

МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А. С. БАТУРИН

(Представлена научным семинаром кафедры экономики промышленности)

Техническая разработка схем статических преобразователей является важным направлением в создании совершенных систем автоматизации. Однако каждое схемное решение может быть реализовано на различных типах (марках) элементов, имеющих неодинаковую цену и обладающих отличными эксплуатационными характеристиками (коэффициент полезного действия, интенсивность отказа, точность выходных характеристик и т. п.).

Наряду с этим неодинаковы и условия эксплуатации, то есть число часов работы усилителя в год, соотношение между временем работы под нагрузкой и на холостом ходу, тариф за электрическую энергию, условия окружающей среды, требования к безотказности работы. К одному из факторов, определяющих себестоимость изготовления преобразователя, относится также объем производства и условия завода-изготовителя. Все перечисленные факторы оказывают влияние, с одной стороны, на цену статического преобразователя (капитальные вложения, связанные с его использованием), а с другой — на годовые эксплуатационные расходы.

Оценка экономичности для определенного набора факторов может быть проведена по формуле годовых приведенных затрат:

$$Z_r = C + E_n \cdot K, \quad (1)$$

где Z_r — годовые приведенные затраты;

C — годовые эксплуатационные расходы;

E_n — коэффициент сравнительной экономической эффективности;

K — капитальные вложения, связанные с использованием статического преобразователя.

Количественным критерием экономичности статического преобразователя для определенных условий эксплуатации принимаем минимум годовых приведенных затрат. Нахождение экономичности исполнения требует перебора большого числа вариантов, что вызывает необходимость применения ЭВМ.

В данной работе рассматривается разработка методики исследования по выбору экономичного варианта исполнения статического преобразователя для различных условий производства и эксплуатации.

Поскольку в формуле годовых приведенных затрат $E_n = 0,12$ — величина нормативная [1], переменными величинами являются C и K . Исследование же следует начинать с капитальных затрат, так как без этого нельзя определить элементы эксплуатационных расходов.

Капитальные вложения включают: цену статического преобразователя, транспортные расходы и затраты, связанные с монтажом

на месте эксплуатации. Наибольший удельный вес в капитальных затратах составляет цена. Поэтому прежде всего определим цену преобразователя.

Цена статического преобразователя включает полную себестоимость изготовления и прибыль предприятия. Наиболее точно полная себестоимость изготовления может быть определена калькулированием для определенных условий изготовления.

В нашем случае, когда отсутствует технология, составить калькуляцию нельзя.

В условиях имеющейся информации (известно схемное решение, математические зависимости для определения параметров элементов схем, входные и выходные параметры статического преобразователя) мы можем воспользоваться укрупненными методами определения себестоимости изготовления. Наиболее приемлемым для нас будет метод определения себестоимости по удельному весу материальных затрат в аналогичных изделиях. Математически это выражается так:

$$C_n = \frac{M_n}{Y_m} \cdot 100, \quad (2)$$

где C_n — полная себестоимость статического преобразователя;

M_n — материальные затраты преобразователя;

Y_m — удельный вес материальных затрат в полной себестоимости аналогичных изделий, в процентах.

Материальные затраты статического преобразователя составляет стоимость элементов схемы с учетом транспортно-заготовительных расходов.

Для определения стоимости элементов необходимо на основе выходных и входных параметров статического преобразователя по формулам найти параметры соответствующего элемента, а затем выбрать элемент по соответствующему прейскуранту и одновременно взять цену элемента. Последовательное определение элементов и их цен позволяет определить материальные расходы как

$$M_n = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (3)$$

где n — число элементов схемы;

C_i — цена по прейскуранту i -го элемента.

Эта операция может быть выполнена на электронно-вычислительной машине (ЭВМ). Для ее осуществления в память машины засылают параметры элементов и их цены, которые могут быть использованы для изготовления статического преобразователя. Наряду с этим в память машины засылаются математические зависимости, на основе которых могут быть определены параметры элементов схемы. Используя входные и выходные параметры, а также математические зависимости, ЭВМ сама выбирает элементы по заданным условиям. В этом случае осуществляется машинное проектирование статического преобразователя.

Так как функции элемента могут выполняться различными типами (марками) элементов, то машина переберет все возможные наборы одной и той же схемы, а тем самым определит различные материальные затраты ($M_{(i)}^n$).

Известно, что удельный вес материальных затрат в аналогичных изделиях Y_m изменяется от масштаба производства. Поэтому Y_m принимаем изменяющимся от 30 до 50% и соответственно получим множество себестоимостей при различных масштабах и условиях производства.

Для перехода от себестоимости к цене и далее к капитальным вложениям воспользуемся коэффициентами, то есть

$$K = C_n \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4)$$

где K — капитальные вложения, связанные с использованием статического преобразователя;

K_1 — коэффициент, учитывающий прибыль предприятия, принимаем $K_1 = 1,10$ [2];

K_2 — коэффициент дополнительных затрат по транспортировке до потребителя и монтажу, принимаем $K_2 = 1,05$.

Обобщенная формула для определения капитальных затрат будет

$$K = \frac{100 \cdot K_1 \cdot K_2 \sum_{i=1}^n C_i}{Y_m}. \quad (5)$$

Обозначения те же, что и в формулах (1), (2), (3), (4), приведенных ранее.

На основе формулы (5) будет получено множество значений капитальных затрат (K), которые используются для дальнейших исследований.

Годовые эксплуатационные расходы (C) для статического преобразователя включают следующие затраты:

а) амортизация на реновацию, так как рассматриваемое изделие не подвергается капитальному ремонту;

б) расходы на текущие ремонты;

в) стоимость потребляемой электрической энергии.

Затраты по заработной плате обслуживающего персонала не включаются, так как схема работает в автоматическом режиме.

Амортизация на реновацию для статических преобразователей по действующим нормам составляет 10%. При этом амортизационный период составляет 10 лет. Однако известно, что полный ресурс работы статического преобразователя равен 30000 часов. Следовательно, норма амортизации 10% соответствует 3000 и менее часов работы в год. При большем числе часов работы, а именно 4000, 6000, 8760 часов в год, срок службы преобразователя сокращается и тем самым должна быть увеличена норма амортизации на реновацию, то есть при 4000 часов работы $\frac{4000}{30000} \cdot 100 = 13,3\%$, при 5000 ч. — 17%, при 6000 ч. —

20%, при 8760 ч. (непрерывный режим работы) — 30%.

Годовая сумма амортизации определяется по формуле

$$A_r = \frac{N_a \cdot K}{100}, \quad (6)$$

где A_r — годовая сумма амортизации на реновацию;

N_a — норма амортизации в процентах.

Для нашего случая при годовом числе работы до 3000 часов — 10%; 4000 ч. — 13,3%; 5000 ч. — 17%; 6000 ч. — 20%, 8760 ч. — 30%.

Расходы на текущие ремонты могут быть подсчитаны, исходя из интенсивности отказов отдельных элементов схемы, по следующей формуле:

$$P = T \cdot K_3 \cdot \sum_{i=1}^m N_i \lambda_i C_i, \quad (7)$$

где P — годовые ремонтные расходы;

T — число часов работы преобразователя в течение года, принимаем:

$T = 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8760$ ч.

m — число различных типов элементов в схеме преобразователя;

N_i — количество элементов i -го типа (марки);

λ_i — интенсивность отказов i -го типа (марки) элемента;

C_i — цена i -го элемента по действующему прейскуранту;

K_3 — суммарный коэффициент, учитывающий: транспортно-заготовительные расходы, связанные с приобретением элементов схем (1,05), заработную плату и косвенные расходы. Принимаем значение K_3 в пределах от 2 до 3, что соответствует удельному весу материальных затрат 30—50%

Стоимость потребляемой энергии может быть определена по формуле

$$\mathcal{E} = T_{\mathcal{E}} \cdot \left(T_p \frac{P_v}{\eta} + T_x \cdot P_x \right), \quad (8)$$

где $\mathcal{E}$ — годовые затраты, связанные с потреблением энергии;

T_p — время работы преобразователя в режиме полной нагрузки;

P_v — выходная мощность преобразователя;

η — к. п. д. преобразователя, по данным технических исследований может быть принят 0,90;

$T_{\mathcal{E}}$ — двухставочный тариф на электроэнергию, колеблется для различных энергетических систем в пределах $0,0063—0,090 \frac{\text{руб.}}{\text{квт.ч}}$,

а среднее значение — $0,013 \frac{\text{руб.}}{\text{квт.ч}}$. В исследованиях этим показателем можно варьировать;

T_x — время работы на холостом ходу, $\frac{\text{час.}}{\text{год.}}$;

P_x — мощность, потребляемая в режиме холостого хода.

В ряде случаев T_x составляет незначительный удельный вес, и тогда формула принимает вид

$$\mathcal{E} = T_p \cdot \frac{P_v}{\eta} \cdot T_{\mathcal{E}}. \quad (9)$$

В целом годовые эксплуатационные расходы (C) могут быть определены по формуле

$$C = \frac{N_a \cdot K}{100} + T \cdot K_3 \cdot \sum_{i=1}^m N_i \cdot \lambda_i \cdot C_i + T_{\mathcal{E}} \cdot \left(T_p \cdot \frac{P_v}{\eta} + T_x \cdot P_x \right). \quad (10)$$

Исходными данными для проведения исследования являются:

- 1) принципиальные схемы статических преобразователей;
- 2) перечень элементов, входящих в каждую схему;
- 3) типы (марки) элементов, которые могут выполнять функции в схемах;
- 4) данные по основным техническим параметрам и ценам на выпускаемые типы (марки) элементов, которые могут быть использованы в схемах статического преобразователя;
- 5) входные и выходные параметры схем статических преобразователей;
- 6) математические зависимости для определения параметров элементов и порядок их расчета;
- 7) варьируемые значения для проведения исследования, о которых упоминалось ранее;
- 8) формула количественного критерия

$$Z_r = \left(E_n + \frac{H_a}{100} \right) \frac{100 \cdot K_1 K_2 \sum_1^n C_i}{Y_m} + \\ + T \cdot K_3 \sum_1^m H_i \lambda_i C_i + T_3 \left(T_p \frac{P_b}{\eta} + T_x P_x \right), \quad (11)$$

где

$$K = \frac{100 K_1 K_2}{Y_m} \cdot \sum_1^n C_i \quad (5).$$

Порядок проведения исследования на ЭВМ предопределяется формулой количественного критерия (11).

В первую очередь в память машины вводятся все постоянные величины: E_n , таблицы параметров и корреляционные зависимости цен элементов от параметров, λ_i , коэффициенты K_1, K_2, K_3 и варьируемые значения $Y_m, T, H_a, T_p, T_x, T_3$.

Затем в память машины вводятся входные и выходные параметры статического преобразователя (U_n, I_n, Z_n), а также математические формулы для выбора элементов.

Решение задачи начинается с расчета параметров элементов по формулам и выбора их из памяти машины по определенному логическому критерию. В результате находим C_i или их набор, если имеются различные типы (марки) элементов, способные выполнять заданные функции в схеме. Этот этап является машинным проектированием статического преобразователя. Перебор всех элементов создает различные варианты схем и позволяет определить все возможные значения (K) капитальных затрат, связанных с использованием статического преобразователя. На этой стадии возможно получить данные по капитальным затратам при различных наборах варьируемых параметров: типы (марки) элементов, $Y_m = 30, 35, 40, 45, 50$. Наряду с этим можно дополнительно варьировать значениями U_n и I_n при одной и той же мощности статического преобразователя и тем самым найти оптимальные U_n и I_n , при которых достигаются минимальные капитальные затраты преобразователя (5).

В целом реализуется формула годовых затрат (11). Получаем набор значений Z_r для различных вариантов. Из этого набора следует выбирать минимальные значения для определенных вариантов и условий эксплуатации. Наряду с этим следует иметь данные для их сопоставления с максимальными значениями годовых приведенных затрат в данном наборе.

Решение задачи в полном объеме можно представить следующим образом. Берем один изменяющийся параметр, варьируем его значениями и находим годовые приведенные затраты (11) при постоянных величинах остальных варьируемых параметров. Машина выбирает минимум из полученного ряда и его основные данные. Кроме того, необходимо сопоставить найденный минимум с максимальным значением, чтобы установить степень экономичности полученного решения. В результате имеем первое оптимальное решение.

Затем изменяется второй варьируемый параметр при постоянных значениях остальных. И так повторяется до тех пор, пока не будут перебраны все варьируемые параметры. Для каждого перебора будем иметь экономичное решение и вся область будет исследована.

ЛИТЕРАТУРА

1. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., 1969.
2. А. А. Кошута. Цена и экономическая эффективность машин. М., «Экономика», 1969.
3. Е. К. Смирницкий. Экономика и машина. М., «Экономика», 1970.