



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Липкович И.Э., Егорова И.В., Блынский Е.А.

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, Россия (347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. Советская ул., 21.), e-mail: lipkovich012@yandex.ru

В статье рассмотрен монтаж линий электропередач, являющийся распространенным процессом в электроэнергетике, так как количество объектов, потребляющих электроэнергию, постоянно увеличивается. В то же время рассматриваемый процесс является достаточно трудоемким и сопровождается большим количеством вредных и опасных производственных факторов.

Ключевые слова: безопасность, контроль, монтаж, воздушные линии электропередач.

ORGANIZATIONAL BASES OF WORK SAFETY DURING INSTALLATION OF OVERHEAD POWER LINES

Lipkovich I.E., Egorova I.V., Blynsky E.A.

Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University in Zernograd, Russia (347740, Zernograd, Rostov region, ul. Sovetskaya St., 21.), e-mail: lipkovich012@yandex.ru

The article considers the installation of power lines, which is a common process in the electric power industry, since the number of objects consuming electricity is constantly increasing. At the same time, the process under consideration is quite laborious and is accompanied by a large number of harmful and dangerous production factors.

Keywords: safety, control, installation, overhead power lines.

Линия электропередачи (ЛЭП) – один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока. Также электрическая линия в составе такой системы, выходящая за пределы электростанции или подстанции.

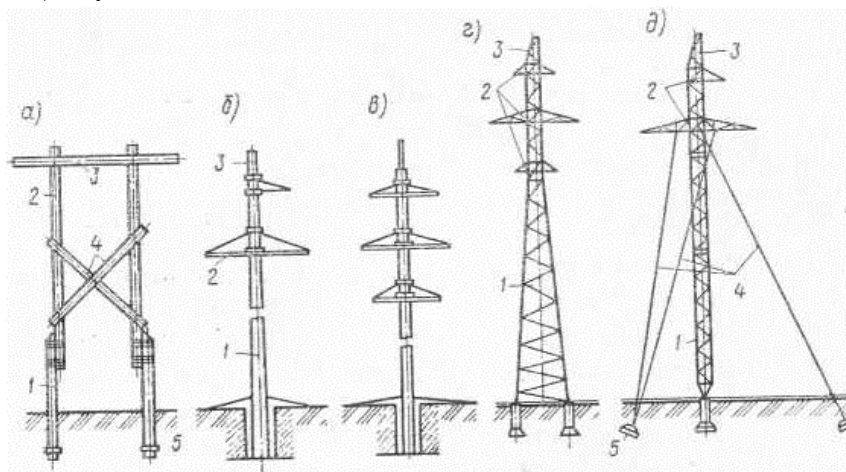
Воздушной линией электропередачи (ВЛ) называют устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

Конструкция ВЛ, её проектирование и строительство регулируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Строительными нормами и правилами (СНИП) (ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 26522-85, ГОСТ Р 53311–2009, СП 76.13330.2016).

За начало и конец ВЛ принимают линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а для ответвлений – ответвительную опору и линейный портал распределительного устройства. По рабочему напряжению их делят на ВЛ до 1 кВ и ВЛ свыше 1 кВ. Воздушные линии свыше 1 кВ в России строят на напряжения 3, 6, 10, 35, 110 кВ и более.

Для различной местности к ВЛ предъявляются различные требования с точки зрения надежности крепления проводов и защитных тросов, расстояний от земли и окружающих предметов и т. п. В соответствии с ПУЭ местность разделяют на населенную, ненаселенную, труднодоступную и застроенную. Полосу местности, по которой проходит ВЛ, называют *трассой линии* [1].

Провода и защитные тросы через изоляторы или гирлянды изоляторов подвешивают на опорах: промежуточных, угловых, анкерных, концевых, транспозиционных, усиленных (противоветровых и опор больших переходов). Их выполняют свободностоящими или с оттяжками – деревянными, железобетонными или металлическими, одноцепными, двухцепными и т. п. (Рисунок 1).



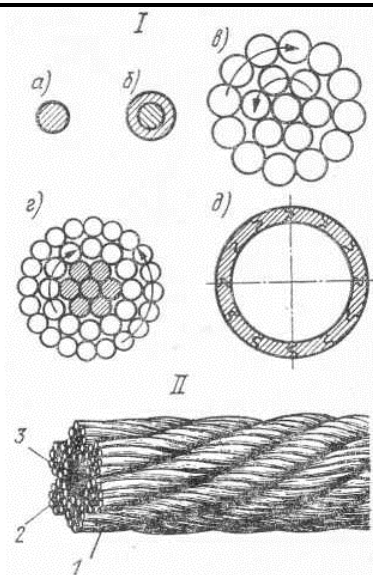
а – П-образная деревянная опора ВЛ напряжением 35–110 кВ: 1 – пасынок; 2 – стойка; 3 – траверса 4 – раскосы; 5 – ригель; б – железобетонная опора ВЛ напряжением 35–220 кВ; 1 – стойка 2 – траверса; 3 – тросостойка; в – железобетонная двухцепная опора ВЛ напряжением 35–110 кВ; г, д – двухцепная и одноцепная металлические опоры: 1 – ствол; 2 – траверса; 3 – тросостойка; 4 – оттяжка; 5 – анкерная плита

Рисунок 1 – Типы промежуточных опор

Для линий электропередачи применяют неизолированные однопроволочные, многопроволочные (из одного металла или комбинированные из двух металлов), а также пустотелые, или голые, провода и тросы.

Однопроволочные медные провода изготавливают сечением от 4 до 10 мм², стальные – сечением от 10 до 28 мм – (диаметром 3,5–6 мм), а биметаллические – из стальной проволоки, покрытой слоем меди или алюминия, сечением от 10 до 25 мм² (Рисунок 2 а, б).

Многопроволочные провода из одного металла (Рисунок 2 в) изготавливают скруткой отдельных проволок в определенном порядке [1, 2].



I – неизолированных проводов: а – однопроволочного; б – однопроволочного биметаллического; в – многопроволочного; г – многопроволочного комбинированного; д – полового;

II – трос: 1 – прядь; 2 – проволока; 3 – пеньковый сердечник

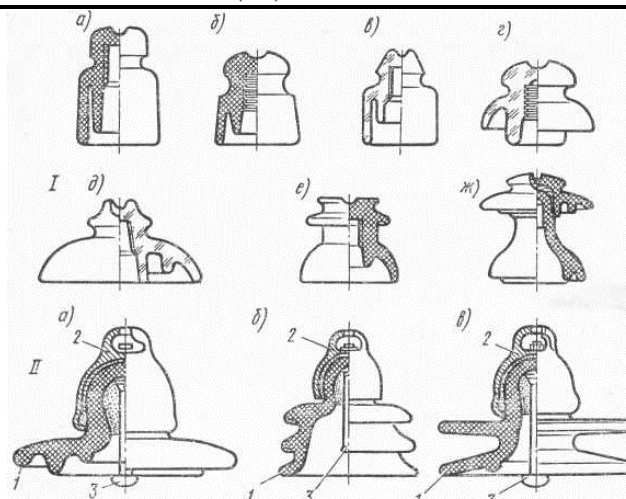
Рисунок 2– Конструкция неизолированных проводов и тросов

Как правило, провод имеет одну центральную проволоку и последующие повивы (ряды) проволок. В первый, повив укладывается обычно шесть проволок, а в каждый последующий – на шесть проволок больше. Таким образом, провод с одним повивом имеет 7 проволок, с двумя – 19 и т. д.

Трос (Рисунок 2, II) состоит из проволочных прядей, свитых вокруг пенькового сердечника. Проволоки внутри прядей также перевиты между собой. В маркировке троса указывается количество прядей и число проволок в каждой из них.

Для ВЛ напряжением до 110 кВ применяют провода: медные, марки М – однопроволочные и многопроволочные, алюминиевые марок А и АКП – многопроволочные соответственно с междупроволочным пространством, защищенным или незащищенным нейтральной смазкой; ПС – стальные многопроволочные; АС – сталеалюминиевые со стальным сердечником; АСК – сталеалюминиевые, с сердечником, покрытым пленкой; АСКС – сталеалюминиевые, защищенные нейтральной смазкой; АСКП – сталеалюминиевые с сердечником, защищенным пленкой и междупроволочным пространством, защищенным нейтральной смазкой.

Для изоляции проводов и тросов от земли и крепления их к опорам служат изоляторы, изготавливаемые из фарфора и стекла, В зависимости от способа крепления на опоре изоляторы разделяют на штыревые, которые крепят на крюках или штырях, и подвесные, которые собирают в гирлянды и крепят к опоре с помощью специальной арматуры (Рисунок 3) [3].



1 – штыревые: а – ТФ; б – ШФН; в – НС; г – ШС-10А; д – ШС-10В; е – ШФ-ЮГ; ж – ШФ-35Б; II – подвесные: а – нормальный (ПФ6-А); б, в – для загрязненных районов (ПР-3,5 и ПФГ6-А); 1 – изолирующая деталь; 2 – шапка; 3 – стержень

Рисунок 3 – Изоляторы для ВЛ

Штыревые изоляторы применяют на ВЛ напряжением до 35 кВ. На ВЛ напряжением 0,4 кВ применяют штыревые изоляторы ТФ, ШФН, РФО и НС, а на ВЛ 6–10 кВ – изоляторы ШС-10А, ШС-10В, ШФ-10Г. Штыревые изоляторы для ВЛ 20 и 35 кВ имеют сложную конструкцию и состоят из двух частей, соединяемых цементной связкой.

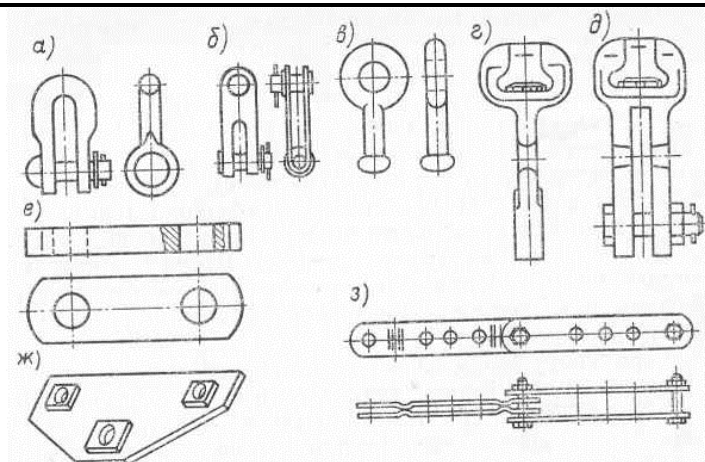
Подвесные изоляторы применяют на ВЛ напряжением 35 кВ и выше, а также на ВЛ напряжением 6 – 10 кВ, если требуются изоляторы повышенной механической прочности.

На ВЛ напряжением свыше 35 кВ подвесные изоляторы с помощью сцепной арматуры (рисунок 4) комплектуют в гирлянды (рисунок 5) [4].

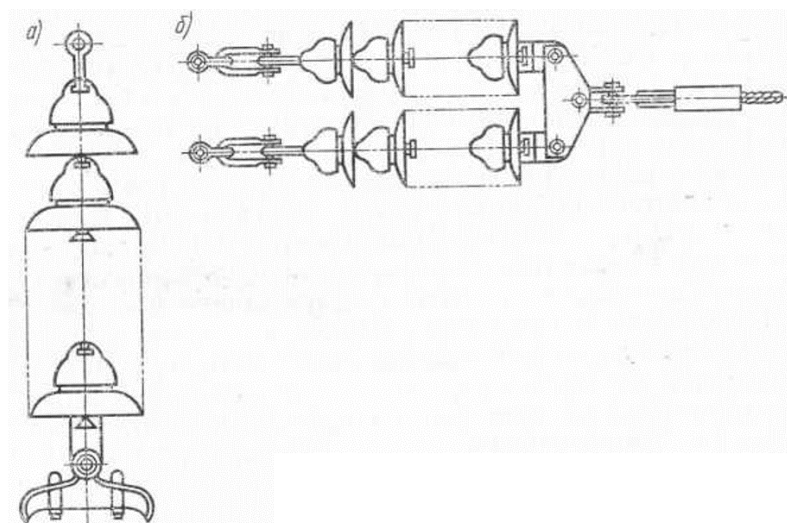
Комплекс работ по сооружению ВЛ включает в себя подготовительные, строительные, монтажные и пусконаладочные работы и сдачу линии в эксплуатацию.

Такая технология строительства ВЛ обеспечивает высокую производительность труда, удешевляет стоимость и сокращает сроки сооружения линии. Нарушение технологии ведет к излишним затратам и задерживает производство работ.

Каждый вид работ (технологическую операцию) по сооружению ВЛ выполняют последовательно на определенных участках трассы ВЛ, называемых участками *фронта работ*. Фронт работ должен быть не менее длины анкерного пролета, чтобы такие важные работы, как подъем и натягивание проводов, могли быть полностью закончены.



а – скоба; б – двойная скоба; в – серьга; г – однолапчатое ушко; д – двух лапчатое ушко; е – промежуточное звено; ж – коромысло, з – регулируемое промежуточное звено
 Рисунок 4 – Сцепная арматура



*а – одиночная подвесная;
 б – сдвоенная натяжная*

Рисунок 5 – Гирлянда изоляторов в сборе

По мере сооружения линии электропередачи фронт работ перемещается вместе с работающей на ней специализированной бригадой или звеном рабочих. Многолетняя практика строительства линий электропередачи выявила наиболее целесообразную организацию ведения работ, получившую название *поточного метода*. При организации строительства ВЛ поточным методом каждый вид работ поручают специализированному прорабскому пункту или специализированной бригаде рабочих. Трассу линии разбивают на несколько участков фронта работ. Сначала на первом участке приступает к работе один прорабский пункт (обычно по подготовке трассы). По окончании его работы на первом участке работу начинает второй прорабский пункт (например, по транспортировке

материалов), а прорабский пункт по подготовке трассы переходит на следующий участок фронта работ. Затем включается в работу прорабский пункт по сооружению фундаментов и т. д. По мере выполнения работ прорабские пункты последовательно перемещаются по трассе ВЛ с одного участка на другой.

Таким образом, непрерывная последовательная работа сменяющих друг друга прорабских участков образует поточное выполнение строительно-монтажных работ. Обычно организуют два потока, направленных навстречу друг другу или от середины линии к концам. При небольшом объеме работ поток, может быть, организован в составе одного прорабского пункта со специализацией бригад рабочих или отдельных звеньев.

При малом объеме или незначительном фронте работ сооружение линии электропередачи или ее отдельного участка выполняют *комплексным методом*. Комплексный метод заключается в выполнении всех технологических операций одной комплексной бригадой. Этим методом выполняют сопутствующие и специальные работы, увязанные по срокам с графиком работ основного потока [1, 4].

Подготовительные и строительно-монтажные работы. В подготовительный период строительства ВЛ обеспечивают бесперебойное и рационально организованное выполнение работ по устройству фундаментов, установке опор и натяжке проводов. К подготовительным относят следующие работы: устройство подъездов к трассе ВЛ и временных полигонов для изготовления и сборки деревянных опор, рубку просеки и очистку трассы от пней и кустарника, размещение заказов на изготовление деталей, комплектацию материалов, оборудования, механизмов, инструмента, приспособлений, комплектацию бригад, составление графиков производства работ.

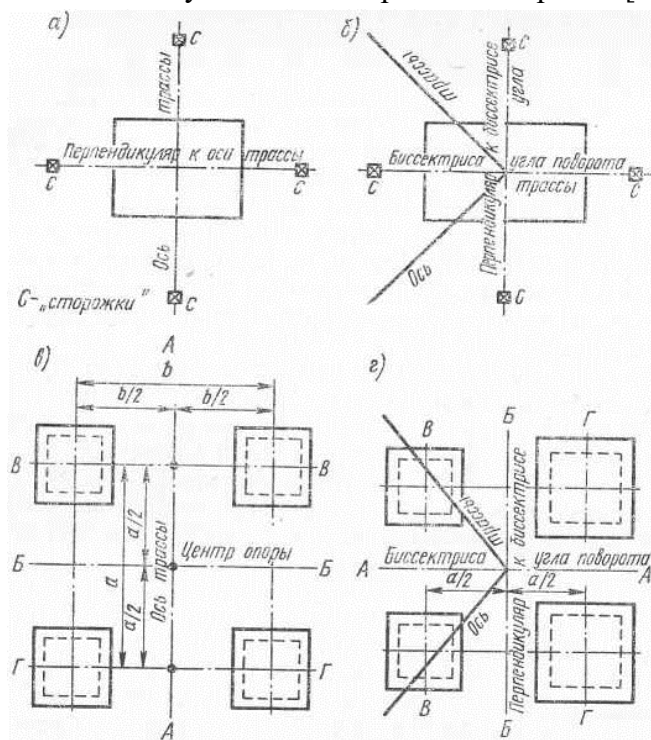
Работы непосредственно на трассе начинают с приемки от проектной организации и заказчика производственного пикетажа трассы ВЛ, т. е. с разметки расположения всех опор на местности. Затем прорубают просеку. Ширину просеки между кронами деревьев в лесных массивах и зеленых насаждениях принимают в зависимости от высоты деревьев, напряжения ВЛ, рельефа местности.

Все деревья, находящиеся внутри границ просеки, вырубает так, чтобы высота пня была не более их диаметра. Для проезда транспорта и механизмов по середине просеки на ширине не менее 2,5 м деревья вырубает вровень с землей. Зимой при рубке леса снег вокруг каждого дерева расчищают до уровня земли. Древесину, получаемую при рубке деревьев, сортируют, разделяют и укладывают в штабеля вдоль просеки; сучья складывают в кучи для вывоза.

Основные строительно-монтажные работы при сооружении ВЛ включают в себя изготовление деревянных опор, развозку опор или деталей опор по трассе, разбивку мест рытья котлованов под опоры, рытье котлованов, сборку и установку опор, развозку проводов и других материалов по трассе, монтаж проводов и защитного заземления, установку трубчатых разрядников и плакатов, фазировку, нумерацию опор и др.

Разбивку одиночных котлованов под одностоечные деревянные и железобетонные опоры начинают с определения оси трассы ВЛ с помощью геодезических инструментов (теодолиты, буссоли и др.). Затем размечают линии, перпендикулярные оси трассы в точках установки опор. На обеих этих линиях (рисунок 6, а) на расстоянии 5–6 м от центра пикетного

столба опоры забивают контрольные колышки «сторожки», по которым разбивают котлован, а в дальнейшем выверяют точность установки опоры по оси трассы [5].



а – одиночный котлован; б – под А-образную угловую опору; в – под фундаменты четырехстоечной опоры; г – то же, "угловой опоры

Рисунок 6 – Схема разбивки котлованов под установку опор

При разбивке двух котлованов под анкерные А-образные опоры от центра пикетного столба опоры в обе стороны вдоль оси трассы размечают оси котлованов, а затем и контуры котлованов. Для разбивки двух котлованов под угловую А-образную опору в точке поворота трассы с помощью геодезического инструмента восстанавливают биссектрису угла этого поворота и линию, ей перпендикулярную (Рисунок 6, б), и вдоль линии биссектрисы по обе стороны от указанного перпендикуляра размечают оси котлованов, а затем и сами котлованы. Аналогично делают разметку под опоры с оттяжками и подкосами, а также под узкобазные и широкобазные металлические опоры (Рисунок 6 в, г).

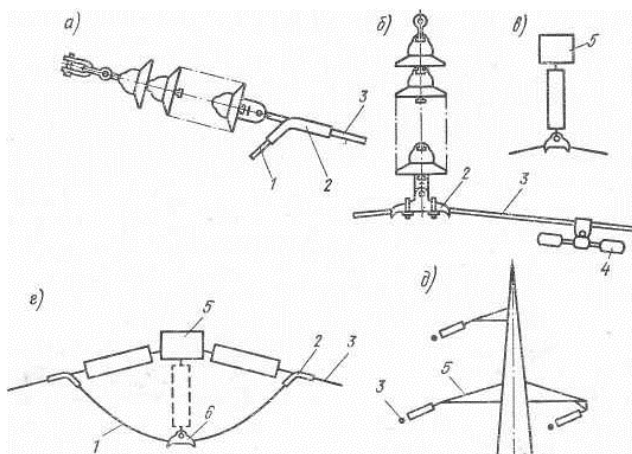
При рытье котлованов бурильными машинами вместо разметки котлованов производят только разбивку их центров. Котлованы роют землеройными механизмами или одноковшовыми экскаваторами, а в скальных породах грунт вынимают с помощью взрыва. Вручную грунт вынимают только в исключительных случаях, где по условиям местности на пикет не может подойти землеройный механизм. В мерзлых грунтах котлованы бурят с помощью бурильных головок особой конструкции, на режущие кромки которых наварены пластины из твердых сплавов. Глубина котлованов для установки опор в зависимости от грунта и механических нагрузок на опоры определяется проектом. Железобетонные и металлические опоры изготавливают на заводах и в собранном виде или частями развозят по трассе к местам установки, где их собирают.

Заготовленные и собранные на полигоне или в мастерских монтажного заготовительного участка одностоечные опоры с навернутыми крючьями или штырями и закрепленными на них

изоляторами развозят по трассе.

Арматуру и изоляторы перед вывозкой на трассу тщательно проверяют, комплектуют для каждой опоры, в мастерских собирают в гирлянды и доставляют в контейнерах на трассу. Количество изоляторов в гирлянде монтируют в зависимости от напряжения линии и типа изоляторов. Так, для ВЛ напряжением 110 кВ необходимо семь изоляторов, для ВЛ 35 кВ – три изолятора.

Схема подвески гирлянды на опорах представлена на Рисунок 7. Если механическая прочность одиночной гирлянды оказывается недостаточной, применяют двойные гирлянды [1, 3].

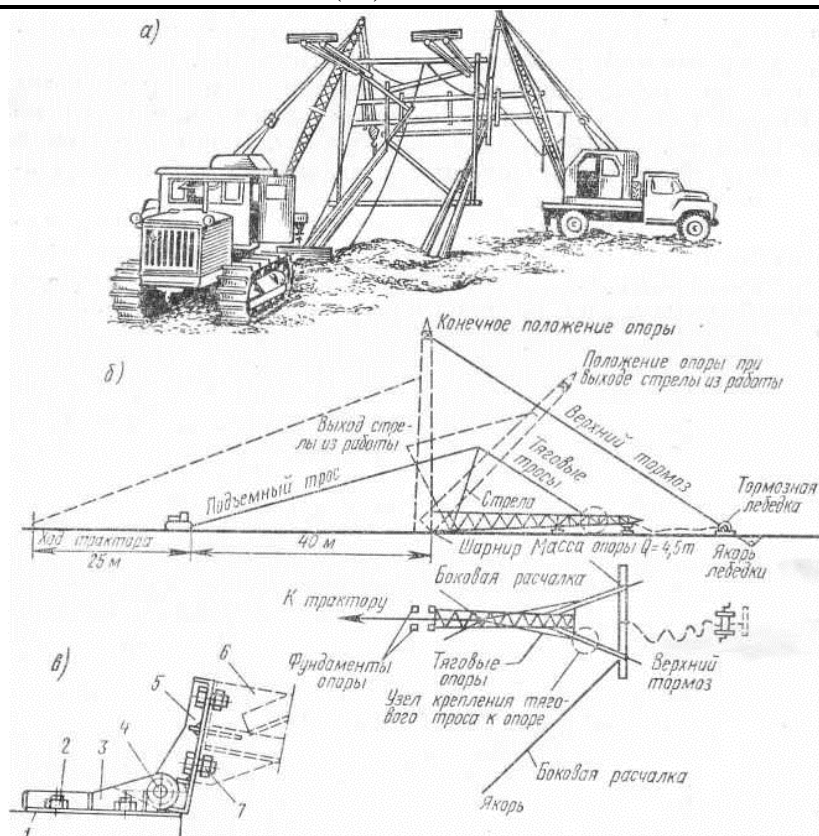


*а – натяжная гирлянда; б – поддерживающая гирлянда; гирлянды на опорах:
в – промежуточная; г – анкерно-угловая;
д – промежуточно-угловая; 1 – петля провода; 2 – натяжной зажим; 3 – провод;
4 – гаситель вибрации; 5 – траверса опоры; 6 – поддерживающий зажим*

Рисунок 7 – Крепление к опорам гирлянд

Для подъема и установки опоры кран устанавливают у котлована на расстоянии 3–4 м от оси трассы, а опору в собранном виде укладывают над котлованом или фундаментом с таким расчетом, чтобы центр тяжести ее находился над центром котлована. Затем опору поднимают до вертикального положения и опускают «пасынками» или стойками в котлован или на фундамент. Опору устанавливают так, чтобы оси траверс опоры были расположены перпендикулярно оси трассы; при этом проверяют, чтобы ось опоры была строго вертикальна и совпадала с осью трассы; затем засыпают котлован грунтом или закрепляют опору на фундаменте. Только после этого снимают стропы, кран освобождают и переводят для установки следующей опоры. В жестких узлах опоры захватывают такелажными тросами, причем у стоек железобетонных опор захват производят в двух местах.

Тяжелые и сложные опоры ВЛ напряжением 110 кВ устанавливают с помощью кранов с использованием тракторов в качестве тягового механизма или с падающей стрелой (Рисунок 8). К ВЛ напряжением 110 кВ и выше в любое время года обеспечивается подъезд на возможно близкое расстояние, но не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ.



а – установка сложной деревянной опоры с помощью крана и трактора; б – установка одностоечной опоры с помощью падающей стрелы и трактора; в – шарнир для установки свободно стоящей металлической опоры; 1 – подножник; 2 – анкерный болт; 3 и 5 – нижняя и верхняя пластины шарнира; 4 – ось шарнира; 6 – плита опоры; 7 – болты крепления опоры к шарниру

Рисунок 8 – Варианты способов установки опор

Соединение и ремонт проводов и тросов. Одновременно с раскаткой производят соединение проводов и тросов, а также ремонт обнаруженных на них повреждений. Соединение и ремонт проводов являются наиболее ответственными операциями в комплексе монтажных работ, так как от качества их выполнения зависят эксплуатационные показатели сооружаемой линии.

Для надежного электрического и механического соединения проводов алюминиевые проволоки проводов и внутреннюю поверхность алюминиевой части соединителя тщательно очищают от пленки окиси (оксида) алюминия, которая имеет большое электрическое сопротивление. Учитывая способность алюминия быстро окисляться, подготовку проводов и соединителя, а также соединение проводов необходимо выполнять быстро.

Алюминиевые и сталеалюминиевые провода соединяют с помощью термитной сварки с дополнительной установкой овальных соединителей для разгрузки сварного соединения от механических напряжений, если соединение проводов сделано в пролете. Стальные многопроволочные провода соединяют с помощью овальных соединителей путем их обжатия специальными клещами, стальные однопроволочные провода сваривают электросваркой или с помощью термитных патронов [4, 5].

При монтаже проводов на анкерных и транспозиционных опорах петли применяют как неразъемные (без разрезания провода), так и разъемные, если при эксплуатации необходимо иметь соединение разъемным. Такие соединения выполняют с помощью прессуемых зажимов типа ПАС или плашечных зажимов (на малоответственных ВЛ).

Для восстановления проводов, применяют ремонтные зажимы типа РАС, монтируемые опрессованием с помощью гидравлических прессов. В зависимости от числа поврежденных проволок применяют короткие и длинные зажимы. Если число оборванных проволок превышает допусковое нормами, участок провода заменяется новым.

Натяжка и закрепление проводов. После окончания работ по раскатке, соединению и ремонту на участке ВЛ, ограниченном анкерными или угловыми опорами, провода и трос поднимают и натягивают. Направление натяжения должно совпадать с направлением трассы. Если из-за рельефа местности это условие выполнить трудно, то натяжку производят через добавочные отводные ролики.

Натяжение проводов и тросов обычно выполняется трактором. Необходимое значение тяжения контролируется по размеру стрелы провеса провода или троса. Стрелу провеса проводов устанавливают непосредственным визированием. Для этого на соседних опорах прикрепляют визирные рейки таким образом, чтобы отметки на этих рейках, соответствующие размеру стрелы провеса, находились бы на одной горизонтальной линии. При визировании необходимо подняться на одну из опор и, пользуясь биноклем, определить момент, когда натяжку провода следует прекратить. Если натяжение провода отрегулировано правильно, то низшая точка провеса находится на прямой, соединяющей обе визирные точки. Провод при регулировке натяжения под линию визирования не снизу, а сверху. Команда о прекращении натяжки подается в тот момент, когда наблюдается перетяжка подается в тот момент, когда наблюдается перетяжка провода на 0,3–0,5 м. После того как провод находится в это, положении 3–5 мин, его опускают до линии визирования.

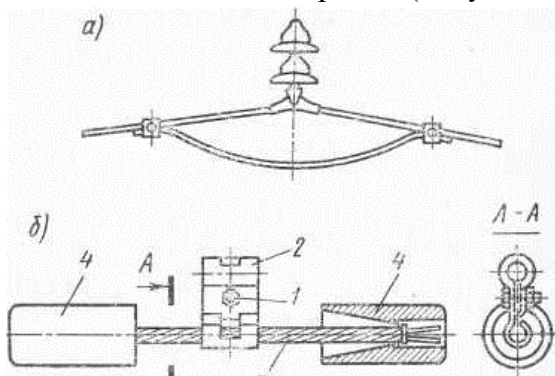
К проекту ВЛ прилагают кривые монтажных стрел провеса проводов, а также ведомость пролетов, в соответствии с которыми визируют провода. Если отсутствует ведомость визируемых пролетов или длина пролета по местным условиям существенно (более 5–7 м) отличается от запроектированной, то стрела провеса (м) составит $f_x = (l_x/l)^2 f$, где l_x – фактическая длина визируемого пролета, м; f и l – соответственно стрела провеса и длина пролета по таблицам или кривым монтажных стрел провеса, м [3].

После того как отрегулированы стрелы провеса, провода крени к изоляторам сначала на анкерных, а затем на промежуточных опорах. Величина стрелы провеса после закрепления провода на анкерных опорах не должна отличаться от проектной больше чем на $\pm 5\%$, а расстояние проводов и тросов относительно друг друга не должны отличаться более чем на 10 % от проектных расстояний между ними.

На деревянных опорах рекомендуется визировать стрелу провеса среднего провода.

На анкерных и угловых опорах провода крепят с помощью натяжных зажимов. Провода и грозозащитные тросы на промежуточных опорах, как правило, лежат в раскаточных роликах. Поэтому после натяжки на промежуточных опорах необходимо переложить их в поддерживающие зажимы [3, 5].

Ветер, дующий длительное время с небольшой скоростью без порывов, может вызвать колебание провода в виде неподвижных вертикальных волн, расположенных равномерно по длине провода. Такая вибрация вызывает повреждение проводов в местах выхода их из зажимов. Для гашения вибрации на провода у их выхода из зажимов одновременно с перекладкой проводов устанавливают гасители вибрации (Рисунок 9) [5].



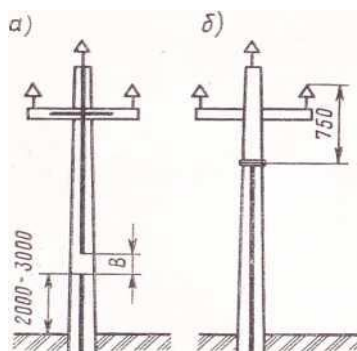
а – петлевого типа; б – типовой; 1 – болт; 2 – захват; 3 – трос; 4 – грузы

Рисунок 9 – Гаситель вибрации

Монтаж проводов в пролетах, пересекающих инженерные сооружения, выполняют в зависимости от местных условий с отключением пересекаемых линий и прекращением движения по дорогам, каналам или без отключения и прекращения движения. Если переход монтируют без отключения напряжения на пересекаемых линиях или без прекращения движения по дорогам и каналам, то сооружают защиту перехода в виде временных стоек или П-образных опор, на которые укладывают разматываемый провод, не касаясь пересекаемых ВЛ и не препятствуя движению транспорта. Монтаж проводов на переходе можно выполнять и без сооружения специальных защит – с помощью легких стальных, а лучше нейлоновых или иных непроводящих канатов или веревок.

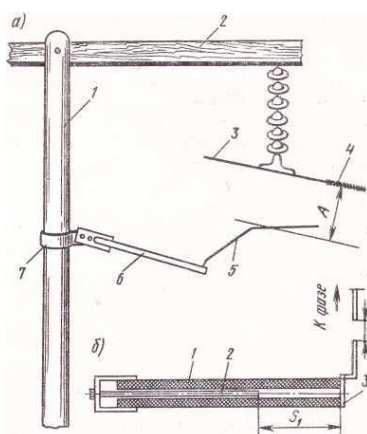
Сроки монтажа переходов очень короткие, поэтому важно, чтобы организация работ была хорошо продумана. Расстояние между проводами, а также от проводов до опор и окружающих объектов определяют по данным проекта согласно требованиям ПУЭ [1, 3, 5].

Защита воздушных линий от перенапряжений, заземление. Воздушные линии напряжением 110 кВ на металлических, железобетонных опорах, как правило, защищают от прямых попаданий ударов молний тросами по всей длине. ВЛ напряжением 110 кВ на деревянных опорах и ВЛ напряжением до 35 кВ такой защиты не требуют. Единичные металлические и железобетонные опоры и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ напряжением 35 кВ с деревянными опорами защищают трубчатыми разрядниками или при наличии АПВ защитными промежутками (рисунок 10), а на ВЛ напряжением 110–220 кВ – трубчатыми разрядниками (рисунок 11) [3, 6].



а – первый тип; б – второй тип

Рисунок 10 – Защитные промежутки



а – положение разрядника на опоре; 1 – стойка; 2 – траверса; 3 – провод; 4 – подмотка; 5 – электрод внешнего искрового промежутка; 6 – разрядник; 7 – хомут для крепления разрядника; А – внешний искровой промежуток; б – трубчатый разрядник: 1 – трубка из газогенерирующего материала; 2 – стержневой электрод; 3 – кольцевой электрод

Рисунок 11 – Установка трубчатого разрядника на промежуточной деревянной опоре ВЛ напряжением 110 кВ

Трубчатый разрядник представляет собой фибровую трубку, покрытую бакелизированной бумагой. Внутри трубки расположены стержневой и плоский электроды, разделенные промежутком. При возникновении электрической дуги фибра выделяет газы, которые гасят дугу. Трубчатые разрядники включают между проводом и заземляющим устройством и их крепят на опоре с помощью хомутов и планок за любой конец трубки на высоте не менее 3 м от земли. Разрядники типа РТФ лучше закреплять за закрытый конец. Трубчатый разрядник размещают на опоре так, чтобы его выхлопные газы не вызвали междуфазовых пробоев и зоны выхлопов различных разрядников не перекрывали друг друга. В зону выхлопа также не должны попадать элементы опоры, имеющие потенциал иной, чем открытый конец трубки разрядника в момент гашения дуги.

При отсутствии трубчатых разрядников напряжением 110–220 кВ необходимых параметров вместо них допускается устанавливать защитные промежутки. На кабельные

вставки ВЛ при длине менее 1,5 км по обоим концам кабеля, на переходах ВЛ через реки и ущелья при высоте опор более 40 м, а также при отсутствии защитного троса также устанавливают трубчатые разрядники.

Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры напряжением 3-35 кВ, опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты, а также металлические и железобетонные опоры ВЛ напряжением 110–500 кВ без тросов и других устройств грозозащиты, если это необходимо по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты и автоматики, должны быть заземлены. При этом величину сопротивления заземляющих устройств принимают в соответствии с ПУЭ.

Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников используют элементы продольной арматуры стоек, которые металлически соединены между собой и могут присоединяться к заземлителю. Оттяжки железобетонных опор используют в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре. При этом свободный конец тросов оттяжек присоединяют к рабочей части оттяжек с помощью специального зажима.

Тросы и детали крепления изоляторов к траверсе железобетонных опор металлически соединяют с заземляющим спуском или заземленной арматурой. Сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ принимают не менее 35 мм², а для однопроволочных – диаметр не менее 10 мм. Допускается применение стальных оцинкованных однопроволочных спусков диаметром не менее 6 мм.

На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как сварным, так и болтовым.

Заземлители ВЛ заглубляют на глубину не менее 0,5 м, а в пахотной земле – на 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором [3, 5, 7].

Особенности монтажа воздушных линий напряжением до 1000 В. Для воздушных линий напряжением до 1000 В применяют одно- и многопроволочные провода: применение расплетенных проводов не допускается. По условиям механической прочности применяют провода сечением, не менее: алюминиевые – 16 мм², сталеалюминиевые и биметаллические – 10 мм², стальные многопроволочные – 25 мм², стальные однопроволочные – 4 мм.

Применение однопроволочных стальных проводов диаметром более 5 мм и однопроволочных биметаллических проводов диаметром более 6,5 мм не допускается. В районах с одноэтажной застройкой ответвления от ВЛ к вводам выполняют проводами с атмосферостойкой изоляцией. Длина ответвления от ВЛ к вводу должна быть не более 25 м.

Провода соединяют с помощью соединительных зажимов или сваркой (в том числе термитной). Сварка встык однопроволочных проводов не допускается. Однопроволочные провода можно соединять путем скрутки с последующей пайкой.

Расположение фазных проводов на опорах может быть любое. Нулевой провод располагают ниже фазных проводов, а провода наружного освещения – ниже нулевого

провода. Провода крепят на опоре на штыревых изоляторах. Устанавливаемые на опорах плавкие предохранители, а также защитные, секционирующие и другие устройства размещают ниже проводов ВЛ [7].

Расстояния между проводами на опоре и в пролете при наибольшей стреле провеса до 1,2 м по условиям их сближения в пролете устанавливают, не менее: 40 см – в I, II и III районах и 60 см – в IV и особом районах гололедности. При наибольшей стреле провеса более 1,2 м указанные расстояния должны быть увеличены пропорционально отношению фактической наибольшей стрелы провеса к стреле провеса, равной 1,2 м. Расстояние между изоляторами ввода по осям принимают не менее 20 см. Расстояние по горизонтали между проводами при спусках на опоре должно составлять не менее 15 см, от провода до поверхности опоры, траверсы или других элементов не менее 5 см.

В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ, не защищенные высокими деревьями, зданиями, промышленными дымовыми и другими трубами и т. п., заземляют для защиты от грозových перенапряжений.

Вводы в помещения через стены выполняют изолированными проводами, для чего в стенах пробивают или высверливают отверстия. Через кирпичные, железобетонные и подобные стены провода вводят в помещение через одно общее отверстие, но каждый провод заключают в отдельную изоляционную трубку. Через деревянные стены каждый провод вводят в отдельное отверстие. На концах изоляционных трубок снаружи зданий устанавливают фарфоровые воронки, а внутри – изоляционные втулки. Выходные отверстия воронок уплотняют битумной массой. Если здание имеет небольшую высоту, то провода вводят в него через крышу.

Если трасса ВЛ проходит по лесистой местности, то вырубка просеки не обязательна; необходимо только, чтобы горизонтальное и вертикальное расстояния от крайнего провода до кроны деревьев и кустов были не менее 1 м.

После окончания строительно-монтажных работ ВЛ предъявляется заказчику для приемки ее в эксплуатацию. Приемка ВЛ осуществляется в соответствии с требованиями «Приемка в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и сооружений. Основные положения», «Электротехнические устройства» и ПУЭ.

Линия под напряжение включается эксплуатационным персоналом после письменного уведомления строительной организацией о том, что ее работники с линии сняты и предупреждены о предстоящем включении.

При бесперебойной нормальной работе линии электропередачи в течение суток после включения Государственная приемочная комиссия оформляет акт передачи линии в эксплуатацию [5, 8].

Монтаж линий электропередач, является распространенным процессом в электроэнергетике, так как количество объектов, потребляющих электроэнергию, постоянно увеличивается. В тоже время рассматриваемый процесс является достаточно трудоемким и сопровождается большим количеством вредных и опасных производственных факторов, что, в свою очередь, делает необходимым высокую квалификацию персонала и жесткий контроль со стороны службы охраны труда.

Список литературы

1. Стратегия повышения безопасности электроснабжения предприятий АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Пятикопов С.М., Егорова И.В., Поляков В.Н // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 2 (50). с. 74-83.
2. Липкович И.Э. Персонал электроустановок АПК / Липкович И.Э., Егорова И.В., Пятикопов С.М. // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1 (31).38 с.
3. Электробезопасность в сельскохозяйственном производстве: монография / И.Э. Липкович, М.М. Украинцев, И.В. Егорова, С.М. Пятикопов, М.В. Жолобова, Н.В. Петренко, С.В. Панченко, А.Н. Токарева, Ж.В. Матвейкина, А.С. Гайда. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022. – 244 с.
4. Арматура и изоляторы: отраслевой каталог. – М.: АО «Информ-энерго», 2001.
5. Арматура для воздушных линий электропередачи 6–20 кВ. – М.: ЗАО «Электрополис»; ЗАО «МАИЗ». 2009.
6. Виноградов Д.Е. Строительство линий электропередачи 35– 500 кВ с тяжелыми трассами. – Л.: Энергоатомиздат, 2003.
7. Ведомственные строительные нормы по разработке проектов организации строительства (электроэнергетика) ВСН 33–82. – М.: Минэнерго РФ, 2009.
8. Глазов А.А., Монаков И.А., Понкратов А.В. Строительная, дорожная и специальная техника: краткий справочник. – М.: АО «Профтехника», 2008.

References

1. Strategy for improving the security of power supply of agricultural enterprises /Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Pyatikopov S.M., Egorova I.V., Polyakov V.N. //Herald of agrarian science of the Don. 2020. No. 2 (50). With.pp.74-83.
 2. Lipkovich I.E. Personnel of electrical installations of the agro-industrial complex / Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pyatikopov S.M. // AgroEcoInfo. 2018. No. 1 (31). With. 383p.
 3. Electrical safety in agricultural production: monograph / I.E. Lipkovich, M.M. Ukraintsev, I.V. Egorova, S.M. Pyatikopov, M.V. Zholobova, N.V. Petrenko, S.V. Panchenko, A.N. Tokareva, Zh.V. Matveikina, A.S. Guide. - Zernograd: Azov-Chernomorsk Engineering Institute of FGBOU VO Donskoy GAU, 2022. - 244 p.
 4. Fittings and insulators: industry catalog. - M .: JSC "Inform-energo", 2001.
 5. Fittings for overhead power lines 6–20 kV. - M .: CJSC "Electro-polis"; CJSC "MAIZ" 2009.
 6. Vinogradov D.E. Construction of power transmission lines 35–500 kV with heavy routes. - L .: Energoatomizdat, 2003.
 7. Departmental building codes for the development of projects for the organization of construction (electric power industry) VSN 33–82. - M .: Ministry of Energy of the Russian Federation, 2009.
 8. Glazov A.A., Monakov I.A., Ponkratov A.V. Construction, road and special equipment: a brief guide. - M .: JSC "Proftechnika", 2008.
-