

Б

Белорусский государственный энергетический
концерн «Белэнерго»

СМУ-7

ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 – 10 кВ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ
ПОДСТАНЦИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ

Пояснительная записка

Арх. № 15256 тм – 1!

Минск 1999

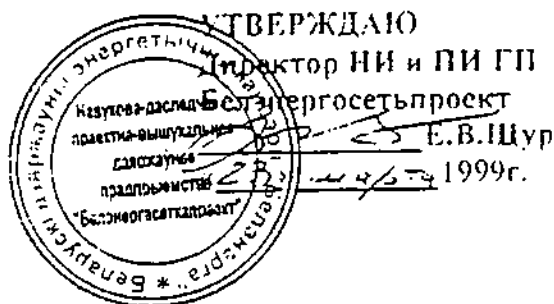
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-85), шестое издание М. "Атомиздат", 1985
2. СНиП 3.05.06-85 "Электротехнические устройства" М. 1986
3. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 3.407-150. Заземляющие устройства опор воздушных линий электропередачи напряжением 0,38, 6, 10, 20, 35 кВ. Минэнерго СССР, 1987.
4. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия 5.407-146 Узлы и детали соединений заземляющих проводников на опорах ВЛ 0,38-35 кВ. Выпуск 1. "Сельэнергопроект", 1992
5. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. ~~Серия 5.407-153~~ / Детали и узлы внутренних осветительных и силовых электропроводок производственных, административных, бытовых и жилых помещений в сельской местности. Выпуск 1. «Сельэнергопроект». 1992.
6. Справочник по выбору заземлителей в распределительных сетях 0,4-10 кВ Третья редакция. Белорусское отделение института "Энергосетьпроект". 1989. Арх. № 12760тм-т3.
7. Методика выбора рациональных конструкций заземлителей опор ВЛ 0,38-10 кВ и ТП 10/0,4 кВ на стадии строительства. Белорусское отделение института "Энергосетьпроект", 1983. Арх. № 12746тм-т1
8. Защита от перенапряжений и заземляющие устройства сельских электрических сетей напряжением 0,38 и 10 кВ Справочно - методическое пособие Белорусское отделение института "Энергосетьпроект", 1991
9. Правила устройства воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ с изолированными самонесущими проводами. «Белэнергопроект». 1995. Арх. №15191.
10. Разработка железобетонных опор ВЛ 0,38 кВ с изолированными проводами. М. "Сельэнергопроект", 1989. Арх. №9.0914
11. ГОСТ 10434-82. Соединения контактные электрические. Классификация Общие технические требования.
12. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

Белорусский государственный энергетический
концерн «Белэнерго»

Научно-исследовательское и проектно-изыскательское
государственное предприятие
«БЕЛЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

УДК 621.316.99
№ г.р.



Тема: Разработка принципов и новых технических решений
оптимального заземления конструкций в сетях 0,4-10 кВ

ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38-10 кВ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ
ПОДСТАНЦИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ

Пояснительная записка

Арх. № 15256 тм-т1

Главный инженер
Главный специалист
Руководитель работы

Л.С.Горошко
Е.П.Гончарик
В.С.Хаецкая

Минск 1999

Белэнерго научно-исследовательское и проектно-изыскательское предприятие	АРХІЎ ТМ Шыфр _____
---	------------------------

В работе 15256тм-т1 допущены следующие опечатки и пропуски:

1) п.2.1.5. в конце дополнить:

Установка ОПН (разрядников) обязательна, если ВЛ в грозовой сезон длительно находится в отключенном состоянии (работает в режиме резервного питания) или выполнена на изоляторах класса 20 кВ, независимо от режима работы линии. Класс напряжения ОПН (разрядника) – 10 кВ (п.4.2.147 ПУО-85)

Если линия постоянно работает в режиме нагрузки и имеет на подходе к подстанции длиной 200-300 м изоляцию класса 10 кВ, то ОПН (разрядник) на ВЛ допускается не устанавливать, так как в этом случае для целей грозозащиты подстанции достаточно ОПН (разрядника), установленного на шинах.

2)Рис.2.1. На разъединителях с двумя заземляющими ножами, при замкнутой силовой цепи, заземляющие ножи должны быть показаны в отключенном положении.

3)п.2.2.1. В конце первого абзаца слова «подставная опора не заземляется (13 на рис.2.2.)» заменить словами «подставную опору заземлять не требуется (13 на рис.2.2.)»

4)Рис.3.5. В подписи рисунка в скобках пропущено ρ , следует читать $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

5)Рис.5.1, позиция 1. Исключить «М6».

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	6
1. Основные определения.	7
2. Назначение заземлений с сетей 0,38-10 кВ.	10
2.1. Защита от грозовых перенапряжений и нормируемые сопротивления заземляющих устройств железобетонных опор ВЛ 10 кВ.	10
2.2. Заземление, защита от грозовых перенапряжений и нормируемые сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 0,38 кВ.	15
2.3. Заземление, защита от грозовых перенапряжений и нормируемые сопротивления заземляющих устройств трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ (КТП, МТП, ЗТП).	19
2.4. Заземление и защита от грозовых перенапряжений воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ, выполненных самонесущими изолированными проводами (ВЛИ).	20
2.5. Заземление кабельных линий электропередачи напряжением 0,38 и 10 кВ.	20
2.6. Заземление генераторов дизельных, ветряных и т.п. электростанций с линейным напряжением 0,38 кВ.	22
3. Рациональные конфигурации заземлителей опор линий 0,38 и 10 кВ, трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ.	23
4. Расчет и выбор заземлителей опор линий 0,38 и 10 кВ, трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ.	35
4.1. Расчет заземлителей опор и трансформаторных подстанций.	35
4.2. ВЛ 10 кВ, на которых выполнение искусственных заземлителей не обязательно.	45
4.3. Значения удельных сопротивлений грунтов для различных регионов Республики Беларусь.	46
4.4. Расход металла на заземлитель.	47

5.	Конструктивное выполнение заземлений.	51
5.1.	Элементы ВЛ 0,38 и 10 кВ подлежащие заземлению (занулению).	51
5.2.	Требования к конструктивному выполнению заземлений.	51
5.3.	Общие требования к сварным и болтовым соединениям.	58
6.	Измерение сопротивлений заземляющих устройств (заземлителей).	69
6.1.	Схемы и порядок измерения сопротивления заземляющих устройств.	69
6.2.	Приборы для измерения сопротивления заземляющих устройств.	71
6.3.	Приборы снятые с производства.	71
	Список использованных источников.	73
	Принятые сокращения.	75

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа содержит основные требования к заземлениям в наружных сетях 0,38 – 10 кВ и предназначена для пользования при проектировании, строительстве, ремонте и приемке в эксплуатацию заземляющих устройств на воздушных и кабельных линиях электропередачи напряжением 0,38 – 10 кВ, а также на трансформаторных подстанциях напряжением 10/0,4 кВ.

Работа выполнена научно – исследовательским и проектно – изыскательским государственным предприятием «Белэнергосетьпроект» по заданию Белорусского государственного энергетического концерна «Белэнерго» и состоит из двух частей: «Пояснительная записка»

(арх. № 15256 тм-т1) и «Альбом чертежей» (арх. № 15256 тм-т2). В пояснительной записке систематизированы нормы и требования к выполнению заземлений в наружных сетях 0,38 – 10 кВ, в том числе к выполнению заземлений линий 0,38 кВ с изолированными самонесущими проводами. В качестве справочных данных в табличной форме приведены зависимости размеров заземлителя, обеспечивающего нормируемое сопротивление, при заданном удельном сопротивлении земли.

Изложены основные требования к конструктивному выполнению заземлений.

На основании требований, изложенных в «Пояснительной записке» (арх. № 15256 тм-т1), в «Альбоме чертежей» (арх. № 15256 тм-т2) приведены чертежи заземлений опор и оборудования на линиях напряжением 0,38 – 10 кВ и трансформаторных подстанциях напряжением 10/0,4 кВ.

С введением в действие настоящей работы утрачивают силу: Справочник по выбору заземлителей в распределительных сетях 0,4 – 10 кВ. Третья редакция. Белэнергосетьпроект, 1989, арх. № 12760 тм-т3; Защита от перенапряжений и заземляющие устройства сельских электрических сетей напряжением 0,38 – 10 кВ. Справочно – методическое пособие. Белэнергосетьпроект, 1991; Нормы проектирования электрических сетей напряжением 0,38 – 10 кВ сельскохозяйственного назначения (НПС – 0,38-10), Мн., 1994г. только в части, касающейся заземлений.

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

Заземлением какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством.

Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

Занулением в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью трансформатора.

Замыканием на землю называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей.

Замыканием на корпус называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, нормально не находящимися под напряжением.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называется проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Искусственным заземлителем называется заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Естественным заземлителем называются находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.

Магистралью заземления или зануления называется соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями.

Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем.

Нулевым защитным проводником в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ называется проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора.

Нулевым рабочим проводником в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ называется проводник, используемый для питания электроприемников, соединенный с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора.

В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника.

Зоной растекания называется область земли, в пределах которой возникает заметный градиент потенциала при стекании тока с заземлителя.

Зоной нулевого потенциала называется зона земли за пределами зоны растекания.

Напряжением на заземляющем устройстве называется напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала.

Током замыкания на землю называется ток, стекающий в землю через место замыкания.

Сопротивлением заземляющего устройства называется отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

Эквивалентным удельным сопротивлением земли с неоднородной структурой называется такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин "удельное сопротивление", применяемый в настоящей работе для земли с неоднородной структурой, следует понимать как "эквивалентное удельное сопротивление".

Подстанцией называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

Воздушной линией электропередачи называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях.

Воздушной линией электропередачи напряжением 0,38/0,22 кВ с самонесущими изолированными проводами (ВЛИ) называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по самонесущим изолированным проводам, расположенным на открытом воздухе, прикрепленным при помощи арматуры к опорам, стенам зданий и сооружений.

От ответвлением от ВЛ 0,38 кВ к вводу называется участок проводов (линии) от опоры ВЛ до ввода.

Вводом от воздушной линии электропередачи 0,38 кВ называется электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства.

Кабельной линией называется линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

Населенной местностью называются земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов, дачно-садоводческие товарищества при наличии в их черте садово-дачных построек.

Ненаселенной местностью называются земли единого государственного земельного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности. К ненаселенной местности относятся незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, сельскохозяйственные угодья, огороды, сады, местности с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями.

Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий, 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.

2. НАЗНАЧЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЙ В СЕТЯХ 0,38-10 кВ

Основное назначение заземления (зануления в сетях 0,38кВ) - защита людей и животных от поражения электрическим током при повреждении изоляции и защита электрооборудования, электроустановок, зданий и сооружений от грозовых (атмосферных) перенапряжений. Надежность выполнения этих функций обеспечивается соблюдением нормированных значений сопротивления заземляющих устройств опор, трансформаторных подстанций, оборудования и аппаратов, а также местом установки заземлений в сетях 10 и 0,38 кВ.

Для заземления вышеуказанных электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители (металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, подземные части железобетонных опор ВЛ, водопроводные металлические трубопроводы, нулевые провода ВЛ 0,38 кВ с повторными заземлителями при количестве ВЛ не менее двух, обсадные трубы скважин и т.п.). Если при этом сопротивление заземляющих устройств имеет допустимые значения, то искусственные заземлители применяются лишь при необходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям или стекающих с них (п.1.7.35, 1.7.63, 1.7.7., 1.7.73 ПУЭ – 85).

2.1. Защита от грозовых перенапряжений и нормируемые сопротивления заземляющих устройств железобетонных опор ВЛ 10 кВ.

Все требования по заземлению железобетонных опор в равной мере относятся и к металлическим опорам.

2.1.1. Железобетонные опоры, устанавливаемые в населенной местности, должны быть заземлены. Сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ должно быть не более, указанных в таблице 2.1. Сопротивление должно измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений (наибольшее просыхание почвы) в летнее время (п.п.2.5.75, 2.5.76 ПУЭ-85).

Таблица 2.1.

(табл.2.5.22 ПУЭ-85)

Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ 10 кВ, устанавливаемых:

в населенной местности,

на подходах к трансформаторным подстанциям (питающим, КТП, МТП, ЗТП)

на переходах (опоры ограничивающие пролет пересечения)

Табл. 2.1

Удельное эквивалентное сопротивление земли ρ , Ом·м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства в летнее время (грозового периода), Ом
До 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

2.1.2. Железобетонные опоры, устанавливаемые в ненаселенной местности, в соответствии с п.п.2.5.75 и 2.5.76 ПУЭ-85 должны быть заземлены. Сопротивление заземляющего устройства в летнее время должно быть не более 30 Ом при ρ до 100 Ом·м и не более $0,3 \rho$ Ом при ρ выше 100 Ом·м.

Однако, в соответствии с письмом "Главэлектросети" Минэнерго СССР от 30.07.90 №66-04-2 "О сроке действия решений Главтехуправления" продлены решения Главтехуправления от 24.02.75 №8-8/6 и от 17.05.79 №8-6/15 об отказе от нормирования сопротивления заземления опор в ненаселенной местности. Согласно указанных решений железобетонные опоры на стойках, имеющих заземляющие выпуски и «непробиваемые» изоляторы в ненаселенной местности допускается не заземлять (см. п.4.2 настоящей работы).

2.1.3. В случае присоединения ВЛ 10 кВ к подстанции при помощи кабельной вставки (кабельный ввод, кабельный выход) для защиты кабеля в месте присоединения кабеля к ВЛ устанавливается комплект ОПН или вентильных

разрядников. Сопротивление заземляющего устройства ОПН (разрядников) в летнее время при ρ до 1000 Ом·м должно быть не более 10 Ом, а при более высоком удельном сопротивлении земли не более 15 Ом (п.п. 4.2.156, 4.2.157 ПУЭ-85).

2.1.4. Подходы ВЛ 10 кВ к трансформаторным подстанциям (питающим, КТП, МТП, ЗТП) специальных защитных мер (подвеска грозозащитного троса, установка разрядников или искровых промежутков) не требуют. Опоры на подходах к трансформаторным подстанциям заземляются в соответствии с требованиями п.2.1.5 (п.4.2.156 ПУЭ-85).

2.1.5. На подходах ВЛ 10 кВ к трансформаторным подстанциям (питающим, КТП, МТП, ЗТП) железобетонные опоры на протяжении 200-300 м подхода к подстанции, как правило 3 – 4 опоры, должны быть заземлены с сопротивлением в летнее время не более приведенных в таблице 2.1.

Для грозозащиты распределительных устройств (РУ) подстанций с масляными, вакуумными или элегазовыми выключателями на концевой опоре ВЛ 10 кВ или на вводе подстанций до линейного выключателя устанавливается комплект ОПН или вентильных разрядников. Расстояние от ОПН (разрядников) до отключенного выключателя должно быть не более 15 м. Разрядники присоединяются к заземляющему устройству подстанции и этим обеспечивается нормируемая величина сопротивления их заземления (п.п. 4.2.156, 4.2.157, 1.7.57 ПУЭ-85, [22]).

2.1.6. Вокруг опор, на которых установлены высоковольтные разъединители, на глубине 0,5 м должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), к которому подсоединяется заземляемое оборудование. Контур прокладывается на расстоянии 0,8 - 1,0 м от опоры так, чтобы ноги оператора при работе его с приводом находились над заземлителем. Сопротивление заземляющего устройства в любое время года не должно превышать 10 Ом в земле с ρ до 500 Ом·м и 0,02 ρ , но не более 100 Ом в земле с удельным сопротивлением выше 500 Ом·м (п.п. 1.7.59, 1.7.69 ПУЭ-85).

2.1.7. На железобетонных переходных опорах ВЛ 10 кВ, устанавливаемых на переходах через линии связи (ЛС), линии радиотрансляционной сети (РС), контактную сеть, при пересечении ВЛ между собой и с ВЛ более низких напряжений в соответствии с п.п. 2.5.123, 2.5.133, 2.5.141 ПУЭ-85 специальных мер защиты (разрядников, искровых промежутков, подвеска грозозащитного троса) не требуется.

Опоры, ограничивающие пролет пересечения, заземляются. Сопротивление заземляющего устройства в летнее время должно удовлетворять требованиям таблицы 2.1.

В соответствии с решением НТС «Сельэнергопроект» от 29.11.90г. (РУМ №12,1990) рекомендуется также заземлять опоры ограничивающие пролет пересечения с автомобильными дорогами.

Использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор и железобетонных пасынков у опор, ограничивающих пролет пересечения ВЛ 10 кВ с железными дорогами, запрещается (п.2.5.143 ПУЭ-85). В этом случае всегда следует предусматривать устройство искусственного заземлителя.

2.1.8. Кабельные вставки в ВЛ 10 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены от грозových перенапряжений ОПН или вентильными разрядниками по обоим концам кабеля. Сопротивление заземляющего устройства разрядников в летнее время при ρ до 1000 Ом·м должно быть не более 10 Ом, а при более высоком удельном сопротивлении земли не более 15 Ом. (п.п.2.5.70, 4.2.156, 4.2.157 ПУЭ-85).

2.1.9. На ВЛ 10 кВ с железобетонными опорами допускается не устанавливать ОПН (разрядники) для защиты разъединителей, имеющих изоляцию того же класса напряжения, что и ВЛ (4.2.160 ПУЭ-85). Если линейная изоляция ВЛ 10 кВ более высокого класса напряжения чем разъединителей, необходимость защиты разъединителей вентильными разрядниками (ОПН) обосновывается технико-экономическим расчетом.

2.1.10. Поясняющая схема выполнения грозозащиты на ВЛ 10 кВ приведена на рис.2.1.

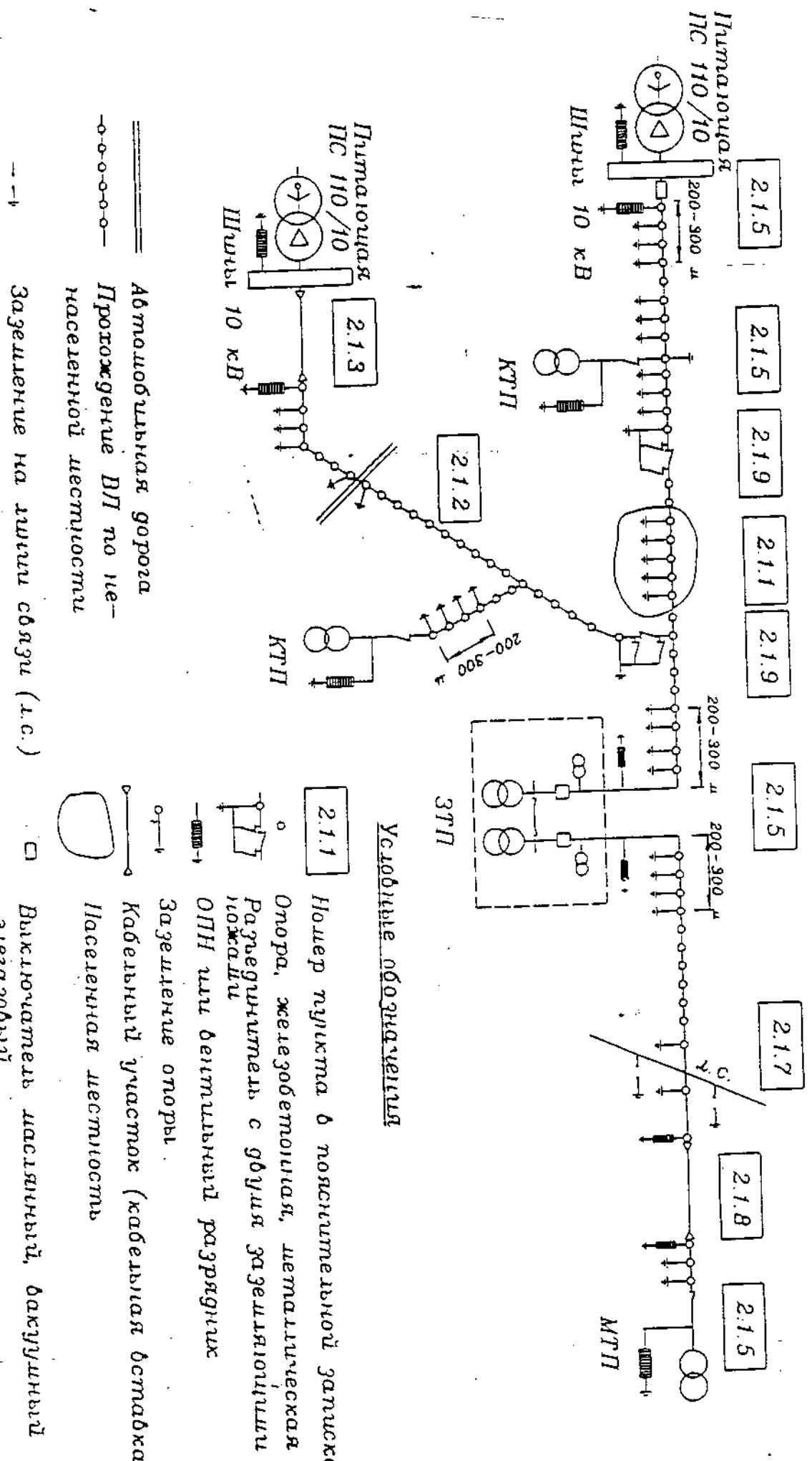


Рис. 2.1 Поясняющая схема выполнения грозозащиты на ВЛ 10 кВ.

2.2.Заземления,защита от грозовых перенапряжений и нормируемые сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 0,38 кВ.

2.2.1.Повторные заземления нулевого провода выполняются на концах ВЛ (или ответвлений от них) длиной более 200 м (1,2 на рис.2.2), а также на вводах от ВЛ к электроустановкам, которые подлежат занулению (3 на рис.2.2.) (п.1.7.63 ПУЭ - 85). Если на конечных опорах ВЛ или ответвлениях от них длиной более 200 м ответвления от ВЛ к вводам осуществляется с установкой подставной опоры, повторное заземление нулевого провода выполняется на конечной опоре ВЛ, подставная опора не заземляется (13 на рис. 2.2.).

Сопротивление повторного заземления нулевого провода зависит от удельного сопротивления земли и от количества повторных заземлений на линии.

В земле с удельным сопротивлением до 100 Ом·м при одном повторном заземлении на линии его сопротивление должно быть в любое время года не более 10 Ом, при двух - не более 20 Ом и при трех и более - 30 Ом (п.1.7.64 ПУЭ-85).

При ρ более 100 Ом·м можно увеличивать их сопротивление в 0,01 ρ раз, но не более десятикратного (п.1.7.64 ПУЭ-85).

Учитывая, что повторные заземления используются одновременно и как грозозащитные, их сопротивление в летнее время (грозовой период) должно быть не более 30 Ом.

Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных и грозозащитных) всех повторных заземлений нулевого рабочего провода ВЛ 0,38 кВ (всей ВЛ) в любое время года должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 100 Ом·м. При ρ более 100 Ом·м допускается увеличить нормируемое сопротивление в 0,01 ρ раз, но не более чем до 100 Ом (п.1.7.64 ПУЭ-85)

Требования, предъявляемые к сопротивлению повторных заземлений, сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2.

Предельно допустимое сопротивление $R_{\text{доп}}$ повторных заземлений нулевого провода совмещенных с грозозащитными заземлениями, Ом

Количество повторных заземлений на ВЛ 0,38кВ	$R_{\text{доп}}$ одного заземлителя		$R_{\text{доп}}$ всей ВЛ		Время года, когда должно обеспечиваться указанное сопротивление
	для $\rho \leq 100$ Ом•м	для $\rho > 100$ Ом•м	для $\rho \leq 100$ Ом•м	для $\rho > 100$ Ом•м	
1	10 10	$0,1 \rho \leq 30$ $0,1 \rho \leq 100$	10 10	$0,1 \rho \leq 30$ $0,1 \rho \leq 100$	летом зимой
2	20 20	$0,2 \rho \leq 30$ $0,2 \rho \leq 200$	10 10	$0,1 \rho \leq 30$ $0,1 \rho \leq 100$	летом зимой
3 и более	30 30	30 $0,3 \rho \leq 300$	10 10	$0,1 \rho \leq 30$ $0,1 \rho \leq 100$	летом зимой

2.2.2. Грозозащитные заземления на ВЛ 0,38 кВ согласно п.2.4.26

ПУЭ-85 должны выполняться в населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой, если ВЛ не экранированы промышленными дымовыми и другими трубами, высокими деревьями, зданиями и т.п., с расстоянием между ними для условий Р.Б. (число грозových часов в году более 40) через 100 м. Однако, с разрешения Главтехуправления Минэнерго СССР (письмо от 21.04.76 №8-8/15) грозозащитные заземления выполняются через 120 м, практически через две опоры на третьей (4 на рис.2.2.)

Кроме того грозозащитные заземления должны выполняться на опорах с ответвлениями к вводам в помещения, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы и т.п.) или представляющие большую хозяйственную ценность (животноводческие помещения, мастерские, помещения с дорогостоящим электрооборудованием и т.п.) (5 на рис.2.2);

на конечных опорах линий, имеющих ответвления к вводам (6 на рис.2.2);

не более чем за 50 м от конечной опоры линии с ответвлением к вводу, как правило, предпоследняя опора (7 на рис.2.2);

на опорах в створе пересечения с ВЛ напряжением выше 1 кВ (8 на рис.2.2), а также на опорах их совместной подвески. (п.2.4.43 ПУЭ-85).

Сопротивление грозозащитных заземляющих устройств должно быть не более 30 Ом в летнее время (грозовой период) (п.2.4.43 ПУЭ-85).

Допускается не выполнять грозозащитное заземление на подставной опоре с ответвлением к вводу, если расстояние от этой опоры до ближайшего заземления не превышает 40 м (10 на рис.2.2), если превышает, устраивается заземление на ближайшей к вводу подставной опоре (11 на рис.2.2).

2.2.3. Кабельные вставки в ВЛ 0,38 кВ, если ВЛ не экранированы высокими зданиями, деревьями и т.п. и могут поражаться молнией, защищаются с обеих сторон устройством грозозащитных заземлений на опорах перехода ВЛ в кабель (9 на рис.2.2).

Кабельные вводы в ТП, в помещения, в которых может быть сосредоточено большое количество людей или животных, а также представляющие большую хозяйственную ценность, защищаются устройством грозозащитного заземления на опорах перехода ВЛ в кабель (12 на рис.2.2). При этом на стороне низшего напряжения трансформатора должен быть установлен ОПН (вентильный разрядник). При его отсутствии ОПН (вентильный разрядник) устанавливается в месте перехода ВЛ в кабель.

Сопротивление заземлений не должно превышать 30 Ом в летнее время.

2.2.4. На железобетонных и деревянных опорах ВЛ 0,38 кВ, имеющих заземляющее устройство (грозозащитное или повторное заземление), корпуса светильников уличного освещения, ящиков, щитков, арматура опор, крюки и штыри фазных проводов, установленных на опоре, тросы, на которых укреплены кабели и провода без заземленных или зануленных металлических оболочек и брони, должны быть занулены и заземлены (п.п.1.7.33, 1.7.46, 2.4.25 ПУЭ-85)

На опорах, не имеющих заземляющих устройств, указанные металлические конструкции подлежат занулению, т.е. должны быть присоединены к нулевому рабочему проводу ВЛ 0,38 кВ, исключая крюки, штыри и светильники уличного освещения, установленные на деревянных опорах, которые не подлежат занулению (п.п.1.7.39, 1.7.46, 1.7.48, 2.4.26, 6.1.25 ПУЭ - 85).

2.2.5. Поясняющая схема выполнения заземлений опор ВЛ 0,38 кВ приведена на рис.2.2.

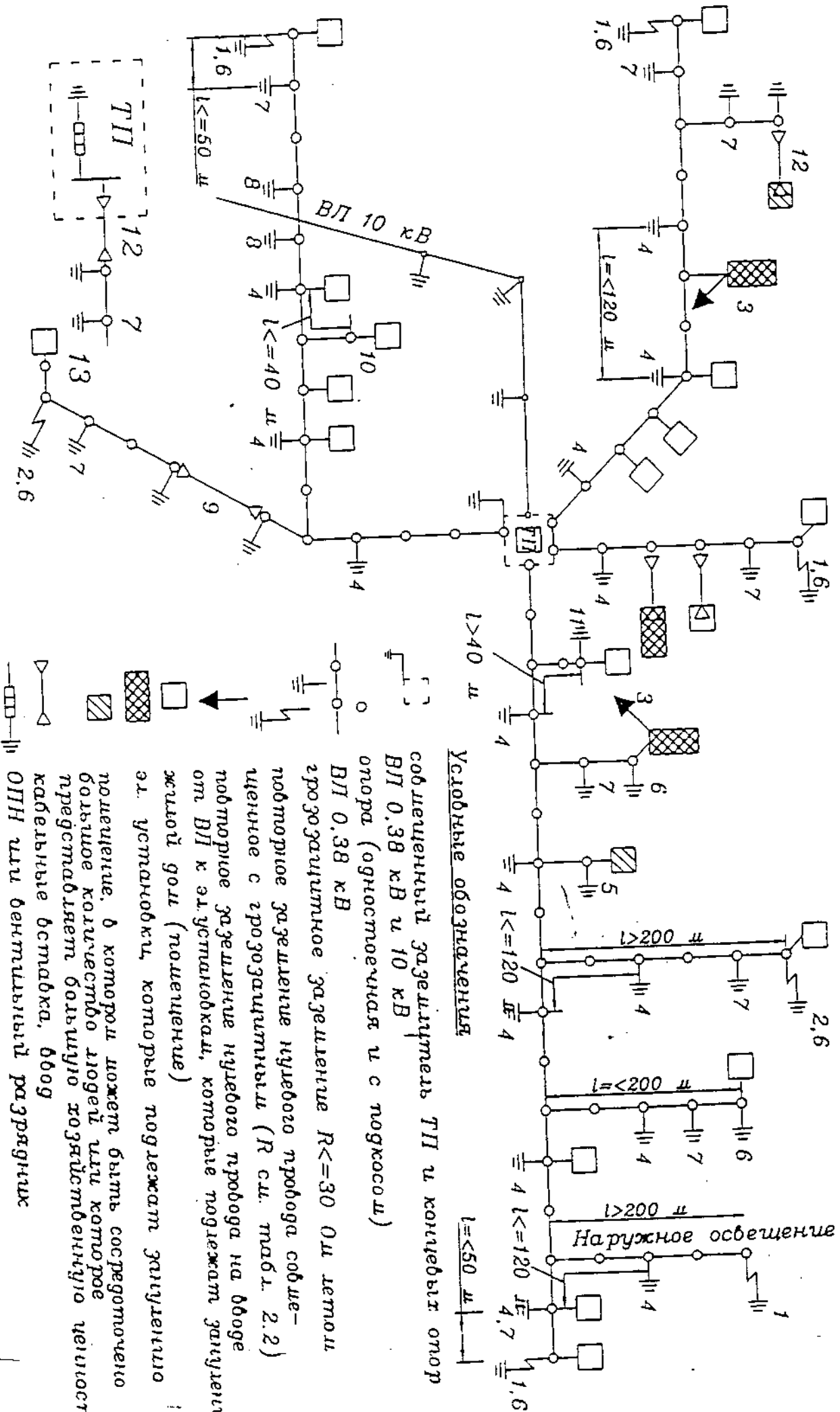


Рис. 2.2. Поясняющая схема выполненных опор ВЛ 0,38 кВ

2.3. Заземление, защита от грозовых перенапряжений и нормируемые сопротивления заземляющих устройств трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ (КТП, МТП, ЗТП)

2.3.1. Сопротивление заземляющего устройства трансформаторной подстанции (ТП) напряжением 10/0,4 кВ в земле с удельным сопротивлением до 100 Ом·м в любое время года должно быть не более 4 Ом. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ 0,38 кВ при количестве отходящих линий не менее двух.

При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали трансформатора, должно быть не более 30 Ом.

При ρ более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные выше нормы в 0,01 ρ раз, но не более десятикратного (п.1.7.62 ПУЭ-85), а согласно п.1.7.57 ПУЭ 85 сопротивление заземляющего устройства ТП с учетом естественных заземлителей не должно превышать 10 Ом. Следовательно, для земли

с $\rho > 100$ Ом·м допустимое сопротивление $R_{\text{доп}}$ заземляющего устройства ТП в любое время года составит

$$R_{\text{доп}} = 0,01 \rho \cdot 4, \text{ но не более } 10 \text{ Ом}, \quad (1)$$

а сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали трансформатора

$$R_{\text{доп}} = 0,01 \rho \cdot 30 \leq 300 \text{ Ом} \quad (2)$$

Проверка сопротивления заземляющего устройства ТП по условию (п.1.7.57 ПУЭ-85):

125

$$R_{\text{доп}} = \frac{125}{I}, \text{ но не более } 10 \text{ Ом},$$

I

при максимально допустимом расчетном токе замыкания на землю в сети 10 кВ $I = 10 \text{ А}$, показывает, что при выборе сопротивления заземляющего устройства трансформаторных подстанций, сооружаемого в земле с удельным сопротивлением свыше 100 Ом·м, следует руководствоваться условием (1), а при выборе сопротивления заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали трансформатора – условием (2). В сети 10 кВ, имеющей

железобетонные и металлические опоры, ток замыкания на землю не должен превышать 10А, в противном случае применяется его компенсация (п.1.2.16 ПУЭ - 85).

2.3.2.Защита от грозовых перенапряжений оборудования трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ должна выполняться ОПН или вентильными разрядниками, устанавливаемыми со стороны 10 кВ и со стороны 0,4 кВ подстанции (п.4.2.156 ПУЭ-85).

Разрядники заземляются на заземляющее устройство ТП и этим обеспечивается их нормируемое сопротивление.

2.4.Заземление и защита от грозовых перенапряжений воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ, выполненных самонесущим изолированным проводом (ВЛИ).

В работе [19] показано, что все требования к выполнению повторного заземления нулевого провода и грозозащитного заземления предъявляемые к ВЛ 0,38 кВ в полной мере относятся к ВЛИ 0,38 кВ. Поэтому, при выборе величины нормируемых сопротивлений и мест их расположения на ВЛИ следует руководствоваться указаниями раздела 2.2 настоящей работы

Дополнительно к требованиям раздела 2.2, учитывая что расстояния в пролете пересечения между проводами ВЛИ и проводами ЛС и ПВ значительно меньше, чем для обычных ВЛ, опоры ВЛИ и опоры ЛС (ПВ) ограничивающие пролет пересечения заземляются, если расстояние между пересекающимися проводами в свету менее 0,25 м. Сопротивление грозозащитного заземления не должно превышать 30 Ом в грозовой период.

2.5.Заземление кабельных линий электропередачи напряжением 0,38 и 10 кВ.

2.5.1.Кабели с металлическими оболочками (экраном) или броней, кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, металлические соединительные и концевые муфты должны быть заземлены или занулены (п.2.3.71, 1.7.46 ПУЭ – 85).

2.5.2.Заземление кабеля напряжением 10 кВ осуществляется путем присоединения его оболочки (экрана) и брони по концам кабеля к заземляющему устройству электроустановок, к которым подключен этот кабель. Оболочка и броня соединяются гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых,

соединительных) и подсоединяются к заземлителю (магистральной заземления). На кабелях с алюминиевой оболочкой заземление оболочки и брони выполняется отдельными проводниками (п.2.3.72 ПУЭ-85).

Сечение заземляющих проводников указано в таблице 5.2.

2.5.3. Металлические соединительные муфты заземляются путем присоединения к броне и металлическим оболочкам (экранам) пайкой или болтовым соединением (п.1.7.74 ПУЭ – 85).

2.5.4. При переходе кабельной линии 10 кВ в воздушную или применении кабельных вставок на ВЛ 10 кВ заземление кабельных муфт выполняется в соответствии с требованиями, указанными в п.п.2.1.3, 2.1.8, 5.2.11 и 5.2.12 настоящей работы.

2.5.5. Электроприемники, запитанные кабельными линиями напряжением 0,38 кВ от электроустановок с глухозаземленной нейтралью, должны быть занулены. Заземление корпусов электроприемников без их зануления не допускается. Применение повторного заземления нулевой жилы кабеля не требуется (п.1.7.39 ПУЭ-85).

2.5.6. При переходе воздушной линии 0,38 кВ в кабельную и наоборот их заземления выполняются в соответствии с п.2.2.3 настоящей работы.

2.5.7. Заземление ящиков и других устройств, в которых производится соединение и разделка кабелей 0,38 кВ, производится в соответствии с п.2.2.4 настоящей работы.

2.5.8. При выводе фаз от трансформатора на шит распределительного устройства 0,4 кВ кабелем допускается использовать алюминиевую оболочку кабеля в качестве нулевого рабочего проводника вместо четвертой жилы. Проводимость оболочки кабеля должна быть не менее 100 % проводимости вывода фаз (п.1.7.61 ПУЭ-85).

2.6.Заземление генераторов дизельных, ветряных и т.п. электростанций с линейным напряжением 0,38 кВ

2.6.1.Сопrotивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов с линейным напряжением 0,38 кВ дизельных, ветряных и т.п. электростанций, и выдающих электроэнергию в сеть на напряжении 0,38 кВ, должно быть не более 4 Ом в любое время года. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ 0,38 кВ при количестве отходящих линий не менее двух. При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора должно быть не более 30 Ом.

При удельном сопротивлении земли ρ более 100 Ом·м допускается увеличить указанные выше нормы в 0,01 ρ раз, но не более десятикратного (п.1.7.62 ПУЭ-85).

2.6.2.Сопrotивление заземляющих устройств, к которому присоединены нейтрали генераторов с линейным напряжением 0,38 кВ и выдающих электроэнергию в сеть через повышающий трансформатор 10/0,4 кВ, заземляются с учетом требований, предъявляемых к трансформаторным подстанциям (п.2.3 настоящей работы). При этом будет удовлетворено требование п.2.6.1.

3. РАЦИОНАЛЬНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ ОПОР ВЛ 0,38 кВ и 10 кВ. ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ

3.1. С целью унификации и технологичности выполнения заземлителей опор ВЛ 0,38 и 10 кВ, а также трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ в качестве основного (базового) элемента, из которых сооружается заземлитель опор и трансформаторных подстанций (ТП), принят базовый элемент, состоящий из горизонтального заземлителя с вертикальным заземлителем (электродом) на конце (рис 3.1.). Длина горизонтального и вертикального заземлителей принята одинаковой, что обеспечивает достаточно эффективное стекание тока (импульсного и промышленной частоты) с таких элементов при минимуме расхода металла. Исходя из возможности строительных организаций простыми приемами погружать вертикальные электроды и глубины промерзания земли зимой и высыхания летом на территории Республики Беларусь приняты два вида базового элемента. Базовый элемент изготавливается из круглой стали диаметром 10 мм с длиной горизонтального и вертикального заземлителя по 2,5 или по 5 м соответственно.

Для увеличения жесткости при погружении допускается применять вертикальные электроды диаметром 12 мм.

3.2. Диаметр стержней практически не влияет на величину сопротивления растеканию и выбран в соответствии с требованиями ПУЭ по механической прочности и коррозионной стойкости. Для подавляющего большинства регионов Р.Б. (исключая агрессивные грунты) срок службы такого заземлителя составляет 50 лет. Наиболее ослабленным местом является переход "воздух-земля", где и следует контролировать степень коррозии заземлителя. Контроль производится путем раскопки на глубину 0,3 м.

3.3. Наиболее рациональное расположение заземлителей, формируемых из базовых элементов, обладающих наименьшим сопротивлением растеканию при минимуме расхода стали на их выполнение, для опор ВЛ 0,38 и 10 кВ указан на рис.3.2, а схема соединения с заземляющим проводником (спуском, выпуском) на рис.3.3. В стесненных условиях, например, на перекрестке улиц, допускаются двух и трехлучевая схема с расположением

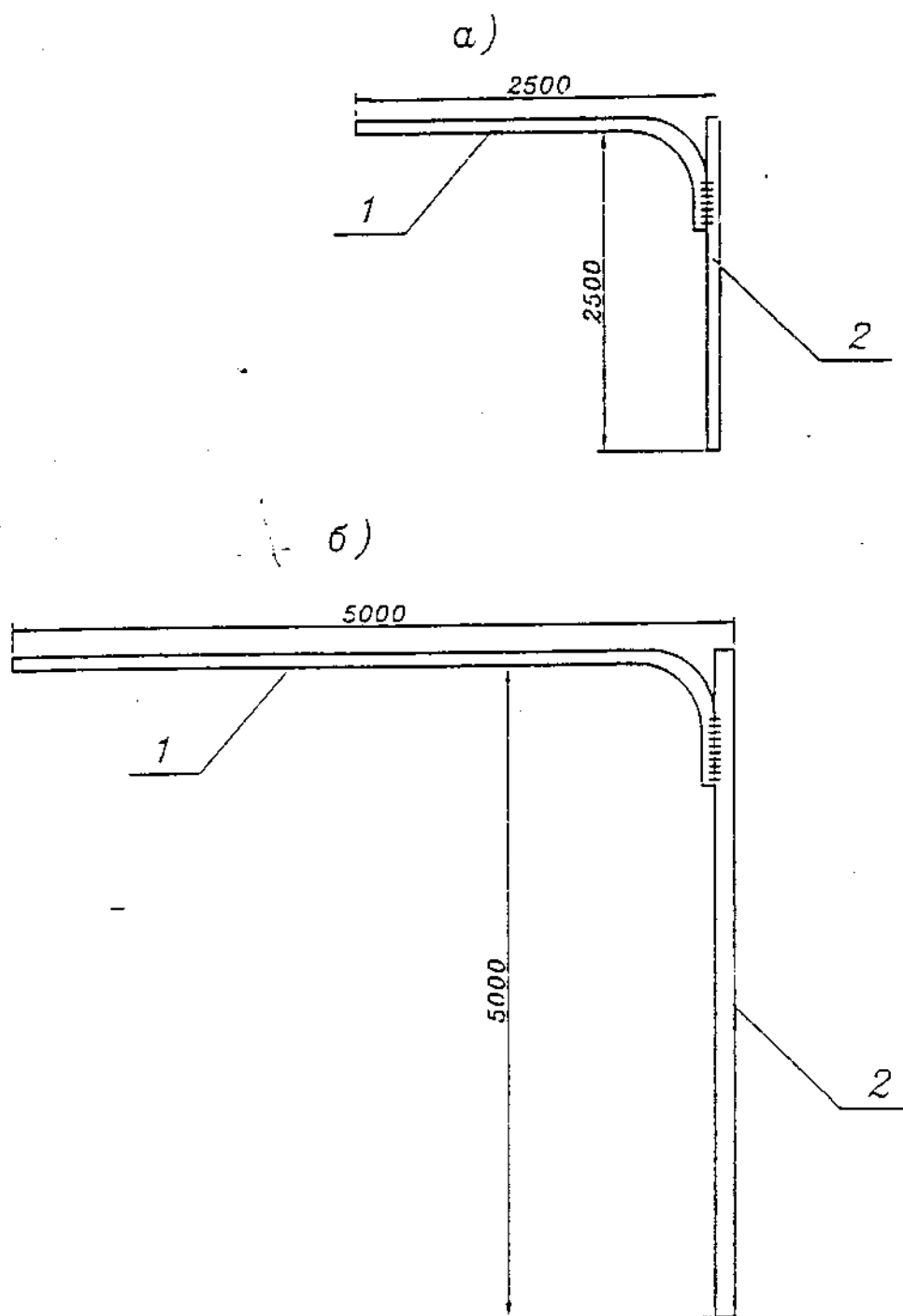


Рис. 3.1 Базовый элемент, из которых формируются заземлители опор и дополнительные заземлители трансформаторных подстанций

- а) длина горизонтального и вертикального заземлителей по 2,5 м
- б) длина горизонтального и вертикального заземлителей по 5 м
- 1 - горизонтальный заземлитель
- 2 - вертикальный заземлитель (электрод)

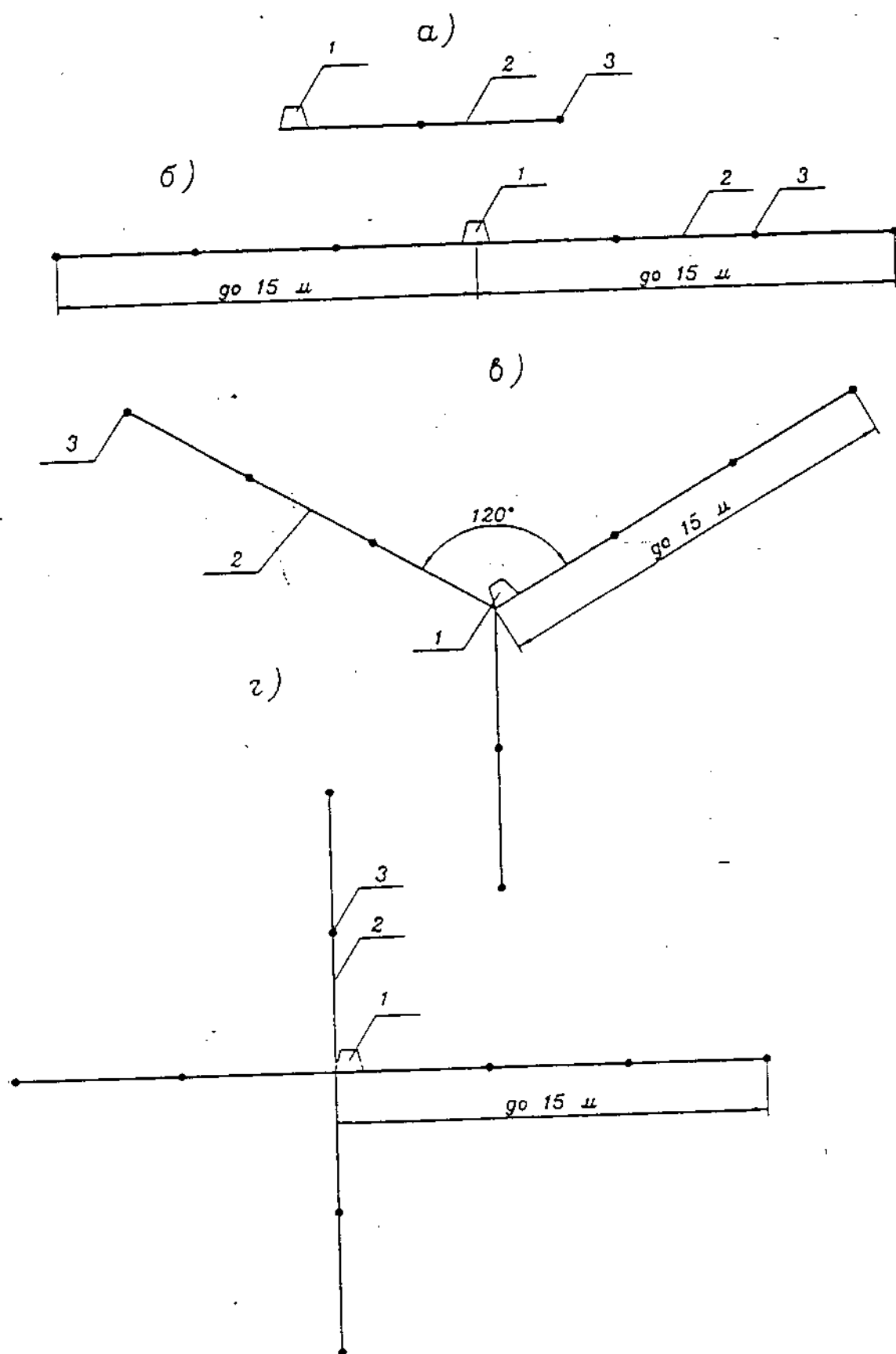
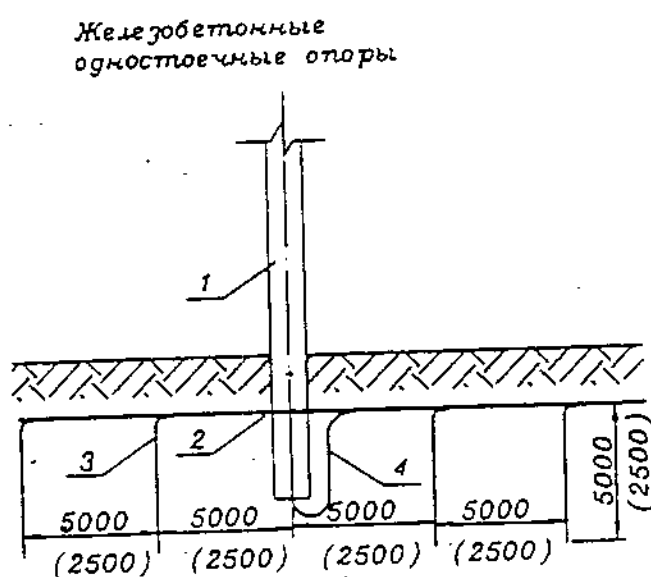
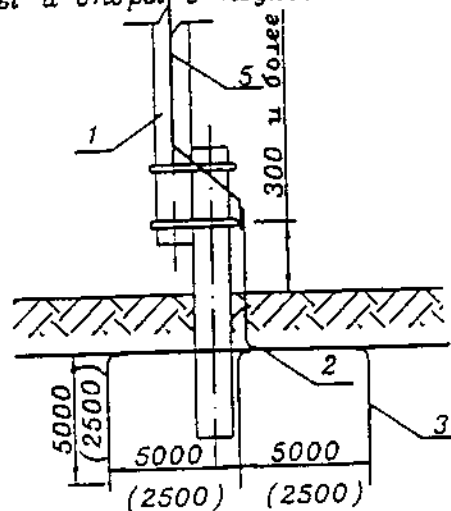


Рис. 3.2 Рациональное расположение заземлителей опор (план)

- а) однолучевая стела
- б) двухлучевая стела
- в) трехлучевая стела
- г) четырехлучевая стела
- 1 - стойка опоры
- 2 - горизонтальный заземлитель
- 3 - вертикальный заземлитель (электрод)



Деревянные одностоечные
опоры и опоры с подкосом



Железобетонные
опоры с подкосом

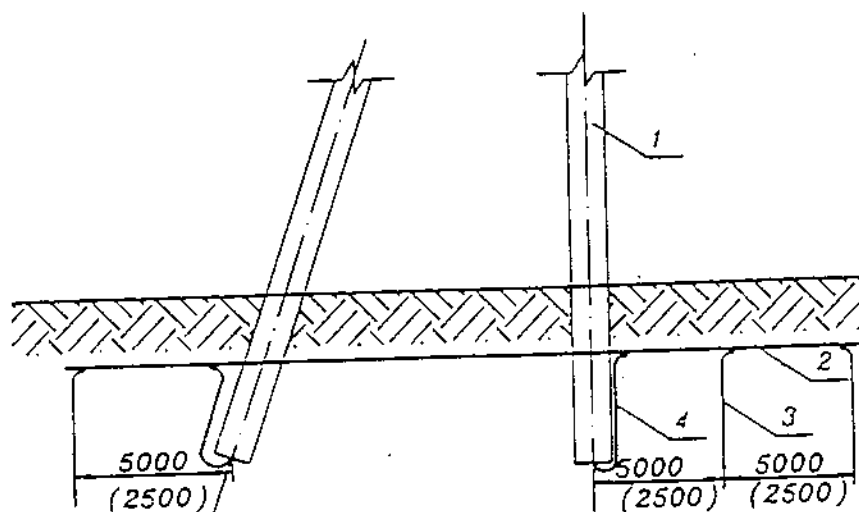


Рис. 3.3 Схемы выполнения заземлителей опор
Глубина укладки горизонтальных заземлителей не менее 0,5 м,
в пазовых заземлителях - не менее 1 м

- 1 - стойка опоры
- 2 - горизонтальный заземлитель
- 3 - вертикальный заземлитель (электрод)
- 4 - заземляющий проводник (выпуск опоры)
- 5 - заземляющий проводник (спуск)

лучей под углом 90° , или однолучевая схема с расположением луча вдоль оси ВЛ.

3.4. Длину лучей отходящих по разным направлениям от стойки опоры следует выбирать по возможности одинаковой и не более 15 м, так как при большей их длине резко возрастает импульсное сопротивление и снижается эффективность грозозащитных функций заземлителя.

Если длина лучей (при их количестве 4) превышает 15 м, заземлитель прокладывается по однолучевой схеме по оси ВЛ и соединяется с заземлителем следующей опоры.

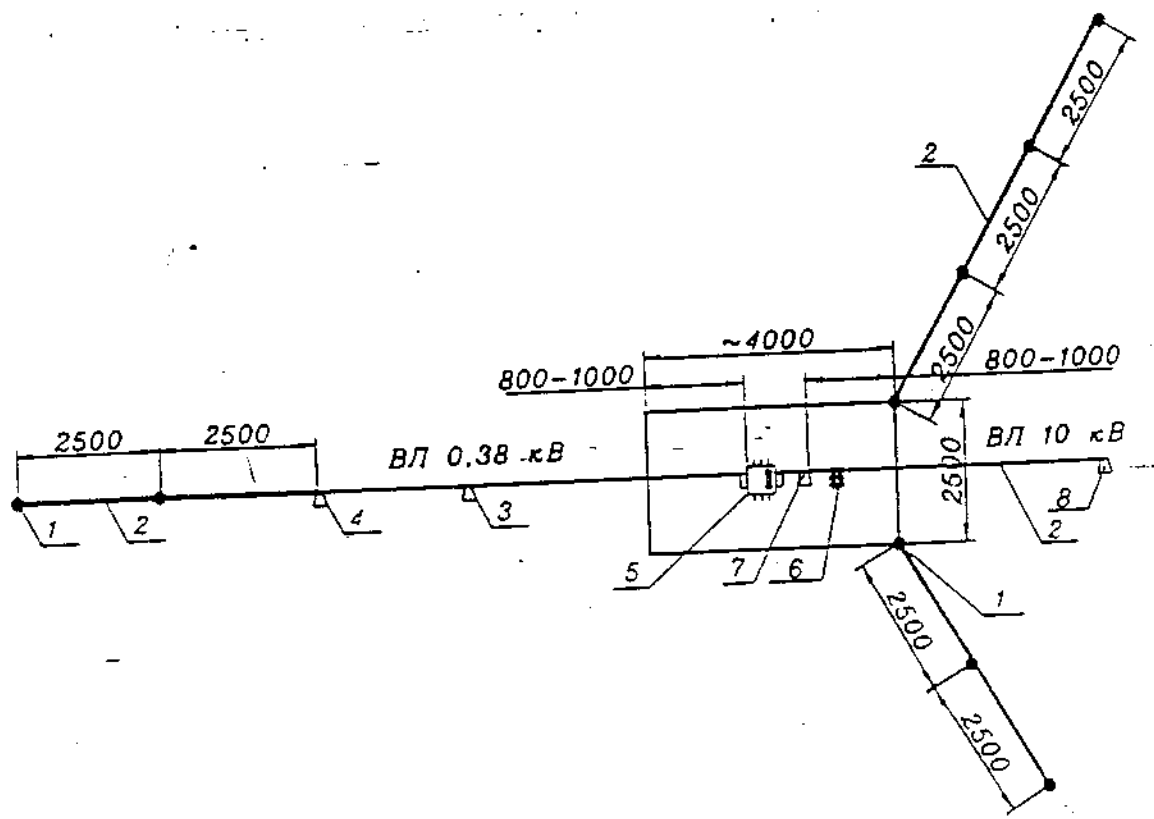
3.5. Заземлитель ВЛ, как правило, должен находиться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле — 1 м (п.2.5.81 ПУЭ-85).

3.6. Заземляющее устройство трансформаторных подстанций: комплектных (КТП), мачтовых (МТП) и закрытых (ЗТП), является общим для напряжений 10 и 0,4 кВ и состоит из обязательного (совмещенного) и, если обязательный не обеспечивает нормируемого сопротивления, дополнительных заземлителей.

3.7. При выполнении заземляющего устройства трансформаторных подстанций (КТП, МТП, ЗТП) в первую очередь выполняется обязательный заземлитель. Обязательный (совмещенный) заземлитель подстанций типа КТП и МТП состоит из замкнутых контуров, проложенных вокруг площадки занимаемой электрооборудованием подстанции на расстоянии 0,8-1 м от оборудования (п.1.7.59 ПУЭ-85), и горизонтальных связей со всеми концевыми опорами ВЛ 10 и 0,38 кВ. Кроме того, в двух углах контура подстанции типа КТП (со стороны разъединителя) забивается по одному вертикальному заземлителю длиной по 2,5 м. В качестве горизонтального заземлителя используется сталь круглая диаметром 10 мм, уложенная на глубине 0,5 м. К горизонтальному заземлителю привариваются выпуски стойки и подкоса опор ВЛ 0,38 и 10 кВ.

3.8. Если нормируемое сопротивление не обеспечивается обязательным заземлителем, сооружается дополнительный заземлитель, путем укладки лучей из базовых элементов аналогично укладываемым на ВЛ 0,38 и 10 кВ. Примеры выполнения заземляющих устройств трансформаторных подстанций типа КТП и МТП приведены на рис.3.4. и 3.5.

3.9. Заземляющее устройство ЗТП состоит из заземления внутри здания ЗТП и наружного заземлителя. Внутри здания для магистрали заземления используются все опорные металлоконструкции. Для этой цели все опорные металлоконструкции



Условные обозначения

_____ обязательный (совмещенный) заземлитель
 ● ————— дополнительный заземлитель

Рис 3.4а Заземляющее устройство КТП 10/0,4 кВ при одной отходящей ВЛ 0,38 кВ (пример выполнения, $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$)

- 1 - вертикальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, длиной 2,5 м
- 2 - горизонтальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, глубина укладки 0,5 м, на паточный земляк - 1 м.
- 3 - стойка концевой опоры ВЛ 0,38 кВ
- 4 - подкос концевой опоры ВЛ 0,38 кВ
- 5 - трансформатор
- 6 - разъединитель
- 7 - стойка концевой (угловой промежуточной) опоры ВЛ 10 кВ
- 8 - подкос концевой (угловой промежуточной) опоры ВЛ 10 кВ

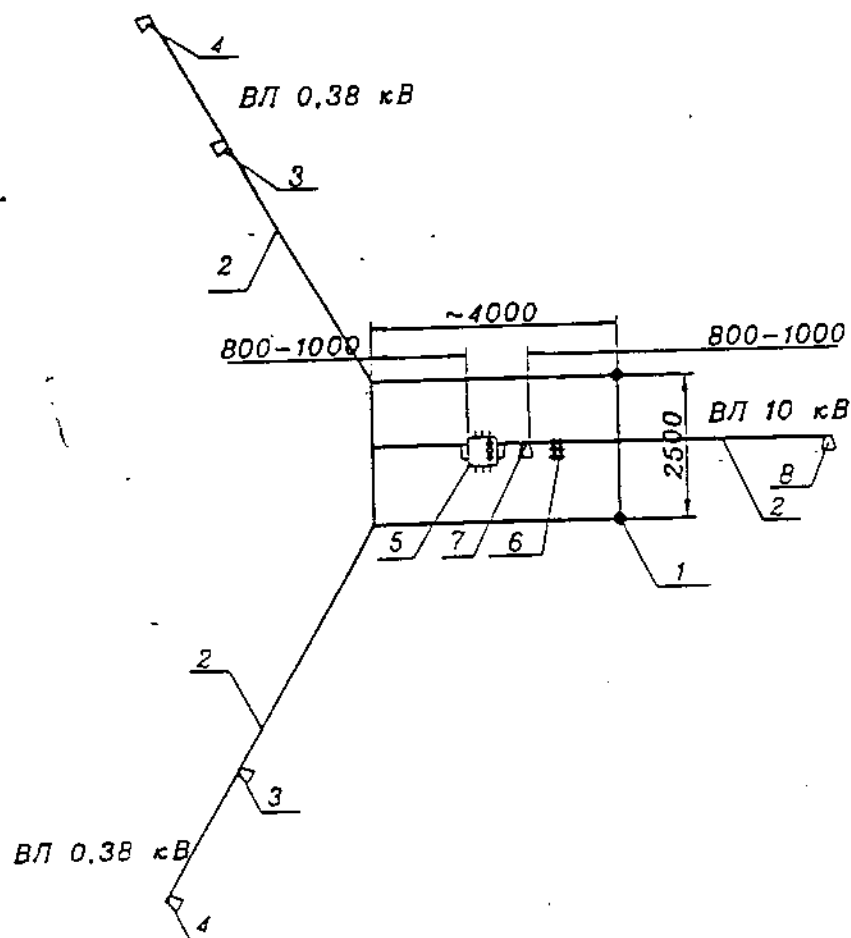


Рис 3.46 Заземляющее устройство КТП 10/0,4 кВ при обуз
отходящих ВЛ 0,38 кВ (пример выполнения, $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)

- 1 - вертикальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, длиной 2,5 м
- 2 - горизонтальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, глубина укладки 0,5 м, на пазы между жилами - 1 м
- 3 - стойка концевой опоры ВЛ 0,38 кВ
- 4 - подкос концевой опоры ВЛ 0,38 кВ
- 5 - трансформатор
- 6 - разъединитель
- 7 - стойка концевой (угловой промежуточной) опоры ВЛ 10 кВ
- 8 - подкос концевой (угловой промежуточной) опоры ВЛ 10 кВ

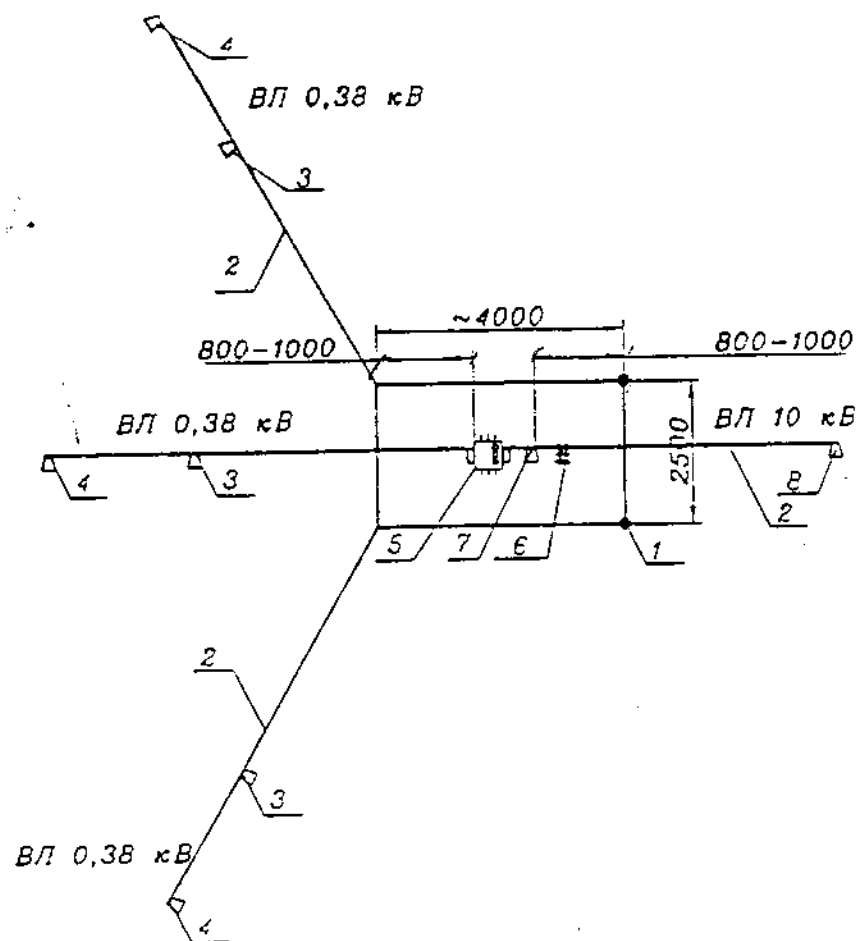
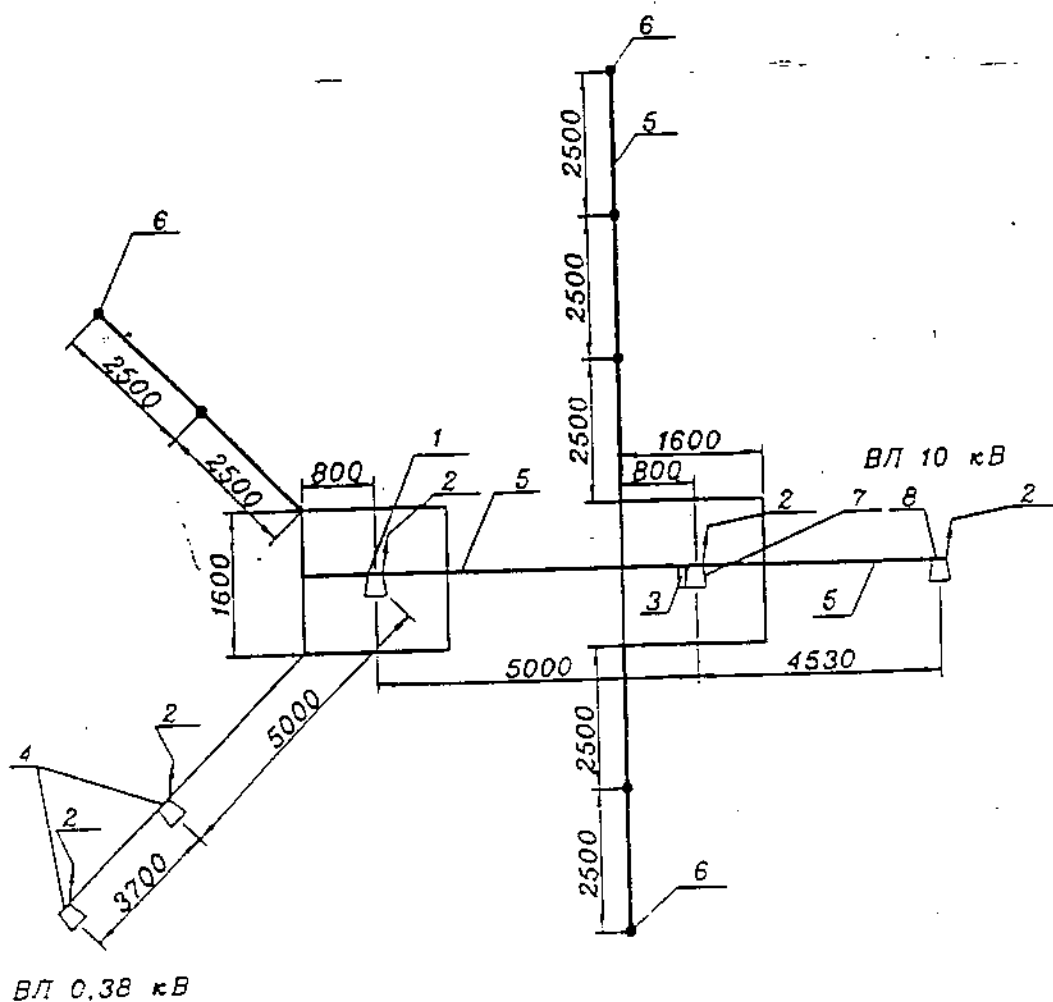


Рис 3.46 Заземляющее устройство КТП 10/0,4 кВ при трех
отходящих ВЛ 0,38 кВ (пример выполнения $\approx 100 \text{ 0 м}^2$)

- 1 - вертикальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, длиной 2,5 м
- 2 - горизонтальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, глубина укладки 0,5 м, на пахотных землях - 1 м
- 3 - стойка концевой опоры ВЛ 0,38 кВ
- 4 - подкос концевой опоры ВЛ 0,38 кВ
- 5 - трансформатор
- 6 - разъединитель
- 7 - стойка концевой (угловой промежуточной) опоры ВЛ 10 кВ
- 8 - подкос концевой (угловой промежуточной) опоры ВЛ 10 кВ



Условные обозначения

— обязательный (совмещенный) заземлитель
 — дополнительный заземлитель

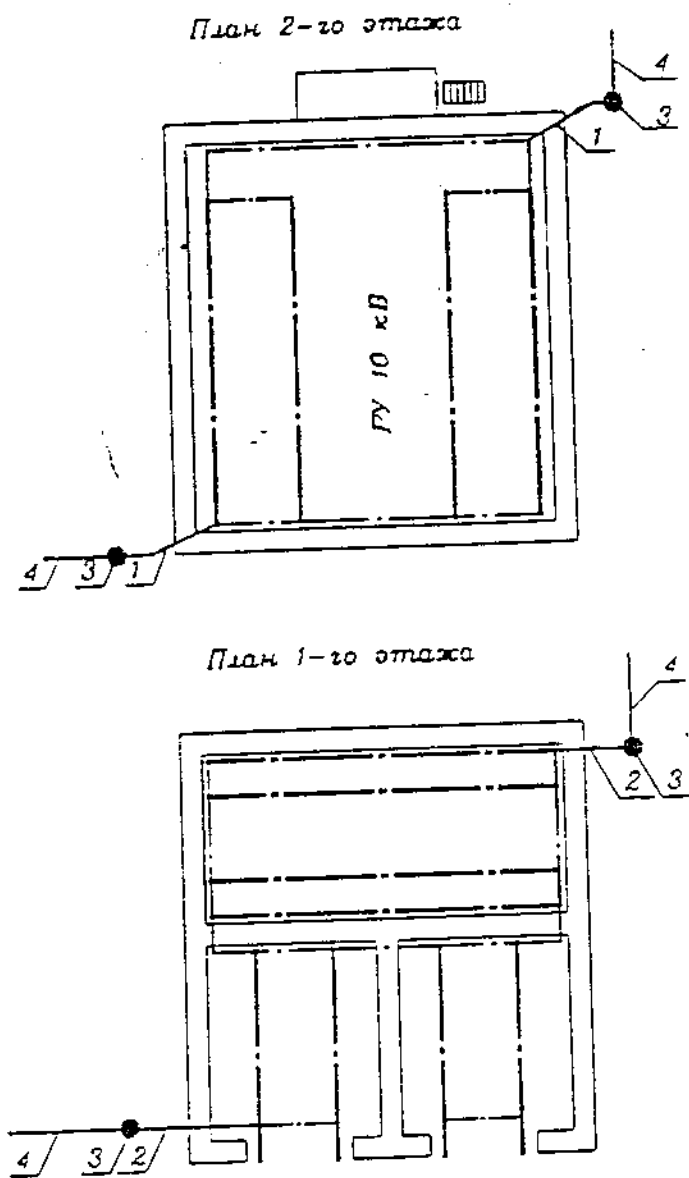
Рис 3.5 Заземляющее устройство мачтовой трансформаторной подстанции 10/0.4 кВ (пример выполнения, $\approx 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$)

- 1 - стойка опоры мачтовой ТП 10/0.4 кВ
- 2 - заземляющий проводник (выпуск стойки)
- 3 - привод разъединителя
- 4 - конечная опора ВЛ 0.38 кВ
- 5 - горизонтальный заземлитель, сталь диаметром 10 мм, глубина укладки 0.5 м, на пазотные заземляющие - 1 м
- 6 - вертикальный заземлитель, сталь диаметром 10 мм, длиной 2.5 м
- 7 - стойка конечной опоры ВЛ 10 кВ с разъединителем
- 8 - подкос конечной опоры ВЛ 10 кВ

в местах стыков и в торцах должны быть соединены электросваркой между собой. Пример выполнения внутреннего заземления приведен на рис.3.6.

3.10. Наружный заземлитель ЗТП, аналогично заземляющим устройствам КТП и МТП состоит из обязательного (совмещенного) и, при необходимости, дополнительного заземлителей. Обязательный (совмещенный) заземлитель выполняется путем использования всех концевых опор ВЛ 0,38 и 10 кВ, дополнительный – путем укладки лучей из базовых элементов размером 2,5 или 5 м. Кроме того, в обязательный заземлитель входят два вертикальных заземлителя длиной по 2,5 м, забиваемые на расстоянии 1 м от стены здания у спусков от молниеприемника.

3.11. Связь внутреннего и наружного заземлений осуществляется в двух местах с противоположных сторон здания ЗТП. Пример выполнения наружного заземлителя приведен на рис.3.7.

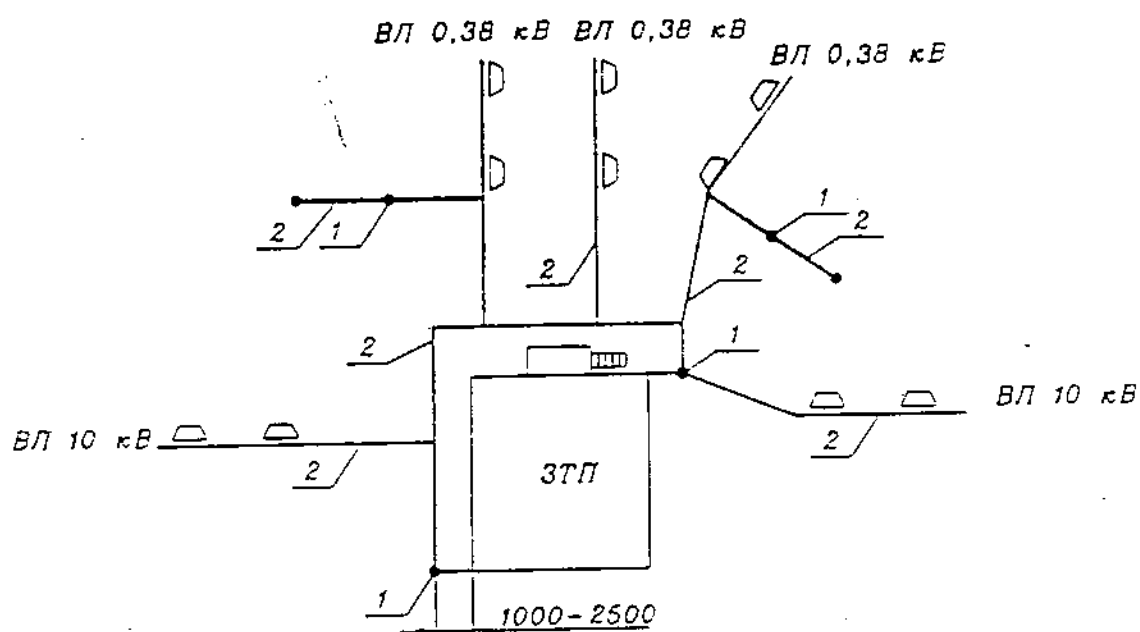


Условные обозначения

— — — — — Опорные металлоконструкции
 — — — — — заземляющий проводник (магистраль)

Рис. 3.6 Заземление внутри здания закрытой трансформаторной подстанции

- 1 - спуск от молниеприемника
- 2 - связь с наружным заземлителем
- 3 - вертикальный заземлитель (электрод) длиной 2,5 м
- 4 - наружный заземлитель



Условные обозначения

 обязательный (совмещенный) заземлитель
 дополнительный заземлитель

Рис. 3.7 Заземляющее устройство закрытой трансформаторной подстанции (пример выполнения, $R = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$)

1 - вертикальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, длиной 2,5 м
 2 - горизонтальный заземлитель, сталь круглая диаметром 10 мм, глубина укладки 0,5 м, на паточные заземляющие - 1 м

4. РАСЧЕТ И ВЫБОР ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ ОПОР ЛИНИЙ 0,38 И 10 кВ, ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ

4.1. Расчет заземлителей опор и трансформаторных подстанций.

Расчет искусственных заземлителей опор ВЛ 0,38 и 10 кВ и дополнительных заземлителей трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ произведен в предположении, что они выполнены из базовых элементов размером по 2,5 м или 5 м и имеют конфигурацию, указанную в разделе 3.

При расчете принималось, что заземлитель расположен в однородной земле с постоянным удельным сопротивлением земли. Известно, что однородной электрической структуры земли в природе не существует, а удельное эквивалентное сопротивление земли зависит не только от фактической геоэлектрической структуры, но и от размеров и формы заземлителя. Поэтому результаты расчета являются приближенными. Точные значения сопротивлений или размеры заземлителя, обладающего заданным сопротивлением, можно получить используя в расчетах фактическую электрическую структуру земли в месте установки каждой конкретной опоры.

Однако такие уточнения являются экономически не оправданными из-за чрезвычайно большого объема геофизических изысканий, сложных расчетов и не могут быть рекомендованы при проектировании ВЛ 0,38-10 кВ и ТП 10/0,4 кВ.

Для линий 10 и 0,38 кВ заземлители рассчитаны с учетом естественной проводимости железобетонных стоек и подкосов опор ВЛ, а для ТП – с учетом обязательных заземлителей ТП. Обязательный заземлитель ТП – это совмещенный заземлитель, объединяющий заземлитель самого ТП и фундаменты (части стоек, находящиеся в земле) концевых опор ВЛ 0,38 и 10 кВ в одно общее заземляющее устройство. Обязательный (совмещенный) заземлитель выполняется всегда, а дополнительный только тогда, когда обязательный не обеспечивает нормируемое сопротивление ТП.

Результаты расчета сведены в таблицы, позволяющие выбрать требуемый для опор, оборудования и ТП заземлитель, обеспечивающий нормируемое ПУЭ-85 сопротивление в земле с определенным удельным сопротивлением. (см. таблицы 4.1-4.10). Таблицы 4.1 – 4.10 являются справочным материалом.

Удельное сопротивление земли ρ определяется методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) симметричной четырехэлектродной установкой. При отсутствии данных прямого измерения ρ допустимо пользоваться имеющимся геологическим разрезом грунта и обобщенными значениями удельных сопротивлений различных грунтов, приведенными в таблице 4.11.

Таблица 4.11. составлена на основе обобщения данных об удельных сопротивлениях грунтов, полученных по результатам прямых измерений методом ВЭЗ на линиях и подстанциях на территории Р.Б., и носит **рекомендательный** характер.

Взятое из таблицы 4.11. значение удельного сопротивления грунтов для каждого конкретного места установки опоры на определенной территории Р.Б. носит оценочный характер и может в несколько раз отличаться от фактического значения. Поэтому расчет заземляющего устройства в этом случае носит ориентировочный характер.

После выполнения заземляющего устройства производится измерение его сопротивления методом, изложенным в разделе 6. При необходимости, сопротивление доводится до нормируемой величины путем добавления базовых элементов.

Расход металла на выполнение искусственных заземлителей опор ВЛ и ТП приведены в таблицах 4.12 - 4.15, которые являются **справочным** материалом, и должен уточняться при конкретном проектировании.

Таблица 4.1.

Заземлители для грозозащитного заземления и совмещенного с грозозащитным повторного заземления нулевого провода при количестве повторных заземлений на ВЛ 0,38 кВ три и более

Железобетонные и деревянные опоры *)

Удельное сопротивление земли, Ом.м	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
	5 м	2,5 м

До 100	-	-
-//- 180	1	1
-//- 240	1	2
-//- 300	2	3
-//- 360	2	4
-//- 420	3	5
-//- 470	3	6
-//- 520	4	7
-//- 570	4	8
-//- 620	5	9
-//- 670	5	10
-//- 770	6	12
-//- 815	7	13
-//- 860	7	14
-//- 905	8	15
-//- 950	8	16

Удельное сопротивление земли, Ом.м	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
	5 м	2,5 м

до 985	9	17
-//- 1030	9	18
-//- 1100	10	20
-//- 1180	11	22
-//- 1250	12	24
-//- 1330	13	26
-//- 1400	14	28
-//- 1480	15	30
-//- 1550	16	32
-//- 1630	17	34
-//- 1700	18	36
-//- 1770	19	38
-//- 1830	20	40
-//- 1900	21	42
-//- 1950	22	44
-//- 2020	23	46
-//- 2080	24	49

Допустимое сопротивление заземлителя не более 30 Ом.

При количестве базовых элементов 13 и более (пятиметровых) или 26 и более (2,5 м) заземлитель прокладывается по однолучевой схеме по оси ВЛ и соединяется с заземлителем следующей опоры.

*) Заземлитель для ВЛ на деревянных опорах содержит на 1 базовый элемент размером 2,5 м больше, чем приведено в таблице 4.1. Например: 1) $\rho \leq 100$ Ом.м. Если ВЛ выполнена на железобетонных опорах, нормируемое сопротивление обеспечивается фундаментом опоры (частью стойки, находящейся в земле) и дополнительно устраивать искусственный заземлитель не требуется. Если ВЛ выполнена на деревянных опорах, необходимо выполнить искусственный заземлитель из одного элемента размером 2,5 м. 2) $\rho = 240$ Ом.м. На железобетонных опорах требуется 2 элемента по 2,5 м или 1 пятиметровый элемент, на деревянных опорах - 3 элемента по 2,5 м или 2 по 5 м.

Таблица 4.2.

Заземлители для повторного заземления, совмещенного с грозозащитным, при наличии на ВЛ 0,38 кВ одного повторного заземления

Железобетонные опоры

Удельное сопротивление земли, Ом · м		Допустимое сопротивление заземлителя, Ом	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
			5 м	2,5 м
до	35	10	-	-
-//-	50	10	1	1
-//-	70	10	1	2
-//-	87	10	2	3
-//-	100	10	2	4
-//-	300	0,1 ρ	2	4

При удельном сопротивлении земли более 300 Ом·м пользоваться таблицей 4.1.

Таблица 4.3.

Заземлители для повторного заземления, совмещенного с грозозащитным, при наличии на ВЛ 0,38 кВ двух повторных заземлений

Железобетонные опоры

Удельное сопротивление земли, Ом · м		Допустимое сопротивление заземлителя, Ом	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
			5 м	2,5 м
до	70	20	-	-
-//-	100	20	1	1
-//-	150	0,2ρ	1	1

При удельном сопротивлении земли более 150 Ом·м пользоваться таблицей 4.1.

7263

Таблица 4.4.

Заземлители для повторного заземления, совмещенного с грозозащитным, при наличии на ВЛ 0,38 кВ одного повторного заземления

Деревянные опоры

Удельное сопротивление земли, Ом · м	Допустимое сопротивление заземлителя, Ом	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
		5 м	2,5 м
до 35	10	1	1
-//- 50	10	1	2
-//- 70	10	2	3
-//- 86	10	3	4
-//- 100	10	3	5
-//- 300	0,1 ρ	3	5

При удельном сопротивлении земли более 300 Ом·м пользоваться таблицей

Таблица 4.5.

Заземлители для повторного заземления, совмещенного с грозозащитным, при наличии на ВЛ 0,38 кВ двух повторных заземлений

Деревянные опоры

Удельное сопротивление земли, Ом · м	Допустимое сопротивление заземлителя, Ом	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
		5 м	2,5 м
до 70	20	1	1
// - 100	20	1	2
-//- 150	0,2 ρ	1	2

При удельном сопротивлении земли более 150 Ом·м пользоваться

Таблицей 4.1.

Таблица 4.6

Заземлители для повторного заземления нулевого
провода на ВЛ 0,38 кВ без использования их в
качестве грозозащитных
Железобетонные и деревянные опоры *)

Удельное сопротивление земли, Ом · м		Допустимое сопротивление заземлителя, Ом	Количество в заземлителе базовых элементов размером	
			5м	2,5 м
до	35	10	-	-
-//-	50	10	1	1
-//-	70	10	1	2
-//-	100	10	2	4
-//-	1000	0,1 ρ	2	4
-//-	1200	100	2	4
-//-	1370	100	3	5
-//-	1560	100	3	6
-//-	1730	100	4	7
-//-	1900	100	4	8
-//-	2070	100	5	9
-//-	2230	100	5	10
-//-	2400	100	6	11
-//-	2560	100	6	12
Два повторных заземления на ВЛ				
до	70	20	-	-
-//-	100	20	1	1
-//-	1000	0,2 ρ	1	1
-//-	1600	200	1	2
-//-	2000	200	2	3
-//-	2400	200	2	4
-//-	2780	200	3	5
-//-	3130	200	3	6
-//-	3470	200	4	7
-//-	3800	200	4	8
Три повторных заземления на ВЛ				
до	100	30	-	-
-//-	1000	0,3 ρ	-	-
-//-	1800	300	1	1
-//-	2400	300	1	2
-//-	3000	300	2	3
-//-	3600	300	2	4
-//-	4300	300	3	5
-//-	4700	300	3	6

*) Заземлители для ВЛ на деревянных опорах содержат на один базовый элемент размером 2,5 м больше, чем приведено в таблице 4.6.

Таблица 4.7.

Дополнительные заземлители для ТП 10/0,4 кВ (КТП, МТП, ЗТП)

Удельное сопротивление земли, Ом.м	Количество базовых элементов в дополнительном заземлителе размером 5 или 2,5 м. *, шт.				Допустимое сопротивление, (не более) Ом
	при одной отходящей ВЛ 0,38 кВ	При двух отходящих ВЛ 0,38 кВ	при трех отходящих ВЛ 0,38 кВ	при кабельных линиях 10 и 0,38 кВ **	
До 40	-	-	-	-/1	4
-//- 45	-	-	-	1/2	4
-//- 50	-	-	-	2/4	4
-//- 55	-	-	-	2/5	4
-//- 60	-	-	-	3/6	4
-//- 65	-	-	-	3/7	4
-//- 70	-	-	-	4/8	4
-//- 75	-/1	-	-	4/9	4
-//- 80	1/2	-	-	5/10	4
-//- 85	1/3	-	-	5/11	4
-//- 89	2/4	-	-	6/12	4
-//- 93	2/5	-	-	6/13	4
-//- 97	3/6	-	-	7/14	4
-//- 100	3/7	-	-	7/14	4
-//- 215	3/7	-/1	-	7/14	0,04ρ
-//- 230	3/7	1/2	-	7/14	0,04ρ
-//- 250	3/7	1/3	-	7/14	0,04ρ
-//- 260	4/8	2/4	-	8/15	10
-//- 270	4/8	3/5	-/1	8/16	10
-//- 285	4/9	3/6	1/2	9/18	10
-//- 300	5/10	4/7	2/4	9/19	10
-//- 310	5/11	4/8	2/5	10/20	10
-//- 320	6/11	5/9	3/6	10/21	10
-//- 330	6/12	5/10	3/7	11/22	10
-//- 345	7/13	6/11	4/8	12/23	10

Продолжение таблицы 4.7.

Удельное сопротивление земли, Ом.м	Количество базовых элементов в дополнительном заземлителе размером 5 или 2,5 м. * шт.				Допустимое сопротивление, (не более) Ом
	при одной отходящей ВЛ 0,38 кВ	При двух отходящих ВЛ 0,38 кВ	при трех отходящих ВЛ 0,38 кВ	при кабельных линиях 10 и 0,38 кВ **	
-//- 360	7/14	6/12	4/9	12/25	10
-//- 375	8/15	7/13	5/10	13/26	10
-//- 390	8/16	7/14	5/11	14/28	10
-//- 400	9/17	8/15	6/12	14/29	10
-//- 410	9/17	8/16	6/13	15/30	10
-//- 420	9/18	8/17	7/14	15/31	10
-//- 435	10/19	9/18	7/15	16/32	10
-//- 455	10/20	10/19	8/17	17/34	10
-//- 465	10/21	10/20	9/18	17/35	10
-//- 475	11/22	10/21	9/19	18/36	10
-//- 485	11/22	11/22	10/20	18/37	10
-//- 500	11/23	11/23	10/21	19/38	10

*) В числителе указано количество базовых элементов размером 5 м, в знаменателе – 2,5 м.

**) Заземлитель рассчитан без учета входного сопротивления оболочки и брони кабелей 10 и 0,38 кВ.

Дополнительный заземлитель для ЗТП с одной концевой опорой ВЛ 10 кВ содержит на 2 базовых элемента размером 2,5 м или на 1 элемент размером 5 м больше, чем указано в таблице 4.7.

Таблица 4.8

Заземлители железобетонных опор ВЛ в населенной местности, на подходах к подстанциям, переходных опор, ограничивающих пролет пересечения *

Удельное сопротивление земли, Ом.м			Количество в заземлителе базовых элементов шт. **			Допустимое сопротивление заземлителя, Ом		
Удельное сопротивление земли, Ом.м			Количество в заземлителе базовых элементов шт. **			Допустимое сопротивление заземлителя, Ом		
До	50	1/1	10		-//-	650	10/20	20
-//-	70	1/2	10		-//-	685	11/21	20
-//-	85	2/3	10		-//-	720	11/22	20
-//-	100	2/4	10		-//-	760	12/23	20
-//-	125	2/3	15		-//-	800	12/24	20
-//-	150	2/4	15		-//-	840	13/25	20
-//-	175	3/5	15		-//-	875	13/26	20
-//-	200	3/6	15		-//-	915	14/27	20
-//-	225	4/7	15		-//-	950	14/28	20
-//-	250	4/8	15		-//-	980	15/29	20
-//-	275	5/9	15		-//-	1000	15/30	20
-//-	290	5/10	15		-//-	1080	11/22	30
-//-	302	6/11	15		-//-	1160	12/24	30
-//-	315	6/12	15		-//-	1230	13/26	30
-//-	337	7/13	15		-//-	1300	14/28	30
-//-	360	7/14	15		-//-	1370	15/30	30
-//-	370	8/15	15		-//-	1440	16/32	30
-//-	380	8/16	15		-//-	1520	17/34	30
-//-	405	9/17	15		-//-	1600	18/36	30
-//-	430	9/18	15					
-//-	465	10/19	15					
-//-	500	10/20	15					
-//-	535	9/17	20					
-//-	570	9/18	20					
-//-	610	10/19	20					

При количестве базовых элементов 13 и более (пятиметровых) или 26 и более (2,5 м), заземлитель прокладывается по однолучевой схеме по оси ВЛ и соединяется с заземлителем следующей опоры.

*) Случаи, когда заземляются переходные опоры, ограничивающие пролет пересечения см. п.2.1.7 настоящей работы.

**) В числителе указано количество базовых элементов размером 5 м, в знаменателе 2,5 м.

Таблица 4.9.

**Заземлители железобетонных опор ВЛ 10 кВ,
на которых установлены высоковольтные разъединители и ОПН***

Удельное сопротивление земли, Ом.м		Количество в заземлителе базовых элементов, шт.**		Удельное сопротивление земли, Ом.м		Количество в заземлителе базовых элементов, шт.**	
До	50	1/1		-//-	310	10/20	
-//-	70	1/2		-//-	325	11/21	
-//-	85	2/3		-//-	340	11/22	
-//-	100	2/3		-//-	350	12/23	
-//-	115	2/3		-//-	360	12/24	
-//-	130	2/4		-//-	370	13/25	
-//-	142	3/5		-//-	380	13/26	
-//-	155	3/6		-//-	390	14/27	
-//-	167	4/7		-//-	400	14/28	
-//-	180	4/8		-//-	410	15/29	
-//-	190	5/9		-//-	420	15/30	
-//-	200	5/10		-//-	430	16/31	
-//-	210	6/11		-//-	440	16/32	
-//-	220	6/12		-//-	450	17/33	
-//-	232	7/13		-//-	460	17/34	
-//-	245	7/14		-//-	470	18/35	
-//-	255	8/15		-//-	480	18/36	
-//-	265	8/16		-//-	490	19/37	
-//-	277	9/17		-//-	500	19/38	
-//-	290	9/18		-//-	5000	19/38	
-//-	300	10/19					

*) Таблица действительна для выбора размеров заземлителя опор с установленными на них ОПН (разрядниками) в земле с удельным сопротивлением до 750 Ом•м.

**) В числителе указано количество базовых элементов размером 5 м, в знаменателе 2,5 м.

Допустимое сопротивление заземлителя в земле с удельным сопротивлением до 500 Ом•м не более 10 Ом.

В земле с $\rho > 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ до 5000 Ом•м допустимое сопротивление 0,02 р.

Таблица 4.10

**Заземлители деревянных опор линий связи и радиотелефонии
(проводного вещания) при пересечении их с ВЛ 10 кВ**

Удельное сопротив- ление земли, Ом.м	Количество в заземлителе базовых элементов **	Допустимое сопротив- ление заземлителя, Ом	Удельное сопротив- ление земли, Ом.м	Количество в заземлителе базовых элементов **	Допустимое сопротив- ление заземлителя, Ом
До 100	1/1	20	-//- 1000	5/10	45
-//- 180	1/1	30	-//- 1200	5/10	55
-//- 240	1/2	30	-//- 1400	6/12	55
-//- 270	2/3	30	-//- 1750	8/16	55
-//- 300	2/4	30	-//- 2000	10/20	55
-//- 400	2/4	35	-//- 2300	12/24	55
-//- 450	3/5	35	-//- 2650	14/28	55
-//- 500	3/6	35	-//- 3150	18/36	55
-//- 700	3/6	45	-//- 3900	22/44	55
-//- 775	4/7	45	-//- 4400	28/56	55
-//- 850	4/8	45	-//- 5000	32/64	55
-//- 925	5/9	45			

**) В числителе указано количество базовых элементов размером 5 м, в знаменателе 2,5 м.

**4.2. ВЛ 10 кВ, на которых выполнение искусственных
заземлителей не обязательно**

Устройство искусственного заземлителя на железобетонных опорах ВЛ 10 кВ в ненаселенной местности на стойках, имеющих заземляющие выпуски с площадью касания с грунтом не менее 500 мм², и с изоляторами типов ШС 10-Г, ШФ 10-Г, ШФ 20-В и ШФ 20-Г или гирлянд, состоящих из двух подвесных изоляторов, не обязательно.

При применении других типов стоек или изоляторов, а также опор на приставках, выполняется искусственный заземлитель из одного базового элемента размером 2,5 или 5 м.

Таблица 4.11.

4.3.3 значения удельных сопротивлений грунтов для различных регионов Республики Беларусь

Группы	Удельное сопротивление, 0 м.м											Усреднен- ные значен- ия для р.б.		
	Значения, рекомендуемые для расчета заемщиков						Граничные значения							
	Минс- кая обл.	Брест- ская обл.	Витеб- ская обл.	Гомель- ская обл.	Гродне- нская обл.	Могил- евская обл.	Минская обл.	Брестская обл.	Витебская обл.	Гомельская обл.	Гродненская Обл.		Могилев- ская обл.	
1	Глины твердые и полутвердые с примесью гравия, песка, известняка	110	130	145	120	120	115	70-150	80-180	100-190	90-150	70-170	70-160	125
2	Глины мякопластичные	100	85	105	105	110	100	70-140	60-110	60-150	70-140	70-150	60-140	105
3	Торфы насыщенные	40	50	35	40	40	45	25-50	30-70	20-50	30-50	25-55	30-60	45
4	Торфы насыщенные агрессивными водами	155	135	225	155	160	185	110-200	100-170	150-300	120-190	110-210	120-250	200
5	Суглинки твердые и полутвердые	125	125	140	140	125	140	100-150	100-150	110-170	110-170	100-150	110-170	115
6	Суглинки мякопластичные	265	225	235	280	260	265	210-320	200-250	210-280	210-350	210-310	210-320	275
7	Супеси твердые	155	160	175	160	160	160	120-190	130-190	150-200	120-200	120-200	130-199	160
8	Супеси пластичные и текучие	120	90	120	105	110	120	90-145	70-110	90-150	70-140	70-145	90-150	110
9	Супеси насыщенные агрессивными водами	7000	5000	2800	3750	4500	4000	4000-10000	2000-8000	600-5000	500-6000	1000-8000	2000-6000	5300
10	Пески маловлажные	170	355	125	100	125	500	200-550	310-400	200-550	310-500	250-600	300-400	17
11	Пески влажные и напорные Пески насыщенные агрессивными водами	110	400	280	300	400	305	220-400	250-550	210-350	240-540	250-550	210-400	180

4.4. Расход металла на заземлитель

Таблица 4.12.

Расход металла на искусственный заземлитель при использовании в качестве вертикальных заземлителей стали круглой диаметром 10 или 12 мм и горизонтальных заземлителей стали круглой диаметром 10 мм длиной по 2,5 м (ГОСТ 2590-88)

Количество базовых элементов взаземлите- ле, шт.	Расход металла, м		Масса, кг				
	на вертикаль- ный заземли- тель	на горизон- тальный заземлитель	вертикального заземлителя Ø 10 Ø 12		горизонтально- го заземлите- ля Ø 10	общая Ø 10 Ø 12	
1	2,50	2,56	1,54	2,22	1,58	3,12	3,80
2	5,00	5,12	3,08	4,44	3,16	6,24	7,60
3	7,50	7,68	4,62	6,66	4,74	9,36	11,40
4	10,00	10,24	6,16	8,88	6,32	12,48	15,20
5	12,50	12,80	7,7	11,10	7,90	15,6	19,00
6	15,50	15,36	9,24	13,32	9,48	18,72	22,80
7	17,50	17,92	10,78	15,54	11,06	21,84	26,60
8	20,00	20,48	12,32	17,76	12,64	24,96	30,40
9	22,50	23,04	13,86	19,98	14,22	28,08	34,20
10	25,00	25,60	15,4	22,2	15,8	31,2	38,00

Расход металла на искусственный заземлитель

$L_v = 2,5 \cdot n$, м - на вертикальный заземлитель.

$L_r = 2,56 \cdot n$, м - на горизонтальный заземлитель.

Масса:

$M_v = 1,54 \cdot n$, кг - вертикальных заземлителей диаметром 10 мм

$M_v = 2,22 \cdot n$, кг - вертикальных заземлителей диаметром 12 мм

$M_r = 1,58 \cdot n$, кг - горизонтальных заземлителей

$M = 3,12 \cdot n$, кг - общая, при вертикальных заземлителях диаметром 10 мм

$M = 3,8 \cdot n$, кг - общая, при вертикальных заземлителях диаметром 12 мм

где n - количество базовых элементов в заземлителе, шт

Таблица 4-13

Расход металла на искусственный заземлитель при использовании в качестве вертикальных заземлителей стали круглой диаметром 10 или 12 мм и горизонтальных заземлителей стали круглой диаметром 10 мм длиной по 5 м (ГОСТ 2590-88)

Количество базовых элементов в заземлителе шт.	Расход металла, м		Масса, кг				
			вертикального заземлителя		горизонтального заземлителя	общая	
	на вертикальный заземлитель	на горизонтальный заземлитель	Ø 10	Ø 12	Ø 10	Ø 10	Ø 12
1	5	5,06	3,08	4,44	3,12	6,2	7,56
2	10	10,12	6,16	8,88	6,24	12,4	15,12
3	15	15,18	9,24	13,32	9,36	18,6	21,68
4	20	20,24	12,32	17,76	12,48	24,8	30,24
5	25	25,3	15,4	22,2	15,6	31,0	37,8
6	30	30,36	18,48	26,64	18,72	37,2	45,36
7	35	35,42	21,56	31,08	21,84	43,4	52,92
8	40	40,48	24,64	35,52	24,96	49,6	60,48
9	45	45,54	27,72	39,96	28,08	55,8	68,04
10	50	50,6	30,8	44,4	31,20	62,0	75,6

Расход металла на искусственный заземлитель

$L_v = 5 \cdot n$ м - на вертикальный заземлитель.

$L_r = 5,06 \cdot n$ м - на горизонтальный заземлитель

Масса:

$M_v = 3,08 \cdot n$ кг - вертикальных заземлителей диаметром 10 мм

$M_v = 4,44 \cdot n$ кг - вертикальных заземлителей диаметром 12 мм

$M_r = 3,12 \cdot n$ кг - горизонтальных заземлителей.

$M = 6,2 \cdot n$ кг - общая, при вертикальных заземлителях диаметром 10 мм

$M = 7,56 \cdot n$ кг - общая, при вертикальных заземлителях диаметром 12 мм

где n - количество базовых элементов в заземлителе, шт

Таблица 4 14

Расход металла на обязательный заземлитель ТП при использовании в качестве вертикальных (длиной по 2,5 м) и горизонтальных заземлителей стали круглой диаметром 10 мм (ГОСТ 2590-88)

Тип трансформаторной подстанции	Расход металла, м			Масса, кг	
	на вертикальный заземлитель	на горизонтальный заземлитель	вертикального заземлителя	горизонтального заземлителя	общая
КТП					
при количестве концевых опор ВЛ 0,38 кВ					
1	5	29	3,08	17,87	20,95
2	5	38	6,16	23,41	29,57
3	5	47	9,24	28,95	38,19
МТП					
при количестве концевых опор ВЛ 0,38 кВ					
1	-	34	-	20,95	20,95
2	-	42	-	25,87	25,87
3	-	50	-	30,80	30,80
ЗТП					
(внешний заземлитель) при количестве концевых опор ВЛ 10 кВ – 2/1 и ВЛ 0,38 кВ					
1	5	29/20	3,08	17,87/12,32	20,95/15,40
2	5	39/29	6,16	24,03/17,87	30,19/24,03
3	5	50/38	9,24	30,80/23,41	40,04/32,65

При расчете принята установка концевых опор ВЛ 0,38 и 10 кВ на расстоянии 5 м от ТП. При изменении фактического расстояния от опор до ТП или количества опор расход металла должен быть скорректирован.

Таблица 4.15

Расход металла на обязательный заземлитель ТП при использовании в качестве заземлителей стали круглой (ГОСТ 2590-86); вертикальные электроды длиной 2,5 м диаметром 12 мм, горизонтальные – диаметром 10 мм

Тип трансформаторной подстанции	Расход металла, м		Масса, кг		
	на вертикальный заземлитель	на горизонтальный заземлитель	вертикального заземлителя	горизонтального заземлителя	общая

КТП
при количестве
концевых опор
ВЛ 0,38 кВ

1	5	29	4,44	17,87	22,31
2	5	38	8,88	23,41	32,29
3	5	47	13,32	28,95	42,27

МТП
при количестве
концевых опор
ВЛ 0,38 кВ

1	-	34	20,95	-	20,95
2	-	42	25,87	-	25,87
3	-	50	30,80	-	30,80

ЗТП
(внешний заземлитель) при
количестве
концевых опор
ВЛ 10 кВ – 2/1 и
ВЛ 0,38 кВ

1	5	29/20	4,44	17,87/12,32	22,31/16,76
2	5	39/29	8,88	24,03/17,87	32,91/26,75
3	5	50/38	13,38	30,80/23,41	44,18/36,79

При расчете принята установка концевых опор ВЛ 0,38 и 10 кВ на расстоянии 5 м от ТП. При изменении фактического расстояния от опор до ТП или количества опор расход металла должен быть скорректирован.

5. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЙ

5.1. Элементы ВЛ 0,38 и 10 кВ подлежащие заземлению (занулению)

5.1.1. Требования к заземлениям (занулениям) ВЛ 0,38 кВ в полной степени относятся к ВЛИ 0,38 кВ, поэтому далее в тексте употребляется один термин ВЛ 0,38 кВ, под которым подразумеваются ВЛ и ВЛИ 0,38 кВ.

5.1.2. Элементы и металлоконструкции опор ВЛ 0,38 кВ, подлежащие заземлению (занулению), указаны в п.2.2.4 настоящей работы.

5.1.3. Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 10 кВ, разъединители и приводы к ним, разрядники, корпуса кабельных мачтовых муфт, металлические оболочки кабелей должны быть заземлены. У опор, на которых выполнено заземление, заземляются траверсы, кронштейны и другие металлоконструкции, которые при перекрытии или пробое изоляции напряжением (импульсным или промышленной частоты) могут оказаться под напряжением.

5.1.4. На трансформаторных подстанциях заземляются: нейтрали обмоток силового трансформатора, корпус (бак) силового трансформатора, кожухи измерительных трансформаторов напряжения, фланцы измерительных трансформаторов тока и изоляторов, разъединители и приводы к ним, цоколи ОПН (разрядников) и предохранителей, панели, шкафы, ящики и т.п., металлические опорные конструкции, т.е. все металлоконструкции и части электроустановки, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции

5.2. Требования к конструктивному выполнению заземлений

5.2.1. Для устройства заземлений на железобетонных опорах в качестве заземляющего проводника (заземляющего спуска), выполняющего роль магистрали заземления, используется их арматура, нижний и верхний заземляющие выпуски, а также стальные оттяжки опор. На деревянных стойках прокладывается специальный заземляющий проводник поверх стойки.

Часть железобетонной стойки, находящаяся в земле, является естественным заземлителем, эквивалентным вертикальному электроду длиной равной величине заглубления стойки.

Заземление всех металлических элементов железобетонных опор ВЛ 10 кВ, находящихся в верхней части опоры, осуществляется присоединением их к верхнему заземляющему выпуску стойки сваркой или зажимом ПС-2-1

Заземление металлических элементов железобетонных опор ВЛ 0,38 кВ осуществляется присоединением их к верхнему заземляющему выпуску стойки сваркой или зажимом ПС-1-1, а к нулевому проводу - зажимом ПА или ЗЛО – 01.

При подсоединении к проводам линии зажимы должны быть из того же металла, что и провода линии. Стальные проводники соединяются друг с другом стальными зажимами.

К нижнему выпуску стойки приваривается искусственный заземлитель.

5.2.2. При монтаже опор на приставках нижний заземляющий выпуск стойки отгибается вниз вдоль приставки и используется в качестве заземляющего проводника (магистральной заземления).

5.2.3. Каждый элемент электроустановки, подлежащий заземлению или занулению, должен быть присоединен к магистрали заземления (заземляющему проводнику, спуску, выпуску) отдельным ответвлением. Приваренный к магистрали флажок (шайба), непосредственно или через проводник – удлинитель, является ответвлением. Последовательное присоединение заземляемых или зануляемых частей и элементов к заземляющему или нулевому проводнику не допускается

5.2.4. Под один заземляющий болт в спуске заземления (зануления) разрешается присоединять только один проводник ответвления

5.2.5. Заземляющие и нулевые защитные проводники, а также заземляющие спуски на опорах ВЛ 0,38 и 10 кВ должны иметь размеры не менее приведенных в таблице 5.1.

5.2.6. Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников, находящиеся над поверхностью земли, должны быть доступны для осмотра

5.2.7. Стальные трубы, используемые в качестве заземляющих проводников, при прокладке в них изолированных проводов на опорах

ВЛ 0,38 кВ должны иметь соединения, соответствующие требованиям, предъявляемым ГОСТ 10434-82* ко второму классу соединений. Должен быть также обеспечен надежный контакт стальных труб с корпусами ящиков, шкафов и т.п., установленных на опорах ВЛ, в которые вводятся трубы.

Соединение стальных труб, используемых в качестве заземляющих проводников, с корпусами ящиков устанавливаемых на опорах ВЛ 0,38 кВ, должно выполняться.

присоединением заземляющего проводника от фляжка, приваренного к трубе, к заземляющему болту на корпусе ящика или шкафа.

установкой на трубе двух установочных заземляющих гаек или одной установочной заземляющей гайки и контргайки с креплением стального листа корпуса ящика или шкафа.

футоркой, закрепляемой в отверстии корпуса, установочной заземляющей гайкой и контргайкой.

муфтой и футоркой, накрученной на ниппель, который крепится в отверстии корпуса ящика или шкафа.

муфтой, навинчиваемой на трубу и патрубков.

5.2.8. Присоединение заземляющих и зануляющих проводников к корпусам ящиков и щитков, установленных на опорах ВЛ 0,38 кВ, следует выполнять с помощью болтового соединения

5.2.9. Металлорукав (шланг электромонтажный), в котором прокладываются изолированные провода электропроводки, заземляется (зануляется) путем подсоединения к заземленному (зануленному) корпусу ящиков, коробок, аппаратов и т.п. оконцовочными гайками, муфтами и др. крепежными элементами.

Допускается заземлять (занулять) электромонтажный шланг с помощью заземляющих проводников, если оконцеватели не обеспечивают надежного контакта между шлангом и конструкцией. Заземляющий проводник – гибкий многопроволочный медный провод – присоединяется к шлангу (металлорукаву) при помощи банджа из четырех витков стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,0 – 1,5 мм с последующей припайкой припоем на оловяно-свинцовой основе, а к ящику, аппарату и т.п. – болтовым соединением.

Таблица 5.1

Наименьшие размеры заземляющих, нулевых защитных проводников и заземляющих спусков на опорах ВЛ 0,38 и 10 кВ (табл. 1.7.1., п.п. 2.4.25, 2.5.80 ПУЭ-85)

Наименование	Сечение, мм ²		Диаметр, мм		Толщина, мм	
	0,38 кВ	10 кВ	0,38 кВ	10 кВ	0,38 кВ	10 кВ
Сталь круглая неоцинкованная	-	-	6	10	-	-
То же, оцинкованная	-	-	6	6	-	-
Сталь полосовая неоцинкованная	48	48	-	-	4	4
Сталь угловая неоцинкованная, (толщина полки)	-	-	-	-	2,5	2,5
Стальные трубы водопроводные и тонкостенные, (толщина стенки)	-	-	-	-	2,5	-
Изолированные провода с медной многопроволочной жилой,	1,5	-	-	-	-	-
с алюминиевой однопроволочной жилой, предназначенной для заужения корпусов светильников уличного освещения	2,5	-	-	-	-	-

При прокладке проводов в трубах сечение нулевых защитных проводников (медных) допускается принимать равным 1 мм², если фазные проводники имеют то же сечение, например, в светильниках уличного освещения

5.2.10. Разъединитель и его привод, установленные на железобетонной опоре ВЛ 10 кВ присоединяются к заземляющему проводнику (магистральной) каждый отдельным заземляющим проводником

5.2.11. На опорах ВЛ 10 кВ с кабельными муфтами, где установлены ОПН или вентильные разрядники, заземляющий зажим разрядника, металлическая оболочка и броня кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между

собой по кратчайшему пути. Заземляющие зажимы разрядников должны быть соединены с заземлителем отдельным спуском (п.2.5.70. 42 157 ПУЭ-85). На железобетонных опорах анкерного типа для этих целей следует использовать арматуру стойки и арматуру подкоса, а на одностоечных опорах дополнительно к арматуре стойки прокладывается заземляющий проводник (спуск) поверх стойки. Оба заземляющих проводника (дополнительный и арматура одностоечной опоры, арматура стойки и подкосов анкерных опор) в верхней части опоры соединяются друг с другом непосредственно или с помощью заземляющих проводников.

5.2.12. Металлическая оболочка и броня силовых кабелей должны быть соединены между собой и с металлическими заземленными конструкциями опор ВЛ гибким многопроволочным медным проводом. Сечение заземляющих проводников для заземления металлических оболочек кабелей и корпусов муфт в зависимости от сечения жил кабеля должно быть не менее значений, указанных в таблице 5.2. Длина этого провода должна быть такой, чтобы было обеспечено последовательное присоединение брони и оболочки кабеля, корпуса концевой мачтовой кабельной муфты к заземленной металлоконструкции, на которой устанавливается муфта.

5.2.13. Заземляющий проводник присоединяется к свинцовой или алюминиевой оболочке кабеля при помощи банджа из четырех витков стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,0 - 1,5 мм с последующей припайкой. Места припайки к оболочке должны быть предварительно тщательно очищены и облужены: свинцовая оболочка - припоем на свинцово - оловяной основе, алюминиевая - припоем А.

Заземляющий проводник должен присоединяться при ленточной броне к обеим бронелентам, а при проволочной броне - по окружности ко всем проволочкам. Места присоединения должны быть предварительно зачищены до блеска и облужены припоем, после чего заземляющий проводник крепится банджом из стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,0 - 1,5 мм и припаивается тем же припоем.

Место соединения заземляющего проводника с алюминиевой оболочкой кабеля после пайки должно быть покрыто глифталевым лаком. После чего поверх кабеля выполняется подмотка в несколько слоев самосклеивающейся лентой.

Таблица 5.2

**Минимальные сечения заземляющих проводников кабельных
концевых мачтовых муфт в зависимости от сечения жил кабеля**

Сечение жилы кабеля, мм ²	Сечение неизолиро- ванного медного провода марки МГ, мм ²	Типоразмер кабель- ного наконечника (медного) по ГОСТ 7386-80*	Маркировка
до 10	6	—	—
от 16 до 35	10	6-6-4	6-6
от 50 до 120	16	16-6-6 16-8-6	16-6 16-8
от 150 до 240	25	25-6-8 25-8-8	25-6 25-8

5.2.14. При установке концевых мачтовых кабельных муфт на деревянных опорах ВЛ 0,38-10 кВ корпуса муфт допускается присоединять к металлической оболочке и броне кабеля, используемых в качестве заземляющего спуска, при этом оболочка кабеля должна быть присоединена к заземлителю опоры ВЛ

5.2.15. Заземление крюков и штырей на опорах ВЛ 0,38 кВ осуществляется через кронштейн и связь с заземляющим спуском на деревянных опорах или с заземляющим выпуском стоек железобетонных опор

Зануление металлических корпусов светильников уличного освещения выполняется присоединением корпуса светильника к нулевому проводу ВЛ. Присоединение выполняется проводом с атмосферостойкой изоляцией той же марки и сечения, что и ответвление для зарядки светильника, и сечением не менее, указанным в таблице 5.1. (п.п. 6.1.20, 6.1.25 ПУЭ – 85)

5.2.16. Проводники заземления нейтрали трансформаторов должны прокладываться отдельно к заземлителю или к сборным заземляющим шинам

Сборные заземляющие шины в этом случае должны быть соединены с заземляющим устройством трансформаторной подстанции не менее чем в двух местах и обязательно по концам шин

5.2.17 На трансформаторных подстанциях типа КТП и МТП соединение нейтрали трансформатора с заземляющим устройством осуществляется отдельным заземляющим проводником.

Опорный кронштейн под трансформатор заземляется отдельным проводником. Допускается опорный кронштейн подсоединить к заземляющему проводнику нейтрали трансформатора, выполняющего роль магистрали заземления. Привод разъединителя подсоединяется к этой магистрали или к опорному кронштейну.

Бак трансформатора соединяется с опорным кронштейном заземляющим проводником в том случае, если не обеспечен надежный контакт корпуса трансформатора и опорного кронштейна крепежными болтами.

Разъединитель КТП заземляется путем присоединения его к верхнему выпуску стойки опоры. К этому заземляющему проводнику подсоединяются все траверсы, кронштейны и выпуск подкоса.

Узел крепления подкоса заземлять не требуется.

На МТП, разъединитель присоединяется заземляющим проводником к верхнему выпуску опоры с подсоединением к этому проводнику всех траверс и кронштейнов, привод — к нижнему выпуску опоры или заземлителю в удобном для монтажа месте.

5.2.18 При выполнении заземления закрытых ТП для магистрали заземления используются все опорные металлоконструкции. Для этой цели все опорные металлоконструкции в местах стыков и в торцах должны быть соединены электросваркой между собой полосовой сечением не менее 4 x 25 мм или круглой диаметром не менее 10 мм сталью (1.7.76, 1.7.78 ПУЭ-85).

Заземление шкафов и панелей осуществляется приваркой их к опорным металлоконструкциям.

Заземление фланцев проходных изоляторов, опорных металлических конструкций и корпусов аппаратов выполняется по месту круглой сталью или полосовой сталью диаметром и сечением не менее указанных в таблице 5.1

Защита от прямых ударов молнии (при необходимости) выполняется путем заземления всех металлических закладных элементов несущей конструкции кровли

Соединение закладных элементов между собой и с наружным заземлителем выполняется круглой сталью диаметром не менее 6 мм электросваркой. При входе в землю используется проводник диаметром 10 мм. Если нет возможности использовать закладные элементы кровли молниезащита здания подстанции осуществляется путем укладки на кровлю сверху по периметру здания стали круглой диаметром 6 мм. В двух местах с противоположных сторон здания подстанции делаются спуски к наружному заземлителю. Спуски выполняются из круглой стали диаметром не менее 6 мм или полосовой сталью сечением не менее 4x12 мм.

5.2.19. Конструкции узлов и деталей для соединения заземляющих проводников должны быть транспортабельными и изготавливаться промышленным способом в мастерских строительно-монтажных организаций.

5.3. Общие требования к сварным и болтовым соединениям.

5.3.1. Соединение заземляющих проводников между собой, присоединение заземляющих спусков к заземлителям, а также присоединение заземляющих проводников к заземляемым конструкциям опор и к заземляемому электрооборудованию должны обеспечивать надежный контакт и выполняться сваркой или болтовым соединением, в соответствии с требованиями ГОСТ 10434-82 "Соединения контактные электрические Общие технические требования", относящимися ко второму классу соединений. При этом должны быть предусмотрены меры против ослабления болтового соединения, а также против коррозии контактных соединений.

5.3.2. Применение болтовых соединений без пружинных шайб запрещается. Допускается применение контргайек вместо пружинных шайб.

5.3.3. Контактные болтовые соединения заземляющих элементов допускаются только над поверхностью земли и недопустимы в земле.

5.3.4. Контактные поверхности болтовых соединений должны быть предварительно зачищены до металлического блеска и смазаны тонким слоем технического вазелина. После затяжки болтов место контакта должно быть окрашено краской по грунтовке аналогично окраске всего заземляющего элемента. Примеры выполнения болтовых соединений приведены на рис. 5.1 - 5.4

5.3.5. Длина сварного шва и места приварки зависят от формы свариваемых элементов и должны соответствовать по размеру и месту сварного шва конструкциям, приведенным на рис. 5.5 - 5.9.

Длина сварного шва должна быть не менее двойной ширины проводника при прямоугольном сечении и не менее шести диаметров при круглом сечении. При сварке стального круглого проводника диаметром d с двух сторон, длину шва допускается уменьшить до $3d$.

При Т - образном соединении внахлестку двух полос длина нахлестки определяется шириной полосы.

5.3.6. Для защиты от коррозии места сварки должны покрываться антикоррозионными покрытиями на битумных или других основах, если свариваемые детали находятся в земле. Места сварки, находящиеся на воздухе, окрашиваются краской по грунтовке, аналогично окрашиваемым металлическим конструкциям, к которым подсоединяется заземляющий проводник

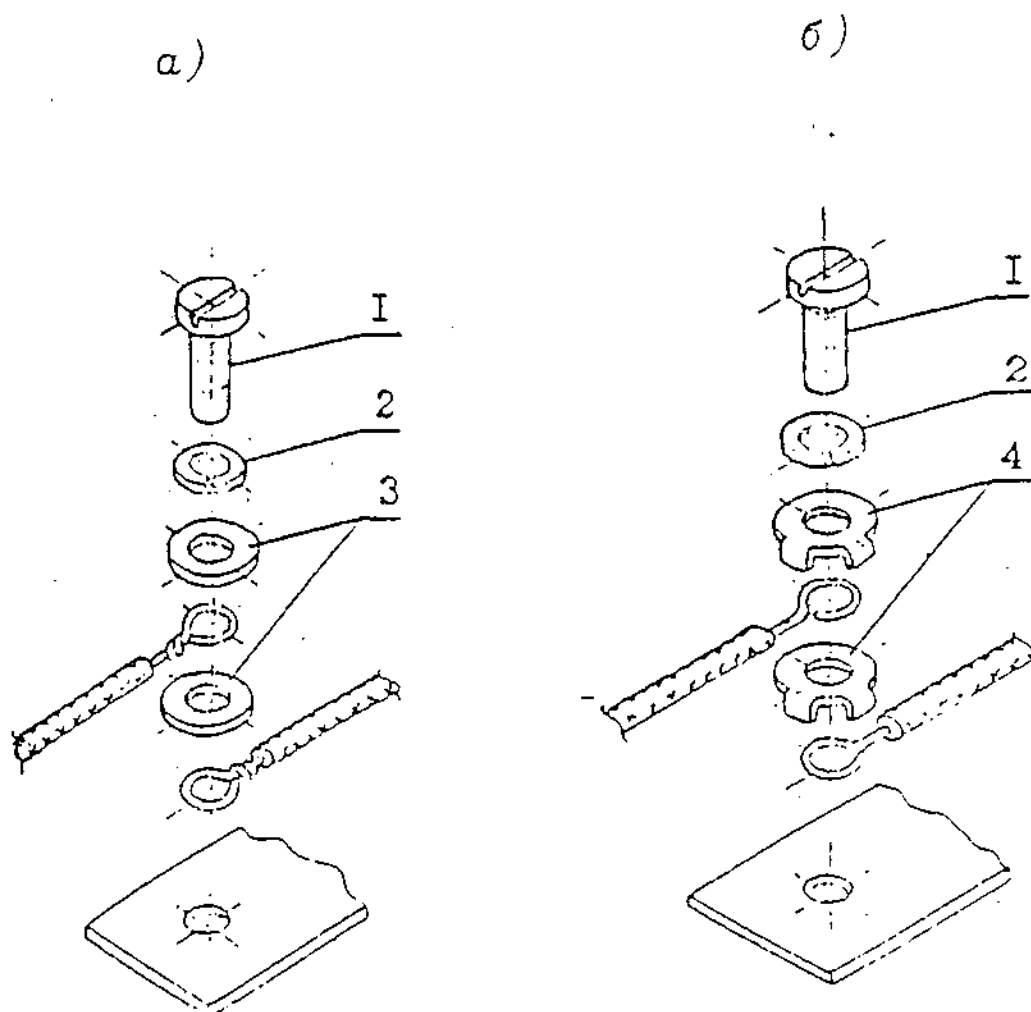


Рис. 5.1 Присоединение закупающих проводников, выполняемое изолированными проводками

- а) с медными многопроволочными жилами
- б) с алюминиевыми однопроволочными жилами
- 1 - винт М6
- 2 - шайба пружинная
- 3 - шайба
- 4 - шайба-звездочка

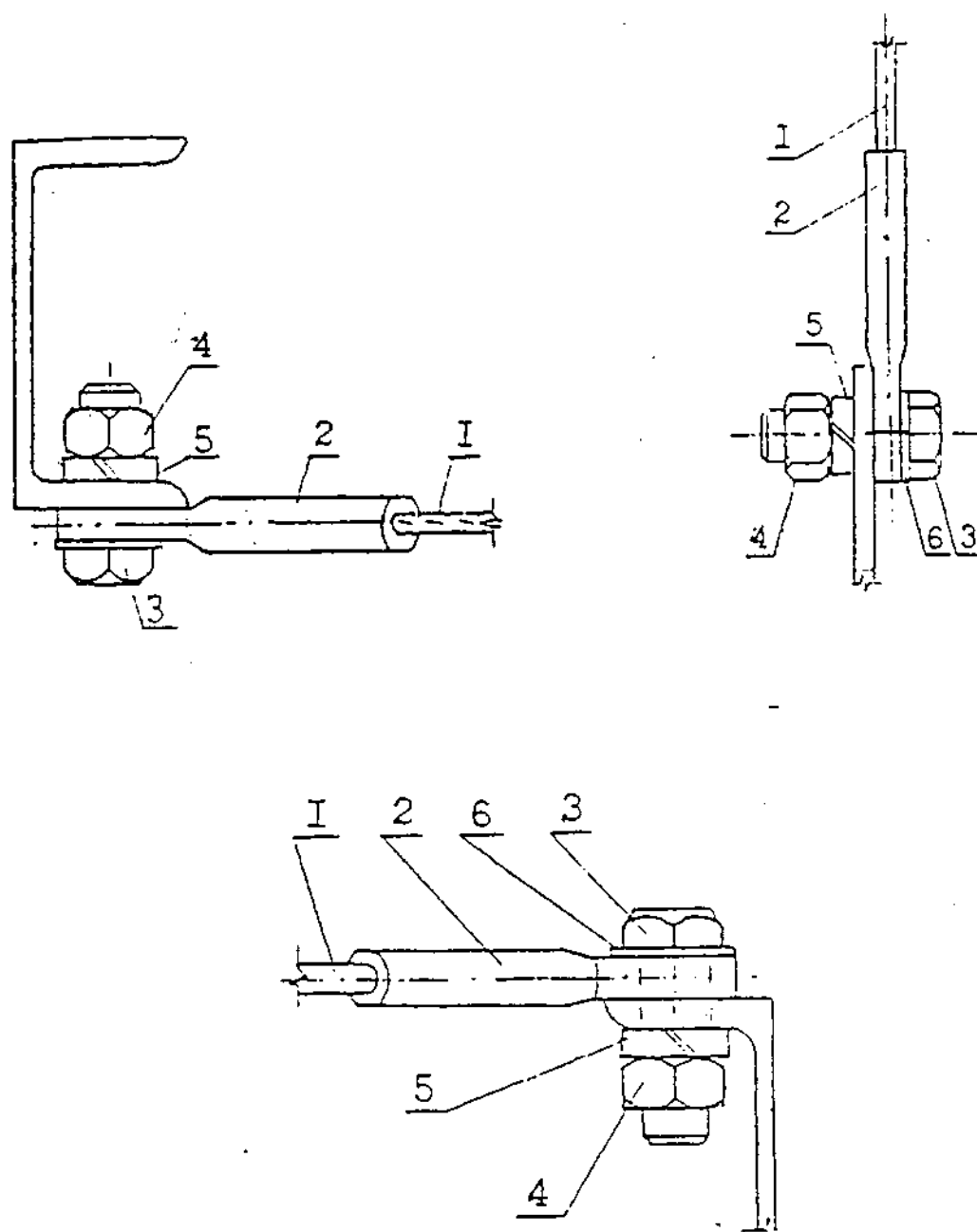


Рис. 5.2 Болтовые соединения заземляющих проводников

- 1 - заземляющий проводник
- 2 - зажим заземляющий
- 3 - болт
- 4 - гайка
- 5 - шайба пружинная
- 6 - шайба

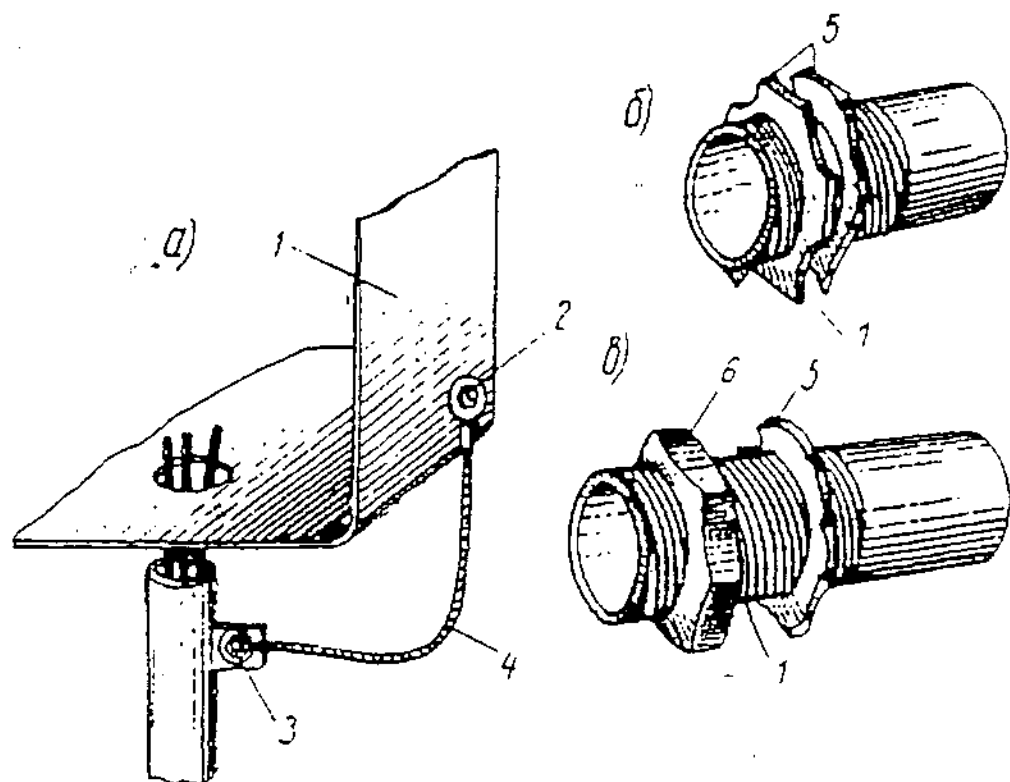


Рис 5.3 Заземление корпуса аппарата, шкафа и т.п. через трубу электропроводки
 а) подсоединение трубы с помощью перемычки
 б), в) присоединение трубы непосредственно к корпусу

- 1 - корпус аппарата, шкафа и т.п.
- 2 - болт заземления
- 3 - фланжок, приваренный к трубе
- 4 - перемычка
- 5 - установочная заземляющая гайка
- 6 - контргайка

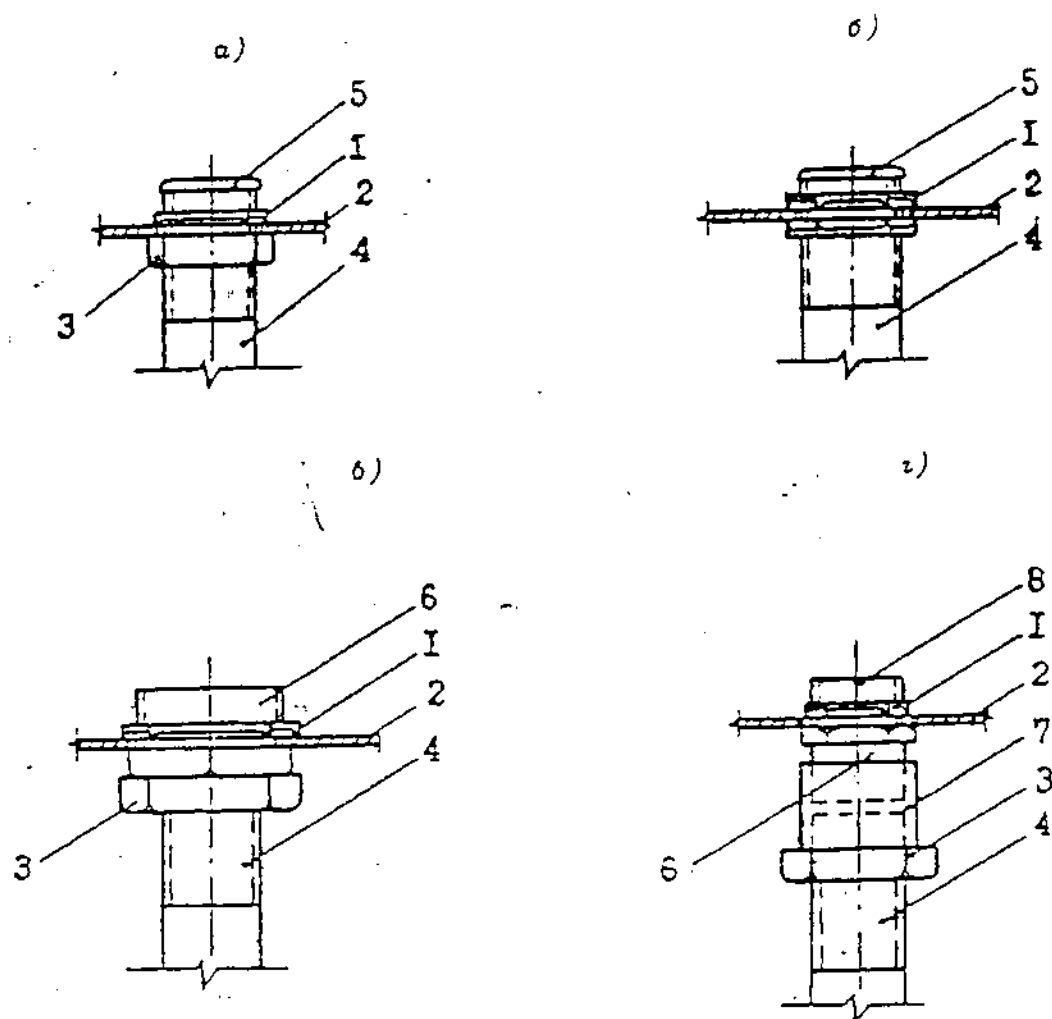


Рис. 5.4 Соединение труб, используемых в качестве заземляющих проводников, с корпусом аппаратов, шкафов и т.п.

- а) контргайкой и установочной заземляющей гайкой
- б) двумя установочными заземляющими гайками
- в) sleeve футорки (применяется если диаметр отверстия в корпусе больше диаметра трубы)
- г) шпунтой и футоркой, надетой на ниппель (применяется если диаметр отверстия в корпусе меньше диаметра трубы)
- 1 - установочная заземляющая гайка
- 2 - корпус аппарата, шкафа и т.п.
- 3 - контргайка
- 4 - труба стальная
- 5 - втулка полиэтиленовая
- 6 - футорка
- 7 - шпунта
- 8 - ниппель

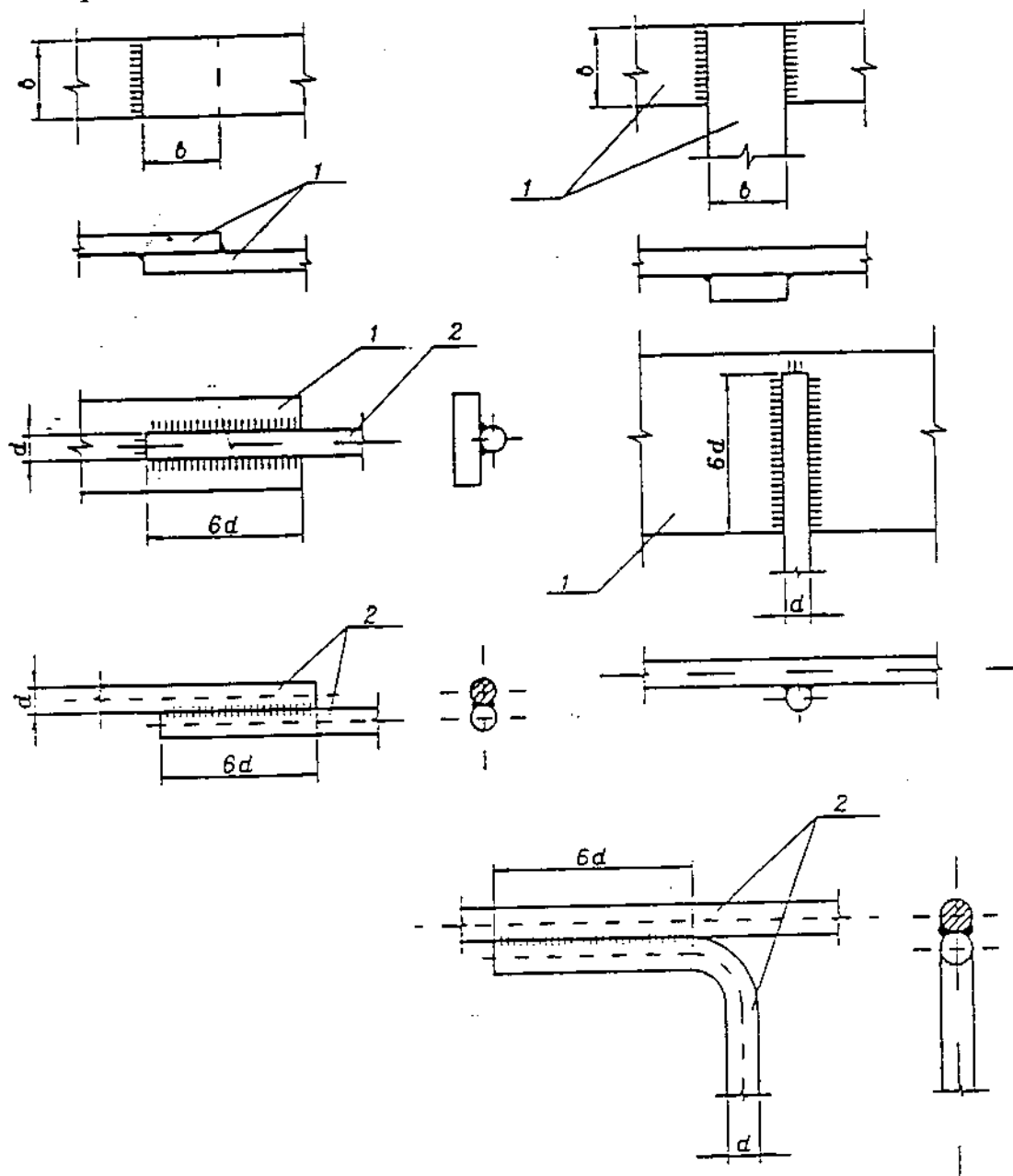


Рис. 5.5 Соединение заземляющих проводников сваркой

1-проводник из полосовой стали
2-проводник из круглой стали

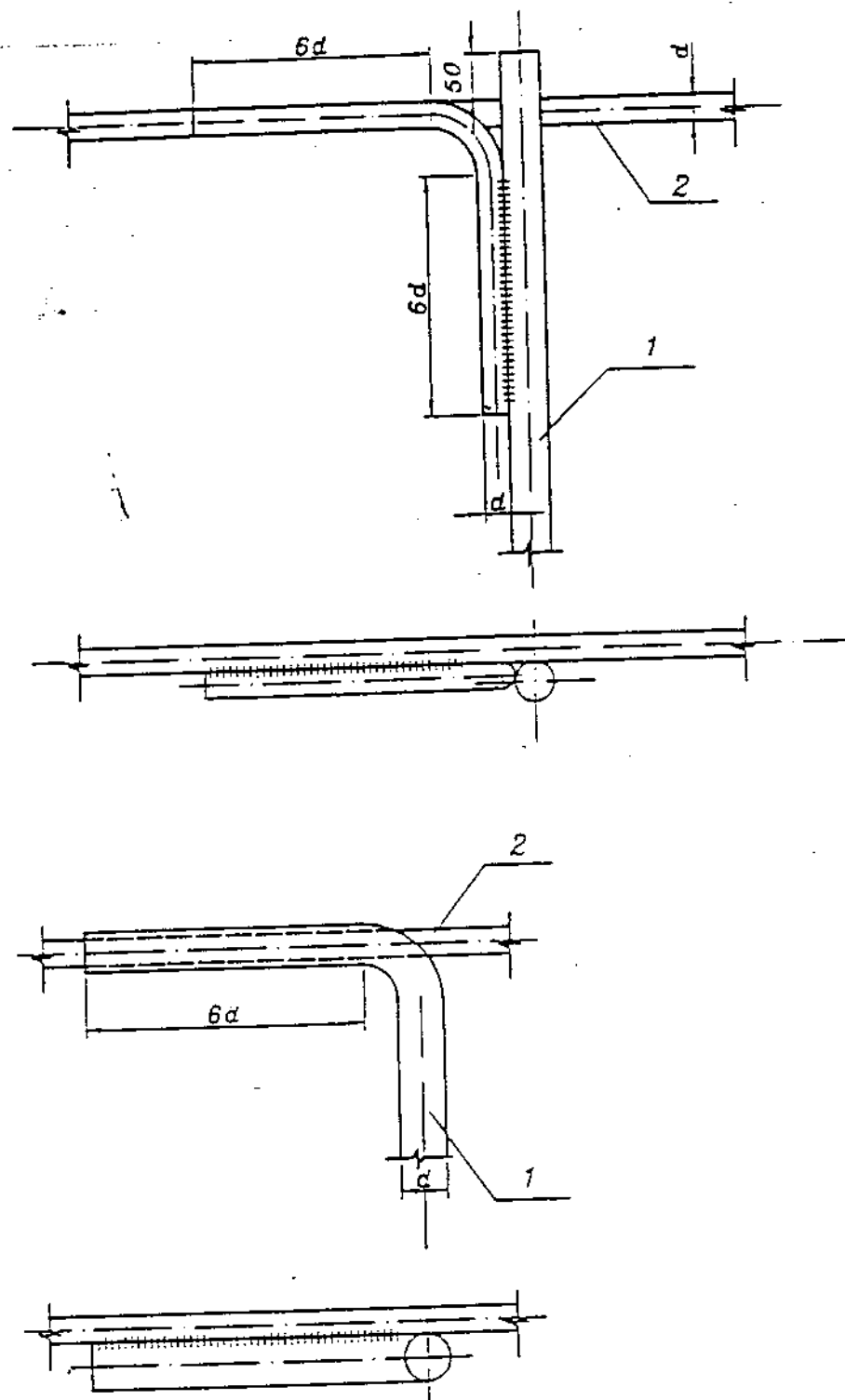


Рис. 5.6 Соединение заземляющих проводников из круглой стали с заземлителем

- 1 - заземлитель
- 2 - заземляющий проводник

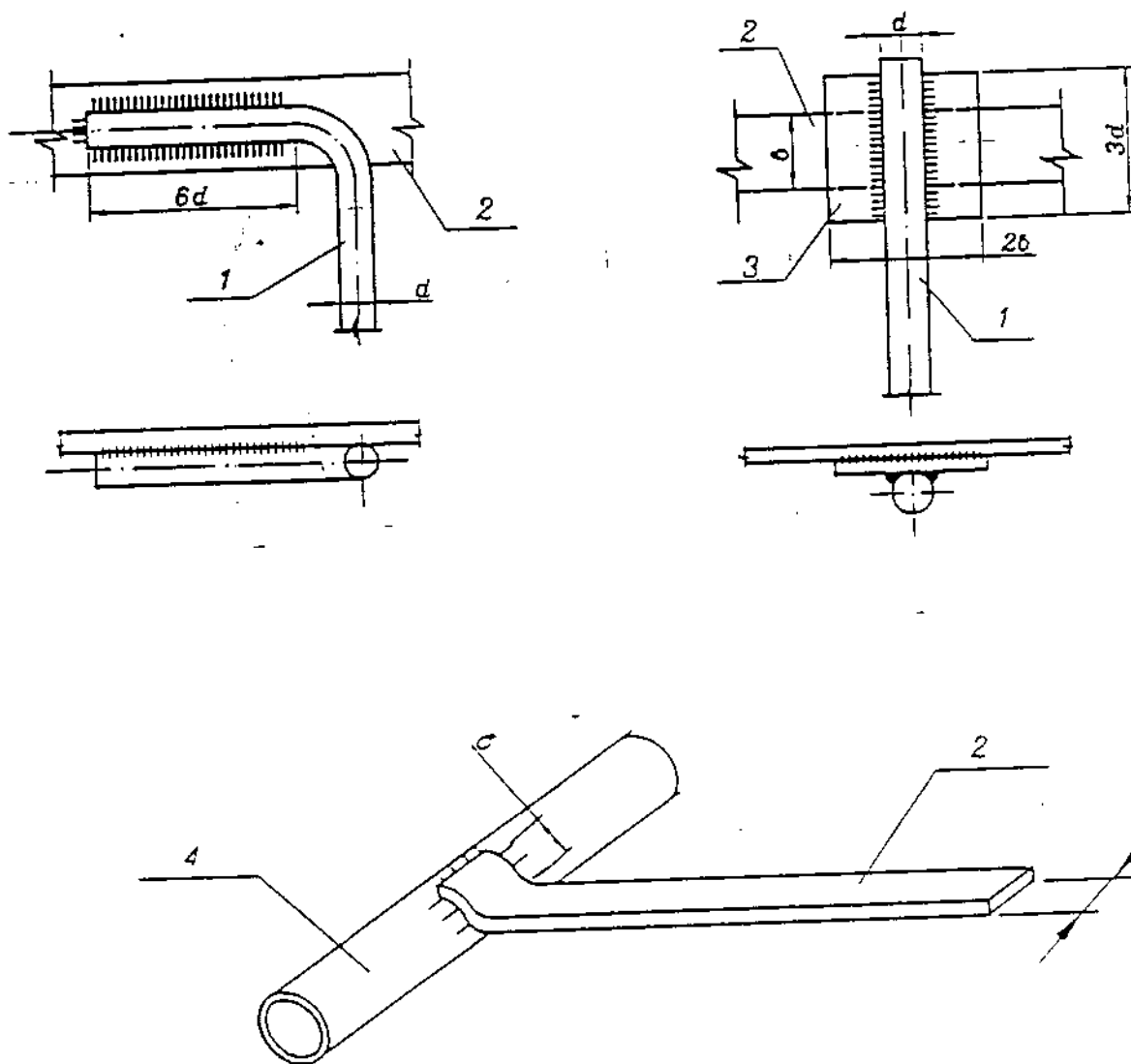


Рис. 5.7 Соединение заземляющих проводников из полосовой стали с заземлителем и конструкциями

- 1 - заземлитель
- 2 - заземляющий проводник
- 3 - планка из полосовой стали
(применяется при $b < 3d$)
- 4 - конструкция

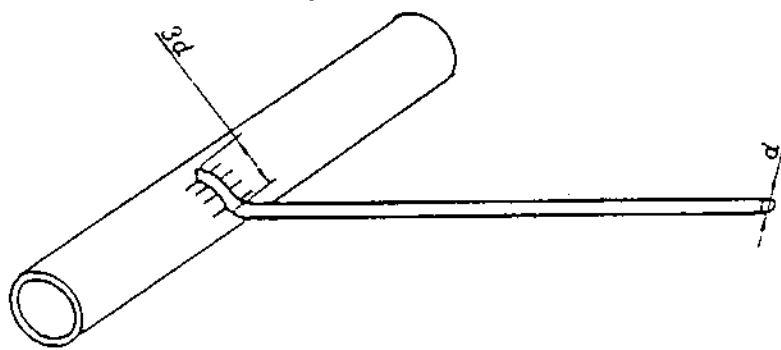
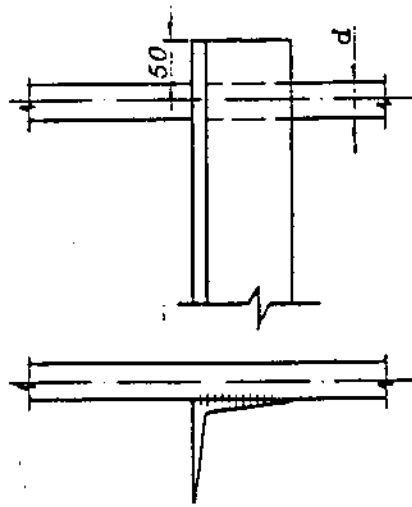


Рис. 5.8 Соединение заземляющих проводников из круглой стали с конструкциями

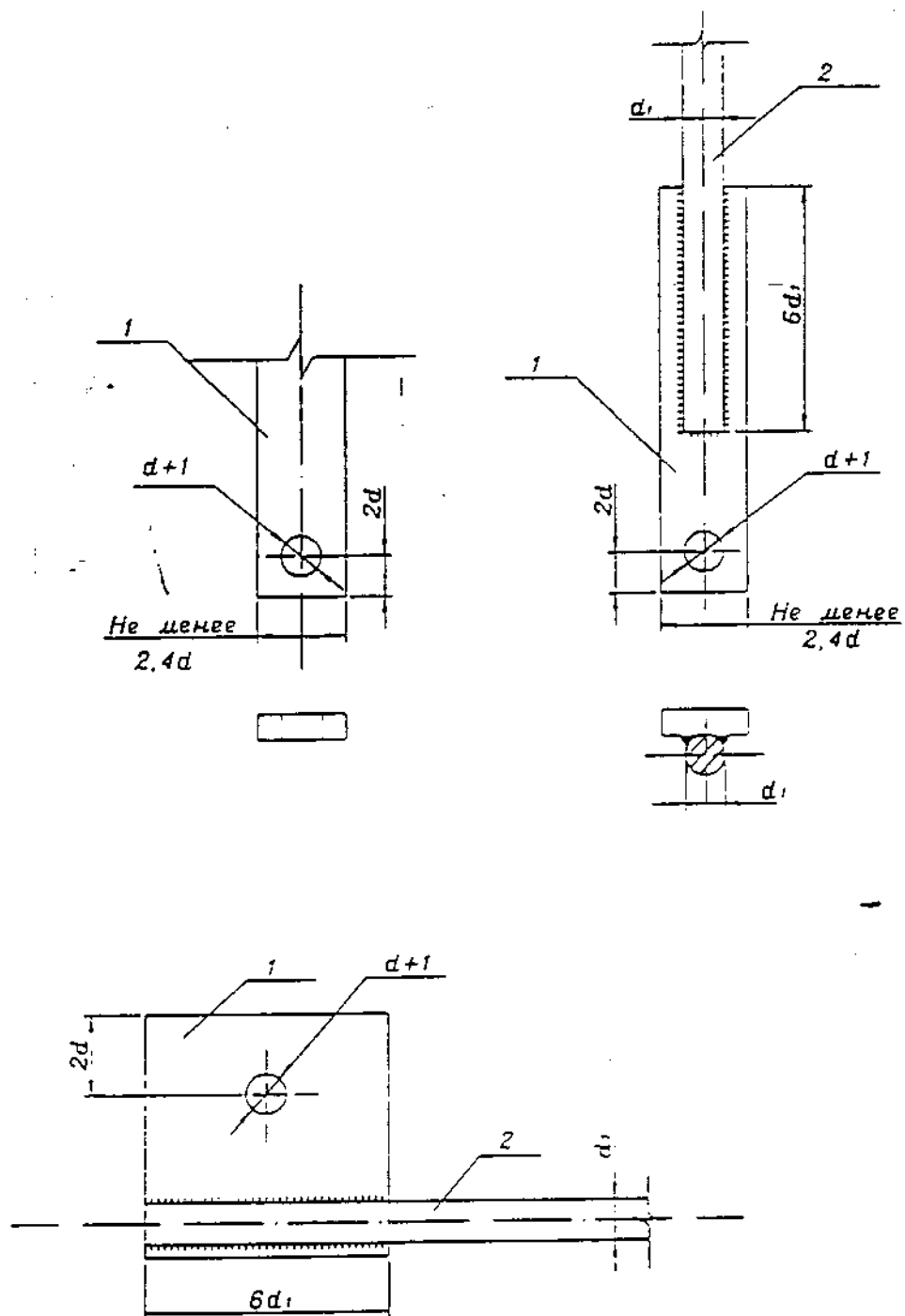


Рис. 5.9 Оконцевание заземляющих проводников для их присоединения к электрооборудованию

1 - проводник из полосовой стали

2 - проводник из круглой стали

d - диаметр болта заземления

d_1 - диаметр заземляющего проводника из круглой стали

6. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ (ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ)

6.1. Схемы и порядок измерения сопротивления заземляющих устройств.

6.1.1. Измерение сопротивления заземляющих устройств должны выполняться по «Методическим указаниям» [17].

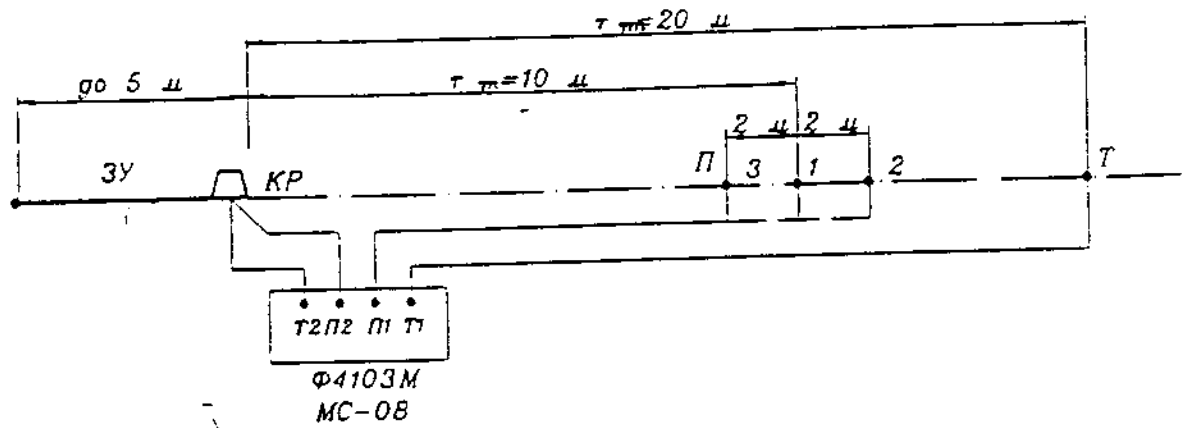
Если пользоваться другими инструкциями, схемами установки измерительных электродов, приведенными на крышках измерителей сопротивления заземлений, распространенными в практике методами забивки измерительных электродов и другими, укоренившимися в практику «измерений», методами, фактическое сопротивление может отличаться от «измеренного» на десятки и сотни процентов

6.1.2. Для измерения сопротивления заземлителей опор, имеющих размеры до 5 м, можно пользоваться упрощенной однолучевой схемой измерения, приведенной на рис. 6.1а, а имеющих размеры от 5 до 20 м - схемой, приведенной на рис. 6.1б. При этом не следует обращать внимание на схему расположения измерительных электродов, приведенную на крышке прибора МС-08. Измерительные электроды П и Т следует располагать на однообразном ландшафте, как указано на рис. 6.1 и для получения достоверного результата произвести как минимум три измерения, при положении потенциального электрода в точках 1, 2 и 3. Измерения считаются достоверными, если показания прибора при положении потенциального электрода в точках 2 и 3 отличаются от показания прибора в точке 1 не более чем на 10%. При этом, обязательным условием достоверности измерений является следующее

1) все три показания одинаковы, что и является истинным сопротивлением, или 2) при положении потенциального электрода в точке 2 показания больше в пределах 10%, а в точке 3 меньше в пределах 10% показаний прибора, при положении потенциального электрода в точке 1. В этом случае за измеренное сопротивление принимается показание прибора при положении потенциального электрода в точке 1

Если эти условия не соблюдаются, измерения считаются недостоверными и их следует повторить, увеличив при этом расстояние до токового электрода в 1,5-2 раза или изменив направление разноса измерительных электродов. Разносы

а)



б)

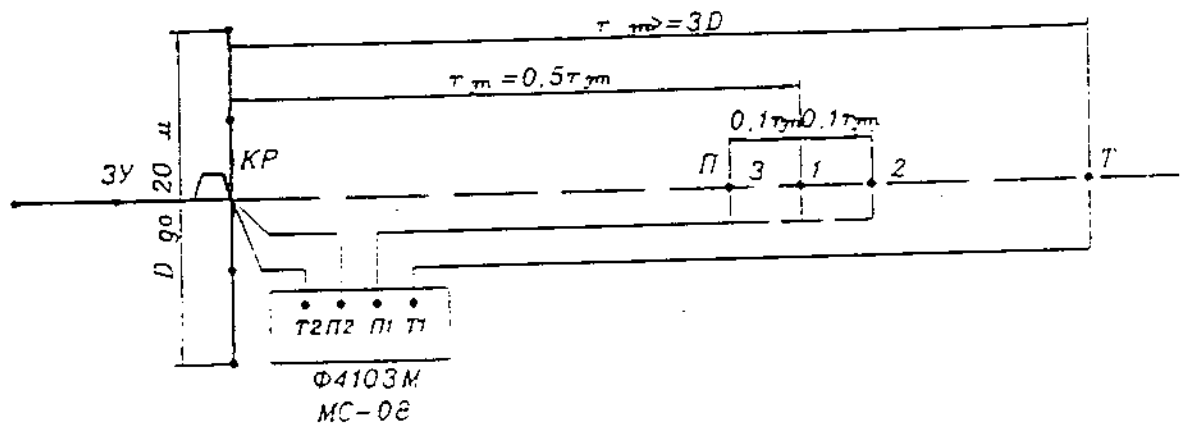


Рис 6.1 Расположение измерительных электродов при измерении сопротивления заземляющих устройств (заземлителей)

3У - заземляющее устройство (ЗУ) или заземлитель
 КР - край заземлителя (ЗУ)
 Д - диагональ (наибольший размер) заземлителя (ЗУ)
 П, Т - потенциальный и токовый электроды
 τ_m, τ_m - расстояние от края заземлителя (ЗУ) до места установки потенциального и токового электродов

делаются, как правило, перпендикулярно оси линии. Применение двухлучевой схемы измерения недопустимо.

6.1.3. Результаты измерения оформляются протоколом.

6.2. Приборы для измерений сопротивления заземляющих устройств

Для измерения сопротивления заземляющих устройств и простых заземлителей применяются специальные приборы – измерители сопротивления заземлений. Основным из них и рекомендуемым для практического пользования является измеритель сопротивления заземления Ф4103М. Прибор выпускается ПО Мегометр (Украина, г. Умань) и предназначен для измерения сопротивления как простых заземлителей, так и сложных заземляющих устройств действующих и недействующих электроустановок всех классов напряжения.

Положительными особенностями данного прибора являются:

- 1) благодаря конструктивным особенностям его показания практически соответствуют входному сопротивлению ЗУ на частоте 50 Гц, как того требуют ПУЭ и ГОСТ 12.1.030-81, при работе самого прибора на повышенной частоте (265-310 Гц);
- 2) малая трудоемкость производства измерений, т.к. потенциальная и токовая цепи допускают высокие сопротивления измерительных электродов (12 - 1 кОм);
- 3) на показания прибора не влияют внешние помехи и способ раскладки проводов, идущих к токовому и потенциальному электродам;
- 4) широкий диапазон измеряемого сопротивления, от 0,03 Ом до 15000 Ом;
- 5) простота производства измерений.

6.3. Приборы снятые с производства

В энергосистемах и на предприятиях эксплуатируются ранее выпускавшиеся измерители сопротивления заземлений МС-08 и М-416. Прибор МС-08 удовлетворяет всем требованиям измерения сопротивления и может применяться для измерений сопротивлений в электроустановках всех классов напряжения без каких-либо ограничений.

Единственным, но существенным недостатком измерительного прибора

МС-08 является то, что для производства измерений требуется низкое сопротивление токового (до 250 Ом на диапазоне измерения 0-10 Ом, до 500 Ом на диапазоне 0-100 Ом и до 1000 Ом на диапазоне 0-1000 Ом) и потенциального (до 1000 Ом на всех диапазонах) электродов. Процесс обеспечения таких сопротивлений трудоемкий и длительный, а иногда вообще невозможно добиться работы прибора в грунтах с высоким удельным сопротивлением земли. Поэтому прибор МС-08 не рекомендуется для измерения сопротивлений в сетях 0,38-10 кВ.

Прибор М-416 совершенно не защищен от помех, от влияния токовой цепи на потенциальную. На действующих, а при большом разnose измерительных электродов и на недействующих электроустановках его показания не соответствуют действительности, поэтому им нельзя пользоваться для измерения сопротивления заземляющих устройств.