

Свободностоящая железобетонная опора для ВЛ 750 кВ Ленинградская АЭС-2 — Ленинградская

Качановская Л.И., к.т.н., заведующая НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Романов П.И., к.т.н., заместитель заведующей НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Агапкин К.А., главный инженер филиала ПАО «ФСК ЕЭС» — МЭС Северо-Запада

На сегодняшний день протяженность ВЛ 750 кВ, эксплуатируемых ПАО «ФСК ЕЭС», составляет порядка 4000 км. Для выдачи мощности Ленинградской атомной станции АЭС-2 планируется строительство нового участка ВЛ 750 кВ длиной 135 км. Капиталовложения в строительство подобных объектов довольно велики. Затраты на опоры и фундаменты составляют не менее 70% от стоимости материалов на строительство ВЛ, поэтому вопросы выбора оптимальных конструктивных решений выходят на первый план. Известно, что стоимость железобетонных опор всегда меньше металлических, рассчитанных на те же условия.

Еще в 1985 году при строительстве ВЛ 750 кВ Запорожская АЭС — ПС «Запорожская» были установлены порталные железобетонные опоры типа ПБ750 с внутренними связями, раз-

работанные Северо-Западным отделением Энергосетьпроект в НИЛКЭС (рисунок 1). Такое решение позволило добиться существенной экономии денежных средств по сравнению с вариантом использования металлических конструкций. Опоры на этой линии успешно эксплуатируются по сегодняшний день. Для обеспечения необходимой высоты подвески проводов были использованы цилиндрические центрифугированные стойки длиной по 20 м, установленные друг на друга и объединенные при помощи внешних фланцев. Диаметр стоек — 800 мм. Закрепление опор в грунте обеспечивалось за счет установки стоек в пробуренный котлован на глубину 4,5 м.

Для проектируемой в настоящее время ВЛ 750 кВ Ленинградская АЭС-2 — Ленинградская предлагаются модифицированные варианты этой железобетонной конструкции, выполненные с учетом современных требований и норм. Нижняя часть опор является отдельно изготавливаемой фундаментной секцией (см. схемы в таблице 1). В первом случае нижняя секция имеет длину 15 м, а во втором — 20 м. Установка на фундамент двух двадцатиметровых стоек позволяет увеличить высоту подвески проводов с 32 до 36 м.

В большинстве грунтов длина фундаментной секции составляет 5 м. При необходимости она может быть увеличена до 6,7 м. Возможность такого изменения является за счет того, что в цилиндрической опалубке длиной 20 м и диаметром 800 мм может быть изготовлено 2, 3, 4 или 5 секций. Трубчатый железобетонный фундамент, снабженный закладным элементом в виде внутреннего фланца для соединения со стойкой опоры, устанавливается в пробуренный котлован.

Табл. 1. Техничко-экономическое сравнение стоимости опор и фундаментов на 1 км ВЛ 750 кВ

Тип опоры	Железобетонная свободностоящая	Железобетонная свободностоящая	Стальная на оттяжках	Стальная свободностоящая
Схема опоры				
Марка опоры	2СПБ750-1Ф	2СПБ750-3Ф	ПП750-5	ПС750-3
Марка фундамента	СЦФ.50.80.1-1	СЦФ.50.80.1-1	2ФК2-07+2ПА2-1+4А3-1	8ФП6-4+8Р1-А
Площадь землеотвода, м ²				
Кол-во опор на 1 км ВЛ	2,3	2,1	2,1	2,1
Масса на 1 опору, т	металла	5,14	5,14	13,316
	железобетона	39,24	44,15	7,16
Стоимость, тыс. руб.	1 опоры	1450	1650	2000
	фундаментов	200	200	300
Стоимость опор и фундаментов на 1 км ВЛ, тыс. руб.	3800	3900	4800	8500
В % от 2СПБ750-1Ф	100	103	126	224

Для закрепления опор в сложных геологических условиях могут быть использованы свайные фундаменты с железобетонным ростверком, имеющим аналогичную закладную деталь фланцевого типа.

Инновационное техническое решение в виде внутреннего соединительного фланца, позволяющее при изготовлении стойки кольцевого сечения с напрягаемой арматурой разделить ее на части, а затем в процессе монтажа объединить при помощи обычных болтов, впервые позволило закрепить центрифугированную стойку на фундаменте. Возможность разделения процессов устройства фундаментов и установки опор ускоряет процесс монтажа опор на ВЛ.

Для удобства монтажа опоры к металлическим элементам в верхней части фундамента и нижней части стойки опоры приварены специальные петли для организации шарнира, используемого при подъеме опоры методом падающей стрелы.

Повышенные требования к надежности ВЛ, предусмотренные 7-й редакцией ПУЭ, приводят к необходимости увеличения прочностных характеристик всех элементов опор, в том числе, железобетонных стоек.

Для обеспечения необходимой несущей способности и долговечности в современных стойках используется высокопрочная арматура и бетон повышенной прочности В60, модифицированный современными органоминеральными добавками, содержащими эффективные высокомолекулярные соединения и гидронанодисперсии $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. При этом обеспечивается повышение водонепроницаемости бетона с W8 до W16 и морозостойкости с F₁₅₀ до F₁₅₀₀. Такие показатели гарантируют, что срок службы конструкции составит не менее 70 лет.

Секционированные цилиндрические стойки диаметром 800 мм и элементы внутренних фланцев, используемые для соединения стойки опоры с фундаментом,

прошли комплексные испытания на полигоне фирмы ОРГРЭС в г. Хотьково. Разрушение стоек кольцевого сечения происходило при уровне нагрузок, в 1,6 раза превышающих расчетные, что соответствует требованиям к надежности железобетонных конструкций. Сами узлы соединения элементов фланцевого типа показали существенно более высокие уровни надежности [1].

Особое внимание при разработке опоры уделено вопросам удобства эксплуатации конструкции. В соответствии с современными требованиями по охране труда [2], для безопасного подъема на опору одна из стоек оснащается лестницей, имеющей анкерные точки в виде открытых петель, позволяющих организовать безопасный подъем рабочих при помощи гибкой анкерной линии. Для перемещения по траверсе используется настил из просечно-вытяжного листа. Вдоль всей траверсы устанавливаются поручни. Для проведения работ по монтажу и за-



Рис. 1. Опора ПБ750 на ВЛ 750 кВ Запорожская АЭС — ПС «Запорожская»

мене изоляторов траверсы опор оснащены петлями для крепления монтажных роликов и имеют специальные места установки струбцин для фиксации заземляющего оборудования.

Монтаж опоры производится методом падающей стрелы. Технология установки опоры на заранее установленные фундаменты в основном повторяет проверенную при строительстве ВЛ 500 кВ Донская АЭС — Старый Оскол-2 схему подъема железобетонной portalной опоры 2СПБ500-3В из конических стоек.

Элементы монтажного шарнира в нижней части стойки, первоначально предназначенные для установки опоры, будут в дальнейшем использованы для крепления технологической оснастки при подъеме на опору оборудования, необходимого для работ по обслуживанию элементов ВЛ.

Для выполнения технико-экономического сравнения предлагаемой железобетонной опоры рассматриваются альтернатив-

ные варианты стальных portalных опор, которые могут быть использованы для ВЛ 750 кВ: ПП750 и ПС750. Эти опоры разработаны отделением Дальних передач института Энергосеть-проект в 1983 году. Опоры на оттяжках ПП750 в 1,6 раз легче и, соответственно, дешевле, чем свободностоящие ПС750. Однако для них в 1,7 раза увеличивается площадь землеотвода [3] и появляются дополнительные обязанности по содержанию и эксплуатации оттяжек. Преимуществом свободностоящих железобетонных опор перед металлическими конструкциями на оттяжках или portalными свободностоящими опорами на базе башенных решетчатых стоек является минимизация материалоемкости, землеотвода и объема земляных работ для сооружения фундаментов. Конструкции на базе центрифугированных стоек вандалоустойчивы.

В таблице 1 представлены результаты технико-экономическо-

го сравнения стоимости 1 км ВЛ 750 кВ с различными типами конструкций, предназначенных для равных условий эксплуатации: провод марки 5АС300/66, ветровое давление $W = 500$ Па, толщина стенки гололеда $b = 15$ мм.

Анализ показывает, что стоимость конструкций для 1 км ВЛ на железобетонных опорах в 1,3 раза меньше, чем при использовании опор на оттяжках ПП750-5, и в 2,2 раза ниже стоимости линии при использовании свободностоящих стальных опор типа ПС750-3.

Учитывая, что общая длина проектируемой ВЛ 750 кВ 135 км, а количество промежуточных опор составит порядка 210–230 штук, выгода от применения железобетонных опор составит более 103 млн руб. и 470 млн руб. по сравнению с опорами ПП750-5 и ПС750-3 соответственно.

Современные железобетонные опоры для ВЛ 750 кВ обеспечат надежность линии при безусловном сокращении стоимости ее строительства и эксплуатации. **Р**

ЛИТЕРАТУРА

1. Качановская Л.И., Романов П.И., Касаткин С.П. Триумфальное возвращение железобетона в электросетевое строительство // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2015, № 3(30). С. 84–87.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 28.03.2014 № 155Н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте». URL: <https://base.garant.ru/70736920/>.
3. Постановление Правительства РФ от 11.08.2003 № 486 «Об утверждении Правил определения размеров земельных участков для размещения воздушных линий электропередачи и опор линий связи, обслуживающих электрические сети». URL: <https://base.garant.ru/12132072/>.

В издательстве Инфра-Инженерия вышла в свет новая книга к.т.н. В. И. Гуревича
объемом свыше 500 страниц под интригующим названием

«Электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва и защита электрооборудования от него»



В этой необычной книге рассказывается об истории развития военных ядерных программ в СССР и США, роли разведки в создании ядерного оружия в СССР, обнаружении электромагнитного импульса при ядерном взрыве (ЭМИ ЯВ), многочисленных испытаниях ядерных боеприпасов.

В доступной для неспециалистов в области ядерной физики форме описан процесс образования ЭМИ ЯВ при подрыве ядерного боеприпаса на большой высоте, показано влияние многочисленных факторов на интенсивность ЭМИ ЯВ и его параметры. Рассмотрено влияние ЭМИ ЯВ на электронные компоненты и устройства, а также и на силовое электрооборудование энергосистем.

Большую часть книги занимает описание практических (а не теоретических, как в сотнях отчетов на эту тему) средств и методов защиты электрон-

ного и электротехнического оборудования от ЭМИ ЯВ, испытания этого оборудования на устойчивость к ЭМИ ЯВ, оценки эффективности средств защиты.

В книге использованы многочисленные документы и фотографии с грифами секретности, которые были рассекречены и стали общедоступными лишь недавно. По широте охвата проблемы, новизне, глубине и практической значимости описанных технических решений книга является фактически энциклопедией ЭМИ ЯВ и не имеет аналогов на книжном рынке.

Книга рассчитана на инженеров-электриков и энергетиков разрабатывающих, проектирующих и эксплуатирующих электронное и электротехническое оборудование, а также будет полезна преподавателям вузов и студентам. Много интересного найдут в ней также и любители истории техники.

Заказать книгу можно на сайте издательства www.infra-e.ru или по электронной почте infra-e@yandex.ru и телефону 8 (8172) 75-15-54