

# **Лекция 3. Типовая структура и функционирование современной автоматизированной системы контроля электрических параметров. Требования к основным модулям. Организация информационных каналов**

## **Основные направления совершенствования измерительных систем**

Как уже отмечалось, особенностью производства полупроводниковых приборов и ИМС является необходимость оперативного контроля в ходе технологических процессов их режимов, характеристик и свойств исходных материалов, а также параметров структур и готовых изделий. Ввиду несовершенства организации и методики проведения контроля и испытаний, обусловленных низкой производительностью труда, возможностью внесения субъективных ошибок, невысокой информативностью, сложностью ее обработки и малой оперативностью принятия решений, необходимо полностью автоматизировать как отдельные виды контроля и испытаний, так и весь их комплекс. В производстве полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники используются различные методы измерений и контрольно-измерительное оборудование, обладающее разнообразными метрологическими и эксплуатационными характеристиками. В настоящее время необходима все более широкая автоматизация измерений. К сожалению, полной автоматизации поддается пока лишь 70 — 80 % всех контрольно - измерительных операций, из которых большая часть приходится на операции контроля изготовленных изделий. Для автоматизации измерений на качественно новой основе необходимо более широко использовать в средствах измерения микропроцессорные системы, микроконтроллеры и микроЭВМ.

## **Агрегативный принцип построения измерительных систем**

Для контроля качества полупроводниковых приборов и ИМС применяют комплексные измерительные автоматические системы, называемые также измерительными информационными системами. Под измерительной информационной системой понимают совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных, а также вспомогательных технических средств, предназначенных для получения измерительной информации, преобразования и обработки для представления в требуемом виде или автоматического выполнения логических функций контроля, диагностики, управления технологическим процессом, распознавания образов (идентификации).

В зависимости от выполняемых функций такие системы, подразделяют на измерительные, автоматического контроля, технической диагностики и управления технологическим процессом и идентификации.

Наиболее рациональным принципом построения измерительных автоматических систем является *принцип агрегатирования*. При этом автоматическая система выполняется как агрегат, состоящий из независимых конструктивно законченных функциональных блоков - модулей. В качестве примеров функциональных блоков можно назвать АЦП и ЦАП, цифровые вольтметры и частотомеры, таймеры, дисплеи и др.

При построении по агрегатному принципу различных систем используют разные сочетания (комбинации) модулей. Причем в процессе эксплуатации возможно наращивание системы, а иногда модули объединяют в группы, называемые крейтами. Управляют работой систем контроллеры, координирующие и контролирующие действия отдельных модулей. Построение агрегатированных систем возможно лишь при совместимости и сопряжении модулей как между собой, так и с внешними устройствами отображения информации.

Преимущества принципа агрегатирования наиболее полно проявляются если модули состыкуются и объединяются в систему без конструктивных изменений (доработок). Для этого необходима унификация устройств сопряжения модулей. Сопряжение модулей между собой и с устройствами обработки информации обеспечивается интерфейсами.

Типовая измерительная информационная система состоит из объединенных интерфейсом следующих модулей:

- устройства восприятия измеряемых величин (в которое входит множество датчиков и первичных преобразователей), предназначенного для соединения измерительной системы с исследуемым объектом;
- приборов, предназначенных для измерения электрических параметров;
- микропроцессорной системы, программно - управляющей измерительной процедурой и осуществляющей калибровку измерительных устройств, обработку информации, хранение ее и представление к виду, удобному для передачи по каналу связи;
- дисплея;
- регистрирующих устройств.

## **Автоматизированная система входного контроля электрорадиоэлементов**

Автоматизированная система входного контроля электрорадиоэлементов (АСВК ЭРЭ) предназначена для проведения высокопроизводительного и эффективного входного контроля ЭРЭ на предприятиях -изготовителях радиоэлектронной аппаратуры за счет автоматизации измерений, введения диагностического (прогнозирующего) контроля, который позволяет выявить элементы со скрытыми дефектами, а также централизованной статистической обработки параметров выборок элементов.

Система может использоваться на входном контроле предприятий - потребителей ЭРЭ с годовым потреблением 10-20 млн. шт. Система позволяет решать следующие задачи:

1. Определять при входном контроле потенциальную ненадежность ЭРЭ, т. е. выявлять элементы, имеющие скрытые дефекты.
2. Устанавливать контроль за стабильностью качества поступающих от поставщиков партий ЭРЭ с помощью статистических методов.
3. Учитывать количество проверенных и забракованных по электрическим параметрам ЭРЭ.
4. Организовывать библиотеки рабочих программ и планов контроля ЭРЭ.

Характеристики системы АСВК ЭРЭ зависят от технических характеристик подсистем входного контроля, входящих в систему, технических характеристик ЭВМ верхнего уровня, пропускной способности каналов передачи данных, а также от функциональных возможностей программного обеспечения системы. Выполняемые системой функции:

1. Входной контроль ЭРЭ по параметрам ТУ.
2. Диагностический контроль ЭРЭ.
3. Математическая обработка результатов контроля параметров (вычисление статистических характеристик, построение гистограмм, контроль стабильности качества поступающих ЭРЭ).
4. Хранение и выдача в подсистемы рабочих программ контроля ЭРЭ.
5. Хранение и выдача оператору результатов входного контроля ЭРЭ в системе.

### **Основные технические характеристики АСВК ЭРЭ**

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| Количество контролируемых ЭРЭ в единицу времени          | 1000—10000 |
| Число подсистем входного контроля, включаемых в АСВК ЭРЭ | до 15      |
| Время расчета основных статистических характеристик      | 5-7 мин    |
| Время реакции системы на прерывание,с                    | 0.5...0.8  |

В состав АСВК ЭРЭ (Рис.1) входят:

- цеховая ЭВМ СМ-2М;
- устройства межмашинной связи УС-2, УС-4;
- тестерная аппаратура подсистем контроля;
- ЭВМ, управляющая тестерами.

Система осуществляет программное обеспечение цеховой ЭВМ и подсистем.

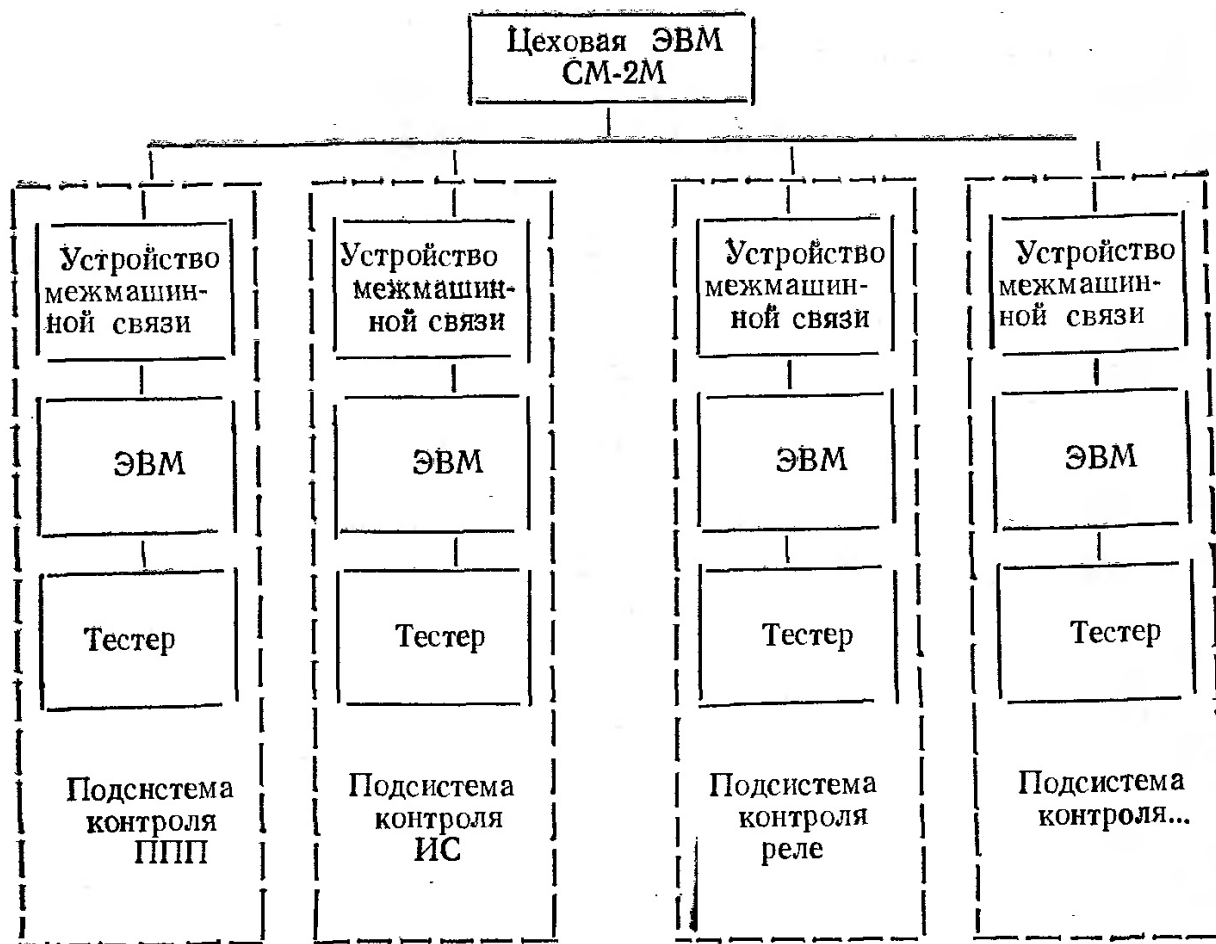


Рис. 1. Блок-схема АСВК ЭРЭ

Перед началом функционирования АСВК ЭРЭ проверяется работоспособность технических средств. Затем производится загрузка программного обеспечения (ПО) системы и включение каналов связи.

При статистическом контроле качества формируется выборка из партии. Объем выборки составляет 400 шт. После проверки работоспособности технических средств в ЭВМ подсистем вводятся рабочие программы и программы контроля ЭРЭ. В случае ввода программ с ЭВМ верхнего уровня оператор подсистемы должен сделать запрос о выдаче соответствующей программы. По получении запроса ЭВМ включает алгоритм поиска программ в библиотеке на магнитных дисках. В том случае, если планируется статистическая обработка данных, перед началом контроля ЭРЭ в подсистеме вводятся полные реквизиты контролируемой партии, в которых указываются тип ЭРЭ, предприятие-изготовитель, номер партии, наименование параметра для статистической обработки, ее режим и необходимые исходные данные. С пульта оператора ЭВМ ВУ вводится буфер уставок для статистического контроля ЭРЭ данного завода-изготовителя. Этапы проведения контрольно-измерительных операций:

- контроль параметров по ТУ и диагностических параметров;
- измерение и передача данных для статистической обработки в ЭВМ ВУ или накопление их на перфоленте;

- статистическая обработка полученных результатов.

По результатам входного контроля параметров ЭРЭ по ТУ и проверки норм диагностических параметров формируется и передается в ЭВМ ВУ сводка о количестве годных и отбракованных ЭРЭ, которая используется для накопления в ЭВМ ВУ информации о результатах входного контроля ЭРЭ за длительный период времени (смену, месяц) и выдачи оператору оперативных данных о ходе проверки элементов в подсистемах. В результате диагностического контроля выявляются ЭРЭ, имеющие недостаточную надежность, т. е. потенциально ненадежные.

Кроме оценки индивидуальной надежности элементов путем контроля диагностических параметров, в АСВК ЭРЭ контролируется стабильность качества поступающих партий ЭРЭ (технологии их изготовления путем определения значений статистических параметров, характеризующих технологический процесс их изготовления). Этот параметр, так же как и диагностический, должен быть указан в методике диагностического контроля ЭРЭ.

Статистическая обработка результатов измерений заключается в вычислении основных статистических характеристик, построении гистограмм распределения параметра и определении стабильности качества поступающих ЭРЭ. Контроль стабильности качества ЭРЭ (стабильности технологического процесса их изготовления) может осуществляться двумя методами:

- проверки гипотез о принадлежности исследуемой выборки генеральной совокупности;
- контрольных карт.

Оба метода реализуются тремя способами контроля: по контрольным и предупредительным границам, а также по средней линии.

Исходя из особенностей технологического процесса изготовления ЭРЭ, разработчик метода диагностического контроля определяет:

- параметры, по которым будет вестись контроль стабильности;
- способ контроля;
- подконтролен ли статистически технологический процесс;
- границы статистически неподконтрольных процессов;
- способ нахождения параметров генеральной совокупности (эталон, вычисление);
- при эталонном способе задания параметров генеральной совокупности – значения эталонных параметров.

Результаты контроля диагностических параметров, статистической обработки параметров, характеризующих стабильность качества, передаются в отдел надежности.

По результатам входного контроля ЭРЭ разделяются на три группы:

- годные;
- забракованные по параметрическому контролю;
- забракованные по диагностическому контролю, в том числе по стабильности качества.

Годные ЭРЭ направляются в производство; ЭРЭ, забракованные по параметрическому контролю, рекламируются в установленном порядке; ЭРЭ, забракованные по диагностическому контролю, направляются в изолятор брака по диагностическому параметру для дальнейшего исследования, использования в неосновном производстве или реализации:

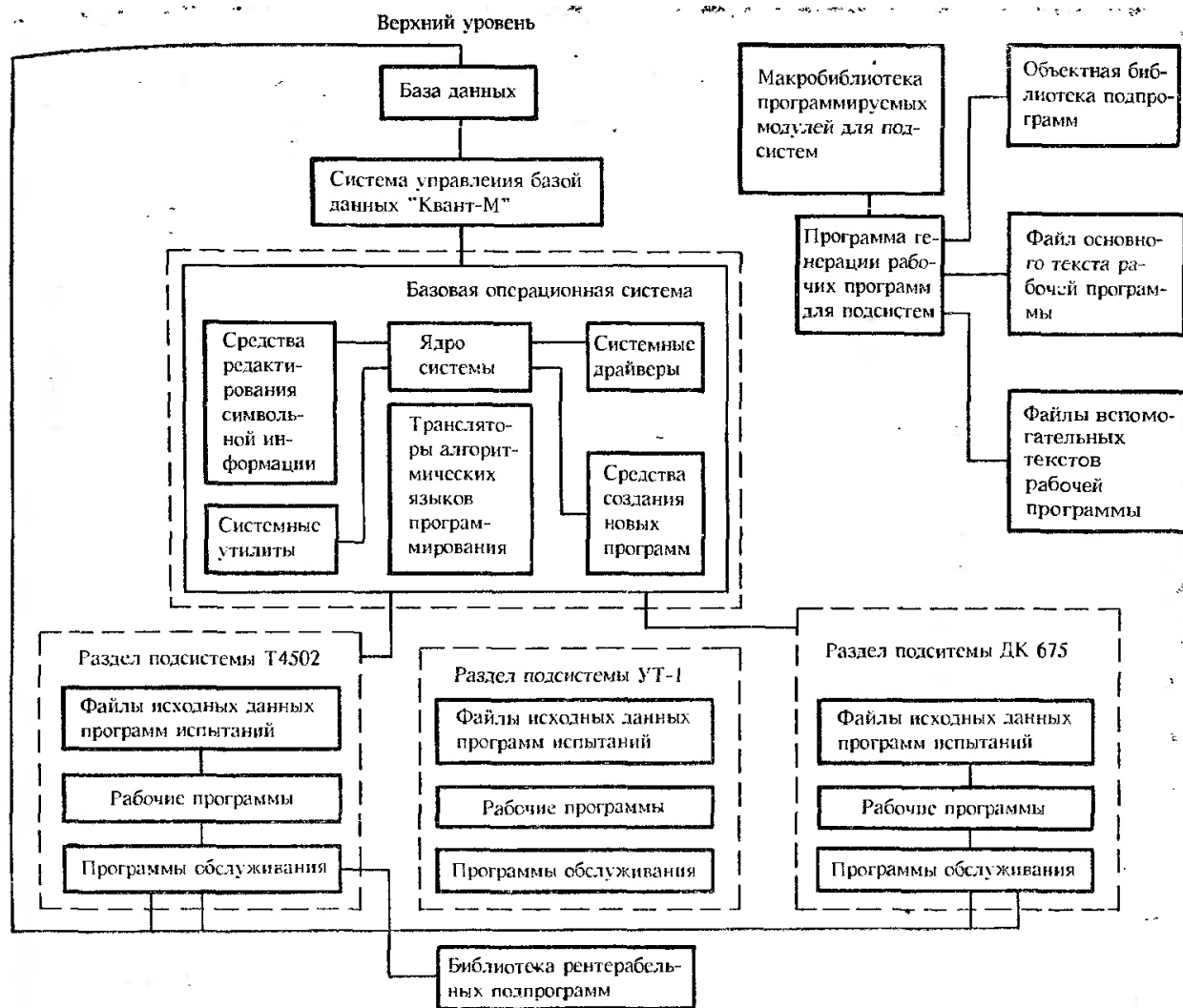


Рис. 2. Структура программных средств АСК ЭС

## Автоматизированная система контроля элементных средств

Широкое применение в проектируемой аппаратуре компонентов новых типов, а также актуальность решения задач по выявлению и отбраковке элементов со скрытыми дефектами привели к необходимости развития и совершенствования контрольно-измерительного и испытательного оборудования. При создании автоматизированной системы контроля элементных средств (АСК ЭС) принципиально важным являлся вопрос о выборе его структуры (Рис.2).

Было принято во внимание, что применение достижений микроэлектроники в тестерах первого поколения позволяет получить в тех же компактных габаритах весьма эффективные средства тестирования широкого круга компонентов, например, всех ИМС на основе ТТЛ и КМОП-структур, всех операционных усилителей и компараторов, осуществить дополнительные прогнозирующие испытания элементов методами неразрушающего контроля (например, по  $m$ -параметру и по  $m$ -характеристикам).

В результате в основу структуры АСК ЭС заложены и реализованы две концепции: двухуровневой иерархической системы и компакт-тестерного контрольно-измерительного оборудования, взаимно дополняющие и обогащающие друг друга.

В результате анализа структур автоматизированных систем контроля получен наиболее оптимальный вариант, при котором обособленные, автономные автоматизированные подсистемы концентрируются вокруг центральной ЭВМ, причем каждая подсистема ориентирована на решение определенного круга задач (например, тестирование логических ИС, БИС, СИС, тестирование БИС ОЗУ, микропроцессоров, контроль аналогов ИС, дискретных электрорадиокомпонентов неразрушающий контроль и т. д.) и может работать как автономная подсистема или как подсистема с разделением

времени. Автоматизированные подсистемы управляются однотипными мини-ЭВМ, осуществляющими все контрольно-измерительные операции и предварительную обработку результатов испытаний. Центральной ЭВМ отводятся задачи сбора, обработки и выдачи потребителю обработанной информации, управления базой данных испытаний, а также хранения обработанной информации, хранения и выдачи рабочих программ для мини-ЭВМ тестерных подсистем, трансляции измерительных программ на язык управляющих мини-ЭВМ.

Принципиальными отличиями принятой в АСК ЭС двухуровневой архитектуры автоматизированной системы контроля элементов от существующих схем построения систем входного контроля являются:

- ориентированность тестерных подсистем на решение интегрального круга задач по тестированию компонентов определенных, достаточно широких, классов;
- гибкость и живучесть системы за счет рационального распределения основных и вспомогательных функций между центральной ЭВМ и мини-ЭВМ подсистем;
- перенос центра тяжести при разработке системы из области аппаратурных средств на программные средства и развитое математическое обеспечение;
- максимальная автоматизация контрольно-измерительных операций и операций по сбору и обработке информации;
- возможность работы в системном, автономном и разделенном во времени режимах;
- возможность получения обработанной информации с единой информационной магистральной, обеспечивающей удобство последующей работы с подсистемами АСУТП и АСУК;
- возможность использования единого приборного интерфейса, наращивания тестерных подсистем, широкой унификации в части архитектуры, программных средств, математического обеспечения, схемотехнических решений, используемой элементной базы.

Важной особенностью двухуровневых систем АСК ЭС является возможность обработки больших массивов информации универсальным центральным компьютером. Выбрав в качестве центрального компьютера достаточно мощную ЭВМ с развитой периферией и соответствующим математическим обеспечением, удастся достигнуть высокой компактности и удобства дальнейшего использования результатов тестирования представительных партий испытуемых устройств, например, БИС. Такие прикладные задачи, как статистический контроль параметров испытуемых устройств, представление результатов измерений в виде плоских (двунаправленных) и объемных (трехнаправленных) диаграмм, гистограммных графиков, прогнозирование качества устройств, определение грамотных научно обоснованных допусков на параметры с целью эффективной отбраковки потенциально ненадежных элементов на входном контроле и другие задачи успешно решаются центральным компьютером с достаточным объемом оперативной и постоянной памяти и развитым периферийным оборудованием.

Автоматизированная система контроля ЭС состоит из автоматизированной двухуровневой информационно - измерительной системы контроля и компакт-тестерной аппаратуры.

Автоматизированная двухуровневая система контроля ориентирована на функционально - параметрический контроль ИС, СИС, БИС и на преимущественное использование в научно - производственных объединениях для оценки работоспособности БИС и СБИС, их анализа и определения научно обоснованных границ функционально-параметрических испытаний БИС и СБИС перед их устаканкой в РЭА.

Входящая в состав АСК ЭС компакт-тестерная аппаратура дополняет двухуровневую систему контроля, получает от нее обоснованные нормы на границы отбраковки и широко применяется в цехах входного диагностического контроля предприятий отрасли.

На верхнем уровне (ВУ) двухуровневой системы контроля находится мини-ЭВМ «Электроника 100-25», а на нижнем уровне (НУ) управление локальными тестерными с подсистемами осуществляется с помощью совместимых мини-ЭВМ «Электроника 100/16И» и микро ЭВМ «Электроника 60». В двухуровневую систему объединены три машиноуправляемые подсистемы:

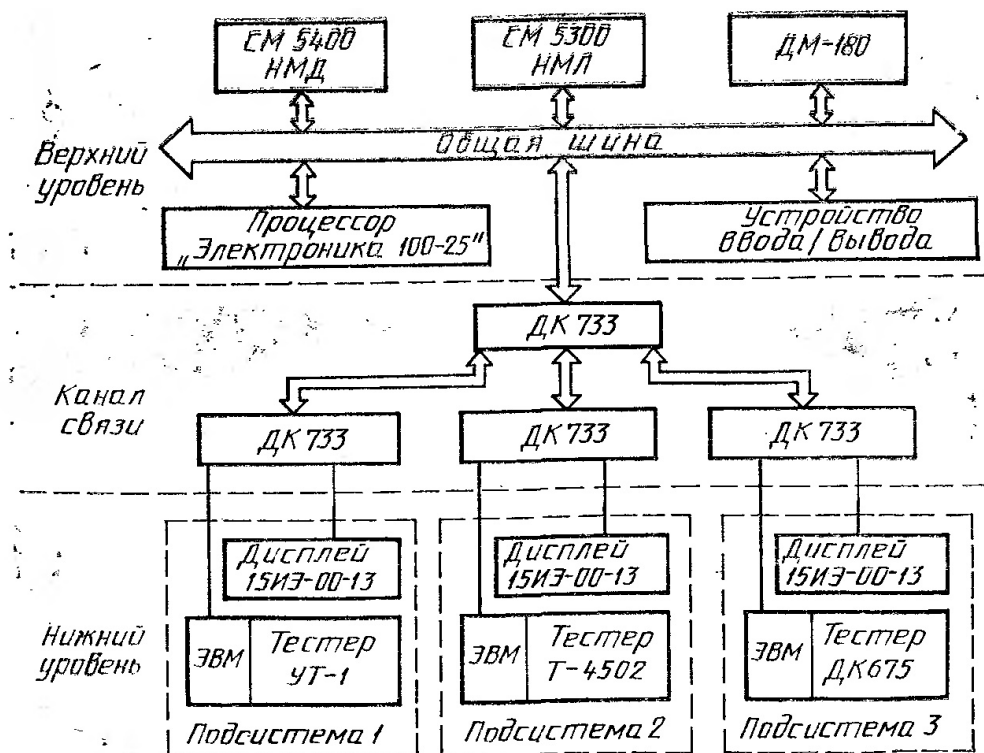


Рис. 3. Автоматизированная система контроля элементных средств

- функционально-параметрического контроля ИС, СИС БИС, СБИС типа ДК 675,
- контроля и измерения статических параметров интегральных схем с различным уровнем интеграции типа Т-4502,
- контроля транзисторов типа УТ-1 (Рис. 3).

Аппаратурные средства, интерфейсные связи и программное обеспечение двухуровневой системы позволяют нарастить систему и довести общее количество функционирующих в ней подсистем до восьми. Такими подсистемами могут быть, например, подсистемы контроля герметичности, дискретных активных и пассивных компонентов, шумовых параметров и ряд других, которые управляются мини-ЭВМ типа «Электроника 100/16И» или микроЭВМ типа «Электроника 60», имеющих программное обеспечение, совместимое с программным обеспечением ЭВМ верхнего уровня «Электроника 100-25».

При двухуровневой архитектуре управление тестерами на нижнем уровне проводится в реальном масштабе времени, а процесс обработки данных на верхнем уровне системы осуществляется в другом временном масштабе. Ориентированные на тестирование ЭС определенных достаточно широких классов автоматизированные, управляемые однотипными мини- и микро-ЭВМ подсистемы нижнего уровня концентрируются вокруг универсальной мини-ЭВМ достаточной мощности с развитыми периферийными средствами и поддерживаемой гибким программным обеспечением.

Основное взаимодействие между ЭВМ обработки данных на верхнем уровне и автоматизированными тестерными подсистемами на нижнем уровне заключается в выдаче тестерам (на нижний уровень) программ из дисковых запоминающих устройств ЭВМ верхнего уровня и в передаче тестерами измеренных данных на центральную ЭВМ.

Важной характеристикой двухуровневой системы является возможность функционирования любой локальной тестерной подсистемы нижнего уровня в автономном режиме. Система способна расширяться путем наращивания. Независимость тестеров в ней позволяет операторам отлаживать программы на одних постах без прерывания процесса тестирования на других.

Наконец, в системе сравнительно легко организовать и вести банк данных, а также организовать сохранность и защищенность отлаженных программ.

В двухуровневой автоматизированной системе периферийные ЭВМ связаны с ЭВМ верхнего уровня интерфейсными линиями связи, образующими радиальную структуру, которая по сравнению с магистральной или радиально-магистральной отличается повышенной помехозащищенностью и достоверностью передаваемой информации.

Помимо двухуровневых автоматизированных машинизированных систем контроля ЭС, для обеспечения контроля всей обширной номенклатуры компонентов РЭА при разработке АСК ЭС создан целый ряд автоматизированных, малогабаритных, автономно работающих, относительно простых по выполнению и удобных в эксплуатации приборов — компакт-тестеров.

В процессе совершенствования аппаратурных и программных средств АСК ЭС контроля ЭС в каждой из разработанных тестерных подсистем и в системе в целом были реализованы новые схемотехнические и методологические решения, которые позволили не только расширить круг измеряемых ЭС и повысить уровень автоматизации контрольно-измерительного процесса и процесса сбора, статистической обработки и хранения информации, но и существенно улучшить качество отбраковки потенциально ненадежных компонентов за счет их более глубокого функционально-параметрического и диагностического контроля. Решение задачи обеспечения эффективного контроля элементных средств в значительной степени зависит от полноты и достаточности нормативно-технической документации, устанавливающей организационно-технические правила эксплуатации АСК ЭС. Выпущен ряд стандартов по АСК ЭС, устанавливающих:

- общий порядок проведения входного и диагностического контроля на предприятиях отрасли;
- типовые технологические процессы входного и диагностического контроля элементных средств;
- единые правила обращения с элементными средствами, в том числе меры по защите их от статического электричества;
- контролируемые параметры элементных средств различных классов;
- объем, последовательность контроля и испытаний элементных средств, а также методы неразрушающего контроля и испытаний.