

Надежность и диагностирование цифровых устройств и систем управления

Ответчиков Н.Е.

Научный руководитель: Астапов В.Н.

ГБОУ ВО «Самарский Государственный технический университет», г. Самара, Россия

Аннотация

Современный рынок предъявляет высокие требования к качеству и надежности систем управления и цифровых устройств. Ни одно крупное предприятие на сегодняшний день не может обойтись без систем автоматизации и цифровых устройств, таких как SCADA – систем, ЭВМ, датчики, контроллеры и т.п. Они помогают хранить, обрабатывать и использовать информацию для решения производственных задач, увеличивают скорость производства и улучшают качество продукции.

Создание данных систем и устройств дорогостоящий процесс, именно поэтому надежности и диагностированию систем управления и цифровых устройств уделяют большое внимание.

В работе рассматриваются некоторые виды систем управления, цифровых устройств, критерии оценивания их надежности и методы её повышения, а также диагностирование.

Ключевые слова: цифровые устройства, системы управления, надежность цифровых устройств, надежность систем управления

Reliability and diagnostics of digital devices and control systems

Otvetchikov N.E.

Supervisor: Astapov V. N.

Annotation

The modern market places high demands on the quality and reliability of control systems and digital devices. No large enterprise today can do without automation systems and digital devices, such as SCADA systems, computers, sensors, controllers, etc. They help you store, process, and use information to solve production problems, increase production speed, and improve product quality.

Creating these systems and devices is an expensive process, which is why much attention is paid to the reliability and diagnostics of control systems and digital devices.

The paper considers some types of control systems, digital devices, criteria for evaluating their reliability and methods for improving it, as well as diagnostics.

Keywords: digital devices, control systems, reliability of digital devices, reliability of control systems

Введение

Цифровое устройство – техническое устройство или приспособление, предназначенное для получения и обработки информации в цифровой форме, используя цифровые технологии.

Цифровые решения – технологии, которые основаны на представлении сигналов дискретными полосами аналоговых уровней, а не в виде непрерывного спектра.

С каждым днем происходит бурное усложнение процессов на автоматизированных системах управления, на сегодняшний день невозможно обойтись без использования контрольно-измерительных приборов. В основном используются дискретные устройства (цифровые устройства).

Большое количество ученых, инженеров и конструкторов в нашей стране и в зарубежье трудятся над более совершенными видами цифровых устройств. С каждым годом также растут и требования к системам, а как следствию и к цифровым устройствам, что дает еще больший стимул к развитию данной индустрии.

Усовершенствованные технологии дают колоссальные преимущества в конкурентной борьбе предпринимателей, а именно: более высокое быстродействие устройств, повышение качества обслуживания, уменьшение затрат на производство продуктов, комфортная работа, дополнительный сервис, маркетинговую информацию, высокую конкурентоспособность, совокупность этих факторов приводит и к росту прибыли.

В основном на предприятиях используются логические регуляторы, программируемые логические контроллеры, микропроцессорные контроллеры, электронно-вычислительные машины, различного назначения, SCADA-системы (в том числе отечественная система TRACE MODE).

Цифровые устройства используются в управлении сложными технологическими процессами. К примеру, в современных САУ для реализации сложных алгоритмов управления применяют как аналоговые, так и цифровые ЭВМ, но роль ЭВМ с каждым годом растет все сильнее. Также цифровые устройства используются в медицинских приборах диагностики и лечения, в связи с этим требования надежности к таким устройствам очень высокие.

Многие осведомлены о нарастающей роли цифровых устройств в их жизни, а также в жизни автоматизированных систем управления, но мало кто задумывается об их надежности и диагностировании, а ведь надежность цифровых устройств на предприятии играет такую же важную роль, как и вычислительная способность, ведь если устройство даст сбой в какой-

то ответственный момент, то предприятие понесет значительные убытки, нарушение технологического процесса может угрожать жизни людей, не говоря об отказах, которые влекут за собой многочисленные жертвы.

Надежность АСУ ТП

Разработка АСУ ТП должна осуществляться в соответствии с целым рядом требований:

- проектирование АСУ ТП выполняется так, чтобы готовая система имела открытую и гибкую архитектуру;
- структура АСУ ТП, уровни системы должны создаваться таким образом, чтобы различные подсистемы имели возможность взаимодействия и интеграции;
- в случае, если создание АСУ ТП выполняется в условиях, когда на предприятии уже функционирует ряд аналогичных подсистем, новый функционал должен иметь возможность интеграции с ними, в том числе и при условии, что действующие системы АСУТП разработаны другими производителями;
- проект АСУ ТП должен допускать поэтапный ввод системы в эксплуатацию, ее наращивание и развитие. [1]

Методы повышения надежности систем при проектировании

При проектировании системы в первую очередь выбираются принцип работы системы и ее структура. Если на стадии проектирования не будут учитываться вопросы надежности или будут допущены просчеты и неточности, то обеспечить надежность на последующих двух фазах жизнедеятельности будет весьма трудно, а иногда просто невозможно.

На безотказную работу системы влияет выбор стабильной схемы, в ней обычно наблюдаются минимальные связи между параметрами отдельных элементов, а также обеспечивается минимальное влияние отклонений элементов на величину ошибки в выходной величине системы.

Периодически, выбор между количеством элементов и стабильной работы схемы связан с преодолением определенных противоречий. В этих случаях применяется принцип отрицательных обратных связей. По этому принципу увеличивается количество каскадов разомкнутой цепи усиления, то есть увеличение количеств элементов схемы. Таким образом, повышение стабильности коэффициента усиления приводит к увеличению потенциальной возможности внезапного отказа в схеме.

Вероятность отказа зависит не только от количества, но и от качества элементов. А безотказность элементов зависит от режима работы элементов, именно поэтому лучше всего

выбирать режим работы при котором нагрузка меньше, чем номинальные значения, а степень уменьшения нагрузок зависит от конкретных задач.

Кроме того, на безотказность работы системы влияют условия работы, поэтому стоит максимально уменьшить влияние внешних и внутренних факторов на нагрузку системы.

Не стоит забывать о конструктивных мерах повышения безотказности, которые уменьшают воздействия механических нагрузок. Также стоит уменьшить влияние климатических нагрузок, что можно сделать, путем правильного оформления узлов и блоков.

Выделим основные моменты повышения надежности системы на стадии проектирования:

- 1) выбор простых и стабильных схем, учитывающих также возможности повышения надежности системы при эксплуатации;
- 2) применение качественных и перспективных элементов и выбором режимов работы элементов, соответствующих пониженным электрическим нагрузкам;
- 3) разработка конструкции системы и приборов, обеспечивающей минимальные нагрузки на систему и элементы, а также удобство обслуживания системы.

Методы повышения надежности систем при эксплуатации

При эксплуатации применяют следующие методы повышения надежности:

- 1) Обратные связи;
- 2) Резервирование.

Применение обратных отрицательных связей позволяет стабилизировать параметры отдельных узлов, блоков и приборов системы, что уменьшает вероятность отказа системы из-за постепенных отказов. Иногда применяют положительные обратные связи.

Повышение надежности системы также может производиться при помощи резервирования. Различают информационное, временное, функциональное, аппаратурное и структурное резервирование, рассмотрим последние три из них.

Функциональное резервирование обеспечивается введением в систему родственных взаимодополняющих функций, например аналоговой и цифровой регистрации, ручного и дистанционного управления, контроля с помощью приборов и на мониторе компьютера и т.п.

Аппаратное резервирование обеспечивается применением нескольких одинаковых устройств, для достижения цели.

Структурное резервирование предусматривает параллельную установку устройств (контроллеров и компьютеров) при выполнении наиболее важных функций управления.

Различают следующие виды структурного резервирования: автоматическое включение резервных устройств, при отказе рабочих («горячее» резервирование); включение заранее смонтированного резервного устройства за счет изменения коммутационных связей («холодное» резервирование); демонтаж неисправного устройства и замена его резервным.

Используют поэлементное резервирование и резервирование всей цепи основных элементов (нагруженный резерв). В полностью резервированной системе отказ одного элемента не ведет к отказу всей системы. При постоянном резервировании резервные устройства всегда включены в цепь, при этом до момента ремонта в цепь включены, как отказавшие устройства, так и рабочие. Постоянное регулирование имеет ряд преимуществ: простота схем, возможность применения к различным конструкциям (системам, приборам, узлам) и даже к внутриэлементным связям.

Существенным недостатком является изменение параметров схемы и режимов работы при отказах резервных устройств, что в некоторых случаях недопустимо, также для некоторого ряда систем данный вид резервирования технически трудно осуществить. Также ему присущи недостатки, связанные с увеличением веса, объема, стоимости аппаратуры и усложнением эксплуатации. Вес системы с применением постоянного резервирования может быть значительно уменьшен с применением микроминиатюрных и молекулярных элементов.

Резервирование с поэлементным замещением (ненагруженный резерв). Достоинство – в сохранении ресурса резервных элементов. Недостаток – в дополнительной возможности отказа переключающего элемента

Резервирование с общим замещением (ненагруженный резерв). Общее правило, которое можно применять в схемном резервировании, гласит: чем мельче масштаб резервирования, тем больше надежность.

Широко используется схема мажоритарного резервирования, которая носит также название «схема голосования из трех по два». Неисправный канал автоматически исключается из линии передачи информации.

Очень важное средство обеспечения надежности – соблюдение условий технологических процессов. Оно включает контроль за материалами, используемыми в системе, привильную организацию производственного контроля и уровня культуры производства.

Таким образом надежность системы на этапе эксплуатации может быть обеспечена только совокупностью большого количества методов, рассмотренных ранее.

Рассмотрим меры надежности отечественной SCADA-системы TRACE MODE. В TRACE MODE 6 использованы специальные методы повышения надежности АСУ ТП:

горячее резервирование серверов реального времени, горячее резервирование промышленных контроллеров под управлением Micro TRACE MODE, специальные технологии обеспечения работы в условиях помех и нестабильной связи, ведение дампа данных для безударного рестарта (при перезагрузке) программ, резервирование сетевых адаптеров с горячим переключением, горячее резервирование серверов промышленной СУБД РВ SIAD/SQL 6, восстановление данных на резервированных серверах СУБД РВ SIAD/SQL 6, автоматическое безударное переключение клиентов. [2], [3].

Надежность цифровых устройств

Надежность ЭВМ – свойство выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в допустимых пределах в течение требуемого промежутка времени, и возможность возобновления функционирования, утраченного по тем или иным причинам.

Классификация отказов ЭВМ:

1. По характеру изменения параметров до момента возникновения отказы делят на внезапные и постепенные.

Внезапные отказы возникают в результате мгновенного изменения одного или нескольких параметров элементов, из которых построена ЭВМ. Устранение внезапного отказа производят путем замены отказавшего элемента.

Постепенные отказы возникают в результате постепенного изменения параметров элемента до тех пор, пока значение одного из параметров не выйдет за некоторые пределы, определяющие нормальную работу элементов. Устранение постепенного отказа связано либо с заменой, ремонтом, регулировкой параметров отказавшего элемента, либо с компенсацией за счет изменения параметров других элементов.

2. По характеру устранения отказы делят на устойчивые и самоустраняющиеся.

Для устранения устойчивых отказов необходимо отрегулировать или заменить отказавший элемент. Самоустраняющиеся отказы исчезают без вмешательства техника и проявляются в форме сбоя или перемежающегося отказа

К внешним факторам возникновения сбоев относятся колебания напряжения питания, вибрации, температурные колебания. Специальными мерами (стабилизация, амортизация и термостатирование) влияние этих факторов может быть значительно ослаблено.

К внутренним факторам относятся флуктуационные колебания параметров элементов, не синхронность работы отдельных устройств, внутренние шумы и наводки.

Если в ЭВМ возникают сразу несколько отказов, то по их взаимосвязи различают независимые отказы (возникновение их не связано с предшествующими отказами) и зависимые (появление их вызвано отказом в предыдущий момент времени).

3. По внешним проявлениям отказы делят на явные и неявные.

Явные отказы обнаруживаются при внешнем осмотре, а неявные отказы - специальными методами контроля. [4]

Контроллеры отличаются друг от друга по широте и комплексности решения при их создании вопросов обеспечения надежности их функционирования. В целом надежность контроллеров характеризуется наработкой на отказ, которая определяется как отношение суммарного времени работоспособного состояния контроллера к математическому ожиданию числа его отказов в течение этого времени (ГОСТ 27.002-89) или наработкой до отказа – временем от начала эксплуатации до первого отказа. Надежность контроллеров обеспечивается целым комплексом мер.

В контроллерах для ответственных применений могут быть предусмотрены функции самодиагностики:

обнаружение ошибок центрального процессора; сигнализация о срабатывании сторожевого таймера; обнаружение отказа батареи или источника питания; обнаружение сбоя памяти; проверка программы пользователя; обнаружение выхода из строя предохранителя; обнаружение обрыва или короткого замыкания в цепи датчика и нагрузки.

Для сведения к минимуму нежелательных последствий, возникающих при сбое программного обеспечения, используется сторожевой таймер. [5]

Диагностирование

Для дискретных объектов диагностирования (ОД) характерно тестовое диагностирование, при котором на объекте подаются специальные, так называемые тестовые воздействия. Тестовые воздействия и последовательность их выполнения называются тестом.

В процессе технического диагностирования используются определенные параметры объекта, называемые диагностическими (контролируемыми) параметрами. Для каждого объекта можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние. Их выбирают в зависимости от применяемого метода диагностирования. Различают прямые и косвенные диагностические параметры. Прямой параметр непосредственно характеризует техническое состояние объекта. Косвенный параметр косвенно характеризует техническое состояние

Средства диагностирования по отношению к ОД могут быть встроенными или внешними.

Встроенное средство диагностирования (контроля технического состояния) - средство диагностирования (контроля), являющееся составной частью объекта.

Внешнее средство диагностирования (контроля технического состояния) - средство диагностирования (контроля), выполненное конструктивно отдельно от объекта.

В зависимости от предназначения для однотипных или разнотипных объектов диагностирования различают специализированные или универсальные средства технического диагностирования.

Кроме того, средства диагностирования могут быть аппаратными или программными.

Техническая диагностика тесно связана с понятием ремонтпригодность. Данное свойство электронных средств (ЭС), характеризующее показатели надежности, в технической диагностике рассматривается близким по значению свойством, называемым приспособленностью объекта к диагностированию (контролепригодность), которое означает свойство

Для достоверности определения работоспособного состояния цифровых устройств наиболее эффективно используются тестовые методы диагностики и контроля. В основе тестового контроля лежит тестовый сигнал, подаваемый на цифровое устройство (ЦУ) и вызывающий такую реакцию на входной сигнал, которая свидетельствует о том, что ЦУ находится в работоспособном состоянии. Контрольный тест формально определяется как

последовательность входных наборов и соответствующих им выходных наборов, обеспечивающих контроль исправного состояния цифрового узла. Контрольные тесты составляются таким образом, что позволяют обнаружить одиночные константные неисправности в статическом режиме.

Работоспособность контролируется следующим образом. На вход ЦУ подаются наборы кодов контрольного теста, снимаемые с ЦУ выходные наборы кодов сравниваются с эталонными кодами. При совпадении каждого из выходных кодов теста с эталонными, ЦУ считается работоспособным. Контрольные тесты составляются на базе анализа принципиальных схем ЦУ. В случае несовпадения сигналов контрольного и эталонного кодов дальнейшая подача тестов прекращается и на этом наборе диагностируется отказ. Диагностирование отказа начинается с того выхода ЦУ, на котором зафиксировано не совпадение контрольного и эталонного кодов.[6]

Средства диагностирования

При диагностировании и поиске неисправностей широко используются электрические измерительные приборы: вольтметры, омметры, мультиметры, осциллографы. В настоящее время практически все они применяют рассмотренные ранее способы измерения на основе использования микропроцессорной техники.

Для диагностирования цифровых устройств применяют логический пробник. Он представляет собой устройство для индикации двоичного состояния элементов дискретных схем.

Для дискретных систем используют логический анализатор. Логические анализаторы (ЛА) характеризуются числом каналов, емкостью памяти на канал (глубина записи), частотой записи, способами синхронизации и запуска, формой представления данных.

Заключение

Надежность систем управления и цифровых устройств играет очень важную роль в работе предприятий. В данной работе были рассмотрены основные виды цифровых устройств и систем управления, показатели их надежности, методы диагностирования, а также методы повышения надежности систем.

Для цифровых устройств рассмотрены основные типы отказов, такие как: внезапные и постепенные, устойчивые и самоустраняющиеся, явные и неявные. Для систем управления были исследованы методы повышения надежности систем на этапе проектирования – выбор простых и стабильных схем, учитывающих также возможности повышения надежности

системы при эксплуатации, применение качественных и перспективных элементов и выбором режимов работы элементов, соответствующих пониженным электрическим нагрузкам, разработка конструкции системы и приборов, обеспечивающей минимальные нагрузки на систему и элементы, а также удобство обслуживания системы, на этапе эксплуатации – обратные связи, резервирование, а также резервирование систем.

Но, ни один из методов не может обеспечить приемлемую надежность системы, необходимой надежности можно добиться лишь совокупность методов, а также своевременной диагностикой.

Список литературы

1. Официальный сайт компании Оптиматик [Электронный ресурс]

URL: <https://www.o-matic.ru/about/41-about-asu.html> (Дата обращения 11.10.2020)

2. Официальный сайт SCADA TRACE MODE [Электронный ресурс]

URL: <http://www.adastra.ru> (Дата обращения 11.10.2020)

3. “Автоматизированные системы управления технологическими процессами” [Электронный ресурс]

URL: <https://kipia-portal.ru/2016/02/22/avtomatizirovannye-sistemy-upravleniyatexnologicheskimi-processami/> (Дата обращения 12.10.2020)

4. Основные параметры и характеристики надежности ЭВМ и систем [Электронный ресурс]

URL: https://studopedia.su/13_104839_osnovnie-parametri-i-harakteristiki-nadezhnosti-evm-i-sistem.html

5. Проблемы обеспечения надежности программно-конфигурируемых сетей. Кусакина М. С., Нетес В. А. –МТУСИ, 2019 39-43 с

6. Биргер И. А. Техническая диагностика.— М.: «Машиностроение», 1978.—240,с, ил.