

# МОДУЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗАДАЧ

За годы работы в сфере разработки и внедрения автоматизированных систем управления компания ЭлеСи накопила огромный опыт в решении уникальных задач автоматизации технологических процессов. Как правило, решение таких задач требует создания специализированных для этих целей устройств. Причем эти решения должны быть полностью встроены в существующие системы управления всей системы, что намного повышает их сложность.

И. Бухарин, П. Нестеренко,  
компания ЭлеСи

*Решение уникальных задач в большинстве случаев требует нестандартного подхода к решению данной задачи и стандартного подхода к её реализации.*

## Инженерная мудрость

Компания ЭлеСи работает над контроллером ЭЛСИ-ТМ на протяжении нескольких лет. В результате контроллер приобрел широкий спектр коммуникационных возможностей [1], поддержку системы «горячего» резервирования [2] и ряд возможностей по решению специфических задач, таких как задачи обнаружения утечек и задачи регулирования.

Некоторые из этих задач и особенности их решения на базе контроллера ЭЛСИ-ТМ представлены ниже.

Задачей системы обнаружения утечек (СОУ) является, собственно, обнаружение точки нарушения целостности трубопровода с приемлемой точностью (300 м). Такую задачу решают обычно следующим образом: на участке трубопровода от 20 до 200 км устанавливают датчики давления, данные с которых поступают на соответствующий контрольный пункт (КП). На КП данные фильтруются, получают метку времени и упаковываются в файлы, которые затем поступают на верхний уровень СОУ (СОУ ВУ). На верхнем уровне идет сбор таких данных от нескольких КП, и в результате их сравнения получают информацию об изменении давления продукта в трубопроводе. Эта информация является входной для математических алгоритмов определения утечек, реализованных на верхнем уровне СОУ.

КП оборудуется одним или несколькими контроллерами ЭЛСИ-ТМ. В СОУ контроллер на КП обычно состоит из центрального процессора (ЦП), модулей связи и модулей аналогового ввода/вывода. Для решения задач СОУ контроллер должен обеспечивать сбор данных с периодом 1-10 мсек, синхронную работу совместно с другими КП, а также гарантировать безотказ-



ную передачу данных на верхний уровень.

Компания ЭлеСи разработала два модуля контроллера ЭЛСИ-ТМ для применения их в системах СОУ различного класса. Рассмотрим эти модули поподробнее.

Модуль TA 516 (см. Рис. 1) предназначен для сбора и предварительной обработки сигналов с датчиков давления в системах СОУ и работы в составе контроллера ЭЛСИ-ТМ ЗАО «ЭлеСи». [3]



**Рис. 1. Внешний вид модуля TA 516**

Модуль является результатом сотрудничества двух компаний – ЗАО «ЭлеСи» и ООО «ЭнергоАвтоматика». Работы были распределены следующим образом:

- реализация аппаратной части модуля TA 516, поддержка данного модуля и передача данных – компания ЭлеСи;
- обработка данных в модуле TA 516, реализация алгоритмов обнаружения утечек на “верхнем уровне” – компания «ЭнергоАвтоматика».

Модуль TA 516 осуществляет:

- сбор и обработку сигналов с датчиков давления;
- цифровую фильтрацию и корреляцию поступающей информации;
- формирование массивов данных для передачи на верхний уровень СОУ.

Данные для верхнего уровня СОУ формируются непосредственно в модуле. Для передачи данных СОУ в модуле организован файловый обмен, позволяющий:

- дистанционное изменение конфигурации модуля;
- дистанционное обновление ПО модуля;

Технические характеристики		TA 516 8IDC
Процессор		Pentium 300
Оперативная память (расширение до 512Мб)		128 Мб
Постоянная память (стандарт CompactFLASH)		128 Мб - 1Гб
Интерфейсы связи		RS-232C 2 канала
Возможность подключения GPS синхронизации времени		RS-232C 1 канал, вход PPS
Количество входных сигналов, шт.		8
Разрешение АЦП, бит		18
Время преобразования АЦП, не более, мс		1
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В		от -10 до +10
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, мА	Диапазон I	от -5 до +5
	Диапазон II	от -10 до +10
	Диапазон III	от -20 до +20
Максимальная погрешность измерения, %	постоянного тока	±0,03
	постоянного тока	±0,04

**Таблица 1. Основные технические характеристики модуля TA 516**

■ восстановление работоспособности. Если новое ПО является неработоспособным, происходит смена текущей версии на предыдущую работоспособную. Также возможно восстановление на заводскую версию.

Для решения поставленной задачи модули СОУ в составе контроллера ЭЛСИ-ТМ должны работать синхронно, для этого данные должны иметь метку времени. В модуле реализованы следующие способы синхронизации:

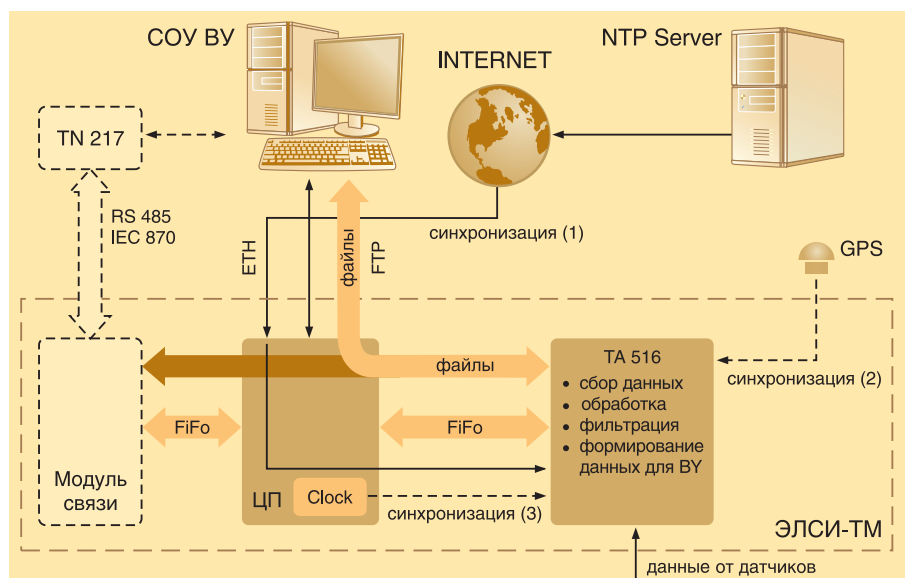
- системное время синхронизации, приходящего от внутреннего таймера ЦП контроллера;
- время синхронизации, поставляемое программой пользователя от ЦП;
- спутниковая синхронизация при помощи системы Global Positioning

System (GPS).

К особенностям модуля TA 516 можно отнести достаточно высокую вычислительную мощность для решения задачи обнаружения утечек. Это позволяет выполнять сложные алгоритмы по обработке данных уже на модуле (аналогичный процессор содержит процессорный модуль контроллера ЭЛСИ-ТМ), тем самым, сокращая нагрузку на ЦП и канал связи с верхним уровнем (ВУ). В таблице 1 представлены основные технические характеристики данного модуля.

Структура системы СОУ в случае применения модуля TA 516 выглядит следующим образом (см. Рис. 2).

**интеллектуальная электроника** ▶



**Рис. 2. Реализация СОУ с использованием модуля TA 516**

## Модули для решения специализированных задач

Модуль TA 516 осуществляет сбор, фильтрацию и формирует данные в виде файлов, которые передает в ЦП через шину контроллера.

Обычным способом передачи файлов со значениями параметров от ЦП на СОУ ВУ является передача через Ethernet по протоколу FTP. Также разработчик системы имеет возможность передавать данные и по другим каналам связи при добавлении в контроллер ЭЛСИ-ТМ соответствующего коммуникационного модуля.

Основной способ синхронизации – синхронизация по протоколу NTP (Network Time Protocol). Альтернативный способ – синхронизация данных со временем внутреннего таймера контроллера или при помощи спутниковой системы GPS.

Примером применения такой системы является система обнаружения утечек магистрального нефтепродуктопровода (СОУ МНПП) «Второво-Приморск» (см. Рис.3).

В СОУ МНПП «Второво-Приморск» с использованием модуля TA 516 используется связь по Ethernet. В системе организовано резервирование на всех уровнях для достижения большей надежности.

Для некоторых задач СОУ функционал и быстродействие модуля TA 516 являются избыточным, в таких случаях применяют другой модуль для задач СОУ – TA 524.

Аппаратный модуль TA 524 (см. рис.4) предназначен для измерения сигналов посто-



Рис. 4. Внешний вид модуля TA 524

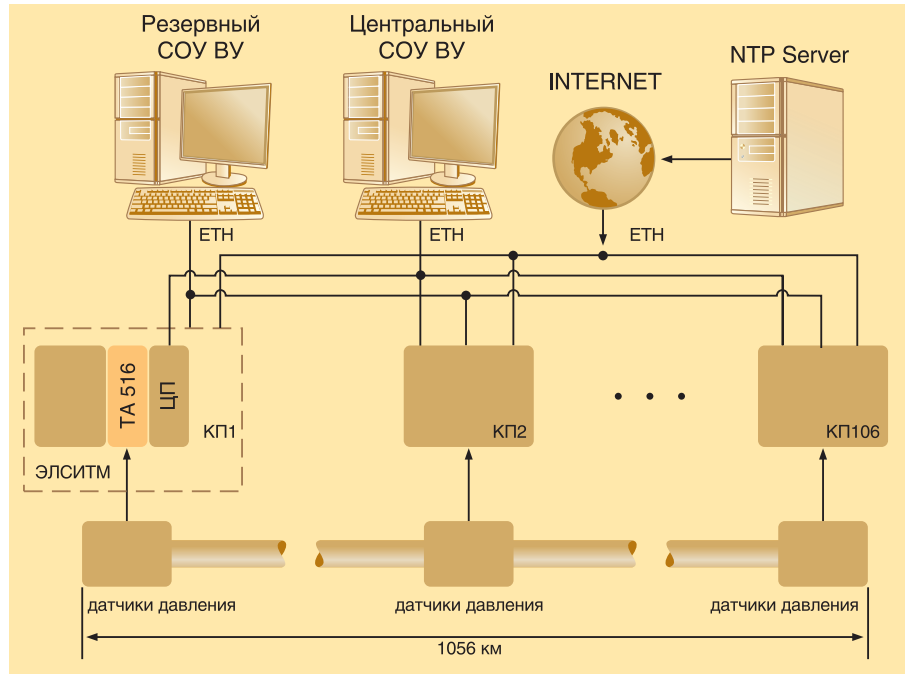


Рис. 3. МНПП СОУ «Второво-Приморск»

янного тока по двум и четырем дифференциальным входам. Используется для измерения непрерывных сигналов от датчиков давления и расхода в составе контроллера ЭЛСИ-ТМ ЗАО «ЭлеСи» для решения задач СОУ.

Модуль TA 524 осуществляет:

- сбор сигналов с датчиков давления;
- проверку достоверности поступающей информации.

Существует две модификации модуля TA 524: TA 524 2IDC и TA 524 4IDC, отличающихся количеством входных сигналов, 2 и 4, соответственно.

В таблице 2 приведены основные технические характеристики модуля TA 524.

Для задач СОУ модуль может синхронизировать данные во времени следующим образом:

- системная синхронизация с внутренним таймером ЦП контроллера;
- спутниковая синхронизация при помощи системы Global Positioning System (GPS).

Основной особенностью работы модуля TA 524 в составе контроллера ЭЛСИ-ТМ, в отличие от TA 516, является распределение функционала по решению задач СОУ между ЦП контроллера и модулем. Сбор данных от датчиков давления и расхода осуществляется модулем TA 524. Затем эти данные при помощи спе-

Технические характеристики	TA 524 2IDC	TA 524 4IDC
Процессор	Intel 8051, 22МГц	
Оперативная память	32 Кб	
Постоянная память	32 Кб	
Интерфейсы связи	RS-232C 1канал	
Возможность подключения GPS синхронизации времени	RS-232C 1 канал, вход PPS	
Количество входных сигналов, шт.	2	4
Разрешение АЦП, бит	24	
Время преобразования АЦП, не более, мс	10	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, мА	от 0 до +20	
Максимальная погрешность измерения постоянного тока, %	±0,20	

Таблица 2. Основные технические характеристики модуля TA 524

циальных механизмов передаются на ЦП контроллера, где происходит дальнейшая их обработка и формирование готовых данных в виде файлов для пользователя верхнего уровня.

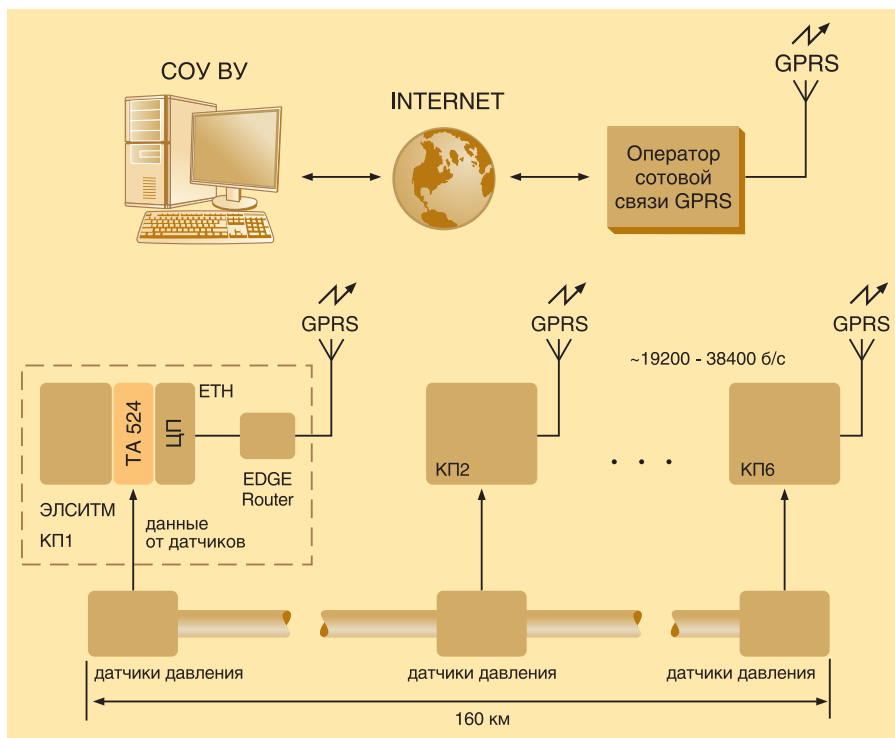
Распределение задачи подготовки данных к передаче на верхний уровень упрощает конструкцию модуля, но увеличивает нагрузку на канал связи и ЦП, предоставляя возможность смены модуля TA 524 без остановки системы, а, следовательно, возможность преобразования контроллеров ЭЛСИ-ТМ различного назначения в систему СОУ простым включением модуля в конфигурацию контроллера.

Структура системы в случае применения модуля TA 524 выглядит следующим образом (см. Рис 5.).

Данные от датчиков поступают в модуль TA 524. Затем данные по внутренней шине контроллера поступают в центральный процессор контроллера, где обрабатываются в программном модуле, реализованном в ЦП. В результате обработки получают файлы с данными измерений, которые передаются на СОУ ВУ при помощи модулей связи контроллера.

Основной способ синхронизации данных – синхронизация при помощи системы GPS. Альтернативный способ – синхронизация со временем внутреннего таймера ЦП контроллера.

Примером применения такой системы являются СОУ МНПП «Андреевка-Альметьевск», участок «Субханкулово-Альметьевск» (рис.6) и СОУ МНПП «Омск-СОКУР», участок «Омск-Татарская» (см. Рис. 6).



**Рисунок 6. СОУ МНПП «Андреевка-Альметьевск», участок «Субханкулово-Альметьевск»**

В СОУ МНПП «Андреевка-Альметьевск» на участке «Субханкулово-Альметьевск» с использованием модуля TA 524 основным видом связи КП с верхним уровнем СОУ является связь по GPRS, предоставляемая сотовым оператором GPRS. Средняя скорость передачи данных от КП до ВУ варьируется от 19200 бит/сек. до 38400 бит/сек.

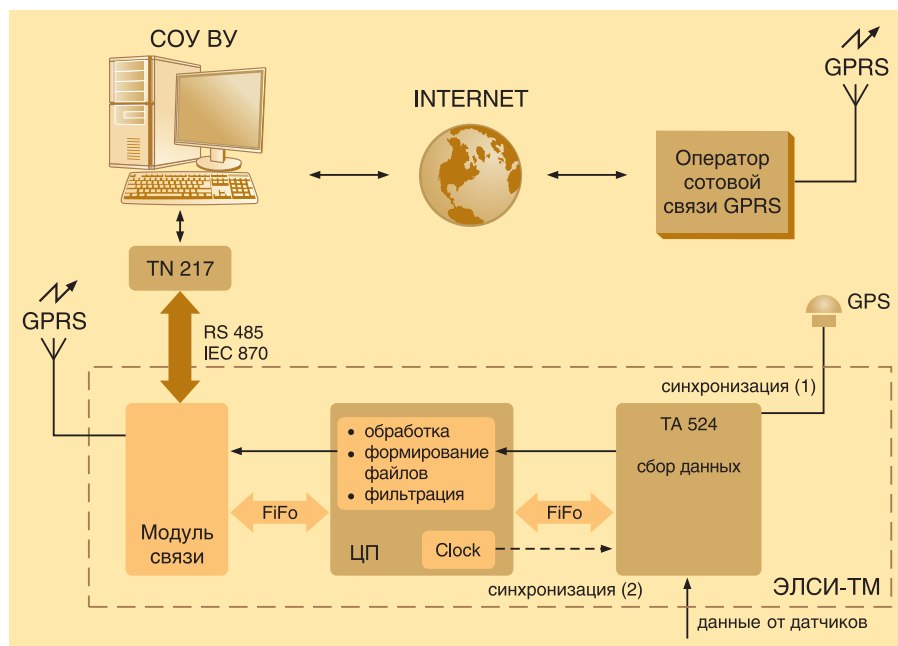
В СОУ МНПП «Омск-СОКУР» на участке «Омск-Татарская» используется проводная связь по протоколу IEC-870 со скоростью передачи данных от КП до ВУ 1200 бит/сек.-4800 бит/сек.

Автоматическое регулирование – это поддержание некоторой регулируемой величины, характеризующей технологический процесс, либо ее изменение по заданному закону или в соответствии с некоторым измеряемым внешним процессом, осуществляемым применением некоторого управляющего воздействия к регулирующему органу объекта регулирования.

Для успешного регулирования объекта необходимо его исследовать и определить параметры регулирования, что является достаточно трудоемкой задачей. Поэтому компания ЭлеСи занялась разработкой регулятора, который мог бы производить самонастройку параметров регулирования, что облегчило бы труд разработчиков АСУ ТП.

Реализация ПИД-регулятора с самонастройкой в модуле TA 603 контроллера ЭЛСИ-ТМ представлена ниже.

Модуль аналогового ввода/вывода TA 603 (см. Рис. 8) предназначен для измерения и выдачи входных и выходных значений сигналов, соответственно.



**Рис. 5. Реализация СОУ с использованием модуля TA 524**



## Модули для решения специализированных задач

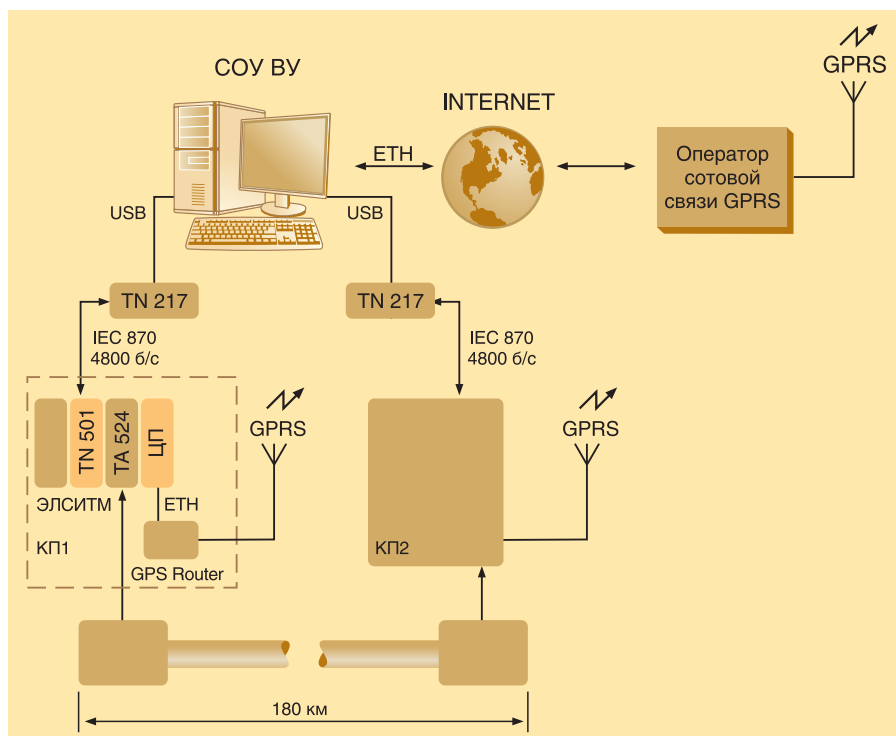


Рис. 7. СОУ МНПП «Омск-СОКУР», участок «Омск-Татарская»

В модуле реализован алгоритм ПИД-регулятора с самонастройкой, использующийся как основной режим модуля. Модуль также имеет возможность работать в режиме аналогового ввода-вывода. [5]

В таблице 3 приведены основные технические характеристики модуля TA 603.

Модуль TA 603 обеспечивает выполнение измерений по 8 каналам аналоговых входов (ток или напряжение), вычисление по ПИД алгоритму и выдачу по 8 каналам

сигналов аналоговых выходов.

Модуль состоит из восьми каналов измерения аналоговых сигналов тока или напряжения, восьми независимых регуляторов, банка уставок и восьми каналов вывода аналоговых сигналов тока или напряжения. Каждый регулятор имеет возможность получать сигнал обратной связи (ОС) с одного конкретного входа и выдавать управляющее воздействие (УВ) на один конкретный выход.



Рис. 8. Внешний вид модуля TA 603

Для построения подчиненных систем автоматического регулирования (САР) и связи между регуляторами существует банк уставок. На базе модуля возможно построение сложных многоконтурных САР.

Все регуляторы в составе модуля TA 603 одинаковы и имеют структуру, представленную на рисунке 9.

На вход регулятора приходит восемь сигналов:

- сигнал обратной связи из АЦП;
- сигнал обратной связи (поставляется ЦП);
- уставка (поставляется ЦП);
- уставка из банка уставок;
- значение управляющего воздействия по умолчанию (поставляется ЦП);
- значение управляющего воздействия после сброса (поставляется ЦП);
- регистр режима работы регулятора (поставляется ЦП);
- амплитуда пробного воздействия (поставляется ЦП).

Результатом работы регулятора являются следующие выходные сигналы:

- значение сигнала ОС, пересчитанное в физические единицы (поставляется в ЦП);
- значение ошибки по управлению в физических единицах;
- значение УВ в физических

Технические характеристики	TA 603	
Процессор	DSP TMS320F2812	
Оперативная память	128 Кб	
Постоянная память	256 Кб	
Количество входных/выходных сигналов, шт.	4/4	
Разрешение АЦП, бит	16	
Время преобразования АЦП, не более, мс	1	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В	от -10 до +10	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, мА	от -20 до +20	
Диапазон формирования напряжения постоянного тока, В	от -10 до +10	
Диапазон формирования напряжения постоянного тока, мА	от 0 до +20	
Максимальная погрешность измерения/формирования	постоянного тока, %	±0,15
	постоянного напряжения, %	±0,15

Таблица 3. Основные технические характеристики модуля TA 603

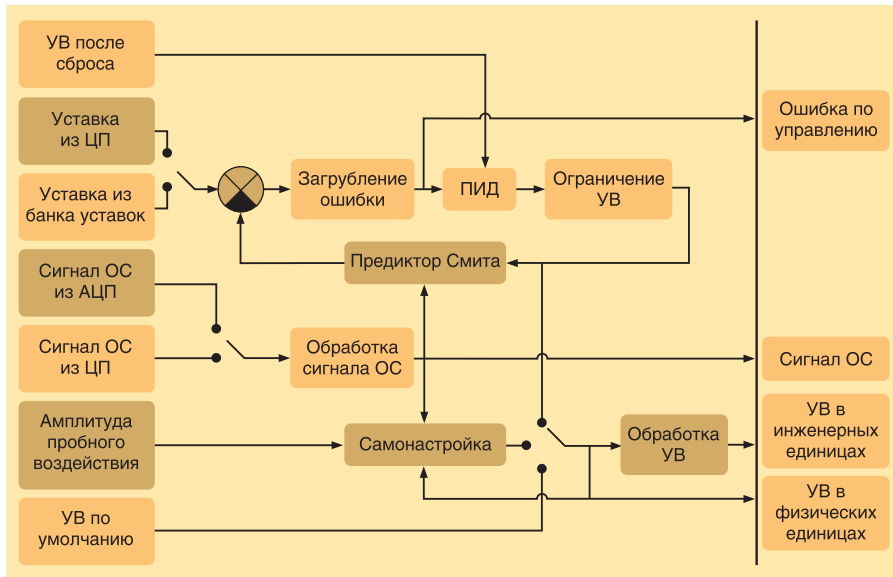


Рис. 9. Структура регулятора

единицах (поставляется в ЦП);

- значение УВ в инженерных единицах;
- задержка по управлению в объекте;
- 6 коэффициентов модели объекта управления для предиктора Смита (поставляется в ЦП);
- 4 коэффициента ПИД-регулятора (поставляется в ЦП);

В работе сигнал с входа ОС фильтруется и пересчитывается в физические единицы измерения. После фильтрации сигнал ОС подаётся в блок предиктора Смита. Предиктор вносит в него добавку, компенсируя тем самым задержку по управлению в объекте. Изменённый сигнал с выхода предиктора сравнивается с уставкой. При этом формируется сигнал ошибки по регулированию. Затем этот сигнал передаётся на вход ПИД-регулятора. ПИД-регулятор вычисляет УВ, которое ограничивается и поступает в линию ЦАП и/или в банк уставок. Для выдачи УВ в линию ЦАП в инженерных величинах

служит блок пересчёта УВ.

Взаимодействие регуляторов организовано следующим образом. Связь ведущего регулятора (т.е. поставляющего УВ в подчинённый контур в качестве уставки) и подчинённого осуществляется посредством банка уставок. В этом случае ведущий регулятор получает адрес одной из семи ячеек банка, в которую при работе будет сообщать значение УВ. Подчинённый регулятор на каждом периоде квантования по времени берёт значение уставки из ячейки банка уставок с установленным адресом.

Работа ведущего и подчинённого регуляторов через банк уставок представлена на рисунке 10.

Поддержка широкого спектра специализированных модулей, решающих специфические задачи, превращает контроллер ЭЛСИ-ТМ в гибкий, наращиваемый инструмент разработчика АСУ ТП, с широким спектром возможностей и широкой областью применения контроллера, увеличивающихся с выпуском каж-

дого следующего специализированного модуля.

Разные модули, но применяемые для решения одной и той же специфической проблемы, например ТА 516 и ТА 524, позволяют создавать системы различного класса с использованием одного и того же контроллера, но в разной комплектации.

Модули с реализацией возможности решения новых специфических задач, такие как ТА 603, существенно расширяют область применения контроллера ЭЛСИ-ТМ.

На текущий момент контроллер ЭЛСИ-ТМ может применяться для выполнения задач автоматизации и телемеханики, регулирования, обнаружения утечек, имеет широкий спектр коммуникационных возможностей, позволяет строить системы с «горячим» резервированием контроллера в целом, и отдельных модулей. При всем этом многообразии различных возможностей контроллер обладает простой и интуитивно понятной системой конфигурирования, управления и мониторинга.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### 1. Нестеренко П.Г., Климов А.В.

Связующее звено в технической системе // itech #3, февраль 2006 г.

### 2. Нестеренко П.Г., Пачуев К.Е.,

Бухарин И.Н. Построение отказоустойчивых систем автоматизации технологических объектов // Автоматизация в промышленности, октябрь 2007г.

### 3. Модуль аналоговых измерений ТА 516.

Программное обеспечение. Руководство пользователя. // «ЭнергоАвтоматика», версия 8.4, 12 стр.

### 4. Контроллер, программируемый ЭЛСИ ТМ. Программное обеспечение. Руководство пользователя. // ЗАО «ЭлеСи», 174 стр.

### 5. Руководство по эксплуатации модуля ТА603 // ЗАО «ЭлеСи», версия 14, 12 стр.

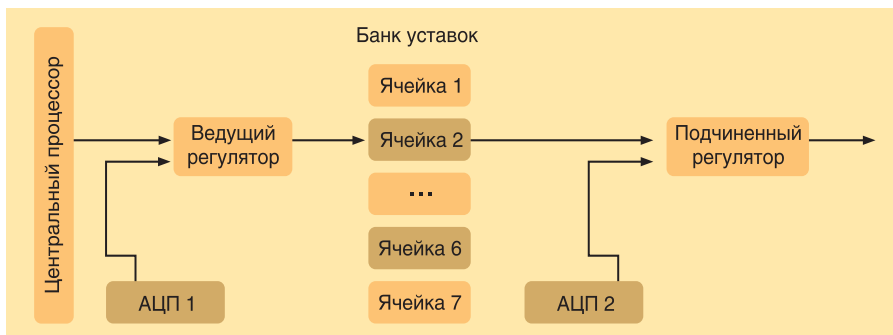


Рис. 10. Пример системы реализации системы подчинённого регулирования