

УДК 681.518.5

Методы и средства повышения эффективности испытаний унифицированных автоматизированных систем контроля

Б.В. Обносков, А.И. Данеко, И.В. Захаров, А.А. Трубников, Д.А. Решетников

Аннотация

В статье рассматривается задача оптимизации испытаний унифицированной автоматизированной системы контроля. Предложены пути минимизации состава объектов контроля, проверка которых обеспечит полноту оценки технического состояния АСК на этапе стыковочных испытаний.

Ключевые слова

автоматизированная; испытания; контроль; объект; состав; минимизация; сигнал; стимулирующий; стоимость

Проектирование автоматизированной системы контроля (АСК) предполагает анализ характеристик контролепригодности (ХК) объектов контроля (ОК), которые являются исходными данными для оптимального синтеза АСК [1]. Оптимальным синтезом АСК называют процесс нахождения её состава, гарантирующую обеспечение заданных требований по времени, достоверности контроля и другим характеристикам, выступающим как ограничения при минимальной стоимости аппаратных и программных средств. В результате синтеза АСК контролируемым параметрам ставятся в соответствие погрешности преобразования необходимых при его контроле стимулирующих и контролируемых сигналов.

В дальнейшем процессе проектирования и испытаний АСК необходимо подтверждение выполнения требований к указанным погрешностям. Кроме того, проверяется безошибочность функционирования АСК в ходе контроля, что обеспечивается отладкой программы контроля на стадии стыковочных испытаний АСК с ОК в ходе выполнения опытно-конструкторской работы (ОКР). В результате функционирования программы контроля определяются параметры, характеризующие погрешности стимулирующих и контролируемых сигналов, времени контроля и других параметров, заданных в технических условиях (ТУ).

На этапе серийного производства соответствие точностных и временных параметров составных частей АСК обеспечивается сдачей по ТУ устройств и блоков, участвующих в ге-

нерировании и измерении сигналов. Поскольку совокупность входных и выходных сигналов ОК подключается к соответствующим выходам и входам АСК через сеть кабельных линий и устройств коммутации, то контроль точностных характеристик АСК на всех выходных разъёмах представляет собой дорогостоящее мероприятие, требующее разработки специальных устройств, обеспечивающих коммутацию большого числа сигналов различной физической природы в широком диапазоне, средств измерения и генерации этих сигналов, имеющих высокие точностные характеристики. По существу требуется разработка автоматизированной системы контроля самой АСК и программ её контроля, имеющей ещё более высокие точностные характеристики.

Учитывая то, что такая работа уже проведена на завершающем этапе ОКР, в настоящее время проводятся стыковочные испытания АСК с образцом ОК, для проверки которого АСК предназначена. Считается достаточным доказательством исправности АСК, если штатно исполняется программа контроля данного ОК с положительным результатом.

Задача существенно усложняется в том случае, когда АСК предназначена для контроля некоторого множества ОК, причём не только различных типов, но и различных классов. Количество таких ОК может составлять несколько десятков. В этих условиях испытания АСК включает в себя стыковочные испытания для каждого из этих ОК, что сопряжено не только с увеличением времени на проведение испытаний, но и с необходимостью иметь в наличии на предприятии-изготовителе образцы всех ОК, а также обеспечить их эксплуатацию и жизнеобеспечение в течение всего срока службы. Обеспечение проверок ОК приводит к расходам связанным с приобретением (арендой), доставкой к месту проведения испытаний, хранением, текущим ремонтом большого числа дорогостоящих ОК. Такое положение дел экономически не оправдано, так как ложится тяжёлым бременем на предприятие-изготовитель.

Данная работа посвящена исследованию возможности оптимизации процедуры испытаний, так чтобы обеспечить достоверность приёма АСК с минимальными экономическими затратами. С этой целью проведён анализ ХК большого числа различных ОК, контроль которых обеспечивает АСК ОКА, разработанная и выпускаемая ОАО «РКБ «Глобус». В задачу этого анализа входило определения степени однотипности и разнообразия стимулирующих и контролируемых сигналов, допусков и требований к их точностным характеристикам для всей совокупности ОК или её подмножеств, объединяемых общностью физической природы сигналов, областью применения и другими общностями.

Стимулирующие и контролируемые сигналы ОК, главным образом, представлены характеристиками электрических и электромагнитных сигналов[2]:

- напряжение и ток сигнала постоянного тока;
- напряжение (амплитудное, среднее, эффективное), ток, частота, фаза сигнала переменного тока;
- амплитуда, период, длительность, относительная задержка и т.п. импульсного сигнала и несущая частота СВЧ импульсного сигнала;
- амплитуда и другие параметры сигналов специальной формы;
- разовые команды;
- параметры сигналов интерфейсных линий связи и т.п.

Ограниченный, хотя и довольно широкий, перечень стандартных сигналов и их характеристик, в частности, позволил РКБ «Глобус» создать комплексы агрегатных средств автоматизированного контроля (КАСАК), являющиеся основой построения АСК[3]. В составе КАСАК имеются средства не только измерения и генерирования сигналов, но и средства построения коммутационной сети, позволяющие размножить точки формирования и измерения сигналов до требуемого числа. Ограниченность перечня типовых сигналов нашёл также отражение в создании таких систем программирования, как ОКА и БАЗИС, которые позволяют разрабатывать программы контроля на проблемном уровне.

Стандартные сигналы, характерные для всех ОК, составляют значительное большинство. Контроль этой группы сигналов обеспечивается универсальной частью АСК, состоящей из устройств КАСАК. В то время как контроль нетиповых сигналов требует разработки специальных средств. Практика разработки и производства АСК говорит о том, что не только в пределах одного вида, но даже различные виды ОК имеют на интерфейсе ОК – АСК множество однотипных сигналов. В настоящее время не учитывается степень функционального, структурного подобия ОК, подобие алгоритмов контроля, подобие контролируемых, стимулирующих сигналов. Это приводит к тому, что одни и те же средства АСК подвергаются функциональным проверкам многократно. Таким образом, существует возможность сокращения количества ОК, с которыми необходимо проводить стыковочные испытания на завершающем этапе серийного производства АСК.

Целесообразно рассмотреть два различных подхода к решению этой задачи. Первый из них состоит в том, что для каждого завода-изготовителя АСК сформировался свой кластер, в который входят несколько ОК. Причём различие в назначении и классе ОК незначительно влияет на степень подобия множеств сигналов. В связи с этим возникает вопрос: нельзя ли выбрать такой ОК или несколько ОК, сигналы которых в совокупности покрывали бы множество всех сигналов данного кластера. Очевидно, что выбор таких ОК в качестве

эталонных при проведении стыковочных испытаний должен осуществляться, исходя из двух противоречивых факторов: максимального разнообразия типов сигналов, с одной стороны, и стоимости образцов ОК, включая и стоимость их обслуживания, с другой стороны. Выбранный состав ОК для проведения стыковочных испытаний должен обеспечивать максимальную полноту оценки выпускаемых образцов АСК независимо от вида и типа ОК, для контроля которых производится АСК.

Второй подход к решению поставленной задачи состоит в разработке специального комплекса, способного генерировать и контролировать весь набор сигналов, выдаваемых и принимаемых универсальной частью АСК, обеспечивать их коммутацию для полноты проверки всех её входов-выходов, синхронизацию работы устройств данного комплекса с АСК посредством связи между управляющими ЭВМ АСК и комплекса. Достоверность работы такого комплекса и его относительно невысокую стоимость можно обеспечить применением коммерческих средств измерения и персональных компьютеров общего назначения. По существу, такой комплекс представлял бы собой обобщённую модель ОК, имитирующую не только статику, но и динамику процессов.

Необходимо отметить, что и тот и другой подход не гарантируют полноту проверки работоспособности АСК в совокупности с конкретным ОК, так как остаются специальные сигналы в значительной степени различные по диапазону частот, физической природе используемых сигналов, особенностям кодирования информации и т.п.

Как отмечалось ранее, в данной работе рассматриваются стыковочные испытания, которые проводятся на завершающем этапе серийного производства. Необходимо иметь в виду, что этому этапу предшествует тщательная многократная отработка схемных и программных решений, конструкции и технологии производства АСК, выполняются операции оценки погрешностей всех модулей и кассет. Особое внимание уделяется проверке специальных сигналов на входах и выходах АСК с помощью специальных пультов. Дальнейшее изучение вопросов полноты стыковочных испытаний должно решить вопрос о необходимости или достаточности включения специальных параметров всех ОК в состав программы стыковочных испытаний.

Представляется целесообразной постановка такой задачи для дальнейшего исследования как серьёзной организационной и финансовой проблемы, имеющей место в производстве и приёмке аппаратуры обеспечения жизнедеятельности ОК, отличающихся значительной степенью подобия. Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ объектов контроля, определить структуру затрат на испытания АСК, сформулировать задачу

минимизации состава ОК, проверка которых обеспечит полноту оценки технического состояния АСК.

В простейшем случае задача оптимизации состава контролируемых ОК предполагает определение минимального состава ОК, который обеспечит полноту оценки технического состояния АСК при минимальной стоимости проверки.

Имеются исходная совокупность объектов контроля $A\{A_n\}$, $n = \overline{1, N}$ для каждого из которых необходимо обеспечить контроль. Определено множество модулей Q аппаратных средств q_k , $k = \overline{1, K}$, из которых создана АСК. Определено множество модулей M программных средств m_z , $z = \overline{1, Z}$, из которых создано функциональное программное обеспечение АСК.

Для каждого ОК B_n определена структура АСК (состав устройств) Q_n и состав программных модулей M_n . Также определена стоимость проверки каждого ОК $s(B_n)$.

Целью оптимизации служит определение базового состава ОК, такого что стоимость проверок АСК минимальна, т.е.

$$s = \min_{\alpha_n} \sum_{n=1}^N s(B_n) \alpha_n$$

где $\alpha_n = 1$, если B_n входит в базовый набор,

$\alpha_n = 0$, если B_n не входит в базовый набор.

$$\text{При условии } Q = \bigcup_{n=1}^N Q_n \alpha_n; \quad M = \bigcup_{n=1}^N M_n \alpha_n.$$

$$\text{Здесь } Q_n = \bigcup_{k=1}^K q_k \beta_{kn}, \quad M_n = \bigcup_{z=1}^Z m_z \gamma_{zn}$$

где $\beta_{kn} = 1$, если для контроля B_n требуется устройство q_k ,

$\gamma_{zn} = 1$, если для контроля B_n требуется модуль m_z .

Задача представляет собой задачу комбинаторного программирования с булевыми переменными, для решения которой возможно применение метода «ветвей и границ»[4].

Библиографический список

1. Проектирование внешних средств автоматизированного контроля радиоэлектронного оборудования/Н.Н. Пономарёв, И.С. Фрумкин, И.С. Гусинский и др.; Под ред. Н.Н. Пономарёва. – М.: Радио и связь, 1984.
2. Пономарев Н.Н., Гоев Н.В. Унифицированные автоматизированные системы технического обслуживания и контроля ВВТ // «Русский инженер». 2009. № 4. – С. 153-154.
3. Гоев Н.В. Принципы разработки базового аппаратного обеспечения КАСАК // Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия ОВР. 1992. №1. – С. 14-23.
4. Вагнер Г. Основы исследования операций т.1. – М.: Мир, 1973. – 336 с.

Сведения об авторах

Обносов Борис Викторович, зав. кафедрой Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(499) 158-46-02; e-mail: kaf701mai@mail.ru

Данеко Александр Иванович, зам. зав. кафедры Московского авиационного института (национального исследовательского университета), доцент.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(499) 158-46-02; e-mail: kaf701mai@mail.ru

Захаров Илья Владимирович, доцент кафедры Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(499) 158-57-56; e-mail: il-ya-zakharov@yandex.ru

Трубников Антон Александрович, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(491) 222-80-64; e-mail: a-trubnikov@inbox.ru

Решетников Дмитрий Александрович, аспирант Московского авиационного института
(национального исследовательского университета).

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(491) 222-80-64; e-mail: grapler@yandex.ru