

# К ВОПРОСУ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

**В. М. Снигирёв**

Кандидат технических наук, доцент\*  
Контактный тел.: (061) 224-99-19, 068-909-31-72

**А. П. Агибалов\***

Контактный тел.: 068-979-61-31  
E-mail: aa-2@mail.ru

**С. И. Климов\***

Контактный тел.: 097-936-18-68  
E-mail: mailto:admin@tolkienists.ru

**О. С. Сигарева\***

Контактный тел.: (0612) 68-04-03, 068-179-86-13  
E-mail: olgae426@i.ua

\*Кафедра "Электрические аппараты"  
Запорожский национальный технический университет

*У статті пропонується спосіб проектування електричних апаратів у два етапи: спочатку виконується розрахунок обраного об'єкта згідно блок-схеми на ЕОМ з урахуванням технічних норм електротехніки, а потім – оптимізація за вартістю методом послідовної частинної оптимізації*

*Ключові слова: проектування, силовий блок, частинна оптимізація*

*В статье предлагается способ проектирования электрических аппаратов в два этапа: сначала производится расчёт выбранного объекта согласно блок-схеме на ЭВМ с учётом технических норм электротехники, а затем - оптимизация по стоимости методом последовательной частной оптимизации*

*Ключевые слова: проектирование, силовой блок, частная оптимизация*

*The method of electrical apparatus designing is suggested in the article. The method implies designing in two stages. Calculation of the chosen object is performed on the first stage according to the technical norms of electrical engineering. Cost optimization by the method of sequential partial optimization is performed on the second stage*

*Keywords: designing, power unit, partial optimization*

В современном проектировании полупроводниковых преобразователей, как одного из сложнейших электрических аппаратов, с помощью систем автоматического проектирования (САПР) на ЭВМ, безусловно, можно быстро получить работоспособную конструкцию с учетом ограничений налагаемых нормами электротехники. Однако, такие работоспособные модели, подвергшиеся, так называемой, технической оптимизации, не всегда являются достаточно экономичными.

Целесообразно предложить проводить проектирование полупроводниковых преобразователей в два этапа: сначала произвести расчет силового блока, как одного из основных узлов конструкции преобразователя, а затем произвести оптимизацию по одному из известных методов теории оптимизации.

Рассмотрим проектирование преобразователя для гальванических ванн.

Реализация первого этапа проектирования заключается в расчете, выполненном в системе MathCAD, согласно блок-схемам расчета преобразователя, рис. 1.

Второй этап проектирования предполагает использование метода последовательной частной оптимизации, изложенного в [2], когда оптимальные параметры переменных определяются не одновременно, а последовательно на каждом этапе лишь для одной переменной. Проведем оптимизацию по стоимости.

При этом задача может ставится по некоторым параметрам силового блока, которые проектиров-

щик считает основными или главными, влияющими на общую стоимость преобразователя.

В данном случае задача основана на выборе оптимальных параметров преобразователя по стоимости по двум переменным:

$P_{TAV}$  – потери в полупроводниковых элементах;  
 $S$  – площадь охлаждения радиаторов.

Перейдем от обобщающих параметров схемы  $P_{TAV}$  и  $S$  к конкретным параметрам полупроводниковых элементов, а именно пороговому напряжению и динамическому сопротивлению в открытом состоянии, и параметрам охладителей, а именно коэффициенту теплоотдачи участка, расписав  $P_{TAV}$  и  $S$  [1].

$$P_{TAV} = U_{T(ТО)} \cdot I_{AV} + K_{\Phi}^2 \cdot r_t \cdot I_{AV}^2; \tag{1}$$

$$S = \frac{P_{TAV}}{\Delta T \cdot k_{T,уч}}, \tag{2}$$

где  $U_{T(ТО)}$  - пороговое напряжение в открытом состоянии полупроводникового элемента;

$r_t$  – динамическое сопротивление в открытом состоянии параметры полупроводникового элемента;

$k_{T,уч}$  – параметр охладителя: коэффициент теплоотдачи участка.

Именно по параметрам  $P_{TAV}$  и  $S$  будем оптимизировать цену преобразователя. Будем считать, что все остальные параметры уже приняты по допускам, согласно номинальному току, протекающему через преобразователь.

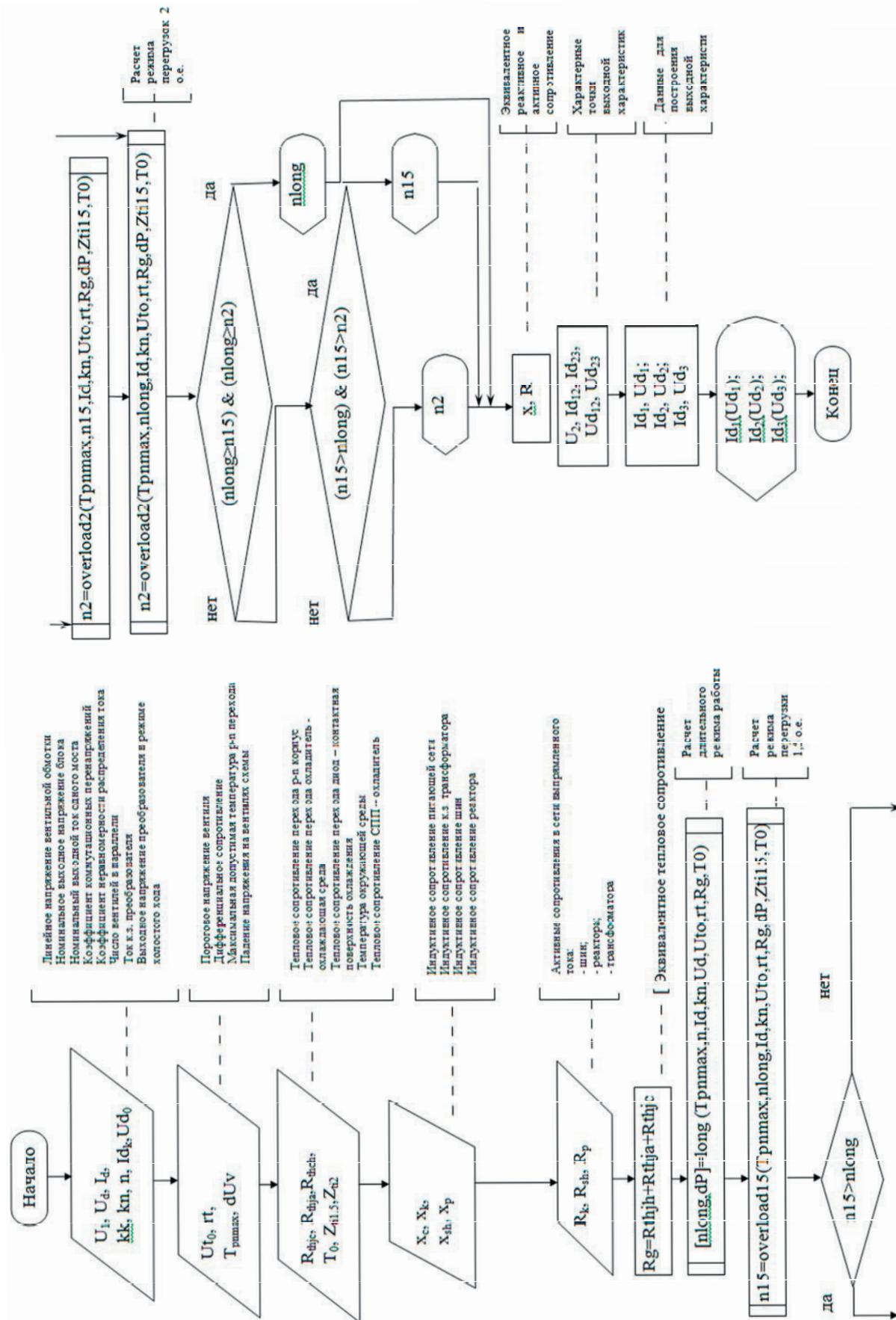


Рис. 1. Блок-схема программы расчета силового блока

Для начала рассмотрим, как влияет на стоимость преобразователя изменение порогового напряжения в открытом состоянии полупроводникового элемента  $U_{T(T0)}$  при постоянных двух других параметрах  $r_t$  и  $K_{T.уч.}$ .

Оптимизация пройдет по  $U_{T(T0)}$ , а затем и по остальным переменным. На первом этапе будем считать, что общая стоимость преобразователя достигнет минимума только при условии минимизации стоимости полупроводникового элемента по параметру  $U_{T(T0)}$ .

Возможные изменения других параметров на первом этапе оставляется.

Если нижняя граница для функции  $cf(U_{T(T0)}, r_t)$  при постоянном  $r_t$  определяется, как  $\min_{U_{T(T0)}} cf(U_{T(T0)}, r_t)$ , то

$$cf(U_{T(T0)}, r_t) \geq \min_{U_{T(T0)}} cf(U_{T(T0)}, r_t) \quad (3)$$

Величина  $\min_{U_{T(T0)}} cf(U_{T(T0)}, r_t)$  называется частным минимумом функции  $cf(U_{T(T0)}, r_t)$  по  $U_{T(T0)}$ , а процесс определения  $\min_{U_{T(T0)}} cf(U_{T(T0)}, r_t)$  - частной оптимизацией по переменной  $U_{T(T0)}$ .

Общая стоимость будет определяться, как минимум суммы оптимальных стоимостей полупроводникового элемента и охладителя:

$$C = \min_{U_{T(T0)}, r_t, K_{T.уч.}} [cf(U_{T(T0)}, r_t) + cf(K_{T.уч.})] \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \min_{r_t, K_{T.уч.}} \left\{ \min_{U_{T(T0)}} [cf(U_{T(T0)}, r_t) + cf(K_{T.уч.})] \right\} = \\ & = \min_{r_t, K_{T.уч.}} \left[ \min_{U_{T(T0)}} cf(U_{T(T0)}, r_t) + cf(K_{T.уч.}) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом, оптимальная стоимость при оптимизации по  $U_{T(T0)}$  будет равна:

$$\begin{aligned} & \min_{U_{T(T0)}, r_t, K_{T.уч.}} [cf(U_{T(T0)}, r_t) + cf(K_{T.уч.})] = \\ & = \min_{r_t, K_{T.уч.}} \left[ \min_{U_{T(T0)}} cf(U_{T(T0)}, r_t) + cf(K_{T.уч.}) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

После оптимизации по  $U_{T(T0)}$  следующий шаг решения задачи заключается в частной оптимизации общей стоимости при переменной  $r_t$ , а затем  $K_{T.уч.}$ .

После сравнения всех полученных результатов по всем частным переменным в качестве оптимального численного значения принимается минимальная общая стоимость преобразователя.

---

#### Литература

1. Уайлд Д. Оптимальное проектирование / Д. Уайлд. Пер. с англ. – М.: Мир, 1981 – 272 с.
2. Диоды и тиристоры в преобразовательных установках: учеб, пособие / М. И. Абрамович, В. М. Бабайлов, В. Е. Либбер и др. – М.: Энергоатомиздат, - 1992, 432 с.