

УДК 621.438

А.И. ТАРАСЕНКО

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина

ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ САУ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Рассматриваются общие соображения по организации выбору и комплектации системы автоматического управления (САУ) теплового двигателя преимущественно для стационарной энергетики. Рассмотрены задачи, возлагаемые на САУ и способы реализации этих задач аппаратными и программными средствами. Проанализированы возможные схемы САУ и дан сравнительный анализ подходов к комплектации, организации электропитания и программному обеспечению. Рассмотрены вопросы резервирования, эффект от резервирования, задачи решаемые при резервировании, способы и средства, применяемые для задач резервирования.

Ключевые слова: САУ, гальваноразвязка, «сухой» контакт, дискретный вход, токовый аналоговый вход, аналоговый выход, управляющая ЭВМ.

Введение

В тепловом двигателе система автоматического управления (САУ) играет роль «сердечного клапана», во многом определяя работу установки в целом. Выход САУ из строя в лучшем случае приведет к остановке двигателя и заказчики надеются, что эта остановка будет цивилизованной. Стоимость САУ с точки зрения производителей электронных компонентов является завышенной, однако, с точки зрения производителей и эксплуатационников стоимость САУ составляет незначительный процент от стоимости всей установки и экономить на ней не стоит.

Рынок производителей САУ весьма насыщен и очень редко САУ заказывают просто так. Обычно заказ САУ обуславливают свойствами поставляемой энергоустановки и знанием алгоритмов и особенностей работы этой установки.

1. Формулирование проблемы

Требуется обосновать выбор компонентов и программных средств для реализации САУ, определить её общую схему и структуру, исходя из задач, возлагаемых на систему управления.

1.1. Общие соображения

При укрупненном рассмотрении системы автоматического управления можно сделать вывод, что САУ состоит из трех групп устройств:

- средства цифровой обработки входных сигналов и формирование выходных (шкаф системы управления);
- датчики и исполнительные механизмы;
- интерфейс оператора.

В этом перечислении первая и последняя группы могут быть объединены между собой в целях экономии средств, хотя в ответственных системах это делать нецелесообразно.

Обычно при заказе САУ оговаривают цену на шкаф и интерфейс оператора. Дело в том, что исполнительные механизмы и датчики весьма дорогостоящие устройства и их требуется большое количество. Ясно, что стоимость исполнительных механизмов и датчиков, особенно если помещение, в котором они расположены, накладывает дополнительные требования, может быть больше стоимости шкафа и интерфейса.

Эту ситуацию решают следующим образом: датчики и исполнительные механизмы включают в стоимость двигателя, а САУ (шкаф и интерфейс оператора) поставляют отдельно. Это очень удобно для поставщиков САУ. Действительно, для отладки шкафа требуется только имитаторы сигналов, а алгоритм работы САУ обычно предоставляет заказчик и он же за него и отвечает.

Датчики и исполнительные механизмы похожи друг на друга, все они, как правило, имеют токовый интерфейс (4 – 20 мА) и отличаются исполнением, надежностью, фирмой изготовителем и ценой. Датчики желательно приобретать у надежного поставщика во избежание работы с некачественным или фальсифицированным устройством. Обычно серьезность фирмы и стоимость датчиков зависит от того, поставляется ли САУ вместе с новым двигателем или происходит модернизация системы управления.

При укрупненном подходе к вопросу САУ можно разделить на IBM-совместимые устройства и контроллеры.

IBM-совместимые устройства привлекательны тем, что могут быть укомплектованы блоками различных производителей, а их программное обеспечение стандартное и широко распространенное. При комплектации IBM-совместимой САУ, изготовитель действует на свой страх и риск, и он отвечает за ее работоспособность. Это требует достаточной квалификации и опыта, и поэтому работоспособность IBM-совместимой САУ может не обеспечиваться, хотя, программировать под DOS на Pascal учат в школе.

При использовании контроллеров заказчик становится заложником выбранной фирмы. Действительно, с контроллером, например, фирмы Siemens могут работать только блоки этой фирмы, а сам контроллер требует недешевого программного обеспечения этой же фирмы. Положительная сторона использования контроллеров в том, что, приобретя их, заказчик гарантировано получает определенный уровень работы системы, за который отвечает фирма-поставщик. Для поставщиков контроллеров есть приятный момент в том, что эксплуатационники САУ на предприятии (электростанции или химическом заводе) не хотят иметь САУ разных производителей. Они говорят, что «зоопарк» им не нужен. Их можно понять при решении вопросов с ЗИП и при приобретении комплектующих (как правило, льготных) для очередных САУ. К серьезным недостаткам контроллеров нужно отнести их высокую стоимость, трудности в реализации «тонких» алгоритмов и невозможность применить блоки других фирм.

1.2. Задачи, возлагаемые на САУ

От системы автоматического управления ожидают считывание цифровых и аналоговых входных сигналов и формирование цифровых и аналоговых выходных сигналов. Именно таким образом осуществляется собственно управление тепловым двигателем, а также его защита. Обычно эту функцию выполняет шкаф.

Система управления должна осуществлять архивирование во времени цифровых и аналоговых сигналов. Важным аспектом архивирования является протоколирование действий экипажа.

Система управления должна иметь интерфейс оператора, с помощью которого САУ получает команды от оператора. Интерфейс оператора должен осуществить индикацию параметров теплового двигателя в удобной для оператора форме.

Из выполняемых САУ задач в области управления часто выделяют задачу регулирования параметров двигателя. Применительно к газотурбинному двигателю это может быть задача поддержания заданной скорости вращения какого-либо контура. В

условиях электростанции требуется поддерживать постоянную скорость вращения силовой турбины при работе в автономном режиме или поддерживать заданную активную мощность, вырабатываемую генератором при работе в сеть. Возможно также требование предельного регулирования, например, поддержание максимально допустимой температуры за камерой сгорания.

Для реализации задачи регулирования требуется модели объекта и алгоритм регулирования. Выбирая аппаратные и программные средства, предназначенные для регулирования необходимо обеспечить достаточное быстродействие опроса датчиков, замера регулируемых параметров и реакцию на их изменение. Запаздывание, как правило, негативно сказывается на качестве регулирования.

Иногда применяют отдельную систему для регулирования, которая получает от основной системы задание на регулирование.

1.3. Задачи и способы резервирования аппаратных и программных средств САУ

Резервирование программных и аппаратных средств САУ необходимо. Действительно аварийная ситуация из-за того что «завис» компьютер вряд ли будет оправдана.

Следует отдать отчет, что может дать резервирование для САУ теплового двигателя в условиях электростанции. Здесь следует отметить, что электростанция не космическая ракета и не самолет на взлетном режиме. Если при запуске блока электростанции возникнет нештатная ситуация, то этот блок надо остановить и разбираться с его работой. Неприятности при этом будут минимальны. Гораздо хуже, если остановка произойдет в процессе работы на режиме близком к номинальному. И совсем плохо, если остановка происходит на электростанции, работающей в автономном режиме. Персонал электростанции или химического завода не отнесется с пониманием к ложным срабатываниям защиты из-за вышедшего из строя датчика или зависшего «компьютера».

Если при запуске ракеты или взлете самолета вероятность выхода из строя отдельных компонентов близка к нулю и речь идет о случайных инцидентах, то чем выше кратность резервирования, тем выше вероятность успешного выполнения маневра. Что касается электростанции, то ее блок должен работать долго, например, 2000 часов без остановки. Ресурсные параметры компонентов не очень высоки, действительно, «запредельные» ресурсы, типа 100000 часов, отработают 30 % изделий при нормальных условиях (четыре девятки нет и близко) [1]. Из сказанного следует, что вероятность выхода

САУ из строя вполне реальна. Поэтому весьма популярны разговоры о горячей замене и резервировании блоков САУ. При этом не учитывают, что такое резервирование требует дополнительного аппаратного оборудования, которое уменьшает вероятность безотказной работы. Т.е. выход САУ из строя возможен потому, что вышел из строя блок, отвечающий за организацию резервирования.

Вероятность выхода из строя двукратно резервированного оборудования можно представить в следующем виде

$$P_{\text{ВЫХ } 2} = 1 - P_{\text{ВЫХ}}^2,$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ – вероятность выхода из строя блока САУ вместе с устройством организации резервирования.

Вероятность выхода из строя блока САУ можно определить:

$$P_{\text{ВЫХ}} = (1 - P_S)P_T + (1 - P_T)P_S + P_S P_T,$$

где P_S – вероятность выхода из строя блока САУ;

P_T – вероятность выхода из строя устройства организации резервирования.

Для случая, когда вероятность безотказной работы блока и устройства организации равны 0,7, вероятность безотказной работы двукратно резервированного оборудования будет 0,74.

Для случая, когда вероятность безотказной работы блока и устройства организации равны 0,9, вероятность безотказной работы двукратно резервированного оборудования будет 0,96.

Эти 4 или 6 % будут стоить трехкратного увеличения стоимости, что вряд ли целесообразно.

Другой путь резервирования установить две параллельно работающие системы (имеются в виду шкафы), связанные друг с другом. Точнее – это будет одна система, состоящая из двух автономных частей. Например, для газовой турбины, каждая из систем может измерять температуру через жаровую трубу. И, если одна из систем выйдет из строя, то вторая система будет осуществлять защиту по температуре по оставшимся замерам. Информация для защиты будет неполной, но для аварийного режима этого достаточно.

Что касается системы визуализации (интерфейса оператора), то дисплеев, как правило, устанавливают несколько, причем на каждый дисплей, могут выводиться различные группы параметров.

При таком резервировании экипаж сам решает, работать ли ему дальше или остановить двигатель. Остановка двигателя при этом будет цивилизованная (запуск резервного, остановка технологического процесса и т.п.) Также экипаж может предпринять меры по ремонту и запуску, вышедшей из строя автономной части системы.

Вероятность выхода из строя такой состоящей из двух автономных частей системы будет 9 %. Та-

ким образом, вероятность безотказной работы этой системы будет 90 %, при вероятности безотказной работы блоков 70 %.

1.4. Резервирование и буферизация электропитания

Вопрос электропитания принципиальный вопрос работоспособности САУ в целом. Без электропитания невозможно не только цивилизованная остановка, но и остановка вообще. Действительно, для машины, работающей на жидком топливе, закрыть стоп-кран, можно только подав на него напряжение. Для машин работающих на газе при потере питания стоп-кран закроется сам, но двигатель будет останавливаться неуправляемо.

Обычно питание резервируют, комплектуя САУ двумя источниками питания. Один источник работает от напряжения переменного тока, другой от постоянного. Эти источники не следует связывать между собой гальванически. Переходить с одного источника на другой есть смысл с помощью реле (не стоит это делать через диоды). Чтобы избежать перезагрузки в момент переключения есть смысл поставить буфер, который удержит напряжение на входе в САУ в течении 3-х секунд (такие устройства выпускаются серийно).

2. Комплектация САУ

Этот раздел интересен, если исполнитель сам комплектует САУ, а не приобретает готовый контролер. Самостоятельная комплектация САУ и особенно ее программирование экономит исполнителю много денег. Поэтому ни в коем случае нельзя экономить на приобретаемых комплектующих.

Все приобретаемые устройства должны иметь гальваническую развязку, причем поканальную (особенно, если нет опыта отладки на объекте).

Источники питания необходимо приобрести промышленные с буферизацией. Если источник имеет встроенный аккумулятор, то все равно надо ставить два источника. Следует позаботиться о достаточной мощности аккумуляторов. Есть веские соображения не рекомендуемые связываться с аккумуляторами. Это дело заказчика.

Токовые выходы современных аналоговых датчиков делают пассивными. Это означает, что датчик необходимо запитать, причем гальванически развязанным питанием.

Существуют DC–DC преобразователи, на которых не стоит экономить. Это же касается дискретных входов типа «сухой» контакт. Для «тестирования» каждого «сухого» контакта рекомендуется также поставить DC–DC преобразователь. Не реко-

мендуется одним источником тестировать несколько «сухих» контактов.

Необходимо позаботиться, чтобы контакты реле (они в качестве выходного дискретного сигнала вне конкуренции) были шунтированы обратными диодами. Эти действия кажутся необязательными, но лучше их выполнить (важно не перепутать полярность диода).

В качестве цифровых плат можно применить платы фирмы «Octagon Systems» или весьма приличные их аналоги, выпускаемые в России фирмой «Fastwel».

Можно рекомендовать использовать платы «Fastwel» CPU686E и UNIO96-5 с которыми в комплекте работают с модулями аналогового ввода «Grayhill 73L»

Программировать шкаф есть смысл под DOS.

Заключение

Изложенные в статье положения могут показаться тривиальными, однако, их игнорирование может иметь весьма тяжелые последствия.

Программное обеспечение САУ есть смысл отладить на имитаторе, на который не следует жалеть времени и средств.

Литература

1. Сорокин С. Полевые заметки / С. Сорокин // *Современные технологии автоматизации*. – М.: Издательство «СТА-ПРЕСС», 1998. – № 1. – С. 6-16.
2. Шевченко К.М. Мини компьютеры семейства eBOX / К.М. Шевченко // *Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика*. – К.: ООО «ХОЛИТ Дейта Системс», 2008. – № 2. – С. 10-21.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.
4. ProSoft: Краткий каталог продукции ПРОСОФТ [Электронный ресурс]. – ПРОСОФТ, 2006/2007. – Режим доступа: www.prosoft.ru.

Поступила в редакцию 27.05.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.Р. Ткач, Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина.

ВИБІР ПРОГРАМНИХ ТА АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ САУ ТЕПЛОВОГО ДВИГУНА

О.І. Тарасенко

Розглядаються загальні положення по організації вибору і комплектації системи автоматичного управління (САУ) теплового двигуна переважно для стаціонарної енергетики. Розглянуто задачі які повинні виконувати САУ та засоби реалізації цих задач апаратними та програмними засобами. Проаналізовано можливі схеми САУ та дано порівняльний аналіз підходів до комплектації, організації електричного живлення та програмного забезпечення. Розглянуті питання резервування, ефект от резервування, задачі, які вирішуються при резервуванні, схеми та засоби, які використовують при резервуванні.

Ключові слова: САУ, гальванорозв'язка, «сухий» контакт, дискретний вхід, токовий аналоговий вхід, аналоговий вихід, керуюча ЕОМ.

SELECTION OF THE PROGRAM AND HARDWARE-BASED RESOURCES SAC THERMAL ENGINE

A.I. Tarasenko

General consideration of organization of the choice and integration of system automatic management (SAC) of the thermal engine mainly for stationary energy is viewed. Problem laying of SAC and way of realization of that problems by program and hardware-based resources is examine. Possible scheme SAC is analyses and comparative analysis of approaching to integration, organization of power supply and programs ensuring, is given. Question of reservation, effect of reservation, tasks solved by reservation, ways and resources, used for solution of tasks of reservation are taking up.

Key words: SAC, electrotype denouement, «dry» contact, discrete entrance, current analogous entrance, analogous exit, controlling computer.

Тарасенко Александр Иванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры механики и конструирования машин Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: tai777@ukrpost.net.