

УДК 621.311

Г.Е.Поспелов, Р.И.Запатрин

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДАЛЬНОЙ
ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ
ПРИСОЕДИНЕНИЯМИ НА ЭЦВМ

В данной статье предлагается общий алгоритм расчета нормальных режимов и технико-экономических показателей дальней линии электропередачи (ДЛЭП) на ЭВМ.

Трудности построения алгоритма и программы расчета на ЭВМ заключаются в необходимости учета волновых процессов, происходящих в линии, анализа напряжения в каждой точке линии, расчета энергосистем с различными схемами присоединения к линии, разнесения затрат на каждую из присоединенных к дальней линии электропередачи энергосистем.

Математическая модель расчета рассчитана на основании уравнений линии электропередачи с промежуточными присоединениями, полученных авторами.

Так, напряжение и ток в любой точке линии определяются как

$$U = U_0 + \sum_m^n (\Delta U_m \operatorname{ch} \gamma l_m + I_m Z_B \operatorname{sh} \gamma l_m); \quad (1)$$

$$I = I_0 + \sum_m^n \left(\frac{1}{Z_B} \Delta U_m \operatorname{sh} \gamma l_m + I_m \operatorname{ch} \gamma l_m \right),$$

где U_0 , I_0 - соответственно напряжение и ток в любой точке линии без промежуточных отборов мощности; m - порядковый номер первой присоединяемой энергосистемы справа от рассматриваемой точки; n - количество промежуточных систем от рассматриваемой точки справа; ΔU_m - падение напряжения в последовательном элементе схемы связи промежуточной энергосистемы с линией; I_m - ток в параллельном элементе схемы связи; γ - коэффициент распределения электромагнитных волн напряжения и тока вдоль линии; Z_B - волновое сопротивление линии; l_m - расстояние от рассматриваемой точки линии до точки подключения m - промежуточной системы.

Уравнения (1) позволяют проводить исследования нормальных режимов работы дальних электропередач для последовательной, параллельной и последовательно-параллельной схем связи линии с промежуточными энергосистемами.

Связь технико-экономических показателей с выбираемым режимом распределения напряжения вдоль линии определяется двумя законами:

- жестким закреплением напряжения вдоль линии

$$U^* = f_1(p) = \text{const}; \quad (2)$$

- изменяющимся распределением напряжения вдоль линии в зависимости от передаваемой мощности

$$U^* = f_2(p) = \text{var}. \quad (3)$$

Реализация закона (3) осуществлялась по выражению

$$U_m^* = A_m(l_m^*) U_k + B_m(l_m^*) p_k^*, \quad (4)$$

где A_m , B_m - обобщенные постоянные однородного участка линии в функции от приведенной длины l_m^* и мощности p_k^* .

В свою очередь величины l_m^* и p_k^* определялись как

$$l_m^* = l_0 \frac{\lambda_n}{\lambda_0} k; \quad (5)$$

$$p_k^* = \sum_m^n p_m \frac{\lambda_0}{\lambda_n} k,$$

где λ_0 - волновая длина всей рассматриваемой линии; λ_n - волновая длина, к которой подстраивается линия; k - коэффициент точности подстройки; $\sum_m^n p_m$ - сумма активных мощностей передаваемых по линии от m -й точки к концу линии.

В расчетах технико-экономических показателей в качестве важнейших из них приняты: угол между напряжениями начала и конца линии - θ ; удельный расход настраивающих устройств - $k_{уд}$; стоимости передачи электрической энергии на шихах каждой из промежуточных систем - $C_{n1}, \dots, C_{nm}, C_{nn}, C_{nk}$; общая стоимость передачи электрической энергии - $C_{n\sigma}$.

Непосредственная связь между техническими и экономическими показателями установлена посредством критериальной длины линии ($l_{кр}$) и экономическим КПД ($\eta_э$). Эти показатели указывают на оптимальные соотношения между капитальными вложениями и стоимостью потерь электрической энергии [1].

Критериальная длина $l_{кр}$ и экономический КПД $\eta'_э$ для всей передачи в целом учитывают удельные капитальные вложения в настраиваемые устройства и дополнительные компенсирующие устройства, обеспечивающие соответствующий режим работы системы электропередачи.

Критериальная длина передачи вычисляется по выражению

$$l'_{кр} = l_{кр} \sqrt{\frac{1}{1+M}}, \quad (6)$$

где M – коэффициент, учитывающий затраты, приходящиеся на настраиваемые устройства.

Коэффициент M определяется как

$$M = \frac{3_y}{k_{л} p_{л} L}, \quad (7)$$

где 3_y – затраты, связанные с установкой дополнительных настраиваемых или регулирующих устройств; $k_{л}$ – стоимость 1 км линии; $p_{л}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; L – длина всей линии.

Экономический КПД как линии, так и электропередачи в целом характеризует минимальную стоимость передачи электрической энергии [1, 2].

Анализ результатов расчета был проведен по зависимостям технико-экономических показателей от мест присоединения и величин отборов мощности для линии электропередачи протяженностью 2000 км напряжением 1150 кВ с двумя промежуточными отборами мощности.

Параметры линии для расчетов были приняты следующие: $x = 0,281$ Ом/км; $r_0 = 0,1195 \cdot 10^{-1}$ Ом/км; $b_0 = 0,397 \cdot 10^{-5}$ 1/Ом·км; $g = 0,18 \cdot 10^{-7}$ 1/Ом·км.

Как показал анализ, технико-экономические показатели линии электропередачи длиной $L = 2000$ км с двумя отборами мощностей в значительной степени зависят от закона распределения напряжения вдоль линии. Удельный расход компенсирующих устройств снижается в случае полуволнового распределения напряжения вдоль линии.

Л и т е р а т у р а

1. Поспелов Г.Е. Элементы технико-экономических расчетов систем электропередачи. – Минск: Вышэйшая школа, 1967.
2. Поспелов Г.Е., Запатрин Р.И. Анализ нормальных режимов настроенной электропередачи с промежуточными отборами мощности. – В сб.: Электроэнергетика и автоматика. Кишинев: Штиинца, 1974, вып. 18.