

**Некоммерческое  
акционерное  
общество**



**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ**

**Кафедра  
электрических  
станций  
сетей и систем**

## **МОНТАЖ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика

Алматы 2014

СОСТАВИТЕЛИ: В.Н. Сажин, А.С. Тубекбаев, Ю. Г. Черемисинов. Монтаж и ремонт электрооборудования электрических сетей. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика.—Алматы: АУЭС, 2014. –25с.

Методические указания состоят из 4 лабораторных работ. Описание лабораторных работ содержит название работ, цель работ, теоретические сведения, порядок выполнения работ. Для выполнения работ приведены справочные таблицы, а также инструкционно – технологические карты. В конце каждой работы приведены контрольные вопросы.

Ил. 4, табл. 5, библиогр.- 10 назв.

Рецензент: доцент кафедры «ЭПП» М.В. Башкиров

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2014г

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2014г

## **Введение**

Лабораторные занятия имеют цель закрепить в памяти студента знания, полученные при теоретическом изучении дисциплины. Приступая к непосредственному выполнению работы в лаборатории, студент должен иметь представление о поставленной перед ним задаче.

Предметом изучения в лаборатории являются конструкции воздушных и кабельных линий, способы соединения проводов воздушных линий, разделка силовых кабелей и их концевая заделка, а также методы испытания и проверки основных элементов воздушных и кабельных линий, изучение и практическое использование приборов для определения мест повреждений кабельных линий.

По окончании выполнения лабораторной работы студент должен составить и оформить отчет. В отчете приводится: цель работы, приборы, оборудование, материалы, электромонтажные изделия, порядок выполнения работы, электрические схемы, порядок проведения электромонтажных операций, таблицы результатов осмотра, проверки и измерений в виде протоколов. В конце отчета делаются выводы.

## **1 Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции воздушных и кабельных линий**

**Цель работы:** ознакомиться с конструктивными элементами линий электропередач: проводами, арматурой, изоляторами, кабелями, кабельными вонками и муфтами. Научиться по образцу определять паспортные данные и по паспортным данным находить требуемый образец.

### **1.1 Теоретические сведения**

Линией электропередачи (ЛЭП) любого напряжения (воздушной, кабельной) называется электроустановка, предназначенная для передачи электрической энергии. Линии электропередачи являются основой электрических сетей, подразделяющихся по конструктивному выполнению на внутренние проводки, кабельные и воздушные.

Внутренние проводки выполняются изолированными проводами. Они имеют изолирующие, а иногда и защитные покрытия. Промышленностью выпускаются одно-, двух-, трех-, четырехжильные и многожильные провода. Имеется большой перечень марок проводов и шнуров, предназначенных для различных условий прокладки и работы. Провода выполняются на напряжения до 3000 В.

Кабелем называется многопроводочный провод или несколько скрученных вместе и взаимно изолированных проводов помещенных в общую герметичную оболочку. Главной конструктивной особенностью кабелей является их фазовая и поясная изоляция, обеспечивающая надежную их работу. Изоляционные покрытия обеспечивают также механическую прочность и антикоррозийную защиту токоведущей части кабеля. Соединение кабелей осуществляется в специальных кабельных муфтах. Присоединение кабелей к шинам распределительных устройств или к аппаратуре осуществляется через концевые вонки.

Воздушные линии электропередачи выполняются медными, алюминиевыми проводами и сталеалюминиевыми проводами. Провода подвешиваются к траверсам опор с помощью специальной арматуры и изоляторов. Набор стандартных элементов позволяет выполнить воздушные линии электропередачи на различное рабочее напряжение и пропускную способность линии.

### **1.2 Описание стенда**

Конструктивные элементы линии электропередачи размещены на щитах и стеллажах. Кроме того, лабораторная работа включает в себя чертежи, справочники и измерительные инструменты: линейки, штангенциркули, микрометры, весы.

### 1.3 Порядок выполнения работы

Преподавателем может быть выдано задание в двух постановках:

а) По образцу (изолятор, арматура, провод) с помощью замеров и данных справочной литературы определить паспортные данные образца.

б) По паспортным данным подобрать образец либо подходящий заменитель.

При оформлении отчета приводится эскиз образца, схема выполненных замеров, описание особенностей работы образца в условиях эксплуатации.

Таблица 1.1 – Сталеалюминиевые провода марки АС

Номинальное сечение ,мм <sup>2</sup> алюминий/сталь	Число и диаметр проволок		Сечение,мм <sup>2</sup>			Диаметр провода, мм <sup>2</sup>
	алюминиевых	стальных	алюминия	Стали	Всего	
С отношением А:С= 6.0						
10/1.8	6 x 1.5	1 x 1.5	10.6	1.77	12.37	4.5
16/2.7	6 x 1.85	1 x 1.85	16.1	2.69	18.79	5.6
25/4.2	6 x 2.30	1 x 2.30	24.9	4.15	29.05	6.9
35/6.2	6 x 2.80	1 x 2.80	36.9	6.15	43.05	8.4
50/8.0	6 x 3.20	1 x 3.20	48.2	8.04	56.24	9.6
70/11	6 x 3.80	1 x 3.80	68.0	11.3	79.3	11.4
95/16	6 x 4.50	1 x 4.50	95.4	15.9	111.3	13.6
С отношением А:С= 6.11÷6.25						
95/11	26 x 2.12	7 x 1.65	91.7	15.0	106.7	13.5
120/19	26 x 2.40	7 x 1.85	118	18.8	136.8	15.2
150/24	26 x 2.70	7 x 2.10	149	24.2	173.2	17.1
185/29	26 x 2.98	7 x 2.30	181	29.0	210.0	18.8
240/39	26 x 3.40	7 x 2.65	236	38.6	274.6	21.6
300/48	26 x 3.80	7 x 2.95	295	47.8	342.8	24.1
400/64	26 x 4.37	7 x 3.40	390	63.5	453.5	27.7
С отношением А:С= 7.71÷6.25						
150/19	24 x 2.80	7 x 1.85	148	18.8	166.8	16.8
185/24	24 x 3.15	7 x 2.10	187	24.2	211.2	18.9
205/27	24 x 3.30	7 x 2.20	205	26.6	231.6	19.8
240/32	24 x 3.60	7 x 2.40	244	31.7	275.7	21.6
300/39	24 x 4.00	7 x 2.65	301	38.6	339.6	24.0
330/43	54 x 2.80	7 x 2.80	332	43.1	375.1	25.2
400/51	54 x 3.05	7 x 3.05	394	54.1	445.1	27.5
450/56	54 x 3.20	7 x 3.20	434	56.3	490.3	28.8
500/64	54 x 3.40	7 x 3.40	490	63.5	553.5	30.6
550/71	54 x 3.60	7 x 3.60	549	71.2	620.2	32.4
600/72	54 x 3.70	19 x 2.20	580	72.2	652.2	33.2
650/79	96 x 2.90	19 x 2.30	634	78.9	712.9	34.7
700/86	96 x 3.02	19 x 2.40	687	85.9	772.9	36.2
750/93	96 x 3.15	19 x 2.50	748	93.2	841.2	37.7
800/105	96 x 3.30	19 x 2.65	821	105	926	39.7
С отношением А:С= 4.29÷4.39						

120/27	30 x 2.22	7 x 2.20	116	26.6	142.6	15.5
150/34	30 x 2.50	7 x 2.50	147	34.3	181.3	17.5
185/43	30 x 2.80	7 x 2.80	185	43.1	288.1	19.6
240/56	30 x 3.20	7 x 3.20	241	56.3	297.3	22.4
300/66	30 x 3.50	19 x 2.10	288	65.8	353.8	24.5
400/93	30 x 4.15	19 x 2.50	406	93.2	499.2	29.1

Таблица 1.2 – Алюминиевые провода марок А и АКП

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Число и диаметр проволок, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при 20 <sup>0</sup> С, Ом/км не более
16	7 x 1.7	15.9	5.1	1.80
25	7 x 2.13	24.9	6.4	1.14
35	7 x 2.50	34.3	7.5	0.830
50	7 x 3.0	49.5	9.0	0.576
70	7 x 3.55	69.2	10.7	0.412
95	7 x 4.10	92.4	12.3	0.308
120	19 x 2.80	117.0	14.0	0.246
150	19 x 3.15	148.0	15.8	0.194
185	19 x 3.50	183.0	17.5	0.157
240	19 x 4.00	239.0	20.0	0.120
300	37 x 3.15	288.0	22.1	0.100
350	37 x 3.45	346.0	24.2	0.083
400	37 x 3.66	389.0	25.6	0.074
450	37 x 3.90	442.0	27.3	0.065
500	37 x 4.15	500.0	29.1	0.058
550	61 x 3.37	544.0	30.3	0.053
600	61 x 3.50	587.0	31.5	0.049
650	61 x 3.66	641.0	32.94	0.045
700	61 x 3.80	691.0	34.2	0.042
750	61 x 3.95	747.0	35.6	0.039
800	61 x 4.10	805.0	36.9	0.036

#### 1.4 Контрольные вопросы

- 1 Назовите достоинства и недостатки воздушных и кабельных линий электропередачи.
- 2 Как по числу изоляторов определить номинальное напряжение линии электропередачи?
- 3 Назовите основную арматуру воздушной линии электропередачи.
- 4 Как осуществляется гашение пляски проводов ВЛ?
- 5 Для чего расщепляются провода ВЛ?
- 6 Как проводится защита проводов и грозозащитных тросов от вибрации?
- 7 Какие существуют новые конструкции проводов ВЛ?
- 8 Новые конструкции опор ВЛ.

## **2 Лабораторная работа № 2. Соединение проводов опрессованием и пайкой**

**Цель работы:** научить студентов соединять и оконцовывать алюминиевые и медные жилы проводов и кабелей опрессованием и пайкой. Научить студентов подбирать гильзы, наконечники, в зависимости от суммарного сечения соединяемых жил проводов, кабелей. Научить студентов приемам и способам работы с инструментом для прессования, выбором матриц и пуансонов.

### **2.1 Теоретические сведения**

Лучшим способом соединения и ответвления алюминиевых проводов сечением от 2,5 -> 10,0 мм<sup>2</sup> и до 2 кВ, кабелей до 1 кВ является опрессование. Опрессование - индустриальный и высокопроизводительный процесс в электромонтажных работах.

Технологический процесс состоит из двух операций:

- зачистка алюминиевой жилы и смазка кварцевазелиновой пастой жил проводов;
- опрессовка соединений.

При опрессовке нужно следить за степенью обжатия. Степень обжатия регулируется правильным подбором пуансонов и матриц опрессовочного инструмента.

Недостаточное обжатие может повысить переходное сопротивление что вызывает нагрев места соединения при эксплуатации.

При опрессовании необходимо правильно подобрать инструмент и умение студентов контролировать остаточную толщину после опрессовки в месте вдавливания. Лунки от вдавливания должны располагаться соосно и симметрично относительно середины гильзы. Гильзы и наконечники необходимо заполнять предельно плотно под внутренний диаметр. Провод, кабель, гильзы и наконечники необходимо тщательно обработать.

Зачищенная жила провода, кабеля при опрессовке в гильзах, наконечника вставляется до упора и точно посередине гильзы.

При работе с прессами, выполняя обжатие, нужно следить, чтобы матрица и пуансон доходили до упора. Изолировать места соединения (оконцевания) проводов, изоляция должна обеспечивать герметичность места соединения.

### **2.2 Материально-техническое оснащение работы**

Материалы: отрезки проводов и кабелей сечением  $F = 1,5 - 70 \text{ мм}^2$  с алюминиевыми и медными жилами.

Алюминиевые гильзы, секторные втулки, медно-алюминиевые кабельные наконечники, медные кабельные наконечники, медно-алюминиевые штифтовидные кабельные наконечники, кольцевые кабельные наконечники, наждач-

ная бумага, изоляционная лента, влагостойкий лак, ветошь, кварцевазелиновая паста, изолирующие колпачки.

Инструмент: планшетка с электромонтажным инструментом, линейка, штангенциркуль, стальная щетка из кардоленты. Ручной пресс РМП-7М-1, пресс-клещи ПК-4, пресс-клещи ПК-3.

## 2.3 Порядок работы

Для обучения студентов производственным приемам соединения медных и алюминиевых жил проводов опрессовкой, оконцеванию алюминиевых и медных жил проводов наконечниками предлагается выполнить следующие учебные задания:

Задание 1: оконцевание и соединение алюминиевых жил проводов опрессовкой гильзами.

Задание 2: оконцевание алюминиевых жил опрессовкой трубчатыми наконечниками.

Задание 3: соединение опрессовкой медных жил.

Задание 4: оконцевание опрессовкой медных жил медными кабельными наконечниками.

Задание 5: оконцевание многопроволочных медных жил кольцевыми кабельными наконечниками.

Задание 6: соединения, ответвления и оконцевания медных жил пайкой.

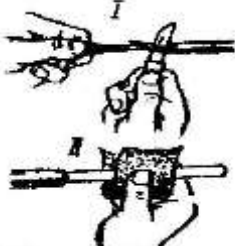



Технология выполнения заданий описана в инструкционно - технологических картах.

## 2.4 Инструкционно- технологическая карта

### 2.4.1 Соединение алюминиевых проводов опрессовкой

№	Виды операций	Способ их исполнения	Инструмент, приспособления
1	2	3	4
1	Определить сечение жил проводов	Измерить микрометром сечения применяемых в работе отрезков проводов и кабелей	Планшетка с электромонтажным инструментом, линейка, штангенциркуль, микрометр, ершик, пресс-клещи ПК-3; ПК-4, ручной пресс РМП-7М, кварцевазелиновая паста, влагостойкий лак, изолирующие колпачки, изоляционная лента, ветошь, провод, кабели



1	2	3	4
2	<p>Снять изоляцию с концов жил, зачистить и смазать их</p> 	<p>Определить расстояние на жилах для удаления изоляции. Снять изоляцию МБ - 1м или ножом и зачистить оголенные участки жил стальной щеткой</p>	
3	<p>Определение суммарного сечения жил соединяемых проводов. Выбор гильз с одно или двух сторонним вводом проводов</p> 	<p>Сложить концы зачищенных концов жил проводов. Измерить полученный диаметр соединения и записать. Покрывать каждую жилу провода кварцевазелиновой пастой или техническим вазелином. Зная суммарное сечение соединяемых жил подобрать гильзу номинального внутреннего диаметра. Подбор гильз по справочной таблице 1. Гильзы изготавливают с односторонним (1) и двухсторонним заполнением (2)</p>	
4	<p>Зачистка внутренней поверхности гильзы</p> 	<p>Зачистить внутреннюю поверхность гильзы до блеска. Протирку вести ершиком с техническим вазелином. Протереть гильзу снаружи и изнутри ветошью, смоченной в бензине</p>	<p>Пресс-клещи ПК-3 для гильз 7,5-4-1-А-00, наконечники 4-5-3-М, гильзы ГМ, кольцевые наконечники №1,5-3-П 2,5-3-П, сечение 1,5-16 мм<sup>2</sup>. Пресс-клещи ПК-4 для суммарного сечения жил проводов от 16<sup>÷</sup> 35 мм<sup>2</sup>. Пресс-РПМ 7М-1 для суммарного сечения 16<sup>÷</sup> 240</p>
5	<p>Смазка внутренней поверхности гильзы</p> 	<p>После протирки смазать гильзу по внутреннему диаметру кварцевазелиновой пастой</p>	
6	<p>Укладка подготовленных жил в гильзу</p>	<p>Проверить заполнение гильзы жилами. При необходимости дополнительно заполнить гильзу подготовленными</p>	


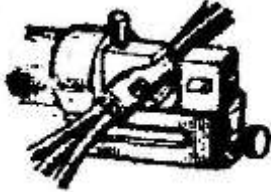

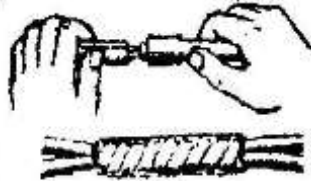








		жилами, чтобы не было пусто	
7	Опрессовка гильз 	Опрессовать одностороннюю гильзу одним давливанием, двухстороннюю-двумя вдавливаниями	
8	Проверка качества опрессовки 	Проверить глубину вдавливания после опрессовки штангенциркулем. Определить остаточную толщину в месте опрессовки, которая должна соответствовать величине, указанной в таблице. Остаточная толщина зависит от внутреннего диаметра гильзы	
9	Изолирование мест опрессовки 	Изолировать место опрессовки: - если оконцевание жил проводов, то на гильзу I одеть колпачки К440УХ, К441УХ, К444УХ; - если соединение жил проводов, то гильзу II покрывают липкой изоляционной лентой	

Таблица 2.1- Справочная таблица по алюминиевым гильзам

Эскиз	Тип	Наибольшее суммарное сечение жил мм <sup>2</sup>	Размеры			Остаточная толщина в месте опрессовки (± 0,2 мм)
			d <sub>1</sub>	d	L	
	7,5-4-1-A-00УТ2	7,5	4	7	11	3,5
	7,5-4-2-A-00УТ2	15	4	7	22	
	13-5-1-A-00УТ2	13	5	9	14	
	13-5-2-A-00УТ2	26	5	9	28	6,3
	20,5-6-1-A-00УТ2	20,5	6	10	18	
	20,5-6-2-A-00УТ2	41	6	10	36	
	32,5-8-2-A-00УТ2	32,5	8	14	18	
32,5-8-2-A-00УТ2	65	8	14	36		

## 2.5 Инструкционно-технологическая карта

### 2.5.1 Оконцевание алюминиевых жил опрессовкой трубчатыми наконечниками

№	Виды операций	Способ их исполнения	Инструмент, приспособления
1	<p>Снятие изоляции</p> 	<p>Отмерить на концах жил длину снимаемой изоляции. Сделать отметку. Снять изоляцию с концов жил на расстоянии, равном длине трубчатой части наконечника. Измерить сечение жил провода</p>	<p>Планшетка с электро-монтажными инструментами, линейка, штангенциркуль, кардощетка, ершик, ветошь. Пресс-клещи ПК-3, ПК-4, РПМ-7М</p>
2	<p>Выбор кабельного наконечника</p> 	<p>Выбрать кабельный наконечник в зависимости от типа и сечения жил по таблице 2.2</p>	
3	<p>Зачистить внутреннюю поверхность наконечника</p> 	<p>Внутреннюю поверхность трубчатой части наконечника зачистить до блеска стальным ершиком. Протереть наконечник тряпкой, смоченной в бензине</p>	
4	<p>Смазывание внутренней поверхности наконечника</p> 	<p>Внутреннюю поверхность наконечника смазать кварцевазелиновой пастой</p>	
5	<p>Зачистить концы жил</p> 	<p>Зачистить жилы до блеска стальной щеткой. Протереть зачищенную часть тряпочкой</p>	
6	<p>Смазать подготовленные концы жил провода</p> 	<p>Смазать зачищенную жилу провода кварцевазелиновой пастой</p>	
7	<p>Надевание наконечника</p> 	<p>Надеть наконечник на подготовленную часть жилы до упора. Удалить остатки кварцевазелиновой пасты</p>	

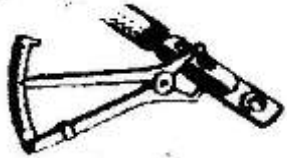

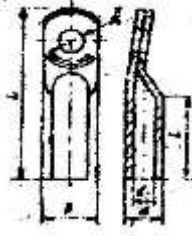
8	<p>Проверка качества опрессовки</p> 	<p>Измерить штангенциркульем или приспособлением остаточную толщину в месте опрессовки. Ее величина должна соответствовать данным, приведенным в таблице 2.2</p>	
9	<p>Изолирование мест оконцевания</p> 	<p>В лунки от вдавливания положить комочки ленты. Наложить на оконцевание три слоя липкой изоляционной ленты с 50 % перекрытием. Каждый слой покрыть влагостойким лаком</p>	

Таблица 2.2 – Аллюминиевые кабельные наконечники, закрепляемые опрессовкой на аллюминиевых проводах

Эскиз	Тип наконечника	Сечение (мм <sup>2</sup> ) класс жилы	Диаметр контакта	Размеры, мм						Остаточная толщина в месте опрессовки ± 0,3 мм
				d <sub>1</sub>	d	l	B	D	L	
	16-8-5.4-АУХЛЗ	16 I, 16 П 16 Ш	M8	5,4	10	30	16,5	8,4	59	4,5
	25-8-7-АУХЛЗ 25-8-7-АПр	25П, 161У 25 I, 25 Ш	M8	7,0	12	30	18	8,4	62	6,0
	35-10-8-АУХЛЗ 35-10-8-АПр	251У 35 I, 35П, 35Ш	M 10	8,0	14	30	20	10,5	68 66	7,0
	50-10-9-АУХЛЗ 50-10-9-АПр	351У 50 I 50П	M10	9,0	16	36	23	10,5	75 70	8,0
	70-10-11-АУХЛЗ 70-10-11-АПр	50Ш, 70 I 70П 70Ш	M10	11	18	38	25	10,5	86 82	9,0
	70-10-12-АУХЛЗ 70-10-12-АПр	501У 95 I	M10	12	18	38	25	10,5	86 82	9,0
	95-12-13-АУХЛЗ	701У 95П	M12	13	20	40	28	13	89	10,0

## 2.6 Контрольные вопросы

- 1 Какими преимуществами обладает способ опрессовки в оконцевании и соединении проводов и жил кабелей?
- 2 Какие механизмы применяют при опрессовке гильзами и наконечниками?
- 3 Как подготавливают концы жил, гильзы и наконечники для опрессовки?
- 4 Какая технологическая последовательность соединения и оконцевания в гильзах и наконечниках?
- 5 Как проверяют качество опрессовки?

## 3 Лабораторная работа №3. Разделка силового кабеля. Концевая заделка кабеля

**Цель работы:** научиться разделять кабели с бумажной и пластмассовой изоляцией ступенями по размерам, научиться разделять концы кабеля, оформлять концевыми заделками или муфтами.

### 3.1 Краткие теоретические сведения

Силовые кабели применяют для передачи электрической энергии. Силовые кабели изготавливают на номинальное напряжение от 660 В до 220 кВ. Силовой кабель состоит из следующих основных элементов:

- токопроводящие жилы, изоляция, оболочки и защитные покрытия;
- токопроводящие жилы, проводники электрического тока;
- изоляция создаёт и обеспечивает электрическую прочность токопроводящих жил относительно друг друга и земли - металлической оболочкой;
- оболочка предохраняет внутренние элементы кабеля от разрушения влагой, кислотами, газами;
- защитный покров - это подушка, броня и наружный покров, защищают оболочку кабеля от внешних воздействий.

В конструкцию кабеля ещё входят элементы: экран, жила заземления и заполнители. Для выравнивания электрического поля в изоляции силовых кабелей с бумажной изоляцией напряжением 6 кВ и выше поверх поясной изоляции применяется экран из кабельной полупроводящей бумаги.

Силовые кабели классифицируются:

- кабели с алюминиевой и медными жилами;
- кабели с бумажной, резиновой и пластмассовой изоляцией;
- кабели в алюминиевой, свинцовой, пластмассовой и резиновой оболочке;
- кабели бронированные и небронированные;
- по количеству жил: одно-, двух-, трёх-четырёх и пятижильные.

Четырёхжильные кабели имеют все жилы одинакового сечения или одну (нулевую) жилу меньшего сечения. У кабелей в алюминиевой оболочке до 1000 В в качестве четвертой, нулевой жилы разрешается использовать алюминиевую оболочку, за исключением взрывоопасных помещений. Токопроводящие жилы

кабелей изготавливают из алюминия и меди: однопроволочными и многопроволочными. В разрезе они имеют вид круга, сегмента или сектора.

Алюминиевые жилы кабелей сечением 16-240 мм<sup>2</sup> - однопроволочные и многопроволочные, сечением 300 - 800 мм<sup>2</sup> - многопроволочные.

Медные жилы кабелей до 16 мм<sup>2</sup> однопроволочные, 25 - 95 мм<sup>2</sup> - однопроволочные и многопроволочные, 120 - 800 мм<sup>2</sup> - многопроволочные.

Изоляция кабелей следующая: пластмассовая из поливинилхлорида и полиэтилена; бумажная изоляция, пропитанная маслоканифольным составом; резиновая изоляция.

Все в большем количестве изготавливают кабели с изоляцией из самозатухающего и вулканизирующего полиэтилена, изоляция из пластмассы изготавливается в виде сплошного слоя.

Кабели имеют различную маркировку, которая расшифровывается так: А - алюминиевая жила; А - (вторая буква) - алюминиевая оболочка; Б - бронезащита шальной лентой; б отсутствие подушки у защитного покрова; В - поливинилхлоридная оболочка; (вторая буква) - изоляция; В — (после марки кабеля через дефис) - обеднённо пропитанная бумажная изоляция, а если В (в середине марки) изоляция из вулканизирующегося полиэтилена; Г-отсутствие защитного покрова; К - броня из стальных круглых проволок; Н - резиновая маслостойкая оболочка (найрит); О - отдельная оболочка у каждой жилы; П - полиэтиленовая оболочка или изоляция жил; П - (в конце марки) броня из стальных плоских проволок; Р - резиновая изоляция жилы; С - свинцовая оболочка; У - бумажная изоляция пропитана нестекающим составом на основе церезина; Шв - наружный покров из поливинилхлоридного шланга; Шп - наружный покров из полиэтиленового шланга.

Кабельные линии прокладывают в соответствии с «Правилами устройства электроустановок», «Строительными нормами и правилами» и «Инструкцией по прокладке кабелей напряжением 110 кВ».

Для соединения кабелей между собой изготавливают соединительные муфты: СЭ, СС, СП, СЧ. Места соединения кабелей свинцовыми муфтами в земле закрываются чугунами кожухами К<sub>3</sub>Ч или пластмассовыми кожухами К,П. В кабельных каналах, тоннелях и на эстакадах все соединительные муфты закрываются кожухами КСР.

### **3.2 Материально - техническое оснащение работы**

Материалы: отрезки силового кабеля до 1 м, трёх- или четырёхжильные. Отрезки провода АПВ сечением 2,5 мм<sup>2</sup> или 4,0 мм<sup>2</sup>. Кабель с бумажной или пластмассовой изоляцией сечением 70 мм<sup>2</sup>. Наконечники – 4 шт.

Инструмент: планшетка с электромонтажным инструментом, бронерезка, ножовка по металлу, нож садовый, кардошётка, ножницы НС - 2, разбортовка оболочек кабеля сечением до 70 мм<sup>2</sup>, метрическая линейка до 50 см.

Для кабельных работ желательно использовать набор НКИ - 3 инструментов и приспособлений.

Пресс - клещи ПК - 4, пропан - бутановая горелка с баллоном - набор НСП - 1.

Инвентарь: кабельные работы выполнять на приспособлениях для разделки и оконцевания кабеля, монтажа муфт.

Изделия: для оконцевания разделанных концов кабеля с бумажной или пластмассовой изоляцией использовать: концевую термоусаживающую муфту КВТ, концевую заделку ПКВ.

### 3.3 Порядок работы

Работы с силовыми кабелями по разделке концов кабеля с бумажной и пластмассовой изоляциями, выполнение на разделанном кабеле концевых заделок выполняется студентом на электромонтажных столах и электромонтажных стендах. На столешнице стола и стенда устанавливается кабельное приспособление. В кабельном приспособлении закладывается отрезок кабеля, крепится, далее выполняется разделка концов кабеля и оконцевание кабеля заделкой или муфтой.

Технология выполнения учебно-производственного задания описана в инструкционно - технологических картах.

Рекомендуется выполнить следующее задание:

Задание 1: разделка ступенчатого конца бронированного кабеля с пластмассовой изоляцией.

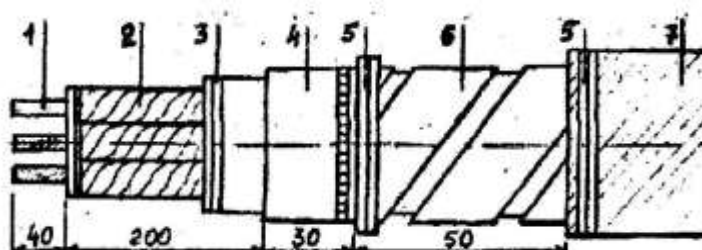
Задание 2: монтаж концевой заделки кабеля с пластмассовой изоляцией.

Задание 3: разделка ступенчатого конца бронированного кабеля с бумажной изоляцией.

Задание 4: монтаж концевой заделки кабеля с бумажной изоляцией. Преподаватель показывает и разъясняет выполнение заданий, инструктирует студентов.



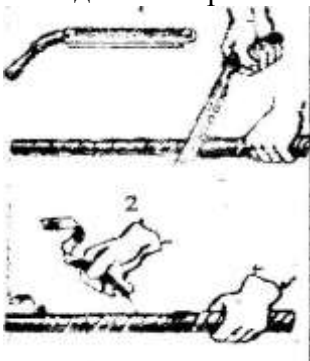
### 3.4 Инструкционно-технологическая карта

#### 3.4.1 Разделка конца бронированного кабеля с пластмассовой изоляцией


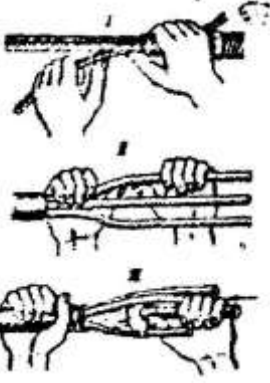


- 1- токоведущая жила; 2 - изоляция жилы; 3 - поясная изоляция;
- 4- свинцовая оболочка; 5 - бандаж из проволоки; 6 - броня;
- 7- пропитанная кабельная пряжа.

Рисунок 3.1- Разделка кабеля с пластмассовой изоляцией

	Виды операции	Способ их выполнения	Инструмент Материалы
1	2	3	4
1	Подготовка к работе	Получить у преподавателя: приспособления для кабельных работ, инструмент, кабель и провод документацию. Ознакомиться по документации с технологической последовательностью выполнения разделки кабеля. Установить на столешнице столов и стендов кабельные приспособления	Планшетка с электромонтажным инструментом, часть инструмента из набора НКИ – 3, кабельное приспособление. Отрезки бронированного кабеля длиной до 1 м. Наконечники кабельные на сечение 16 мм <sup>2</sup> . Пресс клещи ПК
2	Накладка банджа на наружный покров 	Отмерить на поверхности кабеля расстояние 150 мм. Подмотать на наружный покров у отмеченного места смоляную ленту и поверх её плотно навить два три витка мягкой проволоки. Скрутить концы банджа на расстоянии 8-10 мм. Скрученные концы прижать вдоль банджа	Липкая лента ПВХ Линейка Плоскогубцы
3	Удаление наружного джутового покров 	Размотать джутовый покров от конца кабеля до банджа, уложить вдоль кабеля, и прижать мягкой проволокой	
4	Удаление бронелент 	Наложить бандаж на броню кабеля, на расстоянии 50 мм от первого банджа. Нарезать броню ножовкой по металлу (бронерезкой) на половину толщины брони. Следить за глубиной резания брони. Удалить броню, поочередно сматывая и отрывая бронеленты. Работать в рукавицах. Удалить подушку под броней	Плоскогубцы Ножовка
5	Удаление шланга	Отметить расстояние, должно быть более 30 мм. Выполнить кабельным ножом кольцевой надрез, а затем продольный надрез оболочки до кольцевого надреза. Удалить оболочку на надрезанном участке	Нож



			
6	Удаление фазной изоляции	На расстоянии 35-40 мм зачистить жилы кабеля от изоляции. Жилы кабеля зачистить до блеска	
7	Изгибание жил 	Развести концы жил так, чтобы они находились в одной плоскости. Плавно выгнуть их через палец, постепенно перемещая по жиле или применить шаблон. При разделывании и изгибании жил следить, чтобы радиус изгиба не превышал десятикратного диаметра жилы по изоляции. Расстояние между жилами определяют по месту монтажа - должно быть не менее 50 мм	

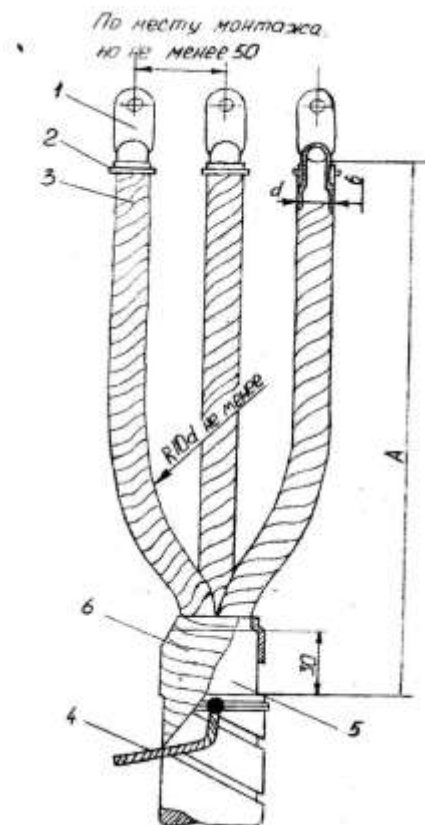
### 3.5 Инструкционно-технологическая карта

#### 3.5.1 Монтаж концевой заделки кабеля с пластмассовой изоляцией.

После того, как концы кабеля разделаны, выполняется концевая заделка кабелей. Выбор типа концевой заделки кабеля зависит от типа помещения для внутренней установки. Применяем заделки ПКВ напряжением до 1 кВ.

№	Виды операции	Способ их выполнения	Инструмент, материалы, изделия
1	Подготовка к работе	Ознакомиться с картой по монтажу концевой заделки	Набор НСП - 1, стальная щётка, припой ПОС-30, паяльный жир
2	Заземление бронированного кабеля	Залудить обе ленты брони, предварительно зачистив их стальной щеткой. На броню кабеля наложить заземляющий медный гибкий провод сечением 6 мм <sup>2</sup> , и привязать его 2-3 витками оцинкованной проволоки. Пропитать место соединения заземляющего проводника с бронёй кабеля	
3	Опрессование концов жил кабеля	Надеть на жилы кабеля трубки из ПВХ. Кабельные алюминиевые наконечники зачистить внутри ёршиком до блеска. Смазать кварцевазелиновой пастой. Надеть на концы	

		жил кабеля наконечники до упора. Подготовленными пресс-клещами ПК-4, сделать вдавливания по оси наконечников. Проверить штангенциркулем глубину вдавливания	
4	Изолирование жил	Разделанные концы жил кабеля изолировать двумя слоями липкой ПВХ ленты с 50% перекрытием. Изолируются также трубчатая часть наконечников и корешок разделки с заходом на оболочку. Для жил кабеля с поливинилхлоридной изоляцией покрытие лентой не требуется	
5	Наложение бандажа	На концах намотки ПВХ ленты сделать бандаж из суровых ниток. Навить 10-20 витков нитки и промазать клеем	
6	Демонтаж	Сложить инструмент в планшетку, снять кабель с кабельного приспособления. Инструмент, материалы, изделия, кабельное приспособление, документацию сдать преподавателю. Убрать рабочее место	



- 1-кабельный наконечник; 2- бандаж из суровых ниток;  
3- фазная обмотка; 4- проводник заземления;  
5- пластмассовая оболочка; 6- подмотка корешка заделки.

Рисунок 3.2- Концевая заделка кабеля с пластмассовой изоляцией

### 3.6 Контрольные вопросы

- 1 Как устроены кабели с пластмассовой изоляцией?
- 2 Как устроены кабели с бумажной изоляцией?
- 3 Что означают буквы в марках кабелей?
- 4 В какой технологической последовательности разделяется кабель с пластмассовой изоляцией?
- 5 Какие виды концевых заделок выполняются для внутренних электропроводок до 1кВ?
- 6 Как соединяют кабели между собой?
- 7 Какие кабели с пластмассовой изоляцией чаще всего применяют в сетях переменного напряжения ?
- 8 Каким инструментом удаляют шланг кабеля ?
- 9 Как выбирают размеры ступеней разделки кабелей с пластмассовой изоляцией?

### 4 Лабораторная работа № 4. Проверка и испытания изоляции воздушных и кабельных линий

**Цель работы:** познакомиться с наиболее общими испытаниями и проверками несложных в техническом отношении электротехнических устройств; научиться производить измерение сопротивлений изоляции кабелей и изоляторов, разрядников и др.

#### 4.1 Теоретические сведения

Для обеспечения надежности и улучшения качества смонтированных электроустановок необходимо улучшить работу в области проверки электрооборудования перед сдачей в эксплуатацию. Правильно организованная проверка электрооборудования и его отдельных элементов перед сдачей в эксплуатацию, своевременное устранение дефектов и недоделок, проведение комплексного опробования оборудования являются одними из важнейших этапов работы.

Подвесные и опорные изоляторы осматриваются, при этом проверяется целостность фарфора, арматуры, глазури, исправность армировки и влагостойкого покрытия, после чего производятся испытания их в соответствии с требованиями Норм [8]. Сопротивление изоляции изоляторов измеряется мегаомметром 2500 В. Сопротивление изоляции каждого элемента изолятора должно быть не менее 300 Мом. Если изоляция не удовлетворяет этим требованиям, и внешних дефектов не видно, монтажным персоналом принимаются меры по очистке и промывке изоляторов, после чего производится испытание их повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательные напряжения для одноэлементных изоляторов следующие:

Номинальное напряжение установки, кВ .....	3	6	10	15	20	35
Испытательное напряжение изолятора, кВ, с изоляцией:						
нормальной .....	24	32	42	55	65	95
облегченной .....	14	21	32	48	-	-

Продолжительность испытания 1 мин. Подвесные и каждый элемент многоэлементных опорных изоляторов испытываются напряжением 50 кВ в течение 1 мин. Стекланные подвесные изоляторы электрическим испытаниям повышенным напряжением не подвергаются, так как их дефекты легко обнаруживаются наружным осмотром. Изоляторы считаются выдержавшими испытания, если они при этом не имели пробоя или местных нагревов изоляции. Поверхностное перекрытие изоляции при испытаниях не является причиной для браковки изоляторов и часто является следствием искажения кривой испытательного напряжения, особенно при питании испытательной установки по схеме «фаза-нейтраль».

Вводы и проходные изоляторы проверяются в соответствии с требованиями Норм [8]. При наружном осмотре проверяются внешнее состояние фарфора, отсутствие сколов, трещин, исправность арматуры, заземляющего проводника измерительного вывода, уровень масла в расширителе, исправность потенциометрического устройства (ПИН). Перед испытанием ввода из него берется проба масла и проверяется на электрическую прочность в стандартном маслоробойнике. Пробивное напряжение масла должно быть не менее 40 кВ для вводов класса 35-220 кВ и выше не менее 55 кВ для вводов класса 300-500 кВ.

Производится измерение сопротивления изоляции основного и измерительного выводов относительно фланца мегаомметром 1000-2500 В. В сырую погоду или во влажной среде рекомендуется во избежание ошибочной отбраковки ввода измерение сопротивления изоляции производить с применением охранного кольца (рисунок 4.1,б). Для измерения сопротивления изоляции измерительного вывода снимается защитный кожух и отсоединяется заземляющий проводник.

При проверке вентильных разрядников предъявляются особые требования к ревизии. Проверяются отсутствие сколов и трещин в фарфоровых покрышках и цементных швах, наличие защитного покрытия армировочных швов, отсутствие видимых нарушений герметичности. При осторожном поворачивании и встряхивании разрядника не должно наблюдаться никаких шумов и тресков, болтовые соединения должны быть надежными. Проверка и испытания вентильных разрядников производятся в соответствии с требованиями Норм испытания электрооборудования.

Мегаомметром 2500 В измеряется сопротивление изоляции общее и отдельных элементов. Сопротивление изоляции разрядников серии РВП должно быть не менее 5000 МОм (измерение производится как у опорных изолято-

ров). У разрядников серии РВС сопротивление элементов должно соответствовать данным таблицы 4.1.

Таблица 4.1. – Характеристика элементов разрядников РВС

Номер группы	Сопротивление, МОм, для элементов		
	РВС-33	РВС-20	РВС-15
0	480-615	240-315	160-215
1	615-810	315-415	215-285
2	810-1100	415-550	285-385
3	1100-1450	550-785	385-515
4	1450-1850	785-965	515-675
5	1850-2450	965-1265	675-885

Сопротивление изоляции  $R_{из}$  измеряется мегаомметром 2500 В. Изоляция кабелей на напряжение до 1 кВ считается удовлетворительной, если  $R_{из} \geq 0,5$  МОм, у силовых кабелей на напряжение выше 1 кВ  $R_{из}$  не нормируется.

У трехфазных кабелей измерение  $R_{из}$  производится для каждой жилы по отношению к двум другим заземленным (рисунок 4.2,а). Окончательным критерием удовлетворительного состояния кабелей является испытание повышенным выпрямленным напряжением каждой жилы относительно оболочки и двух других заземленных жил.

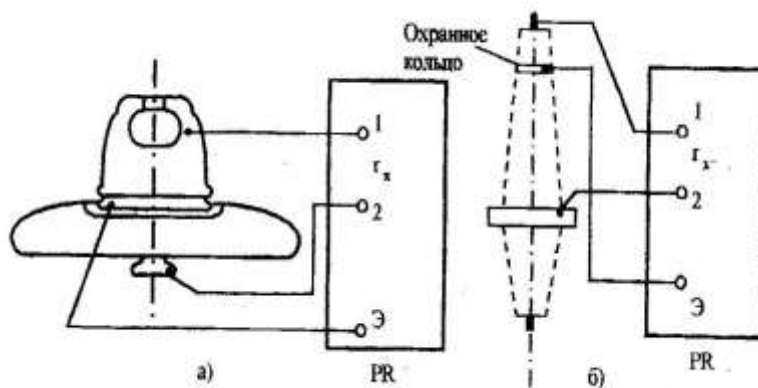
Когда результат измерения сопротивления изоляции объекта мегаомметром может быть искажен поверхностными токами утечки, принимают меры, исключая влияние поверхностных токов. Для этого на изоляцию объекта накладывают токоотводящий электрод, который присоединяют к зажиму Э прибора (рисунок 4.2,в).

В случае измерения сопротивления изоляции между цепями, изолированными от земли, например между жилами кабеля, измерительные зажимы присоединяются к жилам кабеля, а зажим Э к броне кабеля.

Надо помнить, что изоляция электродвигателей, аппаратов, проводов и кабелей, ошиновки рассчитана на значительно большие напряжения, чем номинальное напряжение сетей, для работы в которых они предназначаются. Поэтому в большинстве случаев низкое сопротивление изоляции является следствием плохого монтажа и наличия дефектов в электропроводке, кабельной или воздушной линии или объясняется неисправностями электрической части смонтированных машин, приборов и т.п.

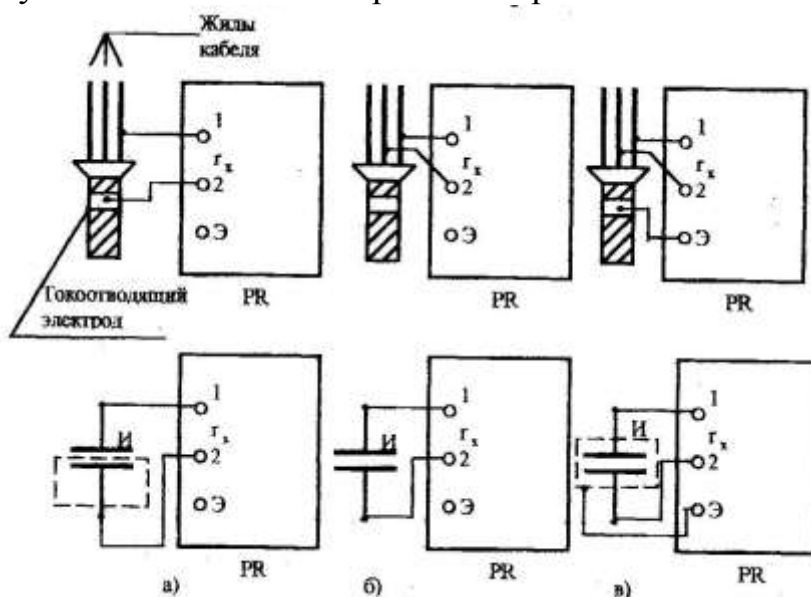
Часто низкое сопротивление изоляции может быть из-за влажности или загрязнения поверхности изоляторов ошиновки РУ или выводных изоляторов или машин. Поэтому до проверки изоляции производят тщательную очистку и протирку всех изоляторов и изоляционных поверхностей между токоведущими частями.

Результаты осмотра и проверки электротехнических устройств оформляются протоколом.



а – подвесного (опорного) изолятора; б – проходного изолятора.

Рисунок 4.1 – Схема измерений сопротивлений изоляторов



а – сопротивления изоляции И относительно земли (оболочки кабеля);  
 б – между токопроводящими жилами (стержнями);  
 в – между токопроводящими жилами при исключении токов утечки.

Рисунок 4.2 – Схемы измерения мегаомметром (PR) сопротивления изоляции (И)

## 4.2 Порядок выполнения работы

### 4.2.1 Подготовить мегаомметр к работе:

- снять крышку прибора и замерить ее на боковой стенке в предусмотренных гнездах;
- к клемме « - » подключить шнур соединительный 1, к клемме с охранным кольцом и к клемме Э подключить шнур соединительный 7 в соответствии с маркировкой;
- корректором измерительного механизма установить указатель на отметку « ∞ ».

4.2.2 Установить переключатель измерительных напряжений в нужное положение.

При разомкнутых зажимах « $r_x$ », нажать кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I и установить ручкой УСТАН. « $\infty$ » - указатель мегаомметра на отметку.

4.2.3 Замкнуть зажимы « $r_x$ », нажать кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I и установить ручкой УСТАН. 0 указатель прибора на отметку «0», а затем, нажав обе кнопки ИЗМЕРЕНИЕ II, проверить установку указателя на отметку «0», установить указатель в первом и втором случае так, чтобы отметка «0» оказалась посередине этих двух показаний.

4.2.4 Убедившись в отсутствии напряжения на объекте, подключить объект к зажимам « $r_x$ » (рисунки 4.1 и 4.2). При необходимости экранировки, для уменьшения влияния токов утечки, экран объекта (токоотводящий электрод, экранное кольцо) присоединить к зажиму «Э» шнуром соединительным 4. Наименование объектов выдает преподаватель.

4.2.5 Для проведения измерений нажать кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I, подав тем самым на объект высокое напряжение. На время измерения держать кнопку нажатой. После установления указателя сделать отсчет значения измеряемого сопротивления по шкале I.

При необходимости проведения измерений с повышенной точностью в соответствии с таблицей 4.2, не отпуская кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I, нажать кнопку ИЗМЕРЕНИЕ II и сделать отсчет измеряемого сопротивления по шкале II.

Загорание индикатора КП свидетельствует о необходимости замены химических источников тока. При питании от сети допускается свечение индикатора КП.

Таблица 4.2-Диапазон и параметры измерений приборами Ф4102/1-1М, Ф4102/2-1М

Условное обозначение мегаомметра	Диапазон измерений сопротивлений изоляции, не менее, МОм	Участники диапазона с пределом допускаемого значения относительной погрешности %, МОм		Напряжение, В
		15%	30%	
Ф4102/1-1М	0-30 0-2000	-	0,03-30 30-1000	100±5
	0-150 0-1000	-	0,015-150 150-5000	500±25
	0-300	-	0,3-300 300-10000	1000±50
Ф4102/2-1М	0-2000 0-20000	75-1000 750-4000	-	1000±50
	0-5000 0-50000	187,5-2500 187,5-10000	-	2500±125

Сделать вывод о пригодности изоляции каждого типа проверенного объекта.

**ПРОТОКОЛ**  
измерения сопротивления изоляции  
электропроводок и кабелей (перед включением)

Наименование линии и ее параметры	Сопротивление изоляции, МОм						Заключение
	A-B	B-C	A-C	A-0	B-0	C-0	

Сопротивление изоляции замерено мегаомметром на напряжение \_\_\_\_\_ В типа \_\_\_\_\_, заводской номер \_\_\_\_\_

Измерения произвел:  
(студент гр. \_\_\_\_\_): \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_\_ г.»

**ПРОТОКОЛ**  
осмотра и проверки вентиляных разрядников

Тип и напряжение разрядника, кВ	Заводской номер и год изготовления	Место установки	Состояние фарфора и армировки, герметичность уплотнений, отсутствие дребезжаний внутри кожуха	Сопротивление изоляции, МОм	Заключение

Проверку производил: \_\_\_\_\_  
(студент гр. \_\_\_\_\_): \_\_\_\_\_

**ПРОТОКОЛ**  
осмотра и проверки без разборки малых электрических машин

Наименование и характеристика машины	Внешнее состояние частей машины и отсутствие обрыва обмоток	Состояние подшипников и наличие смазки	Воздушные зазоры (по возможности)	Сопротивление изоляции обмоток при $T = \dots^\circ\text{C}$ , МОм	Заключение

Осмотр и проверку производил: \_\_\_\_\_  
(студент гр. \_\_\_\_\_): \_\_\_\_\_



### **4.3 Контрольные вопросы**

1 Что включают в себя осмотр, проверка изоляции ВЛ и ЮЛ перед монтажом и после монтажа, а также подготовка к сдаче в эксплуатацию?

2 Объем и нормы испытаний (изоляции) ВЛ перед сдачей в эксплуатацию.

3 Объем и нормы испытаний (изоляции) КЛ перед сдачей в эксплуатацию.

4 Объем и нормы испытаний (изоляции) разрядников.

5 Устройство и правила применения мегаомметра.

6 Какие дефекты опорных и проходных изоляторов служат основанием для их отбраковки перед монтажом?

## Список литературы

1. Акимова И.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования.- М.: Академия, 2008.
2. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок: Практическое пособие. – Мн.: Дизайн ПРО, 2006.
3. Доценко В.А., Сивков А.А., Герасимов Д.Ю. Монтаж, ремонт и эксплуатация электрических распределительных сетей в системах электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие.- Томск: Изд. ТПУ, 2007.
4. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007.
5. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-750 кВ /Под ред. Гологорского Е.Г.- М.: Из-во НЦ ЭНАС, 2008.
6. Макаров Е.Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования и сетей.- М.: Академия: ИРПО, 2003.
7. В.Н. Костин. Монтаж и эксплуатация оборудования систем электроснабжения: Учебное пособие.- СПб.: СЗТУ. 2004.
8. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. 6-е издание. - М.: Из-во НЦ ЭНАС, 2008.
9. [www.studmed.ru](http://www.studmed.ru). Инструкционно-технологическая карта. Соединение алюминиевых проводов опрессованием.
10. [www.studmed.ru](http://www.studmed.ru). Инструкционно-технологическая карта. Разделка силового кабеля. Концевая заделка кабеля.

## Содержание

Введение	3
1 Лабораторная работа № 1	4
2 Лабораторная работа № 2	7
3 Лабораторная работа № 3	13
4 Лабораторная работа № 4	19
Список литературы	25

Владимир Николаевич Сажин  
Аман Саянович Тубекбаев  
Юрий Григорьевич Черемисинов

МОНТАЖ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 5В071800 - Электроэнергетика

Редактор Н. М. Голева  
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать  
Тираж 150 экз.  
Объем уч. изд. л.

Формат 60x84 1/16  
Бумага типографская №1  
Заказ № Цена тенге

Копировально-множительное бюро  
некоммерческого акционерного общества  
«Алматинский университет энергетики и связи»  
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126