

---

## **Управление исполнительными устройствами в программно-техническом комплексе «САРГОН»**

---

*Выпуск 01'2003*

*В.А. Менделевич*

*Рассмотрены преимущества объектно-ориентированной реализации подсистемы управления арматурой в программно-техническом комплексе «САРГОН»*

Исполнительные устройства (ИУ) – основа любой управляющей системы, поэтому способ реализации алгоритмов управления исполнительными устройствами в программно-техническом комплексе (ПТК) существенно влияет на основные показатели АСУТП: надежность, стоимость, эффективность разработки и т.п.

В ПТК «САРГОН» подсистема управления ИУ обеспечивает реализацию всех функций в соответствии с «Общими техническими требованиями к ПТК». Подсистема учитывает особенности отечественной арматуры и поддерживает все способы управления, применяемые в промышленности.

### **Организация управления исполнительным устройством в ПТК «САРГОН»**

Объектная структура ПТК «САРГОН» обеспечивает сочетание простоты применения типовых решений с легкостью их адаптации к условиям конкретного объекта.

ПТК «САРГОН» разрабатывался с учетом особенностей отечественного оборудования, поэтому в его алгоритмах учтена потенциальная ненадежность ИУ и приняты меры по устранению наиболее часто встречающихся проблем.

#### **Средства обеспечения надежности**

Подсистема управления ИУ является исполнительным звеном любого контура управления, включая технологические защиты, поэтому в ПТК «САРГОН» особое внимание уделяется надежности работы подсистемы. Надежность обеспечивается множеством технических решений на всех уровнях подсистемы, наиболее важными из которых являются:

- обеспечение максимальной устойчивости и живучести;
- типизация;
- однозначность ввода и вывода;
- развитая система приоритетов управляющих воздействий;
- полная наблюдаемость и управляемость;
- однозначность алгоритма управления.

#### **Обеспечение высокой устойчивости и живучести**

В ПТК «САРГОН» многоуровневая иерархия управления сочетается с четко соблюдаемым принципом устойчивости подсистем: на каждом уровне управления

АСУТП может длительное время поддерживать установившийся режим работы без получения внешних команд управления. Для подсистемы управления ИУ это означает:

1. На уровне схемы управления установившееся состояние ИУ должно сохраняться при временном отключении контроллера (т.е. открытая задвижка должна остаться открытой, а включенный насос не прекращать работу).
2. На уровне алгоблока управления ИУ полученная команда должна обрабатываться в автоматическом режиме, независимо от наличия связи с вышестоящим уровнем.

Высокая живучесть в ПТК «САРГОН» обеспечивается как на аппаратном, так и на логическом уровнях. На аппаратном уровне живучесть обеспечивается распределением вычислительных мощностей и приближением их к объекту (микропроцессорные модули УСО, малоканальные и среднеканальные контроллеры с развитым сетевым интерфейсом); на логическом уровне - функционально-групповым распределением элементов контроля и управления по контроллерам, что уменьшает число связей между ними, и характеризуется полной независимостью исполнения алгоблоков в вычислительных узлах ПТК «САРГОН». С точки зрения исполнительной системы каждый алгоблок (в частности, алгоблок любого ИУ) является независимым контуром управления, автоматически функционирующим в соответствии с набором входных сигналов и полученной командой.

Важным средством повышения надежности является уникальная по своим характеристикам система избирательного резервирования ПТК «САРГОН». Она позволяет резервировать между контроллерами функционирование отдельных алгоблоков. В частности, могут быть резервированы алгоблоки только тех ИУ, которые участвуют в работе защит и блокировок. Это позволяет уменьшить избыточность аппаратных средств, при выполнении требований по надежности в полном объеме. Подробнее система избирательного резервирования описана в статье.

### Типы, модифицируемые разработчиком АСУТП

Как и другие ПТК, ориентированные на применение в энергетике, ПТК «САРГОН» имеет библиотеку типовых алгоблоков управления ИУ. Наличие такой библиотеки значительно снижает трудоемкость разработки АСУТП, т.к. позволяет использовать в проекте готовые алгоритмы высокого уровня надежности.

Однако, в отличие от большинства других ПТК, выбор типовых алгоритмов управления в «САРГОН» не ограничен библиотекой, поставляемой изготовителем ПТК. Разработчик АСУТП может на базе библиотечного легко создать свой тип алгоблока, учитывающий специфику автоматизируемого объекта, и применять его в создаваемой системе так же, как библиотечный. Это свойство особенно важно при модернизации систем контроля и управления действующих энергетических установок, т.к. позволяет минимизировать объем переделок в существующих силовых шкафах управления.

### Однозначность обработки входных и выходных сигналов

Алгоблок исполнительного устройства получает физические сигналы состояния ИУ (от конечных выключателей, датчиков тока и т.п.) и команды от оператора или других алгоблоков; обрабатывает полученную информацию; формирует признаки состояния исполнительного устройства, управляющие воздействия на пускатели ИУ и сообщения оперативному персоналу.

Физические входы и выходы, обрабатываемые алгоритмами ИУ, недоступны никаким другим программам. Информацию о состоянии ИУ можно получить только от его алгоблока.

Однозначность обработки информации и выдачи управляющих воздействий, сосредоточенных в одном алгоблоке, в сочетании со встроенным блоком приоритетов (что

будет описано дальше) устраняет опасность несогласованности воздействий на исполнительное устройство от различных подсистем.

### Независимость логики функционирования от источника команды

В отличие от релейной автоматики, когда схема управления исполнительным устройством зависела от числа защит и блокировок, воздействующих на него, в ПТК «САРГОН» тип алгоблока управления зависит только от логики работы самого устройства (задвижка с уплотнением на закрытие – один тип, без уплотнения – другой тип, быстрозапорный клапан – третий, насос - четвертый и т.п.). Любое исполнительное устройство имеет всего один командный вход и выполняет установленную на нем команду. Команда сбрасывается после исполнения или обнаружения неисправности сбрасывается самим алгоблоком. Команда может быть также заменена или сброшена оператором или другим алгоблоком по правилам блока приоритетов.

Команда исполнительному устройству может быть отправлена как оператором, так и другим алгоблоком, в списке исполнителей которого содержится данное ИУ.

Для блокирования технологически недопустимых команд в ПТК «САРГОН» используется механизм запретов. Запрет описывается в технологически очевидной форме (кому, при каком условии, какую команду, с каким приоритетом запрещено выполнять) в алгоблоке, контролирующем работу алгоблока исполнительного устройства. Например, запрет на включение запального устройства описывается в алгоблоке горелки.

Решение о запрещении команды принимается блоком приоритетов: разрешенная команда передается на исполнение, а запрещенная отбрасывается с извещением ее отправителя.

### Программный блок приоритетов

При одновременном поступлении нескольких конкурирующих команд (например, от оператора и от блокировки), или при поступлении команды, на которую наложен запрет, выбор команды на исполнение осуществляется блоком приоритетов. Основным критерием при принятии решения является уровень приоритета конкурирующих воздействий. Блок приоритетов реализован в исполнительной системе ПТК «САРГОН», что позволяет разработчику АСУТП не задумываться над механизмом его действия. При этом команды в технологических программах формируются по принципу «выстрелил и забыл», а контроль осуществляется за результатом выполнения команды.

### Уровни приоритетов команд и запретов

В ПТК «САРГОН» различаются четыре уровня приоритетов, имеющих четкий технологический смысл. Более высоким считается приоритет, имеющий меньший номер:

- защитный;
- оперативный;
- программно-логический (автоматизированных переключений);
- оптимального управления.

### Полная наблюдаемость

Надежное функционирование ИУ может быть обеспечено только при постоянном и точном определении его текущего состояния. Возможная неисправность датчиков требует анализа всех возможных комбинаций значений входных сигналов, т.к. непридуманное сочетание может блокировать работу ИУ в момент срабатывания защиты и привести к серьезной аварии. Неисправные состояния должны максимально быстро диагностироваться.

Типичным дефектом отечественной арматуры является заклинивание. Для диагностирования такой ситуации и защиты электродвигателя в ПТК «САРГОН» применяется **контроль времени исполнения команды**.

Допустимое время исполнения команд устанавливается индивидуально для каждого ИУ. Определяется это время на основании документации на привод и уточняется при опытной прокрутке ИУ во время наладки. При превышении максимально допустимого времени исполнения команды алгоблок ИУ автоматически диагностирует «Неисправность по времени».

Однако, при минимальном объеме контроля ИУ, учитывающем только положение конечных выключателей, нет возможности диагностировать значительную часть неисправностей ИУ. Несколько минут, требуемых для выявления неисправности по времени, могут оказаться критичными для локализации неисправности. В большинстве случаев Заказчик настаивает на частичном или полном резервировании управления ИУ с местных щитов, что требует дополнительного контроля режима управления. Требуется также контроль наличия напряжения на приводе и схеме управления ИУ.

Результатом многолетнего опыта внедрений управляющих систем стали типовые схемы управления ИУ, включенные в библиотеку ПТК «САРГОН». Разработанные схемы позволяют обеспечить полную наблюдаемость ИУ при небольшом количестве контролируемых сигналов. Например, на задвижку в среднем 4,5 сигнала, на насос – 4, на быстрозапорный клапан – 3.

### Полная управляемость

Непростой задачей является также обеспечение полной управляемости ИУ, особенно для арматуры.

Для безопасной эксплуатации ИУ и реализации всех функций АСУТП в соответствии с отраслевым РД схема управления должна обеспечивать:

- выполнение однократно полученной команды до исполнения или отмены;
- отмену команды при обнаружении неисправности ИУ;
- сохранение текущего положения ИУ в случае сбоя или отказа ПТК;
- возможность реализации местного или прямого дистанционного (с индивидуального ключа) управления ИУ в дополнение к управлению от ПТК.

Перечисленные свойства обеспечиваются двумя управляющими сигналами от контроллера на ИУ. Этого достаточно для реализации управления насосом, двигателем, двухходовым клапаном.

Для управления задвижкой дополнительно требуются:

- уплотненное закрытие;
- возможность прекращения движения (как открытия, так и закрытия) при отмене команды или при поступлении противоположной команды с более высоким приоритетом (например, от защиты);
- возможность возобновления выполнения команды после остановки в промежуточном положении.

Если уплотненное закрытие контролируется муфтами предельного момента вращения, то два выходных сигнала обеспечивают полную управляемость задвижкой.

При использовании наиболее распространенной схемы управления задвижкой с уплотненным закрытием по токовому реле необходимо предусматривать три выходных управляющих сигнала, например: «ОТКРЫВАТЬ», «ЗАКРЫВАТЬ», «СТОП». Анализ всех возможных вариантов показывает, что двумя сигналами на задвижку можно ограничиться только при ослаблении некоторых из перечисленных выше требований, и соответствующего снижения надежности работы схемы.

Необходимо подчеркнуть, что три сигнала управления требуются в соответствии с логикой работы релейной схемы с уплотнением по токовому реле и никак не зависят от типа ПТК.

## Программирование логики работы ИУ

Обобщая сказанное выше, можно сформулировать требования к системе программирования исполнительных устройств:

1. Гарантировать полноту и однозначность вариантов управления. Возникновение на входах алгоблока любой комбинации значений сигналов (например, при неисправности или обрыве датчиков) не должно приводить к блокировке ИУ.
2. Обеспечить простоту применения типовых алгоблоков для управления ИУ.
3. Обеспечить простоту адаптации типовых алгоблоков к типовым схемам управления конкретного объекта.
4. Обеспечить удобство описания связей ИУ с другими алгоритмическими блоками, как по передаче информации, так и по управлению.

Несмотря на отсутствие излишеств в перечисленных требованиях, на рынке, практически нет отвечающих им систем программирования:

- в ПТК, поставляемых лидерами рынка автоматизации, типовые алгоблоки управления ИУ, как правило, не модифицируемы в конкретной АСУТП, а создаваемые нетиповые решения плохо тиражируются (при том, что однотипных исполнительных устройств в крупной АСУТП могут быть сотни);
- широко распространенные языки технологического программирования (прежде всего, стандарта ИЕС 1131) не обеспечивают полноту и однозначность вариантов управления. Если в алгоритме управления ИУ обработка некоторых входных комбинаций не предусмотрена, то ИУ может оказаться заблокированным в момент получения высокоприоритетной команды.

В ПТК «САРГОН» решение проблемы было найдено путем разработки специализированной подсистемы программирования ИУ, основанной на использовании объектной технологии и теории конечных автоматов.

## Применение типового алгоблока для управления ИУ

Применение типового алгоблока ИУ (как библиотечного, так и разработанного для данной АСУТП) осуществляется последовательностью простых операций: ИУ описывается в базе данных, выполняется привязка входов и выходов к сигналам АСУТП, настройка связей с другими алгоблоками, настройка связи с АРМ оператора. У разработчика есть возможность изменить тексты типовых сообщений, но такая потребность возникает редко.

**Описание ИУ в базе данных** выполняется путем заполнения типовой экранной формы, в которой указываются: краткое и полное название ИУ, рабочая среда, допустимое время переключения и несколько других характеристик.

**Настройка ввода-вывода** выполняется в два этапа:

- разработчик АСУТП в экранной форме указывает к какому контроллеру относится данное ИУ;
- процедура автоматического размещения производит привязку параметров алгоблока к переменным данного контроллера.

**Настройка связей с другими алгоблоками** также выполняется в два этапа:

- ИУ указывается в списке исполнителей тех алгоблоков, которые могут отдавать ему команды, а его выходные параметры описываются как входные в использующих их алгоблоках;
- процедура автоматического размещения производит взаимную привязку параметров алгоблоков, включая трассировку пересылок данных между вычислительными узлами.

**Настройка связей с АРМ оператора** выполняется путем привязки каждого изображения ИУ к алгоблоку, управляющему его функционированием. Привязка осуществляется выбором из списка доступных ИУ.

**Изменение типового текста сообщения** о событии. Набор текстов сообщений, выдаваемых оператору при возникновении различных событий на ИУ (неисправности, запрещение команды и т.п.) определяются типом алгоблока управления ИУ. В подавляющем большинстве случаев этого достаточно, но для наиболее ответственных ИУ (например, для главной паровой задвижки) может возникнуть необходимость индивидуального текста сообщения. ПТК «САРГОН» обеспечивает эту возможность простым указанием, что для ИУ с именем X по коду сообщения Y должен формироваться текст «Z». Для всех сообщений X, кроме явно описанных, будут формироваться тексты, описанные в типе.

**Таблица 1. Фрагмент таблицы состояния клапана**

Открыто	Закрыто	Команда	Состояние	Управляющие воздействия
0	нет	Неопределенное	0	0
0	открывать	Открывается	1	0
0	закрывать	Закрывается	0	1

### Разработка нового типового алгоблока

Основой описания типового алгоблока управления ИУ в ПТК «САРГОН» является **таблица состояний** ИУ. В таблице рассматриваются все в возможные комбинации значений входных сигналов. Каждой комбинации входов сопоставляется состояние ИУ и набор выходных сигналов как управляющих, так и логических. Число строк таблицы для типовых ИУ составляет, как правило, несколько десятков. Использование математической теории конечных автоматов, скрытое от пользователя простым по форме и очевидным по смыслу интерфейсным элементом (таблицей), позволяет гарантировать полноту и непротиворечивость алгоритма управления. Система программирования ИУ ПТК «САРГОН» позволяет автоматизировать процесс заполнения таблицы, генерируя набор комбинаций значений входов по описанию входных сигналов. Разработчику остается только заполнить столбцы состояния и выходов.

В большинстве случаев разработка технологической программы для нового типа ИУ осуществляется еще проще, т.к. среди библиотечных элементов ПТК «САРГОН» удается найти подобный типовой алгоблок, требующий лишь небольшой модификации. Система программирования ИУ при этом контролирует допустимость действий разработчика.

### Интерфейс

Широкое распространение Windows привело к унификации графического интерфейса всех программ, в том числе SCADA-систем.

Однако, за внешним однообразием скрываются различия в деталях реализации, часто настолько существенные, что определяют уровень удобства оператора, а значит, надежности работы АСУТП.

Подробное описание интерфейса подсистемы управления ИУ выходит за рамки данной статьи, но на основных принципах реализации остановится необходимо.

Достоверность информации, предоставляемой оператору. В современных АСУТП графический терминал АРМ, как правило, - единственное средство контроля за ТП, поэтому достоверность информации имеет важнейшее значение.

В ПТК «САРГОН» осуществляется сквозной контроль достоверности: от датчиков до отображения и печати информации. При отображении недостоверной информации (например, не обновленной через положенный интервал) она помечается графическим признаком, четко различимым оператором (Рис. 1).

Наиболее типичной ошибкой, встречающейся даже в системах фирм с мировым именем, - выдавать «желаемое» за «действительное». Например, сразу после выдачи команды на открытие задвижки, ее переводят в состояние «ОТКРЫВАЕТСЯ», что часто является ложью, особенно с учетом невысокой надежности арматуры. В ПТК «САРГОН» последовательно реализуется принцип: нельзя дезинформировать оператора. Так в рассмотренном примере, об изменении состояния задвижки будет сообщено только после получения подтверждения из контроллера о начале исполнения команды.

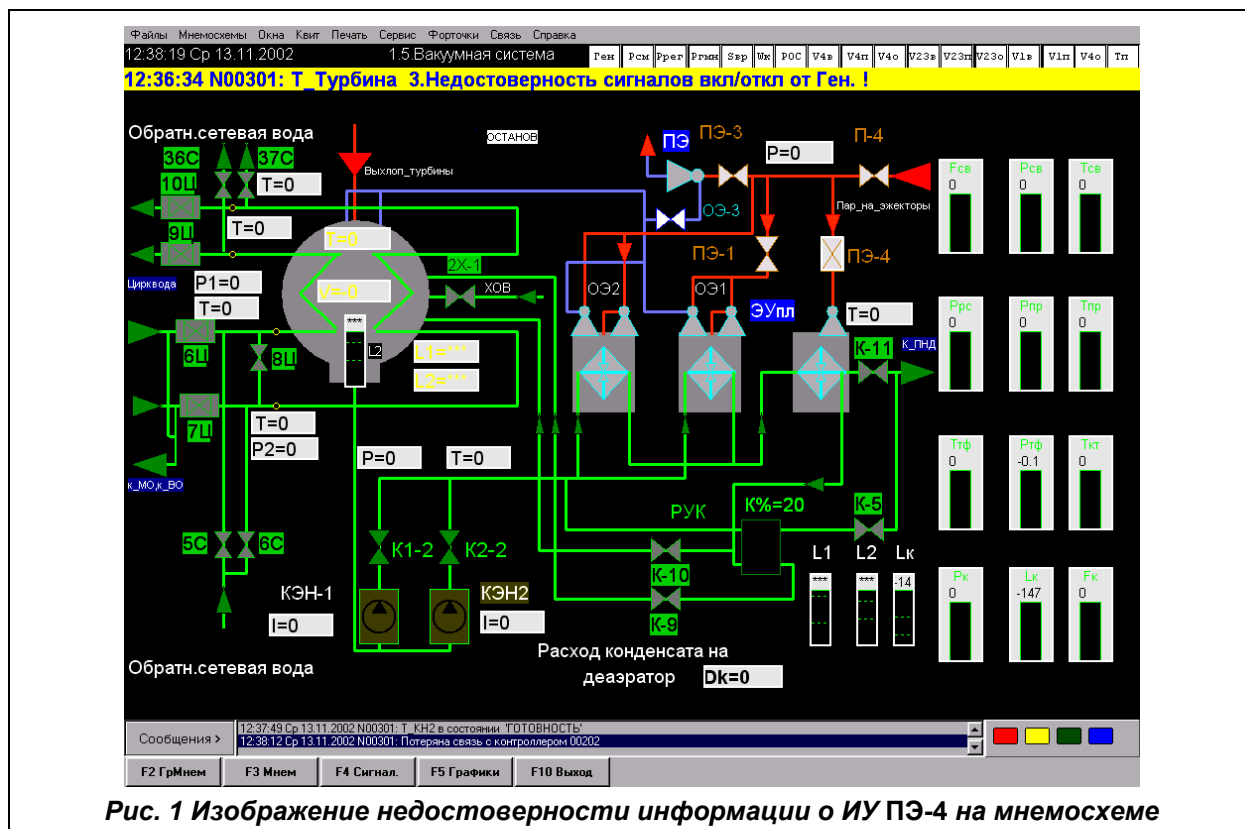


Рис. 1 Изображение недостоверности информации о ИУ ПЭ-4 на мнемосхеме

**Сочетание графической и текстовой форм представления информации.** При широком распространении графического интерфейса некоторые SCADA-системы стали жертвами «графического экстремизма» - считалось, что текстовая форма представления информации должна быть сведена к минимуму. Но практика показывает, что в некоторых случаях текстовая форма удобнее оператору. ПТК «САРГОН» обеспечивает гибкое сочетание графической и текстовой форм. Причем, чем больше степень детализации окна, тем большее значение имеет текст: на общей мнемосхеме тексты имеют вспомогательное значение, на мнемосхеме функционального узла приобретают самостоятельный смысл (например, состояние узла технологи просят указывать текстом), а в объектном окне ИУ, из которого осуществляется полный контроль и выдача команд управления, вся информация представляется в текстовом виде. Графический элемент – диаграмма - используется только в окне регулирующего ИУ.

**Эффективный механизм динамизации изображений.** Наиболее сложной задачей при построении интерфейса оператора является динамизация изображения, т.е. описание зависимости изображения от значений параметров технологического процесса. Объектная технология, используемая в ПТК «САРГОН» позволяет выполнять динамизацию изображений максимально эффективно.

Для того, чтобы динамизировать изображение любого ИУ требуется выполнить всего два действия:

1. Привязать изображенный элемент к алгоблоку ИУ, которое он изображает. Привязка производится через базу данных ИУ системы. Если технологическая

структура объекта автоматизации описана (деление установки на функциональные группы и узлы), то при привязке изображения ИУ поиск ведется по технологическому дереву. Это позволяет выбирать элемент не из всего множества ИУ, которых может быть более 1000, а только из относящихся к указанному технологическому узлу или группе узлов.

2. Указать *палитру*, используемую для отображения ИУ. Палитра представляет собой набор схем отображения, соответствующих возможным состояниям алгоблока динамического элемента. Например, палитра задвижки содержит следующий набор схем изображения: открыта, закрыта, открывается, закрывается, неисправна, в неопределенном положении. В каждой схеме указываются: цвета линии, фона и надписи, штриховка, дополнительный поворот и т.п. Частным случаем палитры является набор wmf-файлов, что позволяет разработчику АСУТП дополнять базовую библиотеку графических элементов ПТК «САРГОН» своими компонентами. Изменение параметра палитры одновременно изменяет изображение всех ИУ, которые на нее ссылаются, на всех мнемосхемах АСУТП. Например, на разных станциях РАО до сих пор разным цветом обозначают включенный выключатель: на одних – зеленым, на других – красным. Механизм палитр позволяет выполнять такую перенастройку изменением всего одного элемента (цвета заливки) в цветовой схеме, соответствующей включенному выключателю.

**Многоуровневая детализация изображений.** На мониторах АРМ должна отображаться полная информация о состоянии технологического процесса и АСУТП, но при этом изображения должны легко читаться и не перегружаться малосущественными деталями. Известным методом разрешения этого противоречия является многоуровневое представление информации «от общего к частному», используемое во всех современных ПТК. В ПТК «САРГОН» при изображении ИУ этот подход реализован в следующей цепочке представлений «общая мнемосхема – мнемосхема подсистемы – объектное окно – большое объектное окно».

На общей мнемосхеме показываются только наиболее ответственные ИУ (например, главная паровая задвижка). Название ИУ для экономии места может не выводиться. При подводе курсора мыши появляется подсказка с именем ИУ (до 22 символов).

**На мнемосхеме подсистемы** изображаются все ИУ данной подсистемы. Изображение сопровождается кратким названием ИУ.

**Мнемосимвол ИУ** на любой мнемосхеме изображает не только состояние ИУ, но и режим управления, и достоверность информации. Для регулирующих ИУ показывается также положение ИУ (в %).

**Объектное окно** исполнительного устройства (Рис. 2), вызываемое щелчком правой кнопки мыши по его изображению на мнемосхеме, предоставляет оператору полную информацию о ИУ: краткое название, технологическая позиция, тип, текстовое описание состояния, режима управления, исполняемой команды. Если для выбранного ИУ предусмотрено управление через ПТК, то в поле команд окна выводится список всех доступных команд. Выдача команд производится однотипно для всех ИУ: выбором нужной команды из списка и нажатием кнопки «ВЫПОЛНИТЬ».

**Большое объектное окно ИУ** предназначено для наладчиков и персонала АСУТП. Оно позволяет контролировать и имитировать значения всех параметров алгоблока ИУ, включая внутренние и временные.



Набор команд, состояний и сообщений в объектных окнах определяется типом алгоблока ИУ и не требует дополнительного программирования или конфигурирования, причем пользовательские типы для системы эквивалентны библиотечным.

### Варианты контроллерной реализации подсистемы управления ИУ

ПТК «САРГОН» содержит широкую номенклатуру технических средств, что обеспечивает различные варианты аппаратно-программной реализации подсистемы управления ИУ. Конкретный вариант выбирает разработчик АСУТП с учетом особенностей автоматизируемого объекта.

Рассмотрим основные варианты реализации и особенности их применения в АСУТП.

### Многофункциональный контроллер, управляющий стандартными шкафами РТЗО

Этот вариант реализации является классическим – подавляющее большинство действующих и разрабатываемых АСУТП энергетических объектов управляют ИУ по такой схеме.

Управление исполнительными устройствами осуществляется релейными или бесконтактными пускателями, установленными в шкафах автоматики (как правило, в стандартном шкафу РТЗО – Релейный Типовой шкаф управления Задвижками Односторонний). «Вокруг пускателей» в шкафу собирается релейная схема управления, обеспечивающая: автоматическое отключение двигателя при достижении запорным органом крайнего положения, защиту по току двигателя, защиту от короткого замыкания и т.п. Шкафы РТЗО размещаются, как правило, в машинном зале станции на удалении 10-30 метров от управляемых ИУ.

Управляющие воздействия с контроллера, расположенного, как правило, в шкафу в кондиционируемом щитовом помещении передаются на шкаф РТЗО многожильным кабелем. Средняя длина кабельной трассы составляет порядка 100м.

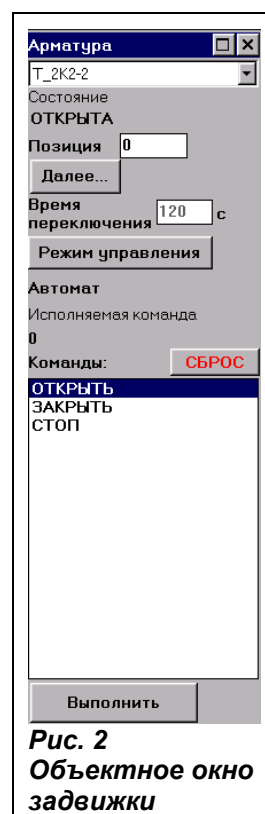
Сигналы, характеризующие состояние ИУ, вводятся в контроллер из того же шкафа РТЗО аналогичным кабелем.

**Преимуществами схемы** являются привычность для эксплуатационного персонала, простота разделения релейной и микропроцессорной зон обслуживания, находящихся в разных шкафах, отработанность технических решений, включая резервирование контроллеров.

**Недостатками схемы** являются большой расход кабеля, высокая стоимость монтажных работ, большие наводки на длинных линиях, трудность организации ремонта, наладки и обслуживания ИУ («прокрутка» ИУ по месту требует применения радиосвязи и присутствия одного из наладчиков на ЩУ). Большинство ПТК не обеспечивают возможность адаптации типовых алгоритмов управления к существующим релейным схемам, а замена шкафов РТЗО требует больших затрат на модернизацию системы управления. Резервирование многоканальных контроллеров приводит к избыточности аппаратных средств ПТК.

Существенной является проблема использования сигналов напряжением ~220В:

1. Отказ от использования в контроллерах ~220В приводит к необходимости использовать для сигнализации положения арматуры дорогой экранированный кабель (на сигналах =24В помеху высокого напряжения подавить трудно) и опасности случайной подачи высокого напряжения на низковольтный вход



**Рис. 2**  
**Объектное окно**  
**задвижки**

контроллера при выполнении профилактических или ремонтных работ. Практика показывает, что раньше или позже это приводит к выгоранию контроллерных модулей. При этом восстановление производится за счет заказчика, т.к. подача на вход недопустимо высокого напряжения лишает права на гарантийный ремонт.

2. При запитывании конечных выключателей напряжением ~220В возникает проблема обесточивания шкафа контроллера или силовых шкафов - в одном из типов шкафов оказывается два источника напряжения 220В – свое и сигнальное, которое невозможно отключить внутренним переключателем. Для снятия напряжения в этом шкафу необходимо отключить питание сигнальных цепей из другого шкафа.

В ПТК «САРГОН» применены технические решения, нивелирующие многие недостатки данной схемы:

- высокая помехоустойчивость, широкий температурный диапазон контроллеров и отсутствие принудительной вентиляции в шкафах позволяют устанавливать их в машинном зале, что резко сокращает длину кабельных линий и объем монтажных работ;
- возможность адаптации типовых программных модулей управления ИУ к существующим схемам РТЗО позволяет избежать напрасной замены исправных устройств;
- избирательное резервирование устраняет неоправданную избыточность аппаратуры;
- схема питания сигнальных цепей хорошо отработана и обеспечивает безопасность эксплуатации.

По совокупности факторов при применении ПТК «САРГОН» схема «большой контроллер + традиционные силовые шкафы» оказывается эффективной в следующих случаях:

1. Для управления ИУ, задействованных в защитах и блокировках агрегатного уровня.
2. При наличии места и температурных условий для установки шкафа контроллера в машинном зале (не более 45°C).
3. При новом строительстве или полной замене существующих средств автоматики.

### Контроллер силового шкафа

Релейные схемы силовых шкафов остаются без изменения, но управляющие контроллеры устанавливаются непосредственно в тот же шкаф на место одной из ячеек управления. Стандартный шкаф позволяет разместить 12 ячеек часть из которых, как правило, оставляют в резерве, поэтому возможность для размещения такого контроллера есть не только во вновь проектируемых, но и в большинстве установленных силовых шкафов.

Размещение контроллера в силовом шкафу обеспечивает существенные **преимущества** – позволяет значительно сократить длину сигнального кабеля, объем соответствующих проектных и монтажных работ, упростить организацию управления по месту. Снимается также проблема двойного питания ~220В, т.к. оборудование размещается в одном шкафу. Однако контроллеры должны удовлетворять серьезным требованиям:

1. **Устойчивость к высокой температуре и электромагнитным помехам:**
  - а) Шкафы пусковой электроаппаратуры размещаются, как правило, в машинном зале в непосредственной близости от управляемого оборудования, где температура в летние месяцы может достигать 40°C. В шкафу температура будет

больше, чем в окружающем помещении, поэтому контроллеры должны быть рассчитаны на длительную работу при температуре не менее 50°C.

б) Размещение контроллера в одном шкафу с пусковой электроаппаратурой предъявляет высокие требования к помехоустойчивости.

2. **Удобство конструкции.** Эффективность встраивания контроллера в шкафы РТЗО может быть обеспечена только при соблюдении следующих условий:

а) Контроллер должен иметь компактное конструктивное исполнение, чтобы его можно было установить на место стандартного блока управления шкафа РТЗО.

б) Контроллер должен обеспечивать прием и выдачу сигналов ~220В. Нагрузочная способность выходов должна быть не менее 2А. Преобразование может выполняться или в модулях контроллера крейтового типа, или в выносных модулях-клеммниках. В последнем случае конструкция клеммника должна обеспечивать возможность установки на боковую панель шкафа и исключать возможность подключения сигналов ~220В на входы контроллера.

с) Конструкция клеммника должна обеспечивать удобное подключение сигнальных проводов «под винт».

3. **Резервированная сеть.** Контроллер должен иметь резервированный цифровой канал связи с вышестоящим уровнем АСУТП. Каналы могут быть как одного, так и разных типов (например: два канала RS-485, Ethernet и CAN, и т.п.). При невозможности резервирования сети зона применимости контроллеров силовых шкафов ограничится автоматизацией малоответственных ИУ, т.к. в распределенной системе сеть является наименее надежным звеном.

4. **Возможность адаптации алгоритмов к особенностям схемы управления ИУ.** Общая важность этого свойства уже отмечалась, но для контроллера шкафа РТЗО оно особенно актуально, т.к. позволяет автоматизировать существующие сборки РТЗО без их существенной переделки и с минимальным отключением управления ИУ.

5. **Наличие индикатора и кнопок управления.** Это требование не является обязательным, однако наличие 4-х строчного индикатора и нескольких связанных с ним кнопок позволяет организовать удобное местное управление для выполнения ремонтно-наладочных работ.

Использование контроллеров шкафа РТЗО создает и некоторые проблемы:

1. Размещение в одном шкафу релейно-пусковой аппаратуры и контроллера требует совместного обслуживания шкафа разными специалистами цеха ТАИ (АСУТП), чего руководство цеха всегда стремится избежать.

2. Меньшая скорость исполнения команд, передаваемых по сети, не позволяет применять эту схему для управления ИУ, участвующих в срабатывании защит.

3. Собственно ПТК распределенной системы, как правило, дороже централизованного варианта (если удорожание незначительно, то оно значительно перекрывается уменьшением стоимости сигнального кабеля и монтажных работ).

4. Дорогое оборудование, установленное в плохо защищенных шкафах, уязвимо для актов вандализма.

5. Установка контроллера в шкаф РТЗО не решает проблемы низкой надежности конечных выключателей.

В ПТК «САРГОН» входят ADAM-совместимые контроллеры типов i7000/i8000/Teconic, предназначенные для создания распределенных систем управления. Наличие PC-совместимого процессорного модуля и модулей УСО всех требуемых типов позволяет создавать на их основе «контроллеры шкафа РТЗО» на 4-12 ИУ. Модификации процессорных модулей с интерфейсами Ethernet и CAN обеспечивают высокую скорость сетевого обмена. В сочетании с возможностью их резервирования каналом RS-485,

которая обеспечивается ПТК «САРГОН», это позволяет использовать контроллеры для управления ответственными ИУ.

В настоящий момент для ПТК «САРГОН» разрабатывается новый мини-контроллер с уникальным соотношением цена/качество. Использование современных схемотехнических решений, основой которых является использование мощной однокристалльной ЭВМ, позволяет не только разместить всё необходимое для управления 10-12 ИУ в компактном корпусе и существенно ускорить процесс обработки, но и обеспечить новое качество диагностики работы двигателя, гарантирующее его безопасность. Для углубленной диагностики двигателя в контроллер вводится аналоговый сигнал тока двигателя, по значению которого определяются ситуации обрыва цепи управления, перегрузки и т.п. Схема блока управления шкафа РТЗО при этом упрощается, т.к. потребность в токовом реле отпадает – защиту по току осуществляет контроллер. Стоимость разрабатываемого контроллера в расчете на одно ИУ будет в 1,5-2 раза ниже, чем у существующих вариантов. Серийные поставки новых контроллеров в составе ПТК «САРГОН» будут осуществляться уже в первой половине 2003г.

Применение контроллеров, устанавливаемых в силовые шкафы, позволяет улучшить технико-экономические показатели создания и эксплуатации АСУТП. Особенно эффективны такие контроллеры при модернизации СКУ и в сильно распределенных системах (типа ХВО). Факторами, ограничивающими их применение, являются более жесткие требования к их потребительским свойствам, чем для многоканальных контроллеров и более высокая стоимость канала ПТК у выпускавшихся ранее контроллеров.

### **Индивидуальный контроллер ИУ**

Предельным вариантом распределенности системы управления ИУ является установка индивидуального контроллера на каждое ИУ. Существенное улучшение качества управления может быть достигнуто только при комплектации такого контроллера соответствующими средствами ввода информации и выдачи управляющих воздействий: бесконтактными датчиками конечных положений ИУ, датчиком тока двигателя (желательно, по двум фазам), бесконтактными пускателями.

В России подобные устройства начали появляться, но известные автору реализации при высокой цене на ИУ пока не обеспечивают качества управления, лучшего, чем в варианте контроллера шкафа РТЗО. Особенно странно выглядят микропроцессорные блоки управления ИУ, не имеющие сетевого интерфейса со старшими контроллерами, что приводит к использованию для обмена с контроллерами каналов дискретного ввода/вывода. Важная аналоговая информация (например, о токе двигателя) во вне оказывается недоступной.

В ПТК «САРГОН» индивидуальный контроллер ИУ планируется включить после появления надежных и недорогих периферийных устройств.

### **Заключение**

Использование в ПТК «САРГОН» современных технических средств и технологий системного программирования позволило обеспечить высокую надежность подсистемы управления исполнительными устройствами и совместить удобство применения типовых схем управления с простотой их адаптации к условиям конкретного объекта.

Большой выбор вариантов реализации подсистемы на средствах ПТК «САРГОН» обеспечивает оптимальное удовлетворение потребностей конкретного Заказчика.