

Новые железобетонные конструкции для выборочной замены опор магистральных линий электропередачи

В статье обобщен опыт разработки железобетонных опор из секционированных стоек, которые предназначены для замены конструкций магистральных линий, получивших недопустимые дефекты. Сделан вывод о целесообразности разработки железобетонных опор-аналогов взамен устаревших железобетонных и металлических конструкций ВЛ 220, 330, 500 кВ. Плановое замещение опор позволяет сохранять надежность воздушных линий на требуемом уровне при минимальных затратах на закупку и эксплуатацию.

Качановская Л.И.,

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

Калиновский И.Н.,

заместитель начальника
Департамента управления
производственными активами —
начальник управления эксплуатации
ВЛ ПАО «ФСК ЕЭС»

Романов П.И.,

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

Касаткин С.П.,

начальник сектора НИЛКЭС ООО
«ПО «Энергожелезобетонинвест»

Сбойчакова Т.И.,

ведущий инженер НИЛКЭС ООО
«ПО «Энергожелезобетонинвест»

Ключевые слова:

железобетонная опора,
секционированная стойка,
центрифугированная фундаментная
секция, выборочная замена опор,
опора аварийного резерва

Статистика аварийности ВЛ 220–500 кВ показывает, что даже те опоры, которые эксплуатируются уже более 35–50 лет, часто не выработали свой ресурс в полной мере и при соответствующем техническом обслуживании могут использоваться еще не один десяток лет. В этой ситуации, с экономической точки зрения, для поддержания надежности магистральных электрических сетей целесообразно проведение плановой выборочной замены конструкций, накопивших недопустимые дефекты.

Выборочной замены требуют как металлические, так и железобетонные опоры, некоторые из которых разработаны до массовой унификации. Техническая документация, достаточная для их производства, во многих случаях отсутствует. Кроме того, отдельные типы железобетонных стоек для опор ВЛ уже невозможно изготовить, так как их выпуск прекращен еще в советское время и у заводов нет соответствующих металлоформ.

С 2014 года для замены дефектных железобетонных опор используются модификации типовых конструкций, выполненные с применением секционированных конических центрифугированных стоек длиной 22,6 и 26 м [1, 2]. Если замене подлежат опоры,

входящие в унификацию 60–70-х годов, то могут использоваться те же марки опор с изготовленным стоек в секционированном варианте. Для более старых типов конструкций предлагаются разработанные им на замену конструкции-аналоги из более поздних унификаций железобетонных опор прошлого века. В отдельных случаях, разрабатываются недостающие чертежи конструкций на основании габаритных размеров опор и нагрузок в конкретных условиях эксплуатации.

ЗАМЕНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР ВЛ 220, 330, 500 кВ

Приведем примеры разработки модифицированной версии старых опор.

В эксплуатации находится большое количество одностоечных одноцепных железобетонных опор типа П220, разработанных еще до выхода унифицированной серии. Они были разработаны на базе цилиндрической стойки типа СН длиной 22,2 м, диаметром 560 мм. В настоящее время такие стойки не изготавливаются. Для замены данных опор с полным совпадением всех геометрических габаритов подвески проводов, разработана новая опора **П220-С**, которая может быть использована на те же нагрузки, что и опора П220. Особенностью

П220-С является использование более мощной конической стойки типа СК длиной 26 м, выполненной в секционированном варианте. Увеличенная высота стойки позволила отказаться от металлической тросостойки, сократив металлоемкость опоры.

Необходимо подчеркнуть, что новые железобетонные секционированные стойки, изготавливаемые в стандартных опалубках, могут быть дополнительно армированы для увеличения их несущей способности. Максимально допустимый изгибающий момент в заделке достигает 75 т·м. Для сравнения, у типовых стоек СК по ГОСТ 22687-85 эта величина находится в пределах 45–55 т·м. Такой показатель обеспечивается в том числе и за счет использования современных бетонов, обладающих повышенной прочностью (В60), водонепроницаемостью (не менее W14), морозостойкостью (не менее F₄₀₀). Комплекс этих характеристик обеспечивает повышенную долговечность опор, которая становится сопоставимой с параметрами металлических многогранных конструкций (60–70 лет).

Новые возможности в использовании железобетонных опор открылись после разработки конструкции фундамента, установка стойки на который позволила существенно поднять высоту подвески провода [3]. Соединительный узел фланцевого типа обеспечил надежное соединение нижнего торца стойки с цилиндрической фундаментной секцией. Прочность закрепления опоры в грунте достигается за счет увеличенного диаметра секции (800 мм вместо 650 мм в основании конической стойки) и возможностью выбора ее длины (5 м или 6,7 м в стандартных вариантах). Появилась возможность говорить о «Повышенных железобетонных опорах». Повышенные железобетонные опоры могут теперь с успехом конкурировать с металлическими, которые изначально не имеют технологических ограничений по высоте конструкции.

При необходимости поднять габарит от провода до земли можно заменить обычные опоры трассы ВЛ на повышенные. Для этой цели, например, одностоечная типовая опора ПБ220-1 была «установлена на фундамент». Новая конструкция **СПБ220-1Ф** рассчитана на те же условия, но ее секционированная стойка обладает повышенной прочностью для восприятия дополнительных нагрузок, связанных с увеличением высоты подвески провода.

Отсутствие чертежей для двухстоечной двухцепной опоры (ПБД220-2) на ВЛ 220 кВ Костромская ГРЭС — Кострома потребовало съемки уровня подвески гирлянд изоляторов. Опора достаточно массивная, поэтому для возможности замены таких опор и на других объектах был выполнен сбор и анализ информации о типах проводов, тросов и разновидностях климатических районов установки конструкций. Новая опора **ПБД220-2К(с)**, представляющая собой две одностоечные опоры, объединенные единой затяжкой на уровне траверс, выполнена в секционированном варианте. Она рассчитана на все возможные варианты условий эксплуатации опоры прототипа.

По той же причине потребовалось разработать новые чертежи для замены специальной одностоечной двухцепной опоры ВЛ 220 кВ Каширская ГРЭС — Ока (ПБД220-1), на которой подвешены тяжелые для этого напряжения провода — АС500/64. Конструкция новой опоры **СПБ220-4КО** повторяет геометрию существующей, но выполнена на современных секционированных стойках с усиленным армированием.

Опора спроектирована в соответствии с ПУЭ-7 и может быть использована при новом строительстве.

Аналогичный подход использован и при разработке модифицированных опор для ВЛ 330 и 500 кВ.

Взамен устаревшего варианта порталной конструкции ПБС330-1А и унифицированной

опоры ПБ330-1 более поздней разработки, предложено единое решение: **ПБ330-1(с)** из секционированных стоек повышенной долговечности.

Для замены сразу нескольких типов опор ВЛ 500 кВ, изначально использовавших цилиндрические стойки диаметром 560 мм (ПБ500, ПБС500, ПБС500-2), предложена более современная конструкция **ПБ500-5н(с)**, изготовленная на базе конических секционированных стоек.

ЗАМЕНА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР ВЛ 220, 330, 500 кВ

Достаточная высота подвески проводов и необходимая прочность стоек позволили разработать специальную опору для замены целой серии металлических опор ВЛ 220 кВ. Новая железобетонная свободностоящая опора порталного типа **2СПБ220-1В** (рисунок 1), установленная на фундаментах, может быть использована вместо металлических опор типа «рюмка» (ПШ-1, ПШ-2, ПВ-1) и порталных опор на оттяжках (ПМО-1), документация на которые не сохранилась. Все три типа опор, несмотря на разницу в расчетных схемах, объединены едиными требованиями: расположение всех проводов в одном уровне, сохранение вы-

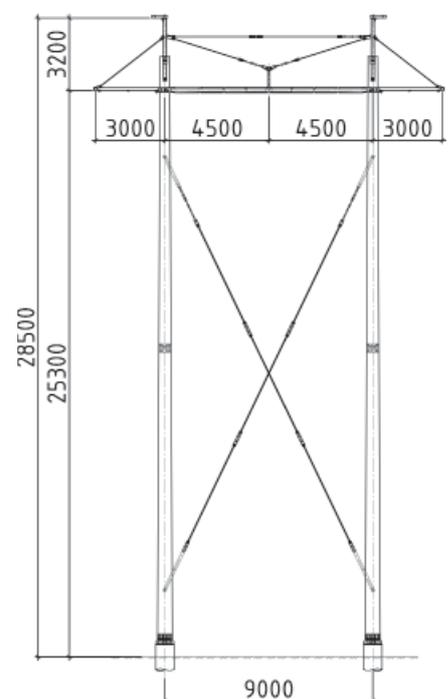


Рис. 1. Схема опоры 2СПБ220-1В

соты подвески проводов (25,3 м) и расстояний между ними (7,5 м). Анализ паспортов ВЛ, на которых эксплуатируются такие конструкции, позволил установить все типы проводов (АС300/66, АС400/51, АС400/64, АС400/93, АС500/66), тросов (С-70 и 11-МЗ-В-ОЖ-Н-Р) и варианты климатических нагрузок (I–III районы по ветру и гололеду), встречающихся в эксплуатации. Новая опора рассчитана в соответствии с требованиями ПУЭ-7, поэтому ее можно использовать не только для замены опор, вышедших из эксплуатации, но и при новом строительстве.

Наличие единой конструкции, которая может заменить несколько типов эксплуатируемых опор, позволяет сократить номенклатуру аварийного резерва и упрощает вопросы плановой замены конструкций.

Перечень железобетонных опор ВЛ 220, 330, 500 кВ, разработанных НИЛКЭС для замены находящихся в эксплуатации железобетонных и металлических конструкций, приведен в таблице 1.

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗРАБОТКИ ЖЕЛЕЗО- БЕТОННЫХ ОПОР ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

На сегодняшний день в эксплуатационном обслуживании ПАО «ФСК ЕЭС» находится свыше 127 тыс. км ВЛ 220–500 кВ. Около половины ВЛ были построены в 1970-х годах, из них более 75% выполнены на металлических опорах.

Анализ конструктивных решений серии одноцепных опор ВЛ 500 кВ, требующих плановой замены в связи с большим сроком службы и накоплением дефектов, позволил сделать вывод, что

возможна разработка современных железобетонных опор-аналогов для двух принципиальных схем металлических порталных опор:

- на оттяжках (типа ПО, ПОБ, ПОИМ, ПБ-1, ПС-1, ПСЦ-1);
- свободностоящих (типа П, П-1, П-2, ПМ).

Все они имеют высоту подвески провода порядка 27 м. Документация на большинство этих опор не сохранилась. На рисунке 2 для примера приведены фото опор, на которые нет конструкторской документации.

Хорошо зарекомендовавшая себя схема железобетонных порталных опор на оттяжках, применяемая и для ВЛ 330 кВ (ПБ16), и для ВЛ 500 кВ (ПБ17), может быть с успехом выполнена из современных секционированных конических стоек СК взамен цилиндрических стоек типа СН.

Табл. 1. Секционированные железобетонные опоры ВЛ 220, 330, 500 кВ для замены находящихся в эксплуатации конструкций [4]

Заменяемая опора		Опора, предлагаемая для замены	
Марка опоры	Стойка по проекту	Секционированная стойка	Марка опоры
ПБ220-1	СК5, СК4а, СК5п	СК26.1-6.1-СБ.К.Д	ПБ220-1(с)
П220	СН220, СН220п(пр)	СК26.1-2.1-СБ.К.Д.М2	П220-С
ПБ220-3	СК7	СК26.1-6.1-СБ.К.Д	ПБ220-3(с)
ПСБ220-1	СК2, СК2п(пр)	СК22.1-2.1-СБ.К.Д	ПСБ220-1(с)
ПБД220-1 ВЛ Каширская ГРЭС — Ока	СК	СКС260.65-10	СПБ220-4КО
ПБД220-2 ВЛ Костромская ГРЭС — Кострома	СК5	СК26.1-2.1-СБ.К.ДМ	ПБД220-2К(с)
ПВ-1 (стальная типа «рюмка»)	–	СКС260.65-11	2СПБ220-1В
ПШ-1, ПШ-2 (стальная типа «рюмка»)	–		
ПМО-1 (стальная порталная на оттяжках)	–		
ПВС330А-1	Б30п	СК26.1-6.1-СБ.К.Д	ПБ330-1(с)
ПБ330-1	СК5, СК4а, СК5п		
ПБ330-7н	СК15	СК26.1-6.1-СБ.К.Д	ПБ330-7н(с)
ПБ500	СЦ4, СЦ4-1, СЦ4п(пр)	СК26.1-6.1-СБ.К.Д	ПБ500-5н(с)
ПВС500	СЦ4а		
ПВС500-2	СЦ5		
ПБ500-5н	СК15		



Рис. 2. Опоры ВЛ 500 кВ: а) ПСЦ-1 на оттяжках; б) П-2 свободностоящая

При разработке опор-аналогов для замены существующих опор высокого напряжения целесообразно использовать схожую схему опоры, сохранять высоту подвески проводов и расстояния между ними. Такой подход позволит избежать проблем с землеотводом и сэкономить на фундаментах в случае их удовлетворительного состояния.

Незначительная модификация конструкций в части рас-

стояний между стойками, размеров траверс и тросостоек даст возможность обеспечить необходимое положение проводов на старых и новых опорах линий электропередачи. Также это позволит оптимизировать количество опор, применяемых в качестве аварийного резерва, стандартизировать их транспортировку и монтаж.

В НИЛКЭС продолжаются работы по созданию современ-

ных железобетонных опор для ВЛ 220, 330 и 500 кВ. Наличие таких решений обеспечит аварийный резерв для целой серии металлических и железобетонных опор магистральных линий, существенно сократив затраты на них. А плановая замена опор ВЛ позволит гарантировать надежность линий, не допуская выхода из строя основных конструкций на трассах. 

ЛИТЕРАТУРА:

1. Качановская Л.И., Романов П.И. Секционированные центрифугированные железобетонные стойки для ремонта и технического перевооружения ВЛ 35–500 кВ. Опыт применения на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2016, № 6(39). С. 72–75.
2. Качановская Л.И., Романов П.И., Касаткин С.П. Современные проекты секционированных железобетонных опор для уменьшения стоимости воздушных линий электропередачи // Энергетик, 2020, №1. С. 3–9.
3. Качановская Л.И., Касаткин С.П., Романов Ф.К. Свободностоящие порталые опоры для ВЛ 220, 330, 500 кВ — новый виток развития железобетонных конструкций // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2020, № 1(58). С. 44–47.
4. Альбом железобетонных опор ВЛ 35–500 кВ. Модификации унифицированных опор на базе секционированных стоек. Проект 16.003. СПб: НИЛКЭС, 2019. URL: <https://www.nilkes.ru/blank-8>.