

Интеллектуальная диагностика сбоев устройств связи с объектом

Intelligent diagnostics of failures connection with the object

Аннотация. Рассмотрен важный класс современной автоматики - устройства связи с объектом. Для обнаружения и регистрации сбоев используется понятие «интеллектуальная диагностика» в совокупности с контактными и бесконтактными датчиками сбоев. Предложено в виде информативных параметров использовать различные характеристики скрытых дефектов в аппаратуре, приводящие к сбоям.

Ключевые слова. Устройства связи с объектом, скрытые дефекты, контактные и бесконтактные датчики сбоев, интеллектуальная диагностика, бессбойность, сбоеустойчивость.

Abstract. Reviewed important class of modern automation - communication device with the object. For detecting and recording failures is used the concept of "intelligent diagnostics" together with contact and contactless gauges of failure. Proposed in the form of informative parameters to use the different characteristics of latent defects in the equipment, leading to failures.

Key words. Communication device with the object, latent defects, contact and contactless gauges of failure, predictive maintenance, no failure, failure tolerance.

Как известно, экспоненциальное развитие науки было отмечено еще в 19 веке (Ф.Энгельс). В качестве примеров данного развития науки на современном этапе можно указать такие направления как искусственный интеллект, самовоспроизводимые автоматы, киберфизические системы (информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические процессы).

В Отчете 2007 года Комиссии по экономической политике Конгресса США в качестве перспективы (2030 год) как следствие развития

нанотехнологий указывается технологическая сингулярность [1]. При этом учитывается и божественное начало в новой зарождающейся теории. Известно много определений сущности Бога. В частности, «Бог вечен, беспределен, не рожден – был, есть и будет всегда, невидим, не имеет образа. Бог словом сотворил Мироздание» (Библия). «Бог есть Дух, не материальный по своей природе» (Иоанн, 4:24). «Бог един, но Он существует в трех личностях – Бога Отца, Бога Сына и Бога Святого Духа» (Матфей, 3:16 – 17). «Бог бесконечен» (Тимофей, 1:17). «Бог коварен, но не злонамерен» (А.Эйнштейн). И так далее.

Учитывая особенности современного технологического этапа развития, западными исследователями дается такое определение Бога. «Бог – это ум, прошедший немасштабное постижение» (Ф.Дайсон. Физика и биология в открытой Вселенной. “ Review Physics”, том 51, pp.447 – 460, 1979).

Поэтому априори можно утверждать, что исследователя в данном направлении развития науки будут ожидать как объяснимые («очевидные») результаты, так результаты непостижимые («божественные»). За примерами уже сегодняшнего дня далеко ходить не надо. Из непостижимых («божественных») результатов (фактов) можно привести следующий, из жизни разведчиков, работающих в экстремальных условиях сбора и запоминания информации «Все, кто уже был в лапах смерти, но чудом из них вырвался, рассказывают почти одно и то же. Они отмечают два момента: абсолютное спокойствие, во-первых, и настоящий поток информации – во-вторых. Вот именно в это состояние и надо забраться: спокойствие и мгновенный охват практически необъятного. Между жизнью и смертью есть тоненький пограничный слой, вот в него-то и надо ухитриться втиснуться» [2]. В качестве примера объяснимого («очевидного») результата можно привести открытие интеллектуальных свойств пассивных элементов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) увеличивать количество считываемой информации о системе под воздействием электрических колебаний [3]. Один из позитивов данного открытия - возможность обнаруживать скрытые дефекты в РЭА и, в том числе, аппаратно регистрировать их с помощью контактных и бесконтактных датчиков сбоя. Учитывая, что в основу описания скрытых дефектов аппаратуры положены интеллектуальные свойства пассивных элементов РЭА (в малоразмерном до 10-15 мкм промежуточном состоянии между «исправно» и «отказ» элементы имеют большое количество информативных признаков) обнаружение и регистрацию данных дефектов логично назвать интеллектуальной диагностикой.

Основу современных устройств связи с объектом (УСО) составляют программируемые логические контроллеры (ПЛК). ПЛК являются неотъемлемой частью систем автоматизации (СА) технологического оборудования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). ПЛК в таких системах выполняют множество функций: обрабатывают разнообразные аналоговые и дискретные входные электрические сигналы, преобразуют их по заданным алгоритмам, формируют управляющие воздействия и посредством аналоговых и дискретных выходных сигналов воздействуют на исполнительные устройства, производят обмен информацией с другими интеллектуальными объектами с использованием различных коммуникационных протоколов.

Центральным блоком ПЛК является процессор, к которому добавляются обеспечивающие требуемую функциональность компоненты и который программируется на выполнение тех или иных задач. В современных распределенных системах управления на базе ПЛК строятся центральные процессорные устройства (ЦПУ), функционирующие совместно с УСО. ЦПУ является вычислительным устройством, которое получает по информационной сети от УСО информацию о состоянии объекта управления, обрабатывает эту информацию по заданному алгоритму управления и возвращает в УСО управляющие воздействия (включает и выключает исполнительные механизмы СА, задает скоростные режимы электроприводов и т.д.). ПЛК УСО содержит модули ввода и вывода информации, обеспечивая подключение СА к датчикам (давления, температуры, тока, напряжения и т.д.) и исполнительным механизмам. Назначением модулей ввода является преобразование физических сигналов от датчиков в цифровые коды, которые затем передаются и обрабатываются в ЦПУ. Назначением модулей вывода является обратное преобразование цифровых кодов из ЦПУ в физические сигналы, подающиеся на исполнительные механизмы СА (электромагнитные клапаны, магнитные пускатели и т.п.). Конструктивно УСО и ЦПУ обычно располагаются в металлических электрошкафах [4].

Как правило, кабели, приходящие с объекта управления и с помощью которых к УСО подключаются датчики и исполнительные механизмы, разводятся на объектовые клеммники, устанавливаемые в электрошкафу. Кроме того, в электрошкафу, помимо ПЛК и объектовых клеммников, устанавливаются различные дополнительные устройства, например устройства защиты от импульсных перенапряжений, промежуточные реле, барьеры искрозащиты (для взрывоопасных производств), предохранители, размыкатели, устройства гальванической развязки и т.д. На объектовых клеммниках также устанавливаются дополнительные электрические переключки, объединяющие сигналы с объекта в определенные группы посредством электрической проводки. Т.е., в СА сигнал с датчика подводится объектовым кабелем до электрошкафа УСО. В электрошкафу этот сигнал подводится к объектовому клеммнику. Далее он по внутришкафным электрическим проводам подводится к различным дополнительным устройствам. После них сигнал, также с помощью электрических проводов, подводится к модулю ввода ПЛК УСО. В данном модуле сигнал преобразуется в цифровой вид и

передается по информационной шине в ЦПУ для дальнейшей алгоритмической обработки, после чего цифровой сигнал управления передается в модуль вывода ПЛК УСО. Затем, посредством внутришкафных электрических проводов подводится к дополнительным устройствам (цифроаналоговый преобразователь, усилитель мощности), а затем к объектовым клеммникам. После них через объектовые кабели сигнал поступает к исполнительным механизмам.

Такой подход применяется во всех современных СА, использующих универсальные ПЛК (Siemens, Omron, Yokogawa и др.).

При разработке электрошкафов создается схема подключения объектовых кабелей к клеммникам, схема внутришкафного электромонтажа, конструкция электрошкафа с различными модулями ввода/вывода и дополнительными устройствами. В больших СА таких электрошкафов может быть от единиц до десятков, при этом один электрошкаф, как правило, не похож на другой из-за разного состава сигналов и дополнительных устройств. С такими же сложностями сталкиваются и при изготовлении электрошкафов за счет их неунифицированности, большого объема внутришкафного электромонтажа и последующей проверки и наладки всего электрошкафа в сборе.

В настоящее время существует достаточно много одноплатных ПЛК для организации в электрошкафах УСО ввода-вывода сигналов, однако не содержащих всего многообразия дополнительных устройств, что требует, в свою очередь, их установки с использованием внутришкафных электрических проводов. Так, например,

устройство ввода/вывода сигналов Terminator I/O фирмы

AutomationDirect.com содержит модульную систему, которая объединяет в себе функции терминальных блоков и модулей распределенного ввода/вывода.

В состав каждой удаленной системы ввода/вывода входят следующие компоненты: источник питания, базовый контроллер, один или несколько модулей ввода/вывода. Использование многоканальных модулей предполагает применение в шкафу УСО различных дополнительных устройств. Для дополнительных устройств необходимы резервные клеммные поля для новых соединений, что также является недостатком вышеуказанного устройства.

Более перспективным представляется УСО, содержащее сетевой модуль, многофункциональные малоканальные (одно-, двух- и трехканальные) модули ввода/вывода, базовую печатную плату с установленными на ней разъемными соединителями для подключения модулей и клеммными соединителями для подключения объектовых кабелей. Для объединения сигналов в группы с общими потенциалами или для разветвления сигналов клеммные соединители имеют дополнительные клеммы. Многофункциональные модули ввода/вывода дополнительно содержат устройства для обеспечения требуемого уровня защиты как самих модулей ввода/вывода, так и подключенного к ним объектового оборудования от возможных воздействий. В качестве последних рассматриваются воздействия, превышающие максимально допустимые значения напряжений и токов, а также для обеспечения контроля целостности цепей подключенных объектовых кабелей [5].

Помимо перечисленных узлов, устройство содержит HART-модем для выделения из аналогового сигнала, например интеллектуального датчика давления, диагностической информации о состоянии датчика [6].

Предлагается дальнейшая модернизация рассмотренного УСО, которая базируется на следующих основаниях. Во-первых, распределение частоты отказов по компонентам УСО: датчики - 35%, программируемые логические контроллеры - 15%, исполнительные механизмы - 50% [7].

Во-вторых, наличие большого количества в устройстве линий связи (информационных линий), шин заземления, клеммных шин и клеммных контактов, а также контактных соединений (соединителей или разъемов), контактных дорожек печатных плат, контактирующих устройств для монтажа на них активных элементов, включая БИС и СБИС. Априори предполагается существование скрытых дефектов в них (как одной из категорий качества). Причинами (источниками) скрытых дефектов в аппаратуре могут быть: микроразрывы в линиях (кабелях) связи, включая частичные, "плохие" контакты в местах контактирования, микронеровности и микроразрывы контактных дорожек печатных плат. Не исключается и электромагнитное воздействие, как внутреннее, так и внешнее, при нарушении требований по электромагнитной совместимости. Обнаруживать и регистрировать скрытые дефекты как предвестники отказов предлагается, в первую очередь, аппаратными средствами, реализованными, в частности, в виде отечественных датчиков сбоев [8]. Данные датчики могут быть как контактными, так и бесконтактными. Преимущество отечественных датчиков перед зарубежными (в частности, американскими) заключается в их чувствительности, избирательности и широком частотном диапазоне (до 4ГГц) работы. Там же приводятся и примеры встраивания данных датчиков в аппаратуру. Перспективность применения указанных датчиков следует из-за достаточно большой совокупности информативных признаков при скрытых дефектах, простоты встраивания в аппаратуру и малой стоимости.

Для повышения качества работы ПЛК необходимо диагностирование состояния цифровых микросхем (элементов), получаемое в виде различных сигналов. В комбинационных (или цифровых) схемах, построенных на логических элементах (например, "И", "ИЛИ" и других), одним из информативных параметров, характеризующих качество функционирования, является время перехода из одного состояния в другое (например, из "0" в "1"). В случаях, когда время распространения сигнала внутри элемента достаточно мало, задержку перехода можно не учитывать. Но с повышением частоты изменения входных сигналов в реальных схемах начинает сказываться влияние времени распространения сигнала внутри элементов. Такие задержки могут породить неустойчивую работу устройств, приводящую к сбоям. Особенно актуальна проблема сбоев в современных ПЛК в связи с задержками сигналов на частотах порядка единиц гигагерц. В частности, обычный проводник с множеством близких изгибов на плате в таком высокочастотном режиме работы становится индуктивным элементом.

Задержка в элементе зависит от большого числа факторов (технологических, напряжения питания, нагрузки, линий связи). Задержки не только ограничивают быстродействие цепей, но и создают ложные сигналы в цепи, которые могут быть опасны при подключении схемы на элементы памяти. В этом случае ошибки не исчезают со временем, а ложные сигналы называют рисками сбоев.

Различают статические и динамические риски сбоя. Статические риски сбоя возникают в случае, если при смене входных сигналов состояние выхода не должно измениться. Динамический риск сбоя возникает в том случае, если в схеме

предусмотрено изменение состояния выходного сигнала. Все известные методы, разработанные для устранения рисков сбоя в комбинационных схемах, объединяются в три группы: структурные, функциональные и конструктивно-технологические и имеют, на наш взгляд, ряд следующих существенных недостатков.

1. Появление сбоев предполагает их вероятностный, а не детерминированный характер. Как следствие - пассивные методы диагностики сбоев и борьбы с ними.

2. Рассматриваются только сбои в активных элементах (транзисторах, микросхемах) и совершенно в стороне оставлены вопросы обнаружения и регистрации сбоев в пассивных элементах (примеры пассивных элементов приведены выше).

3. В стороне оставлены вопросы воздействия и влияния внешних электромагнитных помех и помех по цепям питания.

Поэтому существующую степень обеспечения безотказности и отказоустойчивости аппаратуры предлагается дополнить понятиями "бессбойность" и "сбоеустойчивость". Особенно востребованы вопросы построения бессбойной аппаратуры в космическом приборостроении с учетом увеличения жизненного цикла космических аппаратов с 2 до 15 лет. Управление жизненным циклом при этом должно осуществляться на основе информации о предвестниках отказов.

Литература

1. В. Виндж. Технологическая сингулярность. Компьютерра. Технологии, инновации, компьютеры. 1 сентября 2004 г.

2. В.Н. Дианов. Интеллектуальные свойства пассивных элементов радиоэлектронной аппаратуры. Труды 8-го Международного симпозиума «Интеллектуальные системы» INTELS'2008. Россия, Нижний Новгород, НГТУ им. Р.Е. Алексеева 30 июня – 4 июля 2008 г. М., 2008, с.56 – 61.

3. В.Н. Дианов, Н.А. Северцев, Ю.Г. Евтушенко. Свойство пассивных элементов радиоэлектронной аппаратуры увеличивать количество считываемой информации о системе под воздействием электрических колебаний. Научное открытие в области теории надежности, теории безопасности (диплом 47–S). Научные открытия 2012. Сборник кратких описаний научных открытий, научных идей. Издание РАЕН.

4. Устройство ввода/вывода сигналов Terminator I/O фирмы Automation - Direct.com. Сайт www.automationdirect.com.

5. Алексеев А.А. Устройство связи с объектом. Патент РФ №2600715. МПК G 05B 23\02. Оpubл. 27.10.2016.

6. Модем USB-HART. Руководство по эксплуатации. Промавтоматика. Сайт: skbpa.nt-rt.ru

7. Ю.Н. Федоров. Справочник инженера по АСУ ТП: проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. Инфра - Инженерия. М., 2008, 928 стр.

8. В.Н. Дианов. Диагностика сбоев в электронной аппаратуре. М., МГИУ, 2015, 396 стр.

Сведения об авторе

Дианов Вячеслав Николаевич

Московский политехнический университет

Рабочий адрес: 115280, Москва, Автозаводская ул., 16

Ученая степень, звание: д.т.н., проф.

Должность: профессор

Электронная почта: vyacheslav-dianov@yandex.ru