

Секционированные железобетонные опоры сокращают стоимость ВЛ, а современные проекты опор станут основой формирования цифрового пространства сети

Статья посвящена возвращению на линии электропередачи современных вариантов железобетонных опор, долговечность которых сопоставима со сроками службы металлических конструкций, а стоимость вдвое ниже. Секционирование центрифугированных стоек упрощает транспортировку, а новые решения по установке опор на фундаменты поднимают высоту подвески проводов, что позволяет новым железобетонным опорам эффективно заменять металлические конструкции более, чем в 60% случаев.

Современные типовые проекты опор ВЛ могут быть включены в единое цифровое пространство проектирования линии, где на протяжении всего жизненного цикла объекта будет присутствовать необходимая и актуальная информация, к которой будут иметь доступ все заинтересованные подразделения.

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

П. И. Романов,
к.т.н., заместитель заве-
дующей НИЛКЭС

С. П. Касаткин,
зав. сектором

Т. И. Сбойчакова,
ведущий инженер

Практически половина металлических и железобетонных конструкций.

длинах всех воздушных линий в России построена с использованием железобетонных опор из центрифугированных стоек. Таким образом в середине прошлого века была решена задача сокращения металлоемкости, а значит и стоимости линий электропередачи. Центрифугирование железобетона позволяет добиться высокой степени уплотнения материала, использование предварительного напряжения арматуры обеспечивает повышенную жесткость стоек. Данные о параметрах потока отказов опор более, чем за 40-летний период, обработанные ОАО «Фирма ОРГРЭС», говорят о равной надежности метал-

В 2013 году были разработаны и испытаны первые образцы стоек, изготовленные из двух секций с использованием внутреннего фланца, который помещается в опалубку перед центрифугированием. (Рис. 1)

Современные стойки, как и прежде, изготавливаются в конических или цилиндрических опалубках длиной 26 и 20 м соответственно. Короткие секции решают организационные проблемы перевозки, обладают повышенной жесткостью, не повреждаются при транспортировке и легко соединяются между собой



Рис. 1. Внутренний фланец для соединения секций (типовое решение)

при помощи болтов на монтажной площадке.

К настоящему времени совместными усилиями Группы компаний ПАО «Россети» и разработчиков конструкций, рекомендации по использованию железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 110-750 кВ внесены в Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе».

Для замены старых опор и создания аварийного резерва ПАО «Россети» рекомендует использовать секционированные аналоги находящиеся в эксплуатации железобетонных опор на базе конических стоек типа СК22 и СК26. Плановая работа по установке новых опор ведется с 2015 года. Секционированные стойки изготавливаются на заводах ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест» в Рыбинске, Волгограде, Гулькевичах Краснодарского края, каждый из которых аттестован на их производство в ПАО «Россети».

Новые секционированные опоры, выборочно устанавливаемые взамен вышедших из эксплуатации, формально рассчитаны на восприятие тех же нагрузок. Однако, кроме указанной выше возможности

легко перевозить отдельные жесткие секции без повреждений, они обладают существенным преимуществом: во всех конструкциях используется канатное армирование, позволяющее за счет предварительного натяжения повысить трещиностойкость, а использование бетона повышенного класса прочности (В60 вместо В40 или В30), водонепроницаемости (W14 вместо W8) и морозостойкости (F₁400 и выше вместо F₁200) повышает долговечность стоек до 70 лет, что практически исключает потребность в их ремонтах при эксплуатации.

Для широкого использования железобетонных опор в новом строительстве была разработана серия унифицированных конструкций для ВЛ 110 кВ. Полноценный типовый проект включает в себя конструкторскую документацию на 23 типа опор, в том числе 8 промежуточных и 15 анкерных в одноцепном и двухцепном исполнении.

Промежуточные опоры выполнены на базе конических стоек длиной 26 м (из двух секций по 13 м), нижний диаметр которых 650 мм. Для более нагруженных анкерных опор используются цилиндрические стойки диаметром 800 мм, изготавливаемых в опалубках

длиной 20 м (две секции по 10 м).

Существенным достижением явилось решение об установке стоек на фундаментные секции из цилиндрических железобетонных свай-оболочек диаметром 800 мм. Предложенная конструкция фланцевого узла соединения опор с фундаментами (рис. 2) позволила поднять высоту подвески проводов, увеличить пролеты и сократить общее количество опор на километр трассы ВЛ. По этому параметру железобетонные опоры стали сопоставимы с металлическими. Для восприятия повышенных в таком случае нагрузок несущая способность стоек была усилена за счет выбора системы армирования и применения бетонов повышенной прочности.

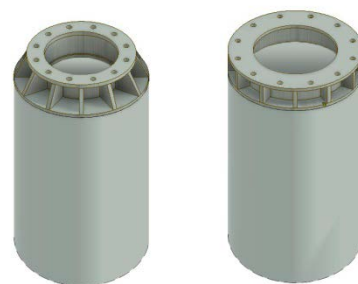


Рис. 2. Узлы соединения фундаментных секций с промежуточными и анкерно-угловыми железобетонными опорами

Для реального использования типового проекта при новом строительстве разработана серия нормативных документов, включающая технологические карты на монтаж и инструкцию по эксплуатации секционированных конструкций.

Все типы опор 110 кВ были испытаны на полигоне ОАО «Фирма ОРГРЭС» в Хотьково. Все заводы-изготовители аттестованы на право их изготовления в ПАО «Россети».

Технико-экономическое сравнение стоимости участка ВЛ 110 кВ, построенного с использованием новых железобетонных опор с вариантами ВЛ на металлических (решетчатых и многогранных) опорах показало, что новые опоры позволяют вдвое сократить затраты на строительство, экономя на каждом километре трассы минимум 900 тыс. руб. для одноцепных и 1300 тыс. руб. для двухцепных линий электропередачи.

Кроме типовых конструкций для ВЛ 110 кВ, рамках конкретных проектов ВЛ напряжением 35, 110, 220, 330, 500 кВ разработано более 20 типов железобетонных опор ВЛ на базе секционированных стоек. В январе 2019 года один из анкерных пролетов



Рис. 3. 2СПБ500-3В на ВЛ 500 кВ «Донская АЭС – Старый Оскол 2»

ВЛ 500 кВ «Донская АЭС – Старый Оскол 2» был построен с использованием порталных железобетонных опор 2СПБ500-3В (рис. 3).

Особенностью этих конструкций стала установка стоек опор на железобетонные фундаменты, что позволило поднять отметку подвески провода и увеличить пролеты до уровня многогранных опор 2МП500-3В, которые установлены на других участках этой линии. При этом стоимость самих конструк-

ций опор и фундаментов сократилась по сравнению с металлическими аналогами в 1,5 раза, обеспечив экономию в 1,9 млн. руб. на 1 км трассы ВЛ.

Индивидуальные проекты новых конструкций, обеспечивая оптимальные решения в конкретных условиях, предъявляют высокие требования к квалификации разработчиков, как правило, нуждаются в проведении испытаний и выводе нормативной документации, из-за чего времени и средств, отведенных

на разработку проекта ВЛ, часто не хватает.

Решение проблемы в современных условиях может быть найдено путем комплексной разработки базовых серий конструкций и на напряжения 220, 330 и 500 кВ, планируемых к выпуску в рамках НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС».

Реальная оптимизация проектных решений может быть достигнута в том случае, если проектировщики ВЛ будут снабжены необходимым комплексом вспомогательных программ для расчета несущей способности опор и фундаментов для условий, встречающихся на трассе ВЛ. Доступность новых типовых проектов широкому кругу специалистов, позволит оперативно выполнять серию необходимых расчетов для установки конструкций в конкретных условиях, обеспечит возможность выпуска проектов ВЛ

необходимой надежности при минимальной стоимости строительства и эксплуатации.

Кроме того, наличие проверенного базового варианта конструктивных решений позволит оперативно модифицировать опоры для условий, отличающихся от принятых при разработке основной серии, получая оптимальные (практически индивидуальные) конструкции для конкретных ВЛ.

Наличие 3D-моделей опор позволит избежать ошибок при разработке конструкций, сократить сроки разработки проектов ВЛ, гарантировать отсутствие проблем при заводском изготовлении, сборке опор при строительстве и принимать обоснованные решения об объемах ремонта на этапе эксплуатации.

Для гарантии поставки на трассу качественных

конструкций, стойки опор будут снабжены электронными маркерами, использующими технологию радиочастотной идентификации. Метка содержит исходную информацию о стойке, позволяющую при необходимости расширить ее данными, хранящимися на сервере завода, с целью уточнения параметров ее изготовления. Информация о всех поставляемых на объекты ПАО «Россети» изделиях будет служить Заказчику для контроля этапа строительства ВЛ и в процессе всего срока службы конструкций, когда данные о реально установленных на трассу опорах будут привязаны к географическим координатам местности (GIS-модель) и могут быть использованы в общей CIM-модели электрической сети (Common Information Model) для решения задач производственно-технического управления.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (НИЛКЭС)

ООО «ПО «ЭНЕРГОЖЕЛЕЗОБЕТОНИНВЕСТ»

www.нилкэс.рф