

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РЕШЕТЧАТЫЕ ОПОРЫ ДЛЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И СПОСОБЫ ИХ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», НИЛКЭС

Касаткин С. П., начальник сектора

Касаткина А. Н., к. т. н., ведущий инженер

Качановская Л. И., к. т. н., заведующая НИЛКЭС

В северных регионах России опоры ВЛ 35-500 кВ подвергаются значительным ветровым и гололедным нагрузкам. Остро стоит проблема схлестывания проводов линий электропередачи при их «пляске» и сбросе гололедно-изморозевых отложений. Кроме того, надежное закрепление опор на слабых грунтах и глубоких болотах требует использования свай, длина которых нередко превышает 12 м.

Существующие типовые конструкции решетчатых опор и свайных фундаментов не приспособлены к меняющимся суровым климатическим условиям Крайнего Севера. Предлагаемые НИЛКЭС новые типы стальных опор ВЛ 110 кВ и составных железобетонных свай обеспечат надежность электроснабжения в труднодоступных районах, при этом сократят затраты на эксплуатацию.

ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕШЕТЧАТЫХ ОПОР В СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Значительное количество аварийных отключений ВЛ 110 кВ в северных регионах России происходит из-за схлестывания проводов под воздействием ветра в условиях их обледенения, при сбросе гололедно-изморозевых отложений и «пляске» проводов. При определенных условиях во время сильных колебаний с амплитудой, близкой или равной стреле провеса, провода могут приближаться друг к другу на недопустимые расстояния, при которых возникают короткие замыкания. В результате провода и тросы получают повреждения, которые могут приводить в отдельных случаях к обрыву и падению их на землю [1]. Подобные аварии наносят существенный экономический ущерб, на их устранение затрачиваются значительные временные и материальные ресурсы.

Существуют типовые конструкции решетчатых опор с треугольным расположением

**ВЫБОР ТИПА ФУНДАМЕНТА,
ПРИНИМАЮЩЕГО НА СЕБЯ
НАГРУЗКИ ОТ ДЕФОРМАЦИЙ
ГРУНТА, НАПРЯМУЮ ВЛИЯЕТ
НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ
И, КАК СЛЕДСТВИЕ,
НА НАДЕЖНОСТЬ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

проводов, в которых расстояние между проводами увеличено по вертикали. Однако они не решают задачу исключения схлестывания кардинально и не рассчитаны на повышенные климатические нагрузки северных регионов. Также остро стоит проблема вибрации проводов при ветровых и гололедных нагрузках. Для уменьшения вероятности возникновения вибрации при проектировании ВЛ необходимо снижать максимальные допускаемые напряжения в проводе. Для обеспечения безаварийной работы ВЛ и соблюдения требуемых габаритов приходится значительно сокращать пролеты между опорами, что приводит к увеличению материалоемкости и стоимости ВЛ.

В сложных инженерно-геологических условиях северных регионов стоимость строительства фундаментов, как правило свайных, может приближаться к стоимости самих опор. Увеличение базы опор может существенно сократить нагрузку на фундамент и уменьшить количество свай и балок ростверков, что приведет к снижению затрат на строительство ВЛ при сохранении надежности электроснабжения.

Кроме того, необходимо решить вопрос надежного закрепления опор на пучинистых грунтах, на болотах, на вечной мерзлоте, а также исключить потребность

в регулярной корректировке отметок фундаментов при оттаивании вечномерзлых грунтов и последующем выпучивании свай. Таким требованиям отвечают башенные конструкции, опирание которых на фундаменты организовано в трех точках. Даже в случае выпучивания одной из опорных точек все три ноги опоры будут находиться в одной плоскости. Это гарантирует продолжение работы опоры в расчетном режиме, без появления опасных сжимающих усилий в одном из ее поясов.

ОПЫТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОР В СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Инженерно-геологические условия в районах Крайнего Севера отличаются сложностью и неоднородностью. Мерзлые грунты испытывают деформации от пучения при промерзании, просадки при оттаивании, усадки при высыхании, а слабые грунты, как правило, водонасыщены, имеют высокую пористость и сжимаемость, чувствительны к воздействию вибрации, имеют низкую несущую способность.

Выбор типа фундамента, принимающего на себя нагрузки от деформаций грунта, напрямую влияет на прочность конструкции и, как следствие, надежность функционирования электроэнергетического оборудования.

В настоящее время в электроэнергетике проблема закрепления свай в слабых грунтах чаще всего решается применением фундаментов из металлических труб диаметром 219, 325, 426 мм с толщиной стенки 10 мм или винтовых свай. В тиксотропных геологических условиях, таких как суглинки, супеси с высокой степенью текучести, рыхлые пылеватые и мелкие пески, глина забивки свай может достигать 20 м и более. Такие фундаменты, как и все металлоконструкции, отличаются достаточно высокой стоимостью.

Изученные за многие годы эксплуатации проблемы изготовления, транспортировки и эксплуатации фундаментов опор ВЛ позволили специалистам НИЛКЭС разработать и внедрить в производство новый тип железобетонных электротехнических свай — составные сваи. Их использование позволит существенно снизить стоимость строительства ВЛ, по сравнению с вариантом применения металлических аналогов, при неизменных, а в некоторых случаях и повышенных прочностных характеристиках.

Составные сваи успешно были применены в проекте реконструкции четырех больших переходов ВЛ 220 кВ через р. Волгу в районе г. Балаково в 2015 году при устройстве фундаментов одноцепных переходных опор, где нагрузка на фундамент составляла более 300 т. Аналогичный подход был использован и при закреплении концевых опор переходов (рис. 1).

Многодельные сборные фундаменты из грибовидных подножников под переходные опоры высотой более 100 м были заменены на свайные фундаменты с металлическими ростверками. Длина составных свай достигала 14 м. Для объединения свай между собой были разработаны специальные металлические ростверки. Использование составных железобетонных свай и облегченных ростверок позволило существенно сократить затраты на строительные работы, обеспечив требуемую надежность спецпереходов ВЛ 220 кВ через Волгу в условиях высоких нагрузок от опор.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НОВЫХ СТАЛЬНЫХ ОПОР ВЛ 110 кВ

Учитывая опыт эксплуатации и предложения АО «Россети Тюмень», специалисты



Рис. 1. Установка концевых опор на фундамент из составных свай при реконструкции перехода ВЛ 220 кВ через р. Волгу в районе Балаково

научно-исследовательской лаборатории конструкций электросетевого строительства разработали эскизный проект стальных опор ВЛ 110 кВ (рис. 2).

На участках ВЛ, пролегающих в особо гололедных районах, а также в районах с низкой грозовой активностью, возможен отказ от защиты тросами. На линиях с горизонтальным расположением проводов без тросов неравномерная нагрузка проводов от гололеда, подскок провода при сбросе гололеда, «пляска» проводов не представляют опасности в отношении сближения и схлестывания проводов и тросов в пролете [2].

Особенностями разработанных конструкций являются расположение всех фаз

в одном уровне и увеличенная высота подвески для возможности снижения тяжести проводов с целью борьбы с «пляской», исключения схлестывания проводов при сбросе гололедно-изморозевых отложений, снижения вибрации — без необходимости существенного уменьшения длины пролетов ВЛ.

Решетка опор может быть выполнена с использованием шпренгельной системы, которая позволяет сократить массу опоры до 10%, по сравнению с обычной крестовой схемой. Опоры собираются при помощи болтов непосредственно на пикете, а их компактная упаковка при перевозке позволяет сэкономить на транспортных расходах. Для облегчения монтажных работ

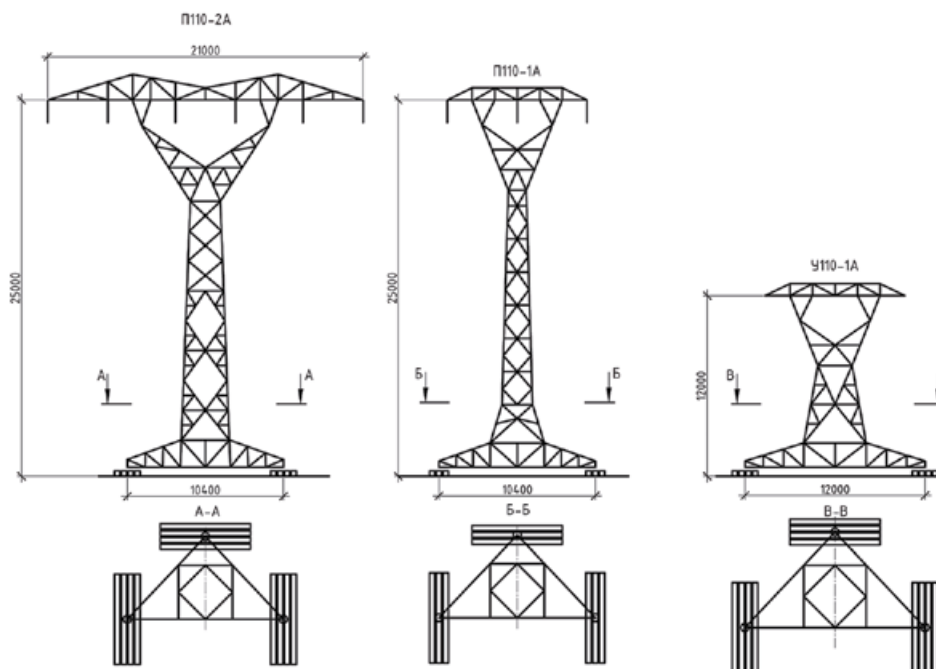


Рис. 2. Схемы стальных опор ВЛ 110 кВ для Арктических районов: двухцепная промежуточная опора (П110-2А), одноцепная промежуточная опора (П110-1А), одноцепная анкерно-угловая опора (У110-1А). Вариант закрепления

отдельные элементы конструкции могут поставляться на трассу в собранном виде.

Изготовление опор возможно как из оцинкованной стали 09Г2С, так и из атмосферостойкой стали 14ХГДЦ, применение которой на этапе строительства ВЛ может быть выгоднее на 15–17%.

Нижняя часть опоры имеет подставку для крепления на три точки, что минимизирует расход материалов на фундаменты, а в случае возникновения морозного пучения грунта под одним из фундаментов исключает появление дополнительных усилий в поясах опоры (исключается работа на излом поясов опоры) за счет постоянного расположения трех точек опирания опоры в единой плоскости. Пространственная схема предлагаемой одноцепной опоры приведена на рис. 3.

В зависимости от грунтовых условий и промерзания (вечномерзлые, пластично-мерзлые или талые), в качестве фундаментных конструкций могут быть использованы сваи, а также поверхностные железобетонные фундаменты. При использовании свайных фундаментов целесообразно стремиться к уменьшению количества свай с увеличением глубины их погружения, что повысит надежность фундаментов против морозного выпучивания и снизит стоимость закрепления.

АЛЬБОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СОСТАВНЫХ СВАЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ

Для фундаментов под стальные опоры ВЛ 35–500 кВ в настоящее время чаще всего используются забивные железобетонные сваи квадратного сечения 35×35 см (типовая серия 3.407.9-146). Сваи длиной 6, 8, 10 и 12 м выпускаются в двух вариантах армирования: с большей и меньшей несущей способностью.

Для надежного закрепления и передачи нагрузки от конструкции на более прочные грунты, залегающие на большой глубине, требуемая глубина забивки свай нередко превышает 12 м, однако типовые решения по наращиванию железобетонных электротехнических свай отсутствуют.

Специалистами НИЛКЭС разработан альбом технических решений «Сваи составные электротехнические», включающий в себя унифицированные конструкции ненапряженных составных железобетонных свай.

В альбоме представлена серия составных электротехнических свай длиной от 13 до 24 м с шагом 1 м. Нижняя часть свай всегда длиной 12 м. Соединение элементов свай производится в процессе их забивки при помощи сварки. Верхняя секция свай длиной от 1 до 12 м может быть использована независимо — без стыковки с нижней секцией. Четыре типа армирования арматурной сталью повышенного класса прочности (А500) позволяют сократить расход арматуры при индивидуальном подходе к закреплению каждой опоры.

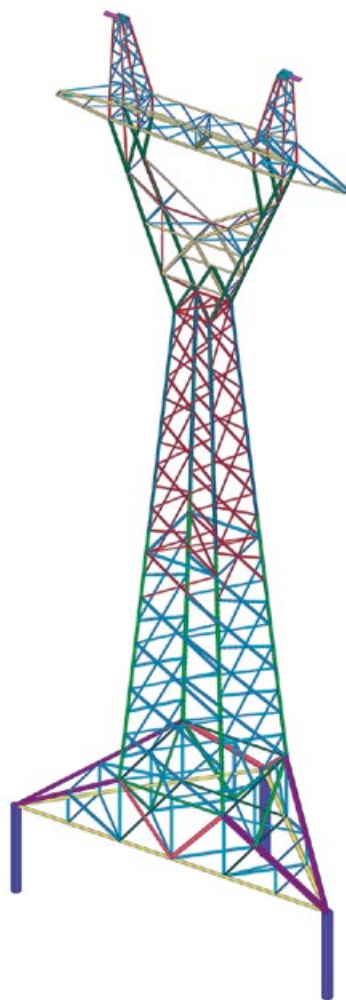


Рис. 3. Пространственная схема одноцепной промежуточной опоры. Цветом выделены группы элементов углового проката с одинаковыми жесткостными характеристиками

Специально разработанная конструкция узла стыковки свай позволяет воспринять высокие вырывающие нагрузки и изгибающие моменты, при отсутствии отпора грунта по боковой поверхности (высокий свайный ростверк) и по прочности не уступает прочности сечения самой железобетонной сваи.

Долговечность предлагаемых свай, работающих в зоне переменных нагрузок с постоянным чередованием режимов замораживания и оттаивания, обеспечивается использованием бетонов повышенной морозостойкости и водонепроницаемости без использования средств вторичной защиты. Такой подход (первичной защиты) рекомендуется современными нормативными документами [3].

Конструктивные решения составных свай обеспечивают возможность их погружения стандартным сваебойным оборудованием, что исключает необходимость лишних затрат на закупку новой строительной техники.

Как известно, в северных регионах России остро стоит проблема выпучивания

фундаментов вследствие оттаивания грунта вокруг свай — наиболее сильно это касается металлических свай, теплопроводность которых выше теплопроводности железобетона. Это еще один повод в условиях Арктики отказаться от использования металлических свай в пользу железобетонных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Новые конструкции стальных опор ВЛ для северных регионов России исключат проблемы схлестывания проводов за счет их расположения в одном уровне, а закрепление нижней секции конструкции на трех опорных точках, сократит расходы на сооружение фундаментов, гарантируя при этом работу элементов опоры в расчетных режимах.

2. Предложенные экономичные решения опор для ВЛ напряжением 110 кВ могут быть оперативно разработаны, испытаны и применены в рамках конкретных проектов с учетом условий прохождения трассы ВЛ. Описанный подход справедлив и для опор ВЛ 220 кВ.

3. Составные железобетонные сваи для строительства воздушных линий электропередачи обеспечат надежную заделку опор в условиях слабых и пучинистых грунтов.

Список источников

1. Левченко И. И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 494 с.
2. Крюков К. П., Новгородцев Б. П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. Л.: Энергия, 1979. 312 с.
3. СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.



ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
НИЛКЭС
Санкт-Петербург
info@nilkes.ru
<https://infonilkes.wixsite.com/nilkes>
+7 (812) 309 39 61