

Лекция 7

Основные элементы и узлы комплекса технических средств АСУ ТП

План лекции:

- 1 Назначение и общие принципы организации АСУ ТП
- 2 Основные элементы системы телемеханики
- 3 Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи

1 Назначение и общие принципы организации АСУ ТП

Современный подход к автоматизации процессов нефтедобычи диктует жесткие требования к программно-аппаратным комплексам контроля и управления штанговыми глубинными насосами (ШГН). Это обусловлено истощением ресурсов нефтяных пластов, высокой стоимостью электроэнергии, стремлением нефтяных компаний снизить затраты на ремонт скважин и более эффективно использовать свой персонал.

Если раньше технические средства позволяли лишь периодически проводить измерения технологических параметров на скважинах операторами при помощи переносных комплектов оборудования, то стационарно установленные на месторождениях современные контроллеры делают возможным непрерывный автоматический контроль. Применительно к скважинам, эксплуатируемым штанговыми глубинными насосами, это позволило получать динамограмму (зависимость усилия на полированном штоке от перемещения точки подвеса штанг), ваттметрограмму (зависимость потребляемой мощности от перемещения точки подвеса штанг), а также динамический уровень, влияние газового фактора, давление на устье скважины, суточную производительность скважины. При этом функции управления должны обеспечивать дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки, периодический режим эксплуатации, плавное регулирование частоты вращения при помощи преобразователя частоты.

Использование современных интеллектуальных контроллеров обеспечивает решение таких задач, как автоматизация работы станка-качалки, оптимизация режимов работы оборудования, оперативное выявление аварийных ситуаций и несоответствия режимов эксплуатации оборудования, оперативная передача информации о состоянии объекта на пульт оператора по системе телемеханики. Системы телемеханики на сегодняшний день строятся, как правило, с использованием радиоканала. Поэтому типичная станция управления включает в себя контроллер, силовой коммутатор для включения и отключения электродвигателя, радиомодем и набор датчиков технологических параметров. Отдельные станции управления имеют в своём составе преобразователи частоты для регулирования частоты вращения электродвигателя.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Современная система управления производством представляет собой многоуровневую человеко-машинную структуру, создаваемую на основе автоматических информационных систем сбора данных и вычислительных комплексов, которые постоянно совершенствуются по мере эволюции технических средств и программного обеспечения. Первые три уровня из этой структуры реализуют собственно АСУ ТП, а остальные уровни предполагают административное управление производственными процессами. Таким образом, современные АСУ ТП (рис. В.2)



Рис. В.2. Структурная схема трехуровневой АСУ ТП

можно разделить на три уровня: нижний, средний и верхний. Данные, собранные нижестоящим уровнем, поступают на вышестоящий, т.е. реализуется классическая схема управления: восходящий поток данных и нисходящий поток команд.

На нижнем уровне располагаются датчики, исполнительные механизмы, преобразователи и вторичные приборы. Они собирают информацию об объекте автоматизации и преобразуют физические свойства (температуру, давление и т.д.) в нормированные электрические или цифровые сигналы.

Основными техническими средствами среднего уровня являются программируемые логические контроллеры с модулями ввода/вывода. На этом уровне по программе, содержащейся в контроллере, реализуются локальная обработка входных сигналов, выдача управляющих команд на исполнительные механизмы, а также выполняются функции автоматического ведения режимов блокировок и защит.

Верхний уровень находится в помещении операторной и оснащен высоконадежным персональным компьютером в промышленном исполнении. Компьютер служит для визуализации всех контролируемых и управляемых параметров, оперативного управления технологическим процессом, автоматического ведения архивов, формирования отчетов. Как правило, все перечисленные функции осуществляются с помощью так называемых SCADA-систем (Supervisory Control And Data Acquisition) — систем диспетчерского управления и сбора данных. SCADA-системы позволяют создавать мнемосхемы, отображающие ход технологического процесса на

мониторе оператора. При этом возможны представление графиков (трендов) измеряемых величин, сообщений о неисправностях и авариях, ввод в систему управления команд оператора и т.д.

Обмен между контроллером и операторской станцией осуществляется по промышленной сети (тип интерфейса и протокол определяются используемым контроллером). Таким образом, от этапа к этапу меняются не только используемые технические средства, но и функции человека (оператора/диспетчера), призванного обеспечить регламентное функционирование технологического процесса. Расширяется круг задач, решаемых на уровне управления; ограниченный прямой необходимостью управления технологическим процессом набор задач пополняется качественно новыми задачами, ранее имеющими вспомогательный характер или относящимися к другому уровню управления. Диспетчер в многоуровневой АСУ ТП получает информацию с монитора ЭВМ или с электронной системы отображения информации и воздействует на объекты, находящиеся от него на значительном расстоянии, с помощью телекоммуникационных систем, контроллеров, интеллектуальных исполнительных механизмов. Необходимым условием эффективной реализации диспетчерского управления, имеющего ярко выраженный динамический характер, становится работа с информацией, т.е. процессы сбора, передачи, обработки, отображения, представления информации. От диспетчера уже требуется не только профессиональное знание технологического процесса, основ управления им, но и опыт работы в информационных системах, умение принимать решение (в диалоге с ЭВМ) в нештатных и аварийных ситуациях и многое другое. Диспетчер становится главным действующим лицом в управлении технологическим процессом.

Работа любой системы автоматизации начинается с измерения технологических параметров какими-либо датчиками. Сейчас в различных отраслях промышленности измеряется более 800 параметров. Однако для непрерывных производств, какими являются все предприятия нефтегазовой и нефтеперерабатывающей промышленности, измерения температуры, давления, расхода, уровня и количества вещества составляют примерно 86 % от общего числа измерений, а остающиеся 14 % — измерения состава, физикохимических свойств вещества, а также электрических и некоторых других величин (рис. В.3). Далее в учебном пособии будут подробно рассмотрены методы измерения перечисленных параметров, основные элементы систем автоматизации и принципы построения этих систем.

Назначение АСУ ТП состоит в поддержании установленных режимов технологического процесса за счет контроля и изменения технологических параметров, выдачи команд на исполнительные механизмы и визуального отображения данных о производственном процессе и состоянии технологического оборудования. В функции АСУ ТП входит предупреждение аварийных ситуаций, анализ контролируемых значений, стабилизация режимных параметров и технологических показателей. Автоматизация помогает в достижении основных целей политики предприятия в вопросах экономики и качества.

Назначение АСУ ТП:

- повышение эффективности работы оборудования,
- обеспечение удобства управления технологическими процессами,
- контроль и мониторинг технологических параметров,
- исключение рисков простоев, сбоев работы оборудования,
- исчезновение ошибок персонала в процессе управления.

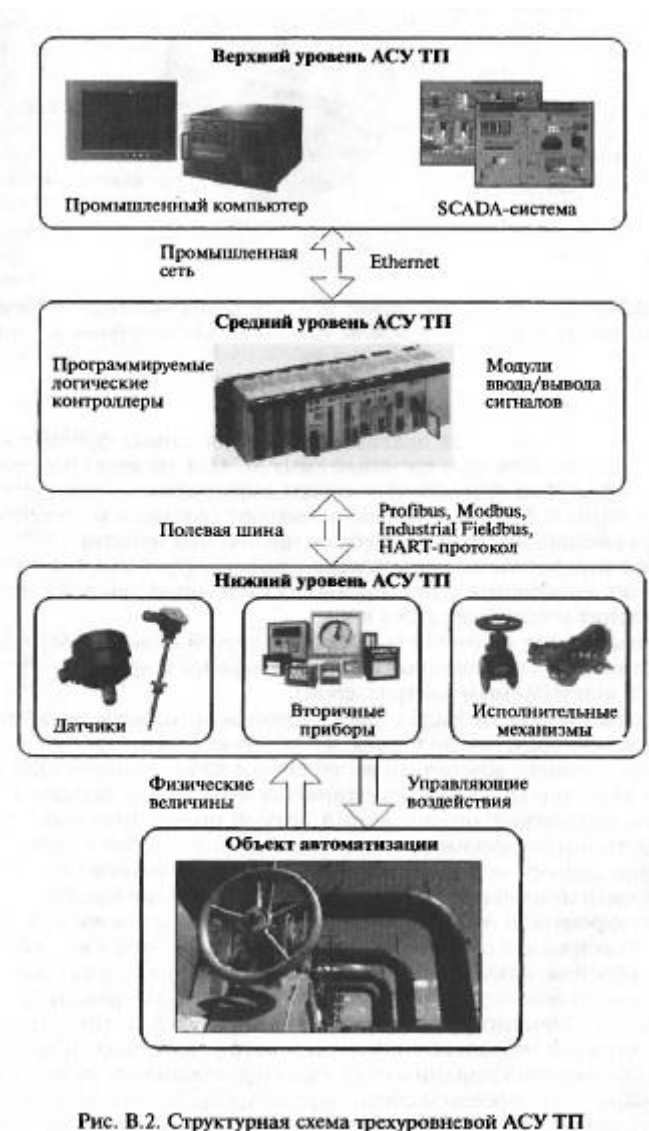


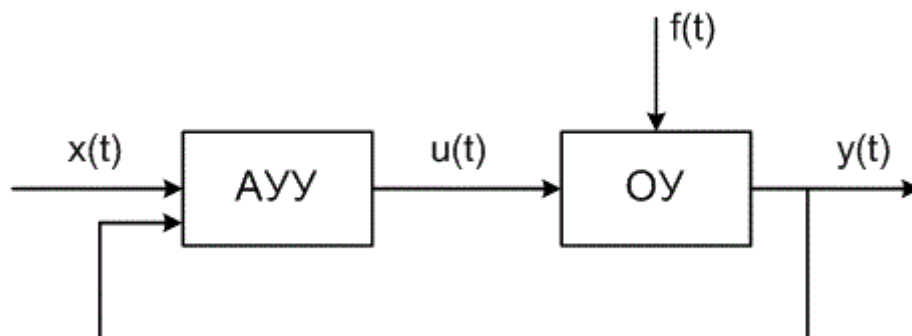
Рис. В.2. Структурная схема трехуровневой АСУ ТП

2 Основные элементы системы телемеханики и вычислительной техники

Элементы аппаратуры автоматики и телемеханики (АТ)

Любая автоматическая система состоит из объекта управления и автоматического управляющего устройства.

Объект управления – это совокупность технических средств, нуждающихся в специально организованных воздействиях для достижения целей управления.



АУУ – автоматическое управляющее устройство;

$x(t)$ – требуемое значение управляемой величины;

$u(t)$ – управляющее воздействие;

$f(t)$ – возмущающее воздействие;

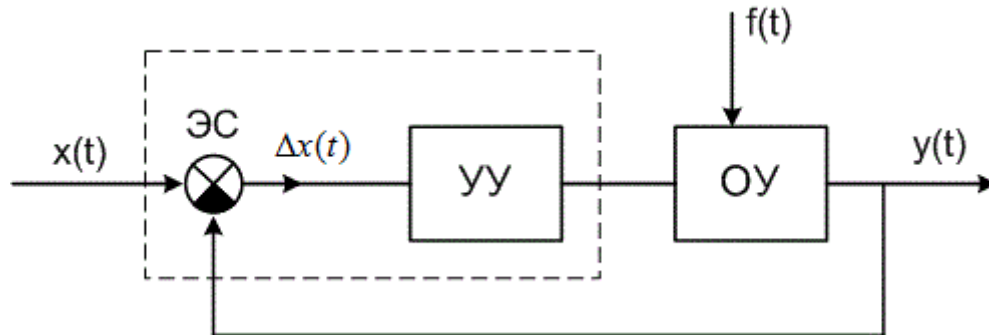
$y(t)$ – сама регулируемая величина;

ОУ – объект управления.

В зависимости от того как и на основе какой информации вырабатывается управляющее воздействие системы подразделяются на:

- замкнутые системы с обратной связью;
- разомкнутые системы.

а) Замкнутая система с обратной связью

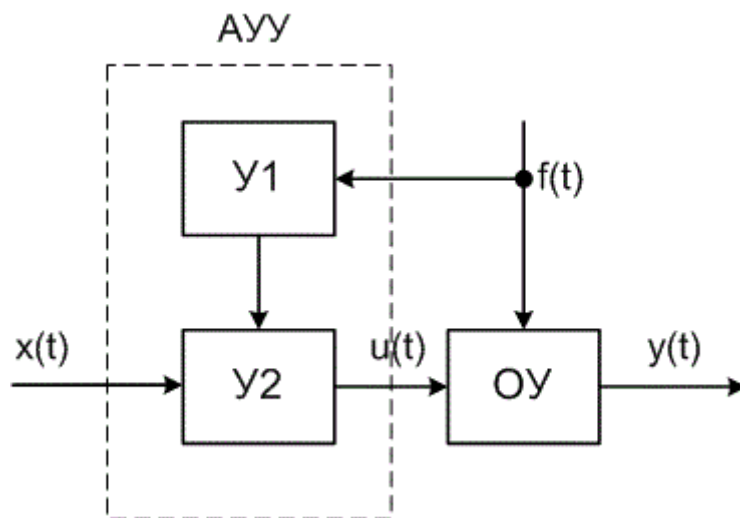


Δt – сигнал разности;

ЭС – элемент сравнения.

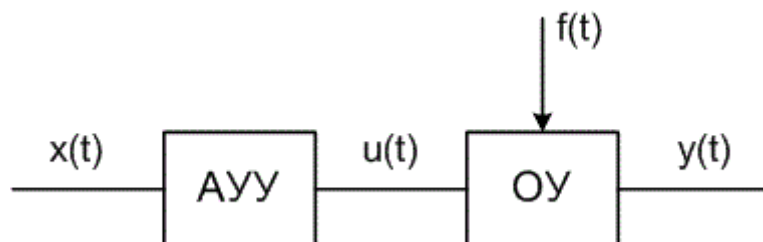
В системах с обратной связью действительное значение $y(t)$ сравнивается с $x(t)$. И на основании информации сравнения вырабатывается сигнал разности Δt , а связь между управляющим воздействием $u(t)$ с сигналом разности устанавливает управляющее устройство.

б) Система с компенсацией



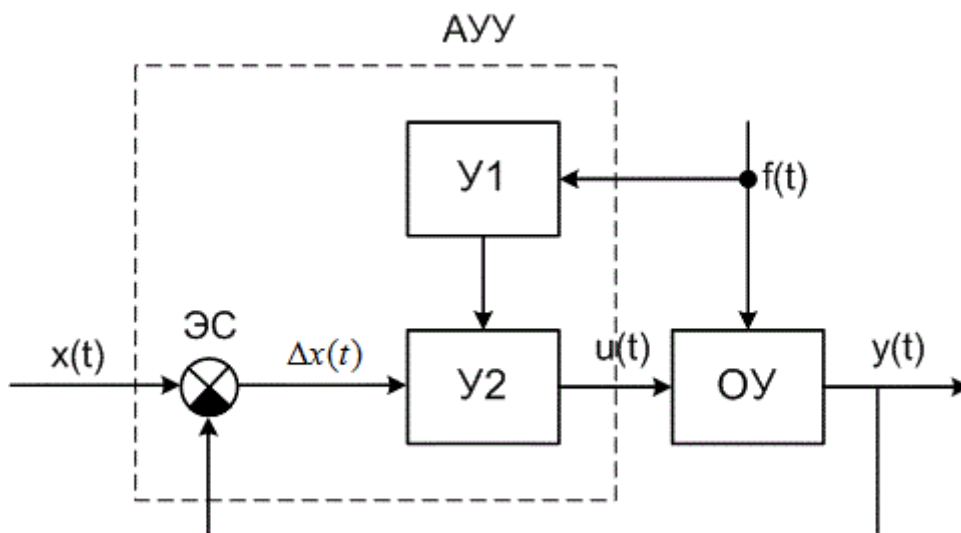
Измеряем возмущающее воздействие (управления по возмущению), то есть управляющее воздействие вырабатывается на основании измерения $f(t)$.

в) Система с автоматическим программным управлением



В данной системе управляющее воздействие задается на основе $x(t)$ посредством какой-либо программы.

г) Комбинированная система



В комбинированной системе управляющее воздействие вырабатывается на основании сравнения действующего значения с $x(t)$ и результатами измерением $f(t)$.

3 Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи

Аналого-цифровой преобразователь – это устройство, в котором осуществляются дискретизация и квантование и которое преобразует входной аналоговый сигнал в цифровой сигнал. Цифровой сигнал на выходе АЦП представлен, как правило, сигналами на шине данных.

На практике используется большое число различных типов АЦП, выполненных по разным схемам. Рассмотрим электрическую схему параллельного АЦП, часто используемого на практике (рис. 5.8).

С помощью одинаковых резисторов $R_1, R_2 \dots R_N$ создаются уровни квантования с шагом квантования, равным падению напряжения на одном резисторе. Шаг и уровни квантования зависят от значения опорного стабилизированного напряжения E_0 . Основная часть схемы АЦП – операционные усилители с резисторами и диодами. Эти усилители работают в качестве компараторов – устройств сравнения уровней двух сигналов. Если напряжение входного сигнала на неинвертирующем входе превышает опорное напряжение на инвертирующем входе, то на выходе ОУ возникает большое положительное напряжение, которое с помощью добавочно-го резистора и стабилитрона преобразуется в логическую единицу.

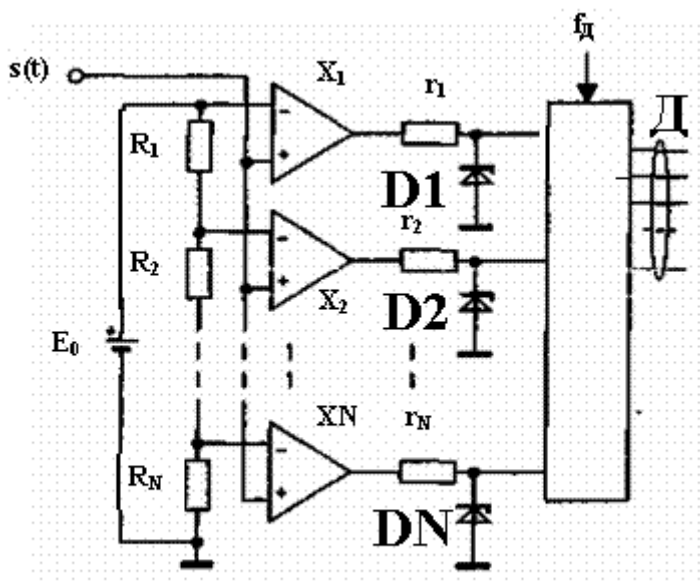


Рис. 5.8

Если входной сигнал $s(t)$ меньше опорного напряжения на инвертирующем входе, то на выходе операционного усилителя возникает отрицательное напряжение, которое с помощью открывающихся диодов $D1, D2, \dots, DN$ уменьшается практически до нуля и, тем самым, преобразуется в логический нуль. Если входное напряжение $s(t)$ равно нулю, то на выходах компараторов формируются логические нули. При плавном увеличении уровня входного сигнала компараторы будут последовательно, начиная с нижнего (см. рис. 5.8), срабатывать, выдавая на выходах логические единицы.

Шифратор CD осуществляет преобразование кода, поступающего с компараторов, в двоичный код шины данных D . На шифратор АЦП поступает синхросигнал, и изменения на шине данных происходят только при появлении синхроимпульса. Частота синхросигнала в этом случае будет задавать частоту дискретизации.

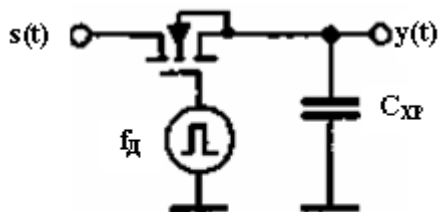


Рис. 5.9

При быстрых изменениях входного сигнала и при наличии временных задержек в операционных усилителях и других элементах схемы могут возникать сбои в работе АЦП, обусловленные появлением синхросигнала в момент изменения уровней на входах шифратора. На выходе АЦП в этом случае появляется неправильный код. Для устранения этого явления на входе АЦП включают дополнительное устройство выборки-хранения (рис. 5.9).

Устройство (рис. 5.9) включает электронный ключ на полевом транзисторе и накопительный конденсатор C_{XP} . При подаче короткого положительного импульса на затвор транзистора он открывается (ключ замкнут), и напряжение на конденсаторе становится равным входному (режим выборки). После окончания действия импульса полевой транзистор закрывается, и напряжение на конденсаторе сохраняется неизменным (режим хранения). В этот отрезок времени напряжение $y(t)$ поступает на схемы сравнения и после преобразования в виде логических уровней – на вход шифратора АЦП. Синхросигнал на шифратор подается после того, как на входах шифратора устанавливается соответствующая комбинация логических уровней.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – это устройство, преобразующее последовательность входных кодов в соответствующий непрерывный выходной сигнал.

Большинство ЦАП строятся с использованием цепочки R-2R. Электрическая схема цепочки приведена на рис. 5.10.

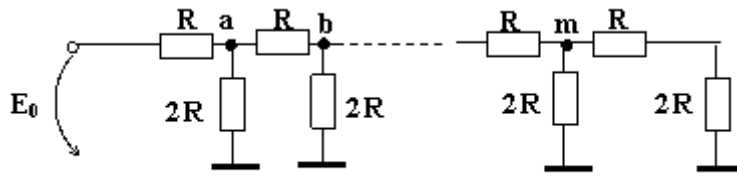


Рис. 5.10

На входе цепочки подключается источник опорного напряжения. Несложный анализ схемы показывает, что напряжения в узлах цепочки a, b, m отличаются друг от друга в два раза. Например, напряжение в точке a равно $E_0 / 2$, так как сопротивление всех элементов цепочки, включенных между этим узлом и корпусом, равно R. Учитывая, что сопротивление между узлом a и клеммой опорного источника тоже равно R, получим резистивный делитель напряжения два раза. Аналогично доказывается, что напряжение в точке b равно $E_0 / 4$ и т.д. Чем дальше от источника расположены узлы в цепочке, тем меньше напряжение на них.

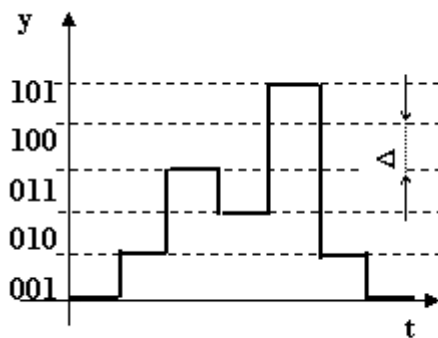


Рис. 5.11

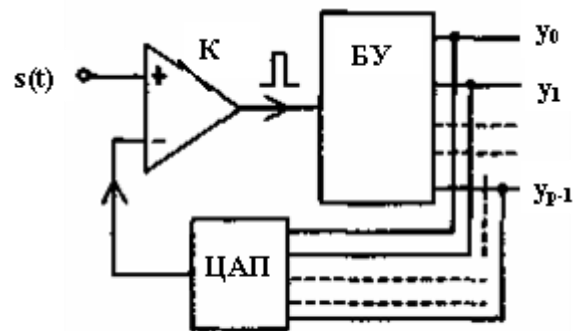


Рис. 5.12

Сигнал на выходе трехразрядного ЦАП имеет вид (рис. 5.11). На вход ЦАП последовательно подаются следующие коды: 000, 001, 011, 010, 101, 001, 000. Выходное напряжение ЦАП имеет ступенчатый вид. Для уменьшения ступенек на выходе ЦАП обычно устанавливают фильтр низких частот.

Для высокоточной цифровой обработки сигналов в измерительной технике используются АЦП с большим числом уровней квантования. Такие АЦП трудно изготовить, используя параллельную схему, так как потребуется очень большое число компараторов. Например, для десятиразрядного АЦП потребуется более 1000 компараторов. В этом случае используются АЦП, выполненные по схеме поразрядного уравнивания (рис. 5.12). Входной сигнал в этой схеме подается на неинвертирующий вход компаратора K. На другой вход компаратора, для сравнения, подается опорный сигнал с ЦАП.

Блок управления БУ вырабатывает двоичный выходной код y_0, y_1, \dots, y_{P-1} , поступающий на вход ЦАП. Суть поразрядного уравнивания заключается в следующем.

В начале цикла преобразования блок управления вырабатывает на выходе единицу только в старшем разряде. Этот код поступает на ЦАП, и на выходе ЦАП возникает напряжение, равное примерно половине максимально-допустимого входного напряжения. Если входное напряжение больше этого одного напряжения, то компаратор вырабатывает импульс, который поступает в блок управления БУ, и единица в старшем разряде фиксируется. Если входное напряжение меньше опорного, то единица в старшем разряде сбрасывается.

На втором этапе преобразования единица устанавливается в следующем разряде $uP-2$, и проводится сравнение входного напряжения с новым опорным напряжением, в результате которого фиксируется или сбрасывается единица в разряде $uP-2$.

Процесс сравнения продолжается до тех пор, пока не установятся все p разрядов на выходе блока управления. Очевидно, что АЦП с поразрядным уравниванием при прочих равных условиях работает примерно в p медленнее по сравнению с параллельным АЦП.

Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи устанавливаются на входе и выходе устройства цифровой обработки сигналов. Центральное место в таких устройствах занимает ЭВМ и алгоритмы ее работы.