

Двухцепные железобетонные опоры СБ220-4ФТ для захода ВЛ 220 кВ Тамань — Славянская на ТЭС «Ударная»

Оперативное внедрение современных инновационных решений в строящиеся энергетические объекты — одна из основных задач энергетики, позволяющая сократить путь от научных исследований до их реального использования. Статья посвящена новому мобильному подходу к выбору конструкций опор воздушных линий электропередачи (ВЛ), в рамках которого в сроки, отведенные на проектирование линий, разрабатываются и внедряются в проекты ВЛ новые железобетонные опоры с характеристиками, оптимальными для конкретных условий строительства. Использование таких конструкций позволяет сократить затраты на возведение и эксплуатацию ВЛ.

Необходимость строительства двух двухцепных участков ВЛ 220 кВ обусловлена принятым решением о технологическом подключении ТЭС «Ударная» к сетям ФСК ЕЭС. Первый участок длиной 30 км соединит ТЭС с ВЛ 220 кВ Славянская — Тамань, а второй, длиной 5 км, с ВЛ 220 кВ Киевская — Чекон.

УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАХОДОВ ВЛ 220 КВ НА ТЭС «УДАРНАЯ»

Линии электропередачи на территории Азово-Кубанской долины работают в жестких климатических условиях, в которых вероятность появления высоких скоростей ветра и налипания гололеда на проводах очень велика. Расчетные характеристики давления ветра и толщины стенки гололеда, принятые для проектируемой ВЛ, соответствуют III ветровому ($W_0 = 650$ Па) и III, IV, V гололедным ($b_3 = 20, 25, 30$ мм) районам по ПУЭ-7.

С точки зрения особенностей закрепления опор необходимо было учесть, что трасса линии проходит по рисовым чекам вдоль системы мелиоративных каналов. Водонесный слой опирается на водоупорные грунты, находящиеся на глубине 3–5 метров. Грунтовые воды подходят близко к поверхности (1,6–3,8 м), а в периоды весеннего снеготаяния и интенсивных осадков летом и осенью поднимаются еще выше, в локальных местах выходя на поверхность.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ОПОР

Непростые условия трассы предъявляли свои требования к конструкции опор. Кроме безусловного обеспечения надежности ВЛ в условиях повышенных гололедных нагрузок, необходимости сокращения стоимости строительства и эксплуатации, они должны



Геннадий КОВТУН,
первый заместитель
генерального
директора — главный
инженер филиала
ПАО «ФСК ЕЭС» —
МЭС Юга



Любовь КАЧАНОВСКАЯ,
к.т.н., заведующая
НИЛКЭС
ООО «ПО «Энерго-
железобетонинвест»



Сергей КАСАТКИН,
заведующий сектором
НИЛКЭС
ООО «ПО «Энерго-
железобетонинвест»

занимать минимальную площадь, используемую под сельскохозяйственные культуры, легко доставляться к месту строительства, быстро монтироваться, быть простыми в эксплуатации, в том числе обладать свойством вандализма-устойчивости.

Заходы воздушной линии на ТЭС «Ударная» должны быть выполнены на базе двухцепных опор с подвеской проводов марки АС 300/39 и защитой от ударов молнии при помощи двух грозозащитных тросов со встроенным волоконно-оптическим кабелем на всей длине проектируемого участка.

Унифицированных решений опор, полностью удовлетворяющих жестким требованиям района строительства, не существует. Металлические решетчатые опоры, с одной стороны, требуют выведения из сельскохозяйственного использования площади, необходимой для размещения четырех фундаментов, с другой, резко увеличивают стоимость и сроки их изготовления в условиях сильно обводненных грунтов.

Минимальный землеотвод, простота монтажа конструкций, стойкость к вандализму — свойства, присущие металлическим многогранным или железобетонным центрифугированным опорам. Последние выигрывают в стоимости практически в два раза. Однако готовых решений для промежуточных двухцепных железобетонных опор ВЛ 220 кВ не существовало. В перечне типовых опор, которые рассчитаны максимально для III ветрового и III гололедного районов по ПУЭ-6, такие конструкции отсутствуют. Причина этого в высоких нагрузках на опоры ВЛ 220 кВ и ограниченности несущей способности старых железобетонных конических стоек: расчетный момент на уровне заделки их в грунт не превышал 55 тс·м.

Современные конические стойки, изготавливаемые в тех же опалубках, могут нести значительно большие нагрузки — до 75 тс·м. Для цилиндрических стоек диаметром 800 мм момент в заделке достигает уже 150 тс·м, против 125 тс·м у старых аналогов. Это достигается за счет использования современной канатной арматуры и бетонов повышенной прочности — В60.

Найденные и проверенные за последние 8 лет конструктивные решения позволяют после изготовления разделить длинномерные стойки на отдельные секции, доставить их на трассу обычным транспортом и соединить их болтами при монтаже опоры.

Конструктивным прорывом можно считать решение об установке конических стоек на цилиндрическую фундаментную секцию при помощи специального фланца.

Увеличение высоты подвески проводов делает железобетонную опору сопоставимой с металлическими конструкциями по длине пролетов.

Несущая способность опоры, повышенной за счет фундамента, увеличивается практически вдвое по сравнению со старыми опорами на конических стойках.

Вопрос закрепления повышенных опор в грунте решается путем выбора длины фундаментной секции, размер которой может быть 5,0; 6,7 или 10 м.

СВОБОДНОСТОЯЩИЕ ПОВЫШЕННЫЕ ОПОРЫ НА ВЫСОКОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ СЕКЦИИ

Впервые для тяжелых климатических условий ВЛ 220 кВ, проектируемых для выдачи мощности ТЭС «Ударная», разработана двухцепная свободностоящая одностоечная промежуточная опора СПБ220-4ФТ.

В отличие от всех ранее разработанных секционированных аналогов, конструкция отличается повышенной высотой подвески проводов (14,5 м до нижней траверсы). Ее особенностью является 10-метровая нижняя цилиндрическая секция диаметром 800 мм, которая на 5 метров заглубляется в пробуренный котлован. Верхняя часть опоры изготавливается из 22,6-метровой конической стойки, выполненной в секционированном варианте (13 м + 9,6 м). Обычно все стойки соединяются с фундаментом на отметке 0,8 м. В данном проекте было принято решение крепить коническую стойку к нижней цилиндрической секции на высоте 5 метров над поверхностью земли. На рисунке 1 приведена схема опоры СПБ 220-4ФТ, а в таблице 1 — область ее применения.

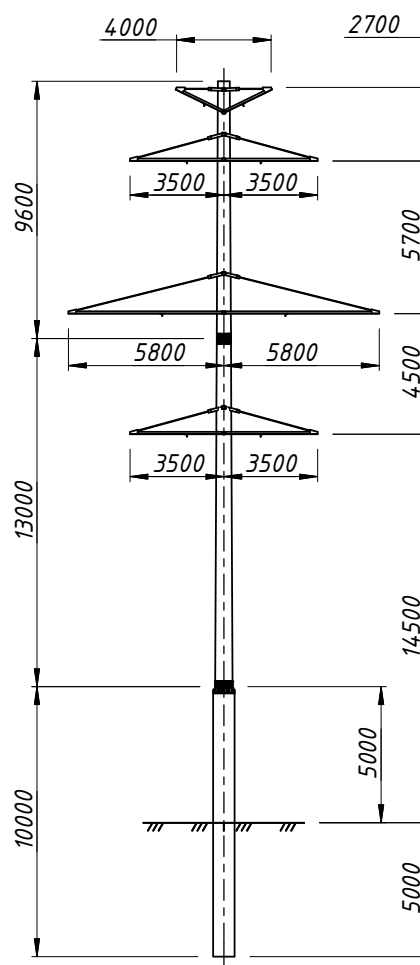


Рис. 1. Схема двухцепной опоры СПБ220-4ФТ

Все опоры снабжены постоянными лестницами от трех метров над поверхностью земли до верха тросостойки. Специальные стационарные анкерные точки типа «открытая петля», идущие вдоль края лестницы, позволяют обеспечивать быстрый и безопасный подъем на опору с возможностью организации гибкой анкерной линии (рисунок 2).

Для предотвращения попадания птиц внутрь стоек их торцы закрываются специальными крышками. На данной ВЛ конструкция крышки снабжена специальными элементами для крепления знаков с номерами опор, которые видны при облете ВЛ.

Все металлические элементы опоры, включая фланцевые соединения, защищены от коррозии горячим цинкованием. Повышенные значения водонепроницаемости ($W > 12$) и морозостойкости ($F_r > 400$) бетона обеспечивают долговечность новой конструкции минимум на 70 лет эксплуатации.

ТРАНСПОРТИРОВКА И МОНТАЖ ОПОР

Общая масса опоры составляет порядка 14 тонн.

Отдельные секции опоры весом 5, 4 и 3 тонны доставляются на трассу обычным транспортом без проблем, которые обычно сопутствуют перевозке длинномерных стоек.

Вопросом, который можно было решить только с учетом всех особенностей строительства, был выбор способа монтажа опор. Наличие трех отдельных секций позволяло рассматривать несколько вариантов установки опоры: сбор всех частей опоры на земле и ее подъем или сбор металлоконструкций на отдельных секциях и их последовательная установка друг на друга. Все зависело от применяемой техники и условий ее использования.

Реальные условия на трассе внесли свои коррективы в технологию строительства. Для оптимального использования бурильной машины и недопущения проблем с деформацией стенок скважин из-за заполнения их грунтовыми водами, находящимися в непосредственной близости от поверхности земли, было принято решение на всем участке сразу после изготовления котлованов устанавливать фундамент-

Табл. 1. Область применения опоры СПБ220-4ФТ

Расчетные климатические условия	Район по ветру		III ($W_0 = 650$ Па)		
	Район по гололеду		III ($b_3 = 20$ мм)	IV ($b_3 = 25$ мм)	V ($b_3 = 30$ мм)
Провод	Марка		АС 300/39		
	δ_{max}	кг/мм ²	12,84		
	δ_3		8,56		
Трос	Марка		ОКГТ-с-24G.652D-13.3мм-72кА·с-92кН		
	δ_{max}	кг/мм ²	35,68		
	габаритный		м	205	185
ветровой	205	185		165	
весовой	256	231		206	



Рис. 2. Лестница для подъема на опору (этап монтажа конструкции)



Рис. 3. Нижняя (фундаментная) секция, установленная до монтажа конической части опоры



Рис. 4. Монтаж средней секции



Рис. 5. Монтаж верхней секции



Рис. 6. Общий вид участка ВЛ

ные секции опор. Две строительные организации, ведущие строительство этого объекта, выбрали для себя разные способы монтажа верхней части опоры. Одни — поднимали верхнюю часть целиком, а другие — последовательно каждую секцию. На рисунках 3–6 видны основные этапы монтажа конструкций, выполненного путем последовательного подъема каждой секции. Установка всех железобетонных промежуточных опор на двухцепном участке ВЛ 220 кВ Славянская — Ударная и Ударная — Тамань была закончена в декабре 2021 года.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ОПОР

Внедрение новых опор в настоящий проект шло при активном взаимодействии заказчика строительства ВЛ (филиал ПАО «ФСК ЕЭС» — МЭС Юга), проектировщиков ВЛ (ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» и филиала ООО «Энерго-Юг» — «Южэнергосетьпроект»), разработчиков конструкций, заводов-изготовителей (ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», НИЛКЭС) и строителей (ООО «Призма»). Все вопросы, начиная с постановки задачи до корректировки документации с целью обеспечения удобства сборки и монтажа опор, решались оперативно.

Опора СПБ220-4ФТ создана и аттестована в сроки, выделенные на разработку проекта ВЛ.

Проект конструкции опоры, являющийся частью общего проекта ВЛ, успешно прошел Государственную экспертизу.

Для оперативного изготовления и поставки в район строительства 90 опор СПБ220-4ФТ были задействованы три крупнейших завода объединения «Энергожелезобетонинвест», находящиеся в Рыбинске (РЭЖБ), Волгограде (ВЗСМ) и Гулькевичах Краснодарского края (СККПП).

В ближайшее время аналогичные конструкции будут установлены и на двухцепном участке ВЛ 220 кВ Киевская — Ударная, Ударная — Чекон.

ВЫВОДЫ

1. Новый мобильный подход к разработке конструкций с учетом требований конкретного проекта позволил создать новую опору на базе решений, найденных в процессе разработки секционированных железобетонных аналогов. Использование такой конструкции привело к оптимальным по стоимости строительства и эксплуатации ВЛ решениям.
2. Индивидуальный подход к созданию опор для строящихся ВЛ соответствует мировому опыту проектирования. Оптимизация конструкций на базе проверенных решений позволяет на 15–20% сократить затраты на строительство, не увеличивая при этом сроки и стоимость проектирования. 