

## ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Казарин А. В.

*Военная академия Республики Беларусь,  
Минск, Беларусь, e-mail: a.kazaryn@rambler.ru*

**Аннотация.** В статье проведен обзор особенностей и функциональных связей органов управления и вычислительных средств в сложных электронных системах. Рассмотрены возможности автоматизации процесса диагностирования органов управления, как электромеханических устройств. Сформулированы признаки исправности наиболее распространенных типов органов управления, которые могут быть использованы при автоматическом диагностировании.

**Ключевые слова:** микроЭВМ, автоматизация, электромеханические устройства, диагностика, работоспособность.

**Abstract.** The article reviews the features and functional connections of controls and computing facilities in complex electronic systems. The article also considers possibilities of automation of process of diagnostics of control elements, as electromechanical devices. It formulates the signs of malfunction of the most common types of controls that can be used in automatic diagnostics.

**Key words:** microcomputer, automation, electromechanical devices, diagnostics, performance.

В качестве сложных электронных систем (ЭС) в данной статье рассматриваются автоматизированные системы, управляемые несколькими операторами. К таковым можно отнести пункты управления воздушным или железнодорожным движением, а также системы управления различными производственными процессами. Автоматизация управления обеспечивается, как правило, использованием различных вычислительных средств от микроЭВМ до высокопроизводительных универсальных ЭВМ. Взаимодействие операторов с ними осуществляется с помощью различных органов управления (ОУ), которые по принципу построения относятся к электромеханическим устройствам. Контроль работоспособности и углубленное диагностирование ЭВМ, их основных устройств, а также каналов передачи данных (КПД) и электронных периферийных устройств осуществляется, как правило, автоматически на основе широко известных методов диагностирования [1, с. 250–333]. Но автоматизация диагностирования ОУ считается крайне сложной [1, с. 320].

Отказ органов управления не всегда очевиден. Это обусловлено тем, что они могут быть связаны с ЭВМ через несколько смежных устройств, таких как каналы передачи данных, устройства обмена данными ЭВМ с внешними абонентами и другими. В сложных ЭС может использоваться несколько КПД не всегда с одинаковой структурой. Количество внешних абонентов, которые являются источниками или приемниками информации, тоже может достигать нескольких десятков и даже сотен.

Органы управления также являются многочисленными, разнотипными и размещены на нескольких пультах, управляемых различными операторами. Поэтому причинами нештатной работы ЭС могут быть как отказы органов управления и смежных устройств, так и человеческие ошибки.

Непосредственное диагностирование каждого органа управления является достаточно трудоемким и продолжительным. Для доступа к электрическим контактам, как правило, необходим частичный демонтаж блоков, содержащих пульты управления. Процесс восстановления работоспособности ОУ часто требует выполнения ручной пайки контактов, что в условиях ограниченного объема блоков, где размещены устройства ЭС, и высокой плотности монтажа может вызвать повреждения близко расположенных контактов других кнопок, переключателей, а также электронных элементов. В результате возможно повреждение нескольких органов управления и электронных устройств, обеспечивающих их работу. Поэтому ошибки первого рода (ложные дефекты) [2, с. 20] при диагностировании органов управления следует минимизировать. А для этого целесообразно использовать различные средства автоматизации, что является одной из основных тенденций совершенствования средств диагностирования (СД) [3, с. 165]. Таким образом, задача автоматизации диагностирования органов управления в сложных электронных системах является достаточно актуальной.

Поскольку ОУ в ЭС работают во взаимодействии с различными электронными устройствами (коммутаторами, каналами передачи данных), а сигналы от их контактов в конечном счете поступают в ЭВМ различного назначения, то основное внимание следует уделить характеристикам формируемой информации. Особенности конструктивного исполнения или эргономические характеристики в данном случае являются второстепенными. В дальнейшем рассматриваются только цифровые ОУ, выходные сигналы которых по току и напряжению полностью совместимы входными сигналами электронных узлов. Простейшие дефекты электронных устройств, такие как обрыв цепи или короткое замыкание [4, с. 22–26] не рассматриваются, так как способы их обнаружения общеизвестны.

Информационные характеристики органов управления, наиболее часто используемых в сложных электронных системах, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Информационные характеристики органов управления

Характеристика	Возможные варианты
Вид передаваемого кода	Параллельный, последовательный
Разрядность кода	Одноразрядный, многоразрядный
Способ кодирования информации	Позиционный код, унитарный код, код со знаком
Характер изменения кода	Статический, динамический
Наличие избыточности кода	Есть, нет
Наличие обратной связи (подсвета кнопки или табло)	Есть, нет
Тип приемника информации от органа управления	Оперативная память, узлы прерывания программ ЭВМ

Из приведенных данных следует, что информационные характеристики ОУ в сложных ЭС существенно различны. Поэтому непосредственное диагностирование органов управления при отсутствии автоматических СД целесообразно провести в последнюю очередь. В технической литературе такой подход называется принципом «расширяющихся областей» [1, с. 164], или принципом «от конца к началу» [5, с. 19]. Поскольку информация от ОУ в итоге поступает в ЭВМ различного назначения, которые имеют эффективные программные и аппаратные СД, то целесообразно в первую очередь убедиться в их исправности. Затем следует проверить исправности каналов передачи данных и устройств ввода и вывода информации ЭВМ, средства диагностирования которых также, как правило, автоматизированы [1, с. 319–333]. И в последнюю очередь следует провести неавтоматизированное диагностирование органов управления, работоспособность которых вызывает сомнения. При таком подходе возможно будут выполнены лишние в данной ситуации операции, но поскольку они автоматизированы, то не приведут к существенному увеличению продолжительности поиска отказа. Зато будет минимизирован риск ошибок первого рода, обусловленных отказами смежных устройств и соответственно риск повреждений работоспособных устройств ЭС.

Другой подход предполагает полную автоматизацию диагностирования органов управления. Очевидно, что для этого необходимо выполнить их последовательную установку во все возможные положения и провести сравнение формируемых кодов с требуемыми. Процедура сравнения может быть реализована диагностическими программами вычислительных средств, в которые поступает формируемая пультами управления информация. Конечно, это потребует существенного роста алгоритмической избыточности и соответственно усложнения программного обеспечения ЭВМ. Но такая задача в принципе решается. А вот автоматический перебор всех возможных положений органов управления возможен только с помощью роботизированных манипуляторов, управляемых теми же ЭВМ. Причем эти манипуляторы также будут представлять собой электромеханические устройства, контроль работоспособности которых также сложно реализуем.

При таком подходе количество электромеханических устройств в системе увеличивается минимум двукратно, а с учетом дополнительных, управляющих их работой программ и электронных средств управления роботизированными манипуляторами, трехкратно. При этом следует учесть, что сложность, габариты и энергопотребление таких манипуляторов будет существенно превышать соответствующие характеристики органов управления. Следовательно, техническая реализация полностью автоматической проверки всех органов управления в сложных электронных системах нецелесообразна.

Поэтому необходимо ограничиться технически и экономически приемлемыми вариантами. Очевидно, что сокращение числа комбинаций состояний ОУ возможно при ограничении на количество проверяемых органов управления, а также на полноту контроля. Все ОУ по степени важности могут быть разделены на несколько групп в зависимости от назначения и уровня сложности системы. Один из возможных вариантов такой группировки приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Варианты классификации органов управления по степени важности

Степень важности	Функции органов управления
Первая	Использование системы по назначению
Вторая	Обеспечение тренировки операторов
Третья	Документирование работы устройств системы и отображение их параметров
Четвертая	Оценка технического состояния системы
Пятая	Обеспечение технического обслуживания и ремонта

Конечно, количество органов управления каждого уровня важности в различных системах неодинаково, но возможность многократного уменьшения объема проверок очевидна. Как правило, при разработке всех сложных систем выполняются требования по снижению трудоемкости работы операторов в процессе использования их по назначению. Поэтому следует полагать, что количество ОУ первой группы важности будет минимальным, а контроль их работоспособности достаточно просто реализуемым.

Другим путем снижения количества и сложности проверок органов управления может быть проведение контроля их работы только в исходном положении. В этом случае нет необходимости в использовании операторов, что исключает человеческие ошибки. Но при этом невозможна полная проверка всех возможных состояний. И полностью исключается возможность оценки работоспособности динамических органов управления, формирующих коды, пропорциональные величине и направлению отклонения, или скорости вращения какого-либо рабочего органа. К таким устройствам относятся, например, джойстики и другие органы управления отображаемыми на экранах метками, секторами наблюдения, положением различных подвижных устройств. Их типы и особенности формируемой информации приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Типы динамических органов управления

Типы органов управления	Особенности формируемых кодов
Двух координатные	Два кода со знаками, пропорциональных величине и направлению отклонения
Однокоординатные первого рода	Код со знаком, пропорциональный величине и направлению отклонения
Однокоординатные второго рода	Код со знаком, пропорциональный скорости и направлению отклонения
Временно функционирующие	Код после окончания воздействия оператора на орган управления обнуляется
Постоянно функционирующие	Код после окончания воздействия оператора на орган управления не изменяется

Таким образом, без определенных ручных тестовых воздействий на проверяемые динамические органы управления даже частичная оценка их работоспособ-

ности невозможна. Проверка динамических органов управления первого рода может быть выполнена, например, фиксацией фактов достижения максимальных положительных и отрицательных значений кодов. При диагностировании двух координатных ОУ следует проверить наличие соответственно четырех максимальных значений кодов. При диагностировании динамических ОУ второго рода необходимо проверить возможность превышения формируемыми кодами некоторых предельных значений, которые будут определяться принципами работы устройств и физиологическими возможностями операторов. Другими признаками исправности динамических ОУ в соответствии с их особенностями работы является отсутствие или наличие выходной информации по окончании воздействия операторов на их рабочие органы.

Особым образом должно выполняться диагностирование динамических ОУ, которые формируют сигналы запроса прерываний. Наверное, целесообразно, как и при проверке ОУ второго рода, установить факт превышения количеством сформированных сигналов запроса прерываний определенного порога. Если же наряду с сигналами запроса прерываний ОУ формирует еще и цифровой код, то необходим комплексный контроль работы узла прерывания программ и принятой в оперативную память информации. Следовательно, полуавтоматическое диагностирование динамических ОУ требует использования относительно высокопроизводительных ЭВМ, программное обеспечение которых содержит специализированные диагностические программы. Поскольку тестовые воздействия на органы управления будут существенно отличаться от рабочих, то процесс их диагностирования не может быть реализован одновременно с использованием системы по назначению. То есть должны быть предусмотрены специальные режимы, обеспечивающие полуавтоматическую проверку работоспособности наиболее важных пультов управления. Для обеспечения согласованной работы операторов и автоматических СД будут необходимы материалы методического и справочного характера. Общий перечень технических средств и методических материалов, необходимых при полуавтоматическом диагностировании органов управления сложных систем приведен в табл. 4.

Таблица 4 – Средства обеспечения полуавтоматического диагностирования органов управления

Технические	Методические
ЭВМ высокой производительности	Методика задания режима диагностирования
СД устройств ввода и вывода информации ЭВМ	Последовательность проверки пультов управления
СД каналов передачи данных	Последовательность и характер воздействий на органы управления
СД принимаемой информации	Признаки отказа пульта управления в целом
СД узлов прерывания программ	Признаки отказа отдельных органов управления

Итак, полностью автоматическое диагностирование органов управления в сложных электронных системах нецелесообразно, так как предполагает замену

операторов дополнительными синхронно работающими со средствами диагностирования электромеханическими манипуляторами. Полуавтоматическое диагностирование сопряжено с алгоритмической избыточностью, обусловленной необходимостью контроля принимаемой в ЭВМ информации и работы узлов прерываний, а также с информационной избыточностью, вызванной необходимостью анализа всех возможных комбинаций, формируемой органами управления информацией.

При неавтоматическом диагностировании ниже степень алгоритмической избыточности системы, но требуется дополнительная справочная информация по использованию встроенных средств отображения и контрольно-измерительной аппаратуры. И при полуавтоматическом, и при неавтоматическом диагностировании фактически используется метод испытаний, что требует более чем среднего уровня квалификации операторов. Поэтому окончательный выбор состава и степени автоматизации средств диагностирования будет определяться индивидуальными особенностями электронной системы, условиями ее использования, а также требованиями к оперативности восстановления работоспособности органов управления.

#### **Список использованных источников:**

1. Каган, Б. М. Основы эксплуатации ЭВМ / Б. М. Каган, И. Б. Мкртумян. Под ред. Б. М. Кагана. – 2-е изд. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
2. Биргер, И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М : Машиностроение, 1978. – 240 с.
3. Давыдов, П. С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. / П. С. Давыдов. – М. : Радио и связь, 1988. – 255 с.
4. Цифровые интегральные микросхемы : Справ. / М. И. Богданович [и др.] – Минск : Беларусь, 1991. – 493 с.
5. Огарков, С. Ю. Диагностика электромеханических систем : / С. Ю. Огарков, А. В. Соколов. – Текст лекций. – Челябинск : ЮУрГУ, 2003. – 55 с.