

**Г.Г. Кудрявцев
И.А. Мамзелев**

**Микропроцессоры
и микроЭВМ
в системах
технического
обслуживания
средств
связи**



**Москва
«Радио и связь»
1989**

ББК 32.972
К88
УДК 681.325.5—181.4:654.1

Рецензенты: М. А. Аппак, Б. П. Филин

Редакция литературы по конструированию и технологии производства радиоэлектронной аппаратуры

Кудрявцев Г. Г., Мамзелев И. А.

К88 Микропроцессоры и микроЭВМ в системах технического обслуживания средств связи. — М.: Радио и связь. — 136 с.: ил.

ISBN 5-256-00242-2.

Описаны основные функции, выполняемые комплексом технических средств при эксплуатации средств связи. Показано, что наиболее эффективно эти функции реализуются с помощью микропроцессоров и микроЭВМ. Приведена структура унифицированного комплекса технических средств, даны примеры построения такого комплекса на основе микроЭВМ «Электроника 60», «Электроника НЦ-80-01Д», «Электроник» С5-41».

Для инженерно-технических работников, занимающихся вопросам технической эксплуатации средств связи.

К $\frac{2303040000-100}{046(01)-89}$ 43-89

ББК 32.972

Производственное издание

КУДРЯВЦЕВ ГЕННАДИЙ ГЕОРГИЕВИЧ,
МАМЗЕЛЕВ ИГОРЬ АЛЕКСАНДРОВИЧ

МИКРОПРОЦЕССОРЫ И МИКРОЭВМ В СИСТЕМАХ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Заведующий редакцией П. И. Никонов
Редактор Е. Н. Гарденина
Обложка художника К. М. Просолова
Художественный редактор А. А. Широков
Технический редактор Л. А. Горшкова
Корректор О. Е. Иваницкая

ИБ № 1724

Сдано в набор 18.01.89 Подписано в печать 20.03.89
Т-05085 Формат 60×90/16 Бумага кн.-журн. № 2 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 8,5 Усл. кр.-отт. 8,8 Уч.-изд. л. 9,48
Тираж 40 000 экз. Изд. № 22287 Зак. № 7 Цена 50 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь». 101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

ISBN 5-256-00242-2

© Издательство «Радио и связь», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется развитию отрасли связи как одной из составляющих частей производственной инфраструктуры. Перспективы развития связи весьма велики. Однако сохранение существующих технических средств и технологии обслуживания ведет к резкому увеличению численности персонала, занятого в отрасли. Основная часть этого персонала занята технической эксплуатацией оборудования и обслуживанием абонентов и клиентуры.

Требуемое ускорение развития отрасли при одновременном повышении эффективности и качества связи возможно лишь при ускорении научно-технического прогресса в отрасли, осуществляемого с помощью внедрения новых технологий обслуживания абонентов и клиентуры, а также новых методов технической эксплуатации оборудования связи на основе применения современных средств микроэлектроники и вычислительной техники (ВТ).

Широкое внедрение микропроцессорной техники и микроЭВМ, а также развитие концепций коллектива вычислителей (КВ) и управляющего коллектива вычислителей (УКВ) открывают возможность создания на единой технической и теоретической основе спектра унифицированных автоматизированных систем технической эксплуатации оборудования связи и систем, обеспечивающих предоставление целого ряда услуг [12, 20].

Настоящая книга посвящена в основном вопросам практической реализации концепции УКВ при создании автоматизированных систем технической эксплуатации (АСТЭ). Основное внимание уделено принципу рациональной автоматизации процессов сбора, учета и обработки информации, и также автоматизации контроля оборудования.

В работе излагаются основные методы технической эксплуатации, вводятся характеристики для их оценки, описываются основные системы технической эксплуатации (СТЭ), существующие и создаваемые в отрасли связи. Приводится структура типовой АСТЭ отрасли и излагается методика структурно-топологического описания задач, обеспечивающих упрощенное их отображение в базе УКВ.

Более детально рассматривается структура унифицированной АСТЭ, при этом основной упор делается на подсистему контроля и алгоритм контроля, а также весьма перспективный, но

не традиционный для связи алгоритм разладки. Описывается многоуровневая структура АСТЭ в виде распределенной информационно-управляющей системы. Массовое создание АСТЭ порождает свою проблему эксплуатации самих АСТЭ. Поэтому в работе уделяется внимание организации обслуживания АСТЭ, построенных на основе УКВ и допускающих наиболее эффективную организацию обслуживания.

Приводятся сведения о реализации типовых комплексов технических средств (КТС) с использованием наиболее массовых в настоящее время микроЭВМ «Электроника 60», ДВК, СМ1800, СМ1300, «Электроника С5-41». Даны описания типовых интерфейсов — сбора дискретной и аналоговой информации, связи с высокочастотными цепями и так далее — описаны типовые аппаратно-программные комплексы на основе серийных микроЭВМ. Эти сведения помогут инженерно-техническим работникам отрасли связи применять микроЭВМ для решения задач автоматизации эксплуатации и строить системы на их основе.

Для того чтобы облегчить решение указанных задач, даны примеры построения различных систем технической эксплуатации средств связи и обслуживания клиентуры. Приведенные примеры являются обобщением опыта применения микроЭВМ в отрасли связи.

Глава 1.

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

1.1. МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основная функция системы связи состоит в предоставлении потребителям технических возможностей для обмена информацией с заданными показателями качества. Функция эта реализуется с помощью сетей электрической и почтовой связи.

Основные функции по управлению технологическими процессами в сетях связи (СС) осуществляются технологическим оборудованием автоматически, без участия человека. Оборудование не является идеально надежным, в нем непрерывно протекают процессы разладки, вызывающие снижение качества его работы (возникновение отказов, отбоев). Ухудшение качества работы технологического оборудования вызывает увеличение потерь информации, т. е. отклонение параметров технологических процессов от номинальных значений. Для того чтобы параметры технологических процессов большую часть времени находились вблизи номинальных значений (заданных допусков), необходимо осуществлять контроль и восстановление оборудования, т. е. технологическое обслуживание.

Техническая эксплуатация — совокупность действий, направленных на поддержание требуемой (заданной) эффективности функционирования технологического оборудования СС. Понятие «техническая эксплуатация» шире, чем понятие «техническое обслуживание», поскольку включает также вопросы организации и управления техническим оборудованием.

Система технической эксплуатации — совокупность методов управления, программных и технических средств, людских и материальных ресурсов, осуществляющих техническую эксплуатацию оборудования по заданным критериям управления. Эту систему можно рассматривать как многоуровневую систему управления, в которой первичным объектом управления является технологическое оборудование СС. Критерии управления определяются выбранными показателями эффективности СТЭ.

К основным принципам построения СТЭ можно отнести принципы: рациональной концентрации ресурсов и средств обслуживания; рациональной организации функций контроля и управ-

ления; рациональной автоматизации процессов сбора, учета и обработки информации; оптимальности управления.

При решении задач автоматизации и создании комплекса технических средств СТЭ необходимо учитывать большое число контролируемых нормированных параметров, территориальную разнесенность технологического оборудования, отсутствие зачастую встроенных автоматических средств контроля для определения участков и места повреждения.

Задачи технического обслуживания оборудования сетей связи определяются целями его функционирования и заключаются в обеспечении заданного срока службы и эффективности эксплуатации сети.

Эффективность сети по качественной доставке сообщений различным абонентам можно оценить системой показателей эффективности работы сети

$$\mathcal{E} = (H, W), \quad (1.1)$$

где H — группа показателей надежности; W — показатель эффективности сети. *Надежность сети* — ее свойство обеспечивать передачу информации между абонентами с сохранением во времени показателей ее обслуживания и параметров каналов трактов в заданных пределах в течение периода эксплуатации [1]. В качестве комплексного показателя группы H используется обычно коэффициент готовности объектов сети (тракта, канала, линии передачи и т. д.) K_r , который определяется как вероятность того, что этот объект окажется работоспособным в произвольный момент времени

$$K_r = T / (T + T_v), \quad (1.2)$$

где T — среднее время наработки на отказ (*показатель безотказности*); T_v — среднее время восстановления (*показатель ремонтпригодности*).

Надежность объектов характеризуется также единичными показателями, к которым относятся вероятность безотказной работы $p(t)$, интенсивность отказов $\lambda(t)$, вероятность восстановления работоспособности системы p_v за данный контрольный срок $t_{к.с.}$.

Показатель эффективности сети (1.1) оценивается по формуле

$$W = P/C, \quad (1.3)$$

где P — производительность сети, под которой понимается объем информации, передаваемой по сети за определенное время; C — приведенные затраты.

При отказах средств связи передаваемая информация полностью или частично теряется. Потери информации из-за ненадежности функционирования сети можно учесть функцией штрафов $C_{ш} = \varphi(K_r)$. При определении эффективности сети величина штрафов учитывается как некоторое возрастание годовых

расходов, увеличивая приведенные затраты, $C = \mathcal{E} + C_{\text{ш}} + K_{\text{к}}$, где \mathcal{E} — годовые эксплуатационные расходы; $K_{\text{к}}$ — капитальные вложения в сеть.

Величина штрафов по сети определяется суммированием штрафов за потери информации различного вида

$$C_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{ш}i} K_{\text{н}i} P_i, \quad (1.4)$$

где $C_{\text{ш}i}$ — штраф за потерю единицы объема i -го вида информации; $K_{\text{н}i} = 1 - K_{\text{г}i}$ — коэффициент неготовности средств связи к передаче информации i -го вида $i = 1, m$; P_i — объем информации i -го вида.

Основной причиной снижения эффективности работы сети связи являются отказы и сбои аппаратуры связи, приводящие к снижению коэффициента готовности каналов и трактов передачи. Функционирование СТЭ препятствует этому.

Задача выбора основных параметров СТЭ решается как *задача математического программирования*:

$$q_0 = \operatorname{argmin} C(q), \quad (1.5)$$

$$\omega_i(q) \leq d_i, \quad (1.6)$$

где $\omega_i(q)$; $\omega_i(q)_m$; $\omega_{m_0}(q)$ — потери на заданных участках сети связи; $d = d_1, \dots, d_m$ — вектор, определяющий допустимые значения потерь на этих участках.

В число основных параметров СТЭ включают параметры, существенным образом влияющие на эксплуатационные затраты $C(q)$ или на потери $\omega_i(q)$.

Основные параметры в зависимости от их назначения можно разделить на три группы: *глобальные, структурные, функциональные*. Особое место занимают параметры, определяющие идеологию и методы технической эксплуатации. Они образуют группу глобальных параметров СТЭ, не изменяющих своих значений при тиражировании, и значительно меньше по сравнению с другими параметрами, подверженных изменениям в процессе развития СТЭ. Это наиболее консервативные параметры системы, их изменение связано с заменой типов технических средств СТЭ, программного обеспечения, методов эксплуатации, что в свою очередь связано со значительными затратами.

Выбор *глобальных параметров* — это в первую очередь выбор методов эксплуатации, который зависит от многих факторов, таких, как надежность обслуживаемого оборудования; укомплектованность сети автоматической контрольно-измерительной аппаратурой; наличие возможностей автоматического устранения повреждения и средств диагностики; наличие средств обработки и анализа эксплуатационных данных.

В настоящее время известны и используются профилактический, восстановительный, статистический методы и их комбинации.

Основным признаком деления в этой классификации является способ выявления и предупреждения отказов. *При восстановительном методе* контроль и восстановление оборудования осуществляются по потоку отказов. *Отказ* — полный срыв функционирования элемента системы. Контроль качества функционирования отсутствует. Профилактические работы не производятся. Устройства, находящиеся в состоянии отказа, блокируются.

Носителем информации об отказе является технический сигнал, вырабатываемый встроенной аппаратурой контроля, или заявка абонента.

Профилактический метод обслуживания [2, 3, 4] — это наиболее часто применяемый метод технической эксплуатации на СС.

Метод заключается в проведении текущего обслуживания: профилактических проверок и измерений показателей качества аппаратуры, планово-предупредительного ремонта. Период между проверками меньше, чем средний срок службы каждого блока аппаратуры.

Достоинство профилактического метода состоит в отсутствии капитальных затрат на контрольно-измерительную аппаратуру. Основные недостатки — большая трудоемкость и связанные с ней высокие эксплуатационные расходы. Опыт эксплуатации систем передачи показал, что проведение профилактического обслуживания (измерений, регулировок), постоянное присутствие обслуживающего персонала в линейном аппаратном цехе (ЛАЦ) снижают надежность работы аппаратуры и эффективность сети в целом.

Профилактический метод эксплуатации предполагает полное отсутствие непрерывного автоматического или автоматизированного контроля. Выявление или предупреждение отказов осуществляется с помощью плановых профилактических проверок, планового текущего и капитального ремонта.

При статистическом методе эксплуатации преобладает непрерывный контроль качества функционирования оборудования. Восстановление оборудования также осуществляется по потоку отказов. Однако отказ понимается в более широком смысле, чем при восстановительном методе, а именно как достижение определенного, научно обоснованного уровня потерь в СС. Величина потерь определяется как результат последовательного статистического анализа наблюдений. Для статистического метода необходимы сбор и анализ статистического материала о работе оборудования. Этот метод не исключает профилактических проверок и измерений, а ограничивает их объем благодаря применению методов математической статистики для сбора и обработки данных о состоянии оборудования (*выборочного метода наблюдений*). Использование этого метода требует достаточно больших затрат на анализ полученной информации. Но метод очень перспективен и дает значительный экономический эффект при использовании автоматизированных (или авто-

матических) измерительных комплексов для контрольных измерений каналов, трактов и оборудования без закрытия связи [5] и последующим анализом результатов измерений на ЭВМ.

В реальных системах ни один из рассмотренных методов эксплуатации не встречается в чистом виде, поскольку каждый из них имеет свои недостатки.

Восстановительный метод наиболее экономичен, однако не обеспечивает требуемого качества связи. Он наиболее эффективен там, где необходима высокая оперативность появления отказов и заранее известно, что отказы связаны со значительными потерями. Однако в чистом виде данный метод не нашел применения, главным образом из-за невозможности создания аппаратуры контроля, способной немедленно сигнализировать обо всех отказах и повреждениях обслуживаемой аппаратуры.

Профилактический метод имеет целый ряд недостатков, в том числе [2]: низкая оперативность выявления отказов, большая трудоемкость, дополнительный поток отказов, возникающих при проведении профилактических работ.

Статистический метод избавлен от недостатков других методов, однако его применение, как правило, требует создания дорогостоящей системы контроля.

В каждой технологической подсистеме применяется сочетание указанных методов эксплуатации. При этом, как правило, присутствуют восстановительный метод для выявления и устранения крупных (аварийных) отказов и либо профилактический, либо статистический метод для выявления и устранения всех остальных отказов и предупреждения отказов (в том числе и аварийных).

Выбор методов эксплуатации будем рассматривать как выбор в каждой технологической подсистеме СТЭ оптимальной полноты непрерывного автоматизированного контроля. В целом для СТЭ оптимальным решением может оказаться комбинация всех трех методов эксплуатации. Такой метод часто называют *статистически-контрольно-корректирующим* [2], имея в виду тот факт, что при применении этого метода необходим постоянный сбор и анализ статистических данных о различных параметрах контролируемой аппаратуры, что позволяет своевременно корректировать характеристики, не соответствующие нормам.

Комбинированный метод является наиболее перспективным, поскольку обеспечивает наивысшую производительность труда обслуживающего персонала при заданных требованиях к эффективности работы сети. Внедрение этого метода возможно, если обслуживаемое оборудование будет достаточно надежным, а наблюдение за работой оборудования ведется из отдельного помещения с помощью специального оборудования, которое обеспечивает постоянный статистический контроль за качеством каналов и трактов и систематический анализ получаемых данных.

Анализ методов технической эксплуатации показывает на их тесную взаимосвязь с методами контроля и необходимость

учета вида контроля при выборе конкретного метода технического обслуживания. Схема подобной взаимосвязи выглядит следующим образом: каждое множество однотипных контролируемых объектов (КО) подвержено случайному потоку отказов $\Lambda = \{\lambda_i\}$, где λ_i — интенсивность отказов i -го типа КО. Влияние отказов КО на эффективность работы сети можно оценить с помощью критериальной функции (1.4). На основании критериальной функции и требований к качеству связи можно определить систему коэффициентов готовности $\{K_{гi}\}$, где $K_{гi}$ — коэффициент готовности КО i -го типа, который совместно с Λ определяет систему контрольных сроков устранения неисправностей.

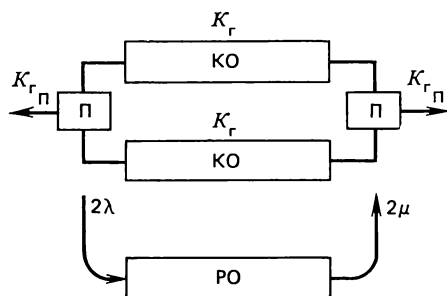
В общем случае время появления отказа до момента восстановления в течение контрольного срока может быть разделено на три случайных компоненты

$$t_{к.сл} = t_{oi} + t_{п.м} + t_{ви}, \quad (1.7)$$

где t_{oi} — время с момента появления отказа КО i -го типа до момента установления этого факта системой контроля; $t_{п.м}$ — время поиска места отказа КО i -го типа, прошедшее с момента установления факта отказа; $t_{ви}$ — время восстановления работоспособности КО i -го типа, т. е. чистое время замены отказавших элементов.

Длительность каждого из периодов зависит от эффективности системы контроля, обнаруживающей факт отказа и осуществляющей поиск места появления отказов конструкции контролируемой аппаратуры. Зависимость (1.7) отражает тесную взаимосвязь методов контроля и технического обслуживания. Необходимо создать средства контроля, которые приведут к уменьшению математического ожидания и дисперсии величин t_{oi} и $t_{п.мi}$ для ослабления требований к $t_{ви}$, что и позволит перейти к более совершенным методам эксплуатации.

Для повышения надежности сети связи применяется *структурное резервирование*. Используя методы определения показателей надежности для резервированных систем с восстановлением [6], к которым относятся и СС, можно показать степень влияния характеристик системы контроля на коэффициент готовности резервирования каналов и трактов. Предположим,



что имеем дублированную группу (рис. 1.1), состоящую из двух одинаковых КО (линейных или сетевых трактов) и аппаратуры переключения П с коэффициентом готовности ($K_{гп}$).

Рис. 1.1. Схема резервирования трактов с восстановлением

Предположим, что поток отказов каналов и трактов простейший с интенсивностью λ и время восстановления распределено по экспоненциальному закону с параметром μ . Тогда коэффициент готовности каждого элемента определяется по формуле

$$K_r = \mu / (\lambda + \mu) = T / (T + T_v), \quad (1.8)$$

где $T = 1/\lambda$ — среднее время наработки до отказа; $T_v = 1/\mu$ — среднее время восстановления.

Для простоты расчетов предположим, что ремонтный орган (РО) может восстанавливать одновременно два отказавших КО. В случае отказа одного из элементов резервированной системы он поступает в РО и после восстановления включается в состав дублированной группы. Аппаратура переключения подключает вместо отказавшего КО исправный. Для такого случая состояния элементов в произвольный момент t статистически независимы. Вся система в произвольный момент времени будет находиться в состоянии отказа, если в этот момент в состоянии отказа находятся оба элемента (при условии абсолютной надежности переключающей аппаратуры).

Коэффициент готовности дублированной группы, представляющий собой вероятность исправного состояния хотя бы одного тракта, в произвольный момент времени может быть определен как

$$K_{rp} = 1 - (1 - K_r)^2, \quad (1.9)$$

или с учетом коэффициента готовности переключающей аппаратуры коэффициент готовности резервированной системы (рис. 1.1) определяется по формуле

$$K_{rp\Pi} = K_{rp} [1 - (1 - K_r)^2]. \quad (1.10)$$

Выражения (1.8) — (1.10) для коэффициентов готовности восстанавливаемых устройств получены в предположении, что существует идеальная система контроля, которая выявляет все отказы, причем восстановление начинается немедленно. Для реального случая эти предположения неточны, так как не учитывают случайное время, прошедшее с момента появления отказа до момента обнаружения этого факта системой контроля.

Причиной того, что $t_{oi} > 0$, является тот факт, что контроль работоспособности аппаратуры осуществляется дискретно во времени и (или) необходимость статистической обработки результатов контроля, требующая конечного времени для накопления и обработки информации.

Для реальной системы контроля значения коэффициентов готовности КО будут ниже, чем для идеальной. Степень ухудшения K_r из-за несовершенства системы контроля можно оценить

$$\Delta K_r = (K_r - K_r') 100 / K_r, \quad (1.11)$$

где K_r — коэффициент готовности КО в идеальной системе контроля; K'_r — коэффициент в реальной системе контроля.

Если известно допустимое значение уменьшения коэффициента готовности, то можно определить требования к параметрам системы контроля.

Профилактический метод обслуживания, принятый на ПМС, не позволяет увеличить частоту контрольных измерений из-за отсутствия автоматических средств контроля. Из анализа видно, что необходимо создать эффективные алгоритмы для автоматического статистического и диагностического контроля оборудования ЛАЦ и современные аппаратурные средства для их реализации.

Имеется некоторая совокупность альтернативных вариантов построения автоматизированной системы контроля (АСК), различных по сходимости и глубине контроля при использовании статистического метода. Глубину контроля будем определять из уравнения

$$j = (t_0 - t_j)/t_0, \quad (1.12)$$

где t_0 — время при нулевой глубине контроля; t_j — время, затрачиваемое эксплуатационным персоналом при j глубине контроля на установление места и причины отказа после того, как отказ был обнаружен системой контроля (при нулевой глубине контроля $t_j = t_0$). Увеличение глубины контроля повышает производительность труда эксплуатационного персонала из-за увеличения стоимости системы контроля. Глубина контроля входит в число глобальных параметров СТЭ, поскольку связана с выбором типов технических средств.

Реализация принципов построения СТЭ предполагает определение оптимальной степени концентрации и централизации во всех технологических подсистемах. Концентрация средств обслуживания всегда требует централизации функций управления, и наоборот, поэтому глобальные параметры СТЭ будем делить на три основные группы: *полноты контроля, глубины контроля, степени централизации*. При заданных значениях глобальных параметров оптимальная территориальная структура СТЭ определяется территориальной структурой СС.

Параметры СТЭ, задающие ее территориальную структуру, будем называть *структурными*. При известных значениях глобальных и структурных параметров может быть решена задача выбора значений функциональных параметров СТЭ, которые определяют режим ее функционирования. Это наименее устойчивые параметры системы, которые можно подразделить на *параметры мощности и управления*.

Основным параметром мощности подсистем СТЭ является численность эксплуатационного персонала и уровня запасов резервного оборудования. К параметрам управления обычно относятся параметры системы, с помощью которых производится изменение режимов функционирования управляемых элементов

(элементов СС) под воздействием управляющей информации, т. е. параметры: контроля, определяющие области состояния отказа оборудования; управления восстановительными работами (или просто параметры восстановления), определяющие приоритетность обслуживания заявок; определяющие политику управления запасами (периодичность пополнения запасов, объем партии, правило постановки заказа).

Использование ВТ для решения задач технической эксплуатации и управления средствами связи открывает возможность их автоматизации с помощью создания АСТЭ.

Цель функционирования АСТЭ можно сформулировать как минимизацию трудовых затрат при обеспечении заданного качества обслуживания и заданных капитальных затратах. Формально условия достижения этой цели можно записать в виде задачи оптимального управления

$$Y = \operatorname{argmin} \int_0^{T_{ж}} \exp(-\lambda_n t) M(y, t) dt, \quad (1.13)$$

$$p \{K_t(y, \omega) \leq K_t^0(q_t)\} = 1, \quad 0 \leq t \leq T_{ж},$$

где Y — оптимальная стратегия, $T_{ж}$ — прогнозируемое время жизни системы, λ_n — выбираемый коэффициент; $M(y, t)$ — математическое ожидание требуемой численности персонала; y — множество реализуемых стратегий управления; $K_t(y, \omega)$ — вектор достигаемых значений показателей качества обслуживания технических средств или абонентов; ω — выборочная траектория этого процесса; K_t^0 — вектор нормативов на показатели качества; q_t — вектор неуправляемых параметров, характеризующих развитие системы, для которой создается АСТЭ и внешней среды, рассматриваемый как нестационарный случайный процесс.

Из приведенного соотношения видно, что, определив y , λ_n , q_t , а также зависимости $M(y, t)$, $K(q_t)$, $K^0(q_t)$, получим задачу оптимального управления чрезвычайно большой размерности. Учитывая это, а также пространственную распределенность объекта эксплуатации, можно сделать вывод о том, что решение этой задачи возможно лишь при распараллеливании процесса обработки информации и передаче права принятия решения нижним уровням иерархии. Следовательно, применение в качестве технических средств распределенного УКВ целесообразно.

В настоящее время управление технологическими процессами эксплуатации, осуществляемое СТЭ, представляет собой техническое обслуживание, включающее контроль и восстановление. Функции восстановления, в основном, выполняются эксплуатационным персоналом, за исключением случаев перехода на резервное оборудование, поэтому основу нижнего уровня АСТЭ составляют АСК, специализированные по типам оборудования и сетей связи. Объектом управления на этом уровне является непосредственно технологическое оборудование СС,

исполнительными органами — эксплуатационные подразделения СТЭ. Цель управления — достижение максимальной эффективности функционирования технологического оборудования.

1.2. РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ОТРАСЛИ СВЯЗИ

Анализ трудозатрат в отрасли свидетельствует, что процессы технической эксплуатации наиболее трудоемки. На их долю приходится до 33% общеотраслевых трудозатрат, поэтому основная цель внедрения микропроцессорных средств ВТ и микропроцессорных систем состоит в создании технических средств АСТЭ, обеспечивающих экономию живого труда при внедрении новых технологий эксплуатации оборудования, а также увеличивающих производительность труда при существующих.

В настоящее время в отрасли создается целый ряд АСТЭ, ориентированных на применение микропроцессорной техники и микроЭВМ и обеспечивающих существенно повышение производительности труда. Наиболее крупными являются системы:

1. Автоматизированная система технической эксплуатации оборудования городских и сельских станций обеспечивает контроль за состоянием абонентского и станционного оборудования (сбор, накопление и обработку информации о телефонной нагрузке и ее параметрах, качестве обслуживания абонентов); решает задачи динамического управления сетями обеспечивает выписку нарядов на ремонтные работы; контролирует эффективность устранения повреждений; ведет учет и анализ сложных сетей, технических и эксплуатационных данных телефонных сетей. В настоящее время подобные системы реализуются в виде центров технической эксплуатации (ЦТЭ) с многоуровневой структурой и иерархическим типом управления. Нижний уровень подобных систем составляет объекты городских телефонных станций (ГТС) или сельских телефонных станций (СТС), т. е. здания автоматических телефонных станций (АТС), обслуживающих $1 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^4$ номеров. Верхний уровень обычно совмещается с административным территориально-техническим узлом (АТТУ). Учитывая, что в настоящее время емкость телефонной сети составляет $(25—30) \cdot 10^6$ номеров, можно сделать вывод, что только для обслуживания объектов ГТС потребуется $(25—30) \cdot 10^2$ — $(8—10) \cdot 10^2$ систем нижнего уровня, обеспечивающих контроль и управление отдельными объектами, и $(5—6) \cdot 10^2$ — $(1,5—2) \cdot 10^2$ систем верхнего уровня.

2. Автоматизированная система технической эксплуатации средств почтовой связи должна обеспечивать: оформление первичной документации по почтово-кассовым, коммунальным платежам и другим операциям, оформляемым предприятиями почтовой связи; учет денежных сумм по почтово-кассовым и другим операциям; учет прихода и расхода денежных сумм по почтово-кассовым операциям, а также функции управления

технической эксплуатацией средств распределения; обработку почтовых отправок и учет оборудования. Система должна содержать ряд подсистем, наиболее крупными из которых являются подсистемы технической эксплуатации отделений связи и управления распределением почтовых сообщений. *Подсистема технической эксплуатации отделений связи* обеспечивает повышение производительности работников отделения связи. При таком подходе каждое отделение связи, имеющее оконечную аппаратуру (телеграфные аппараты, средства электросвязи, технические средства для выполнения переводных операций и т. д.), оснащается некоторым набором микропроцессорных средств вычислительной техники (СВТ), обеспечивающим решение на месте несложных, не связанных между собою задач по выполнению наиболее часто встречающихся операций (поиск справочной информации в алфавитном списке предприятий связи СССР; хранение и выдача учетной информации, ведение журналов регистрации и т. д.). С помощью имеющихся каналов связи эти вычислительные устройства соединяются с вычислительными средствами узлов связи (районных, городских и т. д.), которые осуществляют руководство данными отделениями. Вычислительные системы узлов связи, в свою очередь, объединяются в свою вычислительную систему. Вычислительные средства отделений связи должны обеспечивать широкие возможности по самообслуживанию клиентуры (подаче телеграмм, выписке и оформлению квитанций и т. д.).

Подсистема распределения почтовых сообщений совместно с подсистемой эксплуатации отделений связи обеспечивает автоматизацию процесса сортировки и учета тяжелых почтовых отправок.

Принимая наиболее простую вычислительную установку сельского отделения связи за единицу и учитывая, что вычислительная установка городского отделения связи составляет 2—3 единицы, районного узла сельского района и поселка городского типа 3—4 единицы, крупного узлового предприятия почтовой связи, расположенного в республиканском или областном центре 10—100 единиц, определяем примерную потребность в СВТ, зная, что крупных узловых предприятий — 300, районных узлов сельских и в поселках городского типа — 3200, городских отделений связи — 24 000, сельских отделений — 6200. Всего вычислительных установок потребуется N , где $N = 300(10 - 100) + 3200(3 - 4) + 24(2 - 3) + 62\ 000 = 122\ 600 - 176\ 800$ шт.

При создании вычислительных установок для этих задач следует иметь в виду ограничения на фондовооруженность. В среднем по подотрасли почтовой связи она составит порядка 7 тыс. руб. В крупных городских почтовых узлах суммарное значение этого показателя может достигнуть 47,5 тыс. руб., в районных узлах связи — более 10, т. е. ориентироваться можно в этих условиях только на микропроцессорную технику и микроЭВМ.

3. Автоматизированная система обработки информации по управлению технологическими процессами эксплуатации телеграфных связей обеспечивает процесс управления технической эксплуатацией телеграфных сетей, включающий в себя следующие основные функции: контроль и измерения на сетях, сбор и отображение получаемой при этом информации, анализа складывающейся на сети ситуации, принятые на основе анализа необходимых управляющих решений и их исполнение, передача служебных сигналов управления, а также диагностику оборудования и локализацию отказов и неисправностей. Это позволяет значительно повысить эффективность и оперативность всей трудоемких работ по выявлению и устранению повреждений оборудования, а следовательно, качество работы телеграфной сети в целом. Основу управления составляет информация, получаемая в результате контроля технического состояния оконечных и межстанционных участков телеграфных связей, а также контроль процессов обслуживания по искусственной и реальной нагрузке.

Структура автоматизированной системы, применяемой в крупных регионах, сходна со структурой центров технической эксплуатации ГТС. Полагая, что узлы системы будут располагаться на крупных телеграфах, а сложность вычислительной установки соизмерима с вычислительной установкой почтамта, то для этих целей потребуется 50—500 вычислительных установок.

4. Автоматизированная система оперативно-технического управления (АСОТУ) и технического обслуживания (АСОТО) магистральной первичной сети (СМП) ЕАСС повышает эффективность функционирования СМП ЕАСС из-за сокращения простоев каналов, обеспечения более полной загрузки трактов, повышения качества функционирования сети, увеличения производительности труда обслуживающего персонала и т. д. Выполнение основных функций АСОТУ и АСОТО обеспечивается при решении задач сбора, контроля, документирования входной информации и состояния технических средств оперативного управления сетью, планирования и анализа качества работы сети, автоматизации измерений и т. д.

Система представляет собой четырехуровневую структуру с распределенно-иерархическим типом управления. Нижний уровень стыкуется непосредственно с оборудованием связи, размещенным в линейных аппаратных цехах. Система обеспечивает повышение производительности труда эксплуатационно-технического персонала, управляющего работой СМП ЕАСС.

Перечисленные системы являются наиболее крупными в отрасли, наряду с которыми должны быть созданы автоматизированные системы измерения и контроля качества передачи радиотрансляционной сети, АСК качества тракта сетей телевидения и радиовещания и ряд других.

Анализ существующих и проектируемых систем технической эксплуатации телефонными и телеграфными сетями, магистраль-

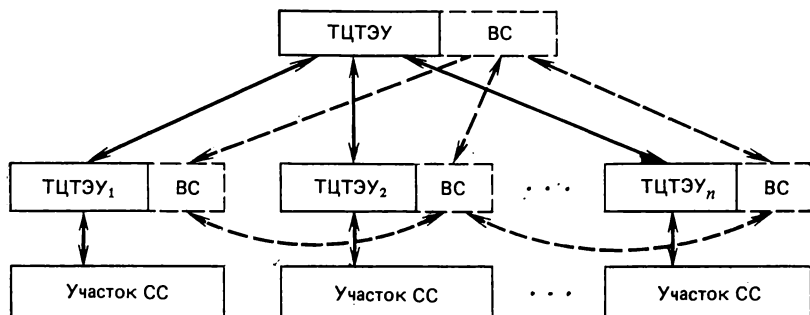


Рис. 1.2. Структура унифицированной АСТЭ

ной первичной сети связи позволяет сделать вывод о том, что основу структуры унифицированной АСТЭ (рис. 1.2) должна составить распределенная информационно-управляющая система (РИУС — штриховые линии на рис. 1.2) с многоуровневой иерархической структурой управления. Число уровней иерархии определяется величиной региона, числом объектов контроля и управления и структурой существующей СТЭ. Базовой единицей организационной и территориальной структуры СТЭ является территориальный центр технической эксплуатации и управления (ТЦТЭУ) с вычислительной системой (ВС). За каждым ТЦТЭУ закрепляется зона эксплуатации — участок СС. Обобщая тенденции построения АСТЭ отрасли связи, а также учитывая территориальную распределенность технологического оборудования, унифицированный ТЦТЭУ отрасли связи можно представить в виде двухуровневой структуры (рис. 1.3). Нижний наиболее массовый уровень этой структуры образуют секции технического обслуживания (СТО) объектов связи, оснащенные управляющими коллективами вычислителей [10] из микроЭВМ. Они непосредственно связаны с технологическим оборудованием объектов связи и обеспечивают функционирование этого оборудования с заданными показателями качества.

Верхний уровень ТЦТЭУ обеспечивает координацию нижних уровней, решение укрупненных задач АСУТП и отдельных задач АСУП. Средства вычислительной техники верхнего уровня — расширенный УКВ из микро- либо мини-ЭВМ связанные с ВС нижнего уровня, т. е. СТЭ, а также обеспечивающие передачу информации на верхние уровни иерархии.

В распоряжении руководства ТЦТЭУ находятся: централизованный эксплуатационный персонал, сконцентрированный в ТЦТЭУ; децентрализованный эксплуатационный персонал, размещающийся на закрепленных за ним объектах сети связи; средства обслуживания в виде контрольно-измерительной аппаратуры, автотранспорта, запасные части технологического оборудования, размещаемые на складах ТЦТЭУ и объектах связи;

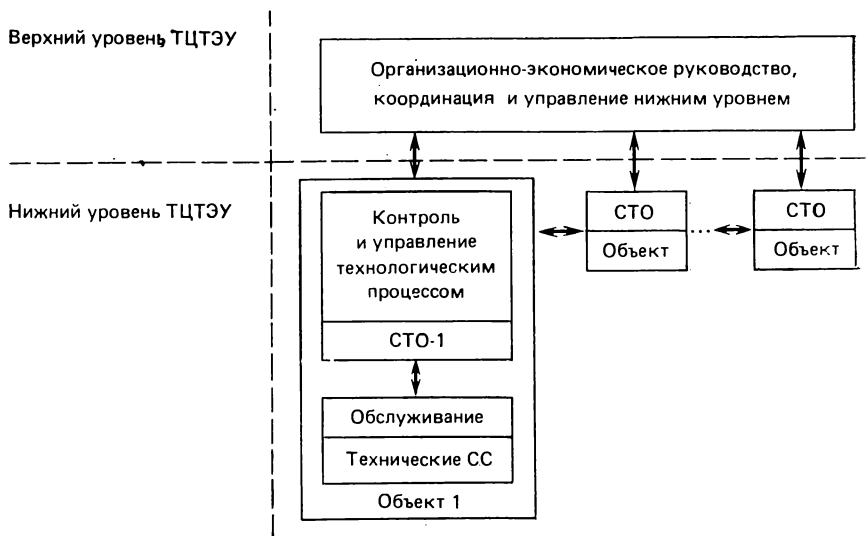


Рис. 1.3. Структура ТЦТЭУ

диспетчерская служба, осуществляющая оперативное управление ремонтно-восстановительными мероприятиями в зоне данного ТЦТЭУ.

Управление ТЦТЭУ осуществляет Главный центр технической эксплуатации и управления (ГЦТЭУ), управляющий технической эксплуатацией в масштабах всей сети страны. В состав ГЦТЭУ могут входить: Главный вычислительный центр (ГВЦ), ремонтный орган (РО), осуществляющий ремонт неисправных элементов технологического оборудования, поступающих из ЦТЭ; склады резервного технологического оборудования, снабжающие ЦТЭ и пополняемые элементами, поступающими из РО и с заводов-изготовителей; главная диспетчерская служба, осуществляющая оперативное управление эксплуатационным персоналом и материальными ресурсами, непосредственно подчиненными ГЦТЭУ и координирующая действия диспетчерских служб ЦТЭ; эксплуатационные службы, предназначенные для устранения крупных аварийных ситуаций в СС.

В больших СС, таких, например, как *магистральная первичная сеть связи*, может оказаться целесообразным создание кроме ТЦТЭУ и ГЦТЭУ промежуточного уровня — региональных центров технической эксплуатации и управления, за которым закрепляется достаточно крупный обособленный регион сети связи. В небольших сетях связи АСТЭ может состоять лишь из ТЦТЭУ, совмещающим все остальные функции.

Рассмотренная структура АСТЭ обеспечивает применение централизованных форм обслуживания с концентрацией эксплуатационного персонала, резервного оборудования и средств об-

служивания в ТЦТЭУ и (или) ГЦТЭУ, что является одним из основных источников сокращения численности персонала и запасов резервного оборудования. Централизация функций обслуживания требует соответствующей централизации функций контроля и управления, поскольку эффективное обслуживание в этом случае невозможно без наличия в ТЦТЭУ достаточно полной информации о состоянии обслуживаемого оборудования. Все это при отсутствии СВТ на нижнем уровне привело бы к значительному возрастанию информационных потоков. Однако в рамках концепции управляющего коллектива нижний уровень оснащается СВТ, что позволяет принимать решения и формировать информацию децентрализованному персоналу непосредственно на этом уровне, информируя вышестоящий уровень лишь о результатах. Подобный подход, совмещая достоинства централизации с малой загрузкой сети связи, ведет к снижению эксплуатационных затрат и представляется наиболее эффективным.

1.3. МЕТОД СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Для определения требований к СВТ, используемой при реализации АСТЭ, а также обеспечения единообразного и наглядного описания структуры задач для последующего синтеза структуры вычислительных средств, предназначенных для решения этих задач, воспользуемся абстрактной теорией структурных схем и блоков [11] и языком параллельных граф-схем алгоритмов, модернизировав их для описания функционально-алгоритмических структур исследуемых задач. Модернизированная параллельная граф-схема описания структуры задачи представляет собой ориентированный граф $G=(V, E)$. Множество вершин $V=\{V_i\}$ подразделяется на подмножества F, O, U (рис. 1.4.).

Подмножество F составляют вершины, соответствующие функциональной системе или подсистеме, в зависимости от степени детализации. Подмножество O составляют вершины, соответствующие одному из типов обмена. Различают: *трансляционный* — от одного всем; *конвейерный* — передача по цепочке; *коллекторный* — от всех одному и другие виды обмена [12] (рис. 1.5). Подмножество U составляют вершины управления.

Множество дуг $E=\{e_{ij}\}$ состоит из подмножества дуг J , отождествляемых с информационными каналами, и подмножества дуг W , отождествляемых с каналами передачи управляющей информацией.

В вершинах F наряду с информационными формируются и сигналы управления. Объединение вершин дугой e_{ij} означает передачу информации от вершины i к вершине j . Вершины F соответствуют понятию «блока» в абстрактной теории структурных схем и блоков.

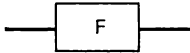
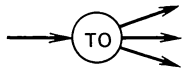
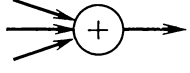

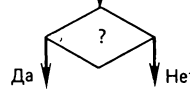
Тип вершин	Обозначения	
	графические	буквенные
Функциональная		F
Обмена трансляционного		O
Обмена коллекторного		K
Обмена индивидуального (парного)		I
Ветвление по условию		И

Рис. 1.4. Типы вершин графа структуры задачи и их буквенные обозначения

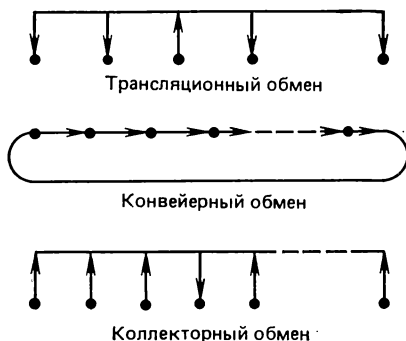


Рис. 1.5. Виды обменов

содержание информации не меняют, а лишь меняют направление ее движения.

На рис. 1.6 представлены различные способы соединения блоков.

При параллельном соединении (рис. 1.6,а) информация f_1 с помощью оператора трансляционного обмена поступает во все функциональные блоки $F_1—F_n$ одновременно, результаты обработки $F_1f_0, F_2f_0, \dots, F_nf_0$ собираются на выходе с помощью оператора коллекторного обмена. Результирующая информация на выходе

$$f = (F_1 + F_2 + \dots + F_n) f_0 = \left(\sum_{i=1}^n R_i \right) f_0.$$

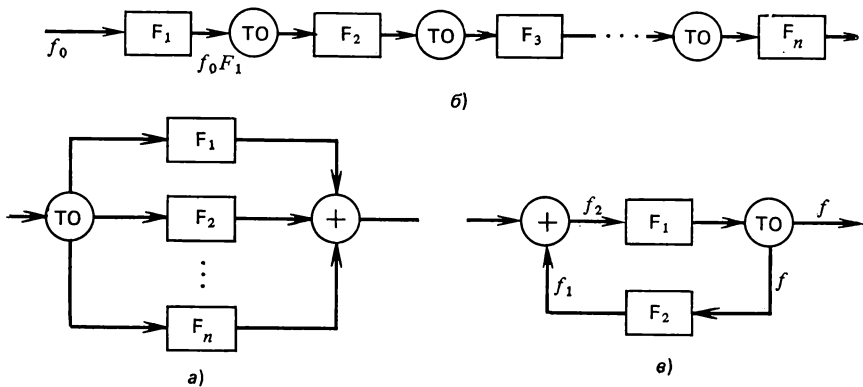


Рис. 1.6. Способы соединения блоков:
 а — параллельное; б — последовательное; в — с обратной связью

При последовательном соединении блоков (рис. 1.6,б) образуется обрабатывающий конвейер, каждый блок которого производит преобразование информации, поступившей от соседа, т. е. $f_1 = F_1 f_0$, $f_2 = F_2 f_1$, ..., $f_n = F_n f_{n-1}$. Произведя взаимные подстановки, получим результат последовательной переработки входной информации f_0 всеми блоками $f_n = F_n F_{n-1} \dots F_1 f_0$, где $F_n, F_{n-1} \dots F_1$ — композиция операторов F_1, F_2, \dots, F_n . По аналогии с [11], представим ее в виде

$$F_n F_{n-1} \dots F_1 = \prod_{i=1}^n F_i.$$

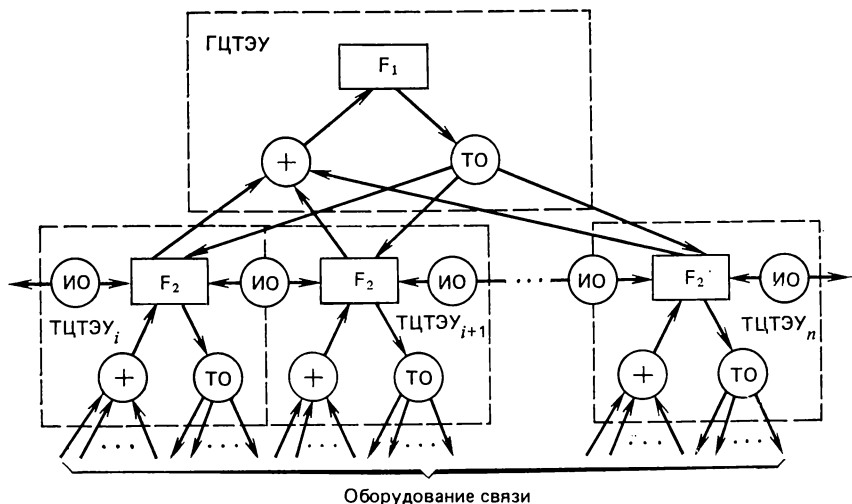


Рис. 1.7. Структурно-топологическая схема АСТЭ

Организация информационной обратной связи осуществляется с помощью схемы, изображенной на рис. 1.6, в. Подобная схема может быть использована при организации циклических процессов и описывается соотношениями: $f_2 = f_0 + f_1$; $f_1 = F_2 f$; $f = F_1 f_2$.

Используя введенные описания и схемы соединения блоков, была построена структурно-топологическая схема обобщенной АСТЭ (рис. 1.7). Функциональные блоки F_1 и F_2 соответствуют функциям ГЦТЭУ и ЦТЭУ. Важность данной схемы заключается в том, что выявлены виды обменных взаимодействий, осуществляемые между отдельными уровнями, что, в свою очередь, обеспечивает рациональное построение системы обмена информацией.

Глава 2.

УНИФИЦИРОВАННАЯ АСТЭ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОЛЛЕКТИВА ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ

2.1. СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

Обобщенная структура АСТЭ обеспечивает возможность выхода на качественно новый уровень проектирования АСТЭ отрасли связи — *уровень типовых проектных решений для отдельных компонент и систем в целом*. Для обеспечения этого уровня проектирования необходима разработка технических средств АСТЭ — аппаратных и программных в рамках единой концепции. Для выбора конструктивных модулей, составляющих комплекс технических средств АСТЭ, а также классификации функций АСТЭ декомпозируем целевую функцию АСТЭ по методике, приведенной в [13], и построим дерево функций:

$F^{(0)}$ цель АСТЭ: = минимизация трудовых затрат при обеспечении заданного качества связи

Первый уровень

$$F^{(0)} : = \begin{cases} F^{(1)} & \text{— контроль качества связи с помощью АСТЭ} \\ F^{(2)} & \text{— восстановление качества связи с помощью АСТЭ} \\ F^{(3)} & \text{— управление технической эксплуатацией} \\ F^{(4)} & \text{— планирование технической эксплуатации} \end{cases}$$

Второй уровень

$$F^{(1)} : = \begin{cases} F_1^{(1)} & \text{— съем информации с датчиков и контрольно-измерительной аппаратуры} \\ F_2^{(1)} & \text{— накопление и первичная обработка контрольно-диагностической информации} \\ F_3^{(1)} & \text{— анализ контрольно-диагностической информации для определения отклонения качества от нормы} \\ F_4^{(1)} & \text{— отображение контрольно-диагностической информации} \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 F^{(2)} &:= \begin{cases} F_1^{(2)} - \text{диагностика средств связи для определения места неисправности} \\ F_2^{(2)} - \text{анализ неисправностей для определения вида неисправностей} \\ F_3^{(2)} - \text{устранение неисправностей и восстановление исходного состояния} \end{cases} \\
 F^{(3)} &:= \begin{cases} F_1^{(3)} - \text{оперативное управление восстановлением} \\ F_2^{(3)} - \text{управление запасами} \\ F_3^{(3)} - \text{учет оборудования, находящегося в эксплуатации} \end{cases} \\
 F^{(4)} &:= \begin{cases} F_1^{(4)} - \text{планирование численности} \\ F_2^{(4)} - \text{планирование видов и объемов работ} \\ F_3^{(4)} - \text{планирование развития структуры АСТЭ} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Построенное дерево функций АСТЭ позволяет определить набор конструктивных макромодулей, обеспечивающих реализацию всех функций. Набор состоит из: ВС (ЭВМ, комплексов и т. д.), обеспечивающих реализацию функций $F^{(1)}_2, F^{(1)}_3, F^{(2)}_1, F^{(2)}_2, F^{(3)}_1—F^{(3)}_3, F^{(4)}_1—F^{(4)}_3$; контроллеров сопряжения СВТ с эксплуатируемой аппаратурой связи, построенных на основе микропроцессорных комплектов и интегральных микросхем и обеспечивающих выполнение функций $F^{(1)}_1, F^{(2)}_3$; пультов оператора и устройств отображения (дисплеев, печатающих устройств и т. д.), обеспечивающих реализацию функций $F^{(1)}_4$; внешних запоминающих устройств большой емкости (диски, ленты), участвующих в выполнении функций $F^{(3)}_2—F^{(3)}_3, F^{(4)}_1—F^{(4)}_3$.

В зависимости от уровня АСТЭ могут быть использованы СВТ различных типов от персональных и микроЭВМ до вычислительных комплексов высокой производительности.

В работе рассматривается в основном нижний наиболее массовый уровень АСТЭ, сопрягаемый непосредственно с оборудованием связи и учитывающий его специфику. В качестве СВТ этого уровня используются персональные и микроЭВМ, а также системы на их основе, сопрягаемые с аппаратурой связи.

Одно из ведущих мест в АСТЭ на данном уровне занимает подсистема эксплуатационного контроля, поскольку она является источником первичной информации о состоянии контролируемых объектов, на основе которой принимаются все дальнейшие решения.

Общими для системы контроля являются процессы формирования информации о КО, классификации технических состояний КО. Это определение принадлежности технического состояния КО к соответствующему классу состояний на основе сформированной информации, а также выдача информации о техническом состоянии объекта. Поэтому обобщенную схему АСК обычно представляют в виде, изображенном на рис. 2.1 [14]. Формирователь сопрягается с контролируемым оборудованием и выдает первичную информацию о техническом состоянии КО, осуществляя преобразование пространства технических состояний S^T объекта в пространство выходных сигналов формирователя $Y (S^T \rightarrow Y)$.

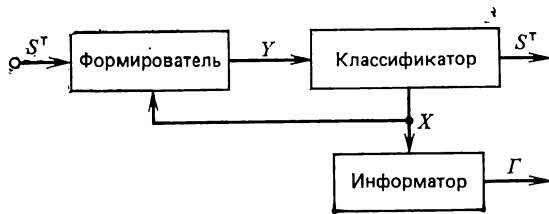


Рис. 2.1. Обобщенная схема АСК

Классификатор на основе поступивших с формирователя сигналов Y указывает на принадлежность технического состояния объекта соответствующему классу состояний, преобразуя пространство выходных сигналов формирователя в пространство S^T указаний системы контроля на принадлежность технического состояния объекта и соответствующему классу состояний ($Y \rightarrow S^T$).

Информатор на основе поступивших с классификатора сигналов выдает информацию о техническом состоянии объекта, осуществляя преобразование выходных сигналов X классификатора в пространство сообщений Γ ($X \rightarrow \Gamma$).

В работе рассматривается стратегия эксплуатации по состоянию на основе апостериорной информации о состоянии системы. В этом случае основной задачей, решаемой вычислительными средствами АСТЭ, является *автоматизированный контроль работоспособности* на отдельных отрезках $q_i(t)$ траектории контролируемого процесса по значениям контролируемых параметров в момент t_i .

Алгоритм контроля при таком подходе представляет собой правило, по которому каждой траектории $q \in Q$ ($Q = \{q_i\}$ совокупность всех траекторий) ставится в соответствие момент времени $\tau(q)$, начиная с которого система неработоспособна. Задача будет корректной, если $\tau(q)$ является марковским моментом [18].

В общем случае задача оптимального контроля работоспособности заключается в выборе из некоторого множества Z марковского момента q^* (и соответствующего ему алгоритма контроля), обеспечивающего наименьшее значение показателя качества функционирования системы при выполнении ограничения на объем восстановительных работ

$$q^* = \operatorname{argmin} K(\tau), \quad 1/M\tau \leq r,$$

где $K(\tau) = M\{X_i(t \leq \tau)\}$ — показатель качества функционирования; $1/M\tau$ — практически определяется частотой выявляемых отказов, т. е. пропорционально объему ремонтных работ; r — характеризует ресурсы восстановления.

В рассматриваемой постановке контроль работоспособности системы сводится к решению задачи разладки. В этом случае система контроля регистрирует в дискретные моменты t_i , $i =$

$\equiv 1, N$ значения параметра КО, которые образуют последовательность случайных величин $\{X_{i_1}^{tN}\} = \{x_{t_1}, x_{t_2}, \dots, x_{t_n}\}$. При исправной работе объекта последовательность $\{X_{i_1}^{tN}\}$ характеризуется вполне определенным распределением $F_0(X)$ с вектором параметров $\theta_0 = (\theta_{01}, \theta_{02}, \dots, \theta_{03})$. В некоторый момент t_0 происходит повреждение (разладка) КО, которое приводит к тому, что вероятностные характеристики наблюдаемой последовательности изменятся и будут иметь распределение $F_1(X)$ с вектором параметров θ_1 . Наблюдая $\{X_{i_1}^{tN}\}$, фиксируют момент разладки.

Особенностью унифицированной АСК, предназначенной для отрасли связи с учетом распределенного характера АСТЭ, является следующее: формирователь распределен по отдельным узлам системы; классификация состояния участка магистральной, телеграфной либо другой сети производится на основе информации, формируемой в различных узлах; информатор также может быть распределен по узлам участков сети и выделенному ЦТЭ или оперативного управления. В узлах выдается информация о состоянии оборудования узла и линии связи, инцидентов данному узлу. На более высоком уровне иерархии в ЦТЭ или центре управления сетью выдается информация о состоянии всех узлов и линий участка сети.

В соответствии с указанными особенностями автоматизированная система эксплуатационного контроля в зависимости от степени распределенности обработки может иметь одну из разновидностей структур, изображенных на рис. 2.2 (отдельного объекта); 2.3 (с частичной децентрализацией); 2.4 (децентрализованная), где $S_i^{T'}$, $Y_i^{T'}$, $X_i^{T'}$ и $F_i^{T'}$ означают соответственно пространства технических состояний, выходных сигналов формирователя, сигналов классификатора и сообщений, относящихся к объектам контроля, датчики которых расположены в контролируемом оборудовании связи.

Структура, изображенная на рис. 2.2, является централизованной и используется в тех случаях, когда непосредственно на объекте обработка информации для классификации или определения состояния объекта не производится, а все решения принимаются некоторым вычислителем (В), обслуживающим группу объектов. Подобную структуру целесообразно применять для контроля оборудования, сосредоточенного на одном объекте, например в ЛАЦ дальней связи, автозале или линейном аппаратном цехе ГТС и т. д. Подобная структура служит основой построения КТС нижнего уровня.

Структура, изображенная на рис. 2.3, позволяет производить частичную классификацию на основе полученной информации непосредственно на объекте и лишь в случае нехватки собственной информации обращается на более высокий уровень иерархии

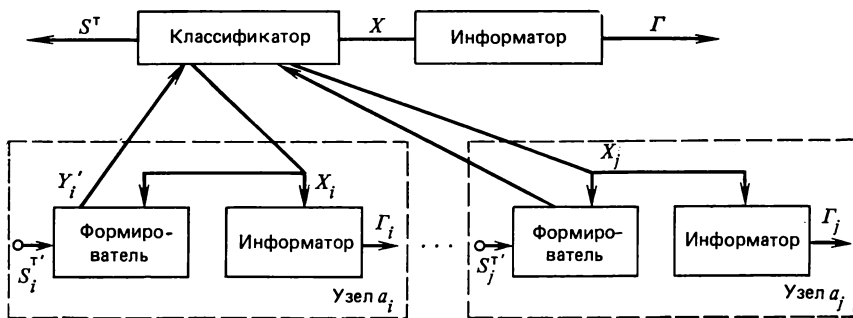


Рис. 2.2. Централизованная система контроля

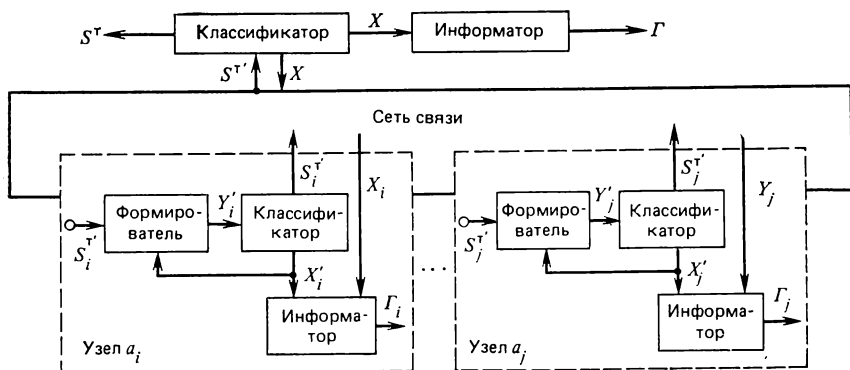


Рис. 2.3. Система контроля с частичной децентрализацией

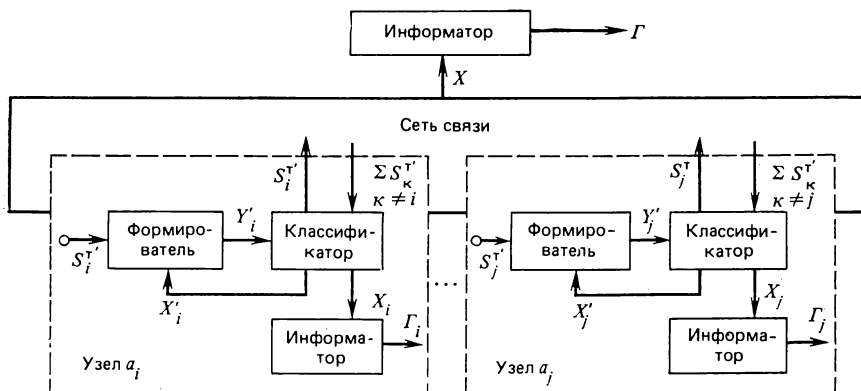


Рис. 2.4. Децентрализованная система контроля

автоматизированной системы. Подобная структура целесообразна в тех случаях, когда сочетаются оперативные и плановые методы эксплуатации.

Структура, изображенная на рис. 2.4, максимально децентрализована. Оценка состояния оборудования производится классификатором данного объекта на основе собственной информации и информации, получаемой от формирователей и классификаторов соседних объектов.

Для территориально распределенных АСТЭ целесообразно применение систем последних двух типов. При этом следует иметь в виду, что для первой характерно более простое оборудование, устанавливаемое на узле, а особенностью второй является повышенная живучесть, т. е. система способна функционировать при выходе из строя отдельных компонентов. В рамках концепции УКВ основу КТС нижнего уровня АСТЭ составляет вычислительный комплекс из микроЭВМ с определенной структурой межмодульных связей. Подобный подход позволяет, используя однотипные технические средства, обеспечить потребности широкого круга секций технического обслуживания СТО с числом контролируемых объектов от десятков — сотен до тысяч — десятков тысяч в зависимости от мощности обслуживаемых ЛАЦ. Кроме этого, подобный подход обеспечивает потребности СТО сети магистральной первичной и СТО вторичных сетей. Дерево функций АСТЭ, построенное с учетом [15, 16], позволило выделить в общей структуре СТО функциональные подсистемы оперативного управления F_1 , текущего обслуживания F_2 , контроля и измерений F_3 , информационную F_4 — сбора, хранения, отображения и документирования (рис. 2.5). Эти подсистемы не предусматривают разделения персонала и технических средств по подсистемам, а выбраны по функциональному признаку, т. е. одна и та же группа операторов может участвовать в работе различных подсистем с использованием общих технических средств. Объединяя подсистемы оператора

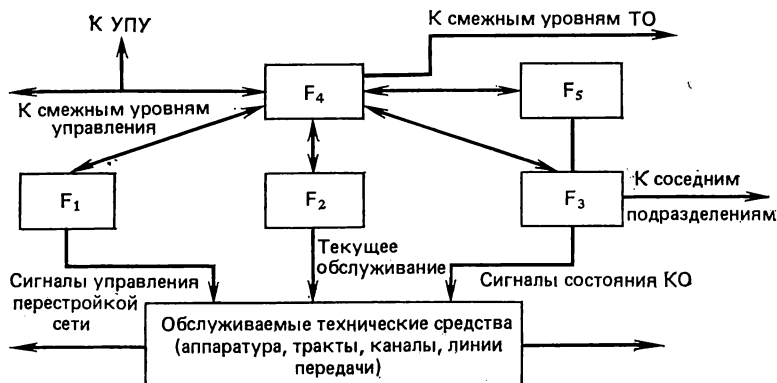


Рис. 2.5. Функциональная структура СТО

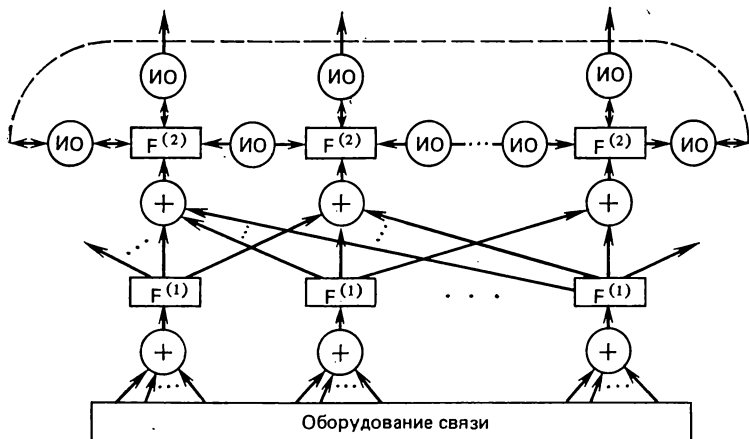


Рис. 2.6. Структурная модель СТО

ми управления и обмена, строим структурную модель СТО (рис. 2.6), которая обеспечивает выбор структуры вычислительного комплекса СТО. В процессе функционирования модели на основе информации, поступающей от множества $\{D\}$ датчиков источников информации о техническом состоянии объекта и показателях эффективности его работы, формируется база данных $\{J\}$, хранящая и накапливающая информацию от элементов $\{D\}$. Под действием алгоритмов обработки информации $\{A\}$ формируется множество управляющих взаимодействий $\{R\}$, которые представляют собой сигналы управлением оборудованием или указания обслуживающему персоналу, т. е. $A = \{a_i | i \in J\}$, где $a_i : J \rightarrow J$ или $a_i : J \rightarrow R$. Введя подмножества $D_{i,j}$, $J_{i,j}$, $R_{i,j}$, $A_{i,j}$ множество, можно записать, что $D = \bigcup_{i,j} D_{i,j}$; $J = \bigcup_{i,j} J_{i,j}$; $R = \bigcup_{i,j} R_{i,j}$; $A = \bigcup_{i,j} A_{i,j}$, где индексом i отмечаются все технологические, а индексом j функциональные подсистемы, реализуемые в данной СТО. Приведенные формализмы представляют основу для распараллеливания процессов в СТО.

2.2. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ СВЯЗИ

Построим алгоритм контроля оборудования связи применительно к задачам контроля каналов и трактов первичной сети. Из анализа класса задач, решаемых подсистемой контроля СТО в ЛАЦ первичной сети, следует, что основной ее функцией является определение технического состояния КО на основе измерений первичных сигналов, поступающих от КО в вычислительную систему подсистемы контроля. Наиболее важным и трудоемким является контроль показателей качества линейных и

групповых трактов систем передачи, поэтому необходимо разработать эффективный алгоритм их автоматического контроля. При контроле каналов и трактов принимается решение о состоянии канала — допустить ли его к дальнейшей эксплуатации (канал работоспособный) или не допустить (канал неработоспособный).

Такое решение осуществляется по результатам измерения параметров канала и трактов. В соответствии с этим процесс контроля линейных и групповых трактов состоит из измерения параметров и принятия решения по результатам измерений.

Контроль линейных и групповых трактов в процессе эксплуатации можно осуществлять многократными измерениями остаточного усиления (затухания) трактов, так как его неизменность во времени является необходимым условием стабильной работы трактов и каналов, организованных на их основе.

Нестабильность остаточного усиления (затухания) линейных и групповых трактов многоканальных систем передачи определяется одновременным действием множества мелких нестабильностей отдельных узлов аппаратуры. Поэтому можно полагать, что она представляет собой стационарный случайный процесс с нормальным распределением плотности вероятности [17]. В силу этого обработка результатов измерений должна происходить по правилам математической статистики для определения вероятностных характеристик случайного процесса (математического ожидания, дисперсии и т. д.). Такая тенденция уже нашла отражение в ряде нормативных документов [3, 8]. Однако методики измерений в этих документах рекомендуют обработку результатов после полного сеанса измерений. При контроле каналов и трактов оценивается не абсолютное значение остаточного усиления (затухания), а его отклонение от номинального значения, т. е. его нестабильность, характеризующаяся отклонением $\Delta X_i = X_i - X_{\text{ном}}$, где X_i — результат i -го измерения остаточного усиления выражений; $X_{\text{ном}}$ — номинальное значение остаточного усиления.

Можно сказать, что нестабильность остаточного затухания во времени для нормально работающего тракта представляет собой стационарный нормальный процесс с нулевым средним и заданной дисперсией. Таким образом, по изменению числовых характеристик случайного процесса (или формы его распределения) в процессе постоянного контроля остаточного усиления трактов в дискретные моменты t_i можно судить о повреждении или разладке КО.

Формально задачу о контроле линейных и групповых трактов можно представить следующим образом.

Пусть имеется некоторый измерительный прибор, регистрирующий в дискретные моменты t_i , $i = \overline{1, N}$ характеристики КО. Показания прибора в силу случайных возмущений в работе КО, а также из-за ошибок в измерительном канале системы образуют случайную последовательность (временной

ряд), т. е. дана последовательность случайных величин $\{X_{t_1}^{tN}\} = (x_{t_1}, x_{t_2}, \dots, x_{tN})$. Если КО хорошо отлажен (работоспособный), то наблюдаемая последовательность $\{X_{t_1}^{tN}\}$ характеризуется вполне определенным распределением $F_0(X)$ с вектором параметров $\theta_0 = (\theta_{01}, \theta_{02}, \dots, \theta_{0n})$. В некоторый случайный момент t_0 происходит разладка (повреждение) КО, которое приводит к тому, что после момента t_0 вероятностные характеристики наблюдаемой последовательности изменяются и будут иметь распределение $F_1(X)$, отличное от $F_0(X)$, т. е. случайная последовательность в момент t_0 скачком (или плавно) меняет свои свойства, однозначно определяемые до момента t_0 включительно вектором параметров θ_0 , а начиная с t_0 — вектором θ_1 . Наблюдая $\{X_{t_1}^{tN}\}$, необходимо обнаруживать момент разладки t_0 .

Требуется так организовать систему наблюдений, чтобы как можно скорее обнаружить момент разладки t_0 КО для его восстановления (коррекции, подстройки) или переключения на резервный.

Предполагается последовательно обнаруживать момент t_0 , при этом последовательность $\{X_{t_1}^{tN}\}$ накапливается непрерывно ($N \rightarrow \infty$), а решение о появлении разладки необходимо выдавать в темпе с появлением очередной точки X_{tN} , т. е. обнаружение момента разладки производится методами, аналогичными последовательному анализу.

Изменения показаний измерительного прибора могут объясняться не разладкой линии, а случайной природой объекта наблюдения (случайными ошибками), поэтому объявление о разладке может быть ложной тревогой (ошибкой первого рода) — действительной разладки к этому моменту времени может и не быть. С другой стороны, если придерживаться достаточно грубой стратегии, почти не реагируя на флуктуации наблюдаемых параметров, то можно пропустить действительный момент разладки (пропуск сигнала — ошибка второго рода), и КО долго будет работать в разлаженном режиме. Поэтому при выборке критерия качества обнаружения необходимо учитывать компромиссный вариант между этими противоречивыми требованиями. Так как система контроля осуществляет первичную оценку состояния каналов, то, естественно, алгоритм ее работы определяет последствия принятия ложной гипотезы. Так, если система контроля дает решаемую оценку состояния канала или тракта, то очевидно более опасна ошибка первого рода, когда по сигналам контрольных приборов бракуется исправный канал и прекращается действие связи. Если в общей системе контроля оценка носит вспомогательный характер, то ошибка второго рода не вызывает прекращения действия связи и в этом случае более опасной становится ошибка второго рода — признание канала исправным при его неработоспособности.

При контроле каналов и трактов в процессе их эксплуатации будем считать, что контроль по остаточному затуханию имеет вспомогательный характер и после выдачи системой контроля сигнала тревоги, имеется возможность проверки — действительно ли произошла разладка или нет — с помощью

углубленного (по сравнению с процессом непрерывного контроля) измерения других параметров канала. В случае контроля трактов и каналов следует придерживаться стратегии, при которой в отсутствие разладки ложные тревоги о ее появлении поступают достаточно редко, тогда как после ее возникновения сигнал действительного обнаружения должен быть подан с наименьшим запаздыванием. Подобная задача называется *задачей скорейшего обнаружения разладки* [18].

К синтезируемым алгоритмам автоматического контроля, сводящимся к обнаружению разладки временных рядов, кроме максимальной эффективности в обнаружении разладки, можно предъявить дополнительные требования.

Для данных задач неизвестно априорное распределение момента появления разладки и поэтому предпочтительнее считать, что он не является случайной величиной, а представляет собой неизвестный момент времени, подлежащий оценке. Поэтому нужны алгоритмы, равномерно эффективные на всем множестве моментов появления разладки.

Временные ряды, как правило, зависимы по времени, поэтому алгоритмы обнаружения должны учитывать и использовать эту статистическую зависимость.

Алгоритмы должны быть достаточно простыми, чтобы их можно было использовать в реальном масштабе времени, и допускать реализацию на микроЭВМ. Причем допускается, что одновременно будут обрабатываться десятки и даже сотни сигналов (учитывая большое число каналов и трактов в ЛАЦ).

Алгоритмы обнаружения должны синтезироваться исходя из такого вероятностного описания контролируемых сигналов, которое позволило бы производить эффективную настройку этих алгоритмов. Это требование вызвано многообразием типов аппаратуры систем передачи, на основе которой организируются каналы и тракты, а также различным их составом (число и тип переприемов).

Известные в [18] алгоритмы обнаружения, синтезируемые в рамках статистической теории на основе традиционных критериев оптимальности, таких, как критерии Неймана — Пирсона, байесовский, минимаксный, обычно очень сложны и непригодны для реализации в системах реального времени. Кроме того, оптимальность этих алгоритмов обнаружения разладки доказана лишь для независимых случайных последовательностей, в которых априори принимается известным распределение момента появления разладки. Перечисленные требования могут свести поиск алгоритмов обнаружения разладки среди классов не строго оптимальных (в смысле традиционных критериев), но достаточно эффективных для решения поставленной задачи.

Учитывая предположения о характере изменения остаточного затухания (усиления), будем считать, что дискретные отсчеты $x(l\Delta t) = x_l$, $l = 1, 2, \dots$, случайного процесса на выходе

КО, представляя собой *гауссовские случайные последовательности с нулевым средним*. Период квантования связан с максимальной частотой спектра случайного процесса F_{\max} соотношением

$$1/\Delta t = F_{\text{кв}} \geq 2 F_{\max}, \quad (2.1)$$

где $F_{\text{кв}}$ — частота квантования.

Вероятностные свойства таких последовательностей полностью определяются энергетическим спектром, относительно которого предполагаем, что он хорошо аппроксимируется функцией

$$G_t(f) = \sigma_t^2 / |1 - \sum_{k=1}^p a_k^{(t)} e^{-i2\pi k f \Delta t}|^2, \quad (2.2)$$

где $f \in [-1/2\Delta t, 1/2\Delta t]$; p — порядок авторегрессии; $a_k^{(t)}$ — весовые коэффициенты.

Описание энергетического спектра последовательности $x_l = x(l\Delta t)$, $l = 1, 2, \dots$, функцией вида (2.2) эквивалентно предположению, что $\{X_l\}$ является процессом авторегрессии p -го порядка, т. е. задается разностным уравнением

$$\dot{x}_l = \sum_{k=1}^p a_k^{(t)} \dot{x}_{l-k} + \varepsilon_l^{(t)}, \quad (2.3)$$

где $a_k^{(t)}$ — коэффициенты авторегрессии; $\dot{x}_l = x_l - m_x$, m_x — среднее значение процесса, $\varepsilon_l^{(t)}$ — дискретный белый шум, т. е. последовательность независимых случайных величин с нулевыми средними значениями и дисперсией σ^2_t . Таким образом, спектр последовательности (2.3) полностью определяется вектором параметров

$$\theta = (a_1^{(t)}, a_2^{(t)}, \dots, a_p^{(t)}, \sigma_t^2). \quad (2.4)$$

Индекс t позволяет отказаться в предположениях о модели от свойства стационарности.

Для стационарных процессов параметры $a_k^{(t)}$, σ^2_t не зависят от t и могут быть состоятельно и даже асимптотически эффективно оценены по выборке наблюдений

$$X_1^N = \{\dot{x}_l, l = 1, 2, \dots, N\}. \quad (2.5)$$

Практический способ получения оценок — это решение системы уравнений, определяющих соотношение между параметрами авторегрессии и автокорреляционной функцией процесса

$$R_{xx}(k) = \begin{cases} \sum_{l=1}^p a_l R_{xx}(k-l), & k > 0, \\ \sum_{l=1}^p a_l R_{xx}(-l) + \sigma^2, & k = 0. \end{cases} \quad (2.6)$$

Для $k > 0$ (2.6) можно переписать в матричной форме

$$R_{xx}a = c, \quad (2.7)$$

где a_1, a_2, \dots, a_p — оценки неизвестных параметров авторегрессии; $R_{xx}(k)$ — оценки автокорреляционной функции процесса

$$R_{xx}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-k} x_i x_{i-k}, \quad k = 0, 1, \dots, (N-1). \quad (2.8)$$

Оценку параметра σ^2 получаем из уравнения

$$\sigma^2 = R_{xx}(0) - \sum_{k=1}^p a_k R_{xx}(k). \quad (2.9)$$

Система уравнений (2.6), (2.9) эффективно решается с помощью рекурсивной процедуры Левинсона — Дербина. Этот алгоритм позволяет рекурсивно вычислять набор параметров $\{a_{11}\sigma_{i_1}^2\}, \{a_{21}, a_{22}, \sigma_{i_2}^2\}, \dots, \{a_{p1}, a_{p2}, \dots, a_{pp}, \sigma_p^2\}$ по формулам:

$$\begin{aligned} a_{11} &= R_{xx}(1)/R_{xx}(0); \\ \sigma_1^2 &= (1 - a_{11}^2) R_{xx}(0), \end{aligned} \quad (2.10)$$

для $k=2, 3, \dots, p$ параметры получаются из выражений:

$$a_{kk} = \left[R_{xx}(k) - \sum_{i=1}^{k-1} a_{k-1, i} R_{xx}(k-i) \right] / \sigma_{k-1}^2; \quad (2.11)$$

$$a_{ki} = a_{k-1, i} - a_{kk} a_{k-1, k-i}, \quad i = \overline{1, k-1}; \quad (2.12)$$

$$\sigma_k^2 = (1 - a_{kk}^2) \sigma_{k-1}^2. \quad (2.13)$$

Рекуррентные соотношения (2.11)—(2.13) требуют только $(1,5p^2 + p)$ умножений и столько же сложений, в отличие от алгоритма гауссовского исключения, который требует p^3 операций.

Опишем статистический тест обнаружения момента разладки. Будем считать, что в параметрическом пространстве θ сформулированы две гипотезы:

$$H_0: \theta = \theta_0, \quad H_1: \theta \neq \theta_0, \quad (2.14)$$

где $\theta_0 = (a^0_1, a^0_2, \dots, a^0_p, \sigma^2_0)$ и $\theta = (a_1, a_2, \dots, a_p, \sigma^2)$.

Другими словами, вектор параметров модели θ при гипотезе H_0 принимает некоторое конкретное значение θ_0 , а при гипотезе H_1 не принимает этого значения. Если относительно наблюдаемой последовательности X_i справедлива гипотеза H_0 , то ее спектр имеет вид

$$G_t(f) = \sigma_0^2 / \left| 1 - \sum_{k=1}^p a_k^0 e^{-i2\pi f k \Delta t} \right|^2. \quad (2.15)$$

Будем считать также что момент t_0 , в который происходит смена гипотез, неизвестен и подлежит оценке (момент разладки). Для оценки неизвестного момента t_0 будем использовать решающие функции $\Phi(x_i^{i+n})$, зависящие от n последовательных значений наблюдаемой выборки $\{x_i\}$ со скольжением, т. е. каждый раз (для того, чтобы не перегружать возможностей вычислительной системы) будем брать только n последо-

вательных — n отсчетов назад от настоящего момента времени, значений выборки. Таким образом, предлагаемые алгоритмы будут работать в реальном масштабе времени.

Так как задача проверки гипотез (в данном случае соединенная с оценкой неизвестного момента времени разладки) очень сложная, то основным требованием, предъявляемым к синтезируемым алгоритмам, является простота технической реализации, соединенная с некоторыми полезными статистическими свойствами (например, подобие и несмещенность).

Одна из идей построения алгоритма обнаружения разладки заключается в следующем: сделаем преобразование уравнения (2.3)

$$\varepsilon_l = \dot{x}_l - \sum_{k=1}^p a_k \dot{x}_{l-k}, \quad l = p+1, \dots, n. \quad (2.16)$$

Тогда задачу проверки гипотез (2.14) можно сформулировать относительно выборки ε_l :

H_0 : ε_l — последовательность независимых случайных величин с дисперсией σ_0^2 ;

H_1 : ε_l — не являются независимыми, а представляют собой последовательность коррелированных случайных величин с дисперсией $D_\varepsilon > \sigma_0^2$.

Увеличение дисперсии при гипотезе H_1 связано с тем, что наблюдается сумма сигнала и статистически с ним независимой дополнительной помехи, являющейся следствием разладки КО.

Любой тест, реагирующий на увеличение дисперсии ε_l и (или) на появление корреляции среди элементов выборки ε_l , подходит для проверки гипотез H_0 и H_1 .

В первом случае таким тестом может быть

$$F_1 = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \varepsilon_l^2 > k \sigma_0^2. \quad (2.17)$$

При гипотезе H_0 статистика $\sum_{l=1}^n \varepsilon_l^2 / \sigma_0^2$ имеет χ^2 распределение с n степенями свободы, что позволяет выбрать значение коэффициента k в зависимости от заданного уровня ложных тревог α

$$k = \chi^2_{n(1-\alpha)} / n, \quad (2.18)$$

где $\chi^2_{n(1-\alpha)}$ — квантиль уровня $1-\alpha$, χ^2 распределения с n степенями свободы; n — длина временного окна, на котором вычисляется статистика F_1 .

В качестве теста, реагирующего на появление корреляции среди элементов ε_l , можно предложить тест

$$F_2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m r_\varepsilon^2(k) > k_\alpha, \quad m = 1, n-1, \quad (2.19)$$

где

$$r_\varepsilon(k) = \frac{1}{n \sigma_0^2} \sum_{l=1}^{n-k} \varepsilon_l \varepsilon_{l+k}, \quad k = \overline{1, m} \quad (2.20)$$

— оценки корреляционных коэффициентов статистики ϵ_i . При гипотезе H_0 статистика теста (2.19) имеет распределение, близкое к χ^2 с m степенями свободы, что позволяет вычислить значение k_α , обеспечивающее вероятность ложной тревоги α как квантиль уровня $1-\alpha$ этого распределения, деленный на m .

Тест (2.17; 2.19) оказывается подобным, т. е. выдерживает один и тот же уровень значимости при всех возможных альтернативах. Мощность теста (2.17; 2.19), естественно, будет зависеть от альтернативы и вычисляется по формуле

$$P_\theta \{F_i > k_\alpha^{(i)}\} \quad i = 1, 2, \dots \quad (2.21)$$

где θ — вектор в параметрическом пространстве, соответствующий альтернативной гипотезе, т. е. H_1 .

При использовании алгоритмов вида (2.17); (2.19) для обнаружения момента разладки сигнал о разладке поступит в момент первого превышения порогов $k_\alpha^{(1)}, k_\alpha^{(2)}$, статистиками F_1 и F_2 соответственно. Следовательно, решающее правило подачи сигнала о разладке имеет вид

$$t_p = \min \{t \geq 1 : F_i > k_\alpha^{(i)}\}, \quad i = 1, 2. \quad (2.22)$$

Имитационное моделирование рассмотренных алгоритмов показало, что при реализации алгоритмов целесообразно использовать окно длиной $n=5-30$ интервалов дискретизации. Использование алгоритмов обнаружения разладки в качестве алгоритма статистического контроля позволяет обнаруживать возникновение неисправностей каналов и трактов с запаздыванием, не превышающим максимального времени корреляции случайного процесса (10—30 интервалов дискретизации). При резком изменении в 2-3 раза среднего значения нестабильности остаточного затухания или его дисперсии обнаружение происходит за один шаг дискретизации. Алгоритм с временным окном и решающей функцией F_2 целесообразно применять для обнаружения дисперсии и спектра контролируемого сигнала.

При обнаружении изменения среднего значения процесса более эффективен алгоритм кумулятивных сумм (АКС), поскольку он использует априорную информацию о параметрах процесса до и после разладки.

Отклонение среднего значения остаточного затухания от его номинального значения для линейных и сетевых трактов относится к числу нормированных параметров, поэтому целесообразно при автоматическом статистическом контроле линейных и сетевых трактов по остаточному затуханию совместно использовать АКС (для обнаружения изменения среднего значения) и алгоритм с временным скользящим окном и решающей функцией F_2 , способным эффективно обнаруживать изменение дисперсии и спектра.

Для использования рассмотренных алгоритмов необходима настройка алгоритмов обнаружения разладки, состоящая из процедур: предварительный анализ контролируемого объекта; экспериментальное определение оценок выборочной корреляционной функции процесса на объекте контроля, определение параметров процесса авторегрессии, настройка алгоритма обнаружения.

Многообразие типов систем передачи на СМП, на основе которых организуются типовые каналы и тракты, их различный состав (количество и тип переприемов, длина канала) и условия функционирования, приводит к тому, что вектор параметров авторегрессии модели θ_0 , характеризующий КО в налаженном состоянии, будет меняться в зависимости от типа канала. Поэтому необходимо максимально автоматизировать процесс определения параметров модели, используя технические средства УКВ, входящего в основу СТО — ЛАЦ.

На предварительном этапе на основе нормативных документов, паспортов на электрические параметры линейных и сетевых трактов следует определить значения допустимого отклонения среднего значения остаточного затухания, которые используются в качестве априорной информации для настройки АКС. Важным аспектом данного этапа является определение интервала дискретизации Δt , исходя из спектрального состава контролируемого случайного процесса. Рациональный выбор интервала дискретизации случайного процесса, а следовательно, и числа измеряемых ординат k корреляционной функции $R_x(\tau_k)$ на максимальном интервале корреляции $\tau_{m,k} = k\Delta t$ зависит от вида корреляционной функции и требуемой точности ее определения. Так как нам известен вид корреляционной функции, то выбор k можно свести к решению задачи интерполирования $R_x(\tau_k)$ по значениям в i -х узловых точках на $\tau_{m,k}$, $i=0, k-1$. При заданном допустимом значении относительной погрешности аппроксимации ε_0 можно определить интервал дискретизации

$$\Delta t = \sqrt{\delta_a} / \sqrt{R_x''(\tau_k)/R_x(\tau_k)}, \quad (2.23)$$

где $R_x''(\tau_x)$ — вторая производная функции $R_x(\tau_x)$.

Результаты расчетов, полученных для типовых корреляционных функций, показывают, что при $\delta_a \leq 2\%$ необходимое число ординат k на $\tau_{m,k}$ меняется в пределах 10—100.

Этап экспериментирования на объекте предназначен для получения оценок выборочной корреляционной функции $R_{xx}(k)$ с заданной статистической погрешностью, обусловленной в основном конечностью интервала измерения. Относительная среднеквадратическая погрешность измерения функции корреляции методом перемножения при некоррелированных парных

выборках для нормального стационарного процесса определяется из соотношения

$$\delta_c [R_x(k)] = \sqrt{D [R_{xx}(k)]} / R_x(k), \quad (2.24)$$

где D — символ дисперсии, зависит от числа выборок M и вычисляется по формуле

$$\delta_c^2 [R_x(k)] = [R_x^2(0)/R(k) + 1]/M. \quad (2.25)$$

Например, при допустимой статистической погрешности $\delta_c \leq 5\%$ число парных выборок должно быть не менее 800.

На основе оценок $R_{xx}(k)$ определяются параметры и порядок процесса авторегрессии.

Последним этапом настройки алгоритма автоматического контроля является выбор порога H для алгоритма кумулятивных сумм и $k^{(2)}_\alpha$ для алгоритма с решающей функцией F_2 при заданной вероятности ложной тревоги.

2.3. МНОГОУРОВНЕВАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АСТЭ

Основу КТС АСТЭ составляют СВТ, поэтому важное значение имеет выбор модели построения вычислительных средств, наиболее адекватных требованиям АСТЭ.

Все известные вычислительные средства и существующие проекты перспективных вычислительных средств могут быть сведены к четырем типам моделей: *модель одного вычислителя* (В) и ее развитие для решения задач управления — *модель управляющего вычислителя* (УВ), *модель коллектива вычислителей* (КВ) и ее развитие для решения задач управления — *модель управляющего коллектива вычислителей* (УКВ),

Модели В и УВ построены на принципах последовательного выполнения операций фиксированной логической структуры, не меняющейся при смене задачи, конструктивной неоднородности элементов и связей между ними. Эти модели были положены в основу построения ЭВМ первых трех поколений. Использование же этих моделей для создания системы связи приводит к замене естественно-параллельных процессов последовательными моделями, что снижает ее эффективность. Кроме того, модели В и УВ имеют еще целый ряд недостатков [12].

Модель КВ [12] построена на принципах параллельного выполнения большого числа операций, переменности логической структуры и однородности (модульности). Таким образом, коллектив вычислителей — это совокупность вычислительных модулей (ВМ), способных программно-аппаратным способом настраиваться на решение одной задачи, представленной параллельным алгоритмом.

Структура модели приведена на рис. 2.7. Она состоит из вычислительных модулей (ВМ), представляющих собой модель В. Вычислительные модули объединяются в единый коллектив

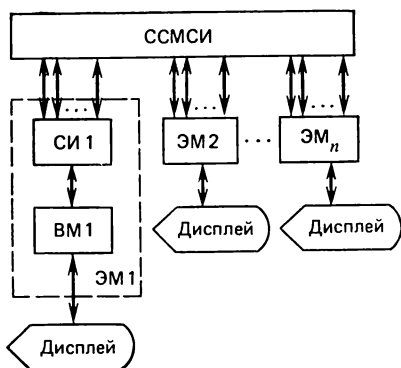


Рис. 2.7. Структура коллектива вычислителей

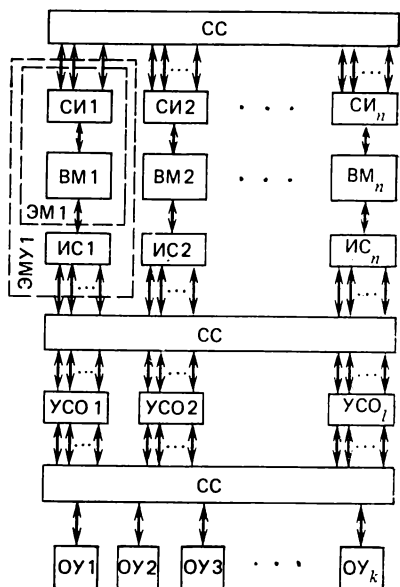


Рис. 2.8. Структура управляющего коллектива вычислителей

с помощью модулей системного интерфейса (СИ) и сети связи модулей СИ (ССМСИ). Модули СИ — программируемые коммутаторы каналов связи между отдельными ВМ — также обеспечивают реализацию различных типов обмена из числа, приведенных выше, и обобщенных условных и безусловных общесистемных переходов. Совокупность ВМ и СИ называется элементарной машиной (ЭМ).

Модель УКВ [20] — это расширение КВ при организации связи с объектами управления и контроля, базируется на принципах параллельной реализации отдельных операций и целых функций, а также программно-изменяемой логической структуры, модульности конструктивного исполнения, возможности распределенной обработки в реальном масштабе времени, отказоустойчивого функционирования вычислительного ядра и средств сопряжения с объектами управления.

Структура модели УКВ, приведенная на рис. 2.8, состоит из вычислительного ядра, представляющего собой КВ, и средств отказоустойчивого сопряжения с объектами управления. В состав средств сопряжения входят ИС, устройства связи с объектами (УСО) и сеть связи между элементарной управляемой машиной (ЭМУ) и УСО.

Интерфейсы связи обеспечивают отказоустойчивое подключение вычислителя к СС, с помощью УСО организуется отказоустойчивое сопряжение с объектами управления. Совокупность ЭМ и ИС образует ЭМУ. Объекты управления (ОУ) через УСО распределяются между отдельными ЭМ коллектива так, чтобы каждая ЭМ могла обслуживать группу ОУ, и группа ОУ

одновременно имела бы возможность обслуживания при необходимости другой ЭМ. В модели УКВ реализованы принципы параллельности, переменности, модульности (однородности) применительно к средствам связи с ОУ.

Различаются следующие классы технической реализации УКВ: *сосредоточенные информационно-управляющие системы* (СИУС) — характеризуются тем, что время распространения информации t_p между ЭМ значительно меньше времени выполнения самой короткой машинной операции $t_{к.о.}$; *распределенные системы* (РИУС) — в этом случае ЭМ территориально разнесены, причем если $t_p \gg t_{к.о.}$, то имеет место *глобальная* РИУС, если $t_p \approx t_{к.о.}$ — *локальная*.

Объединение отдельных ЭМ в УКВ, реализующих разделение ресурсов на основе рассмотренных трех принципов, обеспечивает ряд новых свойств, отличающих УКВ от одного В и удовлетворяющих требованиям СС. В частности, заданная производительность УКВ достигается объединением необходимого числа модулей, а реализация параллельных процессов по обслуживанию абонентов — свойством параллельности УКВ. Модульность совместно с принципом программной изменяемости структуры позволяет строить УКВ из набора идентичных модулей на уровне микроЭВМ, типовых элементов замены (ТЭЗ) или БИС, единообразно соединенных между собой, т. е. на основе базового модуля создать различные конфигурации с широким диапазоном характеристик.

Модели КВ и УКВ открывают широкие перспективы применения микропроцессорных СВТ, поскольку появляется возможность объединения отдельных микропроцессорных средств, обладающих невысокими техническими характеристиками, в мощные вычислительные системы. Система УКВ — распределенная как в пространстве, так и по способу обработки информации, что особенно важно для СС.

Выбирая модель вычислительных средств, необходимо наметить единый подход ко всем видам систем технической эксплуатации для всех подотраслей связи, рассчитанный на использование единых технических СВТ и средств микропроцессорной техники, на возможности использования единых операционных систем и одинаковых в методическом отношении решениях в создании программного обеспечения. Такой подход является экономически эффективным с точки зрения производства, эксплуатации вычислительных средств, обучения кадров, накопления единого фонда алгоритмов и программ технической эксплуатации СС.

Подобным подходом является широкое использование распределенной информационно-управляющей системы связи (РИУСС), построенной на принципах модели коллектива и УКВ с использованием массовой микропроцессорной техники.

Использование РИУСС для автоматизации технологических процессов и процессов технической эксплуатации характеризу-

еся: самой низкой стоимостью единицы вычислительного ресурса (0,01—0,001 руб. за 1 оп/с): возможностью обеспечения производительности в широком диапазоне до 10^9 оп/с и выше; возможностью достижения высокой надежности (живучести) $1 \cdot 10^4$ — $1 \cdot 10^6$ ч; универсальностью применения; ограниченным набором составляющих узлов и блоков вычислительной системы (в принципе набор может быть сведен к одной элементарной машине); простотой обучения и эксплуатации.

Можно выделить следующие технологические процессы в технической эксплуатации для их автоматизации с помощью РИУСС: процессы оперативно-технического руководства и руководства технической эксплуатации. Сюда относятся функции: контроля объектов эксплуатации, контроля подготовки к эксплуатации, контроля выполнения графиков измерений, контроля соблюдения норм электрических параметров линий и аппаратуры, контроля и планирования ликвидации аварий, контроля плановых профилактических измерений, функции оперативно-технического руководства эксплуатацией и т. п.

Для автоматизации этих процессов должны быть созданы автоматизированные системы контроля объектов на основе РИУСС с размещением их в непосредственной близости от КО. Системы должны быть установлены в цехах, станциях зон и участков. Общее число необходимых систем для контроля определяется числом предприятий, осуществляющих техническую эксплуатацию. Для согласования эксплуатации всей СС необходимо объединение всех АСК с использованием РИУСС в единую систему.

Нормальная техническая эксплуатация обусловлена организацией эффективной системы измерений. Здесь вопросы могут быть решены с помощью построения автоматизированных информационно-измерительных систем с использованием РИУСС,

Уровень интеграции	Вычислительные средства	Применение
V	РИУСС: = РИУВС + ИКБ	Отрасль связи
IV	РИУВС: = ЛРИУК + ИКБ	ПТУС, РУС, ТЦУ и т. д.
III	ЛРИУК: = ИКБ + БКМ	ЛАЦ, АТС, ПЖДП
II	ИКБ: = БКМ	Терминалы абонента и отделения связи, системы коммутации и т. д.
I	БКМ: = БКВМ БКМИ БКМО БКМФ БКМС	Отдельная аппаратура связи

число которых может быть определено из объемов работ по измерениям на станциях (узлах) и линиях связи.

В технической эксплуатации важную роль играют вопросы автоматизации технической документации и учета работы станционного оборудования и линий связи. Успешное решение проблемы эффективной эксплуатации может быть достигнуто при создании автоматизированных систем для отображения и учета состояния сети с помощью электронной документации на основе автоматизированных электронно-документальных систем с использованием РИУСС. Их общее число определяется числом функционирующих предприятий.

Функционирование СС включает вопросы взаимодействия технического персонала между собой, а также с абонентами и пользователями, арендующими каналы и системы связи. Здесь представляется важным автоматизация процессов взаимодействия технического персонала с использованием РИУСС, как системы распределенной обработки, так и системы служебной связи с организацией автоматизированных рабочих мест.

Для выполнения процессов контроля и управления в необслуживаемых пунктах должны быть предусмотрены автоматизированные системы для дистанционного контроля и управления с использованием РИУСС. Число таких систем определяется числом необслуживаемых пунктов.

Физическая структура РИУСС [21] состоит из пяти уровней, каждому из которых соответствует набор конструктивных модулей, обеспечивающих реализацию отдельных функций (табл. 2.1.).

Первый (нижний) уровень составляют базовые конструктивные модули (БКМ), реализованные на основе микропроцессорных комплектов и специальных БИС. Для создания интег-

Таблица 2.1

Модель вычислителя	Возможные средства технической реализации
УКВ, КВ	Системы из мини- микро- и персональных ЭВМ, цифровые системы передачи
УКВ, КВ	Системы из микроЭВМ, персональных ЭВМ, цифровые системы передачи
УКВ и КВ	Системы из микроЭВМ, персональных ЭВМ
УКВ, КВ, В	МП-комплекты, микроЭВМ, персональные ЭВМ
В	МП-комплекты, заказные БИС

ральных средств реализации функциональных операторов последнего уровня предназначены БКМ, в состав которых входят модули: базовые конструктивные вычислительные (БКВМ), интерфейса (БКМИ), общения с внешней средой (БКМО), функциональных расширителей (БКМФ), связи (БКМС). Универсальный программный автомат Глушкова, реализующий модель одного вычислителя, представляют собой БКВМ. В качестве БКВМ могут использоваться серийно выпускаемые отечественной промышленностью микроЭВМ или персональные ЭВМ.

Модули интерфейса — набор конечных автоматов вплоть до автомата Глушкова — подразделяются на две группы. Одна из них — модули СИ, обеспечивающие объединение БКВМ в коллектив. С помощью модулей второй группы осуществляется подключение к БКВМ модулей общения с внешней средой, функциональных расширителей, модулей связи, а также объектов контроля и управления. Набор технических средств ввода-вывода информации в БКВМ — это БКМО, т. е. функциональная и цифровая клавиатура, пульта, устройства ввода изображений, факсимильная аппаратура, дисплей, печатающие устройства и т. п. Совокупность технических устройств, позволяющих расширять функциональные возможности БКВМ, — БКМФ, к ним можно отнести специальные вычислители цифровой обработки, внешние запоминающие устройства и т. п. Совокупность аппаратных и программных средств обмена информацией между удаленными модулями — это БКМС.

Второй уровень интеграции составляют БКМ, объединенные в интегрированные конструктивные блоки (ИКБ). Это производится в том случае, когда невозможно покрыть отдельным БКМ функциональный оператор. К ИКБ относятся: терминал абонента, учрежденческий терминал, многофункциональный терминал предприятия связи и сосредоточенная однородная информационно-управляющая вычислительная система (СОИУВС). Последняя является универсальным средством обработки информации с заданными показателями живучести и производительности, что достигается благодаря распараллеливанию процессов и отказоустойчивому функционированию УКВ.

Третий уровень интеграции составляют локально распределенные информационно-управляющие комплексы (ЛРИУК), соответствующие локально распределенному управляющему коллективу. Эти комплексы представляют собой совокупность ИКБ и БКМ и обеспечивают объединение отдельных ИКБ (типа СОИУВС) в локальные системы, покрывающие территорию отдельного предприятия или цеха, например прижелезнодорожного почтамта, междугородной телефонной станции и т. д.

Четвертый уровень интеграции представляет собой распределенные информационно-управляющие вычислительные системы (РИУВС), которые являются совокупностью ЛРИУК и ИКБ, объединенных сетями электросвязи, и покрывающие территорию отдельного РУСа, ПТУСа и т. д.

На пятом уровне интеграции отдельные РИУВС, объединяясь сетями электросвязи, образуют распределенную информационно-управляющую систему связи в целом.

Логическая структура каждого уровня РИУСС задается типом и структурой обменных взаимодействий. В целом РИУСС описывается структурно-топологической моделью, рассмотренной на рис. 1.7.

Остановимся более подробно на особенностях применения СВТ на первых трех уровнях интеграции РИУСС.

Как показал опыт выполненных для отрасли разработок и опыт эксплуатации, выпускаемые в настоящее время промышленностью СВТ, в большинстве своем не пригодны для эксплуатации в условиях объекта связи. Это относится прежде всего к электромеханическим компонентам (вентиляторы, электродвигатели внешних устройств и т. д.). Наличие таких компонентов в оборудовании, устанавливаемом на объекте связи, недопустимо, так как при значительных объемах внедрения средств автоматизации перед отраслью встанет еще более серьезная проблема их технической эксплуатации.

Электропитание серийно поставляемых средств микропроцессорной техники осуществляется в основном от сети переменного тока 220 В, что создает значительные сложности при установке автоматизированных систем в аппаратных и ЛАЦ, где гарантированное электропитание осуществляется от собственных установок постоянного тока (24, 48, 60 В). Данная сложность влечет за собой и невозможность сохранения программ и данных в памяти микроЭВМ при сбоях электропитания, что недопустимо в условиях круглосуточной эксплуатации.

Серьезные проблемы возникают при комплексировании микропроцессорных систем выпускаемыми промышленностью устройствами сопряжения с оборудованием, которые носят универсальный характер, имеют весьма высокую стоимость (стоимость дискретной точки ввода серийных УСО достигает 10—30 руб.), что недопустимо для объектов связи, где число контролируемых точек доходит до десяти и более тысяч. Универсальность серийных УСО часто приводит к невозможности их прямого подключения к объекту связи и необходимости дополнительной разработки согласующих устройств.

Определяющее требование, которому должны удовлетворять технические средства данного уровня, — необходимость в общем случае круглосуточного режима работы в условиях централизованного технического обслуживания, т. е. вычислительные средства должны обладать повышенной надежностью. Кроме этого, необходимо учитывать случайный характер нагрузки со значительным превышением пиков нагрузки среднего уровня и широкий диапазон требований по объемам оборудования КО и алгоритмам функционирования. Конструктивное исполнение должно быть увязано с условиями объекта.

В целом КТС уровня объекта связи по функциональному признаку можно определить как комплекс средств сопряжения ИКБ или ЛРИУК с оборудованием объекта связи. Наиболее актуальной проблемой на данном этапе является разработка технических и программных средств интегрированного блока, удовлетворяющего перечисленным требованиям, а также способам организации ЛРИУК.

2.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ УКВ

Вычислительные системы, предназначенные для АСТЭ, относятся к числу неавтономных (ремонтируемых), допускающих на определенном этапе вмешательство обслуживающего персонала для замены вышедших из строя ЭВМ без остановки системы в целом. Использование свойств модели УКВ для подобного класса систем позволяет предложить следующий алгоритм функционирования и восстановления системы.

По мере отказа отдельных ЭМ система за счет автоматической реконфигурации поддерживается работоспособной до тех пор, пока не будет исчерпана подсистема резерва в режиме структурной избыточности или производительность не упадет ниже заданного уровня в режиме деградации [20]. Далее необходимо вмешательство обслуживающего персонала, который производит замену отказавших ЭМ исправными, а затем ремонтирует неисправные ЭМ.

В отличие от известных методов технической эксплуатации концепция УКВ позволяет восстанавливать систему, находящуюся в работоспособном состоянии, не дожидаясь ее полного отказа и не останавливая систему. Это осуществляется за счет различных форм избыточности, поэтому стратегия технического обслуживания УКВ должна быть направлена на минимизацию затрат по поддержанию работоспособного состояния УКВ.

Чтобы определить начало и период ремонтно-восстановительных работ, рассмотрим организацию различных режимов обслуживания, для оценки которых введем следующие характеристики: τ_p — время работы в режиме замены до истощения резервных ЭВМ, или работы в режиме деградации до падения производительности ниже заданного уровня производительности K ; K_r — коэффициент готовности, характеризует вероятность работоспособности системы в произвольный момент времени. Данный показатель относится к классу стационарных и рассчитывается за длительный период времени наблюдения, τ_v — среднее время восстановления работоспособности. Для отказоустойчивых систем, работоспособных практически постоянно, этот показатель имеет смысл восстановления системы в исходной конфигурации, т. е. восстановление резерва в режиме замены или всех ЭМ в режиме деградации. Между рассмотренными показателями надежности существует аналитическая за-

висимость $K_r = T_o / (T_o + \tau_b)$, где T_o — средняя продолжительность работы системы до отказа одной ЭМ.

Режим обслуживания определяет показатели надежности K_r и τ_b и играет основную роль в определении эксплуатационных расходов при функционировании системы, τ_o — время ожидания появления бригады технического обслуживания, $P_o(t)$ — вероятность отказа системы на интервале τ_p

$$P_o(t) = P[S(t) = 0], \quad (2.26)$$

где $S(t)$ — производительность системы в момент $0 \leq t \leq \tau_p$, $P'_o(t)$ — вектор функции вероятности отказа системы на интервале τ_b

$$P'_o(t) = [P_{oj}(t)]; \quad P_{oj}(t) = P[S(t) = 0], \quad (2.27)$$

где $P_{oj}(t) = P[S(t) = 0]$ — вероятность того, что в системе, находящейся в начальный момент времени в состоянии $j \in W_I = \{0, 1, \dots, (N-n)\}$, произойдет отказ при $0 \leq t \leq \tau_p$, n — число основных ЭМ в системе. $R(t)$ — функция восстановимости системы до работоспособного состояния

$$R(t) = 1 - P[S(t) = 0]. \quad (2.28)$$

Функция $R(t)$ характеризует вероятность того, что система, находящаяся в начальный момент времени в состоянии отказа, будет восстановлена за время $t \geq 0$.

$R'(t)$ — вектор-функция восстановимости ЭМ резерва

$$R'(t) = [R_j(t)]; \quad R_j(t) = [Q_j(t)] = N, \quad (2.29)$$

где Q_j — число исправных машин в момент $t \geq 0$ при условии, что в начальный момент времени система находилась в состоянии $j \in \omega$.

При выборе алгоритма и режима технического обслуживания следует иметь в виду, что обеспечение очень высоких показателей надежности работы системы при восстановлении ее в исходной конфигурации требует больших эксплуатационных расходов. С другой стороны, их минимизация может привести к неопределенному занижению показателей надежности. Следовательно, возникает задача выбора оптимального в смысле эксплуатационных расходов и надежностных характеристик режима технического обслуживания.

Эксплуатационные расходы зависят прежде всего от числа бригад технического обслуживания, необходимых для выполнения ремонтно-восстановительных работ на некотором множестве систем, находящихся на предприятиях связи города, области и т. д. Как известно, существуют два принципиально различных режима обслуживания однотипных технических средств, расположенных на определенной территории, — централизованный и децентрализованный.

Централизованный режим предполагает наличие некоторого центра технического обслуживания, из которого выезжают

бригады для обслуживания отдельных технических средств, обслуживаемых одной бригадой. При децентрализованном обслуживании каждое техническое средство или группа близко расположенных технических средств обслуживаются своим персоналом.

Централизация обслуживания повышает экономическую эффективность данного процесса и уменьшает необходимое число запасных частей, а децентрализация обеспечивает высокое значение коэффициента готовности.

Как для централизованного, так и для децентрализованного режимов существуют следующие разновидности организации ремонтно-восстановительных работ:

постоянное техническое обслуживание в децентрализованном режиме — отказавшие ЭМ сразу же поступают для восстановления в бригаду технического обслуживания $\tau_p = 0$, $\tau_o = 0$. Математическая модель режима учитывает поток отказов ЭМ с параметром λ и потоком восстановления с параметром μ . Учитывая выполнение неравенств $\mu \gg \lambda$, естественно, рассматривать стационарный режим работы системы. Данный режим требует максимальных эксплуатационных расходов, однако обеспечивает наилучшие характеристики надежности;

децентрализованный пороговый режим — восстановление начинается только после того, когда будет истощена вся подсистема резерва. Математическая модель должна учитывать, что в течение некоторого промежутка времени в системе существует только один поток отказов с параметром λ , а в течение следующего промежутка времени работает устройство восстановления и, следовательно, необходимо учитывать и поток восстановления и поток отказов. По сравнению с предыдущим режимом данный имеет меньшие эксплуатационные расходы, так как ремонтно-восстановительные работы проводятся с некоторой периодичностью, обеспечивает худшие характеристики надежности по сравнению с первым режимом;

централизованный режим периодического технического обслуживания $\tau_o = 0$ — бригада технического обслуживания появляется на предприятии связи, имеющем вычислительную систему, с определенной периодичностью. Период ее появления называется периодом технического обслуживания, при его неудачном выборе бригада может застать систему как работоспособной, так и неработоспособной, поскольку будет выработан весь резерв. В первом случае производится восстановление машин резерва, во втором — сначала производится восстановление работоспособности рабочей подсистемы, а затем восстановление ЭМ резерва. Режим требует минимальных эксплуатационных расходов, но обеспечивает и наихудшие характеристики надежности и готовности, поскольку τ_o может оказаться недопустимо большим;

централизованный допороговый режим — после истощения резерва до заданного числа ЭМ или падения производитель-

ности деградирующего УКВ до заданного предела k выдается сообщение бригаде технического обслуживания, которая появляется через время, необходимое ей для переезда от места дислокации, если не произошел одновременный вызов бригады к нескольким системам. Тогда нужно учитывать время обслуживания систем, первыми запросившими бригаду. Математическая модель аналогична рассмотренному выше случаю. Режим занимает среднее место между двумя предшествующими. Сравнительно с последними требует больших эксплуатационных расходов, так как предполагает постоянную готовность бригады технического обслуживания, но обеспечивает лучшие характеристики надежности, т. е. имеет меньшее значение времени ожидания τ_0 .

При организации обслуживания вычислительных систем, построенных на основе модели УКВ, возможно объединение достоинств централизованных и децентрализованных методов. В этом случае замена отказавших ЭМ, исключенных автоматически в результате реконфигурации из системы, производится дежурным персоналом, обслуживающим средства связи, в состав которых входит вычислительная система, а восстановление работоспособности отказавших ЭМ осуществляется централизованно ЦТЭ. Исправные ЭМ, предназначенные для замены дежурным персоналом, входят в состав запасного имущества системы.

Методы расчета отдельных характеристик технической эксплуатации приведены в [22], поэтому здесь остановимся на *нахождении обобщающего критерия технической эксплуатации восстанавливаемых систем* — оптимального периода между очередными восстановлениями работоспособности УКВ. Найдем этот период при замене всех элементов системы. Для чего рассмотрим функционирование деградирующего УКВ, состоящего из N ЭМ на интервале времени $[0, t]$ — период эксплуатации. Пусть в некоторые моменты t_1, t_2, \dots, t_n система ремонтируется и ее производительность полностью восстанавливается до $W(N) = NW$, где W — эффективная производительность отдельной ЭМ.

Можно сказать, что на интервале $[0, t]$ задана некоторая стратегия (режим) управления производительностью деградирующей системы.

Для определения функции стоимости зададимся следующими параметрами системы: C_1 — стоимость проведения одного восстановления (одной профилактики), если заменяется вся система (руб.); C_2 — стоимость единицы наработки, т. е. стоимость выполнения одной операции системой, которая равна отношению стоимости эксплуатации в единицу времени C (руб./ч) к эффективной производительности W ЭМ; C_m — стоимость замены одной элементарной машины в случае, когда в момент восстановления системы заменяют только отказавшие к этому моменту ЭМ (руб.).

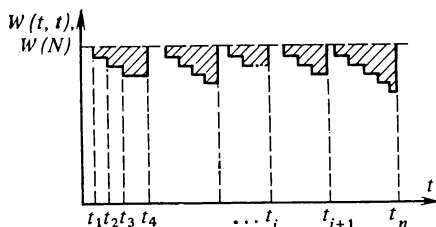


Рис. 2.9. Стратегия управления

На рис. 2.9 представлена одна из возможных реализаций стратегии управления $\mathbf{t} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ на интервале $[0, t]$, которая предполагает $l(t, \mathbf{t}) = p$ восстановлений системы.

Затрихованные области на рисунке представляют собой потери в наработке системы из-за простоев отказавших ЭМ (могут дополнительно учитываться штрафы из-за невозможности выполнения вычислительной системой всех возложенных на нее технологических алгоритмов).

Определим сначала функционал стоимости от стратегии управления системой \mathbf{t} на интервале $[0, t]$ для случая, когда замедляется вся система:

$$S(t, \mathbf{t}) = l(t, \mathbf{t}) C_1 + l_2 [W(N)t - T], \quad (2.30)$$

где $l(t, \mathbf{t})$ — число восстановлений системы, предусмотренное стратегией; $W(N) = NW$ — максимальная производительность системы; T — обозначает полную наработку, произведенную системой за t (рис. 2.9).

Выражение $[W(N)t - T]$ представляет собой разницу между возможной наработкой $W(N)t$ (если бы система не деградировала) и реальной T , совершенной деградирующей системой с заданным режимом \mathbf{t} за время t .

Из (2.30) видно, что стоимость от стратегии управления зависит от вектора \mathbf{t} , т. е. является функцией нескольких и с ростом t растущего числа переменных. Наряду с функционалом стоимости $S(t, \mathbf{t})$ удобно рассматривать также функционал

$$S(t, \mathbf{t})/t, \quad (2.31)$$

выражающий средние в единицу времени расходы, связанные с заданной стратегией управления при определенной функции деградации системы.

Иногда удобнее пользоваться функционалом вида

$$\lim_{t \rightarrow \infty} S(t, \mathbf{t}) = \sigma(\mathbf{t}), \quad (2.32)$$

который уже не зависит от времени и представляет собой достаточно хорошее приближение к средним расходам при заданной стратегии управления, когда система функционирует достаточно долго.

В рассматриваемой модели функционирования системы моменты выхода из строя отдельных ЭМ t_1, t_2, \dots, t_n предполагались известными, что в общей ситуации возможно только в процессе обработки реальных данных, производимом после окончания функционирования системы. Другими словами, вычисление функционалов $S(t, \mathbf{t})$, $S(t, \mathbf{t})/t$ в том виде, в каком они за-

писаны, возможно только после обработки результатов функционирования реальной системы. Причем так как моменты t_1, t_2, t_3, \dots случайны, то в другой раз при той же стратегии t значения $S(t, \mathbf{t}), S(t, \mathbf{t})/t$ будут принимать другие значения. Поэтому целесообразно говорить о средних потерях, связанных с той или иной стратегией управления. В (2.30) единственной случайной величиной является наработка системы T к моменту t , так как число восстановлений $l(t, \mathbf{t})$, предусмотренное режимом \mathbf{t} , заранее задано. Так как до момента t было произведено определенное число восстановлений, возвращающих систему на исходный уровень производительности $W(N) = NW$, то наработка будет складываться из отдельных наработок, произведенных системой на интервалах между соседними восстановлениями $T = T_1 + T_2 + \dots + T_i + \dots + T_n$, где T_i — наработка системы на время $\bar{t}_i - \bar{t}_{i-1}$, \bar{t}_i, \bar{t}_{i-1} — моменты i -го и $i-1$ -го восстановления.

Средняя наработка до момента t будет равна $E[T] = \sum_{i=1}^n E[T_i]$, где $E[T]$ — оператор математического ожидания.

Средняя стоимость от стратегии управления \mathbf{t} будет равна $E[S(t, \mathbf{t})] = l(t, \mathbf{t}) C_1 + C_2 [W(N)t - E(T)]$. (2.33)

Аналогично вычисляются средние расходы в единицу времени, которые в бесконечности будем называть средней стоимостью эксплуатации системы в единицу времени.

В качестве критерия оптимальности длительности периода между восстановлениями работоспособности системы целесообразно рассматривать минимум средней стоимости от стратегии управления, т. е. требуется найти стратегию $\mathbf{t} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$, доставляющую минимум функционалу $E[S(t, \mathbf{t})]$ на интервале $[0, t]$.

Для того чтобы вычислить явный вид функционала (2.33), необходимо определить $E[T]$ в любой момент времени. На этом этапе решения будем считать, что функция, определяющая среднюю наработку системы к моменту t , нам известна $F(t) = E[T(t)]$. Тогда задача минимизации приобретает следующий вид: требуется найти стратегию $\mathbf{t}^0 = (t^0_1, t^0_2, \dots, t^0_n)$, такую, что

$$E[S(t, \mathbf{t}^0)] = \min \{E[S(t, \mathbf{t})]\}, \quad t \in \theta, \quad (2.34)$$

где θ — пространство векторов \mathbf{t} , размерность которых не фиксирована и может изменяться в некоторых пределах (эти пределы грубо могут быть определены из сравнения стоимости единицы наработки C_2 и стоимости проведения одного восстановления C_1).

Введем некоторые ограничения на возможные стратегии управления, вытекающие из практических соображений: предположим, что промежутки времени между очередными восстановлениями системы постоянны и равны $t_{i+1} - t_i = \tau = \text{const}$; будем считать, что интервал времени эксплуатации системы кратен τ ,

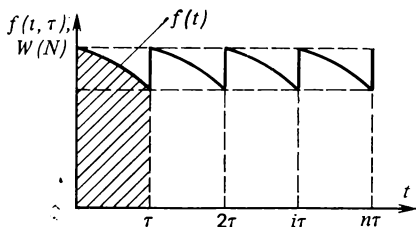


Рис. 2.10. Однородная стратегия управления

т. е. на интервале $[0, t]$ укладывается целое число периодов восстановления, t/τ — целое число.

Ограничения, несомненно, упрощают исходную задачу и являются оправданными с точки зрения практической реализации — обслуживание системы происходит регулярно, через равные интервалы времени.

Второе ограничение можно снять, если минимизировать функционал вида (2.33), так как переход к пределу и взятие верхнего предела, делают несущественным требование кратности интервала функционирования системы периоду τ . Введенные ограничения позволяют произвести поиск оптимальной стратегии t в классе однородных, т. е. тех, времена между восстановлениями в которых постоянные.

На рис. 2.10 представлена реализация однородной стратегии $t = (\tau, 2\tau, \dots, n\tau)$. Из рисунка видно, что средняя наработка системы за t равна сумме n заштрихованных площадей, ограниченных кривой $f(t)$, осями координат и прямой $t = \tau$. Функцию $f(t)$ назовем *функцией деградации системы*, которая представляет собой среднюю эффективную производительность системы во времени. С учетом обозначений на рис. 2.10 средняя наработка системы к моменту t будет равна

$$E[T(t)] = \frac{t}{\tau} \int_0^{\tau} f(t) dt, \quad (2.35)$$

где t/τ — число сделанных восстановлений, а стоимость однородной стратегии

$$E[S(t, \tau)] = \frac{tC_1}{\tau} + [W(N)t - \frac{t}{\tau} \int_0^{\tau} f(t) dt] C_2. \quad (2.36)$$

Как видно из рис. 2.10, функционал $E[S(t, \tau)]$, подлежащий минимизации, зависит только от одной переменной τ (при фиксированном интервале t). Оптимальный период восстановления системы, а тем самым оптимальную стратегию управления t_0 находим среди корней уравнения

$$E[S(t, \tau)]_{\tau} = 0. \quad (2.37)$$

Дифференцируя (2.34) по τ , получаем уравнение для определения оптимального периода восстановления (периода между профилактиками) — $\frac{t}{\tau_2} C_1 + C_2 \left[\frac{t}{\tau_2} \int_0^{\tau} f(t) dt - \frac{t}{\tau} f(\tau) \right] = 0$ или после сокращения на t и умножения на τ^2 имеем

$$-C_1 + C_2 \left[\int_0^{\tau} f(t) dt - \tau f(\tau) \right] = 0. \quad (2.38)$$

Корень уравнения (2.39) после подстановки в него конкретной функции деградации системы является оптимальным периодом восстановления при профилактическом режиме.

Найдем оптимальный период восстановления при замене только отказавших ЭМ. Для этого рассмотрим случай, при котором в момент восстановления заменяются не все, а только отказавшие ЭМ. Стоимость одного восстановления системы будет тогда пропорциональна числу отказавших к моменту замены ЭМ, т. е. $C_B = (N - j) C_M$, где N — число ЭМ; j — число исправных машин в момент восстановления; C_M — стоимость замены одной ЭМ. Следовательно, (2.31) можно записать в виде

$$S(t, t) = \sum_{i=1}^{l(t, t)} (N - K_i) C_M + C_2 [W(N)t - T], \quad (2.39)$$

где K_i — число отказавших за $\bar{t}_i - \bar{t}_{i-1}$ ЭМ.

В функционале стоимости (2.39) появилась еще одна случайная величина — число неисправных машин за время между восстановлениями. Переходя в (2.39) к средним потерям, получаем

$$E[S(t, t)] = E \left[\sum_{i=1}^{l(t, t)} (N - K_i) C_M \right] + C_2 [W(N)t - E(T)]. \quad (2.40)$$

Сохраняя сделанные нами ограничения на возможные стратегии управления t , поиск оптимального периода восстановления будем также искать в классе однородных. Первое слагаемое (2.40) равно

$$E \left[\sum_{i=1}^{l(t, \tau)} (N - K_i) C_M \right] = l(t, \tau) C_M E(N - K_i) = \frac{t}{\tau} C_M z(\tau), \quad (2.41)$$

где $z(\tau)$ — среднее число неисправных машин за время между восстановлениями (предположим, что эта функция нам известна). С учетом (2.34) и (2.41) средняя стоимость однородной стратегии выражается функционалом

$$E[S(t, \tau)] = \frac{t}{\tau} C_M Z(\tau) + \left[W(N)t - \frac{t}{\tau} \int_0^{\tau} f(t) dt \right] C_2. \quad (2.42)$$

Так же как и в предыдущем случае, оптимальный период восстановления ищем среди корней уравнения (2.38). Дифференцируя (2.43) по τ , получаем уравнение для оптимального τ :

$$\left[-\frac{t}{\tau^2} Z(\tau) + \frac{t}{\tau} Z'(\tau) \right] C_M + C_2 \left[\frac{t}{\tau^2} \int_0^{\tau} f(t) dt - \frac{t}{\tau} f(\tau) \right] = 0$$

или после преобразований окончательно имеем

$$[\tau Z'(\tau) - Z(\tau)] C_M + C_2 \left[\int_0^{\tau} f(t) dt - \tau f(\tau) \right] = 0. \quad (2.43)$$

Для окончательного решения уравнений (2.42) и (2.43) необходимо иметь вид функции деградации $f(t)$ и функции среднего числа неисправных машин $Z(t)$.

Найдем функцию деградации и функцию среднего числа неисправных машин. Функция $f(t)$ — функция деградации для УКВ, состоящего из N элементарных машин в каждый момент времени, в среднем пропорциональна числу работающих к этому времени машин, т. е.

$$f(t) = \omega \sum_{j=1}^N (N-j) P_j(t), \quad (2.44)$$

где ω — эффективная производительность одной ЭМ; j — число исправных машин в системе; $P_j(t)$ — вероятность того, что система в момент $t \geq 0$ находится в состоянии $j \in S$, $S = \{j | j = \overline{0, N}\}$ — пространство состояний системы.

Обозначим $\sum_{j=1}^N j P_j(t) = m(t)$ — математическое ожидание числа отказавших машин к моменту t . Оказывается, для $m(t)$ удается составить дифференциальное уравнение, которое существенно упрощает весь алгоритм расчета оптимального периода профилактики.

Для составления уравнения воспользуемся известной системой дифференциальных уравнений. Для вероятностей состояний деградирующего УКВ имеем

$$\begin{aligned} P'_0(t) &= -N\lambda P_0(t); \\ P'_1(t) &= -(N-1)\lambda P_1(t) + N\lambda P_0(t); \\ P'_2(t) &= -(N-2)\lambda P_2(t) + (N-1)\lambda P_1(t); \\ &\vdots \\ P'_k(t) &= -(N-k)\lambda P_k(t) + (N-k+1)\lambda P_{k-1}(t); \\ P'_N(t) &= \lambda P_{N-1}(t), \end{aligned} \quad (2.45)$$

где λ — интенсивность отказов. Преобразуем (2.45), воспользовавшись тем, что $\sum_{k=0}^N k P_k(t) = m(t)$, а $m'(t) = \sum_{k=0}^N k P'_k(t)$. Отсюда получим следующее дифференциальное уравнение:

$$m'(t) = N\lambda - \lambda m(t). \quad (2.46)$$

Получили простейшее линейное дифференциальное уравнение, начальное условие имеет вид $m(0) = 0$. Решая его, имеем

$$m(t) = N(1 - e^{-\lambda t}). \quad (2.47)$$

Из (2.47) можно получить среднее число подлежащих восстановлению машин в момент t . Оно совпадает с $m(t)$, т. е. восстановлению подлежат машины, которые к этому моменту отказали.

В наших предположениях (интенсивность отказов постоянна и равна λ , число машин N) функционал (2.42) приобретает вид (считаем также, что при очередной профилактике восстанавливаются все, а не только отказавшие элементы)

$$E[S(t, \tau)] = C_1 q N T (1 - e^{-\lambda \tau}) / \lambda \tau - T C_2 / \tau, \quad (2.48)$$

где T/τ определяет число профилактик на интервале T , когда интервал равен τ . Если продифференцировать выражение по τ , то получим

$$E'[S(t, \tau)] = (\lambda e^{-\lambda \tau} C_1 q N \tau - C_1 q N + C_1 q N e^{-\lambda \tau} + C_2 \lambda) / \tau^2 = 0. \quad (2.49)$$

Тогда τ_0 , задающее оптимальный интервал между профилактиками, определяется из уравнения

$$e^{-\lambda \tau} (\lambda \tau + 1) C_1 q N / \lambda = C_1 q N / \lambda - C_2. \quad (2.50)$$

Очевидно, что решение (2.51) не зависит от T .

Уравнение (2.50) допускает точное решение только численным методом. Однако при малых λ можно сделать следующие приближения $e^{-\lambda \tau} \approx 1 - \lambda \tau$, тогда (2.51) примет следующий приближенный вид:

$$(1 - \lambda^2 \tau^2) C_1 q N / \lambda = C_1 q N / \lambda - C_2. \quad (2.51)$$

Обозначим $C_1 q N / \lambda \approx Q(\lambda)$, тогда (2.51) допускает приближенное решение $\tau = \sqrt{C_2 / Q(\lambda)} / \lambda$.

Представляет интерес и точное, полученное методом половинного деления решение (2.51). На рис. 2.11 приведены зависимости τ от значения Q .

Представим 2.49 в виде

$$E[S(t, \tau)] = T [N (1 - e^{-\lambda \tau}) (q C_1 / \lambda - C_3) - C_2] / \tau.$$

Если обозначить $q C_1 / \lambda - C_3 = R(\lambda)$, то

$$E[S(t, \tau)] = T [N (1 - e^{-\lambda \tau}) R(\lambda) - C_2] / \tau. \quad (2.52)$$

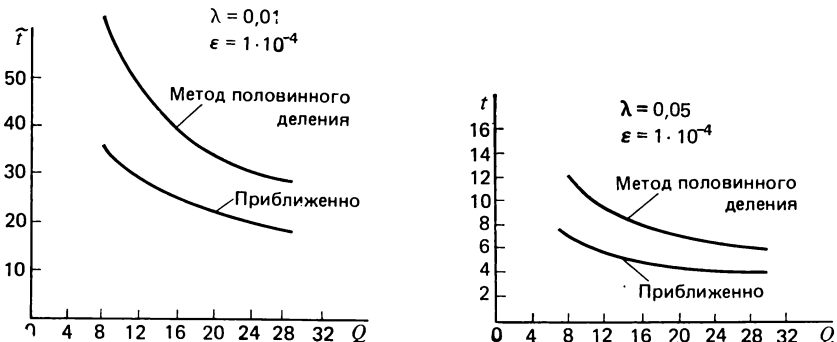


Рис. 2.11. Численные результаты расчетов стратегии

Тогда

$$E' [S(t, \tau)] = T [NR(\lambda) \lambda e^{-\lambda\tau} \tau - N(1 - e^{-\lambda\tau}) R(\lambda) + C_2] / \tau^2$$
 и уравнение для нахождения оптимального τ :

$$[NR(\lambda) \lambda\tau + NR(\lambda)] e^{-\lambda\tau} + C_2 - NR(\lambda) = 0. \quad (2.53)$$

В более удобной форме (2.53) имеет вид

$$NR(\lambda) (\lambda\tau + 1) e^{-\lambda\tau} = NR(\lambda) - C_2. \quad (2.54)$$

\bar{B} (2.54) $NR(\lambda)$ играет роль $Q(\lambda)$ в (2.51).

Таким образом, решения (2.54) могут быть получены так же, как и в (2.51). Графики зависимости оптимального τ от $Q(\lambda)$ и от $NR(\lambda)$ совпадают. Действительно, $NR(\lambda) = N(qC_1/\lambda - C_2)$, а $Q(\lambda) = NqC_1/\lambda$. Таким образом, если N_1qC_2 и λ для двух режимов работы одинаковы, то в случае восстановления только отказавших элементов требуется большой интервал между профилактиками.

Глава 3.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АСТЭ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОЭВМ

3.1. СОСТАВ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АПК «СВЯЗЬ»

Технические средства АСТЭ особенно нижнего уровня, могут быть реализованы двумя путями. Один из них состоит в разработке для каждого вида АСТЭ специализированных КТС, предназначенных для решения задач автоматизации процессов контроля первичной сети, вторичных сетей и т. д. В качестве элементной базы целесообразно применение микропроцессорных средств. Такой путь ведет к созданию широкого набора технических средств, выпускаемых малыми сериями, что существенно затруднит эксплуатацию всех этих средств.

Возможен другой подход — создание общего для всех АСТЭ вычислительного ядра и адаптация этого ядра к конкретным АСТЭ с помощью специализированных интерфейсов и прикладного программного обеспечения. Вычислительное ядро и интерфейсные модули в этом случае также строятся на основе микропроцессорных комплектов. Основу вычислительного ядра составляет ИКБ.

В качестве ИКБ могут быть использованы серийные персональные либо управляющие микроЭВМ. При выборе типа серийной микроЭВМ следует иметь в виду, что в настоящее время все микро- и персональные ЭВМ могут быть разделены на

две группы в зависимости от использованного при их построении типа микропроцессорного набора. К одной группе относятся персональные и микроЭВМ, программно совместимые с «Электроникой 60» и построенные на микропроцессорах типов К-581; К-1801, 1802, 1803; К-588. Данные микроЭВМ совместимы снизу с СМ 4, СМ 1420, СМ 1300. Вторую группу составляют персональные и микроЭВМ, берущие свое начало от микропроцессорного комплекта К-580 и его модификаций К-1810.

К ним относятся: КТС ЛИУС-2, К1-20, К1-30, К1-50, ЕС-1841, «Искра 1030», СМ 1800. При разработке отдельных БКМ интерфейсов желательное применение таких же микропроцессорных комплектов, на которых построено вычислительное ядро.

Применение серийно выпускаемых микроЭВМ для АСТЭ связи не всегда целесообразно, поэтому возможно изготовление как вычислительного ядра, так и в целом КТС в соответствии с требованиями техники связи. Примером такого комплекса технических средств является аппаратно-программный комплекс (АПК) «Связь», создаваемый специалистами отрасли.

Состав устройств, входящих в структурную схему ИКБ АПК «Связь» (рис. 3.1), их обозначение и соответствие конструктивным модулям представлены в табл. 3.1. Все аппаратные средства ИКБ совместимы по логическому, конструктивному и электрическому признакам и в дальнейшем определяются как модули. Управление модулями осуществляется через общие наборы проводников, составляющие магистрали или шины. В составе периферийного комплекса предусмотрены магистраль системная, объединяющая модули центрального оборудования, и магистрали локальные, объединяющие модули периферийного оборудования.

В качестве логического прототипа системной магистрали периферийного комплекса использована магистраль микроЭВМ «Электроника 60» с адресным пространством 64 Кбайта. Как магистрально-модульная система ИКБ обеспечивает возмож-

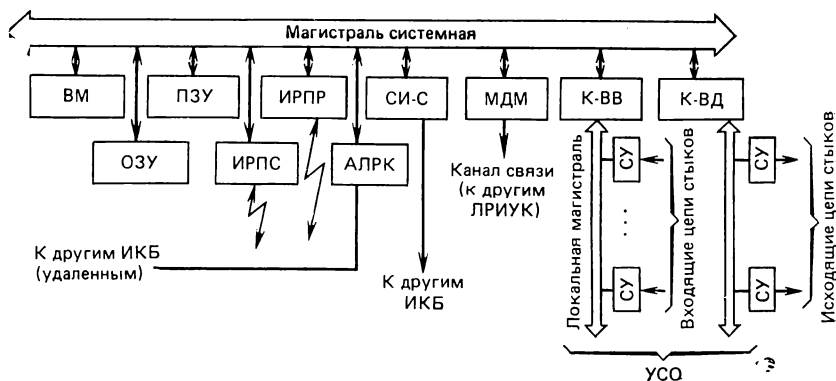


Рис. 3.1. Структурная схема ИКБ АПК «Связь»

Состав модулей АПК «Связь»

Устройство	Назначение	Вид конструктивного модуля
Вычислительный модуль	Центральный процессорный элемент	БКМВ
ОЗУ	Оперативное запоминающее устройство	БКМФ
ПЗУ	Постоянное запоминающее устройство	БКМФ
ИРПР	Интерфейс радиальный параллельный	БКМО (БКМИ)
ИРПС	Интерфейс радиальный последовательный (связь со стандартными внешними устройствами, средствами общения)	БКМО (БКМИ)
СИ	Системный интерфейс для объединения БКМ в коллектив (сосредоточенный)	БКМИ
АЛРК	Адаптер локально распределенного коллектива	БКМИ
МДМ	Модуль модема	БКМС
К-ВВ	Контроллер ввода	БКМФ
К-ВД	Контроллер вывода	
СУ	Согласующее устройство	

ность создания наборов средств, отвечающих требованиям широкого круга потребителей. Такие наборы средств определяются в дальнейшем как технические конфигурации. ИКБ является открытой системой средств, которая может при необходимости дополняться базовыми средствами и средствами, удовлетворяющими специфические требования отдельных групп потребителей.

Вычислительный модуль АПК — центральный элемент любой конфигурации средств, обеспечивает все виды программной обработки информации и управления комплексом в целом, а также: полную программную совместимость с микроЭВМ типа «Электроники 60», организацию системной магистрали; быстроедействие при выполнении команд типа «Сложение» и регистровом методе адресации — не менее 500 тыс. оп/с; два уровня прерывания; один уровень запросов прямого доступа к памяти.

Основой ВМ является однокристалльный микропроцессор (К-1801 ВМ1), в перспективных модификациях предполагается использование усовершенствованных микропроцессоров (К-1801 ВМ2 и ВМ3), дополненных внешними согласующими схемами. Схемотехнические решения ВМ в основном соответствуют устройству МС-1201 (одноплатной микроЭВМ «Электроника НЦ 80-20»).

Оперативное и постоянное запоминающие устройства (ОЗУ и ПЗУ) — средства хранения программы, постоянных и переменных данных.

По способу использования адресного пространства магистрали предусмотрено три типа запоминающих устройств (ЗУ): прямой адресации; страничные; подключаемые на правах внешних устройств (внешние).

Для технологических конфигураций обеспечивается возможность комплектации средствами хранения информации в следующих объемах: до 56 Кбайт модулями ЗУ прямой адресации; 256 Кбайт модулями страничных ЗУ; 1024 Кбайт модулями внешних ЗУ.

Емкость модулей ЗУ составляет: 16 Кбайт для ЗУ прямой адресации и 32 Кбайт для страничных и внешних ЗУ. Адресация для всех типов ЗУ обеспечивается с точностью до байта.

Страничные ЗУ организуются при выделении для них областей адресного пространства системной магистрали (8 Кбайт — «окно» страничного ЗУ). Обмен с модулями внешних ЗУ выполняется с автоинкрементной адресацией предварительно установленного адреса.

Средствами оперативной и постоянной памяти с точностью до 8 Кбайт для ЗУ прямой адресации и с точностью до модуля для ЗУ других типов обеспечивается возможность произвольной комплектации. Постоянные ЗУ обеспечивают возможность электрической перезаписи информации. Оперативные ЗУ прямой адресации обеспечивают сохранность информации при отказах электропитания в течение суток. Такая возможность обеспечивается за счет применения микросхем памяти серии К537, выполненных по КМОП-технологии. Элементной базой постоянных ЗУ являются микросхемы серии К573.

В состав базового комплекта средств АПК входят модули параллельного (ИРПР) и последовательного (ИРПС) интерфейсов, которые предназначены для организации обмена периферийного комплекса с устройствами ввода-вывода (УВВ) и верхними звеньями АСТЭ.

Модуль параллельного интерфейса используется для радиального подключения УВВ с параллельной передачей информации и обеспечивает нормальную работу при длине кабеля связи с УВВ до 15 м.

Модуль последовательного интерфейса используется для радиального подключения УВВ с последовательной передачей информации и обеспечивает: обмен информацией по четырехпроводной физической линии на стандартных скоростях 50—9600 бод; нормальный обмен с УВВ на расстоянии до 500 м на скорости 9600 бод и на расстоянии до 20 км — 50 бод.

Схемотехника модулей интерфейсов определяется специализированными большими интегральными микросхемами К-1801 ВП1 модификаций 33, 34, 35.

Модули системных интерфейсов (рис. 3.2 и 3.3) обеспечивают объединение базовых конструктивных модулей в сосредото-

точные (СИ-С в пределах стойки) и локальнораспределенные (АЛРК в пределах здания) УВК.

Модуль СИ-С позволяет: объединять до 16 ИКБ в управляющий коллектив с помощью высокоскоростного параллельного системного канала; передавать информацию между ИКБ на скорости до 120 Кбайт/с; осуществлять режимы обмена информацией индивидуальной и трансляционной (один ИКБ передает всем ИКБ, подключенным к системному каналу); реализо-

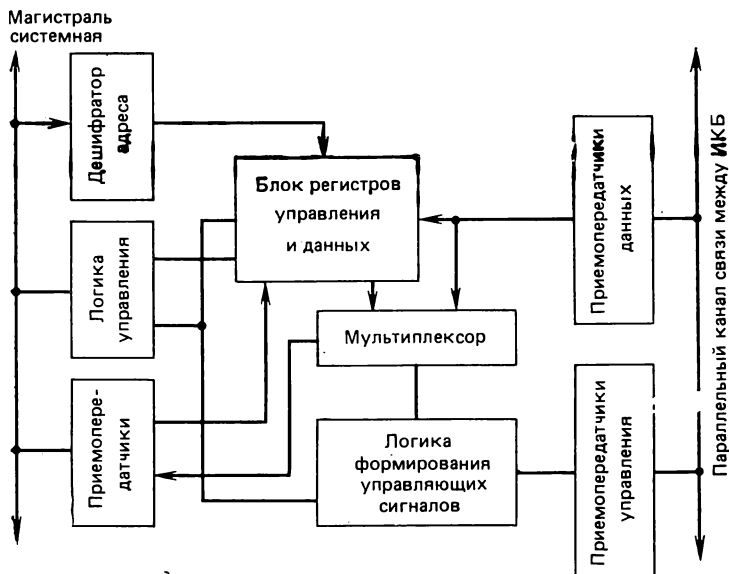


Рис. 3.2. Модуль СИ — С

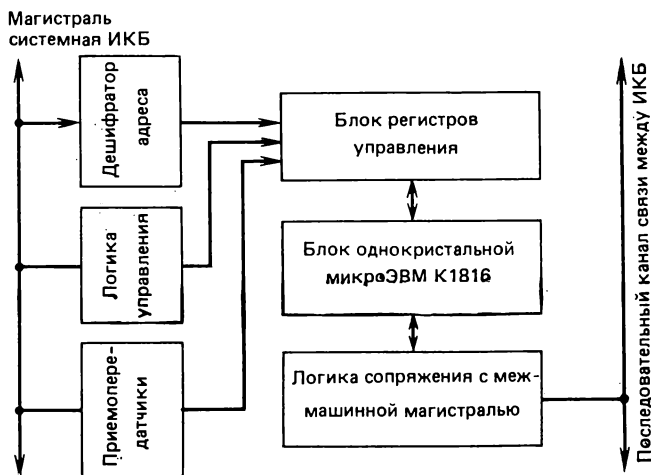


Рис. 3.3. Модуль АЛРК

вать системные операции «Обмен», «Обобщенный условный переход», «Обобщенный безусловный переход», что обеспечивает объединения ресурсов ИКБ при решении сложных задач и реконфигурацию при отказах отдельных ИКБ. Подробно отдельные разновидности СИ-С описаны в [20].

Модуль АЛРК обеспечивает: объединение до 24 ИКБ в управляющий коллектив с помощью шестипарного кабеля типа ТПП; передачу информации между ИКБ в последовательном коде на скорости до 9600 бит/с; удаление ИКБ друг от друга на расстояние до 1 км; режимы обмена информацией и реализация системных операций, такие, как у модуля СИ-С.

Модули системных интерфейсов построены с применением микросхем малой и средней степени интеграции, а модуль АЛРК — с применением однокристалльной микроЭВМ К-1816 ВЕ 035 (рис. 3.2 и 3.3).

Модули устройств сопряжения с объектом (УСО) предназначены для контроля и регистрации процессов функционирования оборудования объектов связи и для управления объектом. Для сопряжения с оборудованием первичной сети применяются модули МТС и однородные УСО-ЛАЦ (рис. 3.4), которые отличаются повышенной надежностью из-за подключения датчиков одновременно к двум ИКБ. Достоинством УСО является также простота реализации, обеспечиваемая тем, что в качестве контроллеров ввода могут использоваться модули ИРПР.

Модуль однородного УСО обеспечивает следующие технические характеристики: число подключаемых двухпозиционных датчиков — до 1024 в одном блоке концентрации (БК); число блоков БК определяется числом модулей ИРПР; возможность вынесения блоков БК от ИКБ на расстояние до 60 м.

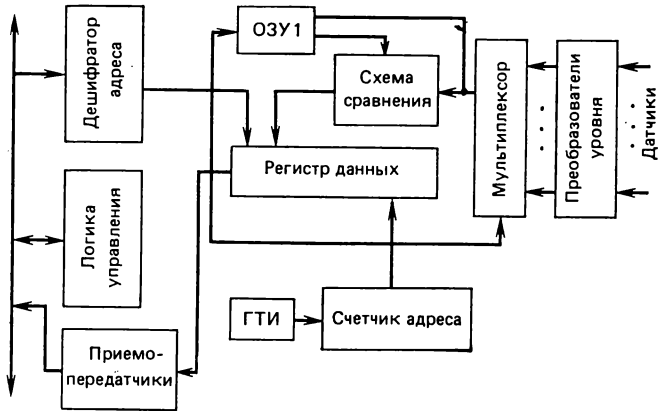
Этот модуль предназначен для создания систем оперативно-технического обслуживания и управления ЛАЦ СМП ЕАСС [20]

Модуль модема (МДМ) предназначен для связи ИКБ между собой и с ЭВМ вышестоящих уровней управления через выделенные телефоны каналы ТЧ и двух- и четырехпроводным окончанием и обеспечивает дуплексный режим работы со скоростью до 300 бис/с, прозрачный к скорости и формату передаваемых данных в соответствии с рекомендацией МККТТ 21. Модуль модема построен на базе однокристалльной микроЭВМ К-1816 ВЕ 35 и микропроцессоров К-580. Для объектов вторичных сетей ~~используется~~ УСО-ГТС типа устройства сбора дискретной информации (УСДИ).

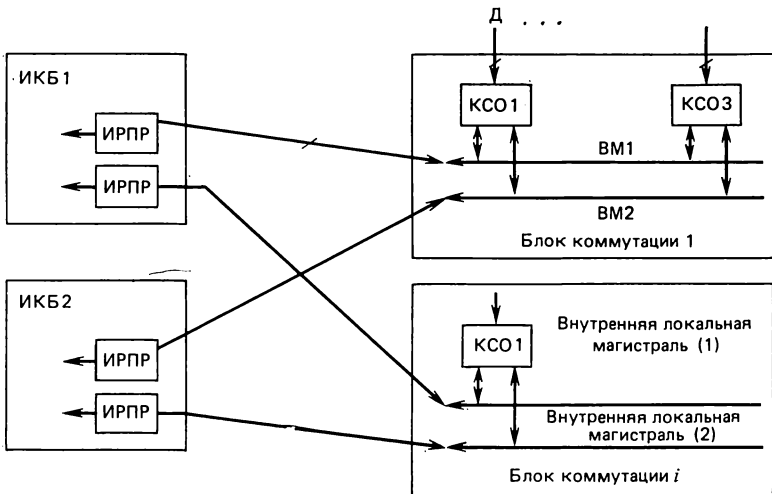
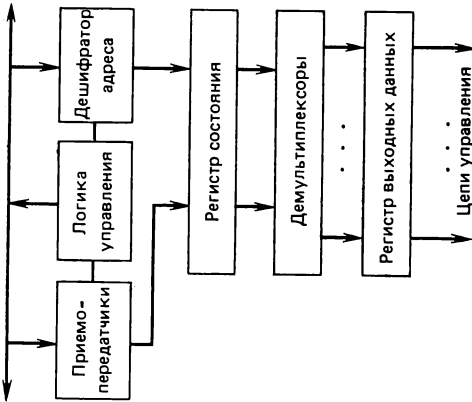
Следует отметить, что перечисленный набор модулей является базовым. Дальнейшее развитие АПК и внедрение средств АПК в новые системы автоматизации предполагают наращивание номенклатуры БКМ, удовлетворяющих требованиям конкретных технологических систем.

Основным конструктивным элементом АПК является печатная плата с размерами 220×233 мм (рис. 3.5), на которой раз-

Магистраль системная



Магистраль системная



мещаются все электронные элементы, а также два разъема типа СНП59. На один из них выводятся цепи внутримашинного интерфейса типа МПИ (ГОСТ 26765.51—86), на второй — цепи, предназначенные для межмодульных связей вне упомянутого интерфейса.

Каждый конструктивный модуль АПК размещается на одной печатной плате. Модули АПК собираются в общую корзину 320×258—385 мм, рассчитанную на 15 посадочных мест при условии, что шаг между модулями равен 20 мм. Такая корзина способна рассеять мощность, равную 25 Вт, без внешнего охлаждения. Корзины с модулями АПК (с реализацией для МТС-9) устанавливаются в специальный шкаф 410×984×434 мм, который способен рассеять мощность, равную 50 Вт, в диапазоне рабочих температур 0—4°С. Общий конструктив АПК выполнен таким образом, что высота изделия может быть доведена до стандартного размера стойки — 2600 мм.

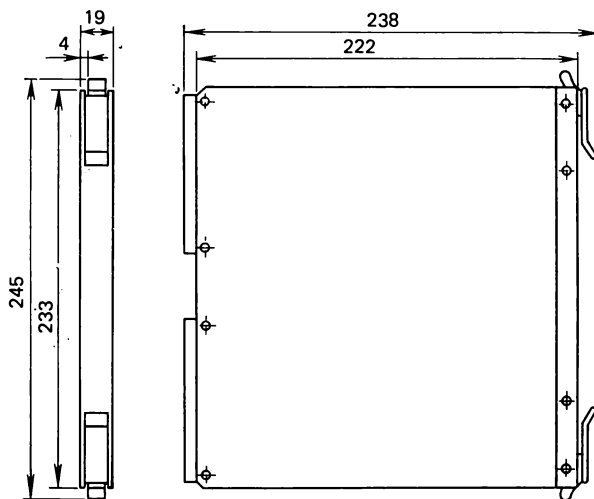


Рис. 3.5. Общий вид платы АПК «Связь»

3.2. ТИПОВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

Сопряжение отдельных ВМ в ядро, а также сопряжение вычислительного ядра с объектами контроля и управления осуществляются с помощью БКМ, называемых интерфейсами. Они обеспечивают как физическое, так и программное сопряжение. Межмодульные интерфейсы вычислительного ядра сосредоточенного типа достаточно подробно описаны в [20], поэтому ос-

Рис. 3.4. Модули ОУСО — ЛАЦ



тановимся в основном на интерфейсах с внешними объектами и ряде др.

Особенностью интерфейсов, применяемых в технике связи, является необходимость сопряжения с большим числом точек контроля, при этом разнообразие самих типов точек контроля невелико.

В качестве точек контроля используются, как правило, цепи +60, +24В и «Земля». Рассмотрим некоторые примеры реализации подобных интерфейсов.

Устройства сбора дискретной информации для ГТС. Специалистами МГТС [23] разработан оригинальный интерфейс — УСДИ. Это устройство предназначено для сбора и предварительной обработки информации с двухпозиционных датчиков и передачи полученных данных в мини- или микроЭВМ, имеющие интерфейсные устройства параллельного обмена 16-разрядными словами (16р ИРПР). Предусмотрена работа УСДИ со следующими интерфейсными устройствами: контроллер К5-ОСМ (мини-ЭВМ СМ-3, СМ-4, микроЭВМ СМ-1300); устройство параллельного обмена И2 (15КС-180-032) для микроЭВМ («Электроника НЦ-80-20», «Электроника 60»).

Устройство сбора допускает подключение до 8064 двухпозиционных датчиков (*D*). Датчики подключаются к модулям коммутационным (МК) — до 126 на модуль. Максимально возможное число МК в УСДИ — 64.

Датчики должны удовлетворять условию — минимальная длительность сигнала уровня логического нуля и логической единицы — 20 мс. При этом обеспечивается работа УСДИ без потерь информации об изменении состояния. Принято, что замкнутый ключ соответствует логическому нулю, разомкнутый — логической единице. Цикл опроса датчиков не более 20 мс вне зависимости от их числа. В микроЭВМ передается информация только об изменении состояния датчиков и момента изменения с точностью до 20 мс. Одно устройство УСДИ может функционировать в составе многомашинного комплекса. При этом необходимо наличие программируемых буферов в количестве, равном числу обслуживаемых ЭВМ. Максимальное число обслуживаемых ЭВМ — 8.

Структурная схема УСДИ приведена на рис. 3.6, в состав которого входят: несколько МК; модуль коммутационный с гальванической развязкой (МКГР); логическое устройство (ЛУ); программируемые буферы (ПБ).

Интерфейс УСДИ состоит из двух функциональных групп устройств: мультиплексирования — модулей коммутационных и МКГР, и устройств, выполняющих функции связи с ЭВМ и управления устройствами мультиплексирования, — ПБ и ЛУ.

В УСДИ использован принцип периодического опроса — сканирования с помощью МК и МКГР с циклом опроса 20 мс. Информация о текущем состоянии датчика поступает в ЛУ, где производится сравнение данной информации о состоянии дат-

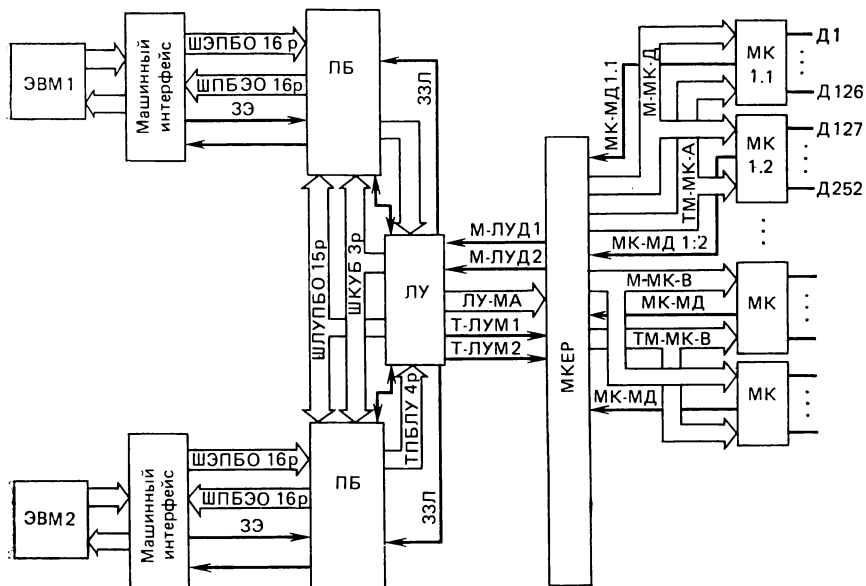


Рис. 3.6. Структурная схема устройства сбора дискретной информации

чиков в предыдущем цикле опроса. Если произошло изменение состояния датчиков, то ЛУ формирует слово типа 1, содержащее информацию об адресе данного и его новом состоянии. Если изменение состояния не произошло, то ЛУ не формирует информационное слово типа 1. Аналогично формируется тестовое сообщение о неработоспособности МК и (или) неисправности линий связи ЛУ—МКГР—МК при опросе тестовых точек. Для этого каждый МК содержит устройство, имитирующее подачу на первый тестовый вход модуля сигнала логического нуля при опросе точки с восьмеричным адресом $N/200$, где $N = 0, 1, \dots, 378$. При опросе точек с адресами $N/200 + 177$ устройство имитирует подачу на второй тестовый вход модуля сигнала логической единицы. Если при опросе тестовой точки в ЛУ не поступает соответствующий сигнал, то это свидетельствует о неисправности МК (или его отсутствии) либо о неисправности линий связи. ЛУ формирует также информационное слово типа 2 в начале каждого цикла опроса, датчиков, являющееся временной меткой. Таким образом, за один цикл опроса формируется кадр, содержащий информацию об изменении состояния датчиков и диагностическую информацию о неисправности МК. Последовательность подобных кадров позволяет полностью восстановить временную диаграмму изменения состояния датчиков. Предусмотрены восемь режимов работы УСДИ—режим сбора информации, пять тестовых режимов и два служебных режима. Режимы программно задаются ЭВМ.

Режим сбора информации — опрос, датчиков, формирование информационных слоев типа 1—2 и их запись в программируемый буфер.

Тестовый режим 1 — с выходов всех МК постоянно поступает сигнал логической единицы.

Тестовый режим 2 — с выходов всех МК поступает постоянно сигнал логического нуля.

Тестовый режим 3 — независимо от сигналов, поступающих из МК, непосредственно на вход ЛУ подается сигнал логической единицы.

Тестовый режим 4 независимо от сигналов, поступающих из МК, непосредственно на вход ЛУ подается сигнал логического нуля.

Тестовый режим 5 используется для проверки работоспособности программируемого буфера. При этом ПБ записывает и выдает информацию, поступающую только от ЭВМ.

Два служебных режима применяются для выбора опрашиваемых точек, т. е. для разрешения или запрещения накопления в ПБ информации от определенных контрольных и тестовых точек и меток времени.

Использование тестовых режимов 1—5 в различной последовательности позволяет программно производить глубокую диагностику УСДИ, причем отключение УСДИ от контролируемого технологического оборудования не требуется, что значительно упрощает процесс диагностики.

Программируемый буфер представляет собой достаточно сложное устройство, содержащее следующие узлы: буферы управляющих сигналов, мультиплексор адреса запоминающего устройства программируемого буфера (ЗУПБ), мультиплексор данных ЗУПБ, запоминающие устройства запрета анализа (ЗУЗА и ЗУПБ), выходной регистр, формирователь режима, логика записи-считывания ЗУ.

Программируемый буфер предназначен для записи и хранения информации, сформированной ЛУ. Программно можно запретить информацию о любой контрольной точке в ПБ и сократить объем информации, поступающей в ЭВМ. Для этого имеется ЗУЗА, предназначенное для программного ограничения потока информации, поступающего из ЛУ в ПБ. Запись информационных слов производится в ячейки ЗУПБ последовательно. Такая последовательность записей образует «текущий лист» записей с соответствующей меткой листа (МЛ), что позволяет однозначно определить запись, сделанную последней. Подобная организация ПБ позволяет организовать взаимодействие УСДИ с ЭВМ в асинхронном режиме. При этом допускается значительный интервал между записью информации в буфер и считыванием из него. Максимально допустимый интервал при фиксированном размере ЗУПБ зависит от интенсивности потока поступающей информации.

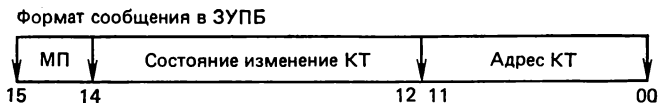


Рис. 3.7. Формат сообщений ЗУПБ

Основным режимом работы ПБ является запись информации, поступающей из ЛУ в буфер, и считывание информации из буфера в ЭВМ. Формат сообщений, хранящихся в ЗУПБ, приведен на рис. 3.7. Содержимое разрядов 00—14 совпадает с сообщением, поступающим от ЛУ. Разряд 15 формируется следующим образом. При записи очередного сообщения в ЗУПБ содержимое разряда МЛ равно содержимому аналогичного разряда предыдущей ячейки. После записи в последнюю ячейку ЗУПБ следующее сообщение записывается в нулевую ячейку ЗУПБ, при этом изменяется состояние разряда МЛ на противоположное. Таким образом, в каждый момент можно однозначно определить слово, записанное в ЗУПБ последним — все ячейки с меньшими адресами имеют содержимое МЛ, равное МЛ данного слова, и все ячейки с большими номерами — противоположное.

Информация в ЗУЗА представляет собой бит, записанный по адресу, соответствующему адресу проверяемой пары датчиков. Нулевое состояние этого бита соответствует разрешению записи информации об изменении состояния, единичное — запрещение. Формат слова запроса ЭВМ представлен на рис. 3.8.

Разряды 00—11 используются для задания адреса ячейки памяти ЗУПБ или ячейки (разряда) памяти ЗУЗА. Разряды 12—14 задают код режима.

При записи информации в ПБ из ЛУ по шине «Логическое устройство — программируемый буфер данных» (ШЛУПБЛ) поступают данные и сигнал запроса записи. Одновременно по шине «Команды управления буфером» (ШКУБ) поступают управляющие сигналы.

При считывании информации из ПБ в ЭВМ интерфейсное устройство выставляет на шине «ЭВМ — программируемый буфер данные» (ШЭПБД) запрос, содержащий адрес считываемой ячейки ЗУПБ, который сопровождается сигналом запроса ЭВМ.

Проанализировав состояние разряда МЛ, ЭВМ определяет, является ли считанное слово последним, если нет — ЭВМ считывает следующее слово из ЗУПБ с адресом на единицу боль-

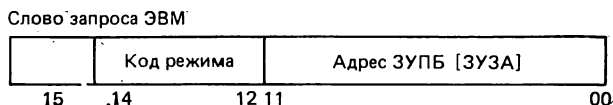


Рис. 3.8. Формат слова запроса

ше, если да, то ЭВМ переходит к выполнению других программ. Подобная организация позволяет отказаться от строгой синхронизации между моментами записи информации в ПБ и считывания ее в ЭВМ, т. е. ЭВМ следит за движением МЛ в ЗУПБ. Работа ПБ в тестовых режимах 1—4 аналогична описанной в предыдущем пункте, за исключением того, что в тестовых режимах формирователь режима вырабатывает и передает в ЛУ один из сигналов тестового режима.

Логическое устройство, входящее в УСДИ, выполняет следующие функции: формирование адреса контролируемых датчиков, сравнение текущего состояния двух датчиков с состоянием, зафиксированным на предыдущем цикле сканирования; формирование сообщения об изменении состояния датчиков и их адреса; формирование сообщения о начале каждого цикла сканирования — временная метка; формирование управляющих сигналов для работы ЛУ и ПБ. Кроме основных функций ЛУ выполняет также текущую диагностику работоспособности МК и функционирование в тест режиме по командам, поступившим от ЭВМ.

Функциональная схема ЛУ изображена на рис. 3.9. В состав ЛУ входят: генератор тактовых импульсов (ГТИ); формирователь адреса (ФА); формирователь временных меток (ФВМ); формирователь управляющих сигналов (ФУС); формирователь сообщения (ФС); память предыдущего состояния (ППС); схема сравнения с предыдущим состоянием (ССПС); определитель тестовых точек (ОТТ).

В процессе функционирования ГТИ формирует две последовательности тактовых импульсов, полученных от одного задающего генератора, входящего в состав ГТИ: последовательность тактовых импульсов управления T_y и последовательность тактовых импульсов адреса — T_a : $T_a = 5T_y$; $T_y = 1/F_{з.г.}$, где $F_{з.г.}$ — частота задающего генератора.

В соответствии с частотой следования тактовых импульсов адреса ФА последовательно формирует адреса опрашиваемых (0—4096). После формирования очередного адреса датчика ФУС с задержкой $3,5 T_y$ формирует сигнал A длительностью $0,5 T_y$, по фронту которого фиксируются данные от выбранных контрольных точек и результат сравнения их с предыдущим состоянием в ССПС. Через $4T_y$ ФУС формирует сигнал длительностью

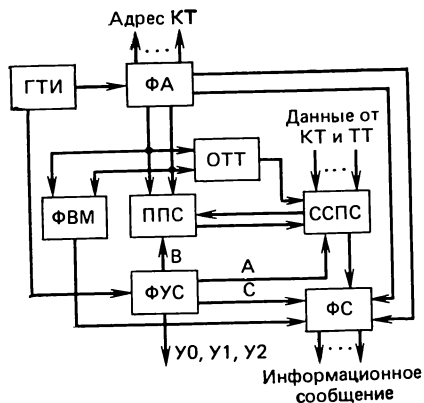


Рис. 3.9. Функциональная схема логического устройства

ностью $0,5 T_y$ (сигнал B), при появлении которого происходит запись в ППС информации, поступившей от выбранных контрольных точек. Через $4,5 T_y$ ФУС формирует сигнал длительностью $0,5 T_y$ (сигнал C), при появлении которого формируется информационное сообщение, если в ССПС зафиксировано сообщение об изменении состояний контрольных точек.

При формировании ФА нулевого адреса (начало очередного цикла сканирования) формирователь временных меток (ФВМ) формирует сигнал, который при появлении сигнала C формирует в ФС сообщение «Временная метка».

Формирователь управляющих сигналов формирует команды управления буфером: $У0$ — через $0 T_y$ длительностью $1 T_y$; $У1$ — через $1,5 T_y$ длительностью $0,5 T_y$; $У2$ — через $2 T_y$ длительностью $1 T_y$ после очередного формирования адреса в ФА.

Информационные сообщения ЛУ формируют при изменении состояния датчика, несоответствии состояния тестируемой точки требуемому и при появлении «Временной метки». Формат информационного сообщения показан на рис. 3.10.

Модуль коммутационной с гальванической развязкой обеспечивает: гальваническое разделение по питанию между ЭВМ, ПБ и ЛУ и МК; коммутацию сигналов от 64 МК по 2 МК одновременно на вход ЛУ; прием, усиление и передачу в МК семи младших разрядов адреса по шине M —МКА; усиление и передачу в МК управляющих сигналов тестовых режимов $T1$ и $T2$; прием, усиление и передачу в ЛУ после мультиплексирования данных от МК по шинам M —ЛУ1 и M —ЛУ2.

Функциональная схема МКГР изображена на рис. 3.11. В состав схемы входят: приемник сигналов тестовых режимов с гальванической развязкой (ПРМТ); приемник адресных сигналов, передаваемых из ЛУ по шине ЛУ—МА с гальванической развязкой (ПРМА); мультиплексор данных, поступающих из МК (МКМК); передатчик сигналов тестовых режимов (ПДТ); передатчик сигналов данных, поступающих от МК (ПДД); передатчик адресных сигналов (ПДА).

По шине ЛУ—МА в МКГР поступает код адреса датчика, а по шине ТЛУ—М поступают сигналы тестовых режимов. Каждая отдельная линия в этих шинах представляет собой токовую петлю. Приемниками в МКГР являются диоды, обеспечивающие контроль функционирования устройств в различных ситуациях. Пять старших разрядов адреса D после приема, усиления и инвертирования поступают на адресные входы мультиплексоров. На информационные входы этих мультиплексоров

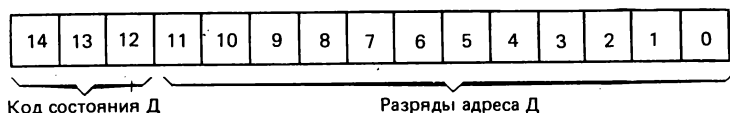


Рис. 3.10. Формат информационного сообщения логического устройства

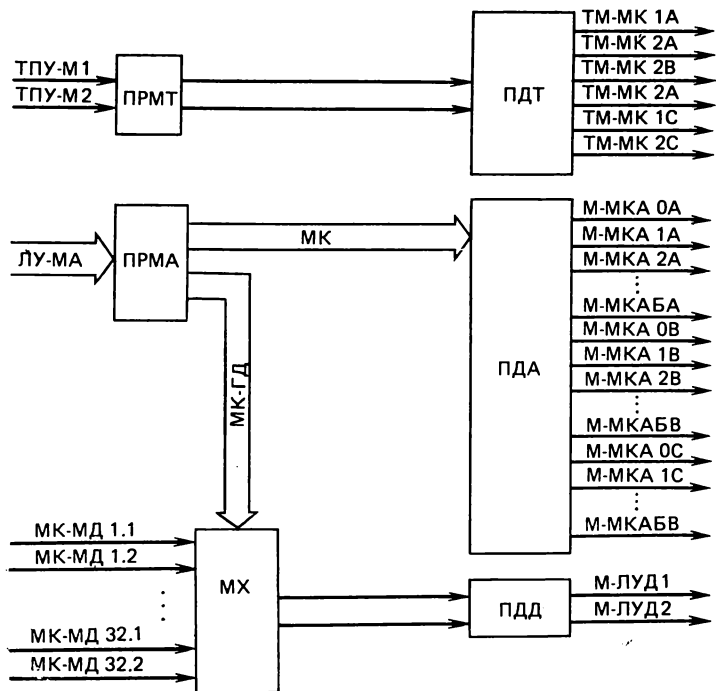


Рис. 3.11. Функциональная схема МКГР

поступает информация от МК, которая после мультиплексирования и усиления передается в ЛУ. Семь младших разрядов адреса и сигналы тестовых режимов усиливаются и передаются в МК по шинам М—МКА. Шины М—МКА обеспечивают сопряжение блока ПДА с блоком ПРМА.

Модуль коммутационный непосредственно связан с датчиками контрольной информации и обеспечивает: прием семи младших разрядов адресов датчика, передаваемых из МКГР по шине М—МКА; коммутацию подключенных к данному МК 126 датчиков в соответствии с принимаемыми адресами; формирование сигналов ТТ, подключенных к 0 и 127 информационным входам МК; усиление и передачу в МКГР данных о состоянии КТ, ТТ; прием и использование команд Т1 и Т2 при тестировании устройства; согласование уровней сигналов, поступающих от КТ с логическим ТТЛ уровнями.

Функциональная схема МК изображена на рис. 3.12. В состав схемы входят: ПРМА; приемник сигналов тестовых режимов ПРМТ; формирователь сообщений тестовых точек (ФСТТ); мультиплексор данных (МХД); передатчик данных (ПДА).

В процессе функционирования МК семь младших разрядов адреса датчика, принимаемые по шине М—МКА, поступают в

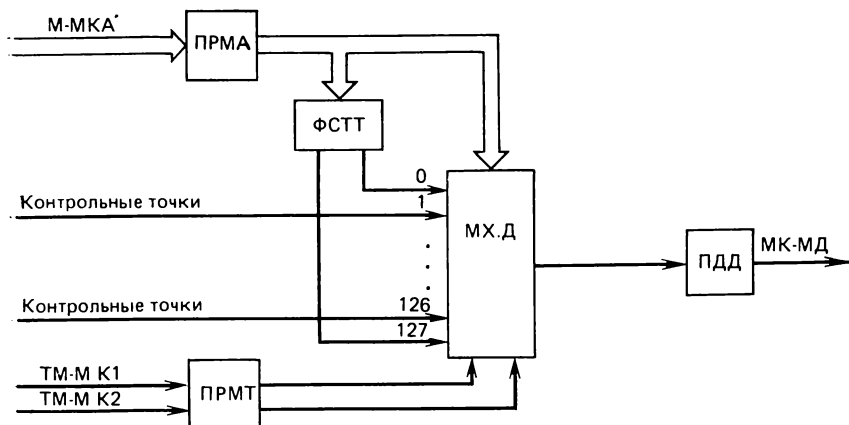


Рис. 3.12. Функциональная схема МК

ПРМА, после усиления в котором они подаются на адресные входы мультиплексора данных (МКД), обеспечивая выбор необходимых датчиков и тестовых точек, информация о состоянии которых с выхода мультиплексора поступает на ПДД и далее по линии МК—МД в МКГР.

Интерфейс сбора дискретной информации на основе однокристалльной микроЭВМ. Используя микропроцессорные комплекты высокой степени интеграции, можно существенно уменьшить габаритные размеры и число навесных деталей ИСДИ.

Структурная схема комплекса технических средств СТО, построенного с применением рассматриваемого ИСДИ, приведена на рис. 3.13. В состав КТС входит отдельная микроЭВМ или КВ, образующее вычислительное ядро, сопрягаемое с помощью ИСДИ с датчиками контроля за состоянием оборудования. Основу ИСДИ составляет однокристалльная микроЭВМ (ОМЭВМ) К1816ВЕ35, имеющая восьмиразрядную внутреннюю архитектуру, 27 линий ввода-вывода и ОЗУ емкостью 64 байта.

Для хранения программ обработки информации, осуществляемой непосредственно ИСДИ, в данном случае применяется перепрограммируемое запоминающее устройство (ППЗУ) типа КР573РФ2. Однокристалльная микроЭВМ дополняется кристаллами оперативной памяти серии КР537РУ8 емкостью 2 Кбайта (объем этой памяти определяется числом обслуживаемых D).

В процессе функционирования ИСДИ однокристалльная микроЭВМ с помощью устройства сопряжения с датчиками (УСД) производит проверку состояний D , сравнивая текущее состояние D с предыдущим, при изменении состояния ОМЭВМ формирует сигнал прерывания в ЭВМ вычислительного ядра, которая поочередно принимает сведения лишь с D , сменивших

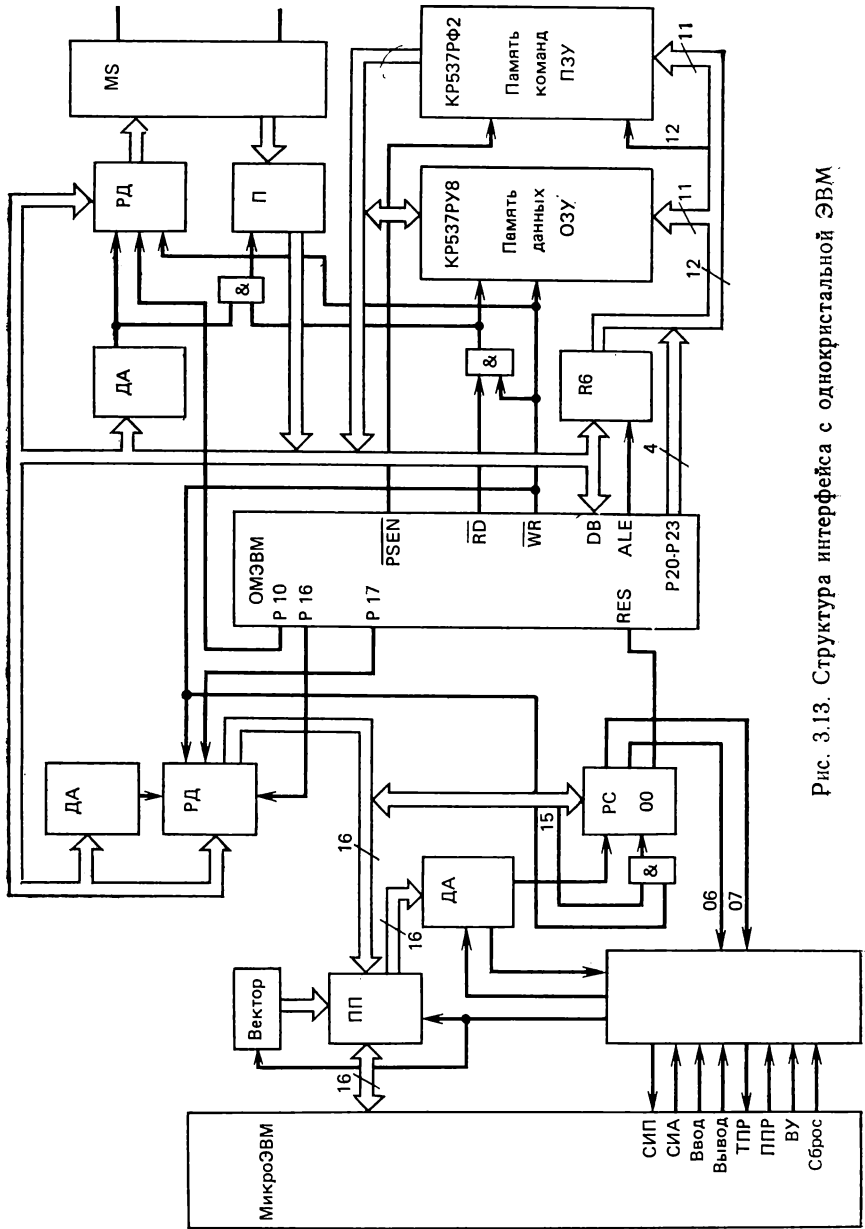


Рис. 3.13. Структура интерфейса с однокристальной ЭВМ

состояние, и затем использует эти данные для выработки решения.

Датчики опрашиваются с помощью мультиплексора, входящего в состав УСД. Мультиплексор имеет N входов и восемь выходов, что позволяет одновременно опрашивать по восемь датчиков. Восемь выходов определяются разностью порта ввода-вывода ОМЭВМ. Мультиплексор управляет ОМЭВМ. Каждый из восьми датчиков имеет свой адрес, который формирует в процессе опроса ОМЭВМ. Мультиплексор соединяет выходы с датчиками, находящимися по этому адресу, и данные от датчиков поступают на порт ввода-вывода ОМЭВМ.

Передача данных от мультиплексора в ОМЭВМ происходит через устройство управления, назначение которого — разрешение передачи данных в ОМЭВМ при принятии соответствующего сигнала управления и запоминание адреса опрашиваемых датчиков.

Сопряжение вычислительного ядра с ОМЭВМ осуществляется с помощью внутреннего интерфейса, который необходим из-за разных процедур ввода-вывода данных у этих ЭВМ. Внутренний интерфейс содержит регистр, в который из ОМЭВМ выводятся данные. Данные на выходной шине ОМЭВМ находятся не постоянно, а лишь некоторое время в течение одного машинного цикла. В то же время для микроЭВМ должен быть обеспечен стандартный цикл ввода, в течение которого происходит обмен управляющими сигналами. Поэтому данные должны фиксироваться, пока микроЭВМ не будет готова их принять.

Внутренний интерфейс также вырабатывает сигналы, необходимые для создания цикла ввода-вывода, а также сигнал требования прерывания. Для этого используется отдельная шина. Цикл вывода ОМЭВМ более прост, не требует ответа со стороны приемника.

Отдельные узлы ИСДИ объединяются между собой информационными шинами и цепями управления, построенными по магистральному принципу. В общем случае имеются магистрали адресов, управления и данных. Между вычислительным ядром и ИСДИ используется объединенная магистраль данных адреса и магистраль управления. Между ОМЭВМ и устройством управления (УУ) разрядность адреса — 12, а разрядность данных — 8. Восемь разрядов адреса совпадают с шиной данных, а четыре старших разряда располагаются отдельно. Подобный магистральный способ построения наиболее универсален.

Связь между устройством, подключенным к магистрали, осуществляется по принципу активный — пассивный. Передача данных происходит асинхронно по принципу активный — пассивный.

Функциональная схема КТС, соответствующая рассмотренной структурной схеме, изображена на рис. 3.14.

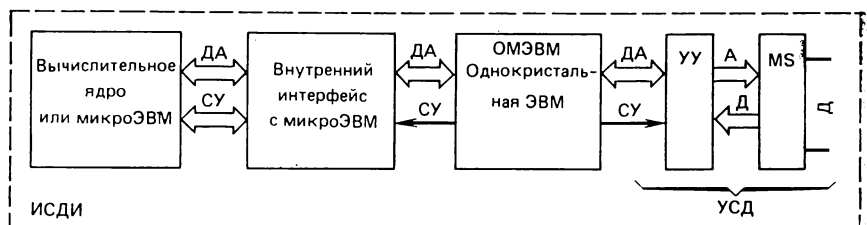


Рис. 3.14. Функциональная схема КТС с ОМЭВМ

Внешняя память ОМЭВМ. Однокристалльная микроЭВМ имеет 27 линий ввода-вывода. Эти линии подразделяются на три канала: каналы P1 и P2, двунаправленный порт ввода-вывода DB и входы тестирования-прерывания.

Порт ввода-вывода DB используется как основной порт ввода-вывода данных. Его работа синхронизируется входными и выходными стробами. Вывод данных из ОМЭВМ сопровождается появлением активного низкого уровня на выводе RD* ОМЭВМ. При отсутствии ввода-вывода порт DB находится в высокоимпедансном состоянии. Выводимые сигналы фиксируются до момента перезаписи выводимой информации. Вводимые данные не запоминаются, следовательно, внешние устройства должны поддерживать данные до тех пор, пока эти данные не будут считаны. Для памяти данных применяется микросхема КР537РУ8 объемом также 2К.

Память команд может быть расширена до 4К. В данном устройстве в качестве памяти команд использована микросхема КР573РФ2. Ее емкость — 2К. Память программ в ОМЭВМ 1816 подразделяется на два банка емкостью по 2К каждый. Используя 12-й разряд счетчика команд, можно переключать эти банки, устанавливая или сбрасывая старший разряд счетчика команд.

Поскольку с помощью восьмиразрядной шины DB можно адресоваться лишь к 256 ячейкам памяти, то для расширения памяти данных и полей команд используют 0—3 выходы порта Z, т. е. линии P₂₀—P₂₃.

Регистр RG служит для фиксации младших восьми разрядов счетчика команд, которые выводятся на шину DB. Старшие разряды выводятся по линии P₂₀—P₂₃. Запись в регистр происходит по сигналу ALE.

При выборке команды выполняются следующие действия: содержимое двенадцати разрядов счетчика команд выводится на выходы P₂₀—P₂₃ порта ввода-вывода 2 и в канал DB. Сигнал на выходе ALE служит для стробирования адреса. Сигнал низкого уровня на выходе PSEN служит для отпираания ПЗУ и выдачи данных в канал DB. Канал DB переходит в режим ввода, и ОМЭВМ принимает восьмиразрядное слово команды.

При чтении или записи данных на шину DB и младший

разряды порта P2 выводится адрес ячейки памяти данных, из которой нужно считать данные или записать их. Сигналы \overline{RD} и \overline{WR} показывают, какой тип доступа имеет место. Выводимые данные доступны в момент прохождения среза сигнала \overline{WR} , вводимые — по срезу \overline{RD} .

Аналогично взаимодействует ОМЭВМ с мультиплексором. Для ОМЭВМ мультиплексор — это ячейка памяти, имеющая свой адрес и располагающаяся в области памяти данных с адресами 0 — 2048. Чтобы выбрать мультиплексор из других ячеек ОЗУ, нужно подать его адрес на дешифратор адреса и заблокировать выборку из ОЗУ. Получив адрес, мультиплексор соединяет выходы очередных восьми датчиков с приемопередатчиком, и, получив сигнал разрешения ввода данных \overline{RD} , данные от датчиков устанавливаются на шине DB и вводятся в ОМЭВМ. Канал DB переходит в состояние высокого импеданса.

Принцип работы регистра вывода данных из ОМЭВМ аналогичен принципу работы устройства связи с мультиплексором. Регистр имеет два адреса; младшего и старшего байт. Обращение к ним осуществляется как к отдельным устройствам.

Устройство связи с мультиплексором и регистр данных обмениваются данными только по шине DB. Такой принцип построения исключает одновременное срабатывание двух устройств. При вводе-выводе данных в (из) микроЭВМ должна быть обеспечена стандартная процедура ввода или вывода.

Существуют несколько типов магистральных интерфейсов, которые обеспечивают жесткие правила асинхронного обмена между микроЭВМ и устройствами. МикроЭВМ «Электроника 60» имеет интерфейс Q=bus. Для обмена данными между вычислительным ядром и ОМЭВМ используются регистры данных и состояния.

Особенность использования регистра данных в том, что на вход подключается канал DB, а на выход — магистраль DA микроЭВМ. Регистр данных имеет два адреса: относительно ОМЭВМ и относительно микроЭВМ. В регистр состояния записываются биты: требования ввода; разрешения прерывания; сброса.

При наличии битов требования ввода и разрешения прерывания логическая схема формирует сигнал требования прерывания. МикроЭВМ реагирует на это выработкой сигнала предоставления прерывания. По этому сигналу логическая схема включает приемопередатчик, и в микроЭВМ поступает адрес вектора прерываний, который передается по младшей половине шины DA в микроЭВМ. Вектор прерывания фиксирован и указывает адрес подпрограммы ввода данных, в результате действия которой происходит ввод данных из регистра данных в микроЭВМ.

МикроЭВМ инициализирует работу ОМЭВМ по опросу датчиков путем засылки в регистр состояния бита разрешения прерывания и сброса. Бит сброса воздействует на вывод RESET ОМЭВМ, что приводит к ее начальной установке.

При принятии от микроЭВМ сигнала ППР и наличии бита требования ввода логическая схема запрещает подачу сигнала ППР к другим устройствам.

Содержимое регистра состояния может быть считано для проверки.

Алгоритмы функционирования однокристалльной микроЭВМ и микроЭВМ вычислительного ядра приведены на рис. 3.15 и

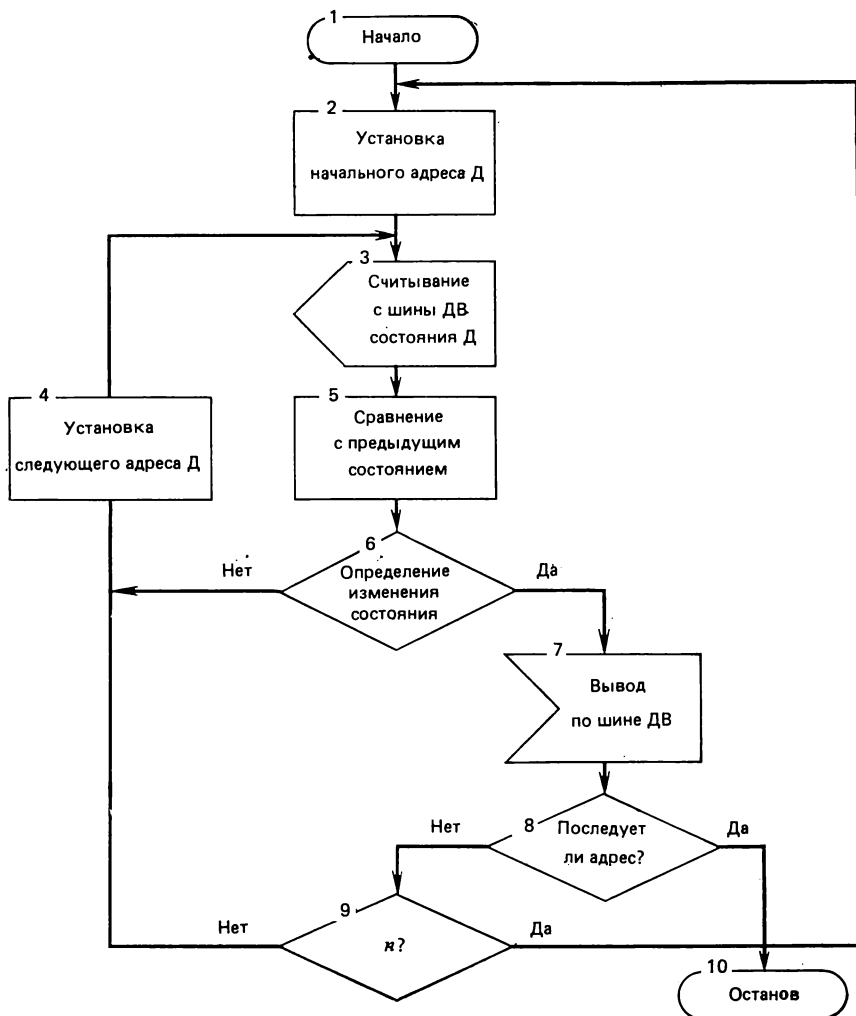


Рис. 3.15. Алгоритмы функционирования ОМЭВМ

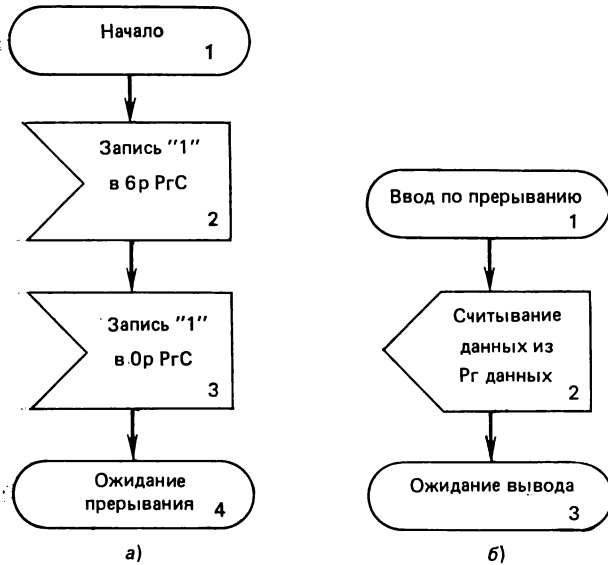


Рис. 3.16. Алгоритм функционирования вычислительного ядра

3.16. При анализе функционирования следует иметь в виду, что рассматриваются две разные ЭВМ, которые имеют разные способы адресации к своим внешним устройствам. ОМЭВМ имеет своими внешними устройствами внешнюю память, устройство связи с мультиплексором и регистр данных. МикроЭВМ может адресоваться к регистрам состояния и данных. Регистр данных — промежуточный пункт в обмене данными между ОМЭВМ и микроЭВМ. Он доступен микроЭВМ только для считывания, а ОМЭВМ — для записи. Адресация ОМЭВМ к своим внешним устройствам протекает следующим образом: на шину DV и по некоторым разрядам порта 2 выдается адрес. Этот адрес и сигналы выбора осуществляют выбор элемента из адресного пространства.

Интерфейс сбора аналоговой низкочастотной информации предназначен для ввода информации от аналоговых датчиков аппаратуры контроля ЛАЦ и представляет собой контроллер (КСОА), выполняющий функцию аналогового мультиплексора, подключающего один из аналоговых входов КСОА к аналого-цифровому преобразователю (АЦП). Переключение каналов в КСОА осуществляется программно с помощью выдачи управляющих и адресных сигналов от стандартного интерфейса И2. КСОА содержит схемы, позволяющие подключать один КСОА к нескольким входам И2, что обеспечивает отказоустойчивое подключение контролируемых объектов АПК (рис. 3.17). Резервирование на уровне связей КСОА—И2 выбрано потому, что интерфейс И2 значительно сложнее интерфейса КСОА—И2, и,

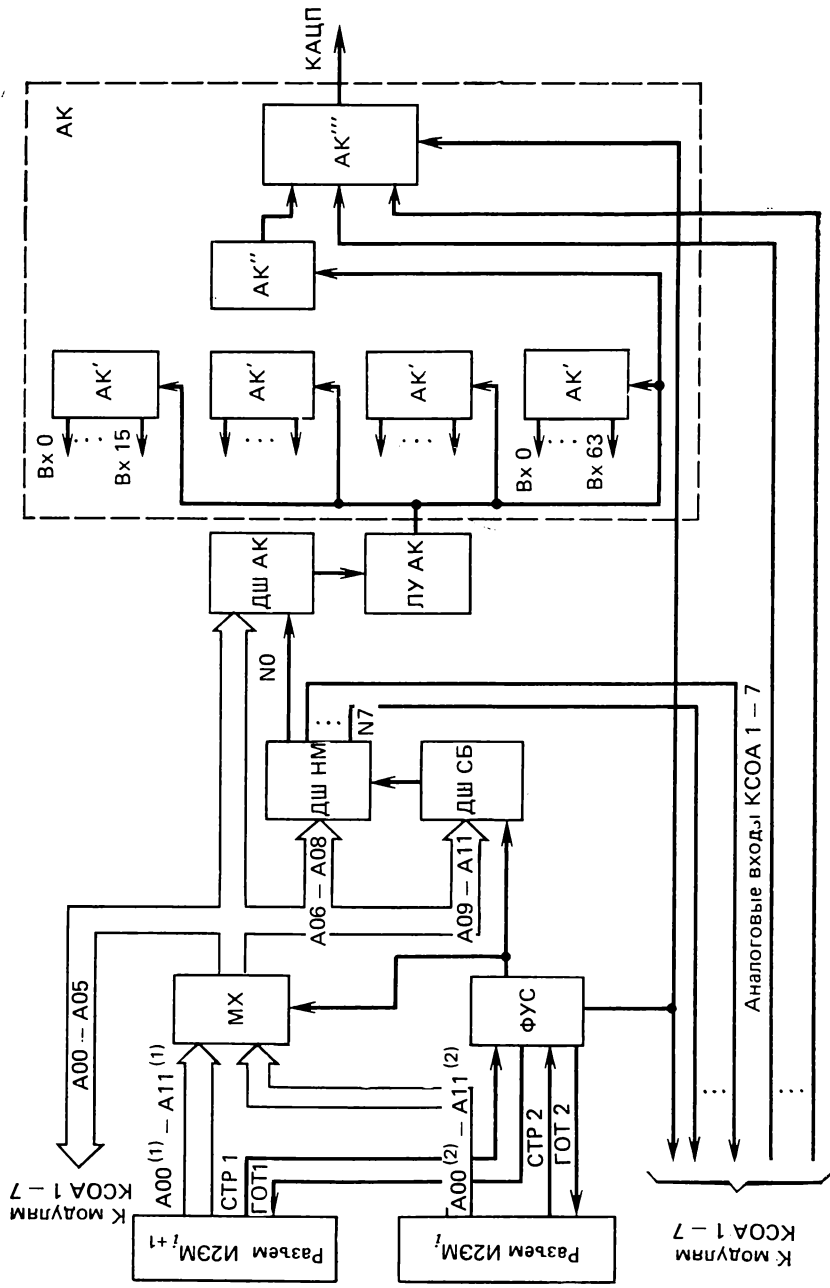


Рис. 3.17. Структурная схема КСОА

кроме того, сам КСОА в силу своей простоты не составляет узкого места в надежности системы. Такой способ резервирования позволяет также физически вынести КСОА за пределы вычислительной системы и приблизить его к контролируемой аппаратуре.

Структурная схема КСОА с устройством управления представлена на рис. 3.17. В состав КСОА входят следующие основные блоки:

мультиплексор адреса МХ — обеспечивает мультиплексирование адресной информации, поступающей от интерфейсов И2;

формирователь управляющих сигналов — предназначен для управления дешифрацией адреса и выполняет функцию согласования внутренних управляющих сигналов с сигналами управления, поступающими от ЭВМ через интерфейсы И2, обеспечивает выдачу управляющих сигналов на восемь КСОА. Содержит логику разрешения конфликтов;

Дешифратор субблока ДШ СБ, дешифратор номера модуля ДШ НМ и дешифратор аналогового канала в модуле ДШ АК — обеспечивают выдачу управляющих сигналов в аналоговый коммутатор в соответствии с адресной информацией, поступающей от ЭВМ;

аналоговый коммутатор АК — построен по схеме пирамидального трехступенчатого коммутатора. Выполняет функцию физического подключения одного из аналоговых входов Вх0—Вх63 к АЦП с помощью электронных ключей по сигналам управления, поступающим от логики управления АК ЛУАК и ФУС.

Рассматриваемое устройство построено по модульному принципу, что позволяет наращивать число каналов в зависимости от необходимого числа подключаемых точек. Каждый модуль КСОА при выбранной элементной базе позволяет подключить к АЦП 64 однопроводные или 32 дифференциальные линии ввода для подключения к контрольным точкам аппаратуры ЛАЦ. В одном стандартном субблоке микроЭВМ «Электроника 60» размещается восемь модулей КСОА. Двенадцатиразрядный адрес позволяет управлять с помощью одного устройства И2 восемью субблоками с общим числом в 512 однопроводных (или 256 дифференциальных) линий ввода каждый.

Функционирует КСОА следующим образом: адресные сигналы поступают от двух интерфейсов И2 по двум группам линий: А00⁽¹⁾—А11⁽¹⁾ и А00⁽²⁾—А11⁽²⁾ на входы МХ. Выбор группы адресных линий осуществляется в зависимости от состояния управляющих линий СТР1 и СТР2, образующих входы логики разрешения конфликта в ФУС в случае одновременной активности обеих линий. Если активной линией (низкий уровень ТТЛ) является СТР1, то на входах МХ появится адресная информация с линий А00⁽¹⁾—А11⁽¹⁾. Три старших линии А09—А11 определяют адрес субблока. При совпадении адреса субблока с поступающим от И2 на выходе ДШ СБ появляется сигнал,

разрешающий работу ДШ НМ. Одновременно от ДШ СБ в сторону ФУС поступает сигнал, на основе которого ФУС вырабатывает сигнал готовности в сторону ЭВМ (линия ГОТ1 активна). Если обращение от И2 идет, к примеру, к модулю с нулевым номером КСОА₀, то на выходе линии N0 ДШ НМ вырабатывается активный сигнал, который поступает на управляющий вход ДШ АК, разрешая его работу. В зависимости от адресной информации, поступившей по линиям А00—А05, на выходе ЛУАК появляется сигнал, замыкающий соответствующие электронные ключи в аналоговых коммутаторах АК, АК' и АК". Образуется аналоговый канал между одной из входных линий (Вх0—Вх63) и выходом АК, который подключается к АЦП.

Аналоговые сигналы, поступающие от приемников контрольного канала (ПКК) групповых трактов аппаратуры ЛАЦ на входы КСОА, подлежат аналого-цифровому преобразованию в АЦП и дальнейшей обработке в АПК для выявления неисправного оборудования. Из принципа работы КСОА видно, что сбор аналоговой информации происходит в *режиме сканирования контрольных точек*. Один модуль КСОА в конфигурации (рис. 3.17) обеспечивает управляющими сигналами остальные семь модулей в одном субблоке. Такое построение позволяет значительно упростить конструкцию остальных модулей, оставляя в них только блоки ДШ АК, ЛУАК.

Большое число каналов в КСОА связано с необходимостью построения аналогового коммутатора в виде многоступенчатой схемы для уменьшения погрешностей, вносимых аналоговым ключом в коммутируемый сигнал. Погрешности эти связаны с влиянием токов утечки разомкнутых ключей АК на замкнутый канал и увеличением времени установления сигнала, вызванного наличием цепи, образованной сопротивлением замкнутого канала и паразитной емкостью разомкнутых ключей.

Интерфейс связи с высокочастотными цепями. Важное место в комплексе технических средств АСТЭ занимают средства измерений. С их помощью осуществляется эксплуатационный технологический контроль каналов и трактов в ЛАЦ. Автоматизация процесса измерения каналов и трактов и обработки его результатов возможны с использованием типовых измерительных приборов, дистанционно управляемых со стороны вычислительного комплекса. Кроме того, необходимо обеспечить автоматическое подключение измерительных приборов к исследуемому каналу или тракту. Один из возможных вариантов решения этой проблемы представлен на рис. 3.18. В качестве измерительного комплекса используется прибор типа РWM-60, предназначенный для измерений в диапазоне частот до 60 МГц. В состав РWM-60 входит селективный измерительный приемник ЕТ-112, задающий генератор FS1, измерительный генератор GT1 и цифровой вольтметр ЦВ. Перестройка измерительного устройства по частоте осуществляется дистанционно со стороны АПК «Связь-1» при подаче на входы приборов

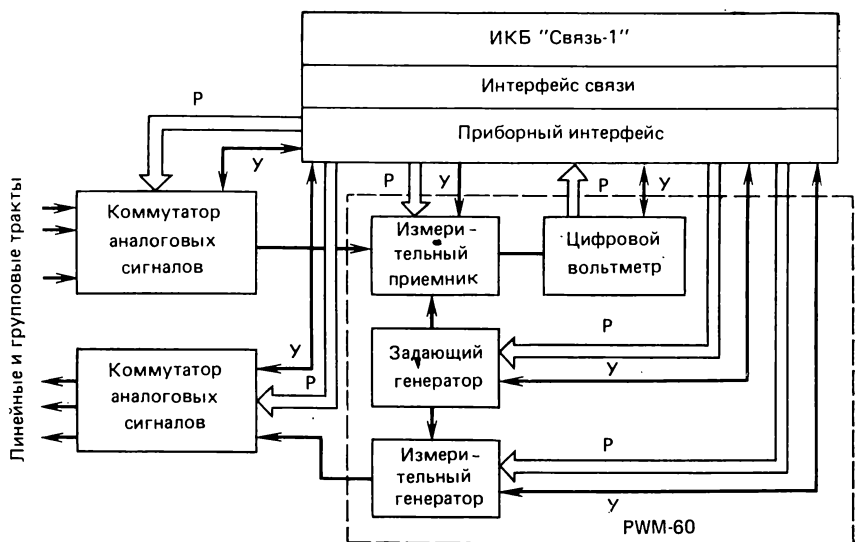


Рис. 3.18. Интерфейс с ВЧ каналами

PWM-60 цифровых двоичных программных P и управляющих Y сигналов.

Аналогично происходит выбор режимов работы и переключение диапазонов измерений. Сопряжение между PWM-60 и УКВ по стандарту интерфейса SI 1.2 реализовано аппаратно-программным путем. Цифровые управляющие Y , программные P и информационные сигналы I_d поступают от УКВ через стандартный параллельный интерфейс СПИ — адаптер ввода-вывода PWM-60 системы MERA-60, включенный в одну из ЭМ комплексов. Для кодирования цифровых P и I_d сигналов используется согласно стандарту SI 1.2 двоично-десятичный код с весами 8-4-2-1. Достаточно сложным узлом в схеме (рис. 3.18) является коммутатор аналоговых высокочастотных сигналов КАВС, обеспечивающий подключение линейных и групповых трактов к PWM-60. Подключение требуемой исходящей соединительной линии к PWM-60 осуществляется автоматически под управлением сигналов, поступающих из АПК. Двоичный код, содержащий информацию о номере измерительной линии, поступает по линиям P . По управляющим линиям Y поступают командные сигналы о включении коммутаторов, сигналы подтверждения получения P -сигналов и сигналы подтверждения правильности переключения коммутатора. С выхода КАВС аналоговый сигнал I_a поступает на вход селективного приемника ET112. С выхода измерительный сигнал постоянного напряжения 0—5,16 В, соответствующий измеряемому параметру линейного или группового тракта, поступает на вход ЦВ. Сигнал

запуска ЦВ, сигналы готовности к преобразованию и окончания преобразования поступают по управляющим линиям У. Цифровая информация о значении измеряемого параметра подается по линиям Id в АПК, где подвергается дальнейшей обработке в зависимости от программы измерений.

Программные двоичные сигналы, поступающие на FS1 несут информацию о частоте измеряемого сигнала. На их основе FS1 выдает в сторону ET112 сигнал соответствующей частоты для перестройки гетеродина селективного приемника. Задающий генератор FS1 с высокостабильной исходной частотой, на основе которой последний формирует измерительные синусоидальные сигналы I_u , подаваемые на входы линейных и групповых трактов через КАВС.

Установка частоты и уровня измерительных сигналов I_u на выходе GT1 осуществляется по сигналам, поступающим из МУВК. С помощью схемы (рис. 3.18) можно автоматически произвести измерения уровня контрольной частоты, мощности шума, амплитудно-частотной характеристики без закрытия или с закрытием связи по программе, записанной в АПК.

3.3. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ СЕРИЙНО ВЫПУСКАЕМЫХ МИКРОЭВМ

В основу построения модульных АПК «Связь» положены принципы модели УКВ. Применение этих принципов позволяет организовать производство надежных, простых в эксплуатации, высокопроизводительных, легко настраиваемых на конкретное применение аппаратно-программных комплексов и добиться при этом существенного сокращения сроков разработки.

Повышенные эксплуатационно-технические характеристики достигаются с помощью: повышенной надежности (самодиагностики в многомодульной системе и автоматической перестройки при отказах отдельных модулей); повышенной производительности (параллельной работы модулей) и простоты эксплуатации и настройки на конкретное применение высокой унификации модулей, возможности изменения состава и числа модулей в зависимости от требований прикладной области.

Аппаратно-программный комплекс «Связь-1» с кольцевой макроструктурой предназначен для использования в качестве базового вычислительного и управляющего средства в нижнем и среднем уровнях АСТЭ средств связи. Он обеспечивает сбор и хранение информации о состоянии контролируемых систем связи, программную обработку этой информации для определения места и характера неисправности, взаимодействие с оператором и вышестоящими уровнями управления.

Аппаратно-программный комплекс «Связь-1» представляет собой ИКБ и состоит из базовых вычислительных модулей (БКВМ), внешних средств хранения, отображения и документирования информации, подключаемых через соответствующие

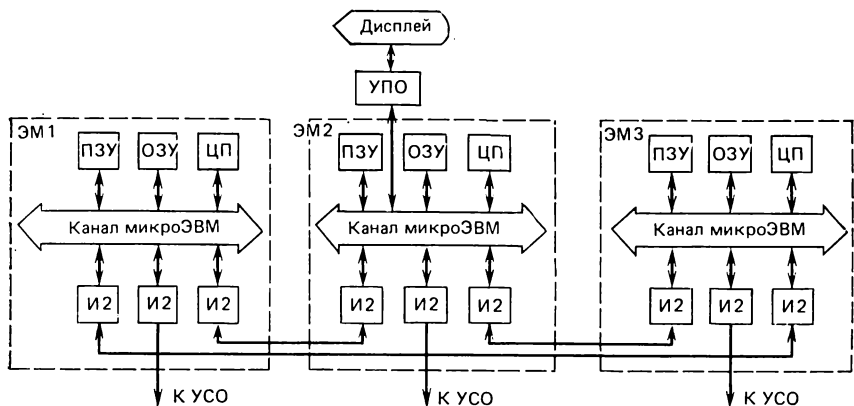


Рис. 3.19. Структура АПК «Связь 1»

интерфейсы из состава БКМ к вычислительным модулям. Структура АПК «Связь-1», содержащего три БКВМ, изображена на рис. 3.19. В качестве БКВМ используется серийно выпускаемая микроЭВМ «Электроника 60». Вычислительные модули с помощью интерфейсных модулей И2 (БКМС), входящих в состав микроЭВМ «Электроника 60» и средств программной поддержки, объединяются в вычислительное ядро [20]. В комплекс программ, обеспечивающих функционирование вычислительного ядра, введены общесистемные операции «Обмен», «Системный условный переход», «Системный безусловный переход». Основой для реализации общесистемных операций является операция «Обмен информацией», осуществляемая между смежными ЭМ вычислительного ядра.

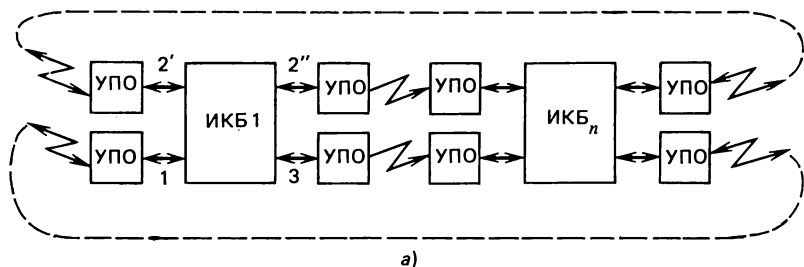
Следует иметь в виду, что для трех вершин кольцевая структура одновременно является и полным графом, т. е. все вершины соединены между собой. Для инициализации отдельных ЭМ и реализации общесистемных операций каждая ЭМ дополнена модулями — функциональными расширителями (БКМФ) в виде ПЗУ, хранящего соответствующие программы. Отказоустойчивое сопряжение с БКМО осуществляется также с помощью интерфейса И2. В качестве БКМО используются модули, входящие в состав микроЭВМ «Электроника 60» — И2, аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи и так далее, а также специально разработанные модули.

Основные технические характеристики АПК «Связь-1»: число ЭМ в системе — 3; быстродействие — 750 тыс. оп/с, максимальный объем адресуемой оперативной памяти — 192 Кбайта; объем внешней памяти на гибких магнитных дисках — 1 Мбайт, объем постоянной памяти — 24 Кбайта.

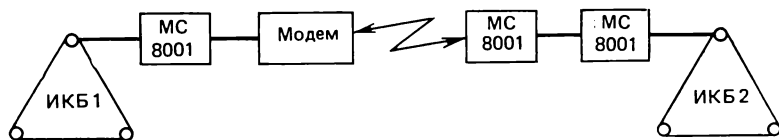
Благодаря использованию модели УКВ, реализующей принципы параллельности функционирования, переменности и программируемости структуры, АПК «Связь-1» допускает измене-

ние числа ЭМ от 3—21 с соответствующим увеличением оперативной памяти и производительности, изменение числа подключаемых двоичных точек 128—21504, а также переменный состав периферийного оборудования. Внешние устройства хранения и отображения информации, накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД и дисплей) подключаются с помощью стандартных средств — плат И4 и устройства последовательного обмена УПО. Ввод-вывод информации в АПК может осуществляться также с телеграфного аппарата ТЛГ, используемого как средство документирования информации. Подключается ТЛГ к ЭМ через контроллер связи с телеграфным аппаратом КСТА. Отдельные комплексы «Связь-1» при организации распределенной обработки в пределах территории предприятия объединяются в ЛРИУК с помощью УПО, также входящих в состав БКМ «Электроника 60». Структура простейшего ЛРИУК представлена на рис. 3.20,а. Связь между ЛРИУК отдельных объектов осуществляется по телеграфному каналу с помощью модулей МС 8001, входящих в состав БКМ и обеспечивающих сопряжение ИКБ с аппаратурой передачи данных (рис. 3.20,б). С помощью подобного интерфейса АПК нижнего уровня автоматизированных систем соединяются с вычислительными средствами верхнего уровня. При использовании телефонных каналов применяются модем и контроллер связи с модемом.

Сопряжение АПК с объектами осуществляется с помощью интерфейсов различных типов. На рис. 3.21 приведен пример интерфейса в виде двухкаскадного УСО [20]. Первой ступенью УСО являются модули параллельного интерфейса И2, второй ступенью — специально разработанные контроллеры связи с



а)



б)

Рис. 3.20. Простейший ЛРИУК «Связь 1»:

а — структура; б — связь с аппаратурой передачи данных

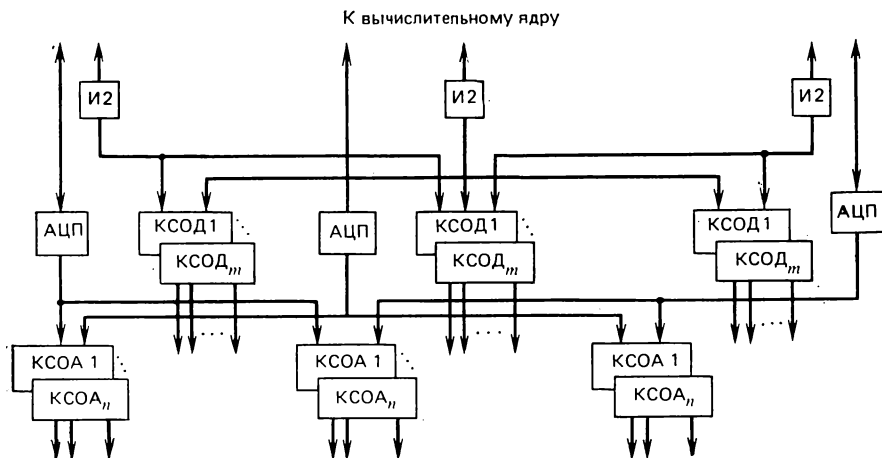


Рис. 3.21. Двухкаскадное УСО АПК

объектом, КСОД и КСОА. КСОД позволяет подключить до 128 пороговых датчиков (точек контроля) к одному модулю. КСОА представляет собой аналоговый мультиплексор, обеспечивающий подключение 64 входных аналоговых сигналов (отражающих, например, изменение уровня контрольной частоты групповых трактов) к входу АЦП.

Дальнейшим развитием идей и принципов, заложенных в «Связь-1», является АПК «Связь-2». Существенное улучшение технико-экономических характеристик (при той же структурной и архитектурной организации) достигнуто в «Связь-2» из-за использования одноплатной микроЭВМ «Электроника НЦ 80-20».

Модуль «Электроника НЦ 80-20» имеет следующие основные характеристики: конструктивное исполнение — одна печатная плата, совместимая конструктивно с каркасом ЭВМ «Электроника 60»; процессор, совместимый по системе команд с ЭВМ «Электроника 60»; быстродействие — 500 тыс. оп/с; объем ОЗУ — 28 К слов или 56 Кбайт; объем ПЗУ — 8 Кбайт.

На печатной плате имеются контроллеры: НГМД (аналог устройства И4 ЭВМ «Электроника 60»), интерфейса ИРПР (аналог устройства И7), интерфейса ИРПС (аналог устройства УПО).

Применение модуля «Электроника НЦ 80-20» позволило по сравнению с УВК «Связь-1» добиться: увеличения быстродействия в 2 раза; сокращения числа печатных плат на 12 шт. и потребляемой мощности на 75 Вт.

Структурная схема комплекса «Связь-2» приведена на рис. 3.22.

Аппаратно-программный комплекс «Связь С5-41» (рис. 3.23) построен на основе микроЭВМ «Электроника С5-41», включа:

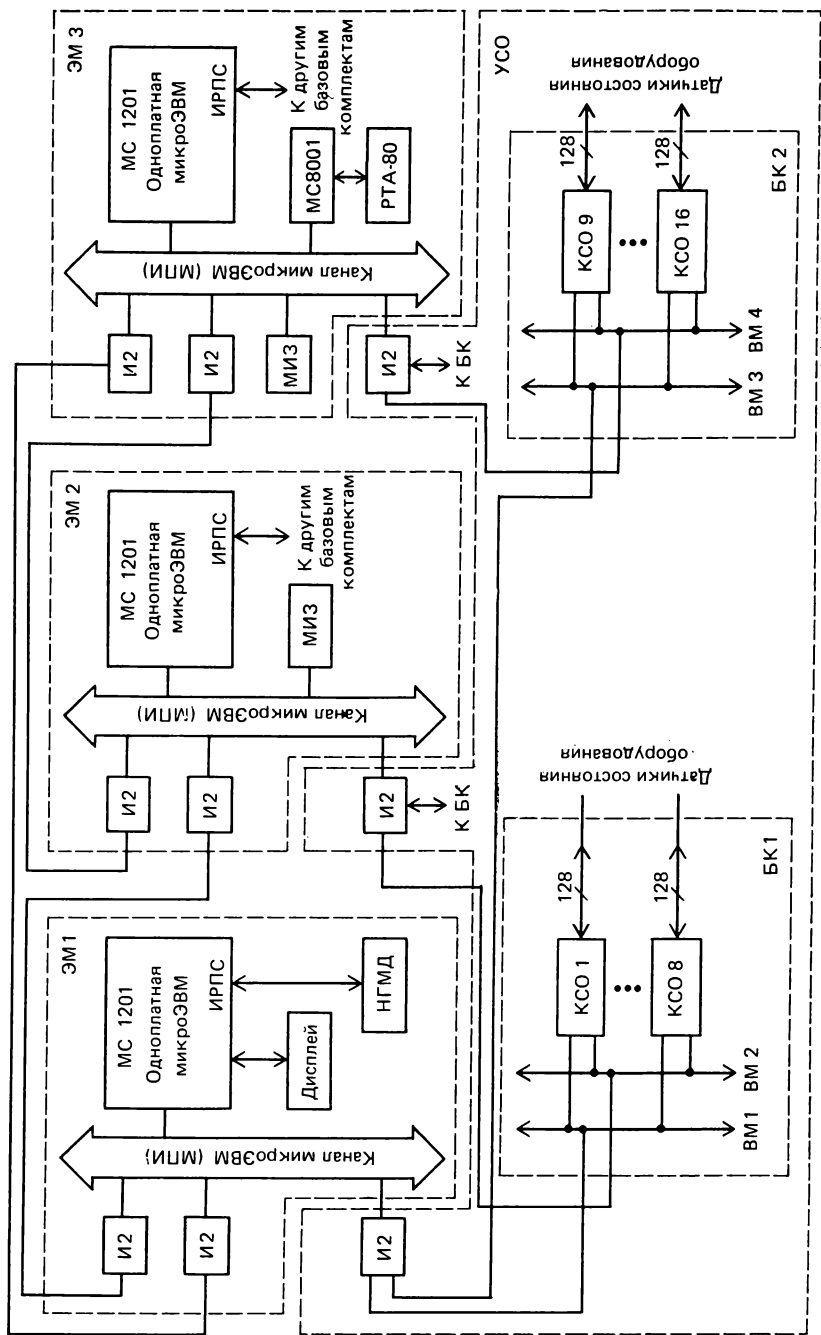


Рис. 3.22. АПК «Связь 2»

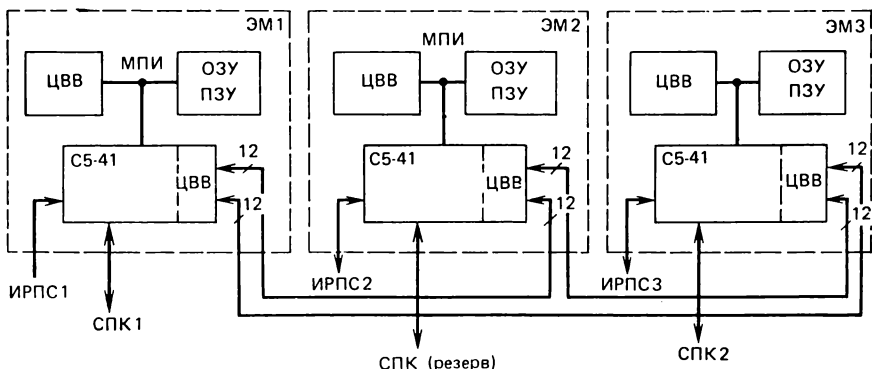


Рис. 3.23. АПК С5-41

ет следующие два основных типа устройств: модульный блок управления (МБУ) и блок сопряжения с оборудованием (БСО). В состав законченного комплекса может входить один МБУ и несколько (1—15) БСО.

Все микропроцессорные модули реализованы в виде однотипных печатных плат $237 \times 144 \times 12$ мм и снабжены разъемами для ввода-вывода внешних сигналов и сопряжения модулей между собой.

Номенклатура и основные технические характеристики модулей микроЭВМ С5-41:

МикроЭВМ С5-41	Одноплатная, быстродействие — 500, тыс. оп/с, система команд — «Электроника 60». Объем ОЗУ — 2 Кбайт, ПЗУ — 8 Кбайт; интерфейсы: ИРПС-радиальный; последовательный четырехпроводный, обеспечивает связь с модемом, дисплеем, телеграфным аппаратом; СПК-системный последовательный четырехпроводный, обеспечивает связь до 16 микроЭВМ; МПИ-межмодульный параллельный магистральный, 32 линии ЦВВ (ТТЛ-совместимые)
Модуль (ОЗУ) (ПЗУ)	Объем ОЗУ — 224 Кбайт, ПЗУ — 32 Кбайт, интерфейс — МАИ
Модуль ЦВВ	48 линий ЦВВ (ТТЛ-совместимые), интерфейс-МПИ

Номенклатура и основные технические характеристики модулей и устройств к микроЭВМ С5-41:

Каркас	Расчитан на установку 13 модулей и блока питания, габаритные размеры $250 \times 200 \times 600$ мм
Блок питания	Обеспечивает питание до 13 модулей от сети 220 В
Модуль АЦП	Подключает по интерфейсу МПИ два аналоговых канала

Модульный блок управления — вычислительное и управляющее ядро МАПК — «Связь» предназначен для выполнения следующих основных функций; приема от блоков сопряжения с

оборудованием сигналов, характеризующих состояние оборудования и трактов связи; программной обработки полученных сигналов для выделения и хранения существенной для управления информации; отображения на экране дисплея и документирования на телеграфном аппарате информации в удобной для персонала форме; приема с клавиатуры дисплея и выполнения команд и запросов оператора; обмена по каналу (каналам) связи с вышестоящими звеньями управления; самоконтроля, самодиагностики и перестройки структуры при отказах отдельных модулей.

Модульный блок управления представляет собой УКВ из трех элементарных управляющих и вычислительных машин, каждая из которых реализована на основе микроЭВМ С5-41 (рис. 3.24). Элементарные машины объединены между собой в кольцевую структуру линией цифрового ввода-вывода модулей С5-41.

Основные технические характеристики МБУ: быстродействие — 1,5 млн. оп/с; объем ОЗУ — 72 Кбайт; объем ПЗУ — 96 Кбайт; связь с объектами контроля и управления — 144 линии цифрового ввода-вывода; связь с блоками сопряжения с оборудованием — по двум интерфейсам СПК; связь с персоналом и вышестоящими звеньями управления — по трем интерфейсам ИРПС; время наработки на отказ — не менее 8000 ч (11 месяцев); число подключаемых двоичных точек контроля — до 7680 (при 15 блоках БСО), конструктивное исполнение — в одном каркасе.

Блок сопряжения с оборудованием предназначен для ввода в МБУ сигналов состояния оборудования и трактов связи и первичной обработки этих сигналов для устранения кратковременных помех (временная секция). Кроме того, в состав МБУ входят средства, позволяющие производить программное управление измерительным прибором типа РWM-60 для автоматизации аварийных и плановых измерений.

По типу активного опроса построен БСО: считывание и первичную обработку сигналов состояния с модулей ввода дискретных сигналов (МВДС) осуществляет управляющий коллектив из двух модулей С5-41. Такое решение позволяет повысить на-

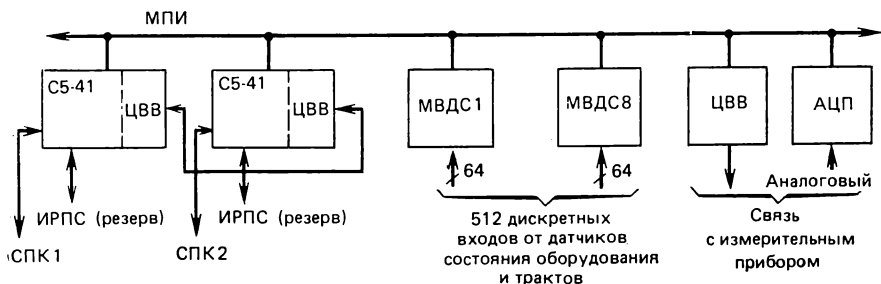


Рис. 3.24. МБУ С5-41

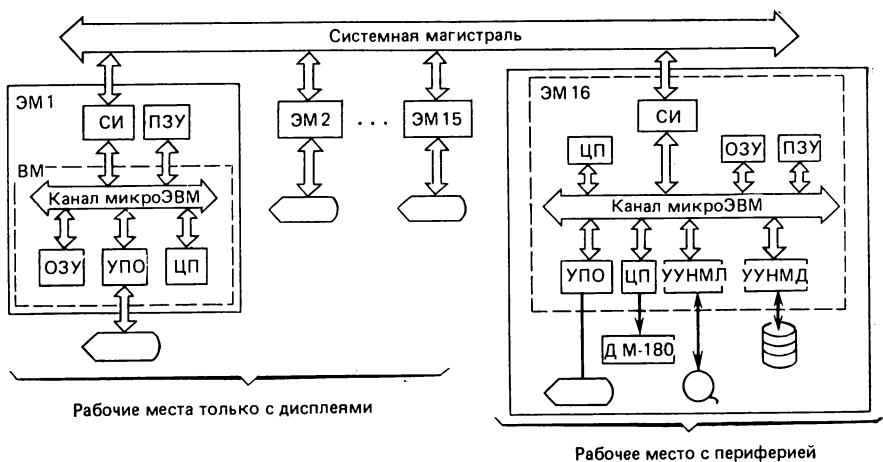


Рис. 3.25. АПК «Коллектив»

дежность сопряжения с объектом, упростить разработку программного обеспечения, значительно разгрузить вычислительные ресурсы МБУ от выполнения служебных функций, обеспечить возможность вынесения блоков БСО от МБУ на расстояние не менее 100 м. Основные технические характеристики БСО: число контролируемых сигналов — 512 двухпозиционных и 1 аналоговый; способ опроса контролируемых точек — программный, с временной селекцией; связь с модульным блоком управления — по двум интерфейсам СПК.

Аппаратно-программный комплекс «Коллектив» с магистральной макроструктурой представляет собой ИКБ сосредоточенного типа, состоящий из совокупности ЭМ, объединенных программно-коммутируемой системной магистралью (рис. 3.25). Магистральная структура обеспечивает высокую надежность, поскольку все ЭМ подключены к системной магистрали параллельно, и выход из строя любой из них не разрушает систему в целом.

В состав ЭМ входит БКВМ в виде микроЭВМ «Электроника 60» и модуль системного интерфейса (БКМИ), который объединяет отдельные БКВМ в коллектив вычислителей. К одной системной магистрали может подключаться до 16 ЭМ. Дальнейшее расширение системы осуществляется объединением системных магистралей с помощью модулей СИ в матрично-магистральную структуру (рис. 3.26), содержащую до 256 ЭМ.

Объединение отдельных микроЭВМ в комплекс осуществляется с помощью БКМИ, обеспечивающего выполнение базиса системных операций, идентификацию отказов и реализацию режима живучести и инициализацию отдельных ЭМ. В состав модуля ЭМ входят ПЗУ, в которых хранится программа взаимодействий и программа начальной загрузки. При включении пи-

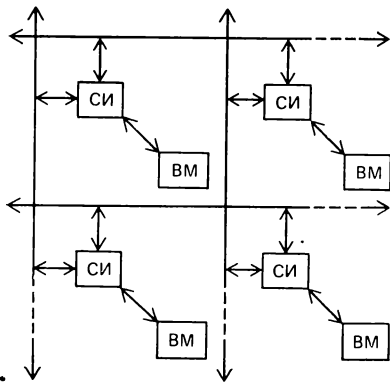


Рис. 3.26. Матрично-магистральная структура

тания все ЭВМ выходят на программу начальной загрузки. Модуль БКМИ имеет параллельный интерфейс с микроЭВМ и параллельный интерфейс с системным каналом. Общесистемный канал представляет собой набор проводников, связывающих между собой одноименные выводы модулей СИ всех входящих в комплекс ЭМ.

Особенность микроструктуры ИКБ «Коллектив» состоит в том, что все модули системного интерфейса постоянно подключены к общесистемному каналу, поэтому операция «Настройка» реализуется программно. ИКБ «Коллектив» может быть использован для решения одной сложной и ряда несвязанных задач. В последнем случае для решения одних задач создается подсистема из нескольких ЭМ, а другие решаются отдельными ЭМ, работающими в автономном режиме.

Возможность решения сложных задач обеспечивается за счет набора системных операций «Обмен», «Обобщенный условный переход» (ОУП), «Обобщенный безусловный переход».

Операция «Обмен» позволяет осуществить передачу в общесистемный канал и прием из него любого числа слов. К обменным относятся операции передачи группы слов из памяти ЭМ в канал и приема из канала в память ЭМ заданного числа машинных слов. Основными видами обменов являются трансляционный [12] и индивидуальный обмены данными. В первом случае данные в виде машинного слова из одной передающей ЭМ, называемой активной (АЭМ), передаются всем остальным принимающим ЭМ системы — пассивным (ПЭМ). Активное устройство, в роли которого может выступать любой модуль, кроме ОЗУ, инициирует циклы обращения к каналу в соответствии с программой работы.

Связь через канал замкнута, т. е. при приеме или передаче информации активное устройство формирует специальный управляющий сигнал в канал, а пассивное устройство, приняв или передав информацию, должно сформировать ответный сигнал, по которому активное устройство завершает цикл. Для выполнения каждой команды требуется не менее одного цикла обращения к каналу.

При работе ИКБ в реальном масштабе времени момент подключения любой из 16 ЭМ к общесистемному каналу для передачи данных заранее непредсказуем, а значит, возможно требование представления канала сразу от нескольких ЭМ. Для решения конфликтной ситуации в комплексе предусмотрены спе-

циальные меры. Каждая ЭМ в зависимости от алгоритма задачи выходит на свою компоненту оператора обмена в случайный момент времени, однако обмен не начнется, пока все машины системы, участвующие в выполнении обмена, не выйдут на свои компоненты оператора обмена.

В ИКБ «Коллектив» реализован *асинхронный обмен*, осуществляемый под управлением программы, хранящейся в ПЗУ либо в ОЗУ, после того как АЭМ и ПЭМ приведены в состояние готовности. При трансляционном асинхронном обмене центральный процессор АЭМ производит в общем случае многократный анализ состояния остальных ЭМ до тех пор, пока все они не выставят сигнал готовности к обмену, и только убедившись в том, что система синхронизирована, АЭМ начинает передачу данных.

Кроме программного обмена в ИКБ используется *обмен по прерыванию*, позволяющий в ряде случаев более эффективно использовать машинное время. В этом случае АЭМ формирует сигнал требования прерывания, который является причиной приостановки выполнения основной программы в ПЭМ и перехода к выполнению специальной подпрограммы обработки информации прерывания.

Операция обобщенного безусловного перехода используется для вмешательства в вычислительный процесс из одной в любую другую ЭМ. В этом случае 16-разрядное машинное слово, поступающее на вход ПЭМ с линий общесистемного канала, должно восприниматься ПЭМ как адрес следующей к выполнению команды. Для того чтобы отличить информационные слова от управляющих, в общесистемном канале предусмотрены линии управления, на которые одновременно с информацией, посылаемой в системный канал, выставляются сигналы-идентификаторы информационных и идентификаторы управляющих слов. Оператор безусловного перехода может выполняться программно и по прерыванию.

Операция обобщенного условного перехода используется для управления процессом вычислений при совместной работе ЭМ в системе при изменении естественного порядка выполнения команд программы во всех ЭМ, входящих в подсистему, при условии, что все они (ЭМ) готовы, т. е., закончив вычисления на некотором участке параллельной программы, перешли в режим ожидания. Эта же операция используется для синхронизации всех ЭМ перед обменом.

Базисный набор системных операций ИКБ «Коллектив» составляют операции «Обмен», «Обобщенный условный переход» и «Обобщенный безусловный переход».

На основе использованного базиса системных операций программно строятся операторы описания параллельных вычислений, вводимые в языки программирования высокого уровня, и средства операционной системы для управления структурой и ресурсами системы.

С точки зрения программиста архитектура ИКБ «Коллектив» представляет собой многоуровневую структуру:

первый, самый нижний уровень составляет система команд базовой микроЭВМ «Электроника 60» совместно с базисными системными операциями. Доступ к этому уровню имеют системные программисты;

второй уровень образуют макрокоманды операционной системы (ОС). Операционная система комплекса строится на основе ОС базовой микроЭВМ. Макрокоманды обеспечивают использование общесистемных ресурсов, в том числе и данных. Уровень макрокоманд ОС доступен системным и прикладным программистам;

уровень параллельного (системного) ассемблера (следующий уровень общения с комплексом), являющийся расширением языка макроассемблера базовой микроЭВМ системными операторами и функциями. Уровень параллельного ассемблера позволяет системным и прикладным программистам пользоваться средствами ОС;

следующий уровень образуют языки высокого уровня, в частности Бейсик и Фортран, дополненные средствами задания параллелизма;

верхний уровень ИКБ составляют пакеты параллельных прикладных программ (ППП) с максимально упрощенными процедурами обращения к ним.

Таким образом, комплекс предоставляет пользователям с различным уровнем подготовки широкие возможности решения разнообразных задач.

Аппаратно-реализованные команды микроЭВМ «Электроника 60» вместе с реализованными также аппаратно-базисными общесистемными командами образуют основу для построения операционной системы ИКБ и системы программирования. Структура ОС аналогична системе «Связь-1».

Локально распределенный информационно-управляющий комплекс на основе микроЭВМ СМ 1300.01 весьма перспективен в качестве ИКБ при построении ЛРИУК микроЭВМ семейства СМ ЭВМ, в частности СМ 1300-01. Данная микроЭВМ предназначена для работы в системах управления сложными технологическими процессами, имеет развитое системное и прикладное математическое обеспечение, поддерживает всю номенклатуру устройств связи с объектом, входящую в состав семейств СМ ЭВМ.

Наличие в составе этого семейства технических средств для организации сети ЭВМ позволяет создавать вычислительные средства для распределенной обработки. Структура двухуровневого локально распределенного информационно-управляющего комплекса приведена на рис. 3.27. Нижний уровень комплекса связан непосредственно с технологическим оборудованием связи и решает задачи контроля и управления этим оборудованием. Верхний уровень обеспечивает ведение общей базы данных

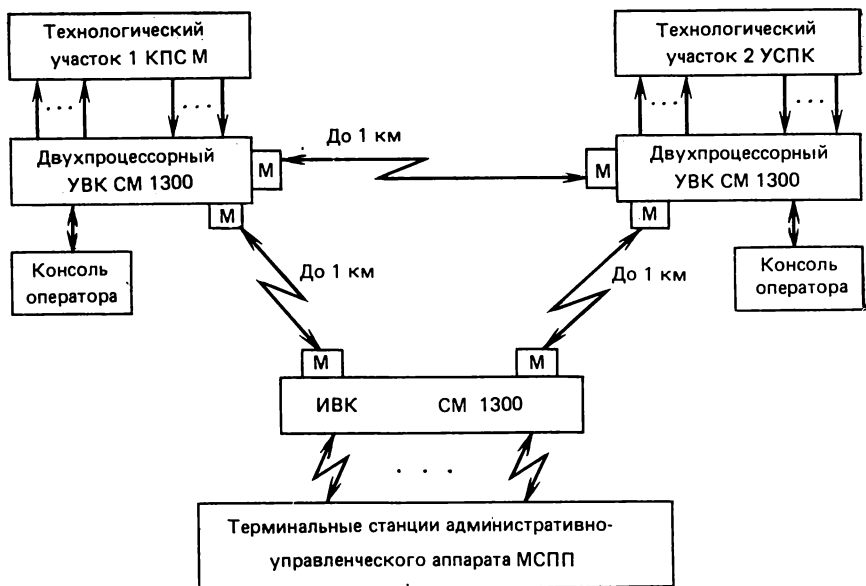


Рис. 3.27. Структура управляющего коллектива на базе СМ 1300

и координацию вычислительных средств нижнего уровня. Доступ к системе возможен на нижнем уровне через терминалы операторов и на верхнем через терминалы администрации. Структура КТС нижнего уровня приведена на рис. 3.28.

Отказоустойчивый режим функционирования обеспечивается с помощью двухпроцессорной организации и применения переключателей общей шины (СМ 4501). Тестовые взаимопроверки осуществляются процессорами посредством устройства СМ 4105, представляющего собой, по сути, два блока ИРПР. В случае выхода из строя одного из процессоров другой (исправный процессор) берет функции на себя. Использование оперативной памяти с блоком переключения на аккумуляторное питание является гарантией сохранения всей накопленной информации в случае пропадания питающего напряжения в сети.

Сопряжение УВК с объектом управления и контроля предлагается осуществлять с помощью стандартных УСО — модулей дискретного вывода, обеспечивающих ввод 256 дискретных сигналов соответственно по 256 независимым каналам, и модулей дискретного вывода — вывода по 256 независимым каналам сигналов в диапазоне 0—48 В при максимальном токе в нагрузке 0,2 А. Для ввода информации от датчиков накопителей целесообразно применять модуль МБИ СМ 9104.14, обеспечивающий число независимых каналов ввода 128 при времени поиска адреса инициативного канала — 0,2 мкс. Информация о состоянии контролируемых средств связи может быть выведена в требуемом виде на печатающее устройство терминала-операто-

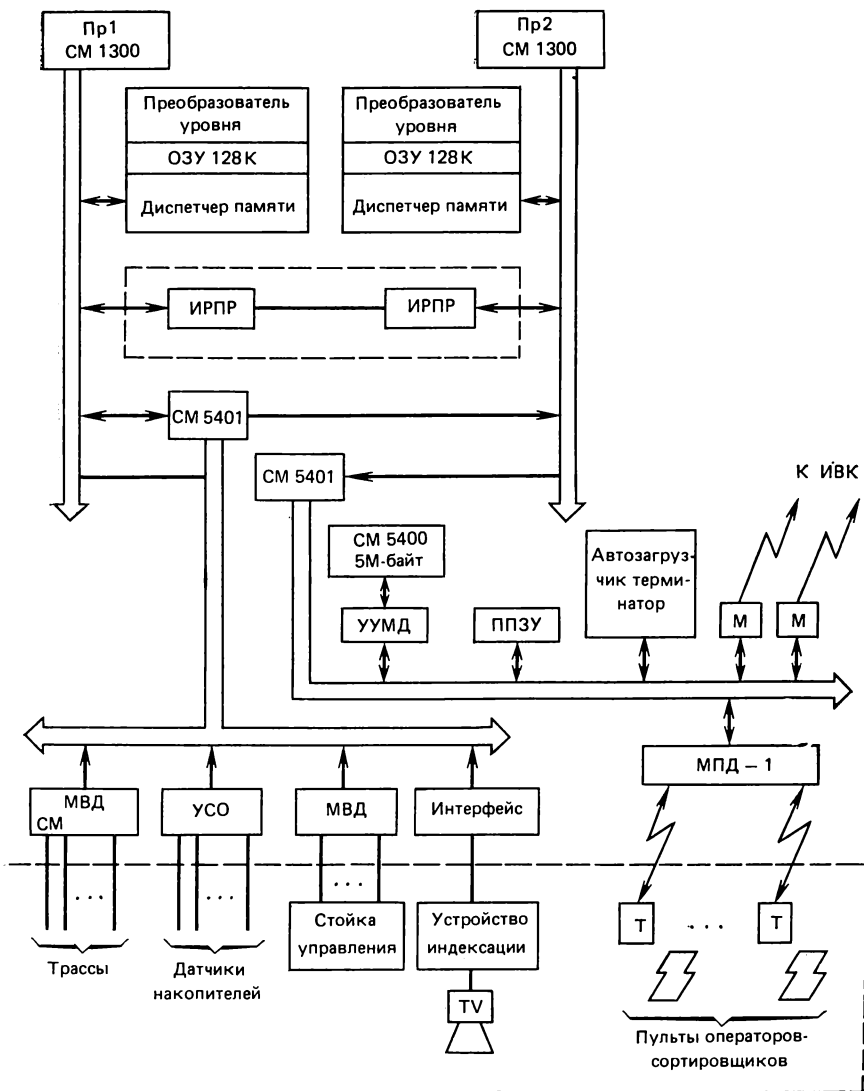


Рис. 3.28. Структура КТС нижнего уровня

ра. Эта же информация заносится в банк данных верхнего уровня.

Информационные взаимодействия между верхним и нижним уровнями могут осуществляться с помощью выделенных линий связи и модемов М либо ИРПС, обеспечивающих удаленность между источником и приемником до 1 км, при скорости передачи менее 100 бод. Учитывая небольшие объемы передаваемой

информации, такие скорости обменов будут удовлетворительными.

Взаимодействие между узлами локальной сети поддерживается операционными системами RSX-11, ОСРВ, которые могут быть установлены на микроЭВМ СМ 1300.

При этом из трех уровней, входящих в архитектуру сети пользователя, сетевых функций, связанных функций, — в данном варианте ПРИУК достаточно лишь двух нижних уровней (последних). Сюда входят следующие компоненты сетевого программного обеспечения: драйверы устройств связи, средства обеспечения достоверности передачи данных по сети, программные компоненты передачи от узла к узлу, программные средства взаимодействия задач в рамках ЭВМ, средства удаленного доступа к файлам.

Управляющий комплекс на основе микроЭВМ СМ 1800 при использовании вместо одиночной микроЭВМ СМ 1800 позволяет: повысить надежность выполнения основных задач управления при резервировании наиболее приоритетных задач в нескольких микроЭВМ комплекса; повысить ремонтпригодность с помощью оперативного переключения ряда ответственных задач с отказавших на исправные технические средства; повысить средние показатели (быстродействие и объем памяти управляющего комплекса) с помощью одновременной скоординированной работы нескольких микроЭВМ коллектива.

Структура КТС на базе УКВ представлена на рис. 3.29. Основной коллектива является вычислительное ядро, образованное двумя соединенными между собой базовыми микроЭВМ СМ 1803.03. В качестве основного варианта объединения микроЭВМ используются байтовые порты ввода-вывода, обеспечиваемые устройствами ввода-вывода данных из базового комплекса поставки СМ 1803.03. В качестве резервного варианта межмашинного комплексирования можно применять серийные устройства УС. Это повышает скорость межмашинных взаимодействий, сокращает сложность и объем системного программного обеспечения, не требует дополнительного блока УС. Подключение серийных внешних устройств (дисплеев, модемов, устройств печати) предлагается производить индивидуально, т. е. только к одной из микроЭВМ коллектива, поскольку контроллеры серийных устройств допускают только такое подключение. Для обеспечения максимальной живучести выполняемых задач однотипные устройства должны быть равномерно распределены по базовым ЭВМ вычислительного ядра. Для серийных внешних устройств, диктующих повышенные требования к готовности технических средств, должны быть предусмотрены резервные контроллеры во второй ЭВМ, переключение на которые в случае отказа одной из ЭВМ ядра производится вручную.

Важную роль в организации эффективного функционирования комплекса играет рациональное распределение задач и ресурсов по базовым микроЭВМ вычислительного ядра. При по-

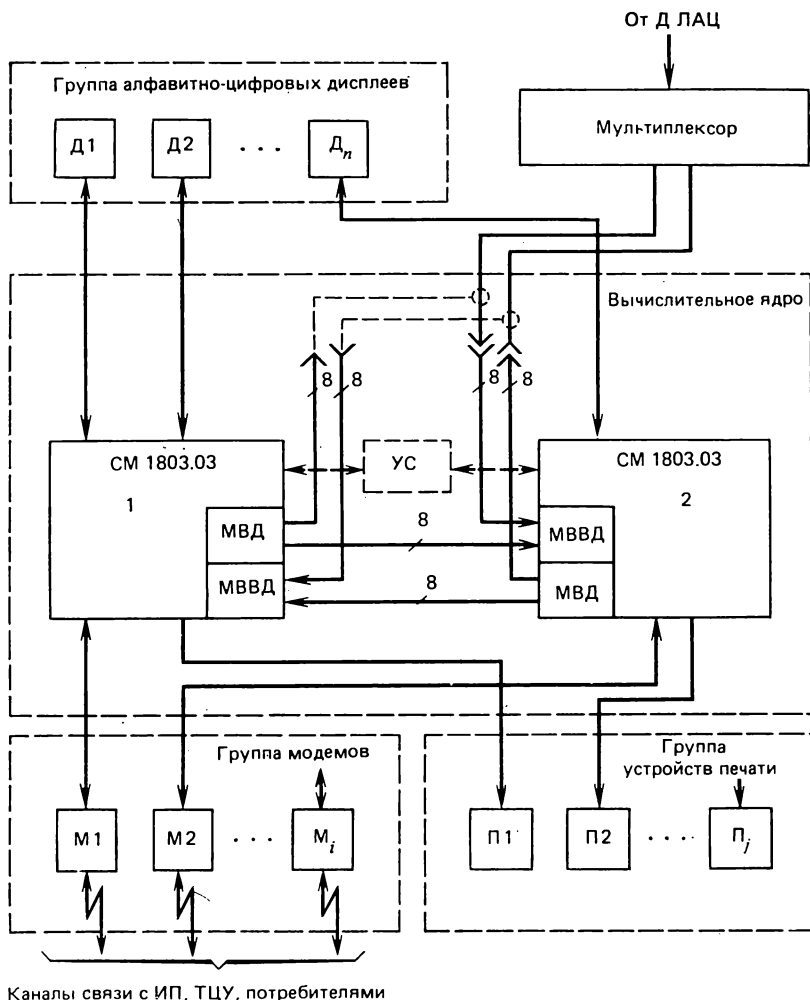


Рис. 3.29. КТС СМ — 1800

становке на управляющем коллективе все решаемые задачи предлагается разделить на 3 класса: *задачи старшего приоритета*, продолжающие без вмешательства оператора выполняться при отказах любой из ЭВМ комплекса; *задачи среднего приоритета* должны выполняться при отказе любой из ЭВМ комплекса, но для этого может потребоваться переключение оператором вручную некоторых устройств, требующихся задаче (мультиплексора, канала связи и т. д.); *задачи младшего приоритета* могут сниматься при отказах отдельных ЭВМ.

При назначении задач приоритетов необходимо учитывать, что коэффициент готовности задач младшего приоритета такой

же, как если бы они решались на одиночной ЭВМ, задач старшего приоритета — значительно выше (для старшего приоритета — $K_r=0,999997$; младшего — $K_r=0,999$ при времени наработки ЭВМ на отказ 1000 ч, среднем времени восстановления — 1 ч и экспоненциальных распределениях). Для решения комплекса задач на управляющем коллективе должны быть составлены два плана распределения задач: нормальный (для двухмашинной работы) и аварийный. Исходными данными для составления планов являются: структура связи задач, характеристики задач (память, требуемая вычислительная мощность, приоритет). Характеристики (кроме приоритета) должны быть определены после программирования задачи.

В состав средств программного обеспечения управляющего коллектива должны входить две основные группы программ: решения прикладных задач; межмашинных взаимодействий и системного контроля. Программа межмашинных взаимодействий строится из двух программ — драйвера (реализация межмашинного протокола на канальном уровне) и программы исполнения запросов. Структура связей системных программ представлена на рис. 3.30. Блок-схема алгоритма работы драйвера, реализующего передачу, прием информации и контроль наличия межмашинной связи (на базе основного варианта межмашинного комплексирования, байтовые программируемые порты), представлена на рис. 3.31.

В работе драйвер использует следующие данные:

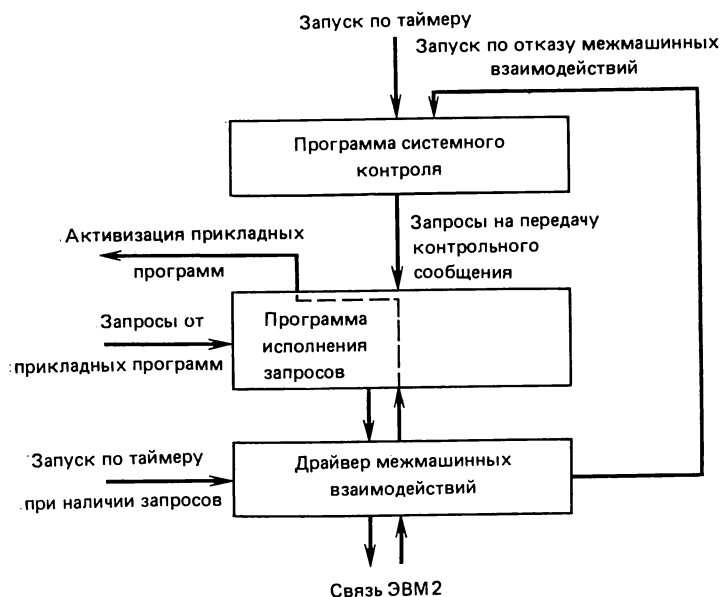


Рис. 3.30. Структура связей системных программ

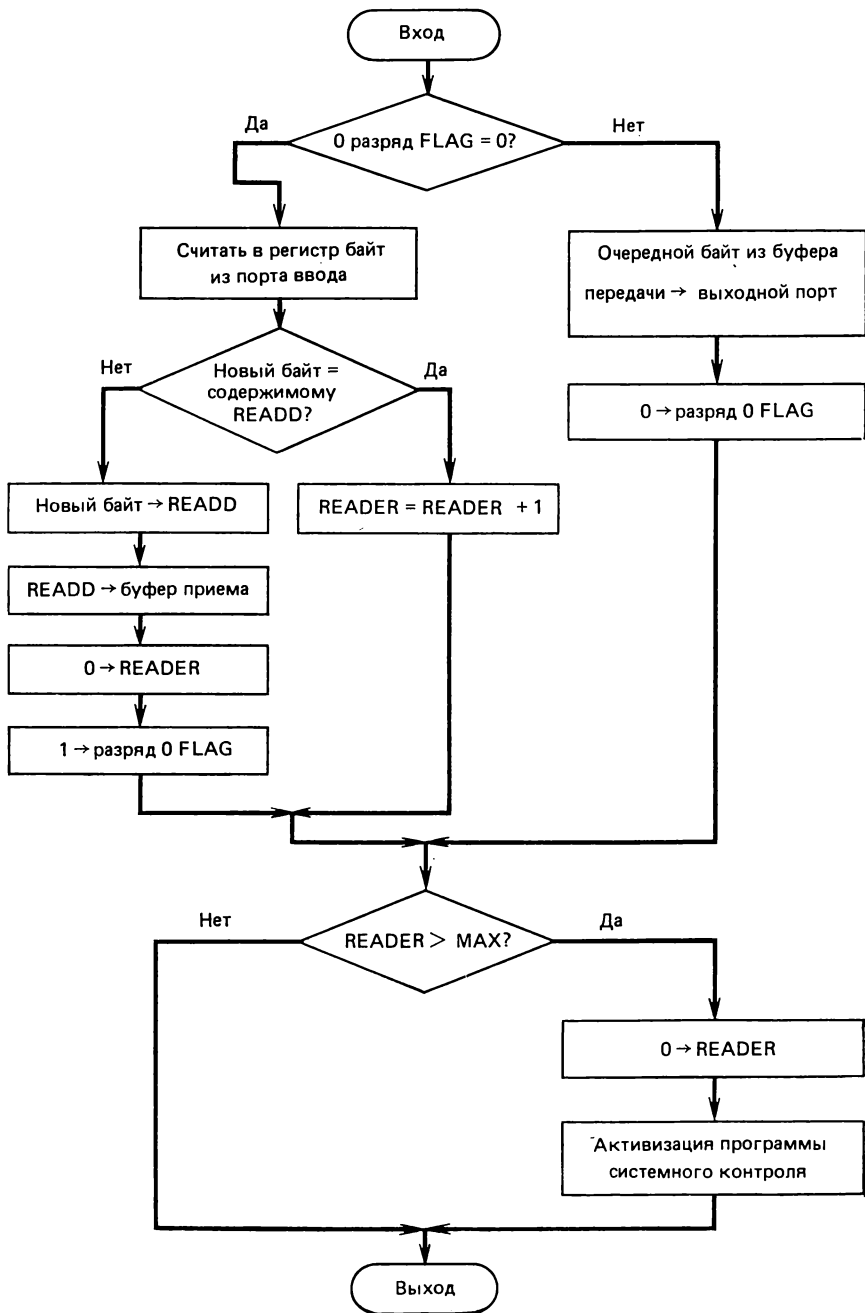


Рис. 3.31. Алгоритм работы драйвера

FLAG — слово системных флагов для связи между программами;

Ø — разряд — фаза обмена (0 — прием байта, 1 — передача);

READD — ячейка оперативного хранения очередного принятого байта;

READER — счетчик числа предварительных ситуаций, состоящих в том, что вторая ЭВМ не изменила содержимое своего выходного порта;

MAX — ячейка для хранения максимально допустимого числа предварительных ситуаций.

Для байтовой синхронизации драйвер использует факт изменения состояния выходного порта второй ЭВМ. Преобразование передаваемых сообщений в формат, при котором все соседние байты различны, осуществляет программа исполнения запросов.

Блок-схема алгоритма работы программы исполнения запросов представлена на рис. 3.32. Передающая часть активизируется запросом прикладной задачи или задачи системного контроля и выполняет процедуру преобразования передаваемого блока данных в формат, требуемый для байтовой синхронизации в драйвере, используя для этого два специально выделенных байта: SYN1 и SYN2 (например, SYN1=125₈, SYN2=252₈).

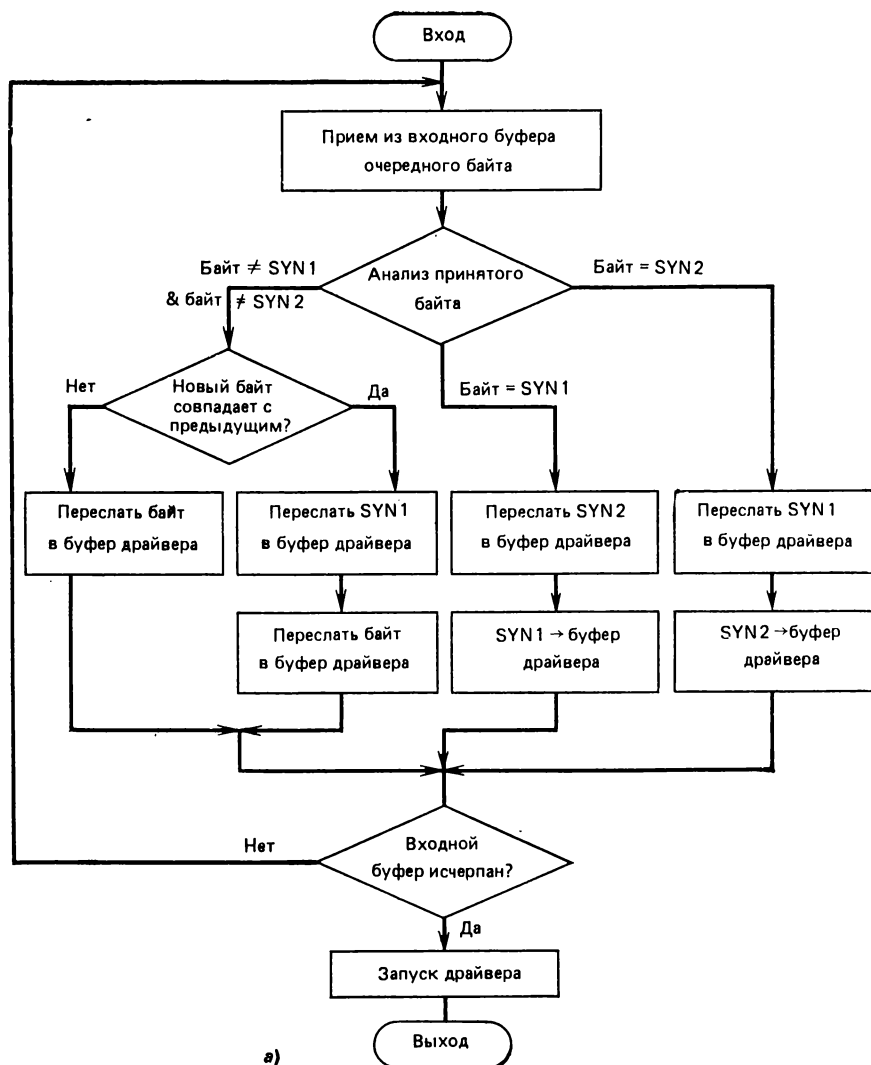
Приемная часть выполняет процедуру исключения из входного потока служебных байтов SYN1 и SYN2.

Анализ конца принятого сообщения производится на основании протокола канального уровня, в качестве которого предлагается использовать процедуру DDCMP в силу дуплексного характера канала межмашинной связи. Программа системного контроля выполняет две основные функции: периодически осуществляет запрос на передачу во вторую ЭВМ контрольного сообщения, при поступлении сигнала о нарушении межмашинной связи от драйвера выдает сообщение оператору и производит переход на аварийный план размещения задач.

Дополнительное (по сравнению с одной ЭВМ) обеспечение коллектива должно содержать инструкции по отработке сообщений: «Авария ЭВМ», включающую перечень необходимых действий при аварии первой и второй ЭВМ управляющего коллектива (переключение устройств, подачу с дисплея команд на запуск или исключение задач, а также замену и ремонт неисправных устройств); «Отказ устройства X», где X — тип и номер устройства, диагностируемого со стороны ЭВМ.

Дополнительное информационное обеспечение должно включать сообщения оператору и команды, вводимые им с клавиатуры дисплея. Оператору дополнительно должны выдаваться сообщения: «Авария ЭВМ», «Отказ устройства X».

Оператор должен иметь возможность формировать следующие команды: «Запустить задачу А в ЭВМ В», где А — имя задачи, В — номер ЭВМ; «Назначить устройство С задаче D», где

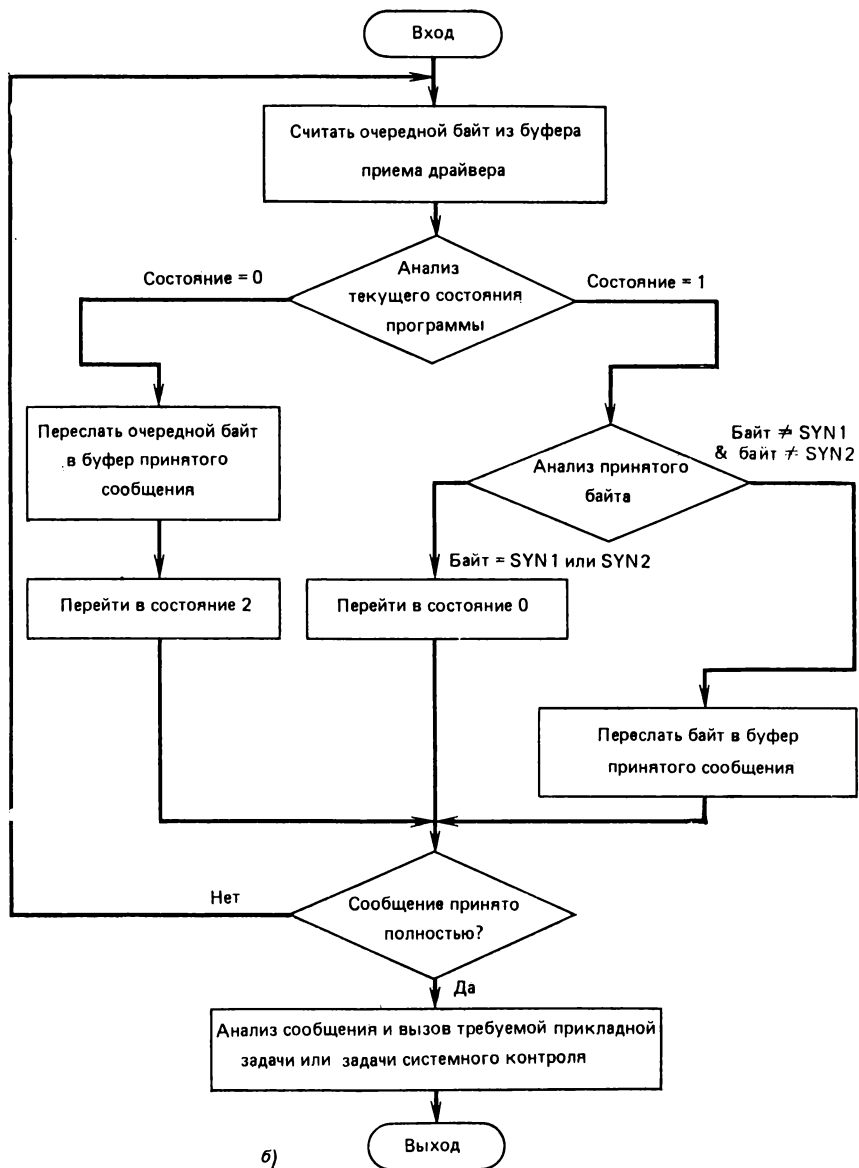


а)

Рис. 3.32. Алгоритм программы исполнения запросов

С — тип и номер устройства ввода-вывода. D — имя задачи (данная команда позволяет перенаправить связь задачи с отказавшего на исправное устройство, возможно в другой ЭВМ); «Перейти к одномашинному (двухмашинному) плану распределения задач».

Структура программного обеспечения АПК «Связь». Программное обеспечение АПК должно отвечать ряду требований, наиболее важными из которых являются следующие [25].



б)

Возможность применения программных средств, разработанных для базовой микроЭВМ АПК («Электроника 60»). Данное требование вытекает не только из анализа классов решаемых задач, но и из базовой концепции управляющего коллектива: точно так же, как технические средства коллектива основаны на базовой микроЭВМ (включающей все разработанные для нее аппаратные модули), так же и программное обеспечение управляющего коллектива должно опираться (т. е. в максимальной

степени использовать) на все программные средства базовой микроЭВМ. Такой подход обеспечивает преемственность в разработке программ и значительную экономию трудозатрат.

Обеспечение многопрограммного, многозадачного режимов работы в рамках одного ИКБ и для УКВ в целом. Это требование следует непосредственно из многофункционального характера работы УКВ и того факта (вытекающего из анализа классов решаемых задач), что ряд функций должен быть реализован одновременно (функциональный параллелизм задачи); при этом необходимо обеспечить приоритетный механизм при одновременном запросе задач на ресурсы УКВ, что определяется различной важностью решаемых задач.

Возможность записи разработанного программного обеспечения в ПЗУ вытекает из массового характера применения АПК в отрасли связи; действительно, большая часть вычислительных комплексов должна эксплуатироваться в необслуживаемых конфигурациях, т. е. не содержать внешних ЗУ на магнитных носителях, что в свою очередь требует хранения программ и постоянных данных в ПЗУ для начальной загрузки и перегрузки при сбоях и отказах отдельных компонент технических средств.

Возможность программирования задач пользователя на алгоритмических языках высокого уровня (Фортран, Паскаль и др.) вытекает из массового характера применения УКВ в отрасли связи. В этих условиях использование языков высокого уровня позволяет в 10—20 раз сократить трудоемкость разработки и сопровождения программ по сравнению с программированием на машинно-ориентированных языках типа Ассемблер.

Расширяемость функций системы за счет простого добавления новых прикладных программ определяется необходимостью поэтапного ввода в строй любой автоматизированной системы на базе УКВ. Кроме того, опыт внедрения АСТЭ на базе КВ из микроЭВМ «Электроника 60» показал, что набор функций не может быть полностью определен на этапе проектирования системы; ряд функций необходимо менять и добавлять по результатам опытной эксплуатации. Помимо этого, перспективными представляются адаптивные алгоритмы технической эксплуатации, требующие оперативной смены функций в процессе работы УКВ.

Модульность, структурность и мобильность разрабатываемых программ традиционны для больших программных комплексов, обеспечивают их безошибочность, высокую надежность и простоту сопровождения.

Состав и структура программного обеспечения АПК, удовлетворяющего перечисленным требованиям, приведены на рис. 3.33.

Благодаря использованию принципа программной совместимости с ЭВМ типа «Электроника 60», СМ 4, значительную часть программного обеспечения АПК (до 70—80%) составляют про-

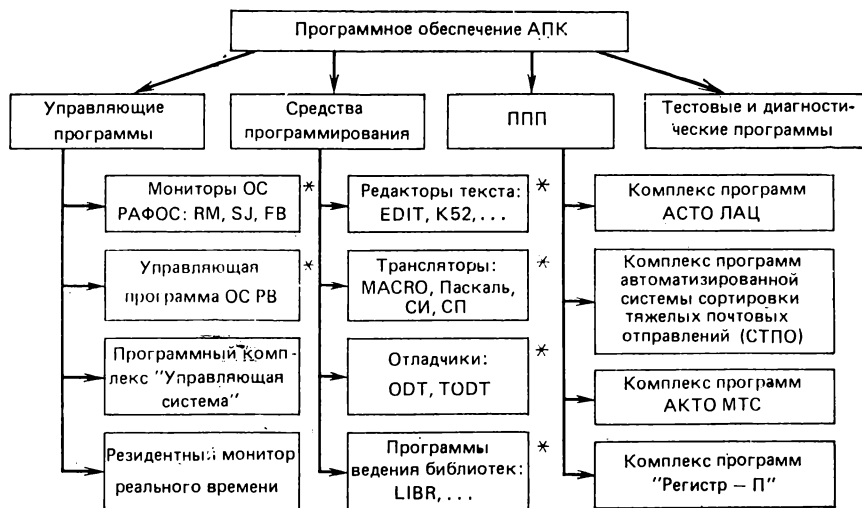


Рис. 3.33. Структура ПО АПК

граммы, поставляемые в составе операционных систем ЭВМ «Электроника 60», причем указанные программы используются для программирования и организации функционирования АПК без изменений. Трудоемкость создания существующих и вновь разработанных средств программного обеспечения АПК иллюстрируется табл. 3.2.

Управляющие программы АПК выполняют функции управления ресурсами АПК в процессе его функционирования. Мониторы ОС РАФОС обеспечивают многозадачный, многопрограммный режим работы (до восьми программ) на приоритетной

Таблица 3.2

Программа	Объем программы, Кбайт	Примечание
Монитор РАФОС	4	Поставляется — » — — » — — » —
Монитор РАФОС	6—8	
Монитор РАФОС	8—12	
Управляющая программа ОС РВ	8—16	
Программный комплекс «Управляющая система»	4	Специальная разработка
Резидентный монитор реального времени	4; 5	То же
Редактор текста	6	Поставляется — » — — » — — » —
Транслятор	15	
Транслятор С	18	
Отладчик	6	
Комплекс программ АСТО	8	— » —

основе, управление внешними устройствами, ведение файловых систем на дисковых внешних ЗУ, интерактивную связь с оператором ПК АПК посредством терминала (дисплея, телеграфного аппарата). Аналогичными возможностями обладает управляющая программа ОС РВ, но число задач в системе может достигать 256.

Главными недостатками управляющих программ является невозможность записи их в ПЗУ и отсутствие программных средств объединения ИКБ в коллективы. Эти недостатки отсутствуют в программном комплексе «Управляющая система». Комплекс реализован на языке программирования Макроассемблер ЭВМ «Электроника 60» и состоит из макроблиблиотеки и библиотеки объектных модулей, поставляемых в виде файлов операционной системы РАФОС.

Программный комплекс УС предоставляет пользователю возможности: одновременное выполнение до шести пользовательских задач в каждом ИКБ системы с возможностью межзадачных взаимодействий в одной и в различных машинах (при этом взаимодействующие задачи обращаются друг к другу только по имени, что обеспечивает независимость взаимодействия задач от их расположения в системе); обеспечение связи между задачами путем выполнения программных запросов; обработку сигналов реального времени.

Операторы межзадачных взаимодействий в УС ориентированы на реализацию системы асинхронных процессов и включают средства запуска, остановки, блокировки, разблокировки других задач, а также средства обменных взаимодействий различного вида.

Система УС предусматривает подготовку задач для выполнения под своим управлением на языке Макроассемблер ЭВМ «Электроника 60».

Аналогичными возможностями обладает разработанный в МЭИС резидентный монитор реального времени. Он отличается от УС совместимостью спецификацией вызова управляющей программы с ОС РВ, что позволяет обеспечить отладку программ для АПК на малых ЭВМ СМ 4, СМ 1420.

Средства программирования АПК позволяют вести разработку и сопровождение программного обеспечения автоматизированных систем на базе АПК с применением серийных мини-микроЭВМ, программно совместимых с ЭВМ «Электроника 60» (ДВК-2, ДВК-3, СМ 4, СМ 1420, СМ 1600 и др.). Все программы системы программирования поставляются с соответствующими ЭВМ в составе операционных систем РАФОС, ОС, РВ, ОС ДВК.

Пакеты прикладных программ включают программы, эксплуатирующиеся под управлением рассмотренных управляющих программ и обеспечивающие выполнение требований конкретных технологических комплексов на базе АПК.

Аппаратно-программный комплекс АПК-86 предназначен для построения на его основе автоматизированных систем управления производственными процессами отрасли связи. Использование ограниченной номенклатуры типовых модулей, программная совместимость с мощными микросистемами ЕС 1841(42), СМ 1800(10), IBM-PC AT(XT), возможность объединения отдельных АПК в сосредоточенные и локально распределенные УКВ позволяют создавать широкий спектр СВТ, удовлетворяющих требованиям разработчиков АСУТП.

Применение АПК-86 наиболее эффективно в АСТЭ и АСТО сетей связи для решения задач оперативного контроля, измерения параметров, прогнозирования и анализа качества работы средств связи.

Комплекс АПК-86 — модульная, развиваемая система средств, которая может при необходимости расширяться базовыми модулями и модулями, обеспечивающими удовлетворение специальных требований отдельных групп потребителей. Все аппаратные модули АПК-86 совместимы по электрическому и логическому интерфейсам, а также конструктивно (рис. 3.34).

Центральным модулем АПК любой конфигурации является ВМ, который обеспечивает управление отдельными модулями и системой в целом. Управление модулями осуществляется системной магистралью. В качестве прототипа системной магистрали принята магистраль MULTIBUS (И 41).

Вычислительный модуль реализован на базе микропроцессорного набора БИС К 1810 ВМ 86, обеспечивающего: адреса-

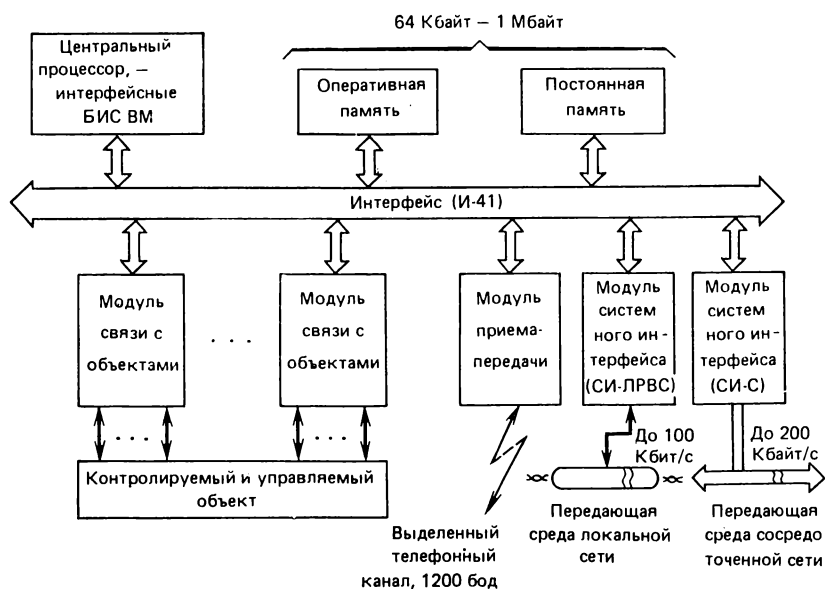


Рис. 3.34. Структура АПК-86

цию оперативной памяти до 1 Мбайт с точностью до байта; быстродействие при выполнении операций сложения в регистрах — свыше $1,5 \cdot 10^6$ оп/с; время реакции на прерывание — не более 20 мкс; многоуровневую систему прерывания, насчитывающую потенциально возможное число типов прерывания — 256; развитые методы адресации, включающие прямую, относительную, непосредственную, косвенную, индексную; наращивание емкости оперативной и постоянной памяти модулями по 64 Кбайт до 1 Мбайт.

Модуль системных интерфейсов СИ-С и СИ-ЛРВС обеспечивает объединение базовых АПК-86 в сосредоточенные (СИ-С в пределах стойки) и локально распределенные (СИ-ЛРВС в пределах здания) вычислительные системы и сети. Модули СИ-С и СИ-ЛРВС позволяют пользователю объединять вычислительные ресурсы отдельных АПК при решении сложных задач, а также организовывать отказоустойчивые режимы функционирования автоматизированной системы при отказе отдельных АПК.

Модуль СИ-С позволяет проводить: объединение до 16 АПК с помощью высокоскоростного параллельного общего системного канала; передачу информации между АПК со скоростью до 200 Кбайт/с; реализацию системных взаимодействий типа «обмен парный», «обмен трансляционный», «синхронизация», «управление», что способствует эффективному использованию вычислительных ресурсов отдельных АПК при решении одной сложной задачи.

Модуль СИ-ЛРВС обеспечивает: объединение до 32 АПК, территориально разнесенных с помощью экранированной витой пары длиной до 1 км; передачу информации между АПК в последовательном коде в асинхронном режиме со скоростью до 9600 бит/с и в синхронном — до 100 Кбит/с; бесконфликтную процедуру доступа к общему каналу; сетевой (точка — точка) и широковещательные режимы обмена информацией между АПК.

Модуль СИ-С выполнен на базе интегральных микросхем средней степени интеграции, а модуль СИ-ЛРВС — на базе однокристалльной микроЭВМ К1816 ВЕ 035 (031) и БИС серии К 580. Примеры структур систем сосредоточенного и локального распределенного типов приведены на рис. 3.35 и 3.36.

Модуль приема-передачи (МПП) предназначен для связи АПК-86 между собой или микроЭВМ верхнего уровня системы управления посредством выделенных телефонных каналов ТЧ с двух- и четырехпроводным окончанием, обеспечивает дуплексный режим работы со скоростью 1200 бит/с, выполнен на основе однокристалльной микроЭВМ К 1816 ВЕ 035 (031) и МП набора К 580.

Модули связи с объектом (МСО) обеспечивают сопряжение вычислительного ядра АПК с управляемым и контролируемым оборудованием и имеют две разновидности — МСО-1 и МСО-2.

Основные характеристики МСО-1: ввод 64 дискретных каналов (0 или 1), отражающих состояние объекта — точек контро-

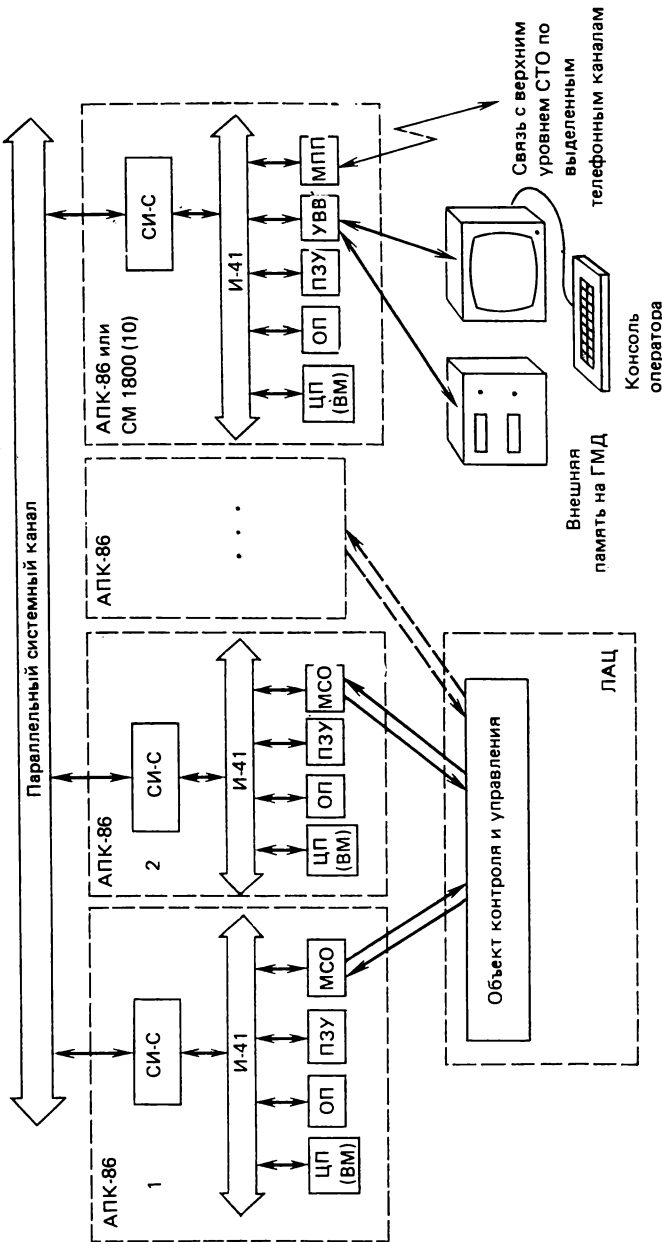


Рис. 3.35. Вариант структуры сосредоточенной вычислительной и управляющей системы

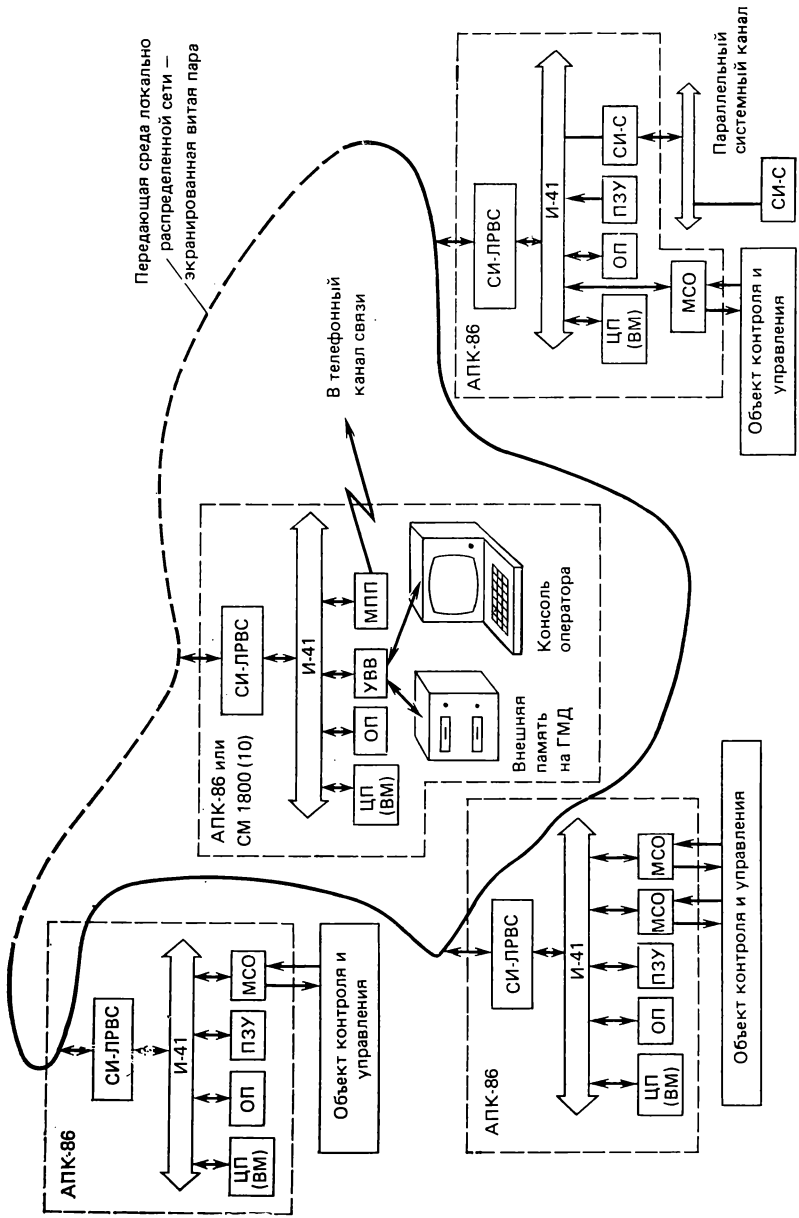


Рис. 3.36. Вариант структуры локально-распределенной управляющей сети

ля; время съема и предварительной обработки сигнала от одной точки — 1 Мс; вывод дискретной информации (0 или 1) на 1024 точки.

Основные характеристики МСО-2: поблочное включение двух-позиционных датчиков (0 или 1) по 1024 в одном блоке; число подключаемых блоков — по числу имеющих модулей ИРПР; удаление блоков от конструктива АПК на расстояние до 60 м.

Модули МСО-1 (2) выполнены на элементах К555, К561.

Благодаря использованию принципа программной совместимости разработчику управляющих комплексов на базе АПК-86 представляются мощные средства проектирования системных и прикладных программ, опирающиеся на возможности микросистемы типа ЕС 1841 (42), СМ 1800 (10).

В число средств программирования АПК-86 входят трансляторы языков программирования Ассемблер, Бейсик, Паскаль, ПЛ/1, С, а также редактор текста, компоновщик, библиотечарь. Эти средства позволяют осуществлять разработку и сопровождение программного обеспечения автоматизированных систем на базе АПК-86 с применением микроЭВМ СМ 1800 (10) с ОС общего назначения ДОС 1800 или микроДОС, структура которой приведена на рис. 3.37 (программные компоненты, обрамленные штриховой линией, в состав ОС не входят).

Комплекс прикладных программ АСТО ЛАЦ ориентирован на конфигурацию АПК-86, имеющего в своем составе модули сопряжения с объектом МСО-1 (2), МПП. Комплекс обеспечивает: постоянный сбор информации о состоянии линейных, группо-



Рис. 3.37. Структура ПО АПК-88

вых трактов и аппаратуры ЛАЦ; накопление и обработку полученной информации для локализации неисправности аппаратуры связи; контроль за восстановлением отказавшего оборудования; регистрацию, отображение и передачу на верхние уровни системы информации о состоянии оборудования.

Программный комплекс автоматизированной системы контроля технологического оборудования (АКТО) АМТС предназначен для конфигурации АПК-86, ориентированного для работы в качестве ядра системы контроля состояния приборов и групп приборов станции. Он обеспечивает: сбор информации о текущем состоянии приборов станции; статистическую обработку данных о работе приборов станции; выдачу статистических

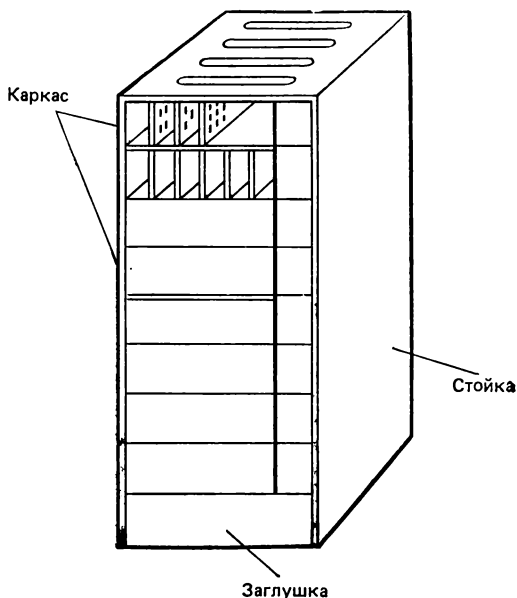
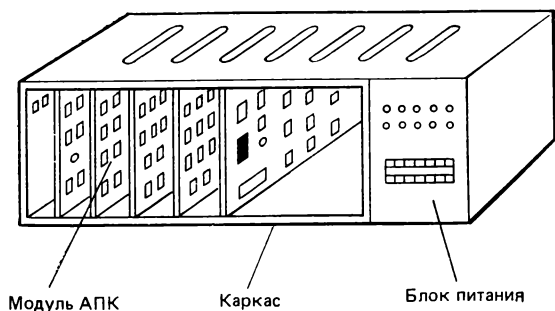


Рис. 3.38. Конструктивы АПК-87

данных техническому персоналу АМТС; формирование и передачу сведений администратору системы управления сетью.

Поддерживаемый базовой резидентной операционной системой (БРСРВ) или мультизадачной операционной системой реального времени АПК-86 обеспечивает управление процессами и обработку событий, протекающих в масштабе реального времени. Данные системы являются исполнительными. Ядро БРСРВ, например, занимает 2 Кбайт и размещается в ПЗУ, что позволяет отказаться от использования внешних запоминающих устройств и повысить надежность работы прикладной системы реального времени. При необходимости БРСРВ может быть расширена драйверами нестандартных устройств, а также прикладными программами пользователя. Используя данную ОС, разработчик создает на основе АПК-86 желаемую прикладную систему реального времени, включая в нее ядро БРСРВ, необходимые драйверы и прикладные программы (АСТО, ЛАЦ, АКТО АМТС и др.). Далее все формируется в виде единого загрузочного модуля, который может быть записан в ПЗУ и реализован на АПК-86. Разработчик может иметь в своем распоряжении библиотеку загрузочных модулей, настроенных на определенные конфигурации АПК и состав сопрягаемого с ним управляемого и контролируемого оборудования.

В качестве основного конструктивного элемента АПК выбрана печатная плата 220×233 мм, на которой размещаются все электронные компоненты, а также два разъема типа СМП59. Каждый конструктивный модуль АПК размещается на одной печатной плате. Модули АПК собираются в общий каркас с размерами $320 \times 258 \times 385$ мм, рассчитанный на 15 посадочных мест с шагом между модулями 20 мм. Такой каркас способен рассеивать до 25 Вт без принудительного охлаждения. Блок питания с индикаторной головкой размещается в этом же конструктиве. Блоки АПК могут набираться в стойки, содержащие до восьми каркасов (рис. 3.38).

Глава 4.

ПРИМЕНЕНИЕ КТС НА ОСНОВЕ СЕРИЙНЫХ МИКРОЭВМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ СВЯЗИ

4.1. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛИНЕЙНО-АППАРАТНЫХ ЦЕХОВ СМП ЕАСС

Рассмотренные выше технические средства составляют основу построения АСТЭ и АСТО аппаратуры связи. Приводимые

ниже примеры показывают области применения отдельных ИКБ на основе серийных микроЭВМ. Для решения этих же задач может использоваться и ИКБ в виде аппаратно-программного комплекса «Связь», АПК-86. В тех случаях, когда параметры отдельного ИКБ не удовлетворяют требованиям системы по надежности, производительности, объему памяти и т. д., следует переходить от отдельных ИКБ к сосредоточенным однородным информационно-управляющим системам, ЛРИУК и т. д.

Объединение ИКБ в системы производят и при организации распределенной обработки и распределенных информационно-управляющих систем.

Сопряжение ИКБ с внешними устройствами и объединение их в системы осуществляется с помощью интерфейсов.

Автоматизированная система технического обслуживания ЛАЦ представляет собой комплекс технических и программных средств, устанавливаемых в СТО ЛАЦ и выполняющих функции: постоянного сбора информации о состоянии линейных, групповых трактов и аппаратуры ЛАЦ; накопления, анализа полученной информации для определения места повреждения контролируемой аппаратуры; отображения информации о состоянии контролируемого оборудования и трактов; контроля за восстановлением поврежденного оборудования и трактов и регистрации места и длительности неисправности; передачи на вышестоящий уровень информации о повреждениях и прием командной информации; документирования информации о повреждениях и командной информации.

Использование АСТО в эксплуатации позволяет добиться: повышения надежности оборудования при выводе оперативного персонала из помещения ЛАЦ в помещение секции технического обслуживания; повышения оперативности обнаружения отказов в ЛАЦ и, следовательно, увеличения коэффициента готовности аппаратуры и трактов; объективного контроля за качеством устранения повреждений и загруженностью оперативного технического персонала; повышения производительности труда технического персонала за счет детальной диагностики места повреждения.

Контролю со стороны АСТО подвергаются: линейные тракты, групповые тракты, аппаратура ЛАЦ.

Контроль линейных и групповых трактов производится по соответствующим контрольным частотам. При контроле каждого тракта система обеспечивает распознавание следующих состояний: «Норма», «Повреждение», «Авария». При этом контроль состояния линейных трактов аппаратуры К-3600, К-1920, К-1020Р, К-24Р производится по встроенным двухпозиционным датчикам. Контроль остальных трактов производится с помощью датчиков специальной разработки.

Контроль аппаратуры ЛАЦ осуществляется по показаниям двухпозиционных датчиков сигнализации, заложенных в аппа-

ратуре. При этом АСТО обеспечивает контроль состояния каждой стойки ЛАЦ.

Алгоритмы диагностики позволяют выявить источник неисправности по информации, полученной в результате контроля АСТО, обеспечивает следующую глубину диагностики при контроле: отказавших трактов — с точностью до неисправного тракта; оборудования ЛАЦ — с точностью до стойки.

Оперативную двустороннюю (диалоговую) связь с персоналом ЛАЦ СУС и ТЦУ МС обеспечивает АСТО. Для взаимодействия с персоналом используется алфавитно-цифровой дисплей; для связи с ТЦУ МС — выделенный дуплексный телеграфный канал. Документирование производится на телеграфном аппарате. Кроме того, используется служебная телефонная связь с вышестоящими подразделениями системы управления ЛАЦ.

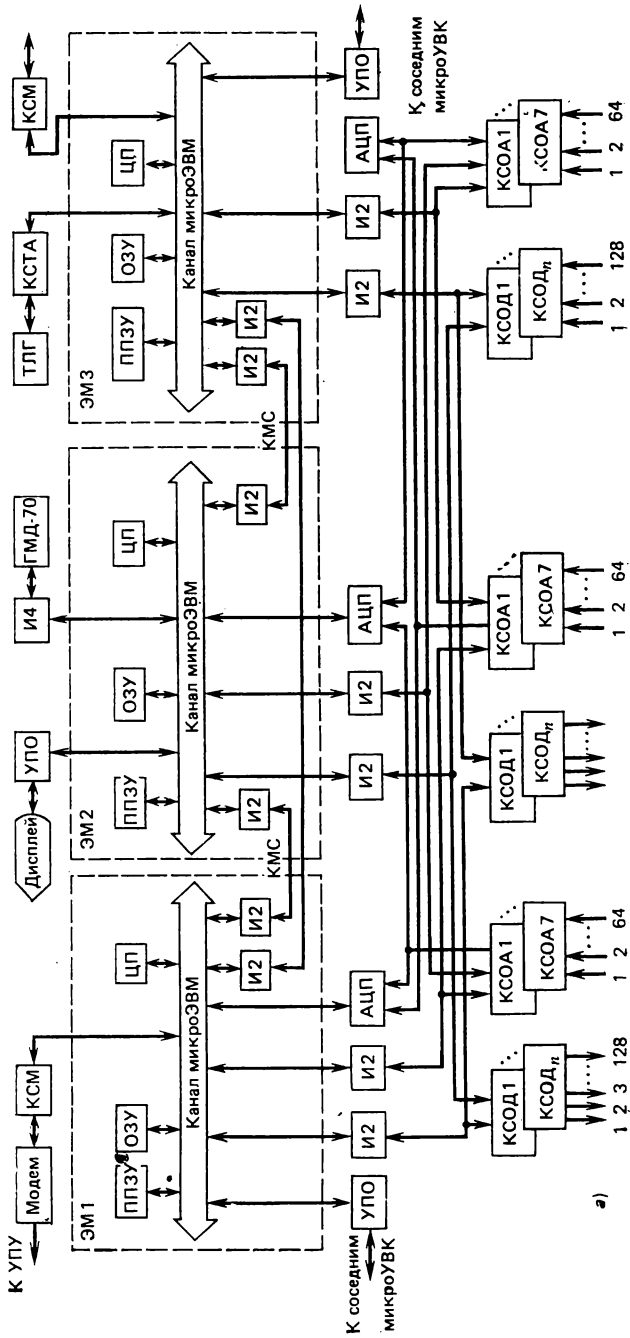
Автоматизированная система технического обслуживания обеспечивает: отображение информации — состояние контролируемых объектов (в случае отказа или по запросу оператора); источник неисправности (в случае отказа); документирование на телеграфном аппарате полной информации о прохождении неисправности в виде — дата и время возникновения неисправности, характер неисправности, координаты неисправного объекта, время установления неисправности и полное время существования неисправности; передачу в ТЦУ МС полной информации о неисправности, если продолжительность неисправности превышает 60 с.

В качестве точек съема информации для контроля используются приемники контрольных частот (КЧ) трактов и сигнальные цепи отдельных устройств.

Для оценки качества состояния КО необходимо производить измерение ряда параметров каналов и трактов. Особенность подобных измерений в многоканальной связи заключается в том, что объект измерения — канал или тракт передачи — четырехполюсник с территориально распределенным входом и выходом. К основным параметрам, существенно влияющим на качество передачи аналоговой и дискретной информации, относятся: остаточные затухания, частотная характеристика остаточного затухания, кратковременные изменения уровня сигналов, перерывы уровня длительностью более 300 мс, изменения частоты, средняя и пиковая мощности психометрического и невзвешенного шума, импульсные помехи. Многие из параметров представляют собой случайные процессы, поэтому обработка результатов должна производиться статистическими методами.

Все эти функции должен выполнять КТС, построенный на основе СОИУВС «Связь-1» (рис. 4.1,а).

В состав СОИУВС «Связь-1» входят ИКБ «Связь-1» и базовые конструктивные модули двухкаскадного УСО модуля со-



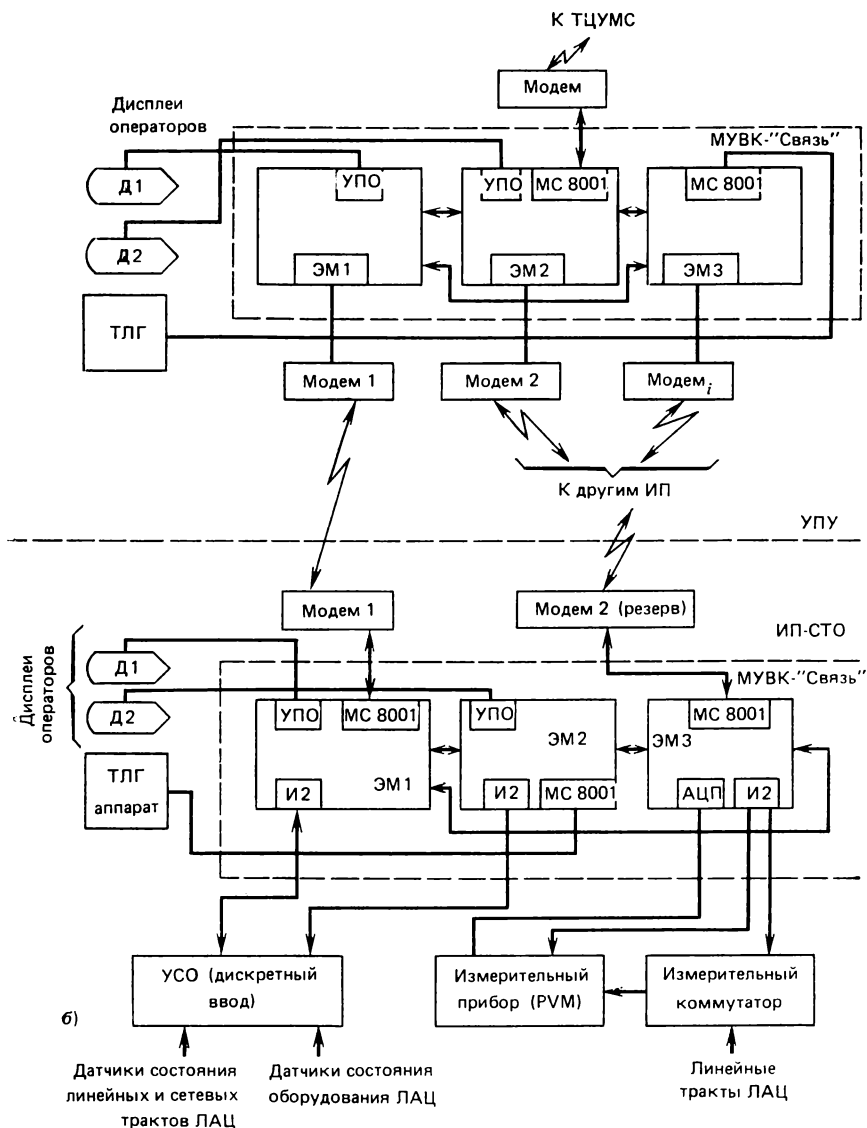


Рис. 4.1. СОИУВС «Связь 1» для СТО ИП:
 а — структура; б — связь с УПУ

пряжения с телеграфным аппаратом и измерительным прибором РВМ-60.

Двухкаскадное УСО обеспечивает ввод первичных сигналов, характеризующих состояние контролируемых объектов. Первая ступень УСО — модули параллельного интерфейса И2, вторая ступень — специально разработанные контроллеры связи с

объектом, КСОД (рис. 4.1,а) и КСОА. До 128 пороговых датчиков (точек контроля) позволяет подключать КСОД к одному модулю. Аналоговый мультиплексор представляет собой КСОА, обеспечивающий подключение 64 входных аналоговых сигналов. Ввод-вывод информации может осуществляться с помощью телеграфного аппарата. Связь между СОИУВС соседних объектов СМП (смежного сетевого узла или станции) осуществляется по телеграфному каналу. Для этого используется адаптер связи с модемом типа МС 8001, с помощью подобного интерфейса СОИУВС СТО нижнего уровня объединяется с ВС верхнего уровня, в частности с узловым пунктом управления (УПУ) (рис. 4.1,б). Подобная связь необходима для передачи обобщенных сигналов о состоянии объектов, а также передачи (приема) кодограмм с их отображением и документированием на верхние уровни управления.

Объединение СОИУВС отдельных СТО смежных объектов магистральной сети связи в распределенную систему (РИУВС) обеспечивает проведение автоматических измерений нормируемых параметров систем передачи участков сети с помощью типовых измерительных приборов, управляемых отдельными ЭМ СОИУВС.

4.2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АМТС

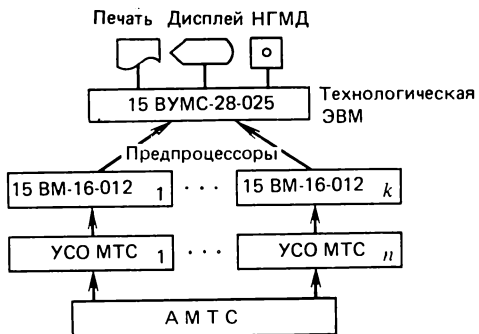
Автоматизированная система «Комплекс — АКТО» предназначена для использования на АМТС отечественного производства типов АМТС-1М, 2 и 3 для обеспечения автоматизированного контроля за состоянием отдельных приборов и групп приборов станции, определения объемных и показателей качества работы станции в целом и отдельных направлений связи и выдачи технического персоналу необходимых сводок.

Технические средства системы «Комплекс-АКТО» охватывают автоматизированным контролем индивидуально все приборы станции, причем контроль работы приборов производится в процессе обслуживания ими реальной нагрузки. Таким образом, функционирование системы не связано с созданием на приборы станции дополнительной нагрузки, а позволяет оценить реальные потоки нагрузки, тяготения, загруженность приборов, каналов и линий.

Сбор и накопление информации осуществляется сеансами с последующей обработкой. Длительность и периодичность следования сеансов сбора определяется техническим персоналом в зависимости от состояния оборудования станции и задается оператором с видеотерминала.

Система «Комплекс-АКТО» (рис. 4.2) обеспечивает: сбор информации о текущем состоянии приборов станции по каждому отдельному соединению; накопление по каждому прибору станции данных о соединениях, устанавливаемых в течение сеанса

Рис. 4.2. Комплекс АКТО



контроля; статистическую обработку накопленных в течение сеанса контроля данных о работе приборов станции для выделения по определенным критериям неработоспособности оборудования; выдачу эксплуатационно-техническому персоналу

АМТС статистических сводок по неработоспособному оборудованию; выдачу руководству МТС сводок о работоспособности станции, нагрузке на направлениях связи, потерях; подготовку информационных массивов для передачи их в систему управления СС.

В состав комплекса технических средств системы входит БКМИ как устройство сопряжения с оборудованием ЛРИУК в виде управляющего вычислительного комплекса УВК.

Подключается БКМИ к специальным контрольным точкам, организуемым на всех приборах станции посредством внедрения несложных монтажных коррекций.

Двухуровневый вычислительный комплекс представляет собой УВК. Нижний уровень — уровень предпроцессора использует ИКБ, построенный на базе микроЭВМ «Электроника 60» 15 ВМ-16-012, и обеспечивает сбор и накопление поступающей от УСО МТС информации. Верхний уровень — технологический — использует ИКБ, построенный на базе микроЭВМ «Электроника 60» 15 ВУМС-28-025, обеспечивает технологическую обработку собранной информации и поддерживает диалоговый режим человек — машина.

Число комплектов БКМИ и предпроцессорных ИКБ для конкретного объекта внедрения определяется объемом замонтированного на АМТС оборудования.

Применение системы «Комплекс-АКТО» на АМТС отечественного производства позволит: внедрить на АМТС контрольно-корректирующий метод эксплуатации, значительно сократить затраты ручного труда; охватить одновременным непрерывным контролем все оборудование АМТС; осуществить автоматизированный анализ состояния контролируемых приборов и выделение приборов, находящихся в отказном и предотказном состоянии; повысить достоверность получаемой информации о состоянии оборудования станции.

4.3. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ТЕЛЕФОННЫХ РАЗГОВОРОВ НА МЕЖДУГОРОДНЫХ ПЕРЕГОВОРНЫХ ПУНКТАХ

Система используется в выделенных междугородных переговорных пунктах (ПП) для расширения возможностей автоматической междугородной связи и предназначена для учета стоимости МТР, осуществляемых с помощью телефонных аппаратов АТС, включенных в абонентскую емкость ГТС, и устанавливаемых в кабинах переговорного пункта вместо МТА. При этом на переговорном пункте организуется жетонная система допуска абонентов в кабины через оператора. Правила соединения по автоматической междугородной связи такие же, как и для абонентов квартирного или учрежденческого сектора. После проведения разговоров абонент предъявляет жетон с номером кабины оператору, который запрашивает через систему счет, выдает его абоненту и осуществляет расчеты. Доступ к кабинам ограничивается турникетом, устанавливаемым возле оператора. Система расчетов — в кредит с немедленным расчетом по окончании разговоров. Структура системы представлена на рис. 4.3 [26].

Система состоит из: ИКБ в виде аналогового вычислительного комплекса (ДВК-2М), включающего в себя центральный процессор на базе микропроцессора К1801, дисплей 15 ИЭ-013, печатающее устройство УВВП-30-04 или Д-100, накопитель на гибких магнитных дисках НГМД-6022 емкостью 2×200 Кбайт; БКМИ в виде блока линейного оборудования (БЛО) СЗ/16 на 16 абонентских линий с таймером; блок коммутации микрофонов (БКМ) телефонных аппаратов С4/16 на 16 микрофонных линий; телефонных аппаратов ТА-72 до 16 шт. БКМИ конст-

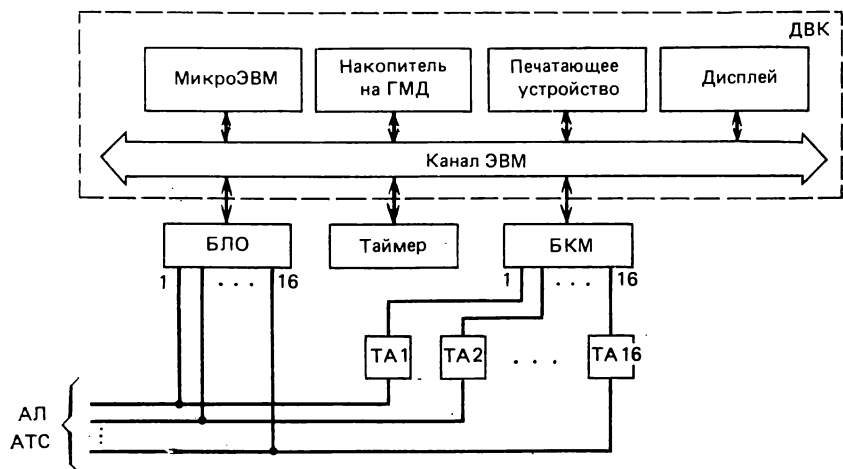


Рис. 4.3. Регистр П

руктивно подключены в ДВК. При этом блок линейного оборудования БЛО 03/16 обеспечивает электрическое согласование уровней сигналов 16 АЛ и ДВК, а также ввод информации о состоянии всех абонентских линий (замкнуто — разомкнуто) в память микроЭВМ по ее командам; блок коммутации микрофонов БКМ телефонных аппаратов С4/16 осуществляет по командам микроЭВМ подсоединение каждого микрофона 16 телефонных аппаратов к своей АЛ; таймер Т1 выдает тактовые частоты и временные интервалы для БЛО.

Система, регистрирующая в реальном масштабе времени изменение состояния абонентских линий, через БЛО: ниже 25 В — замкнуто, выше 45 В — разомкнуто, каждый 5 мс запоминает нахождение линии в том или ином состоянии. При этом учитываются следующие фазы состояния абонентских линий: поднятие трубки и ожидание ответа станции; набор первой цифры; межсерийный интервал; цифра; конец набора номера; ответ вызываемого абонента; разговор; конец разговора.

Начало разговора определяется по набору абонентом цифры 3 на телефонном аппарате после ответа вызываемого абонента, одновременно через БКМ подключается к абонентской линии микрофон ТА, конец разговора — по возвращении телефонной трубки в исходное состояние. Тарификация разговоров производится по коду АВС в соответствии с преискурантом № 125 без льготного тарифа.

При помощи таймера (5 мс) система ведет календарь (ч, мин, с, число, месяц, год, день недели).

Система регистрирует номер кабины, код города (АВС), номер вызываемого абонента до семи знаков, время начала разговора (ч, мин), стоимость разговора в рублях и копейках. На основании регистрируемых данных по запросу оператора выдается: счет абоненту, промежуточная и итоговая справки о работе пункта за сутки по установленным формам.

Из каждой кабины один абонент может осуществить до десяти разговоров. Разговоры длительностью до 20 с системой не регистрируются (льготное время).

Система работает под управлением ОС «Регистр-II». Использование данной системы позволяет: сократить затраты на оборудование и техническое обслуживание аппаратуры; исключить затраты на обмен монетных копилки; освободить операторов заказной службы от приема заказов и предоставления разговоров командированным лицам; увеличить доходы из-за повышения удобства пользования системой (не требуются монеты, не надо следить за их кассированием, нет ограничений по направлениям).

4.4. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА МЕЖДУГОРОДНОГО ПЕРЕГОВОРНОГО ПУНКТА ОТДЕЛЕНИЙ СВЯЗИ

Автоматизированное рабочее место (АРМ) применяется в междугородных переговорных пунктах отделений связи и предназначено для учета стоимости МТР и расчетов с абонентами междугородных переговорных пунктов отделений связи в авансовых и кредитных способах расчетов. Осуществляется МТР с телефонных аппаратов, включенных в абонентскую емкость ГТС, устанавливаемых в кабинках переговорного пункта находящихся под контролем АРМ [26].

Правила соединения по межгорсети такие же, как и для абонентов квартирного или учрежденческого сектора.

На переговорном пункте устанавливается жетонная система допуска абонентов в кабинки переговорного пункта. При этом при авансовой системе расчетов абонент вносит аванс не требуется дальнейший контроль за действием абонента. При кредитной — для упорядочения движения абонентов необходимо установить турникет для прохода к кабинкам под контролем оператора. В обоих вариантах производится немедленный расчет по окончании разговоров.

Автоматизированное рабочее место (рис. 4.4) представляет собой ИКБ и состоит из диалогового вычислительного комплекса ДВК-2М, БЛО С5 с таймером, телефонных аппаратов типа ТА-72 (до 8 шт.).

В процессе функционирования АРМ, регистрируя через БЛО в реальном масштабе времени изменение состояния абонентских линий, определяет набранный номер — АВСабXXXXX.

Процесс обслуживания осуществляется следующим образом абонент вносит аванс, оператор выдает ему жетоны с номером кабинки и с суммой аванса, дает команду открыть кабинку

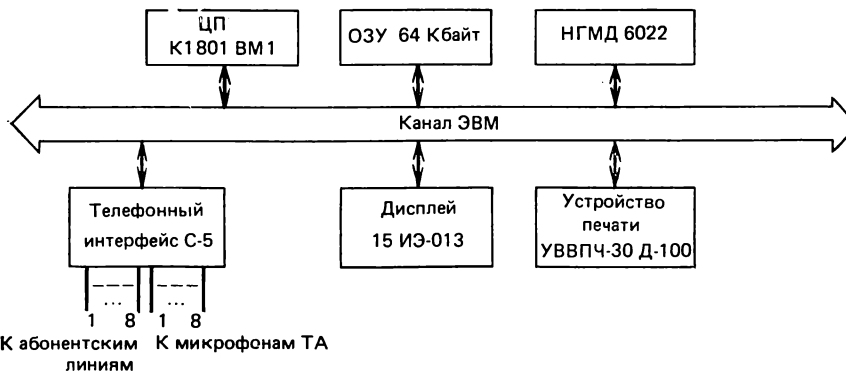


Рис. 4.4. АРМ-телефон

Абонент осуществляет разговоры в пределах аванса, при истечении аванса разговор прерывается отключением микрофона; возвращается, предъявляет жетоны оператору, оператор выдает счет и сдачу.

Автоматизированное рабочее место работает под управлением ОС АРМ-Телефон/А на языке Ассемблер.

4.5. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЧЕВЫХ РОБОТОВ СВЯЗИ

Роботами связи называют автоматические устройства на базе микропроцессоров или микроЭВМ, работающие по заданной программе и выполняющие функции работников связи. Под речевыми интеллектуальными роботами связи (РИРС) подразумеваются роботы, выполняющие интеллектуальную работу, способные вести диалог с человеком в речевом виде, причем такой робот не должен обязательно и говорить, и воспринимать человеческую речь, поскольку в одних технологических процессах достаточно, чтобы применяемый в них робот мог говорить, а в других — воспринимать речь. Но одна из речевых функций данных роботов должна присутствовать обязательно. В состав РИРС входят вычислительные средства (ЭВМ), речевое устройство (РУ), аппаратно-программный интерфейс (ИС) между используемыми вычислительными средствами и речевым устройством; УС с каналами или техническими средствами связи в рамках той системы связи, в которой функционируют РИРС, и система приемопередатчиков (ППИ), принимающих или передающих дополнительную, формализованную в цифровом виде информацию в рамках данной системы связи. Структура такого РИРС изображена на рис. 4.5 [29].

Использование современных высокопроизводительных вычислительных средств дает возможность объединять несколько речевых и других устройств на одной ЭВМ. Более высокой организацией РИРС является объединение их на принципах коллектива вычислителей (рис. 4.6 СР — синтезаторы речи, АР — анализаторы речи).

Оценивая возможности РИРС, нельзя забывать о их экономической эффективности, поскольку даже «высокоинтеллектуальный», но достаточно дорогой робот не найдет широкого применения в автоматизированных системах связи. Поэтому наиболее целесообразно использовать в РИРС микроЭВМ и персональные компьютеры.

Основной составляющей технических средств РИРС, определяющей их смысл, являются РУ, которые подразделяются на речевые устройства ввода (РУВВ) и речевые устройства вывода (РУВД).

При работе РИРС в системах массового обслуживания на базе технических средств телефонной сети возникает сложность в получении высокой достоверности речевой информации

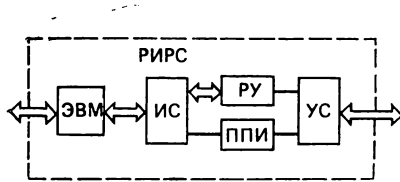
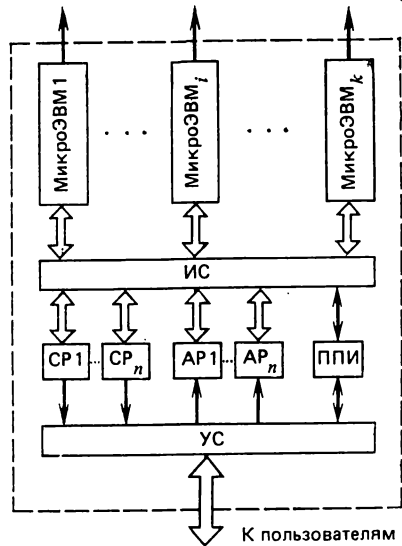


Рис. 4.5. Структура РИРС

Рис. 4.6. РИРС на основе коллектива



из-за разброса параметров телефонных трактов и наличия в них существенных помех. Возникает необходимость иметь в составе РИРС приемники цифровой информации о номеронабирателе телефонного аппарата (ПИНТ).

Для взаимодействия с телефонной сетью РИРС, выступающему в качестве абонента сети, необходимо иметь вызывное устройство, имитирующее набор телефонного номера. Такие устройства получили название телефонного автоматического устройства (ТАУ).

Уже в настоящее время имеются разработанные и серийно выпускаемые речевые и дополнительные устройства, составляющие техническую основу РИРС: РУВВ — «Марс-1», «Марс-2», «Эра-32», ПИНТ — «Диалог», РУВД — «Фонемофон 4К», «Фонемофор-Т», «Эра-32», «Диалог»; ТАУ — «Фонемофор-4Т».

Одной из составляющих РИРС является интерфейс сопряжения (ИС) РУ и микроЭВМ. Интерфейс сопряжения должен обеспечивать передачу данных (массивов параметров или слов) из ОЗУ ЭВМ в РУВД, прием данных из РУВВ в ОЗУ ЭВМ, дуплексную работу датчиков РИРС, управления всеми внешними устройствами и, в частности, устройствами сопряжения РИРС с каналами или техническими средствами связи.

Устройство сопряжения обеспечивает обмен управляющими сигналами между РИРС и каналами или техническими средствами связи, а также электрическое сопряжение между ними.

Использование РИРС в автоматизированных системах связи позволяет решить важные задачи: внедрение новых и повышение качества существующих услуг связи, сокращение чис-

ленности персонала связи, занятого предоставлением услуг, автоматизация технологических процессов в отрасли связи.

Важными аспектами эффективности применения РИРС в телефонной связи является, с одной стороны, возможность использования их на телефонной сети без установки дополнительного абонентского оборудования, а с другой стороны, возможность внедрения новых видов телеобслуживания, которые без них были бы просто невозможны.

Автоматическая служба приема заказов на междугородные телефонные разговоры. Структура РИРС для междугородной службы показана на рис. 4.6.

Робот строится на основе аппаратуры «Диалог». РИРС принимает информацию от абонента с помощью приемников информации с номеронабирателя телефонного аппарата и передает ответную информацию с помощью синтезаторов речи. РИРС подключается к телефонным линиям (по выделенному индексу через специальный узел) через устройство сопряжения с телефонными линиями (УСТЛ).

Автоматическая служба сбора статистической и отчетной информации с рабочих мест и предприятий связи. По структуре РИРС, на базе которого строится данная служба, совпадает с РИРС «Диалог». Отличие заключается в реализации диалога оператор — РИРС, т. е. в реализации программного обеспечения.

Автоматическая справочно-информационная или сервисная служба. РИРС, входящие в данную службу, могут строиться на базе РИРС «Диалог» (рис. 4.7) и РИРС «Диалог А» (рис. 4.8). Такие РИРС предполагают связь с базой данных конкретной справочно-информационной службы. Диалог с абонентами телефонной сети может осуществляться полностью в речевом виде или с использованием приемников информации с номеронабирателя телефонного аппарата. Для идентификации абонента может использоваться автоматическое опознание телефонного номера, для чего в приемники информации включены специальные устройства. Для сопряжения с абонентами используются устройства связи с телефонными линиями (УСТЛ).

Автоматическое централизованное бюро ремонта телефонов. Использование РИРС «Диалог» в автоматических бюро ремонта телефонов основывается на общих принципах. РИРС, входящие в данную службу, подключены в

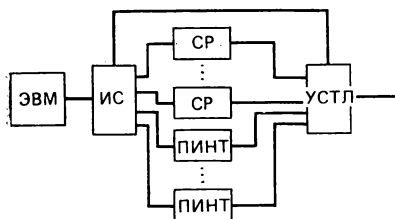


Рис. 4.7. РИРС для междугородной службы («Диалог»)

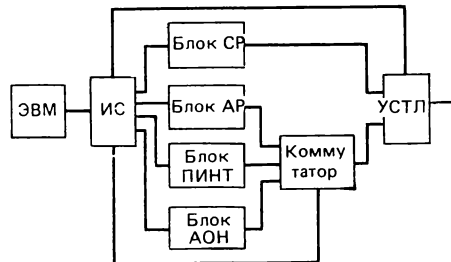


Рис. 4.8. «Диалог А»

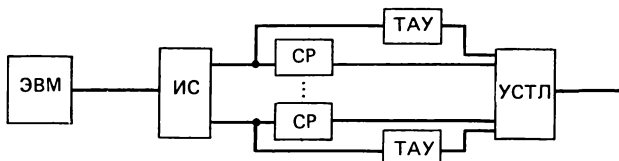


Рис. 4.9. РИС системы обзвонки абонентов по задолженности за услуги связи

свою очередь к автоматическим устройствам обнаружения неисправности абонентских линий и устройств и АТС.

Автоматическая система обзвонки абонентов по задолженности за услуги связи. Структура РИС, входящих в данную систему, показана на рис. 4.9. В них вместо приемников информации включены ТАУ. Такие РИС удобно строить на базе устройств типа «Фонемофон Т» или его аналогов. РИС связано с базой данных, которая включает в себя телефонные номера задолжников по оплате услуг связи и сумму их задолженности.

Автоматическая система передачи телеграмм по телефону. Структура РИС, входящих в данную систему, практически не отличается от РИС «Диалог». РИС связаны с банками данных, в которых накапливаются телеграммы, предназначенные для передачи абонентам.

Автоматическое рабочее место оператора сортировки посылок. РИС, входящие в состав рабочего места оператора, показаны на рис. 4.10. По сравнению с другими РИС в него входит управляющее устройство (УУ), которое дает команды исполнительным механизмам конвейера (ИМК). РИС дает возможность значительно облегчить работу оператора и повысить его производительность за счет ввода голосом информации по управлению исполнительными механизмами сортировки посылок.

Аппаратура автоматического приема заказов на МТР «Диалог» предназначена для автоматического приема простых (с номера на номер) заказов на МТР. Предусмотрена автоматизированная регулировка заказов (по часам и направлениям) как для заказных телефонисток коммутаторного зала при ручном приеме заказов, так и для автоматического приема. Осуществляется автоматическая печать бланка принятых заказов на МТР. В аппаратуре предусмотрено распознавание гостиничных и квартирных абонентов. Для абонентов, впервые пользующихся аппаратурой, предусмотрен режим «с подсказкой».

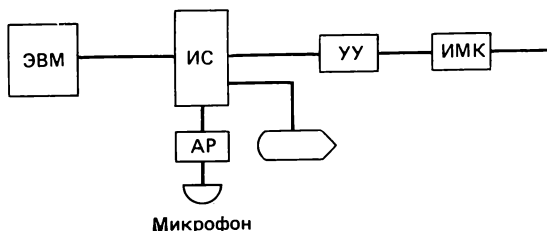


Рис. 4.10. РИС оператора сортировки посылок

Аппаратура «Диалог» реализована на основе микроЭВМ и СР. Структурная схема аппаратуры показана на рис. 4.11. В аппаратуре «Диалог» в качестве управляющей ЭВМ используется микроЭВМ «Электроника 60», к которой через ИС подключены СР и ПИНТ. На каждой из управляющих ЭВМ реализовано по два-три приемопередающих канала для обмена информацией с абонентом. Прием информации производится в виде импульсов набора, а передача информации — в виде речевого сигнала. Для реализации предответного состояния телефонного тракта аппаратура через УСТЛ подключена к специальному узлу.

Управляющие ЭВМ сопрягаются каналами межмашинной связи с центральной микроЭВМ, на которой реализован банк данных и управление печатью бланков заказов.

Число управляющих микроЭВМ, которые могут быть подключены к центральной ЭВМ, практически не ограничено, что дает возможность наращивания числа каналов.

Система «Телефонная почта» («Телепочта») предназначена для приема, хранения и выдачи по запросу речевых сообщений. Потребность в использовании такой системы возникает в случае отсутствия или занятости абонента, которому необходимо передать сообщение. Каждый абонент системы имеет возможность сдать сообщение в кодированном или речевом виде и предназначить его другому абоненту, системе, группе абонентов или всем абонентам системы. Если сообщение предназначено для конкретного абонента или группы абонентов, то система оповещает их о наличии сообщений. Выдача сообщений из системы производится только в речевом виде и не зависит от вида передачи сообщений в системе.

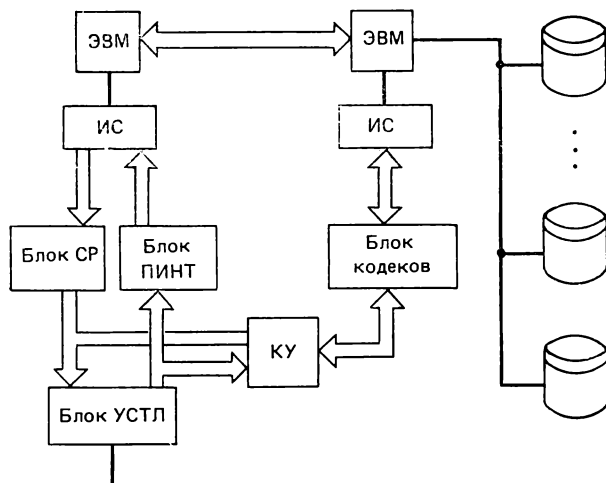


Рис. 4.11. Аппаратура «Диалог»

Использование системы «Телепочта» на УАТС дает возможность внедрения безбумажной технологии и повысить эффективность управленческого труда.

Система «Телепочта» реализована на основе микроЭВМ «Электроника 60» и РУ в виде СР и кодеков, разработана для координатных и шаговых УАТС, но имеет возможность подключения и к квазиэлектронным или электронным УАТС.

Система состоит из двух речевых интеллектуальных роботов (РИР). Первый (реализованный на микроЭВМ 1, рис. 4.12) содержит в своем составе ИС, СР, ПИНТ и УСТЛ. Второй (реализованный на микроЭВМ 2) содержит ИС и кодек. МикроЭВМ обоих РИР связаны между собой межмашинным интерфейсом для обмена информацией.

В памяти микроЭВМ 1 хранятся данные о наличии всех сообщений, телефоны абонентов и их пароли. Здесь же хранятся кодированные сообщения. Речевые сообщения, принятые с помощью кодека, хранятся на внешних накопителях микроЭВМ 2. Максимальное число речевых сообщений, которое может храниться в системе, зависит от емкости накопителей, скорости преобразования кодека и длительности каждого сообщения.

Система «Телепочта» работает следующим образом: абонент с помощью сокращенного набора соединяется с системой и идентифицируется ей. С помощью набора соответствующих цифр выбирается режим работы: прием, передача сообщений. Затем передает или принимает требуемое сообщение. После приема сообщения система начинает обзвонку абонентов для оповещения их о наличии сообщений. Оповещенный абонент соединяется с системой и принимает адресованное ему сообщение.

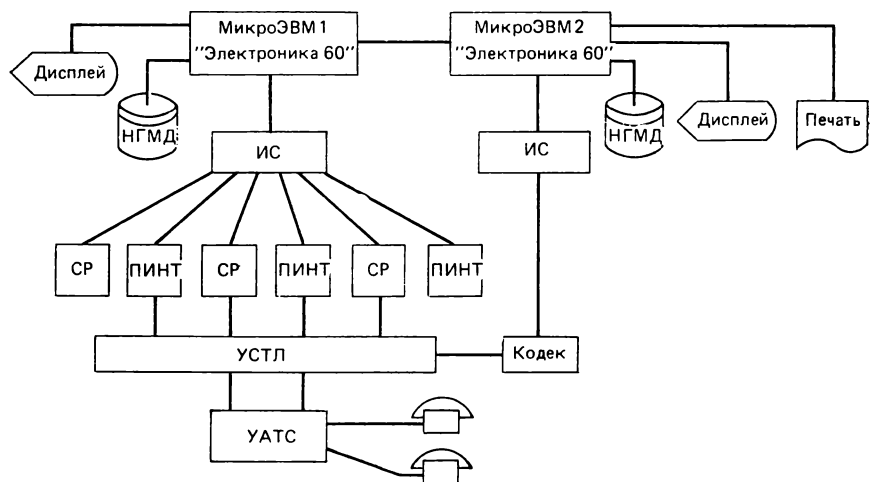


Рис. 4.12. Телефонная почта

4.6. ТЕЛЕГРАФНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «АВТОМАТ»

Комплекс «Автомат» [27] предназначен для автоматизации процессов установления телеграфной связи в отделениях связи. Он позволяет: автоматизировать основные технологические процессы обработки и приемопередачи исходящих и входящих телеграмм на всех стадиях; совместить функции кассира и телеграфиста по передаче телеграмм на одном рабочем месте, что обеспечивает реальное высвобождение численности работников; при необходимости вводить режим частичного самообслуживания клиентуры (ЧСК) телеграфной связи, существенно сокращающий нагрузку на работника отделения почты; значительно ускорить обработку исходящих телеграмм от подачи отправителем до передачи в сеть ТГ—ОП, что позволяет получить дополнительный резерв времени на их доставку; улучшить условия труда работников почты, а также повысить социальную престижность профессии телеграфиста, что способствует сокращению дефицита работников; получить возможность введения новых видов обслуживания клиентуры в отделениях связи.

Аппаратно-программный комплекс «Автомат» рассчитан на поэтапное внедрение с сохранением эксплуатационно-технической совместимости автоматизированных и любых существующих отделений связи. Это обеспечивает быструю окупаемость капиталовложений на приобретение оборудования и внедрения комплекса.

Комплекс представляет собой локально распределенный информационно-управляющий комплекс электрически взаимосвязанных микропроцессорных СВТ и технических средств электросвязи с перестраиваемой структурой и модульным (гибким) программным обеспечением. Комплекс размещается на существующих производственных площадях и подключается к сети ТГ—ОП с коммутацией сообщений (ОП—КС). Электропитание комплекса осуществляется от однофазной (осветительной) сети переменного тока III категории (без предъявления специальных требований). Тактико-технические характеристики комплекса определяются заданными требованиями и могут варьироваться в широких пределах.

Структурная схема базового варианта комплекса «Автомат» показана на рис. 4.13. Комплекс содержит ИКБ в виде следующих устройств:

универсального диалогового вычислительного комплекса (ДВК), состоящего из одноплатной микроЭВМ семейства «Электроника НЦ-80» (МС 1201.01, МС 1201.02, МС 1201.03), алфавитно-цифрового дисплея 15ИЭ-00-013, 15ИЭ-00-01 или монитора «Электроника» (МС 6105.01, МС 6105.03) со стандартной клавиатурой и блоком электропитания. Основой комплекса «Автомат» является модификация (без периферийных уст-

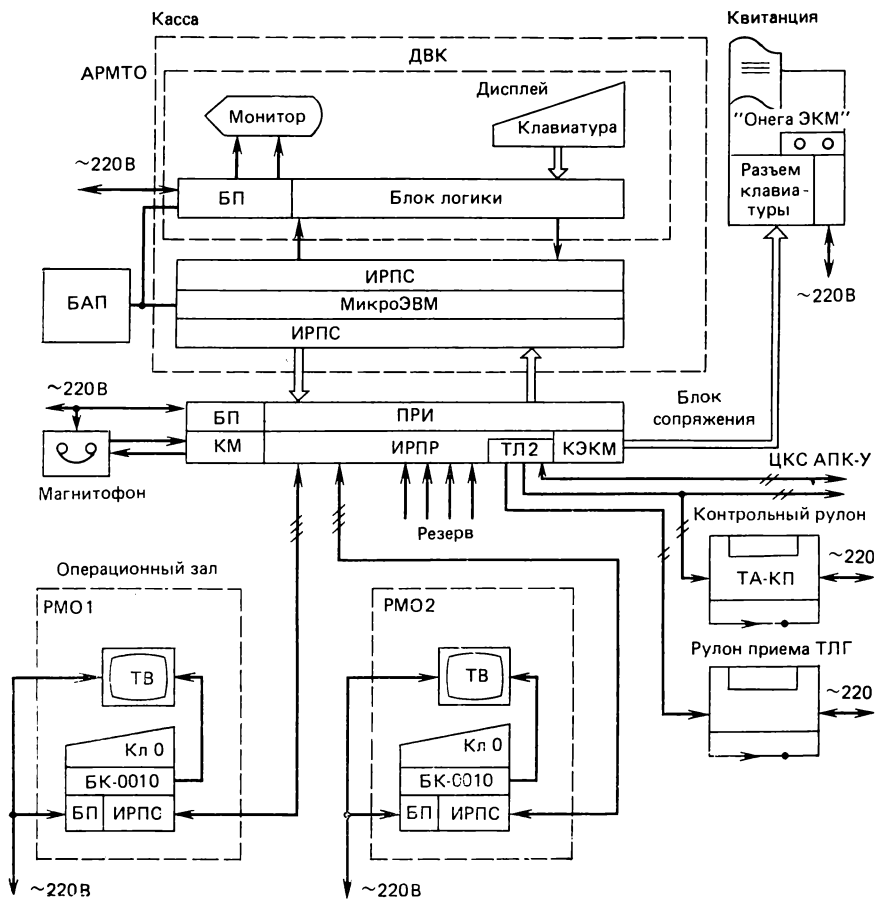


Рис. 4.13. Комплекс «Автомат»

ройств) любого из выпускаемых ДВК, из состава которого исключаются периферийные устройства (накопители информации на магнитных дисках, устройство печати, графопостроитель и т. п.). Операционная система, входящая в состав ДВК, также не используется;

ИКБ в виде персональных бытовых компьютеров «Электроника БК-0010» или любого аналогичного типа, имеющие последовательный интерфейс ИРПС типа «токовая петля» (число зависит от обмена ГОС);

черно-белых телевизионных приемников с размером экрана по диагонали 35 см;

бытового кассетного магнитофона «Электроника-302».

Кроме того, в состав комплекса «Автомат» входит имеющаяся в отделениях связи аппаратура: электронная кассовая машина типа «Онега-ЭКМ» (с возможностью замены на более

совершенную); рулонные телеграфные аппараты любого типа для ведения «безобрывного рулона» контроля передачи (ТА-КП) и приема телеграмм (ТА-П).

В состав комплекса входит также БКМИ в виде блока сопряжения (БС), состоящего из модуля питания и четырех плат: программируемого расширителя интерфейса (ПРИ), контроллера ИРПС, контроллера магнитофона (КМ) и контроллера ЭКМ «Онега» (КЭКМ).

На автоматизированном рабочем месте телеграфиста-оператора (АРМТО) в кассе отделения связи устанавливаются ДВК, БС, магнитофон и ЭКМ «Онега» и соединяются между собой многожильными кабелями. Бытовые компьютеры (БК) и телевизоры устанавливаются на рабочих местах отправителей (РМО) телеграмм в операционном зале отделения. Число РМО в комплексе может варьироваться от двух до десяти и более (в крупных отделениях). Оборудование РМО соединяется с АРМТО четырехпроводными линиями связи. Телеграфные аппараты размещаются: ТК-КП на АРМТО (РТА-80/5, -2000 и другие малозумящие) или в аппаратной (Т-63 и т. п.); ТА-П в аппаратной или в помещении экспедиции.

Диалоговый вычислительный комплекс служит для ручной заготовки исходящих телеграмм (с бланка) и автоматической обработки всех передаваемых и принимаемых телеграмм, а также для управления комплексом «Автомат» в целом. Магнитофон предназначен для начальной загрузки программного обеспечения комплекса и архивации передаваемых телеграмм на компакт-кассетах. Автоматическую распечатку квитанций за телеграммы обеспечивает ЭКМ «Онега», принятые за наличный расчет, учет и регистрацию всех кассовых операций. Оборудование РМО реализует возможность самостоятельной заготовки телеграмм отправителями в режиме диалога с компьютером БК-0010. Аппарат ТА-П, кроме распечатки принятых телеграмм (вместе с расписками о вручении), служит для автоматической печати «журнала приема» и других служебных документов.

Линия (канал) связи от ЦКС-Т, АПК «Телеграф» или АПК-У подключается к БС комплекса «Автомат». Взаимодействие с ЦКС-Т может осуществляться по алгоритму межцентрового обмена (со всеми стандартными скоростями), либо по алгоритму ОП-ЦКС (50, 100 Бод). Подключение к АПК «Телеграф» (АПК-У) производится по входящей некоммутируемой линии (ВН-входу). Режим работы конкретного комплекса и структура (типы периферийного оборудования) задаются при начальной загрузке соответствующим программированием блока сопряжения (через ДВК).

4.7. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГТС

Для обеспечения оперативного управления технической эксплуатацией технологического оборудования ГТС ЦТЭ должен выполнять следующие основные функции: прием и обработку сигналов об аварийных состояниях оборудования объектов зоны обслуживания ЦТЭ; фиксацию и отображение результатов оперативного контроля технического состояния и функционирования оборудования ГТС; выдачу команд управления на объекты контроля ГТС; получение и анализ диагностической информации, определение мер и контроль за устранением повреждений; сбор, обработку и анализ статистических данных для определения качества работы телефонной сети, показателей качества обслуживания абонентов.

Как правило, на городских телефонных сетях применяются разнотипные коммутационные системы, обладающие различной эксплуатационной надежностью и не обеспеченные в должной мере автоматической проверочной аппаратурой. Существующий набор контрольно-диагностических средств, используемых на сети, позволяет в определенной степени автоматизировать сбор и обработку информации о функционировании части технологического оборудования. Однако построить эффективную систему централизованного автоматического контроля и диагностики состояния оборудования ГТС из отдельных приборов в большинстве случаев не удастся. Это объясняется отсутствием информации о функционировании значительной части оборудования связи, не охваченного автоматическим контролем, звена формирования достоверной контрольно-диагностической информации — автоматизированной обработки информации, а также большими техническими и организационными трудностями реализации централизованного контроля и диагностики разрозненными и разнотипными устройствами.

Для организации ЦТЭ на Московской городской телефонной сети создаются АСК и автоматизированные системы диагностики технологического оборудования [28]. С учетом распределенного характера объектов контроля и организационной специфики процесса эксплуатации СТЭ имеет иерархическую трехуровневую структуру: Главный центр технической эксплуатации (ГЦТЭ) — верхний уровень — осуществляет функции управления технической эксплуатацией телефонной сети города в целом; ЦТЭ — второй уровень — осуществляет функции управления в пределах административно-территориального телефонного узла (АТТУ), нижний уровень иерархии АСК — объектов ГТС — информационно и организационно связан со вторым уровнем (ЦТЭ). Нижний уровень обеспечивает в режиме реального времени следующие функции: съем информации с датчиков технологического оборудования и контрольно-проверочной аппаратуры; накопление и первичную обработку контрольно-

диагностической информации; выдачу дискретных управляющих воздействий на элементы технологического оборудования ГТС и (или) контрольно-проверочной аппаратуры; организацию обмена информацией с вышестоящим уровнем иерархии.

В качестве КТС, размещаемого на ГЦТЭ и ЦТЭ, используется СОИУВС в виде двухмашинного сосредоточенного управляющего вычислительного комплекса УВКС СМ4 (СМ 1420) повышенной надежности или другие вычислительные средства, программно совместимые с СМ ЭВМ. Комплекс имеет в своем составе средства для телеобработки, хранения и регистрации информации и реализует выполнение следующих основных функций: сбор и более подробную обработку данных, поступающих с нижестоящего уровня иерархии; передачу обработанной информации на средства общения с диспетчером ЦТЭ (ГЦТЭ); запись, хранение и актуализацию информации в базе данных, размещаемой в ЗУ большой емкости (порядок единицы — десятки Мбайт), в зависимости от емкости телефонных узлов; выработку и передачу в подсистемы нижнего уровня команд управления и диагностической информации; обмен информацией между ЦТЭ АТТУ и ГЦТЭ.

Микропроцессоры в составе КТС ЦТЭ и ГЦТЭ используются в качестве контроллеров внешних устройств, а также могут быть составной частью терминалов, средств телеобработки центрального процессора УВКС. Состав и конфигурация КТС ЦТЭ при сохранении основных принципов построения могут в общем случае меняться в некоторых пределах для ЦТЭ различных узлов, что вызывается различием состава и объема контролируемого оборудования связи, кругом решаемых задач, а также прогрессом в области ВТ с преимуществом в программном обеспечении.

Значительно более сложной проблемой является создание АСК нижнего уровня иерархии. Трудности вызываются следующими основными причинами: непригодностью оборудования связи декадно-шаговой и координатной систем и контролю с помощью СВТ; большим числом датчиков сигналов о состоянии технологического оборудования (порядка нескольких тысяч), которое необходимо обслужить для получения полной и достоверной контрольно-диагностической информации в режиме реального времени; необходимостью круглосуточной работы АСК в необслуживаемом режиме.

Разработка и внедрение АСК ведется в двух направлениях. Первое — создание специализированных подсистем, предназначенных для реализации отдельных задач ЦТЭ, осуществляющих оперативный контроль работоспособности и диагностику отказов контролируемого оборудования. Второе направление более перспективное — создание систем, решающих комплекс задач контроля и диагностики технологического оборудования ГТС. Наиболее типовыми задачами комплексных АСК являются: учет нагрузки; статистический контроль нагрузки; контроль

качества установления соединений; испытание комплектов РСЛИ и соединительных линий; контроль регистров, маркеров (УАК АТСК) и АПА (АТСДШ); сигнализация; контроль и учет доходности таксофонов; контроль работы уплотненных линий связи и т. д.

Комплексная АСК реализована в виде контрольно-измерительной аппаратуры, представляющей собой локальную вычислительную сеть (до восьми приборов), размещаемую на объектах ГТС. Для решения каждой задачи используется ИКБ, входящий в состав контрольно-измерительной аппаратуры и состоящий из БКВМ в виде унифицированного микропроцессорного устройства (процессор, ОЗУ, ПЗУ), и БКМИ в виде специализированных модулей, предназначенных для решения данной задачи (модули сопряжения с технологическим оборудованием, измерительные модули, модули управления и др.). Все ИКБ с помощью унифицированных интерфейсов связаны с ИКБ управления системой, а тот, в свою очередь, — с ЭВМ ЦТЭ по телефонному каналу связи. В ППЗУ записываются программа работы данного ИКБ, полупостоянные данные о составе контролируемого технологического оборудования и ряд сервисных программ (тесты, протоколы связи и т. п.). Имеется возможность по командам оператора (диспетчера) изменять некоторые переменные параметры (режимы контроля, пороги при статистическом контроле и др.), что обеспечивает высокую гибкость и надежность функционирования АСК. Система позволяет проводить достаточно полную диагностику оборудования самой контрольно-измерительной аппаратуры, что облегчает эксплуатацию системы.

Опыт разработки и эксплуатации АСК на МГТС позволяет сформировать следующие основные принципы построения АСК технологического оборудования ГТС электромеханического типа:

должна решать широкий и изменяемый во времени круг задач;

должна иметь возможность контролировать работу технологического оборудования на этапах разговора и установления соединения, что позволяет проводить более глубокую диагностику;

должна строиться по модульному принципу с возможностью создания конфигурации, соответствующей составу контролируемого оборудования;

в состав АСК должны входить простые и надежные средства сопряжения с контролируемым оборудованием ГТС, не ухудшающие качество функционирования последнего;

должна иметь высокую надежность и ремонтпригодность для чего необходимо предусмотреть встроенный контроль за работоспособностью ее оборудования, а также обеспечить узкую номенклатуру модулей;

должна базироваться на микропроцессорной технике с использованием микросхем большой и средней степени интеграции.

Для создания АСК, удовлетворяющих указанным принципам, на МГТС разработан ряд устройств, позволяющих строить АСК технологического оборудования ГТС электромеханических систем. В основу разработок положен подход, при котором в качестве вычислительного ядра используется УКВ на базе дешевых отечественных микроЭВМ типа «Электроника 60», «Электроника НМС 111 00.1», СМ 1300 или других микроЭВМ, программно с ними совместимых. Прикладные программы могут храниться в ППЗУ или загружаться по мере необходимости из вычислительного комплекса ЦТЭ. Так обеспечивается гибкость системы, с точки зрения круга решаемых задач ЦТЭ. Для сопряжения с контролируемым технологическим оборудованием ГТС используются разработанные на МГТС проблемно-ориентированные средства: устройство сбора дискретной информации УСДИ и устройство дискретного вывода УДВ.

Применение УСДИ, имеющего низкую стоимость, высокую надежность и ремонтпригодность, позволяет создать функционально-гибкие АСК, решающие широкий комплекс задач контроля работоспособности и диагностики отказов различного технологического оборудования ГТС как на этапах разговора и установления соединения.

Решение проблемы управления командными элементами технологического оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры в рамках задач, решаемых ЦТЭ, может быть осуществлено с помощью разработанного на сети УДВ, которое содержит модули вывода МВ, контроллеры вывода КВ и магистраль устройства. Устройство имеет модульный принцип построения и обеспечивает в максимальной конфигурации двухпозиционное управление 2048 командными элементами. Число контроллеров вывода в устройстве определяется числом микроЭВМ, входящих в состав УКВ. С микроЭВМ КВ взаимодействует через стандартный параллельный интерфейс ИРПР. Связь модулей вывода с контроллерами вывода осуществляется через единую магистраль устройства, представляющую собой восьмипроводный последовательный канал обмена данными. Такая организация обеспечивает возможность удаления модулей МВ от УКВ на десятки метров. Взаимодействие УКВ с модулями вывода осуществляется так, что после выдачи требуемой информации с указанием адреса в контроллер вывода микроЭВМ УКВ ожидает подтверждения выполнения (или невыполнения указанной операции). Контроллер, взаимодействия с адресованным модулем вывода, проверяет, действительно ли в МВ поступили корректные данные, и лишь после этого выдает разрешение на осуществление управляющего воздействия. Если первая попытка вывести данные в МВ не удалась из-за сбоя или помех, контроллер делает вторичную попытку и по ее резуль-

первой важности на контролируемом объекте, сбое программы или оборудования АССС.

Периферийное устройство АССС осуществляет циклический опрос датчиков сигнализации КО и передачу информации о их состоянии в МХ АССС. Информация передается в последовательном коде и содержит адрес (номер) датчика, его состояние, бит контроля по четности, стартовые, стоповые биты.

Существуют три режима функционирования ПУ АССС:

основной рабочий режим — осуществляется опрос Д и передача в ЦТЭ информации только о Д, изменивших свое состояние;

тестовый режим — производится опрос Д и передача информации о состоянии всех Д;

режим ожидания — опрос и передача информации не производится.

При включении питания ПУ АССС работает в тестовом режиме. После передачи данных о состоянии всех датчиков ПУ АССС автоматически переходит в основной рабочий режим. При сбое в линии связи ПУ АССС переходит в режим ожидания, из которого при восстановлении рабочих параметров канала связи устройство переходит в тестовый режим, после чего — в основной рабочий. Перевод ПУ АССС в тестовый режим производится также центральным устройством АССС путем имитации сбоя в канале связи.

Периодически ПУ АССС передает в центральное устройство сообщение, свидетельствующее о работоспособности ПУ АССС.

Программное обеспечение АССС состоит из ОС ДВК и прикладных программ (основной рабочей программы, базы данных, программы для отладки и тестирования технических устройств АССС).

Общее функционирование и взаимодействие устройств, входящих в состав микроЭВМ, производится под управлением ОС ДВК.

Обработка поступающей от ПУ АССС информации производится основной рабочей программой во взаимодействии с базой данных. Основная рабочая программа вырабатывает управляющие сигналы для ПУ АССС, устройства звуковой сигнализации; формирует информацию для вывода на видеотерминал и печатающее устройство; накапливает статистическую информацию; формирует управляющие сигналы и информацию для вывода под видеотерминал и печатающее устройство согласно директивам оператора (диспетчера ЦТЭ).

База данных представляет собой систему таблиц, состоящую: из таблицы соответствия номера ПУ АССС адресу объекта; таблиц соответствия адресов (номеров) датчиков сигнализации каждого объекта, наименованию, категории важности сигнала и виду оборудования, с которого оно поступает; таблицы временных порогов по каждой категории важности сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гниденко И. И., Трускалов Н. П. Надежность системы многоканальной связи. — М.: Связь, 1980. — 86 с.
2. Аваков Р. А., Гуан Т. И., Сондерис А.-П. Ю. Техническая эксплуатация телефонных станций местных связей. — М.: Радио и связь, 1981. — 88 с.
3. МККТТ. Оранжевая книга. — Т. IV. Техническая эксплуатация.
4. Данилов В. А., Шереметьев А. В. Статистический контроль в эксплуатационном обслуживании каналов дальней связи. — М.: Связь, 1973. — 46 с.
5. Альтерман Я. П. Тенденция развития средств измерений для проводных систем передачи//Электросвязь. — 1981. — № 4. — С. 54—57.
6. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965. — 524 с.
7. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1979, — 432 с.
8. Нормы на электрические параметры линейных и групповых трактов систем передачи, работающих по проводным линиям первичной сети Министерства связи СССР. — М.: Связь, 1977. — 24 с.
9. Поспелов Г. С. Проблемы программно-целевого планирования и управления. — М.: Наука, 1981 — 464 с.
10. Кудрявцев Г. Г., Мамзев И. А., Часовников Е. Д. Принципы построения автоматизированных систем технической эксплуатации в отрасли связи//Электросвязь. — 1983. — № 12. — С. 1—8.
11. Бутковский А. Г. Структурная теория распределенных систем. — М.: Наука, 1977. — 320 с.
12. Евреинов Э. В. Однородные вычислительные системы, структуры и среды. — М.: Радио и связь, 1981. — 207 с.
13. Балашов Е. П., Пузанков Д. В. Проектирование информационно-управляющих систем. — М.: Радио и связь, 1987. — 256 с.
14. Долгов В. А., Касаткин А. С., Сретенский В. Н. Радиоэлектронные АСК. — М.: Сов. радио, 1978. — 384 с.
15. Бондаренко В. Г. Автоматизация технической эксплуатации первичной сети//Электросвязь. — 1981. — № 1. — С. 12—15.
16. Бондаренко В. Г., Бирюков Н. Л. Современные методы технической эксплуатации и обслуживания каналов, трактов и многоканальной аппаратуры. — Киев: Знание, 1980. — 19 с.
17. Бутлицкий И. М. Устройство АРУ многоканальных систем связи. — М.: Связь, 1980. — 144 с.
18. Ширяев А. Н. Статистический последовательный анализ. — М.: Наука, 1969. — 231 с.
19. Никифоров И. В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. — М.: Наука, 1983. — 199 с.
20. Мамзев И. А. Вычислительные системы в технике связи. — М.: Радио и связь, 1987. — 240 с.
21. Мамзев И. А. Функционально-структурный подход к синтезу информационно-управляющей системы отрасли связи//Электросвязь. — № 1. — 1987. — С. 6—12.
22. Бразирович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. — М.: Выс. шк., 1982. — 231 с.
23. А. с. 1084774 СССР. Устройство для сопряжения ЭВМ с дискретными датчиками/В. Ф. Васильев, М. В. Глухов, В. Н. Кудряшов. — Оpubл. 1984, Бюл. № 13.
24. А. с. 1146680 СССР. Устройство для сопряжения многомашинного вычислительного комплекса дискретными датчиками/В. Ф. Васильев, В. М. Глухов, В. Н. Кудряшов и др. — Оpubл. 1985, Бюл. № 11.
25. Князев К. Н. Системное программное обеспечение микропроцессорных управляющих коллективов//Электросвязь. — № 1. — 1987. — С. 13—16.
26. Казачук И. Р. Аппаратно-программный комплекс для учета междугородных телефонных разговоров — система «Регистр-П»//Электросвязь. № 1. — 1987. — С. 33—35.

27. Телеграф «Автомат»/В. С. Алешин, Е. Б. Броннер, А. Ю. Макаров// Вестник связи. — 1988. — № 9. — С. 13—14.
28. Васильев В. Ф., Кургин А. А., Сагалович Л. И. Совершенствование технической эксплуатации городских телефонных сетей. — М.: Радио и связь, 1987. — 152 с.
29. Муссель К. М. Речевые интегральные роботы связи//Электросвязь. — № 1. — 1988. — С. 5—7.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Принципы автоматизации технической эксплуатации	5
1.1. Методы технической эксплуатации	5
1.2. Разновидность систем технической эксплуатации в отрасли связи	14
1.3. Метод структурно-топологического описания задач технической эксплуатации	19
Глава 2. Унифицированная АСТЭ на основе модели управляющего коллектива вычислителей	22
2.1. Структурно-топологическая модель подсистемы контроля	22
2.2. Алгоритм автоматического контроля объектов связи	28
2.3. Многоуровневая структура комплекса технических средств АСТЭ	37
2.4. Организация технического обслуживания систем на основе УКВ	44
Глава 3. Реализация комплексов технических средств АСТЭ с использованием микроЭВМ	54
3.1. Состав и структура комплекса средств технических АПК «Связь»	54
3.2. Типовые интерфейсы	61
3.3. Аппаратно-программные комплексы на основе серийно выпускаемых микроЭВМ	80
Глава 4. Применение КТС на основе серийных микроЭВМ в автоматизированных системах эксплуатации связи	109
4.1. Автоматизированная система технического обслуживания линейно-аппаратных цехов СМП ЕАСС	109
4.2. Автоматизированная система контроля технологического оборудования АМТС	114
4.3. Автоматизированная система регистрации телефонных разговоров на междугородных переговорных пунктах	116
4.4. Автоматизированное рабочее место оператора междугородного переговорного пункта отделений связи	118
4.5. Автоматизированные системы с использованием речевых роботов связи	119
4.6. Телеграфный аппаратно-программный комплект «Автомат»	125
4.7. Автоматизированная система технической эксплуатации ГТС	128
4.8. Автоматизированная система сбора сигнализации	132
Список литературы	134

татам выставляет соответствующий сигнал подтверждения в микроЭВМ. Подобная организация взаимодействия микроЭВМ УКВ и модулей вывода позволяет получить высокую достоверность выдаваемых управляющих воздействий, надежность и гибкость использования УДВ, что не обеспечивается существующими серийно выпускаемыми устройствами аналогичного назначения.

4.8. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА СИГНАЛИЗАЦИИ

Автоматизированная система сбора сигнализации (АССС), разработанная МГТС, предназначена для внедрения первой очереди ЦТЭ — задачи сбора с объектов ГТС информации о состоянии датчиков аварийной и технической сигнализации и передачи ее в ЦТЭ для последующей обработки.

Эта система состоит из центрального оборудования, расположенного в ЦТЭ, и периферийного оборудования (ПУ АССС), располагаемого на объектах ГТС (одно ПУ АССС на здание). К центральному оборудованию подключается до 15 ПУ АССС, к каждому ПУ АССС — 125 датчиков сигнализации (возможно увеличение подключаемых датчиков до 1000).

Связь между центральным оборудованием и ПУ АССС осуществляется по выделенным двухпроводным линиям связи по интерфейсу токовой петли.

Центральное оборудование АССС состоит из ИКБ в виде микроЭВМ ДВК-2М, мультиплексора передачи данных МХ АССС, подключенного по параллельному каналу связи к микроЭВМ и устройства звуковой сигнализации, подключенного на один из последовательных каналов МХ АССС. К остальным последовательным каналам МХ АССС подключаются ПУ АССС.

МикроЭВМ ДВК-2 осуществляет: управление работой АССС согласно управляющей программе; обработку поступающей информации; поддержание базы данных; выдачу информации на видеотерминал и печатающее устройство (входящее в состав микроЭВМ); выдачу управляющих сообщений в ПУ АССС и устройство звуковой сигнализации; обработку и исполнение директив оператора (диспетчера ЦТЭ), накопление и выдачу статистической информации.

Мультиплексор МХ АССС осуществляет преобразование поступающей в последовательном коде от ПУ АССС информации в параллельный, дополнение ее номером ПУ АССС, от которого поступает сообщение, и служебными битами, и ввод информации в микроЭВМ; преобразование поступающей из микроЭВМ информации в последовательный код и передачу управляющих сигналов в ПУ АССС и устройство звуковой сигнализации.

Устройство звуковой сигнализации срабатывает в ситуациях, требующих вмешательства диспетчера ЦТЭ: появление сигнала