СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

План

1. Конструкция ЭС как система

2. Свойства конструкций ЭС

3. Структурные уровни

4. Классификация электронных средств

1. Конструкция ЭС как система

Понятие “система“ в технике означает сложную совокупность объектов и связей между ними, предназначенную для реализации заданных функций. Как любая сложная сборочная единица машиностроения или приборостроения, конструкция ЭС отвечает трём главным условиям совместимости: возможности композиции и декомпозиции, образованию при композиции новых качеств, не равных сумме свойств исходных частей , наличию иерархического порядка в структуре. Первые два условия системности означают, что в результате процесса конструирования (композиции) должно быть найдено и отражено в конструкторской документации новое структурное образование – конструкция ЭС (или их частей), составленное из входящих в него готовых (покупных) и вновь спроектированных частей, причём это структурное образование должно обладать новыми качествами, не равными сумме свойств входящих в него частей.

Третье условие системности ( иерархический порядок ) проявляется в разделении конструкции на структурные уровни, или уровни входимости. Это значит, что высокий уровень структуры конструкции составляется из частей её, относящихся к более низким уровням, или в терминах конструкторской документации ( КД ) : составная часть, относящаяся к более низкому уровню входимости, входит в спецификацию части более высокого структурного уровня.

2. Свойства конструкций ЭС

Каждая конструкция характеризуется определённой системой свойств, по которым возможно качественное или количественное сравнение конструкций.

Количественные оценки свойств конструкции называют параметрами конструкции ( У ).

Качественно свойства конструкции отображаются её структурой (S),которая определяется схемой внутренних и внешних связей. Последние могут быть следующих типов:

-геометрические,

-механические,

-электрические,

-магнитные,

-тепловые и т.п.

Одни и те же свойства конструкции могут быть получены в результате реализации различных структур.

Для представления абстрактной модели конструкции ЭС может быть использован аппарат теории множеств.

Если обозначить

множество структур через S={Si, i=1,2,…,n},

множество параметров Y={Yj, j=1,2,…,m} и

множество взаимодействий X={Xk, k=1,2,…,l},

то абстрактная модель выразится как

К=S∩Y,

где ∩-символ пересечения множеств S и Y,

Si=S(S1,S2,…,Sn; y1,y2,…,yn; x1, x2,…,xl, t),

Yj выражается аналогично.

Иначе говоря, как сами некоторые структуры, так и их параметры, а в общем это свойства конструкции К, являются функциями большого числа факторов, связанных с внешними воздействиями, параметрами элементов и схемами связей между ними и внешней средой; причём многие из этих факторов взаимозависимы и часто при анализе модели неизвестны.

Выводы:

1. Формализация процесса конструирования с математической точки зрения является плохо формулируемой задачей.
2. Для конструирования ЭС в целом сейчас нельзя установить алгоритм этого процесса, пригодный для ЭВМ.
3. Для частных формализуемых задач конструирования ( выбора номиналов, допусков, оптимального размещения и трассировки и т.п. ) применение алгоритмов не только возможно, но и необходимо в конструкторской практике.
4. Процесс конструирования сводится в настоящее время к логико-математическому поиску оптимума при последовательном усовершенствовании исходного варианта, получаемого на основе приемственности и требований ТЗ.

Для практических целей были разработаны 36 кодифицированных свойств конструкций ЭС, объединённых в пять групп ( табл. 1 )

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Функциональная внутренняя  связь | Совмести-  мость | Надёжность | Технологи-  чность | Патент-  ность |
| Электрическая (включая допусковые вопросы)  Электромагнитная  Тепловая  Пространственная (включая расположение центра тяжести)  Механическая (включая расположение центра жёсткости) | С объектом: пространственная, весовая, электрическая, электромагнитная  С оператором  эргономическая, эстетическая | Безотказность при воздействии: вибрации, ударов, линейных ускорений, тепла, тепловых ударов, холода, влаги, брызг, воды, химической среды, плесени, пыли, песка, радиации, давления  Долговечность  Сохраняемость  Ремонтнопригод-  ность  Количество ЗиП | Унификация и стандартизация  Преемствен-  ность  Однородность комплектации  Собираемость и стыковка  По деталям и узлам собственного производства  По материалам | Патентно-способность  Патентная чистота. |

Как видно из таблицы, эти группы свойств конструкции ЭС отражают собственно те группы требований к конструкции, которые предъявляются её создателями – разработчиками и изготовителями и её потребителями, а именно:

-техническими требованиями,

-производственно – технологическими,

-эксплуатационными,

-юридическими.

Первая группа требований определяется электрическими и механическими выходными параметрами такими как, например, чувствительность приёмника, выходная мощность передатчика, быстродействие ЭВМ, диапазон рабочих частот, вес, габариты и т.п., а также степенью устойчивой работы ЭС в условиях электромагнитных наводок и внутренних перегревов.

Вторая группа отражает в основном требования технологичности, серийноспособности и экономичности ЭС.

Третья группа требований включает в себя вопросы обеспечения надёжности, ремонтопригодности, готовности ЭС, а также вопросы эргономики и технической эстетики. Причём требование надёжности может, в свою очередь, быть раскрыто более полно, как требования обеспечения вибро-и ударопрочности, виброустойчивости, температурной стабильности, влагозащищённости, герметичности и т.д.

В таблице свойства конструкции, обеспечение которых удовлетворяют первой группе требований, подчёркнуты сплошной линией, второй группе – пунктиром и третьей – штрих-пунктиром.

Юридические требования вполне однозначно определяются патентными свойствами.

3. Структурные уровни

Структурное дробление конструкции даёт экономические преимущества при разработке, производстве и эксплуатации ЭС и преследует три цели:

* 1. параллельное конструирование частей;
  2. параллельное изготовление частей;
  3. повышение ремонтопригодности.

Параллельное конструирование частей, входящих в конструкцию, значительно ускоряет процесс конструирования. Оно возможно благодаря выполнению условий размерной совместимости, предусматривающей взаимное назначение для сопрягаемых частей габаритных и присоединительных размеров, а также совмещаемых электрических параметров в пределах предусмотренных допусков. Параллельное изготовление частей, входящих в различные структурные уровни, идёт по независимым производственным циклам, соприкасающимся только при сборке конструкции. Это ускоряет производство в десятки раз. Ремонтопригодность при эксплуатации повышается благодаря упрощению поиска неисправностей и возможности ремонта агрегатным способом, т.е. путём замены крупных частей. В дальнейшем возможен ремонт этих частей.

Каждая конструкция ЭС в зависимости от назначения имеет свою, присущую ей конкретную структуру. Однако требования стандартизации налагают ограничительные рамки на это разнообразие. Можно представить некоторую обобщённую таковую структуру и на её основе рассмотреть в общем виде основные структурные особенности, справедливые в принципе для всех конструкций.

Типовая структура конструкции современных ЭС состоит из электрической базы как исходного функционального материала и четырёх уровней, от нулевого до третьего, из которых нулевой и первый называются низшими, а второй и третий – высшими.

Элементная база состоит из электрорадиоизделий (ЭРИ), входящих в перечень элементов электрической принципиальной схемы ЭС ( или частей ) как комплектующие изделия. ЭРИ включают в себя следующие классы:

1) электрорадиоэлементы (ЭРЭ) – дискретные резисторы, конденсаторы, кварцевые фильтры и т.п., моточные изделия ( трансформаторы, дроссели, катушки индуктивности, электромагнитные линии задержки и др.) ;

2) электровакуумные изделия (ЭВИ) – радиолампы, электронно-лучевые приборы, электрические световые табло и т.п.;

3) полупроводниковые приборы (ППП) – транзисторы, тиристоры и т.д.;

4) интегральные схемы (ИС) ;

5) изделия электропривода и автоматизации (ИЭПА);

6) контрольно-измерительные приборы (КИП);

7) коммутационные изделия (КИ);

8) микропроцессорные компоненты (МПК);

9) волоконно – оптические кабели с соединителями ( ВОКС ).

Элементная база – ещё не конструкция ЭС. Конструкция начинается с функционального узла. Функциональный узел представляет собой первичное структурное образование и относится к нулевому структурному уровню. Существуют три разновидности функциональных узлов: микросборки, печатные узлы и гибридно-интегральные узлы.

Микросборки относят к подуровню нулевого уровня структуры РЭС. Они входят в состав печатных узлов ( корпусные микросборки ) и гибридно-интегральных узлов ( бескорпусные микросборки ).

Схема структуры ЭС имеет две параллельные ветви: по печатному ( левая часть схемы ) и гибридно-интегральному исполнению узлов ( правая часть ). В современных ЭС находят применение оба конструктивно-технологические исполнения.

Первый уровень состоит из модулей, второй из блоков, а третий представляет собой окончательно оформленную конструкцию РЭС в целом, т.е. самостоятельное в эксплуатационном отношении изделие в виде сборочной единицы.

В зависимости от сложности конструкции ЭС различают комплексы, системы, радиоэлектронные устройства ( РЭУ ), блоки, функциональные узлы ( ФУ ),детали. Такое деление отличается от положениями ЕСТД (комплексы-сборочные единицы-детали ); однако на практике оно наиболее распространено.

4. Классификация электронных средств

Классификация ЭС по отдельным признакам, например назначению, объекту установки и условиям эксплуатации определена давно и достаточно строго, а по функционально конструктивным признакам опять – таки в разных источниках многовариантна. Можно привести много примеров, где одним и тем же термином обозначаются совершенно разные по своим функциям и конструктивной сложности изделия: полупроводниковый прибор (транзистор) и измерительный прибор (вольтметр ламповый); импульсное устройство (триггер) – радиоприёмное устройство (транзисторный приёмник); блок конденсаторов переменной ёмкости – блок индикатора кругового обзора и т.д. Поэтому остановимся на видах классификации ЭС по следующим признакам:

- по функциональной сложности, т.е. по числу и рангу функций, выполняемых изделием;

- конструктивной сложности, определяемой числом элементов конструкции и числом соединений между ними, выбранной элементной базой и способом компоновки;

- назначению;

- объекту установки;

- виду сигнала и диапазону частот.

По функциональной сложности деление, например ЭС может быть представлено в виде следующей цепочки ( сверху вниз ): радиотехническая система – комплекс радиоэлектронных устройств – радиоэлектронное устройство ( РЭУ ) – блок – субблок – функциональный узел.

Радиотехническая система представляет собой совокупность сигналов в пространстве, операторов и радиоэлектронной аппаратуры, размещённых на объектах в определённых точках на поверхности или в пространстве, действующих в условиях помех и внешних возмущений, \*)например, система посадки самолёта.

Комплекс радиоэлектронных устройств – совокупность РЭУ, объединённых, как правило, на одном объекте и являющихся законченной частью, например наземный и бортовой комплекс радиосвязи самолёта с землёй.

Радиоэлектронное устройство - часть комплекса, решающая основную целевую функцию, функционально и конструктивно законченная и, главное, автономно эксплуатируемая, например телевизионный приёмник с антенной.

Определение блока, субблока, функционального узла смотри в разделе терминологии ЭС.

По конструктивной сложности, определяемой выражением:

С=k1(k2N+k3M), (1)

где k1 – масштабный (нормирующий) коэффициент относительно конструкции прототипа,

k2,k3 – весовые коэффициенты, учитывающие вероятности отказов элементов и соединений,

N, M – число схемных элементов и соединений между ними, соответственно электронные средства, подразделяют на много – и моноблочные конструкции, функциональные ячейки, микросборки, микросхемы и функциональные компоненты.

Многоблочные конструкции выполняют в виде шкафов, стоек, пультов, моноблочные – виде контейнеров или отдельных корпусированных приборов, функциональные ячейки – в виде сборок ЭРЭ и корпусированных ИС на печатных платах или сборок из МСБ на металлических рамках. Микросхемы и функциональные компоненты ( оптроны, интегральные пьезофильтры, фильтры ПАВ, джозефсоновские приборы, приборы на ПЗС и ЦМД и др.) часто корпусируются и представляют собой изделия электронной техники, выпускаемые для широкого применения Минэлектронприбором. В совокупности они образуют элементную базу современных ЭС.

По назначению ЭС делят на средства:

- радиовещания и телевидения;

- радиоуправления и телеметрии;

- радиоастрономии;

- радиоизмерительные;

- обработки данных и информации;

- записи и воспроизведения;

- медицинские и промышленные ЭС.

По объекту установки они классифицируются на три основных категории, в каждой из которых существуют группы, а именно бортовые (самолётные, космические, ракетные), наземные (возимые, носимые, переносные, бытовые, стационарные) и морские (судовые, буйковые).

По виду сигнала и диапазону частот они могут быть аналоговыми, цифровыми и СВЧ.

В заключение отметим, что ЭС, а в частности РЭС может принимать различные конструктивные формы в зависимости от его функциональной сложности и системы интеграции используемых в нём ИС. Например, при высокой степени интеграции и соответствующей функциональной сложности ( свыше 10000 элементов ) устройство может быть заключено в один объём, имеющий форму моноблока, ячейки, микросборки и даже одного кристалла. При недостаточной степени интеграции формообразование радиоустройств идёт по пути создания многоблочной конструкции. Это положение отражает табл.2, в которой показана зависимость формообразования конструкций РЭС от степени интеграции микросхем.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ранг функциональ-ной  сложности РЭС | Форма конструктивного исполнения при количестве элементов в ИС | | | |
| не более 100 | 100…1000 | 1000…10000 | более 10000 |
| Устройство | Многоблочная  конструкция | Моноблок  или ФЯ | МСБ | \*\*СБИС |
| Блок | Моноблок | МСБ | БИС | \_\_ |
| Субблок | Функциональная  ячейка | \*БИС | \_\_ | \_ |
| Функциональ-ный узел | ИС,гибридная ИС, функциональный компонент | \_\_ | \_\_ | \_\_ |

\*БИС – большая интегральная схема,

\*\*СБИС – сверхбольшая интегральная схема.

В приведённой выше таблице можно указать конкретные виды конструктивов: многоблочная конструкция – ЭВМ EC 1045, моноблок – микрокалькулятор на печатной плате ”Электроника МК36”, МСБ – микрокалькулятор на стеклянной подложке с кристаллодержателями серии К145 ”Электроника Б3 – 04”, СБИС – однокристальная ЭКВМ специзделия.