

УДК 621.396.6.049

А.А. Ефименко, канд. техн. наук, доц. Одес. нац.
политехн. ун-т

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

А.А. Єфіменко. Евристичний метод вибору оптимальної конструкції електричних з'єднань електронних засобів. Запропоновано метод та алгоритм вибору оптимальних конструкцій електричних з'єднань з використанням евристичних методів та засобів обчислювальної техніки. Особливістю методики є використання даних, які описують види електричних з'єднань, що дозволяє зменшити вплив суб'єктивних чинників на результат вибору.

Ключові слова: електричні з'єднання, електронні засоби, алгоритм вибору, евристичний метод.

А.А. Ефименко. Эвристический метод выбора оптимальной конструкции электрических соединений электронных средств. Предложен метод и алгоритм выбора оптимальных конструкций электрических соединений с использованием эвристических методов и средств вычислительной техники. Особенностью методики является использование данных, описывающих виды электрических соединений, что позволяет снизить влияние субъективных факторов на результат выбора.

Ключевые слова: электрические соединения, электронные средства, алгоритм выбора, эвристический метод.

A.A. Yefimenko. Heuristic method for selecting the optimal design of electrical connections of electronic means. A method and an algorithm for determining the optimal design of electrical connections, using heuristic methods and computer equipment is proposed. The feature of the technique is the use of data describing the types of electrical connections, thereby reducing the influence of subjective factors on the selection result.

Keywords: electrical connections, electronic means, selection algorithm, heuristic method.

В условиях неполной исходной информации, именно такие условия существуют при поиске конструкторско-технологических решений для электронных средств (ЭС), особенно на проектных стадиях или при принятии решений на этапах научно-исследовательских работ, могут использоваться различные методы — от принятия своего решения ответственными за разработку до использования известных методов статистических игр и испытаний [1]. Методы имеют разные свойства, что дает возможность по-разному приблизиться к квазиоптимальным решениям [1], кроме того, различные методы предусматривают разные объемы исходных данных, которые необходимо готовить, а значит разные затраты и сроки проектирования. С другой стороны, эти данные не всегда возможно подготовить, например, при выборе конструкций межблочных электрических соединений для какого-то множества изделий, разрабатываемых в базовых несущих конструкциях.

Исследования в направлении решения проблем выбора конструкций электрических соединений не носят систематический характер и ограничиваются созданием новых видов электрических соединений без эффективных средств их анализа и оптимального использования [2...4]. Известны исследования, требующие учета развития теории и практики конструирования и технологии ЭС, а также использования современных возможностей вычислительной техники и программных средств проектирования [5...9].

Принятие решения ответственными за разработку на основе собственного опыта вносит элементы субъективизма и отдаленности от оптимальных, хотя можно обойтись минимальной исходной информацией, сократить объем ее обработки и сроки принятия решения.

Целесообразно рассмотреть возможность использования эвристических методов, основанных на принятии решения группой или группами экспертов. При этом элемент субъективизма сохраняется, но есть возможность уменьшать его влияние.

Для выбора оптимальных конструкций межблочных электрических соединений в ЭС и уменьшения влияния субъективных факторов на принятие конструктивных решений предлагается использовать один из методов эвристического прогнозирования, при котором задействована группа экспертов с двумя турами голосования или две группы экспертов одинаковой численности, с предотвращающей существенные искажения общего результата обработкой анкет, где размещена исходная информация и вносятся оценочные результаты по принимаемым решениям [1] и алгоритм его реализации.

Для преодоления субъективного фактора предлагается разрабатывать и поддерживать информационные данные с классификацией и характеристиками межконтактных и контактных соединений, которые в совокупности представляют конструкции электрических соединений. Данные должны составляться на основе различных источников с определением и учетом развития техники в данном направлении.

Автоматизация процесса выбора оптимальных конструкций электрических соединений предполагает создание программы и соответствующих баз данных. Блок-схема алгоритма выбора конструкции электрических соединений представлена на рис. 1.

Блок 1. Представляются исходные данные для заполнения анкет:

- описание задачи и проблем создания конструкции электрических соединений;
- количественные данные (при наличии), которые определяют параметры разрабатываемого ЭС и ограничивают принимаемые решения;
- описание несущих конструкций, которые могут использоваться для ЭС;
- возможные компоновочные схемы ЭС;
- собственно анкеты для заполнения с вариантами конструкций электрических соединений, отдельно — для межконтактных и контактных;
- описание условий голосования: две группы экспертов X и Y одинаковой численности N или одна группа с двумя турами (X и Y) голосования;
- определение диапазонов возможных значений экспертных оценок в баллах

$$x_{\min} \leq x_i \leq x_{\max}, y_{\min} \leq y_i \leq y_{\max},$$

где x_i, y_i — начисляемые баллы экспертами в группах X и Y или экспертами одной группы по двум турам (X и Y) голосования;

x_{\min}, y_{\min} — минимально возможные начисляемые баллы;

x_{\max}, y_{\max} — максимально возможные начисляемые баллы.

Блок 2. Анкеты представляют собой две таблицы, в одной колонке перечислены виды межконтактных соединений (одна таблица) и виды контактных соединений (другая таблица), во второй колонке экспертами начисляются баллы.

При этом межконтактные и контактные соединения могут быть представлены как в чистом виде, например, жгутами, отдельными проводниками, пайкой, накруткой, так и их группами, например, жгутами и соединительными платами, пайкой и накруткой.

Таблицы независимы и в дальнейшем обрабатываются отдельно.

Возможно составление одной таблицы, в которой перечислены комбинации межконтактных и контактных соединений, например, соединения жгутами посредством пайки, соединения ленточными проводами посредством их врезания с проколом изоляции и т.д.

Блок 3. Представляет собой базу данных с информацией о перспективных видах и методах электрических соединений, о состоянии их развития и показателях, которая предназначена для облегчения работы экспертов, повышения объективности и достоверности оценки.

Блоки 4, 5. Выполняется обработка анкет в виде свертки результатов голосования экспертов (см. таблицу).

Пример оформления таблицы для обработки результатов голосования экспертов

№ п/п	Виды межконтактных (или контактных) соединений	Группа X					Группа Y					$\sum_{i=1}^N x_i + \sum_{i=1}^N y_i$
		x_1	x_2	$\dots x_i \dots$	x_N	$\sum_{i=1}^N x_i$	y_1	y_2	$\dots y_i \dots$	y_N	$\sum_{i=1}^N y_i$	
1.	Жгуты											
2.	Кабели											
3.	Ленточные провода											
⋮	и т.д.											

Блоки 7...10. Определяется согласованность оценок экспертов по значению коэффициента корреляции [1]

$$r(x, y) = K(x, y) / \sqrt{D_x D_y},$$

где $K(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - m_x)(y_i - m_y)}{N - 1}$;

D_x, D_y — дисперсии для групп X и Y, соответственно;

x_i, y_i — оценка i-го эксперта из групп X и Y, соответственно;

m_x, m_y — средние арифметические значения оценок экспертов групп X и Y, соответственно.

Если он близок к единице — условно $r(x, y) > 0,5$, то согласованность оценок экспертов хорошая, если близок к нулю — плохая, и необходимо уточнить или дополнить исходные данные и переголосовать или изменить состав экспертов.

Связь блока 7 с блоком 5 указывает на использование результатов голосования (см. таблицу) для расчета $r(x, y)$.

Блоки 11...14. Оценка равенства дисперсий D_x, D_y по критерию Фишера. Если вычисленное значение $F = D_x / D_y$ меньше табличного значения F_T в базе данных блока 14 [1], то принимается вид электрического соединения, определенный в блоке 6. Если $F > F_T$ — однородность мнений экспертов отсутствует; для принятия решения о возможности использования результатов голосования и их объединения необходимо проверить гипотезу о равенстве средних двух выборок X и Y с использованием критерия Стьюдента.

Блоки 15...21. Определяется статистический параметр Стьюдента [1]

$$t = \frac{m_x - m_y}{\sqrt{D}},$$

где $D = \frac{(m_x - 1)D_x + (m_y - 1)D_y}{N(N - 1)}$.

Рассчитывается степень свободы

$$m_{c.c} = 2N - 2.$$

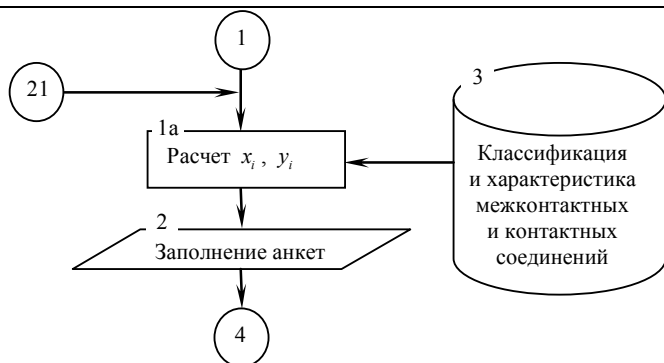
В базе данных блока 19 в таблице с t-распределением Стьюдента [1] выбирается значение t, близкое к рассчитанному, по которому определяется соответствующий уровень значения α .

Далее определяется значение доверительной вероятности

$$P_S(t) = 1 - \alpha$$

и производится проверка выполненных условий в блоке 21.

Если оно выполняется, то гипотеза о равенстве средних оценок выбранному значению α подтверждается, и принимается вид электрического соединения, определенный в блоке 6. Если



нет, то необходимо переголосовать, назначив дополнительный тур голосования и изменив состав и/или количество экспертов в группах.

Целесообразно представить описание характеристик конструкции электрических соединений по различным показателям для предоставления возможности экспертам более объективно подойти к оценке вариантов соединений и начислять баллы, исходя из их качественной оценки.

Такое описание характеристик соединений известно [9], однако, нуждается в некотором пересмотре с целью уточнения и расширения в связи с их развитием и изменением условий применения.

Дополнительно к этому возможно повысить достоверность выбора оптимальной конструкции электрических соединений в заданных условиях их производства и эксплуатации, задавая весомость этим условиям по группам показателей, например, “Автоматизация производства”, “Надежность”, “Электромагнитная совместимость” и др.

Таким образом, балл начисленный одним из экспертов какой-либо конструкции электрического соединения, будет представлять следующие величины для групп экспертов X и Y :

$$x_i = \sum_{j=1}^m q_j \left[\sum_{l=1}^n \frac{a_l}{n} \right]_j, \quad y_i = \sum_{j=1}^m q_j \left[\sum_{l=1}^n \frac{b_l}{n} \right]_j$$

при $a_{\min} \leq a_l \leq a_{\max}$, $b_{\min} \leq b_l \leq b_{\max}$, $a_{\min} = b_{\min}$, $a_{\max} = b_{\max}$,

где a_l, b_l — экспертные оценки по каждому показателю;

$a_{\min} \dots a_{\max}$, $b_{\min} \dots b_{\max}$ — установленный диапазон экспертных оценок;

n — количество показателей в пределах одной группы показателей;

m — количество групп показателей;

q — коэффициент весомости j -й группы показателей.

Коэффициенты весомости также могут быть определены теми же экспертами или установлены для них на основе расчетов, экспертных оценок других специалистов или иными путями.

Для практической реализации этой возможности надо несколько преобразовать предложенный алгоритм — между блоками 1 и 2 ввести дополнительный блок 1а, с которым установлена связь блока 3 (рис. 2).

Рис. 2. Модификация алгоритма

Предложенные методика и алгоритм выбора оптимальных конструкций межблочных электрических соединений для электронных средств позволяют:

— использовать данные, описывающие виды электрических соединений, которые составлены высококвалифицированными специалистами в данной области, причем эти данные можно использовать с разной степенью глубины, что заложено в алгоритме (его модификации);

— при поиске конструкторско-технологических решений межблочных электрических соединений ЭС на этапах научно-исследовательских работ и проектных стадиях создания ЭС уменьшить объем исходной информации, сократить время проектирования, снизить влияние субъективных факторов на результат выбора и приблизиться к принятию оптимальных решений.

Литература

1. Фролов, В.А. Анализ и оптимизация в прикладных задачах конструирования РЭС / В.А. Фролов. — К.: Выща шк., 1991. — 310 с.

2. Фишер, Д. Реализация оптоэлектронных оснований для печатных плат / Д. Фишер // Печатный монтаж. — 2007. — № 6. — С. 30 — 32.
3. Комков, А. Кристалл — корпус — печатная плата. Проектирование соединений / А. Комков, Г. Хренов // Электроника: наука, технология, бизнес. — 2005. — № 7. — С. 84 — 86.
4. Назаров, Е. Внутренний монтаж функциональных радиоэлектронных блоков / Е. Назаров // Электроника: наука, технология, бизнес. — 2008. — № 3. — С. 36 — 39.
5. Лутченков, Л.С. Аналитический метод определения метрических параметров проводного монтажа / Л.С. Лутченков // Техника средств связи. Серия: Техника провод. связи. — 1986. — Вып. 4. — С. 22 — 28.
6. Лутченков, Л.С. Расчет конструктивных параметров электромонтажа аппаратуры связи / Л.С. Лутченков // Электросвязь. — 1988. — № 11. — С. 53 — 55.
7. Ширяев, Ю.Н. О выборе вида электромонтажа аппаратуры многоканальной связи / Ю.Н. Ширяев, А.Э. Бартули // Техника средств связи. Серия: Техника провод. связи. — 1988. — Вып. 2. — С. 45 — 48.
8. Ефименко, А.А. Выбор оптимального вида межблочного электромонтажа аппаратуры передачи и обработки информации / А.А. Ефименко, А.Н. Бузин // Средства связи. — 1990. — Вып. 2. — С. 61 — 65.
9. Ефименко, А.А. О выборе видов и методов межблочного электромонтажа АПОИ / А.А. Ефименко, Б.А. Грачев // Техника средств связи. Серия общетехническая. — 1990. — Вып. 3. — С. 55 — 71.

References

1. Frolov, V. A. Analiz i optimizatsiya v prikladnykh zadachakh konstruirovaniya RES [Analysis and optimization in applied REM design problems] / V.A. Frolov. — Kyiv, 1991. — 310 pp.
2. Fisher, D. Realizatsiya optoelektronnykh osnovaniy dlya pechatnykh plat [Realization of optoelectronic substrates for printed-circuit boards] / D. Fisher // Pechatnyy montazh [Printed wiring]. — 2007. — № 6. — P. 30 — 32.
3. Komkov, A. Kristall — korpus — pechatnaya plata. Proektirovanie soedineniy [Crystal – frame – printed-circuit board. Connections design] / A. Komkov, G. Khrenov // Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes. [Electronics: science, technology, business] — 2005. — № 7. — P. 84 — 86.
4. Nazarov, E. Vnutrenniy montazh funktsional'nykh radioelektronnykh blokov [Internal wiring of functional radioelectronic units] / E. Nazarov // Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes [Electronics: science, technology, business] — 2008. — № 3. — P. 36 — 39.
5. Lutchenkov, L.S. Analiticheskiy metod opredeleniya metriceskikh parametrov provodnogo montazha [Analytical method for determining metric parameters of wiring] / L. S. Lutchenkov // Tekhnika sredstv svyazi. Seriya: Tekhnika provod. svyazi. [Technology of communication facilities. Series: Wire communication technology] — 1986. — Issue 4. — P. 22 — 28.
6. Lutchenkov, L.S. Raschet konstruktivnykh parametrov elektromontazha apparatury svyazi [Calculation of design parameters of communication equipment wire bonding] / L.S. Lutchenkov // Elektrosvyaz' [Electric communication]. — 1988. — № 11. — P. 53 — 55.
7. Shiryayev, Yu.N. O vybore vida elektromontazha apparatury mnogokanal'noy svyazi [On choosing the type of wire bonding for multichannel communication equipment] / Yu.N. Shiryayev, A. E. Bartuli // Tekhnika sredstv svyazi. Seriya: Tekhnika provod. svyazi. [Technology of communication facilities. Series: Wire communication technology] — 1988. — Issue 2. — P. 45 — 48.
8. Yefimenko, A.A. Vybory optimal'nogo vida mezhblochnogo elektromontazha apparatury peredachi i obrabotki informatsii [Choosing the optimum type of interunit wire bonding in information transmission and processing equipment] / A.A. Yefimenko, A.N. Buzin // Sredstva svyazi [Communication facilities] — 1990. — Issue 2. — P. 61 — 65.
9. Yefimenko, A.A. O vybore vidov i metodov mezhblochnogo elektromontazha APOI [On choosing the types and methods of interunit wire bonding of ITPE] / A.A. Yefimenko, B.A. Grachev // Tekhnika sredstv svyazi. Seriya obshchetekhnicheskaya. [Technology of communication facilities. Series: general technology] — 1990. — Issue 3. — P. 55 — 71.

Рецензент канд. техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Панов Л.И.

Поступила в редакцию 10 мая 2011 г.