



Индивидуальное и типовое проектирование конструкций ВЛ 110кВ и выше: состояние, задачи, перспективы.

АО «ЦИУС ЕЭС»

**Руководитель Управления подстанций
и линий Кузьмин А.В.**

11 декабря 2017 г.





Уважаемые коллеги!

В предыдущих выступлениях на конференциях с аналогичной тематикой более пристальное внимание уделялось актуальным вопросам электросетевого строительства. Сложившаяся ситуация требует обратить более пристальное внимание именно на состояние электросетевого проектирования.

Вообще говоря задача эта – государственная. И должна решаться централизованно. Тем не менее, ситуация такова, что в два последних десятилетия электросетевое проектирование было вовлечено в рыночную стихию со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Немного истории. Более полувека назад Приказом Министра строительства электростанций № 127 от 27.06.1962г. был основан Всероссийский проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Энергосетьпроект».

Тогда же, в 1962-м году приказом того же Министерства от 29 июня № 133 была сформирована сеть отделений, как их тогда назывались.

Слева отображена структура, как она была сформирована в 1962-м году. В дальнейшем появились Грузинское, Тульское, Армянское, Челябинское ... и др. отделения.

Так была создана структура, составляющая инженерный и научный фундамент электросетевого проектирования.

Институт Энергосетьпроект

ОДП
Горьковский отдел
Северо-Западное отделение
Южное отделение (Р-н-Д)
Уральское отделение (Ек.)
Сибирское отделение (Новос.)
Томский отдел
Иркутский отдел

Латвийское отделение
Белорусский отдел
Украинское отделение (Хар.)
Днепропетровский отдел
Львовский отдел
Киевский отдел
Среднеазиатское отделение
Казахский отдел



По состоянию на конец 2017-го года практически завершился процесс распада традиционной, сформированной во времена СССР структуры электросетевого проектирования.

Проектирование осуществляется многочисленными проектными организациями, из которых ни одна не имеет надлежащего опыта проектирования и не способна обеспечить выполнения всего объёма работ в соответствии с заданием на проектирование заказчика собственными силами.

Это создаёт серьёзную угрозу энергетической безопасности Страны.

В СССР любые задачи (в том числе и организации проектирования ЭЭС) решались исходя из разработанных на длительный период планов развития. Современное состояние является следствием деструктивных процессов на территории нашей Страны. Вопрос развития Сети в 90-е годы прошлого столетия был пущен на самотёк исходя из господствующего в то время принципа: «Рынок всё расставит по своим местам». Как показала практика новейшей истории Страны, доверять на откуп рынку развитие фундаментальных отраслей, к которым Электроэнергетика безусловно относится, нельзя категорически. Таково состояние.

- Может ли государственное управление в энергетике с этим состоянием мириться?

- Нормальное это состояние, или же аномальное?

- Способны ли многочисленные мелкие проектные организации (то появляющиеся неведь откуда, то исчезающие) обеспечить качество разработки проектно-сметной документации, накопление опыта, преемственность, развитие технического и научного потенциала?

**ОАО «Институт
Энергосетьпроект»**

**Филиал ЭНЕКС (ОАО)
«Южэнергосетьпроект»**

**Прочие проектные
организации**



Таким образом, необходимо ответить на вопрос:

- в какой мере сложившаяся на сегодняшний день электросетевая проектная среда отвечает современным задачам электросетевого строительства?
- какой должна быть новая структура для обеспечения эффективного решения стратегических задач электросетевого проектирования?

Разумеется, объём электросетевого проектирования в настоящее время не сопоставим с советским. Но всё ж, это – значительный объём проектирования нового строительства и реконструкции ВЛ и ПС вплоть до номинала 750кВ. Возможно и постоянного тока.

Из необходимости тотального возрождения отечественной экономики, следует и необходимость развития и укрепления ЕНЭС. Причём сеть будет развиваться не только количественно, но и качественно – усложняться и эволюционировать.

И становится очевидно, что существующая структура электросетевого проектирования (один полнофункциональный институт, и совокупность сравнительно небольших проектных организаций), практически завершающийся процесс перетекания электросетевого конструирования на заводы-изготовители, ни в коей мере не способна обеспечить развитие и не отвечает современным вызовам.

Три возможные варианта развития обозначены справа. Чтобы понять – какой из них предпочесть, необходимо чётко сформулировать задачи, стоящие перед новой структурой электросетевого проектирования в ближайшем будущем.

1. Совокупность мелких проектных организаций, конкурирующих друг с другом. Возможно, с одним «Центральным» институтом.

2. Возрождение в том или ином виде сети проектных организаций, на подобии советской.

3. Некая совокупность первых двух форм.



Задачи новой структуры электросетевого проектирования :

1. Повышение качества и эффективности электросетевого проектирования на основе технического, технологического переоснащения, формирования системы подготовки кадров на долгосрочной основе, стабилизация кадрового состава.

2. Создание и поддержание функционирования интерактивной базы данных всех разработанных до настоящего времени проектов ВЛ, типовых проектов электросетевых конструкций. Методическое обеспечение

3. Формирование и поддержание функционирования интерактивной базы результатов всех видов инженерных изысканий. Эффективное использование результатов изысканий прошлых лет.

4. Анализ отечественного и мирового опыта электросетевого проектирования. Эффективный отбор и аккумуляция лучших практик.

5. Освоение и развитие современных технологий проектирования – цифровое проектирование, построение 3D-моделей, совершенствование программных средств.

6. Развитие индивидуального проектирования – оперативная разработка новых конструкций и материалов под конкретные задачи, разработка новых технологий строительства.

Не претендую на полноту – это задача не уровня доклада конференции...



Становится очевидным, что процессы в проектной отрасли в текущем состоянии не способны обеспечить решение вышеобозначенных задач. «Рыночный механизм» разрушает накопленный опыт, преемственность, кадровую стабильность, накопление знаний, повышение квалификации.

Электроэнергетика – базовая и стратегическая отрасль экономики России. Поэтому развитие Электроэнергетики – Государственная задача. Бизнес и рыночные механизмы могут привлекаться для решения отдельных (не стратегических) задач.

Решение каких задач должны обеспечиваться централизованно, государственными структурами в электросетевом проектировании?

Формирование архива ПСД, базы проектных решений повторного применения, организация НИОКР, разработка типовых конструкций, организация доступа.

Методическое обеспечение. Развитие и актуализация нормативной базы, Государственных и отраслевых стандартов.

Организация и мониторинг индивидуального проектирования. Обеспечение конкурентной среды, контроль качества, экспертиза, испытания.

Структура электросетевого проектирования



Возможный вариант современной структуры электросетевого проектирования.





Для повышения качества разработки ПСД необходимо:

1

Разработать и утвердить документ, устанавливающий чёткие требования к составу и содержанию ПСД на строительство электросетевых объектов.

2

Усовершенствовать нормативную базу, устанавливающую требования к расчётам конструкций и материалов ВЛ – сделать однозначной, чёткой, актуальной.

3

Разработать типовые решения по всем видам конструкций опор и фундаментов ВЛ в виде доступных для проектных организаций альбомов.

4

Внедрить эффективный механизм разработки и применения конструкций ВЛ индивидуального проектирования.

5

Разработать эффективную, понятную и однозначную процедуру допуска к применению новых конструкций и материалов ВЛ, не противоречащую российскому законодательству.

6

Создать и поддерживать «базовый» (центральный) проектный институт. Возможно, возродить один из имеющихся.

7

Развитие компетенции, качества негосударственной экспертизы собственными силами экспертов управляющих компаний.



Совершенствование структуры электросетевого проектирования не возможно без повышения качества нормативной базы, устанавливающей чёткие, однозначно трактуемые требования к составу, содержанию и оформлению ПСД.

1. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

2. Требования к составу, содержанию и оформлению проектов ПС и ЛЭП напряжением 220кВ и выше Москва. ОАО «Институт Энергосчетьпроект. 304тм. 2010г.

1. Общие указания по составу и структуре разделов ПСД на ВЛ. Структура документов 1 и 2 в этом смысле совпадают.
2. В Постановлении строго говоря отсутствуют требования к ПСД на ЛЭП 35 – 750кВ (автомобильные, железные дороги, нефтепроводы, газопроводы, линии связи). «Требования...» несколько более конкретный документ, но всё равно слишком общий и не содержит и половины необходимых требований.
3. Не содержат сведения об этапности, стадийности проектирования и чёткие указания по содержанию и объёмам проработки (этапов, стадий)

Требования к составу и содержанию ПСД на строительство (реконструкцию) воздушных линий электропередачи 35 – 750кВ.



В настоящее время фактически действует только один документ весьма общего характера, устанавливающий требования к составу и содержанию ПСД: Постановление Правительства РФ от 16.02.2008г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

Требования к содержанию этапов проектирования в общем виде содержатся в **Задании на проектирование**

Фактически задаёт структуру разделов и содержит самые общие указания по их содержанию.

Необходимость разработки Стандарта организации, в котором требования к составу, содержанию и оформлению ПСД будут прописаны предельно чётко. Придание этому документу официального статуса. Вплоть до Государственного стандарта.

В настоящее время разработка начата!

1. Многообразие вариантов содержания, объёма, формы, качества материалов ПСД, выпускаемых разными проектными организациями.
2. Разнообразие форматов, качества, объёма предоставления графической информации.
3. Отсутствие каких либо требований к объёму, составу полноте предоставления расчётов и результатов расчётов, выполняемых программными комплексами. Единых требований к этим программным комплексам (регламент допуска к применению, требования к применяемым алгоритмам). Особенно это затрагивает расчёт опор, фундаментов и проводов и тросов ВЛ.
4. Затрудняет анализ, экспертизу, выявление проектных ошибок.

Конструкции ВЛ: типовые или индивидуальные? Стандартные или нестандартные?



Выбор конструкций и материалов ВЛ при проектировании

1. Типовые конструкции. Стандартные материалы. Следует применять в приоритетном порядке, потому что:

1. Конструкторская документация полностью разработана.
2. Процедура допуска к применению завершена.
3. Есть опыт применения, доступный для анализа.
4. Разработана методическая и нормативная база.
5. Не требуется постановка на производство – изготовление КМД, наладка технологических линий.
6. Освоено строительно-монтажными организациями
7. Снижение затрат времени на разработку ПСД

2. Конструкции индивидуальной разработки и новые материалы следует применять, если убедительно доказана технико-экономическая целесообразность такого решения и достигаются цели:

1. Достигается существенная экономия затрат без снижения надёжности и долговечности.
2. Повысить эффективность эксплуатации, без увеличения сроков и удорожания строительства.
3. Имеет место выход на принципиально новый, открывающий новые перспективы уровень технологии строительного производства, без увеличения затрат и снижения надёжности.
4. Обеспечение технической эстетики и охрана окружающей среды без значительного удорожания и снижения надёжности эксплуатации.

Проблемы применения типовых конструкций и материалов, конструкций индивидуальной разработки.



Проблемы применения.

1. Типовые конструкции. Стандартные материалы

1. Не соответствуют современной нормативной базе. Теряется весь смысл применения как типовых, так как необходимо выполнить полный перерасчёт механической прочности, несущей способности.
2. Необходимость модернизации или снижения нагрузок – уход в экономически неэффективную область.
3. Всё «типовое», что применяется последние 20 лет – модификации. Кроме проверочных расчётов, разработки документации а нередко требуется и проведение механических испытаний, ввиду ликвидации организаций, разработавших типовой проект.

2. Конструкции индивидуальной разработки, модификации базовых конструкций. Нестандартные материалы

1. Отсутствие конструкторской документации. Необходимость разработки в сжатые сроки.
2. Отсутствие нормативной базы, необходимость разработки СТУ.
3. Из действующих проектных организаций немногие обладает квалификацией, необходимой для разработки индивидуальной конструкции опор и фундаментов. Как правило, индивидуальные конструкции разрабатываются на заводах-изготовителях или в специализированных организациях.
4. Необходимость механических испытаний, допуска к применению, постановки на производство.

Конструкции и материалы ВЛ: типовые или индивидуальные? Стандартные или нестандартные материалы?



Типовое и индивидуальное. Что нового на декабрь 2017г.?

1

Завершается разработка типовой серии новейшей унификации решетчатых опор ВЛ 220кВ! Базовый конструктив полностью разработан и испытан.

2

Возрождение незаслуженно забытого центрифугированного железобетона. Разработаны типовые секционированные конструкции опор ВЛ на основе СК-26.

3

Разработаны высокоэффективные индивидуальные конструкции СЖБО ВЛ 220 – 500кВ. Разработка автоматизирована. Затраты времени от постановки задачи до выдачи КМД сведены к минимуму.

4

Ещё недавно бывшие фундаментной экзотикой широко применяются винтовые сваи. В том числе и на ВЛ 750кВ.

5

С 2016 года применяются отечественные компактированные провода AACSR-Z и AAAC-2Z известные под общим названием «аеро-z».

6

Двухцепные опоры ВЛ 500кВ, разработанные в 2016 г. в рамках НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС» применены при строительстве ВЛ 500кВ со значительным технико-экономическим эффектом.

7

Полностью разработаны и применены болтовые конструкции ростверков фундаментов опор ВЛ на основе винтовых свай.

Конструкции и материалы ВЛ: типовые или индивидуальные? Несколько примеров.



Стальная промежуточная многогранная опора 500кВ с ветровыми связями. В 2017-м году на строящейся ВЛ 500кВ Ростовская АЭС – Ростовская обеспечивает установленные сроки строительства.



1. На фото стальная многогранная опора 500кВ 2МП500-1В. Разработаны и применяются её модификации 3В, 5В, 7В. Разработаны и применяются варианты исполнения этой же геометрической схемы с цилиндрическими и коническими стальными стойками, решетчатой и многогранной траверсой.
2. Опора 2МП500-1В изначально разрабатывалась как типовая в рамках целевой программы ПАО «ФСК ЕЭС». Все остальные упомянутые конструкции разрабатывались как модификации этой базовой опоры или индивидуально. Каждая из них имеет свои преимущества и спецификацию по области применения.
3. В настоящее время базовая опора разработана со встроенным шарниром. Данный конструктив обеспечивает максимально возможные в настоящее время темпы строительства ВЛ 500кВ.
4. Модификации данной опоры имеют свою специфику. Например на ВЛ 500кВ Красноармейская – Газовая опоры 5В и 7В позволили получить ощутимую экономию затрат на «гололёдном» участке трассы – десятки миллионов рублей.



В последние 10 лет многогранные опоры применялись практически по всей территории Страны, в самых разнообразных природно-климатических условиях. Типовых решений «на все случаи жизни» здесь не было и быть не могло. Всякий раз подход индивидуальным. Если ВЛ проходит через центральную часть крупного города – нет проблем изготовить монолитный ростверк. В труднодоступной местности с высоким уровнем грунтовых вод и высокой коррозионной активностью грунтов к стали применена конструкция на основе забивных свай со стальным ростверком. Ростверк под 3 и под 4 сваи с ответным фланцем был разработан весьма оперативно. Основным же конструктивом была и остаётся свая оболочка. В 2017-м году высокого качества полимочевинного покрытия удалось достичь на нескольких заводах металлоконструкций.



При рассмотрении варианта применения стальных многогранных опор ВЛ 110 – 500 кВ необходимо учитывать:

1. Применение промежуточных СМО 330 кВ и выше как правило приводит к увеличению стоимости строительства.
2. Промежуточные СМО на ВЛ 330 кВ и выше не следует рассматривать, как массовые, а скорее как инструмент для решения специальных задач.
3. Как правило следует избегать применения анкерно-угловых СМО. В особенности это относится к классу напряжения 330 кВ и выше.
4. ТЭ сопоставление СМО с другими вариантами опор всегда следует выполнять совместно с фундаментами. Как правило именно сложности устройства фундамента и его стоимость делают вариант СМО неприемлемым. Именно по этой причине следует избегать применения СМО в скальных грунтах и болотистой местности.
5. Увеличение транспортных расходов.
6. Немногие заводы способны обеспечить удовлетворительное качество горячецинкового покрытия низколегированной стали. Здесь требуются другие параметры процесса и другой состав цинкового расплава. Вообще говоря – необходим отдельный отраслевой стандарт, устанавливающий требования к горячецинковому покрытию изделий из низколегированных сталей.
7. Географический фактор - практически все прошедшие процедуру проверки качества отечественные заводы-изготовители СМО расположены в Московской и соседних с ней областях.
8. Необходимо обратить внимание на оснащение СМО приспособлениями для монтажа и установки. Применение встроенного шарнира для порталных СМО в данных условиях практически стандартное требование.



На фото опора ПЛ330 – эффективное решение для минимизации ширины просеки и прохождения ВЛ 330кВ или прохождения в стеснённых условиях. Так как разработана в соответствии с требованиями ПУЭ 7-го издания вполне может использоваться как типовая конструкция.

В современном электросетевом строительстве проблемы земельно-правовых отношений постепенно выходят на первый план и становятся решающим фактором при выборе трассы, значительной составляющей стоимости строительства. Опоры с вертикальным подвесом, двухцепные и многоцепные опоры в этом случае одно из наиболее эффективных решений.

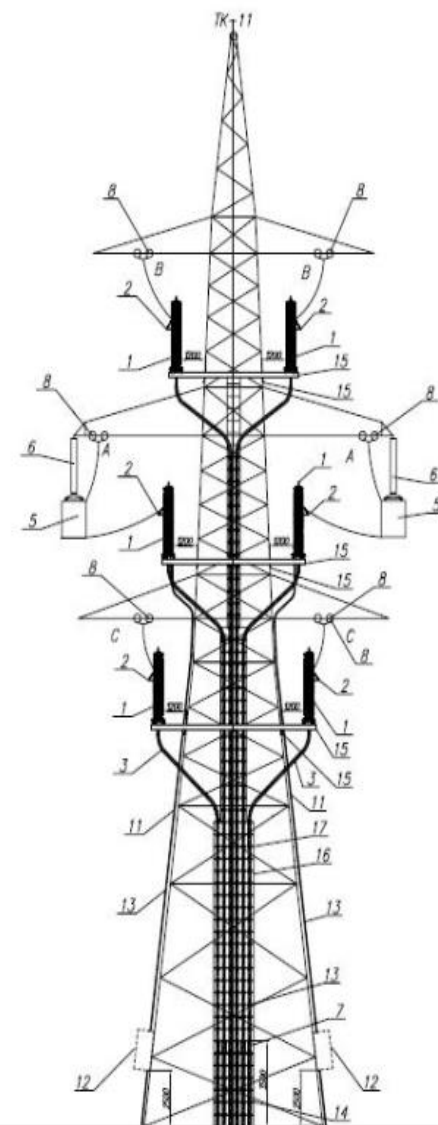


Индивидуальное проектирование появилось не вчера. Советские конструктора решали любые задачи с помощью индивидуальных разработок. Некоторые из них применяются и по сей день как типовые.





Весьма распространённая в настоящее время задача – запроектировать переходной пункт КВЛ 220кВ может быть решена разными способами. Если по каким-либо причинам проектная организация не может предложить ничего лучше, чем двухцепная анкерно-угловая опора без траверсы, то здесь и пригодился бы альбом типовых решений переходных пунктов КВЛ 110-330кВ. Отечественные проектные организации не имеют здесь достаточного опыта. Периодически допускаются досадные ошибки. Разработка типовых решений переходных пунктов КВЛ, а равно и закрепления ОПН на ВЛ 110-500кВ весьма актуальна.





Весьма эффективный и эстетичный монолитный ростверк многосвайного фундамента можно устроить не везде и не всегда. Суровый климат и труднопроходимая местность нередко создают практически непреодолимые препятствия доставке бетона. В этих условиях применяется стальной многоярусный ростверк. Простой путь для проектной организации – применить унифицированные конструкции типового проекта 3.407-115.6. Результат будет примерно таким, как на фотографии слева. Но более правильный путь в этих условиях – разработать индивидуальную конструкцию. Задачи те же: 1. Минимизация стоимости. 2. Минимизация затрат времени и стоимости СМР. 3. Повышение надёжности и эффективности эксплуатации. Как показывает практика, для свайных фундаментов с количеством свай в кусте 4 и более разработка ростверков индивидуальной конструкции практически всегда обоснована. Это было показано и на строящейся ВЛ 750кВ Белозерская – Ленинградская, где получить должный эффект помешали проблемы, не имеющие отношение к технике и конструированию.



**ВЛ 750кВ
Белозерская –
Ленинградская
сооружается в
сложных условиях
заболоченной
местности.
Геологическое
строение
осложняется
мощными слоями
торфа,
обводнённости и
включениями
валунов.**

В данных условиях кусты винтовых свай являются хотя и дорогостоящим, но практически единственным эффективным решением. Определённую сложность представляет монтаж ростверка в «сварном» исполнении. Кроме ресурсоёмкости в данном случае возникает проблема необходимости удаления горячецинкового покрытия из зоны сварки.



С целью снижения затрат, повышения качества и сокращения затрат времени на СМР был разработан ростверк в «болтовом» исполнении. Данный конструктив характеризуется хорошей заводской готовностью, технологическим минимумом сварочных работ, сокращением затрат времени на СМР. Конструкторская документация разработана НИЛКЭС ЭЖБИ.



1. Методика расчёта несущей способности, согласованная отраслевой Управляющей компанией.
2. Проведение механических испытаний в различных грунтовых условиях.
3. Анализ опыта применения на опытных участках ВЛ 110кВ.

В 2016 – 2017 г. предпринималась попытка применения многолопостных винтовых свай ВЛ 220- 750кВ. Для того, что бы применять новые конструкции и материалы ВЛ на особоопасных и технически сложных объектах (ГК) необходимо выполнить обозначенные выше мероприятия в обязательном порядке.



Эта фотография сделана на испытаниях portalной железобетонной опоры ВЛ 500кВ с ветровыми связями на основе центрифугированных секционированных стоек. Данный конструктив разработан НИЛКЭС ЭЖБИ для строительства ВЛ 500кВ в южных регионах России. Тип – 2СПБ500-1В. Масса – 19 тонн (в том числе навесных металлоконструкций 3,3 тонны). Высота – 28700мм. Высота до нижней траверсы – 25000мм. Рассчитана на применение в климатических условиях по ветру – до 800Па, По гололёду – до 25мм. Для фазы 3 X AC300/66 с двумя тросами ОКГТц-14,6/88 обеспечивает в этих условиях габаритный пролёт 290м при габарите до земли 10м. Подъём осуществляется методом поворота. Устанавливается на фундаментные секции проектной длины.

Известно негативное отношение эксплуатации к ЖБ-опорам. Причины данного положения вещей проанализированы. Линейка современных СЖБО учитывает и преодолевает недостатки конструкций прошлого. Преодолены проблемы транспортировки, внедрён автоматизированный контроль за всеми параметрами центрифугирования и составом бетонной смеси, обеспечивается качество заделки, предотвращающее отклонения от вертикали в эксплуатации. Расчётный срок службы – свыше 50-ти лет. Данный конструктив имеет ряд преимуществ и перед многогранными опорами. В частности, обеспечивается надёжная антикоррозийная защита фундаментов – проблемная позиция свай-оболочек.

Разработка железобетонной portalной опоры 500кВ на основе секционированных центрифугированных стоек.



В 2017-м году наконец то сняты неоправданные ограничения на применение железобетонных опор. В Положении ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» (Утверждено Советом Директоров ПАО «Россети» от 22.02.2017г.№ 252) дано следующее указание:

П.7.4.9:

На ВЛ 220-750 (1150)кВ должны применяться опоры необходимой высоты и прочности, соответствующие действующим нормативным документам, одноцепные, двухцепные стальные опоры многогранных и решетчатых конструкций (в том числе новейшей унификации), а так же опоры на основе железобетонных центрифугированных стоек, в том числе секционированных.

Основная проблема применения ЖБО именно в качестве изготовления и надлежащем контроле параметров технологического процесса на заводе-изготовителе. Другая – доставка (необходимость применения опоровозов). Кроме того на снижение долговечности ощутимо влияют и применявшиеся прежде методы СМР.

Эти проблемы преодолены. Стоимость строительства на ЖБО ощутимо ниже. Кроме того – эффективное решение вопросов расхищения, антикоррозийной защиты фундаментов в грунте и пр.

К 2016г. разработана и испытана portalная опора с ветровыми связями на основе центрифугированных конических стоек. Предварительная оценка показывает возможность существенного снижения стоимости строительства ВЛ 500кВ вследствие применения этой конструкции. При этом надёжность и долговечность не ниже, чем у стальных аналогов. Кроме того, предлагаемый конструктив позволяет реализовать безригельное закрепление, обеспечивается защита от действий расхитителей конструкций ВЛ. Опора на снимке слева полностью разработана, испытана и готова к применению как типовая.





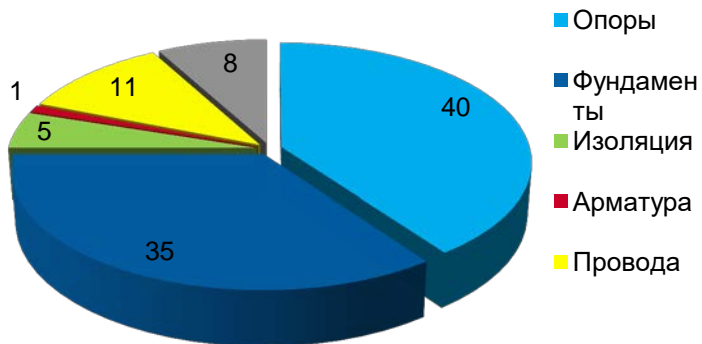
Специально для заходов 4-х цепей ВЛ 500кВ на ПП Тобол в стеснённых условиях разработаны двухцептные опоры 500кВ, конструкция которых полностью соответствует требованиям действующих нормативно-технических документов.

Применение данных опор позволило получить значительный технико-экономический эффект, повысить надёжность, долговечность и эффективность эксплуатации.



После некоторого зстоя 90-х годов прошлого века, электросетевое строительство возобновилось в значительном объёме. Сперва зарубежные, а затем и отечественные производители предлагают всё расширяющийся перечень конструкций и материалов ВЛ. Здесь не только «хорошо забытое старое», но и принципиально новые конструкции и материалы. Задача выбора оптимального сочетания конструкций и материалов для конкретной линии становится всё более нетривиальной. Однако критерий выбора со времён СССР остаётся неизменным – минимум затрат на строительство и эксплуатацию.

Несколько изменился методический подход. По формуле, рекомендованной известным справочником прошлого века, затраты определялись как сумма затрат на сооружение и эксплуатацию. Последние определялись как некий процент от затрат на строительство. Критерий экономичности – 5%. В современной проектной практике как правило применяется расчёт по методу минимума дисконтированных затрат. Это более сложный метод, учитывающий ряд финансово –экономических показателей с прогнозом их изменения в будущем. Но общий смысл остаётся прежним – выбранные конструкции и материалы должны обеспечивать минимум затрат на строительство и эксплуатацию, не забывая при этом о надёжности и долговечности ВЛ, как об основном критерии выбора. Из сказанного следует, что прежде всего необходимо исходить из доли того или иного электросетевого элемента в структуре затрат.



На диаграмме показана примерная структура затрат на закупку конструкций и материалов для строительства ВЛ 220 кВ, из которой легко видеть - более половины стоимости составляют затраты на опоры и фундаменты. В данном случае это порядка 75-ти процентов. Для более высоких классов напряжений доля затрат на опоры и фундаменты в общем объёме снижается при возрастании доли проводов, изоляции и арматуры. Очевидно, что основной потенциал экономии может быть реализован именно при правильном выборе типов опор и конструкций фундаментов.



Опоры анкерно-угловые



Как правило, модифицированная типовая стальная опора решетчатой конструкции

Опоры промежуточные



Технико-экономическое сравнение вариантов стальных решетчатых, многогранных, железобетонных, композитных конструкций. Критерий – минимум затрат при заданном уровне надёжности

Фундаменты



Наиболее эффективный, надёжный и долговечный вариант в данных грунтовых и природно-климатических условиях.

Конструкция фазы



Технико-экономическое обоснование с учётом потерь электроэнергии за расчётный период.

Тросы грозозащитные



Технико-экономическое сравнение – минимум затрат при условии соответствия Стандартам Заказчика исходя из необходимости устройства каналов оптической связи.

Изоляция линейная



Надёжность, долговечность, эффективность эксплуатации.

Арматура линейная



Надёжность, долговечность совместимость с принятой фазой и тросом, корона, потери на перемагничивание.



Опоры промежуточные и фундаменты к ним



Технико-экономическое сравнение вариантов стальных решетчатых, многогранных и, наконец, получивших вторую нормативную жизнь, железобетонных, композитных конструкций расставленных на 10-ти километровой участке, с учётом:

- Стоимость закупки конструкций и материалов;
- Стоимость доставки;
- Стоимость СМР;
- Стоимость постоянного землеотвода и на период строительства.

Необходимо так же учитывать:

- Эффективность эксплуатации;
- Ситуацию с расхищениями металлоконструкций в регионе строительства;
- Грунтовые и климатические условия.





С целью повышения грозоупорности ВЛ 110 кВ и выше необходимо учитывать следующее:

1. Преследуя цель экономии затрат посредством применения новых конструкций проводов и увеличения длин пролётов необходимо помнить, что одним из следствий увеличения пролётов является существенное увеличение поражаемости проводов ВЛ молнией. Это в первую очередь необходимо учитывать при проектировании ВЛ в районах с интенсивной грозовой деятельностью (более 60-ти грозových часов в году).

2. Широко применяемые при линейном строительстве прошлого века в качестве грозозащитных тросов стальные канаты по ГОСТ 3062, ГОСТ 3063, ГОСТ 3064 характеризуются низкой механической прочностью, недостаточной стойкостью к ударам молнии, низкой коррозионной стойкостью. По этим причинам указанные тросы запрещены ОАО «ФСК ЕЭС» на ВЛ 110 кВ и выше с 2009 года, информационным письмом ОАО «Россети» от 11.12.2013г. №БР/74/883. В настоящее время допущен к применению ряд грозозащитных тросов, удовлетворяющих СТО 56947007-29.060.50.015-2008: ПК-МЗ-В-ОЖ-Н-МК-Р ОАО «Белорецкий металлургический комбинат», ГТК ООО «ЭМ-Кабель», МЗ ОАО «Северсталь-метиз». Упомянутые тросы выполнены из стальной проволоки более высокой маркировочной группы, имеют повышенную коррозионную стойкость (оцинковка по группе ОЖ или плакирование алюминием), повышенную стойкость к вибрации, «пляске» и ударам молнии.

3. По прежнему остаётся существенным количество двухцепных отключений ВЛ 110 – 220 кВ. При этом в п.2.5.128 ПУЭ указано, что «на двухцепных ВЛ 110 кВ и выше для снижения количества двухцепных грозových перекрытий допускается усиление изоляции одной из цепей на 20-30%». Нормы технологического проектирования ВЛ усиливают данное положение до рекомендательного характера. В проектах двухцепных ВЛ, проходящих в районах с интенсивной грозовой деятельностью следует в обязательном порядке рассматривать необходимость применения дифф. изоляции.

4. Для грунтов с высоким удельным сопротивлением, когда не удаётся обеспечить низкое сопротивление заземления опор, на больших переходах следует рассматривать вариант применения подвесных ОПН дополнительно к тросовой защите, а для районов с нормируемой толщиной стенки гололёда более 30 мм и взамен грозозащитных тросов.



Как указано выше, линейная изоляция должна выбираться исходя из надёжности и эффективности эксплуатации. Стоимость здесь не основной критерий. В этом смысле линейная стеклянная изоляция и в настоящее время, и в ближайшем будущем будет преобладать. Но нельзя не отметить и ощутимый рост качества полимерной изоляции.

Линейная полимерная изоляция непрерывно совершенствуется.

Найдены эффективные способы решения основных проблем.

	5 – 10 лет назад	В настоящее время
Стойкость к УФ-излучению	Отмечено разрушение полимерной изоляции под воздействием УФ-излучения.	Устойчивость современных ЛПИ подтверждена испытаниями. Проблема ПИ предыдущих поколений.
Декларируемый срок службы.	Ниже, чем у стеклянной изоляции – 25 лет.	30 лет.
Гарантийный срок	36 месяцев	60 месяцев
Поиск мест повреждения	Длительный поиск мест повреждения при отключениях с неуспешным АПВ	Разрабатываются индикаторы перекрытия в рамках НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС». Применение высокоточных ОМП
Ветровые нагрузки	Отклонения под действием ветровых нагрузок и, как следствие, перекрытия.	Исключение применения полимерной изоляции в «ветровых» районах
Воздействия птиц	Отмечены факты повреждения птицами кремнийорганической резины.	Предложения заводов-изготовителей рассматриваются.

Выбор конструкции фазы. Зачем нужны «инновационные» провода? Область эффективного применения.



Провода АС по ГОСТ 839-80



Основной, долговечный, экономичный, эффективный провод.

Компактированные провода из Al сплавов. (АААС)

Могут иметь разные конструкции 2-х верхних повивов. Весьма эффективное решение для снижения нагрузки на конструкции ВЛ, экономии потерь электроэнергии.

Компактированные провода со стальным сердечником. (АСSR)

Эффективное решение для больших переходов через водные преграды.

Высокотемпературные провода

ВЛ с неравномерной нагрузкой – резко выраженными «пиками».

Провода с композитным сердечником

Сверхвысокая стоимость. Отсутствие эффективных решений по арматуре. Сложно оценить надёжность и долговечность. Применение не целесообразно.

На стадии ОТП следует сравнивать не менее 3-х типов проводов, подходящих по области целесообразного применения и нормируемой плотности тока. В ТЭО необходимо учитывать затраты на компенсацию потерь электроэнергии. Открытым остаётся вопрос – за какой период?

Снижение потерь электроэнергии – одна из задач, которая может быть решена применением современных компактированных проводов.



Если задача снижения затрат на строительство и эксплуатацию решается, в основном, правильным выбором типов электросетевых конструкций, то снижение потерь электроэнергии может быть достигнуто, в основном, применением современных конструкций проводов, так как порядка 75% технологических потерь электроэнергии приходится на ВЛ. Сразу замечу – речь идёт не о замене проводов на действующих ВЛ, а только о новом строительстве.

Сопоставление проводов разных конструкций и фирм-производителей на стадии ОТП вполне допустимо выделить в отдельный технико-экономический расчёт. И если многократная разница в стоимости прежде не окупалась снижением стоимости потерь даже за весь период эксплуатации, то в настоящее время, когда стоимость компактированных проводов снизилась в разы, а стоимость стандартных по ГОСТ 839, наоборот, увеличилась, такое сравнение на стадии ОТП вполне уместно. И это без учёта потенциала снижения потерь на корону. (Пока это не удаётся корректно оценить).

На сегодняшний день несколько десятков ВЛ 110 – 500 кВ, ряд больших переходов построены с применением новых конструкций проводов. Подводя десятилетний итог применения можно отметить, что задача повышения пропускной способности в России как правило не актуальна. Отмечены единичные случаи. Как правило применением новых проводов решается задача снижения затрат на электросетевые конструкции. Эффект достигается, как правило, на больших переходах. Решение этой задачи может быть и более эффективным. До настоящего времени не учитывается уменьшение гололёдообразования и сопротивления ветру. Необходимо экспериментальное подтверждение, разработка и утверждение соответствующих рекомендаций (задача заводов – изготовителей) и внесение изменений в НТД. Прежде всего – в ПУЭ.



В некоторых случаях при правильном подборе конструктивного исполнения удаётся получить несколько эффектов одновременно. Так, например, на ВЛ 220 кВ Афипская – Крымская произведена замена провода АС300/66 на GTACSR 217/47, в результате чего:

- увеличена пропускная способность ВЛ на 25%;
- уменьшен диаметр провода на 2 мм (снижение нагрузки на опоры);
- снижена масса провода (на 90 кг/км);
- прочность провода возросла на 10%.

Ниже приведено сравнение технических характеристик провода АС 400/51 по ГОСТ 839/80 и АЕРО-Z504-2z

Провод	Г дл. доп, А	Сопротивление, Ом/км	Диаметр, мм	Удельный вес. кг/км	Стоимость, тыс. руб./тонна	Разрывное усилие, кН
АС 400/51	825	0,073	27,5	1490	220	120,48
АААС-504-2Z	940	0,067	27,45	1401	≥ 300	162,3

Из таблицы можно видеть: провод АААС превосходит стандартный по всем основным характеристикам. Кроме того – **снижаются потери на перемагничивание**. Широкое применение компактированных проводов сдерживалось высокой стоимостью. Кроме того – вопросами совместимости с некоторыми типами линейной арматуры. В настоящее время широкий выбор компактированных проводов предлагается отечественными производителями. Разрабатываются и допускаются к применению всё новые конструкции, снижается цена. Мы следим за этим процессом, оцениваем эффективность тех или иных конструкций, сопоставляем. До настоящего времени технико-экономически обосновано применение компактированных проводов было как правило на больших переходах вследствие существенного снижения затрат на электросетевые конструкции. Возможно, в ближайшем будущем ситуация изменится. Надеемся на получение конструкций проводов, которые позволят окупить их применение не более чем за 10 лет.

Производителям при этом необходимо учитывать, что новая конструкция должна быть готова к применению комплексно – испытана со всеми видами линейной арматуры и допущена к применению в установленном порядке.



Защита ВЛ от расхитителей металлоконструкций – задача, которая не становится менее актуальной.

В местах особенно интенсивного расхищения металлоконструкций эффективным решением является применение СМО или секционированных ЖБ опор. При этом в силу вышеописанных ограничений применение многогранников возможно не везде и не всегда. До настоящего времени наиболее распространённым методом защиты от расхищения является приварка гаек к стержню болтов. Надо заметить всё же, что этот простой но достаточно эффективный способ не технологичен. Кроме того – нарушение антикоррозийного покрытия, разногласия с контролирующими органами и Главгосэкспертизой, противоречие актуализированной редакции СНиП «Несущие и ограждающие конструкции».

Конечно, от приварки необходимо уходить. С этой целью ПАО «ФСК ЕЭС» организованы мероприятия по разработке и внедрению антивандального крепежа.

Спасибо за внимание!



ЦИУС  **ЕЭС**