

Разработка и внедрение в практику проектирования и строительства опор новой модификации 220-500кВ

Почти 15 лет после выхода в свет седьмой редакции ПУЭ, и переводом типовых проектов опор и фундаментов в разряд «материалов для проектирования», не утихают споры о рациональных способах разработки проектов ВЛ.

Использование старых типовых решений конструкций или их индивидуальная разработка? Что может обеспечить создание современных проектов ВЛ, обеспечивающих надежность объектов при минимальной стоимости затрат на их проектирование, строительство и эксплуатацию?

Однозначного ответа на этот вопрос до сих пор не удалось найти, на наш взгляд, по той причине, что, говоря о «типовых решениях», мы представляем себе привычные всем тома с чертежами опор и фундаментов, выпущенные в прошлом веке, согласованные во всех инстанциях, опробованные на практике, но, отмененные в связи с выходом новой версии Правил устройства электроустановок, в которых заложены повышенные требования к надежности линий электропередачи.

Индивидуальные проекты новых конструкций, обеспечивая оптимальные решения в конкретных условиях, предъявляют высокие требования к квалификации разработчиков, как правило, нуждаются в проведении испытаний и выпуске 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 на основании результатов новейших научных и технологических достижений.

Требования к выпуску документации должны содержать:

- проведение оптимизационных расчетов конструкций с использованием всех возможностей вычислительной техники,
- разработку конструктивных решений с учетом новых материалов, современных заводских технологий,
- проведение необходимых испытаний,
- подготовку необходимых нормативных документов для оперативного внедрения их в строительство новых ВЛ.

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. Отсутствие программ ведет к увеличению трудозатрат на проектирование и не позволяет выбрать оптимальное с точки зрения надежности и стоимости решение. Зачастую принимаются самые тяжелые и дорогостоящие варианты опор и фундаментов.

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.

Актуальность вопроса внедрения новейших разработок в реальное строительство становится очевидной, если учесть, что 70% затрат на строительство ВЛ составляет стоимость опор и фундаментов.

Вопросы необходимости пересмотра старых типовых проектов были поставлены после выхода в свет седьмой редакции Правил Устройства Электроустановок в 2003 году.

- В рамках НИОКР «ФСК ЕЭС» в 2007 - 2009г.г. разработана базовая серия стальных многогранных ВЛ напряжением 220-500кВ.
- Новые решетчатые опоры для ВЛ 220-500 кВ уже находятся в разработке.
- Назрела необходимость выпуска современных железобетонных опор и фундаментов для ВЛ 220-500 кВ.



В конце сентября успешно завершились испытания опытного образца анкерной двухцепной опоры У220н-2. Эти испытания завершают цикл испытаний серии опор, разработанной для ВЛ 220 кВ в рамках выполнения НИОКР «Разработка унифицированных стальных решетчатых опор ВЛ 220-500 кВ и железобетонных фундаментов опор ВЛ 220-500 кВ по ПУЭ-7» по заказу ПАО «ФСК ЕЭС». Ранее уже были успешно испытаны опытные образцы опор новой унификации: одноцепной анкерно-угловой опоры [У220н-1](#) одноцепной промежуточной опоры П220н-3 и двухцепной промежуточной опоры П220н-2.

Все испытания проводились на испытательном полигоне Центра испытаний элементов воздушных линий ООО «ИЦ ОРГРЭС» (г. Хотьково Московской области).

Целью испытаний была проверка принятых на этапе разработки конструкторских решений и оценка прочности, общей устойчивости и деформативности опор. Результаты испытаний опытных образцов опор подтвердили предусмотренную конструкцией стойкость к гололедным и ветровым нагрузкам, а также нагрузкам аварийных режимов.

Разработка опор новой унификации выполняется для обеспечения возможности применения при строительстве и реконструкции ВЛ конструкций, соответствующих требованиям действующих нормативных документов, в том числе ПУЭ 7-й редакции. Кроме того, при разработке опор обеспечена возможность применения, наряду с проводами и грозозащитными тросами традиционного исполнения, так же и проводов нового поколения и оптических кабелей типа ОКГТ и ОКСН.

Куратором работы от Заказчика является Департамент инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС». Исполнителем работы является АО «ИАЭС» совместно с Филиалом АО «НТЦ ФСК ЕЭС» – СибНИИЭ.

При разработке опор новой унификации специалисты филиала АО «НТЦ ФСК ЕЭС» – СибНИИЭ опирались на опыт разработки опор прежней унификации, используя лучшие технические решения, что обеспечивает так же и технологичность производства и монтажа опор.

При выполнении НИОКР разрабатывается документация, необходимая для проектирования, изготовления и строительства ВЛ на опорах новой унификации.

В настоящее время разработаны:

- технические требования и технические условия на стальные решетчатые опоры ВЛ 220-500 кВ.

В части опор для ВЛ 220 кВ разработаны:

- каталог опор,
- комплекты рабочих чертежей промежуточных и анкерно-угловых опор,
- технологические карты и единые нормы и расценки на сборку и установку унифицированных стальных решетчатых опор.

Одним из первых объектов, на которых предполагается применение разработанных опор ВЛ 220 кВ новой унификации, является строительство двухцепной ВЛ 220 кВ Тира – Надеждинская. Строительство данной ВЛ необходимо для замыкания кольцевой транзитной электропередачи 220 кВ Усть-Кут – Пеледуй – Мамакан для обеспечения технической возможности технологического присоединения новых потребителей и повышения надежности электроснабжения существующих потребителей в Бодайбинском энергорайоне Иркутской области. В настоящее время проводится Государственная экспертиза проектной документации. Реализация титула намечена на 2018 год.

Следующими этапами НИОКР предусмотрена разработка и испытание унифицированных стальных решетчатых опор для ВЛ 330 и 500 кВ, работа над которыми уже ведется, а также разработка унифицированных

железобетонных фундаментных конструкций опор ВЛ 220-500 кВ, опытный образец которых также будет испытан.

Простые в монтаже железобетонные опоры, опыт эксплуатации которых насчитывает уже более 60 лет, в 2 раза дешевле металлических опор, рассчитанных на восприятие тех же нагрузок. Стоимость строительства ВЛ с их применением в среднем на 30% ниже, чем при использовании металлических конструкций. Эти преимущества железобетонных опор стали основанием их широкого использования на ВЛ всех классов напряжений, включая 750 кВ. Более 60% эксплуатируемых опор в нашей стране - железобетонные. Сложности с транспортировкой длинномерных центрифугированных стоек в настоящее время преодолены при разработке новой версии всем известных опор.

Современные железобетонные опоры, как и прежде выполняются на базе центрифугированных стоек, изготавливаемых в конических или цилиндрических опалубках длиной 26 или 20 метров соответственно. Для сокращения расходов на перевозку стойки при изготовлении делятся на секции, которые соединяются между собой на строительной площадке при помощи болтов. Конструкция соединительного узла, помещаемого в опалубку перед центрифугированием, позволила обеспечить выпуск полностью готового изделия и отказаться от варианта приварки внешних фланцев после изготовления стоек. Короткие секции обладают повышенной жесткостью, что снижает их повреждаемость при транспортировке. Новые конструкции обладают повышенной долговечностью за счет использования современной арматуры, бетона повышенного класса прочности В60 и водонепроницаемости не ниже W12.

К настоящему времени подготовлена материальная база для разработки Типовых проектов железобетонных опор для ВЛ 220-500 кВ, сборных фундаментов, свай, стоек для опор ВЛ и оборудования ПС всех напряжений с использованием последних конструктивных разработок и научных открытий в области создания бетонов повышенной долговечности. Пройдены важные этапы внедрения современных конструкций в практическое строительство:

1. Подготовлена нормативная база для внедрения современных опор:

- Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» рекомендует использование железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 110 - 750 кВ;

- Нормы технологического проектирования ВЛ напряжением 35-750 кВ (СТО 56947007-29.240.55.016-2008, введенные в действие 20.11.2014) предписывают применение на ВЛ 35-500 кВ железобетонных опор из секционированных стоек;

- В настоящее время любая центрифугированная стойка, запроектированная по ГОСТ 22687-85 и типовым сериям 3.407.1-151 и 3.407.1-152, может быть выполнена в секционированном варианте. Секционированные стойки аттестованы в ПАО «Россети».

- Введен в действие Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.29.120.90.247-2017 «Железобетонные опоры ВЛ 35-750 кВ на базе центрифугированных секционированных стоек. Технические требования».

- Разработана технологическая карта по монтажу типовой опоры 500 кВ, изготовленной в секционированном варианте.

2. Накоплен опыт использования железобетонных опор из секционированных стоек при техническом перевооружении существующих ВЛ.

Опыт замены опоры ПБ500-5Н ВЛ 500 кВ «Тамбов - Пенза-2» на участке Верхне-Донского предприятия МЭС Центра на аналогичную опору из секционированных стоек показал, что процесс объединения секций на строительной площадке не вызвал никаких технических проблем.



Рис. 1. Замена опоры ПБ500-5н на ПБ500-5н(с) на ВЛ 500 кВ Тамбов - Пенза 2

3. Разработаны новые конструкции железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек для конкретных ВЛ напряжением 110, 220, 330, 500кВ.

В качестве примера приведем порталную опору 2СПБ500-3В, спроектированную для условий ВЛ 500 кВ Ростовская - Андреевская - Тамань

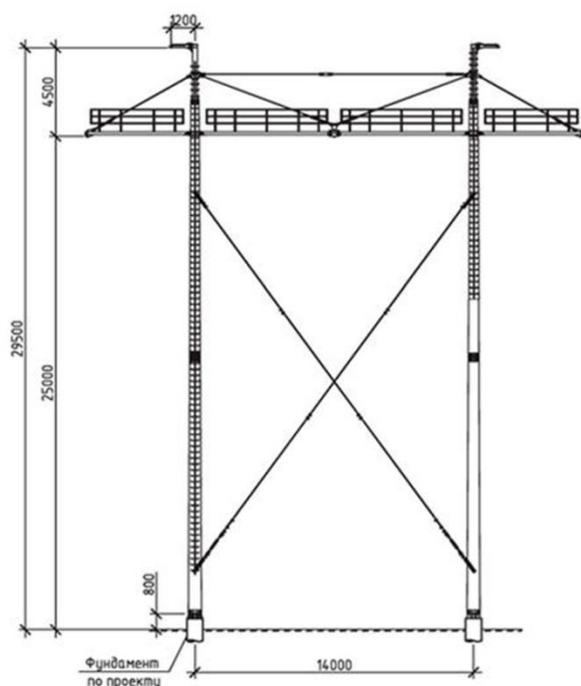


Таблица. Расчётные данные опоры 2СПБ500-3В

Нормативы		Глава 2.5 ПУЭ-7 «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ»								
Расчётные климатические условия		Район по ветру IV (WO=800 Па)		Район по ветру III (WO=650 Па)				Район по ветру II (WO=500 Па)		
		Район по гололёду								
		IV (25 мм)	III (20 мм)	V (25 мм)	IV (25 мм)	III (25 мм)	II (25 мм)	III (25 мм)	II (25 мм)	
		Ветер при гололёде 200 Па		Ветер при гололёде 160 Па						
Провод	Марка		3 x AC 300/66							
	σ Г	МПа	153							
	σ -		153							
	σ Э		102							
Трос	Марка		ОКГ Тц — ... 14,6/88							
	σ мах	МПа	382							
Габаритный пролет, м		290	325	265	295	330	375	330	375	
Ветровой пролет, м		320	325	320	360	395	395	415	495	
Весовой пролет, м		362	406	331	369	412	469	412	469	

Опора рассчитана для работы в условиях высоких ветровых и гололедных нагрузок (до 4 районов по ветру и гололеду). При этом, минимальный габарит между проводом и землей увеличен до 10 м. Каждая коническая стойка опоры состоит из двух секций длиной по 13 м. За счет использования бетона повышенной прочности (класса В60) удалось уменьшить массу арматуры и сократить общую стоимость стоек.. Увеличенный габарит

обеспечен за счет установки опоры на фундаменты, изготовленные из цилиндрических секций диаметром 800мм.

Опоры успешно прошли испытания на полигоне ОРГРЭС. Расчеты стоимости строительства ВЛ500 кВ с ее использованием показали, что за счет невысокой стоимости самих конструкций общие затраты на каждый километр трассы на 30% ниже, чем при использовании металлических опор.

Выводы:

1. Разработка и введение в действие новой унификации опор ВЛ 220-500 кВ даст возможность минимизировать затраты на строительство ВЛ: сократить количество опор, фундаментов, линейной арматуры, изоляции, и, соответственно, затраты на их монтаж и последующую эксплуатацию. Введение в действие новейшей унификации опор ВЛ 220-500 кВ также позволит сократить затраты средств и времени на проектирование.

2. Необходимость разработки- Унифицированных железобетонных опор из секционированных центрифугированных стоек для ВЛ 220-500 кВ;