

Опыт развития резервированных систем телемеханики на примере ЦППС “Систел”

Половников М. С., инж., Ухов В. И., канд. физ.-мат. наук

ООО “Систел”, г. Протвино, Московская обл.

Рассмотрен опыт развития резервированных телемеханических систем сбора информации на примере центральной приемопередающей станции (ЦППС) “Систел”, применяемой в системах диспетчерского управления электрическими сетями. Описан процесс совершенствования аппаратно-программной структуры ЦППС от одномашинной системы без резервирования под управлением ОС DOS до резервированного комплекса под управлением ОС Windows/Linux. Приведены задачи, требования и алгоритм системы резервирования для обеспечения непрерывности приема, обработки и передачи телеинформации. Описан механизм синхронизации телемеханических блоков оперативных данных. Определены критерии и параметры для контроля работы оборудования и программной части ЦППС. Даны схемы работы с резервными каналами.

Ключевые слова: центральная приемопередающая станция, развитие ЦППС, алгоритм резервирования, резервные каналы, телемеханический кластер.

Телемеханические системы, предназначенные для реализации таких функций, как прием, обработка и передача данных в режиме реального времени, должны быть высоконадежными [1]. Надежность достигается путем использования промышленного оборудования, обеспечивающего долгосрочное функционирование в различных климатических условиях, и вследствие избыточности применяемых аппаратной и программной частей системы за счет дублирования оборудования — установки идентичных вычислительных процессорных блоков, коммуникационного оборудования, вспомогательных и периферийных устройств. Программная среда такой системы должна обеспечивать работу оборудования с функцией “горячего” резервирования. В таком виде система сбора представляет собой кластер высокой готовности — объединенную совокупность вычислительных и аппаратных средств, связанных между собой и функционирующих как один узел обработки информации.

С развитием систем телемеханики, возрастанием значимости своевременной доставки и обработки данных такой кластер позволяет обеспечить требуемые телемеханические характеристики для приема-передачи данных и минимальное время простоя. Одним из программно-аппаратных устройств, функционирующих как кластер высокой готовности, является ЦППС “Систел”, эксплуатирующаяся на объектах электроэнергетики более 10 лет.

Первоначально ЦППС состояла из ПК-совместимого компьютера в промышленном исполнении и оснащалась процессором Intel 386 с оперативной памятью от 1 МБ, жестким

дискон с объемом памяти от 200 МБ, канальными адаптерами (КА) ввода-вывода. Система сбора функционировала под управлением операционной системы MS-DOS версии 5.0 или выше. Специализированное программное обеспечение (ПО) системы — Монитор Реального Времени — было реализовано в виде резидентной задачи MS-DOS и потребляло минимум ресурсов центрального процессора. Канальный прием и передача данных осуществлялись с помощью COM-портов и канальных адаптеров. Каждый из КА обеспечивал прием-передачу данных по 16 дуплексным, 16 полудуплексным или 32 симплексным каналам. Необходимое количество адаптеров (по числу требуемых каналов) устанавливалось в ISA слоты системного блока ЦППС.

Такая система имела недостаток: выход из строя части оборудования, например, канального адаптера (или остановка всей системы) приводил к невозможности контроля и управления частью или всеми наблюдаемыми и контролируемыми параметрами. Для его устранения была введена избыточность оборудования ЦППС путем установки резервного промышленного процессорного (системного) блока, по составу оборудования и ПО идентичного основному [2]. Логика работы резервированного комплекса заключается в следующем: каждый процессорный блок (основной и резервный) осуществляет прием и обработку данных, а их ретрансляцию в текущем времени выполняет только один — основной. Такая схема помимо резервного системного блока потребовала установки дополнительного оборудования: блоков гальванической развязки

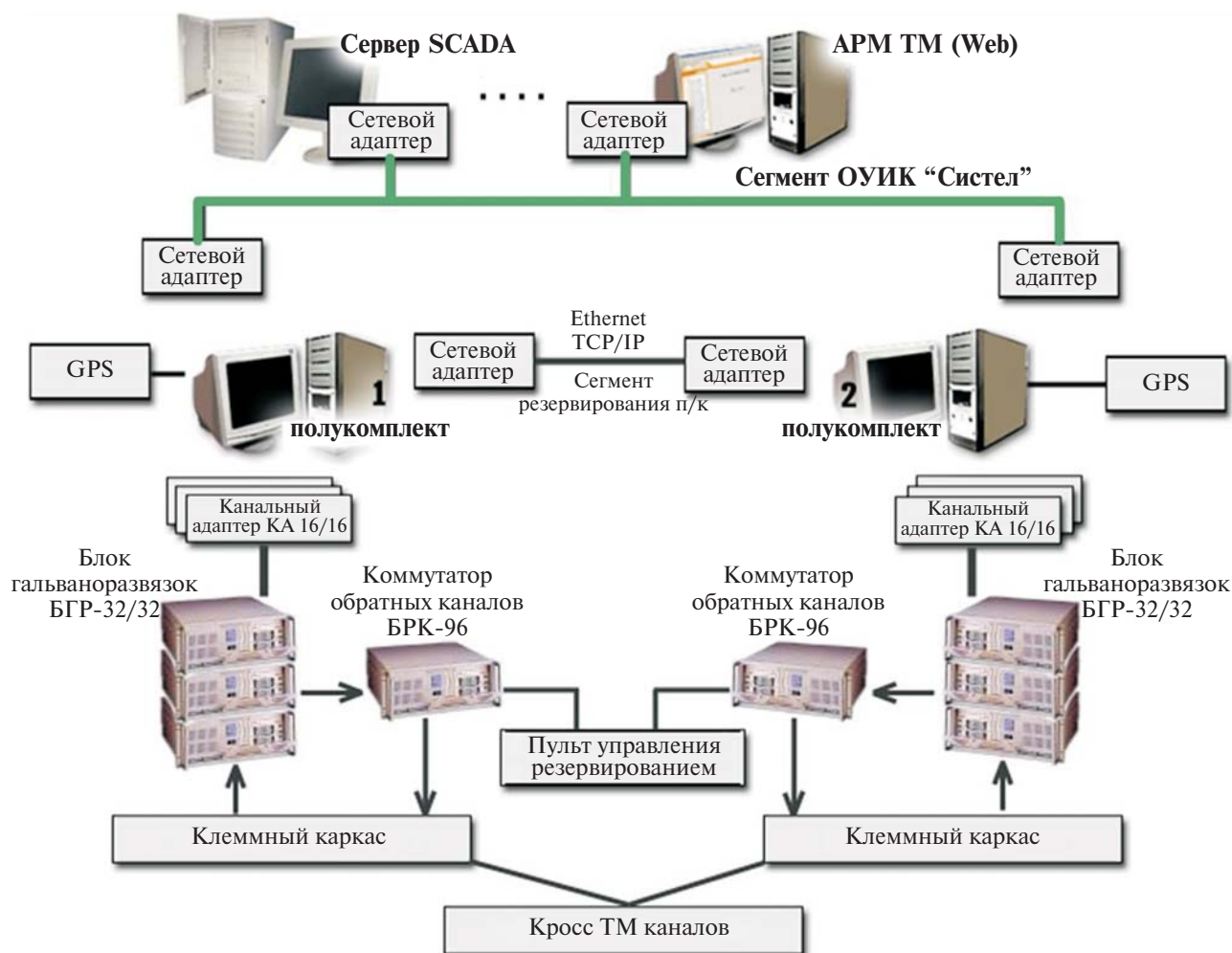


Рис. 1

(БГР), блоков релейных коммутаторов (БРК), пульта управления (ПУ) резервированием. Набор оборудования, в состав которого входят системный блок промышленного компьютера, БГР и БРК, образует полукомплект ЦППС. При этом БГР, подключенные к приемным каналам КА, реализуют гальваническую изоляцию приемных каналов, а БРК позволяют одновременно передавать данные лишь с одного (основного) полукомплекта путем коммутации обратных каналов только одного системного блока (рис. 1).

Резервирование используемого оборудования в совокупности с вводом дополнительных алгоритмов работы ПО дает возможность сформировать кластер высокой готовности и значительно повысить надежность системы сбора информации. Обеспечение минимального времени простоя — одна из основных задач ПО кластера. При полном или частичном отказе полукомплекта или выводе его в ремонт соседний полукомплект автоматиче-

ски возьмет на себя функции приема, передачи и обработки информации.

В процессе работы резервированной ЦППС оба полукомплекта характеризуются логическим состоянием: в каждый момент времени один назначается основным, другой — резервным. Выбор логических состояний осуществляется либо с помощью пульта управления резервированием, физически включающего или отключающего коммутацию обратных каналов, либо в автоматическом режиме на программном уровне. Для оперативной реакции на характеристики полукомплекта и обмена служебной информацией между системными блоками ЦППС существует служебный канал резервирования, первоначально образованный с использованием канальных адаптеров. Полукомплекты обмениваются служебными данными по этому каналу, что позволяет оперативно осуществлять контроль и включение в работу резервного полукомплекта при выходе основного из строя. Для DOS версии ПО по служебному каналу передавались толь-

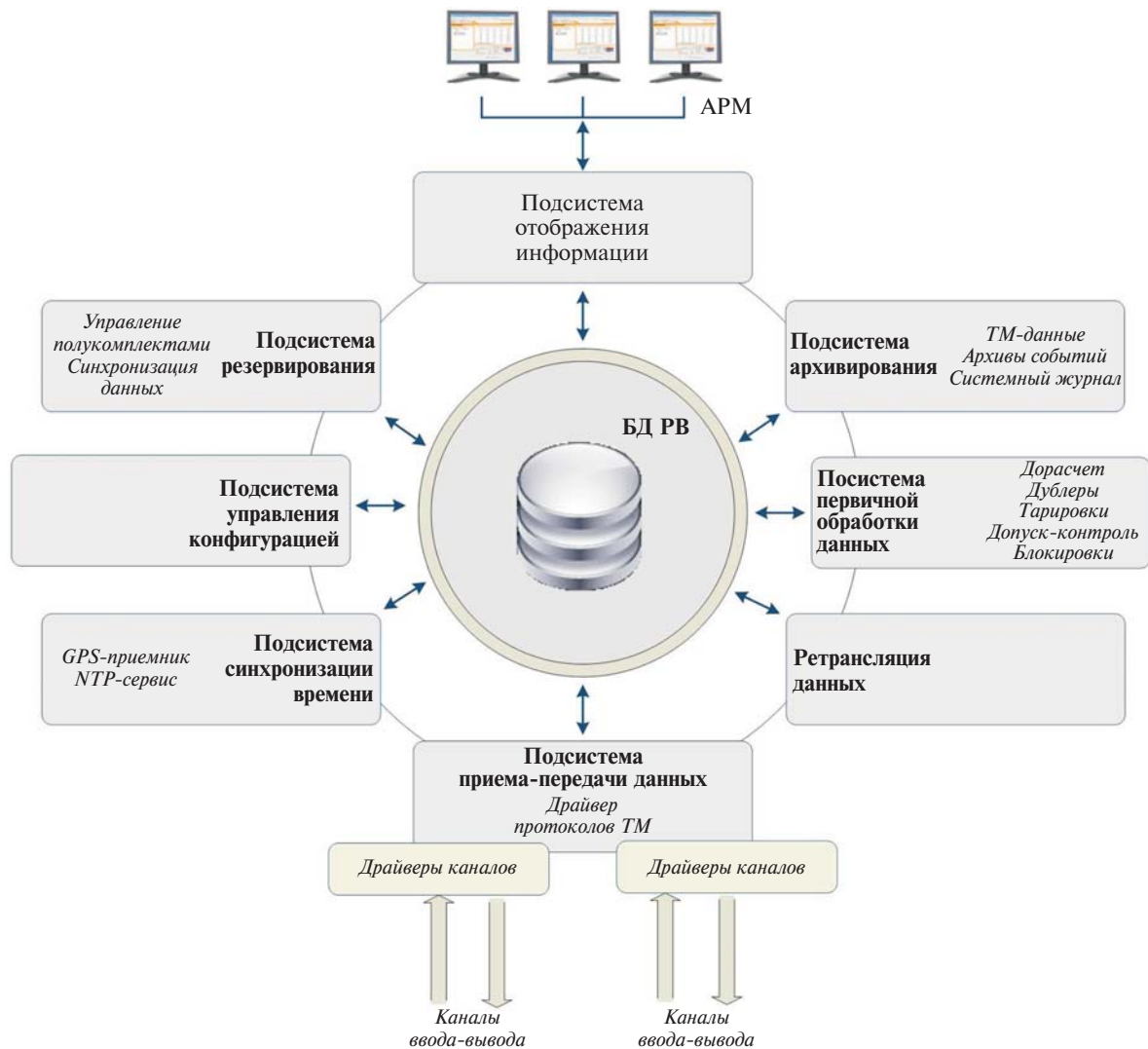


Рис. 2

ко данные о логическом состоянии полуконспекта и о состояниях работы контролируемых пунктов.

С увеличением объемов потребления электрической энергии, строительством новых подстанций, разработкой и внедрением новых приборов и устройств телемеханики возросли и объемы обрабатываемых данных. Применение высокоскоростных каналов и современного компьютерного оборудования, а также многозадачных операционных систем (ОС) позволяет оперативно принимать и обрабатывать эти данные.

ЦППС под управлением ОС DOS не предоставляла широких возможностей для использования современного оборудования и имела ограничения для расширения объемов обрабатываемых данных. Установленные архитектурой ОС пределы на максимальные размеры объемов оперативной памяти и дискового пространства, ограничения в выборе

поддерживаемого сетевого оборудования, а также доступность на рынке современных ОС дали возможность обновить программно-аппаратную платформу. Следующим этапом стало использование операционных систем Windows 2000, XP и семейств ОС Linux с ядрами версий 2.4 и 2.6. Эти многозадачные ОС позволяли получить широко масштабируемую систему сбора, поддерживали современное сетевое оборудование.

Используя в DOS версии ЦППС каналные адаптеры с устаревшим ISA интерфейсом получили обновление в виде аналогичных устройств с PCI шиной. Для новых версий КА применительно к ОС Windows и Linux были разработаны соответствующие драйверы. Управляющее ПО создано с учетом современных требований к системам сбора [3].

ПО "Монитор" (рис. 2) — управляющая программа ЦППС, осуществляющая прием,

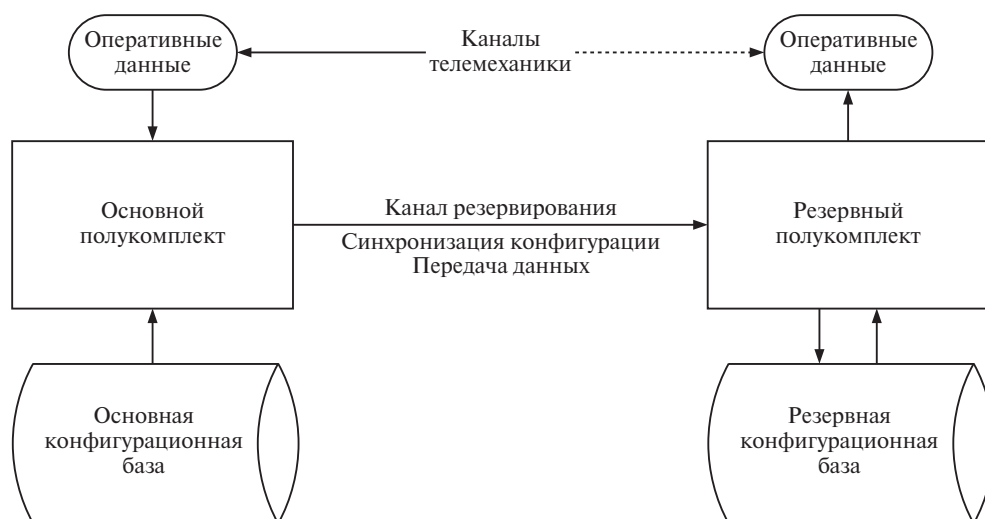


Рис. 3

обработку и передачу данных. Его подсистемы, работая с единой оперативной базой данных, обеспечивают функциональность системы сбора.

Появление и доступность быстрых каналов связи, а также использование ОС с широкой поддержкой сетевых технологий позволили изменить среду канала обмена служебной информацией между полукомплектами. Теперь вместо соединения через КА применяется цифровой TCP/IP канал на скорости до 1 Гб/с (см. рис. 1). Этот канал в составе подсистемы резервирования напрямую соединяет (через дополнительные сетевые адаптеры) системные блоки полукомплектов. Это существенно расширяет функциональность служебных сервисов ЦППС, управляющих работой комплекса (например, осуществляющих синхронизацию времени, синхронизацию данных, контроль работы каналов, устройств). В подсистеме отображения информации используется веб-сервер и реализован сервис “Автоматизированное Рабочее Место Телемеханика” (АРМ телемеханика), позволяющий выполнять локальное и удаленное клиентское подключение к ЦППС для телемеханического мониторинга и контроля за работой системы сбора данных. Возможность использования сервиса предоставляется с помощью любого WEB-браузера. Для этого достаточно в адресе подключения ввести IP адрес и порт сервиса ЦППС, указать логин и пароль. Широкое применение цифровых каналов и усовершенствование ПО “Монитор” в части поддержки современных протоколов связи (например, МЭК 60870-5-104) позволяют осуществлять прием и передачу данных с

помощью современного оборудования и технологий.

Непрерывность работы резервированной ЦППС в качестве кластера высокой готовности программно обеспечивает подсистема резервирования ПО “Монитор” (см. рис. 2). В процессе работы кластера каждый полукомплект выполняет идентичный прием телемеханических данных, их обработку и обеспечивает готовность ретрансляции. Алгоритм приема данных реализован таким образом, что битовый прием по унаследованным каналам связи осуществляют оба полукомплекта, а выдачу потоков по обратным каналам — только основной (благодаря аппаратной блокировке каналов КА резервного полукомплекта с помощью БРК). Прием данных по IP каналам (TCP/UDP) реализуется аналогично — обоими полукомплектами, а ретрансляцию осуществляет только основной, с резервного полукомплекта она программно блокируется. Команды телеуправления с верхнего уровня выполняются лишь этим полукомплектом. Команды на смену логических состояний в автоматическом режиме работы также формируются только основным полукомплектом.

В подсистеме управления конфигурацией ПО “Монитор” определяется основное хранилище конфигурационной базы данных (рис. 3). Оно располагается на основном полукомплекте, и именно основная конфигурационная база подлежит изменению в нормальном режиме работы. Таким образом, основной полукомплект осуществляет загрузку данных локально, а резервный сначала синхронизирует по каналу резервирования

свою копию конфигурации с основной базой и только потом запускает управляющее ПО.

Стандартной внутренней операцией ЦППС является смена логических состояний полукомплектов. Этот процесс может быть иницирован автоматически или обслуживающим персоналом (при модернизации, ремонте, выходе из строя части оборудования). В этих случаях для оперативного изменения режима и вступления в работу полукомплекты должны иметь идентичный набор значений принятых сигналов [4]. Для обеспечения единого информационного пространства полукомплектов введен механизм синхронизации оперативных данных (см. рис. 3). Оба полукомплекта, функционируя как единый телемеханический кластер высокой готовности, в процессе работы синхронизируют принятые телемеханические данные между собой. В момент запуска ПО “Монитор” на одном из полукомплектов после синхронизации и загрузки конфигурационных баз осуществляется первоначальная синхронизация всех оперативных данных с ранее запущенного полукомплекта. Находящийся в логическом состоянии “основной” полукомплект передает принятые по каналам данные на “резервный”, а “резервный” принятые по каналам битовые потоки игнорирует. Телемеханические блоки передают данные по каналу резервирования. Синхронизация осуществляется незамедлительно в момент приема данных основным полукомплексом. Такой алгоритм позволяет получить идентичные актуальные значения данных на каждом полукомплекте (а значит, и в общем пуле данных) и не допустить их пропадания при смене логических состояний полукомплектов или при отключении одного из них, так как ставший основным полукомплекс в момент переключения уже имеет актуальные синхронизированные данные. На верхние уровни данные ретранслируются, как правило, только основным полукомплексом, но поскольку данные синхронизированы, ретранслировать может также и резервный полукомплекс (например, по IP каналам).

С ростом требований к повышению надежности приема и передачи данных возростала необходимость более точного контроля за работой оборудования каждого полукомплекта. Для количественной ее оценки была введена характеристика — качество работы. Исходными параметрами для его оценки являются состояния приемных (входных) каналов и соответствующие им весовые коэффициенты. Последние позволяют выделить

некоторые каналы, наиболее значимые с точки зрения важности принимаемой информации. Например, при приеме одной и той же информации по основному и резервным каналам связи, основному каналу, как правило, присваивается более высокий весовой коэффициент. Это позволяет программировать реакцию кластера на отказ того или иного канала.

Качество работы полукомплекта оценивается как сумма произведений состояния каждого канала (1 — работает, 0 — не работает) на его весовой коэффициент, поделенная на сумму весовых коэффициентов всех каналов. В автоматическом режиме работы для минимизации числа ложных переключений логических состояний полукомплектов, возможных в связи с “дребезгом” состояний каналов, например, из-за плохих линий связи, показатели качества работы полукомплектов оцениваются в интервале 30 с. Если по истечении этого времени результаты сравнения полученных значений указывают на необходимость изменения логических состояний, происходит их смена.

Программное обеспечение основного полукомплекта анализирует свои показатели качества работы и показатели, принятые от сопряженного полукомплекта, оно же и выдает команды на переключение логических состояний. При этом одновременно выдаются команды как своему, так и соседнему полукомплекту, после чего по истечении некоторого достаточного для смены состояний времени проводится анализ логических и аппаратных состояний. При неуспешной операции на любом из полукомплектов происходит возврат к предыдущим состояниям. Время на изменение логических состояний полукомплектов при ручном, программном или автоматическом режиме, а также при отключении одного из полукомплектов составляет не больше 3 с.

С увеличением числа направлений принимаемых данных и количества подключаемых каналов все чаще необходимо осуществлять прием данных с одного объекта телемеханики по двум или более резервированным каналам (например, унаследованным и цифровым). Набор данных с одного объекта, принимаемых по разным физическим каналам, обычно одинаков, при этом среда передачи и/или телемеханические протоколы могут быть разными. В результате такого приема получают набор данных, характеризующих объект, при этом значения, принятые по резервному каналу, в случае необходимости дополняют со-

ответствующие значения, полученные по основному каналу. В ПО “Монитор” обработка принимаемых данных с резервированных каналов, входящая в подсистему первичной обработки данных (см. рис. 2), реализована двумя способами: посигнально и поканально. Посигнальная обработка позволяет задать сигналы источников данных (каналов) с указанием их приоритетов для результирующего сигнала. Последний примет значение достоверного сигнала источника с наивысшим приоритетом. Поканальная обработка позволяет получить значения результирующей группы принимаемых сигналов по наиболее приоритетному рабочему каналу, среди резервных каналов — с тем же набором данных.

Реализованный программно-аппаратный комплекс — резервированная ЦППС — в результате применения современных комплектующих ПК, изменения структуры связей между полуконструкциями, модификации программной части представляет собой телемеханический кластер высокой готовности, отвечающий современным требованиям надежности и быстродействия. Оперативно отслеживается вывод части оборудования из работы в слу-

чае аварии, выполняются соответствующие действия для включения в работу наиболее работоспособного оборудования и минимизации потерь данных.

В настоящее время резервированные ЦППС “Систел” внедрены и успешно эксплуатируются в системах диспетчерского управления многих электросетевых компаний: ОАО “МРСК Центра”, ОАО “МРСК Волги”, ОАО “МРСК Северо-Запада”, ОАО “МОЭСК”, ОАО “Ленэнерго”, в РУП “Гомельэнерго” (Республика Беларусь).

Список литературы

1. **Федоров Ю. Н.** Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка. — М.: Инфра-Инженерия, 2008.
2. **Митюшкин К. Г.** Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. **Рыкованов С. Н., Афанасьев В. И., Кисляков В. А.** Микропроцессорный комплекс телемеханики МТК-30 (Материалы шестого специализированного науч.-техн. семинара-выставки “Современные средства телемеханики, организация рабочих мест и щитов управления”). — М.: ЭНАС, 2005.
4. **Цыпкин Я. З.** Основы теории автоматических систем. — М.: Наука, 1977.

polovnikovm@gmail.com

