

## КРИТЕРИЙ КОМПОНОВКИ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА

Электронный аппарат (ЭА) представляет из себя сложную иерархическую систему, подверженную в условиях эксплуатации комплексу разного рода возмущений, которая производится посредством многостадийного циклического технологического процесса. В соответствии с обозначенными в [1] задачами, следует отметить, что управление системой подобного рода может быть организовано в автоматизированном режиме, так как именно на человека, как на лицо, принимающее решение (ЛПР), возложена функция окончательного выбора решения из вариантов, предлагаемых системой. Для поддержки процесса принятия решения, актуальными проблемами являются: синтез исходного описания объекта, преобразование его в некоторые параметры и характеристики объекта в процессе эксплуатации, формулировка правил выбора и отбраковки некоторых вариантов блока с оценкой стоимости и качества вносимых изменений в объект и процесс его производства. В связи с этим, актуальной задачей является формулировка и анализ критерия компоновки блока электронного аппарата.

Выбираем в качестве элементов критерия компоновки блока ЭА параметры и функции, определенные с помощью разработанного ПТК моделирования механических нагрузок блоков ЭА и выявленные в ходе экспериментальных исследований. К ним отнесены: собственные частоты блока ЭА, распространенность применяемой системы виброизоляции (СВИ), параметры и АЧХ для различных видов систем виброизоляции блока, ФЧХ для различных систем виброизоляции и пр.

Необходимо также оценить степень распространенности применяемой СВИ, в том числе проанализировать необходимость применения виброизоляторов с уникальными характеристиками или уникальных схем виброизоляции. Дополнительно по варианту компоновки блока ЭА необходимо рассчитать коэффициенты: заполнения объема блока деталями, активного объема и веса блока,

соответствия физических и установочных параметров друг другу, автономности активного параметра, заполнения блока, конструктивного совершенства изделия. Результаты определения этих параметров сводим в табл. 1.

Таблица 1

## Компоненты критерия компоновки блока ЭА

№ п/п	Семантическое значение	Принимаемые значения	Тип объекта, применяемый для описания	Вид выполняемого анализа
1	2	3	4	5
1	Собственные частоты блока ЭА	[0; 3000], Гц	Массив значений	Анализ тенденций влияния на вибро- и удароустойчивость изделия и сравнение с допустимыми значениями
2	Распространенность применяемой СВИ	[0; 1] (дискретные значения)	Требуются виброизоляторы с уникальными характеристиками или уникальная схема виброизоляции	Определение уникальности и наложение «штрафа» в стоимостном анализе
...	...	...	...	...

При формировании критерия компоновки блока ЭА, применим для генерации множества решений технической задачи и сокращения перебора метод Порето, сравнив полученные с помощью него варианты решения с достигнутыми в ходе «классического» ТП производства блока ЭА, тем самым оценив эффективность предложенного метода.

Методом экспертных оценок были получены сведения о предполагаемых весах каждого из сведенных в табл. 1 параметров. Практика внедрения и применения результатов научных исследований в производство показала необходимость скорректировать эти веса. Результирующие значения весов сведены в

табл. 3. В качестве частных критериев объекта примем критерии, сведенные в табл. 2.

Таблица 2

## Частные критерии компоновки блока ЭА

№ п/п	Обозначение частного критерия	Величина	Смысл
1	$\Phi_1$	[0; 1] (дискретные значения)	Устойчивость к механическим воздействиям блока ЭА
2	$\Phi_2$	[0; 1] (дискретные значения)	Рациональность подбора типа амортизаторов и вида СВИ
3	$\Phi_3$	[0; 1] (дискретные значения)	Рациональность компоновки блока ЭА

К варьируемым параметрам объекта отнесем компоненты критерия компоновки блока ЭА, приведенные в табл. 1, их значения сведены в табл. 3.

Таблица 3

## Варьируемые параметры объекта

№ итерации	Варьируемые параметры									
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
1	1	1	1	1	1	1	0.3	1000	0.6	1000
2	1	1	1	1						
3	1		1	1	1	1	0.3	1000	0.6	1000
4	1		1	1						
5	1	1			1	1	0.3	1000	0.6	1000
6	1	1								
7					1	1	0.3	1000	0.6	1000
8										

Анализируя табл. 3 получаем, что рациональность компоновки блока ЭА необходимо заменить комплексным критерием качества. В результате такой замены столбцы  $x_5 - x_{10}$  заменяем одним столбцом, содержащим значение 1 для случая необходимости обеспечения рациональной компоновки блока ЭА и значением 0 в противном случае.

Формирование непосредственно функционала критерия компоновки блока ЭА осуществим путем линейной комбинации

вероятностей появления каждого из случаев необходимости обеспечения устойчивости к вибрационным воздействиям блока ЭА и его составляющих и выполнения требования оптимальности компоновки блока ЭА. В результате критерий компоновки имеет вид

$$f_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) := 0.25x_1 + 0.1x_2 + 0.25x_3 + 0.2x_4 + 0.15x_5. \quad (1)$$

Наличие нескольких слагаемых с одинаковыми коэффициентами показывает единство причин появления факторов нарушения функционирования блока ЭА и его составляющих в условиях эксплуатации и противоречивость требований выполнения рациональности компоновки блока ЭА. На практике может появиться либо один из анализируемых факторов (табл. 1), либо все, либо их комбинация, что и учитывается видом предложенного критерия компоновки.

Ограничения, накладываемые на функционал управления, связаны со стоимостью обнаружения и устранения каждого из анализируемых явлений и суммарной стоимостью обеспечения требуемых параметров изделия на ограниченном наборе управляющих воздействий на объект. Вид ограничений, накладываемых на функционал управления следующий:

$$25x_1 + 15x_2 + 43x_3 + 30x_4 + 17x_5 \leq 35. \quad (2)$$

Имеем задачу максимизации, так как ищем случай, удовлетворяющий требованиям обеспечения максимальной устойчивости блока ЭА к механическим и вибрационным воздействиям, происходящее одновременно с обеспечением требования наилучшей компоновки самого блока, анализируемые с точки зрения частоты встречаемости тех или иных факторов, вредно влияющих на компоновку блока ЭА. Из всех возможных вариантов компоновки блока ЭА предложенный критерий компоновки выбирает на первом этапе оптимальные по частоте встречаемости компоненты, а на втором этапе определяет оптимальные по стоимости обнаружения и стоимости устранения компоненты. Результаты выполнения процедуры определения вектора весов для аддитивного критерия качества сведены в табл. 4.

Возможными претендентами на обеспечение максимума критерия компоновки являются 5 и 6 вариант, так как функционал – максимален, однако смысловое наполнение этих вариантов таково,

что теряется необходимость вообще анализировать частотные характеристики блока ЭА и их взаимосвязь с собственными частотами блока, т.е. анализировать влияние условий эксплуатации на объект, а необходимо лишь отслеживать рациональность компоновки блока и «доступность» виброизоляторов, что в корне недопустимо при решении задачи системного обеспечения механической, вибрационной и ударной устойчивости блока ЭА. Для дальнейшего анализа оставим варианты 1 – 6.

Таблица 4

Определение вектора весов для аддитивного критерия качества

№ итерации	Значение функционала	Весы			Частные критерии		
		$W_1$	$W_2$	$W_3$	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_3$
1	0.34999999	0.8	0.35	0.15	1	1	1
2	0.34999999	0.8	0.35	0.000001	1	1	0
3	0.34999999	0.8	0.000001	0.15	1	0	1
4	0.34999997	0.8	0.000001	0.000001	1	0	0
5	0.35	0.35	0.00001	0.15	0	1	1
6	0.35	0.000001	0.35	0.000001	0	1	0
7	0.30882353	0.000001	0.000001	0.15	0	0	1
8	0	0.000001	0.000001	0.000001	0	0	0

Возможными претендентами на обеспечение максимума критерия компоновки являются 5 и 6 вариант, так как функционал – максимален, однако смысловое наполнение этих вариантов таково, что теряется необходимость вообще анализировать частотные характеристики блока ЭА и их взаимосвязь с собственными частотами блока, т.е. анализировать влияние условий эксплуатации на объект, а необходимо лишь отслеживать рациональность компоновки блока и «доступность» виброизоляторов, что в корне недопустимо при решении задачи системного обеспечения механической, вибрационной и ударной устойчивости блока ЭА. Для дальнейшего анализа оставим варианты 1 – 6.

Сравнение оставшихся вариантов будем осуществлять на основании дополнительных затрат и стоимости, взаимодополняемости каждого из параметров и возможности их взаимного исключения в процессе протекания технологического процесса производства блока ЭА. Весовые коэффициенты, комбинации частных критериев и

значение функционала оптимизации в интересующей точке сведены в табл. 5.

Таблица 5

Определение вектора весов для аддитивного критерия качества

№ итерации	Значение функционала	Весы			Частные критерии		
		$W_1$	$W_2$	$W_3$	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_3$
1	172.000089	98	20	17	1	1	1
2	172.000039	98	20	0.00001	1	1	0
3	172.000107	98	0.00001	17	1	0	1
4	172.000092	98	0.00001	0.00001	1	0	0
5	149.999987	0.00001	20	17	0	1	1
6	149.999987	0.000001	40	0.000001	0	1	0

Выбрав вариант, соответствующий максимуму критерия компоновки блока ЭА, получим случай 3, когда необходимо анализировать собственные частоты блока ЭА, его частотные характеристики, одновременно обеспечивая рациональность компоновки блока ЭА. Это вариант соответствует практике обеспечения устойчивости блока ЭА к механическим, вибрационным и ударным воздействиям, с тем отличием, что это выполнялось высококвалифицированными экспертами при доводке изделия после отбраковки на испытаниях. Предложенный критерий компоновки блока ЭА позволяет систематизировать решение задачи обеспечения устойчивости объекта к внешним воздействиям и включить анализ поведения блока в условиях эксплуатации в существующий процесс его производства.

Выбор критерия компоновки блока ЭА повлечет за собой изменения в программах управления: станками сверловки для генмонтажных плат; станками с ЧПУ для установки ЭРЭ и ПП на ТЭЗ для генмонтажных плат; станками штамповки заготовок ПП для генмонтажных плат; ГПМ АСС; станками штамповки деталей корпуса; картами прокладки шлейфовых соединений сборщиками; подбором виброизоляторов; участком выполнения сборочных операций.

### Выводы

1. В работе обоснована необходимость оптимизации процесса компоновки блоков ЭА путем анализа механических, вибрационных

и ударных свойств ЭА. Оптимизировать необходимо стоимость обнаружения и устранения рассматриваемых явлений и эффектов в зависимости от вероятности появления этих эффектов или их комбинаций. Полученный критерий необходимо спроецировать на процесс производства изделия, включив его в последовательность операций рассматриваемого процесса производства изделия.

2. Предложенный критерий компоновки блока ЭА учитывает вероятности появления явлений нарушения функционирования блока ЭА в условиях эксплуатации и не обеспечения рациональности компоновки, систематизирует знания экспертов об устойчивости изделия к внешним факторам и формализует процесс компоновки блока ЭА. Ограничения, накладываемые на критерий компоновки, учитывают стоимость обнаружения и устранения анализируемых явлений. Полученное оптимальное решение соответствует систематизированным знаниям экспертов в области решаемой задачи и формализует процедуру обеспечения устойчивого функционирования блока ЭА в различных условиях эксплуатации и рациональность компоновки ЭА. Тем самым обеспечивается экономический эффект из-за сокращения времени производства и снижения затрат на доводку изделия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ульшин В.А., Смолий В.Н. Задачи системного моделирования процесса производства электронных аппаратов// Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, РВА ДонНТУ, 2005.- Вип. 29. – С.206-212.