

КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Насиров Т.Х., Бердияров У.Н.

Ташкентский государственный технический университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8377339>

Аннотация: В данной статье рассматривается задача комплексной оптимизации режима ЭЭС в краткосрочном цикле регулирования, т.е. определении оптимального состава работающих агрегатов в расчетных электростанциях, графиков активных нагрузок электростанций, реактивных мощностей или модулей напряжений генераторных по реактивной мощности и опорных узлов, коэффициентов трансформаций регулируемых трансформаторов, при которых достигается минимум топливных издержек на расчетных тепловых электростанциях (ТЭС) за цикл регулирования.

Ключевые задачи: оптимизации режима, краткосрочный цикл, электростанция, активная нагрузка, реактивная мощность.

COMPLEX OPTIMIZATION OF REGIMES OF ELECTRIC POWER SYSTEM

Abstract: V danoy state rassmatrivaetsmya zadacha complexnoy optimization mode EES v krat-ko-srochnom cykle regulirovaniya, t.e. determination of the optimal composition of working aggregates in grid power stations, graphs of active loads of power plants, reactive machines and modules of voltage generators and reactive power and support links, transformation coefficients of adjustable transformers, which achieves the minimum fuel consumption and regular cycle for grid thermal power plants (TES) Rovaniemi .

Keyword: optimization mode, short-term cycle, power plant, active load, reactive power.

ВВЕДЕНИЕ

Задача комплексной оптимизации режима ЭЭС в краткосрочном цикле регулирования T заключается в определении оптимального состава работающих агрегатов в расчетных (участвующих в оптимизации) электростанциях, графиков активных нагрузок электростанций, реактивных мощностей или модулей напряжений генераторных по реактивной мощности и опорных узлов, коэффициентов трансформаций регулируемых трансформаторов, при которых достигается минимум топливных издержек на расчетных тепловых электростанциях (ТЭС) за цикл регулирования, т.е. в минимизации функции

$$Z = \sum_{t=1}^{n_T} \sum_{i=1}^n y_{it} [B_{it}(P_{it}, c_{it}) + B_{it}^{\Pi}(\tau_{it}, c_{it})] \rightarrow \min \quad (1)$$

с учетом ограничений в форме равенств

$$W'_i = P_{it} - \bar{P}_{it} = 0, \quad i \in N, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (2)$$

$$W'_i = Q_{it} - \bar{Q}_{it} = 0, \quad i \in N - \Gamma_u, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (2a)$$

$$\Delta Q_j = \sum_{t=1}^{n_T} Q_{jt}(H_{jt}, P_{jt}) - Q_{j3} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad (26)$$

и неравенств

$$P_{it}^{\min} \leq P_{it} \leq P_{it}^{\max}, \quad i \in \Gamma, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (3)$$

$$Q_{it}^{min} \leq Q_{it} \leq Q_{it}^{max}, \quad i \in \Gamma + \Gamma_q, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (3a)$$

$$U_{it}^{min} \leq U_{it} \leq U_{it}^{max}, \quad i \in N, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (3б)$$

$$\left. \begin{aligned} K_{lt}'^{min} \leq K_{lt}' \leq K_{lt}'^{max} \\ K_{lt}''^{min} \leq K_{lt}'' \leq K_{lt}''^{max} \end{aligned} \right\}, \quad l \in T_k, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (3в)$$

$$P_{lt}^{min} \leq P_{lt} \leq P_{lt}^{max}, \quad l \in L_p, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (3г)$$

$$I_{lt}^{min} \leq I_{lt} \leq I_{lt}^{max}, \quad l \in L_l, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (3д)$$

где N – множество всех узлов в ЭЭС (кроме балансирующего узла); n, m - число расчетных ТЭС и ГЭС в ЭЭС; n_T - число интервалов в цикле регулирования; u_{it}, P_{it}, B_{it} - удельная топливная издержка, нагрузка и расход топлива i - й ТЭС в t - м интервале цикла регулирования; c_{it} - состав работающих агрегатов в i - й ТЭС в t - м интервале цикла регулирования; B_{it}^{II} - расход топлива на пуск агрегата, который простоял τ_{it} часов, в i - й ТЭС при пуске в t - м интервале цикла регулирования; Γ – множество расчетных электростанций; Γ_q – множество узлов с регулируемым реактивными мощностями (кроме расчетных электростанций); Γ_u - множество опорных узлов (с заданными или оптимизируемыми модулями напряжения; $P_{it}, Q_{it}, \bar{P}_{it}, \bar{Q}_{it}$ – расчетные и заданные активные и реактивные мощности узла i в t - м интервале цикла регулирования; P_{jt}, H_{jt}, Q_{jt} - активная мощность, напор и расход воды в j - й ГЭС в t - м интервале цикла регулирования; $Q_{jз}$ - заданный объем воды в j - й ГЭС, которая должна быть израсходована в течение цикла регулирования T ; T_k – множество регулируемых трансформаторов; L_p, L_l – множество ветвей, в которых контролируются перетоки активной мощности и токи; $P_{it}, Q_{it}, U_{it}, P_{it}^{min}, Q_{it}^{min}, U_{it}^{min}, P_{it}^{max}, Q_{it}^{max}, U_{it}^{max}$ - расчетные и заданные предельные значения активной и реактивной мощностей, а также напряжения узла i в t -м интервале цикла регулирования; $K_{lt}', K_{lt}'', K_{lt}'^{min}, K_{lt}''^{min}, K_{lt}'^{max}, K_{lt}''^{max}$ - расчетные и заданные предельные значения вещественных и мнимых составляющих регулируемого коэффициента трансформации трансформатора l - й ветви в t - м интервале цикла регулирования; $P_{lt}, I_{lt}, P_{lt}^{min}, I_{lt}^{min}, P_{lt}^{max}, I_{lt}^{max}$ - расчетные и заданные предельные значения перетока активной мощности и тока l - й контролируемой ветви в t - м интервале цикла регулирования.

В задачах оптимизации режимов ЭЭС в качестве целевой функции вместо функции суммарных топливных издержек можно использовать функцию суммарного расхода условного топлива.

Описанная задача представляет собой сложную задачу нелинейного математического программирования, содержащую множество простых, функциональных и интегральных ограничений в виде равенств и неравенств.

В работах изложены алгоритмы комплексной оптимизации режимов ЭЭС на основе метода приведенного градиента. Согласно этим алгоритмам исходная задача, в общем случае, представляется в следующей форме. Минимизировать функцию

$$F(\mathbf{Z}) \rightarrow \min \quad (4)$$

при ограничениях

$$\mathbf{W}(\mathbf{Z}) = 0, \quad (5)$$

$$\mathbf{Z}^{\min} \leq \mathbf{Z} \leq \mathbf{Z}^{\max}, \quad (6)$$

где $\mathbf{W}(\mathbf{Z})$ – m - мерная вектор-функция n - мерного вектора переменных \mathbf{X} :

$$\mathbf{Z} = [z_j], \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad \mathbf{W}(\mathbf{Z}) = [w_i(\mathbf{Z})], \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Здесь предполагается, что $F(\mathbf{X})$ – выпуклая, дважды непрерывно дифференцируемая функция.

Алгоритм решения данной задачи методом приведенного градиента предусматривает разделения множество компонент вектора \mathbf{Z} на два непересекающихся подмножества, представляемых соответственно в виде m и $p=n-m$ мерных векторов $\mathbf{X} = [x_j], \quad j = 1, 2, \dots, m$ и $\mathbf{Y} = [y_j], \quad j = 1, 2, \dots, p$. В таком случае ограничение (5) можно представить в следующем виде:

$$\mathbf{W}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = 0. \quad (7)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Заметим, что число компонент вектора \mathbf{X} равняется числу компонент вектор функции (5) (или (7)). Поэтому при известных значениях компонент вектора \mathbf{Y} можно найти \mathbf{X} получаемой системы уравнений из (7).

Литература

1. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Фан ва технология», 2014, 184 стр.
2. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. Т.: Изд. ТашГТУ, 2014. 178 с.