



ОАО «НПО «Стример»



Утверждаю
Генеральный директор
ОАО «НПО «Стример»

Иванов И.В.

Научный руководитель
ОАО «НПО «Стример»

д. т. н. Подпоркин Г.В.

Типовые конструктивные решения

Установка длинно-искровых разрядников на опорах ВЛ 10кВ

Разработаны и утверждены ОАО «НПО «Стример»

Введены в действие с 01.12.2008г.

Санкт-Петербург 2008г.

Настоящий альбом типовых конструктивных решений разработан в ОАО “НПО” Стример” в качестве единой основы для проектирования воздушных линий (ВЛ) 6-10кВ с системой грозозащиты на основе применения длинно-искровых разрядников (РДИ) всех серийных выпускаемых типов: РДИП-10-IV-УХЛ1, РДИШ-10-IV-УХЛ1, РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1, РДИМ-10-К-II-УХЛ1. Данный альбом существенно дополняет проектные решения, разработанные ОАО “РОСЭП” (Шифр 23.0067) и ОАО “Институт Западсельэнергопроект” (Шифр Э-211 и Шифр 685179), и адресован проектировщикам ВЛ, инженерно-техническому персоналу энергосетевых, строительных и эксплуатационных компаний, связанному с решением задач повышения эффективности и надежности работы энергосистем в условиях грозовых воздействий на ВЛ.

Помимо непосредственных конструктивных материалов для проектирования в данное пособие включено общее описание основных принципов грозозащиты электрических сетей 6-10 кВ с применением РДИ, их конструктивных особенностей и области применения.

Содержание

I. Основы применения длинно-искровых разрядников для грозозащиты электрических сетей классов напряжения 6 - 10 кВ

1. Проблема грозозащиты распределительных сетей.	2
2. Особенности длинно-искровых разрядников, как уникального класса грозозащитных устройств.	4
3. Общие принципы грозозащиты электрических сетей 6-10 кВ с помощью технологии длинно-искровых разрядников (РДИ).	5
3.1 Защита ВЛ на железобетонных и металлических опорах от индуктированных перенапряжений	5
3.2 Защита ВЛ на железобетонных и металлических опорах от прямых ударов молнии	5
3.3 Защита ВЛ на деревянных опорах от индуктированных перенапряжений	5
3.4 Защита ВЛ на деревянных опорах от прямых ударов молнии	6
3.5 Защита подходов к подстанциям и кабельным вставкам	6
4. Виды РДИ, конструктивные особенности, принцип действия, области применения.	7
4.1 Петлевой разрядник РДИП-10-IV-УХЛ1	7
- Технические характеристики.	7
- Технические требования по установке разрядников на ВЛ.	8
- Варианты установки разрядников на разные типы опор и регламентные проверки.	8
4.2 Петлевой разрядник модифицированный РДИП1-10-IV-УХЛ1	9
4.3 РДИ шлейфового типа (РДИШ-10-IV-УХЛ1)	10
4.4 РДИ модульного типа с длиной перекрытия по поверхности 1,5 м (РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1)	11
4.5 РДИ модульного типа для компактных ВЛ (РДИМ-10-К-II-УХЛ1)	13

Выводы	14
Список литературы	14

II. Типовые конструктивные решения по установке длинно-искровых разрядников на опорах ВЛ 10 кВ

Возможные варианты сочетания типовых опор ВЛ 10 кВ и устанавливаемых на них длинно-искровых разрядников	16
Варианты установки РДИП-10-IV-УХЛ1	19
Варианты установки РДИП1-10-IV-УХЛ1	28
Варианты установки РДИШ-10-IV-УХЛ1	34
Варианты установки РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	37
Варианты установки РДИМ-10-К-II-УХЛ1	45

1. Проблема грозозащиты распределительных сетей.

Анализ опыта эксплуатации распределительных электрических сетей показывает, что их надежность ниже, чем у сетей более высоких классов напряжения. Повреждения в распределительных сетях обуславливают большую часть ущерба, связанного с перерывами в электроснабжении потребителей.

Одной из основных причин аварий и нарушений являются грозовые перенапряжения на воздушных линиях (ВЛ), вызывающие импульсные перекрытия и разрушения изоляторов и приводящие к дуговым замыканиям, сопутствующим повреждениям оборудования, отключениям линий.

Аварийные отключения ВЛ 6, 10 кВ по причине грозовых перенапряжений составляют до 40% от общего числа их отключений.

Из-за низкой импульсной прочности изоляция распределительных сетей подвержена перекрытиям как от перенапряжений при прямых ударах молнии, так и от индуктированных перенапряжений при разряде молнии вблизи линии. Последние являются основной причиной грозовых отключений и повреждений оборудования сетей 6, 10 кВ, составляя в некоторых случаях до 90%, а при прохождении трассы ВЛ по лесному массиву и до 100%, от их общего количества.

Таким образом, надежность электроснабжения потребителей во многом зависит от эффективности грозозащитных мероприятий.

Действовавшие до настоящего времени в России нормы не предусматривали какой-либо специальной защиты от грозовых перенапряжений ВЛ с неизолированными проводами напряжением до 20 кВ, за исключением случаев защиты отдельных точек ВЛ с ослабленной изоляцией или с повышенными требованиями по надежности. В этих местах предполагалась установка трубчатых или вентильных разрядников, нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН), а также искровых промежутков при наличии автоматического повторного включения (АПВ).

Существующий опыт применения разрядников и ОПН для защиты ВЛ от грозовых перенапряжений и теоретические исследования показывают, что их технические возможности не могут в полной мере удовлетворить предъявляемым к ним требованиям в соответствии с условиями работы на воздушной линии при воздействии грозовых разрядов. Так даже самые совершенные из успешно применяемых для грозозащиты подстанционного оборудования ОПН не способны без разрушения выдерживать те, реально возможные, токи разряда молнии, которые будут протекать через них в случае установки на ВЛ.

Искровые воздушные промежутки приводят только к увеличению числа отключений ВЛ, поскольку не способны гасить сопровождающую грозовое перекрытие дугу.

Единственным средством, которое хотя и не защищает непосредственно от грозовых воздействий, но сокращает степень их последствий, служит АПВ, эффективность которого для распределительных сетей составляет не более 50%.

Поскольку оно, к тому же, негативным образом отражается на коммутирующем и другом высоковольтном оборудовании, АПВ применяется далеко не везде.

Такое объективное состояние проблемы грозозащиты распределительных ВЛ приводило к признанию неизбежности их грозовых аварийных отключений и повреждений в силу отсутствия экономически доступных технических средств.

В то же время, осуществляемая в последние годы в нашей стране техническая политика, направленная на применение на распределительных ВЛ защищенных проводов, существенным образом способствовала выработке и принятию новых прогрессивных технических решений в области грозозащиты.

Воздушные линии с защищенными проводами (ВЛЗ) имеют ощутимые эксплуатационно-техническими преимуществами перед ВЛ с неизолированными проводами по меньшей повреждаемости, надежности электроснабжения потребителей, безопасности, материалоемкости, габаритам, но требуют специального решения вопроса их грозозащиты.

Особенностью проблемы грозозащиты ВЛЗ является то, что в случае отсутствия специальных мер, при грозовом перекрытии изолятора линии, сопровождаемом пробоем твердой изоляции провода, образующаяся с большой вероятностью дуга промышленной частоты не имеет возможности

перемещаться по проводу и горит в месте пробоя изоляции до момента отключения линии (см. рис.1). Это может привести к обжигу изоляции провода, повреждению изолятора линии и к пережогу провода.

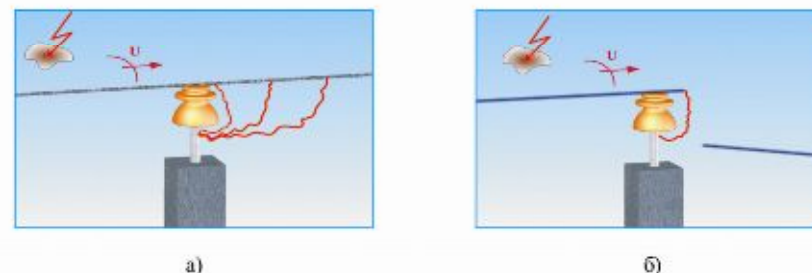


Рис.1 Различия процесса дугового замыкания на ВЛ с голым и с защищенным проводом:

а) перемещение дуги по голому проводу; б) фиксация дуги в точке пробоя защитной оболочки.

Поскольку на линии с неизолированными проводами дуга под воздействием электродинамических сил способна перемещаться одним из своих концов вдоль провода, фактор повреждения провода вследствие теплового воздействия дуги был малозначим и никак не влиял на формирование концепции грозозащиты ВЛ. В случае же ВЛЗ предотвращение пережога провода становится главным условием, определяющим необходимость обязательного применения тех или иных грозозащитных мер.

Наиболее прогрессивные решения в области грозозащиты воздушных линий, известные в мировой практике, связаны с применением ОПН.

Широкое распространение для грозозащиты воздушных линий ОПН получили в Японии, где на распределительных ВЛ применяются только защищенные провода, и действуют жесткие требования по надежности электроснабжения потребителей. При установке ОПН, рассчитанных на грозовой ток 2,5 кА, параллельно каждому изолятору ВЛЗ с подключением к проводу через искровой промежуток они эффективно предотвращают дуговые замыкания и, соответственно, не только пережоги проводов, но и отключения линии при индуктированных перенапряжениях, но при обязательном условии - **наличии на ВЛ грозозащитного троса**. На ВЛ без троса при прямом ударе молнии в провод ОПН повреждаются и подлежат замене [1,2].

Вследствие достаточно высокой стоимости сочетания ОПН с грозотросом для наших энергосистем такие меры грозозащиты пока экономически неприемлемы.

Поскольку первоначальный опыт строительства ВЛЗ в России был основан на использовании того типа защищенных проводов, которые до этого применялись в Финляндии, то и сопутствующие технологии, обеспечивавшие их внедрение, были отсюда же автоматически заимствованы, в частности – система дугозащиты, предназначенная для предотвращения пережога проводов при грозовых перенапряжениях.

Смысл действия данной системы при идеальной реализации должен был заключаться в следующем.

Устанавливаемые на все три провода вблизи изоляторов дугозащитные «рога» вместе со спиральной арматурой должны обеспечивать отвод от каждого из проводов горячей после грозового перекрытия изолятора дуги и способствовать переходу возможных однофазных дуговых замыканий, по меньшей мере, в двухфазные (см. рис.2).

На рис. 2 а схематично показана картина процесса перехода импульсного грозового перекрытия изолятора на одной фазе ВЛЗ в дуговое замыкание. В случае, если сопровождающий ток промышленной частоты достаточно велик, возникает электродинамическая сила, способная перемещать дуговой канал вдоль специальной дугоотводящей спиральной проволоки на защитный рог. На рис.2 б схематично показан переход однофазного замыкания на ВЛЗ в двухфазное за счет переброса дугового канала с защитного рога одной из фаз, на которой произошло грозовое перекрытие, на рог соседней фазы, изолятор которой не перекрывался.

Исходя из показанного принципа действия дугозащитных рогов, провода должны защищаться от пережога за счет обгорания «рогов» и за счет гарантированного гашения дуги при отключении линии из-за междуфазных коротких замыканий.

Эта, условно называемая «финской», система дугозащиты имеет существенные недостатки.

Препятствуя перегоранию проводов, она не защищает изоляцию от перенапряжений и не предотвращает короткие замыкания и отключения линии вследствие грозовых воздействий. Более того, она рассчитана на то, чтобы за счет специального расположения дугозащитных «рогов» однофазные замыкания переводить в многофазные только для того, чтобы добиться отключения линии. Такой принцип ее действия никак не согласуется с основной идеей функционирования электрических сетей с изолированной нейтралью, для которых однофазное замыкание не является аварийным режимом, требующим обязательного отключения. В данном случае, одна проблема, связанная с защитой от пережога проводов, решается за счет усугубления других проблем.

В процессе дугоотвода происходит интенсивное обгорание «рогов», требующее их периодической замены.

Установка «рогов» на ВЛЗ неизбежно приводит к утрате изоляционных свойств проводов в зоне их крепления на опоре, т.к. оголенные «рога» и спиральная проволока находятся под напряжением. Это создает опасность электрических замыканий при случайных их касаниях ветками деревьев.

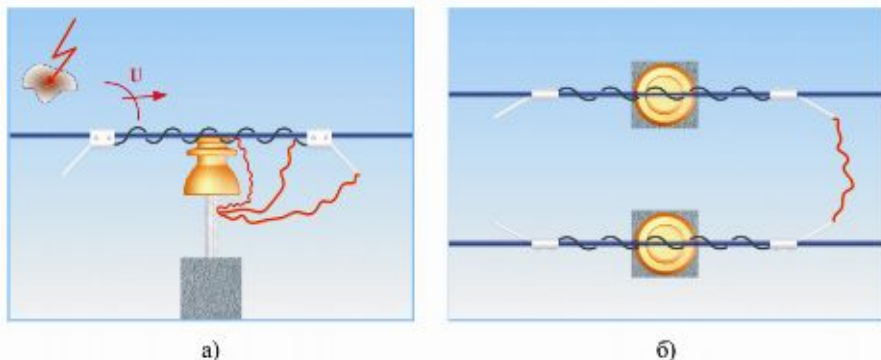


Рис.2 Принцип действия дугозащитных рогов:

а) смещение дугового канала на защитный рог; б) формирование двухфазного замыкания.

Но кроме заведомо очевидных, имеется одно техническое обстоятельство, которое ставит под сомнение работоспособность данной системы даже в изначально задуманном виде.

Дуговые замыкания могут сопровождаться токами различной величины, а возможность выхода дуги на «рога», в силу электродинамических закономерностей и конструктивных параметров системы, как отмечают сами разработчики системы дугозащитных рогов [3], появляется лишь при токах, превосходящих 1-2 кА. Такие токи могут возникать лишь при междуфазных коротких замыканиях, не очень удаленных от питающей подстанции. Соответственно, при меньших токах, дуга не выходит на «рога», и это влечет опасность пережога провода, например, даже при к. з., вызванным прямым ударом молнии в линию, на удалении нескольких километров от питающей подстанции.

При индуктированных перенапряжениях возникновение к. з. вообще маловероятно, так как в этом случае значительно чаще происходит перекрытия разноименных фаз не на одной, а на разных опорах. Объясняется это следующим образом.

При ударе молнии вблизи ВЛ возникающее индуктированное перенапряжение воздействует на изоляцию сразу нескольких опор, причём перенапряжения на всех фазах примерно одинаковы.

Перекрытие изолятора, например фазы А опоры 1 (см. рис.3), приводит к тому, что потенциал траверсы этой опоры возрастает за счёт падения напряжения от тока перенапряжения на сопротивлении заземления опоры. Потенциалы фаз В и С уменьшаются за счёт электромагнитного влияния перекрытой фазы А, которое может быть оценено по коэффициенту связи между проводами соседних фаз. Благодаря этим двум факторам разность потенциалов, приложенная к изоляторам соседних фаз В и С на этой опоре уменьшается. Таким образом после перекрытия изолятора фазы А на опоре 1, перекрытие изоляторов В и С на этой опоре затруднено.

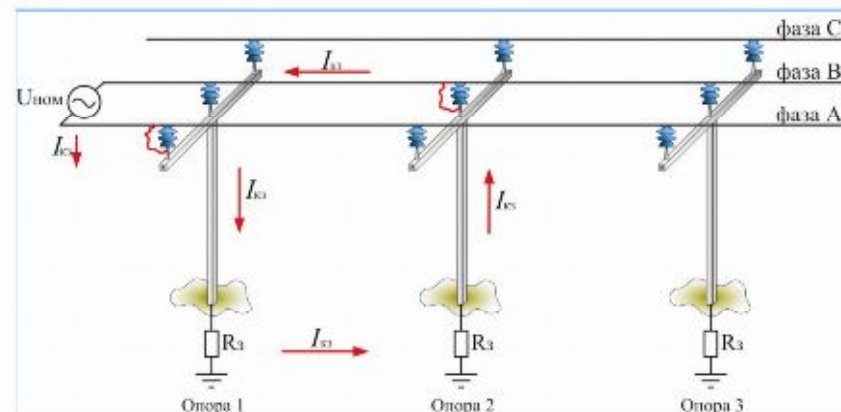


Рис. 3 Иллюстрация перекрытия изоляторов на разных фазах на разных опорах.

На соседней же опоре весьма вероятно перекрытие изоляторов фаз В или С. На рис. 3 в качестве примера показано перекрытие изолятора фазы В на опоре 2.

После перекрытия двух фаз на землю на разных опорах возникает контур, состоящий из проводов двух фаз и сопротивлений заземления двух опор, включённый под линейное напряжение. Ток замыкания можно приблизительно оценить как $I_s \approx U_{ном} / (2R_z)$, $U_{ном}$ – номинальное напряжение линии; R_z – сопротивление заземления опоры. При $U_{ном} = 10$ кВ и $R_z = 10-100$ Ом величина тока междуфазного замыкания лежит в диапазоне $I_s = 50 - 500$ А, но при таких величинах тока дуга не выходит на «рога», и система не обеспечивает защиту проводов от пережога (см. рис. 4).

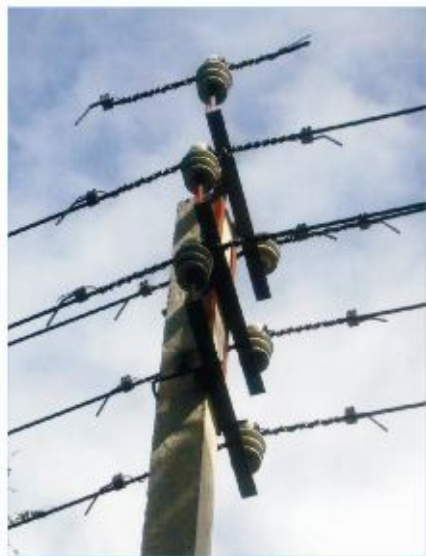
Опыт эксплуатации «финской» системы дугозащиты на российских ВЛЗ, к сожалению, подтвердил справедливость вышеизложенной критической ее оценки и предопределил принятие решения о запрете ее применения, утвержденного в "Положении о технической политике в распределительном электросетевом комплексе" ОАО «ФСК ЕЭС» [4]

В связи с этим актуальным является использование новых современных решений в области грозозащиты распределительных воздушных линий, по возможности, достаточно эффективных, но простых и экономически доступных.

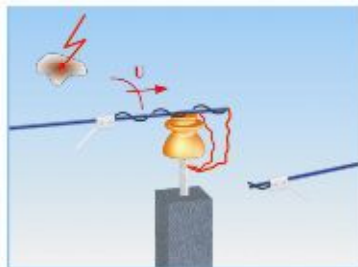
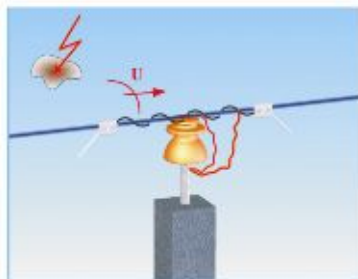
Значимость вопроса грозозащиты ВЛЗ подтверждается той планомерной эволюцией ужесточения соответствующих нормативных требований, которая имела место со времени первоначального применения защищенных проводов в России.

В 1996 г. в принятом нормативном документе [5] были сформулированы требования к грозозащите ВЛЗ 6, 10 кВ с проводами типа SAX финской фирмы NOKIA, в соответствии с которыми ВЛЗ должны были защищаться от грозовых перенапряжений:

- в зонах со среднегодовым числом грозовых часов не менее 80 при прохождении по открытой и высокой местности;
- при прохождении вдоль дорог и спортивных трасс, в местах пересечения с ними;
- в населенной местности;



а)



б)

Рис. 4 Перегор провода на ВЛЗ, оборудованной дугозащитными рогами:
а) фотография опоры ВЛЗ; б) схема развития аварии

Но этот не до конца технически обоснованный документ утерять значимость в связи с принятием в 1998 году нового норматива, ориентированного на применение на ВЛ 6, 10 кВ защищенных самонесущих проводов отечественного производства [6]. Сформулированные в нем технические требования к грозозащите ВЛЗ учитывали важность решаемой проблемы и носили более жесткий характер.

А именно, в отличие от прежних требований [5], в новом документе предписывалось обязательное применение грозозащитных средств на ВЛЗ, проходящих по открытой и высокой местности независимо от числа грозных часов в году, а также в других зонах с числом грозных часов в году свыше 40.

Действующие в настоящее время нормативные требования по грозозащите ВЛЗ в общем виде закреплены в последнем, 7-ом издании Главы 2.5 ПУЭ, где рекомендовано устанавливать устройства защиты изоляции проводов ВЛЗ 6-20 кВ при грозных перекрытиях.

«Методические указания по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозных перенапряжений» [7], разработанные ОАО «РОСЭП», утвержденные ОАО «ФСК ЕЭС» и вступившие в действие с 01.12.2004 г., предписывали необходимость установки длинно-искровых разрядников (РДИ) для защиты от грозных перенапряжений ВЛЗ 6-10 кВ, проходящих по населенной местности и зоне с грозной деятельностью в среднем 20 грозных часов и более.

Законодательно технические требования к грозозащите распределительных сетей закреплены в «Положении о технической политике в распределительном электросетевом комплексе» [4], утвержденном 25.10.2007 ОАО «ФСК ЕЭС», и сформулированы в следующем виде:

На ВЛ необходимо устанавливать разрядники длинно-искровые:

- для защиты от перенапряжений и перегора защищенных проводов на ВЛ с защищенными проводами;
- на подходах к распределительным устройствам подстанций;
- для защиты ослабленных мест на ВЛ;
- в районах с аномально высоким числом грозных отключений.

2. Особенности длинно-искровых разрядников, как уникального класса грозозащитных устройств.

РДИ являются российской разработкой и по своим конструктивным параметрам, техническим характеристикам и функциональным возможностям представляют особый класс устройств грозозащиты, не имеющих мировых аналогов [8-11].

Принцип действия всех видов РДИ заключается в ограничении грозных перенапряжений на ВЛ за счет искрового перекрытия по поверхности изоляционного тела разрядника с длиной канала разряда, в несколько раз превосходящей строительную высоту защищаемой изоляции, и гашении сопровождающих токов промышленной частоты за счет обеспеченного таким образом снижения величины среднего градиента рабочего напряжения вдоль канала грозного перекрытия.

Главным отличительным достоинством класса длинно-искровых разрядников является их неподверженность разрушениям и повреждениям грозными и дугowymi токами, поскольку они протекают вне аппаратов, по воздуху вдоль их поверхности.

Это уникальное для грозозащитных аппаратов качество наряду с конструктивной простотой предопределило возможность их успешного применения в качестве эффективного и надежного средства защиты воздушных линий и электрических сетей от грозных перенапряжений и их последствий.

Опытно-промышленная эксплуатация РДИ началась в 2000 году с момента принятия соответствующего Постановления НТС РАО «ЕЭС России» о перспективности применения длинно-искровых разрядников разработки «НПО Стример» для грозозащиты ВЛ 6, 10 кВ, рекомендовавшего установку на ВЛ как с защищенными, так и с голыми проводами, одного из видов РДИ – петлевого разрядника РДИП-10.

Данные разрядники, имеющие в соответствии с утвержденными в 2002 году Техническими Условиями официальное сокращенное название РДИП-10-IV-УХЛ1, прошли все необходимые испытания и сертификацию, приняты МВК к серийному производству и массовой эксплуатации в энергосистемах.

В настоящее время РДИП-10-IV-УХЛ1 находят все более широкое применение в различных регионах страны при строительстве новых, реконструкции и техническом перевооружении существующих ВЛ 6,10 кВ, в соответствии с проектными решениями, базирующимися на необходимой нормативно-технической документации, разработанной институтом «ОАО РОСЭП». Число разрядников, успешно эксплуатируемых во многих регионах России, превышает 120 000.

В ноябре 2006 года состоялась межведомственная комиссия ОАО «ФСК ЕЭС» по приёмке трёх новых типов РДИ 10 кВ:

- РДИ шлейфового типа (РДИШ-10-IV-УХЛ1);
- РДИ модульного типа с длиной перекрытия по поверхности 1,5 м (РДИМ-10-IV-1,5);
- РДИ модульного типа для компактных ВЛ (РДИМ-10-К-II-УХЛ1).

Все разрядники, прошедшие аттестацию, поставлены на серийное производство и включены в перечень оборудования, допущенного к эксплуатации в электрических сетях ОАО «ФСК ЕЭС».

3. Общие принципы грозозащиты электрических сетей 6-10 кВ с помощью технологии длинно-искровых разрядников (РДИ).

Применение существующих видов длинно-искровых разрядников позволяет решать задачу комплексной защиты электрических сетей от грозových перенапряжений и их последствий.

Установка разрядников на всем протяжении воздушных линий (ВЛ) и на подходах к подстанциям и кабельным вставкам позволяет исключить перекрытия изоляции на ВЛ и все негативные сопровождающие последствия как при индуцированных грозových перенапряжениях, так и при прямом ударе молнии (ПУМ). При этом обеспечивается отсутствие грозových отключений ВЛ, разрушений изоляторов, пережога проводов, экономия ресурсов и защита подстанционного оборудования.

Технология грозозащиты длинно-искровыми разрядниками применима для ВЛ с любыми видами опор - железобетонными, металлическими, деревянными, изоляторов - штыревыми, натяжными, подвесными, фарфоровыми, стеклянными, полимерными, и проводов, как защищенными, так и незащищенными.

В зависимости от установленных технических требований по грозозащите участков электрических сетей возможно применение на них различных видов разрядников и их сочетаний.

3.1 Защита ВЛ на железобетонных и металлических опорах от индуцированных перенапряжений

Для надежной защиты от индуцированных грозových воздействий необходимо устанавливать на каждую одноцепную опору защищаемого участка ВЛ по одному разряднику. В зависимости от типа опор, траверс, изоляторов ВЛ и других определяющих обстоятельств применяются разрядники трех типов: РДИП-10-IV-УХЛ1, РДИШ-10-IV-УХЛ1, РДИМ-10-К-II-УХЛ1.

Разрядники петлевые РДИП-10-IV-УХЛ1 можно устанавливать на любые виды опор, с чередованием фаз.

Разрядники шлейфовые РДИШ-10-IV-УХЛ1 целесообразно использовать в местах двойного крепления провода, вместо петлевых.

Разрядники модульные РДИМ-10-К-II-УХЛ1 предназначены для защиты ВЛ только с компактным размещением проводов, расстояние между которыми не превышает 50 см, и с изоляторами ШФ-20 в районах с не более, чем второй степенью загрязнённости атмосферы. Эти разрядники устанавливаются только на среднюю фазу.

На двухцепных ВЛ разрядники должны устанавливаться на обе цепи таким образом, чтобы на каждой из опор защищалась только одна пара одноименных фаз, с тем же принципом чередования, что и для одноцепных ВЛ. Нарушение этого требования создает возможность короткого междофазного замыкания и отключения линии при индуцированном грозовом перенапряжении.

При схеме установки разрядников с последовательным чередованием фаз тока промышленной частоты, сопровождающие многофазные замыкания, обусловленные грозowymi перенапряжениями, протекают по контурам, включающим в себя сопротивления заземления опор. Принцип действия РДИ основан на предотвращении перехода искрового перекрытия в силовую дугу промышленной частоты. При этом эффективность гашения сопровождающих токов тем выше, чем меньше они по величине, а наличие сопротивлений заземления опор в контуре замыкания благоприятным образом влияет на снижение величины сопровождающих токов.

Поэтому с точки зрения грозозащиты от индуцированных перенапряжений установка РДИ на опору ВЛ не налагает никаких специальных требований к заземлению опоры, связанных со снижением его величины.

Существующие нормы ПУЭ по заземлению опор на ВЛ, установленные в п. 2.5.129 должны применяться с учетом вышеизложенной специфики работы РДИ, которая не позволяет отнести длинно-искровые разрядники к "другим устройствам молниезащиты" по п. 2.5.129-1), таким, как например, трубчатые разрядники, для которых требование по снижению сопротивления

заземления является необходимым исходя из такой их технической характеристики, как нижняя граница тока гашения.

Длинно-искровые разрядники в соответствии со своими конструктивными параметрами, техническими характеристиками и принципу действия не относятся к устройствам, установка которых на ВЛ приводит к дополнительному риску возникновения аварийных режимов, требующему принятия специальных мер технической безопасности. Более того, наличие РДИ на ВЛ должно устранить все случаи однофазных замыканий, вызванных грозowymi перенапряжениями.

Смысл установленных норм ПУЭ по сопротивленным заземлениям сводится к ограничению числа грозových отключений. Поэтому даже нынешняя редакция п.2.5.129 ПУЭ допускает возможность превышения сопротивлений заземления части опор по сравнению с нормируемыми значениями, если удовлетворяется главное требование по ожидаемому числу грозových отключений. Установка РДИП как раз и обеспечивает снижение числа грозových отключений, при этом для данной системы грозозащиты увеличение сопротивлений заземления принципиально может лишь повысить ее эффективность.

В связи с этим для опор ВЛ, оснащенных длинно-искровыми разрядниками, следует применять те же нормы по сопротивлению заземления, что и для опор без устройств грозозащиты.

3.2 Защита ВЛ на железобетонных и металлических опорах от прямых ударов молнии

При необходимости обеспечения гарантированной защиты от любых грозových воздействий, в том числе, от прямого удара молнии в ВЛ, нужно устанавливать на каждую опору защищаемого участка ВЛ по три разрядника модульного типа РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1, на все фазы. При этом необходимо обеспечить низкое (желательно не более 10 Ом) сопротивление заземления лишь на ближайших нескольких опорах подхода ВЛ к подстанции (см. раздел 3.5). Остальные опоры по условиям грозозащиты специально заземлять не требуется.

В случае, если технико-экономический анализ показывает целесообразность защиты от прямых ударов молнии не всей линии, а лишь отдельных участков, их целесообразно защищать следующим образом. На всех опорах защищаемого участка следует установить по три разрядника модульного типа РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1, на все фазы. Две опоры, являющиеся крайними с двух сторон защищаемого от прямых ударов молнии участка ВЛ, необходимо заземлять, обеспечивая, по возможности, величину их сопротивления заземления не более 10 Ом. Если это требование по объективным причинам не выполнимо, следует компенсировать это дополнительным заземлением еще одной, или нескольких соседних опор на каждой из сторон участка. Остальные опоры данного участка ВЛ специально заземлять не надо.

3.3 Защита ВЛ на деревянных опорах от индуцированных перенапряжений

В сухом и чистом состоянии деревянные опоры являются изоляторами. И если бы они не подвергались воздействию влаги и грязи, защищать линию от индуцированных перенапряжений не требовалось бы, так как при наибольшей практически возможной величине индуцированного перенапряжения 300 кВ перекрытия изолятора и опоры не происходило бы. Однако при загрязнении и увлажнении опор, что обычно происходит на практике, опоры становятся проводящими, хотя и с довольно большим сопротивлением (порядка десятков и сотен кОм). Как показали проведенные в лаборатории испытания, в этом случае при воздействии импульсов грозových индуцированных перенапряжений на все три фазы возможно одновременное перекрытие на одной опоре двух изоляторов. При этом на линии возникает междофазное короткое замыкание со всеми неприятными последствиями: отключением потребителей, возможным пережогом проводов, дугой сопровождающего тока, большим электродинамическим ударом по оборудованию подстанции. Поэтому ВЛ на деревянных опорах целесообразно защищать от индуцированных перенапряжений таким же образом, как и ВЛ на проводящих опорах (см. раздел 3.1).

Заземлять опоры не требуется. При срабатывании разрядника, установленного на опоре на одной из фаз, исключается перекрытие изоляторов всех трёх фаз, так как разность потенциалов между проводами и траверсой резко уменьшается. Поскольку сопротивление опоры весьма высокое, при

срабатывании одного разрядника на опоре происходит лишь незначительное ограничение перенапряжения, т. е. на всех трёх фазах сохраняется перенапряжение. Это перенапряжение распространяется по линии, поэтому, в соответствии с требованием ПУЭ, обязательно необходимо на расстоянии примерно двести метров от подстанции устанавливать комплект разрядников РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1 и опору заземлять (см. раздел 3.5). При срабатывании этих разрядников волны перенапряжения, приходящие на подстанцию, существенно снижаются. Окончательно перенапряжение, поступающее на оборудование подстанции, ограничивается при помощи ОПН.

3.4 Защита ВЛ на деревянных опорах от прямых ударов молнии

Возможно два варианта защиты от ПУМ:

1) защита опор от расщепления, но не от грозовых отключений ВЛ;

2) защита опор от расщепления и ВЛ от отключений вследствие грозовых перенапряжений.

Для исключения расщепления опор грозowymi разрядами целесообразно проложить вдоль стоек опор заземляющие спуски и выполнить простое заземление, например в виде одиночного вертикального заземлителя, не стремясь обеспечить низкое значение сопротивления заземления.

Защита ВЛ от грозовых отключений при прямом ударе молнии осуществляется так же, как для ВЛ с железобетонными и металлическими опорами (см. раздел 3.2).

3.5 Защита подходов к подстанциям и кабельным вставкам

Непосредственно защита оборудования подстанций и кабельных вставок осуществляется ОПН или вентиляными разрядниками (РВ), установленными вблизи от них. На линиях с деревянными опорами или с проводящими опорами с изоляторами типа ШФ20 (или аналогичными им, имеющими импульсное разрядное напряжение порядка 150-160 кВ) должны быть приняты меры по ограничению приходящих на подстанцию волн перенапряжений. Для защиты подхода к подстанции от набегающих волн грозовых перенапряжений следует устанавливать комплект из трех разрядников РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1 на одну опору примерно за 200 м от подстанции или кабельной вставки. Данную опору необходимо заземлять в соответствии с установленными нормативными требованиями.

Альтернативным решением защиты подхода ВЛ к подстанции или кабельной вставке может являться установка по одному разряднику РДИП-10-IV-УХЛ1 на три соседние опоры, на разные фазы, так же, за 200 м от подстанции [7]. При этом все три опоры заземляются по общепринятым нормам.

На остальных опорах до подстанции или кабельной вставки также следует устанавливать разрядники. Для обеспечения защиты от прямого удара молнии необходимо устанавливать по три разрядника РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1 на каждую опору, для защиты только от индуктированных перенапряжений достаточно установка по одному разряднику РДИП-10-IV-УХЛ1 на опору с чередованием фаз (см. раздел 3.1). При этом необходимо обеспечить низкое (желательно не более 10 Ом) сопротивление заземления на всех опорах подхода ВЛ к подстанции. Если кабельная вставка подходит к линии на промежуточной опоре, то указанные выше мероприятия надо выполнить на линии с обеих сторон от этой опоры.

В качестве примера на рис.5 приведена схема грозозащиты участка электрической сети с применением длинно-искровых разрядников и ОПН.

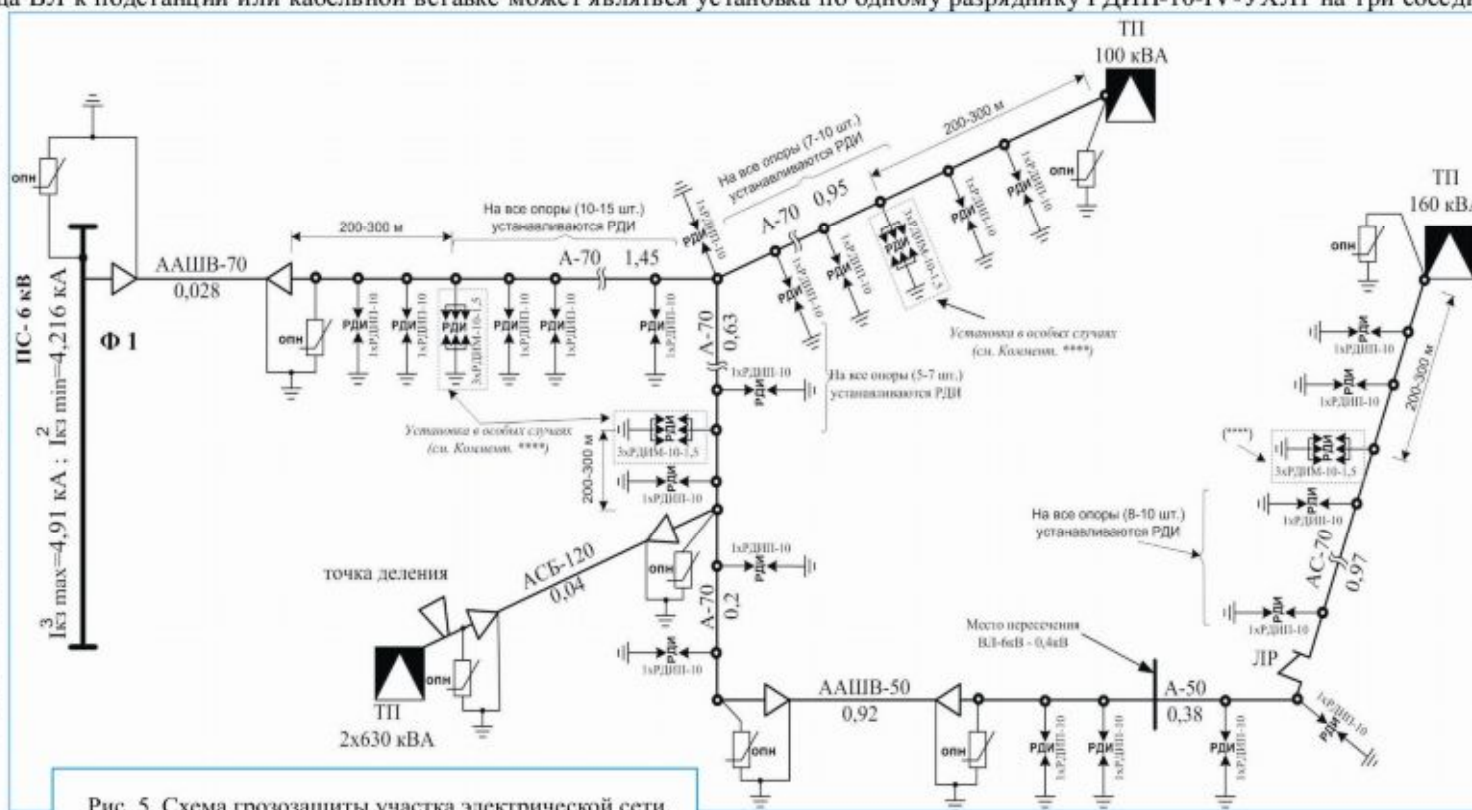


Рис. 5 Схема грозозащиты участка электрической сети.

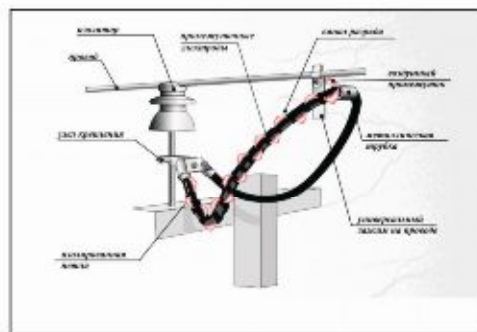
4. Виды РДИ, конструктивные особенности, принцип действия, области применения.

4.1 Петлевой разрядник РДИП-10-IV-УХЛ1

Технические характеристики.

Разрядник предназначен для защиты воздушных линий электропередачи напряжением 6, 10 кВ трехфазного переменного тока с защищенными и неизолированными проводами от индуктированных грозовых перенапряжений и их последствий и рассчитан для работы на открытом воздухе при температуре окружающего воздуха от минус 60°C до плюс 50°C в течение 30-и лет.

Конструктивный эскиз, показывающий общий вид и основные составные части разрядника приведен на рис.6а. Разрядник состоит из согнутого в виде петли металлического стержня, покрытого слоем изоляции из полиэтилена высокого давления. Концы изолированной петли закреплены в зажиме крепления, с помощью которого разрядник присоединяется к штырю изолятора на опоре ВЛ. В средней части петли поверх изоляции расположена металлическая трубка. На проводе ВЛ, напротив металлической трубки разрядника, закрепляется универсальный зажим для создания необходимого воздушного искрового промежутка S.



а)



б)

Рис. 6 Общий вид петлевого разрядника на опоре ВЛ
а) конструктивный эскиз; б) фотография испытаний на макете.

Закрепление изолированной петли разрядника на ВЛ производится с помощью зажима крепления. Зажим крепления изготовлен из стали, покрытой защитным слоем цинка, и имеет конструкцию, обеспечивающую надежное крепление разрядника к элементам арматуры ВЛ. Конструкция зажима крепления разрядника может быть изменена и иметь форму, адаптированную под конкретные условия крепления разрядника на опоре ВЛ.

Универсальный зажим для провода изготовлен из стали, покрытой защитным слоем цинка. Конструкция зажима позволяет устанавливать его как на неизолированные, так и на защищенные провода, зажим для которых имеет прокусывающие шипы.

Принцип работы разрядника основан на использовании эффекта скользящего разряда, который обеспечивает большую длину импульсного перекрытия по поверхности разрядника, и предотвращении за счет этого перехода импульсного перекрытия в силовую дугу тока промышленной частоты.

При возникновении на проводе ВЛ индуктированного грозового импульса искровой воздушный промежуток S между проводом ВЛ и металлической трубкой разрядника пробивается, и

напряжение прикладывается к изоляции между металлической трубкой и металлическим стержнем петли, имеющим потенциал опоры.

Под воздействием приложенного импульсного напряжения вдоль поверхности изоляции петли от металлической трубки к зажиму крепления разрядника (по одному, или по обоим плечам петли) развивается скользящий разряд. Вследствие эффекта скользящего разряда вольт-секундная характеристика разрядника расположена ниже, чем вольт-секундная характеристика изолятора, т.е. при воздействии грозового перенапряжения разрядник перекрывается, а изолятор нет.

После прохождения импульсного тока молнии разряд гаснет, не переходя в силовую дугу, что предотвращает возникновение короткого замыкания, повреждение провода и отключение ВЛ.

На рис.5б представлен момент срабатывания разрядника при воздействии грозового импульса перенапряжения во время лабораторных испытаний на полномасштабной модели траверсы ВЛ 10 кВ.

Основные технические характеристики разрядника приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики РДИП-10-IV-УХЛ1

Класс напряжения	10 кВ
Длина перекрытия по поверхности	78 см
Внешний искровой промежуток	2-4 см
Импульсное 50 %-ное разрядное напряжение, не более на положительной полярности	110 кВ
на отрицательной полярности	90 кВ
Напряжение координации с изолятором ШФ10-Г *	300 кВ
Многokrратно выдерживаемое внутренней изоляцией импульсное напряжение, не менее	50 импульсов 300 кВ
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, не менее в сухом состоянии	42 кВ
под дождем	28 кВ
Многokrратно выдерживаемый импульсный ток 8/20 мкс, не менее	20 импульсов 40 кА
Масса	2,3 кг
Срок службы, не менее	30 лет

* Наибольшее напряжение при стандартной форме импульса 1,2/50 мкс, при котором обеспечивается защита разрядником изолятора, называется «напряжением координации».

Разрядник предназначен для защиты ВЛ 6, 10 кВ от индуктированных грозовых перенапряжений, которые, как уже отмечалось, составляют подавляющую долю от общего числа грозовых перенапряжений, способных приводить к перекрытиям изоляции.

Известно, что величина индуктированных перенапряжений не превосходит значения 300 кВ, и это позволяет при правильной организации грозозащиты исключить возможность одновременного перекрытия двух или трех фаз на одной опоре и, соответственно, междуфазных к. з.. Для этого необходимо устанавливать по одному разряднику на опору с чередованием фаз, например, на первой опоре разрядник устанавливается на фазу А, на второй – на фазу В, на третьей – на фазу С и т. д. (см. рис.6).

При такой системе установки индуктированное на линии грозовое перенапряжение приводит к перекрытию разрядников на разных фазах соседних опор и образованию контура междуфазного замыкания сопровождающего тока напряжения промышленной частоты, в который включены сработавшие разрядники и сопротивления заземления опор R_г (см. рис.7), ограничивающие этот ток на уровне нескольких сотен ампер, способствуя его гашению и предотвращению отключения ВЛ.

Разрядные характеристики РДИП-10 обеспечивают то, что ни один из изоляторов всех трех фаз в данной схеме не перекрывается, поскольку каждый из них защищен разрядником, установленным электрически параллельно ему и расположенным либо непосредственно рядом с изолятором, либо на соседней опоре.

При уровнях индуцированных перенапряжений, близких к импульсному напряжению срабатывания разрядника, возможно перекрытие разрядника лишь на одной опоре, приводящее к однофазному замыканию на землю. Ток замыкания при этом не превышает 10-20 А, и петлевой разрядник с общей длиной перекрытия 80 см гарантированно исключает возникновение силовой дуги.

Технические требования по установке разрядников на ВЛ.

Надлежащая работоспособность разрядников РДИП-10-4-УХЛ1, устанавливаемых на ВЛ 10 кВ, и надежность электрической сети в целом обеспечивается при соблюдении следующих основных технических требований.

Разрядники должны устанавливаться на ВЛ и эксплуатироваться строго в соответствии с «Руководством по эксплуатации», входящим в комплект поставки.

Установка разрядников на ВЛ должна производиться в комплекте с универсальным зажимом, закрепляемым на силовом проводе, за исключением случаев установки разрядника на подвесной изоляции, при которых универсальный зажим не используется.

Особое внимание необходимо обращать на правильность установки воздушных искровых промежутков между металлической трубкой разрядника, находящейся посередине петли, и силовым проводом, а также между этой трубкой и специальным зажимом на проводе, входящим в комплект разрядника. Неправильная их установка может приводить к ухудшению защитных характеристик разрядников и снижению эффективности грозозащиты.

На одноцепных ВЛ единственно правильной является установка разрядников по одному на опору с чередованием фаз в любой регулярной последовательности (см. рис.7).

Требования ПУЭ в части грозозащиты, нормирующие наибольшие допустимые сопротивления заземления опор, имеющих устройства грозозащиты, не следует распространять на опоры с установленными на них длинно-искровыми разрядниками, поскольку принцип их работы, а также в целом данной системы грозозащиты в корне отличается от ранее известных и применявшихся на ВЛ для защиты от грозовых отключений. Чем выше сопротивления заземления опор, на которых установлены РДИ, тем выше надежность данной системы защиты от индуцированных перенапряжений, поэтому снижать величину сопротивлений заземления по условиям грозозащиты не целесообразно.

возможность короткого междуфазного замыкания и отключения линии при индуцированном грозовом перенапряжении.

Разрядники, по возможности, устанавливаются на ВЛ так, чтобы петля разрядника располагалась по отношению к изолятору в сторону направления передачи мощности по линии. Это требование обусловлено соображениями дополнительного повышения надежности системы грозозащиты и направлено на обеспечение отвода канала дугового замыкания, в случае его возникновения, в сторону от изолятора.

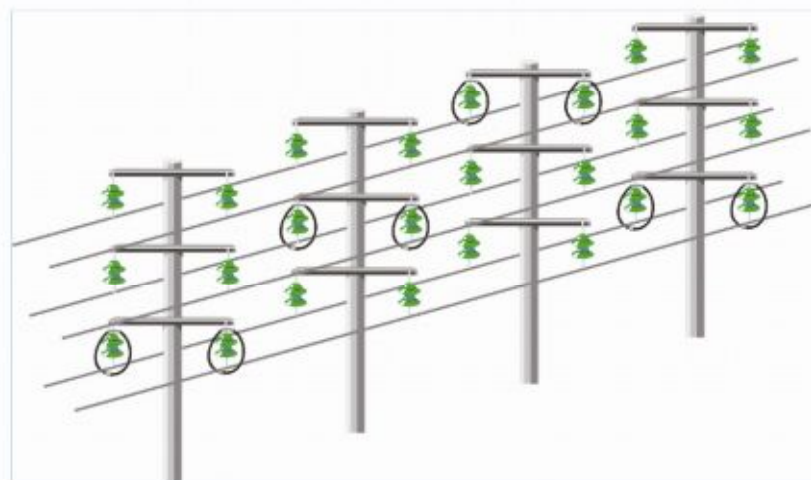


Рис. 8 Схема размещения разрядников на двухцепной ВЛ.

Варианты установки разрядников на разные типы опор и регламентные проверки.

Наиболее типичные варианты крепления петлевого разрядника на опорах ВЛ 10 кВ эскизно представлены на рис. 9 (а, б, в, г). Конструкция узла крепления разрядника имеет разъемное соединение изолированной петли и зажима крепления и предусматривает возможность его установки на любые типы опор с соблюдением всех необходимых условий, обеспечивающих его надежное функционирование.

В случае установки разрядников на опоры с подвесной изоляцией (рис.9 в, г) изолированная петля развернута в зажиме крепления на 180 градусов.

При установке разрядника на штырь изолятора ШФ-10 (см. рис.9а), или другого изолятора со схожими конструктивными параметрами, расстояние от юбки изолятора до металлического крепления разрядника должно быть не менее 60 мм. Выполнение этого условия обеспечивает необходимый уровень координации защиты изолятора от грозовых перенапряжений.

При установке разрядника на штырь изолятора ШФ-20 (см. рис.9б), или аналогичного ему по конструкции, расстояние от юбки изолятора до металлического крепления разрядника может быть сокращено до 30 мм.

При закреплении на проводе или шлейфе универсального зажима используется установочный калибр. Зажим закрепляется напротив металлической трубки разрядника со смещением вдоль провода или шлейфа в сторону узла крепления разрядника таким образом, чтобы воздушный искровой промежуток между металлической трубкой разрядника и проводом или шлейфом составлял 40 мм, а между металлической трубкой разрядника и зажимом на проводе или шлейфе - 20 мм.

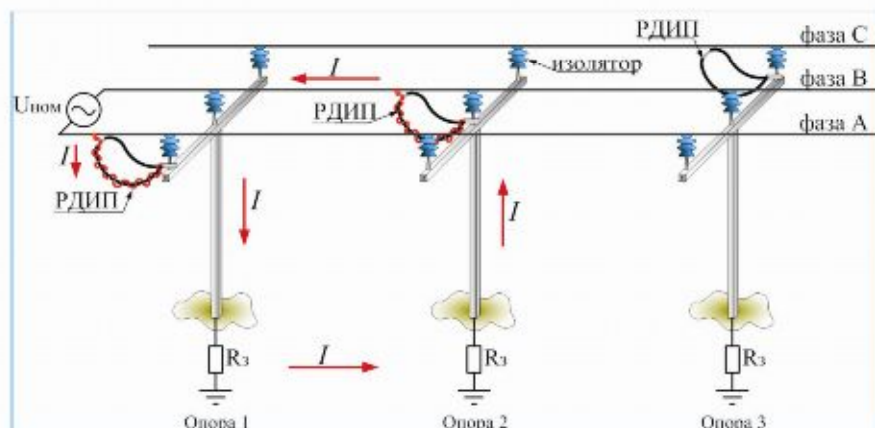


Рис. 7 Схема установки разрядников и замыкания сопровождающего тока.

На двухцепных ВЛ разрядники должны устанавливаться на обе цепи таким образом, чтобы на каждой из опор защищалась только одна пара **одноименных фаз**, с тем же принципом чередования, что и для одноцепных ВЛ (см. рис.8). Нарушение этого требования создает

В случае установки разрядников на опорах с подвесной изоляцией (см. рис. 9 в, г) универсальный зажим на проводе не используется, а необходимый воздушный зазор устанавливается между металлической трубкой разрядника и поддерживающим провод зажимом гирлянды изоляторов («лодочкой»). Величина зазора должна составлять 40 мм и контролироваться прилагаемым калибром.

Регулировка воздушных искровых промежутков производится путем изменения положения зажима для крепления на штыре или крюке изолятора, или другом элементе арматуры ВЛ, и изменения изгиба петли за счет приложения усилия к металлической трубке, а также за счет выбора положения зажима на проводе или шлейфе.

Проверка технического состояния разрядников в процессе их эксплуатации производится осмотром с земли и верхним осмотром.

Осмотр с земли петлевых разрядников, установленных на линиях электропередачи производится один раз в год перед грозовым сезоном.

Верховой осмотр разрядников производится один раз после первого года эксплуатации, а затем - при капитальном ремонте линии.

При осмотре разрядников с земли проверяется:

- положение разрядника на опоре и наличие воздушных промежутков между металлической трубкой разрядника и проводом или шлейфом с зажимом, либо трубкой разрядника и «лодочкой»;
- состояние изоляционной поверхности разрядника (видимые её повреждения);
- состояние металлической трубки на поверхности изоляции разрядника и зажима на проводе или шлейфе.

Верховой осмотр разрядников производится на отключенной и заземленной ВЛ, при этом проверяется:

- длина воздушных промежутков между металлической трубкой разрядника и проводом, либо шлейфом с зажимом или «лодочкой». При этом промежуток между металлической трубкой разрядника и проводом (шлейфом) должен быть не менее 20 мм, а промежуток между металлической трубкой разрядника и зажимом на проводе или шлейфе должен быть в диапазоне 20-40 мм.

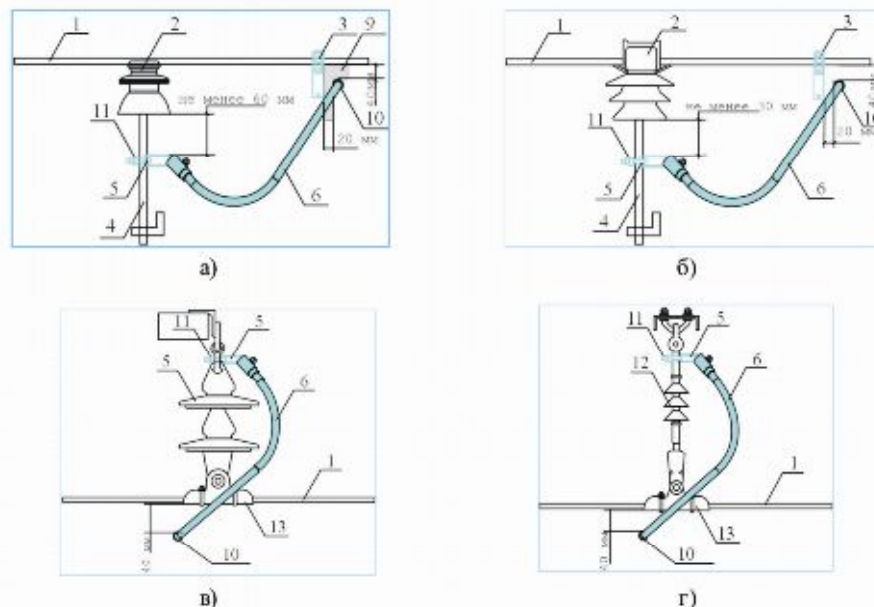


Рис. 9 Варианты установки разрядника на разных видах опор.

- а) на промежуточной опоре со штыревым изолятором ШФ10;
- б) на промежуточной опоре со штыревым изолятором ШФ20;
- в) на промежуточной опоре с подвесными стеклянными изоляторами;
- г) на промежуточной опоре с подвесным полимерным изолятором;

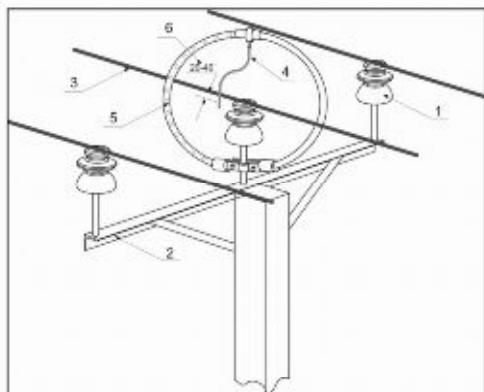
В случае подвесной изоляции расстояние от металлической трубки разрядника до «лодочки» должно быть 40 ± 10 мм. Проверка и необходимая регулировка промежутков осуществляются с помощью калибра;

- состояние изоляционной поверхности разрядника (отсутствие на поверхности изоляции видимых повреждений, проколов, кратеров, трещин, вздутий, задигов);
- надёжность крепления разрядника к элементу арматуры;
- отсутствие сильных оплавлений металлической трубки разрядника и зажима на проводе.

4.2 Петлевой разрядник модифицированный РДИП1-10-IV-УХЛ1

Разрядник РДИП1-10-IV-УХЛ1 по характеристикам, принципу действия и назначению не отличается от разрядника РДИП-10-IV-УХЛ1, являясь лишь его конструктивной модификацией.

Конструктивное отличие РДИП1 от РДИП сводится к измененным форме изгиба петли, деталям узла крепления и способу обеспечения воздушного зазора между разрядником и проводом. Конструктивный эскиз, показывающий общий вид и основные составные части разрядника, приведен на рис.10. Воздушный разрядный промежуток между электродом РДИП1 и проводом сохраняет установленные параметры независимо от геометрии провода в пролете и даже при проскальзывании провода в обвязке на изоляторе.



а)



б)

Рис. 10 Общий вид петлевого разрядника РДИП-10

а) конструктивный эскиз; б) фотография испытаний на макете.

1 - изолятор; 2 - траверса; 3 - провод; 4 - электрод разрядника; 5 - разрядник; 6 - воздушный зазор

4.3 РДИ шлейфового типа (РДИШ-10-IV-УХЛ1)

Разрядник предназначен для защиты ВЛ напряжением 6, 10 кВ трехфазного переменного тока с защищенными и неизолированными проводами от индуктированных грозовых перенапряжений и их последствий.

Основные технические характеристики разрядника приведены в табл. 2.

Конструкция РДИШ-10 показана на рис. 10. Основным элементом разрядника является отрезок специального кабеля с алюминиевой монолитной жилой $\varnothing 9$ мм и трехслойной изоляцией из сшитого полиэтилена (ПЭ) общей толщиной около 4 мм. Прилегающий к жиле слой выполнен из проводящего ПЭ, средний слой - из чисто изоляционного ПЭ, а наружный слой - из светостабилизированного трекингового стойкого ПЭ. На одном из плечей отрезка кабеля установлены промежуточные кольцевые электроды, обеспечивающие разбиение канала перекрытия на отдельные отрезки. Кабель снабжен алюминиевыми оконцевателями, через которые жила кабеля выступает за пределы изоляции. Разрядник крепится к проводу за эти выпуски с использованием зажимов. В средней части кабеля установлена металлическая трубка, за которую, посредством скобы и обвязки вязальной проволокой, осуществляется крепеж разрядника к изолятору. К штырю этого же изолятора, напротив металлической трубки, устанавливается стержневой электрод для обеспечения необходимого искрового промежутка.

Соединительные зажимы изготовлены из стали, покрытой защитным слоем цинка, и имеют конструкцию, обеспечивающую надежное крепление разрядника к проводу ВЛ. Конструкция зажима имеет две модификации, позволяющие устанавливать разрядник как на неизолированные провода, так и на защищенные провода, для которых зажим имеет прокусывающие шипы.

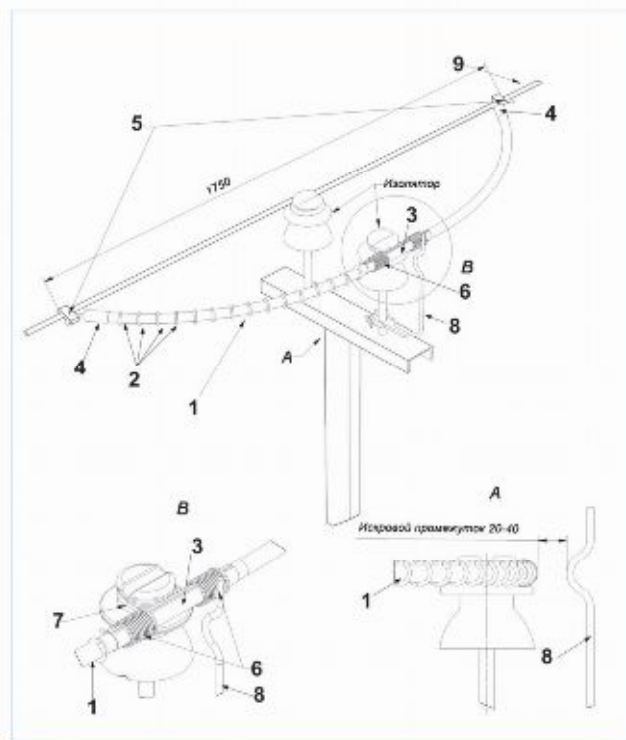
Для достижения необходимого искрового промежутка 20-40 мм возможно изгибание стержневого электрода, путем приложения усилия после его установки.

При возникновении на проводе ВЛ индуктированного грозового импульса перенапряжения металлическая трубка на кабеле разрядника приобретает тот же высокий потенциал, что и провод (вследствие большой емкостной связи между трубкой и жилой кабеля). Поэтому первоначально практически всё грозовое перенапряжение оказывается приложенным к искровому воздушному промежутку между трубкой и заземленным стержневым электродом. При напряжении порядка 50-70 кВ промежуток пробивается, и металлическая трубка на поверхности кабеля приобретает нулевой потенциал земли. Таким образом, перенапряжение оказывается приложенным между жилой кабеля и металлической трубкой на его поверхности. Под воздействием

этого перенапряжения вдоль поверхности изоляции разрядника развивается скользящий разряд, который проходит от металлической трубки через промежуточные кольцевые электроды к соответствующему оконцевателю. Провод ВЛ оказывается связанным с заземленной опорой через длинный канал разряда, который разбит на отдельные отрезки кольцевыми электродами. После прохождения импульсного тока грозового перенапряжения по каналу разряда протекает сопровождающий ток промышленной частоты. Однако при первом переходе тока через ноль разряд гаснет, не переходя в силовую дугу, что предотвращает возникновение короткого замыкания и отключение ВЛ.

Таблица 2. Технические характеристики РДИШ-10-IV-УХЛ1

Класс напряжения	10 кВ
Длина перекрытия по поверхности	80 см
Внешний искровой промежуток	2-4 см
Импульсное 50 %-ое разрядное напряжение, не более на положительной полярности на отрицательной полярности	110 кВ 90 кВ
Напряжение координации с изолятором ШФ10-Г	300 кВ
Многokrатно выдерживаемое внутренней изоляцией импульсное напряжение, не менее	50 импульсов 300 кВ
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, не менее в сухом состоянии под дождем	42 кВ 28 кВ
Многokrатно выдерживаемый импульсный ток 8/20 мкс, не менее	20 импульсов 40 кА
Масса	2,3 кг
Срок службы, не менее	30 лет



а)



б)

Рис. 11 РДИ шлейфового типа

а) – эскиз; б) – фото испытаний;

1 – отрезок кабеля; 2 – кольцевые электроды; 3 – металлическая трубка; 4 – оконцеватели;
5 – зажимы; 6 – обвязка проволокой; 7 – скоба; 8 – стержневой электрод.

Конструкция разрядника, кроме того, обеспечивает усиление крепления провода на опоре, то есть разрядник заменяет обычный шлейф двойного крепления.

Разрядники РДИШ-10 целесообразно применять для защиты ВЛ 6, 10 кВ от индуктированных грозных перенапряжений в тех случаях, когда необходимо применять двойное крепление проводов. Их надо устанавливать по одному на опору с чередованием фаз, так же как

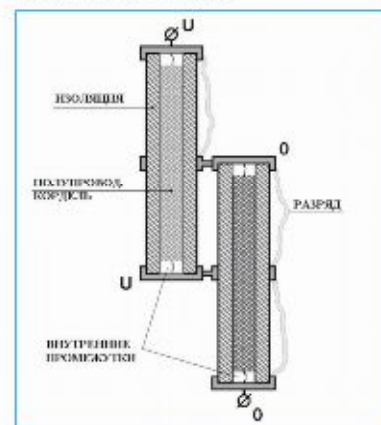
РДИП [4]. Например, на первой опоре на фазе А устанавливается РДИШ-10 (а на фазах В и С – обычные металлические шлейфы); на второй опоре РДИШ-10 устанавливается на фазу В (а на фазах А и С – обычные металлические шлейфы); на третьей опоре РДИШ-10 устанавливается на фазу С (а на фазах А и В – обычные металлические шлейфы) и т. д.

4.4 РДИ модульного типа с длиной перекрытия по поверхности 1,5 м

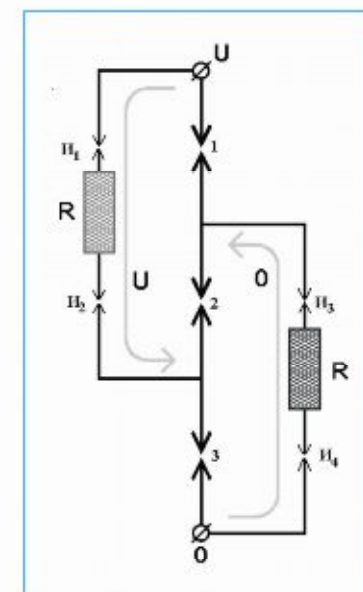
(РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1)

Возможны различные варианты исполнения РДИ. Наилучшими вольт-секундными характеристиками обладают РДИ модульного типа (РДИМ), что позволяет с их помощью защитить изоляцию ВЛ не только от индуктированных перенапряжений, но и от прямых ударов молнии в линию.

РДИМ состоит из двух отрезков кабеля с корделем, выполненным из резистивного материала. Отрезки кабеля сложены между собой так, что образуются три разрядных модуля 1, 2, 3 (см. рис. 12 а, б).



а)



б)

Рис. 12. Иллюстрация принципа действия РДИМ

а) конструктивная схема; б) принципиальная схема;

Отрезки резистивного корделя подсоединяются к металлическим оконцевателям через внутренние искровые промежутки I_1, I_2, I_3, I_4 . При воздействии импульса грозного перенапряжения они перекрываются и резистивный кордель верхнего отрезка кабеля, имеющий сопротивление R , выносит высокий потенциал U на поверхность нижнего отрезка кабеля в его средней части. Аналогично, резистивный кордель нижнего отрезка кабеля, имеющий также сопротивление R , выносит низкий потенциал 0 на поверхность верхнего отрезка кабеля в его средней части.

Таким образом, к каждому разрядному модулю одновременно приложено полное напряжение U и для всех трёх разрядных модулей 1, 2, 3 созданы условия для одновременного начала развития скользящих разрядов, которые, при перекрытии соответствующих модулей, создают единый, длинный канал перекрытия.

Основные составные части и вариант установки разрядника приведены на рис. 13,14.

Разрядник состоит из двух отрезков кабеля из полиэтилена высокого давления с резистивным корделем, соединённых между собой хомутами. Разрядник снабжён оконцевателями, с помощью которых он присоединяется при помощи универсального зажима к проводу и при помощи кронштейна крепления к опоре ВЛ. Элементы крепления дополнительно соединены с траверсой посредством шины для осуществления заземления.

Конструкция зажима для провода имеет две модификации, позволяющие устанавливать разрядник как на неизолированные провода, так и на защищённые провода, для которых зажим имеет прокусывающие шины.

При возникновении на проводе ВЛ индуктированного грозового импульса или при прямом ударе молнии в линию вдоль поверхности изоляции разрядника развивается скользящий разряд. После прохождения импульсного тока разряд гаснет, не переходя в силовую дугу, что предотвращает возникновение короткого замыкания и отключение ВЛ.

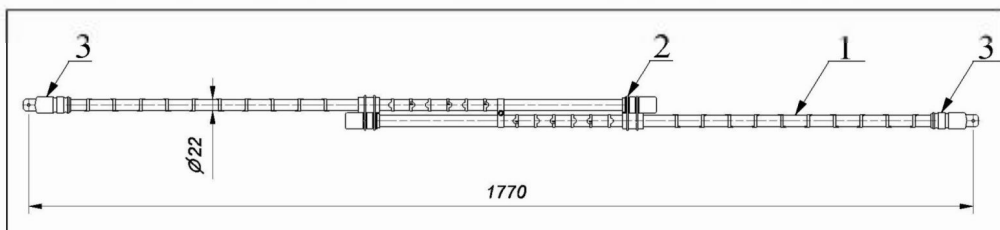
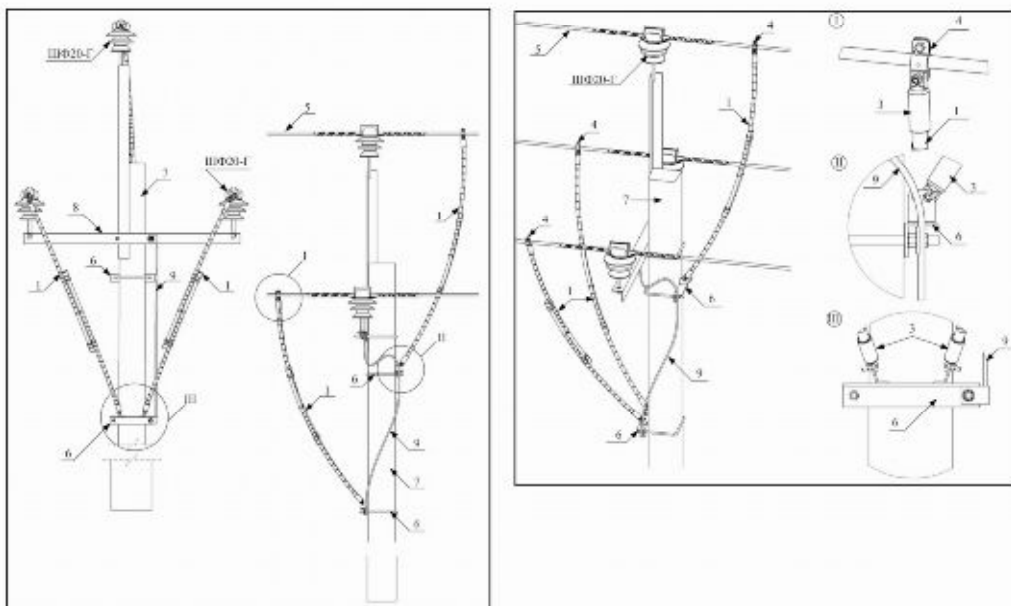


Рис. 13 Разрядник РДИМ-10-1,5:

1 – кабель; 2 – хомут; 3 – оконцеватель.

Основные технические характеристики разрядника приведены в табл. 3.



а)



б)

Рис. 14 РДИМ-10-1,5 на промежуточных опорах

а) схема установки; б) фото испытаний;

4 – универсальный зажим; 5 – высоковольтный провод; 6 – кронштейн крепления на опору; 7 – опора; 8 – траверса; 9 – шина заземления; 10 – планка.

Таблица 3. Технические характеристики РДИМ-10-1,5-IV-УХЛП

Класс напряжения	10 кВ
Длина перекрытия по поверхности	1500 мм
Импульсное 50 %-ное разрядное напряжение, не более на положительной полярности	100 кВ
на отрицательной полярности	90 кВ
Напряжение координации с изолятором ШФ10-Г	300 кВ
Многократно выдерживаемое внутренней изоляцией импульсное напряжение, не менее	50 импульсов 300 кВ
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, не менее в сухом состоянии	42 кВ
под дождём	28 кВ
Многократно выдерживаемый импульсный ток 8/20 мкс, не менее	20 импульсов 40 кА
Масса	1,6 кг
Срок службы, не менее	30 лет

Разрядник целесообразно применять для защиты участков линии, подверженных прямым ударам молнии, а также для защиты подходов к подстанциям ВЛ на деревянных опорах или на железобетонных опорах с изоляторами ШФ20Г или аналогичных им по классу напряжения.

4.5 РДИ модульного типа для компактных ВЛ (РДИМ-10-К-II-УХЛ1)

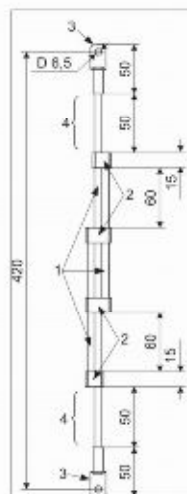
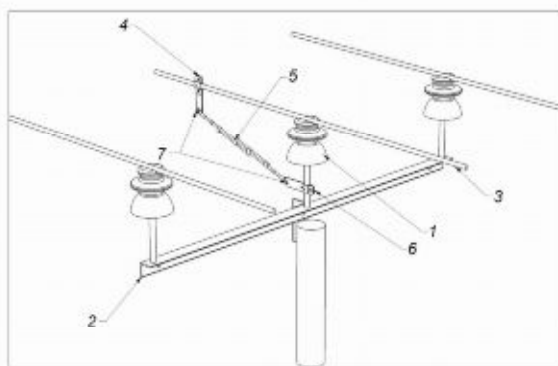


Рис. 15. Конструкция РДИМ-10-К
1-разрядные модули;
2-металлические втулки;
3-металлические оконцеватели;
4-искровые промежутки.

Разрядник предназначен для защиты от индуктированных грозовых перенапряжений и их последствий воздушных линий электропередачи (ВЛ) напряжением 6, 10 кВ трехфазного переменного тока с неизолированными и защищенными проводами компактного исполнения с расстоянием между соседними проводами около 0,5 м и с изоляторами класса 20 кВ в районах со степенью загрязнения не выше II.

Основные составные части и вариант установки разрядника на промежуточной опоре одноцепной ВЛ приведены на рис. 15 и 16.

Разрядник состоит из двух отрезков кабеля с резистивным корделем и стержневого изолятора в виде тонкого жгута из силиконовой резины (см. рис. 15). Стержневой изолятор снабжен оконцевателями, с помощью которых разрядник крепится одним концом к проводу, а другим - к опоре, и служит для обеспечения необходимой механической прочности разрядника, а также для создания внешних искровых разрядных промежутков. Отрезки кабеля крепятся к стержневому изолятору при помощи металлических втулок, образуя три разрядных модуля. Закрепление разрядника на ВЛ (см. рис. 16) производится с помощью крепежного зажима. Конструкция крепежного зажима разрядника может быть изменена и иметь форму, адаптированную под конкретные условия крепления разрядника на опоре ВЛ.



а)



б)

Рис. 16 РДИМ-К на промежуточной опоре
а) схема установки; б) фото испытаний:

1 - изолятор; 2 - траверса опоры; 3 - провод; 4 - зажим прокусывающий; 5 - разрядник;
6 - зажим крепежный; 7 - крепежные детали.

При воздействии импульса грозового перенапряжения сначала перебиваются искровые промежутки по поверхности стержневого изолятора с обоих его концов между металлическими оконцевателями и крайними втулками крепления к нему отрезков кабеля. Импульсное напряжение благодаря проводящим свойствам внутренних корделей двух отрезков кабеля прикладывается одновременно к трем разрядным модулям, при искровом замыкании которых формируется общий длинный канал перекрытия разрядника [12].

После прохождения импульсного грозового тока разряд гаснет, поскольку при заданной длине канала перекрытия силовая дуга не устанавливается, что предотвращает возникновение короткого замыкания и отключение ВЛ.

На одноцепных ВЛ разрядники устанавливаются по одному на каждую опору параллельно изолятору только средней фазы. На двухцепных ВЛ разрядники устанавливаются по 2 шт. на каждую опору, по одному разряднику так же только на среднюю фазу каждой из цепей. Благодаря такому способу установки разрядников на компактных ВЛ при воздействии индуктированных перенапряжений возможно только однофазное замыкание на землю. При этом сопровождающий ток является емкостным и в подавляющем большинстве случаев не превышает 10 А. Поэтому относительно небольшой длины пути перекрытия по разряднику достаточно для гашения сопровождающего тока [10].

При воздействии индуктированного перенапряжения на ВЛ срабатывают разрядники, установленные на средней фазе, и она приобретает нулевой потенциал. Благодаря большому коэффициенту связи между средней и крайней фазами компактной ВЛ, а также вследствие падения напряжения на сопротивлении заземления опор от тока, протекающего через сработавший разрядник, напряжение на изоляторах крайних фаз не превышает их разрядное напряжение. Таким образом все три фазы ВЛ оказываются защищенными от индуктированных перенапряжений [10].

Основные технические характеристики разрядника приведены в табл. 4.

Таблица 4. Технические характеристики РДИМ-10-К-II-УХЛ1

Класс напряжения	10 кВ
Длина перекрытия по поверхности	27 см
Импульсное 50 %-ное разрядное напряжение, не более	140 кВ
Напряжение координации с изолятором ПФ10-Г	300 кВ
Многokrратно выдерживаемое внутренней изоляцией импульсное напряжение, не менее	50 импульсов 300 кВ
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, не менее в сухом состоянии под дождем	42 кВ 28 кВ
Многokrратно выдерживаемый импульсный ток 8/20 мкс, не менее	20 импульсов 40 кА
Масса	0,15 кг
Срок службы, не менее	30 лет

Выводы

1. Грозозащита распределительных ВЛ, как действенная мера повышения надежности электроснабжения и снижения эксплуатационных расходов, осуществима с помощью применения длинно-искровых разрядников.
2. ВЛЗ 6, 10 кВ необходимо в обязательном порядке защищать от грозовых перенапряжений и от пережога проводов, как самого недопустимого из их последствий.
3. Длинно-искровые разрядники РДИП-10-IV-УХЛ1, РДИШ-10-IV-УХЛ1, РДИМ-10-IV-1,5-УХЛ1, РДИМ-10-К-II-УХЛ1 являются нормативно узаконенными грозозащитными средствами для ВЛ как с защищенными, так и с неизолированными проводами.
4. РДИ являются эффективными, надежными и экономичными грозозащитными устройствами благодаря оригинальности реализуемого принципа действия, конструктивной простоте и неподверженности повреждениям грозовыми и дуговыми токами.
5. Конструктивно-технические параметры разрядников РДИ обеспечивают возможность и удобство их монтажа на любых типах опор ВЛ и ВЛЗ, отсутствие необходимости их обслуживания и эксплуатационную долговечность.
6. Для защиты от индуктированных грозовых перенапряжений применяются разрядники РДИП-10-IV-УХЛ1, РДИШ-10-IV-УХЛ1, РДИМ-10-К-II-УХЛ1.
7. Петлевые разрядники РДИП-10 устанавливаются по одному на каждую опору с последовательным чередованием фаз.
8. Шлейфовые разрядники РДИШ-10 могут применяться вместо петлевых в тех случаях, когда необходимо осуществлять двойное крепление проводов.
9. Модульные разрядники РДИМ-10-К применяются для защиты ВЛ компактного исполнения с расстоянием между соседними проводами около 0,5 м и с изоляторами класса 20 кВ в районах со степенью загрязнения не выше II.
10. Для защиты участков линии, подверженных прямым ударам молнии, а также для защиты подходов к подстанциям ВЛ на деревянных опорах или на железобетонных опорах с изоляторами ПФ20Г или аналогичных им по классу напряжения необходимо применять модульные разрядники РДИМ-10-1,5 с длиной перекрытия 1,5 м.

Список литературы.

1. T. A. Short, R. H. Ammon "Monitoring Results of the Effectiveness of Surge Arrester Spacings on Distribution Line Protection", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 14, No. 3, July 1999, pp.1142-1150.
2. K. Nakada et. al. "Energy Absorption of Surge Arresters on Power Distribution Lines due to Direct Lightning Strokes-Effects of an Overhead Ground Wire and Installation Position of Surge Arresters", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.12, No. 4, October 1997, pp.1779-1785.
3. Markku Kokkonen. "Development of Lightning Protection for Covered Conductor", ICCS, 2000.
4. «Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» в распределительном электросетевом комплексе», ФСК, 2006 (см. «Новости электротехники», № 6, 2006).
5. Правила устройства опытно-промышленных воздушных линий электропередачи напряжением 6 – 20 кВ с проводами SAX. – М.: ОАО "РОСЭП", 1996.
6. Правила устройства воздушных линий электропередачи напряжением 6 – 20 кВ с защищенными проводами (ПУ ВЛЗ 6 – 20 кВ).- М.: ОАО "РОСЭП"; ОАО "ОРГРЭС, 1998.
7. «Методические указания по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозовых перенапряжений».-М.: ОАО «РОСЭП», АО «ФСК ЕЭС», 2004.
8. Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д. Новая грозозащита линий электропередачи с помощью длинноискровых разрядников. – Энергетик, 1997 г. № 3, с. 15 – 17.
9. Патент Российской Федерации на изобретение № 2096882 от 20.11.97. Линия электропередачи с импульсным грозовым разрядником /Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д. – Изобретения, Бюл. № 32, 1997.
10. Патент Российской Федерации на изобретение № 2100885 от 27.12.97. Импульсный искровой грозовой разрядник для электропередачи/ Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д. – Изобретения, Бюл. № 36, 1997.
11. Грозозащита ВЛ 6-10 кВ длинно-искровыми разрядниками. – Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства (РУМ), 2000 г., №11, с. 10-36.
12. Г.В. Подпоркин, В.Е. Пильщиков, А.Д. Сиваев "Защита ВЛ 6 - 10 кВ от грозовых перенапряжений посредством длинно-искровых разрядников модульного типа", «Энергетик» 2003, №1, стр. 27-29.

II. Типовые конструктивные решения по установке длинно-искровых разрядников на опорах ВЛ 10кВ

Таблица 5.

Возможные варианты сочетания типовых опор ВЛ 10 кВ и устанавливаемых на них длинно-искровых разрядников

Шифр проекта	Тип опоры	Тип устанавливаемого разрядника				
		РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	РДИМ-10-К-II-УХЛ1
3.407.1-143 Выпуск 1	П10-1	+	+	-	+	-
	П10-2	+	-	+	+	-
	УП10-1	+	-	+	+	-
	Л10-1	+	+	-	+	-
	УА10-1	+	+	-	+	-
	ОА10-1	+	+	-	+	-
	УОА10-1	+	+	-	+	-
	ПР-1	+	+	-	+	-
	КР-1	+	+	-	+	-
	АР-1	+	+	-	+	-
	ОАР-1	+	+	-	+	-
	ПМ-1	+	+	-	+	-
	КМ-1	+	+	-	+	-
КРМ-1	+	+	-	+	-	
3.407.1-143 Выпуск 2	П10-3	+	+	-	+	-
	П10-4	+	-	+	+	-
	УП10-2	+	-	+	+	-
	ОА10-2	+	+	-	+	-
	Л10-2	+	+	-	+	-
	УА10-2	+	+	-	+	-
	УОА10-2	+	+	-	+	-
	ПР-2	+	+	-	+	-
	АР-2	+	+	-	+	-
	КР-2	+	+	-	+	-
	ОАР-2	+	+	-	+	-
	ПМ-2	+	+	-	+	-
	КМ-2	+	+	-	+	-
КРМ-2	+	+	-	+	-	
3.407.1-143 Выпуск 3	П10-5	+	+	-	+	-
	УП10-3	+	+	-	+	-
	ОА10-3	+	+	-	+	-
	Л10-3	+	+	-	+	-
	УА10-3	+	+	-	+	-
	УОА10-3	+	+	-	+	-
	ПР-3	+	+	-	+	-
	АР-3	+	+	-	+	-
	КР-3	+	+	-	+	-
	ОАР-3	+	+	-	+	-
	ПМ-3	+	+	-	+	-
	КМ-3	+	+	-	+	-
	КРМ-3	+	+	-	+	-

Шифр проекта	Тип опоры	Тип устанавливаемого разрядника				
		РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	РДИМ-10-К-II-УХЛ1
3.407.1-143 Выпуск 4	П 16,4-1	+	+	-	+	-
	УП 16,4-1	+	+	-	+	-
	К 16,4-1	+	+	-	+	-
	А 16,4-1	+	+	-	+	-
3.407.1-143 Выпуск 5	ПП10-1	+	-	+	+	-
	ПП10-2	+	-	+	+	-
	ПП10-3	+	-	+	+	-
	ПП10-4	+	-	+	+	-
	ПП10-5	+	-	+	+	-
	ПП10-6	+	+	-	+	-
	ПС10-1	+	+	-	+	-
	ПС10-2	+	-	+	+	-
	ПУП10-1	+	-	+	+	-
	ПА10-1	+	+	-	+	-
	ПА10-2	+	+	-	+	-
	ПА10-3	+	+	-	+	-
	ПА10-4	+	+	-	+	-
ПА10-5	+	+	-	+	-	
ПУА10-1	+	+	-	+	-	
ПУА10-2	+	+	-	+	-	
3.407.1-143 Выпуск 6	2П10-1	+	+	-	+	-
	2ОП10-1	+	+	-	+	-
	2ОП10-2	+	+	-	+	-
	2ОП10-3	+	+	-	+	-
	2УП10-1	+	+	-	+	-
	2А10-1	+	+	-	+	-
	2К10-1	+	+	-	+	-
26.0004	П10-1Д	+	-	-	+	+
	П10-2Д	+	-	-	+	+
	П10-3Д	+	-	-	+	+
	ПП10-1Д	+	-	-	+	+
	УП10-1Д	+	+	-	+	+
	К10-1Д	+	+	-	+	-
	Л10-1Д	+	+	-	+	-
	УА10-1Д	+	+	-	+	-
	ОА10-1Д	+	+	-	+	+
	УОА10-1Д	+	+	-	+	-
ПА10-1Д	+	+	-	+	-	

Шифр проекта	Тип опоры	Тип устанавливаемого разрядника				
		РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП1-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	РДИМ-10-К-II-УХЛ1
20.0027	ПБ10/0,4-9 ÷ ПБ10/0,4-24	+	+	-	+	+
	КБ10/0,4-5 ÷ КБ10/0,4-8	+	+	-	+	-
	АБ10/0,4-5 ÷ АБ10/0,4-8	+	+	-	+	-
	УПБ10/0,4-9 ÷ УПБ10/0,4-16	+	-	-	+	+
	ОАБ10/0,4-9 ÷ ОАБ10/0,4-16	+	+	-	+	+
	УАБ10/0,4-9 ÷ УАБ10/0,4-16	+	+	-	+	-
	ОУАБ10/0,4-10 ÷ ОУАБ10/0,4-16	+	+	-	+	-
	ПоД10-1 ÷ ПоД10-2	+	-	-	+	+
	ПоД10-3 ÷ ПоД10-4	+	-	-	-	+
	ПоД10-5 ÷ ПоД10-6	+	-	-	+	+
	АДр10-4 (КДр10-4)	+	+	-	-	-
	ОАДр10-4 ÷ УПДр10-4 ÷ УАДр10-4	+	+	-	-	-
21.0050	ППоБ10-1 ÷ ППоБ10-8	+	+	-	+	+
	ПА(К)тБ10-14 ÷ ПА(К)тБ10-17	+	+	-	+	-
	ПУПтБ10-14 ÷ ПУПтБ10-17	+	-	+	+	+
	ПУАтБ10-14 ÷ ПУАтБ10-17	+	+	-	+	-
	ПОАтБ10-14 ÷ ПОАтБ10-21	+	+	-	+	+

Шифр проекта	Тип опоры	Тип устанавливаемого разрядника				
		РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП1-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	РДИМ-10-К-II-УХЛ1
Л157-97	ПДтБ10-1 ÷ ПДтБ10-3 ÷ ПДтБ10-4	+	-	-	+	+
	АДтБ10-1 ÷ АДтБ10-4	+	+	-	+	-
	КДтБ10-1 ÷ КДтБ10-4	+	+	-	+	-
	УПДтБ10-1 ÷ УПДтБ10-4	+	-	-	+	+
	УАДтБ10-1 ÷ УАДтБ10-4	+	+	-	+	-
	ОДтБ10-1 ÷ ОДтБ10-4	+	+	-	+	-
	ПоБ10-1 ÷ ПоБ10-7	+	-	-	+	+
	АтБ10-20 ÷ АтБ10-26	+	+	-	+	-
	КтБ10-20 ÷ КтБ10-26	+	+	-	+	-
	УПоБ10-20 ÷ УПоБ10-26	+	-	-	+	+
	УАтБ10-20 ÷ УАтБ10-26	+	+	-	+	-
	ОАтБ10-20 ÷ ОАтБ10-26	+	-	-	+	+
Л156-97	ПкБ10-1 ÷ ПкБ10-2	+	+	-	+	-
	ПтБ10-1 ÷ ПтБ10-2 (4)	+	+	-	+	-
	ПтБ10-3 ÷ ПтБ20-3	+	+	-	+	-
	АБ10-8 ÷ АБ20-8	+	+	-	+	-
	КБ10-8 ÷ КБ20-8	+	+	-	+	-
	УПБ10-8 ÷ УПБ20-8	+	+	-	+	-
	УАБ10-8 ÷ УАБ20-8	+	+	-	+	-
	ОАБ10-8 ÷ ОАБ20-8	+	+	-	+	-

Шифр проекта	Тип опоры	Тип устанавливаемого разрядника				
		РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП1-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	РДИМ-10-К-II-УХЛ1
27.0002	П20-1Н	+	+	-	+	+
	УП20-1Н	+	-	-	+	+
	А20-1Н	+	+	-	+	-
	УА20-1Н	+	+	-	+	-
	ОА20-1Н	+	+	-	+	+
	УОА20-1Н	+	+	-	+	-
	П20-3Н	+	+	-	+	+
	УП20-3Н	+	-	-	+	+
	А20-3Н	+	+	-	+	-
	УА20-3Н	+	+	-	+	-
ОА20-3Н	+	+	-	+	+	
УОА20-3Н	+	+	-	+	-	
23.0090 Альбом I	Пс10-1	+	-	-	+	+
	Пс10-2	+	-	-	+	+
	УПс10-1	+	-	-	+	-
	УПс10-2	+	-	-	+	-
	Ас10-1	+	+	-	+	-
	Ас10-2	+	+	-	+	-
	Кс10-1	+	+	-	+	-
	Кс10-2	+	+	-	+	-
	УАс10-1	+	+	-	+	-
	УАс10-2	+	+	-	+	-
	ОАс10-1	+	+	-	+	+
	ОАс10-2	+	+	-	+	+
	ППс10-1	+	-	-	+	+
	ППс10-2	+	-	-	+	+
	Пас10-1	+	+	-	+	-
	Пас10-2	+	+	-	+	-
	ПУАс10-1	+	+	-	+	+
	ПУАс10-2	+	+	-	+	+
23.0090 Альбом II	Пс10-3(4)	+	+	-	+	-
	Пс10-5(6)	+	-	+	+	-
	УПс10-3(4)	+	+	-	+	-
	УПс10-5(6)	+	-	+	+	-
	Ас10-3	+	+	-	+	-
	Ас10-4	+	+	-	+	-
	Кс10-3	+	+	-	+	-
	Кс10-4	+	+	-	+	-
	УАс10-3	+	+	-	+	-
	УАс10-4	+	+	-	+	-
	ОАс10-3	+	+	+	+	-
	ОАс10-4	+	+	+	+	-
	ППс10-3	+	-	+	+	-
	ППс10-4	+	-	+	+	-
	Пас10-3	+	+	-	+	-
	Пас10-4	+	+	-	+	-
	ПУАс10-3	+	+	-	+	-
	ПУАс10-4	+	+	-	+	-

Шифр проекта	Тип опоры	Тип устанавливаемого разрядника				
		РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИП1-10-IV-УХЛ1	РДИП-10-IV-УХЛ1	РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1	РДИМ-10-К-II-УХЛ1
22.00.28	ППМ10-1	+	+	-	+	-
	ПАМ10-1	+	+	-	+	-
	ПАМ10-2	+	+	-	+	-
26.0036	П10-1До	-	-	-	+	-
	П10-2До	-	-	-	+	-
	П10-3До	-	-	-	+	-
	ШП10-1До	-	-	-	+	-
	УП10-1До	-	-	-	+	-
	К10-1До	+	+	-	+	-
	А10-1До	+	+	-	+	-
	УА10-1До	+	+	-	+	-
	ОА10-1До	+	+	-	+	-
	УОА10-1До	+	+	-	+	-
	ПА10-1До	+	+	-	+	-
	ЭЛ-ПП.010.07	ПС10П-1	+	-	+	+
ПС10П-2 (y)		+	-	+	+	-
ПС10П-3		+	+	-	+	-
ПС10П-4		+	+	-	+	-
ПС10П-5		+	+	-	+	-
ПС10П-6		+	+	-	+	-
ПС10П-7 (y)		+	+	-	+	-
ПС10П-8		+	+	-	+	-
ПС10П-9		+	+	-	+	-
ПС10П-11		+	+	-	+	-
ПС10П-12		+	+	-	+	-
АС10П-1		+	+	-	+	-
АС10П-2		+	+	-	+	-
АС10П-3		+	+	-	+	-
АС10П-4		+	+	-	+	-
АУС10П-1		+	+	-	+	-
АУС10П-2		+	+	-	+	-
АУС10П-3		+	+	-	+	-
АУС10П-4		+	+	-	+	-
АСО10П-1		+	+	-	+	-
АСО10П-2	+	+	-	+	-	
АСО10П-3	+	+	-	+	-	
АУСО10П-1	+	+	-	+	-	
АУСО10П-2	+	+	-	+	-	

СТАЛ.674.335.001 ПР

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре П10-1

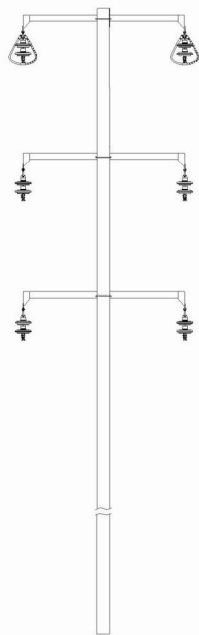


Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре П16.4-1

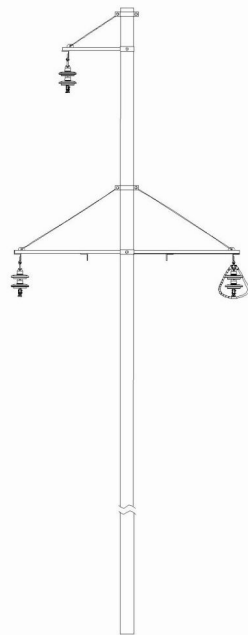


Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре П10-5

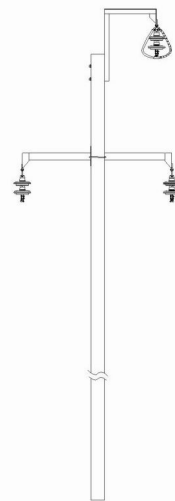


Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре П10-1

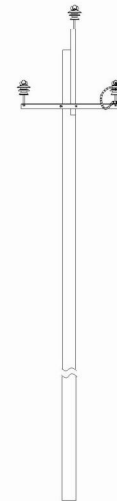


Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре Паб10-4

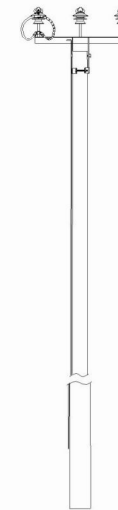


Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре ПС10ПН-2А

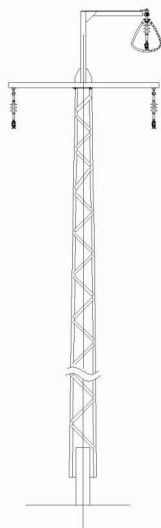
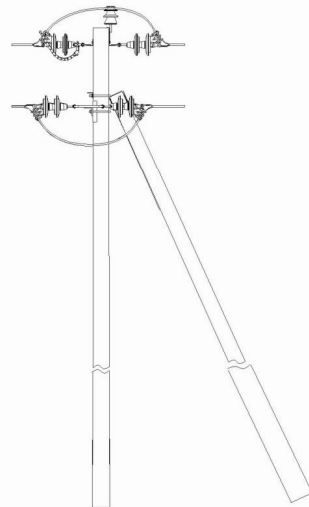


Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на анкерной опоре А10-2



				СТАЛ.674.335.001 ПР		
				Схемы расположения РДИП-10-IV-УХЛ1 на типовых опорах ВЛ 10кВ		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Енькин					
Пров.				Лист	Листов	1
Т.контр.				СТРИМЕР НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ		
Н.контр.						
Утв.						

СТАЛ.674335.001 СБ

Лист примен

Спроб. №

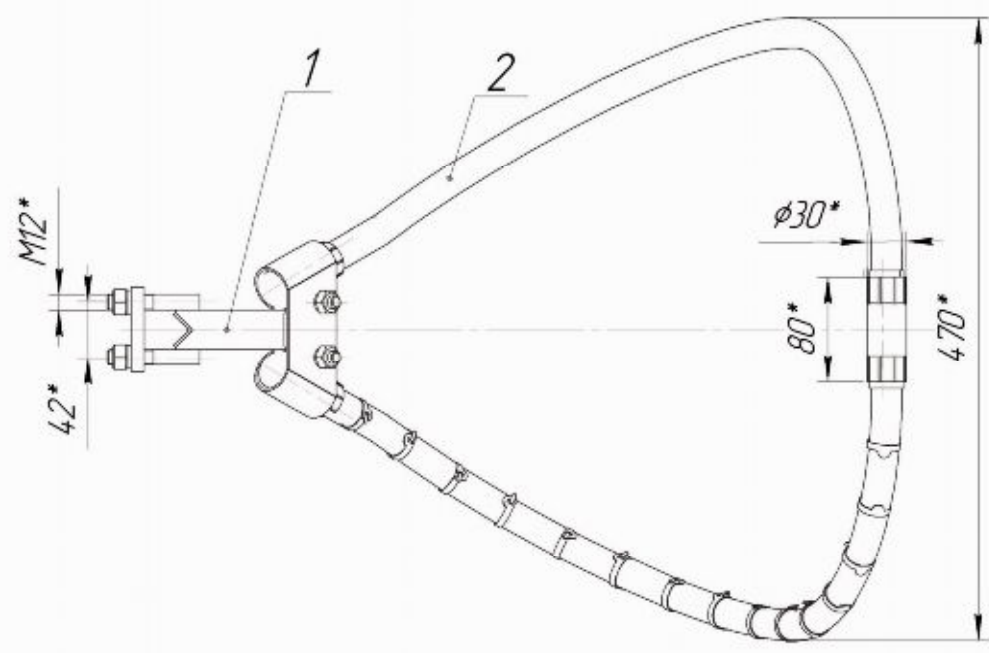
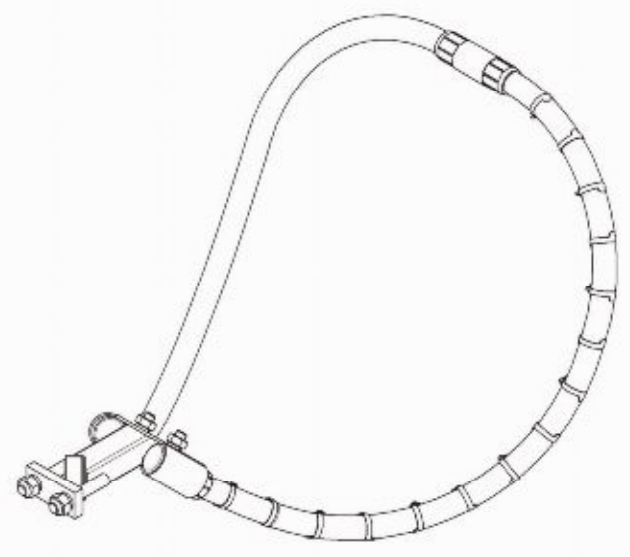
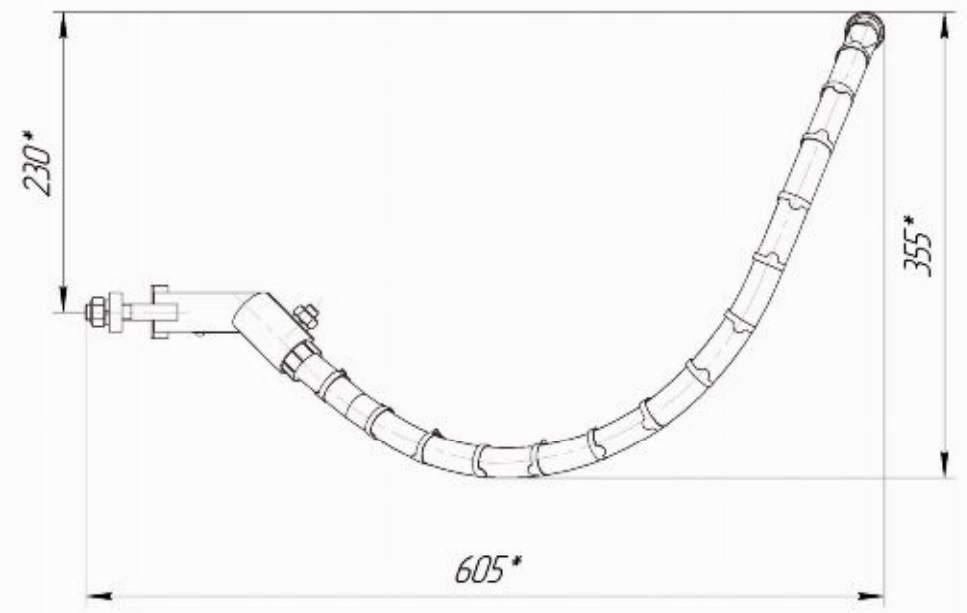
Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. №



				СТАЛ.674335.001 СБ			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разрядник РДИП-10	Лит	Масса	Масштаб
Разработ.	Енькин					25	14
Пров.				Сборочный чертеж			Лист
Т.контр.					Листов	1	
Нач. произв.				СТРИМЕР			
Н.контр.							Формат А3
Утв.				Копировал			

СТАЛ.674.335.001 ПР

Листов. промен.

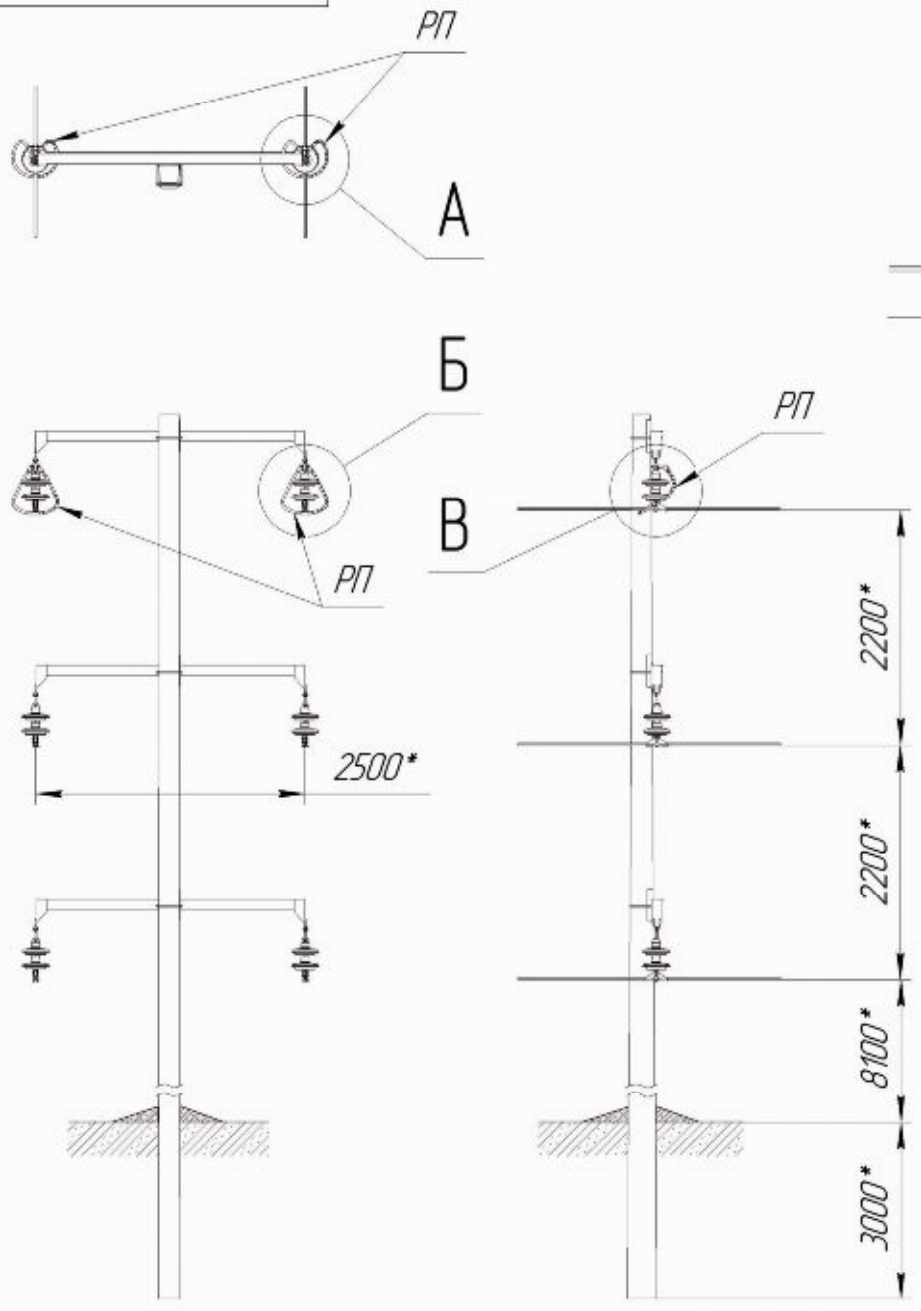
Сград. №

Подп. и дата

Инд. № изд.

Подп. и дата

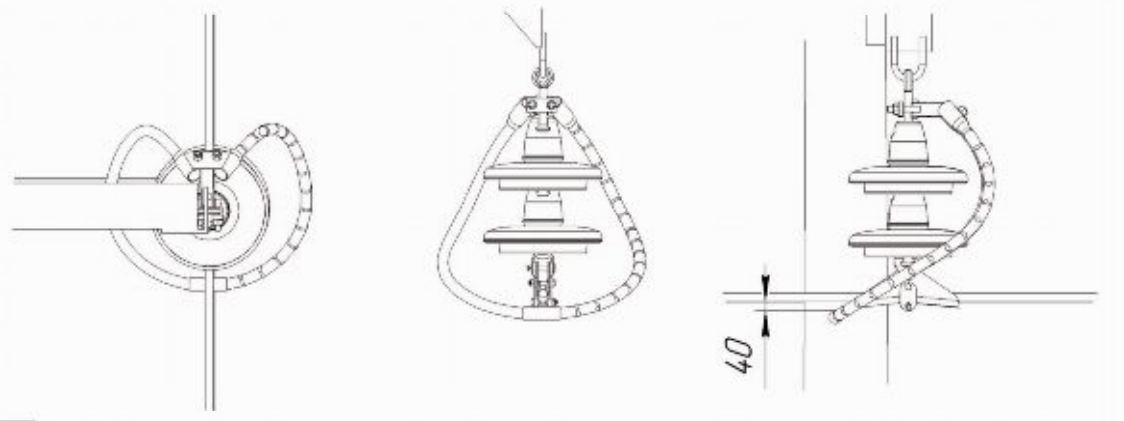
Инд. № подл.



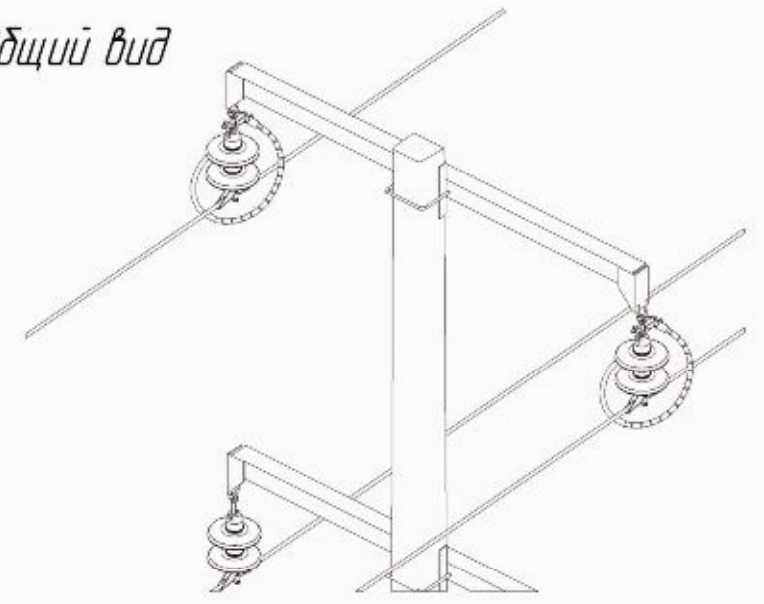
А 1:20

Б 1:20

В 1:20



Общий вид



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.			
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

СТАЛ.674.335.001 ПР

Схема расположения РДИГ-10-IV-УХ/Л1 на промежуточной опоре 2П10-1 "РОСЭТ"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:70
Лист	Листов	1



СТАЛ.674.335.001 ПР

Листов промен.

Справка №

Лист и дата

И-б. № докум

Взам. инв. №

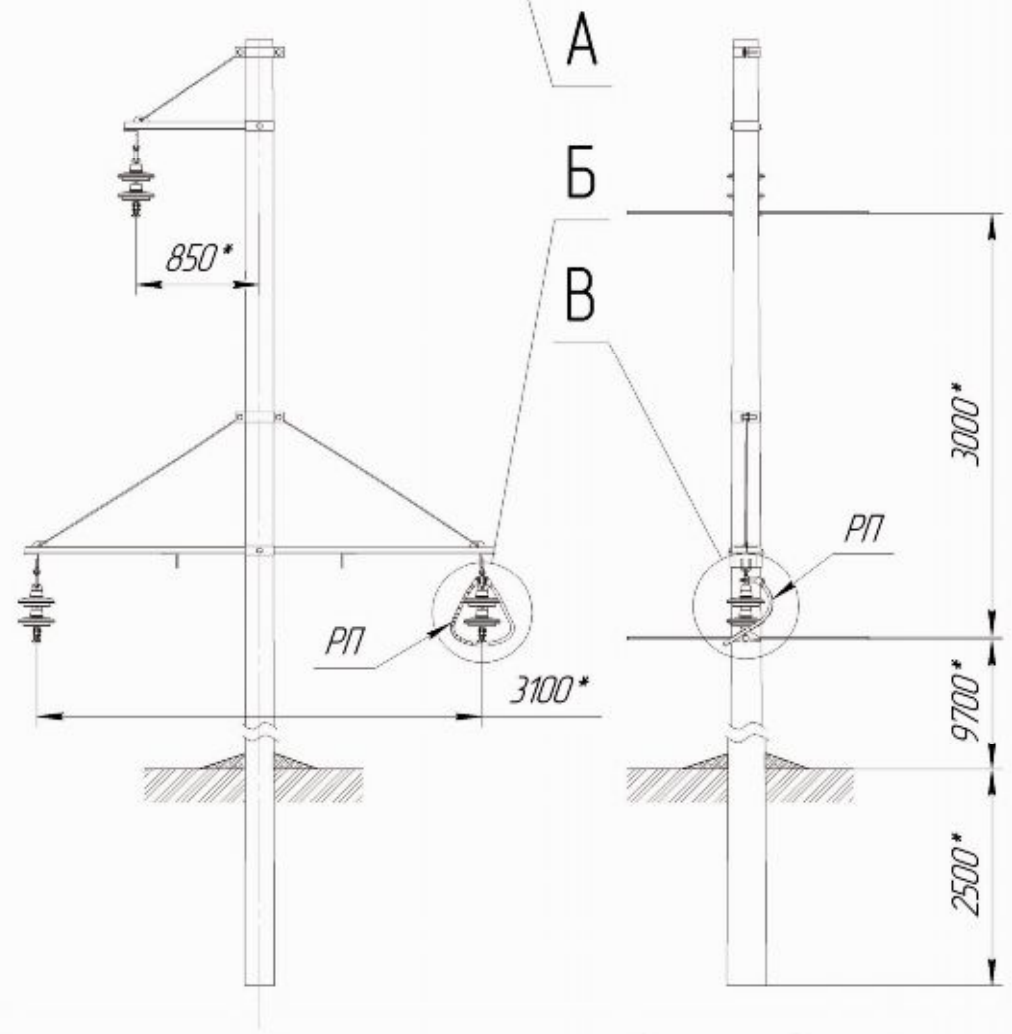
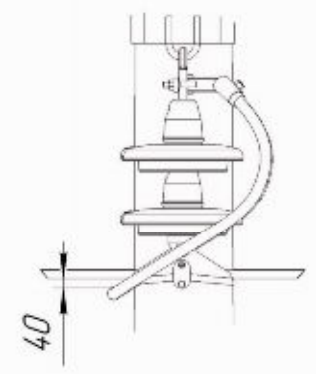
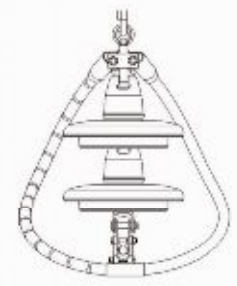
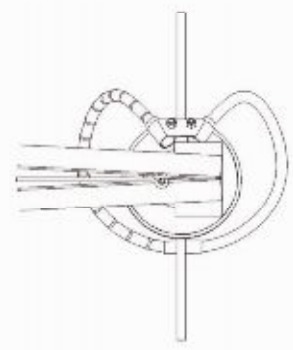
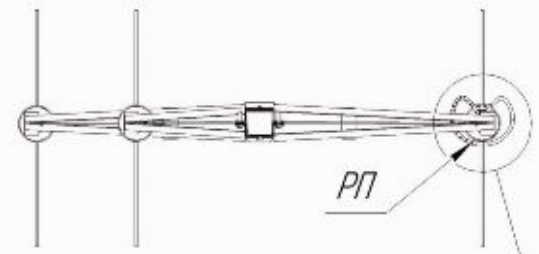
Лист и дата

И-б. № подл.

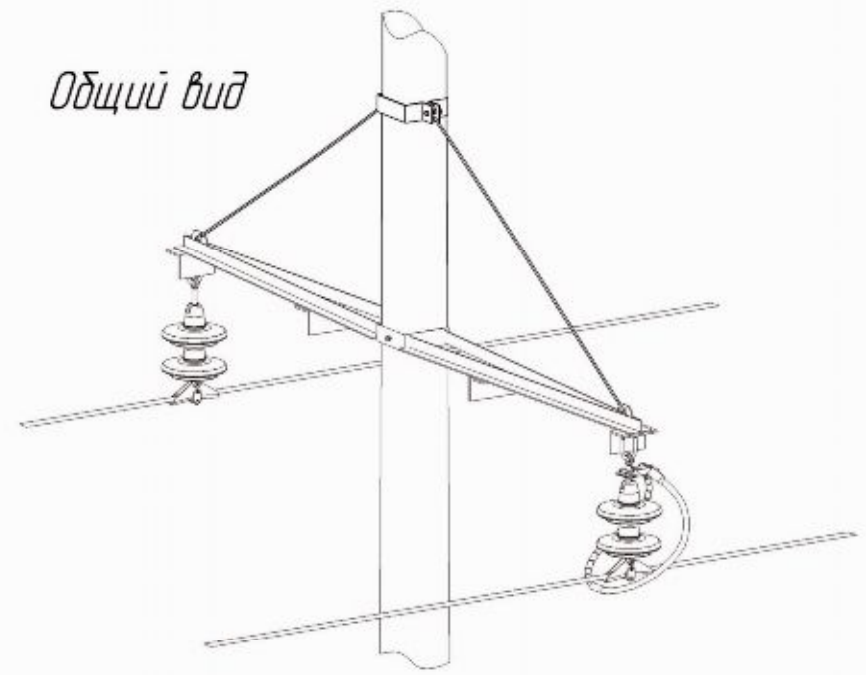
A 1:20

Б 1:20

В 1:20



Общий вид



Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата
Разраб.		Енькин Е.Ю.		
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

СТАЛ.674.335.001 ПР

Схема расположения
РДМТ-10-IV-УХЛ1
на промежуточной опоре П16-4-1
ОАО РОСЭТ

Лит	Масса	Масштаб
		1:55
Лист	Листов	1



Копировал

Формат А3

СТАЛ.674335.001 ПР

Листов. промен.

Справ. №

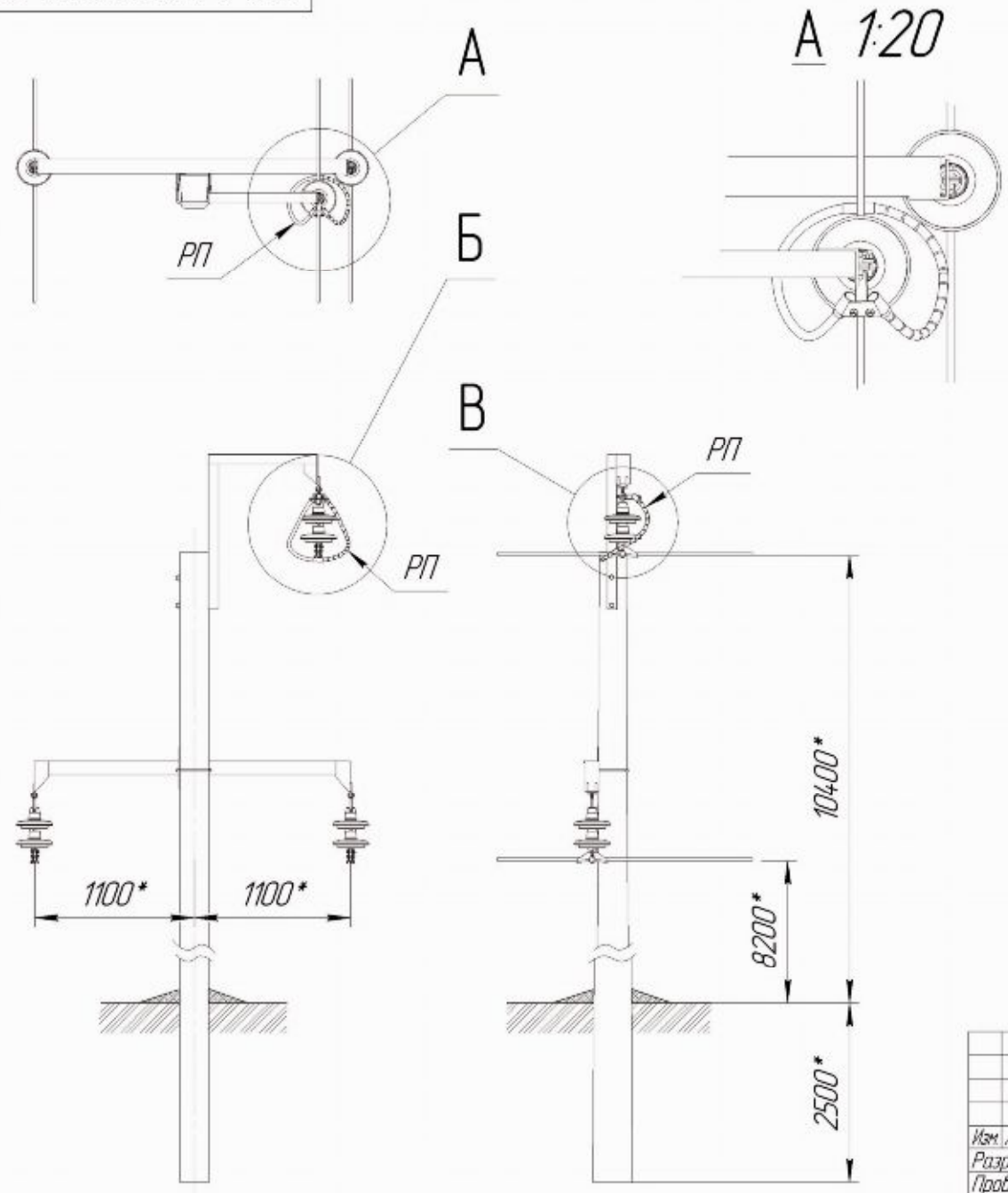
Лист и дата

Инд. № дубл.

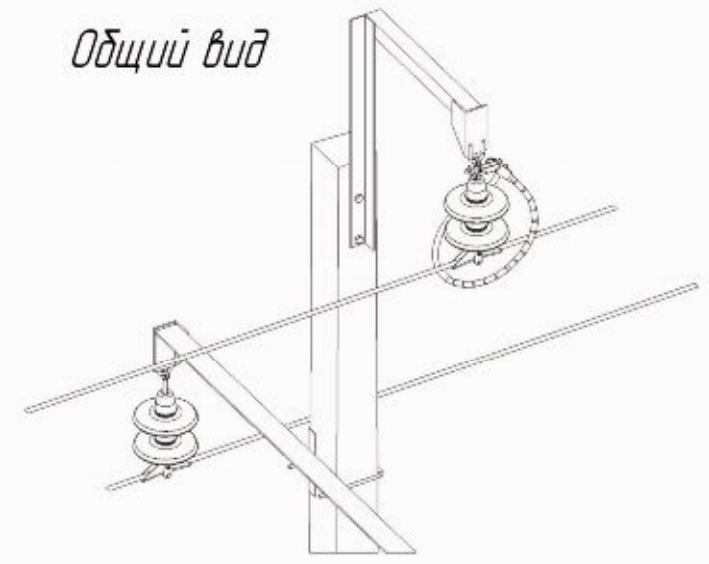
Взам. инд. №

Лист и дата

Инд. № подл.



Общий вид



				СТАЛ.674335.001 ПР		
				Схема расположения РДИТ-10-IV-УХ/Л1 на промежуточной опоре П10-5 ОАО РОСЭП		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Енькин Е.Ю.					1:40
Проб.				Лист	Листов	1
Т.контр.				СТРИМЕР		
И.контр.				Формат А3		
Утв.				Копиробал		

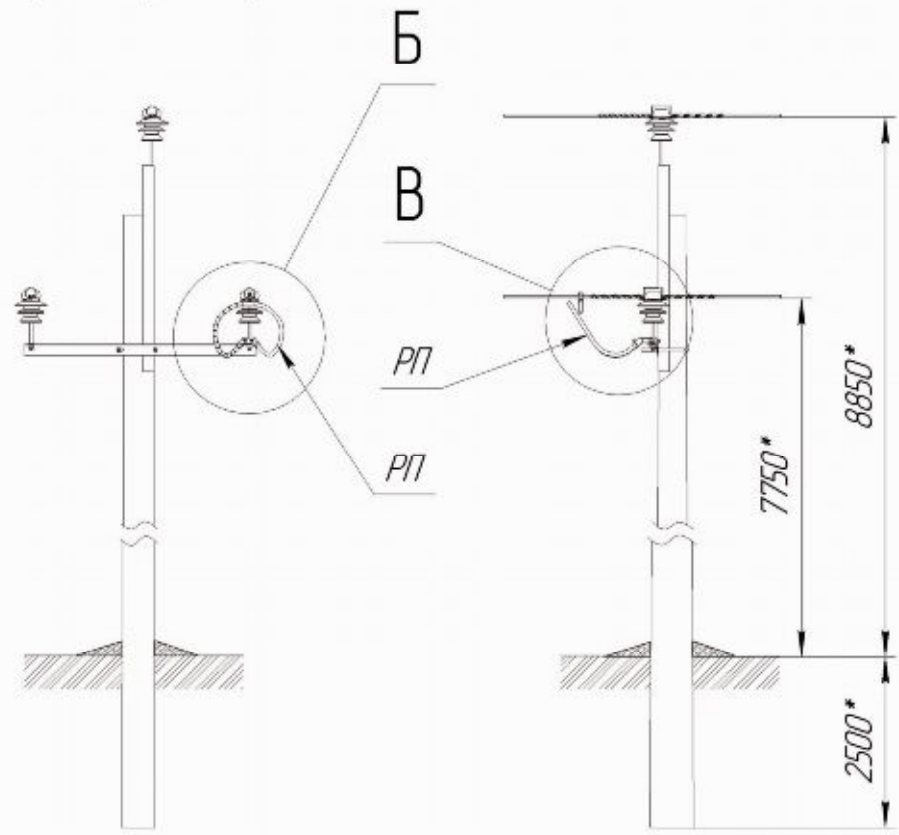
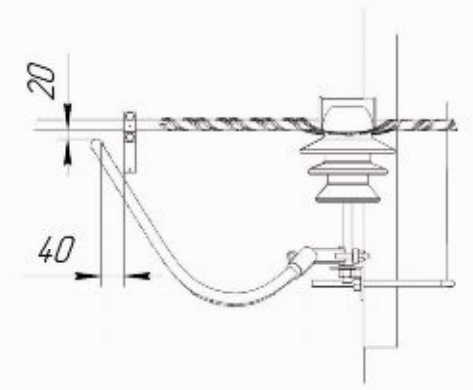
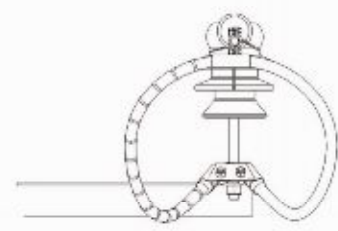
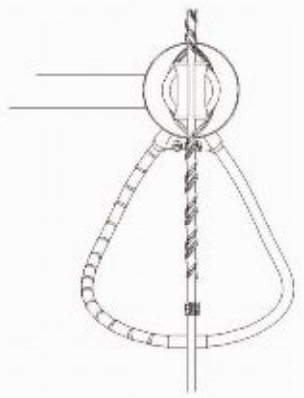
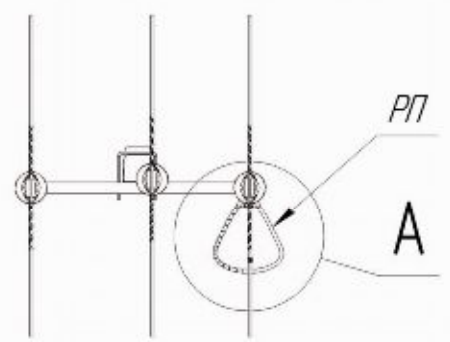
СТАЛ.674.335.001 ПР

Лист: примен
 Справ. №
 Подп. и дата
 Изм. № дубл.
 Изм. № дубл.
 Подп. и дата
 Подп. и дата
 Изм. № лист

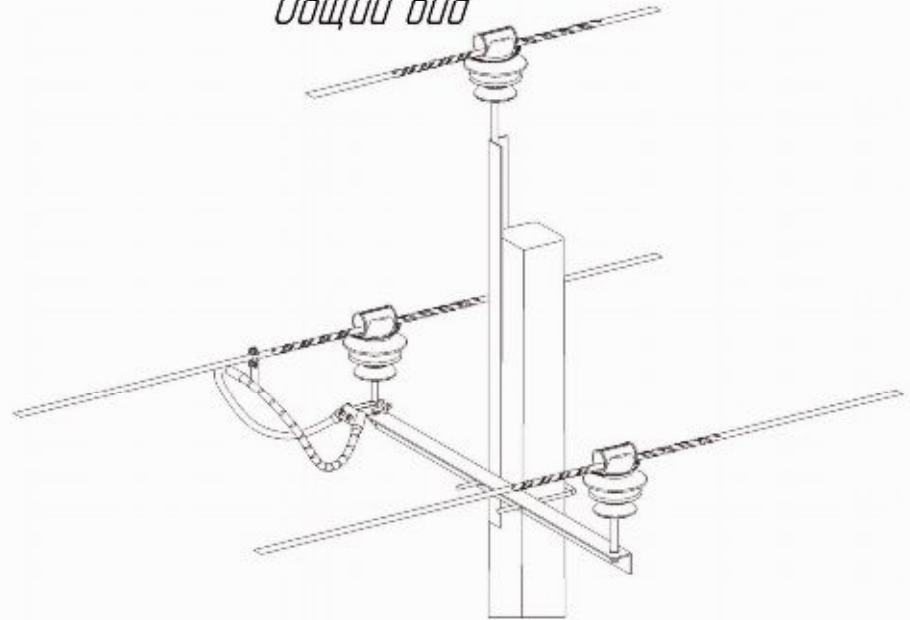
A 1:20

Б 1:20

В 1:20



Общий вид



				СТАЛ.674.335.001 ПР		
				Схема расположения РДИТ-10-IV-УХЛ1 на промежуточной опоре П10-1 ОАО РОСЭП		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Енькин Е.Ю.					1:50
Пров.				Лист	Листов	1
Т.контр.				СТРИМЕР		
Н.контр.				Формат А3		
Утв.				Копировал		

СТАЛ.674335.001 ПР

Лист пр. примен.

Справ. №

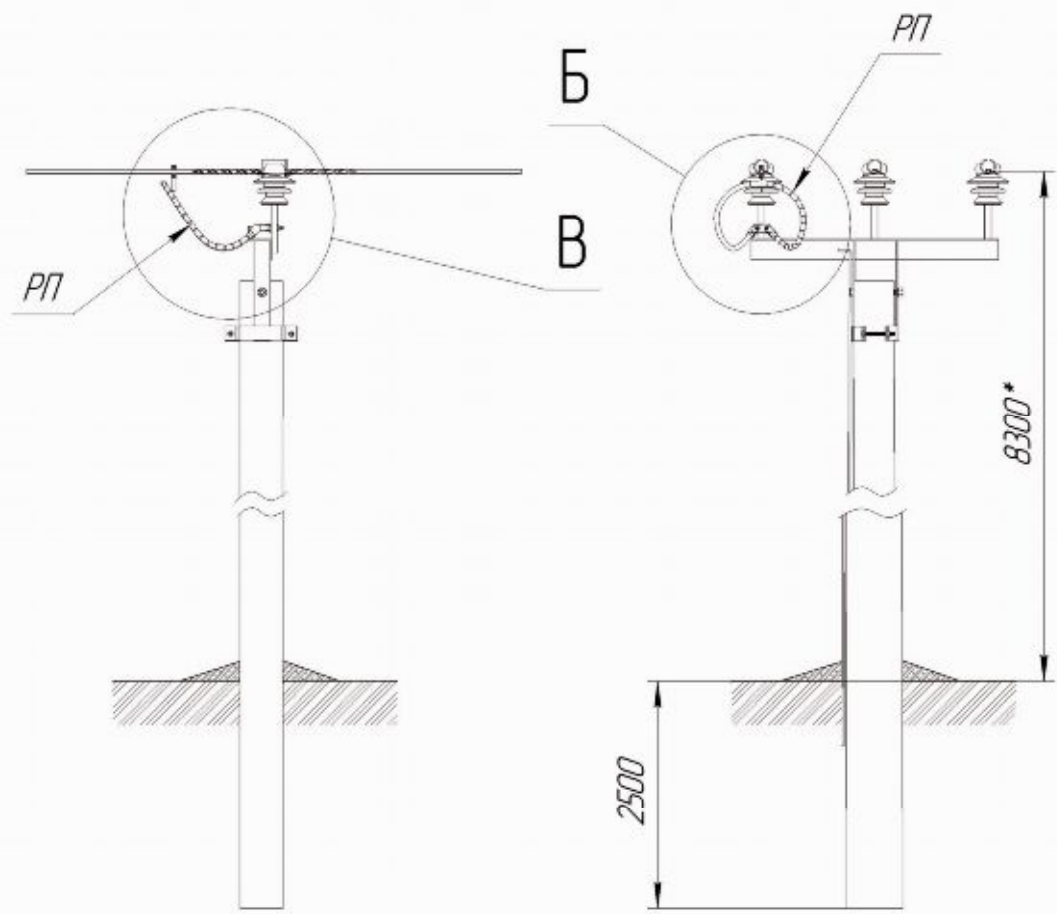
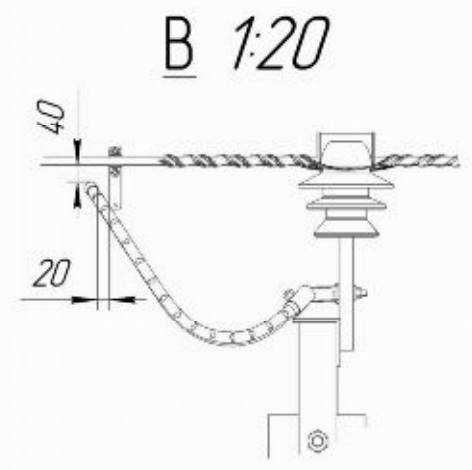
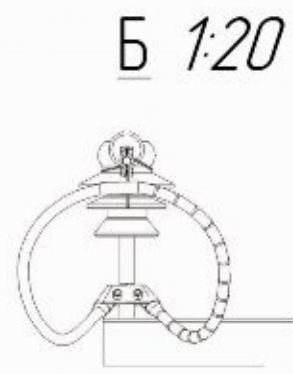
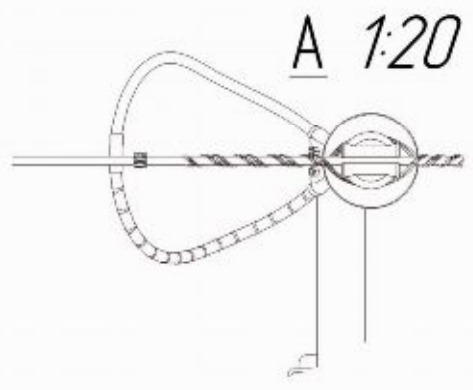
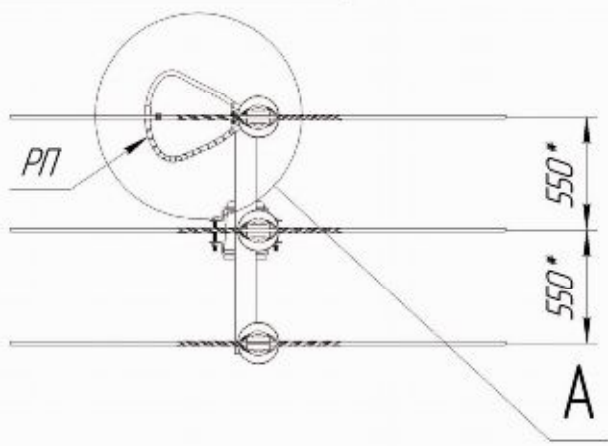
Лист и дата

Инд. № аудита

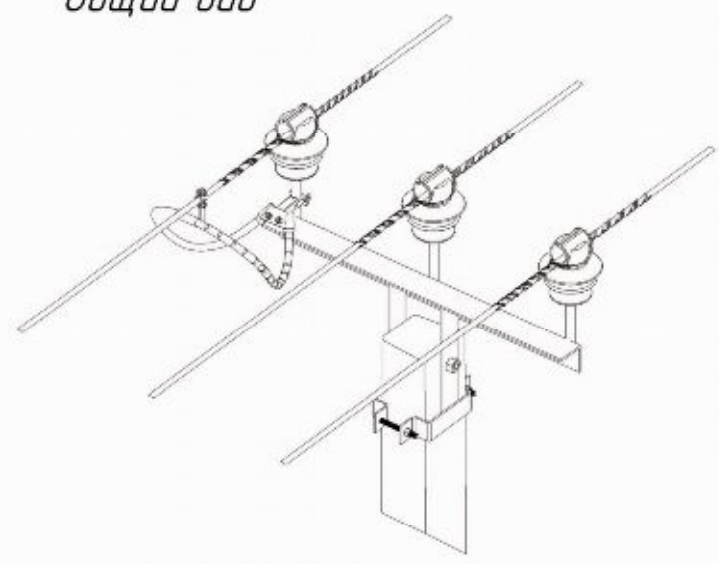
Взам. инв. №


Лист и дата

Инд. № подл.



Общий вид

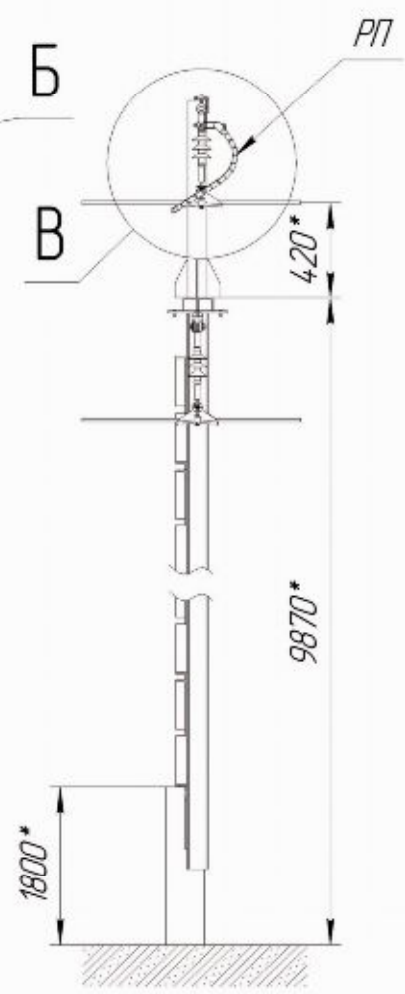
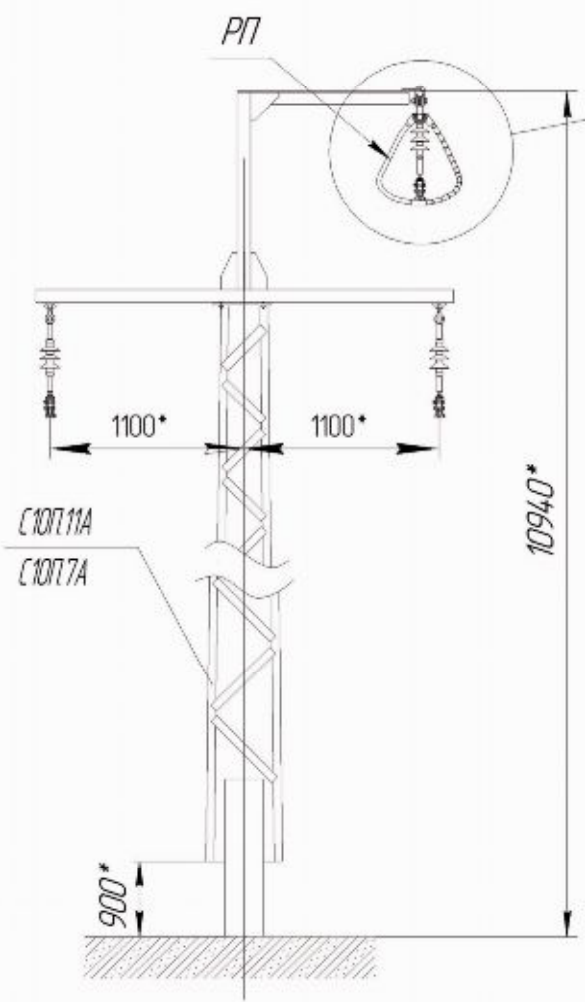
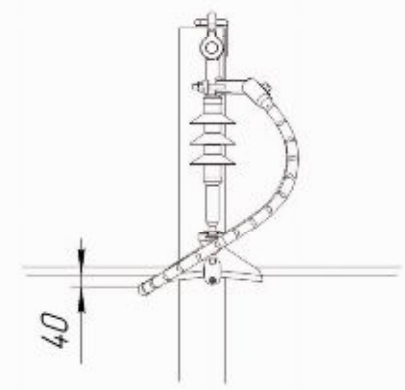
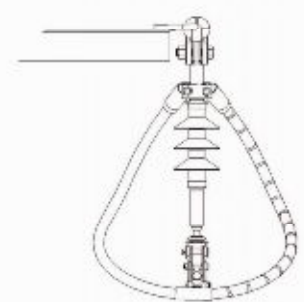
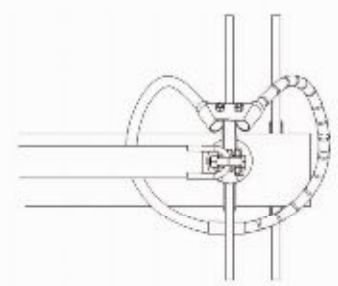
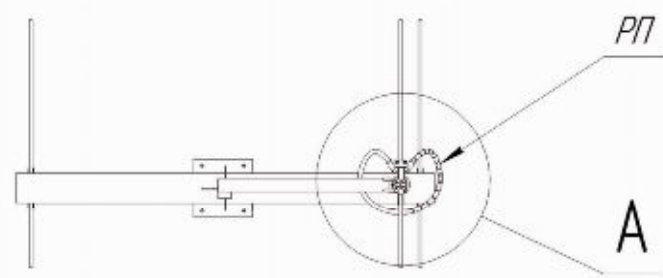


				СТАЛ.674335.001 ПР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема расположения РДИП-10-IV-УХЛ1 на промежуточной опоре Паб10-4 ОАО "РОСЭП" ENSTO		
Разраб.	Енькин Е.Ю.						
Пров.							
Т.контр.							
И.контр.					Лист	Масса	Масштаб
Утв.					Лист	Листов	1
					 СТРИМЕР		

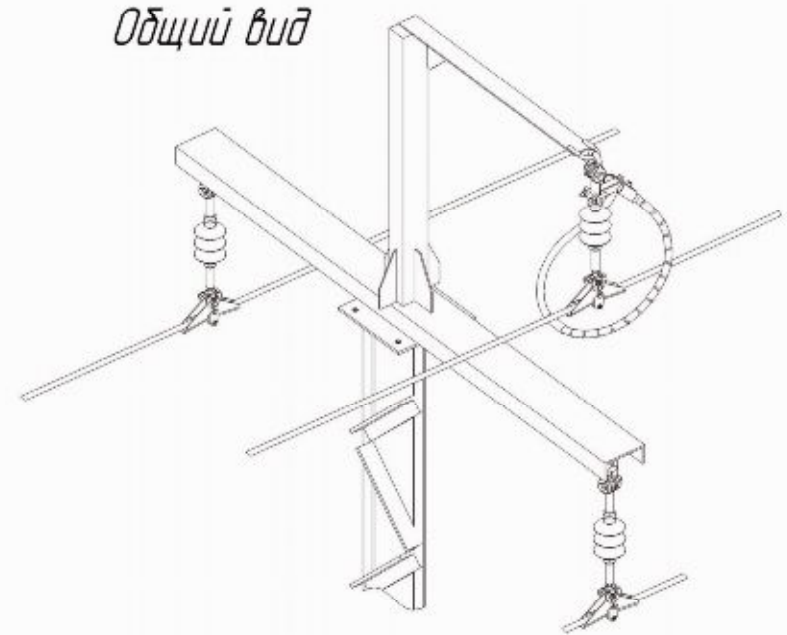
СТАЛ.674.335.001 ПР

Лист № 1
 Спроб №
 Изм. № подл.
 Т.контр.
 Н.контр.
 Утв.
 Дата
 Влак. инв. №
 Изм. № дел.
 Дата и дата

А 1:20 Б 1:20 В 1:20



Общий вид



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Енькин Е.Ю.		
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

СТАЛ.674.335.001 ПР

Схема расположения
 РДИП-10-IV-УХЛ1
 на промежуточной опоре ПС10ПМ-2А
 ЗАО "ВНПО ЭЛСИ"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:35
Лист	Листов	1



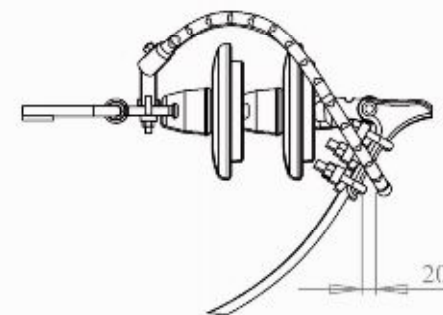
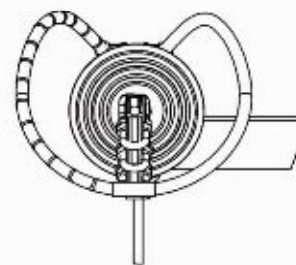
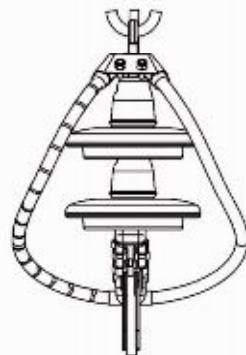
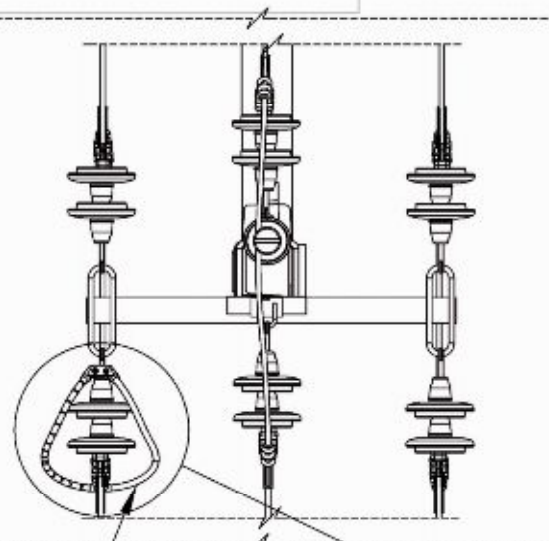
А 1:20

Б 1:20

В 1:20

Перв. примен.

Справ. N



РП

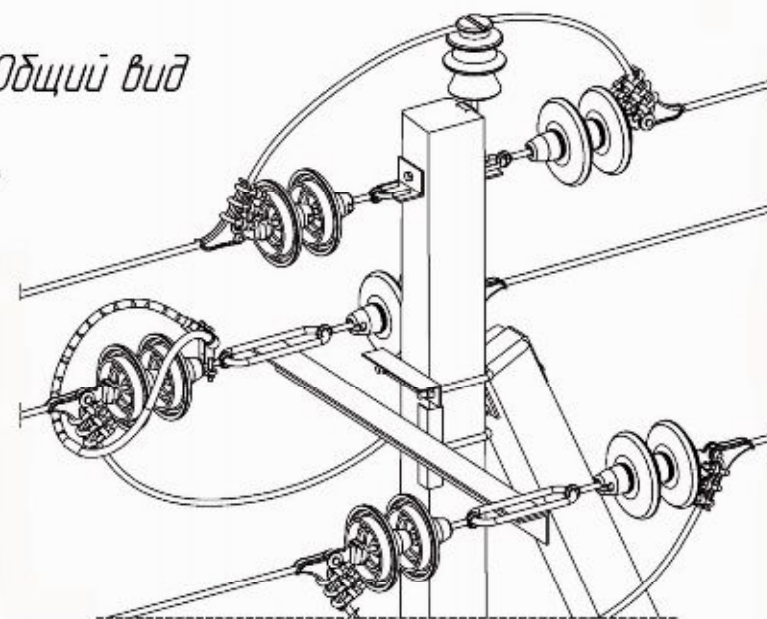
А

РП

Б

В

Общий вид



РП

1350*

10200*

СТАЛ.674335.001 ПР

Изм/Лист	И докум	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
И. картр.			
Утв.			

Схема расположения
РДИП-10-IV-УХЛ1
на анкерной опоре А10-2
ОАО "РОСЭП"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	Листов	

НАЦИОНАЛЬНО-ИЗВЕСТНОЕ ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
СТРИМЕР

Инд. N подл. Подп. и дата
Взам. инв. N Инв. N дубл. Подп. и дата

СТАЛ.674335.005 СБ

Лист примен

Спроб №

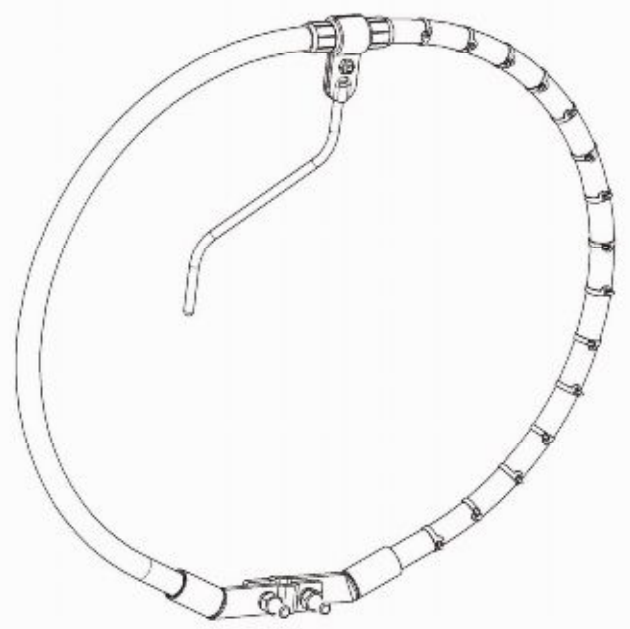
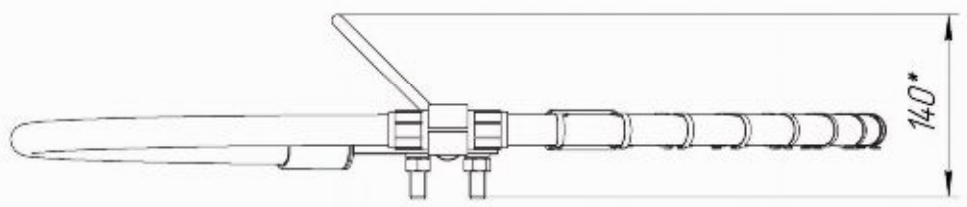
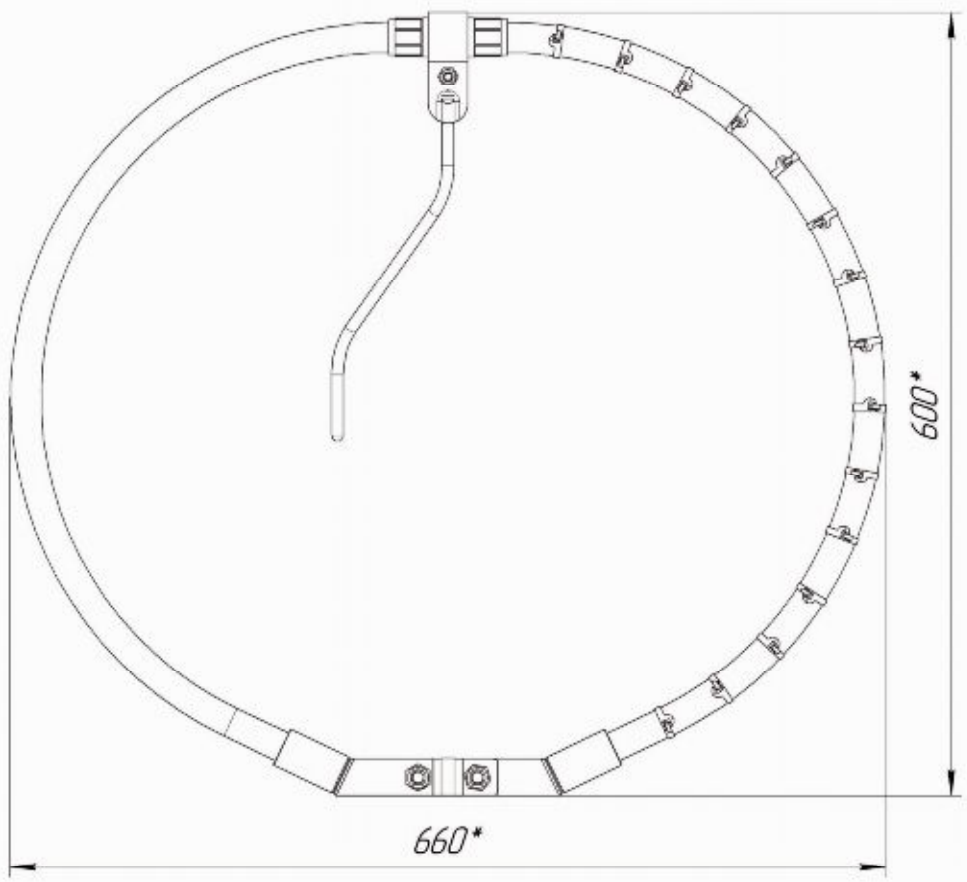
Лист и дата

Инд № издл

Взам инд №

Лист и дата

Инд № подл



Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
Разраб	Енькин			
Проб				
Т.контр				
И.контр				
Утв				

СТАЛ.674335.005 СБ		
Разрядник РДИП1		
Сборочный чертеж		
Лит	Масса	Масштаб
		1:4
Лист	Листов	1
 СТРИМЕР		

Перв. примен.

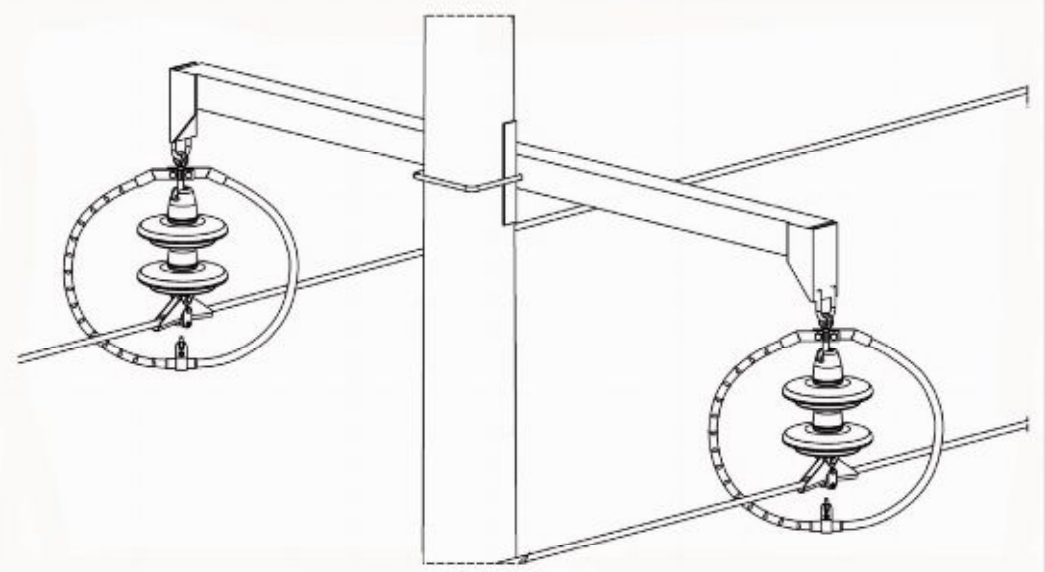
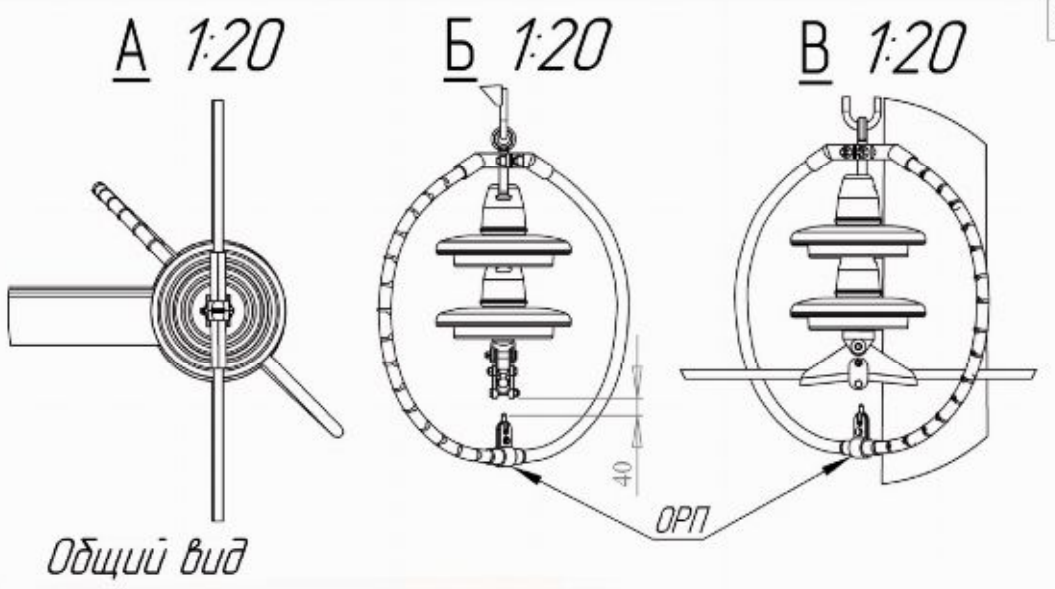
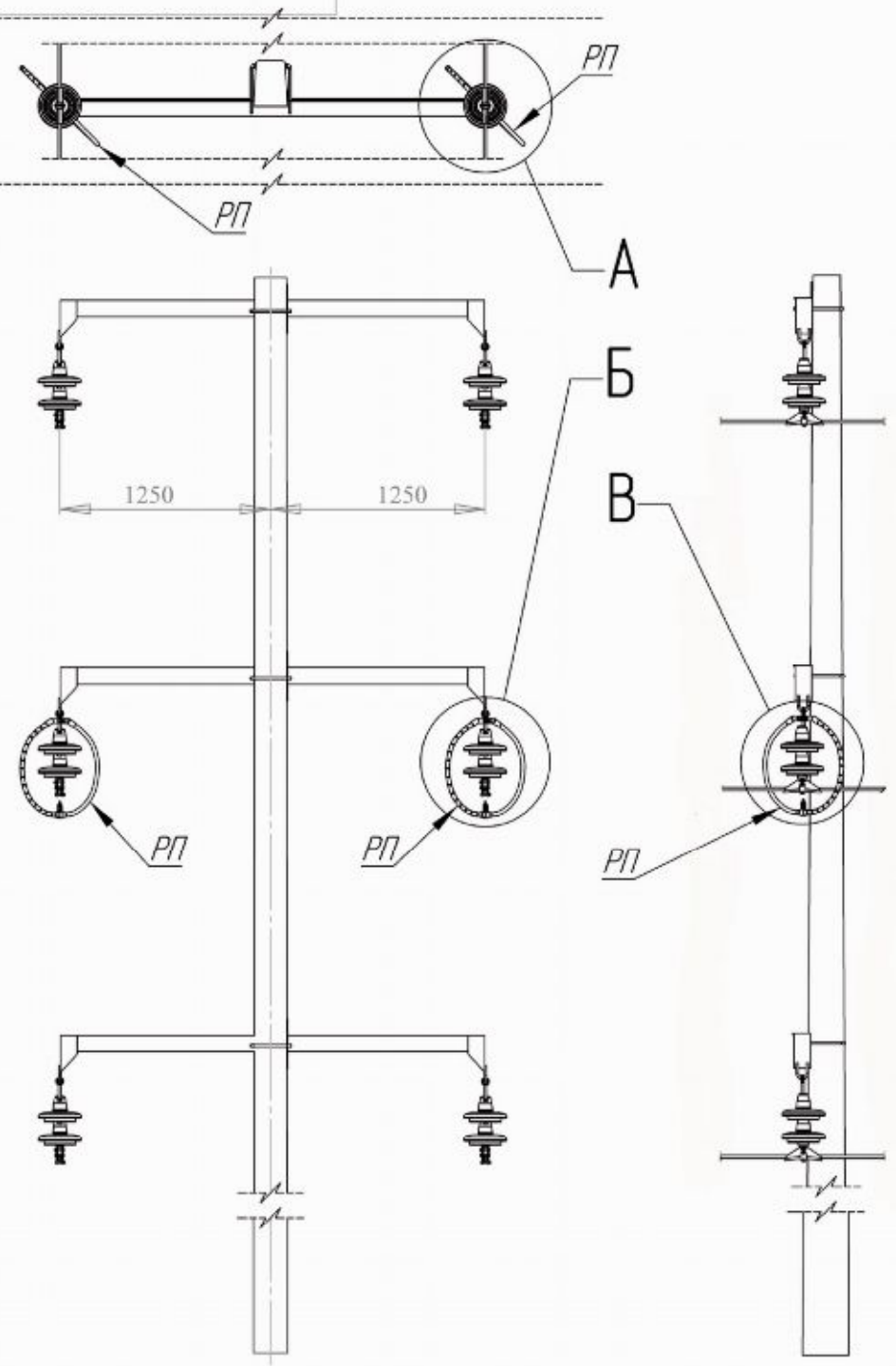
Справ. N

Подп. и дата

Взам. инв. N Инв. N дубл.

Подп. и дата

Инв. N подл.



Изм/Лист	N докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
И. картр.			
Утв.			

СТАЛ.674335.001 ПР

Схема расположения
РДИП11-10-IV-UXL1
на промежуточной опоре 2П10-1
ОАО "РОСЭП"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:60
Лист	Листов	



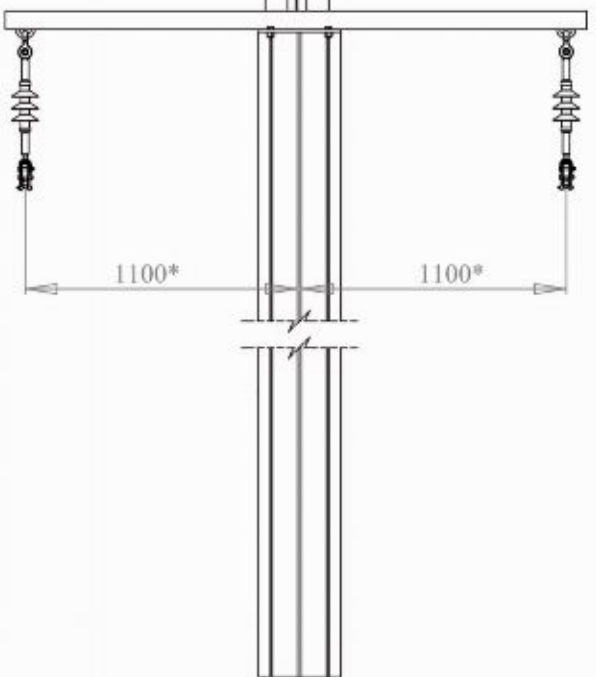
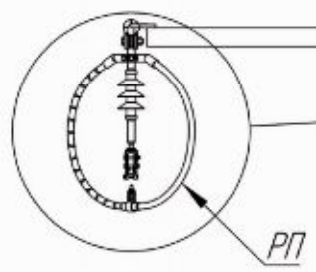
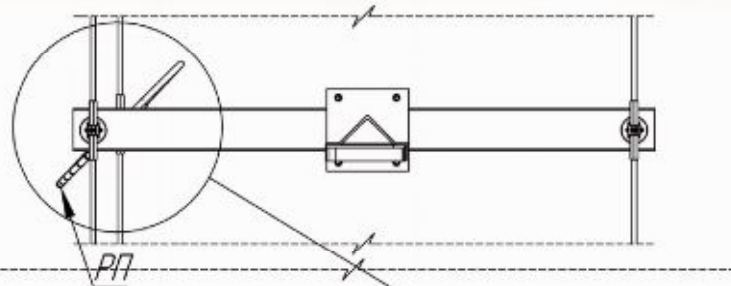
Перв. примен.

Стр. №

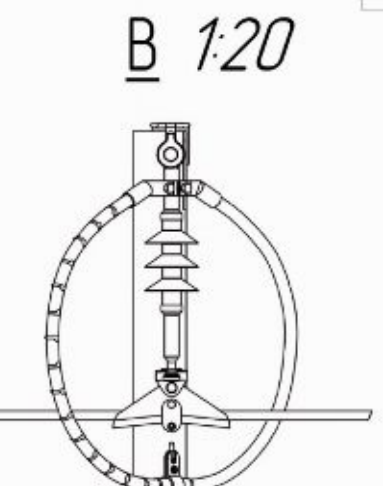
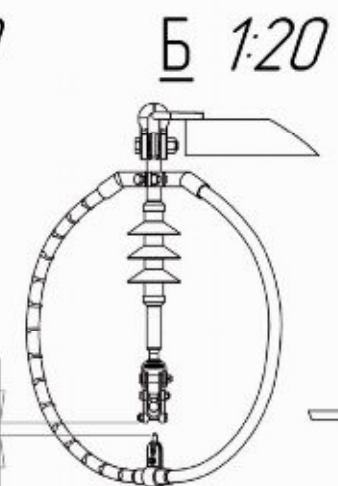
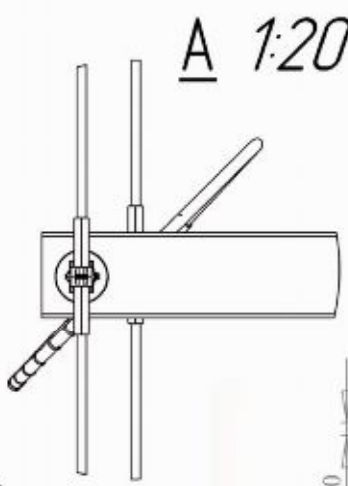
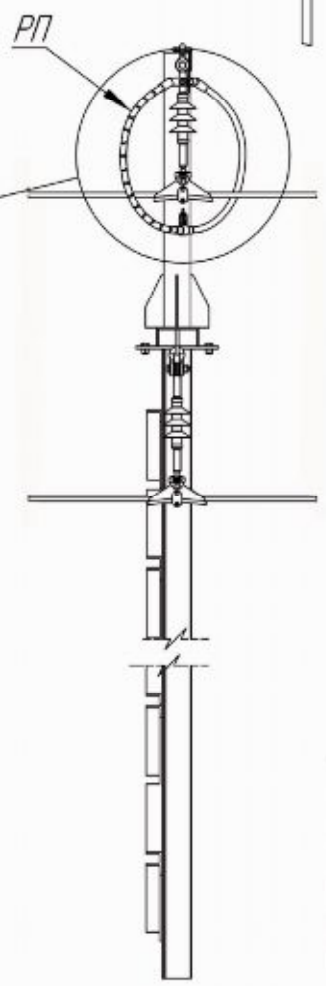
Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

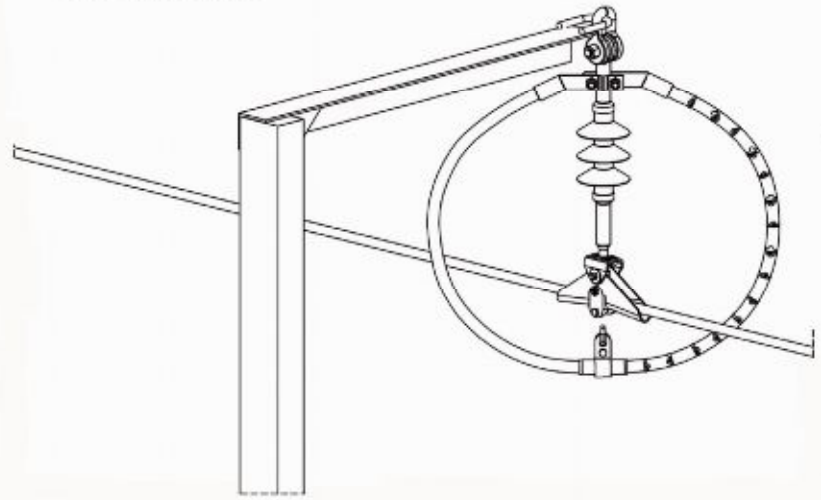
Инв. № подл. Подп. и дата



А
Б
В



Общий вид



Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
И. картр.			
Утв.			

СТАЛ.674335.001 ПР

Схема расположения
РДИП1-10-IV-УХ/Л1
на промежуточной опоре ПС10ПМ-2А
ЗАО "ВНПО Э/СИ"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	Листов	



Герб. примен.

Справ. И

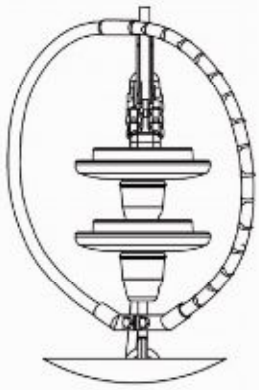
Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

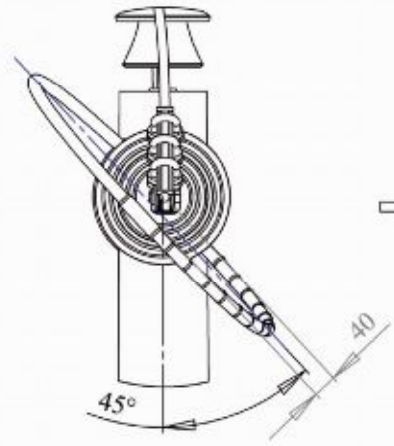
Подп. и дата

Инв. № подл.

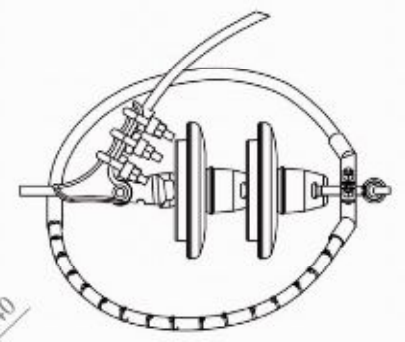
А 1:20



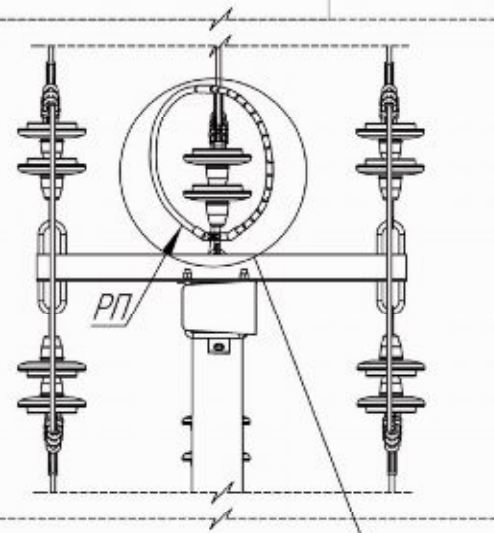
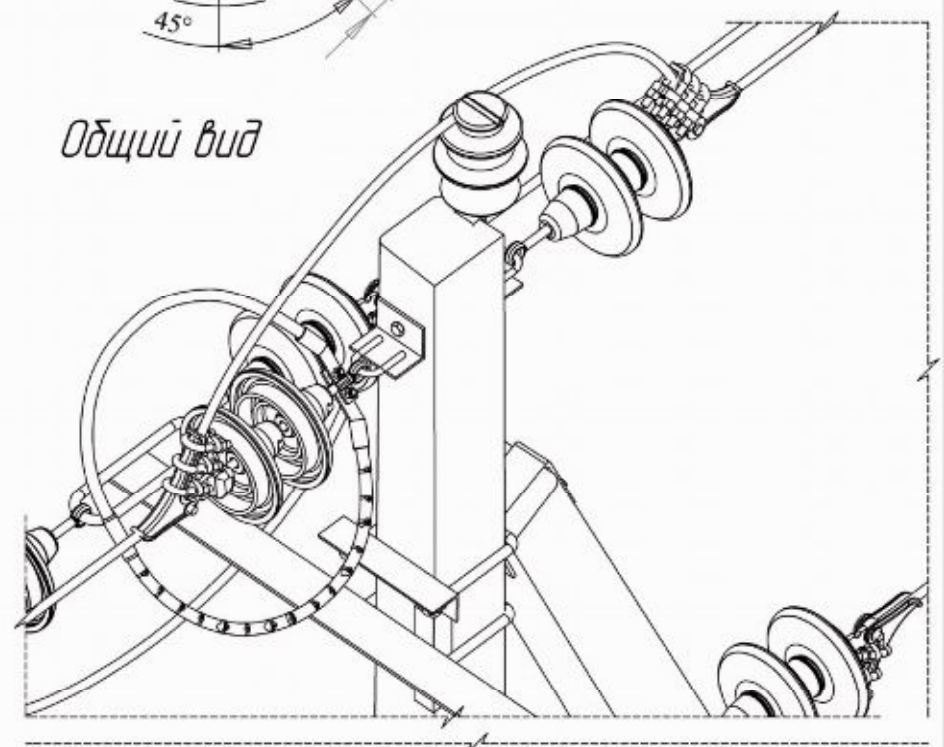
Б 1:20



В 1:20



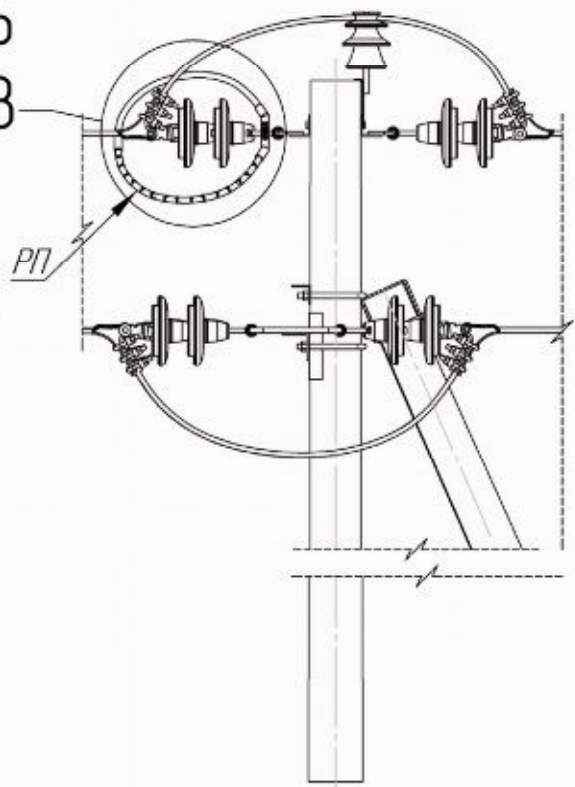
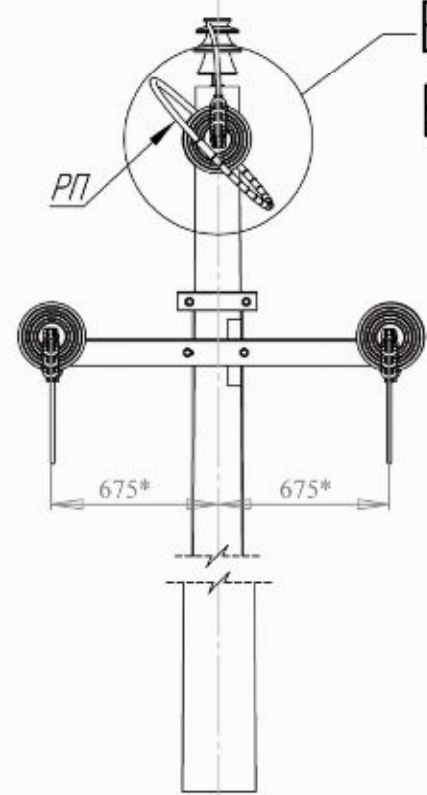
Общий вид



А

Б

В



СТАЛ.674335.001 ПР

Изм./Лист	И докум	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
И. картр.			
Утв.			

Схема расположения РДИПТ-10-IV-УХ/Л1 на анкерной опоре А10-2 ОАО "РОСЭП"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	Листов	

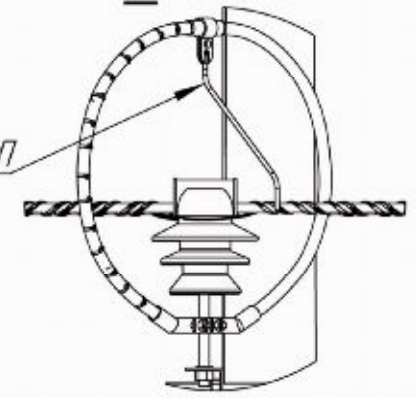
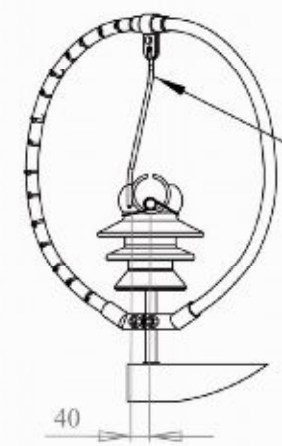
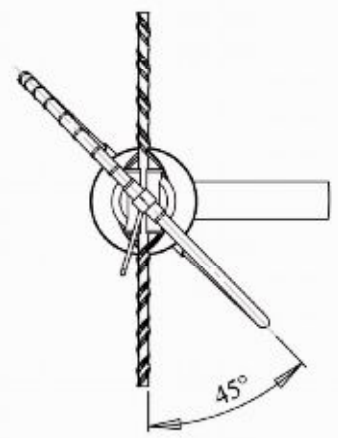
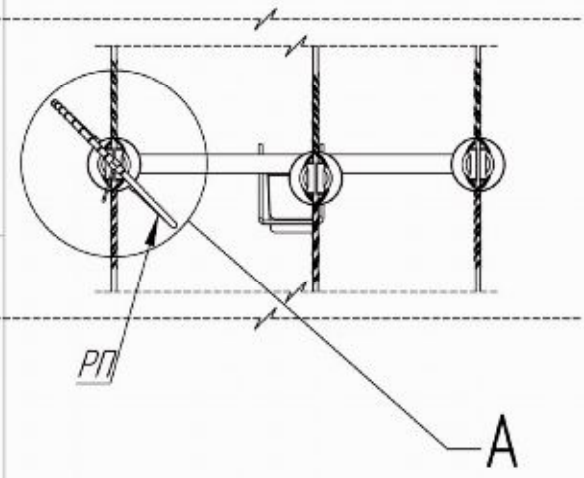


Изм. N подл. Подп. и дата. Измен. инв. N. Инв. N. дораб. Подп. и дата. Стр. N. Изм. N.

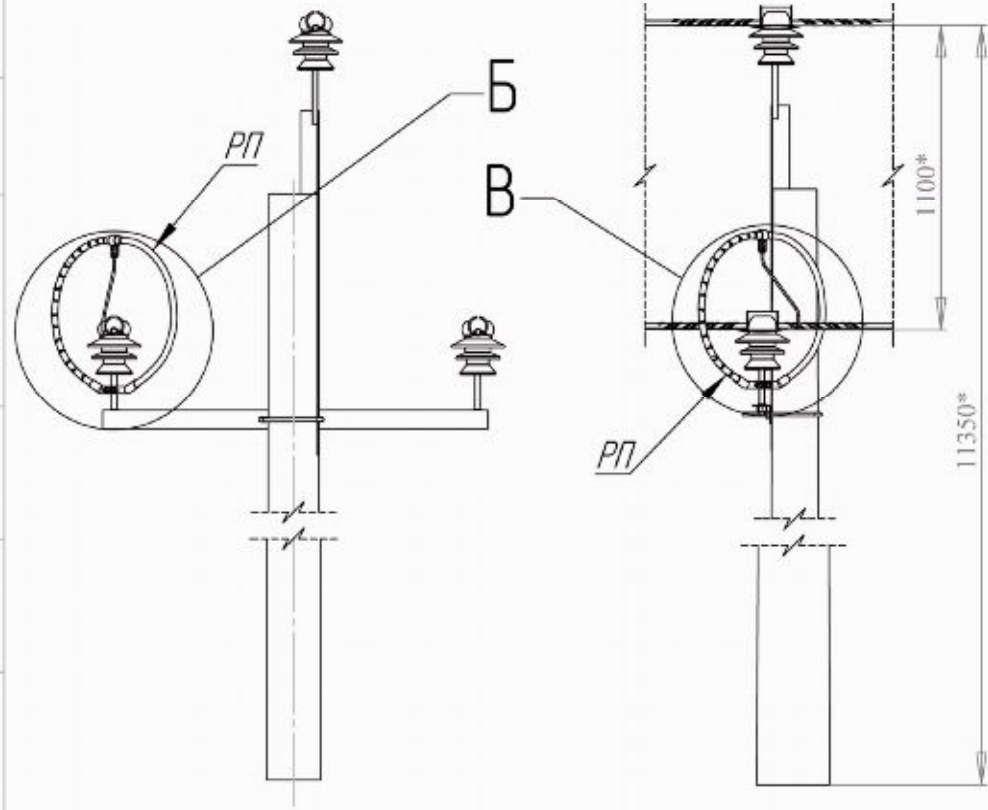
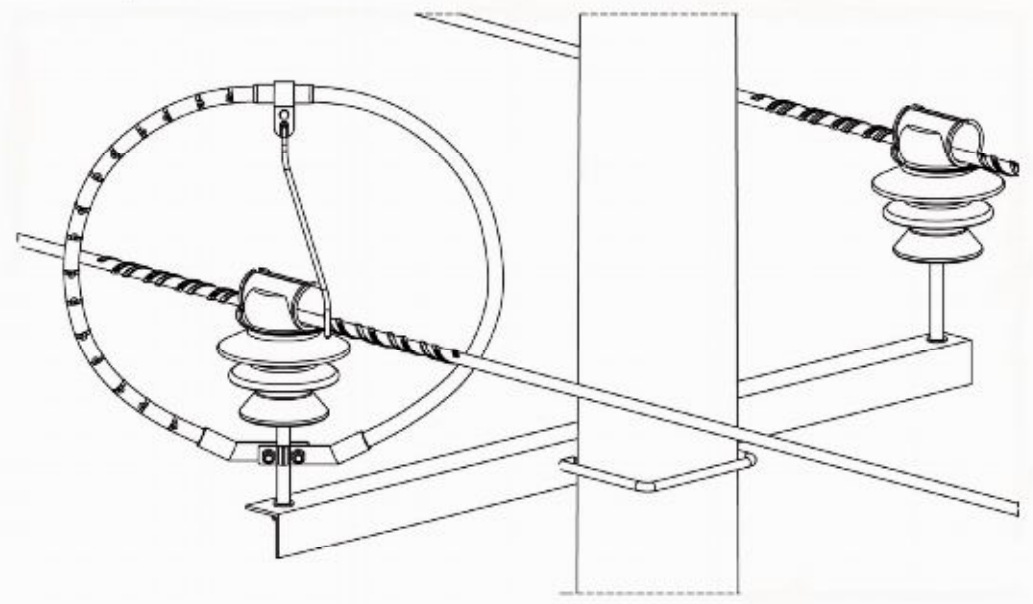
А 1:20

Б 1:20

В 1:20



Общий вид



СТАЛ.674335.001 ПР

Изм./Лист	Исх. докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
И. картр.			
Утв.			

Схема расположения
РДИП11-10-IV-УХ/Л1
на промежуточной опоре П10-1
ОАО "РОСЭТ"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	/Листов	



Лист примен.

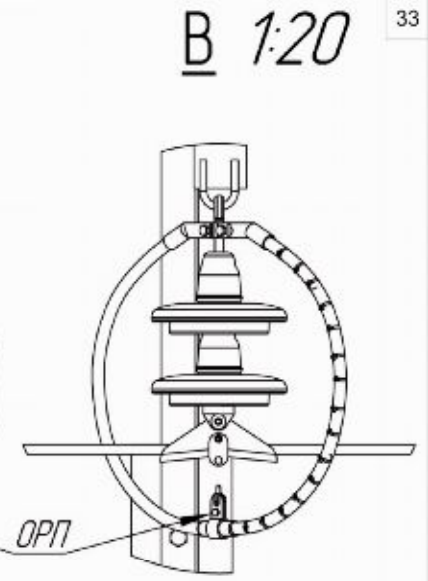
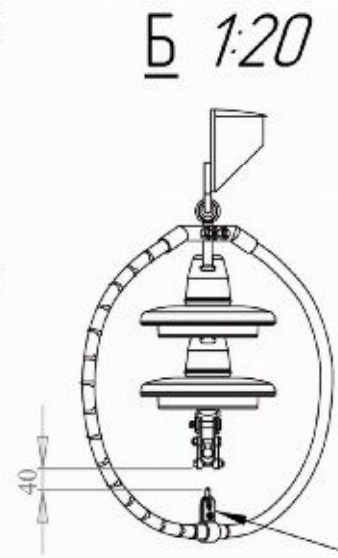
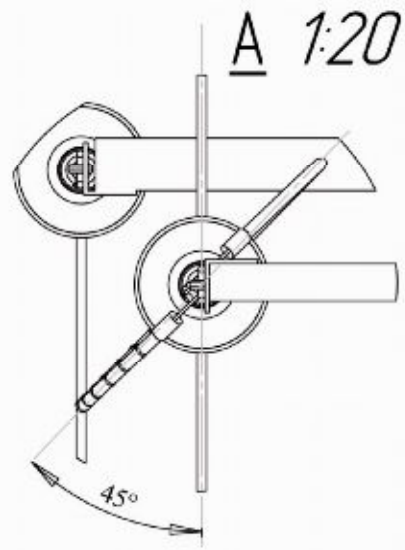
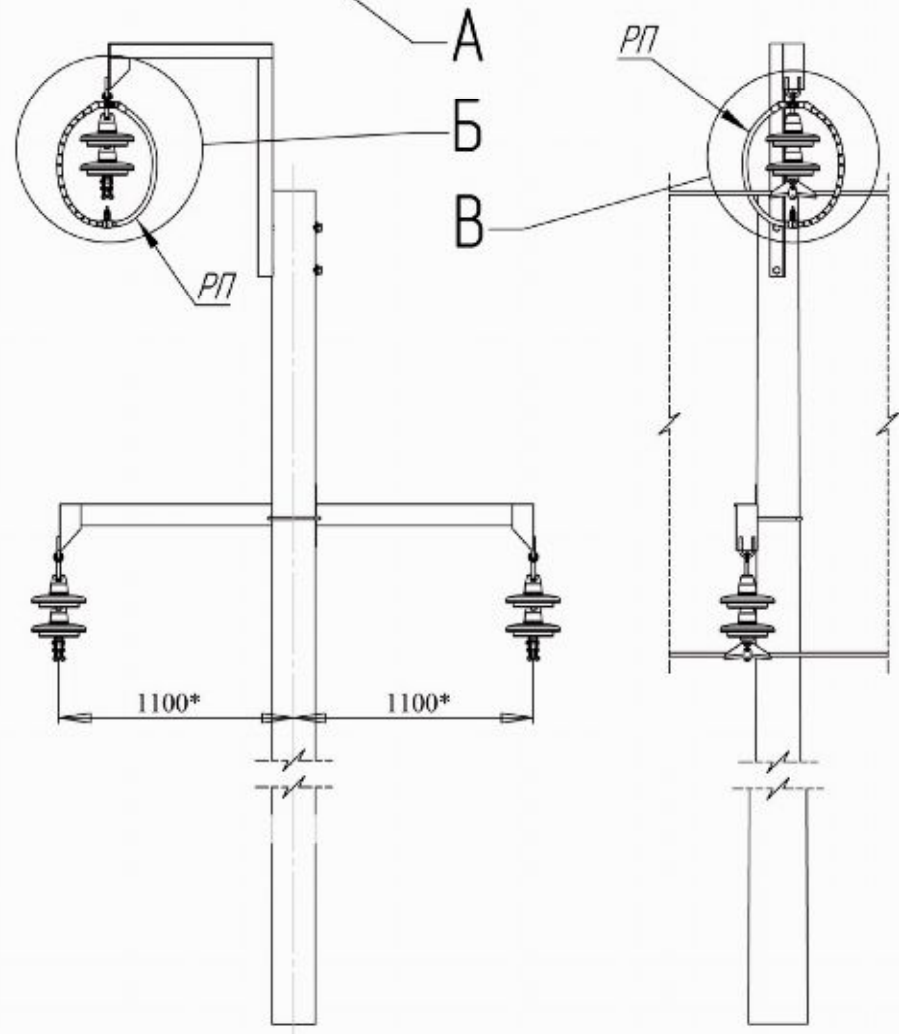
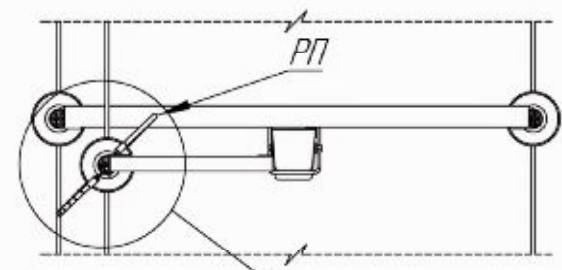
Строби N

Подп и дата

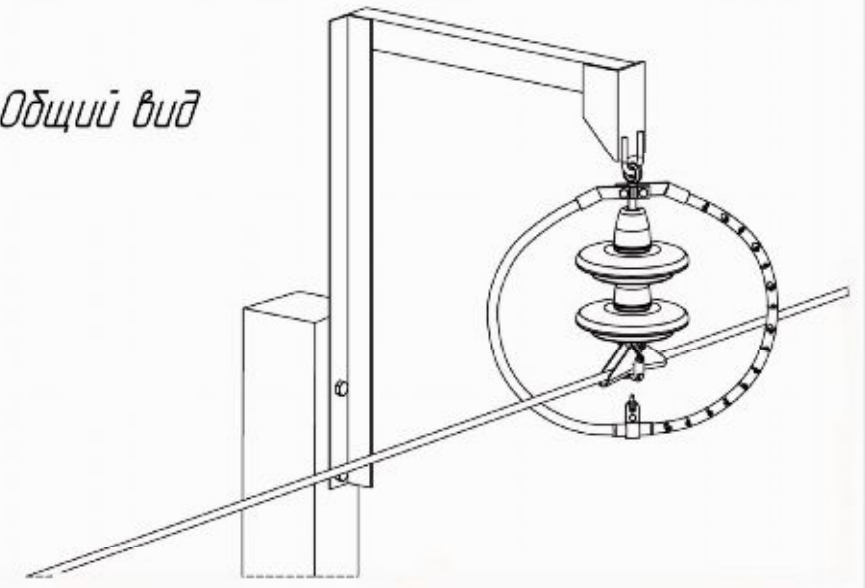
Взамени № N Инв N дубл.

Подп и дата

Инв N подл.



Общий вид



Изм/Лист	И докум.	Подп	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб			
Т контр.			
Н картр.			
Утв.			

СТАЛ.674335.001 ПР

Схема расположения РДИП1-10-IV-UX/11 на промежуточной опоре П10-5 ОАО "РОСЭП"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:50
Лист	Листов	



СТАЛ.674335.004 СБ

Лист примен

Строч. №

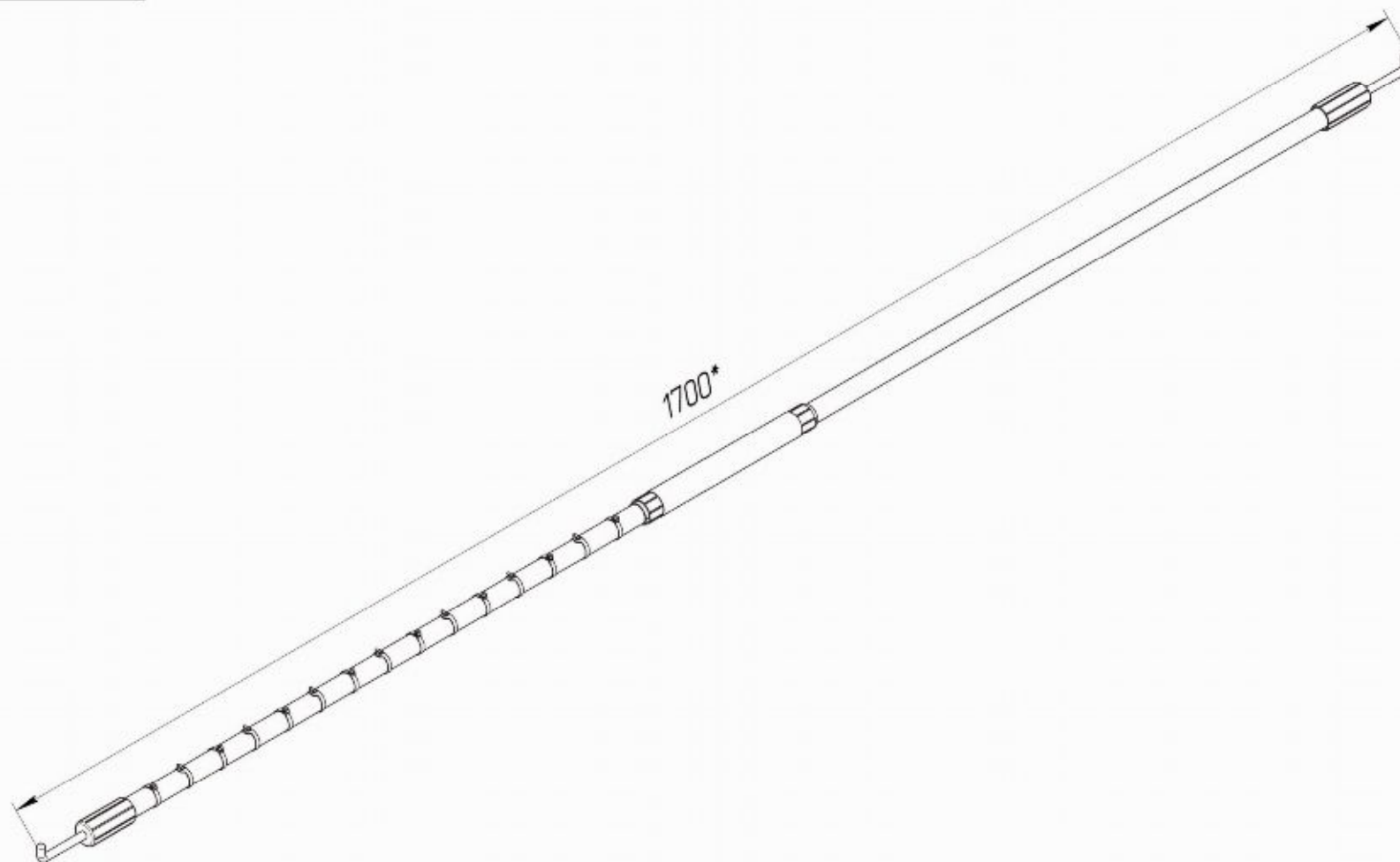
Лист и дата

Изд. №

Взам. изд. №

Лист и дата

Изд. №



				СТАЛ.674335.004 СБ				
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Разрядник РДИШ-10	Лит.	Масса	Масштаб
		Енькин			Сборочный чертеж		2,01	1:1
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Копиробал

Формат А3

СТАЛ.674335.003 ПР

Лист примен.

Справ. №

Лист и дата

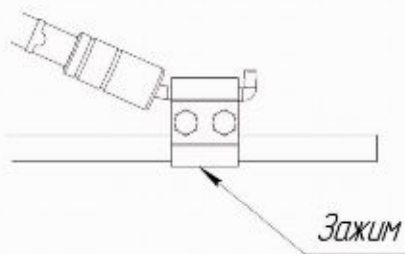
Инд. №

Взам. инв. №

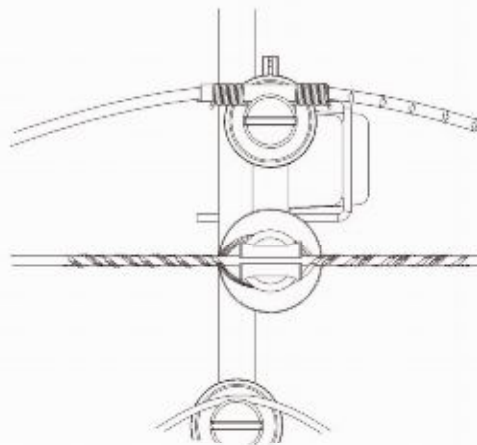
Лист и дата

Инд. №

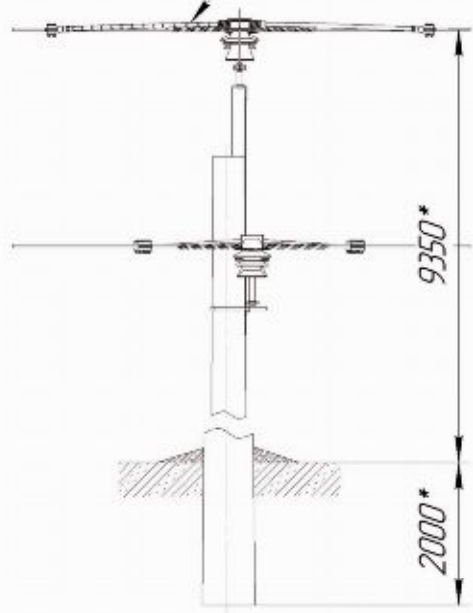
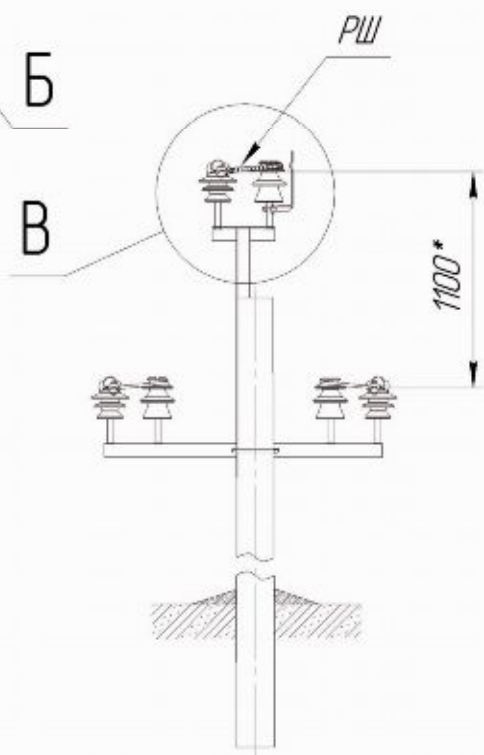
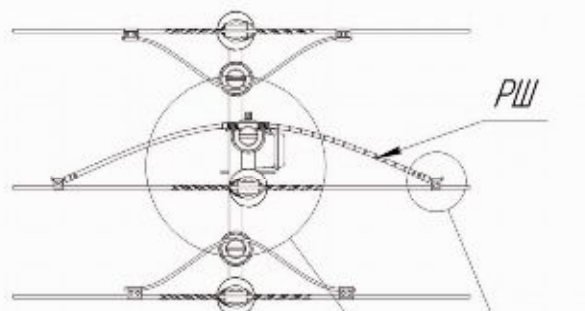
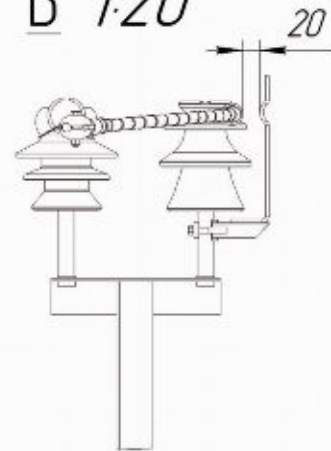
А 1:10



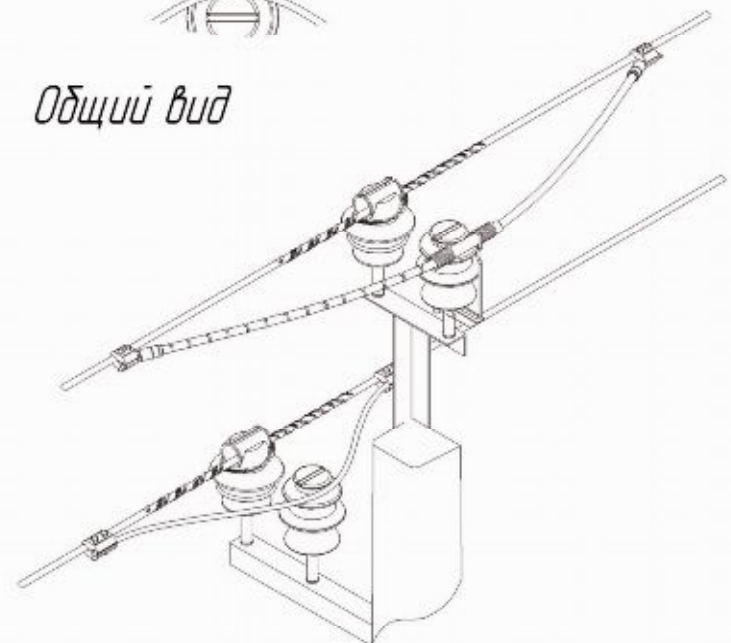
Б 1:20




В 1:20



Общий вид



				СТАЛ.674335.003 ПР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема расположения РДШ-10-IV-УХЛ1 на промежуточной опоре П10-2 ОАО "РОСЭП"		
Разраб.	Енькин Е.Ю.						
Проб.							
Т.контр.							
И.контр.					Лит.	Масса	Масштаб
Утв.							140
					Лист	Листов	1
					 СТРИМЕР		

СТАЛ.674335.003 ПР

А 1:20

Б 1:20

В 1:20

Лист примен.

Справ. №

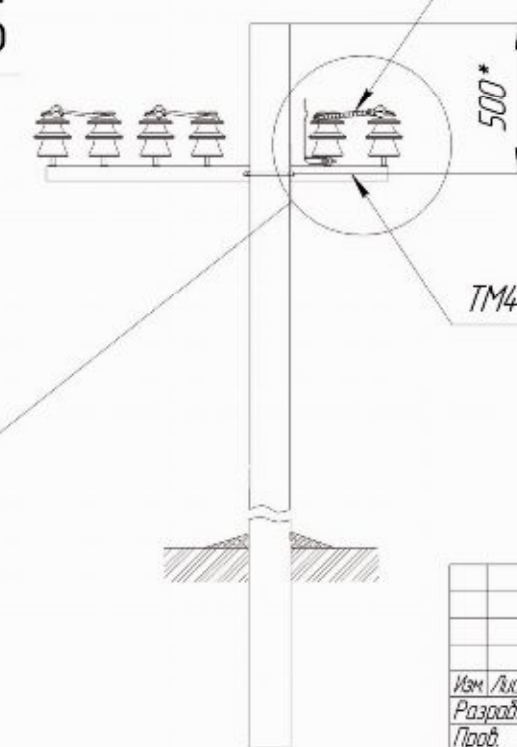
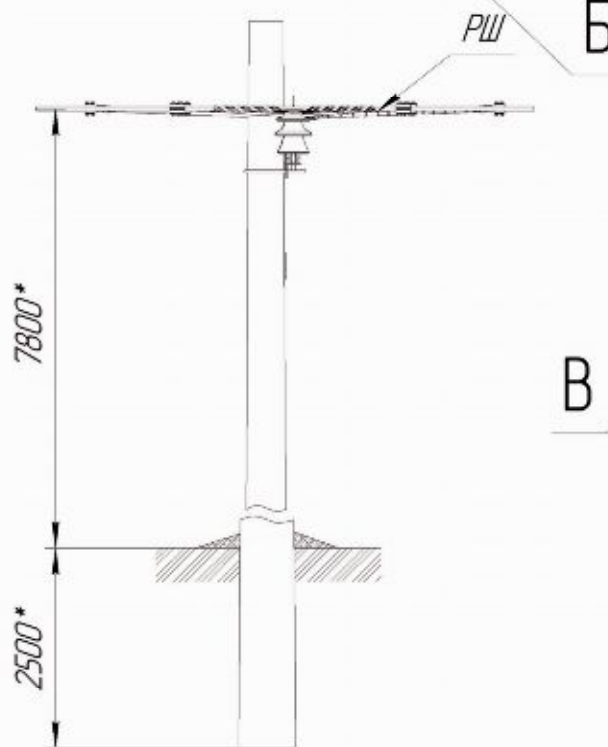
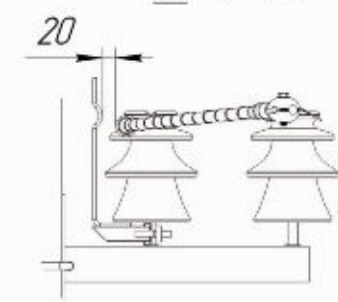
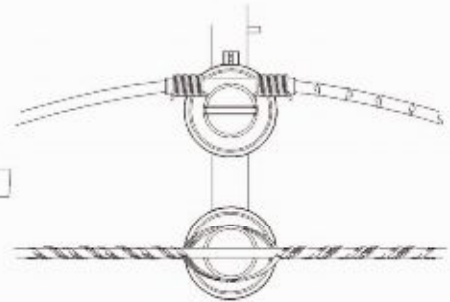
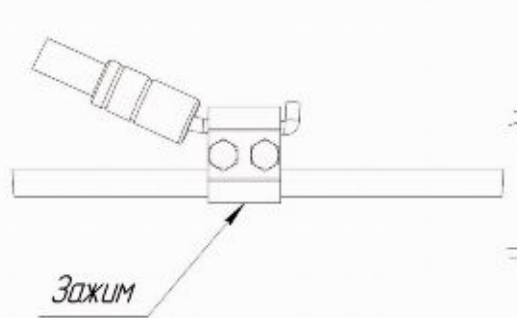
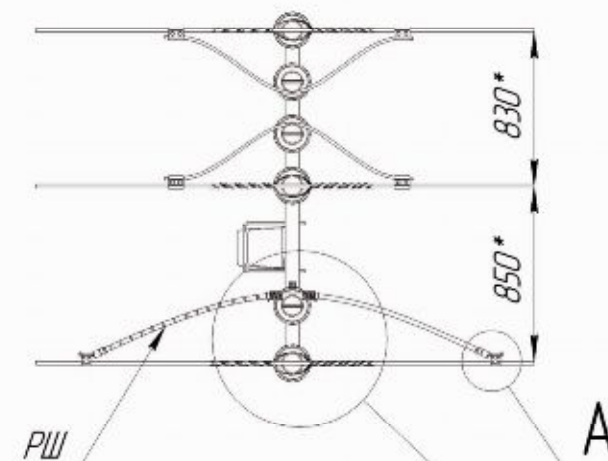
Лист и дата

Изм. №

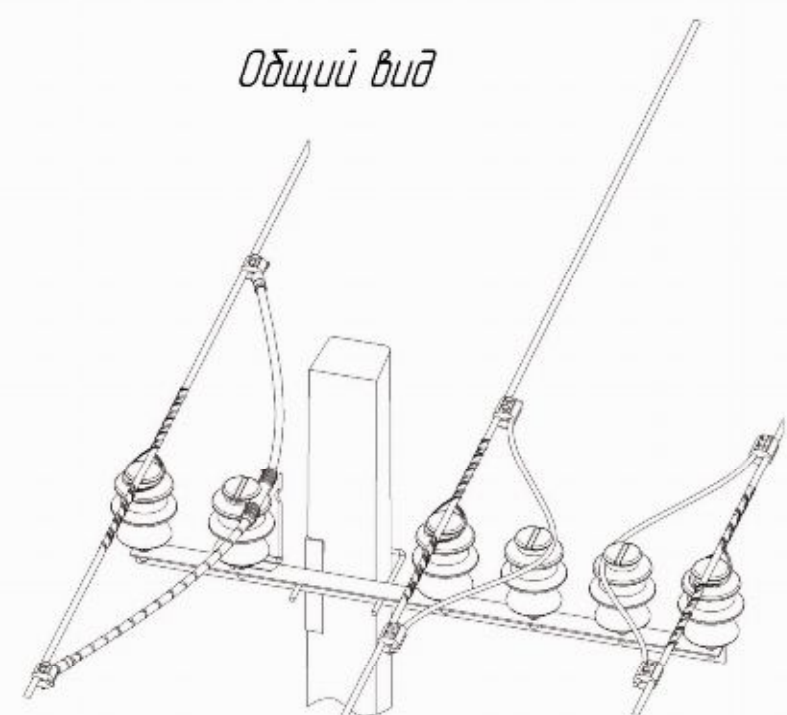
Лист и дата

Изм. №

Изм. №



Общий вид



Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата
Разраб.		Енькин Е.Ю.		
Пров.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

СТАЛ.674335.003 ПР

Схема расположения
РДИШ-10-IV-УХ/Л1
на подсечной опоре ПС10-2
ОАО РОСЭП

Лит.	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	Листов	1



СТАЛ.674335.002 СБ

Изм. графич.

Стор. №

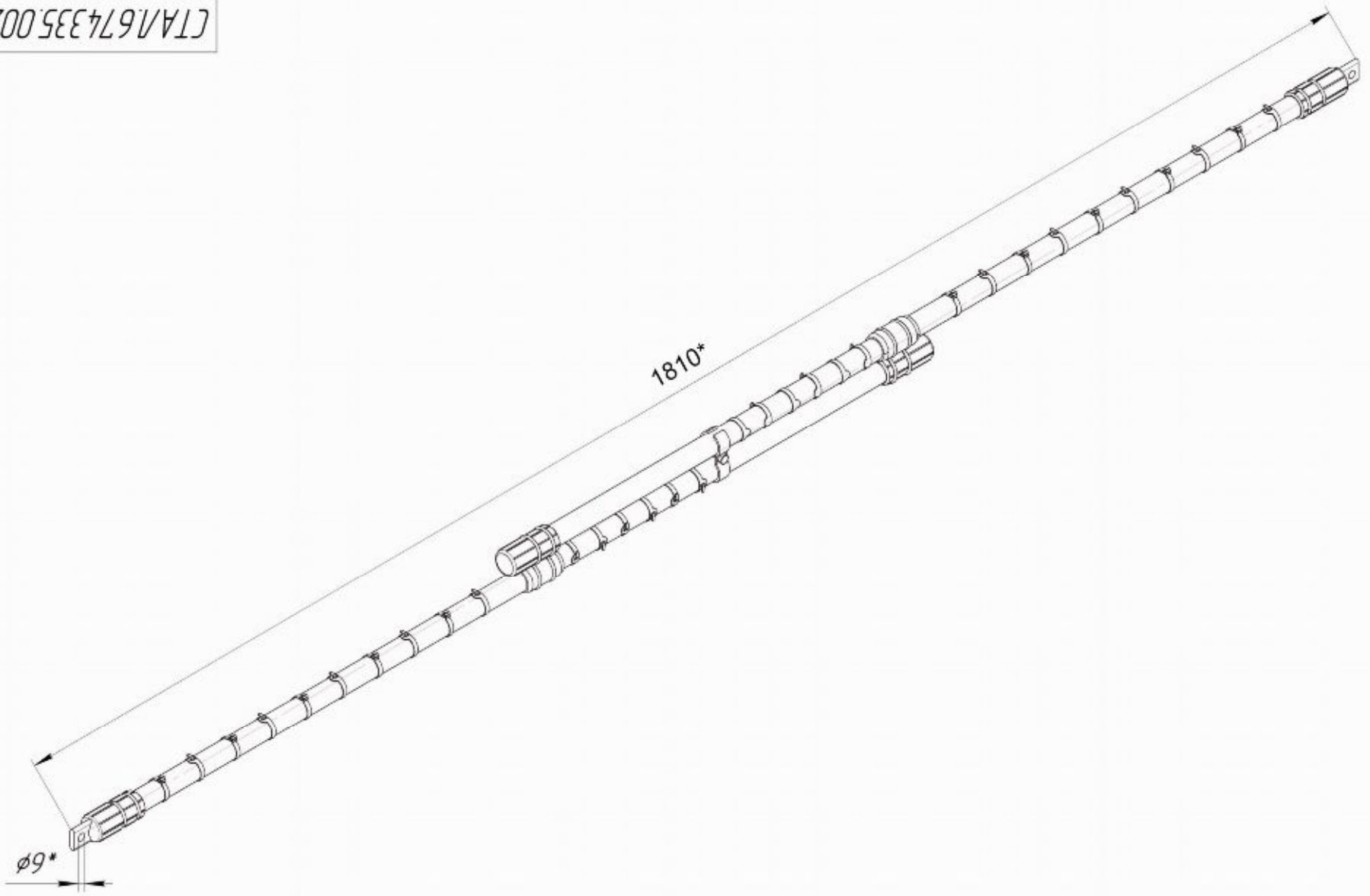
Лист и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Лист и дата

Изм. №



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Енькин		
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

СТАЛ.674335.002 СБ

Разрядник модульный
РДИМ-10
Сборочный чертеж

Лит.	Масса	Масштаб
	3,57	1:1
Лист	Листов	1



Перв. примен.

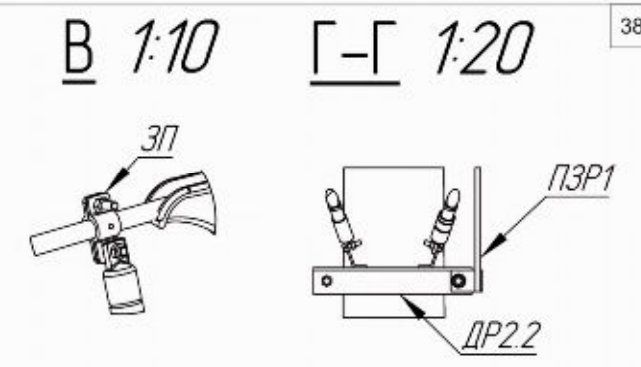
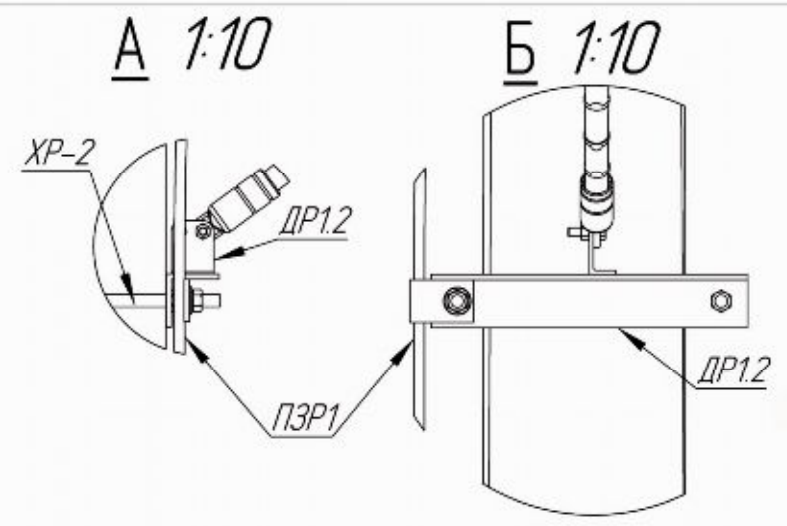
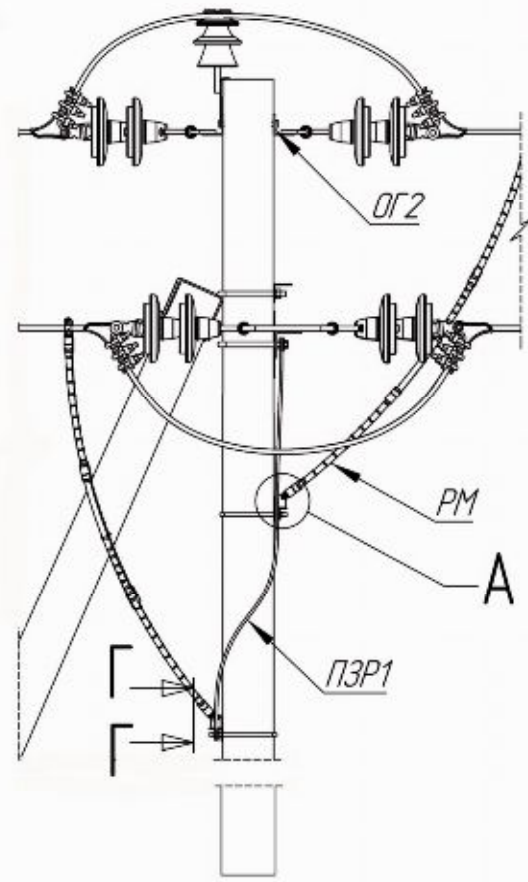
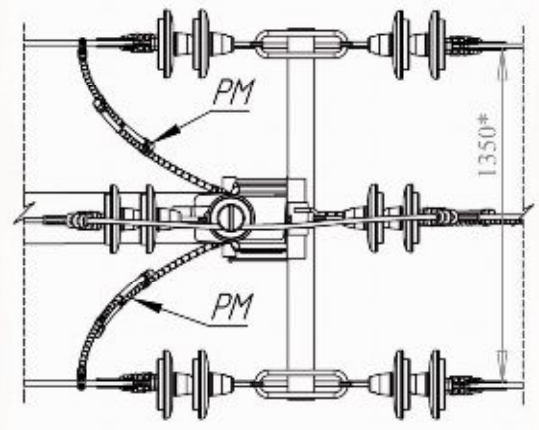
Стр. №

Подп. и дата

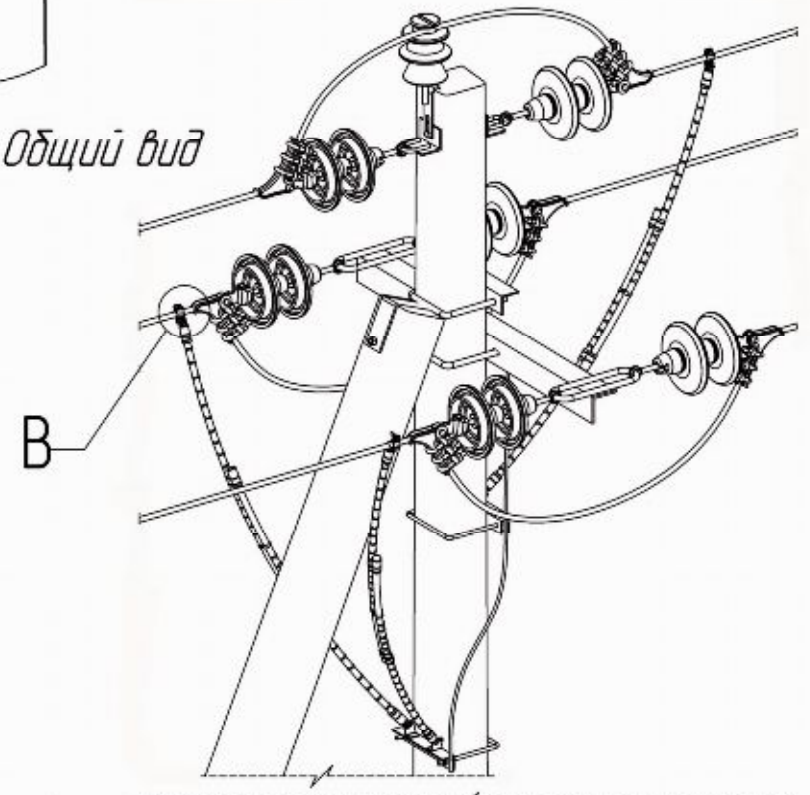
Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



Общий вид



СТАЛ.674.335.002 ПР

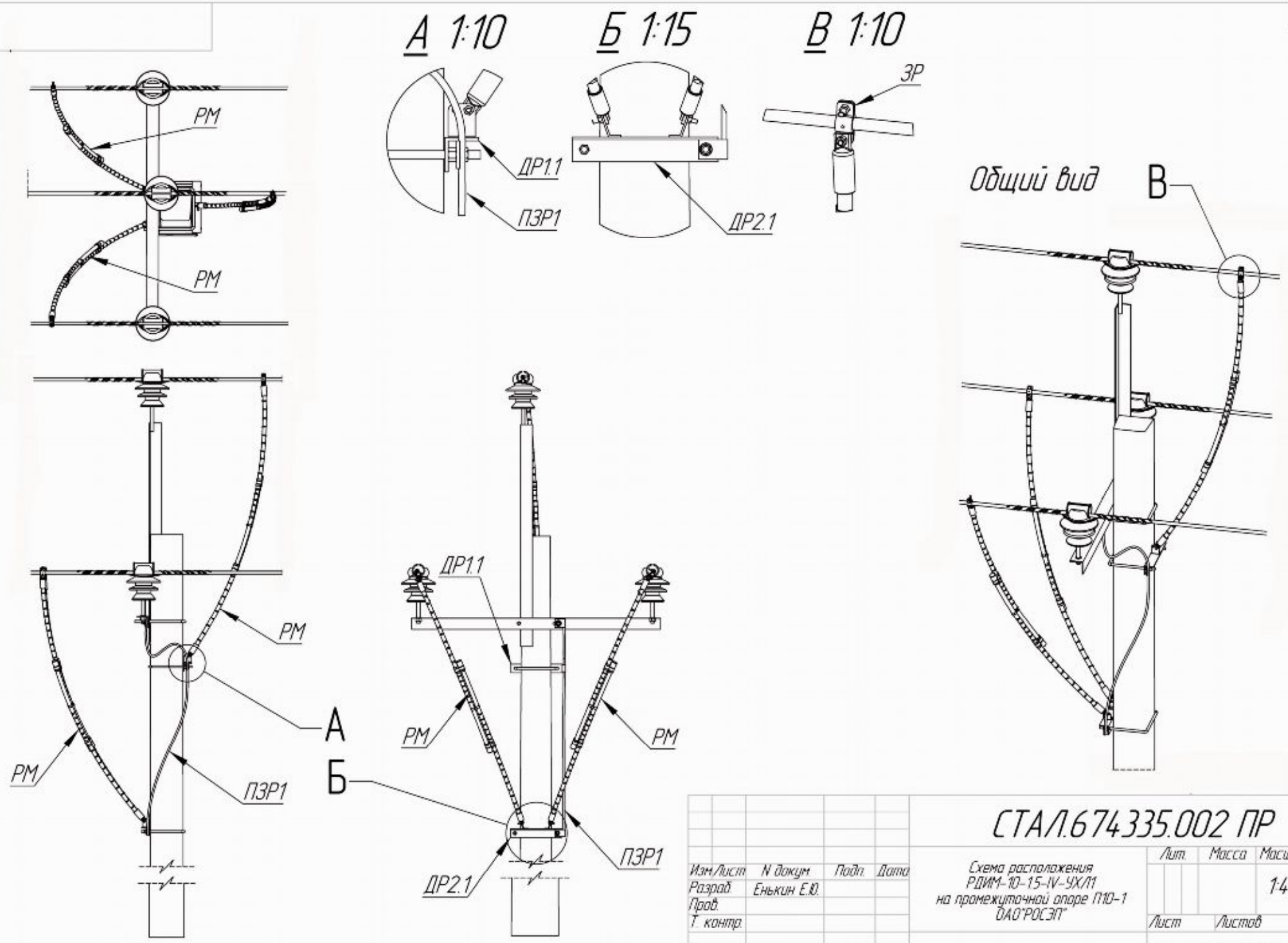
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
Н. картр.			
Утв.			

Схема расположения
РДИМ-10-15-IV-УХЛ1
на анкерной опоре А10-2
ОАО "РОСЭТ"

Лит	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	Листов	



Изм. и подл. Подп. и дата
 Инв. и подл. Подп. и дата
 Взам. инв. и дата
 Исп. и дата
 Спроб. и дата
 Изм. и дата
 Подп. и дата



Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
И. картр.			
Утв.			

СТАЛ.674335.002 ПР

Схема расположения
 РДИМ-10-15-IV-УХ/Л1
 на промежуточной опоре П10-1
 ОАО "РОСЭП"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:40
Лист	Листов	



Лист примен.

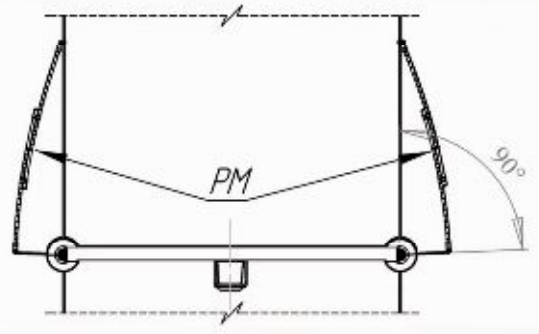
Строби N

Подп. и дата

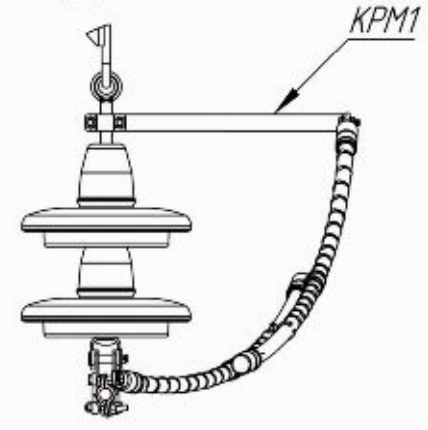
Внесен инв. N дубл.

Подп. и дата

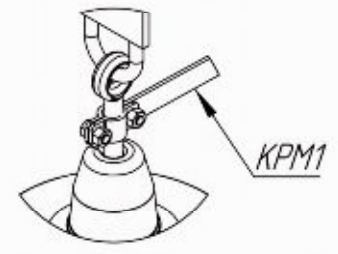
Инв. N подл.



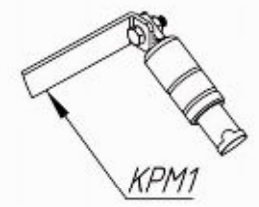
A 1:15



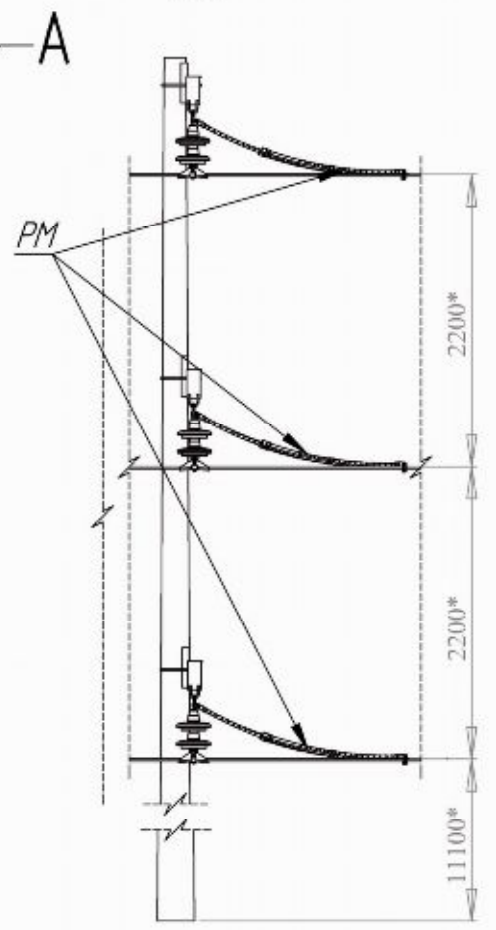
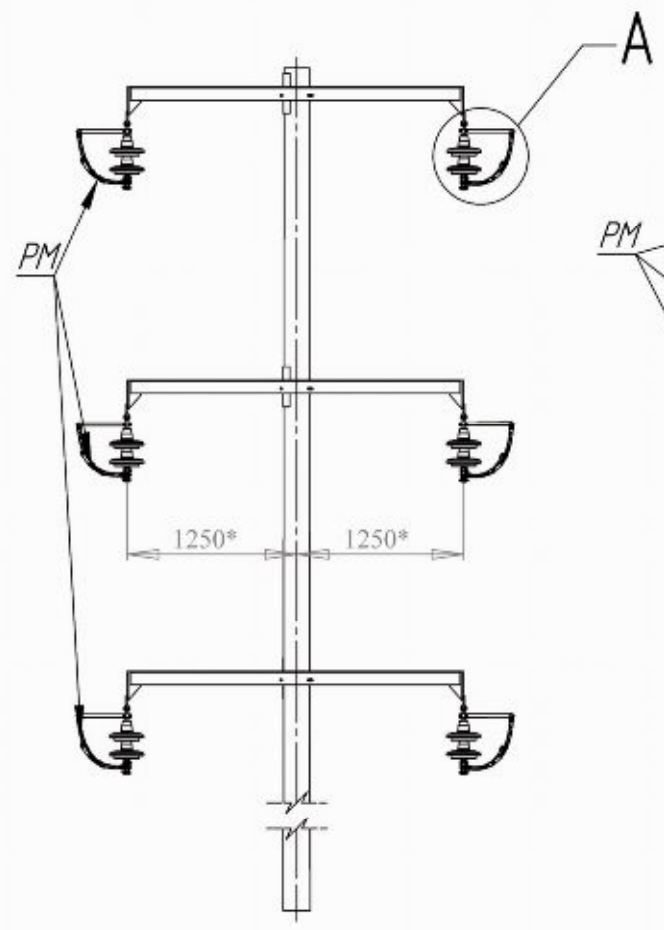
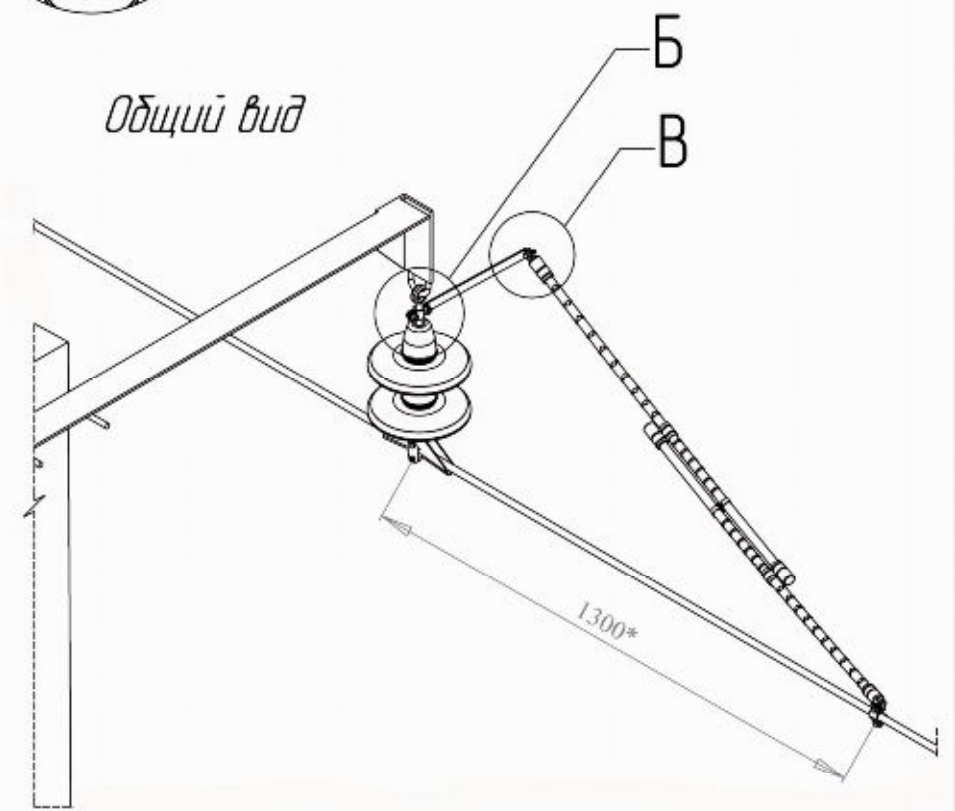
Б 1:10



В 1:10



Общий вид



Изм./Лист	И докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Енькин Е.Ю.		
Проб.			
Т. контр.			
Н. контр.			
Утв.			

СТАЛ.674335.002 ПР

Схема расположения РДИМ-10-IV-УХ/Л1 на промежуточной опоре 2П10-1 ОАО "РОСЭП"

Лит.	Масса	Масштаб
		1:80
Лист	Листов	



Перв. примен.

Стр. № N

Подп. и дата

Взам. инв. № N

Инв. N подл.

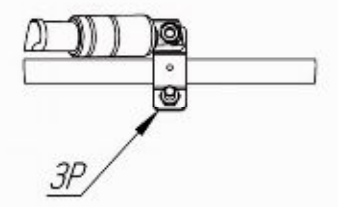
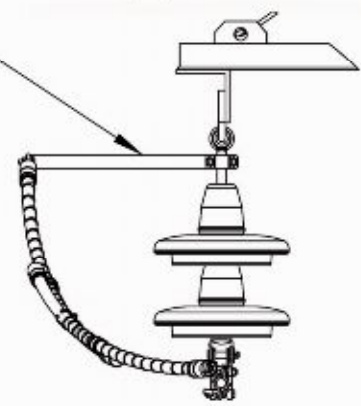
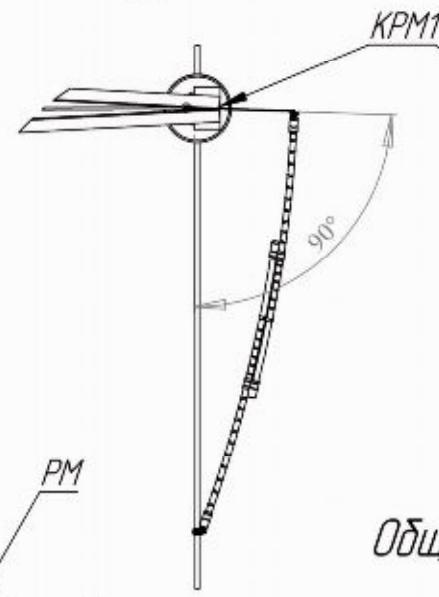
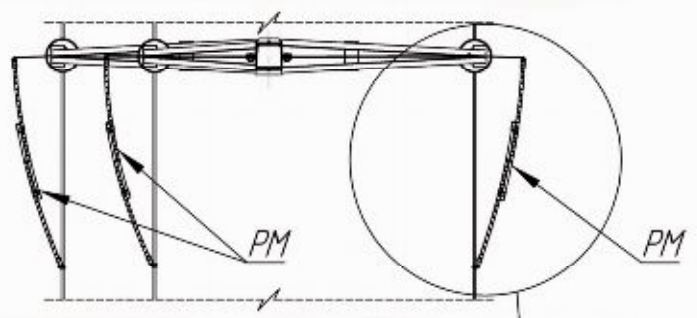
Подп. и дата

Подп. и дата

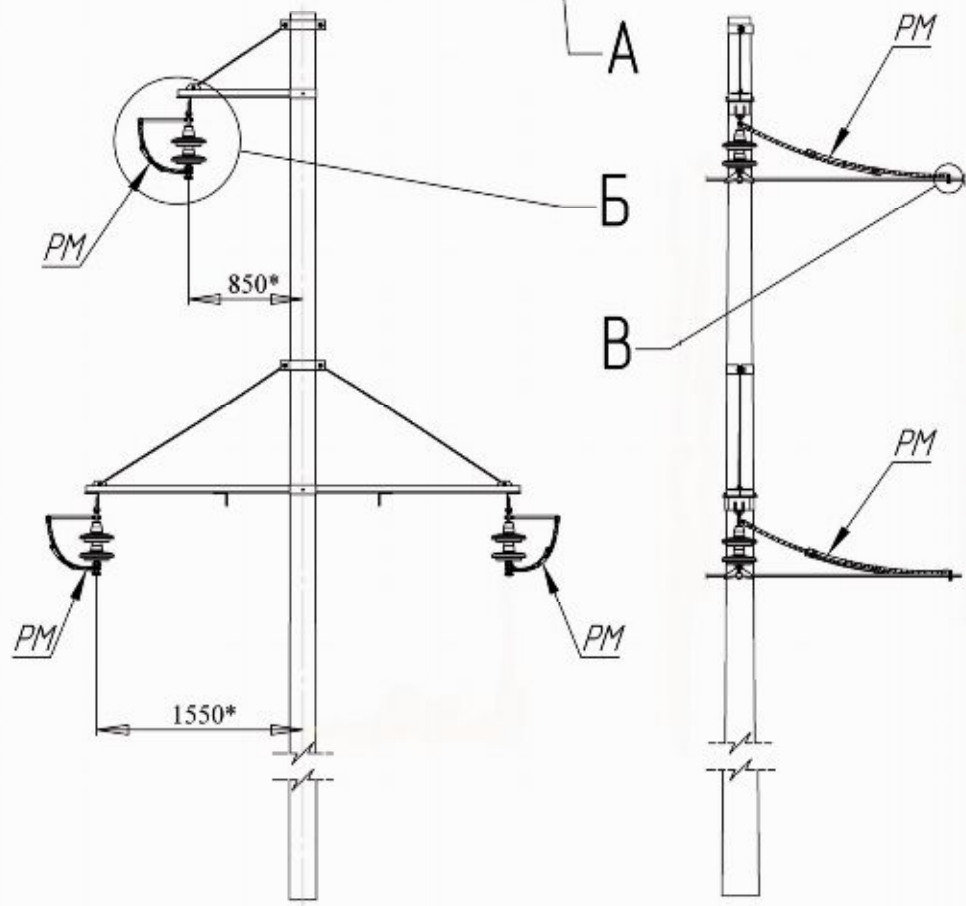
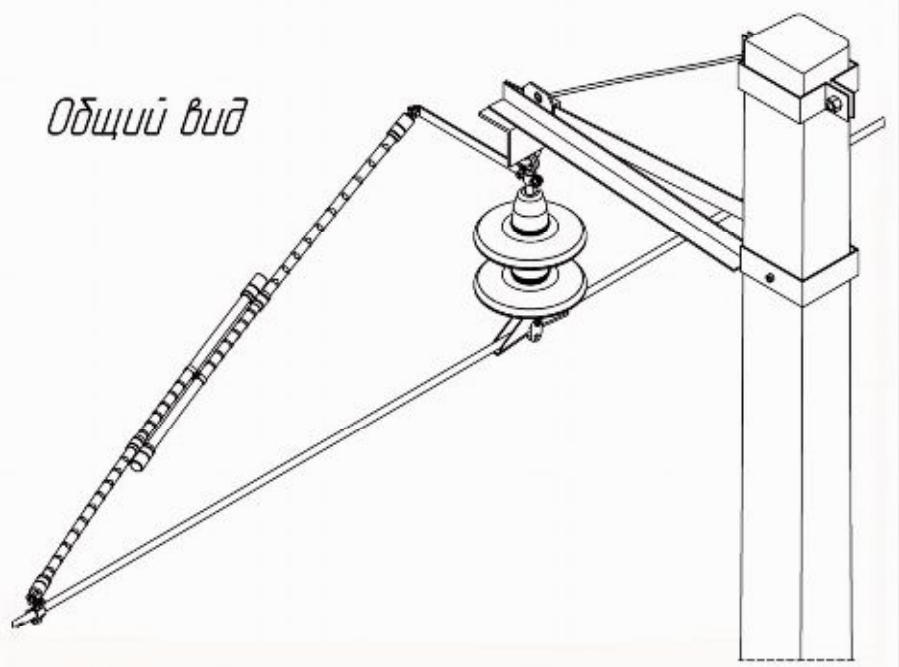
А 1:40

Б 1:20

В 1:10



Общий вид



Изм/Лист	№ докум	Подп.	Дата
Разраб	Енькин Е.Ю.		
Проб			
Т. контр			
Н. контр			
Утв.			

СТАЛ.674335.002 ПР

Схема расположения РДИМ-10-15-IV-УХЛ1 на промежуточной опоре П16.4-1 ОАО "РОСЭТ"

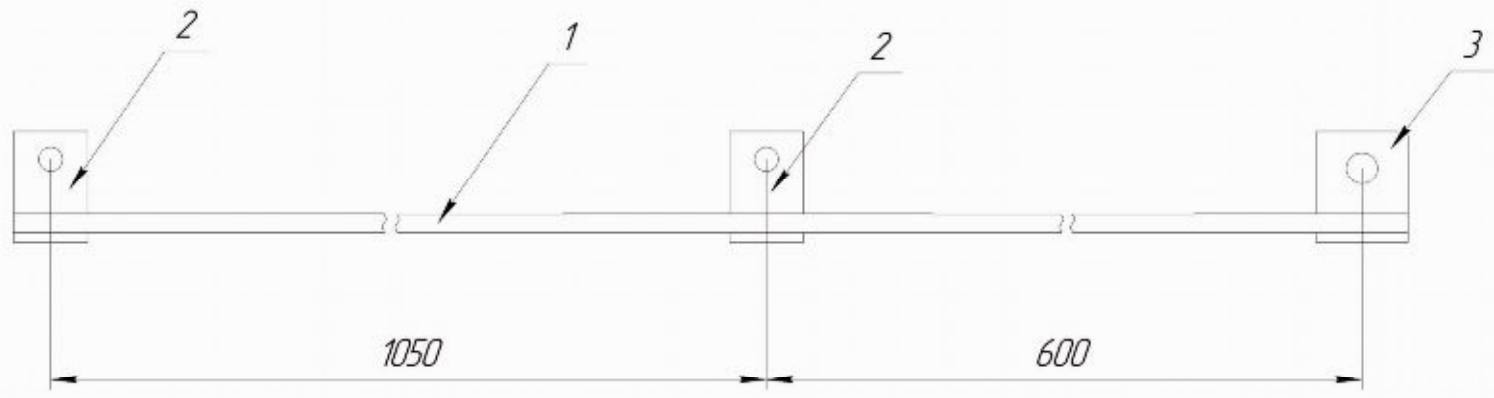
Лит.	Масса	Масштаб
		1:80
Лист	Листов	



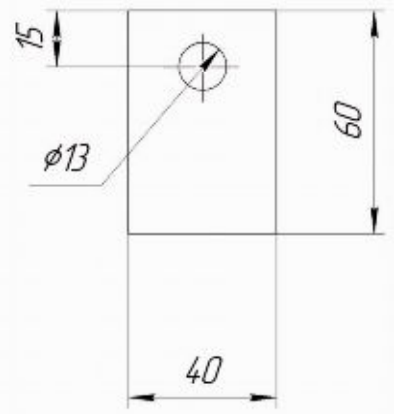
СТАЛ.301524.002 СБ

Лист примен

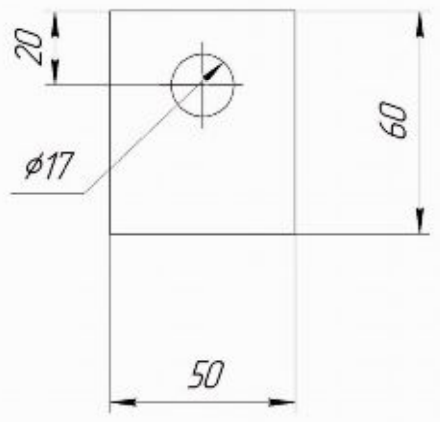
Спроб. №



Поз. 2



Поз. 3



Лист и дата

Инд. № дудл

Взам. инд. №

Лист и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разроб.	Енькин			
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

СТАЛ.301524.002 СБ

Проводник заземления
разрядника ПЗР1
Сборочный чертеж

Лит.	Масса	Масштаб
		1:5
Лист	Листов	1



СТАЛ.301536.002 СБ

Лист примен

Справ. №

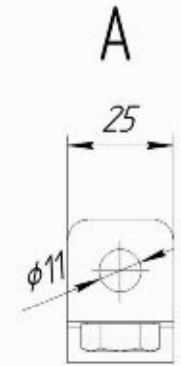
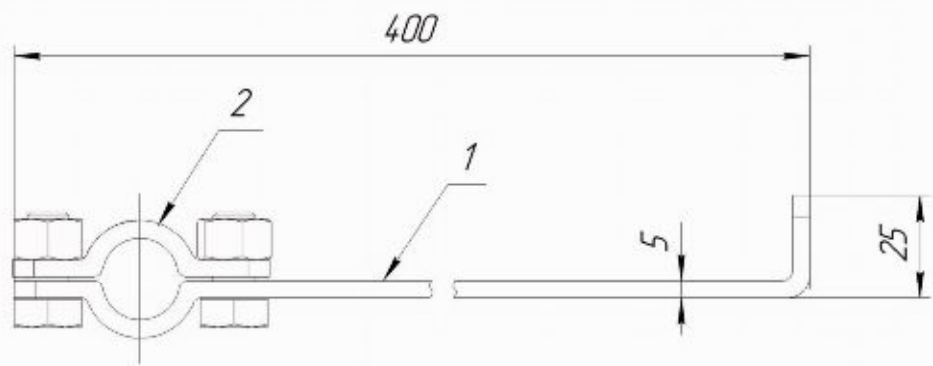
Лист и дата

Инд. № докум

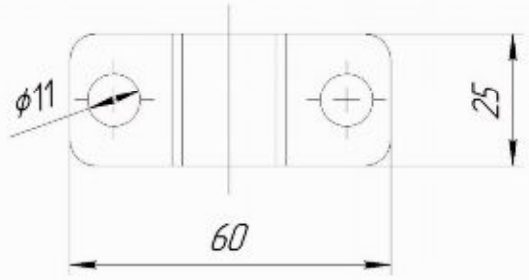
Взам инд. №

Лист и дата

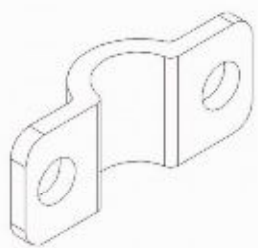
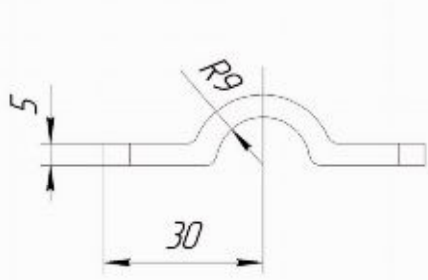
Инд. № подл



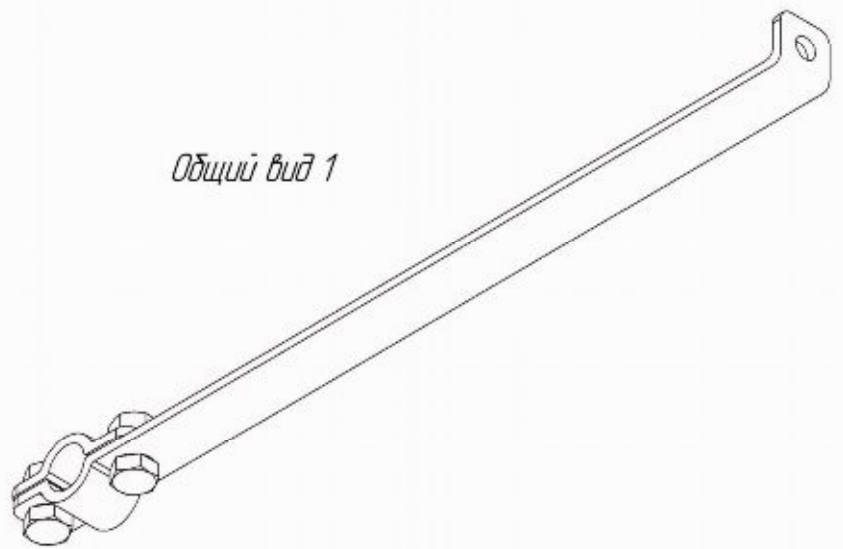
Поз. 2 планка прижимная



Общий вид 2



Общий вид 1



				СТАЛ.301536.002 СБ		
				Кронштейн разрядника модульного КРМ1 Сборочный чертеж		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Енькин					1:1
Проб.				Лист	Листов	1
Т.контр.				СТРИМЕР		
И.контр.				Формат А3		
Утв.				Копировал		

СТАЛ.674.335.003 СБ

Перв. примен.

Спроб. №

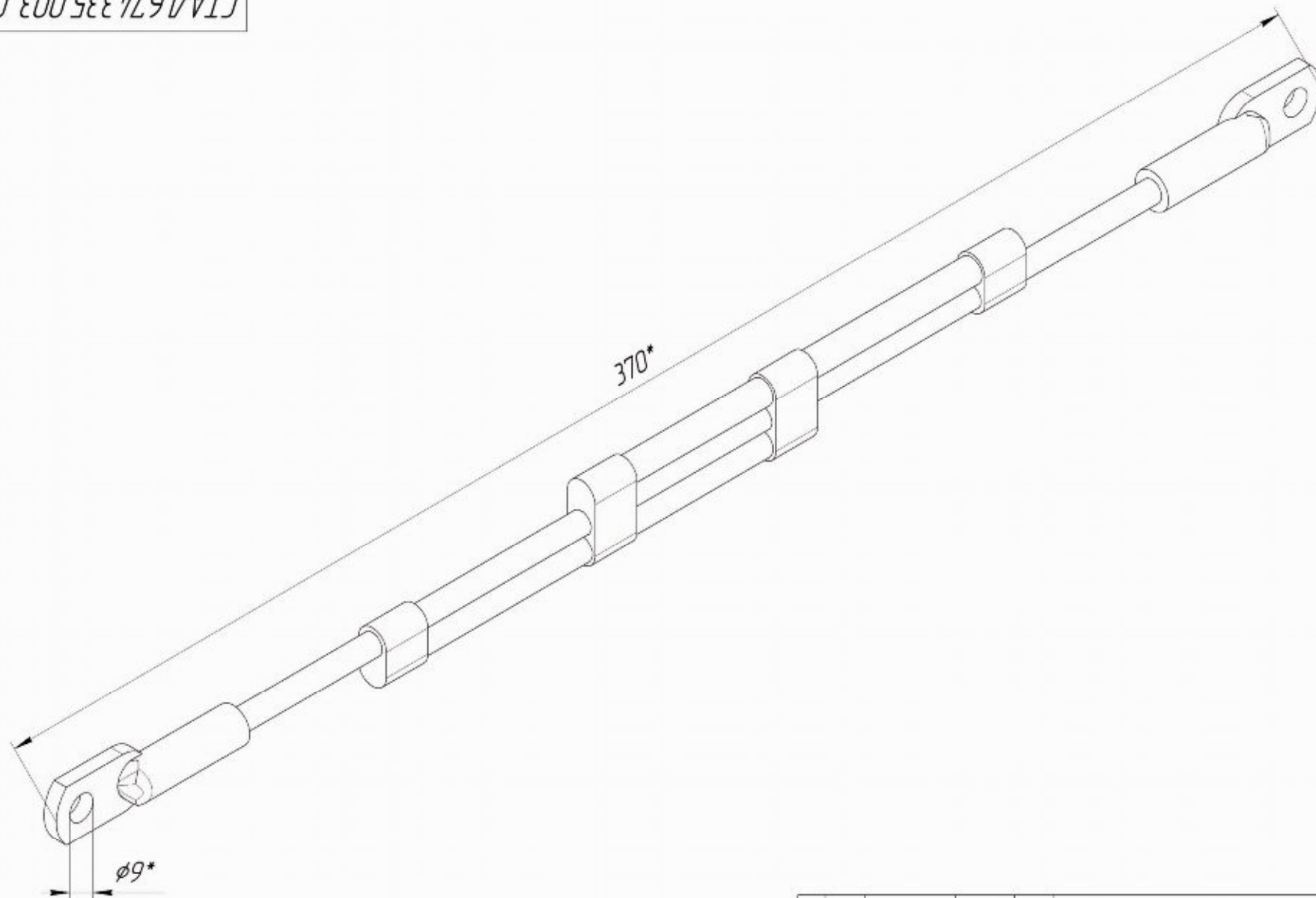
Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. №



				СТАЛ.674.335.003 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.		Енькин				0,45	1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.					СТРИМЕР		
Н.контр.					КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ		
Утв.					СТРИМЕР		

Разрядник РДИМ-10К
Сборочный чертеж

Копиробал

Формат А3

СТАЛ.674335.004 ПР

А 1:10

Б 1:10

Перв. примен.

Спроб. №

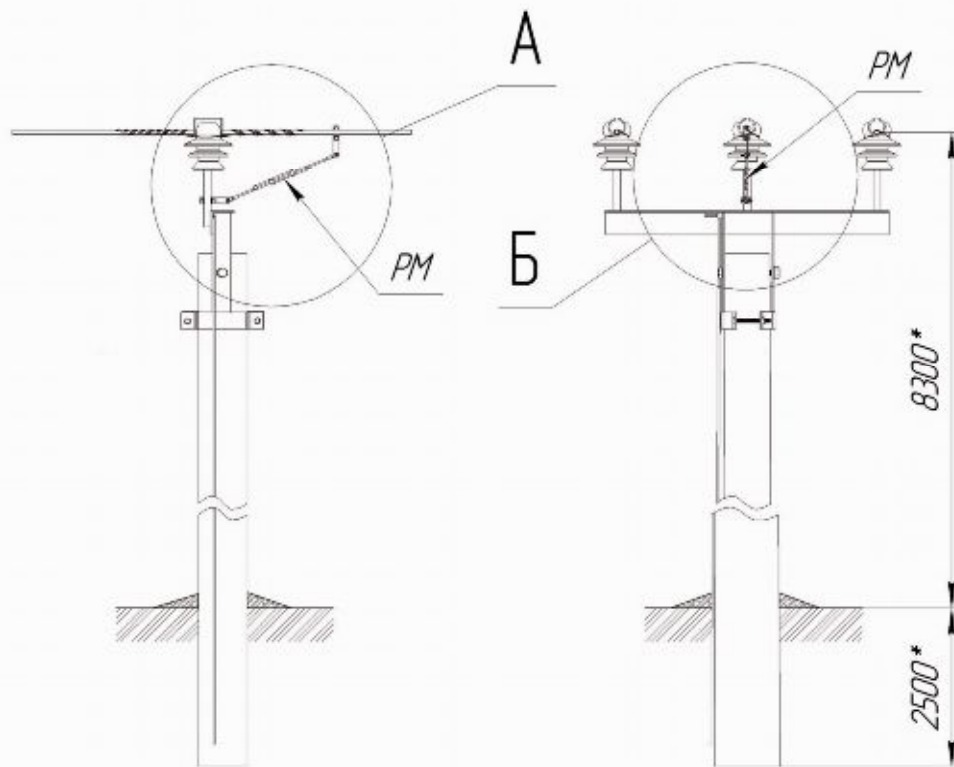
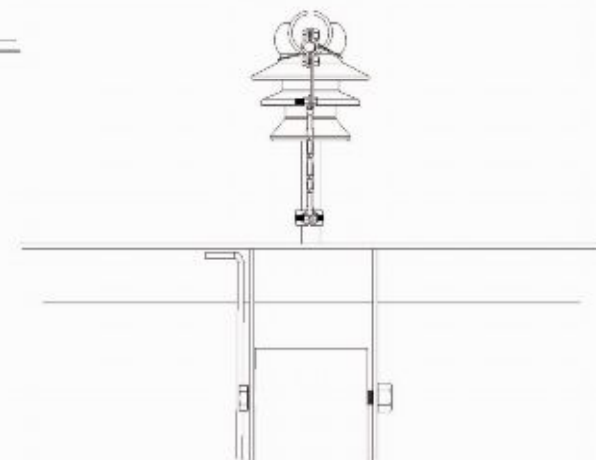
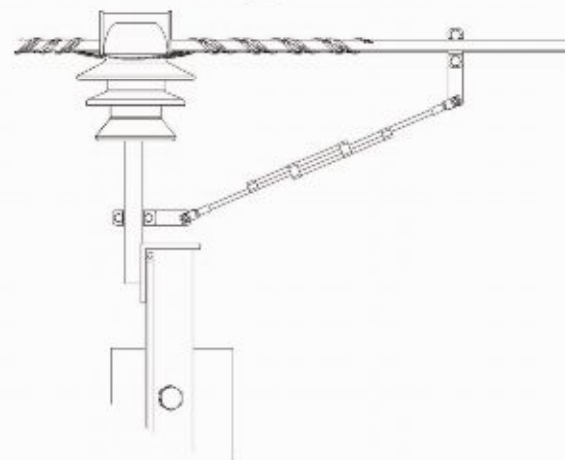
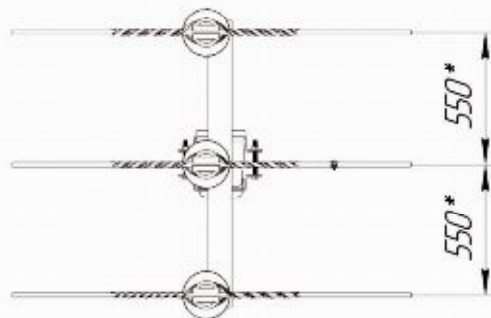
Подп. и дата

Инд. № дубл.

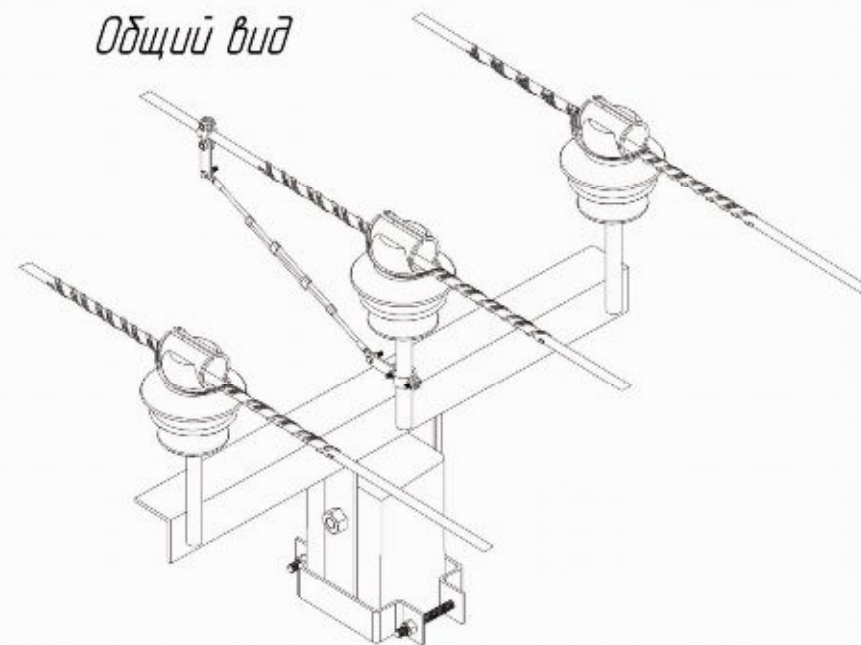
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Общий вид



СТАЛ.674335.004 ПР				Лит	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			1:35
Разраб.	Енькин Е.Ю.					
Проб.						
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
Схема расположения РДИМ-К-10-IV-УХЛ1 на промежуточной опоре Паб10-4 ОАО "РОСЭП" ENSTO				Лист	Листов	1

Копировал

Формат А3

СТАЛ.674335.004 ПР

Перв. примен.

Слов. №

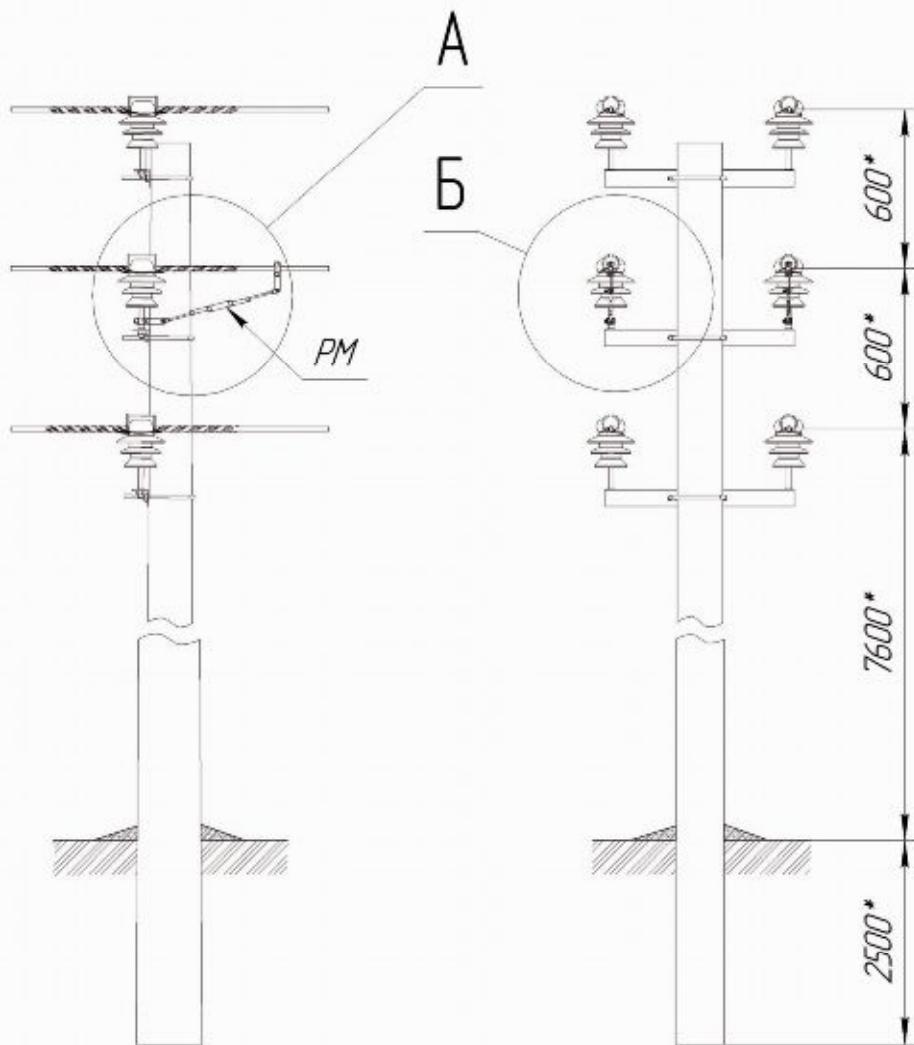
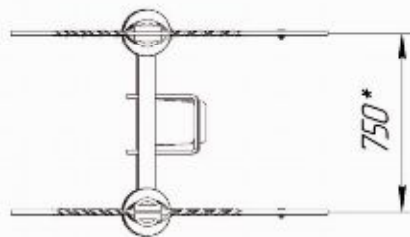
Подп. и дата

Изм. №

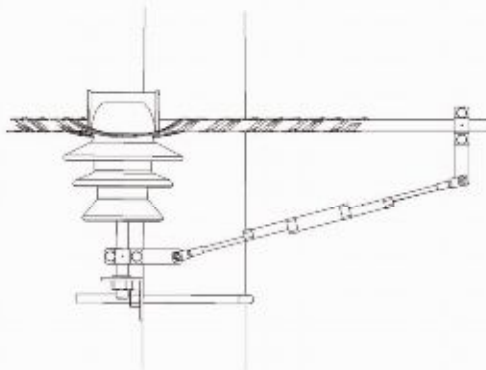
Взам. инв. №

Подп. и дата

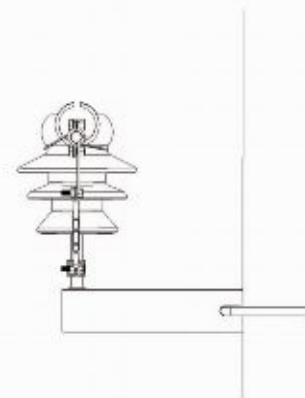
Изм. №



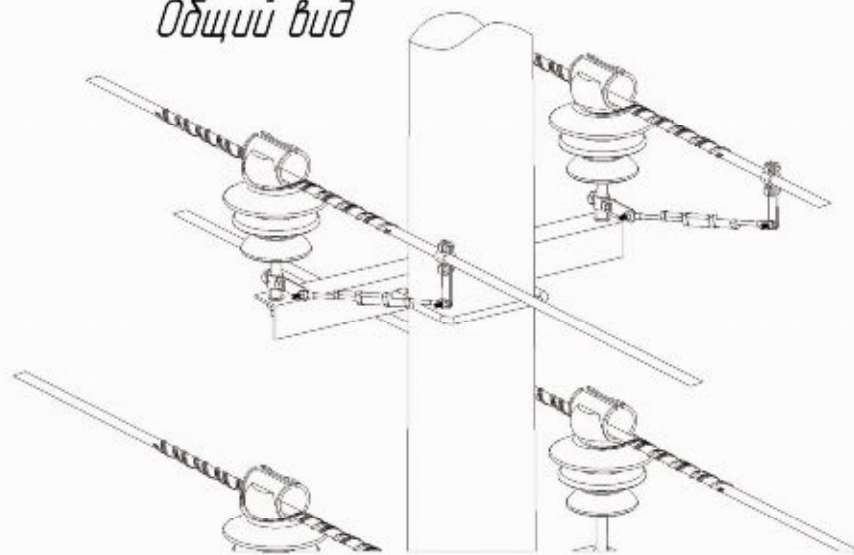
A 1:10




Б 1:10



Общий вид



				СТАЛ.674335.004 ПР		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема расположения РДИМ-К-10-IV-УХЛ1 на промежуточной опоре ПДтБ10-1 ОАО РОСЭП		
Разраб.	Енькин Е.Ю.					
Проб.						
Т.контр.						
И.контр.				Лит.	Масса	Масштаб
Утв.						1:35
				Лист	Листов	1
				 СТРИМЕР		



Центральный офис:

191024, Санкт-Петербург, Невский пр., 147, офис 49

тел.: (812) 327-0808, факс: (812) 327-3444

Научно-исследовательский центр:

194243, Санкт-Петербург, ул.Гжатская, д.27, офис 225

тел.: (812) 327-0808, факс: (812) 535-8196

e-mail: info@streamer.ru <http://www.streamer.ru>