

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

В. В. ШЕРСТНЕВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТА ПО КУРСУ
«КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ»**

Часть I

Данные методические указания (часть I) издаются в соответствии с учебным планом.
Рассмотрены и одобрены кафедрой П-8 6/Ш-78 г., Методической комиссией факультета П и Учебно-методическим управлением.

Рецензенты д.т.н. проф. Белов С.В.,
к.т.н. доц. Никоноров В.А.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения	3
2. Этапы конструкторского проектирования	8
3. Схемная и конструктивная модульность. Функционально-узловой метод проектирования	9
4. Компоновка	13
5. Электрические межсоединения	21
Вопросы для самопроверки	31
Л и т е р а т у р а	32

Вячеслав Викторович Шерстнев

Редактор Ю.Н.Хлебинский

Корректор Л.И.Малютина

Заказ 1270 Объем 2 п.л. (I, 9 уч.-изд.л.) Тираж 200 экз.
Бесплатно Подписано к печати 31.10.78 г. План 1978г., № 53

Ротапринт МВТУ. 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель проектирования заключается в закреплении, углублении и систематизации теоретических знаний по курсам "Технология и производство ЭВА", "Конструирование и технология микросхем", "Теоретические основы конструирования и надежности", "Машинное проектирование технологических процессов и конструкции ЭВА", "Конструирование периферийных устройств ЭВА", "Конструирование ЭВА", "Сборка, наладка и испытание ЭВА", а также в получении навыков самостоятельной работы при решении конкретной инженерной задачи по выданному каждому студенту индивидуальному заданию. Наряду с этим курсовое проектирование должно научить студента пользоваться специальной литературой, справочниками, а также увязывать разрабатываемую конструкцию с требованиями действующих стандартов, нормалей.

Тема курсового проекта должна отражать специфику работы инженера-конструктора электронно-вычислительной аппаратуры. Объектом проектирования может быть прибор, схемно и конструктивно законченное изделие, выполняющие самостоятельные функции, а также конструктивно законченный блок или устройство, выполняющий в аппаратуре подчиненные функции. Целевое назначение прибора, блока, устройства (изделия) может быть различным. Это различие проявляется в функциональном назначении, технических данных, сложности, условиях эксплуатации, конструктивном исполнении, габаритах, массе, требуемой надежности и т.д.

Предметом курсового проектирования является конструктивная разработка на уровне технического проекта с включением в нее элементов эскизного проектирования. Разработка и расчет принципиальных схем в проекте не выполняются. В задании на проект перечисляется содержание работ, выполняемых при проектировании, перечень чертежей, схем и прочих графических материалов с точным указанием объема, характер выполняемых расчетов. С получением задания на проект студент считается официально приступившим к выполнению курсового проекта.

Расчетно-пояснительная записка выполняется "от руки" на миллиметровых листах бумаги формата II (210x297 мм) в соответствии с правилами выполнения текстовых документов по ГОСТ 2.105-68 и ГОСТ 2.106-68. Необходимые рисунки - на той же бумаге, графики - на бумаге в клетку, либо на кальке. Все листы записки нумеруются, листы с изображением рисунков и графиков, а также листы

приложения не подлежат нумерации. Каждый рисунок или график должен иметь подрисуночную подпись. Все обозначения и надписи должны быть единообразными на протяжении всего текста. Цифровую нумерацию деталей проставлять в порядке строгой последовательности, начиная с единицы, и располагать их по вертикали, горизонтально или в направлении движения часовой стрелки. Цифровое обозначение деталей рисунка разъясняется в виде обозначения в тексте или подписи под рисунком.

Расчетно-пояснительная записка содержит бланк задания, оглавление, расширенное техническое задание, введение, основную часть проекта, заключение, перечень литературы, приложение.

В тексте допускаются ссылки на стандарты, справочники, литературные источники, а также на рисунки, таблицы и графики. Ссылка на стандарт, справочник, литературный источник должна сопровождаться порядковым номером, под которым этот источник включен в указатель литературы. Ссылка на графики и таблицы литературных источников не допускается. Графики и таблицы переносятся из первоисточника на кальку и вводятся в текст записки. При ссылке на номер рисунка, таблицы и страницы их следует писать сокращенно (рис. 12, табл. 4, стр. 25). Листы расчетно-пояснительной записки со специальной обложкой любым способом жестко сброшюровать в тетрадь.

Примерное содержание расчетно-пояснительной записки: аннотация, оглавление, расширенное техническое задание, введение.

1. Схемотехническая часть.

2. Конструкторская часть.

2.1. Компоновка изделия и его составных частей.

2.2. Межсоединения (а/ механические; б/ электрические).

2.3. Выбор конструкционных материалов.

2.4. Способы защиты от механических воздействий, воздействий влаги, температурных воздействий, спецвоздействий.

2.5. Расчеты.

Заключение, список литературы, приложение.

Общий объем записки 30-35 листов.

В аннотации кратко излагается содержание курсового проекта, характер выполненных задач. Аннотация выполняется после графической и расчетной частей проекта.

Во введении на основе анализа технического задания обосно-

выдается возможность его выполнения на современном уровне науки и техники, намечаются возможные конструктивные варианты, осуществляется выбор наилучшего с точки зрения простоты, надежности, технологичности, стоимости, удобства в эксплуатации.

В схемотехнической части приводятся краткие сведения о принципе работы изделия, краткое описание принципиальных схем. Здесь же даются принципы разбиения схемы на узлы.

В конструктивной части обосновывается выбор метода компоновки изделия и составляющих его узлов. Современные конструкции ЭВА характеризуются многоуровневой модульностью. Разработка компоновочных схем модулей всех уровней должна сопровождаться выполнением эскизов, вводимых в расчетно-пояснительную записку, а также обоснованием и выбором межсоединений, выбором конструкционных материалов и способов защиты аппаратуры от внешних воздействий.

Теоретическое обоснование того или иного конструктивного решения должно сопровождаться выполнением расчетов. В заключении даются краткие выводы, характеризующие степень и качество выполнения поставленной перед студентом задачи. Выводы рекомендуется формулировать по следующей схеме: задачи проектирования, методы и средства решения, результаты.

Всю информацию, представляемую в проекте в виде ведомостей, спецификаций и справочных таблиц, давать в приложении.

Графическая часть проекта состоит из сборочных чертежей, рабочих чертежей двух-трех деталей.

Сборочный чертеж — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Правила оформления сборочных чертежей установлены ГОСТ 2.107-68 и 2.109-68.

Электромонтажный чертеж — сборочный чертеж, на котором изображены изделия, электрорадиоэлементы, провода, кабели и жгуты, а также приведены данные, необходимые для электрического монтажа (ГОСТ 2.413-72 и 2.414-72).

Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Чертежи проекта допускается выполнять на листах различных форматов, кратных размерам формата А1 (обозначение форматов состоит из двух цифр: первая указывает на кратность одной стороны формата 297 мм, а вторая — кратность второй стороны к 210 мм), —

12,22,26,28 и т.д. Произведение цифр, составляющих обозначение формата, определяет число форматов II, содержащихся в данном формате. Например, формат 24 содержит 8(2x4) форматов II.

Минимальное количество графических листов проекта - 5 формата 24. Там, где это необходимо, можно использовать листы других форматов, но общий суммарный объем графического материала должен быть не менее 40 листов формата II. Листы спецификаций не являются графическими листами проекта. Масштаб чертежа выбирается в соответствии с ГОСТ 2.302-68. Выбранный масштаб не должен затруднять выполнение чертежа или искусственно увеличивать объем графического материала.

Примерное распределение графической информации по листам:

1. Сборочный чертеж изделия - I лист формата 24.
2. Электромонтажная схема изделия - I лист формата 24.
3. Сборочные чертежи узлов изделия - I лист формата 24.
4. Чертеж печатной платы - I лист формата 24.
5. Чертежи трех-четырех сопрягаемых деталей изделия и (или) его узлов - I лист формата 22 и (или) 2 листа формата 12.

По согласованию с руководителем возможны некоторые отклонения в распределении графической части проекта в зависимости от его специфики.

Организация проектирования. На выполнение проекта отводится 12 недель. Задание на проект выдается на специальном бланке, либо в виде расширенного технического задания на 3-4 листах машинописного текста с принципиальной схемой изделия и спецификацией на комплектующие элементы. Техническое задание входит в состав расчетно-пояснительной записки, но так как оно является приложением, его листы нумерации не подлежат. Работа над индивидуальной темой - самостоятельная работа студента, проводимая под руководством и контролем руководителя проектирования. В установленные расписанием дни и часы, но не реже одного раза в неделю, студент консультируется у своего руководителя.

Рекомендуется следующий порядок выполнения проекта: а) разработка эскизного проекта; б) выполнение технического проектирования и параллельно - необходимых расчетов. После завершения определенного этапа проектирования следует окончательно оформить графическую и текстовую документацию.

По выполнении проекта студент защищает его перед комиссией по приему курсовых проектов (членов комиссии вместе с руководи-

телем должно быть не менее трех). Защита проекта включает в себя доклад на 5-7 минут и ответы на вопросы членов комиссии. В докладе студент должен дать обоснование технических решений, принятых в проекте, кратко охарактеризовать каждый вывешенный для защиты лист, рассказать о проведенных расчетах и сделать выводы по каждому расчету. В заключении следует указать, полностью ли разработанный проект отвечает требованиям технического задания. В противном случае следует отметить, по каким пунктам задание не выполнено и по каким причинам. Студенту на защите может быть задан любой практический или теоретический вопрос по конструкции и технологии изготовления изделия, комплектующих узлов и деталей.

При проектировании рекомендуется придерживаться следующего графика работы и оценки работы в продолжении семестра:

ознакомление с литературными источниками по теме проекта, разработка эскизного проекта, выполнение первого листа 24 формата в тонких линиях (срок 3 недели, 20% работы);

разработка второго листа 24 формата в тонких линиях с конструкцией блока (срок 2 недели, 20% работы);

разработка третьего листа 24 формата с электромонтажной схемой блока в тонких линиях (срок 2 недели, 20% работы);

разработка четвертого листа 24 формата с чертежами узлов в тонких линиях (срок 2 недели, 20% работы);

разработка пятого листа с рабочими чертежами деталей, окончательное оформление чертежей и расчетно-пояснительной записки (срок 2 недели, 20% работы);

защита проекта (первая неделя мая).

Теоретическое обоснование того или иного конструктивного решения при разработке чертежей должно сопровождаться выполнением расчетов, оговоренных в техническом задании.

В проекте могут выполняться следующие расчеты:

механические, связанные с выбором конструкционных материалов, определением прочности и жесткости элементов конструкции. Расчеты резонансных частот, механического сопряжения модулей, массы, габаритов и т.д.;

электрических межсоединений - длины, ширины и толщины печатных проводников; диаметра, длины, сопротивления изоляции объемных проводников; расстояний между проводниками, волнового сопротивления проводников. Расчеты согласования проводников с входными-выходными параметрами электронных схем. Расчеты ра-

мещения микросхем на плате, плат в блоке, блоков в раме, рам в стойке;

технологичности конструкции, производимые по частным коэффициентам с последующим определением комплексного показателя и сравнение его с показателями базового изделия;

конструктивные расчеты функциональных узлов - теплоотводов, трансформаторов, дросселей и т.д.

При выполнении расчетов целесообразно использовать вычислительную аппаратуру (универсальные и клавишные ЭВМ).

Изучение и подбор материала. Работа над проектом начинается с тщательного изучения требований технического задания, в котором, как правило, имеются конструктивные требования и ограничения, определяющие конструкцию изделия. На конструкцию оказывают влияние надежность, схемотехнические требования, ремонтпригодность, условия эксплуатации, тепловые режимы и прочее. Изучение литературных источников должно сопровождаться выполнением эскизов конструктивных решений, представлением их руководителю с целью принятия решения для детальной проработки. На этом этапе студент знакомится с методикой выполнения требуемых по техническому заданию расчетов, изучает рекомендованную литературу.

2. ЭТАПЫ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Разработка конструкции выполняется с учетом конкретной технологии и эксплуатации изделия. При этом конструктор придерживается такой последовательности работ:

анализирует электрическую принципиальную схему изделия, знакомится с габаритными и установочными размерами компонентов, заменяет некоторые, назначенные схемотехником компоненты (целесообразные с точки зрения компоновки или технологии сборки);

принимает решения о количестве уровней модульности конструкции;

в зависимости от уровней модульности конструкции осуществляет функциональную разбивку электрической принципиальной схемы на подсхемы;

выбирает электрические соединители модулей, компоновывает модули;

трассирует печатный монтаж;

разрабатывает монтажную схему изделия и его составных частей;

стей;

выбирает конструкционные материалы;
разрабатывает детали изделия;
обеспечивает защиту модулей и деталей от внешних воздействий;

получает сборочные чертежи и рабочие чертежи деталей;
оформляет текстовую документацию.

Одновременно с разработкой конструкции выбираются прогрессивные технологические процессы обработки и сборки деталей, рассматриваются вопросы сокращения себестоимости изделия с учетом требуемой программы выпуска. Постоянное внимание при этом уделяется вопросам эксплуатации изделия: простоте обслуживания и ремонта, устойчивости и точности параметров изделия, повышению надежности и долговечности.

3. СХЕМНАЯ И КОНСТРУКТИВНАЯ МОДУЛЬНОСТЬ. ФУНКЦИОНАЛЬНО-УЗЛОВОЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В основу разработки конструкции современной ЭВА положен модульный принцип конструирования, основывающийся на функционально-узловом методе проектирования. Сущность метода заключается в том, что любая схема ЭВА может быть реализована из конечного числа логических и запоминающих элементарных функциональных узлов (схем И, ИЛИ, НЕ, триггеров), выполняющих простейшие функции. Анализ ЭВА различных классов и назначения показывает, что около 80-90% схемы любой ЭВА может быть реализовано подобным образом. Остальные 10-20% схемы приходится на разного рода вспомогательные и специальные элементы запоминающих устройств, устройств ввода-вывода, а также элементов индикации и согласования.

Логические и запоминающие элементарные функциональные узлы конструктивно реализуются в виде набора (серии) интегральных микросхем (ИС). Серия ИС представляет собой такой набор логических и запоминающих функциональных узлов, из которых можно построить ЭВА по возможности с минимальными затратами электронного оборудования.

Вспомогательные и специальные элементы конструктивно реализуются на дискретных электрорадиоэлементах (ЭРЭ) в виде отдельных блоков. При этом возникает необходимость в решении ряда вопросов, связанных с разработкой, конструктивным оформлением, а также согласованием уровней сигналов, входных и выходных сопротивлений.

Основная задача конструкторского проектирования заключается в реализации принципиальной схемы изделия в виде набора конструктивно законченных модулей. Типовая конструкция современной ЭВА содержит некоторую иерархию типовых модулей, строящихся по принципу конструктивной и функциональной законченности и снабженных элементами электрической и механической коммутации в модули следующего высшего уровня.

Разбивка принципиальной схемы заключается в разделении всей схемы на подсхемы разной степени сложности, снабжаемые цепями входа-выхода для связи с себе подобными подсхемами. Данный подход к разбиению схемы на подсхемы можно представить как схемную модульность ЭВМ. Техническая реализация схемной модульности дает конструктивную модульность (табл. I).

Таблица I

Виды модульности базовых конструкций

Уровень модульности	Схемная модульность	Тип ЭВМ		
		малая	средняя	большая
1	Логический, запоминающий элемент	Корпус ИС	Корпус ИС	Корпус ИС
2	Узел функциональной схемы	—	—	ТЭЭ
3	Блок функциональной схемы	—	ТЭЭ	Блок панели
4	функциональная схема устройства	ТЭЭ	Рама	Рама
5	Схема ЭВМ	корпус настольной ЭВМ	Стойка, тумба	Стойка

Согласно таблицы общая схема ЭВМ состоит из функциональных схем устройств, которые, в свою очередь, включают блоки функциональных схем, состоящие из узлов функциональных схем. Подсхемой низшего уровня является логический или запоминающий элемент.

В конструкции современной большой ЭВМ выделяется 5 конструктивных уровней. Последний уровень включает в состав несколько стоек и тумб, электрически объединенных в машинном зале вычислительного центра. Для малых и средних ЭВМ некоторые высшие конструктивные уровни отсутствуют вследствие простоты реализуемой схемы.

Конструктивные модули стационарной аппаратуры и их вход-

мость показаны стрелками и штрихпунктирными линиями на рис. I. Модули разных уровней отделены друг от друга двойными вертикальными линиями.

Модулем первого уровня являются электронные компоненты, конструктивно неделимые элементы, выполняющие в ЭВМ определенные функции. Модулем первого уровня в зависимости от исполнения ЭВМ являются дискретные ЭРЭ, унифицированные функциональные узлы, плоские и этажерочные модули, микромодули, микросхемы, большие интегральные схемы. Модуль второго уровня — типовой элемент замены (ТЭЭ) стационарной аппаратуры — представляет собой печатную плату с установленными на ней модулями первого уровня и электрическим соединителем. Чтобы удобнее вставлять и вынимать ТЭЭ, он снабжается лицевой панелью, устанавливаемой на плате. ТЭЭ, содержащий несколько печатных плат, объединенных в единой конструкции, называется кассетой.

Модуль третьего уровня — блок панели, основными конструктивными элементами которого является панель и гнездовые электрические соединители. Модули второго уровня устанавливаются в гнездовые электрические соединители. Электрическая коммутация блока с себе подобными блоками выполняется электрическими соединителями, размещаемыми по периферии панели. Установка модулей второго уровня в блок панели может осуществляться в один или несколько рядов. На рис. I показаны одно- и двухрядные блоки.

Модулем четвертого уровня являются вставной блок, пульт управления и рама. В вставном блоке 4 объединяются 2-3 блока панели 3, в пульте управления, раме — 6-8 подобных блоков. Электрическая коммутация блоков в модуле четвертого уровня выполняется, как правило, объемным монтажом. Для относительно несложной аппаратуры модуль четвертого уровня может явиться модулем наивысшего уровня (пульт управления, вставной блок). Поместив вставной блок в кожух, можно получить законченное изделие — прибор или настольную ЭВМ.

Модуль пятого уровня реализуется стойкой блочного или рамного типа. В первом случае в стойке размещается несколько блоков 4, во втором случае — 2-3 рамы. Несколько стоек и тумб, пульт управления объединяются в единую вычислительную систему в машинном зале вычислительного центра и представляют собой ЭВМ.

Возможны два подхода к конструктивной реализации ЭВА и соответственно к компоновке аппаратуры. В первом из них компоновка ведется с модулей низшего уровня. Заполнение модулей логи-

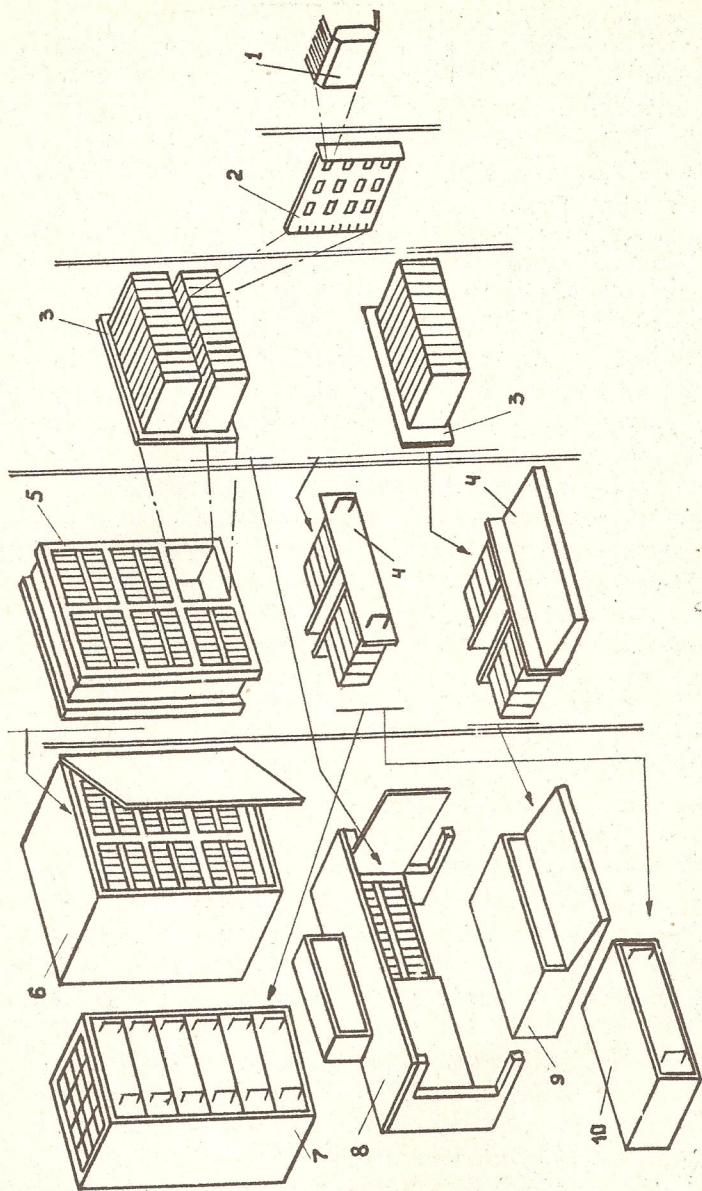


Рис. 1. Конструктивные модули и их входимость: 1 - микросхема, 2 - ТЭВ, 3 - блок панели, 4 - вставной блок, 5 - рама, 6 - стойка рамного типа, 7 - стойка слотного типа, 8 - панель управления, 9 - настольная ЭВМ, 10 - прибор

ческими элементами принципиальных схем производится снизу вверх. В модули всех уровней объединяются функционально законченные узлы, блоки, устройства, имеющие минимальное число внешних связей. Результатом компоновки являются схемы связей модулей всей конструктивной иерархии вычислительного аппарата.

Во втором случае компоновка выполняется с модуля высшего уровня, затем модульность понижается до тех пор, пока не будет получена схема связей модулей самого низшего уровня.

Выбор способа деления принципиальной схемы на подсхемы (функциональное разбиение) является важным этапом при конструировании изделия. Функциональное разбиение нужно выполнить таким образом, чтобы каждая подсхема выполняла законченные логические функции. Это упрощает контроль модулей, сокращает количество электрических связей, обеспечивает возможность модернизации на более поздних стадиях проектирования.

Цифровая ЭВА обычно представляет собой набор взаимосвязанных регистров, счетчиков, сумматоров и т.д. на 8, 16, 24, 36 и 48 двоичных разрядов в зависимости от требуемой точности выполнения вычислений. При функциональном разбиении на узлы функциональных схем заманчиво выполнить регистр, счетчик, сумматор и т.д. в виде отдельного узла функциональной схемы. Тем более, что возможности микроэлектроники таковы, что каждый, даже самый сложный 48-разрядный узел может быть выполнен на одном ТЭЭ.

Возможен и другой подход к функциональному разбиению, когда в узле функциональной схемы реализуется сразу несколько разрядов взаимосвязанных схем, например регистра, сумматора и счетчика. При использовании в ЭВА микросхем низкой и средней степени интеграции второй подход является более удачным. Во-первых, на всех ТЭЭх будет реализована одна и та же схема, что улучшает ремонтпригодность аппаратуры и снижает время на проектирование. Во-вторых, значительно упрощается диагностика неисправностей, поскольку отказавший ТЭЭ можно найти простым переставлением ТЭЭов в изделие и анализом характера ошибки после каждого переставления. В-третьих, все ТЭЭы будут рассеивать одинаковую мощность, что приведет к равномерному нагреванию изделия и отсутствию местных перегревов.

4. КОМПОНОВКА

Под компоновкой понимается процесс размещения комплектующих модулей и (или) деталей изделия на плоскости или в заданном

объеме с установлением основных геометрических форм и размеров. В зависимости от уровней модульности различают несколько уровней компоновки аппаратуры: микросхем на плате, ТЭЗ в блоке, блоков в раме и т.д. На этапе эскизного проектирования процесс компоновки завершается получением компоновочного эскиза, а на этапе технического проектирования – разработкой сборочного чертежа. При компоновке должны быть учтены требования оптимальных функциональных связей между модулями, их устойчивость и стабильность, требования прочности и жесткости, помехозащищенности и нормального теплового режима, требования технологичности, эргономики, удобства эксплуатации, ремонта.

Размещение комплектующих элементов в модулях всех уровней должно обеспечивать равномерное и максимальное заполнение конструктивного пространства с удобным доступом для осмотра, ремонта и замены. Замена детали или сборочной единицы не должна приводить к разборке всей конструкции или ее составных частей. Для устойчивого положения изделия в процессе эксплуатации центр тяжести изделия должен находиться возможно ближе к опорной поверхности.

При конструировании блоков ЭВА применяются разъемный, этажерочный, книжный и откидной варианты конструкций прямоугольной формы в негерметичном и герметичном исполнении.

Выбор варианта конструкции осуществляется исходя из производственных и технических требований на основе анализа определяющих факторов, а также исходя из конструктивных требований технического задания.

Производственные условия рекомендуют применять однотипные конструкции ТЭЗ, элементы несущих конструкций, электрические межсоединения, элементы фиксации и крепления.

При компоновке модулей всех уровней необходимо выделить достаточно пространства для межсоединений. Об этом нужно помнить постоянно, поскольку на сборочном чертеже основные элементы электрического межсоединения условно не показываются.

В блоках разъемного типа ТЭЗ снабжается, как правило, электрическим вилочным соединителем (разъемом), при помощи которого ТЭЗ легко вставляется или удаляется из блока. Соединение ТЭЗ 5 с монтажной панелью 3 осуществляется холодным контактированием. Основным конструктивным элементом блока является каркас I, на котором фиксируется монтажная панель с установленными на ней гнездовыми соединителями 4. В зависимости от ориента-

ции монтажной панели относительно лицевой панели 2 существует три разновидности блоков (рис. 2). При значительной длине ТЭЭ (например, ТЭЭ кассетной конструкции) блок с вертикальным поперечным относительно наблюдателя расположением монтажной панели (рис. 2а) можно использовать в однорамных стойках. Однако современные ЭВА проектируются из ТЭЭ длиной не более 200 мм, поэтому блоки данного типа следует использовать в конструкциях многорамных стоек, что позволит повысить плотность компоновки аппаратуры. Поскольку глубина блока с вертикальным продольным размещением монтажной панели (рис. 2б) зависит от количества ТЭЭ, устанавливаемых в блок, подобные блоки помещаются в однорамные стойки. Горизонтальное расположение монтажной панели (рис. 2в) затрудняет охлаждение блока естественной конвекцией.

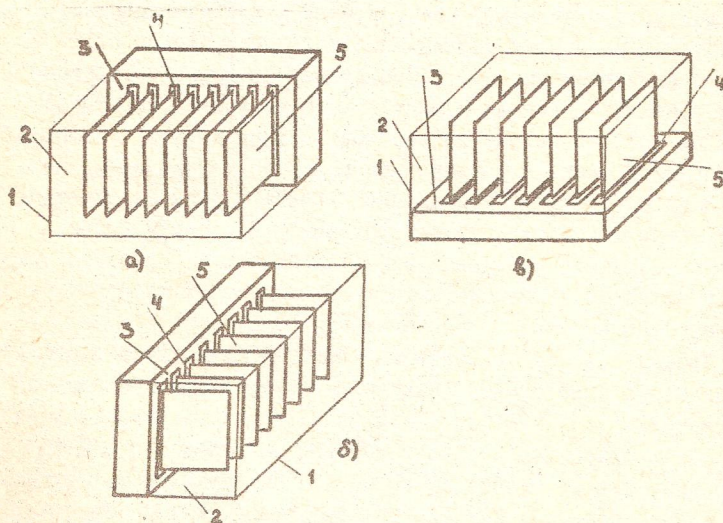


Рис. 2. Вертикальное поперечное (а), вертикальное продольное (б) и горизонтальное (в) расположение монтажной панели в блоках разъемной конструкции: 1 - каркас, 2 - лицевая панель, 3 - монтажная панель, 4 - электрический соединитель, 5 - ТЭЭ

Данные блоки обычно ставят в приборы настольного типа унифицированной конструкции с существенно низкими показателями по плотности компоновки.

Этажерочная компоновка блока (рис. 3) достигается параллельным объединением между собой печатных плат 3 и установоч-

ной панели I в единую конструкцию стяжными винтами 2, устанавливаемыми в углах, а иногда и в центре пакета печатных плат.

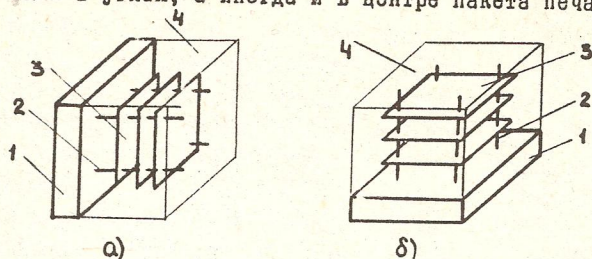


Рис. 3. Вертикальное (а) и горизонтальное (б) расположение установочной панели в блоках этажерочной конструкции: I - установочная панель, 2 - стяжной винт, 3 - печатная плата, 4 - кожух

Нужный шаг установки между платами пакета достигается введением в конструкцию распорных втулок. Несущей конструкцией блока является установочная панель. Возможна вертикальная и горизонтальная ориентация панели в модуле высшего уровня. На выбор способа ориентации панели влияет конструкция модуля, тепловой режим блока, а также характер и направление механических воздействий на аппаратуру. Межсоединения плат в блоке осуществляется жгутовым монтажом и фиксированным паяным соединением. Внешние соединители устанавливаются на панели I. Простота конструкции является основным преимуществом данного типа компонентов. Недостаток - низкая ремонтопригодность.

В блоках книжной конструкции (рис. 4) механическое объединение печатных плат электронных узлов между собой и с несущей конструкцией обеспечивается шарнирными узлами 5, позволяющими поворачивать относительно оси раскрытия печатные платы I подобно страницам книги. В рабочем состоянии печатные платы стягиваются в пакет стяжными винтами. Возможна вертикальная (рис. 4а, в) и горизонтальная (рис. 4б) ориентация плат в блоке. Блок по направляющим устанавливается в стойку или монтажное устройство. Межсоединения выполняются объемными проводниками, печатными жгутами, фиксированным паяным соединением. Проводники и жгуты подпаиваются к печатным платам со стороны подвески плат к коммутационной плате 3, осуществляющей межсоединения печатных плат I согласно принципиальной схеме блока. На задней панели 4 устанавливается внешний соединитель. Конструкция блока позволяет контролировать в рабочем режиме любой электронный узел после удаления стяжных винтов.

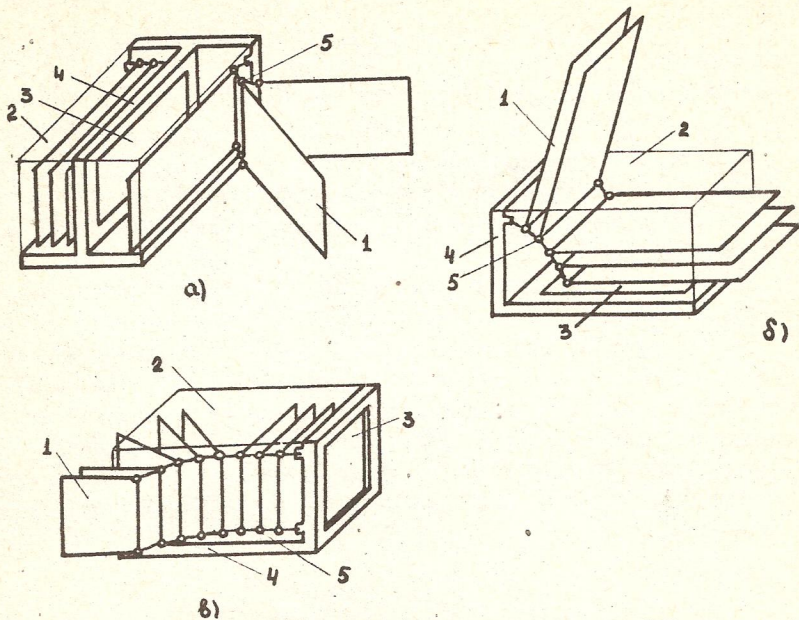


Рис. 4. Вертикальная (а,в) и горизонтальная ось раскрытия в блоках книжной конструкции: 1 - печатная плата, 2 - кожух, 3 - коммутационная печатная плата, 4 - задняя панель, 5 - шарнирный узел

В блоках с откидными кассетами (рис. 5) кассеты 2 механически соединяются между собой и с несущей конструкцией блока 4 шарниром 5, позволяющим откидывать и контролировать любую кассету. В режиме контроля предусматривается фиксация кассеты в откинутаом состоянии. В рабочем состоянии кассеты объединяются в пакет и крепятся к несущей конструкции стяжными винтами. Межсоединения выполняются объемными проводниками, жгутами, фиксируемыми соединениями, соединителями. При разработке монтажной схемы блока нужно предусмотреть подвижность монтажа искусственным увеличением его длины для обеспечения откинутаом состоянии кассеты. Возможна вертикальная (рис. 5а,в) и горизонтальная (рис. 5б) ориентация кассет в блоке. В качестве недостатка конструкции можно отметить некоторое увеличение длин монтажных проводников.

Кроме основных компоновочных схем блоков возможны различные их комбинации. Например, блок состоит из двух субблоков,

объединяемых в книжную или откидывающуюся конструкцию, а ТЭЭы в каждом субблоке имеют разъемную или этажерочную компоновку.

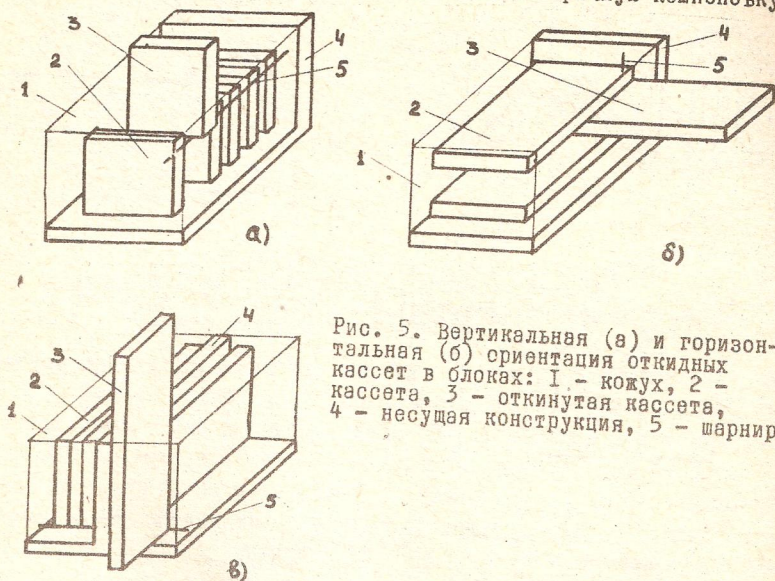


Рис. 5. Вертикальная (а) и горизонтальная (б) ориентация откидных кассет в блоках: 1 - кожух, 2 - кассета, 3 - откинутая кассета, 4 - несущая конструкция, 5 - шарнир

Выбор ориентации и расстояния между ТЭЭами (платами, кассетами) зависит от технических требований на аппаратуру, теплового режима, характера и направлений внешних механических воздействий. Выбор варианта конструкции производится исходя из производственных и технических требований на основе анализа основных определяющих факторов. Производственные условия рекомендуют применять однотипные конструкции ТЭЭ, элементов несущих конструкций, электрического монтажа, фиксации и крепления. Разработка оптимальной компоновки связана со сравнительным анализом различных конструктивных вариантов. Чем больше предполагается разных конструктивных решений, тем выше вероятность того, что будет найдено решение, в наилучшей степени отвечающее требованиям ТЭ и современному уровню развития техники. Наличие прототипа отнюдь не освобождает конструктора от творческой работы. Сравнение самостоятельно разработанного варианта с прототипом позволяет выяснить преимущества и недостатки обеих конструкций. Наилучшим конструктивным вариантом скорее всего будет вариант, учитывающий преимущества двух первых.

Различают плоскую и объемную компоновку блоков электропи-

талия. Размещение компонентов схемы блока на одной плоской установочной поверхности позволяет получить плоскую компоновку, конструктивно реализуемую на печатной плате или металлическом коробчатом шасси. На внешней поверхности шасси устанавливаются компоненты схемы, на внутренней размещаются межсоединения. В блоках объемной компоновки компоненты устанавливаются на две или более плоские поверхности, расположенные параллельно (рис. 6а) или ортогонально (рис. 6б, в). Несущей конструкцией блока объемной компоновки может быть прямоугольный параллелепипед, выполненный из профильного материала, на боковые вертикальные поверхности которого устанавливаются печатные платы, либо шасси сложной формы из листового материала толщиной 1,5-3 мм. Компоненты электрической схемы устанавливаются на печатных платах, внутренних горизонтальных и вертикальных поверхностях блоков. Для обеспечения наивысшей надежности размещение компонентов нужно выполнять с точки зрения эффективного отвода тепла из блока.

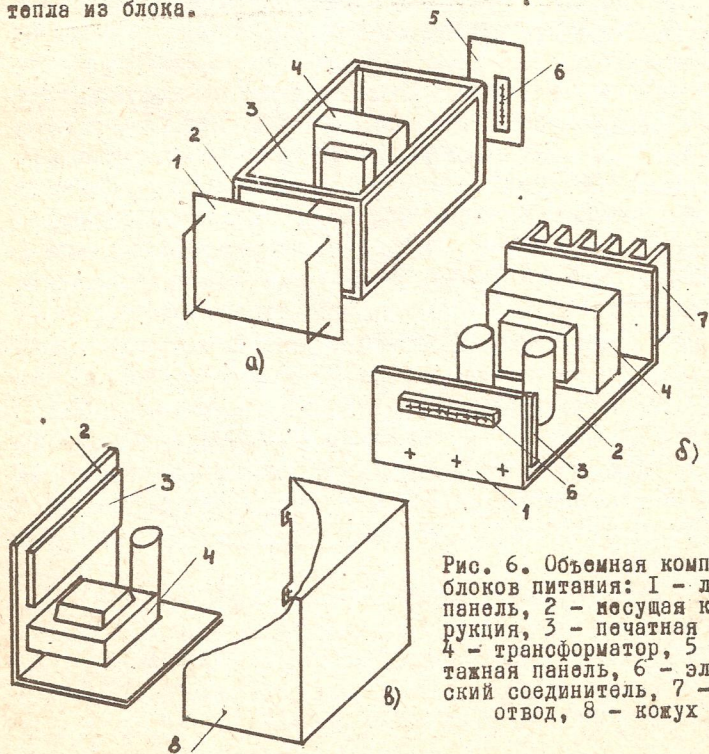


Рис. 6. Объемная компоновка блоков питания: 1 - лицевая панель, 2 - несущая конструкция, 3 - печатная плата, 4 - трансформатор, 5 - монтажная панель, 6 - электрический соединитель, 7 - теплоотвод, 8 - кожух

Преимуществом блоков плоской компоновки является легкий доступ к компонентам, хороший теплосъем. Недостатком - низкая плотность компоновки из-за использования в блоках электропитания компонентов с существенно различными габаритными размерами. Блоки объемной компоновки позволяют получить повышенную плотность компоновки, но имеют затрудненный доступ к компонентам, что может быть устранено введением в конструкцию откидных или поворачиваемых на шарнирах печатных плат, субблоков. На плотность компоновки также влияет схема стабилизации напряжения. При естественном воздушном охлаждении плотность компоновки блоков с линейной схемой стабилизации обычно не превышает $0,02 \text{ Вт/см}^3$, в блоках с импульсной стабилизацией - $0,06 \text{ Вт/см}^3$.

Межсоединения выполняются обычно объемным жгутовым монтажом, размещаемым и закрепляемым совместно с навесными ЭРЭ и компонентами. Блоки питания снабжаются лицевыми панелями, на которых устанавливаются ручки для переноски, элементы управления, индикации, предохранители, теплоотводы.

Подача напряжения с блоков питания в операционные устройства ЭВА обеспечивается межблочными соединителями. Вилочный соединитель устанавливается на монтажную панель блока, гнездовой - в стойку. Большая масса и размеры блока не позволяют наблюдать и чувствовать момент электрического соединения блока со стойкой, что затрудняет установку и может привести к поломке соединителя. Соединители блоков должны иметь удлиненные массивные контакты и ловители для выравнивания допусков установочных размеров блока в стойке без повреждения соединителя. Для этих же целей разрабатывается плавающая установка соединителя в стойке или блоке, обеспечивающая небольшое перемещение относительно монтажной панели блока или стойки и выравнивание в линию контактов вилочного и гнездового соединителя. Случайную неправильную вставку блока можно предотвратить несимметричной ориентацией соединителя на монтажной панели. Установка соединителя на лицевую панель блока обеспечивает легкую установку, удобство монтажа и демонтажа.

Блоки электропитания имеют открытое, закрытое и герметичное конструктивное исполнение. Открытые блоки являются простейшими и представляют собой каркас, шасси или плату желаемой формы. Ко всем компонентам и межсоединениям имеется свободный доступ. Если требуется принудительное охлаждение, то оно предусмат-

ривается в модуле высшего уровня, в который блок устанавливается.

Закрытые блоки отличаются от открытых наличием перфорированного кожуха. Принудительное охлаждение блока обеспечивается встроенным вентилятором.

Герметичные блоки малой мощности разрабатываются для установки на печатной плате. Герметизация выполняется заливкой смолами или помещением в специальные кожухи.

Блоки в стойках фиксируются обычными винтами или болтами, невыпадающими винтами. Установка блоков в стойку осуществляется по направляющим, вводимым в конструкцию стойки. Для тяжелых блоков направляющие снабжаются подшипниками качения.

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕЖСОЕДИНЕНИЯ

Электрические межсоединения выполняются в виде соединителей, монтажных проводников, плоских и объемных жгутов, неразъемных соединений. Основными элементами межсоединений являются печатные и объемные монтажные проводники, которые из технологических соображений объединяют в плоские печатные и объемные жгуты. Существуют следующие способы обеспечения постоянного электрического соединения проводников между собой и проводников с выводами соединителя: пайка, сварка, накрутка, обжимка. Быстрая сборка-разборка изделия обеспечивается временным холодным соединением контактных пар "штырь-гнездо" и "лепесток-винт", для выполнения которых не требуется специальной оснастки. Заканчивающийся лепестком проводник контактной пары "лепесток-винт" устанавливается под головку винта и отверткой с усилием прижимается к контактной поверхности, что и обеспечивает надежный электрический контакт.

• Методы монтажа ЭВА классифицируются по характеру используемых в конструкции проводников (печатный или объемный монтаж), по способу объединения нескольких проводников в единую конструкцию (жгутовой монтаж, монтаж свитой парой), по способам электрического соединения (монтаж пайкой, сваркой, накруткой и т.д.).

Способы монтажа следует оценивать, исходя из следующих требований:

постоянство электрических параметров монтажа, высокая помехоустойчивость;

надежность в условиях жестких внешних воздействий;

минимальные габариты и масса;
простота установки и высокая ремонтпригодность;
гибкость в проектировании и простота в производстве.

На выбор электрического соединения оказывает влияние надежность соединения, возможность многократного перемонтажа и автоматизации выполнения соединений, размеры монтажного слоя, перегрев монтируемых устройств.

а) Выбор проводника. Материалом токопроводящих жил проводников является медь и ее сплавы. В связи с микроминиатюризацией аппаратуры, уменьшением длин и диаметров монтажных проводников, а также с ужесточением требований механических воздействий все большее применение стали находить медные сплавы, обладающие более высокой твердостью, прочностью на разрыв, гибкостью при незначительных ухудшениях проводимости.

Монтажные проводники бывают одно- и многожильными. Высокая гибкость, долговечность и надежность проводника в условиях воздействий ударов и вибраций обеспечивается свиванием нескольких одиночных проводников в многожильный. Многожильный проводник поставляется промышленностью на 3, 7, 12, 19, 27 и 37 круглых жилок.

Многожильный проводник с суммарной площадью поперечного сечения токопроводящих жилок, равной площади поперечного сечения одиночного проводника, имеет несколько большие диаметр и стоимость, которые увеличиваются с возрастанием числа жилок в проводнике. Увеличение механической прочности многожильных проводников достигается введением в конструкцию проводника упрочняющих центральных стальных жилок.

Предохранение от электрического замыкания проводника на корпус изделия (монтажную панель, несущую конструкцию) или на соседний проводник возможно нанесением на токопроводящую жилку изоляционного покрытия. Материал и конструкция изоляции при минимальной толщине должны обеспечивать высокие электрические параметры (диэлектрическую прочность, сопротивление изоляции, диэлектрическую постоянную) в процессе и после внешних воздействий, а также после длительного хранения. В настоящее время существует большое разнообразие различных типов изоляционных покрытий.

Выбор проводника производится исходя из требуемых условий эксплуатации, нагрузки по току, допустимого падения напряжения, утечки тока, диэлектрической прочности.

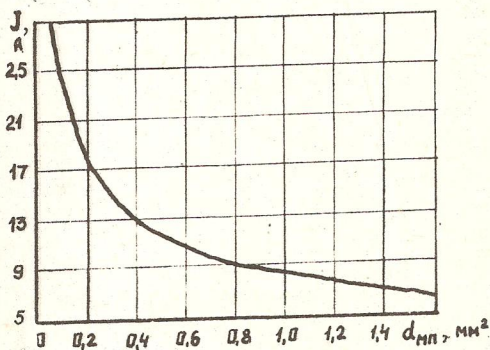
Одножильные проводники рекомендуется использовать для

жестко фиксируемого на несущей конструкции монтажа, не подверженного воздействию ударов и вибраций. Однако с развитием метода монтажа накруткой более дешевый проводник с одиночной жилой стал широко использоваться в стационарной аппаратуре. Увеличение числа жил в проводнике повышает стойкость проводника к многократным перегибам в условиях воздействия на аппаратуру вибраций.

Можно рекомендовать следующий размерный ряд сечений токопроводящих жил монтажных проводников для ЭВА: 0,03; 0,05; 0,08; 0,12; 0,20; 0,35; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,5 мм².

Выбор диаметра монтажного проводника производится в зависимости от протекающего тока и допустимого перегрева проводника. Плотность тока для различных диаметров проводников при длительно допустимых токовых нагрузках, приводящих к перегреву проводника на 20°С относительно окружающей среды, приведены на рис. 7. Из рисунка видно, что для проводников малых диаметров характерен более активный теплообмен с окружающей средой, чем для проводников больших диаметров.

Рис. 7. Нагрузочная способность по току объемного проводника



Диаметр монтажного проводника $d_{мп}$ вычисляется по формуле

$$d_{мп} = 1,13 \sqrt{I/J},$$

где I — ток нагрузки, А; J — плотность тока, А/мм².

Расчет диаметра проводника выполняется следующим образом. Произвольно задаются диаметром проводника и по графику рис. 7 оценивают максимальную плотность тока через проводник. Для тока нагрузки I по вышеприведенной формуле рассчитывают диаметр проводника. Для вновь полученного диаметра корректируется значение J . Достаточно точное значение $d_{мп}$ можно получить, выполнив 2–3 итерации.

Падение напряжения на проводнике

$$U = I \rho \frac{\ell}{S} (1 + \alpha \Delta t),$$

где ρ - удельная электрическая проводимость проводника (см. табл. 2); ℓ - длина проводника, м; S - сечение токопроводящей жилки, мм²; α - температурный коэффициент сопротивления проводника (см. табл. 2); Δt - перегрев проводника, °C.

Таблица 2

Удельные сопротивления и температурные коэффициенты некоторых проводниковых материалов

Металл	ρ , Ом.мм ² /м	α , град ⁻¹
Бронза	0,08	0,004
Латунь	0,025-0,06	0,002-0,007
Медь	0,0175	0,0039

Волновое сопротивление круглого одиночного проводника без изоляции диаметром d_0 , находящегося на расстоянии h над плоскостью "земли":

$$Z = 60 \ln 4h/d_0 \quad \text{Ом.}$$

Для проводников с изоляцией диаметром d_H волновое сопротивление будет

$$Z^* = 60 \sqrt{1/\epsilon} \ln \left(\frac{d_H \cdot 4h}{d_0 \cdot 4h - d_H} + \ln \frac{4h - d_H}{d_H} \right) \ln \frac{4h}{d_0} \quad \text{Ом,}$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость изоляции проводника.

Соответственно погонная емкость проводника без изоляции и с изоляцией: $C_n = 5,6 \ln^{-1} 4h/d_0$ пФ/см,

$$C_n^* = 5,6 \left[\frac{1}{\epsilon} \ln \left(\frac{d_H \cdot 4h}{d_0 \cdot 4h - d_H} \right) + \ln \frac{4h - d_H}{d_H} \right]^{-1} \quad \text{пФ/см.}$$

На выбор проводника значительное влияние также оказывают диэлектрическая прочность, диэлектрическая постоянная и сопротивление изоляции. Указанные параметры ухудшаются с повышением температуры окружающей среды, влажности, загрязнения и т.д.

б) Выбор электрических соединителей. Электрический соединитель предназначен для электрического и механического соединения и рассоединения проводников, кабелей и приборов. Основными конструктивными элементами соединителя являются вилка и розетка с установленными штырьевыми и гнездовыми контактами и корпус (в электрических соединителях для печатного монтажа корпус отсутствует).

Для модулей всех уровней ЭВА конструктором разрабатывается определенный способ электрической коммутации. При этом, как правило, модули снабжаются электрическими соединителями, которые по назначению можно классифицировать как электрические соединители первого, второго и третьего уровней коммутации.

Соединение на плате электронных компонентов выполняется пайкой. Недостаток данного метода состоит в том, что для многовыводных компонентов с жесткими выводами затрудняется демонтаж, возникает необходимость в разработке и использовании специальной оснастки (например, паяльников для выполнения групповой пайки). Улучшение ремонтпригодности и снижение эксплуатационных затрат возможно при использовании в конструкции соединителей первого уровня коммутации. Электрические соединители микросхем устанавливаются и распиваются на печатной плате. Затем на соединители устанавливаются микросхемы. Электрический контакт выводов соединителя с выводами микросхем обеспечивается за счет холодного контактирования металлов. С введением в конструкцию ЭВА БИС электронные соединители первого уровня коммутации будут иметь все более широкое распространение.

Электрические соединители второго уровня коммутации обеспечивают коммутацию ТЭЭ между собой на общем шасси или объединительной многослойной печатной панели. Электрические соединители третьего уровня осуществляют коммутацию блоков, приборов, рам и стоек. В зависимости от назначения соединители бывают кабельными, приборно-кабельными и приборными. Кабельный соединитель служит для коммутации между собой кабелей, выходящих из приборов. Конструктивные элементы соединителя не закрепляются на приборах, из которых выходят кабели. В приборно-кабельных соединителях один из элементов соединителя (обычно вилка) закрепляется на приборе, вторым же элементом соединителя (розеткой) заканчивается кабель и происходит фактически коммутация кабеля с прибором. В приборных соединителях осуществляется коммутация частей приборов между собой. При этом как вилка, так и розетка закрепляются на приборе. Фиксируемые на приборах соединители снабжаются фланцами или специальными элементами крепления.

Соединение вилки с розеткой бывает врубным, резьбовым и байонетным. Врубное соединение обеспечивается простым вставлением вилки в розетку без фиксации или с фиксацией сочлененного положения специальным конструктивным элементом. Резьбовое сое-

динение выполняется с помощью резьбовой накидной гайки, после заворачивания которой на требуемое число витков одновременно происходит коммутация и фиксация контактируемых пар штырь-гнездо. Байонетное соединение обеспечивается пазом и выступом, предусмотренными в конструкции вилки и розетки. При попадании выступа в паз и легком нажатии осуществляется скольжение выступа в пазе и западание (фиксация) в специальном углублении.

Высокая надежность в условиях жестких механических воздействий достигается использованием резьбовых соединителей. Накидная гайка соединителя предохраняется от самоотвинчивания стальной проволокой малого диаметра. Врубные соединители позволяют быстро сочленять-расчленять соединитель, но имеют низкую надежность в условиях воздействия ударов и вибраций. Байонетные соединители занимают промежуточное положение между врубными и резьбовыми.

Корпус электрического соединителя третьего уровня коммутации служит для закрепления изолятора с контактами, защиты их от внешних воздействий, крепления соединителя к прибору или кабеля к соединителю, а также фиксации сочлененного состояния. Корпус соединителя бывает прямой или угловой. Выбор типа корпуса определяется ориентацией частей прибора друг относительно друга. Правильный выбор корпуса может упростить эксплуатацию и уменьшить габариты прибора.

Выбор соединителя производится исходя из назначения, количества контактов, требований механической и климатической устойчивости, электрических параметров и характеристик. Для аппаратуры низкого и среднего быстродействия из электрических параметров наиболее важными являются максимальные коммутируемые токи и напряжения. Однако при работе ЭВА на высокой частоте возникает проблема согласования волновых сопротивлений коммутируемых цепей и контактных пар соединителей. Несогласование приводит к искажению и многократным отражениям передаваемых сигналов, увеличению времени переходных процессов в цепях связи. Искажение сигналов в контактной паре будут минимальными, если верхний предел полосы пропускания не хуже $f_B = 0,35 / t_H$,

где t_H — время нарастания или спада импульса, с.

Электрические соединители современной ЭВА обладают значительной индуктивностью и большим волновым сопротивлением. Сог-

досование электрических соединителей с информационными цепями можно выполнить введением в конструкцию конденсаторов, либо заземлением контактной пары, расположенной по соседству с критичной к согласованию. Появляющаяся паразитная емкость между сигнальной и земляной контактной парой обеспечит согласование.

в) Анализ отражений в линиях связи. Рассмотрим однородную длинную линию без потерь с волновым сопротивлением Z (рис.8).

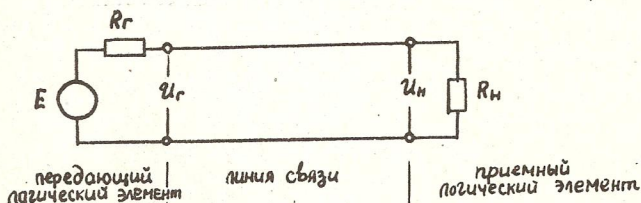


Рис. 8. Однородная длинная линия связи

Точный анализ переходных процессов в линии связи с распределенными параметрами аналитическим способом даже для простейшей схемы, состоящей из приемного и передающего логических элементов, достаточно сложен. Анализ значительно упростится, если линию связи представить эквивалентной схемой с сосредоточенными параметрами линии L_c и C_c , передающий логический элемент — источником напряжения с внутренним сопротивлением R_r , приемный — сопротивлением R_n . При прохождении сигнала вдоль линии будут наблюдаться его искажения, выражающиеся в виде изменения амплитуды, формы и появления отражений от входных-выходных цепей линии.

Минимальные искажения сигнала в виде задержки на время

$$t_z = \ell_\lambda / V_c$$

(где ℓ_λ — длина линии; V_c — скорость света) будут иметь место в режиме согласованной линии, когда волновое сопротивление Z линии совпадает с R_r или R_n логического элемента. В несогласованной линии связи имеют место многократные отражения сигнала от обоих концов линии. Сигнал падающий $U_{пад}$ связан с сигналом отраженным $U_{отр}$ соотношением

$$U_{отр} = \frac{R-Z}{R+Z} \cdot U_{пад},$$

где R — сопротивление приемного или передающего конца линии (прохождение сигнала слева направо $R = R_n$, справа налево $R = R_r$)

После n проходов вдоль линии переходные процессы считаются завершившимися, если амплитуда сигнала, отраженного от по-

редакщего элемента, станет меньше порога срабатывания приемного логического элемента:

$$U_{\text{нсп}} \leq U_{\text{вых}} \left| \left(\frac{R_H - Z}{R_H + Z} \right) \left(\frac{R_r - Z}{R_r + Z} \right) \right|^n$$

Отсюда

$$n \geq \frac{2 U_{\text{нсп}}}{U_{\text{вых}} \left| \left(\frac{R_H - Z}{R_H + Z} \right) \left(\frac{R_r - Z}{R_r + Z} \right) \right|}$$

где $U_{\text{вых}}$ — напряжение выходного сигнала логического элемента.

Таким образом, задержка сигнала в линии при многоскратных отражениях увеличивается в n раз.

Рассмотрим графический способ определения отражений в линиях связи. Один из возможных способов определения напряжения и тока в начале и конце линии представлен на рис. 9. Точка, определяющая режим работы линии при подаче на ее вход ступеньки напряжения E и завершении в ней переходных процессов, находится на пересечении прямых $i = U/R_H$ и $i = (E-U)/R_r$. Выдавая в линию связи ступеньку импульсного напряжения E , передающий логический элемент оказывается нагруженным на волновое сопротивление Z линии, что соответствует на графике рис. 9а прямой с наклоном $1/Z$. Точка пересечения А данной прямой с прямой $i = (E-U)/R_r$ определяет начальное значение напряжения U_{H1} на входе линии. Из точки А проводится прямая АВ с наклоном $-1/Z$, пересечение которой с прямой $i = U/R_H$ дает напряжение U_{H1} на выходе линии. Следующую прямую проводят из точки В с наклоном $1/Z$ и т.д. Указанные построения выполняют до тех пор, пока разница между U_{Hk} и $U_{Гk}$ на $k-1$ и k шагах построения не станет пренебрежимо малой.

Используя график рис. 9а, можно построить временные диаграммы изменения напряжения на входе и выходе линии связи. Напряжение на входе линии появляется одновременно с сигналом E передающего логического элемента (рис. 9б). Изменение сигнала на входе линии будет иметь место в моменты времени $2t_3$, $4t_3$, $6t_3$ и т.д. Момент изменения определяется завершением времени прохождения сигнала в прямом и обратном направлении вдоль линии связи. Наложение отраженного сигнала на прямой приведет к его изменению в моменты времени $2t_3$, $4t_3$, $6t_3$ и т.д. Сигнал на выходе линии появится в момент времени t_3 (рис. 9в) и будет фиксирован в продолжении времени $2t_3$. За это время передаваемый сигнал дважды отразится от R_H и R_r и в момент $3t_3$ наложится на прямой сигнал. Изменение сигнала на выходе линии будет в моменты времени $3t_3$, $5t_3$, $7t_3$ и т.д.

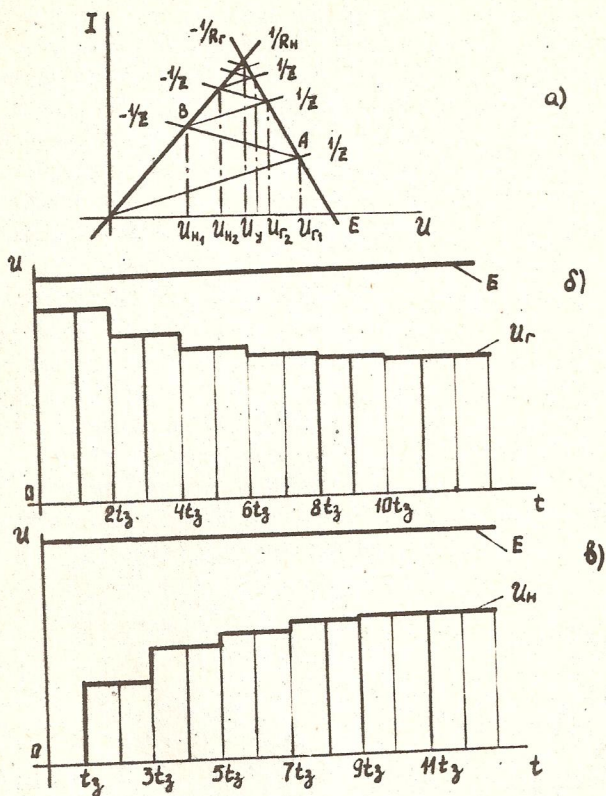


Рис. 9. Графический способ определения отражений в линиях связи

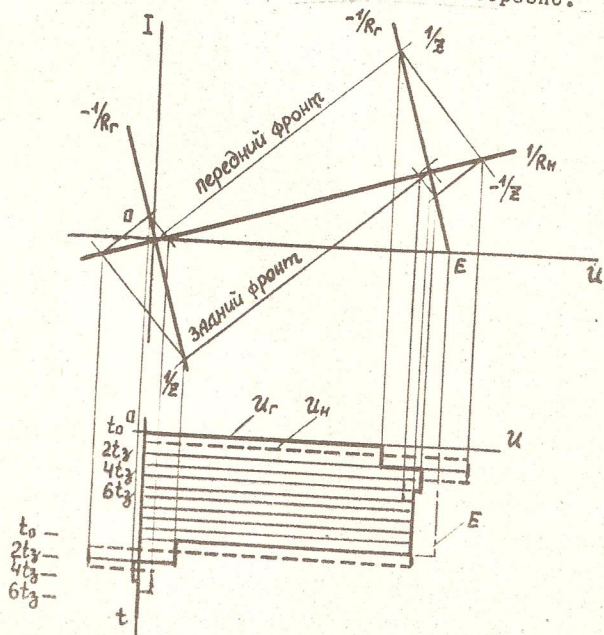
Построение временных диаграмм напряжений рис. 9 выполнялось для случая несогласованной линии, когда Z одновременно больше R_H и R_r . Для других соотношений между Z , R_r и R_H построения аналогичны рассмотренным, напряжения же на входе и выходе линии могут резко отличаться.

Графический метод можно использовать для анализа реакции линии на импульсный сигнал. На графике рис. 10 показан характер искажения идеального прямоугольного сигнала на выходе U_n и входе U_r линии связи для случая $R_H > Z > R_r$. Метод графического расчета переходных процессов остается справедливым и для случаев нелинейных сопротивлений R_H и R_r .

До сих пор рассмотрение отражений в линиях связи проводилось из предположения, что фронты передаваемых сигналов ни-

чтожно малы по сравнению со временем задержки t_3 в линии. На переходные процессы в линии фронт влияет несущественно, пока соблюдается условие $t_H / t_3 = 2$. На рис. IIа показан характер искажения переднего фронта импульса при $t_H / t_3 = 1$. Если время нарастания импульса станет равно удвоенному времени задержки импульса в линии, то отраженный сигнал будет приходить на вход логического элемента в тот момент, когда линейно нарастающий фронт достигнет своего установившегося значения. Форма сигнала на выходе линии для дечного случая показана на рис. IIб. Для коротких линий связи $t_H / t_3 > 2$ отраженные от передающего логического элемента фронты будут накладываться на передаваемый сигнал, вызывая его искажения. На рис. IIв, г показаны искажения фронтов импульсов для случаев t_H / t_3 равного, соответственно, 3 и 4. Тонкими линиями на графиках показаны искажения фронта импульса для $t_H = 0$ и фронт передаваемого сигнала.

Основными недостатками графического способа являются невысокая точность, громоздкость. Однако в большинстве практических случаев его применение вполне целесообразно.



30 Рис. 10. Искажения импульсного прямоугольного сигнала

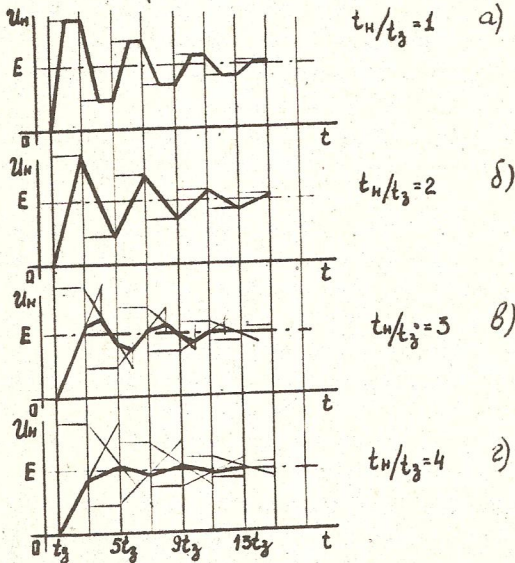
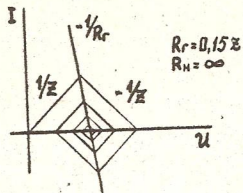


Рис. II. Искажение фронта импульса для различных отношений t_n/t_z

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

После разработки конструкции и выполнения комплекта конструкторских документов необходимо выполнить следующие виды проверок.

Проверка правильности технического исполнения:

1) Соответствуют ли параметры конструкции пунктам требований технического задания?

2) Предусмотрено ли в конструкции свободное пространство для установки электрических межсоединений?

3) Проверить отсутствие задеваний подвижных элементов конструкции за неподвижные.

4) Обеспечивает ли конструкция при выполнении монтажных работ удобное положение блока на столе монтажника?

5) Что предпринято для эффективного охлаждения аппаратуры естественным воздушным охлаждением?

6) Предусмотрены ли меры, предупреждающие утечки охлаждающего воздуха при принудительном охлаждении аппаратуры?

7) Все ли фактические нагрузки и силы учтены при расчете конструкции, обеспечивается ли необходимая прочность и жесткость конструкции, не завышена ли металлоемкость?

8) Обеспечивается ли легкость сборки и разборки, удобство обслуживания, легкость монтажа и демонтажа?

9) Достаточна ли антикоррозионная защита деталей?

10) Обеспечено ли согласование межсоединений и электронных компонентов?

II) Каким образом достигается электрическая и механическая коммутация блоков с себе подобными в модуле высшего уровня? Проверка правильности графического исполнения:

1) в рабочем ли положении изображена конструкция на чертеже?

2) достаточно ли ясно изображена конструкция на чертеже, существует ли необходимость в дополнительных видах, сечениях, разрезах?

3) используя разработанный сборочный чертеж, можно ли выполнить качественную сборку изделия?

4) не внесены ли в чертеж лишние проекции, разрезы, сечения, виды, лишь повторяющие конструкцию, изображенную на основных проекциях?

5) не внесены ли лишние размеры в сборочный чертеж изделия?

6) правильно и полно ли заполнены спецификации на сборочный чертеж?

7) все ли размеры, допуски на размеры, шероховатости поверхностей внесены в рабочие чертежи деталей?

ЛИТЕРАТУРА

1. Гелль П.П., Иванов - Есипович Н.К. Конструирование радиоэлектронной аппаратуры. М., "Энергия", 1972.
2. Краткий справочник конструктора РЭА. Под ред. Варламова Р.Г. М., "Сов. радио", 1972.
3. Майоров С.А., Крутовских С.А., Смирнов А.А. ЭВМ. Справочник по конструированию. М., "Сов. радио", 1975.
4. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры. Под ред. Высоцкого Б.Ф. М., "Сов. радио", 1977.
5. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А., Кустов В.А. Основы конструирования микроэлектронных вычислительных машин. М., "Высшая школа", 1976.