисциплинарному курсу МДК 01.01 *Техническое обслуживание электрооборудования электрических станций, сетей и систем* предназначены для студентов и преподавателей специальности 13.02.03 *Электрические станции, сети и системы*.

Комплекс лабораторно-практических работ разработан в соответствии с программой профессионального модуля ПМ.01 *Обслуживание электрооборудования электрических станций, сетей и систем* и включает в себя лабораторные и практические занятия четвертого раздела *Монтаж и демонтаж электрооборудования*. Содержание методических указаний соответствует федеральному государственному образовательному стандарту среднего профессионального образования специальности 13.02.03.

**Цель методической разработки:** самостоятельная домашняя работа студентов при подготовке к лабораторному и практическому занятию; работа на уроке по закреплению полученных теоретических знаний, приобретению практических умений и навыков.

Для повышения эффективности выполнения лабораторно-практических работ и активного участия в них каждый студент должен заранее подготовиться к очередной работе. Подготовка к работе складывается из освоения теоретического материала, относящегося к работе, изучения цели и содержания лабораторного и практического занятия. Результаты подготовки отражаются студентом в заранее подготовленном отчете по лабораторно-практическим работам, куда записываются: название работы, цель, материально-техническое оснащение, план выполнения лабораторной или практической работы, расчетные формулы, зарисовываются электрические схемы и таблицы для записи опытных и расчетных данных.

Все записи и рисунки в отчёте, как при подготовке к работе, так и в процессе её выполнения, должны вестись аккуратно, с выполнением действующих ГОСТ и ЕСКД.

Лабораторные занятия проводятся в подгруппах, состав которых определяет преподаватель. В каждой подгруппе выделяется несколько звеньев из 3-4 человек, один из студентов звена назначается старшим. Он отвечает за выполнение звеном лабораторных работ, бережное отношение к оборудованию рабочего места и сохранению его в исправном состоянии. В обязанности старшего входит: руководство звеном при выполнении лабораторных работ, распределение обязанностей между его членами, наблюдение за выполнением мер электробезопасности, поддержание порядка на рабочем месте, получение недостатков и замена неисправных проводников, приборов и аппаратуры, представление преподавателю результатов работы. По окончании работы старший звена обязан организовать наведение порядка на рабочем месте и сдать рабочее место преподавателю. Требование старшего обязательно для всех членов звена.

Практические занятия проводятся в полной группе, без деления на подгруппы.

В начале лабораторно-практического занятия преподаватель проверяет подготовленность каждого студента (путем опроса или другого вида контроля и ознакомления с записями в рабочей тетради).

***Не подготовленные к занятию студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.***

По результатам выполненной лабораторной или практической работы каждый студент самостоятельно должен составить отчёт. Отчёт по предыдущей работе сдаётся преподавателю на следующем занятии, при этом производится защита отчётов по выполненным работам. Форма зачёта и порядок его проведения определяются преподавателем. Студенты, проявившие старание при выполнении работ, показавшие при этом твердые теоретические знания и практические навыки, аккуратно, без ошибок оформившие отчет, от защиты могут быть освобождены.

Небрежно оформленные отчёты не принимаются.

Отчёты по работам хранятся в кабинете преподавателя или на кафедре.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название лабораторно-практических занятий
1	Практическое занятие 1. Составление такелажных схем. Выбор стропов.
2	Практическое занятие 2. Выбор грузоподъёмных механизмов.
3	Практическое занятие 3. Изучение маркировки кабелей.
4	Практическое занятие 4. Изучение объёма и последовательности испытаний трансформаторов после монтажа.
5	Лабораторная работа 1. Исследование правильности выполнения внутренних соединений машин переменного тока
6	Лабораторная работа 2. Монтаж трёхполюсного разъединителя внутренней установки. Регулировка привода и контактов разъединителя.
7	Практическое занятие 5. Изучение последовательности выполнения разделки силового кабеля с бумажной изоляцией.

### Практическое занятие 1

#### Составление такелажных схем. Выбор стропов

*Цель работы:* изучить средства, приспособления для монтажа и демонтажа электрооборудования

#### Краткие теоретические сведения

***Стропами*** называют отрезки канатов или цепей, соединённые определенным образом и снабжённые специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление грузов. Обычно стропы изготавливают в виде одной или двух ветвей из канатов, концы которых сращивают.

Выбор типоразмера стропа производится в зависимости от массы, конфигурации и мест строповки оборудования и грузов.

### Типовые правила

Стропальщик должен работать, когда у него находится схема строповки. Она не всегда может быть под рукой. Поэтому для погрузки или выгрузки необходимо знать и применять правила строповки по стандартным схемам.

1. Строительные элементы (плиты, блоки и т.п.) перемещаются с захватом крюками за специальные петли. При этом количество строп и петель должно быть равным, иначе конструкция может разрушиться.

2. Грузы длиной не более 2 м перемещаются с помощью захвата кольцевой стропой на удавку.

3. Длинномерные изделия захватываются петлями двух строп при расстоянии от краев не более чем на  $1/4$  длины. Угол между ними не должен превышать  $90^\circ$  за счет правильного выбора их длины.

4. Листовой металл перемещается с помощью захвата специальными эксцентриками или струбцинами. Чтобы не повредить его поверхность, применяются подкладки из дерева, резины и т. п.

5. Стropовка оборудования производится за специальный такелаж: петли, закладные, крюки, рым-болты и др.

6. Неиспользуемые ветви стропа не должны мешать транспортировке. Их укрепляют, чтобы при перемещении концы не задевали встречные предметы.

7. Не допускается провисание или изгиб стропа на рёбрах груза. Тросы нагружаются равномерно.

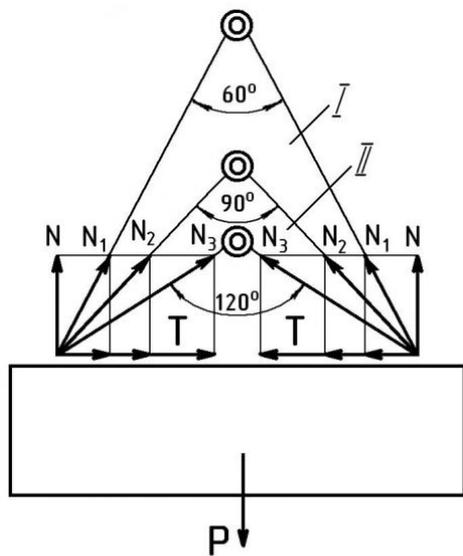
8. Крюк должен подходить по размерам к петле или рым-болту.

9. Когда имеется нестандартная или разработанная схема строповки, такелажные работы следует обязательно проводить в присутствии лица, ответственного за их безопасность.

#### ***1. Подбор стропов к перемещаемым грузам***

Выбор стропов начинают с определения массы груза и расположения его центра тяжести. Если на грузе таких обозначений нет, то необходимо уточнить эти параметры у лица, ответственного за производство грузоподъёмных работ. Во всех случаях необходимо убедиться в том, что груз, подлежащий перемещению, может быть поднят имеющимися в вашем распоряжении грузоподъёмными средствами. Определив массу поднимаемого груза и расположение центра тяжести, определяют число мест застропки и их расположение с таким расчётом, чтобы груз не мог опрокинуться или самостоятельно развернуться. Из этого расчёта выбирают строп или подходящее грузозахватное приспособление. Одновременно следует учитывать длину выбираемого многоветвевое стропового грузозахватного приспособления.

При выборе длины стропа следует исходить из того, что при малой длине угол между ветвями строп будет больше  $90^\circ$ , а при большой длине — теряется высота подъема груза и возникает возможность его кручения. Оптимальные углы между ветвями строп находятся в пределах  $60 - 90^\circ$  (рис.1).



$$N = 0,5P; \quad N_2 = P/\sqrt{2};$$

$$N_1 = P/\sqrt{3}; \quad N_3 = P.$$

Рис.1 Схема распределения нагрузок на ветви стропа

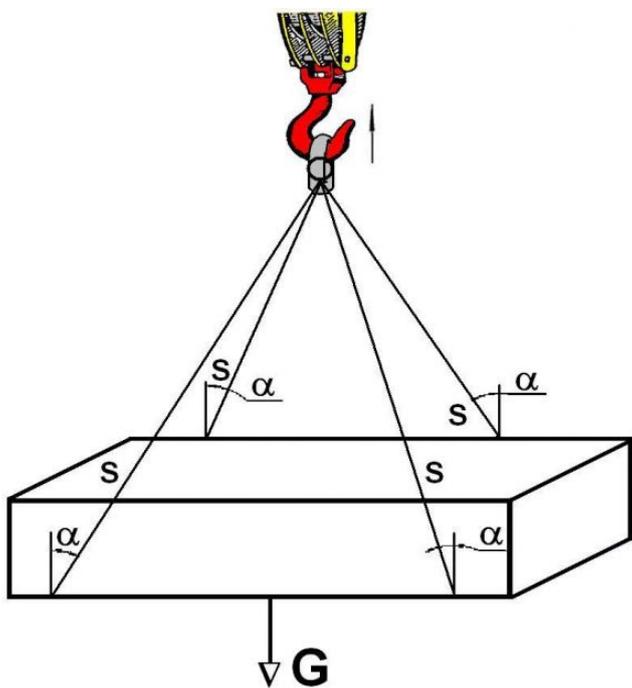
I – рекомендуемая зона захвата груза;  
 II – нерекомендуемая зона захвата груза

При выборе строп следует также определить, из каких элементов должна состоять гибкая часть стропа (стальной канат или цепь, или другой вид жестких строп и т. п.) и какие концевые и захватные элементы целесообразнее использовать для подъема конкретного груза.

## 2.Выбор грузового стропа

### Стропы грузоподъемные

Определив массу поднимаемого груза, далее необходимо правильно выбрать строп с учетом нагрузки, которая возникает в каждой его ветви. Нагрузка, приходящаяся на каждую ветвь, меняется в зависимости от числа мест зацепки груза, от его размеров, от угла между ветвями стропа,



Угол наклона $\alpha^\circ$	m
0	1,000
5	1,003
10	1,015
15	1,035
20	1,064
25	1,103
30	1,154
35	1,220
40	1,305
45	1,414
50	1,555
55	1,743
60	2,000
65	2,366
70	2,924
75	3,863
80	5,759

от длины его ветвей. **Усилия, возникающие в ветвях стропа при подъеме груза, можно определять двумя способами** (рис.2).

Рис. 2 - Схема натяжения стропа

### Методические указания

1 способ. Нагрузка, приходящаяся на каждую ветвь стропа:

$$S = G \cdot g / (k \cdot n \cdot \cos \alpha), \tag{1}$$

где S - натяжение ветви стропа, Н (кгс)

G - вес груза, Н (кгс)

g - ускорение свободного падения ( $g=9,8 \text{ м/с}^2$ )

k - коэффициент неравномерности распределения массы груза на ветви стропа

n - число ветвей стропа

$\alpha$  - угол наклона ветви стропа (в градусах).

2 способ. Заменяя для простоты расчета  $\sim 1/\cos\alpha$  коэффициентом  $m$  (см. рис.1), получим

$$S = m \cdot G \cdot g / (k \cdot n), \quad (2)$$

где  $m$  - коэффициент, зависящий от угла наклона ветви к вертикали:

при  $\alpha = 0^\circ$  -  $m = 1$

при  $\alpha = 30^\circ$  -  $m = 1,15$

при  $\alpha = 45^\circ$  -  $m = 1,41$

при  $\alpha = 60^\circ$  -  $m = 2,0$ .

Значения величин, применяемых в расчётной формуле (2), приведены в таблице 1:

Таблица 1 - Значения величин, применяемых в расчётной формуле 2

$n$	1	2	4	8	–	–	–
$k$	1	1	0,75	0,75	–	–	–
$\alpha^\circ$	$0^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
$m$	1	1,04	1,06	1,16	1,31		

Канаты должны быть проверены на прочность расчётом:

$$P_k / S \geq K_3, \quad (3)$$

где  $P_k$  - разрывное усилие каната в целом в Н(кгс) по сертификату

$K_3$  - коэффициент запаса прочности (прил. А1)

Для выполнения такелажных работ, связанных с монтажом различного технологического оборудования и конструкций, применяются стальные канаты. Они используются для изготовления стропов и грузовых подвесок, в качестве расчалок, оттяжек и тяг, а также для оснастки полиспастов, лебёдок и монтажных кранов. В зависимости от назначения применяются канаты следующих типов:

– для стропов, грузовых подвесок и оснастки полиспастов, лебёдок, кранов – более гибкие канаты типа ЛК-РО конструкции  $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1$  о.с. (ГОСТ 7668–80); в качестве замены могут быть использованы канаты типа ТЛК-О конструкции  $6 \times 37(1 + 6 + 15 + 15) + 1$  о.с. (ГОСТ 3079–80);

– для расчалок, оттяжек и тяг – более жёсткие канаты типа ЛК-Р конструкции  $6 \times 19(1 + 6 + 6/6) + 1$  о.с. (ГОСТ 2688–80).

Технические данные рекомендуемых типов канатов приведены в прил. А2.

Стропы из стальных канатов применяются для соединения монтажных полиспастов с подъёмно-транспортными средствами (мачтами, порталами, шеврами, стрелами, монтажными балками), якорями и строительными конструкциями, а также для строповки поднимаемого или перемещаемого оборудования и конструкций с подъёмно-транспортными механизмами. В практике монтажа используются следующие типы канатных стропов: обычные, к которым относятся универсальные и одно-, двух-, трёх- и четырёхветвевые, закрепляемые на поднимаемом оборудовании обвязкой или инвентарными захватами, а также витые полотнатые. Для строповки тяжеловесного оборудования преимущест-

венно используются инвентарные витые стропы, выполняемые в виде замкнутой петли путём последовательной параллельной плотной укладки перевитых между собой витков каната вокруг начального центрального витка. Эти стропы имеют ряд преимуществ: равномерность распределения нагрузки на все ветви, сокращение расхода каната, меньшая трудоёмкость строповки. Технические данные рекомендуемых типов канатов приведены в прил. 1.

Алгоритм расчета канатных строп:

1. Определяем напряжение в одной ветви стропа,  $S$ , кН.
2. Находим разрывное усилие в ветви стропа,  $R_k$ , кН.
3. По расчётному разрывному усилию, пользуясь таблицей ГОСТ (прил. А2), подбираем наиболее гибкий стальной канат и определяем его технические данные: тип и конструкцию, временное сопротивление разрыву, разрывное усилие и диаметр.

**Пример.** Рассчитать стальной канат для стропа, применяемого при подъёме горизонтального цилиндрического теплообменного аппарата массой  $G_o = 15$ т (рис. 3).

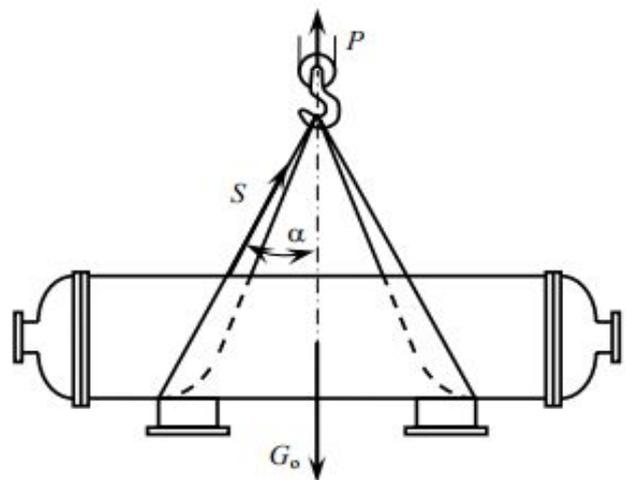


Рис. 3 - Расчётная схема канатного стропа

*Решение.*

1. Определить натяжение в одной ветви стропа, задаваясь общим количеством ветвей  $m = 4$  и углом наклона их  $\alpha = 45^\circ$  к направлению действия расчётного усилия  $P$ .

$$S = P / (m \cos \alpha) = 10 G_o / (m \cos \alpha) = 10 * 15 / (4 * 0,707) = 53 \text{ кН.}$$

2. Находим разрывное усилие в ветви стропа

$$R_k = S k_3 = 53 * 6 = 318 \text{ кН.}$$

3. По найденному разрывному усилию, пользуясь прил. А2, подбираем канат

типа ЛК-РО конструкции  $6 \times 36(1 + 7 + 7/7 + 14) + 1$  о.с. (ГОСТ 7668–80) с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа .....	1960
разрывное усилие, кН .....	338
диаметр каната, мм .....	23,5
масса 1000 м каната, кг .....	2130

**Задание.** Рассчитать стальной канат для стропа, применяемого при подъёме электрооборудования, исходные данные приведены в таблице 2. Составить и изобразить такелажную схему. Рассчитать длину стропов.

Таблица 2 – Таблица вариантов

Измерительные трансформаторы		Габариты		
		диаметр, мм	высота, мм	масса, кг
1	Трансформатор тока ТФН-35М	490	860	238

2	Трансформатор тока ТФНД-33Т	552	1200	420	
3	Трансформатор тока ТФНД-35М	552	1090	400	
4	Трансформатор тока ТФНД-110М-II	810	1690	830	
5	Трансформатор тока ТФНР-150	860	2160	1170	
6	Трансформатор напряжения НТМИ-10	495	486	87	
Силовой трансформатор		длина, мм	ширина, мм	высота, мм	масса, кг
7	ТМ 25/6	990	390	1140	260
8	ТМГ 25/10	770	390	1025	270
9	ТМ 40/6	1050	430	1055	330
10	ТМГ 40/10	820	430	970	340
11	ТМГ 63/10	780	760	990	410
12	ТМГ 100/10	1100	870	1640	790
13	ТМГ 160/10	1250	920	1680	990
14	ТМГ 250/10	1420	990	1740	1300
15	ТМГ 400/10	1650	1080	1780	1650
16	ТМГ 630/10	1820	1150	1910	1950
17	ТМГ 1000/10	2000	1250	2100	2890
18	ТМГ 1250/10	2100	1250	2100	3000
19	ТМГ 2500/10	2150	1250	2100	3000
20	ТС-63/6-У3	850	650	930	370
21	ТС-63/10-У3	50	650	930	370
22	ТС-250/6-У3	1880	1110	1740	930
23	ТС-400/6-У3	2080	1250	2055	1350
24	ТС-630/6-У3	2195	1250	2295	1620
25	ТС-1000/6-У3	2460	1315	2295	2400

Содержание отчета:

1. Наименование работы и ее номер.
2. Цель работы.
3. Задание в соответствии с вариантом.
4. Необходимые расчеты с пояснением.
5. Такелажная схема.
6. Выводы.

## Практическое занятие 2

### Выбор грузоподъемных механизмов

*Цель работы:* закрепить знания, полученные при изучении теоретического материала; научиться выбирать двигатели для подъемно-транспортного оборудования.

#### Методические указания к решению задачи

Расчёт статических нагрузок определяется для одного цикла работы двигателя. Для этого определяется мощность на валу двигателя при подъёме и спуске груза, подъёме и спуске крюка. При расчёте считать, что скорость подъёма и опускания постоянна и не зависит от силы тяжести поднимаемого и опускаемого груза.

Мощность на валу двигателя при подъёме груза:

$$P_1 = \frac{(G + G_0)}{\eta_n} v \times 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (1)$$

*Обратите внимание на размерность,*

где  $G$  – сила тяжести поднимаемого груза, Н;

$G_0$  – сила тяжести грузозахватывающего устройства, Н.

Мощность на валу двигателя при спуске груза:

$$P_2 = (G + G_0) \times v \times \eta_n \times 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2)$$

Мощность на валу двигателя при подъёме пустого крюка:

$$P_3 = \frac{G_0 \times v}{\eta_0} \times 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (3)$$

Мощность на валу двигателя при опускании пустого крюка:

$$P_4 = G_0 \times v \times \eta_0 \times 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (4)$$

Продолжительность подъёма груза на высоту  $H_1$ :

$$t_{p1} = \frac{H_1}{v}, \text{ с} \quad (5)$$

Время спуска груза:

$$t_{p2} \approx t_{p1} = \frac{H_1}{v}, \text{ с} \quad (6)$$

Продолжительность подъёма пустого крюка на высоту  $H_2$ :

$$t_{p3} = \frac{H_2}{v}, \text{ с} \quad (7)$$

Время спуска пустого крюка:

$$t_{p4} \approx t_{p3} = \frac{H_2}{v}, \text{ с} \quad (8)$$

Суммарное время работы в цикле:

$$\sum t_p = 2 \times t_{p1} + 2 \times t_{p3}, \text{ с} \quad (9)$$

Время цикла:

$$t_u = \frac{3600}{N_u}, \text{ с} \quad (10)$$

Действительная продолжительность включения двигателя:

$$ПВ = \frac{\sum t_p}{t_u} \times 100 \quad (11)$$

Суммарное время пауз:

$$\sum t_0 = t_u - \sum t_p, \text{ с} \quad (12)$$

Продолжительность одной паузы принимаем условно одинаковой:

$$t_0 = \frac{\sum t_0}{4}, \text{ с} \quad (13)$$

Эквивалентная мощность двигателя за цикл работы:

$$P_э = \sqrt{\frac{P_1^2 \times t_{p1} + P_2^2 \times t_{p2} + P_3^2 \times t_{p3} + P_4^2 \times t_{p4}}{\sum t_p}}, \text{кВт} \quad (14)$$

Эквивалентная мощность, приведённая к номинальной продолжительности включения электродвигателя, равна

$$P_{эн} = P_э \times \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_n}}, \text{кВт} \quad (15)$$

По каталогу (приложение Б) выбираем двигатель, исходя из условия

$$P \geq P_{эн}, \quad (16)$$

Необходимо указать тип выбранного двигателя, его номинальную мощность, частоту вращения вала, продолжительность включения (ПВ).

**Задание.** Для электропривода механизма подъёма крана рассчитать нагрузочную диаграмму (без учёта переходных процессов), определить мощность асинхронного двигателя с фазным ротором и выбрать двигатель по каталогу (проверки двигателя по нагреву и перегрузочной способности не производить).

Технические данные приведены в таблице вариантов 1,

где  $G$  – сила тяжести поднимаемого груза, т;

$G_0$  – сила тяжести грузозахватывающего устройства, кг;

$\eta_n$  – КПД подъёмного механизма при подъёме  $(G + G_0)$ ;

$\eta_0$  – КПД подъёмного механизма при подъёме  $G_0$ ;

$v$  – скорость подъёма груза, м/с;

$H_1$  – высота подъёма груза, м;

$H_2$  – высота подъёма пустого крюка, м;

$N_{ц}$  – число циклов в час;

$n_n$  – частота вращения вала двигателя, об/мин.

Таблица 1 – Таблица вариантов.

Вариант	$G$ , Т	$G_0$ , Кг	$\eta_n$	$\eta_0$	$v$	$n_n$	$H_1$	$H_2$	$N_{ц}$
1	7,5	50	0,72	0,5	0,3	723	12	7,5	8
2	10	60	0,73	0,51	0,31	716	11	6	16
3	3,7	50	0,74	0,52	0,32	953	12,5	5,5	8
4	2,3	40	0,75	0,53	0,33	945	11,5	6	16
5	1,6	40	0,71	0,5	0,34	925	10,5	8,5	8
6	1,1	40	0,72	0,51	0,35	895	11	5	14
7	0,7	30	0,73	0,52	0,36	885	9	7	9
8	16	90	0,72	0,51	0,35	577	13	6,5	13
9	5,1	50	0,74	0,53	0,34	715	9,5	6,5	16
10	14	80	0,75	0,52	0,33	730	10,5	4,5	8

**Примечание:** Цикл работы двигателя состоит из подъема и спуска груза, подъема и спуска крюка, пауз между ними, во время которых производится загрузка, разгрузка, передвижение моста тележки.

Содержание отчета:

1. Наименование работы и ее номер.

2. Цель работы.
3. Задание в соответствии с вариантом.
4. Необходимые расчеты с пояснением.
5. Нагрузочная диаграмма.
6. Выводы.

## Практическое занятие 3

### Изучение маркировки кабелей

*Цель работы:* ознакомиться с маркировкой кабелей и их назначением.

#### Общие сведения

В зависимости от назначения и конструкции кабелей им присваивают марку, состоящую из буквенных и цифровых символов. Марку кабеля и способ его прокладки указывают в проекте.

#### *Конструкция и классификация силовых кабелей*

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и наполнители (рис. 1).

Силовые кабели различают: по роду металла токопроводящих жил - кабели с алюминиевыми и медными жилами; по роду материалов, которыми изолируются токоведущие жилы, - кабели с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией; по роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды - кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке; по способу защиты от механических повреждений - бронированные и небронированные; по количеству жил - одно-, двух-, трёх-, четырёх- и пятижильные.

Каждая конструкция кабелей имеет свое обозначение и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля (прил В1).

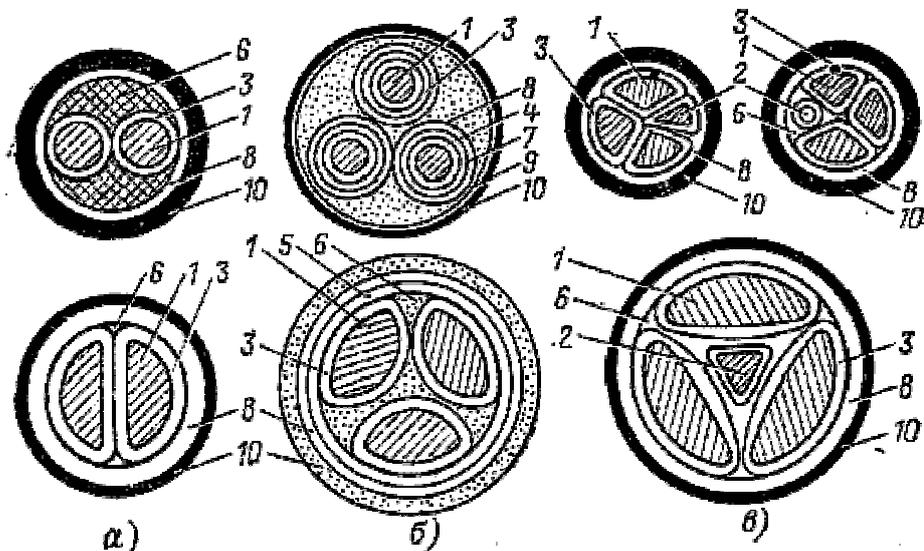


Рис.1 - Сечения силовых кабелей

а - двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами;

б - трёхжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками;

в - четырёхжильные кабели с нулевой жилой круглой, секторной и треугольной формы;

1 - токопроводящая жила;

2 - нулевая жила;

3 - изоляция жилы; 4 - экран на токопроводящей жиле; 5 - поясная изоляция; 6 - наполнитель; 7 - экран на изоляции жилы; 8 - оболочка; 9 - бронепокров; 10 - наружный защитный покров

**Токопроводящие жилы** являются проводниками электрического тока. Силовые кабели имеют фазные и нулевые жилы. Трёхжильные кабели имеют только фазные жилы, четырёхжильные – три фазные и одну нулевую. Фазные жилы используются для передачи электрической энергии, а нулевые – для прохождения разности токов фаз при их неравномерной нагрузке. Нулевые жилы присоединяются к нейтрали источника тока.

Токопроводящие жилы силовых кабелей изготавливают из алюминия и меди однопроволочными и многопроволочными. По форме жилы выполняют круглыми, секторными или сегментными (рис. 1).

Алюминиевые жилы кабелей до  $35 \text{ мм}^2$  включительно изготавливают однопроволочными,  $50 - 240 \text{ мм}^2$  – однопроволочными или многопроволочными,  $300 - 800 \text{ мм}^2$  – многопроволочными.

Медные жилы до  $16 \text{ мм}^2$  включительно изготавливают однопроволочными,  $25 - 95 \text{ мм}^2$  – однопроволочными или многопроволочными,  $120 - 800 \text{ мм}^2$  – многопроволочными.

Нулевая жила или жила защитного заземления, как правило, имеет сечение, уменьшенное по сравнению с основными жилами (прил. В2). Она бывает круглой, секторной или треугольной формы и располагается в центре кабеля или между его основными жилами (см. рис. 1). Жила защитного заземления используется для соединения не находящихся под напряжением металлических частей электроустановки с контуром защитного заземления.

**Изоляция** обеспечивает необходимую электрическую прочность токопроводящих жил по отношению друг к другу и к заземлённой оболочке (земле). Применяется бумажная, резиновая и пластмассовая (поливинилхлоридная и полиэтиленовая) изоляция.

Изоляция, наложенная на жилу кабеля, называется *изоляцией жилы*. Изоляция, наложенная поверх изолированных скрученных или параллельно уложенных жил многожильного кабеля, называется *поясной*. Бумажная изоляция кабелей пропитывается вязкими пропиточными составами (маслоканифольными или электроизоляционными синтетическими).

Недостатком кабелей с вязким пропиточным составом является крайне ограниченная возможность прокладки их по наклонным трассам.

Кабели с вязким пропиточным составом, свободная часть которого удалена, называют кабелями с обеднённо-пропитанной изоляцией. Их применяют при прокладке на вертикальных и наклонных трассах без ограничения разности уровней, если это небронированные и бронированные кабели в алюминиевой оболочке на напряжение до 3 кВ, и с разностью уровней до 100 м – для любых других кабелей с обеднённо-пропитанной изоляцией.

Для прокладки по вертикальным и крутонаклонным трассам без ограничения разности уровней изготавливают кабели с бумажной изоляцией, пропитанной особым составом на основе церезина или полиизобутилена. Этот состав имеет повышенную вязкость, вследствие чего при нагреве кабеля, проложенного вертикально или по крутонаклонной трассе, он не стекает вниз. Поэтому кабели с

такой изоляцией можно прокладывать на любую высоту, так же как и кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией.

Резиновая изоляция выполняется из сплошного слоя резины или из резиновых лент с последующей вулканизацией. Силовые кабели с резиновой изоляцией применяют в сетях переменного тока до 1 кВ и постоянного тока до 10 кВ.

Силовые кабели с пластмассовой изоляцией имеют изоляцию из поливинилхлоридного пластика в виде сплошного слоя или из композиций полиэтилена. Всё большее применение находят кабели с изоляцией из самозатухающего (не поддерживающего горения) и вулканизированного полиэтилена.

**Экраны** применяют для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, проходящих по кабелю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. Экраны выполняют из полупроводящей бумаги и алюминиевой или медной фольги.

Заполнители необходимы для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля с целью герметизации, придания необходимой формы и механической устойчивости конструкции кабеля. В качестве заполнителей применяют жгуты из бумажных лент или кабельной пряжи, нити из пластмассы или резины.

**Оболочки.** Алюминиевая, свинцовая, стальная гофрированная, пластмассовая и резиновая негорючая (найритовая) оболочки кабеля предохраняют внутренние элементы кабеля от разрушения влагой, кислотами, газами и т.п.

Алюминиевую оболочку силовых кабелей на напряжение до 1 кВ допускается использовать в качестве четвёртой (нулевой) жилы в четырёхпроводных сетях переменного тока с глухозаземлённой нейтралью, за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых ток в нулевом проводе при нормальных условиях составляет более 75 % тока в фазной жиле.

**Защитные покровы.** Так как оболочки кабелей могут повреждаться и даже разрушаться от химических и механических воздействий, их покрывают защитными покровами.

Защитные покровы предохраняют оболочки кабеля от внешних воздействий (коррозии, механических повреждений). К ним относятся подушка, бронепокров и наружный покров. В зависимости от конструкции кабеля применяют один, два или три защитных покрова.

**Подушка** накладывается на экран или оболочку для их защиты от коррозии и повреждения лентами или проволоками брони. Подушка выполняется из слоёв пропитанной кабельной пряжи, поливинилхлоридных, полиамидных и других лент, крепированной бумаги, битумного состава или битума.

Для защиты от механических повреждений оболочки кабелей обматывают в зависимости от условий эксплуатации стальной ленточной или проволочной *бронёй*. Проволочную броню выполняют из круглых или плоских проволок. Броня из плоских стальных лент защищает кабели только от механических повреждений. Броня из стальных проволок помимо этого воспринимает также и

растягивающие усилия. Эти усилия возникают в кабелях при вертикальной прокладке кабелей на большую высоту или по крутонаклонным трассам.

Для предохранения брони кабелей от коррозии её покрывают наружным покровом, выполненным из слоя кабельной или стеклянной пряжи, пропитанной битумным составом, а в некоторых конструкциях поверх слоёв пряжи и битума накладывают выпрессованный поливинилхлоридный или полиэтиленовый шланг.

#### *Примеры обозначения силовых кабелей*

**ААШв-10-3х240:** кабель силовой, с бумажно-пропитанной изоляцией, алюминиевыми жилами, в алюминиевой гладкой оболочке, в ПВХ шланге, 10 - на напряжение до 10 кВ, 3 - количество жил, 240 - площадь сечения 240 мм<sup>2</sup>;

**ВРБГ-1-3х4+1х2,5:** кабель силовой, с медными жилами, с изоляцией из резины, в ПВХ оболочке, бронированными двумя стальными лентами с противокоррозийной защитой, на напряжение до 1 кВ, имеет 3 жилы сечением по 4 мм<sup>2</sup> и 1 жилу - 2,5 мм<sup>2</sup>.

**Задание.** Изучить устройство кабелей, их маркирование. Расшифровать марки кабелей, представленные в таблице вариантов.

Краткое описание конструкции и области применения 3-х типов кабелей, представленных в таблице вариантов:

Таблица 1 – Таблица вариантов

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АПВ Г, СГ, СБл Шв	АПВВГ, АСБ, ЦАСБнл Шн	АПБб Шв, АСБл, ЦАСБ	ПБбШ в, АСБ2л , ЦА- АШнг	АВБбШв , СБ, ЦАСБнл Шн	АПВБб Шв, СБлШв, ЦАСБ	ПвБб Шв, АСБ2л , ЦА- АШнг	ПВГ, АСБ 2л, ЦСБ л	АВВГ, СБ2л Шв, ЦСШв	ВВГ, АСБл Шв, ЦСБГ

Содержание отчета:

1. Наименование работы и ее номер.
2. Цель работы.
3. Задание в соответствии с вариантом.
4. Расшифровка марок кабелей, зарисовка и описание их конструкций.
5. Выводы.

#### Контрольные вопросы

1. Конструкция силовых кабелей напряжением 0,4 – 35 кВ.
2. Конструкция газонаполненных и маслonaполненных кабелей.
3. Конструкция, типы и область применения силовых кабелей.

#### Практическое занятие 4

### Изучение объёма и последовательности испытаний трансформаторов после монтажа

*Цель работы:* изучить объём и последовательность испытаний силовых трансформаторов; научиться измерять сопротивление изоляции обмоток силовых трансформаторов.

## Краткие теоретические сведения

Силовые трансформаторы, вводимые в эксплуатацию, должны подвергаться приёмосдаточным испытаниям в соответствии с требованиями ПУЭ. В объём испытаний входят:

1. Измерение характеристик изоляции: R60; R60/R15;  $tq\phi$ ; C2/C50;  $\Delta C/C$ .
2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:
  - а) изоляция обмоток вместе с вводами;
  - б) изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок.
3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
4. Проверка коэффициента трансформации.
5. Проверка группы соединения трёхфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов.
6. Измерение тока и потерь холостого хода.
7. Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы.
8. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением.
9. Проверка системы охлаждения.
10. Проверка состояния силикагеля.
11. Фазировка трансформаторов.
12. Испытание трансформаторного масла.
13. Испытание вводов.
14. Испытания включением толчком на номинальное напряжение.

Испытания и измерения следует проводить в определённой последовательности. Так, небезразлично, например, что испытать сначала: электрическую прочность изоляции или трансформаторное масло. При испытаниях повышенным напряжением в случае плохого качества масла может произойти пробой изоляции. Витковую изоляцию испытывают после испытания главной изоляции, так как в случае пробоя витковой изоляции при испытаниях приложенным напряжением дефект в витках не будет обнаружен. Недопустимо также измерять сопротивление обмоток постоянному току до опыта короткого замыкания. При этом опыте в случае плохого качества пайки схемы или плохого состояния контактов в переключателях отвод может подгореть или перегореть. Если после этого опыта не измерить сопротивление обмоток постоянному току, то дефект останется необнаруженным.

При проведении нескольких видов испытаний изоляции, испытанию повышенным напряжением должны предшествовать другие виды её испытаний.

Измерение характеристик изоляции проводят при температуре изоляции не ниже  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  не ранее чем через 12 ч после заливки маслом. Значение характеристик изоляции должны быть не ниже приведённых в таблицах 1 – 3.

Таблица 1- Наименование значения R60 для трансформаторов до 35кВ

Мощность трансформаторов, кВА	Значение R60 , МОм, при температуре, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6300 включительно	450	300	200	130	90	60	40
10000 и более	900	600	400	260	180	120	80

Таблица 2 - Наибольшие значения tg φ для трансформаторов до 35кВ

Мощность трансформаторов, кВА	Значение tg φ %, при температуре обмоток, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6300 включительно	1,2	1,5	2	2,6	3,4	4,0	6,0
10000 и выше	0,8	1,0	1,3	1,7	2,3	3,0	4,0

Таблица 3- Наибольшие значения C<sub>2</sub>/C<sub>50</sub> для трансформаторов

Мощность трансформатора, кВА	Значения отношения C <sub>2</sub> /C <sub>50</sub> , измеренного при температуре обмоток, °С		
	10	20	30
До 6300	1,1	1,2	1,3
10000 и выше	1,05	1,15	1,25

Значение коэффициента абсорбции  $k = R60''/R15''$  должно быть не менее 1,3 при температуре измерения от 10 до 30 °С

Испытание повышенным напряжением:

а) изоляции обмоток вместе с водами. Продолжительность испытания 1 мин. (данное испытание для маслонаполненных трансформаторов необязательно);

б) изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок производится напряжением 1-2кВ в течение 1 мин. в случае осмотра активной части.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производят на всех ответвлениях, если для этого не требуется выемки сердечника. Значение R не должно отличаться более чем на 2% от значения, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от паспортных данных.

Проверка коэффициента трансформации производится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации не должен отличаться более чем на 2% от значений, полученных на том же ответвлении других фаз, или от паспортных данных.

Проверка группы соединения производится лишь при отсутствии паспортных данных.

Измерение тока и потерь холостого хода производится для трансформаторов свыше 1000кВА при номинальном или пониженном напряжении с пересчётом на номинальное напряжение. Ток холостого хода не нормируется.

Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы. Снятие круговой диаграммы производится на всех положениях переключателя. Круговая диаграмма не должна отличаться от диаграммы завода-изготовителя.

Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением производят давлением столба масла, высоту которого над уровнем заполненного расшири-

теля принимают: для трубчатых и главных баков 0,6м; для волнистых и радиаторных баков 0,3м. Если в течение 3 ч. при температуре масла не ниже 10 °С не наблюдается течи, то бак считают герметичным.

Проверка системы охлаждения. Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать инструкции завода-изготовителя.

Проверка состояния силикагеля. Индукторный силикагель должен иметь равномерную голубую окраску зёрен. Изменение цвета свидетельствует об увлажнении силикагеля. Для восстановления свойств силикагель прокачивают в печах.

Испытание трансформаторного масла. Пробу масла из трансформатора отбирают после доливки (или заливки) и отстоя в течение не менее 12 ч для трансформаторов до 35 кВ включительно. Отбор пробы масла производят из специально предназначенного для этого крана (или пробки), имеющегося на баке трансформатора.

Взятое на пробу масло испытывают на содержание механических примесей, взвешенного угля, на кислотное число, реакцию водной вытяжки, температуру вспышки. При этом пробивное напряжение масла должно быть не менее 25кВ для трансформаторов напряжением до 15кВ включительно. Испытание вводов производят по следующим параметрам:

- сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов, измеренное относительно соединительной втулки (производят мегомметром на 1 - 2,5кВ) не должно быть менее 1000 МОм;
- тангенс угла диэлектрических потерь, измеренный при напряжении 3кВ, не должен превышать 3% при номинальном напряжении ввода от 3 до 15 кВ;
- испытание вводов повышенным напряжением производится для вводов, установленных на трансформаторах, в течение 1 мин. Ввод считают выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, скользящих разрядов, выделений газа, а так же если после испытаний не обнаружено местного перегрева изоляции.

#### Методические указания

Измерения характеристик изоляции производят при температуре изоляции не ниже 10 °С не ранее чем через 12 ч после окончания заливки маслом. Измерения производят по схемам таблица 4.4. При измерении все вводы обмоток одного напряжения соединяют вместе, остальные обмотки и бак трансформатора должны быть заземлены. Вначале измеряют R15и R60, затем остальные характеристики изоляции.

Таблица 4 - Схемы измерения характеристик изоляции трансформаторов

Двухобмоточные трансформаторы		Трёхобмоточные трансформатор	
Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансформаторы	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части обмоток
НН	Бак, ВН	НН	Бак, СН, ВН
ВН	Бак,НН	СН	Бак, ВН, НН
		ВН	Бак, НН, СН

ВН+НН	Бак	ВН+СН	Бак,НН
		ВН+СН+НН	Бак

За температуру изоляции трансформатора, не подвергавшегося нагреву, принимают температуру верхних слоев масла. Для трансформаторов без масла температура определяется термометром, установленным в карман термосигнализатора на крышке бака, причем карман следует заполнять маслом.

Для приведения значений  $R_{60}$ , измеренных на заводе, к температуре измерений на монтаже  $t_1$ , а также для определения нормированных значений  $R_{60}$  при температурах, не кратных десяти, производят пересчет с помощью коэффициента  $k_2$ , который имеет следующие значения:

$t_2 - t_1, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	30	35
$k_2$	1,23	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4	4,15
$t_2 - t_1, ^\circ\text{C}$	40	45	50	55	60	65	70
$k_2$	5,1	6,2	7,5	9,2	11,2	13,9	17

### Примеры пересчёта

1. Трансформатор 16000кВА, 35кВ. Данные заводского протокола (при измерении по схеме ВН-бак, НН)  $R_{60} = 300\text{МОм}$  при  $t_2 = 55^\circ\text{C}$ .

Температура изоляции трансформатора при измерении составляет  $20^\circ\text{C}$ ;  $t_2 - t_1 = 35^\circ\text{C}$ ;  $k_2 = 4.15$ .

Сопротивление изоляции, приведённое к  $20^\circ\text{C}$ ,  $R_{60} = 300 * 4,15 = 1245\text{МОм}$ .

Сопротивление изоляции на монтаже должно быть не ниже 70% этого значения, т.е. не менее  $1245 * 0,7 = 870\text{ Ом}$ .

2. Для трансформаторов 6300кВА, 35кВ при измерении на монтаже  $R_{60} = 500\text{ МОм}$  при температуре изоляции трансформатора  $13^\circ\text{C}$ . Так как в таблице 1 даны нормированные значения при температурах, кратных десяти, необходимо определять нормированное значение  $R_{60}$  при  $13^\circ\text{C}$ . Для этого указанную норму, например при  $20^\circ\text{C}$ , приводят к температуре  $13^\circ\text{C}$  с помощью коэффициента  $k_2$ . Для разницы  $t_2 - t_1 = 20 - 13 = 7^\circ\text{C}$ ,  $k_2 = 1.36$ . Нормированное значение  $R_{60}$  при  $13^\circ\text{C}$  равно  $300 / 1,36 = 408\text{МОм}$ , т.е. измеренное значение  $500\text{ МОм}$  удовлетворяет нормам.

### Порядок выполнения работы

1. Законспектировать в лекционную тетрадь и изучить объём приёмодаточных испытаний, проводимых при введении силовых трансформаторов в эксплуатацию;

2. Определить сопротивление изоляции при монтаже трансформатора, используя данные заводского протокола (при измерениях по схеме ВН-бак, НН), таблица 4;

3. Произвести пересчет значения сопротивления изоляции  $R_{60}$  к температуре  $50^\circ\text{C}$ ;

4. Сделать заключение о соответствии значения сопротивления изоляции с нормой по таблице 4.1;

5. Подсчитать величину коэффициента абсорбции, сделать заключение о степени увлажнённости изоляции;

6. Составить отчет по работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислите объём приёмосдаточных испытаний силовых трансформаторов.
2. Что положено испытывать сначала - электрическую прочность изоляции или трансформаторное масло и почему?
3. Почему витковую изоляцию испытывают после главной?
4. Какова продолжительность испытаний повышенным напряжением?
5. Что такое  $\text{tg } \varphi$ ?
6. Какие функции выполняет трансформаторное масло?

Таблица 5 - Данные заводского протокола испытаний

№п/п	S, кВА	U, кВ	R60	t <sub>2</sub> , °C	t <sub>1</sub> , °C
1	16000	35	383	58	20
2	10000	10	275	57	20
3	25000	110	380	55	20
4	10000	35	360	56	20
5	6300	35	420	60	20
6	16000	35	348	62	19
7	4000	6	355	59	19
8	2500	6	295	61	19
9	40000	110	415	54	19
10	6300	35	326	58	19
11	2500	10	344	56	18
12	4000	10	372	63	18
13	40000	35	333	64	18
14	25000	35	381	66	18
15	16000	35	411	65	18
16	10000	35	288	67	16
17	25000	35	312	68	16
18	10000	35	327	69	16
19	25000	110	373	70	16
20	6300	6	319	71	16
21	16000	10	349	72	15
22	4000	10	385	59	15
23	2500	10	367	58	15
24	40000	110	396	60	15
25	6300	110	334	63	15
26	2500	10	321	66	14
27	4000	10	375	61	14
28	25000	35	358	51	14
29	40000	110	364	53	14
30	10000	35	317	50	14

# Лабораторное занятие 1

## Исследование правильности выполнения внутренних соединений машин переменного тока

*Цель работы:* научить учащихся определять правильность выполнения внутренних соединений обмоток статора трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

### Краткие теоретические сведения

В собранных электродвигателях как после монтажа, так и после ремонта неисправности в обмотке статора обычно выявляются при включении двигателя на обкаточном стенде. Все вновь отремонтированные двигатели должны иметь такое же обозначение (маркировку) выводов обмотки, как новые.

Маркировка концов обмотки статора трехфазных асинхронных двигателей в соответствии с ГОСТ 183-74 приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Маркировка концов обмоток статора трехфазных асинхронных двигателей

Схема соединения обмотки	Число выводов	Название вывода	Обозначение вывода	
			Начало	Конец
Открытая схема	6	Первая фаза	C1	C4
		Вторая фаза	C2	C5
		Третья фаза	C3	C6
Соединение звездой	3 или 4	Первая фаза	C1	
		Вторая фаза	C2	
		Третья фаза	C3	
		Нулевая точка	0	
Соединение треугольником	3	Первый зажим	C1	
		Второй зажим	C2	
		Третий режим	C3	

Обозначения выводов обмоток электрических машин наносят непосредственно на кабельных наконечниках, шинных концах, специальных обжимах, плотно закреплённых на проводах обмоток или на вводной колодке рядом с выводами. В малых электрических машинах, где буквенные обозначения выводов наносить трудно, применяют обозначение выводов разноцветными проводами. Цвета проводов выводов приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Цвет проводов выводов для трёхфазных асинхронных электрических машин

Схема соединения обмотки	Число выводов	Название вывода	Обозначение вывода	
			Начало	Конец
Открытая схема	6	Первая фаза	Желтый	Желтый с черным
		Вторая фаза	Зеленый	Зеленый с черным
		Третья фаза	Красный	Красный с черным
Соединение звездой	3 или 4	Первая фаза	Желтый	-
		Вторая фаза	Зеленый	-
		Третья фаза	Красный	-
		Нулевая точка	Черный	-

Соединение треугольником	3	Первый зажим	Желтый	-
		Второй зажим	Зеленый	-
		Третий режим	Красный	-

При отсутствии обозначений выводов обмоток или при их неправильном соединении и обозначении начала и концы обмоток могут быть определены индукционным методом по схемам рис. 1.

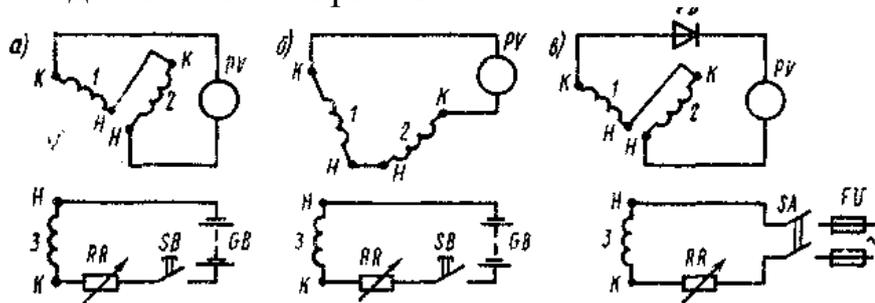


Рисунок 1 - Определение неправильных соединений в обмотке трёхфазного статора:  
а, б - на постоянном токе; в - на переменном токе

В одну из фазных обмоток рис. 1, а, б включается источник постоянного или переменного тока, реостат  $RR$ , кнопка  $SB$ . Две другие обмотки соединяются последовательно, и к ним подключается милливольтметр.

Если оказалось, что обмотки соединены разноимёнными выводами (начало 1 с концом 2 или конец 1 с началом 2, рис. 1, а), то при замыкании и размыкании кнопки  $SB$  индукционные токи вызовут резкие отклонения стрелки милливольтметра.

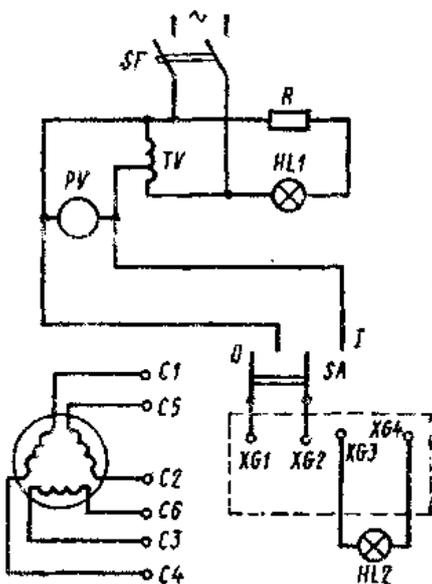
Если же обмотки соединены одноимёнными выводами (начало 1 с началом 2 или конец 1 с концом 2) (рис. 1, б), то при включении и выключении кнопки  $SB$  стрелка милливольтметра останется неподвижной, так как индуцируемые в обмотках 1 и 2 напряжения окажутся приложенными навстречу друг другу и следовательно индукционный ток равен нулю. Затем обмотку, включенную на милливольтметр, заменяют одной из обмоток, включенных под напряжение, и аналогичным способом находят какой ее вывод является одноименным с ранее определенным. После чего производят маркировку обмоток.

На рис. 1, в приведена аналогичная схема, но с питанием от сети переменного тока. Индуктором служит тот же милливольтметр, последовательно с которым включен выпрямительный элемент  $VD$ .

### Методические указания

При испытаниях обмоток нельзя допускать их перегрева, поэтому испытывают обмотки при напряжении 10 - 15 % номинального. Для этого можно использовать как реостат, так и лабораторный автотрансформатор.

В качестве индикатора можно использовать вместо милливольтметра обычную лампу накаливания на соответствующее напряжение.



Загорание лампочки при включении кнопки SB свидетельствует о правильном соединении обмоток. Если при включении кнопки SB лампочка не загорается, то это свидетельствует о встречном соединении обмоток.

Рисунок 2 - Электрическая схема для проведения лабораторной работы

### Порядок выполнения работы

1. Собрать схему в соответствии с рис. 2.
2. Убедиться, что рукоятка лабораторного автотрансформатора выведена до отказа.
3. Проверить установку переключателя SA в положении 0.
4. Установить переключки C5-C3; C2-XG3; C6-XG4; C1-XG1; C4-XG2.
5. Включить автомат SF, при этом должна загореться лампа HL1, свидетельствующая о наличии напряжения в сети.
6. Установить с помощью лабораторного автотрансформатора TV на вольтметре PV необходимое напряжение (10-15% от номинального напряжения двигателя)
7. Включить переключатель SA (в положение 1). Если при этом загорится лампочка HL2, значит проверяемые обмотки включены верно. Если лампа не загорится, то следует выключить переключатель SA, вывести ЛАТР, выключить автомат SF и поменять концы исследуемых обмоток. Повторить п.п. 1 - 7. Таким образом проверить правильность соединений и маркировку всех обмоток.
8. Составить отчет о работе.

### Контрольные вопросы

1. Каким образом должны соединяться концы и начала обмоток в схеме «звезда»?
2. Каким образом должны соединяться обмотки в схеме «треугольник»?
3. Чем объясняется загорание лампочки при правильном соединении обмоток?
4. Как маркируются концы и начала обмоток в соответствии с ГОСТом?
5. В какой цвет окрашивают выводы проводов трехфазных асинхронных двигателей?

## Лабораторное занятие 2

### Монтаж трёхполюсного разъединителя внутренней установки.

#### Регулировка привода и контактов разъединителя

*Цель работы:* уяснить последовательность и содержание рабочих операций при монтаже разъединителей внутренней установки; ознакомиться с правилами монтажа, проверкой и регулировкой контактной системы разъединителя и работой его привода.

#### Содержание работы

1. Знакомство с конструкцией разъединителя.
2. Разметка и закрепление элементов опорной конструкции для установки разъединителя.
3. Установка и закрепление разъединителя на опорной конструкции.
4. Проверка правильности установки, регулировка контактов и привода разъединителя.

#### Общие сведения и указания к выполнению задания.

Разъединители для внутренней установки выполняют трёхполюсными, смонтированными на одной общей раме. Поэтому монтаж разъединителя начинают с разметки отверстий для крепления его рамы непосредственно к опорной конструкции, стене ячейки или строительному основанию здания. При установке разъединителей на металлоконструкциях их закрепляют болтами диаметром 15-18 мм, длиной 45-50 мм. При установке разъединителей непосредственно на строительном основании при толщине последнего до 100 мм их крепят сквозными болтами или шпильками, с обратной стороны которых приваривают шайбы или подкладывают отрезки угловой стали. К строительным основаниям толщиной свыше 100 мм разъединители закрепляют вмазными штырями или на скобках. Следует помнить, что при установке разъединителя на высоту до 2 м его можно поднимать, вручную, а при большей высоте - обязательно пользоваться подъемными приспособлениями, состоящими из блоков, лебёдки и подъёмного троса, таями или стропами, соблюдая правила безопасности при производстве такелажных работ. При установке разъединителя следует обратить внимание на то, чтобы отверстия в его раме совпадали с осями разметки опорной конструкции с допуском не выше  $\pm 2$  мм. В случае перекоса под раму необходимо установить прокладки из тонкой листовой стали (не больше двух). Установленный разъединитель выверяют по вертикальной и горизонтальной осям, пользуясь уровнем и отвесом. Закрепляют разъединитель постепенно, затягивая гайки крепёжных болтов. Рекомендуется попеременно затягивать болты, расположенные на диагонали, что исключит перекос разъединителя и как следствие этого - заедание вала при включении.

После того как разъединитель смонтирован, приступают к проверке работы его контактной системы, обращая внимание на правильность вхождения ножей в неподвижные контакты - губки разъединителя. При боковых ударах ножа о губки надо отрегулировать взаимное перемещение ножа с контактом или кон-

такта и опорного изолятора. Ножи разъединителя должны входить в губки одновременно и достаточно плотно прилегать к контактным поверхностям губок. Плотность прилегания ножей нормируется заводом-изготовителем разъединителей и проверяется динамометром при вытягивании ножа из гнезд неподвижного контакта. Наименьшие усилия, вытягивающие нож разъединителя, в зависимости от его номинального тока приведены ниже.

Номинальный ток разъединителя, А	Вытягивающее усилие, кгс
400	10
600	20
1000	40
2000	40

Угол поворота ножей разъединителя (см. рис. 1) также должен соответствовать заводским данным ( $65^\circ$  для разъединителей типа РВ и  $75^\circ$  для разъединителей типа РВО).

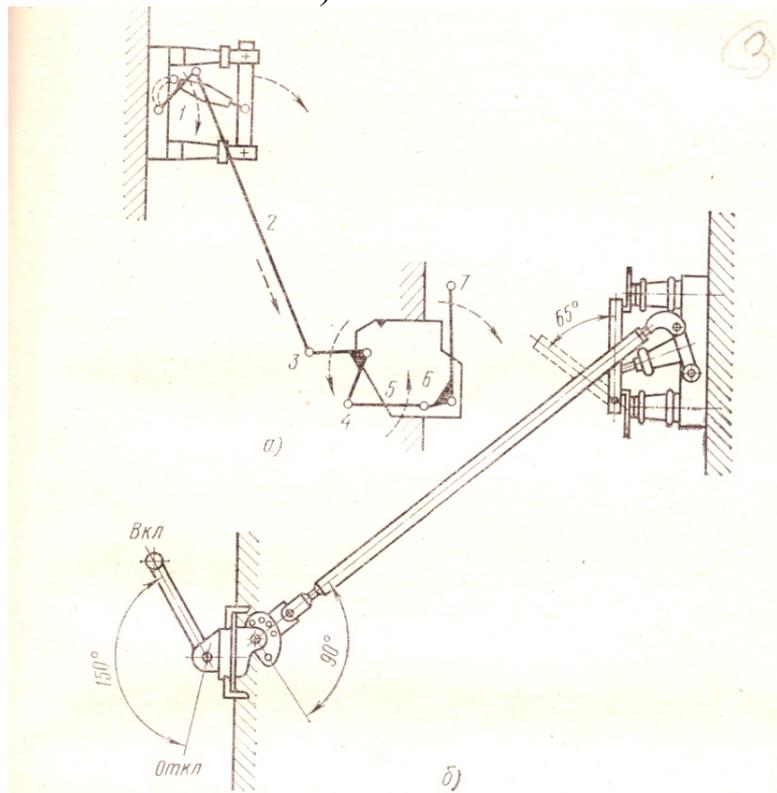


Рисунок 1 - Кинематическая схема ручного рычажного привода трёхполюсного разъединителя:

а - схема работы рычагов, б - углы поворота привода; 1 - рычаг привода, 2 - тяга. 3, 4 - рычаги, 5 - короткая тяга; 6 - поворотный рычаг, 7 - рукоятка привода

Установка разъединителя заканчивается проверкой работы и регулировкой привода. Он должен обеспечивать четкое и одновременное вхождение ножей в губки без больших усилий. Фиксатор привода должен надежно стопорить приводной рычаг привода во включенном (верхнем) или отключенном (нижнем) положениях последнего.

### Контрольные вопросы

1. В какой последовательности выполняют операции при монтаже разъединителя внутренней установки?
2. Как закрепляют разъединитель к металлоконструкции и к строительному основанию здания?
3. Как устанавливают разъединитель при монтаже на высоту до 2 м и выше?
4. Как проверить плотность прилегания ножей разъединителя к контактным поверхностям губок?

5. Какие нормированные значения вытягивающих усилий для контактов разъединителей вам известны?

## Лабораторное занятие 3

### Прозвонка жил кабеля и их маркировка

*Цель работы:* овладеть приёмами прозвонки жил кабелей с помощью простейших приспособлений; научиться пользоваться мегомметром.

#### Теоретические сведения

В электромонтажных работах одним из ответственных этапов в работе считается подключение оборудования. От правильности выполнения всех операций на этом этапе зависит успешная эксплуатация всего комплекса электроустановок на предприятии. Перед подключением производится прокладка силовых линий и кабелей, проводов цепей управления (цепи вторичной коммутации). Эти цепи соединяют между собой различные элементы оборудования с пультом управления и системой защиты. После окончания прокладки перед подключением производится прозвонка отдельных проводов и кабелей.

Методы выявления зависят от марки кабеля и условий расположения, при цветной изоляции жил проблем нет. Кабель подключается к оборудованию по цвету жил с обеих сторон. Сложность возникает, когда изоляция всех или нескольких жил в кабеле одного цвета, а кабеля немаркированные. Именно в таких случаях производится прозвонка, определяется принадлежность концов с обеих сторон кабеля к одной жиле, их целостность и делается маркировка.

Основные способы и оборудование:

- Прозвонка тестером, может выполняться одним человеком в пределах одного распределительного шкафа и на расстояниях до 100 м;
- Цифровым мультиметром, используется в аналогичных условиях, прибор устанавливается в режим прозвонки или измерения сопротивления.
- Самодельным прибором с лампой и батарейками;
- Телефонными трубками с элементами питания в цепи.
- Понижающим трансформатором в комплекте с индикаторными или измерительными приборами.

Иногда можно использовать мегомметр, но в низковольтных цепях это не рекомендуется из соображений безопасности, в приборе используется напряжение до 500В.

#### Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую схему для прозвонки жил кабеля с помощью контрольных ламп (рис. 1), телефонных трубок (рис. 2), электрических щупов (рис. 3).
2. Проверить сопротивление изоляции кабеля мегомметром (рис. 4)
3. Полученные результаты занести в кабельный журнал (прил. В3) и записать результаты проверки кабеля, рисунки зарисовать.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4 – Измерение сопротивления изоляции мегомметром

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Материально-техническое оснащение.
3. Порядок выполнения работы со всеми необходимыми рисунками.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Где используются контрольные кабели?
2. В чём различие контрольных и силовых кабелей?
3. Какие приспособления используются при прозвонке жил?
4. В чём заключается способ прозвонки жил с помощью контрольных ламп, телефонных трубок, щупов?
5. Как проверить сопротивление изоляции кабеля с помощью мегомметра?
6. Правила маркировки проводов и жил кабеля (кабельный журнал).

## Практическое занятие 5

Изучение последовательности выполнения разделки силового кабеля с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ

*Цель работы:* научить производить разделку кабеля с бумажной изоляцией.

При монтаже кабельных линий возникает необходимость не только соединять кабели между собой (для чего применяют соединительные и ответвительные муфты), но и подсоединять кабели к различным электрическим аппаратам и устройствам (для чего применяют концевые заделки и концевые муфты).

Для выполнения муфт и заделок сначала производится ступенчатая разделка кабеля. Перед разделкой кабеля производят испытание бумажной изоляции кабеля, погружая ленты бумажной изоляции, прилегающие к оболочке и к жиле, в парафин, нагретый до 150 °С. Признаком наличия, влаги является потрескивание и образование пены. В этом случае от конца кабеля отрезают участки длиной 250-300 мм и производят повторную проверку. Операцию проводят до получения положительных результатов. Если влага проникла глубоко, то кабель бракуют. Технология выполнения разделки кабеля зависит от назначения муфты или заделки, ее материала и номинального напряжения, при котором она должна применяться.

В маркировку муфт и заделок входят буквенные и цифровые символы, каждый из которых имеет свою расшифровку.

В начале обозначения ставится буква, определяющая назначение муфты (заделки):

С - муфта соединительная;

О - муфта ответвительная;

Ст - муфта стопорная;

СП - муфта переходная;

КВ - муфта (заделка концевая внутренней установки);

КН - муфта концевая наружной установки,

После маркировки, определяющей назначении, ставиться буква обозначающая материал муфты:

Ч - чугун;

С - свинец;

А - алюминий;

Э - эпоксидный компаунд;

Р - резина

Сл - самоклеющаяся лента

Б - стальная воронка, заливаемая битумным составом.

После обозначения материала ставятся буквы, определяющие различные характеристики муфт и заделок

ТВ - с термоусаживаемыми поливинилхлоридными трубками;

Н - с трубками из найритовой резины;

Т - с трёхслойными трубками;

З - (в сочетании Рз) – с заполнением изоляционным составом;

Сл - с подмоткой из самоклеющихся лент;

В - с корпусом, имеющим продольный разъем в вертикальной плоскости;

С - отливаемая в съёмной форме;

О - овальной формы;

К - круглой формы.

Если перед обозначением исполнения муфты (заделки) стоит буква П, то это значит, что муфта предназначена для кабелей с пластмассовой изоляцией.

Наиболее распространёнными муфтами и заделками для кабелей с бумажной изоляцией на напряжение до 10 кВ являются следующие соединительные муфты: СЧ, СЭ, СЭн (на 1 кВ); СС, СЭ, Сэм (на 6 и 10 кВ);

концевые заделки и муфты внутренней установки для сухих помещений - КВЭтв, КВР (на 1 кВ); КВЭтв; КВ, (на 6 и 10 кВ);

концевые заделки и муфты для влажных помещений - КВЭ. КВЭт, (на 1кВ); КВЭтв, КВ, (на 6 и 10 кВ);

концевые заделки и муфты для сырых и особо сырых помещений - КВЭн, (на 1 кВ): КВЭн (на 6 и 10 кВ);

концевые заделки и муфты для жарких и сухих помещений - КВЭтн, КВсл; КВЭт (на 1кВ); КВЭтв, КВЭн, КВЭт, КВЭк, (на 6 и 10 кВ).

### Методические указания

Для производства работ на рабочем столе должны быть следующие материалы и инструменты: ножовка-бронерезка, монтерский нож, плоскогубцы, складной метр, напильник, ключ для снятия гофрированной оболочки, суровые нитки, набор заземляющих проводов, оцинкованная стальная проволока диаметром 1 - 1,5 мм, стальная проволока диаметром 2 мм.

Операции над элементами кабеля, которые отсутствуют в выданном для разделки кабеле, не производят.

Если снятие битумной подушки производится с использованием растворителей, то в помещении запрещается применение открытого огня.

Разделку в зависимости от её назначения (для соединительных муфт или для концевых заделок) следует производить в соответствии с рис. 3.1. Размеры разделки кабелей даны в табл. 3.1 и 3.2. В табл. 3.2 размер Ж (длину разделанных жил) определяют в зависимости от условий присоединения кабеля. Этот размер не должен быть менее 150 мм при U - 1 кВ, 250 мм при U - 6 кВ и 400 мм при U - 10 кВ. Размер Г следует принимать равным 30 мм (он определяется выбранным способом оконцевания жил).

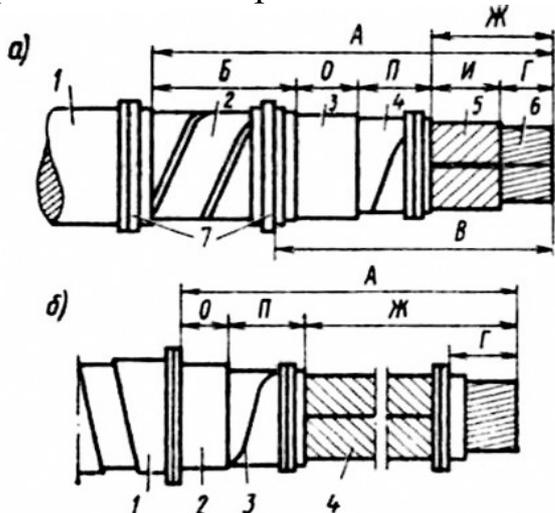


Рис. 3.1 - Виды разделок

В табл. 3.1 размер Г определяется способом соединения жил ( $Ж = И + Г$ ). Для муфт, расположенных внутри зданий,  $B = 0$  и  $A = B$ . В числителе стоят цифры для бронированных кабелей, в знаменателе — для кабелей с пластмассовой изоляцией. Размеры для разделки кабеля до 10 кВ приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1 - Размеры разделки кабелей с бумажной изоляцией до 10 кВ при монтаже соединительных муфт и ответвительных муфт

Маркоразмер муфты	Размеры разделки, мм (рис 3.1,а)					
	А	Б	О	П	Ж	В
СС-60	330	60	70	25	175	270
СС-70	345	60	70	25	190	285
СС-80	370	60	70	25	215	310
СС-90	380	60	70	25	225	320
СС-100	405	60	70	25	250	345
СС-110	450	60	70	25	294	390
СЭ-3Х50-10	395/315	-	120	20	190	-
СЭ-3Х95-10	420/340	-	120	20	215	-
Сэм-3Х50-1	-	-	80	10	106	56

Таблица 3.2 - Размеры разделки кабелей до 10 кВ при монтаже концевых муфт и заделок внутренней установки.

Маркоразмер муфты или заделки	Размеры, мм		
	А	О	П
КВЭ 3Х35-6 КВЭ 3Х35-10 КВЭт 4Х35-6	Ж+55	35	20
КВЭт3Х35-10 КВЭ3Х70-10 КВЭт3Х70-10	Ж+70	50	20
КВР - 1 – КВР - 4	Ж+90	60	20

### Порядок выполнения работы

Работу следует выполнять в соответствии с технологической картой (табл.3.3) и рис. 3.1 а или б.

Таблица 3.3 - Технологическая карта разделки кабеля с бумажной изоляцией

Операция	Способ выполнения
Снятие брони из стальных лент	На расстоянии А от конца кабеля накладывают бандаж из проволоки d=2 мм. Джутовый покров разматывают от конца кабеля до бандажа и не срезают, а оставляют для последующей защиты ступени брони от коррозии
То же	На расстоянии Б от первого бандажа накладывают второй бандаж из такой же проволоки. Бронеленты надрезают по кромке второго бандажа, после чего их разматывают и удаляют
Удаление подушки	Ленты подушки разматывают и удаляют. Битумный состав тщательно смывают. При этом допускается нагрев подушки беглым огнем
Надрезание оболочки	На расстоянии О от среза брони выполняют первый кольцевой надрез, а на расстоянии П+5 от первого — второй. Надрезы делают осторожно, на половину толщины оболочки
Снятие свинцовой оболочки	От второго кольцевого надреза до конца кабеля выполняют два продольных надреза на расстоянии 10 мм друг от друга. Полоску между надрезами удаляют до второго кольцевого надреза и снимают оболочку
Снятие гладкой алюминиевой оболочки	От второго кольцевого надреза до конца кабеля выполняют надрез по винтовой линии, установив резец ножа под углом 45° к оси кабеля. С помощью плоскогубцев удаляют оболочку

Снятие гофрированной алюминиевой оболочки	Надрезают оболочку на расстоянии 10-15 мм у выступа гофра, отгибают надрезанную часть оболочки на шаг и надрывают её дальше на 25-30мм; закрепляют полосу оболочки в прорези ключа (рис 3.2) и, поворачивая ключ по часовой стрелке, наматывают на него полосу оболочки до проволочного бандаж.
Удаление поясной изоляции	Разматывают ленты полупроводящей (черной) бумаги и поясной изоляции и обрывают их у края оболочки.
Изгибание жил	Жилы немного разводят в стороны и изгибают по шаблону. Без шаблона жилы изгибают постепенным передвижением обеих рук по жиле, не допуская крутых переходов и повреждения бумажной изоляции. Радиус изгиба должен быть не менее 10-кратного диаметра жилы или высоты сектора.
Снятие бумажной изоляции	Снимают изоляцию жил на участке, длину которого определяют способом оконцевания или соединения; предварительно у места среза на изоляцию накладывают бандаж двумя-тремя витками суровых ниток. Затем производят оконцевание или соединение жил.
Удаление оболочки над ступенью поясной изоляции.	Надрезают и снимают участок алюминиевой или свинцовой оболочки, оставленный ранее между двумя кольцевыми надрезами. Оставшиеся торцы оболочки обрабатывают, удаляя острые края и заусенцы.
Оформление ступени поясной изоляции	На расстоянии П от среза оболочки накладывают бандаж из суровых ниток и обрабатывают ленты поясной изоляции до бандаж.
То же полупроводящей бумаги	Оставшийся на кабеле поясok полупроводящей бумаги длиной 5 мм закрепляют на конце бандажом из двух витков суровых ниток.
Разбортовка конца свинцовой оболочки	При отсутствии под свинцовой оболочкой полупроводящей бумаги оболочку отгибают равномерно по всей окружности с помощью разбортовки.
Выбор сечения медного многопроволочного проводника	Сечение провода заземления должно быть для кабелей сечением жил до: $10\text{мм}^2 - 6\text{мм}^2$ $16-25\text{мм}^2 - 10\text{мм}$ $50-120\text{мм}^2 - 16\text{мм}^2$ $150-240\text{мм}^2 - 25\text{мм}$
Выбор длины провода заземления при соединительных муфтах	Длина провода заземления должна обеспечить его последовательное присоединение к оболочкам (экранам), броне и металлическим корпусам муфт.
То же при концевых муфтах и заделках	То же, но свободный конец провода заземления должен служить для присоединения к опорной конструкции муфты (заделки) или к сети заземления.
Присоединение провода к оболочке (экрану) кабеля	Провод заземления закрепляют на оболочке бандажом из оцинкованной стальной проволоки диаметром 1-1,5 мм и припаивают припоем ПОС-40. Место пайки предварительно очищают и обслуживают свинцовую оболочку припоем ПОС-40, а алюминиевую — припоем А
То же, но к броне кабеля	Присоединяют при ленточной броне к обеим бронелентам, а при проволочной — ко всем проволочкам бандажом из проволоки, а затем пайкой. Предварительно место пайки очищают и обслуживают
То же, но к болту заземления муфты или опорной конструкции	Провод заземления оконцовывают наконечником способом сварки, пайки или опрессовки.

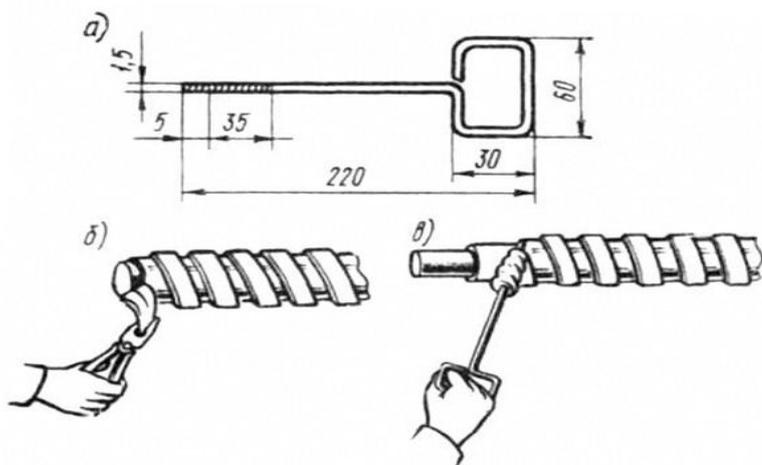


Рис. 3.2 - Удаление гофрированной алюминиевой оболочки и размеры ключа

### Контрольные вопросы

1. Для чего производят ступенчатую разделку кабелей?
2. Расшифруйте марку муфты или заделки, для которой производилась разделка кабеля.
3. Расшифруйте марку кабеля, на котором производилась разделки.

### ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Зюзин А.Ф., Поконов Н.З., Антонов М.В. Монтаж, эксплуатация и ремонт ЭО промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1986. – 414с.
2. Клеменьтев В.Р., Магазинник Л.Т. Монтаж внутризаводских электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1996 – 337с.
3. Груба В.И., Калинин В.В., Макаров М.И. Монтаж и эксплуатация электроустановок. – М.: Недра, 1991 – 239с.
4. Атабеков В.Б. Ремонт электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1985 – 173с.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок предприятий – М.: Энергоатомиздат, 2003 – 267с.
6. Нейштадт Е.Т. Лабораторный практикум по предмету «Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования предприятий и установок». – М.: Высшая школа, 1991 – 111с.
7. Яцков А.Д., Холодилин Н.Ю., Холодилина О.А. Методика расчёта монтажной и ремонтной оснастки – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2008
8. [http://window.edu.ru/resource/196/64196/files/jackov\\_t.pdf](http://window.edu.ru/resource/196/64196/files/jackov_t.pdf) дата обращения 05.02.2018

## Содержание

Введение.....	3
Перечень лабораторно-практических занятий .....	4
Практическое занятие 1 .....	4
Практическое занятие 2 .....	9
Практическое занятие 3 .....	12
Практическое занятие 4.....	15
Лабораторная работа 1 .....	21
Лабораторная работа 2 .....	24
Лабораторная работа 3 .....	26
Практическое занятие 5 .....	27
Информационное обеспечение .....	32
Приложения .....	34

Таблица А1 – Наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности талевых средств  $K_3$ 

Назначение каната	Коэффициент запаса прочности $k_3$
Грузовые канаты:	
а) с ручным приводом	4,0
б) с машинным приводом:	
для лёгкого режима работы	5,0
для среднего режима работы	5,5
для тяжёлого режима работы	6,0
Канаты для полиспастов с изменяющейся длиной под нагрузкой:	
а) грузоподъёмностью от 5 до 50 т при соотношении $D/d$ :	
от 13 до 16	5,0
от 16 и более	4,0
б) грузоподъёмностью от 50 до 100 т при соотношении $D/d$ :	
от 13 до 16	4,0
от 16 и более	3,5
в) грузоподъёмностью 100 т и более при соотношении $D/d$ :	
от 13 до 16	3,5
от 16 и более	3,0
Стропы:	
а) с обвязкой или зацепкой крюками или серьгами	6,0
б) витые стропы при соотношении $D/d_c$ от 2 и более	5,0
в) полотенчатые стропы при соотношении $D/d_c$ :	
от 3,5 до 6	5,5
от 6 и более	5,0
Расчалки, оттяжки, тяги при соотношении $D/d_c$ :	
от 4 до 5	5,0
более 5 до 7	4,0
более 7 до 9	3,5
10 и более	3,0

Пр и м е ч а н и я : 1. Значение буквенных обозначений:  $D$  – диаметр ролика;  $d$  – диаметр каната;  $D_c$  – диаметр захватного устройства (элемента, огибаемого стропом, расчалкой, тягой, крепящим канатом;  $d_c$  – диаметр витого стропа.

2. Лёгкий режим характеризуется работой каната на малых скоростях без рывков с числом изгибов на роликах не более четырёх, а тяжёлый – работой каната на больших скоростях, с рывками и числом изгибов на роликах более четырёх.

Таблица А1 – Канаты стальные (выдержки из ГОСТ)

Диаметр каната, мм	Масса 1000 м каната, кг	Маркировочная группа, МПС				
		1372	1568	1666	1764	1960
		Разрывное усилие, кН				
Канат типа ЛК-РО конструкции 6 × 36(1 + 7 + 7/7 + 14) + 1 о.с.						
13,5	697	–	90,6	96,3	101,5	109,0
15,0	812	–	104,5	111,5	116,5	128,0
16,5	1045	–	135,5	144,	150,0	165,0
18,0	1245	–	161,5	171,5	175,5	190,5
20,0	1520	–	197,5	210,0	215,0	233,5
22,0	1830	207,5	237,5	252,5	258,5	280,5
23,5	2130	242,5	277,0	294,0	304,0	338,0
25,5	2495	283,5	324,0	344,0	352,5	383,0
27,0	2800	318,5	364,5	387,5	396,5	430,5
29,0	3215	366,0	417,5	444,0	454,5	493,5
31,0	3655	416,0	475,0	505,0	517,0	561,5
33,0	4155	473,0	540,5	574,5	588,0	638,5
34,5	4550	518,0	592,0	629,5	644,5	700,0
36,5	4965	565,5	646,0	686,5	703,5	764,0
39,5	6080	692,5	791,5	841,0	861,0	935,0
42,0	6750	768,5	878,5	933,5	955,5	1030,0
43,0	7120	806,5	919,5	976,0	1005,0	1080,0
44,5	7770	885,0	1005,0	1065,0	1095,0	1185,0
50,5	9440	1130,0	1290,0	1370,0	1400,0	1510,0
53,5	11150	1265,0	1455,0	1540,0	1570,0	1705,0
56,0	12050	1365,0	1560,0	1640,0	1715,0	–
58,5	13000	1470,0	1685,0	1730,0	1790,0	–
60,5	14250	1625,0	1855,0	1915,0	1970,0	–
63,0	15200	1725,0	1970,0	2020,0	2085,0	–

Таблица Б1 - Крановые электродвигатели МТК

Тип	Рн, кВт	пн, об/мин	КПД, %	cos	И <sub>н</sub> при U=380В,	Ip, А	Ur, В	Мм/Мн	Масса, кг
<b>1000 об/мин (6 полюсов)</b>									
МТКН(Ф) 011	1,4	920	70,5	0,67	4,5	4,0	2,8	2,8	45,5
МТКН(Ф) 012	2,2	915	73,5	0,7	6,5	4,0	2,8	2,8	49,5
МТКН(Ф) 111	3,5	865	74,5	0,8	8,9	3,8	2,8	2,8	77
МТКН(Ф) 112	5	890	76,0	0,78	12,8	4,3	3,4	3,4	85
МТКН(Ф) 211А	5,5	900	76,0	0,76	14,5	4,3	3,1	3,1	98
МТКН(Ф) 211В	7,5	880	76,0	0,77	19,4	4,5	3,3	3,3	102
МТКН(Ф) 311	11	900	80,5	0,83	24,9	4,8	3,3	3,3	200
МТКН(Ф) 312	15	915	82,5	0,85	32,4	5,5	3,6	3,6	220
МТКН(Ф) 411	22	935	87,0	0,80	48	7,4	3,3	3,3	253
МТКН(Ф) 412	30	945	87,5	0,85	61	7,4	3,3	3,3	279
МТКН(Ф) 511	37	930	85,0	0,86	77	6,5	3,0	3,0	360
МТКН(Ф) 512	55	925	86,0	0,87	112	7,4	3,4	3,4	460
МТКН(Ф) 611	75	940	88,0	0,88	---	---	---	3,0	---
МТКН(Ф) 612	95	940	89,0	0,89	---	---	---	3,7	---
МТКН(Ф) 613	118	940	92,0	0,90	---	---	---	4,2	---
<b>750 об/мин (8 полюсов)</b>									
МТКН(Ф) 311	7,5	695	80,5	0,63	21	4,5	3,3	3,4	200
МТКН(Ф) 312	11	700	81,5	0,73	28	5,2	3,5	3,5	220
МТКН(Ф) 411	15	705	83,0	0,70	40	5,5	3,2	3,2	260
МТКН(Ф) 412	22	700	83,0	0,75	54	5,5	3,2	3,2	290
МТКН(Ф) 511	30	700	84,0	0,75	72	5,8	2,8	2,8	360
МТКН(Ф) 512	37	700	85,0	0,78	85	5,5	2,8	2,8	450
<b>600 об/мин (10 полюсов)</b>									
МТКН(Ф) 611	45	590	88,0	0,88	---	---	---	3,0	---
МТКН(Ф) 612	55	590	90,0	0,89	---	---	---	3,0	---

Таблица В1 - Буквенные обозначения марок кабелей

Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
1	2	3
А	Впереди обозначения	Материал жил – алюминий
Не имеет символа	-	Материал жил – медь
А	Впереди обозначения (для кабелей с алюминиевыми жилами после символа материала жил)	Оболочка – алюминий
С	То же	Оболочка – свинец
СТ	– " –	Оболочка – стальная гофрированная
В	– " –	Оболочка – поливинилхлорид
Н	– " –	Оболочка – найрит (негорючая резина)
П	– " –	Оболочка – полиэтилен
Р	В середине обозначения	Изоляция жил – теплостойкая резина
В	– " –	Изоляция жил – поливинилхлорид
П	– " –	Изоляция жил – полиэтилен
Пс	– " –	Изоляция жил – самозатухающий полиэтилен
Пв	– " –	Изоляция жил - вулканизированный полиэтилен
Не имеет символа	– " –	Изоляция жил – бумажная, нормально пропитанная
В	В конце обозначения через дефис	Изоляция жил – бумажная, обедненно пропитанная
Ц	В начале обозначения	Изоляция жил – бумажная, пропитанная нестекающей массой на основе церезина
Б	В конце обозначения	Защитный покров – броня из стальной ленты
П	То же	Защитный покров – броня из плоской стальной оцинкованной проволоки
К	– " –	Защитный покров – броня из круглой стальной оцинкованной проволоки
Г	– " –	Указывает на отсутствие джутовой оплетки поверх брони
О	Перед символом С	Характеризует кабели с отдельно оцинкованными жилами
О	Перед символом В	Характеризует кабели с отдельно экранированными жилами под поливинилхлоридной оболочкой каждой жилы

ШВ	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из поливинилхлоридного пластика
Шп	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из полиэтилена
в	После буквы, обозначающей тип брони	Указывает на наличие усиленной подушки под броню, накладываемой поверх алюминиевой оболочки для защиты ее от коррозии
б	То же	Отсутствие подушки у защитного покрова
2л	– " –	Особо усиленная подушка у защитного покрова
н	– " –	Негорючий наружный покров у защитного покрова
-1к, -2к	В конце обозначения, после тире	С одной или двумя контрольными жилами
Т, ТС	То же	В тропическом исполнении

Таблица В2 - Номинальные сечения жил кабелей

Сечение основной токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Сечение нулевой жилы, мм <sup>2</sup> , для кабелей		
	с пластмассовой изоляцией (ГОСТ 16442-80)	с резиновой изоляцией (ГОСТ 433-73*Е)	с бумажной пропитанной изоляцией (ГОСТ 18410-73*Е)
1	-	1	-
1,5	1	1	-
2,5	1,5	1,5	-
4	2,5	2,5	-
6	4	4	-
10	6	6	6
16	10	10	10
25, 35	16	16	16
50, 70	-	25	25
95, 120	-	35	35
150, 185	-	50	50
240, 300	-	70	-
Примечание. У кабелей с резиновой изоляцией с алюминиевыми жилами сечением 2,5 мм <sup>2</sup> сечение нулевой жилы должно быть 2,5 мм <sup>2</sup>			

