

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.315.1.072

Г.Е. ПОСПЕЛОВ, В.Т. ФЕДИН,
М.С. ЧЕРНЕЦКИЙ

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ БАЗОВОГО ЗНАЧЕНИЯ ИСКОМОГО ПАРАМЕТРА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

При проектировании компактных воздушных линий электропередачи анализ возможности использования того или иного метода теории подобия для оптимизации параметров линий требует учета математической структуры составляющих исходного экономического уравнения, связей между параметрами, специфики конструктивного исполнения, опыта проектирования линий и др. С одной стороны, это создает определенные трудности при решении задач оптимизации, а с другой — требует решения данной задачи в конкретной форме, позволяющей исследовать любые параметры в зависимости от напряжения, конструкции и условий работы линии.

Исходя из этого, рассмотрим один из методов теории подобия — метод базовых точек, который, на наш взгляд, наиболее приемлем при оптимизации конструктивных параметров воздушных линий электропередачи со сближенными проводами расщепленных фаз. Наиболее существенным недостатком этого метода является то, что выбор базового значения искомого параметра выполняется на основании опыта проектирования традиционных линий электропередачи или вообще интуитивно [1, 2]. Такой подход допустим при оптимизации линий электропередачи, когда исследователь отчетливо представляет возможный диапазон изменения искомого параметра. При проектировании воздушных линий электропередачи новой конструкции установить диапазон изменения искомого параметра невозможно, а поэтому необходима математически строгая методика определения его базового значения. Актуальность такого подхода подтверждается тем, что значение базового параметра влияет на количество критериев подобия искомого уравнения, а при определении базового параметра, близкого к оптимальному значению искомого параметра, существенно сокращаются время расчетов на ЭВМ, трудозатраты и улучшаются технико-экономические показатели.

Нами предлагается методика определения базовых значений искомого параметра, основанная на использовании исходной минимизируемой функции, представленной в абсолютных величинах составляющих затрат:

$$K = nm (k_{из}^c + k_{тр}^c + k_M^c + k_{из}^\Phi + k_{тр}^\Phi + k_M^\Phi), \quad (1)$$

где n – количество опор на 1 км линии электропередачи при оптимальном значении параметра; m – количество стоек в одной опоре воздушной линии; $k_{из}^c, k_{тр}^c, k_m^c, k_{из}^\Phi, k_{тр}^\Phi, k_m^\Phi$ – соответственно затраты на изготовление, транспортировку и монтаж стоек опор и фундаментов. Достаточно учесть основные составляющие функции, от которых зависят затраты на сооружение воздушной линии электропередачи.

Составляющие выражения (1), определяющие затраты, необходимые для изготовления, транспортировки или монтажа стоек опор, можно записать:

$$k_i^c = \alpha_i^c \left(h_r + \frac{\gamma l^2}{8\sigma} + a\lambda + (b-1)c \right), \quad (2)$$

где α_i^c – удельный экономический показатель, зависящий от вида работ; h_r – габарит от нижней точки провисания провода до земли; γ – приведенная нагрузка, принимаемая в зависимости от марки провода и климатических условий; l – длина пролета линии; σ – напряжение в проводе, которое принимается в зависимости от действующих в пролете нагрузок; a – количество гирлянд длиной λ , закрепленных друг под другом; b – число проводов, закрепленных в вертикальной плоскости; c – минимально допустимое расстояние по вертикали между соседними проводами.

Удельный экономический показатель, определяющий затраты на изготовление и монтаж стойки опоры, определяется следующим образом:

$$\alpha_{из(м)}^c = \frac{V_{из(м)}^c c_V^c}{H^c}, \quad (3)$$

где $V_{из(м)}^c$ – объем материала, необходимого для изготовления стойки; c_V^c – стоимость единицы объема материала; H^c – высота стойки опоры.

При определении затрат на единицу монтажа стойки в формулу (3) вместо c_V^c необходимо взять затраты на единицу монтажа конструкции (c_m^c).

Удельные затраты на транспортировку стойки опоры определяются

$$\alpha_{тр}^c = \frac{G_{тр}^c c_G^c}{H^c},$$

где $G_{тр}^c$ – масса стойки опоры; c_G^c – стоимость транспортировки единицы массы.

Затраты на изготовление, транспортировку и монтаж фундаментов под опоры линий электропередачи определяем с помощью выражения

$$k_i^\Phi = \alpha_i^\Phi \left((\sigma_{гр} - \frac{F \left(h_r + \frac{\gamma l^2}{8\sigma} + a\lambda + (b-1)c \right)}{W}) A - N \right), \quad (4)$$

где α_i^Φ – удельный экономический показатель, определяющий затраты на изготовление, транспортировку и монтаж фундаментов; $\sigma_{гр}$ – предельное напряжение грунта; F – горизонтальная равнодействующая сил; W – момент сопро-

тивления сечения фундамента; A — площадь сечения фундамента; N — продольная сила, действующая на фундамент.

Удельный экономический показатель, определяющий затраты на изготовление и монтаж единицы объема фундаментов, определяем по формуле

$$\alpha_{из(м)}^{\Phi} = \frac{V_{из(м)}^{\Phi} c_{из(м)}^{\Phi}}{G^{\Phi}}, \quad (5)$$

где $V_{из(м)}^{\Phi}$ — объем изготовления или монтажа фундамента; $c_{из(м)}^{\Phi}$ — стоимость единицы объема при изготовлении или монтаже фундамента; G^{Φ} — масса фундамента.

При определении удельного показателя, характеризующего затраты на транспортировку фундаментов, необходимо в формуле (5) взять вместо $c_{из(м)}^{\Phi}$ стоимость транспортировки единицы объема. Подставим значения составляющих (2), (4) в исходное критериальное уравнение (1) и после преобразований получим

$$K = \frac{1 + l_6}{l_6} m \left(\alpha^{оп} \left(h_{\Gamma} + \frac{\gamma l_6^2}{8\sigma} + a\lambda + (b-1)c \right) + \alpha^{\Phi} \left(\sigma_{гр} A - \frac{FA \left(h_{\Gamma} + \frac{\gamma l_6^2}{8\sigma} + a\lambda + (b-1)c \right)}{W} - N \right) \right), \quad (6)$$

где l_6 — базовый пролет искомого параметра; $\alpha^{оп}$, α^{Φ} — удельные экономические показатели, учитывающие затраты на единицу изготовления, транспортировки, монтажа конструкций соответственно стойки опоры и фундамента:

$$\alpha^{оп} = \alpha_{из}^c + \alpha_{тр}^c + \alpha_M^c; \quad \alpha^{\Phi} = \alpha_{из}^{\Phi} + \alpha_{тр}^{\Phi} + \alpha_M^{\Phi}.$$

Уравнение (6) включает составляющую базового пролета (l_6), так как оптимизируемым параметром является пролет исследуемой компактной воздушной линии электропередачи, а поэтому покажем, как определяется базовое значение оптимального пролета.

Получим выражение для определения базового пролета, для чего уравнение (6) продифференцируем по l_6 и приравняем дифференциал нулю, т. е.

$\frac{dK}{dl_6} = 0$. После соответствующих преобразований получим уравнение вида

$$\left(\frac{\alpha^{оп} \gamma}{4\sigma} - \frac{\alpha^{\Phi} FA \gamma}{4\sigma W} \right) l_6^3 + \left(\frac{\alpha^{оп} \gamma}{8\sigma} - \frac{\alpha^{\Phi} FA \gamma}{8\sigma W} \right) l_6^2 - \left(\alpha^{оп} (h_{\Gamma} + a\lambda + (b-1)c) + \alpha^{\Phi} \left(\sigma_{гр} A - \frac{FA (h_{\Gamma} + a\lambda + (b-1)c)}{W} - N \right) \right) = 0. \quad (7)$$

Полученное выражение позволяет определять конкретное значение базово-

го пролета в зависимости от основных исходных данных воздушной линии электропередачи.

В том случае, когда опоры линии электропередачи устанавливаются непосредственно в грунт, выражение (7) упрощается:

$$l_6^3 + 0,5 l_6^2 - \frac{4\sigma}{\gamma} (h_r + a\lambda + (b - 1)c) = 0. \quad (8)$$

Уравнения (7), (8) позволяют определять конкретное численное значение базового пролета воздушных линий электропередачи в зависимости от напряжений линий, их конструкции, климатических условий района трассы и характера грунтов.

Таким образом, следует отметить, что предлагаемая методика определения базового значения искомого параметра позволяет оптимизировать конструктивные параметры новых воздушных линий электропередачи, для которых отсутствуют статистические данные и опыт эксплуатации, а также существенно упростить процесс оптимизации и определения искомого параметра компактных воздушных линий и сократить трудозатраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В.В. Критериальное уравнение оптимального пролета ЛЭП // Электричество. - 1967. - № 8. - С. 17-20.
2. Арсеньев Ю.Д. Теория подобия в инженерных экономических расчетах. - М.: Высш. шк., 1967. - 262 с.

УДК 62-50:62-83

В.И. ПАНАСЮК

ПРИНЦИП МАКСИМУМА ДЛЯ ЗАДАЧ С НЕМОНОТОННЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ АРГУМЕНТА

Изучается задача оптимального управления, в которой в результате замены времени t на одну из фазовых переменных течение этого нового "времени" немонотонно. Для таких задач доказан основной результат принципа максимума Л.С. Понтрягина. Указан класс практических задач из области электропривода, где возникает такая ситуация.

Рассматривается устойчивый объект управления, динамика которого описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями:

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{f}(\bar{x}, u, t); \quad \bar{x} \in R^n; \quad u \in U \subset R^r, \quad t_0 \leq t \leq T. \quad (1)$$

На решениях системы (1) необходимо доставить минимум интегралу

$$I = \int_{t_0}^T \bar{f}_0(\bar{x}, u, t) dt, \quad (2)$$