

Основные преимущества железобетонных опор по сравнению со стальными известны:

- простота монтажа (стойка опоры устанавливается в пробуренный котлован);
- стоимость изготовления и монтажа опор из центрифугированных стоек в 2,8 раза ниже стоимости решётчатых опор, рассчитанных на восприятие тех же нагрузок;
- стоимость строительства ВЛ с применением железобетонных опор в среднем на 30% ниже стоимости строительства ВЛ с применением стальных решётчатых и многогранных опор.

Этими факторами обусловлена экономическая эффективность их применения, которая явилась основанием для широкого внедрения в СССР серии унифицированных железобетонных опор напряжением 35–750 кВ в 1960–1990х годах.

Последнее десятилетие опоры из центрифугированного железобетона не были рекомендованы к применению на электросетевых объектах в связи с выявленными в процессе эксплуатации недостатками:

- большой процент дефектов при изготовлении опор, обусловленный малой автоматизацией и технологическим процессом производства;
- необходимость применения специального транспорта для перевозки опор и получения разрешения на провоз изделий к месту стройки в связи с фиксированной длиной стоек 22,6 и 26 м;
- сокращение долговечности конструкций за счёт полученных при неправильной транспортировке и складировании повреждений;
- необходимость установки ригелей для закрепления опор в грунтах с низкой несущей способностью (что влечёт увеличение объёма работ и стоимости монтажа), обусловленная невозможностью увеличения глубины заделки опор ниже 3 м без нарушения габаритных расстояний из-за фиксированной длины стоек;
- несоответствие стоек и опор ВЛ на их основе требованиям действующих нормативных документов (по трещиностойкости,



Рис. 1. ВЛ 750 кВ Запорожская АЭС – ПС «Запорожская»

толщине защитного слоя, устойчивости заглублённой в грунт части стойки к воздействию горизонтальных сил и изгибающего момента), а также увеличение расчётных нагрузок на опоры, вызванное ужесточением требований ПУЭ-7, приводят к необходимости резкого сокращения пролётов опор, увеличению количества опор и фундаментов, линейной арматуры и гирлянд изоляторов на каждый километр трассы ВЛ.

При этом опыт эксплуатации железобетонных опор на территории РФ показывает, что при обеспечении технологий производства, транспортировки и монтажа стоек долговечность железобетонных центрифугированных опор сопоставима с долговечностью стальных многогранных опор.

Закладываемая при проектировании надёжность железобетон-

ных опор выше надёжности металлических в силу существенных отличий требований нормативной документации по расчёту железобетонных и стальных конструкций, а также в силу более строгих требований, предъявляемых при механических испытаниях опор ВЛ. В апреле 2013 года на ВЛ 330 кВ Новая Каховка – Джанкой произошла авария, которая привела к отключению Севастополя от электроэнергии на два часа и перебоям в электроснабжении Симферополя. Авария на линии электропередачи и отключение двух параллельных ВЛ 330 кВ, питающих Крым, были вызваны падением металлической опоры из-за шквального ветра с порывами до 30 м/с. Железобетонные опоры на параллельной ВЛ 330 кВ остались в работоспособном состоянии несмотря на усугубившее сверхнормативные ветровые воздействия падение ме-

Рис. 2. Аварийная ситуация на ВЛ 330 кВ Н. Каховка — Джанкой в апреле 2013 года



Рис. 3. Металлоформы для изготовления железобетонных центрифугированных секций диаметром 800 мм на заводе «Рыбинскэнергожелезобетон», г. Рыбинск



таллической опоры непосредственно на провода ВЛ (рис. 2).

За последние 30 лет технология изготовления стоек из центрифугированного железобетона существенно изменилась. На заседании Рабочей группы представителем крупнейшего в России производственного объединения по производству железобетонных изделий ПО «Энергожелезобетонинвест» Владимиром Кустовым были представлены основные этапы технологического процесса производства. Для обеспечения качества и гарантированного срока эксплуатации центрифугированных опор осуществляется строгое

соблюдение технологии изготовления на всех этапах производства при максимальной автоматизации технологических процессов. Собственная аттестованная лаборатория предприятия осуществляет контроль качества всех материалов, поступающих в производство, с занесением каждой партии в базу данных предприятия. Приготовление бетонной смеси осуществляется автоматически с фиксированием рецепта приготовления в базе данных. Формирование металлического каркаса изделия производится натяжением арматуры для создания предварительно-напряжённой конструкции

и передачей натяжения на опалубку. Опалубка представляет собой разъёмную коническую или цилиндрическую металлоформу (рис. 3). После закладки бетонной смеси опалубка помещается на специальную машину для автоматического центрифугирования и затем с изделием устанавливается в электромагнитную камеру для нагрева и пропаривания — создания необходимого для твердения бетонной смеси температурно-влажностного режима. Каждый этап технологической цепочки, а также результаты контрольных и периодических испытаний фиксируются в базе данных предприятия.

Преимущества железобетонных опор и автоматизация технологии производства, гарантирующая высокое качество и долговечность центрифугированного железобетона, позволили предложить новое техническое решение изготовления железобетонных центрифугированных опор, — из секционированных стоек. Новое поколение железобетонных опор, которые будут соответствовать требованиям действующих нормативных документов, позволит избежать известных недостатков:

- изменение армирования для соответствия требованиям по трещиностойкости повысит жёсткость стойки, что минимизирует повреждения при транспортировке;
- увеличение толщины защитного слоя уменьшит начальное внутреннее напряжение в бетоне, что увеличит долговечность конструкций;
- применение современных составов бетонной смеси и автоматизация производства исключат дефекты при изготовлении стоек;
- секционирование стоек на элементы длиной до 11,3 м решит проблемы транспортировки и складирования;
- масса каждой секции составит 2–4 т, что позволит применять стандартную технику для монтажа и установки опоры;
- обеспечение необходимой несущей способности грунта основания при безригельной установке стойки в грунт достигается варьированием длины и диаметра фундаментной секции.

Изготовление опор из секций различного диаметра позволит оптимизировать опору для конкретной ВЛ и приведёт к уменьшению материалоемкости линии. За счёт большей несущей способности секционированных стоек по сравнению с существующими пролёты железобетонных опор сопоставимы с пролётами стальных опор, что приводит к сокращению стоимости изготовления и монтажа конструкций в 1,6 и 2,8 раза по сравнению с использованием многогранных или решетчатых конструкций соответственно. Применение железобетонных опор на ВЛ 0,4 и 6–10 кВ также экономически оправданно.

При реконструкции ВЛ существующие железобетонные опоры могут быть заменены на более мощные железобетонные опоры нового поколения без сокращения пролётов с соблюдением требований ПУЭ-7. Установка новых опор на место старых позволит избежать необходимости организации дополнительного землеотвода с изменением кадастровых номеров участков под опоры.

Проект применения железобетонных опор нового поколения получил одобрение эксплуатирующих, строительно-монтажных и проектных организаций, в том числе ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «ЦИУС ЕЭС», в соответствии с решениями протокола международной научно-практической конференции «Опоры для умных сетей: проектирование и реконструкция», прошедшей 24–27 июня 2013 года в Санкт-Петербурге.

Производственные мощности современных производителей железобетонных изделий подготовлены к массовому производству центрифугированных секционированных стоек. При приготовлении бетонной смеси в рецепт могут быть добавлены цветообразующие добавки, не снижающие её прочностных характеристик, но повышающие эстетические свойства изделия.

Технической политикой ОАО «Россети» опоры ВЛ из железобетонных центрифугированных секционированных стоек рекомендованы к применению на объектах ОАО «Россети».

На заводе ООО «Рыбинскэнергожелезобетон», входящем в ПО

Рис. 4. Железобетонная центрифугированная секционированная стойка на выставке «Электрические сети России-2013»



Рис. 5. Диплом и золотая медаль выставки «Электрические сети России-2013»



«Энергожелезобетонинвест», изготовлены и проведены успешные испытания опытных образцов секционированных стоек нового поколения. Образцы этих стоек были представлены на выставках «Инновации. Бизнес. Образование», г. Ярославль, и «Электрические сети России-2013», г. Москва (рис. 4). За разработку железобетонной центрифугированной секционированной стойки коллектив разработчиков был награждён Золотой медалью выставки «Электрические сети России-2013» (рис. 5).

По итогам совещания Рабочей группы ОАО «Россети» работа по созданию унифицированных железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 35–500 кВ признана перспективной. Проект комплексной целевой программы по внедрению железобетонных опор нового поколения на объектах ОАО «Россети» будет обсуждаться на следующем совещании Рабочей группы с участием ДЗО ОАО «Россети». Осуществление первого пилотного проекта по внедрению железобетонных опор на ВЛ 110 кВ планируется в ОАО «Ленэнерго».