

$$\Delta P_{\text{оэ}} \% = \frac{1100}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{P_{\text{л}} K_1 R_{\text{о}}}{\tau \beta 10^3 \left[E_{\text{н.п}} \sum_{t=1}^T \frac{m_t^2}{(1+E_{\text{н.п}})^t} + \frac{m_T^2}{(1+E_{\text{н.п}})^T} \right]}}$$

(18)

В ы в о д ы

Применение коэффициента $k_{\text{Д.Н}}$ позволяет статическую задачу оптимизации параметров электропередачи привести к динамической задаче.

Предлагаемая методика определения оптимального соотношения между капиталовложениями и стоимостью потерь энергии может найти практическое применение для ориентировочных инженерных расчетов. Расчеты эти могут быть уточнены с помощью ЭЦВМ, однако расход машинного времени на поиск оптимального решения существенно сократится за счет предварительного сужения области оптимизации.

Л и т е р а т у р а

1. Поспелов Г.Е. Элементы технико-экономических расчетов систем электропередачи. Минск, 1967. 2.Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Энергетические системы. Минск, 1974. 3. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., 1969.

Н.М. Сыч, М.И. Фурсанов, Е.А. Желтиков

К МЕТОДИКЕ ВЫБОРА МОЩНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОДСТАНЦИЙ

При выборе мощностей трансформаторов на подстанциях исходят из обеспечения необходимой надежности электроснабжения, технической допустимости и экономической целесообразности принимаемых технических решений. Требования к надежности и технической допустимости регламентированы "Правилами устройства электроустановок". Поэтому рассмотрим некоторые принципиальные положения проблемы экономичности.

При технико-экономическом сопоставлении вариантов обычно не учитывают пропускную (нагрузочную) способность транс-

форматоров различных номинальных мощностей и не обосновывают расчетный период [1]. Учет этих показателей, по нашим данным, оказывает существенное влияние на выбор рациональной стратегии и принятие технических решений при технико-экономическом анализе, проектировании и развитии подстанций. Избежать этих просчетов можно лишь при совместном учете факторов времени и нагрузочной способности трансформаторов. Ниже предлагается методика выбора трансформаторов на подстанциях с учетом отмеченных факторов.

Допустим, нам известна нагрузка и закон ее изменения в пределах обозримого периода времени T . Мощность подстанции, соответствующая началу периода (моменту ввода подстанции в эксплуатацию), равна S_0 , а его концу — S_n . В рассматриваемом диапазоне нагрузок подстанции ($S_0 \div S_n$) на интервале времени T требуется определить оптимальную стратегию последовательного изменения номинальных мощностей трансформаторов, соответствующую минимуму приведенных затрат.

Выявим тип трансформаторов, удовлетворяющих техническим условиям задачи, и отберем лишь те из них, номинальная мощность и нагрузочная способность которых находятся в диапазоне нагрузок ($S_0 \div S_n$). Выбранные для технико-экономических исследований трансформаторы расставим в порядке возрастания их номинальных мощностей. Для каждого трансформатора, в соответствии с его нагрузочной способностью и законом роста нагрузок, определим интервал мощности и расчетную продолжительность нахождения его в эксплуатации. Эту задачу, вообще говоря, нужно было бы решать, как технико-экономическую, на основе определения экономических интервалов номинальных мощностей трансформаторов с учетом затрат на их демонтаж и монтаж на отрезке времени T . Однако проведенные нами исследования показали, что экономические интервалы трансформаторов с учетом затрат на демонтаж и монтаж практически совпадают, а в ряде случаев превышают их нагрузочную способность. Поэтому в качестве определяющего параметра для оценки расчетного времени нахождения трансформатора в эксплуатации на заданной подстанции рациональнее в этих условиях принять его нагрузочную способность. Данный расчетный прием существенно упрощает анализ.

Теперь составим все возможные стратегии чередования трансформаторов. Их число равно количеству сочетаний из n по i , где $i = 1, 2, \dots, n$ и выражается формулой.

$$\sum_{i=1}^n C_n^i = (n^i) = 2^n, \quad (1)$$

где n - число трансформаторов; i - их количество в сочетании.

В нашем случае не все сочетания из n по i представляют возможную стратегию изменения номинальных мощностей трансформаторов, а лишь те из них, которые содержат последний член, т.е. во всех случаях стратегия должна оканчиваться установкой самого мощного трансформатора на отрезке текущей координаты изменения мощности подстанции $S_0 \div S_n$ в интервале времени T . Поэтому число стратегий уменьшается вдвое и составит 2^{n-1} .

Из всех удовлетворяющих заданным техническим условиям 2^{n-1} стратегий нам необходимо выбрать оптимальную, т.е. соответствующую минимуму приведенных затрат в интервале обозримого периода T . Для этой цели воспользуемся методом сравнения вариантов. В основу определения приведенных затрат по каждой из стратегий положим формулу

$$\bar{Z}_j = \sum_{t=1}^T Z_t (1 + p)^{\tau-t}, \quad (2)$$

где p - коэффициент приведения, Z_t - затраты t -го года эксплуатации подстанции:

$$Z_t = p_t K_{ti} + \Delta \mathcal{E}_{ti} \beta_t + D_{t,i-1}. \quad (3)$$

Здесь p_t - отчисления от капитальных затрат в t -ом году эксплуатации (включают амортизацию, текущий ремонт, обслуживание и нормативный коэффициент эффективности); K_{ti} - расчетная стоимость i -го трансформатора в t -й год эксплуатации. Сюда включается также стоимость монтажа трансформатора. При пользовании укрупненными показателями [2] эта составляющая включена в расчетную стоимость трансформатора; $\Delta \mathcal{E}_{ti}$ - потери энергии в i -ом трансформаторе в t -й год эксплуатации; β_t - стоимость потерь энергии в t -ом году; $D_{t,i-1}$ - стоимость демонтажа; включается в формулу (3) в случае совпадения t -го года с временем замены i -го трансформатора на большую мощность.

Здесь предполагается, что замененный трансформатор используется в дальнейшем на других подстанциях. Поэтому его ликвидная стоимость в формулу (3) не вносится.

Оптимальная стратегия устанавливается из условия:

$$\bar{z}_j = \min, \quad (4)$$

где j - порядковый номер стратегий.

На этом задача в проектной постановке считается решенной. При этом мы экономически обосновываем первоначальную мощность трансформатора на подстанции и оптимальную стратегию его замены по мере истощения его нагрузочной способности. Известны будут и сроки предстоящей реконструкции подстанций (замены трансформаторов) в пределах точности прогнозируемых нагрузок. Это позволит своевременно подготовить необходимую проектную документацию, заказать необходимое оборудование, составить график работ, заключить своевременно договор с подрядными и субподрядными организациями и т.п.

Достоинство алгоритма заключается еще и в одинаковом подходе к решению проектных и эксплуатационных задач, что позволит использовать его также для анализа сети. В условиях эксплуатации исходная мощность трансформатора фиксирована и из оптимизации исключается. Поэтому расчетный алгоритм дополняется блоком определения времени и оценки эффективности перехода на оптимальную стратегию.

Предлагаемая методика особенно эффективна при выборе трансформаторов в распределительных сетях, где динамика нагрузки во времени в наибольшей степени поддается математическому описанию. Универсальность алгоритма позволяет проводить периодический анализ сети с целью уточнения первоначально заложенных стратегий. Повторные расчеты, по нашему мнению, понадобятся не чаще одного раза в пять лет.

Величина обозримого расчетного периода, на наш взгляд, не должна превышать $15 \div 20$ лет.

Л и т е р а т у р а

1. МЭ и Э СССР. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в развитие энергетического хозяйства (генерирование, передача и распределение электрической и тепловой энергии). М., 1973.