

Монтаж воздушной линии с самонесущими изолированными проводами (СИП)



Иллюстрированное практическое руководство

© ЗАО НИЦ "СТАРИНФО" 2008 г., <http://www.starinfo-nic.ru>, e-mail: starinfo@online.ru
© Оформление – Повный А. В. 2008 г., <http://electrolibrary.info> . e-mail: electroby@mail.ru

«Монтаж воздушной линии с СИП» Иллюстрированное практическое руководство
Другие электронные книги электротехнической тематики – <http://electrolibrary.info>

Содержание

Введение	2
Самонесущие изолированные провода	4
Установка опор	6
Монтаж крепежных устройств	7
Ленточный узел крепления	8
Размотка СИП	9
Инструменты для размотки	12
Натяжение ВЛИ и ее анкерное закрепление	15
Замена роликов на промежуточные зажимы	16
Обустройство линейных ответвлений от магистрали	18
Защита ВЛИ от перенапряжений. Заземление	22
Защита ВЛИ от коротких замыканий	25
Обустройство уличных светильников	28
Обустройство трансформаторных вводов	30
Применение изолированных соединителей	33
Примеры реализации воздушных линий с СИП	35
Приложение 1. Внедрение СИП в Великобритании	52
Приложение 2. Расчет параметров подвеса СИП «Торсада»	67

Введение

Монтаж воздушной линии (ВЛ) с самонесущими изолированными проводами (СИП) выполняется строго в соответствии с проектом, специально разработанным для данной конкретной воздушной линии и с учетом "Правил устройства воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами", разработанными в ОАО "РОСЭП" и ОАО "Фирма "ОРГРЭС" и утвержденными РАО "ЕЭС России".

Примечание: Далее будем использовать для обозначения ВЛ с СИП принятое в литературе сокращение - ВЛИ (воздушная линия с изолированными проводами).

Перед выполнением монтажа ВЛИ необходимо убедиться в наличии в исходном проекте таких данных, как стрелы провеса ВЛ в каждом пролете и усилия натяжения провода на каждом участке или секции ВЛИ. Если таких данных в проекте нет, то можно воспользоваться методикой расчета, которую рекомендует компания "NEXANS" для своего провода "Торсада" (смотрите приложение к книге).




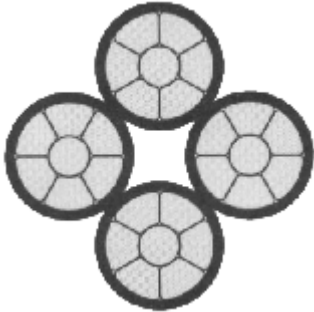
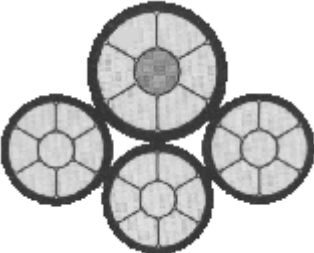
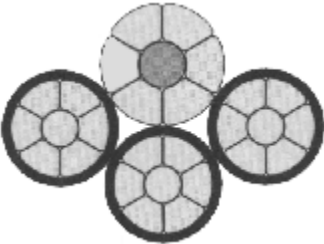
В целом для типового участка ВЛ с СИП можно выделить следующие этапы выполнения монтажных работ:

- 1 Установка опор
- 2 Монтаж крепежных устройств
- 3 Размотка СИП
- 4 Натяжение ВЛИ и ее анкерные крепления
- 5 Замена роликов на промежуточные зажимы
- 6 Обустройство линейных ответвлений от магистрали
- 7 Защита ВЛИ от перенапряжений. Заземление
- 8 Защита ВЛИ от коротких замыканий
- 9 Обустройство уличных светильников
- 10 Обустройство трансформаторных вводов
- 11 Применение изолированных соединителей

Самонесущие изолированные провода

Самонесущие изолированные провода (СИП), в отличие от проводов неизолированных, имеют изолирующее полиэтиленовое покрытие на фазных проводах и, в зависимости от модификации, имеют или не имеют подобное покрытие на несущем нейтральном проводе. Кроме того, есть разновидность СИП без несущего провода, у которой все четыре провода изолированы. Все три системы СИП разработаны за рубежом и на сегодняшний день являются равноправными, поскольку они одинаково широко получили распространение в десятках стран.

Особенности этих систем СИП следующие:

Самонесущая система проводов СИП	СИП с изолированной несущей нейтралью	СИП с голой несущей нейтралью
Зарубежные системы		
		
ALUS, EX	Torsada, АХКА-Т, АМКА-Т	АХКА, АМКА
Отечественные системы		
		

СИП-4	СИП-1А, СИП-2А	СИП-1, СИП-2
<p>Самонесущая система СИП состоит из 4-х изолированных алюминиевых жилы.</p> <p>Механическая прочность и сечение всех 4-х жил одинаковы. При натяжении линии все 4 жилы несут одинаковую нагрузку.</p> <p>Линии абонентов для всех 3-х систем проводов применяются обычно также самонесущего типа и состоят из 2-х или 4-х скрученных изолированных алюминиевых жил сечением 16, 25,35 мм².</p>	<p>Система СИП с изолированной несущей нейтралью, называемая также "Французской системой", состоит из 3-х изолированных алюминиевых жил и 1 изолированной несущей нейтрали из алюминиевого сплава "Альмелек". Есть отечественная модификация, у которой несущая нейтраль изготовлена из стале-алюминиевого провода.</p> <p>Механическая прочность и сечение 3-х фаз одинаковы. Проводник нейтрали предназначен для подвешивания СИП и имеет высокую механическую прочность.</p> <p>При натяжении линии только нейтраль несет всю растягивающую нагрузку.</p>	<p>Система СИП с голой несущей нейтралью, называемая также "Финской системой", состоит из 3-х изолированных алюминиевых жилы и 1 несущей нейтрали из алюминиевого сплава без изоляции. Есть отечественная модификация, у которой несущая нейтраль изготовлена из стале-алюминиевого провода.</p> <p>Механическая прочность и сечение 3-х фаз одинаковы. Проводник нейтрали предназначен для подвешивания СИП и имеет высокую механическую прочность.</p> <p>При натяжении линии только нейтраль несет всю растягивающую нагрузку.</p>

Во всех указанных выше системах СИП могут быть включены 1 или 2 добавочных изолированных алюминиевых проводника сечением 16 или 25 мм² в качестве дополнительных жил или жил для уличного освещения.

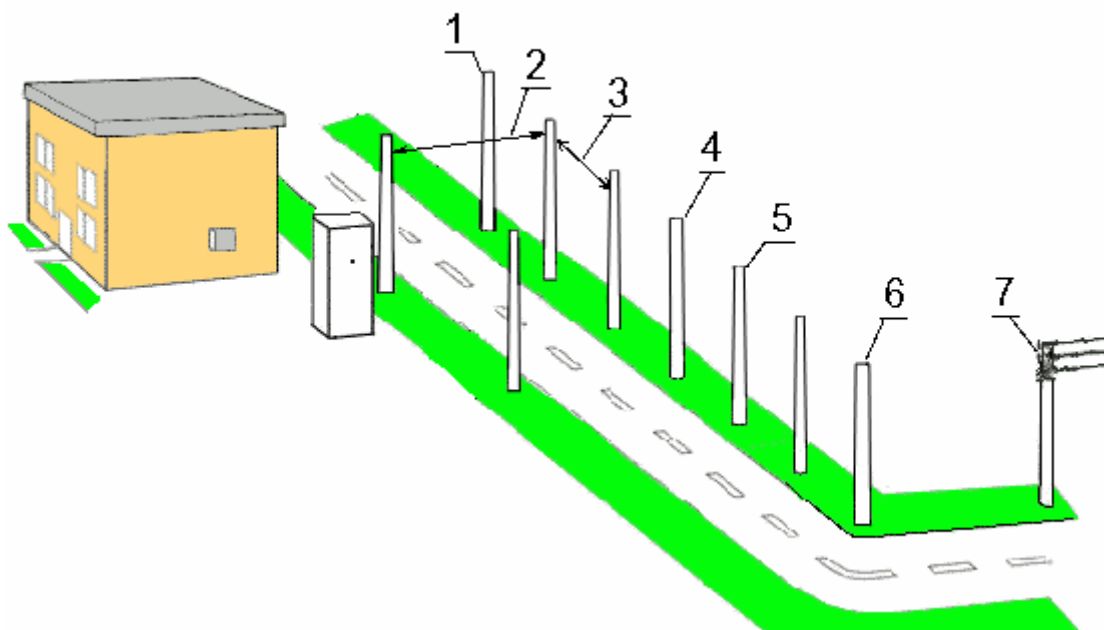
Установка опор

Монтаж ВЛИ начинается с установки опор.

Опоры устанавливаются согласно проекту на ВЛИ и могут реализовываться на основе стоек:

- железобетонных (типа СВ95 и СВ85),
- деревянных (типа С1 и С2),
- или металлических.

При проектировании и установке опор для ВЛИ следует учитывать климатические особенности эксплуатации в отечественных распределительных сетях: в зимний период провода линии могут потяжелеть в несколько раз за счет поочередных воздействий на них оттепели, мокрого снега и заморозков. В этих условиях более предпочтительны пропитанные деревянные опоры, устанавливаемые непосредственно в грунт.



Основные ключевые понятия, используемые в разделе об установке опор:

- Опора: - Промежуточная (поз.5),
- Анкерная (поз.7),

- Концевая (поз.1)
- Ответвительная (поз.4),
- Угловая (промежуточная или анкерная) (поз.6).

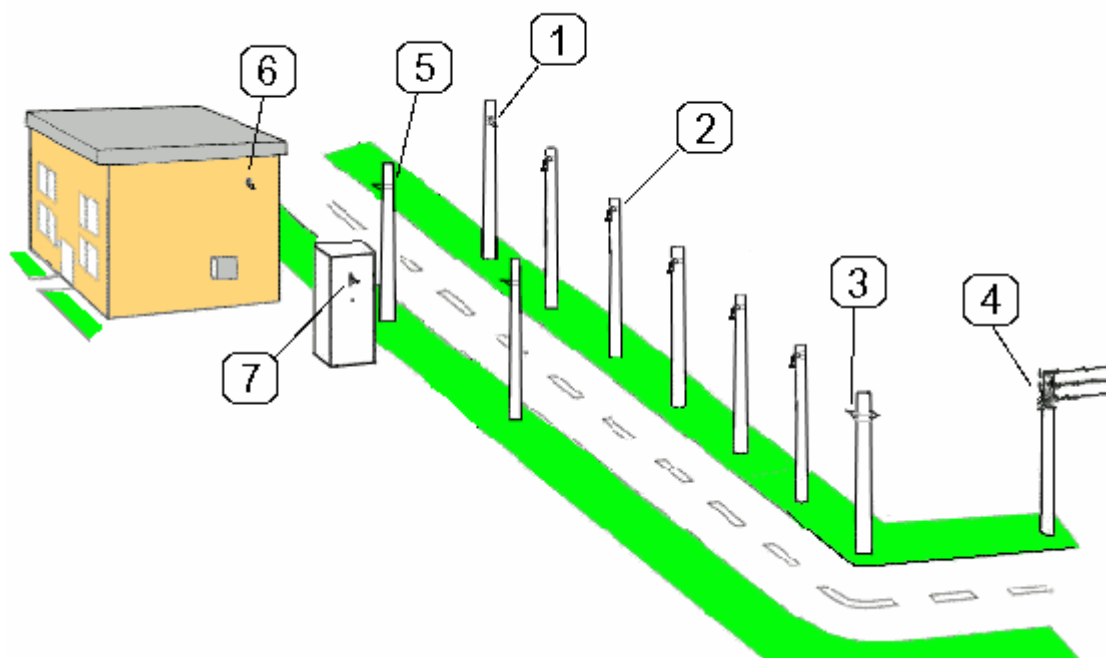
Длина пролета:

- Между соседними опорами магистрали (поз.3) ,
- Ответвления для ввода (поз.2).

Монтаж крепежных устройств

Монтаж крепежных устройств включает в себя закрепление на опорах, на фасадах зданий и сооружений металлических кронштейнов или крюков, используемых для фиксации изолированных зажимов, которые удерживают СИП.

Типы кронштейнов для каждого места закрепления комплектуются в строгом соответствии с проектом на ВЛИ и с учетом технических характеристик устанавливаемых кронштейнов, приводимых в каталоге предприятия-производителя.



Закрепление кронштейнов на опорах осуществляется с помощью стальной ленты из нержавеющей стали (типа **ЛМ 20** или **F2007**) либо с помощью болтов, на фасадах зданий - с помощью болтов либо шурупов.

Прочность узла крепления кронштейна к опоре зависит от варианта его реализации.

Крепежные устройства - устройства, с помощью которых изолированные зажимы с СИП крепятся к опоре или к фасаду здания:

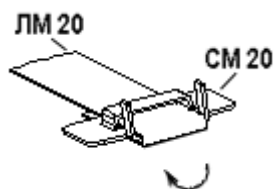
- Кронштейн анкерный (поз.1, 3, 4 и 5),
- Кронштейн поддерживающий (поз.2),
- Кронштейн на фасаде или на стене (поз.6 и 7),
- Устройство поддерживающее фасадное,
- Ленточный узел крепления:
- Болт крепежный с гайкой и шайбой для фасадов и столбов.

Ленточный узел крепления

Ленточный узел крепления кронштейна для СИП к опоре выполняется из ленты монтажной типа **ЛМ 20** (или **F2007**), изготовленной из нержавеющей стали, концы которой закрепляются с помощью скрепы монтажной типа **СМ 20** (или **A200**) с применением специального инструмента - лентонатяжителя.

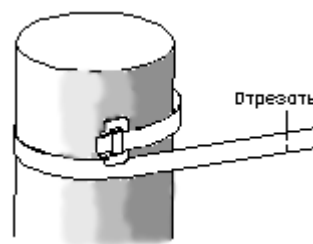
Узел крепления из ленты **ЛМ 20** выполняется в следующей последовательности (показан монтаж только одного хомута - нижнего, причем одновитковый, верхний выполняется аналогичным образом):

Фиксация начала ленты

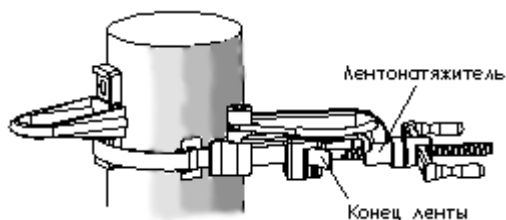


Заправка кронштейна **СА1500** и натяжка ленты до упора

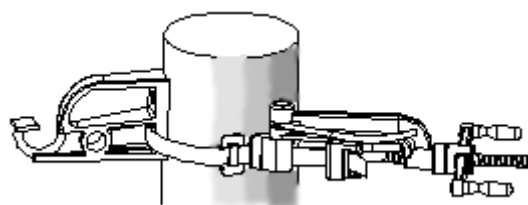
Отрезка нужной длины



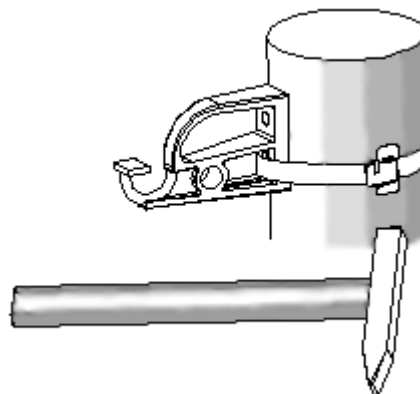
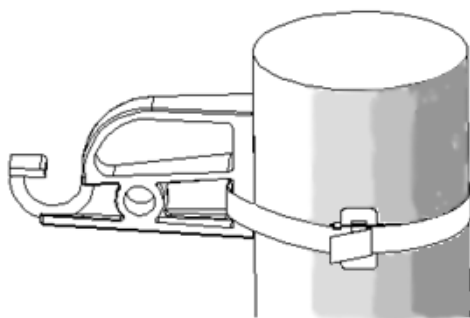
Заправка кронштейна промежуточного и натяжка ленты до упора



Загиб ленты в обратную сторону и ее отрезка



Фиксация конца ленты "усиками" скрепы с помощью молотка



Существует еще один, более рациональный способ монтажа ленточного узла крепления, в котором лента предварительно не отрезается, но дает экономию до 3 см ленты на одном хомуте. Эта экономия может оказаться существенной, особенно при больших объемах работы. Так, при монтаже узлов с общим расходом ленты в 1000 м можно сэкономить 30 м дорогостоящей ленты из нержавеющей стали.

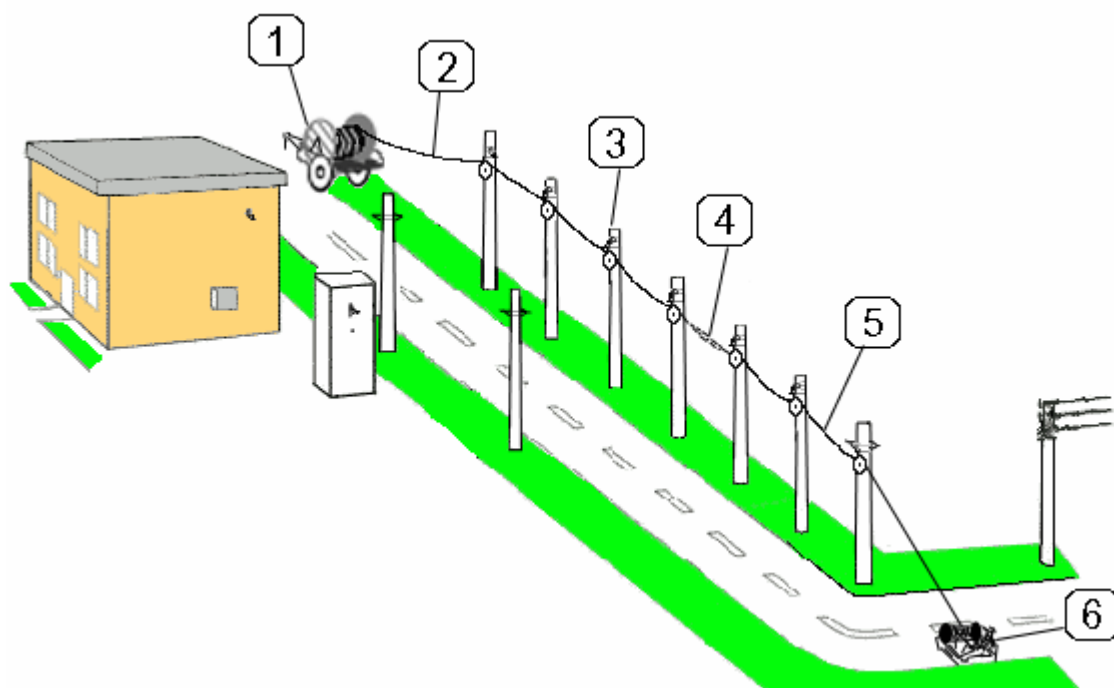
Размотка СИП

Размотка жгута самонесущего провода (поз.2) осуществляется непосредственно с барабана (поз.1), закрепленного на раскаточной тележке, с помощью механической лебедки (поз.6), установленной с противоположного от барабана конца линии, с использованием раскаточных роликов (поз.3), закрепленных на опорах монтируемого участка.

Для свободного прохождения жгута СИП через ролики применяются:

- вспомогательный трос (поз.5), который при размотке СИП наматывается на вал механической лебедки (поз.6),

- комплект "вертлюг-монтажные чулки" для протяжки СИП (поз.4) через ролики, обеспечивает удержание конца жгута СИП в сжатом состоянии и не позволяет жгуту перекручиваться при его протяжке.



Размотка СИП выполняется в следующей последовательности:

- с одного конца монтируемого участка устанавливается барабан с СИП на раскаточной тележке,

- с другого конца участка устанавливается механическая лебедка со вспомогательным тросом,

- закрепляются на опорах раскаточные ролики, начиная с опоры со стороны лебедки, одновременно в них заправляется вспомогательный трос, разматываемый с барабана лебедки,

- после подтягивания троса к барабану с СИП на конце троса закрепляется

монтажный чулок для троса из комплекта "вертлюг-монтажные чулки",

- на конце жгута СИП закрепляется монтажный чулок для защиты СИП из комплекта "вертлюг-монтажные чулки",

- с помощью механической лебедки жгут СИП протягивается через все ролики и размотка прекращается, когда жгут пройдет последний ролик и немного опустится в сторону лебедки.

Рекомендации и предостережения:

1. Применение раскаточных роликов обязательно, поскольку, имея рабочие поверхности, покрытые пластиком, они предотвращают повреждение изоляции раскатываемых проводов.

Недопустима размотка СИП на земной поверхности, поскольку это может привести к повреждению и загрязнению изоляции проводов. В случае последнего при монтаже прокалывающих зажимов электрическое сопротивление контакта между зубьями зажима и проводниками СИП будет больше расчетного, а это приведет к дополнительным электрическим потерям и к преждевременному выходу из строя ВЛИ.

2. Обязательное применение вертлюга при размотке СИП предотвращает самопроизвольное раскручивание проводов в жгуте.

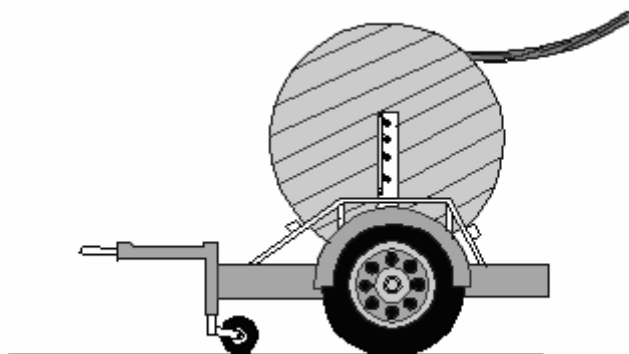
Если для размотки не применять вертлюг, то в отдельных местах между проводниками могут появиться заметные просветы, в которых при не расчетных механических воздействиях на ВЛИ (сильный ветер, падение дерева и т.д.) возникает опасность обрыва отдельного провода.

3. Обязательно применять монтажный чулок для жгута СИП, поскольку это ускоряет процесс раскатки и предохраняет изоляцию СИП от механических повреждений за счет равномерного распределения механической нагрузки вдоль жгута СИП при его размотке.

Инструменты для размотки

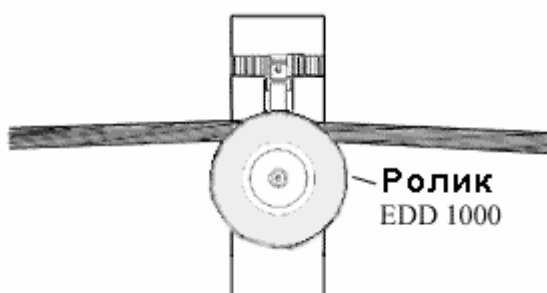
Раскаточная тележка или прицеп для барабана с СИП

Раскаточная тележка - передвижная платформа, установленная на небольшом автомобильном прицепе, имеющая специальное устройство для фиксации вала и его торможения, в котором закрепляется вращающийся барабан с самонесущим проводом.



Для раскатки СИП могут широко применяться прицепы компании Lancier Cable.

Раскаточный ролик



Раскаточные ролики типа **EDD 1000** и **EDD 1700** имеют пласти- ковое покрытие и обустроены уст- ройством для подвешивания с лен- той и зажимом.

Максимально допустимый диаметр жгута СИП - 50 мм.

Максимальная нагрузка для роликов:

EDD 1000 - 1000 кгс,

EDD 1700 - 1700 кгс.

Вес роликов:

EDD 1000 - 5,2 кг,

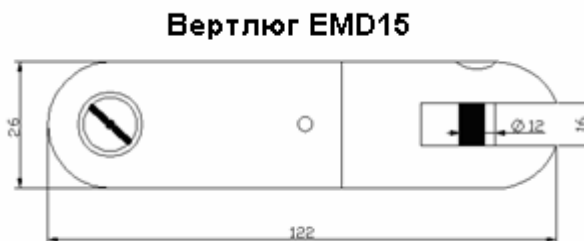
EDD 1700 - 10,7 кг.

Раскаточный ролик типа **РО 1000** отличается наличием в качестве устройства подвешивания подвесного крюка, который может крепиться непосредственно к кронштейну, предназначенному для крепления СИП. Этот тип ролика имеет характеристики:

- максимально допустимый диаметр жгута СИП - 50 мм,
- максимальная нагрузка - 1000 кгс, - вес - 2,3 кг.

Комплект "вертлюг- монтажные чулки"

Вертлюг типа **EMD15** - стыковочный элемент, устанавливаемый с помощью чулков между разматываемым СИП и вспомогательным тросом и предотвращающий раскручивание жгута СИП. Вертлюг выдерживает максимальную нагрузку - 1500 кгс.



Защитный монтажный чулок типа **TCSB38, TCSB50** для захвата и протягивания конца жгута СИП



Защитный монтажный чулок типа **TCSB15, TCSB20** для захвата вспомогательного троса .



Основные характеристики монтажных чулков :

Обозначение	Сечение проводов, мм ²	Длина, мм	Макс.нагрузка, кгс
TCSB15	54-70	500	500
TCSB20	95-120	500	500
TCSB38	3x70+54	750	500
TCSB50	3x150+70	900	500

Комплект "вертлюг-монтажные чулки" типа **ЕТС** для захвата и протягивания СИП с изолированной несущей нейтралью имеет три модификации в зависимости от диаметров основных жил СИП:

Обозначение	Сечение проводов, мм ²	Компоненты
ЕТС70	до 3x70+54	2xTCSB15+TCSB38+EMD15
ЕТС150	3x70+70 до 3x150+70	2xTCSB15+TCSB50+EMD15
ЕТС185	3x150+95 до 3x185+120	2xTCSB20+TCSB50+EMD15



Трос вспомогательный

Вспомогательным тросом может служить любой достаточно прочный трос с сечением не менее 10 мм^2 , выдерживающий силу растяжения не менее 400 кгс. Конструкция троса и материал, из которого он сделан, должны обеспечивать удобство оперирования с ним. Он не должен запутываться при его размотке с барабана лебедки, а также при случайном его освобождении.

Для раскатки СИП могут с успехом применяться стальные и пластиковые тросы компании Lancier Cable.

Механическая лебедка

Механическая лебедка используется для раскатки проводов СИП путем наматывания на ее рабочий барабан вспомогательного троса, соединенного с СИП посредством комплекта "вертлюг-монтажные чулки". Эта лебедка при натяжении и раскатке провода обеспечивает постоянное натяжение вспомогательного троса во время всей процедуры раскатки. Возможно использование лебедок различных модификаций и закрепляемых, к примеру, на опорах, на автомобильных прицепах, в кузове грузового автомобиля.

Важно, чтобы механическая лебедка обеспечивала достаточную силу натяжения, гарантирующую размотку провода без провисания. Так для провода $3 \times 35 + 50 + 16$ достаточна сила натяжения 300 кгс, в то время как для $3 \times 120 + 95$ уже 400 кгс.

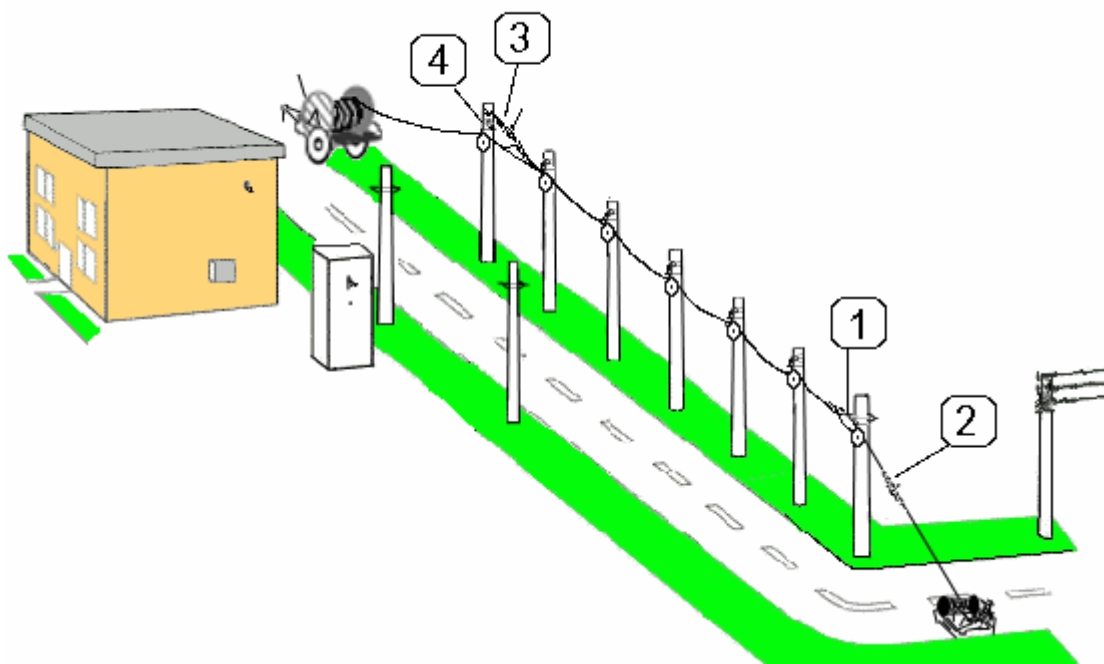
Для раскатки СИП могут с успехом применяться кабельные механические лебедки компании Lancier Cable.



Натяжение ВЛИ и ее анкерное закрепление

После размотки жгута самонесущего провода на роликах, закрепленных на опорах, необходимо на конечной опоре закрепить несущий провод анкерным зажимом типа **РА 1500** (поз.1). При этом механическая лебедка через комплект "вертлюг-монтажные чулки" (поз.2) должна удерживать линию в натянутом положении.

Далее с помощью комплекта инструментов для натяжения : ручной лебедки **РТС**, закрепленной на ближней опоре (поз.3), и натяжного устройства **ССТ** линия натягивается до требуемого проектной документацией значения силы натяжения, что контролируется с помощью динамометра **ДУ**.



Натянутая ручной лебедкой линия на ближней (начальной) опоре закрепляется с помощью анкерного зажима (поз.4).

СИП на конечной опоре освобождается из монтажного чулка, и, если это необходимо, концы проводников как фазных, так и нейтрального изолируются с помощью наконечников или колпачков (их еще называют

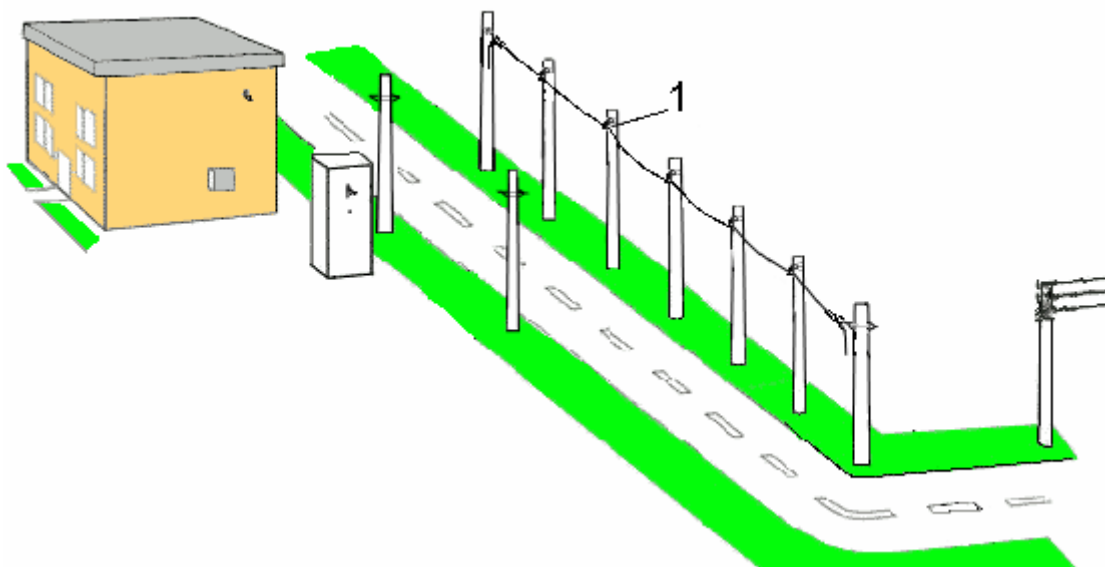
концевыми капами) типа СЕСТ (эластомерные) либо 102L (термоусаживаемые).

На ближней опоре оставляется заданный запас провода СИП, остальной провод отрезается с помощью секторных ножниц, например типа KR240.

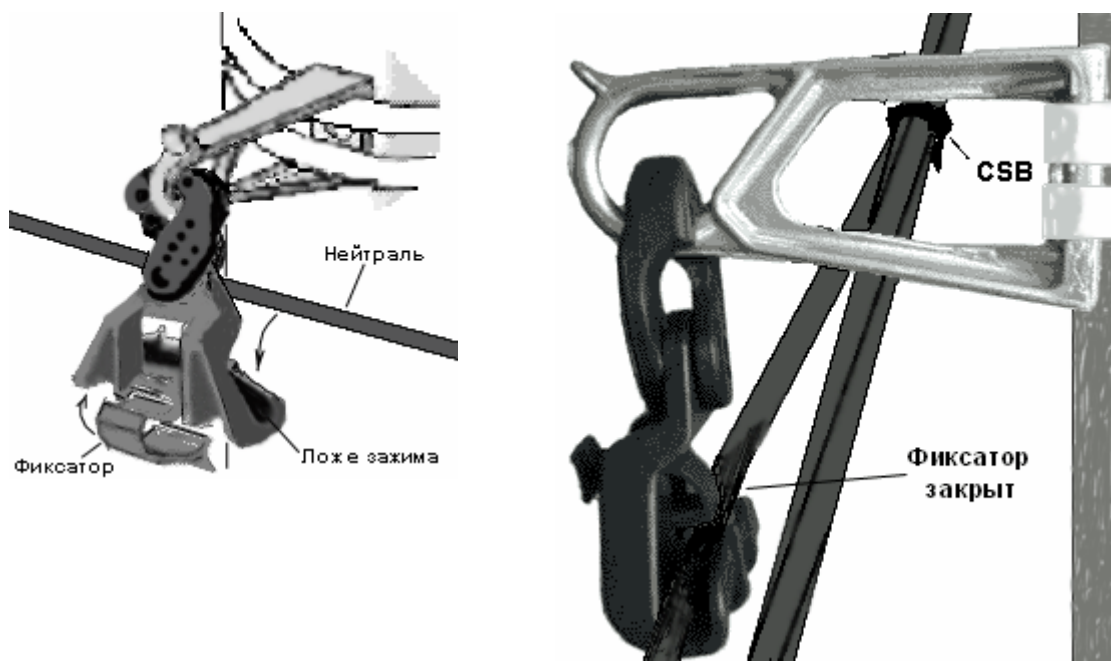
Замена роликов на промежуточные зажимы

После выполнения натяжения СИП и закрепления его анкерными зажимами на концевых опорах необходимо заменить ролики на промежуточные зажимы на опорах промежуточных и, при необходимости, на угловых.

Для закрепления нейтрали на прямолинейных участках (поз.1) и участках с небольшими изгибами ВЛИ (угол изгиба менее 30 при изгибе в сторону опоры и менее 50 в сторону, противоположную от опоры) используются те зажимы, которые были смонтированы на этапе монтажа крепежных элементов. Ими могут быть, в зависимости от сечения СИП, зажимы типа ES 35-1500, ES 1500, ES 2000, представляющие собой узел в сборе с кронштейном промежуточным.



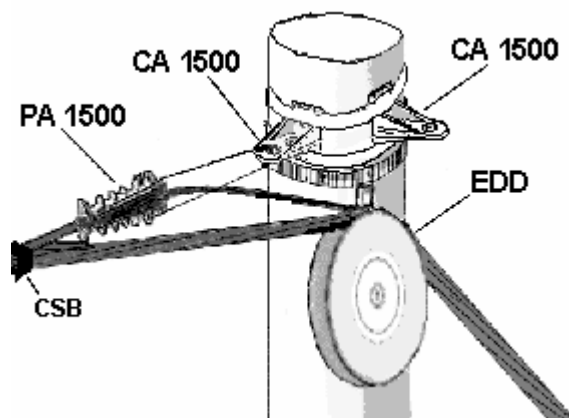
Для закрепления нейтрали СИП в промежуточном зажиме **ES 1500** необходимо предварительно раскрыть фиксатор зажима и в открывшееся ложе зажима вставить нейтральный провод. Затем этот провод прижимается к ложу зажима фиксатором, который дожимается до упора.



При значительных углах изгиба ВЛИ (при углах изгиба больших, чем указано выше) и на угловых опорах необходимо использовать зажимы анкерные типа **РА 1000, РА 1500, РА 2000, РА 95-2000**.

Закрепление нейтрали СИП в анкерном зажиме на промежуточной опоре выполняется по аналогии с предыдущим этапом, где выполнялось анкерное закрепление.

Анкерный зажим **РА 1500** посредством стального канатика крепится к анкерному кронштейну **СА 1500**, а затем натянутый нейтральный провод заклинивается двумя клиньями анкерного зажима.



С обеих сторон от зажимов (как промежуточного, так и анкерного) на расстоянии 20...30 см от них жгут СИП необходимо стянуть кабельными ремешками типа **CSB**, что в дальнейшем предотвратит смещение

проводников СИП друг относительно друга под воздействием внешних факторов (ветровой нагрузки и пр.).

После того как нейтральный провод будет снят с ролика и закреплен в зажиме, монтажный ролик типа **EDD 1000** можно снять с опоры.

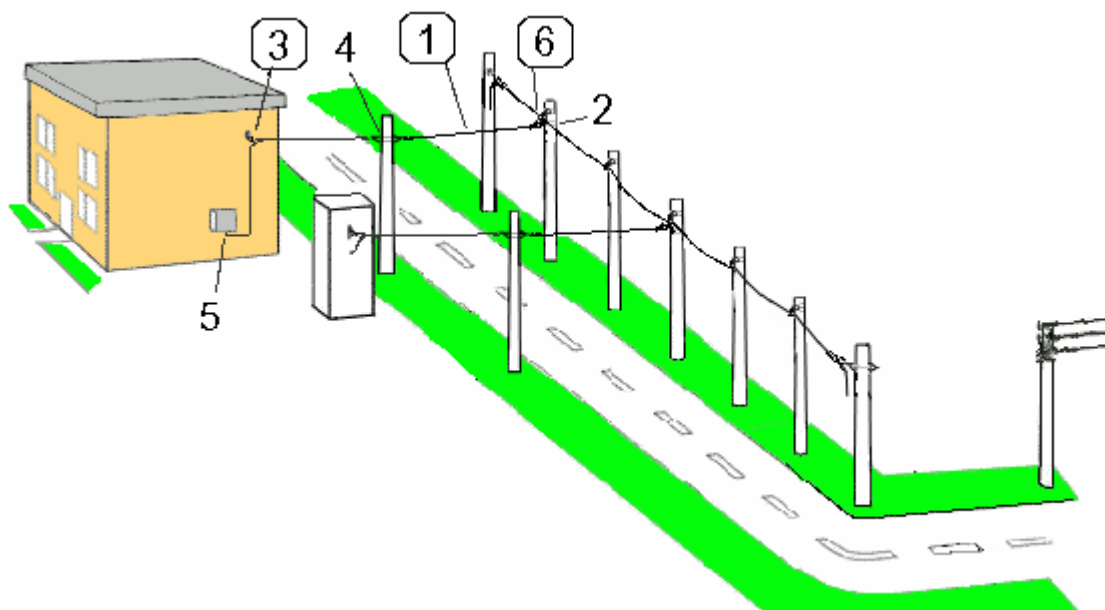
Обустройство линейных ответвлений от магистрали

Ответвления от магистрали ВЛИ в виде линейного ответвления или ответвления от ВЛИ к вводу осуществляются в следующей последовательности:

- Размотка СИП для ответвительной линии,
- Закрепление проводов в начале ответвительной линии,
- Натяжение ответвительной линии и закрепление ее конца,
- Закрепление ответвительной линии на опорах,
- Подключение ответвительной линии к потребителю,
- Подключение ответвительной линии к магистральной ВЛИ.

Размотка СИП для ответвительной линии (поз.1) выполняется по аналогии с размоткой магистральной ВЛИ. Отличительные особенности может иметь случай, когда ответвление выполняется для подключения потребителя или абонента. В этом случае для линии используется система СИП без несущего провода, состоящая из 2-х или из 4-х изолированных проводов.

Провод такой системы обычно легче, чем магистральный СИП.



Закрепление проводов в начале ответвительной линии (поз.2) осуществляется с помощью комплекта анкерного крепления: зажима и кронштейна.

Для СИП ответвительной линии, имеющей несущий изолированный нейтральный провод, используется комплект типа **ЕА 1000, ЕА 1500, ЕА 2000, ЕА 95-2000**. Анкерный зажим из комплекта **ЕА**, например **РА 1500**, посредством стального канатика крепится к анкерному кронштейну **СА 1500**, а затем натянутый нейтральный провод заклинивается двумя клиньями анкерного зажима.

Для СИП без несущего провода, состоящего из 2-х или из 4-х изолированных проводов, необходимо применять анкерные зажимы для проводов абонентов типа **HEL-5505, РА 25x100**. По аналогии с зажимом **РА 1500** анкерные зажимы для проводов абонентов крепятся к анкерному кронштейну **СА 1500**, предварительно закрепленному на ответвительной опоре, с помощью металлической дужки (проволочной у **РА 25x100** и пластинчатой у **HEL-5505**).

У зажима **РА 25x100** 2 или 4 провода СИП заклиниваются клиньями зажима.



А у зажима **HEL-5505** эти провода зажимаются между полимерными пластинами зажима с помощью одного болта.



Натяжение ответвительной линии и закрепление ее конца выполняются по аналогии с магистралью. Отличие может составлять случай, когда конец ответвительной линии закрепляется на стене или **фасаде здания**.

В последнем случае (поз.3) вместе с зажимами **HEL-5505**, **РА 25x100** можно использовать настенный кронштейн типа **КНВ** при отклонении спуска линии от вертикали до 60. При больших углах отклонения рекомендуется использовать анкерный кронштейн **СА 1500**.

Кронштейн на фасаде здания крепится с помощью шурупов или дюбелей, а уже к нему прикрепляется через дужку или петлю анкерный зажим с проводом.

Закрепление ответвительной линии на промежуточных опорах.

В том случае (поз.4), если в ответвительной линии есть промежуточные опоры, для закрепления СИП с изолированной нейтралью используются промежуточные зажимы типа **ES 1500** или анкерные зажимы **EA1500**, если имеется значительный изгиб линии.

Для закрепления СИП самонесущей системы (2 или 4 провода) используются промежуточные поддерживающие крепления типа **RA 25** или зажимы типа **DUL**.

Крепление RA 25



Зажим промежуточный DUL



Подключение ответвительной линии к потребителю выполняется

с помощью герметичных изолированных наконечников, опрессовываемых ручным прессом (поз.5).

Предварительно провод ответвительной линии прокладывается до места подключения и после тщательного расчета остающихся концов лишний провод отрезается с помощью ручных секторных ножниц, например типа **KR240**.

В зависимости от материала контактных клемм в шкафу потребителя (медные или алюминиевые) используются наконечник соответственно **СРТА** или **СРТАУ**.

Типоразмер наконечника выбирается в строгом соответствии с сечением монтируемого провода. Так, например, для медных клемм в шкафу потребителя и для СИП с сечением жилы 16 мм² необходимо выбрать наконечник типа **СРТАУ 16 D16**.

С концов монтируемого провода срезается изоляция длиной, достаточной для обеспечения герметичности заделки провода в наконечнике после опрессовки.



Оголенный конец каждого из проводников СИП вставляется в свой наконечник и с помощью ручного гидравлического пресса, например типа **SIMABLOC 55**, или ручного пресса типа **SIMECA** и шестигранных матриц типа **4E140 - E83, 4E173, 5E21** запрессовывается внутри наконечника.



Наконечники закрепляются на клеммах шкафа с помощью гаек с шайбами.

Подключение ответвленной линии к магистральной ВЛИ выполняется с помощью прокалывающих зажимов.

Защита ВЛИ от перенапряжений. Заземление

Защиту ВЛИ от перенапряжений необходимо выполнять во всех случаях, предусмотренных в ПУЭ (Правила установки электрооборудования).

Особого внимания требуют участки ВЛИ:

- проходящие по открытой или высокой местности (поз.1),
- в зонах со среднегодовой продолжительностью гроз 40 часов и более,
- в населенной местности и в местах скопления людей,

- подключаемые к трансформаторным подстанциям (поз.5),
- стыкующиеся с подземными кабелями (поз.3) или с кабельными вставками,
- заканчивающихся вводом в здание с дорогостоящим электрооборудованием (поз.6).

Для защиты от перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами, при монтаже ВЛИ необходимо использовать:

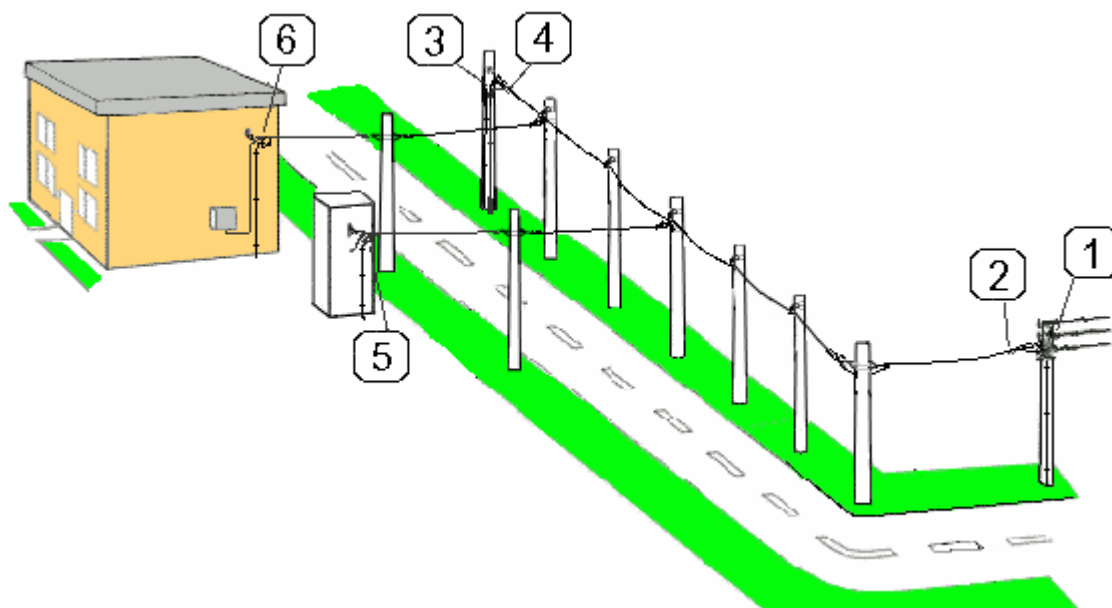
- Заземляющие устройства, состоящие из заземлителя, размещенного в земле и заземляющих проводников (спусков) для деревянных опор (поз.1 и 3) или заземляющих выпусков арматуры железобетонных стоек.
- Аппараты защиты от перенапряжений: разрядники и ограничители перенапряжений (ОПН).

Заземляющие устройства (выполняемые согласно требованиям гл.1.7 и 2.4.25-2.4.26 ПУЭ) необходимо применять, кроме указанного выше, также для:

- повторного заземления несущего нулевого провода,
- заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛИ,
- для заземления разрядников и ОПН (поз.1,3,5 и 6).

В качестве заземляющих проводников на опорах ВЛИ следует применять оцинкованную круглую сталь диаметром не менее 6 мм. Допускается применять неоцинкованную круглую сталь диаметром не менее 6 мм, имеющую антикоррозионное покрытие.

Разрядники и ОПН, устанавливаемые на опорах ВЛИ для защиты кабельных вставок от грозовых перенапряжений (поз.3), должны быть присоединены к заземлителю отдельным спуском.



Ограничители перенапряжений являются более современными защитными аппаратами от перенапряжений по сравнению с разрядниками. Кроме того, пока только отдельные типы ОПН приспособлены для применения в полностью изолированной ВЛИ. К ним относятся ОПН фирмы ГYCO типа LVA-280A-AS и LVA-440A-AS. Менее приспособлены для ВЛИ ОПН отечественного производства типа ОПН-П1-0,38УХЛ1, у которого оба вывода не изолированы, поэтому после подключения к нему проводников требуется неизолированные выводы этого ОПН заизолировать специальной термоусаживаемой лентой, например типа SSRK-60-100, SSRK-100-200.

Согласно "ПУ ВЛИ до 1 кВ " в начале и в конце каждой магистрали ВЛИ должны быть установлены на проводах **зажимы для присоединения** приборов контроля напряжения и **переносного защитного заземления** (поз. 2 и 4).

Защита ВЛИ от коротких замыканий

Защиту ВЛИ от коротких замыканий и от перегрузок по мощности необходимо выполнять по аналогии с защитой ВЛ с изолированными проводами, выполняемой с учетом требований ПУЭ.

Основным элементом защиты ВЛИ от коротких замыканий является проходной предохранитель для абонентских ответвлений типа **CCFBD**.

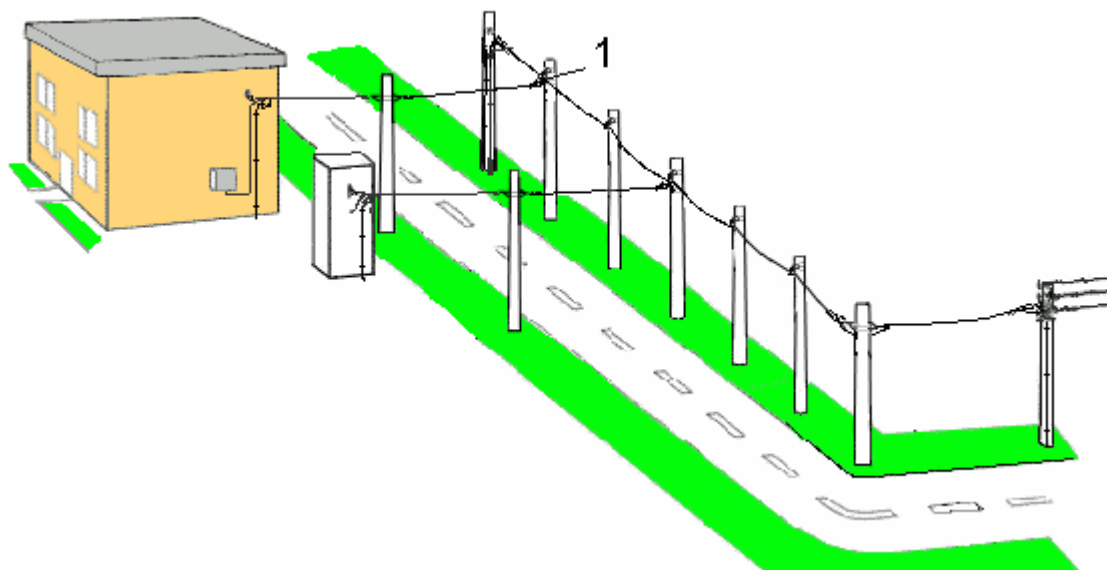
Проходные предохранители монтируются на опорах, на которых к магистрали ВЛИ подключаются линейные ответвления (например, поз.1), при этом выполняется защита:

- магистрали ВЛИ и всех ответвлений от короткого замыкания и от перегрузки по мощности, возникших в одном из линейных ответвлений (секционирование),

- ответвления от короткого замыкания и от перегрузки по мощности, возникших в ВЛ с изолированными проводами, подключенной к ответвлению,

- временных подключений к ВЛИ.

Применение проходных предохранителей **CCFBD** на смонтированных абонентских ответвлениях, кроме того, позволяет реализовать возможность подачи напряжения потребителю после оплаты им услуг предприятию, обеспечивающему электроснабжение. Для этого плавкая вставка вставляется в корпус предохранителя только в нужный момент (по факту оплаты).



Проходной предохранитель типа **ССФВД** представляет собой разборную конструкцию, состоящую из корпуса из двух частей и плавкой вставки, вставляемой в корпус предохранителя.

Конструкция предохранителя **ССФВД** позволяет выполнять соединение и разъединение линии **под нагрузкой до 60 А**.

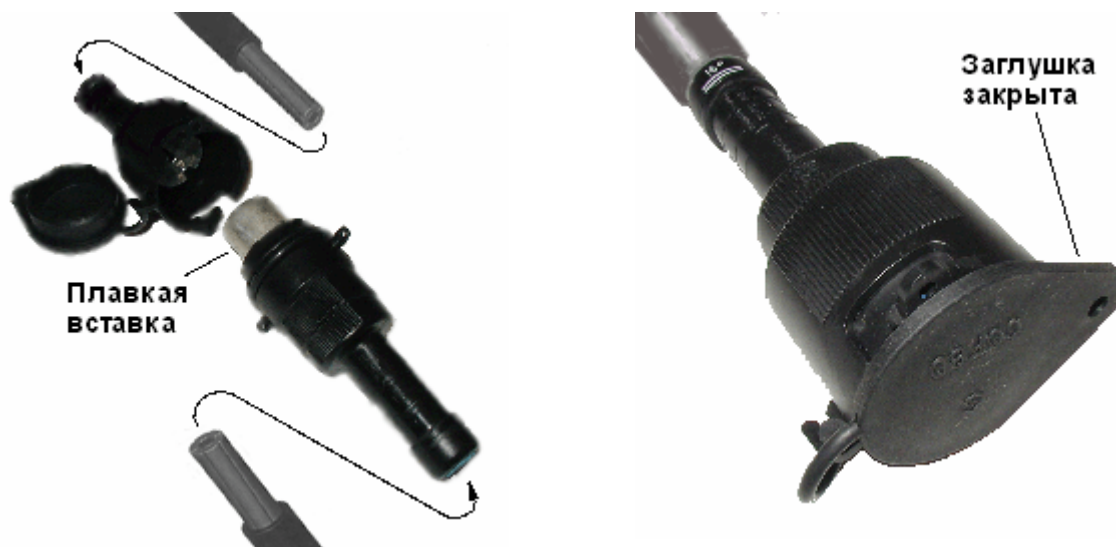
Проходной предохранитель типа **ССФВД** испытан на герметичность **напряжением 6 кВ** под водой.

Корпус предохранителя изготовлен из погодо- ультрафиолетостойкого полимера. Он легко собирается и герметизируется при сборке. На нем закреплена герметизирующая заглушка, которая позволяет защитить отключенную линию со стороны сети.



На корпусе имеются петли для пломбирования подключенного предохранителя, что позволяет регистрировать факты несанкционированной расстыковки предохранителя и замены плавкой вставки на большую мощность.

Проходной предохранитель монтируется в разрыв СИП без несущего провода, состоящего из 2-х или из 4-х изолированных проводов, между ответвительным прокалывающим зажимом и анкерным зажимом для проводов абонентов типа **HEL-5505**, **РА 25x100**.



Предохранитель применяется для провода сечением **16 мм²** - модификация **CCFBD 16-16**, и **25 мм²** - модификация **CCFBD 25-25**. Контактное соединение предохранителя с концами провода СИП выполняется опрессовкой с обеих сторон с помощью ручного прессы **SIMPI**, **SIMECA** или **SIMABLOC** с одной матрицей **E140**.

Необходимо правильно выбрать модификацию плавкой вставки, расчетный номинальный ток которой может быть от **4 А** до **125 А**. Обозначение плавкой вставки: **AD 16-22X58**, **AD 32-22X58**, **AD 63-22X58** соответственно на **16**, **32** и **63 А**.

Кроме серии **AD** предохранители **CCFBD 16-16** и **CCFBD 25-25** можно также комплектовать плавкими вставками серии **CH22**, которая имеет следующий модельный ряд по току срабатывания:

Тип плавкой вставки	Номинальный ток, А
CH22x58 16А	16
CH22x58 20А	20
CH22x58 25А	25
CH22x58 32А	32
CH22x58 40А	40
CH22x58 50А	50

CH22x58 63A	63
CH22x58 80A	80
CH22x58 100A	100

По аналогии с серией **AD** вставки **CH22** имеют диаметр цилиндра 22 мм, длину 58мм и вес - 51 г.

Обустройство уличных СВЕТИЛЬНИКОВ

По аналогии с ВЛ с неизолированными проводами уличные светильники, монтируемые на ВЛИ, могут крепиться на опоре сверху на дополнительной выступающей штанге и сбоку с помощью болтового соединения или монтажной ленты из нержавеющей стали.

Аналогичным способом выполняется заземление корпуса светильника.

Монтаж уличного светильника начинается с закрепления его на опоре.

Светильник, имеющий две прорези для ленты, крепится сбоку на опоре с помощью ленты монтажной типа **ЛМ 20** (или **F2007**) и скрепы монтажной **СМ 20** (или **A200**) двумя узлами крепления методом, аналогичным с закреплением кронштейнов для СИП.

Для зануления корпуса светильника выполняется отдельный заземляющий спуск из стальной оцинкованной проволоки диаметром не менее 6мм, который для железобетонной опоры также можно закрепить с помощью ленты и скрепы. Для деревянных опор такой вид закрепления спуска на опоре не приемлем, поскольку в этом случае дерево внутри ленточного кольца постепенно выгорает.

Для защиты ВЛИ от коротких замыканий, возникающих в светильнике, в корпусе светильника монтируется проходной предохранитель типа **ПП-1** (или **В 6770**), который подключается в разрыв фазного провода.

С помощью ответвительных прокалывающих зажимов присоединяются:

- нулевой провод светильника к несущему нулевому проводу магистрали ВЛИ (зажим типа **KZEP 13**),

- фазный провод светильника (от предохранителя **ПП-1**) к проводу уличного освещения ВЛИ (если таковой есть) или к фазному проводу ВЛИ (зажим типа **KZEP 13**),

- провод от корпуса светильника к заземляющему спуску (зажим типа **RDP25/CN**).

Подключение проводов от светильника к проводам СИП выполняется по аналогии с монтажом ответвлений, описанным в разделе о подключении ответвлений к магистрали ВЛИ.

Проходной предохранитель, используемый для уличного светильника, состоит из пластикового корпуса из двух половинок и плавкой вставки, которая имеет модификации для различных номинальных токов:



Предохранитель ПП-1

Номинальные токи плавкой вставки: 6А, 10А



Предохранитель В 6770

Номинальные токи плавкой вставки: 2А, 4А, 6А, 10А



Есть различия в монтаже предохранителей:

- у предохранителя **ПП-1** есть монтажные провода длиной по 50 см, выходящие из половинок корпуса и подключаемые к внешним проводам клеммником или скруткой с последующей изоляцией,

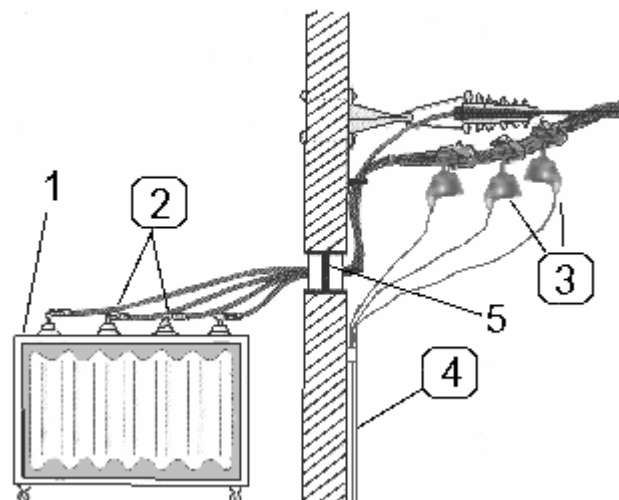
- у предохранителя **В 6770** в половинках корпуса есть гнезда с крепежными винтами, в которые вставляются присоединительные провода и закрепляются винтами.

Обустройство трансформаторных вводов

Для выполнения трансформаторных вводов окончание ВЛИ закрепляется на фасаде трансформаторной подстанции комплектом анкерного крепления и заводится через кабельный проход в стене внутрь здания. У проводов оставляются концы нужной длины, на которые одеваются изолированные наконечники типа **СРТАУ** или **СРТА** и запрессовываются ручным прессом с матрицей. Эта операция аналогична подключению ответвительной линии к потребителю, описанному в разделе о подключении ответвлений.

Наконечники (поз.2) закрепляются болтовым соединением на клеммах трансформатора (поз.1).

Для защиты трансформатора от перенапряжений со стороны ВЛИ к каждому фазному проводу ВЛИ перед стеной здания подключается ограничитель перенапряжения типа **LVA** (поз.3) с помощью ответвительных зажимов по аналогии с процедурой, описанной в разделе о защите ВЛИ от перенапряжений. Заземляющие выводы ОПН подключаются к заземляющему спуску (поз.4)



Герметизацию кабельного прохода (поз.5) можно выполнить с помощью надувного уплотнителя типа **RDSS**, разработанного фирмой "Райхем".

Уплотнитель типа **RDSS** состоит из надувной камеры, изготовленной из гибкой металлизированной фольгой пленки. На обеих сторонах камеры нанесен слой герметика. Камера оборачивается вокруг СИП и легко вставляется в отверстие кабельного ввода в стене. Затем при надувании камеры с помощью специального устройства герметик под давлением уплотняет места примыкания камеры с проводами и стенкой прохода.



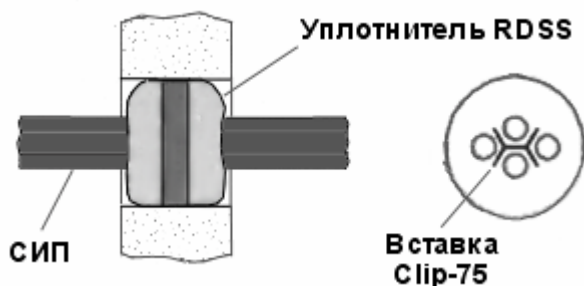
Полная установка камеры уплотнителя **RDSS** занимает несколько минут даже в стесненных условиях.

Тип уплотнителя необходимо выбирать исходя из диаметра отверстия в стене и диаметра жгута СИП

Диаметр отверстия, мм

Диаметр жгута СИП, мм

	RDSS-45	RDSS-60	RDSS-75
32,5	0-14		
35	0-18		
40	0-27		
45	0-32	0-18	
50		0-30	
55		0-38	0-28
60		0-45	0-30
65			0-40
70			0-46
75			0-56
Выбор вставок	RDSS-Clip-45	RDSS-Clip-75	RDSS-Clip-75



Для уплотнения проводников СИП в жгуте применяется уплотнительная вставка типа Clip, которая препятствует проникновению влаги внутрь здания между проводниками СИП.

Уплотнитель можно установить с помощью любого устройства для надувания, которое может обеспечить давление $3,0 + 0,2$ бар. Инструмент, рекомендуемый фирмой "Райхем":

- устройство для надувания - **RDSS-IT-16**,
- газовые баллончики - **E7512-0160**.



При надувании камеры уплотнителя после достижения заданного давления выдерживается трубка для надувания и автоматически запирается гелевый клапан системы уплотнения. После этого на долгое время внутри камеры надежно поддерживается нужное давление.

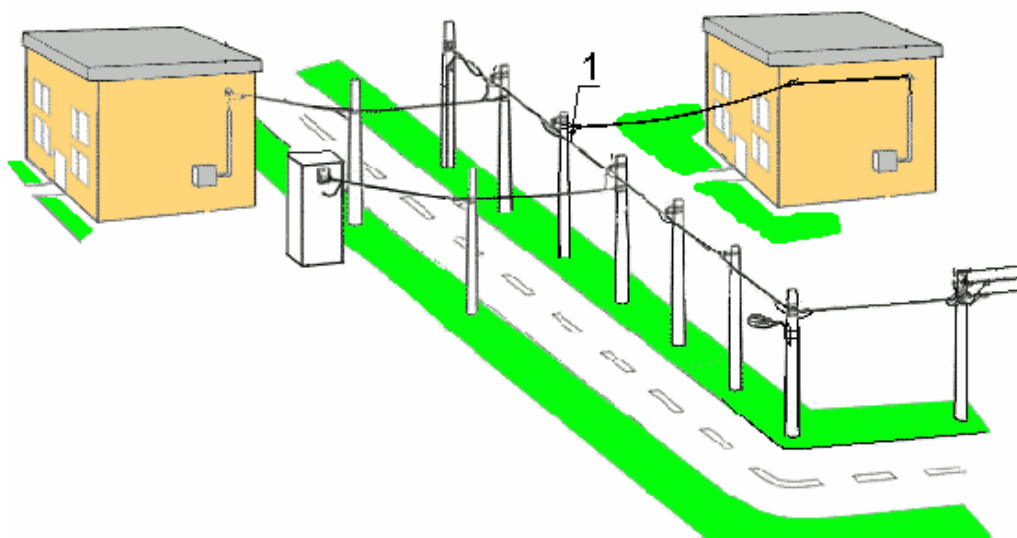
Более полную таблицу для выбора типоразмера уплотнителя **RDSS**, а также характеристики адаптеров **RDSS-AD-210** для применения уплотнителей **RDSS** в кабельных проходах больших диаметров (до 210 мм) можно найти здесь: <http://www.starinfo-nic.ru/si/armatura.files/katalog/rdss.htm>

Применение изолированных соединителей

Во время монтажа ВЛИ в некоторых ее местах может возникнуть потребность в дополнительном соединении проводов:

- для проводов уличного светильника,
- для выполнения подключения абонента после оплаты (поз.1),
- для осуществления замены абонентской линии.

Указанную задачу можно хорошо выполнить используя герметичные изолированные соединители типа **ВРС**, которые применяются для всех типов СИП до 1 кВ.



Соединители ВРС имеют модификации как для прокалывания изоляции, так и для снятия изоляции.

Соединяемые провода пропускаются в противоположные отверстия в соединителе и зажимаются болтами.

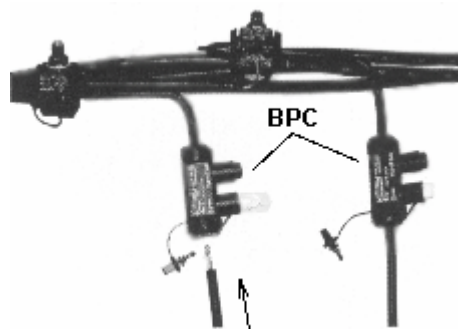
Для герметизации открытого контакта используется втычная заглушка, прикрепленная к корпусу.

Болты (13мм) имеют срывную головку.

Модификация с прокалыванием изоляции не требует зачистки изоляции на проводе; в то же время она не допускает повторный монтаж.

Модификация со снятием изоляции может быть установлена или удалена под нагрузкой (максимум 90 А).

Эта модификация допускает повторный монтаж.



Другие достоинства соединителей:

- Они применяются для однопроволочных и многопроволочных алюминиевых и медных жил,
- Болт покрыт изоляцией, что обеспечивает безопасность при монтаже под напряжением,
- Они испытаны на герметичность напряжением 6 кВ в течение 30 минут под водой,

«Монтаж воздушной линии с СИП» Иллюстрированное практическое руководство
Другие электронные книги электротехнической тематики – <http://electrolibrary.info>

- Корпус выполнен из изоляционного материала - погодо- и ультрафиолетостойкого полимера, усиленного стекловолокном.

Основные характеристики приведены в таблице:

Сечение (мм ²)		Обозначение	Тип	Ток макс., (А)	Момент, (Нм)	Масса, (г)
Мин.	Макс.					
4	35	ВРС 35 - 35	снятие/снятие	90	10	85
4	35	ВРС 35- P35	снятие/прокол	90	10	85
4	35	ВРС P35 - P35	прокол/прокол	-	10	85

Примеры реализации воздушных линий с СИП

Как-то мы подумали, что кому-то может быть интересным узнать о необычных реализациях ВЛ или их участков и элементов с применением СИП в разных местах и регионах, а то и странах. Ясно, что в официальных документах (ПУЭ, рекомендации, директивы, руководства, каталогах производителей и пр.) можно найти информацию, как положено выполнять ВЛ или ее элементы. И львиная доля ВЛ выполняется с учетом этих требований.

Но реальная жизнь и реальные особенности часто заставляют проектировщиков, монтажников и иных специалистов выполнять ВЛ и ее элементы в необычном виде, в виде, не прописанном в официальных документах. И такие решения могут иметь интерес у других людей, чья деятельность связана с проектированием, комплектованием, монтажом и эксплуатацией ВЛ с СИП, а также тем, кто занимается проектированием, производством и поставками как самих проводов, так и арматуры и инструментов для их монтажа.

Удачные решения

1 г.Королев Московской области,
ул.Пограничников, май 2006г.

На подстанции для крепления анкерных зажимов РА 1500, с помощью которых закрепляются вводы в подстанцию, установлена рама из металлического профиля, к которой крепятся хомутики зажимов. Конструкция позволяет надежно и безопасно закрепить большое количество анкерных зажимов (в данном случае закреплено 8 зажимов).



2 05.07.07г. Франция, г.Дижон, снято
25.04.06г.

Закрепление провода "Торсада" на фасаде здания, а также ввод в здание. Выполнено с помощью кронштейна, стойки которого вмурованы в стену здания, и анкерного зажима. Видно, насколько часто используются кабельные ремешки и как плотно уложен жгут СИП на участке с прокалывающими зажимами. Внешне узел крепления выглядит вполне эстетично.



Под провод, идущий вдоль фасада подложено пластиковое седло, предохраняющее жгут от перетирания в месте соприкосновения с кронштейном.

Видно, что жгут СИП закреплен ремешком и до анкерного зажима и после него.



3

05.07.07г. Ирландия, г.Шеннон, снято 27.04.06г.

Хороший пример подключения СИП (конструкция - самонесущая система изолированных проводов) к ВЛ из неизолированного провода на деревянной опоре.



Концы СИП подключаются к голым проводам с помощью плашечных ответвительных зажимов.

4 06.08.07г. г.Королев Московской области, территория Огороднического товарищества "САМАРОВКА".

Оконечная опора ВЛ 10кВ. Лет 10 назад на этой опоре возникла аварийная ситуация, в результате которой начала гореть одна из стоек опоры (на снимке -левая). Приехавшая пожарная команда смогла потушить пожар на опоре. Энергетики, восстанавливая участок ВЛ, нашли оригинальное решение, которое позволило сэкономить на новых стойках опоры. Как видим, они для укрепления поврежденной стойки применили бандаж из

дополнительного бревна и четырех хомутов из нержавеющей стали.

В месте горения стойка до сих пор имеет обуглившийся участок и хорошо виден просвет (1) между стойкой и дополнительным бревном. Но конструкция успешно стоит уже 10 лет и видимых разрушений не наблюдается.



5 **21.08.07г.** Ближнее Подмосковье, Ленинградское шоссе, 10 км от МКАД в сторону области, снимок от 06.03.07г.

Виден результат наезда автомобиля на опору с уличным освещением. От удара стальная опора устояла, но немного накренялась. Светильник сорвался и упал на землю. Линия (ВЛИ) осталась целой благодаря тому, что разрушились узлы крепления (два хомута из нержавеющей стали со скрепами) кронштейна из промежуточного комплекта крепления СИП типа ES 1500. Провода провисли, в результате от сильного натяжения оборвались провода, питающие светильник. Прокалывающие зажимы, с помощью которых эти провода подключались к магистральному СИП, остались на месте.

Решение можно считать удачным, поскольку узел промежуточного крепления СИП имел два хомута по одному витку ленты из нержавеющей стали, что обусловило оптимальную прочность этого узла. Если бы узел крепления имел избыточную прочность (два хомута по два витка ленты, да еще ориентацию скреп, соответствующую максимальной прочности), то в этой ситуации ущерб был бы нанесен ВЛИ значительно больший (разрушение кронштейна и зажима, обрыв проводов СИП, срыв узлов крепления на соседних опорах, разрушение оболочки на проводах).



Неудачные решения

1 г.Королев Московской области,
ул.Нахимова, август 2003г.

Анкерный зажим РА 1500 для линии ответвления крепится к кронштейну CS 1500 из комплекта промежуточного крепления, который, в свою очередь, поддерживает одну из трех линий на промежуточной опоре. Есть вероятность распускания ленточных хомутов и обрыва кронштейна.



2 г.Королев Московской области,
ул.Коминтерна, май 2003г.

Кронштейн CS 1500 промежуточного узла крепления закреплен к опоре одним ленточным хомутом, состоящим из одного витка. Линия в данном месте изгибается, поэтому сила, действующая на кронштейн, направлена под углом от вертикали примерно на 60 градусов. Как следствие, растянулся хомут и, есть вероятность срыва кронштейна.



3 г.Королев Московской области, ул.Баумана, май 2003г.

Все три кронштейна CS 1500 промежуточных узлов крепления закреплены на опоре одним ленточным хомутом. Как следствие, кронштейны перекошены и, существует вероятность постепенного провисания кронштейна и последующего его обрыва .



4 г.Королев Московской области, ул.Марины Цветаевой, май 2006г.

Анкерный абонентский зажим РА 25X100 для линии ответвления крепится к кронштейну CS 1500 из комплекта промежуточного крепления, который, в свою очередь, поддерживает линию на промежуточной опоре. Одиночный хомут растянулся, кронштейн сильно провис. Жгут провода "Торсада" скоро опустится на уличный фонарь. Есть вероятность обрыва кронштейна и падения провода на фонарь, что, со временем, может привести к перетиранию изоляции СИП и, как следствие - к короткому замыканию.



5 **01.04.07г.** г.Юбилейный Московской области, ул.Горького.

Два кронштейна CS 1500 комплектов промежуточного крепления, удерживающих две линии, держатся на одиночных хомутах, причем на верхнем кронштейне еще закреплен анкерный абонентский зажим РА25Х100. Видно как провисли кронштейны, а верхний хомут - заметно растянулся. Думаем, этим кронштейнам до крайнего положения провисания, как это в предыдущем случае (4), осталось ждать не долго.



6 **01.06.07г.**г.Санкт-Петербург, Васильевский остров, май 2007 года.

Снимок пришел от посетителя сайта, который просил не называть его имени.

Видно, насколько неудачно выполнен монтаж и как рассчитаны механические нагрузки на несущий провод СИП. Результат - разорвалась изолирующая оболочка на несущем проводе и собралась в гармошку с тыльной стороны анкерного зажима SO250 и оголился несущий провод. В итоге изолированность системы нарушилась.



7 **03.06.07г.** г.Королев, Валентиновское шоссе рядом с ул.Пограничников.

Неудачно закреплен верхний промежуточный (поддерживающий) кронштейн CS 1500 - одним ленточным хомутом из нержавеющей стали (и, похоже, что он - одновитковый). Как результат - основание кронштейна отошло от опоры, промежуточный узел начал провисать и опускаться.



Так может продолжаться до тех пор, пока не разорвется лента и не провиснет участок ВЛИ.

Видно, как у левого анкерного зажима РА 1500 перекрутилась петля из стального тросика, что при длительных ветровых нагрузках может привести к ее перетиранию и обрыву.

Возможно перекручивание петли произошло из-за того, что при монтаже СИП не использовался вертлюг, который предотвращает перекручивание жгута СИП во время его протяжки.



Еще интересный момент: концы несущего провода с тыльных концов анкерных зажимов заведены в кольца анкерных кронштейнов СА 1500. Решение спорное: при ветровых нагрузках есть опасность перетирания изоляции на нейтральных проводах в местах соприкосновения их с кронштейнами. Это может привести к нарушению изолированности системы.

Спорные решения

1 г. Воронеж, ул. Декабристов, декабрь 2003г.

Двумя стальными хомутами закреплены два разных кронштейна: СА 1500 и CS 1500. Видимо это допустимо, силовая нагрузка на хомуты здесь не очень большая.

Также допустимо крепить 4 абонентских анкерных зажима РА 25X100 к одному анкерному



кронштейну.

Но закрепление четырех абонентских анкерных зажимов РА 25X100 к промежуточному кронштейну, который удерживает линию на промежуточной опоре - это уже спорно. Есть вероятность провисания хомутов и обрыва кронштейнов. Эта вероятность может быть снижена, если оба хомута выполнены качественно и каждый - из двух витков.

2 г.Королев, ул.Марины Цветаевой, апрель 2005г.- верхний снимок, ноябрь 2006г.- нижний.

В середине пролета в непосредственной близости от дерева обнаружены 6 прокалывающих зажимов, предназначенных для соединения магистральных проводов, но смонтированных на прямом участке ВЛИ. Можно разглядеть, что в разрыв трех жил СИП вставлены три отрезка такого же провода. Эти отрезки соединены с концами магистральных проводов с помощью прокалывающих зажимов фирмы "Симель". Для уменьшения механической нагрузки на зажимы жгут СИП с помощью стального прутка закреплен к ветке дерева.



Дерево растет, увлекая вверх ветку. Можно ожидать, что когда-то ветка может надломиться и тогда вся нагрузка ляжет на зажимы и они могут не выдержать. Как видим, испытание на прочность уже началось: одна из веток сверху отломилась и упала, зависнув на этом ослабленном участке ВЛИ.

Решение спорное, но оригинальное.

3 **05.07.07.** Северное ближнее
Подмосковье, 3.06.06г.

К магистрали с несущей нейтралью подключены 2 светильника и ответвление 4x25 с помощью 6 однотипных прокалывающих зажимов (ПЗ).

Замеченные недостатки:

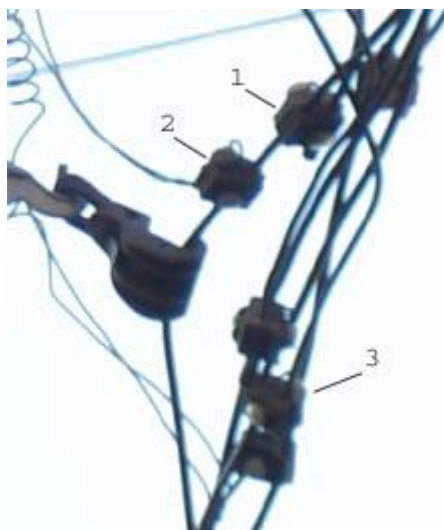
- на одном из ПЗ не сорвана срывная головка (1), что не гарантирует качественного соединения проводов,

- провода от светильников скручены и соединены попарно (нулевой с нулевым и фазный с фазным), что позволило сэкономить на 2-х ПЗ при подключении 2-х светильников двумя ПЗ (2) и (3). Налицо экономия, а гарантировано ли качество?

- вызывает вопрос правомочность использования ПЗ, предназначенных для магистрали, в качестве ответвительных ПЗ для тонких проводов светильников,

- провода СИП не зафиксированы в жгуте с помощью кабельных ремешков, что на данном участке ВЛИ особо требуется.

Отметим также мирное сосуществование на одной опоре изделий разных производителей: отечественные опора, старые светильники с ржавым оголовком, комплект ES1500.E и ПЗ от "Нилед", а также кронштейн СА1500-2000 и



анкерный зажим РА 25x100 от "Симель".

4 09.08.07г. Московская область.

Интересное решение применили в данном случае: соединение ВЛИ в пролете выполнено без применения специальных соединительных гильз. В ход пошли 2 анкерных зажима, зафиксированных на несущих нейтралях соединяемых жгутов СИП, и 4 прокалывающих изолированных зажима.



В целом задача выполнена: ВЛИ прочно соединена в пролете по несущей нейтрали, которая несет на себе всю механическую нагрузку, одноименные фазные провода и провод нейтрали электрически соединены между собой, и места соединений - герметичны.

Но нам видится, по крайней мере, два недостатка:

1 - Конечно - дороговизна такого соединения, гильзы обошлись бы на порядок дешевле (правда, для этого потребуются гидравлический пресс с матрицей),

2 - Анкерные зажимы соединяются между собой тросиковой петлей. И, если в одном зажиме петля фиксируется так, как задумано конструкторами - через ограничивающие опрессованные наконечники, то в другом зажиме, как бы петля ни вставлялась в крепежные отверстия, она будет тереться о металлический корпус зажима, что при ветровых нагрузках может привести к обрыву такого соединения.

Решения с претензией на рекорд

1 Максимальное число узлов крепления на одной опоре.

г.Королев Московской области,
ул.Пограничников, май 2006г.

На опоре, стоящей возле подстанции, насчитано 20 хомутов из стальной ленты, которые крепят к опоре: анкерных кронштейнов СА 1500 - 16 штук, анкерных зажимов РА 1500 - 16 штук, анкерных абонентских зажимов РА 25X100 - 2 штуки, светильник -1.



2 Максимальное число абонентских зажимов (4), закрепленных на промежуточном кронштейне.

Максимальное число линий (9), закрепленных на опоре с помощью двух ленточных хомутов.

г.Воронеж, ул.Декабристов, декабрь 2003г.

Четыре абонентских анкерных зажима РА 25X100 крепятся к одному промежуточному кронштейну CS 1500.

Двумя стальными хомутами закреплены 9 линий: 8 абонентских и одна магистральная.



Решения - казусы

1 г.Щелково Московской области, август 2004г.

На одной из улиц со стороны г.Ивантеевка на опоре был обнаружен монтажный ролик в качестве промежуточного зажима. Никаких признаков того, что на линии ведется какой-то монтаж. К линии подключены уличные светильники. От нее выполнены ответвления к домам.



2 г.Челябинск, ноябрь 2006г.

На одной из улиц города "Челябинский горсвет" при подключении уличного светильника на концевой опоре нашел оригинальное решение: абонентский анкерный зажим SO 158, удерживающий конец линии из провода СИП-2А 4Х16, соединен с анкерным кронштейном СА 1500/2000 с помощью "слабого звена", выполненного из сложной скрутки стальным проводом диаметром 8 мм. Еще одно "слабое звено" данного решения: питающие светильник провода, подключенные к СИП через прокалывающие зажимы. Они также несут на себе механическую нагрузку (это видно из снимка).



3 Украина, ноябрь 2006г.

Решение из разряда СИП-ЛЯП. На первый взгляд, это решение очень неожиданное. Но, если присмотреться, оно даже логичное: на концевой опоре каждый из четырех проводов жгута СИП закреплен на своем стеклянном изоляторе. И зачем тогда нужна какая-то там арматура для СИП, когда есть проверенные стеклянные изоляторы?



4 Украина, ноябрь 2006г.

Решение из разряда СИП-ЛЯП.

Спросите: причем здесь СИП? Не спешите: если присмотреться, то можно разглядеть ответвление, уходящее от опоры влево. Но больший интерес представляет другое ответвление, которое видно в правой части снимка. Оно выполнено по "современной технологии" методом "наброса". Особенно поражает число скруток на проводах этого ответвления: на одном проводе их 2, на другом - 4. Это настоящий вызов современным западным технологиям с применением СИП и прокалывающих зажимов.



5 **01.04.07г.** г.Юбилейный
Московской области, ул.Горького.

Здесь видно, что неудачное монтажное решение - закрепление комплекта ES 1500 одиночным ленточным хомутом - перешло в решение - казус, когда промежуточный комплект повис на жгуте СИП, а линия провисла и поддерживается проводом заземления, подключенным к несущей нейтрали с помощью прокалывающего ответвительного зажима P2X95. Кроме некачественного закрепления ES 1500 на участке ВЛ в пролетах, прилегающих к опоре, не оптимально реализованы стрелы провеса, из-за чего узел крепления промежуточного кронштейна подвержен дополнительной нагрузке, которую он и не выдержал.



6 **07.05.07.** Украина, январь 2007г.
Техническое решение прислал Голембовский Вадим из славного города Киева.

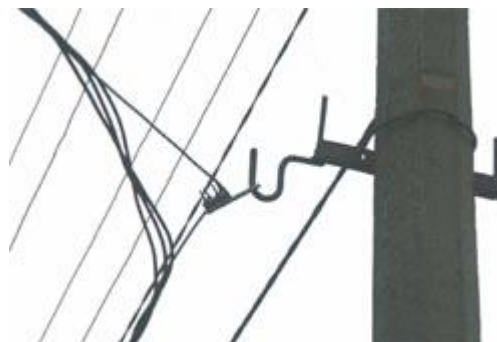
Решение особых комментариев не требует. Добавим только, что объект, с которым оперирует монтажник, называется "BECK'S" (надпись на крышке).



P.S. Данное решение можно было бы поместить и в раздел "Удачные решения", но мы боимся, что не все нас правильно поймут.

7 08.05.07. Киев, 2002 год, ВЛИ на Краснозвездном проспекте с СИП-1 - до реконструкции.

Автор снимка Голембовский Вадим увиденный зажим назвал универсальным анкерно-подвесно-угловым зажимом на все случаи жизни. Хотя на оригинальном снимке можно рассмотреть разновидность анкерного зажима, состоящего из петли круглого сечения, двух пластин, между которыми закрепляется провод и четырех длинных болтов с гайками. Тип зажима нам пока распознать не удалось. Может кто-то поможет? В последствии линия демонтирована.



8 01.06.07. г.Санкт-Петербург, Васильевский остров, май 2007 года.

Снимок прислал посетитель сайта, который просил не называть его имени. Вот его комментарий к снимку: «Лихие петербуржцы решили установить мачтовый рубильник без мачты. Что получилось - видно на рисунке. Так что поднять паруса! Свистать всех наверх!»



Как видим, монтажникам удалось закрепить мачтовый рубильник (видимо это SZ156) на стальном тросе, где крепятся также три анкерных зажима SO250, у двоих из которых несущий провод оголился, и уличный светильник.

Приложение

Внедрение СИП в Великобритании

В данной статье, представляющей собой сокращенный и переработанный перевод материалов, опубликованных на сайте <http://www.aebc.gov.uk/>, изучается опыт внедрения СИП в Великобритании на основе доклада Департамента Технического Надзора по Торговле и Промышленности Великобритании от 9 марта 2004г. под названием:

"Исследование и анализ возможностей повышения безопасности в сетях 11 кВ/низкое напряжение путем замены на ВЛ голых проводов на изолированные провода".

1. Введение.

По данным докладов Британских Электроэнергетических компаний за последние 13 лет (по 31 марта 2003 года включительно) из 238 смертельных случаев на воздушных линиях (ВЛ) огромное большинство (приблизительно 90 %) связано с контактированием пострадавших с проводами воздушной линии с высоким напряжением.

Более детальный анализ несчастных случаев показывает, что 88 (37 %) из этих 238 смертельных случаев были связаны с транспортными средствами, машинами, подмостями, мачтами, антеннами, флагштоками, фонарными столбами и лестницами, которые входили в контакт с электрическими воздушными линиями (Табл.1). Кроме того, 69 (78 %) из этих 88 смертельных случаев были следствием контакта с воздушными линиями 11 кВ.

Таблица 1.

№	Случаи, связанные с:	Смертельные случаи за 13 лет	Случаи без жертв за 1 последний год
1	Движение транспорта под ВЛ	34*	4
2	Фермерские работы	17*	2
3	Использование под ВЛ подмостей	37*	15
4	Дорожные происшествия	49	15
5	Работа авиации	37	1
6	Земляные работы	7	112
7	Выполнение обслуживания	8	114
8	Несанкционированный доступ	12	-
9	Несанкционированный подъем	33	-
10	Рыболовная снасть	4	2
11	Случайный контакт человека с ВЛ	-	18
12	Падение ВЛ	-	6
13	Вандализм	-	5
	Всего	238	294

Поэтому актуально найти такие меры, которые можно реализовать, преследуя цель - предотвратить несчастные случаи на ВЛ.

Одним из путей решения проблемы является выборочная замена голопроводных ВЛ 11 кВ на изолированные или полностью-изолированные провода.

Число смертельных случаев за 13 лет и случаев без жертв за последний год в Великобритании показаны в Таблице 2. (По сравнению с Таблицей 1. здесь данные не полные, что можно объяснить разными источниками информации.)

Таблица 2.

№	Случаи, связанные с:	Смертельные случаи за 13 лет по напряжениям				Случаи без жертв за 1 год по напряжениям			
		НВ	6,6-22	33 и выше	общее	НВ	6,6-22	33 и выше	общее
1	Движение транспорта под ВЛ	-	29	3	32	-	4	-	4
2	Фермерские работы	-	14	3	17	-	1	1	2
3	Использование под ВЛ подмостей	-	31	4	35	9	3	1	13
4	Дорожные происшествия	25	15	4	44	11	2	-	13
5	Работа авиации	1	11	8	20	-	1	-	1
6	Земляные работы	7	-	-	7	80	24	1	105
7	Выполнение обслуживания	7	-	-	7	108	2	-	110
8	Несанкционированный доступ	-	6	6	12	-	-	-	-
9	Несанкционированный подъем	-	4	29	33	-	-	-	-
10	Рыболовная снасть	-	3	1	4	-	1	-	1
11	Случайный контакт человека с ВЛ	-	-	-	-	12	2	1	15
12	Падение ВЛ	-	-	-	-	6	-	-	6
13	Вандализм	-	-	-	-	3	-	1	4
	Всего	40	113	58	211	229	40	5	274

Примечание: 1. Введено сокращение НВ - низковольтное напряжение,

2. Значения напряжений указаны в кВ.

Видно, что 27 (79 %) повреждений были связаны с низковольтными воздушными линиями, поэтому кажется разумным производить также выборочную замену голопроводных воздушных линий на изолированные провода.

В Великобритании накоплен опыт внедрения и эксплуатации ВЛ с изолированными проводами, и есть уже положительные результаты, которые будут обсуждаться ниже.

На воздушных линиях 11 кВ с ССС (compact covered conductor - компактный изолированный проводник) общей протяженностью 9322 км, установленных Сетевыми Операторами Англии за 13 лет, не зарегистрировано ни одного несчастного случая и поражения людей электрическим током, также как и в Скандинавии, где линии 11 кВ с ССС общей протяженностью 13500 км эксплуатируются дольше - с 1976 года.

Общая протяженность ВЛ британских Сетевых Операторов показана в Таблице 3.

Таблица 3.

Компания	Протяженность ВЛ (км)			
	11 кВ, голые	11 кВ, изолиро- ванные	НВ, голые	НВ, СИП
EdF Energy Networks				
1. London Electricity (LPN)	0	0	0	0
2. Eastern Electricity (EPN)	17767	1510	7312	2145
3. SEEBOARD (SPN)	5512	269	4185	444
Scottish & Southern Energy				
4. Southern Electric	9245	4042	5999	3126
5. Scottish Hydro Electric	21587	18	4430	70
Western Power Distribution				
6. South Western Electricity	16817	1	7267	476
7. South Wales Electricity	12237	0	1983	1222
8. East Midlands Electricity Distribution	12745	15	3808	1417
9. Aquila Networks	17522	1648	5375	925
10. Yorkshire Electricity Distribution	9850	0	2438	35
11. Northern Electric	5150	200	2616	257

Distribution				
12. United Utilities	7848	119	1968	363
SP Transmission & Distribution		менее		
13. Scottish Power	16900	чем	4544	немного
14. MANWEB	13053	1500	4780	530
Всего	166233	9322	56705	11010

2. Замена голых проводов на ВЛ 11 кВ на изолированные провода.

2.1. Надежность поставки электроэнергии.

Некоторые Операторы начали применять на ВЛ 11 кВ изолированные провода сечением от 50 до 150 мм, покрытые полиэтиленом типа XLPE (сшитый полиэтилен) именно для повышения надежности электроснабжения. Эти провода созданы норвежской фирмой "Belaght Linesystem" (известной как VLX) и используются они в Скандинавии с 1976 года для снижения числа пожаров, вызванных падением деревьев на голые провода ВЛ.

2.2. О некоторых особенностях внедрения и эксплуатации ВЛ с изолированными проводами (ВЛИ) сообщили некоторые британские Операторы.

Так компания Southern Electric с 1995г. по 2000г. заменила около 30% голых проводов на своих ВЛ на провода VLX, главным образом, для повышения надежности и прочности сети (ее территория выделяется самой лесистой местностью в Англии, где ветер, срывая деревья, часто бросал их на ВЛ, нередко вызывая их повреждение).

В компании British Power International сообщают, что их ВВ (высоковольтные) ВЛ хорошо выдержали шторма 2002 года, и у них не считают, что VLX линия во всех обстоятельствах будет лучше голой ВЛ.

В компании Aquila Networks отмечают, что удаленные устройства - автоматические выключатели на 11 кВ плохо работают с VLX линиями.

Компания EdF Energy Networks испытала проблемы на ВЛ с VLX, связанные с тем, что на конечном участке есть неизолированные части ВЛ, т.к. это обусловлено применением устройств защиты от грозовых разрядов. Такие части требуется заполнять специальной смазкой, чтобы защитить их от влаги и коррозии.

2.3. О молнии. Главное неудобство ВЛ 11 кВ типа ССС в том, что требуется дополнительное оборудование для защиты от ударов молнии. Оболочка XLPE не пускает дугу от разряда вдоль линии (как это происходит у голой ВЛ) и та останавливается в точке с минимальным электрическим сопротивлением, где она прошивает оболочку и провод. Для предотвращения этого на опорах устанавливаются устройства защиты от дуги и ставятся ограничители на опорах с трансформаторами. Это дополнительно увеличивает стоимость установки таких линий.

2.4. Вызывает беспокойство в использовании линий 11 кВ ССС то, что отдельный изолированный провод, упавший на землю, не может быть обнаружен защитой от падения на землю, что потребует большего времени для обнаружения места падения сервисной службой.

Однако изолирующее покрытие провода защищает от схлестывания проводников и устраняет главную причину повреждения проводов и, соответственно, падения их на землю.

В компании Southern Electric отмечают, что на поверхности проводов линии 11 кВ ССС есть напряжение 200 В. Это обстоятельство необходимо учитывать прежде всего при работах специалистов на таких линиях. Например, ношение ими специальной обуви может заметно уменьшить ток, протекающий между их руками и ногами во время работы.

Наибольшую тревогу вызывает то обстоятельство, что возможен смертельный контакт с концом упавшего запитанного провода. При падении изолированного провода на землю пострадавший может оказаться живым, если проводник отступит (спрячется) внутри покрытия XLPE.

Southern Electric сообщает, что указанное обстоятельство - это редкий случай и, обычно защита от замыкания на землю срабатывает и отключает линию.

2.5. Бывали случаи, когда провода, упавшие на землю, не отключались (и голые и изолированные). Такое бывает, когда оборванный провод падает на ограждение или на забор, при этом подающий конец оборванного провода остается в воздухе (например, он м.б. оторван вблизи опоры), а другой конец его лежит на земле и подпитан от распределительных цепей трансформатора.

Бывает, что после серьезных штормов и ураганов провода долго лежат на земле, пока их не обнаружит служба патрулирования, объезжающая ВЛ для приведения в рабочее состояние устройств дуговой защиты.

В компании Western Power Distribution считают, что падение ВЛИ 11 кВ на землю вызовет большие затраты при восстановлении ВЛ как по труду, так и по стоимости, поскольку потребуются замена поврежденного провода, а также использование дополнительного оборудования для натягивания линии.

2.6. Активная продолжительность жизни.

Операторы сообщают, что они управляют существующими рисками, комбинируя инспекцию, восстановление и замену проводов. Для ВЛ, где осуществляется замена, используется подход при проектировании и строительстве, предполагающий 60-летнюю продолжительность жизни ВЛ. Для поддержания целостности ВЛ в течение этого периода они подвергаются реставрации каждые 15 лет.

Линии обычно патрулируются каждые 2 года, чтобы идентифицировать любые изменения в состоянии ВЛ и использовании заземления, которое особо требует коррекции перед 15-летним восстановлением.

2.7. Стоимость сохранения жизней.

Операторы привели отношения числа смертельных случаев (ЧСС) к протяженности линий для ВЛ 11 кВ с голыми проводами и с изолированными проводами (Табл.4.). На основе этих данных вычислено отношение ЧСС в масштабах страны (Великобритания) для голых ВЛ:

Таблица 4.

№	Компания	Соотношение смертельных случаев (смертей на 100 км за 100 лет)			
		11 кВ голые	11 кВ изолир.	НВ голые	НВ изолир.
1	London Electricity (LPN)	---	---	---	---
2	Eastern Electricity (EPN)	0,28 ⁽¹⁾	---	0	0
3	SEEBOARD (SPN)	0,4 ⁽¹⁾	---	0	0
4	Southern Electric	0,892	0	0,172	0
5	Scottish Hydro Electric	0,501	0	0	0
6	South Western Electricity ⁽²⁾	0,23	---	0	0
7	South Wales Electricity ⁽²⁾	0,44	---	0	0
8	East Midlands Electricity Distribution	0,362	0	0	0,543

9	Aquila Networks ⁽²⁾	0,176	0	0,143	0
10	Yorkshire Electricity Distribution	0,625 (1)	---	0	---
11	Northern Electric Distribution	0,448 (1)	---	0,588	---
12	United Utilities ⁽²⁾	0,49	0	0	0
13	Scottish Power	0,318	---	0	---
14	MANWEB	0,412	---	0	0
	ВСЕГО	0,4	0	0,06	0,07

Примечание: ⁽¹⁾ - данные для всех типов ВЛ 11 кВ,

⁽²⁾ - данные за 13 лет по 31.03.03г.

На основе этих данных вычислено отношение ЧСС в масштабах страны (Великобритания) для голых ВЛ:

№	Отношение ЧСС (F) (смерти/100км/100лет)	Протяженность линии (L) (100км)	F x L (смерти/100лет)
2	0,28	177,67	49,75
3	0,4	55,12	22,05
4	0,892	92,45	82,46
5	0,501	215,87	108,15
6	0,23	168,17	38,68
7	0,44	122,37	53,84
8	0,362	127,45	46,13
9	0,176	175,22	30,84
10	0,625	98,5	61,56
11	0,448	51,5	23,07
12	0,49	78,48	38,46
13	0,318	169,00	53,74
14	0,412	130,53	53,78
	Общее	1662,33	662,51

Национальный показатель смертельных случаев на голых ВЛ 11 кВ протяженностью 166233 км составляет 6,625 случаев в год или 0,4 случая на 100 км за 100 лет.

Мероприятия, направленные на исключение случаев касания людей с голыми проводами, не устраняют риск столкновения транспортных средств с опорами и самолетов с проводами ВЛ. Статистика (Табл.2) показывает, что этот тип аварий составляет около 25% смертельных случаев для ВЛ с высоким напряжением (6,6-22 кВ). Поэтому национальный показатель гибели людей, соприкасавшихся с голыми проводами ВЛ 11 кВ, примерно 5 случаев в год или 0,3 случая на 100км за 100 лет.

У Операторов есть оценка стоимости затрат на предотвращение смертельных случаев путем замены голых проводов на ВЛ 11 кВ на ВЛИ, где смертельных случаев в последствии вообще не было. Эта оценка составляет примерно 1, 08913 млн фунтов стерлингов (ф.ст.).

Замена 1 км голого провода на 1 км изолированного провода на ВЛ 11 кВ дает стоимость сохранения жизней в размере 32,67 ф.ст. в год.

А в пересчете на 60 лет (срок продолжительности эксплуатации ВЛ) эта стоимость составит 904 ф.ст.

2.8. Стоимость предотвращения несмертельных аварий.

Сетевые Операторы приводят данные по числу несмертельных аварий на ВЛ 11 кВ с голыми и изолированными проводами, которые показаны в табл.5:

Таблица 5.

№	Компания	Соотношение несмертельных случаев (смертей на 100 км за 100 лет)			
		11 кВ голые	11 кВ изолир.	НВ голые	НВ изолир.
1	London Electricity (LPN)	---	---	---	---
2	Eastern Electricity (EPN)	0,12 ⁽¹⁾	0	0	---
3	SEEBOARD (SPN)	0,13 ⁽¹⁾	0	0,5 ⁽²⁾	---
4	Southern Electric	2,12	0	1,03 ⁽²⁾	0
5	Scottish Hydro Electric	0,376	0	0	0
6	South Western Electricity ⁽³⁾	0,77	---	0,69	0
7	South Wales Electricity ⁽³⁾	1,4	---	4,5	0
8	East Midlands Electricity Distribution	0 ⁽⁵⁾	0	0	0
9	Aquila Networks ⁽⁶⁾	0	0	0	32,6
10	Yorkshire Electricity Distribution	0	---	0	0

11	Northern Electric Distribution	0	0	3,823 ⁽⁶⁾	0
12	United Utilities ⁽⁴⁾	1,3	0	2,5	0
13	Scottish Power	1,18	---	0	---
14	MANWEB	0,766	---	14,6	0
	ВСЕГО	0,5	0	1,88	2,74

Примечание: ⁽¹⁾ - данные для всех типов ВЛ 11 кВ,

⁽²⁾ - данные для всех типов ВЛ НВ ,

⁽³⁾ - данные за 10 лет по 31.03.03г.

⁽⁴⁾ - данные за 4 года,

⁽⁵⁾ - данные с 2001г.,

⁽⁶⁾ - данные за 1 год.

Национальное число таких случаев для голых проводов на ВЛ 11 кВ:

- для общей протяженности таких линий в 166233 км - 831,49 случаев за 100 лет, т.е. за 1 год - 8,3149 случаев и 0,5 случаев на 100 км за 100 лет.

Однако, действия по снижению риска контакта людей с голыми проводами не могут исключить такие причины как наезд автотранспорта на опоры ВЛ и столкновение с ВЛ самолетов.

По национальной статистике (Табл.2) этот тип аварий составляет 21% случаев. Отсюда национальный показатель несмертельных случаев с контактом людей с голыми проводами составляет 6,6 в год или 0,395 случаев в 100 лет для 100 км ВЛ.

Есть данные, согласно которым замена 1 км голого провода на изолированный на ВЛ 11 кВ, дающая нулевое число несмертельных случаев (Табл.5), обходится в сумму 0,12238 млн ф.ст.

А для периода в 1 год такая замена 1 км обходится в 4,83 ф.ст. (учитывается 60-летний срок службы такой ВЛ) и годовая экономия от этого - 134 ф.ст.

Общая экономия при замене 1 км голого провода на изолированный провод для ВЛ 11 кВ составляет - 1038 ф.ст.

Увеличенные затраты при замене 1 км голого провода ВЛ 11 кВ на изолированный лежат в пределах от 3200 ф.ст. до 16400 ф.ст. (Табл.6). Это равнозначно отношениям экономии к стоимости затрат как 3 и 6 (=3200/1038 и 16400/1038).

Таблица 6.

№	Компания	Стоимость замены (тыс фунт.стерл. на км)			
		11 кВ голые	11 кВ изолир.	НВ голые	НВ изолир.
1	London Electricity (LPN)	---	---	---	---
2	Eastern Electricity (EPN) ⁽¹⁾	45,5	54	---	68
3	SEEBOARD (SPN) ⁽¹⁾	45,5	54	---	68
4	Southern Electric ⁽²⁾	29,1	45,5	22,1	30
5	Scottish Hydro Electric ⁽²⁾	29,1	45,5	22,1	30
6	South Western Electricity ⁽³⁾	12,5	18,5	---	---
7	South Wales Electricity ⁽³⁾	12,5	18,5	---	---
8	East Midlands Electricity Distribution	1,9 на 60 лет	---	1,6 на 60 лет	1,34 на 60 лет
9	Aquila Networks ⁽⁵⁾	29,92	35,522	---	32,718
10	Yorkshire Electricity Distribution	---	---	---	---
11	Northern Electric Distribution	---	---	---	---
12	United Utilities ⁽⁴⁾	32	35,2	---	37
13	Scottish Power	---	---	---	---
14	MANWEB	---	---	---	---

Примечание: ⁽¹⁾ - Затраты в течение срока службы ВЛ,

⁽²⁾ - Затраты на новое строительство, не учитывают обслуживание и инспекции,

⁽³⁾ - Затраты на новое строительство, без учета линий потребителей,

⁽⁴⁾ - Не учитывают затраты на обслуживание,

⁽⁵⁾ - Затраты по ВЛ 11 кВ учитывают замену 40% деревянных опор.

Меньшее значение соответствует реставрации существующей ВЛ с заменой на ВЛИ, а большее - новой строящейся ВЛИ.

Конкретный вид реконструкции (замена голого на новый голый, замена голого на изолированный провод или строительство новой ВЛИ) выбирает Оператор. Он исходит из требований на снижение риска соприкосновения

людей с голыми проводами и на обеспечение непрерывности электроснабжения.

2.9. По мнению многих Операторов использование ВЛИ 11 кВ необходимо прежде всего в местах с высоким риском для общественной безопасности.

Таковыми местами названы места:

- с расстоянием в несколько метров от фермерских дворов, складов фабрик, где работает автотранспорт (типа свалок),
- где доступна ВЛ, т.е. где предусмотрено использование лестниц и подъемных кранов,
- участки, кроме шоссе, где работают сельхозмашины,
- здания вблизи ВЛ,
- где есть высокий риск несанкционированного восхождения на опору и вмешательства,
- где регулярно разрушаются предупреждающие надписи,
- ведомственные или частные участки,
- водные маршруты,
- школы,
- сады,
- рыбацкие участки.

Опрос показывает, что Операторы использовали изолированные провода на ВЛ в результате вычисленного риска чаще, чем в ответ на инцидент.

Большинство случаев связано с вторжением растительности. И они использовались, главным образом, для повышения качества электроснабжения.

2.10. Сравнение с подземными кабелями.

Альтернативой замены на участках ВЛ с высоким риском с голого провода на изолированный является подземный кабель. Однако, как сообщает Aquila Networks, у них получено большее количество повреждений, вызванных контактом с подземным кабелем, чем это было на ВЛ. Национальная статистика несчастных случаев действительно показывает, что это имело место (Табл.1 и 2.), но повреждения подземного кабеля чаще заканчиваются ущербом, а не смертью.

3. Замена голопроводной ВЛ 11 кВ на полностью изолированный кабель.

Ответом на проблемы, указанные выше для ВЛИ 11 кВ, могут быть кабели с тремя, полностью изолированными сшитым полиэтиленом и экранированными жилами, специально разработанные для применения на ВЛ, которые также хороши для традиционного подземного и подводного применения.

Испытания с этим кабелем, проведенные на некоторых участках в Шотландии, показали его большую устойчивость к ураганному ветру силой

12 баллов и к низкой температуре, до -30°C . При этом не наблюдалось существенного налипания снега и обледенения. Поэтому такой кабель хорош именно для таких суровых условий.

Этот тип кабеля также, вероятно, обеспечит хорошую защиту для населения, поскольку он полностью изолирован, и вряд ли опасен при падении на землю. Падение его на землю вряд ли будет обнаружено защитой.

4. Оценка числа несчастных случаев, которых можно было бы избежать, если бы все ВЛ 11 кВ за последние 10 лет были бы с изолированными проводами.

Если бы вторичные ВЛ 6,6-22 кВ были бы изолированными за последние 13 лет, то максимум 75 несчастий (смертельных случаев), из общего числа 113, можно было бы избежать.

Исключения составляют случаи с дорожными происшествиями, с авиапроисшествиями и с несанкционированным доступом. Некоторые из несчастий, связанных с несанкционированным восхождением, также можно исключить, поскольку самоубийство - не обусловлено электрическими свойствами линии и больше относится к пригодности для этого опоры ВЛ.

Если бы все ВЛ 11 кВ были бы изолированными за прошедшие 10 лет, то примерно от 55 до 60 несчастий можно было бы избежать.

С учетом данных Операторов средний национальный показатель несчастий может составить 5.

Следует указать, что использование ВЛИ не дало бы 100% защиту от смерти от электрического тока, поскольку они имеют оголение питающего металлического провода на каждой 2-й опоре для эксплуатационных и системных целей и еще, упавшие на землю провода могут оказаться необесточенными (т.е. с напряжением).

Могут быть также инциденты, сопровождающиеся механическим контактом, при котором возможно прокалывание любого защитного покрытия, что может повлечь смертельное поражение током.

Оценка показывает, что если бы во всей стране все ВЛ 11 кВ были бы изолированными, то каждый год можно было бы избежать до 4 смертельных случаев.

Если взять показатель смертности людей в результате контакта с голыми проводами ВЛ 11 кВ как 0,3 на 100 км и за 100 лет и применить этот показатель к национальной общей протяженности 9322 км ВЛИ 11 кВ, то можно предположить, что благодаря этим линиям в год сохраняются 0,28 жизни.

Учитывая, что программа монтажа ВЛИ 11 кВ в Англии началась только с 1995 года, рано еще делать выводы о том, что не будет никаких несчастий на этих линиях из-за недостаточной временной статистики.

Однако, учреждение EA Technology утверждает, что не было ни одного известного несчастного случая, связанного с 13500 км ВЛИ, установленных за более длительный период времени в Скандинавии (некоторые с 1976 года).

5. Причины выбора или невыбора сетевыми Операторами технологии ВЛИ 11 кВ.

EdF Energy Networks: Если уделять адекватное внимание учету и управлению развитием деревьев, затем отреставрировать и/или модернизировать ВВ ВЛ с голыми проводами, то получается, что это очень рентабельное средство достижения, а затем и поддержания высокого уровня надежности ВЛ.

Scottish & Southern Energy: Реализован крупный проект между 1995 и 2000 годами по реконструкции примерно 30% ВВ и НВ ВЛ с использованием изолированных проводов, главным образом для повышения надежности и прочности сетей. Здесь использовались ВЛИ для снижения риска и ущерба в местах повышенного риска, где регулярно разрушались предупреждающие надписи.

Western Power Distribution: Получена хорошая работа голопроводной системы, в которой провода заменялись по программе реконструкции в течение последних 20 лет. Она регулярно проверялась серьезными штормовыми условиями, самое свежее это было в октябре 2002г.

Основная проблема: слежение за падением деревьев и восстановление ВЛ с высоким приоритетом.

Концепция полной реконструкции сети ВЛ 11 кВ с заменой на изолированные провода была исключена т.к. она выглядит очень не привлекательной по критерию стоимости.

East Midlands Electricity Distribution: У этой компании самый молниопасный район в Англии, поэтому здесь вызывает реальное беспокойство применение ВЛИ из-за восприимчивости их к молнии. Чтобы обеспечить большую защиту ВЛИ от перенапряжений (более частое ее использование) при больших объемах использования ВЛИ 11 кВ, необходимо нести дополнительные финансовые затраты.

В компании предпочитают защищать свои ВЛ от молнии другими методами.

Aquila Networks: Эта компания не принимает ВЛИ 11 кВ как общий стандарт, хотя и допускает их использование в разовых случаях. Было много причин для такого решения, принятого после оценки стоимости и нахождения другого решения проблемы.

По мнению некоторых Операторов, опыт эксплуатации показал, что более тяжелый изолированный провод более склонен к перемещению и к вибрации, чем голый провод, что требует при строительстве ВЛ применения устройств антивибрации. Дополнительные пункты в проекте ВЛ делают его более

сложным, что повышает норму риска отказов и увеличивает требования по обслуживанию.

6. Заключение

6.1. Факты говорят, что защищенные ВЛ 11 кВ имеют статистику более безопасной эксплуатации, чем ВЛ 11 кВ с голыми проводами. По данным от Операторов 69 (30%) из 238 смертельных случаев на ВЛ 11 кВ за 13 лет до 31.03.03г. произошли в результате касания проводов транспортными средствами, подмостнями, мачтами, антеннами, флагштоками, фонарными столбами и лестницами.

Исследование показало, что, если бы ВЛ 11 кВ были бы полностью изолированными, то по всей Великобритании за год можно было бы предотвратить примерно 4 смертельных случая и 6 повреждений.

В денежном измерении стоимость предотвращения несчастного случая составляет 1,08913 млн ф. ст., а серьезного ущерба - 0,12238 ф.ст.

С учетом 60-летнего срока службы ВЛ такая замена дает чистую выгоду в сохранении 4 жизней и 6 повреждений в год в размере 141 млн ф.ст.

Размер дополнительных расходов при замене голых проводов на изолированные на ВЛ 11 кВ находится в пределах между 3200 и 16400 ф.ст. за 1 км ВЛ. Причем очевидно, что эта замена была бы не оправдана исключительно стремлением улучшить безопасность.

6.2. Вариант использования ВЛИ наиболее предпочтителен для участков, где высок риск соприкосновения с голыми проводами 11 кВ транспортных средств и других предметов, указанных выше.

Главная причина применения ВЛИ в Англии да и за границей - повышение надежности поставок электроэнергии, обусловленной отсутствием контакта деревьев с проводами и схлестывания проводов.

6.3. Есть дополнительные проблемы в изолированных ВЛ 11 кВ. Они связаны с молнией, с защитой и с обнаружением упавших на ВЛ деревьев, а также с людьми, поднимающимися с земли упавшие и находящиеся под напряжением провода, с неудобством использования автоматических выключателей, с коррозией на концах проводов и с вибрацией.

Поскольку ВЛИ имеют существенные достоинства, то Операторам необходимо направить усилия на решение проблем, связанных с указанными выше недостатками.

6.4. Ряд Операторов, благодаря чувствительной земляной защите, научились получать срабатывание защиты при падении провода ВЛИ на землю, что решает одну из проблем ВЛИ.

Перевод и редакция статьи подготовлены ЗАО НИЦ "Старинфо".

Приложение

Расчет параметров подвеса СИП "Торсада"

На данной странице приводится расчет стрелы провеса и усилия натяжения СИП, который рекомендует компания NEXANS для своего провода "Торсада".

На наш взгляд, данный расчет справедлив и для проводов СИП-2А, производимых российскими кабельными заводами, но имеющих совпадающую с "Торсадой" конструкцию и совпадающие или очень близкие весовые характеристики. Для СИП-2А других конструкций, не указанных в данном расчете, а также для исходных данных, отличающихся от указанных в расчете (температура окружающей среды, длина пролета), данную методику расчета можно применить, находя расчетные параметры, используя интерполяцию имеющихся расчетных данных.

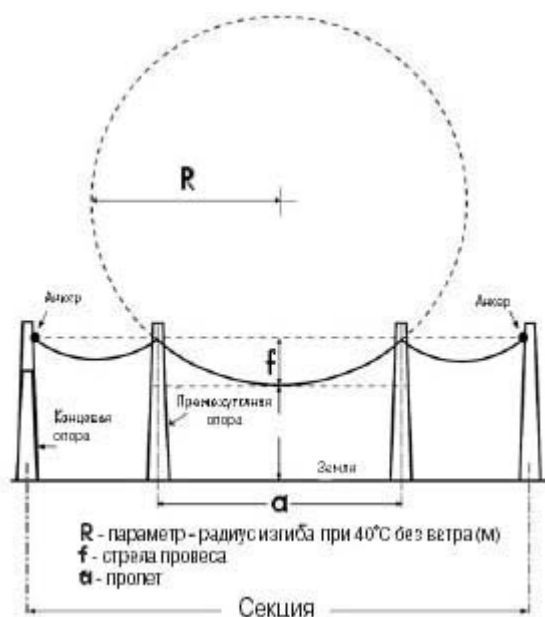
Расчет параметров подвеса СИП "Торсада"

Целью расчета являются:

- определение усилия натяжения провода за несущую жилу при заданной температуре среды при монтаже,
- определение стрелы провеса провода и определение расстояния до земли.

Критерии монтажа:

- Выбор длины пролета



- Расчет эквивалентной длины пролета a_e (м)

$$a_e = \sqrt{\frac{(a_1^3 + a_2^3 + K + a_n^3)}{(a_1 + a_2 + K + a_n)}}$$

- Выбор параметра R в зависимости от сечения провода и длины пролета a_e осуществляется по Таблице 1.

Таблица 1.

Конструкция провода, мм ²	Параметр R при 40°C без ветра, м						Рекомендуемая максимальная длина пролета, м
	Длина пролета (нормальная ветровая нагрузка)			Длина пролета (высокая ветровая нагрузка)			
	30м	45м	60м	30м	60м		
3x35+54,6	300	350	400	300	350	60	
3x50+54,6	250	300	350	250	300		
3x70+54,6	200	250	300	200	250		
3x70+70	250	300	350	250	300		
3x150+70	200	250	250	200	250		

Параметр R рассчитывается в зависимости от ветровых нагрузок в различное время года (зима/лето). В следующей Таблице 2. показана зависимость ветровых нагрузок от средней температуры сезона во Франции.

Таблица 2.

		Сила ветра (Па)	
		Нормальная ветровая нагрузка	Высокая ветровая нагрузка
Лето	+15°C	360	480
Зима	-10°C	135	
Мороз	-5°C	360	

Линейный вес самонесущих изолированных проводов стандартных сечений.

Таблица 3.

Вид СИП	ρ (даН/м)
3x35+54,6	0,610
3x35+54,6+2 EP (1)	0,739
3x50+54,6	0,732
3x50+54,6+2 EP	0,860
3x70+54,6	0,936
3x70+54,6+2 EP	1,06
3x70+70	0,967
3x70+70+2 EP	1,09
3x150+70	1,66
3x150+70+2 EP	1,79

Примечание: (1) EP - провода освещения.

- Величина натяжения **T** в зависимости от температуры монтажа показана в Таблице 7. как функция параметра **R** (определение **R** см. выше) и эквивалентного пролета **ae**.

- Расчет величины стрелы провеса выполняется по следующей формуле:

$$f = \frac{a^2 \times \rho}{8T}$$

a - длина пролета

ρ - линейный вес (даН/м)

T - механическое натяжение (даН)

Параметры монтажа для проводов абонентов

В следующей Таблице 4. приведены величины пролета для стрелы провеса = 0,5 м при температуре +15°C.

Таблица 4.

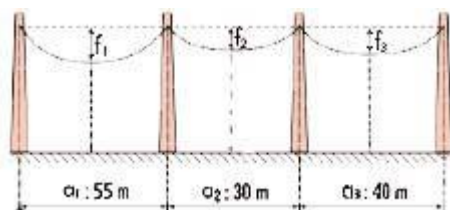
СИП абонентский	2x16	2x25	4x16	4x25
Максимально допустимый с учетом ветра (2)	30	40	39	40
Мороз: 1 даН/м (мороза) при температуре -10°C без ветра	30	40	39	40
Мороз: 2 даН/м (мороза) при температуре -10°C без ветра	25	30	35	40

Примечание: (2) - Ветровая нагрузка либо 480 Па при +15°C, либо 180 Па при -20°C.

Пример расчета механического натяжения при монтаже СИП "Торсада"

Условия монтажа

- Величины пролетов СИП 3x70+70 мм² приведены ниже



- Температура монтажа: +10°C

Расчет

- Эквивалентный пролет

$$a_e = \sqrt{\frac{(55^3 + 30^3 + 40^3)}{(50 + 30 + 40)}} = 45\text{м}$$

- Выбор параметра R (Таблица 1.)

(В данном случае - нормальная ветровая зона со средней величиной пролета $R=300$ м)

- Линейный вес СИП (Таблица 3.) $p=0,967$ даН/м
- Механическое натяжение T (из Таблица 7.):

Таблица 5.

Температура, °С	0	+10	+20
Натяжение T (даН) для $a_e=45$ м	566	535	505

- Расчет максимальной стрелы провеса (рассчитывается по самому большому пролету):

$$f = \frac{55^2 \times 0,967}{8 \times 432} = 0,68 \text{ м}$$

- Расчет стрел провеса в зависимости от температуры:

Таблица 6.

	Стрелы провеса, м		
	0°С	+10°С	+20°С
$f = \frac{55^2 \times p}{8T}$	0,64	0,68	0,72
$f = \frac{30^2 \times p}{8T}$	0,19	0,20	0,22
$f = \frac{40^2 \times p}{8T}$	0,34	0,36	0,38

- Регулирование усилия натяжения осуществляется:

- С помощью динамометра: необходимая величина приведена в Таблице 7;
- С помощью визуальной трехточечной коррекции.

Таблица 7. позволяет определить усилие натяжения T (даН) в зависимости от температуры окружающей среды во время прокладки и от параметра R .

Таблица 7.

Пара-метр R, м	Тип про-вода	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	Про-лет, м
Для несущего провода сечением 54,6 мм ²												
300	ф35	435	402	369	336	309	281	257	234	215	197	30
	ф35+	482	449	416	385	356	323	302	279	256	239	
	ф35	402	371	342	314	289	266	246	228	212	196	35
	ф35+	451	420	391	363	337	314	292	272	255	239	
350	ф35	445	414	384	356	330	306	284	264	246	230	40
	ф35+	501	470	440	412	380	360	337	316	296	279	
	ф35	418	390	363	339	316	295	276	259	244	231	45
	ф35+	475	447	420	395	371	349	329	311	294	279	
400	ф35	464	435	407	381	357	335	314	296	279	263	50
	ф35+	528	499	471	444	419	396	374	354	335	318	
	ф35	442	415	390	367	346	326	308	292	277	254	55
	ф35+	507	480	454	431	408	387	368	350	334	319	
	ф35	421	397	375	355	336	319	303	289	276	264	60
	ф35+	487	463	440	418	398	380	363	347	332	319	
250	ф50	394	364	335	309	285	263	243	226	210	196	30
	ф50+	433	405	376	350	325	302	281	263	246	231	
	ф50	355	330	306	285	266	249	233	220	207	197	35
	ф50+	398	377	348	326	306	268	271	237	243	231	
300	ф50	416	389	363	339	318	296	280	264	249	236	40
	ф50+	465	438	412	388	365	344	325	308	292	277	
	ф50	387	363	342	322	304	268	273	259	247	236	45
	ф50+	437	414	391	371	352	334	318	309	290	277	
350	ф50	447	421	397	375	355	336	319	303	289	275	50
	ф50+	505	473	454	431	409	390	371	354	338	324	

	φ50	424	402	381	362	344	328	313	299	287	276	55
	φ50+	482	459	438	418	399	387	365	350	337	324	
	φ50	404	385	367	350	335	321	308	297	234	276	60
	φ50+	462	442	424	406	390	375	361	347	336	324	
200	φ70	345	322	301	282	265	250	236	224	213	203	30
	φ70+	379	351	335	315	297	291	266	253	241	230	
	φ70	308	291	276	262	250	236	228	219	211	203	35
	φ70+	349	325	309	295	282	269	258	248	239	230	
250	φ70	392	371	352	334	317	302	286	275	264	253	40
	φ70+	435	413	393	374	356	340	325	312	299	286	
	φ70	366	349	333	319	305	293	282	272	262	254	45
	φ70+	408	390	374	359	344	331	319	308	298	288	
300	φ70	445	424	405	387	370	355	341	326	315	304	50
	φ70+	494	473	453	434	417	400	385	371	358	346	
	φ70	424	406	390	375	361	348	336	325	314	304	55
	φ70+	474	455	438	422	407	393	380	368	356	346	
	φ70	406	392	378	365	353	342	332	322	313	305	60
	φ70+	456	440	426	412	399	387	376	365	355	346	
Для несущего провода сечением 70 мм ²												
250	φ77	521	483	446	412	381	352	326	304	283	265	30
	φ77+	562	523	487	452	421	391	365	340	319	300	
	φ77	472	439	409	382	357	334	314	296	280	266	35
	φ77+	515	482	451	483	397	374	352	333	316	300	
300	φ77	535	555	604	520	568	486	454	502	425	473	40
	φ77+	400	446	376	421	454	398	334	377	316	358	
	φ77	515	566	485	535	456	505	435	508	406	453	45
	φ77+	358	435	373	411	351	388	334	390	312	348	
350	φ77	595	562	532	503	476	452	429	608	389	372	50

	ф77+	652	619	588	558	531	505	481	459	439	420	
	ф77	566	538	511	496	463	441	422	404	367	372	55
	ф77+	624	595	567	541	517	495	474	455	437	420	
	ф77	541	516	492	471	433	416	416	400	386	372	60
	ф77+	599	573	549	526	486	468	468	451	435	420	
200	ф15	454	436	420	405	378	366	366	355	345	335	40
	ф15+	487	469	452	437	408	396	396	394	379	363	
	ф15	419	415	403	391	371	361	361	352	344	336	45
	ф15+	462	448	435	423	400	390	390	391	372	364	
250	ф15	555	536	517	500	470	456	456	443	430	419	50
	ф15+	596	576	557	539	507	492	492	479	466	454	
	ф15	533	517	502	488	462	451	451	440	429	419	55
	ф15+	573	557	541	527	500	487	487	475	464	454	
	ф15	515	502	490	478	467	457	447	737	423	420	60
	ф15+	555	542	529	516	505	494	483	473	464	454	

Примечание: В таблице указаны следующие условные обозначения типов конструкций провода "Торсада":

- ф35 - провод 3x35+54,6 ,
- ф35+ - провод 3x35+54,6 + 2EP,
- ф50 - провод 3x50+54,6 ,
- ф50+ - провод 3x50+54,6 + 2EP,
- ф70 - провод 3x70+54,6 ,
- ф70+ - провод 3x70+54,6 + 2EP,
- ф77 - провод 3x70+70 ,
- ф77+ - провод 3x70+70 + 2EP,
- ф15 - провод 3x150+70 ,
- ф15+ - провод 3x150+70 + 2EP.

ЗАО НИЦ "СТАРИНФО"

С нами можно общаться по всем вопросам, затронутым в электронной книге и на нашем сайте <http://www.starinfo-nic.ru>:

- об условиях поставки (по предоплате, по факту поставки или без предоплаты),
- о сроках поставки и способе доставки продукции до потребителя,
- об уточнении технических характеристик изделий,
- об особенностях монтажа ВЛИ в целом и отдельных изделий, в частности,
- о подборе наиболее близких аналогов для указанных изделий,
- об опыте применения СИП при строительстве и реконструкции ВЛ,
- о новостях, которые, по Вашему мнению, заслуживают внимания посетителей нашего сайта,
- присылать критические, и не очень, замечания по работе нашего сайта.

Надеемся, что с нашей помощью Вы будете уверенней чувствовать себя в завтрашнем дне.

В городе Королеве Московской области находится

ЗАО НИЦ "СТАРИНФО", наши контакты:

Тел/факс: (495) 516-09-89,

электронная почта: starinfo@ci.net.ru

сайт в Интернете: <http://www.starinfo-nic.ru>

В городе Воронеже находится наш представитель

ЗАО "ВОРОНЕЖПРОЕКТ", контакты:

Тел/факс: (4732) 63-15-69, 47-51-52.

электронная почта: vproject@vmail.ru

сайт в Интернете: <http://www.starinfo-nic.ru>

<http://electrolibrary.info>

<http://www.starinfo-nic.ru>

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ:

Электротехническая литература в электронном виде:

<http://electrolibrary.info/books/>

Книги для электриков по почте:

<http://electrolibrary.info/bestbooks/>

Электронный журнал «Я электрик!»:

<http://electrolibrary.info/electrik.htm>

Электронная книга «Интернет для электрика»:

<http://electrolibrary.info/main/webelectrik.htm>

Школа для электрика. Статьи, советы, полезная информация:

<http://www.electricalschool.info>

Светотехнический блог:

<http://electrolibrary.info/blog/>

Каталог электрических схем:

<http://povny.info>

Почтовая рассылка «Электротехническая энциклопедия»:

<http://electrolibrary.info/subscribe/>

История электротехники:

<http://electrolibrary.info/history/>

«Монтаж воздушной линии с СИП» Иллюстрированное практическое руководство
Другие электронные книги электротехнической тематики – <http://electrolibrary.info>