

## ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБОКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДАЛЬНИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А. Г. МИЛЮШКИН

(Представлена научным семинаром кафедры электрических систем и сетей)

Сравнением расчетных затрат по вариантам, с ГРН и без него, можно определить экономическую эффективность глубокого регулирования напряжения [1].

В работе рассматривается методика эффективности внедрения глубокого регулирования напряжения для существующих ЛЭП, определение целесообразности ГРН для случая проектируемой ЛЭП изложено в литературе [2]. Величина расчетных затрат для варианта без применения глубокого регулирования напряжения запишется [4]:

$$Z_I = \varepsilon' K_{\text{лэп}}^I + \varepsilon'' K_{\text{п/ст}}^I + \Delta P_m^I (k_{\text{уд}} \varepsilon'' + \tau^I \beta), \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — доля отчислений от капиталовложений соответствующего объекта на амортизацию, эксплуатацию с учетом нормативного коэффициента эффективности;

$K$  — капитальные вложения в соответствующие объекты (тыс. руб.);

$k$  — удельные капиталовложения в электростанцию (руб/квт);

$\tau$  — время максимальных потерь (час);

$\beta$  — топливная составляющая издержек для производства электроэнергии (тыс. руб/квт. час);

$\Delta P_m$  — максимальные потери мощности в электропередаче при прохождении пика нагрузки (мвт).

Подставив все величины в формулу (2) в указанных размерностях, получим величину расчетных затрат в тыс. руб. Для варианта с применением глубокого регулирования напряжения расчетные затраты запишутся

$$Z_{II} = \varepsilon' K_{\text{лэп}}^{II} + \varepsilon'' K_{\text{п/ст}}^{II} + \Delta P_m^{II} (k_{\text{уд}} \varepsilon''' + \tau^{II} \beta). \quad (2)$$

Очевидно, что для варианта существующей ЛЭП  $K_{\text{лэп}}^I = K_{\text{лэп}}^{II}$ ; к тому же, поскольку ГРН осуществляется не во всем диапазоне изменения транзита активной мощности, правомерно предположение, что при передаче пика графика нагрузки ГРН не осуществляется, т. е. ЛЭП работает при напряжении, равном номинальному, поэтому  $\Delta P_m^{II} = \Delta P_m^I$ . Так как потери активной мощности в варианте с ГРН не превосходят

потерь при варианте без ГРН, то  $\tau^{\text{II}} \leq \tau^{\text{I}}$ . Учитывая, что  $K_{\text{п/ст}}^{\text{I}}$  и  $K_{\text{п/ст}}^{\text{II}}$  различаются по стоимости трансформаторов, так как трансформаторы с глубоким диапазоном регулирования напряжения дороже обычных, и по стоимости компенсирующих устройств, поскольку установленная мощность источников реактивной мощности в варианте с ГРН может быть меньше, так как при малых нагрузках требуемая реактивная мощность ИРМ меньше для второго варианта. Учитывая выводы, сделанные в [3], где говорится, что КУ (шунтовые реакторы) для ЛЭП-500 сейчас используются не для ограничения внутренних перенапряжений, а в основном для компенсации зарядной мощности линий и поэтому КУ выгоднее устанавливать на вторичной стороне, и зная, что единичная мощность КУ на вторичном напряжении сравнительно невелика (20, 90, 100 мвар), то может оказаться, что в варианте с ГРН число КУ на вторичном напряжении на переключательных пунктах или промежуточных присоединениях может быть уменьшено. На основании вышеизложенного можно записать

$$K_{\text{п/ст}}^{\text{II}} = K_{\text{п/ст}}^{\text{I}} + K_{\text{тр}} \cdot n \cdot \lambda - \Delta K_{\text{ку}}, \quad (3)$$

где  $n$  — число трансформаторов с расширенным диапазоном регулирования, установленных на подстанциях взамен обычных и равных им в единичных мощностях;

$K_{\text{тр}}$  — расчетные стоимости трансформаторов обычного исполнения;

$\lambda$  — величина (в долях единицы) удорожания трансформаторов с ГРН по сравнению с типовыми;

$\Delta K_{\text{ку}}$  — уменьшение капитальных вложений на КУ за счет внедрения ГРН.

Сравнивая расчетные затраты вариантов, с учетом изложенного можно судить об экономической эффективности применения глубокого регулирования напряжения.

$$Z_{\text{I}} - Z_{\text{II}} = \varepsilon'' (\Delta K_{\text{ку}} - \sum_{i=1}^n K_{\text{три}} \cdot \lambda_i) + \Delta P_m \cdot \beta (\tau_{\text{I}} - \tau_{\text{II}}). \quad (4)$$

Очевидно, что составляющая  $\Delta P_m \cdot \beta (\tau_{\text{I}} - \tau_{\text{II}})$  характеризует снижение издержек на топливо за счет снижения потерь мощности в ЛЭП. Величины  $\tau_{\text{I}}$  и  $\tau_{\text{II}}$  определяются

$$\tau = \frac{\Delta A}{\Delta P_m}. \quad (5)$$

Учитывая, что  $\Delta P_m$  для обоих вариантов одинаково, следует, что  $\tau_{\text{I}}$  и  $\tau_{\text{II}}$  неодинаковы из-за различных  $\Delta A$

$$\Delta A = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot \Delta t_i = T_{\text{год}} \cdot \sum \Delta P_i \cdot \rho_i, \quad (6)$$

где  $T$  — число часов включений трансформаторов в году;

$\Delta P_i$  — величина потерь активной мощности при мощности перетока  $P_i$ ;

$\rho_i$  — вероятность нагрузки  $P_i$ .

Из (6) следует, что потери энергии в сравниваемых вариантах отличаются из-за различия  $\Delta P_i$ , поскольку в обоих случаях предполагается один и тот же график транзита по ЛЭП, т. е.

$$\Delta A_{\text{I}} = T \cdot M(\Delta P_{\text{I}}); \quad \Delta A_{\text{II}} = T \cdot M(\Delta P_{\text{II}}). \quad (7)$$

Для определения экономической эффективности глубокого регулирования напряжения необходимо определить  $\tau_1$  и  $\tau_{II}$  и величину  $\lambda$ , которая зависит от мощности трансформаторов, их номинальных напряжений и глубины диапазона регулирования. До настоящего времени нет твердых оценок величин удорожания трансформаторов при увеличении их диапазона регулирования. Имеются трудности в определении величины  $\Delta K_{ку}$ , ввиду ее дискретности и ограничений технического и экономического характера. Предложенную формулу (4) можно использовать также для определения оптимального диапазона регулирования, для чего необходимо:

а) задаться связью между углублением диапазона регулирования напряжения трансформатора и его удорожанием;

б) меняя глубину регулирования напряжения, можно получить зависимость изменения расчетных затрат от величины диапазона регулирования при заданной связи п. «а»;

в) меняя связи п. «а», можно получить семейство зависимостей расчетных затрат от глубины диапазона регулирования напряжения для семейства соотношений по п. «а».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков, Л. А. Солдаткина. Электрические системы. Т. 2. М., «Высшая школа», 1971.

2. Т. Б. Степанова. Экономическая эффективность глубокого регулирования напряжения ЛЭП. Сб. «Проблемы общей энергетики и единой энергетической системы». Вып. I, «Наука», Алма-Ата, 1965.

3. И. С. Давыдов, И. Я. Мельзак, А. Н. Шерендис. Современное состояние сетей 500 кв в СССР. «Электричество», 1971, № 2.

4. Ю. Н. Старшинов. Об экономической эффективности режимов с перепадом напряжения в ДЛЭП 330—500 кв. «Электричество», 1966, № 1.