Системные критерии технического уровня и качества изделий

План

1. Основные сведения о качестве продукции и об управлении качеством ЭС

2. Требования к конструкциям ЭС и показатели их качества

3. Выбор элементной базы и материалов конструкции ЭС

**1. Основные сведения о качестве продукции и об управлении качеством ЭС**

Качество продукции – совокупность свойств, обуславливающих пригодность продукции удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением.

Свойство продукции – объективная особенность продукции.

Свойства продукции закладываются при ее разработке, обеспечиваются при производстве и реализуются при ее эксплуатации.

Показатель качества продукции – количественная характеристика определенного свойства продукции на определенном этапе жизненного цикла.

Показатели качества продукции делятся на следующие группы:

1. назначения,
2. надежности,
3. технологичности,
4. эргономические,
5. эстетические,
6. стандартизации и унификации,
7. патентно-правовые,
8. экономические.

# Единичные показатели качества – показатель качества продукции, относящийся к только к одному из ее свойств.

Комплексный показатель качества – показатель качества продукции, относящийся к нескольким ее свойствам.

Постоянно возрастающие требования к качеству ЭС, быстрая смена номенклатуры изделий, усложнение процессов производства изделий приводят к необходимости постоянной целенаправленной деятельности по обеспечению требуемого уровня качества разрабатываемых и выпускаемых ЭС.

Отсюда вытекает необходимость применения изготовителем согласованных действий по обеспечению требуемого заказчиком качества ЭС, т.е. создание системы управления их качеством.

Основная цель системы управления качества ЭС на любом уровне – создание изделий высокого качества при минимальных затратах.

Управление качеством продукции, базирующееся на статистических методах контроля, зародилось в 30-е годы в связи с переходом к массовому производству изделий. Массовое производство изменило прежний подход к контролю мелкосерийной продукции, требовавшей проверку каждой единицы продукции, и привело к внедрению выборочного контроля с оценкой его результатов статистическими методами.

Контроль качества, базируясь на статистических методах и развиваясь циклически, проходит через определенные этапы (рис.1).

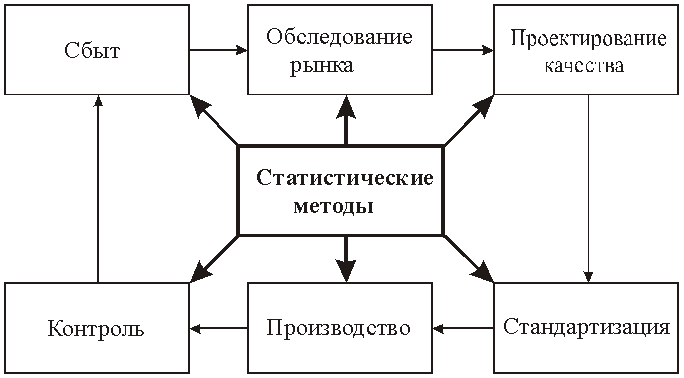


Рис.1.Цикл Деминга.

Этот цикл называется циклом Деминга, а его реализация – оборотом цикла Деминга. Для эффективного обеспечения контроля качества необходимо участие всех без исключения работников предприятия (от рабочего до руководителя). Реализуемый таким образом контроль качества стал называться всеобщим (Total Quality Control - TQC). Тотальный контроль начал внедряться в Японии в 60-е годах, из множества статистических методов были выбраны 7 наиболее эффективных и доступных методов, в совокупности составляющих систему, полностью обеспечивающих осуществление статистического контроля на рабочем месте. Они получили название "Семь методов (или инструментов) контроля качества" и составили основу TQC. Это следующие методы: расслоение графики (полигон, гистограмма, кумулятивная кривая); расслоение общей изменчивости статистических данных с помощью дисперсионного анализа; диаграмма Парето; причинно-следственная диаграмма; диаграмма разброса (поле корреляции); контрольная карта; контрольный лист. Понятие цикла Деминга не ограничивается только контролем качества продукции, его можно распространить на все управление производством, а именно процесс управления можно рассматривать как последовательность прохождения следующих важных этапов: план (PLAN), реализация (DO), проверка (CHECK), исправление (ACTION). Действительно, любая работа начинается с составления плана (Р) работы, после чего выполняется (D) сама работа в соответствии с планом, затем проверяется (С) соответствие полученного результата запланированному и, наконец, принимаются необходимые меры (А) в случае отклонения результата исполнения от запланированного. Этот цикл получил название PDCA. После выполнения первого цикла вновь переходят к составлению нового цикла, в который вносится коррекция с учетом предыдущих ошибок. Циклы повторяются до совпадения результата с планом (рис.2).

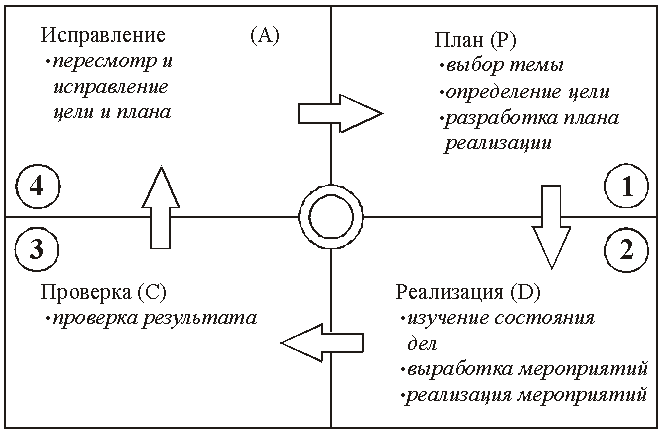


Рис.2.Прохождение этапов PCDA.

Циклы PDCA являются основным методом повышения качества продукции.

В конце 80-х годов контроль качества распространился на другие сферы деятельности человека, такие как образование, медицина и т.д. Контроль качества, далеко выйдя за пределы сферы производства, стал универсальным. Поэтому термин "всеобщий контроль качества" (TQC), переставший отражать сущность явления, в начале 90-х годов было предложено заменить на термин "универсальный контроль качества" (Universal Quality Control - UQC), в основе которого остались те же 7 инструментов качества.

ХХI век должен положить конец разногласиям и жесткой конкуренции между странами. Мировая экономика должна прийти в равновесие. Развитые страны помогут развивающимся реализовать свои возможности. Качество изделий всех стран должно стать таким, чтобы их покупали во всем мире. И в этом существенную роль должен играть UQC.

**2. Требования к конструкциям ЭС и показатели их качества**

При решении задач конструирования заказных БИС и кристаллов СВЧ ИС решаются задачи операции входного контроля исходных данных, покрытия, компоновки, взаимного расположения компонентов при минимуме числа пересечений, трассировки, контроля топологии, изготовления рисунков фотошаблонов и их оригиналов.

Главное, что надо отметить, это то, что радиоинженер-конструктор-технолог является пользователем средств вычислительной техники, а не их разработчиком и программистом, поэтому ему нужны основы этих знаний, чтобы грамотно решать свои задачи по автоматизированному конструированию.

К основным требованиям, предъявляемым к конструкциям ЭС относятся высокое качество энергоинформационных (электрических) показателей, надежность, прочность, жесткость, технологичность, экономичность и серийноспособность конструкции при малой материалоемкости и потребляемой мощности.

Конструкции, отвечающие этим требованиям, должны обладать минимальными массой m, объемом V, потребляемой мощностью Р, частотой отказов λ, стоимостью С и сроком разработки Т, должны быть вибро- и ударопрочны, работать в нормальном тепловом режиме и иметь достаточно высокий для производства процент выхода годных изделий.

Показатели, характеризующие эти качества, могут быть разбиты на следующие группы: абсолютные (в абсолютных единицах), комплексный (безразмерный, обобщенный), удельные (в удельных величинах) и относительные (безразмерные, нормированные).

К абсолютным показателям относят массу конструкции, ее объем, потребляемую мощность, частоту отказов, стоимость и срок разработки. Иногда эту группу показателей называют материальными (М) показателями, отвечающими на вопрос, из чего и как сделано устройство. Группу же энергоинформационных параметров в этих случаях называют функциональными (Ф) показателями, которые отвечают на вопрос для чего и что может делать устройство. Из этих двух групп могут быть получены более общие показатели качества такие, как комплексный показатель и удельные показатели качества.

Комплексный показатель качества представляет собой сумму нормированный частных материальных показателей со своими "весовыми" коэффициентами, как коэффициентами значимости этого параметра на суммарное качество конструкции:

К=ϕmmo+ϕVVo+ϕλλo+ϕPPo+ϕCCo+ϕTTo, (1)

где mo, Vo, λo, Po, Co, To – нормированные значения материальных параметров относительно заданных по техническому заданию либо отношения этих материальных параметров для разных сравнительных вариантов конструкции,

ϕm, ϕV, ϕλ, ϕP, ϕC, ϕT – коэффициенты значимости частных материальных параметров, определяемые методом экспертных оценок, обычно их значение выбирают в пределах от 0 до 1.

Выражение (1) показывает, что чем меньше каждый из материальных параметров, тем выше качество конструкции при одних и тех же функциональных параметрах. Коэффициенты значимости определяются группой экспертов (желательно в количестве не менее 30 человек), которые в зависимости от назначения и объекта установки РЭС присваивают каждый то или иное значение коэффициента значимости параметрам. Далее их результаты оценки суммируются, определяются средние значения и среднеквадратичные этих коэффициентов, находятся допустимые поля отклонений и по ним устраняют "промахи" экспертов, которые исключают из общей суммы и далее повторяют те же операции обработки данных. В результате получают средние, "достоверные" значения этих коэффициентов, и тем самым и само уравнение для расчетов.

Пример 1 Для бортового ракетного РЭС выбрать лучший вариант из двух методов конструирования РЭС: на печатных платах с корпусированными ИС широкого применения или на металлических рамах с бескорпусными микросборками.

Примем значения коэффициентов значимости для ракетных РЭС следующими: ϕm=1; ϕV=ϕλ=0,8; ϕC=0,5; ϕP=0,4; ϕT=0,5. Поскольку потребляемая мощность РЭС при переходе от корпусированной ИС к ее бескорпусному варианту не меняется, то четвертую составляющую в уравнении (11.1) исключим. Для упрощения расчетов не будем учитывать и срок разработки. Из литературы известно, что при выборе второго варианта масса уменьшается в 3 раза, объем – в 5 раз, частота отказов – в 2 раза, а стоимость увеличивается в 3 раза. Тогда в первом варианте значения всех нормированных показателей (самих относительно себя) будут равны 1, а во втором варианте составят соответственно mo=0,33; Vo=0,2; λo=0,5 и Co=3. комплексный показатель качества для первого и второго варианта будет равен соответственно

К1=1\*1+0,8\*1+0,8\*1+0,5\*1=3,1 и К2=1\*0,33+0,8\*0,2+0,8\*0,5+0,5\*3=2,4.

Таким образом, лучшим вариантом является второй.

К удельным показателям качества конструкции относят удельные коэффициенты конструкций: плотность упаковки элементов на площади или в объеме, удельную мощность рассеивания на площади или в объеме (теплонапряженность конструкции), удельную массу (плотность) конструкции, величину истечения газа из объема конструкции (степень герметичности),

Удельные коэффициенты оценивают прогресс развития новых конструкций по сравнению с предыдущими аналогами и прототипами. Они выражаются как k=М/Ф и для каждого из типов радиоустройств или болков имеют конкретное выражение размерности величин. Так для антенных устройств, если для них в качестве основного параметра взять массу, удельный коэффициент kА=m/G [кг/ед.усиления], где G – коэффициент усиления антенны; для передающих устройств kпер=m/Рвых [кг/Вт], где Рвых – выходная мощность передатчика. Поскольку передающие устройства характеризуются большим количеством функциональных параметров (коэффициентом усиления, коэффициентом шума, полосой пропускания, выходной мощностью и др.), то функциональная сложность и качество выполняемых функций для микросборочных конструктивов может быть оценено количеством разработанных микросборок (nМСБ), тогда kпер=m/ nМСБ [кг/МСБ]. Аналогично можно рассчитать удельные коэффициенты и по отношению к другим материальным параметрам и получить для сравнения аналогов их величины, выраженные в [см3/ед.усиления], [см3/Вт], [см3/МСБ], [руб/ед.усиления], [руб/Вт], [руб/МСБ] и т.п. Такие оценки наиболее наглядны и не требуют доказательств, что лучше а что хуже без всяких эмоций.

Плотность упаковки элементов на площади или в объеме оценивается следующими выражениями γS=N/S и γV=N/V, где N – количество элементов, S и V – занимаемые ими площадь или объем соответственно. Количество элементов определяется как N=NИС\*nэ+nЭРЭ, где NИС – количество ИС в устройстве, nэ – количество элементов в одной ИС (кристалле или в корпусе), nЭРЭ – количество навесных электрорадиоэлементов в конструкции ячейки, блока, стойки. Плотность упаковки является главным показателем уровня интеграции конструктивов того или иного уровня. Так если для полупроводниковых ИС с объемом кристалла в 1 мм3 и количеством элементов в нем равным 40 единиц, γИС=40\*103 эл/см3, то на уровне блока цифровых РЭС γб=40 эл/см3. Происходит это за счет того, что кристаллы корпусируются, далее корпусированные ИС рзмещаются на плате с известным зазором и при компоновке ФЯ в блок опять-таки появляются дополнительные зазоры между пакетом ФЯ и внутренними стенками корпуса. Да и сам корпус имеет объем (объем стенок и лицевой панели), в котором нет полезных (схемных) элементов. Иначе говоря, при переходе с одного уровня компоновки на другой происходит потеря (дезинтеграция) полезного объема. Как будет сказано ниже, коэффициент дезинтеграции определяется отношение суммарного объема к полезному объему. Для блока цифрового типа он выражается как qV=Vб/NИС\*VИС, где VИС – объем одной микросхемы (либо бескорпусной, либо корпусированной в зависимости от метода конструирования). Учтя это выражение, можно записать, что

γб= (NИС\*nэ )/(qV\* NИС\*VИС)=γИС/ qV , (2)

где γИС=nэ/ VИС – плотность упаковки элементов в ИС.

Как показано выше, в бескорпусных ИС цифрового типа малой степени интеграции эта величина составляет 40 тыс.эл./см3. При установке бескорпусных ИС в корпус, например IV типа, происходит увеличение объема примерно в 200 раз, а при установке корпусированных ИС на плату и далее компоновке их в объеме корпуса еще в 5 раз, т.е. суммарный коэффициент дезинтеграции составляет уже 103, при этом и получается γб=40 эл/см3, что характерно для блоков III поколения РЭС цифрового типа.

Из выражения (2) следует, что конструирование цифровых устройств высокой интеграции требует от разработчика не только применения БИС и СБИС, но и достаточно компактной компоновки. Для конструкций аналоговых ЭС, где не наблюдается четко выраженных регулярных структур активных элементов, где их число становится соизмеримым или даже меньшим, чем число пассивных навесных ЭРЭ (обычно одну аналоговую ИС "обрамляют" до 10 пассивных элементов: конденсаторов вместе с катушками и фильтрами), коэффициенты дезинтеграции объема еще более возрастает (в 3…4 раза). Из этого следует, что сравнивать конструктивы разного уровня иерархии и различных по назначению и принципу действия нельзя, т.е. этот показатель качества для всех ЭС не является универсальным. К тому же добавим, что если в одной компактной конструкции применили ИС малой степени интеграции (до 100 элементов на корпус), а в другой – плохо скомпоноввнной, но на БИС, то может оказаться по этому показателю, что вторая конструкция лучше, хотя явно видно, что она хуже. Поэтому в случае применения элементной базы разной степени интеграции сравнение конструкций по плотности компоновки неправомерно.

Таким образом, плотность упаковки элементов в объеме конструктива является действительной оценкой качества конструкции, но пользоваться этим критерием для сравнения надо грамотно и объективно.

Удельная мощность рассеивания определяет тепловую напряженность в объеме конструктива и рассчитывается как Руд.расс=Ррасс/V, где Ррасс≅(0,8…0,9)Р для цифровых регулярных структур. В аналоговых, в особенности в приемоусилительных ячейках и блоках, мощности рассеивания и теплонапряженности невелики и тепловой режим обычно бывает нормальным и с большим запасом по этому параметру. В устройствах цифрового типа это, как правило, не наблюдается. Чем выше требования на быстродействие вычислительных средств, тем больше величина потребляемой мощности, тем выше теплонапряженность. Для РЭС на бескорпусных МСБ эта проблема еще более усугубляется, так как объем при переходе от III к IV поколению уменьшается, как было отмечено выше, в 5…6 раз. Поэтому в конструкциях блоков цифрового типа на бескорпусных МСБ обязательным является наличие мощных теплоотводов (металлических рамок, медных печатных шин и т.п.) В некоторых случаях в бортовых РЭС применяют и системы охлаждения, выбор типа которых проводится по критерию удельной мощности рассеивания с поверхности блока (Р′уд.расс=Ррасс/S, Вт/см2). Для блоков цифрового типа III поколения допускаемая тепловая напряженность составляет 20…30 Вт/дм3 в условиях естественной конвекции и при перегреве корпуса относительно среды не более, чем 40 ОС, а для блоков IV поколения порядка 40 Вт/дм3 и более.

Удельная масса конструкции выражается как m′=m/V. Этот параметр ранее считался за главный критерий оценки качества аппаратуры и далее было условное деление конструкций на "тонущую РЭА" (m′>1 г/см3) и "плавающую РЭА" (m′<1 г/см3). Если конструкция была тонущая, то считали, что она компактна и хорошо скомпонована (мало воздуха и пустот в корпусе). Однако с появление IV поколения конструкций РЭС, где преобладающей долей массы являлись металлические рамки и с более толстыми стенками корпус (для обеспечения требуемой жесткости корпуса при накачке внутрь его азота), даже плохо скомпонованные ячейки оказывались тонущими. И чем больше и впустую расходовался металл, тем более возрастал этот показатель, переставший отражать качество компоновки и конструкции в целом. Поэтому для сравнения качества конструкций по этому критерию отказались, но он оказался полезным для решения другой задачи, а именно, распределение ресурса масс в конструктивах.

Величина истечения газа из объема конструкции оценивает степень ее герметичности и определяется как

D=Vг\*р/τ , (3)

где Vг - объем газа в блоке, дм3;

р – величина перепада внутреннего и внешнего давления (избыточного давления) в блоке, Па (1 Па=7,5 мкм рт.ст.);

τ - срок службы или хранения, с.

Для блоков с объемом Vг=0,15…0,2 дм3 в ответственных случаях при выдержке нормального давления к концу срока службы (8 лет) требуется D=6,65\*10-6 дм3\*Па/с (или 5,5\*10-5 дм3\*мкм рт.ст/с), в менее ответственных случаях полная вакуумная герметизация не обеспечивается и степень герметичности может быть уменьшена до значения 10-3 дм3\*мкм.рт.ст/с.

В группе относительных показателей находятся коэффициенты дезинтеграции объема и массы, показатель функционального расчленения, величина перегрузки конструкции при вибрациях и ударах, а также многие параметры технологичности конструкции такие, как коэффициенты унификации и стандартизации, коэффициент повторяемости материалов и изделий электронной техники, коэффициент автоматизации и механизации и др. Последние достаточно хорошо известны из технологических дисциплин, поэтому повторять их содержание и влияние на качество конструкции не станем.

Как уже отмечалось выше при рассмотрении плотности упаковки, в конструкциях РЭС разного уровня компоновки присутствуют потери полезного объема, а следовательно, и масс при корпусировании ИС, компоновке их в ячейки и далее в блоки, стойки. Уровень их может быть весьма значительным (в десятки и сотни раз). Оценки этих потерь (дезинтеграции) объемов и масс проводится с помощью коэффициентов дезинтеграции qV и qm соответственно, выражаемые как отношение суммарного объема (массы) конструктива к его полезному объему (массе), или

qV=V/VN, qm=m/mN, (4)

где VN=ΣVс.э., mN=Σmс.э. – полезный объем и масса схемных элементов.

При переходе с одного уровня компоновки на более высший уровень коэффициенты дезинтеграции объема (или массы) qV(m) показывают, во сколько раз увеличиваются суммарные объем (или масса) комплектующих изделий к следующей конкретной форме их компоновки, например при переходе от нулевого уровня – корпусированных микросхем к первому – функциональной ячейке имеем qV(m)=V(m)ФЯ/ΣV(m)ИС, при переходе от уровня ячейки к блоку qV(m)= V(m)б/ΣV(m)ФЯ и т.д., где V(m)ИС, V(m)ФЯ, V(m)б – соответственно объемы (или массы) микросхемы, ячейки, блока.

Как и в случае критерия плотности упаковки заметим, что коэффициенты дезинтеграции реально отражают качество конструкции, в частности ее компактность, но и они не могут быть использованы для сравнения конструктивов, если они относятся к разным поколениям, разным уровням конструктивной иерархии или ЭС различного назначения и принципа действия.

Анализ существующих наиболее типовых и компактных конструктивов различных поколений и различного назначения позволил получить средние значения их коэффициентов дезинтеграции объема и массы (табл. 1). там же приведены значения удельной массы конструктивов.

Показатель функционального разукрупнения конструкции представляет собой отношение количества элементов N в конструктиве к количеству выводов М из него, или ПФР=N/M. Например для цифровой бескорпусной МСБ, содержащей 12 бескорпусных ИС с 40 элементами в каждом кристалле (N=40\*12=480 элементов) и 16 выходными площадками, имеем ПФР=480/16=30. Чем выше ПФР, тем ближе конструкция к конструктиву высокой интеграции, тем меньше монтажных соединений между ними, тем выше надежность и меньше масса и габариты. Наибольшее число функций и элементов монтажа "вбирают" в себя БИС′ы и СБИС′ы. Однако и у них есть предел степени интеграции, оговариваемый именно количеством допустимых выводов от активной площади кристалла к периферийным контактным площадкам.

Таблица 11.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант конструктива | qV | | qm | | Уд. масса  конструкции,  г/см3 |
| \*КТЕ-ФЯ | Я-Б | КТЕ-ФЯ | Я-Б |
| Блок разъемной констру-кции из ФЯ на печатных платах с ИС в корпусах II типа (цифровой) | 10,2 | 1,8 | 4,7 | 0,5 | 0,5 |
| Блок книжной конструкции из ФЯ на печатных платах с ИС в корпусах IV типа (цифровой) | 6,4 | 1,8 | 3,2 | 1,3 | 0,52 |
| Блок книжной конструкции из ФЯ на бескорпусных МСБ (цифровой) при:  - односторон. компоновке  - двухсторон. компоновке | 11  5,6 | 1,9  1,9 | 7,7  4,8 | 3,0  3,0 | 1,07  1,2 |
| Субблок пенальной конструкции на корпусированных ИС (аналоговый) | 10,5 | - | 6,6 | - | 0,6 |
| Субблок пенальной конст-рукции на бескорпусных МСБ (аналоговый) | 17,4 | - | 11,5 | - | 1,6 |
| Модуль МСБ на микропо-лосковых МСБ при:  - односторон. компоновке  - двухсторон. компоновке | 6,7  5,6 | -  - | 14,0  8,5 | -  - | 0,92  0,97 |
| Субблок из бескорпусных МСБ с теплоотводом (силовой) | 9,4 | - | 1,5 | - | 1,3 |

\*КТЕ – конструктивно-технологическая единица, для ЭС III поколения – это корпусированная ИС, для ЭС IV поколения – бескорпусная МСБ.

Наконец, величина перегрузки n действующих на конструкцию вибраций или ударов оценивается как отношение возникающего от их действия ускорения масс элементов конструкции к ускорению свободного падения, или n=a/g, где а – величина ускорения при вибрации (или ударе). Вибро- и ударопрочность конструкции определяются значениями величин допускаемых перегрузок при вибрациях и ударах, которые может выдержать конструкция без разрушения своих связей между элементами. Для того, чтобы эти свойства были обеспечены, необходимо, чтобы реально возникающие в тех или иных условиях эксплуатации перегрузки не превышали предельно допустимых для конкретной конструкции.

**3. Выбор элементной базы и материалов конструкции ЭС**

Выбор элементной базы и материалов конструкции ЭС производится по критерию предпочтения

, , (5)



где n – число параметров компонента (материала);

ϕi – коэффициен значимости ("веса") i – го параметра, i=1,2…m;

аi – нормированный параметр компонента (материала).

Если рассматриваются по критерию предпочтения j вариантов для выбора из них предпочтительного, то значения критерия предпочтения для каждого варианта оценивается по формуле

, (i=1,2…m) (6),



где аij – нормированный параметр I относительно одного из выбранных вариантов j (j=1,2…n) или значений параметра заданного ТЗ на проектирование.

Коэффициенты значимости определяются методом экспертных оценок по результатам небольшой статистической совокупности данных, полученных путем опроса q специалистов данного профиля конструирования конкретного класса РЭС. Известными способами обработки статистических данных (получения среднего значения , q=1,2…k среднеквадратичного, где ϕiq – значение ϕi данное q-ым специалистом) определяют среднее значение и среднеквадратичное σϕi, при этом те значения ϕiq, которые лежат за пределами ±σϕi, отбрасывают и снова определяют ϕi, которые и используют в дальнейших расчетах. Для нахождения нормированных значений параметров аij вначале составляют матрицу



,



где xij – справочные данные на i-параметр в j-ом варианте.

Поскольку с увеличением одних параметров качество изделия улучшается, а с увеличение других – ухудшается, то последние преобразуются в обратные величины и составляется матрица

,



в которой для первых приняты yij=xij, а для вторых (ухудшающих качество) yij=1/xij.

При оценке сравнения вариантов по качеству можно остановиться на этой второй матрице и по формуле (6), заменив yij на aij, рассчитать Qj. Вариант, обладающий большим значением критерия качества будет предпочтительным. Можно также предложить вычисления, введя матрицу

,



где , yjmax – максимальное значение параметра i в матрице для j-ого варианта (столбца матрица). Чем ближе yij к yimax, тем ближе этот вариант к высокому качеству, разность же (числитель) будет меньше, будет меньше и Qij, следовательно, и само значение Q получится меньше. Поэтому предпочтительным вариантом надо считать тот, у которого величина Q будет минимальной. Пример 2Пусть задано спроектировать ЭВМ, к которой предъявляются основные требования по минимально возможной массе m, высокому быстродействию и надежности. Для серий логических ИС главными паспортными параметрами являются: tз – время задержки сигнала, Uпх – напряжение помехи (уровень помехоустойчивости тем выше, чем больше это значение), Ро(Iо) – потребляемая мощность (ток), n – коэффициент разветвления по выходу (нагрузочная способность), масса корпуса m. В таблице 2 представлены исходные данные для выбора предпочтительного варианта из нескольких серий ИС, а также коэффициенты значимости параметров.



Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Серия ИС | tз, нс | Uпх, В | Iо, mА | m, г |
| К155  К153  К531  К555 | 11  60…100  5  20…35 | 0,4  0,3  0,5  0,5 | 11…50  (1…3)10-3  30  4 | 1,2  1,0  1,0  1 |
| ϕi | 0,35 | 0,2 | 0,1 | 0,35 |

Запишем матрицу :



Далее составим матрицу и :



Рассчитаем показатели Q для этих вариантов:

Q1=0,35\*0,55+0,2\*0,2+0,1\*1+0,35\*0,2=0,4025;

Q2=0,35\*0,95+0,2\*0,4=0,4125; Q3=0,1\*0,99=0,099;

Q4=0,35\*0,85+0,1\*0,999=0,3974.

Таким образом, третий вариант (серия К531) предпочтительнее.

Аналогичным образом можно выбирать материалы печатных плат, корпусов, рамок, а также типы ЭРЭ, если среди многих их характеристик выбрать наиболее влияющие на качество ЭС, например на жесткость и прочность несущих конструкций, надежность стабильность и точность ЭРЭ.