

Системы сигнализации в современных АСУ ТП

В статье рассматриваются системы сигнализации, представляющие собой одну из наиболее ответственных составляющих человеко-машинного интерфейса АСУ ТП. Приводится краткий обзор аппаратного обеспечения, описываются программные реализации в SCADA-системах, объясняется актуальность задачи управления сигнализацией, перечисляются основные российские и международные стандарты в данной области.

Человеко-машинный интерфейс систем автоматизации

Важной частью любой АСУ ТП является подсистема человеко-машинного интерфейса (ЧМИ). Именно наличие интерфейса "человек-машина" отличает автоматизированные системы управления (АСУ) от систем автоматического управления (САУ). Включение человека в контур управления фактически означает невозможность или практическую нецелесообразность полной автоматизации технологического процесса.

В то время как качество работы САУ определяется в основном эффективностью алгоритмов и надежностью программно-аппаратного обеспечения, безотказная и продуктивная работа АСУ ТП во многом зависит от корректности действий операторов-технологов. В свою очередь скорость, точность и безошибочность работы оператора АСУ самым непосредственным образом зависят от продуманности человеко-машинного интерфейса. Как раз на уровне этой связи зачастую проявляется пресловутый "человеческий фактор", влияние которого может приводить к неприятным и даже подчас катастрофическим последствиям.

В академической среде вопросами построения эффективных и надежных систем ЧМИ занимается так называемая инженерная психология, развивающаяся в России уже более полувека. К сожалению, сегодня специалисты по автоматизации далеко не всегда используют результаты исследований профессиональных психологов, во многих случаях они вынуждены интуитивно и на собственном опыте постигать давно известные истины.

Человеко-машинный интерфейс прошел довольно длинный путь эволюции от механических рычагов, кнопок и переключателей до современных компьютерных интерфейсов, систем речевого ввода-вывода и даже опытных образцов устройств, ориентированных на управление электромагнитными импульсами головного мозга. Тем не менее, эта сфера информационных технологий наименее всего подвержена революционным изменениям: лампочки-индикаторы, кнопки и ключи управления переключались с панелей управления на сенсорные экраны современных компьютеров, но в массовом применении принципиально новых способов обмена информацией между человеком и машиной не появилось.

Наблюдаемые тенденции увеличения функциональных возможностей средств автоматизации и тесной интеграции интерфейсных устройств и вычислительной техники размывают некогда четкие рамки систем человеко-машинного интерфейса. В общем случае подсистема ЧМИ представляет собой объединение устройств ввода информации (органов управления), устройств вывода информации (средств отображения и сигнализации), а также компьютерной техники и сетевой инфраструктуры. Одно и то же устройство может использоваться одновременно для ввода и вывода данных, как, например сенсорная операторская панель или рычаг управления с обратной связью.

Подсистемы сигнализации

Одной из наиболее важных функций систем ЧМИ является информирование оператора о событиях, требующих его вмешательства. В английском языке для обозначения данного функционала существует устоявшийся термин *alarm*, наиболее адекватным русским переводом которого можно считать вариант "сигнализация", хотя в узкопрофессиональной среде в последнее время все чаще можно услышать калькированное слово "аларм".

По определению, предложенному международной ассоциацией по стандартизации ISA, сигнализация (*alarm*) — это звуковое или визуальное средство оповещения оператора о неполадках оборудования, отклонениях в ходе технологического процесса или нештатной ситуации, требующей вмешательства. На подсистему сигнализации возлагается две основные задачи:

1. привлечь внимание оператора к факту наступления события, требующего необходимости вмешательства в работу системы управления,
2. дать оператору начальную информацию об этом событии для анализа ситуации и последующего принятия решений.

Дополнительно подсистема сигнализации может протоколировать в электронном или бумажном виде факты и время включения, отключения и квитирования (подтверждения оператором) каждого срабатывания сигнализации.

На сегодняшний день подсистемы ЧМИ используют два канала восприятия человека — зрение и слух. В зависимости от особенностей технологического объекта и режима работы для привлечения внимания оператора могут использоваться разнообразные средства: вывод сообщения на экран компьютера или операторской панели, изменение цвета элементов мнемосхемы, включение ламп сигнализации или проблесковых маячков, а также генерация звукового сигнала на компьютере или с помощью специальных устройств. Системы управления географически распределенными объектами могут извещать операторов посредством отправки коротких сообщений на GSM- или DECT-телефоны.

Для решения второй задачи — начального информирования оператора — преимущественно используется канал визуального восприятия, на который приходится по оценкам разных исследователей от 80 до 90 процентов всей воспринимаемой человеком информации. Информирование оператора путем воспроизведения голосовых сообщений в общем случае менее эффективно за счет низкой "пропускной способности" аудиального канала восприятия.

Программно-технические решения

В случае отсутствия в АСУ развитого ЧМИ функции подсистемы сигнализации обычно решаются с помощью отдельных устройств оповещения: ламп, звонков, сирен, ревунов, постов сигнализации. Российская промышленность много лет производит подобные устройства. Они отличаются высокой надежностью, широким диапазоном рабочих условий, устойчивостью к внешним воздействиям, но имеют ограниченную функциональность и довольно архаичный дизайн.



Рисунок 1. Сигнальные устройства отечественного производства

Западные производители помимо подобных аварийных извещателей часто применяют устройства сигнализации обобщенного состояния производственных линий и машин. Они позволяют оператору издали с одного взгляда определить общий статус каждого функционально выделенного узла объекта управления.

Данные устройства имеют модульную конструкцию и выполняются в виде наборной "башни" или "колонны". Элементы сигнальной колонны обеспечивают постоянную или мигающую световую сигнализацию различного цвета, звуковую сигнализацию, кодируемую тоном и формой сигнала, и даже могут самостоятельно отправлять SMS-сообщения на сотовые телефоны стандарта GSM.



Рисунок 2. Сигнальные колонны SIGUARD фирмы Siemens

Спектр устройств сигнализации не ограничивается проблесковыми маячками, сиренами и сигнальными колоннами. Существуют более сложные технические решения, такие, например, как аппаратный речевой модуль для SCADA-систем. Речевой модуль предназначен для воспроизведения оператору в реальном времени синтезированных голосовых сообщений о состоянии объекта управления. Подобный речевой модуль одного из лидеров в области речевых технологий, компании Asarola имеет высококачественный синтезатор речи, поддерживает несколько интерфейсов связи со SCADA-системой, имеет автономное питание, снабжен дополнительными дискретными входами и выходами, поддерживает 18 языков, среди которых, впрочем, отсутствует русский.



Рисунок 3. Аппаратный речевой синтезатор для SCADA-систем фирмы Asarola

Сигнализация в SCADA-системах

Реализация современных АСУ ТП, требующих развитого человеко-машинного интерфейса, немислима без применения SCADA-систем. Неотъемлемой частью SCADA является подсистема сигнализации. Подсистемы сигнализации в разных SCADA-системах имеют свои отличия и особенности, но все они базируются на общих принципах, успешно зарекомендовавших себя в многолетней практике.

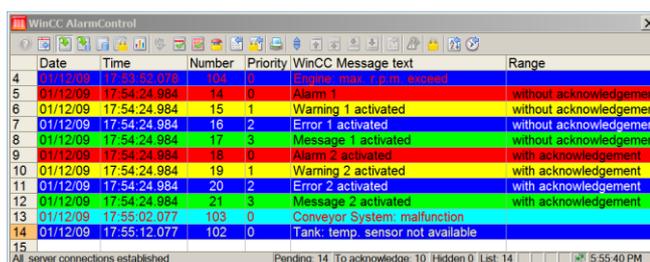
Наиболее традиционным способом представления какого-либо события в SCADA-системе является создание текстового сообщения. В отличие от офисных систем сообщения SCADA не отображаются во всплывающих диалоговых окнах, для их отображения используется специально выделенная зона экранного пространства — область сообщений. В этой постоянно присутствующей на экране области предусматривается место для отображения одной или нескольких строк активных сообщений и кнопка их квитирования.

Сообщение, как правило, не является единственным способом информирования оператора о событии, дополнительно могут генерироваться звуковые сигналы, могут изменяться цвета объектов мнемосхем, статусы индикаторов обобщенного состояния технологических узлов, переключаться режимы сигнальных колонн и т.п.

В общем случае сообщение о событии — это текстовая строка, формируемая из нескольких смысловых блоков. Количество блоков, их содержание и форму их представления определяет проектировщик ЧМИ. К наиболее стандартным блокам относятся дата, время, статус, текст сообщения. Статус — это состояние события, описываемого сообщением. Наиболее типичный набор статусов выглядит следующим образом:

- наступило, но еще не квитировано оператором,
- активно, квитировано оператором,
- прекратилось,
- прекратилось, не будучи квитированным оператором.

Дополнительно могут указываться источник, контур управления, технологическая зона, значения одного или нескольких параметров.



Date	Time	Number	Priority	WinCC Message text	Range
01/12/09	17:54:02,076	104	0	Engine, max. l.p.in. exceed	
01/12/09	17:54:24,984	14	0	Alarm 1	without acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	15	1	Warning 1 activated	without acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	16	2	Error 1 activated	without acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	17	3	Message 1 activated	without acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	18	0	Alarm 2 activated	with acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	19	1	Warning 2 activated	with acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	20	2	Error 2 activated	with acknowledgement
01/12/09	17:54:24,984	21	3	Message 2 activated	with acknowledgement
01/12/09	17:55:02,077	103	0	Conveyor System malfunction	
01/12/09	17:55:12,077	102	0	Tank temp. sensor not available	
		15			

All server connections established Pending: 14 To acknowledge: 10 Hidden: 0 List: 14 5:55:40 PM

Рисунок 4. Пример окна вывода сообщений тонкого клиента WinCC

Обычно события подразделяются на классы, например: аварийные, предупредительные, технологические, системные, и каждому классу задается собственный приоритет, соответствующий важности этих сообщений для оператора. При наличии нескольких активных сообщений оператору они обычно предъявляются не в хронологическом порядке, а в порядке приоритета.

Важной функцией подсистемы сигнализации является возможность создания сообщений не только в рамках SCADA-системы, но и на контроллерном уровне. Генерация сообщений в ПЛК и последующая их передача в SCADA-систему является более сложной процедурой, но она позволяет фиксировать последовательности быстротекущих событий и намного точнее присваивать событиям метки времени. Здесь важным фактором является совместимость и открытость SCADA-системы и ПЛК. К примеру, задача создания и пересылки сообщений из контроллеров SIMATIC в WinCC решается использованием готовых программных блоков, а для приема сообщений от какого-нибудь экзотического ПЛК придется, во-первых, разработать блок генерации и пересылки сообщений, а, во-вторых, написать DLL их приема и расшифровки.

Все современные SCADA-системы имеют мощные средства архивирования сообщений, основанные на СУБД, а также гибкие возможности просмотра и анализа статистики архивов. Технолог при желании может не только проанализировать историю технологического процесса и действий оператора, но и оценить частотность появления каждого события или среднее время реакции оператора на различные сообщения, или экспортировать интересующие его данные в файл для последующей обработки во внешнем приложении.

Важной характеристикой подсистемы сигнализации SCADA является ее нагрузочная способность. Иногда аварийные режимы работы объектов автоматизации могут приводить к каскадному или лавинообразному потоку событий. Пропуск части событий может дезинформировать оператора и в дальнейшем затруднить ретроспективный анализ ситуации. Уважающий себя разработчик SCADA-системы всегда проводит нагрузочное тестирование своего продукта. Например, Siemens для седьмой версии своей SCADA-системы WinCC уровнем штатной нагрузки заявляет обработку до 10 сообщений в секунду с пиками до 2000 сообщений за 10 секунд, происходящими не чаще, чем раз в 5 минут.

В "джентльменский набор" функций современной SCADA-системы входят поддержка горячего резервирования, распределенных конфигураций, тонких клиентов, динамического переключения языка проекта, контроль прав доступа. Естественно, что подсистема сигнализации также должна полностью поддерживать все перечисленные возможности: сообщения должны передаваться между серверами в соответствии с заданными настройками, после временных отключений

сервера его архивы должны автоматически синхронизироваться, восполняя недостающие данные из архивов работавших серверов, сообщения должны отображаться и квитируются на тонких клиентах, тексты сообщений должны автоматически переключаться при смене активного языка проекта, квитирование или блокировка сообщений должны быть разрешены только пользователям с достаточным уровнем доступа.

SCADA-система также может предоставлять дополнительные мелкие "удобства" для оператора из которых в конечном счете складывается общая эффективность и комфорт работы. Например, щелчок мышью по сообщению может вызывать экранную форму, отображающую нужный фрагмент объекта управления, технолог или инженер по эксплуатации может заблокировать определенные сообщения на время пуска/наладки или ремонта отдельных узлов объекта управления или АСУ ТП, оператор или технолог может ввести необходимые комментарии к тому или иному сообщению.

Управление сигнализацией

Ведущие разработчики SCADA-систем делают все возможное, чтобы системный интегратор, реализующий конкретную систему управления, невольно создавал человеко-машинный интерфейс с учетом особенностей восприятия информации оператором. Это делается как на уровне дизайна, программной реализации и стандартных настроек всех типовых элементов, так и на уровне документации, дающей ценные практические рекомендации по организации интерфейса. Этой же цели служат примеры образцовых проектов, так называемые "best practices", позволяющие инженерам по автоматизации перенять опыт коллег и позаимствовать удачные проектные, схемотехнические и программные решения.

Тем не менее, даже самые продуманные SCADA-системы и сотни отличных примеров реализации не избавляют системного интегратора от необходимости взвешенного подхода к проектированию системы сигнализации. В странах Европы и Северной Америки к этой проблеме относятся очень серьезно. Управление сигнализацией (англ. Alarm Management) — это отдельное направление исследований и практической деятельности специалистов по автоматизации.

Во времена аналоговых систем управления каждый дополнительный контур сигнализации имел вполне определенную, ощутимую стоимость, поэтому к их созданию относились очень продуманно. В цифровых системах сообщения практически "бесплатны", что побуждает создателей АСУ ТП сигнализировать обо всем подряд. Горький, а в некоторых случаях даже трагический опыт доказал порочность данного подхода. Оператор должен получать сообщение тогда и только тогда, когда требуется его вмешательство в ход технологического процесса. Поток ненужных сообщений вызывает перегрузку оператора, притупляет внимание, снижает способность быстро и адекватно реагировать на действительно важные события. По рекомендации Ассоциации Пользователей Инженерного Оборудования и Материалов (Engineering Equipment and Materials Users' Association — EEMUA) оператору в среднем должно предъявляться не более одного сообщения за 10 мин., т.е. не более 144 в сутки. На практике же, как показывают исследования, среднее количество срабатываний сигнализации варьируется от 900 до 2000 в зависимости от отрасли производства.

Неоправданное повышение приоритетов сообщений в системе тоже может принести больше вреда, чем пользы. Для большинства АСУ ТП распределение приоритетов сигнализации должно выглядеть следующим образом: 5% — критический, 15% — высокий, 80% — нормальный.

При проектировании системы сигнализации в центре внимания системного интегратора должен быть оператор, а не АСУ ТП, ведь именно ему предназначается информация, именно он должен предпринять необходимые меры. Оператор должен четко и однозначно понимать смысл каждого сообщения и возможные причины его появления. На этапе обучения работе с системой оператору должен быть предъявлен весь перечень реализованных в системе сигнализаций с указанием их приоритетов и условий срабатывания. Если в условиях цейтнота аварийной ситуации система начнет выдавать оператору сообщения, которые он никогда раньше не видел, последствия могут быть очень печальными.

Эксперты оценивают суммарные ежегодные потери промышленности США из-за незапланированных простоев, вызванных неправильной работой систем сигнализации, на уровне 20 млрд. долларов. На фоне таких оценок четче осознается практическая значимость правильного проектирования системы сигнализации и управления ее работой в процессе эксплуатации.

Стандарты и рекомендации

В области человеко-машинного интерфейса на сегодняшний день в России действует лишь два ГОСТа: ГОСТ Р МЭК 60447-2000 "Интерфейс человеко-машинный. Принципы приведения в действие" и ГОСТ Р МЭК 60073-2000 "Интерфейс человеко-машинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации". Хотя многие положения этих стандартов лишь закрепляют в виде норматива то, что любому грамотному специалисту известно на уровне здравого смысла и инженерной эрудиции, внедрение этих стандартов — уже очень отрадное явление.

В зарубежной практике область ЧМИ также не отличается высоким уровнем стандартизации и унификации. Попытки выработки стандартов на системы человеко-машинного интерфейса предпринимались с 80-х годов прошлого столетия, но далеко не все из них были успешны.

Британская Ассоциация Пользователей Инженерного Оборудования и Материалов (EEMUA) разработала и в 2002 году опубликовала рекомендательное руководство по человеко-компьютерным интерфейсам (публикация №201). За два года этого она выпустила руководство по проектированию, использованию и приобретению систем сигнализации (публикация №191), которое затем было обновлено и переиздано в 2007 году. На сегодняшний день это, пожалуй, de-facto стандарт в области систем сигнализации. Другая британская организация — Комитет по вопросам Здоровья и Безопасности (HSE) — также уделяет значительное внимание человеко-машинным интерфейсам в целом и системам сигнализации в частности.

Международная ассоциация автоматизации в 2003 году сформировала рабочую группу ISA-SP101 по разработке стандарта систем человеко-машинного интерфейса, деятельность которой продолжается и по сей день. Другой коллектив экспертов ISA-SP18 уже много лет работает в направлении стандартизации сигналов измерительных каналов и сигнализации. Одним из результатов работы этой международной группы специалистов стал принятый в 2009 году стандарт по управлению системами сигнализации для непрерывных производств ANSI/ISA-18.2-2009.

Не осталась в стороне от стандартизации данной области и Международная Электротехническая Комиссия. Она разработала, опубликовала и ведет обновление стандарта IEC 61310-1 "Безопасность механизмов — индикация, маркировка и управление".

Помимо международных и национальных нормативов существуют отраслевые и даже корпоративные стандарты ЧМИ и систем сигнализации. В дополнение к стандартам иногда выпускаются пояснения и рекомендации, помогающие проектировщикам, разработчикам и эксплуатационному персоналу точнее понимать требования нормативов и следовать им на практике. Хорошим примером такого дополнительного методического материала может служить руководство по эффективному управлению сигнализацией, опубликованное в 2009 году американским консорциумом по Управлению Нештатными Ситуациями (ASM).

Выводы

Системы человеко-машинного интерфейса АСУ ТП прошли долгий путь эволюции, но базовые принципы взаимодействия оператора с системой управления остаются практически неизменными.

Из множества функциональных подсистем ЧМИ одной из наиболее ответственных является подсистема сигнализации, обеспечивающая своевременность реакции оператора на важные события технологического процесса. В зависимости от масштаба объекта управления и особенностей его работы система сигнализации может вырождаться до уровня простой сирены или требовать применения развитых программно-технических решений, обеспечивающих высокое быстродействие, резервирование, протоколирование событий, контроль прав доступа, многоязычность, и т.п.

Подсистема сигнализации включается в состав всех SCADA-систем. Существуют общие принципы построения подобных подсистем, но отличия различных реализаций могут серьезно влиять на удобство и эффективность работы.

Отдельным направлением научных исследований и практической деятельности в области ЧМИ является управление сигнализацией, главная задача которого — оптимизация потока информации, получаемой оператором от подсистемы сигнализации.

В сфере ЧМИ и систем сигнализации существует ряд российских, международных и зарубежных стандартов, и в ближайшем будущем следует ожидать появления новых нормативов и рекомендаций.

Сведения об авторе:

Шерешевский Лев Аронович

заместитель директора по технике, к.т.н.

ООО НВФ "Сенсоры, Модули, Системы"

www.sms-automation.ru

Раб.: (846) 269 15 20 доб. 113

Моб.: +7 9277502506

Skype: lev.shereshevsky