



УДК 621.396

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

ФРОЛОВ В.А., ПИДОРИЧ А.С.

Рассматриваются проблемы выбора элементной базы при конструировании современной электронной аппаратуры. Приводятся принципы выбора критериев качества элементной базы и методика его оценки.

Качество элементной базы в значительной степени определяет технические и технико-экономические показатели электронной аппаратуры. Поэтому вопросы оптимизации элементной базы имеют практическое значение. Особое место эта проблема занимает при разработке цифровой аппаратуры. Здесь выбор элементов особенно богат. Одну и ту же функцию можно реализовать на базе дискретной логики, на микропроцессорах, на базе ПЛМ или однокристальной ЭВМ. Проблема выбора усложняется тем, что нужно учитывать назначение прибора и условия его эксплуатации. Например, для бытовой аппаратуры приоритетным критерием эффективности элементной базы является стоимость при приемлемой надежности, в то время как для аппаратуры летательных аппаратов приоритетным критерием является надежность при приемлемой стоимости.

В настоящее время нет единой методики, обеспечивающей оптимальный выбор элементной базы электронной аппаратуры. Она выбирается обычно с учетом следующих соображений:

- а) совокупность выбранных показателей качества должна наиболее полно удовлетворять требованиям, предъявляемые к изделию в соответствии с его назначением;
- б) показатели качества должны иметь однозначный смысл для каждого конструктивного элемента;
- в) количество показателей должно быть ограниченным, позволяющим упрощать решение задачи оптимизации, обеспечивая приемлемую точность.

Предположим, что в нашем распоряжении имеется конкурирующая совокупность конструктивных элементов f . Каждый элемент описывается некоторым набором минимизируемых и максимизируемых показателей.

Выделим ограниченную совокупность показателей качества, которая достаточно полно характеризует элементную базу изделия. В эту группу включим следующие показатели:

1. Стоимость элементной базы. Она составляет примерно одну треть стоимости изделия, поэтому существенно влияет на конкурентоспособность и на сбыт изделия в условиях рынка.
2. Быстродействие. Этот показатель определяет способность изделия выполнять сложные и громоздкие задачи в короткое время, способствует увеличению надежности функционирования и отражает уровень развития электронной аппаратуры.
3. Потребляемая мощность. Этот показатель характеризует температурный режим элементной базы и затраты, связанные со стоимостью электроэнергии.
4. Коэффициент технологичности. Он определяет стоимость технологического оборудования, степень пригодности изделия к автоматизированной сборке и ее стоимость.
5. Температурный диапазон элементной базы. Этот показатель определяет условия эксплуатации изделия.
6. Количество корпусов (микросхем), необходимых для реализации заданной функции конкурирующим элементом. Этот показатель влияет на надежность изделия и на стоимость его сборки.
7. Габаритный показатель элементов. Он определяет габариты изделия в целом с учетом плотности установки микросхем.
8. Показатель массы элементов. Он влияет на массу изделия, минимизация которой для бортовой аппаратуры летательных аппаратов представляет особый интерес.
9. Помехозащищенность. Этот показатель характеризует способность элементной базы противостоять внешним воздействиям. Для цифровых элементов он оценивается величиной логического перепада, отражающего состояние "включено" и "выключено".
10. Показатели надежности. Среди этих показателей для элементной базы наиболее подходящими являются интенсивность отказов и вероятность безотказной работы. При этом полагают, что элементная база является неремонтируемой.
11. Коэффициент вибростойкости. Он характеризует качественные изменения элементов в результате вибровоздействий.
12. Коэффициент теплостойкости. Этот коэффициент характеризует качественные изменения элементной базы под влиянием температурных воздействий.

Можно назвать еще ряд коэффициентов и показателей качества, которые могут быть использованы для оценки аппаратуры, работающей в специфических условиях, например в условиях радиации, акустических воздействий, соленого тумана и т.д.

Оптимизировать элементную базу электронной аппаратуры можно различными методами, например, использовать перечисленные ранее показатели качества в "чистом" виде, применить комбинацию показателей качества, или, наконец, показатели качества

элементов с учетом их весовых коэффициентов. Наиболее удобным является последний из названных методов, поэтому примем его за основу. Учтем, что в данном случае целесообразно говорить не о “чистых” показателях качества, а об их критериях эффективности. Обязательным условием при использовании выбранного метода оптимизации является выделение минимизируемых и максимизируемых показателей и их нормировка.

Итак, предположим, что имеется f конструктивных элементов (микросхем). Каждый из них характеризуется n максимизируемыми и m минимизируемыми показателями качества. Максимизируемые критерии записываются в виде:

$$Y_{ik \max} = \frac{G_{ik}}{G_{ik \max}} B_i,$$

где G_{ik} – фактическое значение i -го максимизируемого показателя для k -го конкурирующего элемента; k – номер конкурирующего элемента из множества f ; $G_{ik \max}$ – максимальное значение i -го показателя качества среди конкурирующих элементов; B_i – весовой коэффициент i -го показателя качества.

Минимизируемый критерий можно представить в виде:

$$Y_{jk \min} = \frac{H_{jk}}{H_{jk \min} B_j},$$

здесь H_{jk} – фактическое значение минимизируемого j -го показателя качества для элемента k ; B_j – весовой коэффициент j -го показателя качества; $H_{jk \min}$ – минимальное значение j -го показателя качества.

Вычислив $Y_{ik \max}$ и $Y_{jk \min}$ для всех конкурирующих элементов, произведем их свертку в виде сумм:

$$Y_{ik \Sigma \max} = \sum_{i=1}^n Y_{ik \max}, \quad i = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, f,$$

$$Y_{jk \Sigma \min} = \sum_{j=1}^m Y_{jk \min}, \quad j = 1, \dots, m.$$

Затем вычислим общую свертку минимизируемых и максимизируемых критериев для всех конкурирующих элементов в виде частного:

$$Y_{k \text{ обш}} = \frac{Y_{ik \Sigma \max}}{Y_{jk \Sigma \min}}, \quad k = 1, \dots, f.$$

Наибольшее значение $Y_{k \text{ обш}}$ относится к наиболее предпочтительному элементу [1, 2].

Предложенная методика оптимизации элементной базы электронной аппаратуры может быть рекомендована инженерам-разработчикам, а также студентам-дипломникам для принятия обоснованных конструктивных решений.

Однако она позволяет получить лишь базовое (начальное) значение, справедливое для номинальных значений воздействующих факторов. Значительная часть электронной аппаратуры эксплуатируется на объектах в условиях случайных воздействий, поэтому необходимо учитывать их влияние на показатели качества элементной базы.

РИ, 2000, № 1

Для решения этой задачи можно использовать различные методы, например последовательных приближений, статистических игр и т.д. Наиболее быстро и просто решается задача оптимизации, основанная на использовании “предельных значений”. Суть метода состоит в том, что для предельных значений воздействующих факторов из справочной литературы находят соответствующие значения показателей качества и вычисляют для каждого конкурирующего элемента (комплекта) эффективность. При этом допустимое качество функционирования должно сохраняться для всех элементов; если оно не сохраняется, то данный элемент считается непригодным для использования в проектируемой аппаратуре.

Основываясь на методике получения оптимальных решений для номинальных значений воздействующих факторов, найдем предельные значения показателей качества их эффективности и свертки максимизируемых и минимизируемых эффективностей в зависимости от вида и величины предельных значений воздействий:

$$Y_{ik \Sigma \max}(G_{npZ}), \quad Y_{jk \Sigma \min}(G_{npZ}),$$

где G_{npZ} – предельное значение Z -го воздействующего фактора ($Z = 1, \dots, g$).

Затем найдем значения обобщенных свертки для каждого воздействия и всех конкурирующих элементов:

$$Y_{k \text{ обш}}(G_{npZ}) = \frac{Y_{ik \Sigma \max}(G_{npZ})}{Y_{jk \Sigma \min}(G_{npZ})}.$$

Вычисления производят для соответствующих значений K при

$$i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m; \quad k = 1, \dots, f; \quad Z = 1, \dots, g.$$

Для упорядочения расчетов и их результатов желательно построить таблицы, отражающие зависимости:

$$Y_{ik \Sigma \max}(k), \quad Y_{jk \Sigma \min}(k), \quad Y_{k \text{ обш}}(G_{npZ}), \quad Y_{k \text{ обш}}(G_{npZ}).$$

Максимальное значение $Y_{k \text{ обш}}(G_{npZ})$ соответствует наиболее предпочтительному элементу.

Данная методика может быть рекомендована для использования при разработке специализированной электронной аппаратуры.

Литература: 1. Дружинин В.В. Методы оценки и прогнозирования качества. М.: Радио и связь, 1992. 160 с. 2. Фролов В.А. Анализ и оптимизация в прикладных задачах конструирования РЭС. К.: Выща шк. 1991. 310 с.

Поступила в редколлегия 08.02.2000

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Коновалов В.С.

Фролов Валентин Алексеевич, профессор кафедры ПЭЭА ХТУРЭ. Научные интересы: оптимизация конструкций и элементной базы электронной аппаратуры. Адрес: Украина, Харьков, ул. Балакирева, 20, кв. 163, тел. 33-95-46, 40-94-94.

Пидорич Андрей Сергеевич, студент ХТУРЭ. Научные интересы: оптимизация конструкций и элементной базы электронной аппаратуры. Адрес: Украина, Харьков, ул. Клочковская 218, комн. 711/1.