КОНЦЕПЦИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ: ОПТИМАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ И ЭФФЕКТИВНАЯ ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

АВТОРЫ:

О.А. САВОТИН,
А.И. ПАВЛОВ,
А.В. ДОМРАЧЕВ,
ФИЛИАЛ «НТЦ РОССЕТИ ФСК ЕЭС» — СИБНИИЭ

Российская школа проектирования опор линий электропередачи, созданная нашими выдающими учеными, является одной из самых передовых в мире. Преимуществами российского подхода к решению этой проблемы является создание и использование самых современных алгоритмов оптимизации и разработка адекватных критериев оптимальности конструкций.

Ключевые слова: опоры воздушной линии; разработка опор; концепция формообразования; оценка оптимальности конструкций опор воздушных линий; оптимизация; целевая функция; алгоритм оптимизации.

Современная концепция формообразования опор ВЛ построена на основополагающих принципах, реализация которых позволяет добиваться удовлетворения технических, экономических, эксплуатационных и экологических требований

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

В общем виде понятие «формообразование конструкций» было предложено в монографии «Формообразование строительных конструкций» [1] и звучало следующим образом: «Формообразование конструкций — это системный творческий процесс рационального создания и эксплуатации (сопровождения на всех этапах жизненного цикла) конструкций, характеризующихся пространственной многосвязностью целостной структуры, которая должна соответствовать информации о воздействии внешней среды, целям и задачам эксплуатации, материалам и технологии строительного производства, а также удовлетворять общим требованиям, т. е. в первую очередь требованиям надежности (безопасности), экологичности, экономичности, и частным требованиям конкретных условий среды существования конструкций».

В дальнейшем «НТЦ Россети ФСК ЕЭС» и СибНИИЭ переработали и успешно апробировали концепцию при проектировани и создании новых конструкций опор воздушных линий (ВЛ).

В новом виде под концепцией формообразования понимается свод основополагающих (общих) принципов, реализация которых при разработке и конструировании опор ВЛ позволяет добиваться удовлетворения технических, экономических, эксплуатационных, экологических и иных не менее значимых требований.

В сжатом виде основополагающий постулат концепции формообразования опор звучит следующим образом: каждой группе условий эксплуатации должны соответствовать опоры высоковольтных ВЛ электропередачи с конструктивными формами, позволяющими в максимальной степени добиваться удовлетворения условий и требований, определяемых факторами влияния, т. е. быть эффективными в конкретных условиях применения.

В общем виде реализацию концепции формообразования можно представить в виде алгоритма (рис. 1).

Принципиально алгоритм реализации концепции формообразования состоит из трех 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 каждый из блоков рассмотрен более детально.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ

Ввиду того что Российская Федерация занимает обширную и протяженную территорию, в ее пределах встречаются различные климатические, геоморфологические, геологические и прочие условия, определяющие множество расчетных сочетаний. Одной из задач, которую надо решить для успешной реализации концепции формообразования, является систематизация условий эксплуатации и строительства ВЛ, что дает возможность оценить их распространенность, сгруппировать по факторам, влияющим на конструктивную форму опоры.

АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Рис. 1

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ОПОР

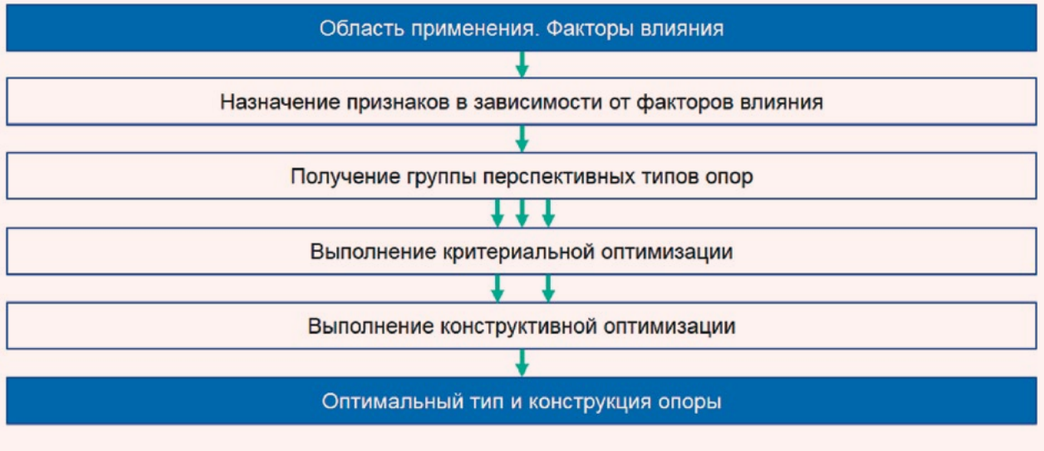


Рис. 2

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

природные — климатические условия, тип местности, геологические условия, геоморфологические условия, степень загрязнения и коррозионная агрессивность атмосферы и т. п.;

особые — сейсмическое воздействие, неблагоприятные условия, в том числе техногенные (пожары, оползни, лавины, сели, затопление территории и т. п.).

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:

- независимые 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 будущий образ опоры. Как правило, исходя из нашего опыта проектирования конструкций опор, на стадии предварительной оптимизации для дальнейшей проработки определяется группа перспективных конструкций.

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, благодаря чему 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 схема оптимизации опор представлена на рис. 2.

КРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

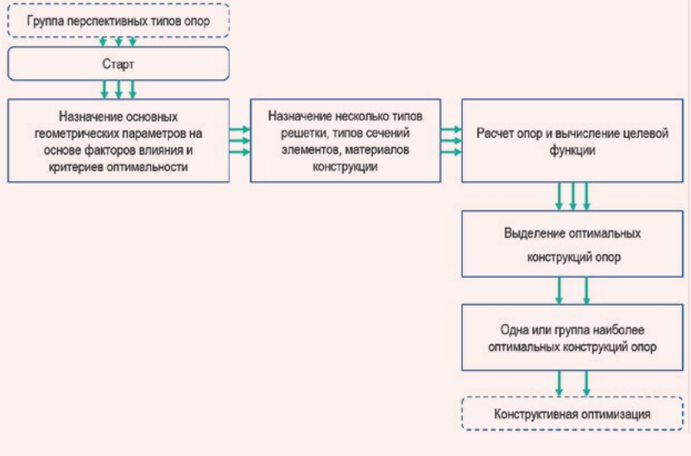


Рис. 3

КОНСТРУКТИВНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

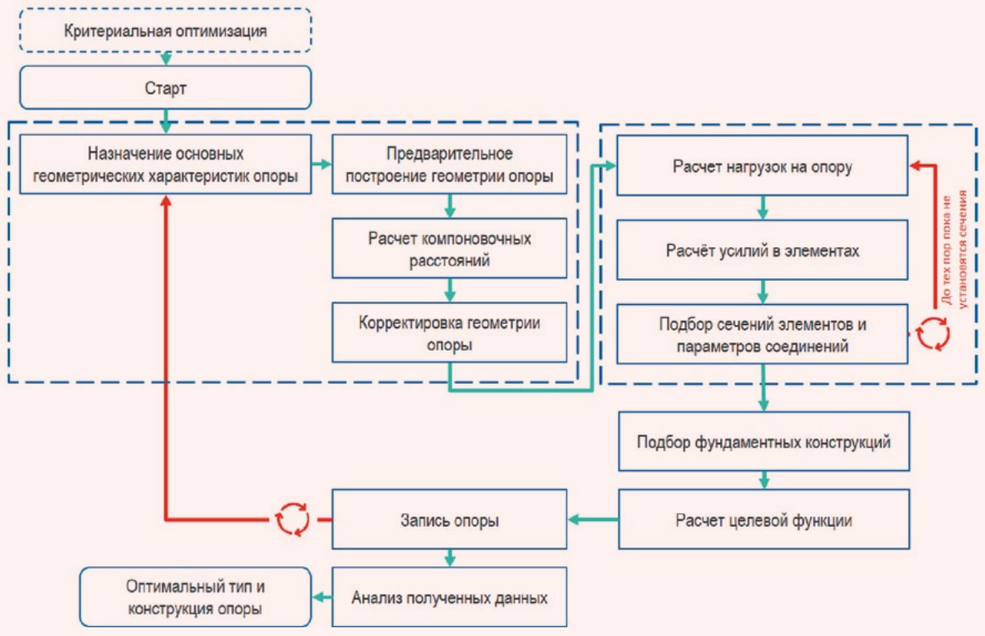


Рис. 4

ИЗ СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» «НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35–750 КВ. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ»

7.1. Конструкции опор и фундаментов должны обеспечивать надежную эксплуатацию ВЛ в течение всего срока службы. Для этого следует:

- выполнять выбор материалов, конструирование и расчеты в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов (ГОСТ, СНиП, СТО ОАО «ФСК ЕЭС», технических условий, руководств);
- обеспечивать при изготовлении, транспортировке, монтаже и эксплуатации пространственную неизменяемость, прочность, устойчивость и жесткость опор в целом и их отдельных элементов;
- предусматривать меры по обеспечению долговечности конструкций (защиту от коррозии, износа, истирания);
- предусматривать использование конструкций, не допускающих скопления воды.

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

$$C_{вл} = f\,(C_{оф};\ C_{пп};\ C_{пт};\ C_{э};\ C_{по};\ C_{пэ}), \qquad (1)$$

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

Приведенная 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 конструкции позволяет получить количественные и качественные характеристики опоры, обеспечивающие ее оптимальное применение в конкретных условиях. Так как оптимизация является довольно трудоемким процессом, связанным с существованием множества вариаций признаков и геометрических характеристик, то выделение двух уровней оптимизации (критериальной и конструктивной) позволяет сократить трудоемкость 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; рис. 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.

Конструктивная оптимизация (оптимизация второго уровня; рис. 4) предполагает выбор оптимальной конструкции опоры путем реализации циклического подхода к поиску 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.

Результатом проведения всех стадий оптимизации является оптимальная конструкция опоры, удовлетворяющая требуемому критерию оптимальности.

Разработанный алгоритм в сочетании с программными инструментами позволяет 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 серий опор и особенно актуален для индивидуального проектирования опор для конкретной ВЛ с индивидуальными условиями эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Формообразование строительных конструкций: монография/Н.П. Абовский [и др.]. Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2013.

Организаторы

РОСКОНГРЕСС Пространство доверия
АРВЭ
РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ
РЭА МИНЭНЕРГО РОССИИ

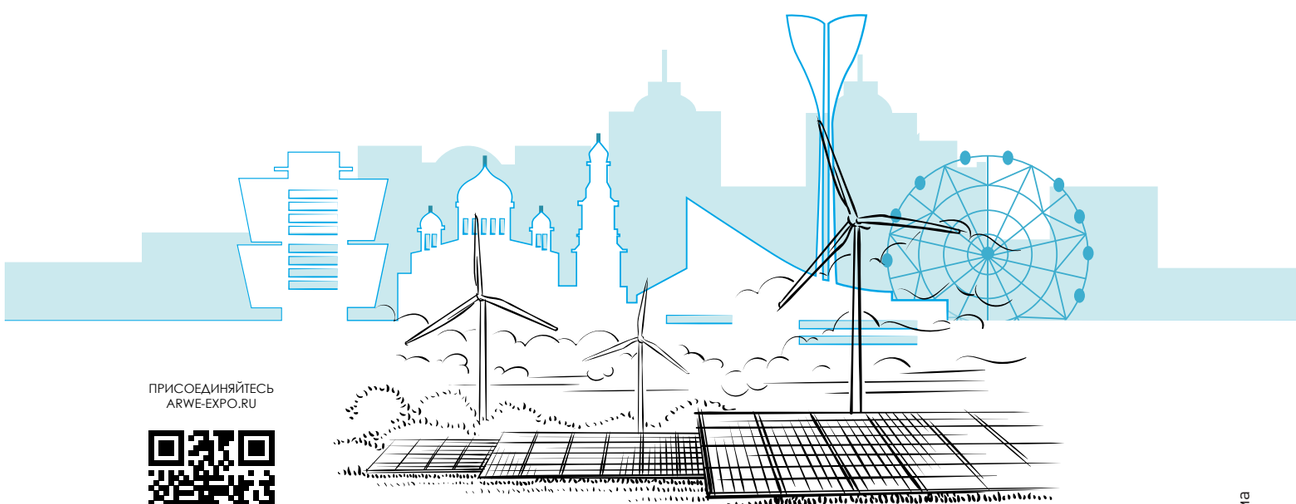
При поддержке

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА
особенности российского энергоперехода

Международный форум **18-21 мая 2022**, г. Ростов-на-Дону

ARWE 2022
CONGRESS & EXPO



ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ
ARWE-EXPO.RU

ПОЧУВСТВУЙ ЭНЕРГИЮ ПРИРОДЫ!

0+

реклама