

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОПОР ВЛ: РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭФФЕКТИВНАЯ ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

ФИЛИАЛ АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СИБНИИЭ

Павлов А.И., начальник отдела математического моделирования и перспективных конструкторских решений

Домрачев А.В., ведущий инженер отдела математического моделирования и перспективных конструкторских решений

Одной из главных задач проектировщиков является разработка оптимальных строительных конструкций, которые соответствуют конкретным условиям применения и, при этом, обладают максимально возможной экономической эффективностью.

В настоящий момент, в большинстве случаев, разработка опор ВЛ производится исходя из имеющегося опыта в проектировании, на основании которого принимается ряд конструктивных решений, производится сравнение вариантов с оценкой их относительных достоинств, определяется оптимальный вариант.

Филиалом АО «НТЦ ФСК ЕЭС» – СибНИИЭ предлагается расширенный подход и для решения задач разработки оптимальных конструкций опор – сформирована концепция формообразования.

Концепция формообразования

Под Концепцией формообразования понимается свод основополагающих (общих) принципов, реализация которых при разработке и конструировании опор ВЛ позволяет добиваться удовлетворения как технических и экономических, так и эксплуатационных, экологических и иных, не менее значимых требований.

В сжатом виде, основополагающий постулат Концепции формообразования опор можно сформулировать следующим образом: каждой группе условий эксплуатации должны соответствовать

опоры высоковольтных линий электропередачи с конструктивными формами, позволяющими в максимальной степени добиваться удовлетворения условий и требований, определяемых факторами влияния, то есть, быть эффективными в конкретных условиях применения.

В общем виде реализацию концепции формообразования можно представить следующей схемой:

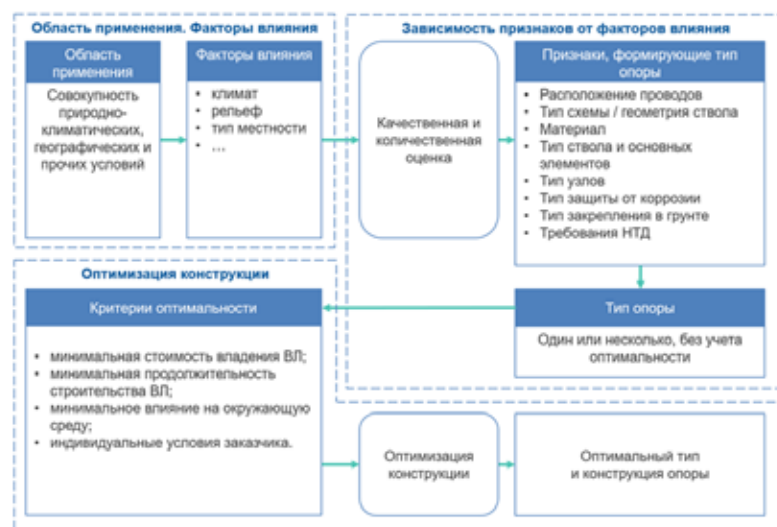


Рис.1 Алгоритм реализации концепции формообразования

Принципиально алгоритм реализации концепции формообразования состоит из 3 основных блоков:

1. Определение областей применения и соответствующих им факторов влияния.
2. Формирование признаков опор в зависимости от факторов влияния.

3. Оптимизация конструкций опор по заданным критериям оптимизации.

Далее рассмотрим каждый из блоков более детально.

Систематизация условий эксплуатации и выявление факторов влияния

Ввиду того, что Российская Федерация занимает обширную и протяженную территорию, то в её пределах встречаются разнообразные климатические, геоморфологические, геологические и прочие условия, определяющие множество расчетных сочетаний. Одной из задач, для успешной реализации концепции формообразования, является систематизация условий эксплуатации и строительства ВЛ, что даёт возможность оценить их распространённость; сгруппировать их по факторам, влияющим на конструктивную форму опоры.

В рамках концепции формообразования следует выделять две основные группы факторов, влияющих на форму разрабатываемой опоры:

Природные это климатические условия, тип местности, геологические условия, геоморфологические условия, степень загрязнения и коррозионная агрессивность атмосферы. Особые – сейсмическое воздействие, неблагоприятные условия в том числе техногенные (пожары, оползни, лавины, сели, затопление территории).

Определение типов опор для соответствующих областей применения (зависимость признаков от факторов влияния)

Тип опоры представляет собой совокупность признаков, описывающих конструктивную форму опоры, которые следует разделять на две группы: зависимые и не зависимые от факторов влияния, характерных для конкретной области применения.

- не зависимые от факторов влияния:
 - назначение опор;
 - класс напряжения;
 - количество цепей;
- зависимые от факторов влияния:
 - конструктивная схема;
 - расположение фаз;

- тип ствола;
- тип основания;
- тип узловых соединений;
- материал конструкции;
- тип защиты от коррозии.

Формирование типа (образа) опоры начинается с определения независимых признаков, принятых при проектировании ВЛ: класса напряжения, количества цепей и назначения опоры. В последующем, в зависимости от факторов влияния на основании опыта проектирования и применения различных типов опор, а также проведения предварительных оптимизационных расчетов определяется перечень признаков, характеризующих будущей образ опоры. Как правило, исходя из нашего опыта разработки конструкций опор, на стадии предварительной оптимизации для дальнейшей проработки определяется группа перспективных конструкций опор.

В последующем проводится процесс оптимизации конструкций с целью выявления оптимальной, на основе заданного критерия оптимальности.

Критерии оптимальности и оптимизация конструкций опор

Для получения оптимальных типов конструкций, соответствующих конкретным условиям применения опор, разработан алгоритм оптимизации и выделены критерии оптимальности конструкций.

Назначение алгоритма – выявление конструкции опоры соответствующей минимуму целевой функции, реализующей один из нижеперечисленных критериев или их сочетание:

- минимальная стоимость владения ВЛ;
- минимальная продолжительность строительства ВЛ;
- минимальное влияние на окружающую среду;
- индивидуальные условия заказчика.

Использование целевой функции позволяет реализовать комплексный подход, за счёт чего возможна разработка конструкций опор с учетом их применения на конкретном участке ВЛ и нахождение такого решения, которое будет удовлетворять одному из критериев оптимальности или их сочетанию.

В общем виде оптимизацию опор можно представить следующей схемой:



Рис.2 Алгоритм оптимизации опор

Среди представленных критериев, наиболее приоритетным и распространённым является критерий стоимости владения ВЛ, целевая функция которого представлена ниже.

$$C_{вл} = f(C_{оф}; C_{пг}; C_{пг}; C_{э}; C_{по}; C_{пэ})$$

где:

- $C_{оф}$ – стоимость опор и фундаментов;
- $C_{пг}$ – стоимость подготовки просеки и устройства лежневых дорог;
- $C_{пг}$ – стоимость проводов и грозозащитных тросов;
- $C_{э}$ – стоимость эксплуатационных затрат;
- $C_{по}$ – стоимость постоянного отвода;
- $C_{пэ}$ – стоимость потерь электроэнергии.

Приведённая целевая функция учитывает основные параметры (изготовление, транспортировку, монтаж и эксплуатацию конструкций), которые напрямую зависят от принятых конструктивных решений при разработке опоры и влияют на конечный показатель целевой функции.

Сама по себе целевая функция не позволяет получить оптимальный тип опор, но помогает произвести сравнение опор и выявить оптимальную конструкцию по выбранному критерию.

Оптимизация же конструкции позволяет получить количественные и качественные характеристики опоры, обеспечивающие ее оптимальное применение в конкретных условиях. Так как оптимизация является достаточно трудоёмким процессом, связанным с существованием множества вариаций признаков и геометрических характеристик, то выделение двух уровней оптимизации (критериальной и конструктивной) позволяет сократить трудоёмкость нахождения оптимальных количественных и качественных характеристик опор, таких как: геометрические характеристики, материал конструкции, размеры сечений, параметры узловых соединений и т.д.

Критериальная оптимизация (оптимизация первого уровня, рисунок 3) позволяет произвести предварительное назначение основных геометрических параметров опор и выполнить сравнение конструктивных схем, с целью выделения среди них оптимальных, по необходимому критерию, для выполнения конструктивной оптимизации. В перечень основных назначаемых характеристик входят: отметка нижней траверсы, расстояние между траверсами, вылеты траверс, тип и размеры ствола опоры, предварительный выбор типа решетки, материала опоры, типов сечений элементов.



Рис. 3. Критериальная оптимизация

Конструктивная оптимизация (*оптимизация второго уровня, рисунок 4*) предполагает выбор оптимальной конструкции опоры реализую циклический подход нахождения минимума целевой функции. На данном уровне производится перебор количественных и качественных параметров в диапазоне их предельных значений, обусловленных основными конструктивными решениями, требованиями нормативно-технической документации и критериями оптимальности. Также на данном уровне производится установка зависимостей основных (варьируемых) геометрических параметров со второстепенными, выполнение расчета опор, вычисление показателя целевой функции и определение конструкции опоры, удовлетворяющей условию минимума целевой функции.

После проведения всех стадий оптимизации, на выходе, получаем оптимальную конструкцию опоры, удовлетворяющую требуемому критерию оптимальности.

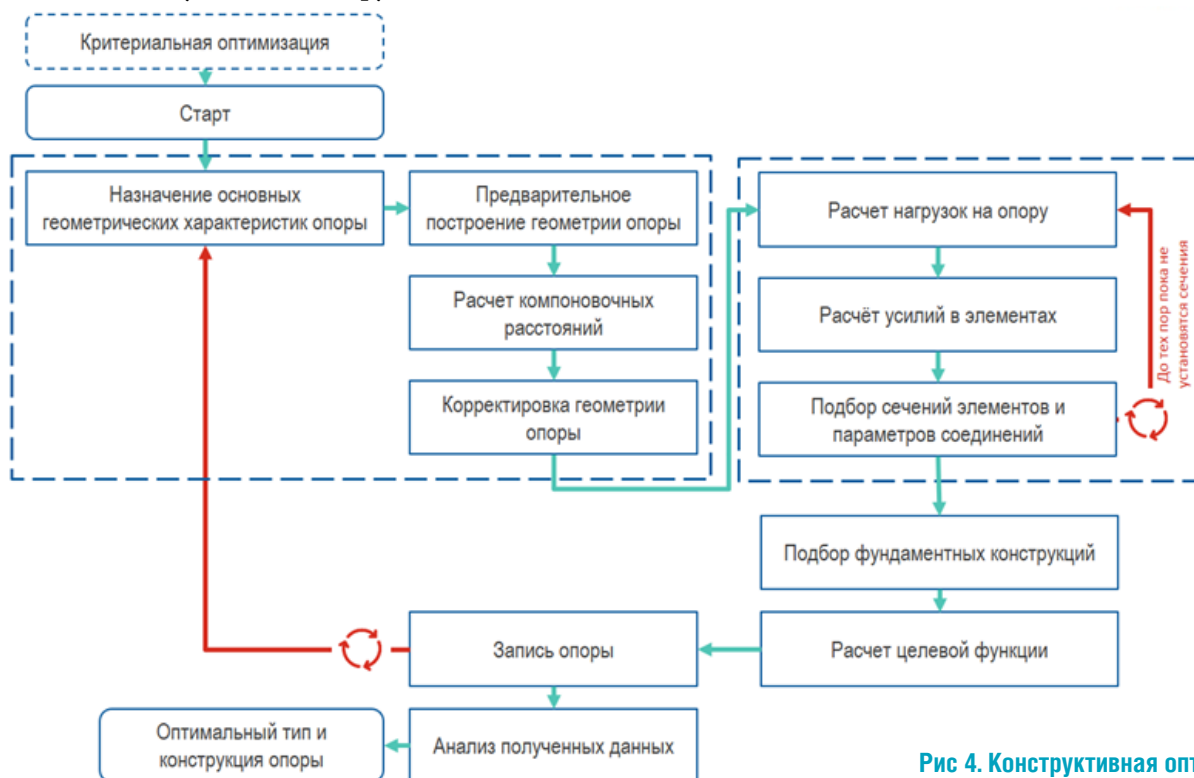


Рис. 4. Конструктивная оптимизация

Разработанный алгоритм в сочетании с разработанными программными инструментами позволяют находить оптимальный тип конструкции опоры в кратчайшие сроки, что несомненно окажет положительный экономический эффект как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации. Алгоритм актуален для разработки типовых серии опор и особенно актуален для индивидуального проектирования опор под конкретную ВЛ с индивидуальными условиями эксплуатации. ■

Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ
Новосибирск
+7 (383) 244-06-02
office@ntcsib.ru

Контакты авторов:
Павлов А.И.
+7 953-860-40-40
pavlov@ntcsib.ru
Домрачев А.В.
+7 999-467-90-07
domrachev@ntcsib.ru