

$$\delta \mathcal{E} = \sum_{h=1}^K \delta P_{h t_h}. \quad (6)$$

Проведенные расчеты утверждают приемлемость предлагаемой методики.

Л и т е р а т у р а

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: -М.: Изд-во физико-математической лит., 1962, -564с. 2. Бернхардт У. Нестационарная гармоническая модель суточных графиков электропотребления. -Изв. вузов. Энергетика, 1980, №9, с.102-106. 3. Бернхардт У. Определение баланса реактивной мощности на основе вероятностной модели графиков нагрузок. -Изв. вузов. Энергетика, 1981, №9, с.95-99.

УДК 621.315.21:537.312.62

И.А.Ступак, ст.преподаватель (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Для электроснабжения крупных потребителей и электроемких производств промышленных предприятий разработано много разновидностей электропитающих схем традиционного исполнения. При больших рабочих токах в этих схемах имеются значительные потери мощности и энергии. Снизить эти потери позволяют сверхпроводящие источники и токопроводы в их сочетании с обычным электропитающим оборудованием.

На этом основании, используя обычные и нетрадиционные источники и коммутационные аппараты, можно сформировать разнообразные схемы (модели) электроснабжения электроемких производств и крупных потребителей промышленных предприятий

Основной задачей данной статьи является разработка алгоритмов и составление программ расчета технико-экономических показателей (ТЭП) отдельных элементов, формирование различных моделей электроснабжения электроемких производств, выполнение расчетов для отдельных элементов и моделей на ЭВМ, исследование и анализ полученных результатов.

Для определения ТЭП схем электроснабжения были установлены аналитические зависимости стоимости отдельных элементов этих схем от энергетических (мощности, напряжения, то-

ков) показателей, частоты вращения, поперечного сечения и других параметров оборудования.

Для получения основных уравнений корреляционной связи использованы линейные и показательные уравнения [1], которые в общем виде записываются:

$$Y_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n; \quad (1)$$

$$Y_i = a_0 \cdot f_1(x_1) \cdot f_2(x_2) \cdot \dots \cdot f_n(x_n); \quad (2)$$

$$Y_i = b_0 x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n}. \quad (3)$$

Уравнение (2) – произведение нескольких функций, дающее в результате общее уравнение регрессии для оценки стоимостных соотношений от многофакторных показателей исследуемых элементов.

Разработанные алгоритмы сверхпроводящих схем электрооборудования электроемких производств и крупных потребителей построены на основе отдельных алгоритмов для каждого элемента схемы. Основными показателями каждого алгоритма являются: единичные и суммарные капиталовложения во все генерирующие источники, годовые эксплуатационные расходы, потери мощности и энергии, приведенные затраты, удельные приведенные затраты, удельная стоимость 1 кВт·ч потерь энергии и другие технико-экономические показатели.

Поставленная задача реализуется по частям в определенной последовательности.

1. Разработка алгоритмов определения капиталовложений в отдельные элементы сформированных моделей. На основании [1] и уравнений (1), (2), (3) в зависимости от различных факторных признаков для некоторых источников питания укрупненно получены с учетом прогнозирования корреляционные уравнения капитальных вложений. Например, для автотрансформаторов напряжением 110/6,6...11 кВ

$$K_{AT_i} = k_M \cdot a_0 (a_1 + b_1 S_{Hi}) a_2 U_{номi}^{b_2}; \quad (4)$$

для обычных двухобмоточных трансформаторов напряжением 35/6,3...10,5 кВ с РПН и без РПН

$$K_{OT_i} = k_M \cdot a_0 (a_1 + b_1 S_{Hi} + c_1 S_{Hi}^2); \quad (5)$$

для генераторов постоянного тока напряжением до 1000 В

$$K_{ГПГ_i} = k_M \cdot a_0 \left[(a_1 + b_1 P_i - c_1 P_i^2) (a_2 + b_2 U_{ном_i} - c_2 U_{ном_i}^2) (a_3 - c_3 n_i^2) \right]; \quad (6)$$

для генераторов электролизных установок напряжением 115... 230 В

$$K_{ГЭУ_i} = k_M \cdot a_0 (a_1 + b_1 P_i - c_1 P_i^2) (a_2 - b_2 U_{ном_i}^2); \quad (7)$$

для генераторов общепромышленного применения напряжением 0,75...0,9 кВ

$$K_{ГОП_i} = k_M (b_0 + b_1 P_i - b_2 U_{ном_i} - b_3 n_i); \quad (8)$$

для униполярных генераторов мощностью до 100 МВт при токах до 600 кА и напряжениях до 167 В

$$K_{УГ_i} = k_M (a_0 \cdot a_1 P_i^{b_1}); \quad (9)$$

для турбогенераторов напряжением 6,3...20 кВ

$$K_{ТГ_i} = k_M \cdot a_0 (a_1 + b_1 P_i - c_1 P_i^2) a_2 U_{ном_i}^{b_2}; \quad (10)$$

для выпрямительных агрегатов ВАК В2 на 12,5 и 25 кА при номинальных напряжениях 0,075...0,85 кВ

$$K_{ВАК_i} = k_M \cdot a_0 (a_1 + b_1 P_{di} \pm c_1 P_{di}^2), \quad (11)$$

где k_M - коэффициент, учитывающий стоимость строительномонтажных работ, устройств защиты, автоматики и управления; $a_0, a_1 \dots a_3, b_1 \dots b_3, c_1 \dots c_3$ - коэффициенты регрессии, полученные расчетным путем на ЭВМ "Минск-22", которые здесь не приводятся. Знак (+) в уравнении (11) относится к ВАК В2, рассчитанному на номинальный ток 12,5 кА, а (-) соответственно - на ток 25 кА.

С учетом [1] и (1),(2),(3) получены также основные уравнения регрессии для других элементов схем – выключателей различных типов от МГТ-10 до ВАБ-28, токопроводов (шинопроводов) постоянного и переменного напряжений, обычных и маслонаполненных кабелей. Уравнения регрессии для этих элементов здесь не приводятся.

2. Оценка годовых эксплуатационных расходов, потерь мощности и энергии. Годовые эксплуатационные расходы по [2] укрупненно определяются

$$C_{Э_i} = p_{отч} \cdot K_{\Sigma} \quad (12)$$

где $p_{отч}$ – норма амортизационных отчислений и издержек на

капитальный ремонт и обслуживание; $K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=m} K_i$ – суммарные капитальные вложения в элементы схем; $i = 1, 2, 3, \dots, m$ – количество элементов в схеме.

На основании паспортных данных или прогнозируемых значений КПД источника и соответствующих им мощностей определяются потери мощности. Для вращающихся источников питания и выпрямительных агрегатов ВАК В2

$$\Delta P_i = P_{нi} (1 - \eta_{нi}) / \eta_{нi} \quad (13)$$

Потери электроэнергии для этих источников на основании выражения (13) определяются по формуле

$$\Delta \mathcal{E}_i = n_i k_{п} \Delta P_i T_i + \frac{1 - k_{п}}{n_i} \Delta P_i k_{нг}^2 \tau_i \quad (14)$$

Для статических источников (трансформаторов и автотрансформаторов) соответственно потери электрической энергии вычисляются [2]

$$\Delta \mathcal{E}_i = n_i \frac{(\alpha_{ст} - \beta_{ст} S_{нi}) S_{нi}}{100} \cdot 8760 + \frac{1}{n_i} \frac{(\alpha_{м} - \beta_{м} S_{нi}) S_{расч,i}^2}{100 S_{нi}} \cdot \tau_i \quad (15)$$

где n_i – количество источников, включаемых на параллельную работу; $k_{п}$ – коэффициент, учитывающий долю потерь, не зависящих от нагрузки; T_i – время нормального функционирования

источника в течение года; $k_{нг} = P_{расч. i} / P_{н i}$ - коэффициент загрузки источника; τ - годовое время максимальных потерь в зависимости от часов годовой продолжительности использования активной мощности для алюминиевых заводов при $T_{max} = 8500$ ч; S_H - номинальная мощность трансформатора и автотрансформатора; $\alpha_{ст}, \beta_{ст}, \alpha_M, \beta_M$ - коэффициенты, зависящие от типа трансформатора или автотрансформатора; $S_{расч. i} = P_{расч. i} / \cos \varphi$ - расчетная мощность электропередачи.

Стоимость потерь электроэнергии с учетом соотношений (14) и (15)

$$C_{\Delta \mathcal{E} i} = 10^{-2} \Delta \mathcal{E} i \beta, \quad (16)$$

где β - стоимость одного кВт.ч потерянной электроэнергии, коп./кВт.ч.

3. Определение приведенных затрат. Для исследуемых элементов схем электроснабжения с учетом выражений (12) и (16) функция приведенных затрат

$$Z_i = p_n K_{\Sigma} + C_{\mathcal{E} i} + C_{\Delta \mathcal{E} i}, \quad (17)$$

где p_n - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, принятый равным 0,15

Удельные приведенные затраты

$$Z_{уд. i} = Z_i / P_{расч. i} \quad (18)$$

Стоимость 1 кВт.ч переданной потребителю электроэнергии

$$C_{pi} = Z_i / (P_{расч. i} T_{max}), \text{ коп./ (кВт.ч)}. \quad (19)$$

По выражению (12), $P_{расч. i}$ и T_{max} [2] определяется себестоимость передачи электроэнергии

$$\beta_{pi} = C_{\mathcal{E} i} / (P_{расч. i} T_{max}). \quad (20)$$

Зависимости (4)...(11) и $P_{расч. i}$ позволяют рассчитать удельные капиталовложения

$$k_{уд. i} = K_i / P_{расч. i} \quad (21)$$

На основании выражений (4)...(21) и других, здесь не приводимых, составлена программа расчета технико-экономических показателей каждого элемента и всей модели в целом и реализована на ЭВМ ЕС-1020 на языке Фортран-1У.

4. Анализ исследованных схем электроснабжения промпредприятий. Для исследования и анализа выбрано только два варианта моделей (рис. 1). Расчет производился при следующих исходных данных: передаваемая мощность $P_{расч} = 5 \dots 500$ МВт, постоянное напряжение $U_{ном} = 0,048; 0,22; 0,44; 0,85$ кВ, переменное - $U_{ном} = 6,10,20,35$ кВ, длина сверхпроводящей линии $L = 1 \dots 15$ км. Из-за малого объема статьи приводятся только некоторые графические зависимости ТЭП от расчетной мощности (рис. 2).

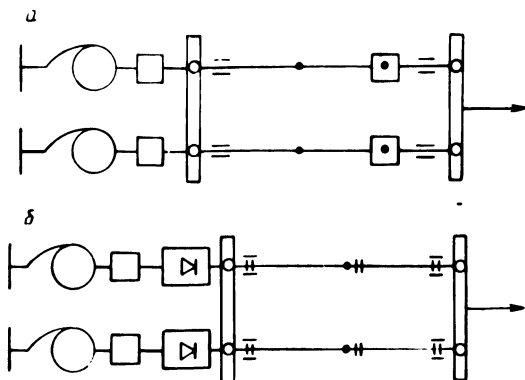


Рис. 1. Исследуемые модели переменного (а) и постоянного (б) тока.

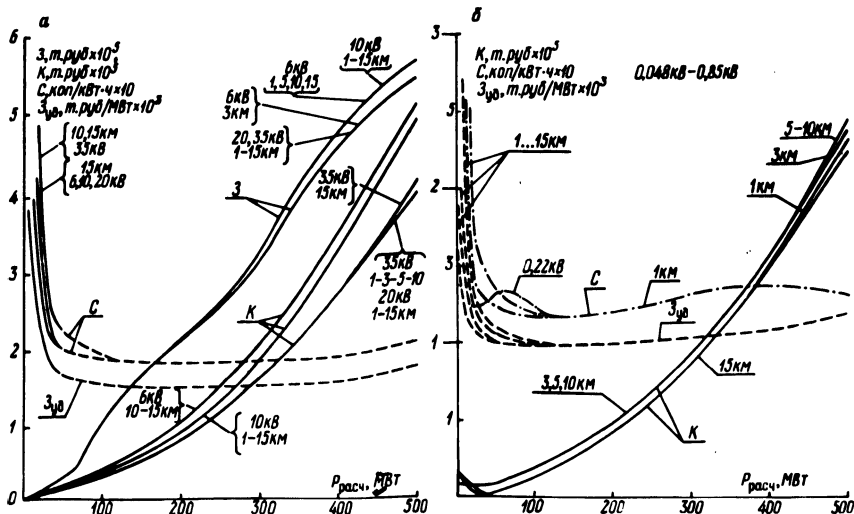


Рис. 2. Зависимость технико-экономических показателей сверхпроводящих схем электроснабжения переменного (а) и постоянного тока (б) от расчетной мощности для рис. 1, а, б.

5. Выводы. 1) Характер изменения капиталовложений при возрастании передаваемой мощности не меняется при изменении длины сверхпроводящей линии в пределах (1...15) км. Разброс численных значений капитальных затрат в исследуемые модели для различных длин сверхпроводящего кабеля при одном и том же напряжении лежит в пределах (1...3)%. Большее значение относится к меньшим величинам напряжений переменного тока. Для постоянного напряжения при увеличении $P_{расч.}$ разброс численных значений капиталовложений колеблется вблизи 1%... 2) Закономерность изменения удельных приведенных затрат при различных напряжениях и стоимость 1 кВт·ч переданной потребителю электроэнергии для схем электроснабжения переменного и постоянного тока примерно одинакова и минимум лежит в широком диапазоне изменения мощностей 100...500МВт.

Л и т е р а т у р а

1. Сборник типовых программ для ЭВМ "Минск-22". - Минск: НИИЭМП, 1974, вып. 4. - 154 с. 2. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Проектирование электрических сетей и систем. - Минск: Высшая школа, 1978. - 304 с.

УДК 621.316.1

Я.Сервотка, инженер, М.П.Клюйко, инженер,
В.Н.Юрасюк, инженер (БПИ)

МИНИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ГОРЮЧЕГО ЗА ПРОЦЕСС ПОИСКА ПОВРЕЖДЕННОГО УЧАСТКА В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6 - 20 кВ

В настоящее время в сетях 6 - 20 кВ для поиска поврежденного участка наибольшее распространение получили следующие методы: проверка мегомметром, пробные включения и проверка сети указателем повреждения. Применяется ряд мер к возможно более быстрому отысканию поврежденных участков сети, устранению повреждения и восстановлению электроснабжения потребителей. Хорошие результаты дает применение оптимальных стратегий в работе диспетчерских служб, позволяющих вести поиск повреждения и восстановление электроснабжения на основе конкретных расчетов, а не интуитивно [1].