

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

Сбойчакова Т.И., ведущий инженер

Научно-исследовательская лаборатория конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС) ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Навигационная система электронного стандарта по применению серии железобетонных опор ВЛ 110 кВ

Аннотация

Специалистами НИЛКЭС подготовлен электронный стандарт по применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ из секционированных стоек, необходимость разработки которого обусловлена отсутствием в свободном доступе краткой и достаточно полной информации по проектированию, строительству и эксплуатации серии унифицированных опор нового поколения, разработанных в рамках НИОКР ПАО «Россети Ленэнерго». Введение в действие нового нормативно-технического документа, в котором объемная информация четко структурирована в единые блоки, содержащие интерактивные ссылки для мгновенного перехода к необходимым данным: таблицам, схемам, графикам, обеспечит применение эффективных технических решений, сократит затраты на разработку проектов ВЛ и упростит работу строительного-монтажных и эксплуатирующих организаций.

Ключевые слова: секционированная железобетонная опора, стандарт организации, интерактивная ссылка, проектирование воздушных линий, фундамент, технологическая карта на сборку и установку, эксплуатация.

Актуальность разработки стандарта организации

Современные секционированные железобетонные опоры отличаются меньшей стоимостью изготовления и монтажа по сравнению с металлическими конструкциями. Стоимость строительства ВЛ на железобетонных опорах в среднем на 20-30% ниже.

При сопоставимом сроке службы – более 50 лет. Прочностные характеристики секционированных стоек опор увеличены за счет применения системы армирования с использованием современной канатной арматуры и бетонов повышенной прочности класса В60. Улучшенные характеристики бетона по показателям водонепроницаемости и морозостойкости обеспечивают повышенную долговечность стоек и сокращают потребность в ремонтах на протяжении всего срока службы новых железобетонных опор.

Секционирование стоек позволяет отказаться от использования спецтранспорта, который применяется для длинномерных конструкций старой унификации, тем самым сокращаются сроки и стоимость доставки опор на объекты строительства или реконструкции.

Запатентованная конструкция внутреннего фланцевого соединения с направляющими ребрами, которая помещается в стандартную опалубку, обеспечивает необходимое качество изделий, сокращая при этом затраты на их изготовление.

Монтаж опор осуществляется путем их погружения в пробуренный котлован. А возможность установки опор на фундамент расширяет область их применения: например, при необходимости поднять высоту подвески проводов, увеличить пролеты или установить опоры в сложных грунтовых условиях.

С целью сокращения затрат на этапах строительства, реконструкции и эксплуатации ВЛ 110 кВ за счет использования современных железобетонных опор из секционированных стоек в период с 2016 по 2018 год сотрудниками НИЛКЭС была выполнена объемная научно-исследовательская работа, в рамках которой:

- разработана конструкторская документация базовой серии на 23 типа новых железобетонных опор из секционированных стоек,
- с изготовлением опытных образцов опор и проведением их испытаний,
- подготовлена серия нормативно-технической документации.

Результаты НИОКР включены в реестр инновационных решений, рекомендуемых к применению на объектах ДЗО ПАО «Россети» (№18-028-0067/1).

Экономический эффект от применения опор, разработанных в рамках НИОКР, оценивается в более, чем 800 тысяч рублей на каждый километр одноцепной ВЛ 110 кВ.

Все разработанные железобетонные опоры ВЛ 110-500 кВ доступны в электронном каталоге на сайте www.nilkes.ru. Обзорная информация по опорам представлена в различных вариантах и форматах. Есть возможность скачать полный каталог в формате PDF, либо воспользоваться электронным каталогом на сайте, где доступны обзорные листы, схемы опор и расширенная информация: область применения, масса изделий, а также трехмерные модели опор, где можно посмотреть отдельные узлы конструкции.

С целью сделать более доступным необходимый для проектирования и применения современных железобетонных опор объем документации, выполненной в рамках НИОКР, разработан электронный Стандарт ПАО «Россети Ленэнерго» в трех частях.

Состав стандарта организации

Под общим наименованием «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» объединены:

- часть 1. Руководство по проектированию ВЛ;
- часть 2. Технологические карты на сборку и установку опор и фундаментов;
- часть 3. Типовая инструкция по эксплуатации опор.

Руководство по проектированию содержит:

- основные конструктивные решения для железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек и фундаментов к ним, разработанных в рамках проекта №16.006.
- указания по проектированию ВЛ 110 кВ с применением железобетонных опор новой унификации, в том числе: указания по закреплению обычных опор и опор, устанавливаемых на фундамент, с применением, специально разработанных для предварительного подбора способа закрепления всех конструкций, графиков несущей способности опор в 56 типах грунтов, представленных в СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».

Технологические карты на сборку и установку опор и фундаментов предназначены для подготовки ППР, разрабатываемого для выполнения строительно-монтажных работ на конкретном объекте и учитывающего все условия их выполнения. Они составлены в соответствии с Руководством по разработке и утверждению технологических карт в строительстве и СТО ПАО «ФСК ЕЭС» «Методические указания по разработке технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ» и содержат информацию:

- о потребностях в материально-технических ресурсах,
- об организации и технологии выполнения работ с основными схемами сборки и монтажа для всех типов конструкций,
- калькуляцию трудовых затрат на сборку и установку,
- операционный контроль при выполнении работ,
- требования охраны труда и пожарной безопасности.

Типовая инструкция по эксплуатации опор предназначена для руководителей электросетевых компаний, инженерно-технического

персонала, электромонтеров, диспетчеров и для работников, занятых техническим обслуживанием и капитальным ремонтом, реконструкцией, перевооружением и строительством воздушных линий электропередачи. Она является дополнением к Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ только в части строительства, эксплуатации и реконструкции ВЛ 110 кВ на железобетонных опорах из центрифугированных секционированных стоек.

Структура руководства по проектированию

Руководство по проектированию ВЛ содержит 12 приложений, где в форме таблиц и рисунков представлены:

- обзорные листы железобетонных опор
- области их применения
- электрические габариты
- нагрузки и т.д.

Несмотря на то, что первая часть СТО – Руководство по проектированию ВЛ содержит довольно значительный объем информации, основной текст представлен на 27 страницах.

Поскольку изначально подразумевалось использование именно электронной версии стандарта, доступной на сайте организации в соответствующем разделе, было принято решение о создании единого документа (без разделения на отдельные тома и книги) с применением перекрестных ссылок для удобства пользователя и мгновенного перехода к нужной информации. Таким образом, в электронной версии стандарта ПАО «Россети Ленэнерго» имеются сводные таблицы с рабочими ссылками и отдельные ссылки, которые выделены синим цветом с подчеркиванием, позволяющие быстро перемещаться по документу.

Например, на рисунке Л.1 приложения Л СТО представлен обзорный лист разработанных фундаментных секций для закрепления в грунте опор, устанавливаемых на фундамент, которые имеют соответствующий ответный фланец в нижнем торце стойки (см. рис. 1).

Назначение	Анкерно-угловые опоры		Промежуточные опоры	
	Эскиз фундамента			
Марка фундамента	СЦФ50.80.1-1	СЦФ67.80.1-1	СЦФ50.80.2-1	СЦФ67.80.2-1
Масса фундамента, т	2,87	3,73	2,75	3,57

Рисунок 1 – Обзорный лист фундаментов

Фундаменты для анкерно-угловых опор имеют закладную деталь диаметром 800 мм, а в закладной детали фундаментных секций для промежуточных опор верхний диаметр составляет 650 мм под стандартную коническую стойку. Каждый тип фундамента разработан длиной 5 м и 6,7 м (таким образом, что в одной 20-метровой форме одновременно изготавливаются 4 фундаментных секции длиной 5 м или 3 секции длиной 6,7 м).

Для предварительного подбора закрепления опор в грунте в приложении Н представлены результаты расчетов в виде графиков несущей способности, выполненных в соответствии с «Пособием по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83)» для 56 типов грунтов, представленных в СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».

Всего в приложении Н содержится 280 графиков, это 140 страниц документа. Сводная таблица с перечнем рисунков (см. рис. 2) позволяет быстро найти необходимую информацию, при выборе конкретной ссылки пользователь сразу же попадает на соответствующую страницу СТО с нужным графиком.

Таблица Н.2 – Перечень графиков несущей способности фундаментных секций по грунту

Грунт	Номер грунта	f_1	C	e	E	СЦФ50.80.1-1	СЦФ67.80.1-1	СЦФ50.80.2-1	СЦФ67.80.2-1
Пески крупные и гравелистые	1	43	2	0,45	50	рисунок Н.57	рисунок Н.58	рисунок Н.59	рисунок Н.60
	2	40	1	0,55	40	рисунок Н.61	рисунок Н.62	рисунок Н.63	рисунок Н.64
	3	38	0	0,65	38	рисунок Н.65	рисунок Н.66	рисунок Н.67	рисунок Н.68
Пески средней крупности	4	40	3	0,45	50	рисунок Н.69	рисунок Н.70	рисунок Н.71	рисунок Н.72
	5	38	2	0,55	40	рисунок Н.73	рисунок Н.74	рисунок Н.75	рисунок Н.76
	6	35	1	0,65	30	рисунок Н.77	рисунок Н.78	рисунок Н.79	рисунок Н.80
Пески мелкие	7	38	6	0,45	48	рисунок Н.81	рисунок Н.82	рисунок Н.83	рисунок Н.84
	8	36	4	0,55	38	рисунок Н.85	рисунок Н.86	рисунок Н.87	рисунок Н.88
	9	32	2	0,65	28	рисунок Н.89	рисунок Н.90	рисунок Н.91	рисунок Н.92
	10	28	0	0,75	18	рисунок Н.93	рисунок Н.94	рисунок Н.95	рисунок Н.96
Пески пылеватые	11	36	8	0,45	39	рисунок Н.97	рисунок Н.98	рисунок Н.99	рисунок Н.100
	12	34	6	0,55	28	рисунок Н.101	рисунок Н.102	рисунок Н.103	рисунок Н.104
	13	30	4	0,65	18	рисунок Н.105	рисунок Н.106	рисунок Н.107	рисунок Н.108
	14	26	2	0,75	11	рисунок Н.109	рисунок Н.110	рисунок Н.111	рисунок Н.112
Супеси пластичные $0 \leq I_p \leq 0,25$	15	30	21	0,45	32	рисунок Н.113	рисунок Н.114	рисунок Н.115	рисунок Н.116
	16	29	17	0,55	24	рисунок Н.117	рисунок Н.118	рисунок Н.119	рисунок Н.120
	17	27	15	0,65	16	рисунок Н.121	рисунок Н.122	рисунок Н.123	рисунок Н.124
	18	24	13	0,75	10	рисунок Н.125	рисунок Н.126	рисунок Н.127	рисунок Н.128

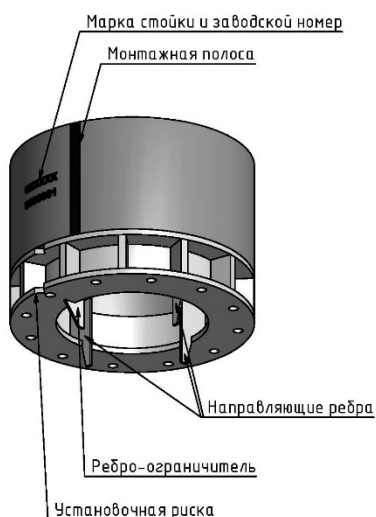
Рисунок 2 – Пример сводной таблицы с активными ссылками

Особенности технологических карт на сборку и установку опор

В технологических картах на сборку и установку опор и фундаментов подробно расписаны все операции по организации работ со схемами монтажа и таблицами с калькуляциями трудозатрат на каждую опору и фундамент. Всего разработано 15 технологических карт, которые снабжены общей частью с интерактивными ссылками на приложения с узлами и схемами сборки и установки конструкций.

Особое внимание уделено описанию процесса сборки секционированных стоек. Стойки собираются из верхней и нижней секций, имеющих единый заводской порядковый номер (т.е. изготовленных в одной форме). Ориентация секций относительно друг друга определяется тремя направляющими и одним фиксирующим ребрами узла фланцевого соединения и контролируется совмещением установочных рисок и маркировочных указателей на боковой поверхности каждой секции (см. рис. 3).

а) верхняя секция стойки



б) нижняя секция стойки

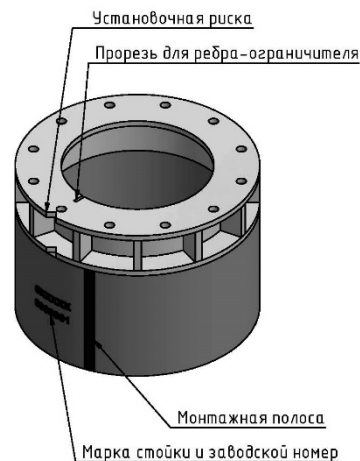


Рисунок 3 – Закладные детали секционированных стоек

Краткое описание инструкция по эксплуатации

Третья часть СТО является дополнением к Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ в части строительства и эксплуатации ВЛ 110 кВ на железобетонных опорах из центрифугированных секционированных стоек.

За счет использования при изготовлении стоек бетона класса прочности В60 с улучшенными характеристиками по водонепроницаемости и морозостойкости, современные опоры имеют повышенную долговечность и сокращают потребность в ремонтах на протяжении всего срока службы железобетонных опор (более 50 лет).

Для безопасного подъема и осуществления технического обслуживания все опоры с отметки 3 метров от поверхности земли снабжены универсальной лестницей со специальными открытыми петлями для организации гибкой анкерной линии (см. рис. 4).



Рисунок 4 – Промежуточная опора СПБ110-2 с лестницей, снабженной анкерными петлями, на ВЛ 110 кВ в Республике Башкортостан

Выводы и заключение

Стандарт организации «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» разработан таким образом, что объемная информация о серии унифицированных опор сведена в единые блоки. Все необходимые для проектирования, строительства и эксплуатации данные могут быть легко найдены в СТО за счет снабжения документа серией навигационных (сводных) таблиц и удобным интерфейсом за счет использования интерактивных ссылок для мгновенного перехода к необходимым данным: таблицам, схемам, графикам и нормативной документации.

Руководство по проектированию содержит полный объем информации, необходимый для формирования готовых решений по строительной части проекта ВЛ, в том числе для прохождения Экспертизы. Приведенная информация: конструктивные решения, расчеты элементов и несущей способности опор в различных грунтах, позволяет сократить время и объем

работ по разработке конструктивных решений ВЛ, выполнению расчетов и подбору закрепления.

Широкий доступ к *серии технологических карт на сборку и установку* опор и фундаментов позволит сократить до минимума затраты на разработку проекта организации строительства (ПОС), составление локальных смет при проектировании, обеспечив упрощение разработки проекта производства работ (ППР) и правильность монтажа при строительстве.

Подробные *инструкции по эксплуатации* современных железобетонных опор упростят работу и повысят качество обслуживания ВЛ за счет наличия четкой информации об особенностях контроля опор из секционированных стоек.

НИЛКЭС выражает огромную благодарность всем, кто принял участие в корректировке первой редакции проекта стандарта организации.

После утверждения окончательная версия электронного стандарта будет доступна на сайте www.nilkes.ru и на сайте ПАО «Россети».