

**ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ**

Практическое пособие

РМТ4-П1-93

Нормативно-правовая библиотека
НОРМАТИВ PRO
(044) 537-1589, 599-7658
www.normativ.com.ua

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
I. Общие положения	6
I.1. Поражающие факторы электрического тока	11
2. Принцип действия защитного заземления и зануления..	15
2.1. Заземление в сетях с изолированной нейтралью	15
2.2. Зануление в сетях с заземленной (глухозаземленной) нейтралью	16
3. Основные требования по устройству зануления защитного заземления	19
3.1. Условия выполнения защитного заземления и зануления	19
3.2. Выбор нулевых защитных (заземляющих) проводников	22
3.3. Расчет заземляющих устройств (заземлителей) ..	26
3.4. Конструкция и устройство искусственных заземляющих устройств	32
3.5. Монтаж искусственных заземляющих устройств	37
4. Монтаж сети зануления защитного заземления	38
4.1. Технические требования к выполнению зануления, защитного заземления	38
4.2. Заземление трассовых проводок	52
4.3. Заземление вычислительных управляющих комплексов (УВК)	53
4.4. Технологический процесс монтажа	55
5. Измерение электрических параметров заземляющих устройств	58
5.1. Проверка элементов заземляющих устройств	58
5.2. Проверка пробивных предохранителей	59
5.3. Проверка цепи фаза - нуль	60
5.4. Измерение сопротивления заземлителей	61
5.5. Измерение электрического сопротивления земли..	64
5.5.1. Измерение прибором МС-08	65
5.5.2. Измерение методом амперметра- вольтметра	65

5.6. Проверка цепи между заземлителями и заземленными элементами	67
5.7. Приборы для измерения электрических параметров заземляющих устройств	67
6. Требования техники безопасности	69
Приложение 1. Акт обследования скрытых работ по монтажу заземляющих устройств и присоединений	70
Приложение 2. Акт осмотра и проверки открыто проложенных заземляющих проводников	71
Приложение 3. Монтаж нулевого (заземляющих) проводников из полосовой стали	72
Приложение 4. Монтаж заземляющих проводников из стали на опорах	75
Приложение 5. Подключение нулевых защитных проводников, выполненных нулевыми (четвертыми) жилами кабелей или пучков проводов	79
Приложение 6. Устройство заземлителей	81
Приложение 7. Заземление брони кабелей	83
Приложение 8. Заземление защитных труб при помощи фланка	85
Приложение 9. Заземление металлического рукава	86
Приложение 10. Протокол испытания заземляющего устройства	88
Приложение 11. Перечень оборудования, инструмента для монтажа заземляющих устройств и сети заземления	91
Приложение 12. Перечень материалов, необходимых для монтажа сети заземления и заземляющих устройств	94
Список литературы	96

ВВЕДЕНИЕ

Создание любой системы автоматизации связано с необходимостью разработки схем электропитания контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

Любая система автоматизации технологических процессов в своей структуре имеет систему электропитания средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов, связанную с системой энергоснабжения объекта. Исходя из этой зависимости, любую систему автоматизации необходимо рассматривать как обычную промышленную электроустановку. Электроприемниками такой электроустановки являются приборы, регуляторы, преобразователи, исполнительные механизмы и другие средства автоматизации, рассредоточенные по объекту (технологической установке).

Наряду с решением вопросов по системе электропитания, конструированию щитов и пультов, их размещению на объекте, выбора исполнения приборов и аппаратов в зависимости от условий их применения, необходимо решить вопросы выбора защитных мер электробезопасности для обслуживающего персонала от поражения электрическим током.

Вопрос электробезопасности имеет первостепенное значение и рассматривается во многих нормативных документах, различных инструкциях, пособиях и т.п. Основными документами, регламентирующими требования безопасности, являются: Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Строительные нормы и правила (СНиП), Правила технической эксплуатации и техники безопасности электроустановок потребителей, Система стандартов по безопасности труда (ССБТ ГОСТ 12.1.013-78).

На основе этих правил и норм рабочая документация системы автоматизации объекта должна содержать подробное описание защитных мер, с помощью которых обеспечивается электробезопасность.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Любая система автоматического управления и контроля технологического процесса имеет в своей структуре сеть зануления или заземления.

Для защиты людей от поражения электрическим током применяются следующие меры электробезопасности.

В первую очередь к ним относят защитное заземление, зануление, затем выравнивание потенциалов, защитное отключение, применение малых напряжений, двойной изоляции, разделительных трансформаторов, ограждений, индивидуальных средств защиты.

Заземление и зануление являются наиболее эффективными защитными мерами, достаточно не сложными по конструкторскому решению и не требуют больших материальных затрат.

В системе электропитания автоматизированного управления и контроля технологических установок наибольшее распространение получили напряжения 380/220 В. Поэтому защитные мероприятия от поражения электрическим током должны выполняться в полном объеме как и в любых других электроустановках с соблюдением всех требований ПУЭ, Правил технической эксплуатации и Правил техники безопасности при обслуживании электроустановок (ПТЭиТБ). Недооценка требований электробезопасности при создании систем автоматического контроля и управления недопустима.

Прежде, чем рассматривать работу защитного заземления и зануления, познакомимся с принятой терминологией в соответствии с ПУЭ (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Терминология по ПУЭ

Термин	Определение
Электроустановка	Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Термин	Определение
	<p>Электроустановки по условиям электро-безопасности разделяются на электроустановки до I кВ и электроустановки выше I кВ (по действующему значению напряжения)</p>
Открытая или наружная электроустановка	<p>Электроустановка, не защищенная зданием от атмосферных воздействий. Электроустановка, защищенная только навесами, сетчатыми ограждениями и т.п., рассматривается как наружная</p>
Сухое помещение	<p>Помещение, в котором относительная влажность воздуха не превышает 60%. При отсутствии в помещении повышенной температуры (постоянно) +35 °С, пыли (как токопроводящей, так и нетокопроводящей), химически активной среды, агрессивных паров, газов, жидкостей и т.п. оно называется нормальным</p>
Влажное помещение	<p>Помещение, в котором пары или конденсирующая влага выделяется лишь кратковременно в небольших количествах, а относительная влажность более 60%, но не превышает 75%</p>
Сырое помещение	<p>Помещение, в котором относительная влажность воздуха длительно превышает 75%</p>
Особо сырое помещение	<p>Помещение, где относительная влажность воздуха близка к 100%</p>
Помещение с химически активной или органической средой	<p>Помещение, в котором постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, разрушающие изоляцию, токоведущие части электрооборудования и заземляющие устройства электроустановок</p>

Термин	Определение
Заземленная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока)
Изолированная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные устройства, имеющие большое сопротивление
Заземление электроустановки	Преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством
Защитное заземление	Заземление частей электроустановки в целях обеспечения электробезопасности
Рабочее заземление	Заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки
Зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ	Преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящейся под напряжением, с нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока; с заземленным выводом источника однофазного тока; с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока
Замыкание на землю	Случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли или непосредственно с землей

Продолжение табл. I

Термин	Определение
Замыкание на корпус	Случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, нормально не находящимися под напряжением
Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и заземляющих проводников
Заземлитель	Проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом
Искусственный заземлитель	Заземлитель, специально выполняемый для целей заземления
Естественный заземлитель	Находящиеся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения для целей заземления
Магистраль заземления или зануления	Соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями
Заземляющий проводник	Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем
Нулевой защитный проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ	Проводник, соединяющий зануляемые части с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока

Термин	Определение
Нулевой рабочий проводник в электроустановках напряжением до I кВ	<p>Проводник, используемый для питания электроприемников и соединений с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока.</p> <p>В электроустановках напряжением до I кВ с заземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника</p>
Напряжение прикосновения	Напряжение между двумя точками цепи тока замыкания на землю (корпус) при одновременном прикосновении к ним человека
Напряжение шага	Напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека
Сопротивление заземляющего устройства	Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю
Защитное отключение в электроустановках напряжением до I кВ	Автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания токов и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижения уровня изоляции ниже определенного значения
Двойная изоляция	Совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которых доступные к соприкосновению части электроустановки не приобретают опасного напряжения при

Термин	Определение
Макс. напряжение	повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции
Разделительный трансформатор	Номинальное напряжение между фазами (полюсами) и по отношению к земле не более 42 В переменного и 110 В постоянного тока, применяемое в электроустановках для обеспечения электробезопасности
Разделительный трансформатор	Трансформатор, предназначенный для отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления

Правила устройства электроустановок устанавливают термин "зануления" для определения защитной меры безопасности от поражения электрическим током в электроустановках до 1 кВ с заземленной (глухозаземленной) нейтралью, а термин "заземление" предназначен для определения защитной меры безопасности в электроустановках с изолированной нейтралью.

Выполнение зануления имеет ряд принципиальных отличий от выполнения защитного заземления.

1.1. Поражающие факторы электрического тока

Воздействие электрического тока на организм человека может вызвать поражения вплоть до его гибели. Тяжесть поражения зависит в основном от силы тока и продолжительности его действия.

Сила тока определяется приложенным к человеку напряжением и общим сопротивлением его тела.

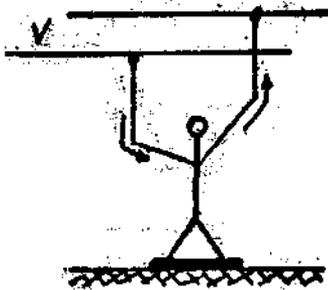
Это сопротивление складывается из внутреннего сопротивления (примерно равно 1000 Ом) и сопротивления кожи (сухая, неповрежденная кожа поднимает сопротивление тела человека до нескольких сотен тысяч Ом).

Сила тока зависит не только от сопротивления самого тела, но и сопротивления всей цепи, в которую оказывается включенным человек. Опасным для жизни считаются токи 25–30 мА, эти токи способны вызвать паралич дыхания и нарушения деятельности сердца.

Поражение электрическим током происходит главным образом вследствие прикосновения к частям электроустановки, находящимся под напряжением, либо в результате прикосновения к корпусам электроприемников и металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением из-за повреждения электрической изоляции.

Различают следующие виды прикосновения :

Двухполюсное прикосновение, т.е. прикосновение к двум различным фазам



Ток, проходящий через тело человека, А

$$I_4 = V/R$$

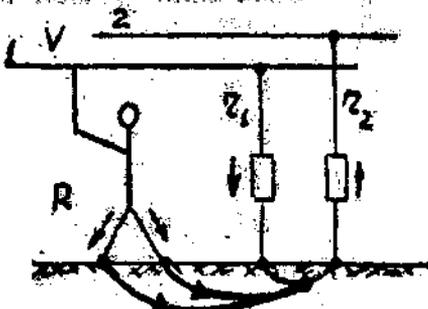
где:

V – линейное напряжение сети В;

R – сопротивление тела человека, Ом.

Это прикосновение является наиболее опасным, т.к. изоляция сети, полы, обувь, диэлектрические и другие защитные подставки не защищают человека при таком прикосновении. При влажной и поврежденной коже такое прикосновение может привести к тяжелому поражению, даже при напряжении около 42 В.

Однополюсное прикосновение создает цепь тока, в которую включено тело человека.



При равенстве $Z_1 = Z_2 = Z_{чз}$

ток, проходящий через тело человека

$$I_2 = V / (2R + Z_{чз})$$

Практически сопротивление изоляции может оказаться небольшим, а при замыкании провода 2 на землю $Z_2 = 0$ получаем, что $I_2 = V/R$. В этом случае прикосновение к одной фазе может оказаться таким же опасным, как и прикосновение к двум фазам. Степень опасности поражения человека при его прикосновении в сети трехфазного тока зави-

сит не только от напряжения сети, но и от режима нейтрали (заземлена она или изолирована от земли), значений сопротивления изоляции и емкости фаз относительно земли.

Наибольшее распространение в электроснабжении промышленных предприятий получили трехфазные четырехпроводные сети 380/220 В с заземленной нейтралью.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000 В с изолированной или заземленной нейтралью не должны превышать значений, указанных в табл.2.

Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов, проходящих через человека при неаварийном режиме электроустановки должны быть не более указанных в табл.3.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от рук к ногам.

Данные таблицы 3 относятся к промышленным установкам всех классов напряжения как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Максимальное по продолжительности воздействие тока и напряжения прикосновения на тело человека должно быть не более 10 мин в сутки.

Таблица 2

Значения напряжений и токов прикосновения

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения напряжения и токов прикосновения в зависимости от продолжительности воздействия											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1-5
Переменный ток, 50 Гц	I , мА	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	6
	V , В												36
Переменный ток, 400 Гц	I , мА	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	8
	V , В												36
Постоянный ток	I , мА	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	15
	V , В												40
Выпрямительный ток двухполупериодный	I , мА	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
	V , В												
однопериодный	I , мА	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-
	V , В												

Таблица 3

Значения токов и напряжений прикосновения

Род тока	I , мА	V , В
Переменный, 50 Гц	0,3	2
Переменный, 400 Гц	0,4	3
Постоянный	1	8

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ

2.1. Заземление в сетях с изолированной нейтралью

В сетях с изолированной нейтралью при замыкании на корпус защитное заземление снижает напряжение на корпусе до безопасного значения. Рассмотрим это на примере двухпроводной сети, питающейся от трансформатора с изолированной нейтралью Рис.1

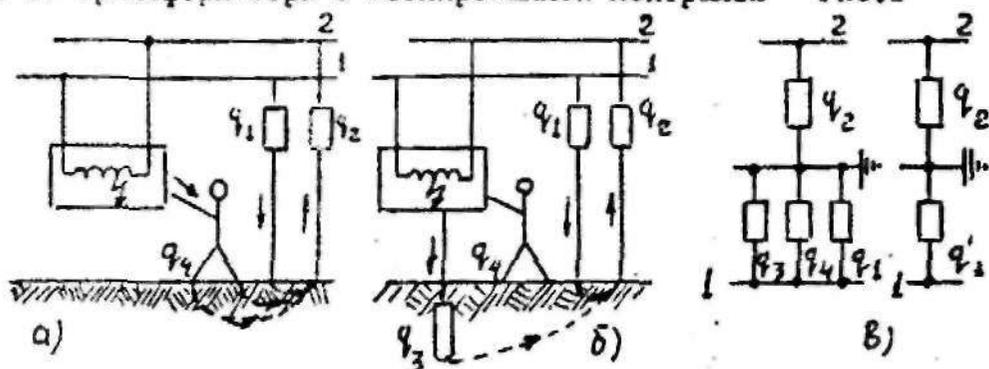


Рис.1. Схема действия защитного заземления:
а - заземление отсутствует; б - имеется контур заземления; в - схемы замещения

Если в такой электроустановке происходит замыкание на заземленный корпус, то человек с проводимостью q_4 , касаясь корпуса поврежденного электрооборудования, включается в цепь параллельно проводимости заземлителей q_3 , проводимости изоляции провода q_1 и последовательно проводимости изоляции другого провода q_2 (рис.1 в).

Суммарная проводимость трех параллельно включенных проводимостей $q' = q_4 + q_3 + q_1$; а проводимость всей цепи $q = q'q_2 / (q' + q_2)$

Напряжение V_4 , под которым может оказаться человек определяется $V_4/V = q/q_2 = q_2 / (q_3 + q_4 + q_1 + q_2)$.

Откуда $V_4 = Vq_2 / (q_3 + q_4 + q_1 + q_2)$,

где V - напряжение сети.

Проводимости g_4, g_1 и g_2 очень малы по сравнению с проводимостью заземлителей g_3 и ими можно пренебречь.

Тогда получаем

$$V_4 = V g_2 / g_3 = V_{23} / \kappa_2 \quad (1)$$

Как видно из (1), при прикосновении человека к корпусу поврежденного оборудования напряжение, под которое попадает человек V_4 а следовательно и ток, который будет проходить через него, можно снизить путем увеличения проводимости заземлителей. На этом примере и построено защитное заземление в сетях с изолированной нейтралью. В таких электроустановках все корпуса заземляемого электрооборудования с помощью заземляющих проводников присоединяются к заземлителям, образующим вместе заземляющее устройство данной электроустановки.

В электроустановках с изолированной нейтралью заземляющее устройство не имеет металлической связи с нейтралью питающего трансформатора, а если имеет, то только через аппараты с большим сопротивлением (трансформаторы напряжения и т.п.).

2.2. Зануление в сетях с заземленной (глухозаземленной) нейтралью

В сетях с заземленной нейтралью до 1000 В одно защитное заземление, выполненное так же как и в сетях с изолированной нейтралью, не обеспечивает надежной и полноценной защиты. Это объясняется тем, что при пробое изоляции на заземленный корпус сила тока короткого замыкания, ограниченная сопротивлением заземлителей Z_0 и Z_3 , может оказаться недостаточной для перегорания плавких вставок предохранителей или срабатывания автоматических выключателей. Рис.2

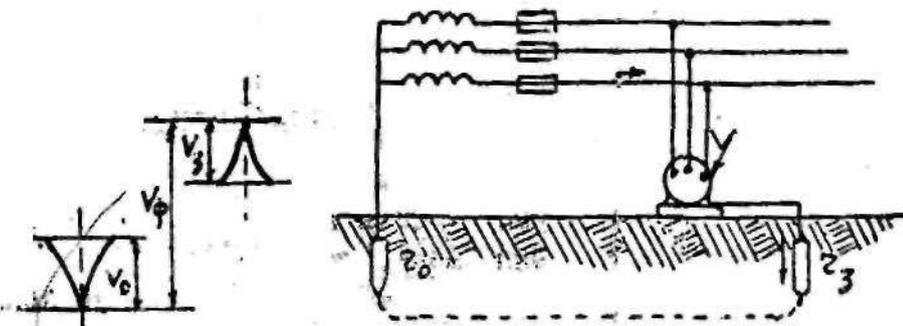


Рис.2. Заземление электроприемника без металлического соединения корпуса с глухозаземленной нейтралью трансформатора.

В то же время на корпусе поврежденного электрооборудования возникает и может длительно существовать опасное напряжение

$$V_3 = I_{к.з.} Z_3 = V_{\phi} Z_3 / (Z_0 + Z_3)$$

где $I_{к.з.}$ - ток короткого замыкания (на корпус) ;
 V_{ϕ} - фазное напряжение сети ;
 Z_0 - сопротивление заземлителя нейтрали ;
 Z_3 - сопротивление заземлителя электроприемника.

Если $Z_0 = Z_3$ то напряжение $V_3 = V_{\phi} / 2$ При $Z_3 > Z_0$ напряжение $V_3 = V_{\phi} / 2$ и может оказаться близким к фазному напряжению.

Поэтому в таких электроустановках необходимо обеспечить быстрое и надежное автоматическое отключение поврежденных участков сети.

Для выполнения этого условия все корпуса электрооборудования данной электроустановки соединяют проводниками (нулевым защитным проводником) с заземленной нейтралью Рис.3 с таким расчетом

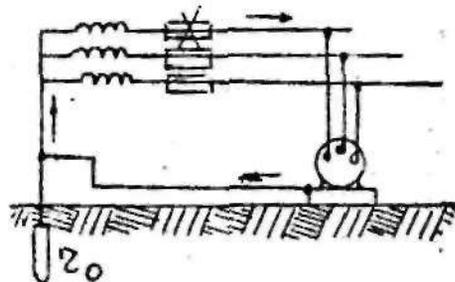


Рис.3. Заземление электроприемника с металлической связью между корпусом и глухозаземленной нейтралью трансформатора (зануление)

чтобы при замыкании на корпус в петле, образованной фазным и обратным (нулевым защитным не путать с нулевым рабочим) проводами, возникал ток короткого замыкания, превышающий номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратозависимую от тока характеристику, не менее чем в 3 раза. При такой или большей силе тока короткого замыкания происходит быстрое перегорание плавкой вставки ближайшего предохранителя или срабатывание автоматического выключателя, благодаря чему аварийный участок (пробой на землю, корпус) отключается. Следовательно в электроустановках с заземленной нейтралью зануление выполняется так, что любое замыкание на корпус электрооборудования превращается в короткое замыкание и

аварийный участок отключается аппаратом защиты. В этом принципиальная разница между занулением в электроустановках с заземленной (глухозаземленной) нейтралью и защитного заземления в электроустановках с изолированной нейтралью, где защитное заземление призвано только снизить напряжение на корпусе оборудования до безопасного значения. Для того, чтобы зануление выполняло свое назначение, цепь, по которой пройдет ток короткого замыкания, должна иметь достаточно малое сопротивление. Если сопротивление велико, отключение произойдет с большой выдержкой времени или вовсе не произойдет, ток замыкания длительное время будет проходить по цепи замыкания и напряжение (а оно может иметь величину опасную) будет сохраняться на поврежденном корпусе и других элементах электроустановки, электрически связанных с сетью зануления. Сопротивление цепи замыкания в сети с занулением электроустановок называют "Сопротивление фаза - нуль", так как цепь короткого замыкания: петля фаза электроприемника - нуль трансформатора. Сопротивление цепи фаза - нуль должно обеспечить требуемую кратность тока короткого замыкания у наиболее удаленного электроприемника с соблюдением следующего требования:

ток замыкания I_3 должен быть $I_3 > K I_H$

где: I_H - номинальный ток плавкой вставки или ток уставки расцепителя автоматического выключателя;

K - коэффициент кратности тока замыкания по отношению к току плавкой вставки предохранителя и току уставки расцепителя и должен быть:

не менее 3-х при защите плавкими вставками и автоматическими выключателями, имеющими расцепители с обратнозависимой от тока характеристикой;

не менее 1,4 при защите автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель с номинальным током до 100 А;

во взрывоопасных установках - не менее 4-х при защите предохранителями и не менее 6 при защите автоматами с обратнозависимой от тока характеристикой.

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ЗАНУЛЕНИЯ . ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

3.1. Условия выполнения защитного заземления и зануления

Зануление, защитное заземление следует выполнять: при напряжениях переменного тока 380 В и выше и постоянного тока 440 В и выше - во всех электроустановках ;

при номинальных напряжениях переменного тока выше 42 В и постоянного тока выше 110 В - только в электроустановках, размещенных в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных, а также в наружных установках ;

во взрывоопасных установках - при любом напряжении переменного и постоянного тока.

Для зануления защитного заземления систем контроля и управления рекомендуется использовать зануляющую (заземляющую) сеть системы электроснабжения автоматизируемого объекта.

Зануление (заземление) в электроустановках систем автоматизации рекомендуется выполнять по схеме Рис.4

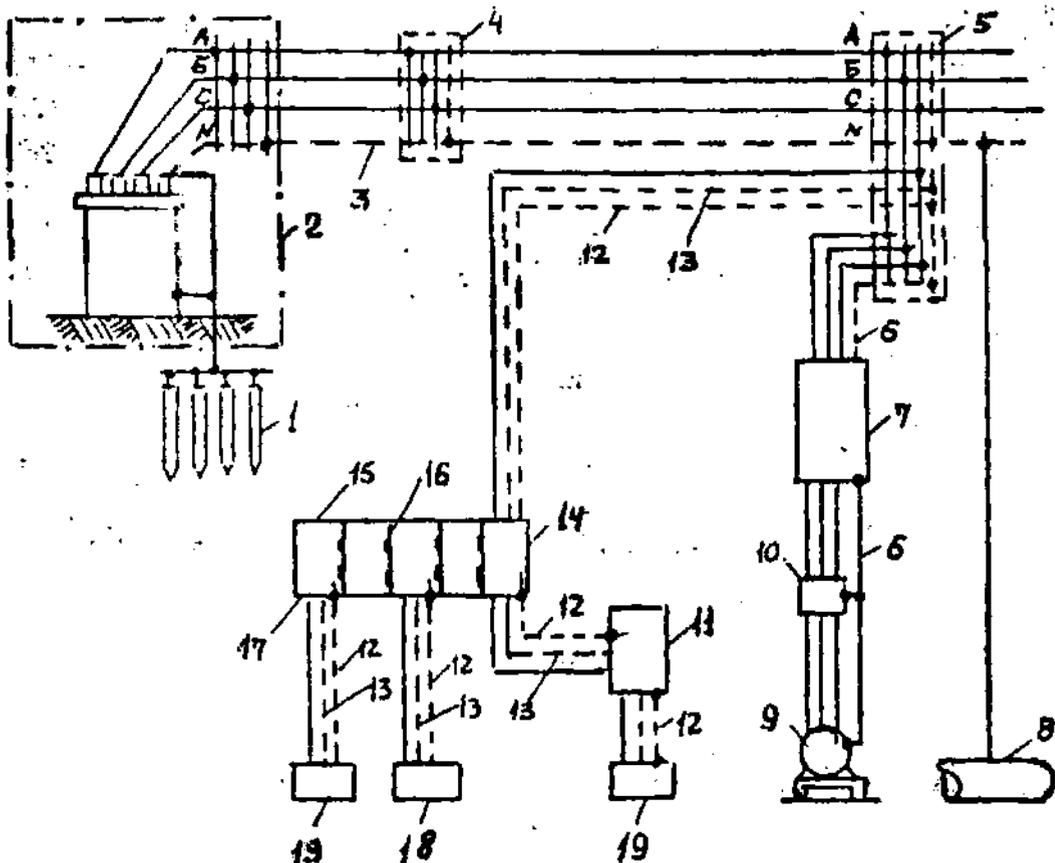


Рис. 4. Пример выполнения зануления в электроустановке системы автоматизации: 1 - заземлитель; 2 - понижающая трансформаторная подстанция автоматизируемого объекта; 3 - нулевой рабочий проводник, используемый в качестве магистрали зануления; 4 - промежуточный щит электропитания; 5 - распределительный щит электропитания, питающий систему автоматизации; 6 - нулевой рабочий проводник, который используется в качестве нулевого защитного проводника, зануляющего сборку питания задвижек, пускатель, электропривод; 7 - сборка питания задвижек; 8 - повторное зануление; 9 - электропривод задвижки; 10 - магнитный пускатель; 11 - местный щит контроля и управления; 12 - нулевой защитный проводник; 13 - нулевой рабочий проводник; 14 - панель питания системы автоматизации; 15 - щит контроля и управления в операторной; 16 - контактные металлические соединения панелей щита; 17 - рама щита; 18 - датчики, первичные приборы; 19 - отдельно стоящий прибор.

В этом случае щит питания системы контроля и управления соединяется нулевым защитным (заземляющим) проводником с магистралью зануления (заземления) у источника питания; все другие элементы электроустановки системы контроля и управления, подлежащие занулению (заземлению) соединяются нулевыми защитными (заземляющими) проводниками со щитом питания.

Согласно определенному ранее различию между занулением и заземлением в электроустановках с заземленной (глухозаземленной) нейтралью или заземленным выводом источника однофазного тока, а также с заземленной средней точкой постоянного тока должно быть выполнено зануление. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемника без их зануления запрещается.

В электроустановках систем контроля и управления с электропитанием от сети с изолированной нейтралью должно быть выполнено защитное заземление и предусмотрена возможность выявления и быстрого нахождения замыкания на землю.

В электроустановках систем контроля и управления автоматизируемых объектов и частям, подлежащим занулению (заземлению) относятся :

металлические корпуса контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, аппаратов управления, защиты, сигнализации, освещения, корпуса электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) и т.д. ;

металлические щиты и пульты всех назначений, на которых устанавливаются электрические приборы, аппараты и другие средства автоматизации; съемные или открывающиеся части щитов и пультов, если на них установлена электроаппаратура напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока; вспомогательные металлические конструкции для установки электроприемников и аппаратов управления;

металлические оболочки, броня и муфты контрольных и силовых кабелей, металлорукава, металлические оболочки проводов и кабелей, стальные трубы электропроводок, коробки, металлические корпуса, лотки, кабельные конструкции, кронштейны и другие металлические элементы крепления электропроводок ;

металлические оболочки кабелей и проводов, броня кабелей с цепями напряжением до 42 В переменного и 110 В постоянного тока, проложенные на общих металлических конструкциях с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат занулению (заземлению) ;

металлические корпуса (а в необходимых случаях и обмотки) стационарных и переносных трансформаторов, корпуса выпрямительных устройств ;

металлические корпуса переносных и передвижных электроприемников ;

приборы и аппараты, размещенные на движущихся частях технологического оборудования ;

стационарные металлические защитные ограждения открытых токоведущих частей электроустановок ;

электрофицированный инструмент.

Не требуется преднамеренно занулять (заземлять) отдельными проводниками приборы, аппараты и средства автоматизации, устанавливаемые на зануленных (заземленных) щитах и пультах или иных металлоконструкциях, если обеспечивается надежный металлический и электрический контакт между корпусами и металлоконструкцией (отсутствие краски, лака, окислов или ржавчины); открывающиеся и съемные части зануленных (заземленных) щитов, пультов, ограждений и т.п., если на этих частях установлена электроаппаратура с напряжением питания не превышающим 42 В переменного или 110 В постоянного тока ;

корпуса электроприемников с двойной изоляцией и корпусов электроприемников, подключаемых к сети через разделительные трансформаторы. Соединение с системой зануления таких токоприемников не допускается.

3.2. Выбор нулевых защитных и заземляющих проводников

В качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников в электроустановках систем контроля и управления должны быть, как правило, использованы :

нулевые рабочие проводники в системах с заземленной нейтралью, кроме ответвлений к однофазным электроприемникам, для зануления которых должен использоваться отдельный (третий) нулевой защитный проводник ;

специально предусмотренные для этой цели проводники (жилы кабелей, провода, стальные или медные полосы и т.п.) ;

стальные защитные трубы электропроводки ;

алюминиевые оболочки кабелей ;

металлические короба и лотки.

Использование металлических оболочек проводов, несущих тросов, брони и свинцовых оболочек кабелей в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников запрещается во всех случаях.

Допускается в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников использовать :

металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств, обрамление каналов, подкрановые пути, площадки, шахты лифтов, подъемников и т.п.) ;

металлические конструкции зданий (фермы, колонны) ;

металлические стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, систем канализации и центрального отопления и водопровода.

Указанные используемые проводники, металлоконструкции и другие элементы могут служить единственными нулевыми защитными (заземляющими) проводниками, если они по проводимости удовлетворяют приведенным выше требованиям и если обеспечена непрерывность электрической цепи по всей их длине.

При питании электроустановок систем контроля и управления от сети с изолированной нейтралью сечение заземляющих проводников должно составлять не менее $1/3$ сечения фазных, а проводников из разных металлов — не менее $1/3$ проводимости фазных.

При питании электроустановок систем контроля и управления от сети с заземленной нейтралью полная проводимость нулевых защитных проводников должна составлять не менее 50% проводимости фазных и удовлетворять требованию надежного отключения однофазного короткого замыкания.

По условию механической прочности и стойкости к коррозии нулевые защитные (заземляющие) проводники согласно требованию таблицы I.7.1 ПУЭ должны иметь следующие размеры Табл.4

Т а б л и ц а 4

Наименьшие размеры нулевых защитных (заземляющих) проводников

Проводники	Медные	Алюмини- евые	Стальные		
			В здани- ях	В наружных установках	В земле
Неизолированные проводники:					
сечение, мм ²	4	6	-	-	-
диаметр, мм	-	-	5	6	10
Изолированные провода:					
сечение, мм ²	1,5*	2,5	-	-	-
Заземляющие и ну- левые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами:					
сечение, мм ²	I	2,5	-	-	-
Угловая сталь:					
толщина полки, мм	-	-	2	2,5	4
Полосовая сталь:					
сечение, мм ²	-	-	24	48	48
толщина, мм	-	-	3	4	4
Водогазопроводные стальные трубы:					
толщина стенки, мм	-	-	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные стальные трубы:					
толщина стенки, мм	-	-	1,5	2,5	Не допус- кается

* - при прокладке проводов в трубах сечение нулевых защитных проводников допускается применять равным 1 мм², если фазные проводники имеют то же сечение.

Если в качестве нулевых защитных проводников используются не медные и алюминиевые проводники, а стальные полосы, круглая сталь (проволока) или стальные защитные трубы, то при выборе их сечения необходимо учитывать, что сопротивление стальных проводников очень велико, а также зависит от профиля проводника, так как в стальном проводнике переменный ток распределяется неравномерно и в основном протекает по его поверхности. Поэтому, например, круглая сталь как проводник имеет более выгодный профиль, чем полосовая. Одновременно надо учитывать и значительное расстояние, на котором они проложены от фазных, из-за чего увеличивается сопротивление цепи (внешнее индуктивное сопротивление). В табл. 5 приведены сечения медных и алюминиевых фазных проводников, сечения стальных проводников и стальных защитных труб, проводимость которых с достаточной для практических целей точностью (при длинах 60–70 м) соответствует 50% проводимости фазных проводников.

Таблица 5

Выбор сечений стальных нулевых защитных проводников в зависимости от сечения фазных проводников

Сечение фазных проводов или жил кабелей, подключаемых к приборам, аппаратам и другим средствам автоматизации, мм ²		Сечения стальных нулевых защитных проводников			
медных	алюминие- вых	Сталь полосо- вая (ГОСТ 103-76), мм	Сталь круглая (ГОСТ 7417-75), диаметр, мм	Трубы стальные электросварные (ГОСТ 10705-90) для соединения на накатной резь- бе (в зданиях), наружный диа- метр x толщина стенки, мм	Трубы стальные водопровод- ные (ГОСТ 3262-75, условный проход/наружный диаметр x тол- щина стенки, мм
0,75; 1; 1,5	2,5	14x4	6	20x1,6	15/21,3x2,5(2,8)
2,5	4	14x4	6	20x1,6	15/21,3x2,5(2,8)
4	6	16x4	8	25x1,6(1,8)	15/21,3x2,5(2,8)
6	10	18x4	10	25x1,6(1,8)	20/26,8x2,5(2,8)
10	16	20x4	12	32x1,8(2,0)	25/33,5x2,5(3,2)
16	25	30x4	12	32x1,8(2,0)	25/33,5x2,8(3,2)

3.3. Расчет заземляющих устройств (заземлителей)

В качестве заземлителей в первую очередь следует использовать естественные заземлители если сопротивление растеканию этих заземлителей удовлетворяет требованиям ПУЭ.

К естественным заземлителям, проложенным в земле, относятся: металлические трубопроводы (кроме трубопроводов с горючими и взрывоопасными жидкостями и газами, трубопроводов, покрытых снаружи изоляционными материалами для защиты от коррозии, трубопроводов канализации и центрального отопления) и их надземные опоры;

железобетонные фундаменты зданий и сооружений;

рельсовые пути магистральных и объектовых неэлектрофицированных железных дорог;

стальные и железобетонные эстакады.

Оценку возможности использования железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей производят по формуле

$$R_{\phi} = 0,5 \frac{\rho_{\text{э}}}{\sqrt{S}} \quad (2)$$

где R_{ϕ} - сопротивление ж/б фундаментов, Ом ;
 S - площадь, ограниченная периметром здания, м² ;
 $\rho_{\text{э}}$ - удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, Ом м.

Если сопротивление фундаментов, определенное по формуле (2), будет больше требования по ПУЭ, то к железобетонным фундаментам добавить дополнительно другие естественные заземлители или создать искусственные заземлители.

В табл.6 приведены рекомендуемые расчетные значения удельного электрического сопротивления верхнего слоя земли (глубиной не более 50 м), где обычно располагаются заземлители.

Искусственные заземлители по своей конструкции могут состоять из одного элемента, вертикально или горизонтально расположенного, а также из сочетаний горизонтальных сеток и вертикальных электродов, объединенных в общую систему.

Сопротивление растеканию одиночного заземлителя определяется по формуле

$$R = \rho / \pi r \times C$$

где ρ - удельное сопротивление водосодержащих пород, табл.7;
 r - наибольший линейный размер заземлителя, м ;
 C - коэффициент, зависящий от формы заземлителя и глубины его погружения, табл.8.

Т а б л и ц а 6

Удельное сопротивление верхнего слоя земли

Слой земли (порода) при температуре выше 0 °С	Сопротивление земли, Ом м
Песок :	
сильно увлажненный грунтовыми водами ;	10-60
умеренно увлажненный	60-130
влажный	130-400
слегка влажный	400-1500
сухой	1500-4200
Суглинок:	
сильно увлажненный грунтовыми водами	10-60
промерзший слой (-5 °С)	60-190
Глина	20-60
Торф :	
при температуре около 0 °С	40-50
при температуре выше 0 °С	10-40
Солончаковые почвы	15-25
Щебень :	
сухой	не менее 5000
влажный	не менее 3000
	5500
Гранитное основание	22500

Удельное сопротивление водосодержащих пород зависит от их возраста. Возраст пород оказывает существенное влияние на их электропроводность. Для различного вида пород в зависимости от их возраста электрическое удельное сопротивление ρ может быть *табл. 7.*

Таблица 7

Удельное сопротивление пород в зависимости от их
возраста

Геологический возраст пород	Удельное сопротивление Ом м				
	Морской песок, глинистый сланец	Континентальные пески, песчаник	Вулканические породы (базальты туфы)	Граниты габбро	Известняки, доломиты, ангидриты, соль
Третичный, четвертичный	1-10	15-20	$10-2 \times 10^2$	$5 \times 10^2-2 \times 10^3$	$50-5 \times 10^3$
Ливозойский	5-20	$25-10^2$	$20-5 \times 10^2$	$5 \times 10^2-2 \times 10^3$	10^2-10^4
Корбонный	10-40	$50-3 \times 10^2$	$50-10^3$	$10^3-5 \times 10^3$	$2 \times 10^2-10^5$
Декорбонный	40-200	$10^2-5 \times 10^2$	$10^2-2 \times 10^3$	$10^3-5 \times 10^3$	10^4-10^5

Эти данные относятся к температуре порядка 20 °С и промышленной частоте.

Сопротивление сложных (комбинированных) определяется по формуле

$$R = \frac{\rho}{\sigma \Gamma} C_{if}$$

где Γ - линейный размер сложного заземлителя ;

C_{if} - коэффициент, зависящий от конструктивных параметров сложного заземлителя ;

Расчетный линейный размер горизонтальной сетки равен

$$\Gamma = L$$

где L - суммарная длина всех горизонтальных проводников сетки

Расчетный линейный размер всех вертикальных электродов равен

$$\Gamma = n \ell$$

где ℓ - длина каждого вертикального электрода ;

n - число вертикальных электродов.

Значения коэффициента C для расчета сложных заземлителей приведены в табл.9.

Таблица 8
 Значение коэффициента C для расчета одиночных заземлителей

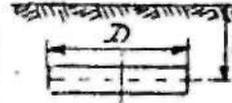
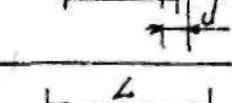
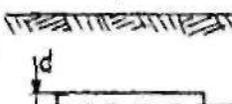
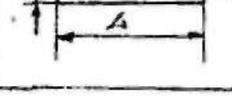
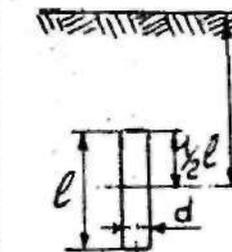
Заземлитель	Условия заложения	Коэффициент	Условия
Круглая пластина $\Gamma = D$		$\pi/2$	—
		$\frac{\pi}{2} \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2}{\pi} \arccos \sin \frac{D}{\sqrt{16H^2 + D^2}} \right)$	$H > \frac{D}{2}$
Кольца $\Gamma = D$		$\frac{1}{\pi} \ln \frac{8D}{d}$	$D \gg d$
		$\frac{1}{\pi} \ln \frac{8D}{2d} \left[1 + \frac{\ln(\pi D/2H)}{\ln(8D/d)} \right]$	$D \gg d$ $H \ll D$
		$\frac{1}{\pi} \ln \frac{8D}{2d} \left[1 + \frac{\pi D/4H}{\ln(8D/d)} \right]$	$D \gg d$ $H \gg D$
Горизонтальный стержень $\Gamma = L$		$\ln \frac{2L}{d}$	$L \gg d$
		$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\ln L/2H}{\ln L/d} \right) \ln \frac{2L_0}{d}$	$L \gg d$ $H \ll L$
		$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\ln L/4H}{\ln L/d} \right) \ln \frac{2L}{d}$	$L \gg d$ $H \gg L$
Вертикальный стержень $\Gamma = \ell$		$\frac{1}{2} \ln \frac{4\ell}{d}$	$\ell \gg d$
		$\frac{1}{2} \left(\ln \frac{4\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+\ell}{4H-\ell} \right)$	$\ell \gg d$ $H \gg \ell$

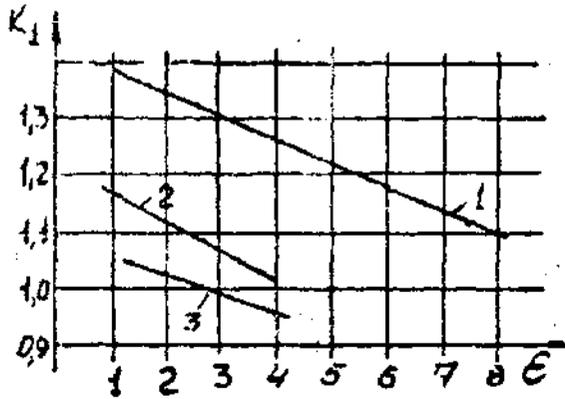
Таблица 9

Значения коэффициента для расчета сложных заземлителей

Заземлитель	Конструктивные особенности	Коэффициент C_{ij}	Условия
Горизонтальная сетка $\Gamma = L$	Для проводников сетки, заложенных на глубине $H, d' = \sqrt{nd}$ для проводников сетки, проложенных по поверхности земли.	$C_{11} = \ln \frac{4L}{d'} + K \frac{L}{\sqrt{s}} - K_2$	$L \gg d'$
Вертикальные электроды $\Gamma = n\ell$	—	$C_{22} = \frac{1}{2} \left[\ln \frac{8\ell}{d} - 1 + \frac{2K_1\ell}{\sqrt{s}(n-1)} \right]$	$\ell \gg d$
Взаимное сопротивление между горизонтальной сеткой и вертикальными электродами $\Gamma = L$	—	$C_{12} = \ln \frac{4L}{\ell} + K \frac{L}{\sqrt{s}} - K_2 + 1$	Вертикальные электроды размещены в пределах площади, ограниченной горизонтальной сеткой

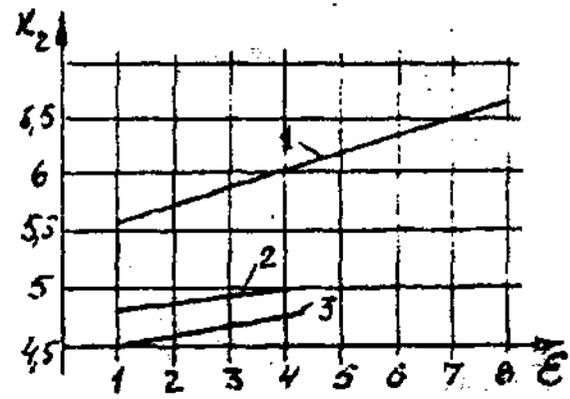
Примечание. Коэффициенты K_1 и K_2 на рис. 5, 6.

Зависимость K_1 (ϵ)



1 - $H=0$; 2 - $H=0,1\sqrt{S}$
3 - $H=0,6\sqrt{S}$

Зависимость K_2 (ϵ)



1 - $H=0$; 2 - $H=0,1\sqrt{S}$
3 - $H=0,6\sqrt{S}$

Рис. 5

Рис. 6

- L - суммарная длина всех горизонтальных проводников сетки ;
- d - диаметр проводника сетки ;
- e - длина каждого электрода ;
- d - диаметр электрода ;
- n - число электродов, размещенных на рассматриваемой площади.

3.4. Конструкция и устройство искусственных заземляющих устройств

При невозможности обеспечить требуемое сопротивление естественными заземляющими устройствами (фундаменты, колонны, фермы, подкрановые балки, стропильные и подстропильные балки зданий из сборного железобетона и т.п.) необходимо соорудить искусственные.

Сооружение искусственных заземляющих устройств так же необходимо при решении задач зануления и защитного заземления для управляющих вычислительных комплексов (УВК) с целью защиты комплекса от помех.

Такие устройства, как правило, выполняют из стали. Заземляющее устройство не должно иметь окраски, кроме мест сварных соединений. Места сварки окрашивают битумными красками или аналогичными им другими. В случае повышенной коррозии для заземлителей рекомендуется использовать сталь круглого профиля и повышенного сечения. Если минимально допустимое сечение определяется не термической стойкостью, а только механической прочностью, то сечение заземлителей выбирается в зависимости от агрессивности грунта. Табл.10.

Сечение одиночного заземлителя с учетом коррозии

Скорость коррозии металла в грунте зависит от ряда свойств: воздухопроницаемости, электропроводности, наличия растворенных солей; температуры среды.

Минимально допустимое сечение заземлителя с учетом коррозии

$$S_{min} = S' + S_K$$

где S' - сечение проводника, выбрано по механической прочности;
 S_K - уменьшенное сечение проводника в процессе коррозии за расчетный срок службы заземлителя.

Уменьшение площади:

для круглых заземлителей

$$S_K = 3,14 \delta (d + \delta_{cp})$$

где δ_{cp} - средняя глубина коррозии по сечению заземлителя;
 d - диаметр заземлителя, выбранный по механической и термической стойкости;

для проводников круглых форм

$$S_K = \delta_{cp} \cdot P$$

где P - периметр сечения, определенный по периметру сечения заземлителя.

Сечение заземлителей в зависимости от агрессивности
грунтов

Вид установки заземлителя	Коррозионная активность грунта по отношению к стали	Рекомендуемые размеры заземлителей	Допустимые размеры заземлителей
Стальные вертикальные заземлители	Весьма высокая	Сталь круглая диаметром 16 мм	-
	Высокая	То же	-
	Повышенная, средняя	Для мягких грунтов сталь круглая диаметром 12 мм	Сталь угловая 63х63х6 мм
	Низкая	Для грунтов средней твердости сталь диаметром 16 мм	Для мягких грунтов сталь угловая 50х50х5 мм Для средней твердости грунтов сталь угловая 63х63х6 мм
Стальные горизонтальные заземлители	Весьма высокая, высокая	Сталь круглая диаметром 16 мм	Стальная полоса 20х10; 30х10; 40х10 мм
		Сталь круглая диаметром 14 мм	Стальная полоса 20х8; 30х8; 40х8 мм
	Повышенная, средняя	Сталь круглая диаметром 12 мм	Стальная полоса 20х6; 30х6; 40х6 мм
	Низкая	Сталь круглая диаметром 10 мм	Стальная полоса 20х4; 30х4; 40х4 мм

П р и м е ч а н и е. При равном сечении целесообразно применять стальные полосы большей толщины, но меньшей ширины.

Средняя глубина коррозии может быть определена

$$\delta_{cp} = \alpha_3 (\ln T)^3 + \alpha_2 (\ln T)^2 + \alpha_1 \ln T + \alpha_0$$

где T — расчетный срок службы заземлителей, принимаемый равным 20 годам.

$\alpha_0 - \alpha_3$ — коэффициенты, зависящие от агрессивности грунтовых условий по отношению к стали табл. II.

Т а б л и ц а II
Коэффициенты для расчета глубины коррозии

Коррозионная стойкость	Коэффициент			
	α_3	α_2	α_1	α_0
Весьма высокая	0,0118	0,035	-0,0612	0,148
Высокая	0,0056	0,022	-0,0107	0,0403
Повышенная	0,0050	0,0081	-0,0410	0,243
Средняя	0,0026	0,00915	-0,0104	0,0224
Низкая	0,0013	0,003	-0,0068	0,044

Искусственные заземлители состоят из погруженных в землю вертикальных электродов, соединенных стальными полосами или круглой сталью. Заземлители не располагают в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п. Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора. Установка вертикальных заземлителей показана на рис. 7.

Соединение заземляющего проводника с заземлителем показано на рис. 8.

Установка вертикальных заземлителей

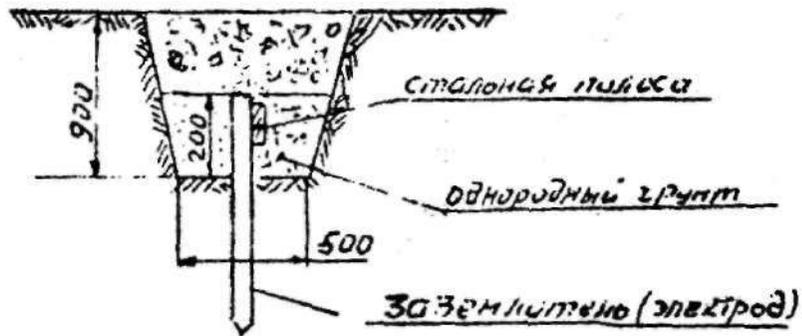
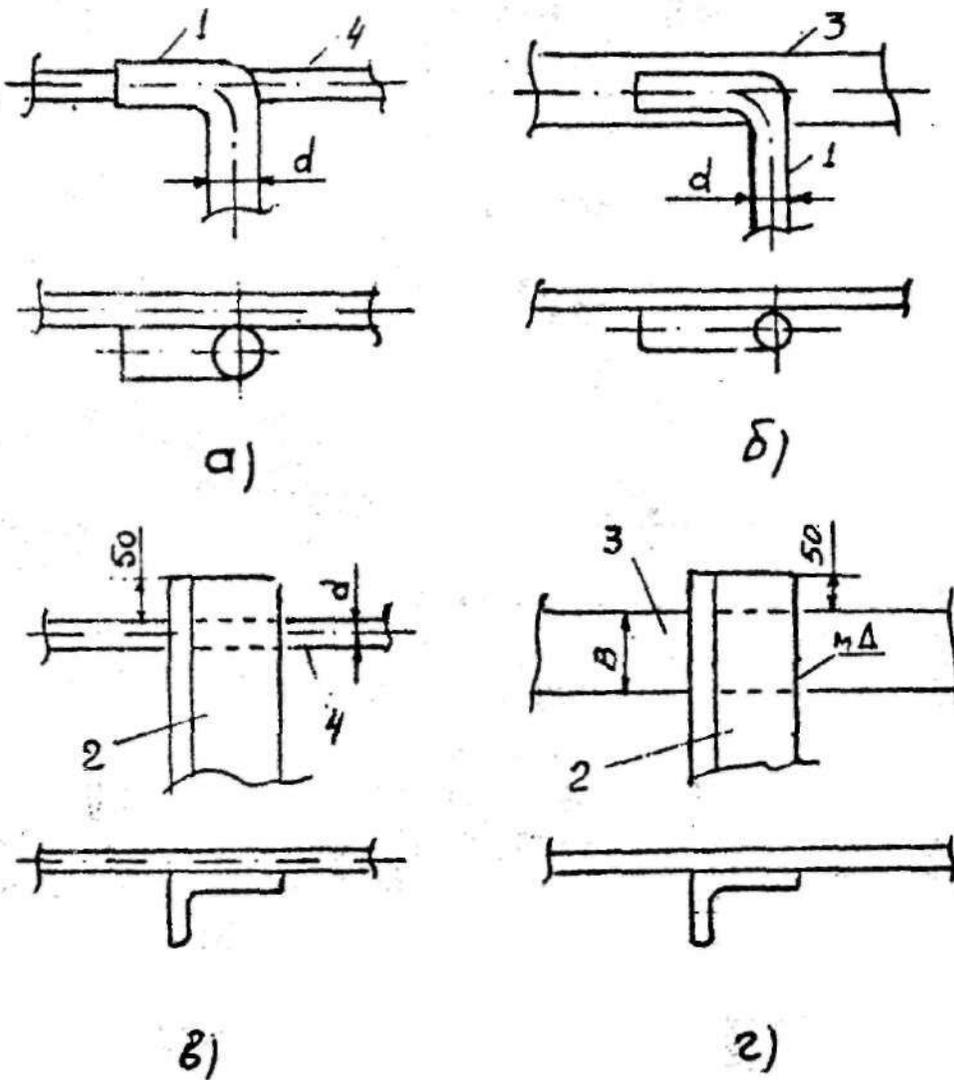


Рис.7

Виды соединений заземляющих проводников с заземлителями

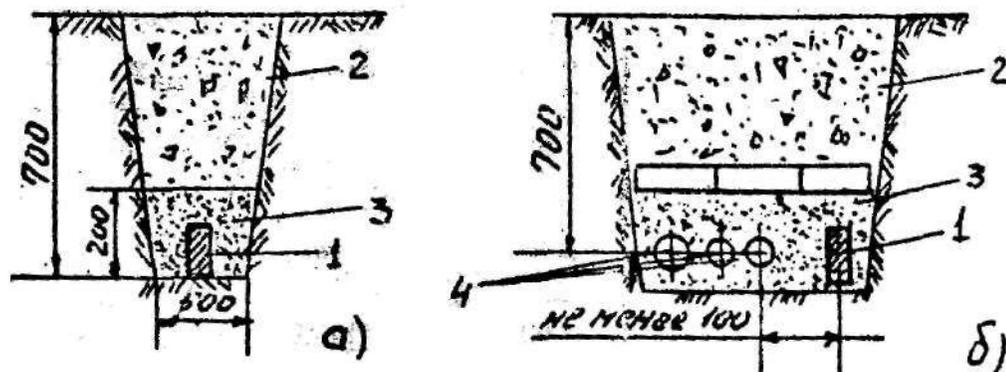


- 1 - стержневой заземлитель (сталь круглая, стальная труба) ;
- 2 - заземлитель из угловой стали ;
- 3 - заземляющий проводник из полосовой стали ;
- 4 - заземляющий проводник из круглой стали.

Рис.8

Горизонтальные заземлители устанавливаются в траншеях с глубиной прокладки не менее 700 мм. Глубина определяется зоной промерзания земли. Меньшая глубина прокладки проводника допускается в местах присоединения к оборудованию, при вводе в здание, при пересечении с подземными сооружениями и в зонах многолетнемерзлых и скальных грунтов. Прокладка горизонтальных заземлителей показана на рис.9.

Установка горизонтального заземлителя



- а - в траншее ;
- б - совместно с кабелями (встречается редко).
- 1 - стальная полоса ;
- 2 - грунт ;
- 3 - мягкий утрамбованный грунт (просеянный без щебня и строительного мусора) ;
- 4 - контрольные и силовые кабели.

Рис.9

3.5. Монтаж искусственных заземляющих устройств

До начала электромонтажных работ строительная организация должна закончить работы по устройству планировки, траншеи или котлована.

В зависимости от вида заземлителя необходимо выполнить при их монтаже следующие требования:

Вид заземлителя	Материал	Требования к установке
Углубленные заземлители	Стальная полоса толщиной не менее 4 мм Круглая сталь диаметром не менее 12 мм	Укладывается горизонтально на дно котлована или траншеи в виде протяженных элементов. Стальная полоса устанавливается на ребро
Вертикальные заземлители	Стальные стержни 16 мм. Стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм. Угловая сталь с толщиной стенки не менее 4 мм	Стержни погружают в грунт ввинчиванием. Стальные трубы и угол забивают. Длина ввинчиваемых стержней не менее 4,5-5 м, забиваемых труб и уголков - 2,5-3 м. Верхний конец вертикального электрода должен быть на расстоянии 0,6-0,7 м от поверхности земли
Горизонтальные заземлители	Стальные полосы толщиной не менее 4 мм или круглая сталь диаметром не менее 10 мм	Применяются для связи с вертикальными заземлителями, а также как самостоятельные. Прокладываются на дне траншеи глубиной 700-800 мм на ребро

После монтажа заземляющих устройств перед засыпкой составляется акт на скрытые работы Приложение 1 и акт осмотра и проверки открыто проложенных заземляющих проводников Приложение 2.

Дополнительно составляется паспорт на заземляющее устройство, в котором должна быть схема заземления, основные технические данные, данные о результатах проверки состояния заземляющего устройства, о характере ремонтов и изменений, внесенных в данное устройство.

4. МОНТАЖ СЕТИ ЗАНУЛЕНИЯ, ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

4.1. Технические требования

Монтаж зануления, защитного заземления должен выполняться одновременно со всеми монтажными работами, начиная с установки закладных элементов и несущих металлоконструкций под средства автоматизации, а также совместно с прокладкой электропроводок и установкой приборов и средств автоматизации.

Монтаж зануления (защитного заземления) должен выполняться строго в соответствии с рабочей документацией системы автоматизации с учетом требований ПУЭ, ПТЭ и ТБ, ССБТ.

Отступления от рабочих чертежей при производстве работ по занулению (защитному заземлению) должны быть согласованы заказчиком с проектной организацией.

Соединения и ответвления стальных нулевых защитных (заземляющих) проводников между собой должны быть выполнены сваркой или болтовым соединением.

Ответвления нулевых защитных (заземляющих) проводников должны быть видными, а места соединения проводников с узлами зануления (заземления) оборудования должны быть доступны для осмотра.

Требования о видимости и доступности осмотра не распространяются на нулевые защитные (зануляющие) жилы кабелей и нулевые защитные (заземляющие) проводники, проложенные в трубах, коробах и пучках проводов на лотках.

Присоединение стальных нулевых защитных (заземляющих) проводников к оборудованию выполняется сваркой или болтовым соединением. Соединение стальных проводников при устройстве заземлителей выполняется только сваркой.

Сварные соединения должны отвечать требованиям ОСТ 4.Г0.005.007 "Соединения сварные. Общие технические условия".

Болтовые соединения должны отвечать требованиям ГОСТ 10434-82 "Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования", относящиеся ко 2-му классу соединений. При этом должны быть предусмотрены меры против ослабления (установка пружинных шайб, контргайки и т.п.) и коррозии (покрытие лаком, техническим вазелином и т.п.) контактного соединения.

Болтовые соединения предпочтительнее применять в производственных помещениях и наружных установках без агрессивных сред.

Сварка стальных нулевых защитных (заземляющих) проводников выполняется внахлестку.

Длина нахлестки должна быть равной двойной ширине проводника при прямоугольном сечении и шести диаметрам при круглом (см. рис. I0).

При T-образном соединении остальных проводников длина нахлестки определяется шириной стальной полосы.

Подключаемые стальные нулевые защитные (заземляющие) проводники из плоской стали в местах подключения к узлам заземления должны иметь (см. рис. IIa) :

ширину стальной полосы не менее $2,4 d$ винта (болта) узла заземления ;

отверстие под винт (болт) на 1 мм больше диаметра винта (болта) узла заземления ;

длину участка подключения (контактный участок) не менее 20 мм.

При подключении нулевых защитных (заземляющих) проводников из круглой стали (катанки, проволоки) к узлам заземления необходимо :

к концу проводника из круглой стали приварить отрезок стальной полосы с указанными выше размерами, причем длина сварного шва должна быть не менее $6 d$ проводника из круглой стали (см. рис. IIб).

В сухих помещениях плоские стальные нулевые защитные (заземляющие) проводники прокладываются горизонтально и вертикально непосредственно по стенам зданий и сооружений.

Крепление проводников к стенам (бетонным и кирпичным) осуществляют пристрелкой.

Круглые стальные нулевые защитные (заземляющие) проводники прокладывают на опорах, изготовляемых в МЭМ или на месте монтажа, из полосовой стали размером 20x3 мм. Шаг опор обычно составляет не менее 1 м.

Крепление проводников к опорам осуществляют сваркой.

Для крепления нулевых защитных проводников из стальной полосы пристрелкой применяют дюбель-гвозди диаметром 4,5 мм длиной 30-40 мм для работ по бетону и длиной 60-80 мм для работ по кирпичу.

Пристрелку производят строительным монтажным пистолетом типа Пц-84 или оправкой пороховой ручной ОДП-6М.

Соединение стальных нулевых защитных проводников

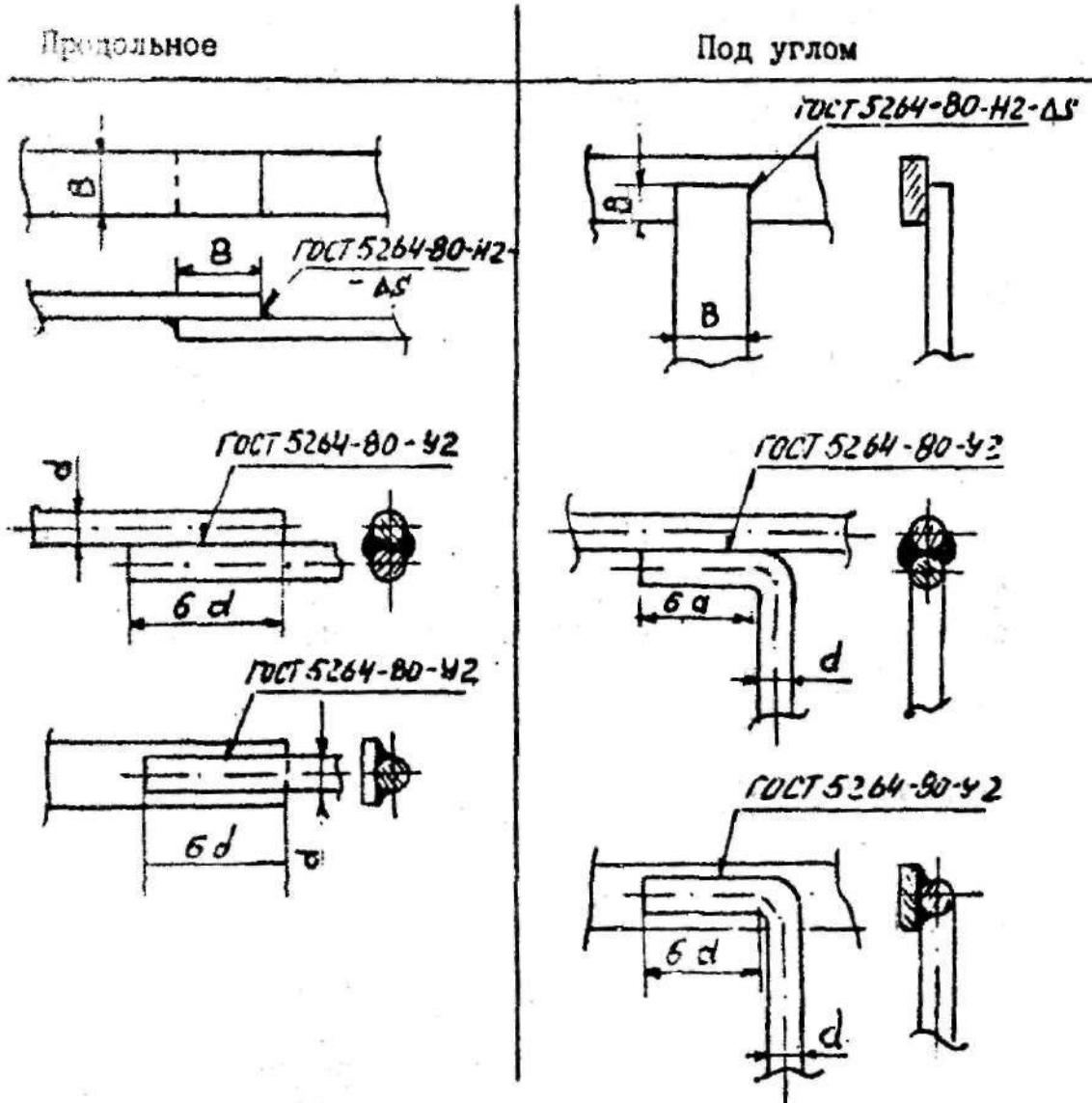
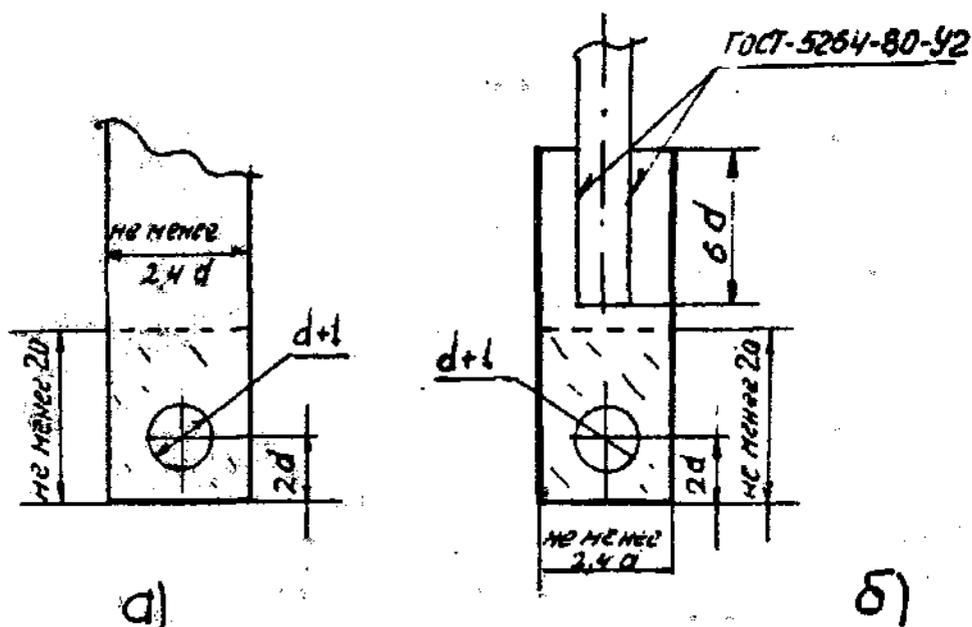


Рис.10

Подготовка стальных нулевых защитных проводников
к подключению



а) — проводник прямоугольного сечения

б) — проводник круглая сталь

Рис. II

Выбор дюбелей и патронов производится в соответствии с РТМ 36.6-87 "Инструмент пороховой. Типы, технические данные, область применения".

В сырых и особо сырых помещениях, в помещениях с агрессивными средами прокладку стальных нулевых защитных (заземляющих) проводников ведут на опорах, аналогичных опорам в п.3.10, или прокладках из полосовой стали так, чтобы расстояние между зануляющим (заземляющим) проводником и поверхностью основания было не менее 10 мм.

Стальные нулевые защитные проводники, а также их опоры перед установкой и прокладкой должны быть очищены от ржавчины и покрашены, исключая места соединений и присоединений.

Окрашку стальных проводников, а также опор для их крепления в сырых помещениях, помещениях с агрессивной средой и наружных

установках производят красками и эмалью, стойкими в отношении химических и атмосферных воздействий.

Подключаемые нулевые защитные (заземляющие) проводники из цветных металлов (жила кабелей и проводов) к узлам заземления приборов, щитов и др. оборудования должны быть оконцованы наконечниками, Приложение 5.

Допускается заделывать концы проводников кольцом, при этом многопроволочные медные жилы должны быть облужены.

При вводе в щит нулевой защитный проводник (нулевая жила кабеля) должен быть присоединен непосредственно к узлу заземления щита минуя сборку зажимов и вводную коммутационную аппаратуру.

Стальные нулевые защитные (заземляющие) проводники, подводимые к щиту, пульту и т.п., должны подключаться внутри опорной рамы к узлу заземления.

В щитовых помещениях (операторские, аппаратные залы и т.п.) при компоновке центрального щита опорные рамы одно и многосекционных щитов должны быть соединены между собой путем установки перемычек из полосовой стали между узлами заземления каждой рамы.

Подключение гибких медных перемычек к электроприемникам, подверженным вибрации, осуществляется при помощи болтового соединения, подключая перемычки к узлу заземления токоприемника и зануленной металлоконструкции.

Перемычки должны быть оконцованы наконечниками с обеих сторон, а болтовое соединение должно иметь стопорные или пружинные шайбы.

Маркировочные знаки должны быть четкими, хорошо видимыми и соответствовать рабочим чертежам.

Маркировку выполняют масляными красками или нитроэмалью, стойкими к истиранию и замасливанню.

Для устройства (монтажа) заземлителей применяют стальные стержни (электроды), вдавливаемые или забиваемые вертикально в подготовленную траншею. Приложение 6.

Металлические оболочки проводов и кабелей, брони кабелей, металлические сплетки проводов, а также металлические экраны кабелей должны быть занулены (заземлены) (рис.12) с двух сторон путем присоединения к ним гибких нулевых защитных (заземляющих) проводников из цветного металла пайкой и подключения их к узлам заземления щитов питания и оборудования. Приложение 7.

Присоединение гибкого нулевого защитного (заземляющего) проводника к броне должно производиться:

при ленточной броне - к обоим бронелентам (см. рис.12) ;
при проволочной броне - ко всем проволокам по окружности
наружной поверхности.

Пайку гибких проводников производят в соответствии с требованиями: технологической инструкции ТИЗ.25280.12000 "Пайка монтажных соединений проводов и кабелей".

При занулении (заземлении) кабельных конструкций стальные нулевые защитные проводники следует приваривать:

- к основанию одиночной полки ;
- к стойкам (кабельным) (см. рис.13) ;
- к перфорированным профилям.

Линию кабельных конструкций после приварки зануляющего проводника, соединяют с узлом зануления на местном щите системы автоматизации с одной стороны, а с другой присоединяют к зануленному (заземленному) оборудованию или металлоконструкции системы автоматизации.

Одноровные кабельные конструкции зануляют (заземляют) при помощи болтового соединения.

Зануление (заземление) металлических соединительных (клеммных) коробок осуществляют присоединением нулевого защитного проводника (жила кабеля, отдельный провод в пучке) к внутреннему узлу заземления коробки рис.14.

При отсутствии внутреннего узла заземления коробки заземляют снаружи присоединением гибких заземляющих проводников от заземленных металлоконструкций, оболочек и брони подводимых кабелей болтовым соединением.

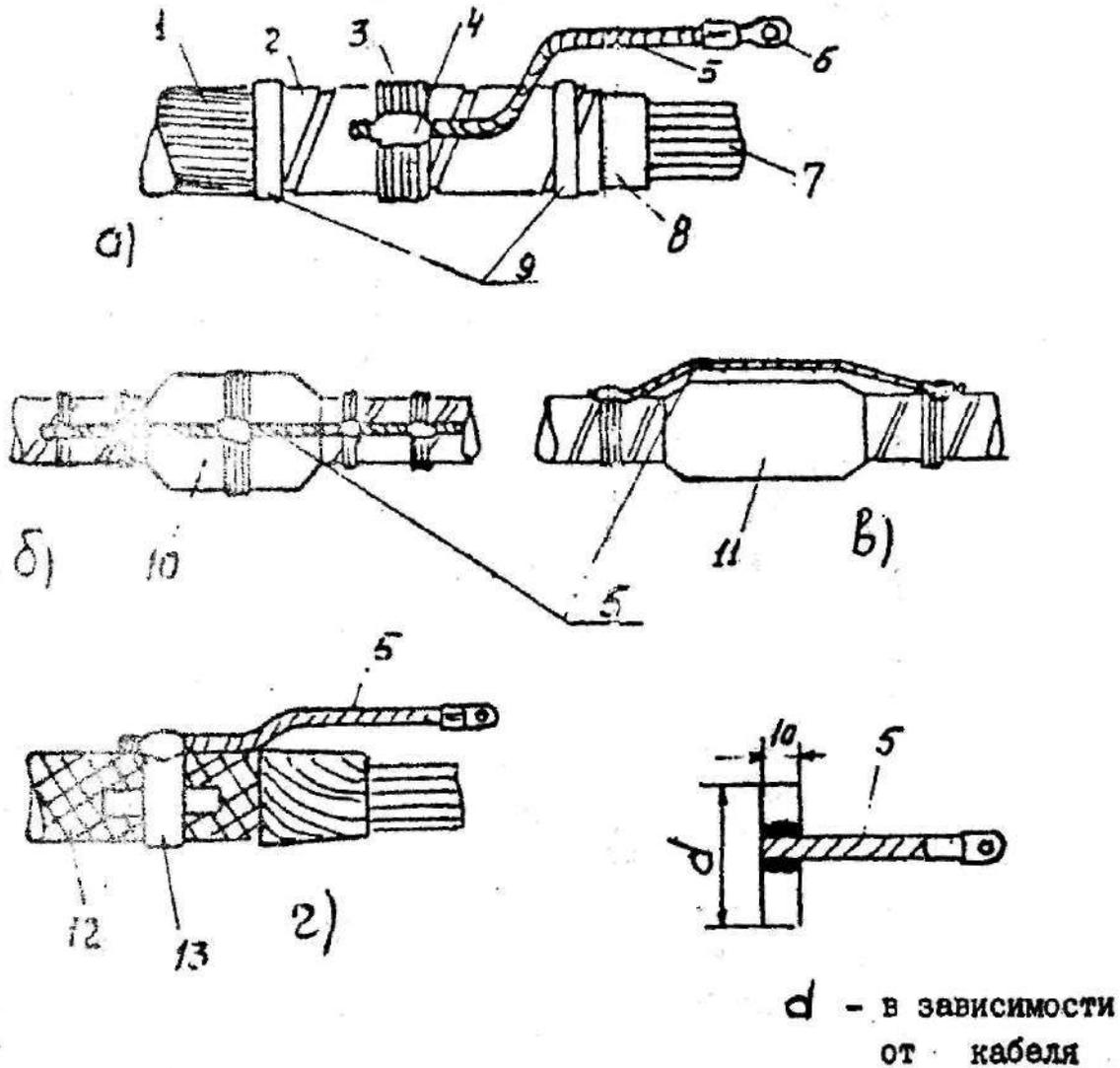
Опорные конструкции, подводимые к коробке кабелей, соединяют между собой стальными проводниками и присоединяют к корпусу коробки болтовым соединением.

Трассы металлических коробов, перфорированных, решетчатых лотков должны быть занулены (заземлены) не менее чем в двух противоположных друг от друга местах (в начале и в конце трассы) путем приварки стальных проводников к опорным конструкциям или болтовым соединением гибких проводников из цветного металла.

Каждое ответвление от трассы коробов и лотков должно быть занулено (заземлено) при помощи своего отдельного проводника, подключаемого в конце ответвления.

Секции коробов, лотков и их ответвления должны образовывать непрерывную электрическую цепь по всей длине трассы.

Зануление брони кабелей и экранирующих оплеток

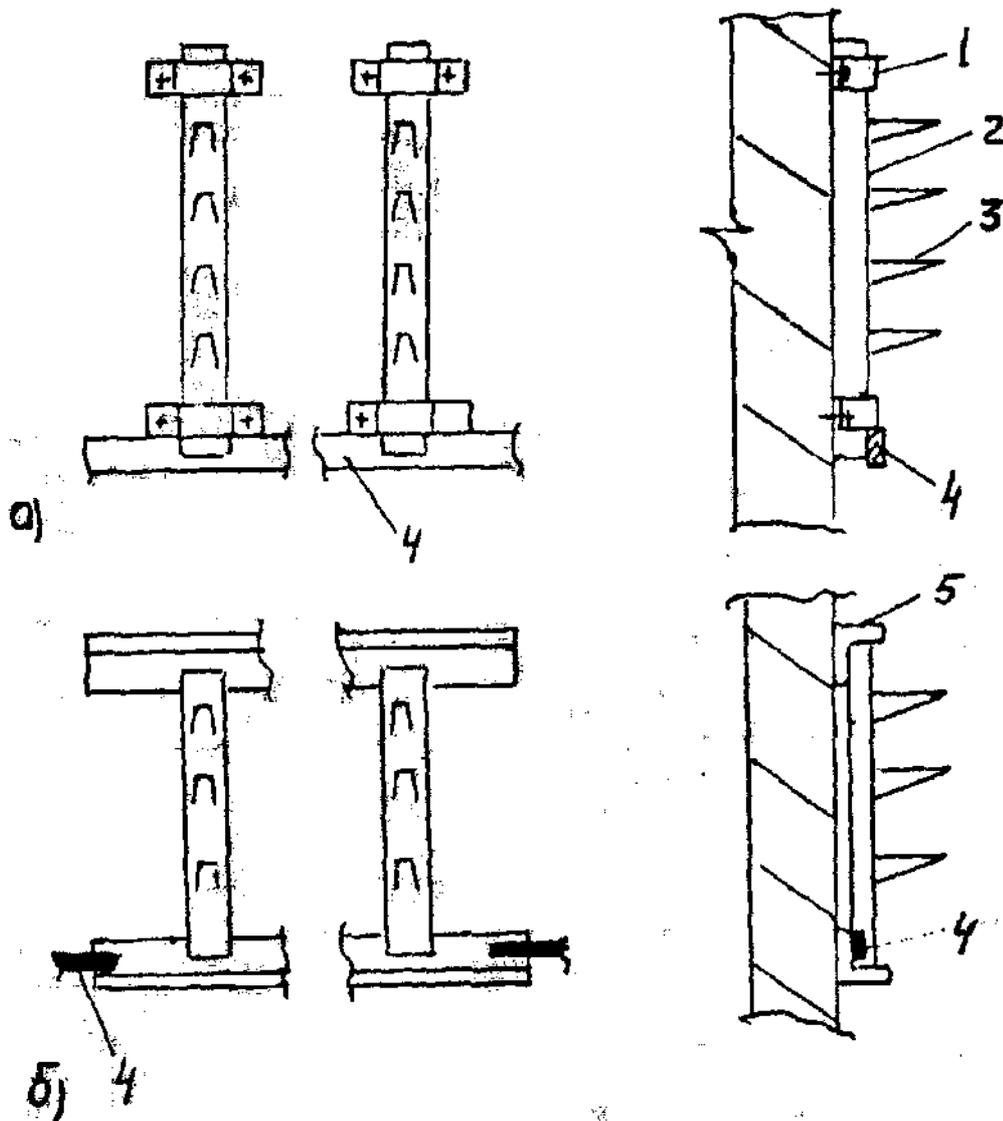


d - в зависимости
от кабеля

- а - зануление брони кабелей при концевой заделке ;
 б - зануление брони кабелей при соединении в металлических соединительных муфтах ;
 в - зануление брони кабелей при соединении в пластмассовых муфтах ;
 г - зануление экранирующих оплеток кабелей.
- 1 - покров; 2 - бронь кабеля; 3 - проволочный бандаж ;
 4 - место пайки; 5 - зануляющий проводник; 6 - наконечник;
 7 - жилы кабеля; 8 - оболочка кабеля; 9 - бандаж из стальной ленты; 10 - присоединительная металлическая муфта; 11 - пластмассовая муфта; 12 - экранирующая оплетка; 13 - луженая полоска из меди или жести.

Рис.12

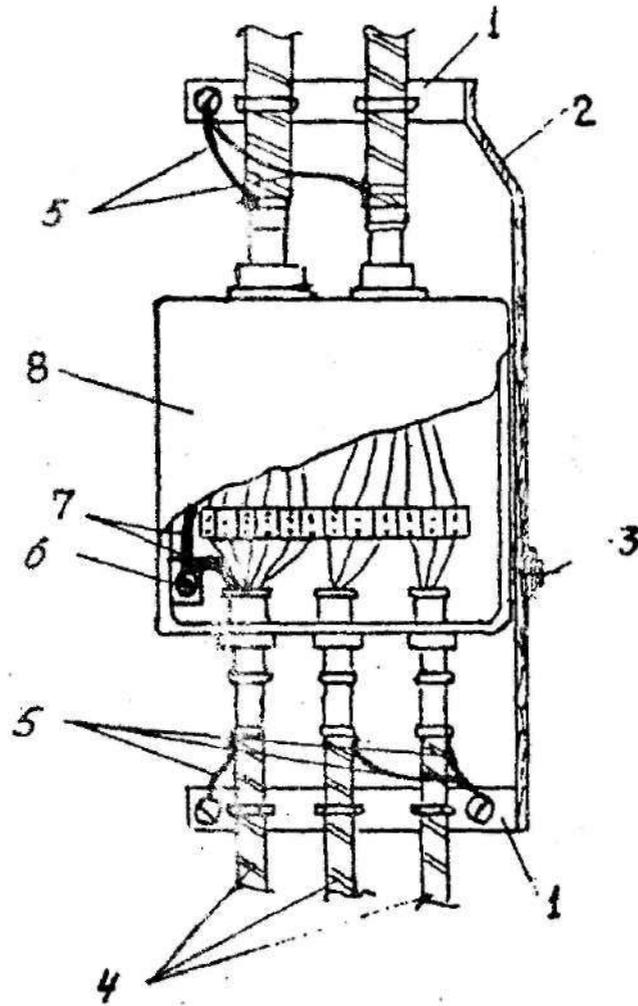
Зануление кабельных конструкций



- а - конструкции, закрепляемые с помощью скоб ;
 б - блоки кабельных конструкций, закрепляемых пристрелкой;
 1 - скоба; 2 - кабельная стойка; 3 - кабельная полка;
 4 - стальной зануляющий проводник; 5 - уголок, на котором собирают блок.

Рис.13

Защелкивание металлических соединительных коробок
и подводимых к ним кабелей



1 — опорные скобы кабелей; 2 — перемычка из полосовой стали; 3 — наружный узел заземления коробки; 4 — бронь кабелей; 5 — гибкие зачуляющие проводники; 6 — внутренний узел заземления коробки; 7 — нулевая жила кабеля; 8 — корпус коробки.

Рис.14

Нулевые защитные (заземляющие) проводники в начале трассы коробов или лотков подключают к узлу заземления щита системы автоматизации болтовым соединением во всех случаях.

В конце трассы коробов или лотков нулевые защитные (заземляющие) проводники подключают к заземленным конструкциям или оборудованию сваркой или болтовым соединением в зависимости от вида применяемого проводника (сталь полосовая, многопроволочный гибкий провод).

Зануление стальных защитных труб электропроводок осуществляют путем присоединения :

стальных проводников (полосовая или круглая сталь) сваркой (допускается применение хомута с приваркой к нему проводника) рис.15 ;

гибких перемычек (заземляющие проводники по ТУ36-1276-85) болтовым соединением (установкой флажка на трубе).

При отсутствии флажков по ТУ36-2466-82 их изготавливают из полосовой стали размером не менее 30x16x3 мм. Флажок должен иметь отверстие не менее 6,5 мм. Приложение 8.

Длина охватывающей части стального проводника при соединении с трубой должна быть не менее :

стальная полоса - 2 ширины полосы ;

стальная проволока - 6 диаметров.

Стальные защитные трубы зануляют (заземляют) в начале и в конце трассы путем присоединения зануляющих проводников к узлам заземления щитов, пультов и соединительных коробок с одной стороны и с другой стороны путем соединения труб с заземленным оборудованием.

Соединение стальных защитных труб электропроводки с корпусами оборудования должно выполняться:

гибкими перемычками, если стальные трубы не доходят до корпуса оборудования рис.16 ;

установкой на трубе двух установочных заземляющих гаек ТУ36-1447-82 или одной установочной заземляющей гайки и контргайки.

Лист корпуса оборудования находится между гайками рис.17,а;

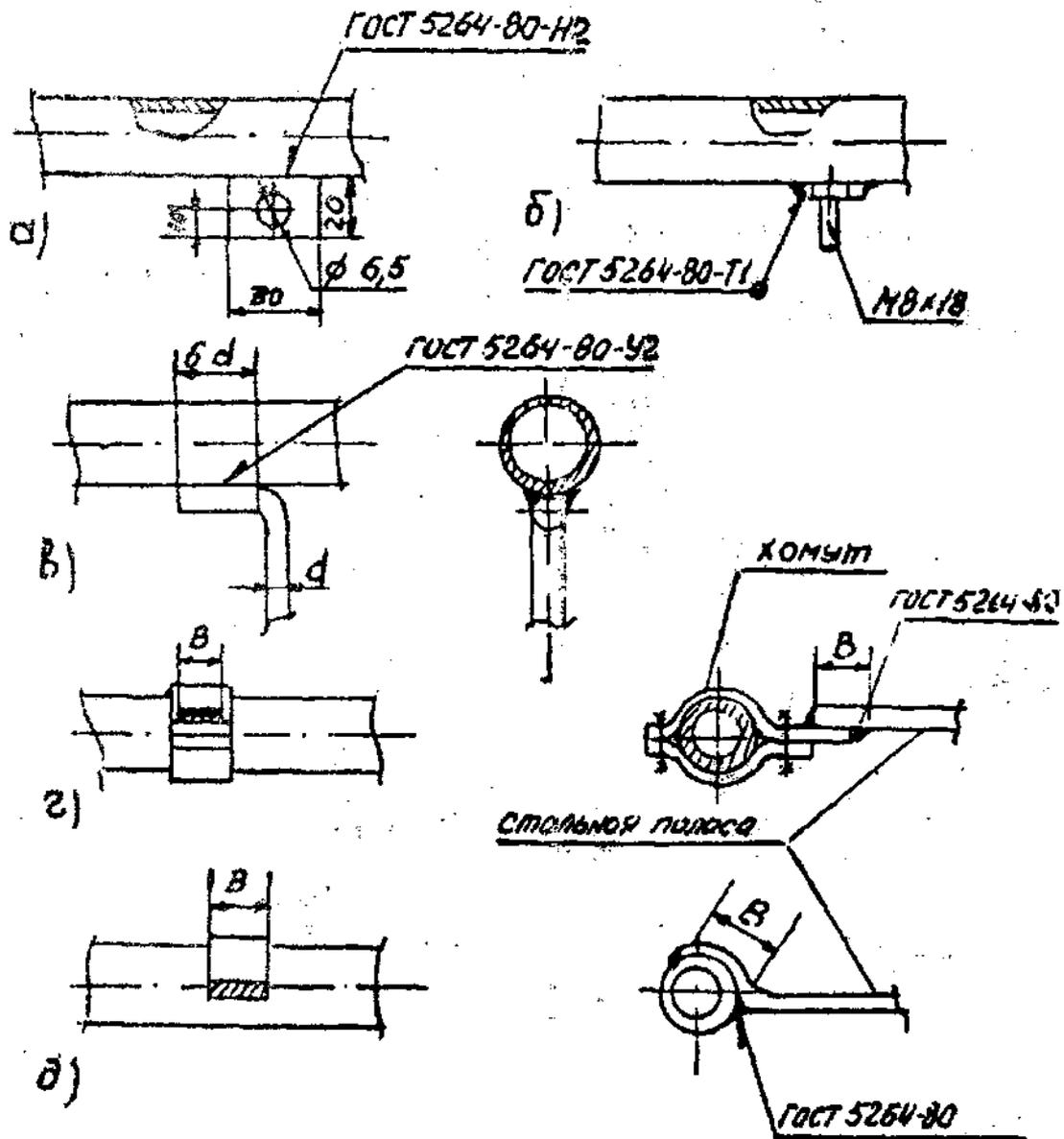
установкой футорки в корпусе оборудования рис.17,б;

установкой прямой муфты на патрубок оборудования рис.17,в;

ввертыванием трубы в вводной патрубок оборудования рис.17,г;

установкой ниппеля в корпус оборудования и футорки навернутой на ниппель рис.17,д.

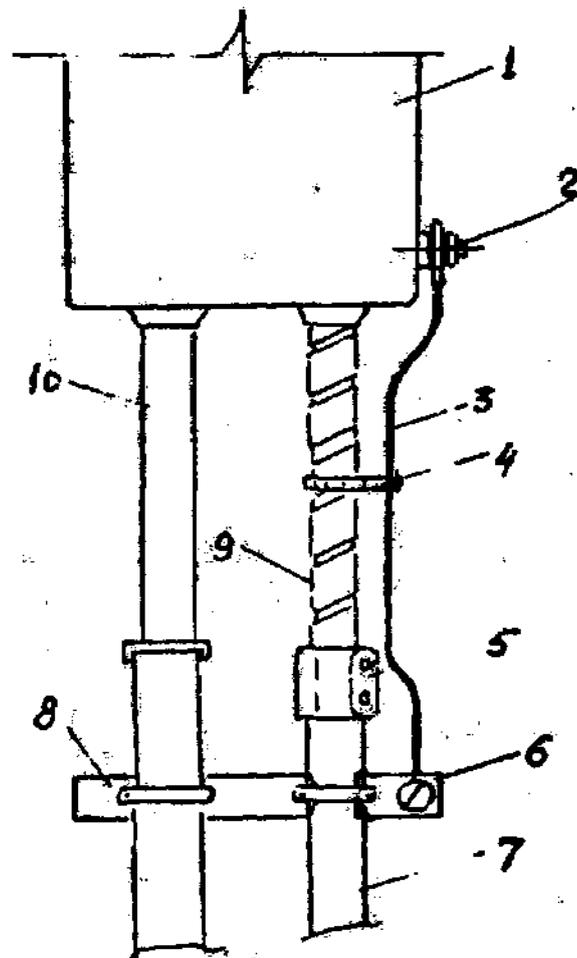
Присоединение зануляющих проводников к защитным
трубам электропроводки



- а - при помощи контактного фляжка ;
 б - при помощи приварки болта ;
 в - из круглой стали (проволоки) ;
 г - с помощью хомута ;
 д - из полосовой стали.

Рис.15

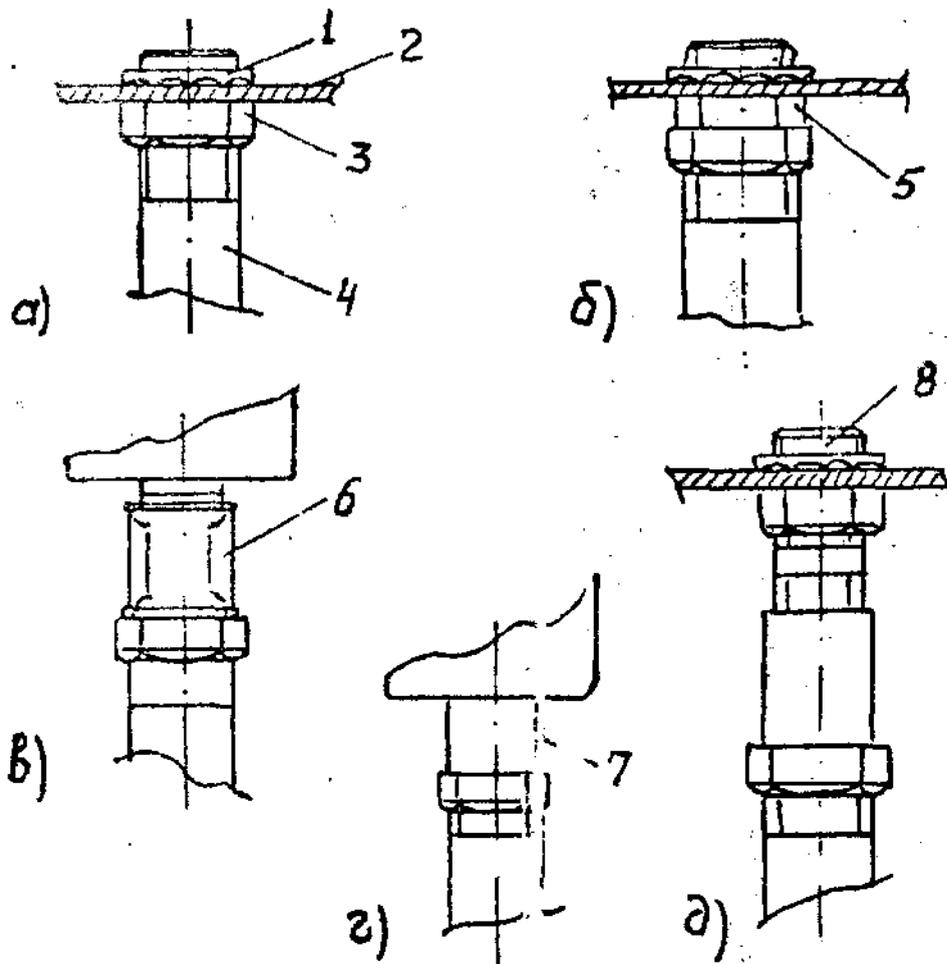
Соединение стальных труб с корпусами оборудования



1 - корпус оборудования; 2 - узел заземления; 3 - гибкий проводник (перемычка); 4 - перфолента с кнопкой; 5 - муфта МС; 6 - фланец; 7 - стальная труба; 8 - стальная полоса; 9 - металлорукав; 10 - кабель.

Рис.16

Соединение трубы электропроводки с корпусом оборудования



- а - отверстие в корпусе соответствует наружному диаметру присоединяемой трубы;
 б - отверстие в корпусе больше наружного диаметра трубы;
 в - корпус имеет патрубок с наружной резьбой;
 г - корпус имеет патрубок с внутренней резьбой;
 д - корпус имеет отверстие меньше наружного диаметра трубы.
 1 - заземляющая (царапающая) гайка 2 - металлический корпус оборудования; 3 - контргайка; 4 - стальная труба электропроводки;
 5 - гайка; 6 - муфта прямая; 7 - вводный патрубок корпуса оборудования; 8 - гайка двойная.

Рис.17

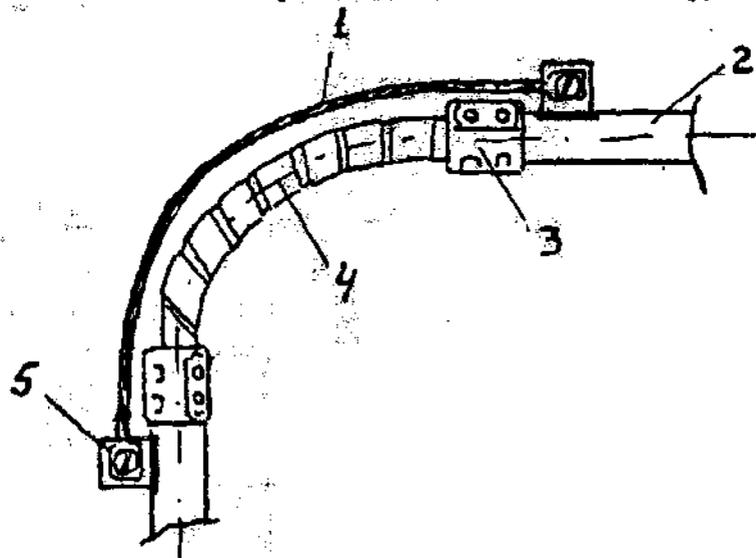
Во всех случаях муфты устанавливают на конец трубы с короткой резьбой, а контргайки устанавливают со стороны длинной резьбы.

Длинная резьба на стальных трубах выполняется во всех случаях, когда трубу нельзя вращать.

Если в линии защитных стальных труб имеется участок из гибкого металлорукава, то этот участок обводят перемычкой из полосовой или круглой стали или гибким медным проводником, присоединяя к болтам муфты или к приваренным флажкам рис.18.

Металлорукава заземляют отдельным проводником. Приложение 9.

Выполнение перемычки в обвод металлорукава

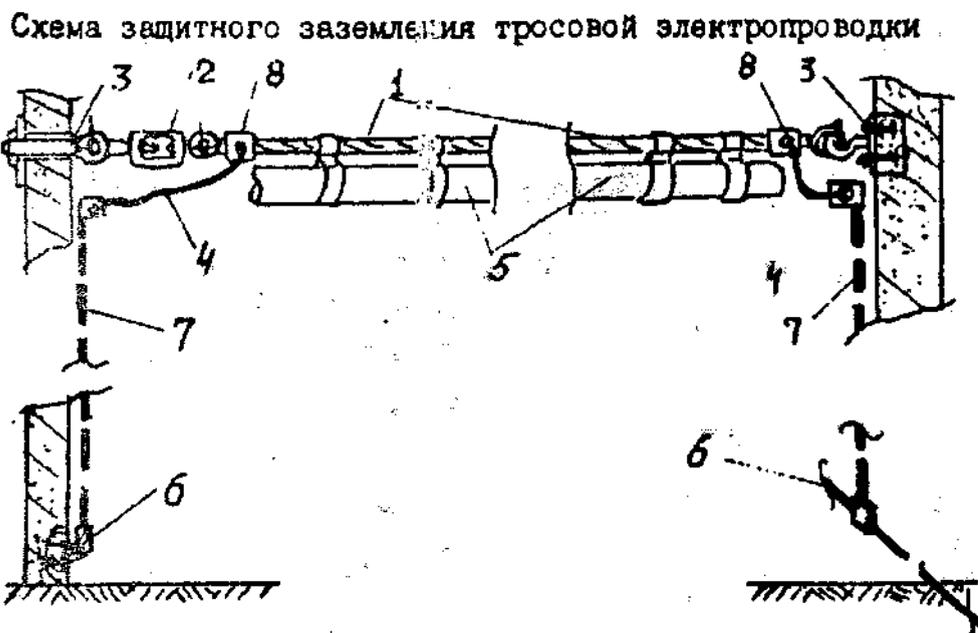


- 1 - перемычка из гибкого проводника ;
- 2 - стальная труба ;
- 3 - муфта типа МС ;
- 4 - металлорукав ;
- 5 - флажок.

Рис.18

4.2. Заземление тросовых проводов

Заземление осуществляют путем прокладки заземляющих стальных полос от магистрали (контура) заземления к анкерам и концевым опорам тросовых и струнных проводов рис.19. Присоединение заземляющих проводников осуществляют сваркой.



- 1 - несущий стальной канат ;
- 2 - натяжное устройство ;
- 3 - анкерные устройства ;
- 4 - гибкая перемычка ;
- 5 - кабель электропроводки ;
- 6 - магистраль заземления ;
- 7 - заземляющие проводники (стальная полоса);
- 8 - зажимы для присоединения гибких перемычек к тросу.

Рис.19

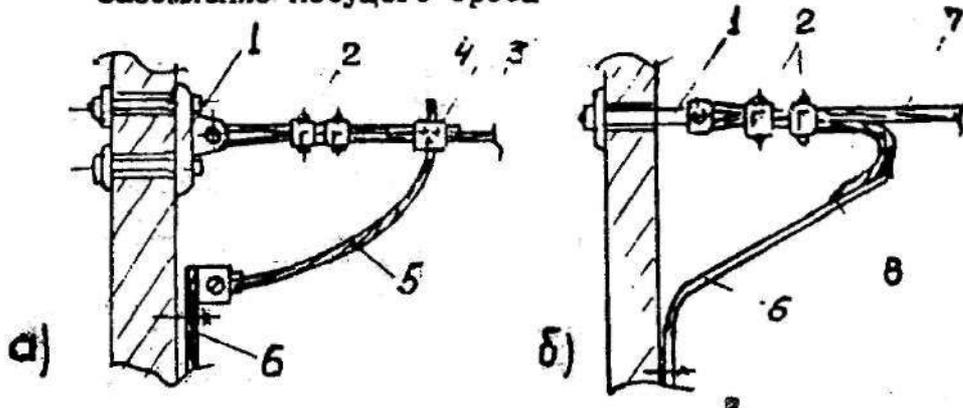
Несущие тросы и струны соединяются при помощи гибких перемычек к заземляющим проводникам.

Гибкие перемычки должны иметь сечения не менее :
 неизолированные медные гибкие провода - 2,5 мм² ;
 отрезки стального канала (диаметр) - 5 мм.

Гибкие перемычки должны быть окончены наконечниками. К заземляющему проводнику и к тросу гибкие перемычки присоединяют болтовым соединением (болты не менее М6) рис.20. Допускается присоединять

гибкие перемычки к тросу, применяя плашечные зажимы. Свободный конец троса перед установкой оконцовывают наконечниками или приваривают флажок из полосовой стали размером 40x20x3. Несущие тросы допускается присоединять к заземляющим проводникам сверху.

Заземление несущего троса



а - сжимом плашечным; б - сваркой; 1 - анкер; 2 - тросовый зажим; 3 - несущий трос из сплетенного стального каната; 4 - сжим плашечный; 5 - гибкая стальная перемычка; 6 - ответвления от магистрали заземления; 7 - несущий трос из стальной горячекатаной проволоки; 8 - место сварки.

Рис.20

4.3. Заземление вычислительных управляющих комплексов (УВК)

Работа электрооборудования любой установки (особенно коммутационной и защитной аппаратуры, шинпроводов и кабелей) является источником мощных электромагнитных полей, создающих помехи в линиях передачи информации, соединяющих управляющие вычислительные машины (УВМ) и комплексы (УВК) с технологическими агрегатами, электроприводами, постами управления, локальными управляющими системами и т.д. Мощность сигналов, передаваемых от УВМ или УВК, составляет доли ватта, а напряжения от единиц вольт до десятков милливольт и менее, поэтому помехи могут иметь мощность и напряжение, соизмеримые с полезными сигналами, и исказить информацию. Очевидна необходимость защиты от помех информации, передаваемой по линиям связи УВМ и УВК. Кроме конструкционных мер, защищающих УВМ и УВК от помех, распространяющихся по цепям питания, применения специальных кабелей и способов их монтажа одним из важнейших методов является решение вопроса заземления оборудования УВМ и УВК и кабельных сетей (линии связи).

Источниками помех общего вида, возникающих в системах заземления, металлических оболочках кабелей, является напряжение, создаваемое :

блуждающими токами заземления при использовании земли в качестве обратного провода в цепях питания ;

уравнительными токами в местах установки агрегатов с заземленной нейтралью ;

токами короткого замыкания на землю.

Помехи общего вида также возникают при наличии :

заземления в нескольких неэквипотенциальных точках ;

заземления нескольких устройств через общий проводник, особенно устройств приема сигналов и блоков питания.

Исходя из этих условий (для устранения помех), заземление электрических сетей УВМ и УВК должно выполняться с учетом следующих специфических требований.

4.3.1. Общие требования

Цепи заземления УВМ и УВК, также как заземление электроустановок подразделяют на защитное и рабочее.

Защитное заземление является средством защиты от поражения электрическим током человека при повреждении изоляции и выполняется в соответствии с требованиями ПУЭ и технологическими инструкциями.

Рабочее заземление УВМ и УВК имеет другое назначение в отличие от такого же термина по ПУЭ. Иногда рабочее заземление именуют - логическим, информационным, схемным, физическим и т.п. Мы примем название нуль - система, т.к. это название больше отвечает его назначению в системах управления УВМ и УВК.

В нуль-систему входят заземлитель и заземляющие проводники.

Наличие отдельного заземлителя для нуль-системы обусловлено возникновением больших токов растекания от КЗ на землю, электро-сварки и т.п., создающих большие разности потенциалов между разными точками заземляющих устройств, и колебания потенциалов отдельных точек искусственных и естественных заземлителей относительно земли.

Нуль-система должна исключить образование контуров заземления, чувствительных к магнитным полям и разностям потенциалов между отдельными точками.

Для нуль-системы следует применять искусственные заземлители, гальванически не связанные с защитными заземлителями или соединенные с ними в одной точке. Заземлители нуль-системы должны распола-

гаться на территории промышленного предприятия вне зоны растекания защитных заземлителей (в зоне нулевого потенциала). Расстояние между заземлителями нуль-системы и защитными заземлителями объекта должно быть не менее 20 м. Сопротивление нуль-системы должно быть не более 4 Ом.

Заземлители нуль-системы выполняются из такого же материала и должны иметь размеры не менее указанных для заземлителей защитного заземления. Сечения заземляющих проводников должно быть не менее применяемых для защитного заземления. Сечение и материал заземляющих проводников должны обеспечивать их сопротивление не более 0,1 Ом. Заземляющие проводники должны быть изолированы для предотвращения случайного заземления в непредусмотренных местах.

Использование заземляющих проводников нуль-системы в качестве защитных мер не допускается.

Экраны кабелей и их оболочки заземляются только с одного конца путем присоединения их изолированным проводником в шкафах УВМ (УВН) к узлу заземления или к металлической шине, проложенной в помещении УВН от заземлителя.

Шина должна быть медной сечением не менее 50 мм² или алюминиевой сечением не менее 70 мм². Шина должна быть изолирована от распределительного щита и нейтрали питающей сети и соединена одним заземляющим проводником с заземлителем нуль-системы.

Монтажно-технологические требования ни чем не отличаются от требований по устройству обычных защитных заземляющих устройств и систем.

4.4. Технологический процесс монтажа

Технологический процесс монтажа защитного зануления (заземления) систем автоматизации состоит из:

уточнения рабочей документации, частей оборудования, подлежащих занулению (заземлению);

прокладки зануляющих (заземляющих) проводников, предусмотренных рабочими чертежами;

соединения зануляющих (заземляющих) проводников между собой с узлами заземления оборудования, с магистралью заземления;

контроля выполненного защитного зануления (заземления);

сдачи смонтированного защитного зануления (заземления).

Контроль качества работ по монтажу зануления (заземления)

Качество смонтированного защитного зануления (заземления) определяется строгим выполнением требований проектно-конструкторской документации и соответствия рабочим чертежам проекта системы автоматизации, требований АУЭ, СНиП и настоящей инструкции.

Качество соединений и присоединений определяется требованиями ГОСТ 10434-78 "Соединения контактные электрические. Общие требования", технологической инструкцией "Ручная дуговая сварка углеродистых сталей" ТИ4.25290.11101.

При выполнении работ по монтажу заземления электроустановок систем автоматизации должен осуществляться контроль качества отдельных операций.

Должны проверяться:

качество сварных швов и линейные размеры (визуально, измерительный инструмент, легкое простукивание молотком);

очистка сопрягаемых поверхностей (визуально) от краски и ржавчины;

приварка стальных гильз к трубам (визуально, легкое простукивание молотком весом 250 г);

установка и приварка перемычек и ответвлений (визуально, легкое простукивание молотком);

крепление стальных заземляющих проводников к основаниям (визуально);

установка и опрессовка наконечников на жилах кабелей и проводов, на перемычках (визуально);

затяжку и наличие пружинных шайб на болтах и винтах (моментный ключ);

наличие зануляющих проводников и их припайку к броне, металлической оболочке кабелей, металлорукаву (визуально);

наличие флажков, болтов на трубах (защитных стальных) с подключенными к ним заземляющими проводниками (визуально);

наличие противокоррозионных мер в местах болтовых соединений (визуально);

окраска перемычек, ответвлений, мест сварки (визуально).

Кроме того, тщательно осматривают и проверяют все проводки с целью проверки наличия электрической цепи от токоприемника до магистрали заземления.

Должны проверяться:

магистраль заземления - металлоконструкция ;

металлоконструкция - электроустановка, прибор и т.д. ;

электроустановка, прибор и т.д. - стальная защитная труба ;

перемычки в обвод металлошкафа - стальная защитная труба;

электроустановка, прибор, коробка и т.д. - магистраль зазем-
ления;

нулевая клемма, нулевая жила кабеля - магистраль заземления.

Все дефекты и недостатки должны быть немедленно устранены
в процессе монтажа или после проверки.

5. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Объем приемосдаточных и контрольно-периодических испытаний

Согласно ПУЭ вводимые в эксплуатацию заземляющие устройства подвергаются приемосдаточным испытаниям в следующем объеме :

- проверка элементов заземляющих устройств ;
- проверка пробивных предохранителей в установках напряжением до 1000 В ;
- проверка цепи фаза - нуль, в установках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали ;
- измерение сопротивления растеканию заземляющих устройств ;
- измерение электрического сопротивления земли ;
- проверка цепи между заземлителем и заземленными элементами.

Согласно требованиям Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ) установлены нормы испытаний заземляющих устройств табл.12.

В нормах приняты следующие условные обозначения видов испытаний:

- К - испытания при капитальном ремонте электрооборудования ;
- Т - испытания при текущем ремонте электрооборудования ;
- М - межремонтные, профилактические испытания не связанные с вводом электрооборудования в ремонт.

К, Т, М - производятся в сроки, устанавливаемые системой планово-предупредительного ремонта но Т - не реже одного раза в 3 года.

5.1. Проверка элементов заземляющего устройства

Проверка состояния элементов заземляющего устройства выполняется в пределах доступности осмотра.

При осмотре проверяется соответствие проекту сечения глубина заложения заземлителей (электродов), надежность соединений, сечение магистралей и проводников, правильность присоединения заземляющих проводников к защищаемому оборудованию и заземлителю, защищенность заземляющих проводников от механических повреждений и т.д.

Нормы испытаний заземляющих устройств

Наименование испытания	Вид испытания	Нормы испытания	Указания
<p>Спределение сопротивления заземляющего устройства</p> <p>электроустановок до 1000 В с изолированной нейтралью</p>	К, Т, М	<p>Удельное сопротивление грунта</p> <p>Ом м</p> <hr/> <p>до 500</p> <p>Сопротивление заземляющего устройства 10 Ом</p> <p>более 500</p> <p>0,02</p>	<p>Измерения проводятся в период наибольшего удельного сопротивления грунта.</p> <p>Определение сопротивлений заземляющих устройств определяется умножением измеренного значения на поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатические условия и состояние почвы.</p> <p>Поправочные коэффициенты приведены в табл. 14</p>
<p>электроустановок до 1000 В с заземленной нейтралью на напряжение 380/220</p>		<p>Удельное сопротивление грунта</p> <p>Ом м</p> <hr/> <p>до 100</p> <p>Сопротивление заземляющего устройства 30 Ом</p> <p>более 100</p> <p>0,3</p>	<p>Измерения проводятся в период наибольшего удельного сопротивления грунта.</p> <p>Определение сопротивлений заземляющих устройств определяется умножением измеренного значения на поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатические условия и состояние почвы.</p> <p>Поправочные коэффициенты приведены в табл. 14</p>
<p>Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами</p>	К, Т	<p>Не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов в проводнике, соединяющем аппаратуру с заземлителем.</p> <p>Сопротивление не нормируется</p>	<p>Производится при каждой перестановке оборудования и после каждого ремонта.</p> <p>Обычно сопротивление контакта заземляющих проводников не превышает 0,05-0,1 Ом. Для оценки результата измерений определяют сопротивление расчетным путем.</p> <p>Измеренное значение не должно превышать более чем в 1,2 раза расчетного</p>
<p>Проверка цепи фаза - нуль</p>	К	<p>Определение тока короткого замыкания для установления кратности по отношению к номинальному току плавкой вставки или расцепителя автомата</p>	<p>Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным</p>

5.2. Проверка пробивных предохранителей

Предохранители подвергаются наружному осмотру, при котором сопоставляется соответствие номинального напряжения предохранителя напряжению сети, проверяется состояние наружной поверхности и внутренних частей, отсутствие сколов, трещин, загрязнений форфорозной изоляции, чистота разрядных поверхностей электродов, наличие и целостность слюдяной прокладки.

5.3. Проверка цепи фаза - нуль

Целью проверки является определение тока короткого замыкания между фазными и заземляющими проводниками. Этот ток должен иметь определенную кратность по отношению к номинальному току плавкой вставки или расцепителя автомата защиты.

Сопротивление цепи (петли) фаза - нуль состоит из сопротивления фазы трансформатора, фазного провода и заземляющего проводника. На протяженных линиях и больших мощностях трансформаторов измерение сопротивления петли допустимо без учета сопротивления обмотки трансформатора.

Следует учитывать, что если в измеряемой цепи есть стальные проводники, их сопротивление при малых токах значительно больше, чем при фактических токах короткого замыкания. Поэтому в таких случаях сопротивление при измерениях несколько больше, чем при фактических токах короткого замыкания.

В соответствии с ПУЭ проверка цепи фаза-нуль должна производиться одним из методов:

непосредственным измерением тока однофазного замыкания с применением специальных приборов ;

измерением полного сопротивления цепи с последующим вычислением тока однофазного короткого замыкания (метод амперметра - вольтметра).

Метод амперметра-вольтметра

Измерение ведется на отключенном оборудовании по следующей схеме:

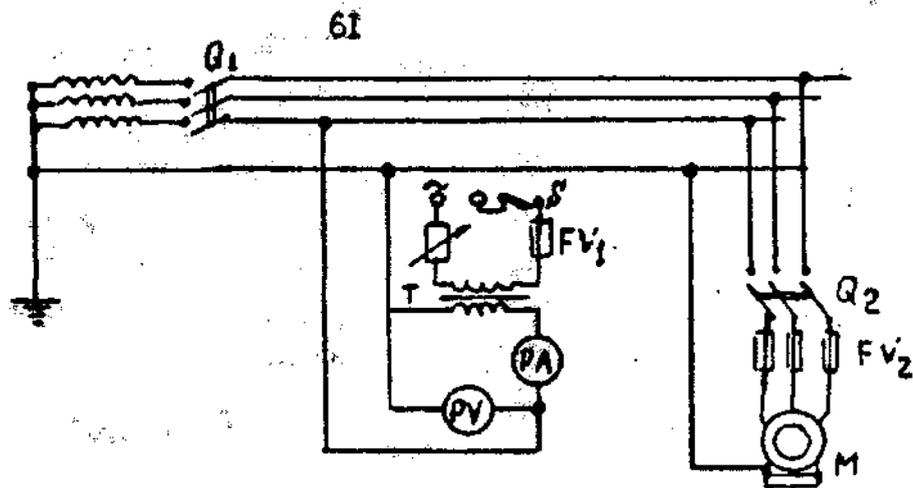


Рис.21. Схема измерения сопротивления цепи фаза-ноль с помощью амперметра и вольтметра

Питание петли осуществляется от сварочного трансформатора. Ток в измеряемой цепи должен быть не менее 10 А. Для создания цепи фазный провод присоединяют к корпусу проверяемого оборудования. Сопротивление цепи определяют по формуле

$$Z'_n = \frac{V}{I}$$

где Z'_n - измеренное значение.

Измеренное значение Z'_n должно быть сложено с расчетным значением полного сопротивления одной фазы питающего трансформатора $Z_T / 3$

Полное сопротивление петли определяют из выражения

$$Z_n = Z'_n + Z_T / 3$$

возможный ток однофазного замыкания из выражения

$$I_{к.з.} = \frac{V_\phi}{Z'_n + Z_T / 3}$$

где V_ϕ - фазное напряжение ;

Z_T - расчетное значение сопротивления питающего трансформатора.

5.4. Измерение сопротивления заземлителей

Определение сопротивления заземляющего устройства сводится к одновременному измерению напряжения на нем и стекающего в землю тока. Для этого используют так называемую схему амперметра-вольтметра (табл.13).

Таблица 13

Схемы измерения сопротивления растеканию одиночных заземлителей

Измерение сопротивления растеканию	Схема измерения	Приборы	Особенности измерения
Одиночные вертикальные заземлители		Измерители заземления М-416, МС-08(07)	<p>Расстояние между электродами принимается</p> <p>а) при $l \leq 6 \text{ м}$ $Z_{3T} = 40 \text{ м}$; $Z_{3П} = 25 \text{ м}$.</p> <p>б) при $l > 6 \text{ м}$ $Z_{3T} > 6l$; $Z_{3П} = 0,5 Z_{3T}$.</p>
Одиночные горизонтальные полосы		То же	<p>а) при $L > 40 \text{ м}$ $Z_{3T} = 24 \text{ м}$; $Z_{3П} = 4 \text{ м}$</p> <p>б) при $10 \text{ м} \leq L \leq 40 \text{ м}$ $Z_{3T} > 80 \text{ м}$; $Z_{3П} = 0,5 Z_{3T}$</p> <p>в) при $L < 10 \text{ м}$ $Z_{3T} = 40 \text{ м}$; $Z_{3П} = 20 \text{ м}$</p>

Результаты измерений определяются протоколом Приложение 10 с учетом поправочных коэффициентов табл.14.

Т а б л и ц а 14

Поправочные коэффициенты к значению измеренного сопротивления заземлителя для полосы РФ

Тип заземлителя	Размеры заземлителя, м	$t = 0,7-0,8$ м			$t = 0,5$ м		
		K1	K2	K3	K1	K2	K3
Горизонтальная полоса	$l = 5$	4,3	3,6	2,9	8,0	6,2	4,4
	$l = 20$	3,6	3,0	2,5	6,5	5,2	3,8
Заземляющая сетка или контур	$S = 400$ м ²	2,6	2,3	2,0	4,6	3,8	3,2
	$S = 900$ м ²	2,2	2,0	1,8	3,6	3,0	2,7
	$S = 3600$ м ²	1,8	1,7	1,6	3,0	2,6	2,3
Заземляющая сетка или контур с вертикальными электродами длиной 5 м	$S = 900$ м ²	1,6	1,5	1,4	2,1	1,9	1,8
	$n \geq 10$ шт						
	$S = 3600$ м ² $n \geq 15$ шт	1,5	1,4	1,3	2,0	1,9	1,7
Одиночный вертикальный заземлитель	$l = 2,5$ м	2,00	1,75	1,50	3,80	3,00	2,30
	$l = 3,5$ м	1,60	1,40	1,30	2,10	1,90	1,60
	$l = 5,0$ м	1,30	1,23	1,15	1,60	1,45	1,30

где t - глубина заложения в землю горизонтальной части заземлителя или верхней части вертикальных заземлителей ;

l - длина горизонтальной полосы или вертикального заземлителя ;

S - площадь заземляющей сетки или контура ;

n - количество вертикальных электродов.

Указания к применению коэффициентов :

K1 - применяется при измерениях на влажном грунте или когда на момент измерений предшествовало наибольшее количество осадков;

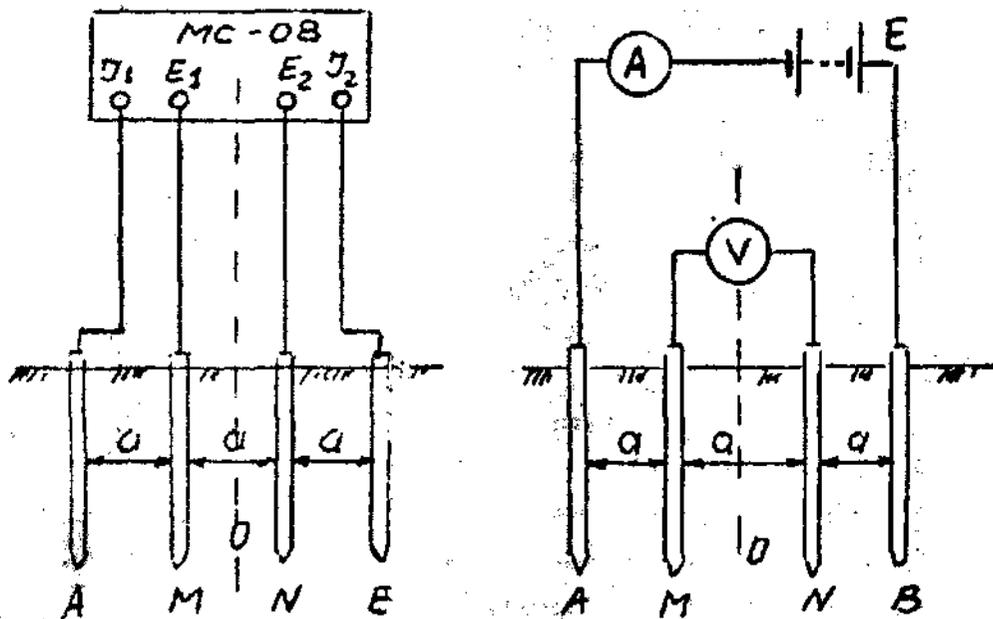
K2 - применяется на грунте средней влажности или когда на момент измерений предшествовало небольшое количество осадков ;

K3 - применяется на сухом грунте или когда на момент измерений предшествовало значительное количество выпадения осадков.

5.5. Измерение электрического сопротивления земли

Удельное электрическое сопротивление земли по глубине определяется методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) при помощи измерителя заземления MC-08(07) и M-416, а также ИКС-I, ИКС-50.

Для определения удельного сопротивления грунта собирается следующая схема (рис.22).



Измерение MC-08

Измерение по методу
амперметра-вольтметра

Рис. 22

5.5.1. Измерение прибором МС-08

К токовым электродам А-В подключаются токовые выводы (Т) прибора; напряжение к потенциальным электродам М-Н подается к потенциальным выводам (Е) прибора. По измеренному значению сопротивления кажущееся удельное сопротивление *определяют по*

$$\rho_k = k \rho_{изм}$$

где k - коэффициент, зависящий от расстояния между электродами измерительной установки.

При равных расстояниях между электродами, т.е. при $a = AB/3$ $k = 2\pi a$, где a принимается равным двойной глубине слоя грунта, до которого производится измерение ρ .

При исследовании изменения сопротивления грунта по глубине целесообразно провести 10-15 измерений при различных расстояниях между электродами. Центр установки 0 при этом остается неизменным.

Значения для соответствующих расстояний между электродами при проведении измерений с разносом электродов должны приниматься следующие :

Электроды	Расстояния между электродами							
	20	30	45	60	90	120	150	200
АВ, м	20	30	45	60	90	120	150	200
М м	6,6	10	15	20	30	40	50	66
К	42,1	62,8	94,2	125,6	188,4	251,2	314	421

Рассчитанные по формуле $\rho_k = k \rho_{изм}$ значения кажущегося удельного сопротивления грунта представляют в виде графика, называемого кривой ВЭЗ на логарифмической бумаге с логарифмической единицей, равной 6,25.

По оси ординат откладывают значения ρ_k а по оси абсцисс $0,5 AB$ (в метрах).

5.5.2. Измерение методом амперметра-вольтметра

Измерения выполняют по схеме, приведенной на рис.23.

Для питания схемы должны быть использованы сварочные, нагрузочные и подобные трансформаторы. Амперметр и вольтметр к испытываемому заземлителю подключают отдельными проводами, так как иначе при случайном отсоединении от заземлителя соединенных вместе проводов вольтметр окажется под полным напряжением и может быть поврежден.

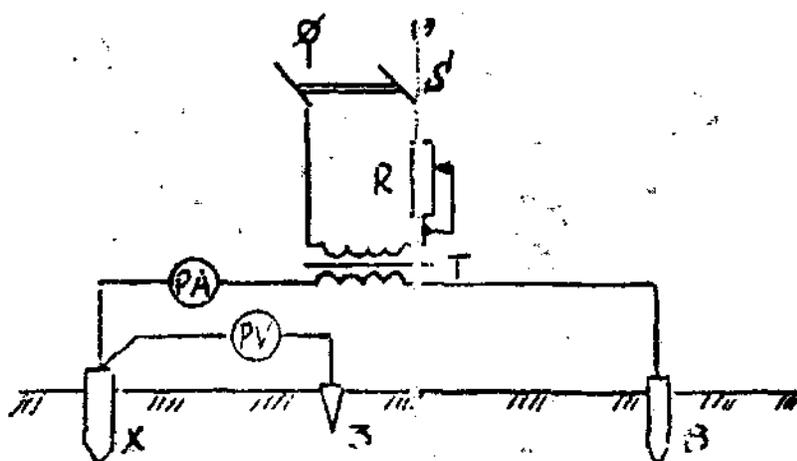


Рис.23. Метод амперметра-вольтметра

Сущность метода заключается в измерении тока J , проходящего через испытываемый заземлитель, и напряжения V между заземлителем и зондом. Сопротивление испытываемого заземлителя $R = V/J$. Для точности измерения сопротивления вольтметра должно быть значительно большим сопротивлением зонда, которое может достигать 1-2 кОм. Так, для того чтобы погрешность не превышала 2%, сопротивление вольтметра должно быть по крайней мере в 50 раз больше сопротивления зонда. Если при измерении используют вольтметр с меньшим внутренним сопротивлением, действительное значение измеренного напряжения определяют по формуле

$$V_x = V_B \left(1 + \frac{R_z}{R_B} \right)$$

где V_B - показание вольтметра, В ;

R_z - сопротивление зонда, Ом ;

R_B - внутреннее сопротивление вольтметра, Ом.

Перед измерением убеждаются (при отключенной схеме) в отсутствии посторонних токов в земле. Если же наблюдается их присутствие, то необходимо изменить место расположения зонда. Влияние посторонних токов можно снизить увеличением тока в испытательной цепи. При измерении малых сопротивлений достаточным является ток 20-25 А. Если при измерении ток имеет значение, достаточное для отклонения стрелки вольтметра, но стрелка не отклоняется или отклоняется слабо, необходимо измерить сопротивление зонда. Для измерения сопротивления зонда провод токовой цепи отсоединяют от испытываемого заземлителя и присоединяют к зонду. Остальная часть схемы остается неизменной, и сопротивление зонда определяется делением измеренного

напряжения на значение тока. Сопротивление вспомогательного заземлителя определяется также, как и для зонда. Значение сопротивления испытуемого заземлителя определяется как среднее арифметическое трех измерений.

5.6. Проверка цепи между заземлителями и заземленными элементами

Проводка, соединяющая аппаратуру и электрооборудование с заземляющим устройством, не должна иметь обрывов и неудовлетворительных контактов. Сопротивление этой проводки не нормируется и обычно принимают 0,05-0,1 Ом.

Наличие цепи проверяют специальным омметром типа М372. Перед началом измерений при помощи прибора проверяют отсутствие напряжения на корпусе электрооборудования.

5.7. Приборы для измерения электрических параметров заземляющих устройств

При измерении параметров заземляющих устройств и при производстве вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) земли применяют приборы типа АНЧ-3, ИКС-1, ИКС-50, МС-09, М-416, ИТК-1 и др. Работа этих приборов основана на создании в верхних слоях земли искусственного электрического поля при одновременном измерении разности малых по значению электрических потенциалов в точках на поверхности земли, изменяющихся в весьма широком диапазоне.

Измеряемой величиной будет разность потенциалов на некотором участке электрической цепи в нашем случае (прибор - проводник - электрод - земля - электрод - проводник - прибор). Прибор, применяемый для измерения, должен иметь входное сопротивление намного превышающее сопротивление измеряемой цепи. При выполнении ВЭЗ измерению разность потенциалов приходится снимать посредством специальных электродов, вводимых в почву. Сопротивление растеканию этих электродов может изменяться в зависимости от грунта в очень широких пределах от долей Ом до миллионов Ом. Естественно в таких случаях далеко не всякая схема, обладающая просто высокой чувствительностью, может обеспечить приемлемую точность измерений. Схема, удовлетворительно работающая при хороших условиях заземления, может оказаться совершенно непригодной в случае высоких переходных сопротивлений. Только при высоком входном сопротивлении измерительная схема будет пригодна для работы в любых условиях заземления.

Измеритель кажущегося сопротивления ИКС-1 состоит из трех отдельных блоков: генератора, микровольтметра и градуировочного устройства. Прибор комплектуется специальными щупами (электродами), набором проводов и комплектом запасных деталей.

Генератор выполнен на транзисторах (11 штук) и диодах (11 штук) и состоит из симметричного мультивибратора, предварительного усилителя и усилителя мощности. Выходной ток генератора стабилизирован во всех диапазонах дестабилизирующих факторов (напряжение источника питания, сопротивление нагрузки, температура, влажность и т.д.) и составляет $9,5 \text{ мА} \pm 1\%$. Частота генератора $22,5 \text{ Гц} \pm 1\%$, форма колебания тока симметричная, прямоугольная.

Питание всего генератора осуществляется от 4-х батарей тип П1,5-ПМЦ-У-1,3 или от наружного источника тока напряжением 23-45 В.

Микровольтметр состоит: счетное устройство, представляющее собой совокупность делителей напряжения; избирательный усилитель; генератор калибровочного (опорного) сигнала и блок питания. В основу работы микровольтметра положен принцип замещения (замещение измеряемого сигнала сигналом собственного (опорного) генератора).

Прибор магнитоэлектрической системы МС-08 основан на известном методе амперметра-вольтметра. Однако вместо амперметра и вольтметра в МС-08 они замещены магнитоэлектрическим лагометром.

Прибор М-416 (измеритель заземлений) представляет собой полупроводниковый прибор (компенсатор), состоящий из источника постоянного тока, преобразователя постоянного тока в переменный и измерительного устройства.

Источником питания служат три соединенных последовательно сухих элемента типа 373 (Марс).

Прибор ИТК-1 предназначен для измерения сопротивлений цепи фаза-нуль, но может быть использован в качестве короткозамыкателя при измерении электрических параметров заземляющих устройств по методу амперметра-вольтметра с повторно-кратковременным приложением напряжения к испытуемому заземлителю.

Омметр типа М372 предназначен для определения наличия электрической цепи между заземлителем и заземленными элементами. Прибор позволяет измерять сопротивление до 5 Ом и обнаруживать напряжение от 60 до 380 В.

Прибор М-417 предназначен для измерения сопротивления цепи фаза-нуль в сетях переменного тока промышленной частоты напряжением 380 В без отключения испытываемого оборудования. Работа прибора

основана на измерении падения напряжения на встроенном в прибор нагрузочном резисторе, включаемом при измерении в контролируемую цепь. Падение напряжения на резисторе зависит от значения сопротивления цепи фаза-нуль, что позволяет градуировать шкалу прибора в Ом. Диапазон измерения прибора 0,1-2 Ом; основная погрешность $\pm 10\%$ длины рабочей части шкалы.

6. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При монтаже зануления (заземления) должны строго соблюдаться требования главы СНиП III-4-80^ж "Строительные нормы и правила. Правила производства и приемки работ. Техника безопасности в строительстве", "Правила пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства", утвержденных ГУПО МВД СССР, системы стандартов безопасности труда, а также указаниями соответствующих технологических инструкций на отдельные виды работ (сварка, покраска, пайка, применение пороховых инструментов и т.п.).

Ответственность за соблюдение правил техники безопасности и выполнение мероприятий по технике безопасности, противопожарной технике и производственной санитарии возлагается на производителей работ в пределах руководимых ими работ и на мастеров в пределах участков работ.

**А К Т
ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКАТЫХ РАБОТ ПО МОНТАЖУ
ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ПРИСОЕДИНЕНИЙ**

Осмотром выполненных работ по монтажу заземляющего устройства установлено:

1. Заземляющее устройство выполнено в соответствии с проектом _____, разработанным _____
название _____ проектная организация
по чертежам _____
номер _____

2. Отступления от провеса : _____

согласованы с _____
организация, должность _____
и внесены в чертежи _____
номер _____
фамилия, и.о. _____

3. Характеристика заземляющего устройства

№ п/п	Элементы за- земляющего устройства	Параметры элементов заземляющего устройства		
		Материал	Профиль	Размеры, мм
				Количество

4. Характер соединений элементов заземляющих устройств между собой _____

5. Выявленные дефекты _____

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Заземляющее устройство может быть засыпано землей (грунтом) на участках: _____

Оформляется подписями представителей заказчика, строительной организации и монтажной организации.

А К Т
ОСМОТРА И ПРОВЕРКИ ОТКРЫТО ПРОЛОЖЕННЫХ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ
УСТРОЙСТВ

1. Прокладка заземляющих проводников выполнена в соответствии с проектом _____, разработанным

название

по чертежам

_____ проектная организация

_____ номер

2. Обрывов заземляющих проводников _____

обнаружено не обнаружено

3. Осмотр мест сварки показал _____

4. Осмотр болтовых соединений показал _____

указать наличие не-

_____ удовлетворительных контактов, а также наличие антикоррозионной

_____ защиты и отличительной окраски

5. Выявленные дефекты _____

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ _____

Оформляется подписями представителей заказчика, строительной организации и монтажной организации.

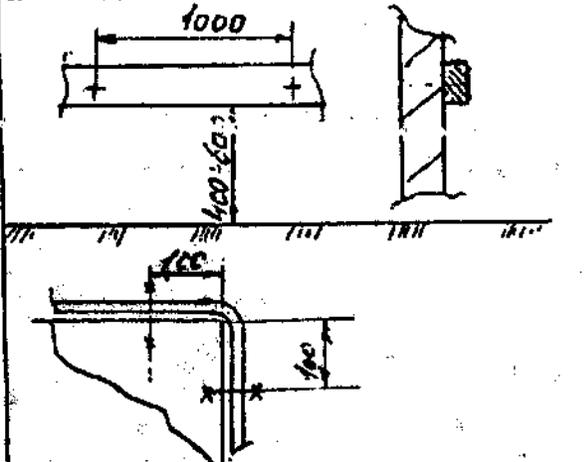
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

МОНТАЖ НУЛЕВЫХ (ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ) ПРОВОДНИКОВ ИЗ ПОЛОСОВОЙ СТАЛИ ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ ОСНОВАНИЯМ

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
005	1 2 3	<p>Подготовительная</p> <p>Уточнить место подключения нулевых защитных (заземляющих) проводников. Определять их необходимые длины</p> <p>Определить диаметр винта узла заземления оборудования</p> <p>Произвести разметку осей для крепления проводников, мест их крепления к металлоконструкциям, щитам, коробам, лоткам и т.д.</p>	<p>Рулетка металлическая</p> <p>Штангенциркуль</p> <p>Рулетка металлическая.</p> <p>Отвес, шнур</p>	<p>Мелок, синька</p>	<p>Выполнять по рабочим чертежам проекта</p> <p>Расстояние между точками крепления стальных проводников должно быть :</p> <p>на прямых участках-1000 мм;</p> <p>от мест ответвлений-100 мм;</p> <p>от вершин углов на поворотах -100 мм;</p> <p>от уровня пола помещения -400-600 мм</p>

Продолжение прилож.3

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
010	I	<p align="center">Слесарная</p> <p>Свердить в полосе отверстие под винт узла заземления</p>	<p>Сверлильный станок, перфоратор электрический ЦЭ-4713</p>		
	2	<p>Зачистить конец полосы до металлического блеска</p>	<p>Металлическая щетка</p>		
	3	<p>Покрыть защищенные места тонким слоем технического вазелина или консталина</p>		<p>Технический вазелин, смазка консталин</p>	
015	I	<p align="center">Монтажная</p> <p>Произвести крепление проводников из полосовой стали к поверхности основания (бетонного или кирпичного) пристрелкой</p>	<p>Монтажный пистолет ПЦ-84</p>	<p>Дюбель-гвоздь. Дюбель-винт. Патроны. Защитные очки, рукавицы</p>	

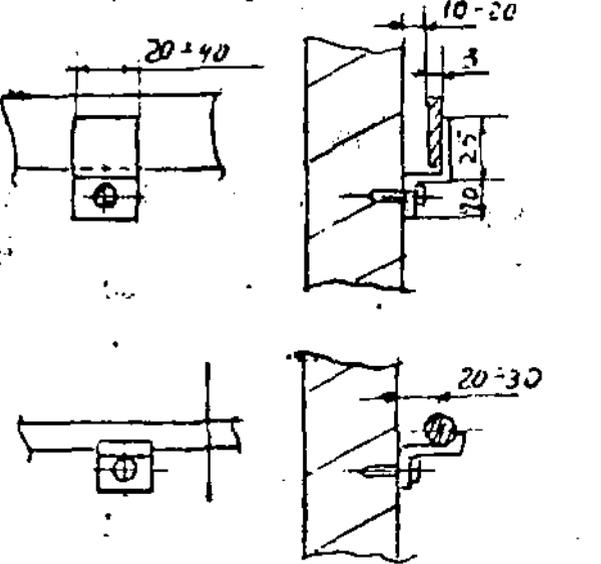
Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособление инструмент	Материалы	Дополнительные указания
	2	<p>Крепление стальных проводников по стене</p>  <p>Присоединить проводники к узлам заземления оборудования болтовым соединением</p>	<p>Ключ гаечный, отвертка</p>		<p>Под головку болта или винта устанавливают пружинную и плоскую шайбы. Затяжку болтов (винтов) производить до упора</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

МОНТАЖ НУЛЕВЫХ (ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ) ПРОВОДНИКОВ ИЗ СТАЛИ НА ОПОРАХ

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
005	1	Подготовительная Уточнить места подключения нулевых защитных (заземляющих) проводников			
	2	Произвести разметку мест установки опор для крепления проводников к опорам сваркой	Рулетка металлическая, отвес, шнур	Мелок, синька	Расстояние между опорами должно быть : на прямых участках - 1000 мм; от мест ответвлений и вершин углов на поворотах - - 100 мм; от уровня пола - 400-600 мм
	3	Изготовить опоры для крепления	Набор МИСМ-I Рамка ножовочная ручная, тиски, молоток	Сталь полосовая	Опоры изготавливают в МЭМ

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
010	4	Подготовить места подключения стальных проводников к узлам заземления			Повторить переходы 1,2,3 операции 010 Приложения 3. Если применяется проводник из круглой стали, то необходимо подготовить концы проводника к подключению
	5	<p style="text-align: center;">Монтажная.</p> Установить опоры на основаниях пристрелкой	Монтажный пистолет ПЦ-84	Любеля, патроны, защитные очки, рукавицы Рукавицы	
	6	Уложить зануляющие стальные проводники на опоры			
	7	Произвести крепление стальных проводников к опорам сваркой	Сварочный тр-р ТД-102-V2 Устройство "Разряд-250" Щиток защитный	Электроды	

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
		<p data-bbox="505 424 1106 503">Крепление стальных нулевых защитных проводников на опорах</p> <p data-bbox="505 519 1106 597">Опоры для крепления стальных нулевых защитных проводников</p>  <p data-bbox="505 1169 1106 1326"> а - для проводников прямоугольного сечения ; б - для проводников круглого сечения </p>			

Продолжение прилож.4

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
	8	Зачистить места сварки от окалины	Набор НИСМ-I (молоток), металлическая щетка		
	9	Проверить качество сварки			Визуально и постукиванием молотка по ст.проводнику в месте сварки. Контроль осуществлять в соответствии с ТИ на сварку и п.4.3 настоящей инструкции
	10	Произвести подкраску мест сварки	Кисть	Краски или эмали	
	11	Подсоединить зануляющие проводники к узлам заземления оборудования	Ключи гаечные, отвертка		Под головку болта (винта) установить пружинную и плоскую шайбы. Затяжку болтов (винтов) производить до упора

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПОДКЛЮЧЕНИЕ НУЛЕВЫХ ЗАЩИТНЫХ ПРОВОДНИКОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ НУЛЕВЫМИ
ЖИЛАМИ КАБЕЛЕЙ ИЛИ ПУЧКОВ ПРОВОДОВ.

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления	Материалы	Дополнительные указания
005	1	<p>Подготовительная</p> <p>Разделить концы кабелей и зачистить жилы и провода в пучках</p>	Пробник типа УП-7-1	Трубка ТВ-40	Диаметр трубки должен соответствовать диаметру жилы по изоляции
	2	Произвести отыскание защитной нулевой жилы кабеля или пучка проводов			
	3	Маркировать нулевую жилу кабеля или пучка проводов			

Продолжение прилож.б

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
ОЮ	I	<p style="text-align: center;">Сборочная</p> <p>Оконцевать защитную нулевую жилу наконечником или кольцом</p>	<p>Пресс-клещи типа "Донец", эл.паяльник ЭПСН, бокорезы</p>	<p>Наконечник кабельный медный, паста кварцевазелиновая. Шкурка шлифовальная, припой флюс</p>	<p>Наконечники опрессовывают с последующей пропайкой хвостовика. Контактную часть наконечника зачистить и покрыть тонким слоем защитной смазки. Кольцо из многопроволочных жил пропаять. Алюминиевые жилы опрессовывают. Концы алюминиевых жил после зачистки шкуркой покрыть пастой кварцевазелиновой. Допускается оконцовывать многопроволочную медную жилу шайбой-звездочкой</p>
	2	<p>Подключить оконцованную нулевую жилу к узлу заземления оборудования</p>	<p>Отвертка, ключ гаечный</p>		<p>Под головку болта (винта) установить пружинную и плоскую шайбы</p>

УСТРОЙСТВО ЗАЕМЛИТЕЛЕЙ

Номер операции	Номер пера-хода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
005	I	<p style="text-align: center;">Слесарная</p> <p>Нарезать стержни для заземлителей</p>	<p>Машина шлифовальная Ш-178-1, пила маятниковая ПМ-300/80</p>	<p>Угловая сталь 50x50x4, сталь круглая ϕ10-16 мм</p>	<p>Длина, сечение и марка металла выбирается согласно проекту</p>
010	I	<p style="text-align: center;">Сборочная</p> <p>Забить вертикально стержни в подготовленную траншею</p>	<p>Кувалда, электромолоток ИЭ-4213А</p>	<p>Сталь полосовая</p>	<p>Сварку производить по ТИ4.25290.11101. Технологическая инструкция на сварку конструкций из углеродистых сталей</p>
	2	<p>Приварить ко всем стержням стальную полосу или катанку</p>			

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
015	3	Приварить стальную полосу для ввода в здание к одному из стержней	Сварочный трансформатор ТД-102-У2 "Разряд-250"	Электроды, щиток защитный	Сварку производить по ТИ4.25290.11101 Технологическая инструкция на сварку конструкций из углеродистых сталей
	4	Покрыть места сварки битумным лаком	Кисть	Битумный лак	
	5	Нанести на стене здания опознавательные знаки ввода и заземлителя	Кисть	Масляная краска	
	6	Подключить путем сварки или болтового соединения проводники (полосы) ввода к внутреннему контуру заземления УЭК	Ключ гаечный. Сварочный трансформатор		
		Контрольная			
	I	Произвести необходимый контроль работ	Измеритель заземления, омметр		
	2	Составить акт на скрытые работы и протокол измерения растекания тока			

ЗАЗЕМЛЕНИЕ БРОНИ КАБЕЛЕЙ

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
005		Подготовительная			
	1	Разделать наружный покров кабеля и подготовить бронь кабеля к заземлению			Выполнять в соответствии с ТП4.01200.27000, МКО1200.27103 Оконцевание и подключение кабелей и проводов
	2	Лудить подготовленный участок брони	Электропаяльник 90 Вт	Флюс, припой, жир паяльный	Выполнять согласно ТИЗ.25280.1200. Пайка монтажных соединений проводов и кабелей
010	3	Лудить неоконцованный конец защитного проводника	То же		То же
		Сборочная			
	4	Уложить облуженный конец заземляющего проводника на облуженное место брони		Проводник заземляющий	

Продолжение прилож.7

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
	5	Закрепить уложенный проводник проволочным бандажом	Плоскогубцы универсальные	Проволока стальная оцинкованная ϕ 1 мм	
	6	Паять заземляющий проводник вместе с бандажом	Электропаяльник		Выполнять согласно ТИЗ.25280.1200 "Пайка монтажных соединений проводов и кабелей"
	7	Покрывать место пайки защитным покрытием	Кисть	Нитрозмаль НЦ-62, битумный лак	
	8	Присоединить заземляющий проводник к узлу заземления магистрали (контуру) или щита	Отвертка ключ гаечный		

ЗАЕМЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ТРУБ ПРИ ПОМОЩИ ФЛАЖКА

Номер операции	Номер пере-хода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
005		Подготовительная			
	1	Приварить флажок или болт М6	Сварочный тр-р ТД-102-У2 Устройство "Разряд-160"	Флажок, болт М6, электроды	Сварку производить по ТИА.25290.11101
	2	Зачистить сварной шов и флажок	Металлическая щетка		
010		Сборочная			
	1	Присоединить заземляющий проводник к флажку болтом М6 или к приваренному болту	Ключ гаечный	Болт М6 Проводник заземляющий П	
	2	Покрывать место присоединения тонким слоем смазки		Вазелин технический Смазка консталин	
	3	Присоединить заземляющий проводник к узлу заземления оборудования или щита	Ключ гаечный		

ЗАЗЕМЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РУКАВА

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
005	I	Подготовительная На металлорукаве сделать отметку для установки заземляющего проводника	Линейка измерительная	Мел	На расстоянии 80 мм от торца металлорукава или от упорного кольца, установленного на нем
	2	Зачистить и лудить металлорукав по поверхности на отмеченном расстоянии	Щетка металлическая, электропаяльник 90 Вт	Припой, флюс	Выполнять согласно ТИЗ.25280.1200 "Пайка монтажных соединений проводов и кабелей"
310	I	Сборочная Наложить на облуженное место заземляющий проводник и закрепить его проволочным бандажом	Плоскогубцы универсальные	Заземляющий проводник. Проволока стальная оцинкованная ϕ 1 мм	Бандаж из 3-5-ти витков

Продолжение прилож.9

Номер операции	Номер перехода	Операции и переходы	Оборудование приспособления инструмент	Материалы	Дополнительные указания
	2	Паять место соединения проводника с металлорукавом	Электропаяльник 90 Вт	Флюс, припой	Выполнять согласно ТИЗ.25280.1200 Пайка монтажных соединений"
	3	Паять бандаж по окружности металлорукава			То же
	4	Покрыть место пайки защитным покровом	Кисть	Нитроэмаль НЦ	
	5	Присоединить заземляющий проводник к болту заземления оборудования	Отвертка Ключ гаечный		Под головку болта установить пружинную или плоскую шайбы

ПРОТОКОЛ
ИСПЫТАНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

(объект)

I. Характеристика электроустановки _____

номинальное напряжение РУ кВ _____

По проекту	Режим нейтрали		
	Расчетный ток однофазного КЗ, кА	для рабочих мест	
для остальной территории			
Время отключения, КЗ, с	основной защитной		
	резервной защитной		
В период измерения	Расчетный ток однофазного КЗ, кА	для рабочих мест	
		для остальной территории	
	Время отключения, КЗ, с	основной защитной	
		резервной защитной	

Расчетные формулы :

2. Проверка состояния элементов заземляющих устройств

Заземление выполнено по проекту _____

Чертежи № _____

Отклонения от проекта: _____

Согласованы _____

Акт на скрытые работы _____

Осмотром мест подключения подлежащего заземлению электрооборудования, элементов наружной сети заземляющего устройства установлено, что _____

Продолжение протокола

3. Измерение напряжения прикосновения

Сопротивление потенциального электрода:

Ом (среднее)

Ом (при искусственном увлажнении)

Расчетная точка по проекту	Измерено сопротивление Р, Ом	Измерительный ток, А	Напряжение прикосновения			Заключение
			измеренное	расчетное	допустимое	

Состояние грунта при измерении _____

(влажный, сухой, мерзлый)

Погода при измерении _____

(сухо, дождь, снег, температура воздуха)

Измерительные приборы _____

4. Измерение сопротивления заземляющего устройства

Зависимость измеренного сопротивления от положения потенциального электрода	Относительное расстояние до потенциального электрода	Сопротивление, Ом
	0,2	
0,3		
0,4		
0,5		
0,6		
0,7		
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9	Метеорологические условия	

Расчетный потенциал на заземляющем устройстве _____

Сопротивление измерялось методом _____

прибором _____

Продолжение протокола

Схема контура заземления, места подключения измерительных приборов при измерении и размещение вспомогательных электродов (указать размеры контура, расстояние А до токового электрода и до потенциальных электродов)

Примечание _____

Заключение _____

Испытание _____

произвел (организация, должность)

подпись, фамилия, дата

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МОНТАЖА ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ
И СЕТИ ЗАМУЛЕНИЯ

Наименование	ГОСТ, ТУ	Техническая характеристика	Завод-изготовитель
Перфоратор электрический ИЭ-4713	ГОСТ 19475-80		Даугавпилский завод "Электроинструмент"
Молоток электрический ИЭ-4213А			То же
Машины шлифовальные электрические Ш-178-1			Завод "Эльпром" НРБ
Машина шлифовальная ИЭ-2009 электрическая			ПО "Электростройинструмент" г.Резекне
Пила маятниковая ПМ-300/80			Кропоткинский завод мон- тажных и специальных строительных приспособлений
Сварочный трансформатор ТД-102-У2	ТУ16-517.973-77		Завод электросварочного оборудования г.Сальяны
Устройство питания сварочной дуги "Разряд-160", "Разряд-250"	ТУ36-2250-79		Ростовский опытный завод
Пистолет монтажный поршневой ПЦ-84			Тульский оружейный завод
Комплект инструмента для забивания дбель-гвоздей в кирпичные и бетон- ные основания			Орловский завод монтажного оборудования и заготовок Главпромвентиляции

Наименование	ГОСТ, ТУ	Техническая характеристика	Завод-изготовитель
Набор инструмента для слесаря-монтажника НИСМ-I	ТУ36-2770-85		Экспериментальный завод "Монтажавтоматика" г. Люберцы
Пробник УП-7-I			Московский опытный завод электромонтажной техники
Щиток защитный	ГОСТ 12.4.023-76		
Щетка металлическая			
Кисти малярные	ГОСТ 10597-80		
Линейка измерительная 188	ГОСТ 427-75		Московский завод "Калибр"
Рулетка металлическая 10 м	ГОСТ 7502-80		То же
Рамка ножовочная ручная	ГОСТ 17270-71		
Паяльник электрический 90 Вт			
Электропаяльник ЭПСН-100	ГОСТ 7219-83		
Бокорезы кусачки (бокорезы)	ГОСТ 22308-77		Горьковский завод электро-монтажных инструментов
Отвертка	ГОСТ 17199-71		То же
Плоскогубцы универсальные	ТУ36-758-77		"

Продолжение прилож. II

Наименование	ГОСТ, ТУ	Техническая характеристика	Завод-изготовитель
Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние	ГОСТ 2839-80E	6x8; 8x10; 10x12; 12x14; 14x17	Кобринский инструментальный завод
Пресс-клещи типа "Донец"	ТУ5.986-5157-80		ПО им. Ленина г.Бельцы
Омметр М372	ТУ25.04-1106-75		Завод ЗИП г.Краснодар
Измеритель сопротивления заземления М416	ТУ25-04.3693-79		ПО "Мегомметр" г.Умань

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ МОНТАЖА СЕТИ ЗАНУЛЕНИЯ И
ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Наименование	ГОСТ, ТУ	Примечание
Сталь полосовая горячекатанная	ГОСТ 103-76 ^X	
Сталь круглая калиброванная (катанка)	ГОСТ 7417-75 ^X	
Сталь угловая	ГОСТ 8509-86	
Кабельные наконечники	ТУ5.986-5069-74	
Электроды для сварки Э42, Э55	ГОСТ 9466-75 ^X ГОСТ 9467-75 ^X	
Припой марок ПОССУ-30-05, ПОС-40, ПОС-61	ГОСТ 21931-76 ^X	
Припой марки А		
Проволока стальная оцинкованная ϕ 1-2,5 мм	ГОСТ 1526-81	
Дюбель-гвозди ДГПШ 3,6x30	ТУ14-4-794-77	
ДГПШ 4,5x30		
ДГПШ 4,5x40		
ДГПШ 4,5x60		
ДГПШ 4,5x80		
Дюбель винты ДВП М4x35	ТУ14-4-794-77	
ДВП М4x45		
ДВП М6x45		
ДВП М6x55		
Монтажные патроны шифров Д и К	ТУ3-795-74	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР. 6-е издание. Энергоатомиздат, 1986г. Москва.
2. ГОСТ 12.1-030-81. Стандарты безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
3. СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства.
4. СНиП 3.05.07-85. Системы автоматизации.
5. ВСН 205-84. Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Минэнерго СССР. Энергоатомиздат, 1986г.
7. Забокрицкий Е.И., Холодовский Б.А., Митченко А.И. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики. 3-е издание. Киев, Наукова Думка, 1985г.
8. Бургсдорф В.В., Якобе А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М., Энергоатомиздат, 1987г.
9. Гордон С.В. Монтаж заземляющих устройств. М., Энергоатомиздат, 1987г.
10. Карякин Р.Н., Солнцев В.И. Заземляющие устройства промышленных электроустановок. М., Энергоатомиздат, 1989г.
11. Коструба С.И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств. М., Энергоатомиздат, 1983г.
12. РМ4-185-80. Инструкция по монтажу защитных труб для электрических проводов систем автоматизации. М., ГПИ Проектмонтажавтоматика, 1980г.
13. РМ4-198-82. Инструкция по коцевым заделкам и соединениям кабелей и проводов в системах автоматизации. М., ГПИ Проектмонтажавтоматика, 1982г.
14. ТИ4.25088.17000. Монтаж систем автоматизации. Производство работ. Монтаж зануления и защитного заземления. Технологическая инструкция. М., ГПИ Проектмонтажавтоматика, 1991г.
15. ТИ4.25290.0000. Монтаж систем автоматизации. Производство работ. Рабочая дуговая сварка углеродистых сталей. Технологическая инструкция. М., ГПИ Проектмонтажавтоматика, 1987г.
16. ПЭП 23578. Заземление и зануление электроустановок промышленных предприятий. Технические решения.