

Область применения

Силовые кабели применяются для передачи электрической энергии на высоком и низком напряжении.

Во многих случаях кабельные сети применяются внутри производственных помещений, на заводских территориях и производственных площадках.

Самое важное преимущество кабельных линий в долговечности и почти полной независимости от атмосферных воздействий.

Наиболее распространена прокладка кабелей непосредственно в грунт

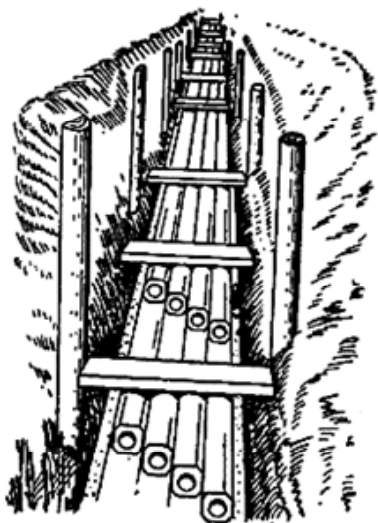


Рисунок 2. Прокладка кабелей в траншее с применением асбоцементных труб.

вследствие простоты и дешевизны. Земляная траншея для укладки кабелей должна иметь глубину не менее 800 мм. На дне траншеи создают мягкую подушку толщиной 100 мм, которую можно выполнить либо подсыпкой мягкого грунта, либо рыхлением грунта самой траншеи. При этом глубина заложения кабеля должна быть не менее 700 мм, а при пересечении улиц и площадей – не менее 1 метра (рисунок 1). При вводах в здание допускается снижение глубины заложения кабелей до 500 мм от поверхности земли на участке длиной до 5 метров.

Траншея засыпается вынутым грунтом, который предварительно очищается от камней и мусора. Для защиты кабельных линий напряжением от 1 до 20кВ от механических повреждений кабель покрывается сверху бетонными плитами или кирпичом (но не силикатным) в один ряд по всей длине поперёк кабеля, а линии до 1кВ – только в местах вероятных частых разрывов. Кабели можно прокладывать в асбоцементных или керамических трубах, также защищающих от механических повреждений (смотри рисунок 2).

Трасса для прокладки кабеля должна выбираться наикратчайшей. Следует по возможности избегать мест со значительными перепадами высот, частыми раскопками, агрессивными грунтами, частыми пересечениями с трубопроводами и т.п.

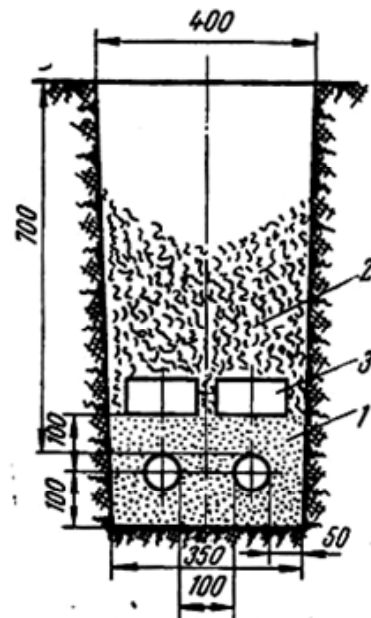


Рисунок 1. Прокладка кабелей в траншее.

вследствие простоты и дешевизны. Земляная траншея для укладки кабелей должна иметь глубину не менее 800 мм. На дне траншеи создают мягкую подушку толщиной 100 мм, которую можно выполнить либо подсыпкой мягкого

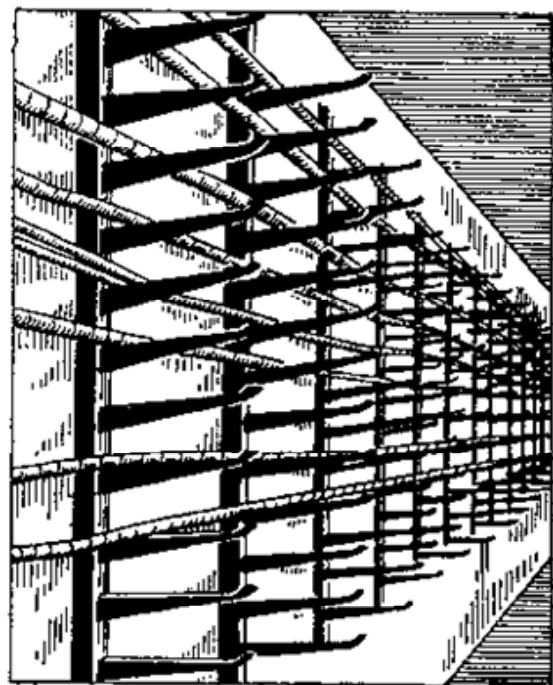


Рисунок 3. Прокладка кабелей внутри зданий на специальных конструкциях.

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

Внутри зданий кабели прокладываются по стенам и потолкам. Разрешается также прокладка кабелей в трубах или каналах в полу или междуэтажных перекрытиях, где они могут быть легко заменены в случае повреждения. Для горизонтальной прокладки по стенам применяются специальные опорные металлические конструкции (рисунок 3), настенные полки и профили с кабельными закладными подвесами.

Все кабели должны подвергаться периодическим испытаниям в соответствии с данной методикой.

Объект испытания.

Силовые кабели любого напряжения состоят из токопроводящих жил, изоляционных и защитных оболочек.

Токопроводящие жилы кабелей выполняются из меди или алюминия. По форме сечения жилы изготавливаются круглыми, секторными и сегментными. В зависимости от числа токопроводящих жил силовые кабели бывают одно-, двух-, трёх и четырёх- жильными. Отечественные заводы изготавливают силовые кабели следующих стандартных сечений: 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500 и 600 мм².

Силовые кабели изготавливаются на различные напряжения и в зависимости от этого имеют определённый диапазон стандартных сечений. Так, например, трёхжильные кабели на напряжение 6кВ (рисунок 4) изготавливаются с сечением жил от 10 до 240 мм², на 10кВ – от 16 до 240 мм² и на напряжение 35кВ – от 70 до 150 мм². Четырёхжильные кабели (рисунок 5) изготавливаются только на напряжение до 1000В и имеют сечения жил от 1,5 до 185 мм². Четвёртая жила четырёхжильного кабеля, называемая нулевой, имеет сечение равное фазной жиле или вдвое меньше.

В настоящее время всё большее распространение получают силовые кабели для электроустановок напряжением до 1000В с пятью отдельными жилами, из которых три являются фазными, одна - нулевой рабочей и одна - нулевой защитной.

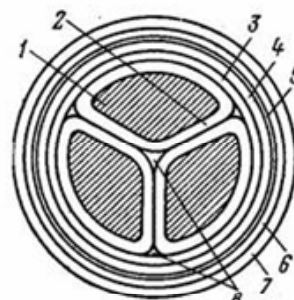


Рисунок 4. Кабель на напряжение 1-10кВ.
1 - токопроводящая жила, 2 - фазная изоляция, 3 - поясная изоляция, 4 - свинцовая или алюминиевая изоляция, 5 - подушка, 6 - броня, 7 - защитные покрытия, 8 - заполнение.

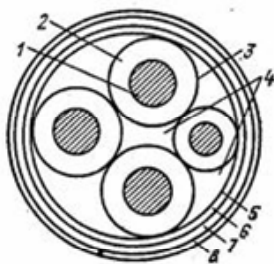


Рисунок 5. Кабель на напряжение до 1кВ.
1 - токопроводящая жила, 2 - изоляция, 3 - обмотка прорезиненной лентой (или пластик), 4 - заполнение, 5 - обмотка лентой, 6 - оболочка, 7 - броня, 8 - защитные покрытия.

Защитные оболочки кабелей служат для защиты изолирующих оболочек от разрушения при проникновении влаги и от механических повреждений. Защитные оболочки, образующие герметический слой вокруг изоляционных оболочек, выполняются из свинца, алюминия или пластмасс.

Для защиты свинцовых оболочек от химических воздействий их обматывают бумажной лентой, пропитанной кабельной массой (канифоль, растворённая в минеральном масле), а по-

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – uanviktor.narod.ru

верх покрывают оболочкой из джута. От механических повреждений кабель защищается бронёй, которая состоит из плоских стальных лент или стальных провололок. Защита брони от воздействия различных веществ, находящихся в почве, осуществляется ещё одной джутовой оболочкой.

Кабели в зависимости от конструкции их защитных оболочек могут быть проложены в земляных траншеях, по стенам, потолкам и конструкциям внутри здания, в блоках, туннелях и каналах. Так, например, во внутренних помещениях, а также в каналах и туннелях прокладывают кабели с алюминиевой, свинцовой, пластмассовой внешней оболочкой, небронированные и бронированные, но без внешней джутовой оболочки. В земляных траншеях прокладывают силовые кабели, защищённые бронёй и джутовой оболочкой, а также некоторые кабели с пластмассовой оболочкой.

Определяемые характеристики.

Измерение сопротивления изоляции.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром. У силовых кабелей на напряжение до 1кВ и ниже сопротивление изоляции не ниже 0,5 МОм. У силовых кабелей на напряжение 2 – 500 кВ сопротивление изоляции не нормируется.

Испытание изоляции кабелей повышенным выпрямленным напряжением.

Значение испытательного напряжения принимается в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Вид испытаний	<u>Испытательное напряжение (кВ) для кабельных линий</u>		
	Кабели с бумажной изоляцией		
	До 1кВ	6кВ	10кВ
П	6	36	60
К	2,5	36	60
М	-	36	60
Вид испытаний	Кабели с пластмассовой изоляцией		
	До 1кВ*	6кВ	10кВ
	П	3,5*	36
К	-	36	60
М	-	36	60
Вид испытаний	Кабели с резиновой изоляцией		
	3кВ	6кВ	10кВ
	П	6	12
К	6	12	20
М	6**	12**	20**

* - испытание повышенным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони (экранов), проложенных в воздухе, не производится.

** - после ремонтов, не связанных с ремонтом кабеля, изоляция проверяется мегаомметром на напряжение 2500В, а испытание повышенным выпрямленным напряжением не производится.

Для кабелей на напряжение до 10кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией длительность приложения полного испытательного напряжения при приёмосдаточных испытаниях 10 минут, в эксплуатации 5 минут.

Для кабелей с резиновой изоляцией на напряжение 6-10кВ длительность приложения полного испытательного напряжения 5 минут.

Допустимые токи утечки в зависимости от испытательного напряжения и допустимые значения коэффициента асимметрии при измерении тока утечки приведены в таблице 2. абсолютное значение тока утечки не является браковочным показателем. Кабельные линии с удовлетворительной изоляцией должны иметь стабильные значения токов утечки. При проведении испытаний ток утечки должен уменьшаться. Если не происходит уменьшения тока утечки, а также при его увеличении или нестабильности, испытание производится до выявления дефекта, но не более чем 15 минут.

Таблица 2.

Кабели напряжением (кВ)	Испытательное напряжение (кВ)	Допустимые значения токов утечки (мА)	Допустимые значения коэф. асимметрии
6	36	0,2	8
10	45	0,3	8
	50	0,5	8
	60	0,5	8

Разрешается техническому руководителю предприятия в процессе эксплуатации (М) исходя из местных условий как исключение уменьшать уровень испытательного напряжения для кабельных линий напряжением 6-10кВ до $0,4U_n$.

Периодичность испытаний в процессе эксплуатации.

Кабели напряжением 2-35кВ:

- а) 1 раз в год – для кабельных линий в течение первых 2 лет после ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем:
 - ✳ 1 раз в 2 года – для кабельных линий, у которых в течение первых 2 лет не наблюдалось аварийных пробоев и пробоев при профилактических испытаниях, 1 раз в год для кабельных линий, на трассах которых производились строительные и ремонтные работы и на которых систематически происходят аварийные пробои изоляции;
 - ✳ 1 раз в 3 года – для кабельных линий на закрытых территориях (подстанции, заводы и т.д.);
 - ✳ во время капитальных ремонтов оборудования для кабельных линий, присоединённых к агрегатам, кабельных перемычек 6-10кВ между сборными шинами и трансформаторами в ТП и РП;
- б) допускается не проводить испытание:
 - ✳ для кабельных линий длиной до 100 метров, которые являются выводами из РУ и ТП на воздушные линии и состоят из двух параллельных кабелей;
 - ✳ для кабельных линий со сроком эксплуатации более 15 лет, на которых удельное число отказов из-за электрического пробоя составляет 30 и более отказов на 100 километров в год;
 - ✳ для кабельных линий, подлежащих реконструкции или выводу из работы в ближайшие 5 лет;
- в) допускается распоряжением технического руководителя предприятия устанавливать другие значения периодичности испытаний и испытательных напряжений:
 - ✳ для питающих кабельных линий на напряжение 6-10кВ со сроком эксплуатации более 15 лет при числе соединительных муфт более 10 на 1 километр длины;
 - ✳ для питающих кабельных линий на напряжение 6-10кВ со сроком эксплуатации более 15 лет, на которых смонтированы концевые заделки только типов КВВ и КВБ и соединительные муфты местного изготовления, при значении испытательного напряжения не менее $4U_n$ и периодичности не реже 1 раза в 5

лет;

- ☀ для кабельных линий напряжением 20-35кВ в течение первых 15 лет испытательное напряжение должно составлять $5U_n$, а в дальнейшем $4U_n$.
- ☀ кабели на напряжение 3-10кВ с резиновой изоляцией:
 - a) в стационарных установках – 1 раз в год;
 - b) в сезонных установках – перед наступлением сезона;
 - c) после капитального ремонта агрегата, к которому присоединён кабель;

Определение целостности жил кабелей и фазировка кабельных линий.

Производится в эксплуатации после окончательного монтажа, перемонтажа муфт или отсоединения жил кабеля.

Фазировка силового кабеля после испытания необходима в том случае, если это было испытание нового кабеля после монтажа, или производилась установка промежуточной муфты в месте повреждения и т.п. При проведении профилактических испытаний проверка фазировки не требуется.

Условия испытаний и измерений

Испытание силовых кабельных линий производят при положительной температуре окружающей среды, это связано с тем, что в холодное время года, в мороз в случае наличия в кабельной массе или внутри изоляции низковольтного кабеля частиц воды в замёрзшем состоянии это не будет выявлено при испытании, так как лёд является диэлектриком.

Влажность окружающего воздуха имеет значение при проведении высоковольтных испытаний, т.к. конденсат на разрядниках может привести к пробое изоляции и, соответственно, к выходу из строя оборудования (как испытательного, так и испытуемого). Перед проведением высоковольтных испытаний кабельные воронки следует протереть от пыли, грязи и влаги.

Атмосферное давление особого влияние на качество проводимых испытаний не оказывает, но фиксируется для занесения данных в протокол.

Средства измерений.

Измерение сопротивления изоляции силовых кабелей производят:

- ☀ на кабелях с номинальным напряжением менее 3кВ – мегаомметрами на напряжение 1000В.
- ☀ на кабелях с номинальным напряжением 3кВ и выше – мегаомметрами на напряжение 2500В.

Испытание и измерение тока утечки кабелей при выпрямленном напряжении производится с использованием испытательных установок типа АКИ-50, АИД-70 или АИИ-70 с выпрямительным блоком

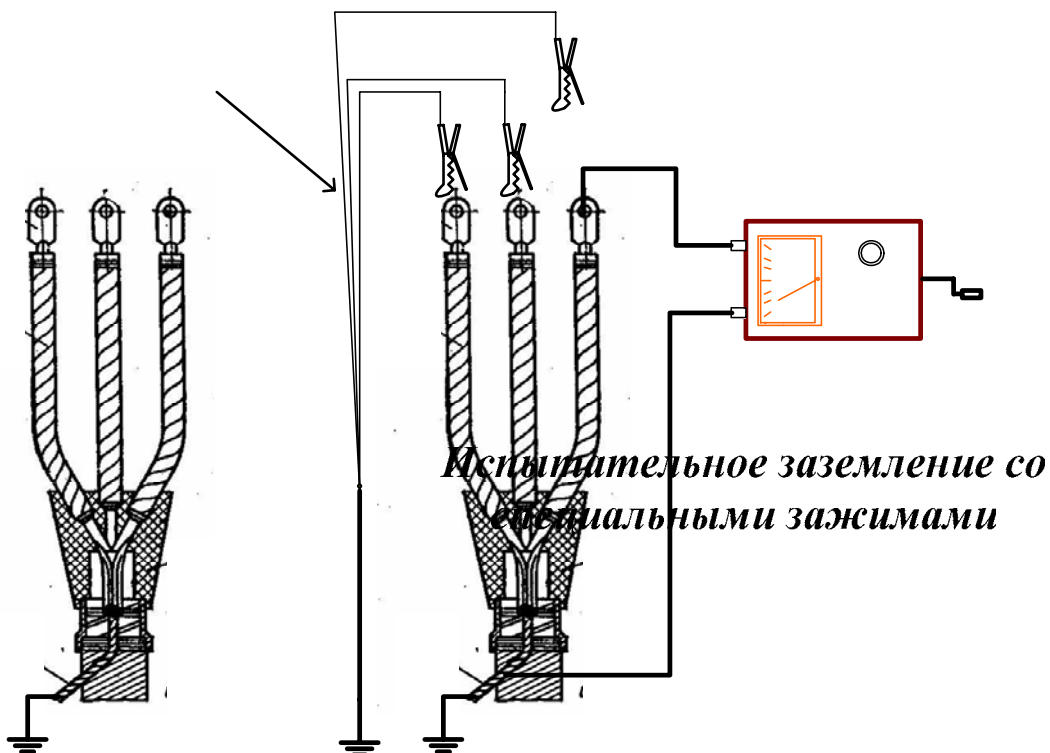
Проверку целостности жил кабеля производят с помощью мостов постоянного тока, мультиметров или методом амперметра-вольтметра с подачей тока не превышающего номинальный ток кабельной линии.

Все приборы должны быть поверены, а испытательные установки аттестованы в соответствующих государственных органах (ЦСМ).

Порядок проведения испытаний и измерений.

Измерение сопротивления изоляции.

Схема для измерения сопротивления изоляции силовых кабельных линий представлена на рисунке 6.



Измерение сопротивления изоляции высоковольтных кабелей проводят на полностью отключенном кабеле.

Перед проверкой необходимо проверить надёжность заземления кабельных воронок, брони и подключить к испытательное заземление со специальными зажимами (крокодилами). Второй конец кабеля остаётся свободным, жилы должны быть разведены на достаточное расстояние (примерно 150 - 200 мм). В случае невозможности обеспечить требуемое расстояние между жилами и от жил кабеля до заземлённых частей оборудования, на жилы надеваются изолирующие колпаки или накладки.

Мегаомметром поочерёдно измеряется сопротивление жил, при этом на свободные от измерения жилы устанавливается испытательное заземление.

Измерение сопротивления изоляции силовых и контрольных кабелей напряжением до 1000В проводят аналогично, при этом измерения производятся между каждыми двумя проводниками (между фазами, между фазными жилами и нулём, между фазными жилами и защитным проводником и между нулевым и защитным проводником). При измерении разрешается объединять нулевой рабочий и нулевой защитный проводники. У четырёхжильных кабелей измерение сопротивления изоляции нулевого проводника производится относительно заземлённых частей электрооборудования.

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

имеет значительно большую величину (смотри таблицу 2 настоящей методики). Если при испытании кабельной линии ток утечки будет заметно нарастать, продолжительность испытания следует увеличить сверх 10 минут; при дальнейшем нарастании тока утечки испытание, как правило, следует вести до момента пробоя кабельной линии (предельную длительность испытания смотри выше). Если при этом не последует пробоя изоляции, то кабельная линия считается годной для дальнейшего использования и может быть включена в работу. Если при испытании кабельной линии были отмечены толчки тока, то испытание следует прекратить и приступить к определению места повреждения.

Кабель считается выдержавшим испытание, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока или его нарастания после того, как он достиг установившегося значения

Обработка данных, полученных при испытаниях.

Первичные записи рабочей тетради должны содержать следующие данные:

- ✚ дату измерений.
- ✚ температуру, влажность и давление
- ✚ наименование, тип оборудования
- ✚ номинальные данные объекта испытаний
- ✚ результаты испытаний: сопротивление изоляции до испытания повышенным напряжением и после испытания, испытательное напряжение, время приложения испытательного напряжения, токи утечки в начале испытаний и перед снятием испытательного напряжения
- ✚ используемую схему испытаний

Все данные испытаний сравниваются с требованиями НТД и на основании сравнения выдётся заключение о пригодности объекта к эксплуатации.

Меры безопасности при проведении испытаний и охрана окружающей среды.

Пред началом работ необходимо:

- Получить наряд (разрешение) на производство работ
- Подготовить рабочее место в соответствии с характером работы: убедиться в достаточности принятых мер безопасности со стороны допускающего (при работах по наряду) либо принять все меры безопасности самостоятельно (при работах по распоряжению).
 - Подготовить необходимый инструмент и приборы.
 - При выполнении работ действовать в соответствии с программами (методиками) по испытанию электрооборудования типовыми или на конкретное присоединение. При проведении высоковольтных испытаний на стационарной установке действовать в соответствии с инструкцией.

Пред окончанием работ необходимо:

- Убрать рабочее место восстановив нарушенные в процессе работы коммутационные соединения (если таковое имело место).
- Сдать наряд (сообщить об окончании работ руководителю или оперативному персоналу).
- Сделать запись в рабочую для последующей работы с полученными данными.
- Оформить протокол на проведённые работы

Проводить измерения с помощью мегаомметра разрешается выполнять обученным работникам из числа электротехнической лаборатории. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения проводятся по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению.

В тех случаях, когда измерения мегаомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется.

Измерение сопротивления изоляции мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путём предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

При измерении мегаомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг). В электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединён, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путём их кратковременного заземления.

Проведение работ с подачей повышенного напряжения от постороннего источника при испытании силовых кабельных линий.

К проведению испытаний электрооборудования допускается персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований, содержащихся в разделе 5.1 Правил Безопасности, комиссией, в состав которой включаются специалисты по испытаниям электрооборудования с соответствующей группой.

Испытания электрооборудования, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду.

Проведение испытаний в процессе работ по монтажу или ремонту оборудования должно оговариваться в строке «Поручается» наряда.

Испытания электрооборудования проводит бригада, в составе которой производитель работ должен иметь группу IУ, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, - группу II.

Массовые испытания материалов и изделий (средства защиты, различные изоляционные детали, масло и т.п.) с использованием стационарных испытательных установок, у которых токоведущие части закрыты сплошным или сетчатым ограждениями, а двери снабжены блокировкой, допускается выполнять работнику, имеющему группу III, единолично в порядке текущей эксплуатации с использованием типовых методик испытаний.

Рабочее место оператора испытательной установки должно быть отделено от той части установки, которая имеет напряжение выше 1000В. Дверь, ведущая в часть установки, имеющую напряжение выше 1000В, должна быть снабжена блокировкой, обеспечивающей снятие напряжения с испытательной схемы в случае открытия двери и невозможность подачи напряжения при открытых дверях. На рабочем месте оператора должна быть предусмотрена отдельная световая, извещающая о включении напряжения до и выше 1000В, и звуковая сигнализация, извещающая о подаче испытательного напряжения. При подаче испытательного напряжения оператор должен стоять на изолирующем ковре.

Передвижные испытательные установки должны быть оснащены наружной световой и звуковой сигнализацией, автоматически включающейся при наличии напряжения на выводе испытательной установки.

Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний и подготовительных работ к ним, должен быть выполнен только после удаления с рабочих мест других бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов допускающему. В электроустановках, не имеющих местного дежурного персонала, производителю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

При необходимости следует выставлять охрану, состоящую из членов бригады, имеющих группу Ш, для предотвращения приближения посторонних людей к испытательной установке, соединительным проводам и испытательному оборудованию. Члены бригады, несущие охрану, должны находиться вне ограждения и считать испытываемое оборудование находящимся под напряжением. Покинуть пост эти работники могут только с разрешения производителя работ.

При размещении испытательной установки и испытываемого оборудования в различных помещениях или на разных участках РУ разрешается нахождение членов бригады, имеющих группу I-II, ведущих наблюдение за состоянием изоляции, отдельно от производителя работ. Эти члены бригады должны находиться вне ограждений и получить перед началом испытаний необходимый инструктаж от производителя работ.

Снимать заземление, установленное при подготовке рабочего места и препятствующие проведению испытаний, а затем устанавливать их вновь разрешается только по указанию производителя работ, руководящего испытаниями, после заземления вывода высокого напряжения испытательной установки.

Разрешение на временное снятие заземлений должно быть указано в строке «Отдельные указания» наряда.

При сборке испытательной схемы прежде всего должно быть выполнено защитное и рабочее заземление испытательной установки. Корпус передвижной испытательной установки должен быть заземлён отдельным заземляющим проводником из гибкого медного провода сечением не менее 10 мм². Перед испытанием следует проверить надёжность заземления корпуса.

Перед присоединением испытательной установки к сети напряжением 380/220В вывод высокого напряжения её должен быть заземлён.

Сечение медного провода, применяемого в испытательных схемах заземления, должно быть не менее 4 мм².

Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В должно выполняться через коммутационный аппарат с видимым разрывом или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

Коммутационный аппарат должен быть оборудован устройством, препятствующим самопроизвольному включению, или между подвижным и неподвижным контактами аппарата должна быть установлена изолирующая накладка.

Провод или кабель, используемый для питания испытательной установки от сети напряжением 380/220В, должен быть защищён установленными в этой сети предохранителями или автоматическими выключателями. Подключать к сети передвижную испытательную установку должны представители организации, эксплуатирующие эти сети.

Соединительный провод между испытательной установкой и испытываемым оборудованием сначала должен быть присоединён к её заземлённому выводу высокого напряжения.

Этот провод следует закреплять так, чтобы избежать приближения (подхлестывания) к находящимся под напряжением токоведущим частям на расстояние менее указанного в таблице 1.

Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытываемого оборудования или к жиле кабеля и отсоединять его разрешается по указанию руководителя испытаний и только после их заземления, которое должно быть выполнено включением заземляющих ножей или установкой переносных заземлений.

Перед каждой подачей испытательного напряжения производитель работ должен:

- Проверить правильность сборки схемы и надёжность рабочих и защитных заземлений;
- Проверить, все ли члены бригады и работники, назначенные для охраны, находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние люди и можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование;
- Предупредить бригаду о подаче напряжения словами «Подаю напряжение» и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки и подать на нее напряжение 380/220В.

С момента снятия заземления с вывода установки вся испытательная установка, включая испытываемое оборудование и соединительные провода, должна считаться находящейся под напряжением и проводить какие – либо пересоединения в испытательной схеме и на испытываемом оборудовании не допускается.

Не допускается с момента подачи напряжения на вывод установки находиться на испытываемом оборудовании, а также прикасаться к корпусу испытательной установки, стоя на земле, входить и выходить из передвижной лаборатории, прикасаться к кузову передвижной лаборатории.

После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить её от сети напряжением 380/220В, заземлить вывод установки и сообщить об этом бригаде словами «Напряжение снято». Только после этого допускается пересоединять провода или в случае полного окончания испытания отсоединять их от испытательной установки и снимать ограждения.