



Allen-Bradley

Использование ControlLogix в приложениях SIL2

**Справочное руководство
по обеспечению безопасности**

**Rockwell
Automation**

Важная информация для пользователя

Эксплуатационные характеристики полупроводникового оборудования отличаются от характеристик электромеханического оборудования. В публикации SGI-1.1 фирмы Allen-Bradley «Руководство по обеспечению безопасности при использовании, установке и обслуживании полупроводниковых устройств управления», имеющейся в вашем местном представительстве Rockwell Automation, а также в Интернете по адресу <http://www.ab.com/manuals/gi>, описываются некоторые важные различия между полупроводниковым оборудованием и электромеханическими устройствами с жесткими соединениями. В связи с этими различиями, а также большим разнообразием применений полупроводникового оборудования, все лица, ответственные за использование такого оборудования, должны удостовериться в приемлемости всякого предполагаемого применения такого оборудования.

Rockwell Automation ни в коем случае не отвечает за косвенный ущерб, связанный с использованием такого оборудования.

Примеры и схемы приводятся в данном руководстве исключительно для иллюстрации. Поскольку каждое конкретное оборудование характеризуется множеством специфических параметров и требований, Rockwell Automation, Inc. не берет на себя ответственность за фактическое использование продуктов на основе таких примеров и схем.

Rockwell Automation, Inc. не несет патентную ответственность в связи с использованием информации, цепей, оборудования или программного обеспечения, описанных в данном руководстве.

Воспроизведение содержания данного руководства, целиком или частично, без письменного разрешения Rockwell Automation, Inc. запрещается.

В настоящем документе используются примечания, обращающие ваше внимание на вопросы безопасности.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ



Обозначает информацию о способах действий или обстоятельствах, которые могут привести к взрыву в опасных условиях, что может повлечь травмы или смерть людей, материальный ущерб или экономические потери.

ВАЖНО

Обозначает информацию, имеющую критическое значение для успешного применения и понимания продукта.

ВНИМАНИЕ



Обозначает информацию о способах действий или обстоятельствах, которые могут привести к травмам или смерти людей, материальному ущербу или экономическим потерям. Такие примечания помогут вам:

- обнаружить опасность
- избежать опасность
- понять последствия

ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ



Такие знаки могут быть нанесены снаружи или внутри устройства для предупреждения о возможном наличии опасного напряжения.

ОПАСНОСТЬ ОЖОГА



Такие знаки могут быть нанесены снаружи или внутри устройства для предупреждения о том, что поверхности могут иметь опасную температуру.

Введение

В этой версии данного документа содержится обновленная информация. Внесенные изменения обозначаются вертикальной полосой на полях, как показано слева.

Новая и исправленная информация

Хотя вертикальные полосы на полях имеются в руководстве везде, где менялся текст (например, для исправления опечаток, допущенных в предыдущем издании), в таблице «Внесенные изменения».1 указывается наиболее значимая новая и исправленная информация, включенная в это издание данного руководства.

Таблица «Внесенные изменения».1 – Новая и измененная информация

| Эта информация | Находится | Новая или измененная |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Новые компоненты ControlLogix, сертифицированные для SIL2 | Таблица 1.1 на стр. 1-6 | Новая |
| Определение вероятности отказа при запросе (Probability of Failure on Demand) (PFD) для вновь сертифицированных компонентов | Таблица 1.3 на стр. 1-11 | Новая |
| Определение вероятности не обнаруженного опасного отказа в час (Probability of Undetected Dangerous Failure per Hour) (PFH) для вновь сертифицированных компонентов | Таблица 1.4 на стр. 1-13 | Новая |
| Информация о сертификатах безопасности и соответствии стандартам для вновь сертифицированных компонентов | Стр. 1-8 | Новая |
| Описание вновь сертифицированных компонентов в главах, посвященных конкретным типам устройств (например, контроллер 1756-L55M13 описан в Главе 4) | Главы 4, 5 и 6 | Новая |
| Определение вероятности отказа при запросе (Probability of Failure on Demand) (PFD) для вновь сертифицированных компонентов с периодичностью контрольных испытаний 2 и 4 года | Приложение E | Новая |
| Описание использования ControlLogix в приложениях SIL1 | Приложение F | Новая |

Для заметок:

Введение

Данное руководство по применению призвано описать компоненты системы управления ControlLogix (ControlLogix Control System), которые можно приобрести у Rockwell Automation для использования в приложениях SIL2.

Структура руководства

Цель данного руководства – разъяснить, как система управления ControlLogix (ControlLogix Control System) может быть сертифицирована для SIL2. В Таблице «Предисловие».1 указывается, какая информация содержится в каждом разделе.

Таблица «Предисловие».1

| Раздел: | Название: | Описание: |
|----------------|--|--|
| Глава 1 | Концепция SIL | Введение в концепцию SIL и связь этой концепции с системой ControlLogix. |
| Глава 2 | Система ControlLogix | Краткий обзор всех компонентов, содержащихся в системе ControlLogix, сертифицированной для SIL2. |
| Глава 3 | Аппаратная часть системы ControlLogix | Описание источников питания и шасси ControlLogix, используемых в SIL2-сертифицированной системе ControlLogix. |
| Глава 4 | Контроллер ControlLogix | Описание контроллера ControlLogix, используемого в SIL2-сертифицированной системе ControlLogix. |
| Глава 5 | Модули связи ControlLogix | Описание модулей связи ControlLogix, используемых в SIL2-сертифицированной системе ControlLogix. |
| Глава 6 | Модули ввода/вывода ControlLogix | Описание модулей ввода/вывода ControlLogix, используемых в SIL2-сертифицированной системе ControlLogix. |
| Глава 7 | Ошибки в системе ControlLogix | Описание двух часто встречающихся условий, вызывающих ошибку в системе ControlLogix. |
| Глава 8 | Основные требования к прикладному программному обеспечению | Принципы разработки приложений в среде RSLogix 5000 применительно к SIL2. |
| Глава 9 | Технические требования SIL2 к прикладной программе | Описание требований по технической безопасности в SIL2-сертифицированных приложениях ControlLogix. |
| Глава 10 | Назначение и применение человекомашинных интерфейсов (Human to Machine Interfaces) | Описание мер предосторожности и методик, которые должны применяться для устройств HMI, используемых в SIL2-сертифицированных приложениях ControlLogix. |
| Приложение A | Времена отклика в ControlLogix | Дополнительная информация по компонентам, содержащимся в SIL2-сертифицированном приложении ControlLogix. |
| Приложение B | Самотестирование системы и программируемые пользователем отклики | Описание самотестирования и откликов системы на различные результаты тестирования, возможные в системе ControlLogix. |

Таблица «Предисловие».1

| Раздел: | Название: | Описание: |
|--------------|---|--|
| Приложение С | Дополнительная информация по обработке отказов в системе ControlLogix | Дополнительная информация, которая может помочь пользователю справиться с отказом. |
| Приложение D | Оценка ложных отказов | Оценка частоты ложных отказов на основе эксплуатационных рекламаций. |
| Приложение E | Пример определения вероятности отказа при запросе (PFD) | Дополнительные расчеты PFD при периодичности контрольных испытаний 2 и 4 года. |

Разъяснение терминологии

Следующая таблица раскрывает акронимы, используемые в данном руководстве.

Таблица «Предисловие».2

| Акроним: | Полный термин: | Определение: |
|----------|---|---|
| CIP | Control and Information Protocol Управляющий и информационный протокол | Протокол передачи сообщений, используемый системами Logix5000™. Это собственный протокол связи, используемый коммуникационными сетями ControlNet™ наряду с другими протоколами. |
| DC | Diagnostic Coverage Диагностическое покрытие | Отношение количества обнаруженных отказов к общему числу отказов. |
| EN | European Norm. Европейский стандарт | Официальный европейский стандарт. |
| GSV | Get System Value Получить системное значение | Выходная инструкция релейной логики, которая получает информацию о состоянии заданного контроллера и помещает ее в тег-адресат. |
| MTBF | Mean Time Between Failures Наработка на отказ | Среднее время между возникновениями отказов. |
| MTTR | Mean Time to Restoration Среднее время до восстановления работоспособности | Среднее время, необходимое для восстановления нормальной работы после возникновения отказа. |
| PADT | Programming and Debugging Tool Инструмент программирования и отладки | Программное обеспечение RSLogix 5000, используемое для программирования и отладки SIL2-сертифицированного приложения ControlLogix. |
| PC | Personal Computer Персональный компьютер | Компьютер, используемый для взаимодействия с системой ControlLogix и управления ею посредством программного обеспечения RSLogix 5000. |
| PFD | Probability of Failure on Demand Вероятность отказа при запросе | Средняя вероятность того, что система не выполнит свою функцию по запросу. |
| PFH | Probability of Failure per Hour Вероятность возникновения отказа за час | Вероятность возникновения в системе опасного отказа в течение часа. |

Концепция SIL

Эта глава ознакомит вас с концепцией SIL и расскажет, как система ControlLogix удовлетворяет требованиям сертификации для SIL2.

| Для получения этой информации: | См. стр.: |
|--|-----------|
| Введение в SIL | 1-1 |
| Сертификация для SIL2 | 1-4 |
| Контрольные испытания | 1-5 |
| Компоненты SIL2-сертифицированной системы ControlLogix | 1-6 |
| Соответствие требованиям по безопасности | 1-8 |
| Конструкция аппаратных средств и функции микропрограммного обеспечения | 1-9 |
| Разница между PFD и PFH | 1-9 |
| Отвечающие SIL распределение и доли | 1-15 |
| Ведомственные нормы | 1-16 |
| Времена отклика | 1-16 |
| Контрольное время программы в системе ControlLogix | 1-17 |
| Контактная информация в случае возникновения отказа устройства | 1-17 |

Введение в SIL

Конкретные каталожные номера (указанные в Таблице 1.1 на стр.1-6) системы ControlLogix являются **разрешенными по типу устройства** и сертифицированными для использования в приложениях SIL2 согласно IEC 61508, а также в приложениях АК4 согласно DIN V19250. Требования SIL основаны на стандартах, действующих на момент сертификации.

Эти требования включают наработку на отказ (mean time between failures - MTBF), вероятность отказов, частоту отказов, диагностическое покрытие и доли безопасных отказов, отвечающие критериям SIL2. Результаты делают систему ControlLogix пригодной для применений вплоть до SIL2 включительно. Когда система ControlLogix находится в режиме обслуживания или программирования, за поддержание ее безопасного состояния отвечает пользователь.

Для помощи в создании программ необходим инструмент программирования и отладки PADT (Programming and Debugging Tool). Согласно IEC 61131-2 и этому справочному руководству по безопасности, PADT для ControlLogix – это RSLogix 5000.

TUV Rheinland одобрила использование системы ControlLogix в приложениях, связанных с обеспечением безопасности, вплоть до SIL2 включительно, в которых обесточенное состояние считается безопасным. Все представленные в данном руководстве примеры, относящиеся к вводу/выводу, основаны на достижении обесточенного состояния как безопасного состояния для типичных систем аварийного останова (Emergency Shutdown Systems - ESD).

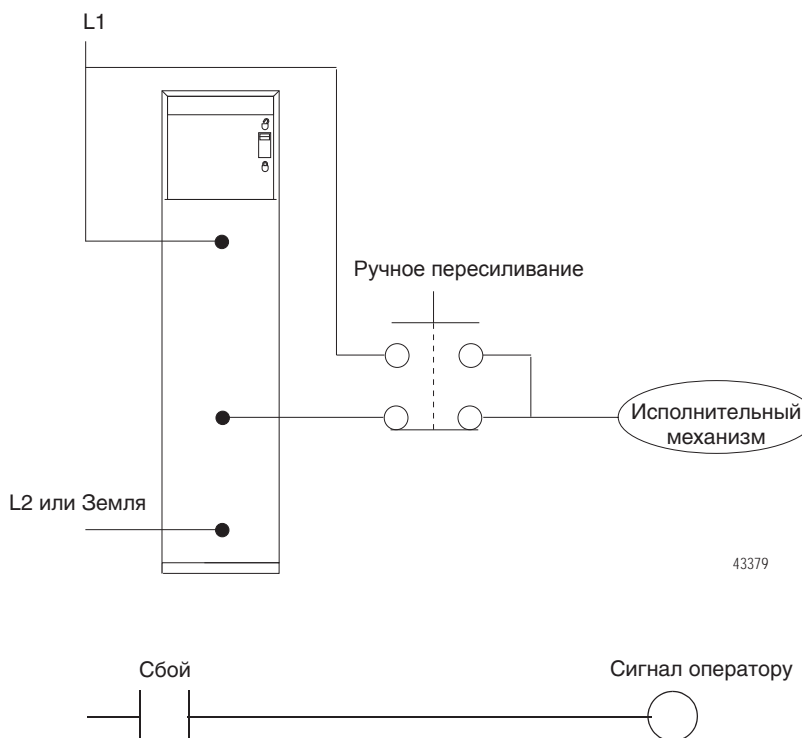
ControlLogix – это модульная и настраиваемая система с возможностью предварительного конфигурирования выходов и других откликов на состояние отказа. По существу, система может быть спроектирована так, чтобы отвечать требованию «сохранения последнего состояния» в случае возникновения ошибки, так что система может использоваться вплоть до 2-го уровня SIL - огонь и газ, а также в других приложениях, где требуется, чтобы выходные сигналы, подаваемые на исполнительные механизмы, оставались включенными. Понимая поведение системы ControlLogix для приложений аварийного останова, при проектировании системы можно предусмотреть соответствующие меры для того, чтобы она отвечала требованиям других применений. Эти меры связаны с управлением выходами и исполнительными механизмами, которые должны оставаться включенными, чтобы обеспечивалось безопасное состояние. Должны быть выполнены и другие требования SIL2, касающиеся входов с датчиков, программного обеспечения и т.д. Меры и модификации, относящиеся к применениям в условиях газа и огня, представлены ниже.

- Использование ручного пересиливания необходимо для того, чтобы оператор мог осуществлять необходимое управление в случае отказа контроллера. По концепции это аналогично функции внешнего реле или резервных выходов, необходимых для того, чтобы обеспечить обесточивание системы аварийного останова в случае возникновения отказа, способного воспрепятствовать этому (например, замыкания на выходе). Система знает о возникновении отказа, но характер отказа требует независимых мер осуществления управления и либо обесточивания, либо обеспечения альтернативного пути для непрерывной подачи питания на конечный исполнительный механизм.
- Если приложение не допускает наличия выхода, который может отказать при замыкании (наличии питания), то должны использоваться внешние средства обесточивания в случае возникновения отказа при замыкании, например, последовательное включение реле или другого выхода. (См. Рис. 6.8 на стр. 6-11).

Если приложение не допускает наличия выхода, который отказывает при размыкании (отключении питания), то должны использоваться внешние средства, такие как ручная отмена или параллельное включение выхода. (За информацией по ручному пересиливанию обращайтесь к Рис. 1.1 на стр. 1-3). Пользователь должен предусмотреть такие альтернативные средства и разработать прикладную программу для запуска альтернативных средств обесточивания или поддержания питания в случае отказа основного выхода.

- Такая цепь ручного переопределения показана на Рис. 1.1. Она состоит из набора контактов с фиксированными соединениями, отходящих от селектора или пусковой кнопки. Один нормально разомкнутый контакт обеспечивает обход питания от выхода контроллера непосредственно к исполнительному механизму. Другой контакт является нормально замкнутым и предназначен для удаления или изоляции выхода контроллера.
- Должна быть создана прикладная программа для контроля диагностических модулей вывода на предмет опасных отказов, таких как замкнутые или разомкнутые выходные каналы драйверов. Диагностические модули вывода должны быть настроены на сохранение последнего состояния в случае возникновения ошибки.
- Должен выдаваться диагностический сигнал, информирующий оператора о необходимости ручного управления.
- Неисправный модуль должен быть заменен в течение приемлемого периода времени.
- При каждом обнаружении ошибки пользователь должен каким-либо образом уведомлять об этом оператора (например, при помощи световой сигнализации).

Рисунок 1.1

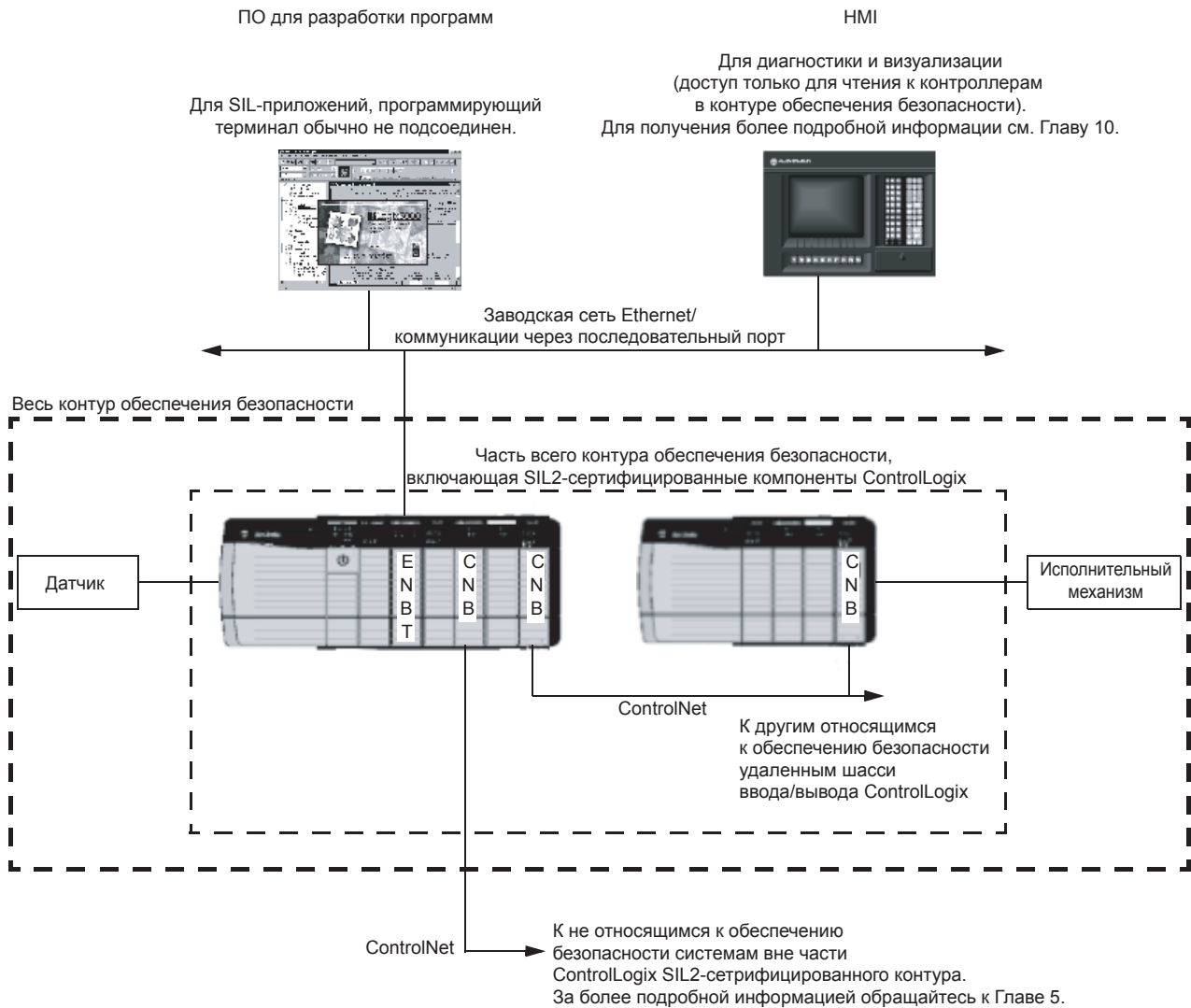


Сертификация для SIL2

На рисунке 1.2 показан типичный контур SIL, включающий:

- контур обеспечения безопасности в целом
- относящаяся к ControlLogix часть общего контура безопасности
- подключение к этому контуру других устройств (например, HMI), работающих вне контура

Рисунок 1.2



ВАЖНО

Пользователь системы отвечает за:

- Настройку, аттестацию для SIL и подтверждение адекватности всех датчиков или исполнительных механизмов, подключенных к системе управления ControlLogix.
- Управление проектом и функциональное тестирование.
- Программирование прикладного программного обеспечения и конфигурирование модулей в соответствии с описанием в нижеследующих главах.

Относящаяся к SIL2 часть сертифицированной системы не включает средства разработки и устройства человеко-машинного интерфейса (HMI); эти средства и устройства не являются частью выполняемого контура управления.

Контрольные испытания

Согласно IEC 61508, пользователь должен выполнять различные контрольные испытания оборудования, используемого в системе. Контрольные испытания выполняются с установленной пользователем периодичностью (например, каждый год, каждые два года или в любые необходимые сроки) и включают некоторые из следующих тестов:

- Тестирование всех процедур обработки ошибок для проверки того, что параметры процесса отслеживаются должным образом, и что система правильно реагирует на возникновение ошибки.
- Тестирование каналов цифрового входа или выхода для проверки того, что они не залипают во включенном или отключенном состоянии.
- Калибровка модулей аналогового входа и выхода для проверки того, что они выдают и используют точные данные.

ВАЖНО

Периодичность проведения контрольных испытаний определяется конкретными приложениями пользователя.

Однако следует помнить, что в расчете вероятности отказа при запросе (Probability of Failure on Demand, PFD), приведенном в Таблице 1.3 на стр.1-11, используется периодичность контрольных испытаний в один год. В случае изменения периодичности контрольных испытаний эти данные должны быть пересчитаны.

В Приложении E приведены расчеты PFD для периодичности контрольных испытаний в 2 и 4 года.

За дополнительной информацией по контрольным испытаниям системы обращайтесь к Главе 2 «Система ControlLogix». За дополнительной информацией о необходимых контрольных испытаниях модулей ввода/вывода обращайтесь к Главе 6 «Модули ввода/вывода ControlLogix».

Компоненты SIL2-сертифицированной системы ControlLogix

В Таблице 1.1 представлены имеющиеся компоненты, которые могут использоваться в SIL2-сертифицированной системе ControlLogix.

Таблица 1.1 Компоненты для использования в SIL2-сертифицированной системе

| Тип устройства: | Номер по каталогу: | Описание: | Серия: | Ревизия микропрограммного обеспечения: ⁽⁵⁾ | Документация ⁽⁶⁾ , содержащая дополнительную информацию по данному каталожному номеру: Инструкции по установке: | Руководство пользователя: |
|------------------------------|-----------------------------|--|--------|---|---|--|
| Аппаратура | 1756-A4, A7, A10, A13 и A17 | Шасси ControlLogix | B | Нет | 1756-IN080 | Отсутствует для этих номеров по каталогу |
| | 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | A | Нет | 1756-5.78 | |
| | 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | A | Нет | | |
| | 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | A | Нет | 1756-IN573 | |
| | 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | A | Нет | | |
| | 1756-PSCA ⁽¹⁾ | Адаптерный модуль шасси резервированного источника питания | A | Нет | 1756-IN574 | |
| | 1756-PSCA2 | Адаптерный модуль шасси резервированного источника питания | A | Нет | 1756-IN590 | |
| Контроллер | 1756-L55M13 ⁽²⁾ | 1,5 Мб контроллер ControlLogix | A | 11.32 10.27 | 1756-IN101 | 1756-UM001 |
| | 1756-L55M16 ⁽²⁾ | 7,5 Мб контроллер ControlLogix | A | 11.32 10.27 | | |
| Цифровые модули ввода/вывода | 1756-IA16I | Модуль изолированного входа переменного тока | A | 2.2 | 1756-IN059 | 1756-UM058 |
| | 1756-IA8D | Модуль диагностического входа переменного тока | A | 2.6 | 1756-IN055 | |
| | 1756-IB16D | Модуль диагностического входа постоянного тока | A | 2.6 | 1756-IN069 | |
| | 1756-IB16I | Модуль изолированного входа постоянного тока | A | 2.2 | 1756-IN010 | |
| | 1756-IB32 | Модуль входа постоянного тока | B | 3.5 | 1756-IN027 | |
| | 1756-OA16I | Модуль изолированного выхода переменного тока | A | 2.1 | 1756-IN009 | |
| | 1756-OA8D | Модуль диагностического выхода переменного тока | A | 2.4 | 1756-IN057 | |
| | 1756-OB16D | Модуль диагностического выхода постоянного тока | A | 2.3 | 1756-IN058 | |
| | 1756-OB16I | Модуль изолированного выхода постоянного тока | A | 2.1 | 1756-IN512 | |
| | 1756-OB32 | Модуль выхода постоянного тока | A | 2.4 | 1756-IN026 | |
| | 1756-OB8EI | Модуль изолированного выхода постоянного тока | A | 2.3 | 1756-IN012 | |
| | 1756-OW16I | Модуль выхода изолированного реле | A | 2.1 | 1756-IN011 | |
| | 1756-OX8I | Модуль выхода изолированного реле | A | 2.1 | 1756-IN513 | |

Таблица 1.1 Компоненты для использования в SIL2-сертифицированной системе

| Тип устройства: | Номер по каталогу: | Описание: | Серия: | Версия микропрограммного обеспечения: ⁽⁵⁾ | Документация ⁽⁶⁾ , содержащая дополнительную информацию по данному каталожному номеру: | |
|--------------------------------|---------------------------|--|--------|--|---|--|
| | | | | | Инструкции по установке: | Руководство пользователя: |
| Аналоговые модули ввода/вывода | 1756-IF16 | Модуль несимметричного аналогового входа | A | 1.5 | 1756-IN039 | 1756-UM009 |
| | 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового входа | A | 1.9 | 1756-IN034 | |
| | 1756-IF8 | Модуль аналогового входа | A | 1.5 | 1756-IN040 | |
| | 1756-IR6I | Модуль входа термометра сопротивления | A | 1.9 | 1756-IN014 | |
| | 1756-IT6I | Модуль входа термопары | A | 1.9 | 1756-IN037 | |
| | 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль входа термопары | A | 1.11 | 1756-IN586 | |
| | 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового выхода (ток) | A | 1.9 | 1756-IN036 | |
| | 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового выхода (напряжение) | A | 1.9 | 1756-IN035 | |
| | 1756-OF8 | Модуль аналогового выхода | A | 1.5 | 1756-IN015 | |
| Модули связи | 1756-CNB ⁽²⁾ | Модуль связи ControlNet | D | 5.38 5.27 | 1756-IN571 | CNET-UM001 1756-UM514 1756-UM050 |
| | 1756-CNBR ⁽²⁾ | Резервированный модуль связи ControlNet | D | 5.38 5.27 | | |
| | 1756-DHRIO ⁽³⁾ | Data Highway Plus - модуль интерфейса связи с удаленным вводом/выводом | C | 5.03 | 1756-IN003 | |
| | 1756-ENBT ⁽⁴⁾ | Модуль связи Ethernet | A | 1.33 | 1756-IN019 | |

(1) Существующие системы, использующие 1756-PSCA, сертифицированы для SIL2. Однако мы рекомендуем по возможности использовать 1756-PSCA2 при внедрении новых SIL2-сертифицированных систем или модернизации существующих систем.

(2) Этот номер по каталогу предлагает две SIL2-сертифицированные ревизии микропрограммного обеспечения. Мы рекомендуем использовать последнюю сертифицированную ревизию микропрограммного обеспечения (т.е. ревизию с самым большим номером) при внедрении новых SIL2-сертифицированных систем или модернизации существующих систем. При этом системы, продолжающие использовать старые ревизии микропрограммного обеспечения, останутся SIL2-сертифицированными.

(3) Модуль 1756-DHRIO включен в данную таблицу, так как этот модуль может использоваться для соединения системы обеспечения безопасности с сетью Data Highway Plus. Однако сеть Data Highway Plus не является SIL2-сертифицированной и не может использоваться в составе SIL2-сертифицированной системы. Она может использоваться только для подключения не относящихся к обеспечению безопасности устройств к системе обеспечения безопасности. Поскольку этот модуль не входит в систему обеспечения безопасности, он не приведен в расчетах PFD и PFH в таблицах 1.3 и 1.4 далее в этой главе.

(4) Модуль 1756-ENBT включен в данную таблицу, так как этот модуль может использоваться для соединения системы обеспечения безопасности с сетью EtherNet/IP. Однако сеть EtherNet/IP не является SIL2-сертифицированной и не может использоваться в составе SIL2-сертифицированной системы. Она может использоваться только для подключения не относящихся к обеспечению безопасности устройств к системе обеспечения безопасности. Поскольку этот модуль не входит в систему обеспечения безопасности, он не приведен в расчетах PFD и PFH в таблицах 1.3 и 1.4 далее в этой главе.

(5) Пользователи должны использовать указанные серии и ревизии микропрограммного обеспечения, чтобы их приложения были SIL2-сертифицированы. Ревизии микропрограммного обеспечения доступны на ресурсе <http://support.rockwellautomation.com/ControlFlash/>

(6) Данные публикации имеются на сайте Rockwell Automation по адресу <http://www.theautomationbookstore.com> или <http://www.ab.com/manuals>.

Соответствие требованиям по безопасности

В таблице 1.2 перечислены продукты ControlLogix, указанные в данном руководстве, и стандарты безопасности, которым отвечают эти продукты, если они помечены крестиком.

Таблица 1.2 Сертификаты продуктов

| Номер по каталогу: | UL 508 | UL 1604 | CSA C22.2 №. 142 | CSA C22.2 №. 213 | CSA C22.2 №. 1010 | FM 3600, FM 3611 | IEC 61131-2 |
|--------------------|--------|---------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------|
| 1756-Axx | X | | X | X | | X | X |
| 1756-CNB | X | | X | X | | | X |
| 1756-CNBR | X | | X | X | | | X |
| 1756-DHRIO | X | | X | X | | | X |
| 1756-ENBT | X | | | X | X | | X |
| 1756-IA16I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IA8D | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IB16D | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IB16I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IB32 | X | | | X | X | X | X |
| 1756-IF16 | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IF6I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IF8 | X | | X | X | | | X |
| 1756-IR6I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IT6I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-IT6I2 | X | | | X | X | X | X |
| 1756-L55, L55Mxx | X | | X | X | | | X |
| 1756-OA16I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OA8D | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OB16D | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OB16I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OB8EI | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OF6CI | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OF6VI | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OF8 | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OW16I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-OX8I | X | | X | X | | X | X |
| 1756-PA75R | X | X | | X | X | | X |
| 1756-PB75R | X | X | | X | X | | X |
| 1756-PSCA | X | X | | X | X | | X |
| 1756-PSCA2 | X | X | | X | X | | X |

Конструкция аппаратных средств и функции микропрограммного обеспечения

Конструктивные решения по аппаратным средствам диагностики и функции микропрограммного обеспечения, реализованные в платформе ControlLogix, позволяют ей достичь как минимум SIL2-сертификации в конфигурации с одним контроллером. Эти диагностические возможности включены в конкретные компоненты ControlLogix, такие как:

- Процессор
- Источник питания
- Модули ввода/вывода
- Задняя шина

и рассматриваются в последующих разделах. Конструктивные решения, возможности и характеристики платформы ControlLogix делают ее одной из наиболее интеллектуальных платформ.

Некоторые из особенностей ControlLogix включают:

- Несколько микропроцессоров, которые проверяют сами себя и друг друга
- Модули ввода/вывода со встроенными микропроцессорами
- Архитектура ввода/вывода, включающая модули, соединенные с главным центральным процессором (CPU) через заднюю шину.

Соединения через заднюю шину, наряду с идентификацией конфигурации, позволяют достичь новый уровень диагностики модулей ввода/вывода, которого не было в более ранних платформах.

Разница между PFD и PFH

Системы, связанные с обеспечением безопасности, можно подразделить на две категории: работающие в режиме низкой частоты запросов и в режиме высокой частоты запросов (непрерывно). IEC 61508 количественно определяет эту классификацию, устанавливая, что частота запросов на работу системы обеспечения безопасности не превышает одного раза в год в режиме низкой частоты запросов, и более раза в год в режиме высокой частоты запросов (непрерывной работы). Вообще говоря, один раз в год увеличивается до десяти раз в год.

Значение SIL для систем обеспечения безопасности с низкой частотой запросов непосредственно зависит от диапазонов порядков средней вероятности того, что она не сможет удовлетворительно выполнить свои функции по обеспечению безопасности по запросу, или, проще говоря, от вероятности отказа при запросе (PFD). Значение SIL для систем обеспечения безопасности, работающих в режиме высокой частоты запросов (непрерывно) непосредственно зависит от вероятности возникновения опасного отказа в час (PFH).

Хотя значения PFD и PFH обычно связаны с каждым из трех элементов, составляющих систему обеспечения безопасности (датчики, исполнительные механизмы, логический элемент), их можно привязать к каждому компоненту логического элемента, т.е. каждому модулю программируемого контроллера.

В Таблицах 1.3 и 1.4 представлены значения PFD и PFH для конкретных продуктов ControlLogix, оцененных TUV.

Значения наработки на отказ (MTBF), приведенные в Таблицах 1.3 и 1.4, вычислены на основе полевых данных для каждого продукта. Минимальная установленная база должна существовать по крайней мере за один год до расчета этого значения. Предполагается, что продукты используются 16 часов в день, 5 дней в неделю, 52 недели в году. Можно заметить, что эти значения обновляются раз в месяц и что приведенные ниже значения были актуальны, когда готовилась эта публикация. Столбец частоты отказов (λ) в Таблицах 1.3. и 1.4 является просто обратной величиной MTBF.

Для примера расчетов PFD были сделаны несколько предположений:

- 50 % отказов каждого продукта, о которых поступила информация в Rockwell Automatio, являются опасными отказами.
- Для модулей, используемых в архитектуре 1oo1, диагностическое покрытие (DC) составляет 90%.
- Для модулей, используемых в архитектуре 1oo2, диагностическое покрытие составляет 60%.
- Доля обнаруженных отказов по общей причине (β_D) – 1%.
- Доля не обнаруженных отказов по общей причине (β) – 2%.

Поскольку Rockwell Automation не знает и не может знать каждое возможное приложение для каждого продукта, пришлось сделать эти очень консервативные предположения для выполнения расчетов.

Для примера расчетов, представленных в этом руководстве, в качестве двух зависимых от приложения переменных использовались следующие значения:

- Среднее время восстановления (MTTR) равно десяти часам.
- Периодичность контрольных испытаний (T_1) составляет 1 год (8760 часов).⁽¹⁾

Согласно IEC61508, уравнение для PFD при архитектуре 1oo1 имеет вид:

$$PFD = (\lambda_{DU} + \lambda_{DD})t_{CE} = \lambda_D t_{CE} = \lambda/2 [T_1/2 (1 - DC) + MTTR]$$

- где: λ_{DU} - частота не обнаруженных опасных отказов (в час)
- λ_{DD} - частота обнаруженных опасных отказов (в час)
- t_{CE} - «эквивалентное среднее время простоя канала»
- λ_D - частота опасных отказов в час
- λ - общая частота отказов продукта (в час)

⁽¹⁾ Расчет PFD при периодичности контрольных испытаний в 2 и 4 года приводится в Приложении E.

Для архитектуры 1oo2 уравнение PFD значительно сложнее. См. IEC61508, Часть 6, Приложение В.

Значения PFD в Таблице 1.3 даны для архитектуры, которая должна использоваться для конкретных продуктов, чтобы выполнить требования SIL2.

Таблица 1.4 включает те же значения МТФВ и частоты отказов, что и Таблица 1.3, но с добавлением расчетных значений PFH для работы в режиме высокой частоты запросов/непрерывном режиме.

Согласно IEC61508, уравнение для PFH при архитектуре 1oo1 имеет вид:

$$PFH = \lambda_{DU} = \lambda/2 (1 - DC)$$

Это уравнение для архитектуры 1oo2 см. в IEC61508, Часть 6. Значения в Таблице 1.4 даны для архитектуры, которая должна использоваться для конкретных продуктов, чтобы выполнить требования SIL2.

Таблица 1.3 Расчет вероятности отказа при запросе (PFD) для продуктов ControlLogix

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | $\lambda^{(5)}$ | Расчетное значение PFD: | |
|-------------------|--|--|-----------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-Axx | Шасси ControlLogix | 40,143,919 ⁽²⁾ (среднее ⁽³⁾) | 2.49E-08 | 5.58E-06 | |
| 1756-CNB | Мост ControlNet | 2,892,608 ⁽²⁾ | 3.46E-07 | 7.74E-05 | |
| 1756-CNBR | Резервированный мост ControlNet | 2,003,588 ⁽²⁾ | 4.99E-07 | 1.12E-04 | |
| 1756-IA16I | Изолированный вход переменного тока | 4,144,192 | 2.41E-07 | | 4.30E-06 |
| 1756-IA8D | Диагностический вход переменного тока | 3,856,320 | 2.59E-07 | | 4.63E-06 |
| 1756-IB16D | Диагностический вход постоянного тока | 7,386,774 | 1.35E-07 | | 2.40E-06 |
| 1756-IB16I | Изолированный вход постоянного тока | 3,562,624 | 2.81E-07 | | 5.02E-06 |
| 1756-IB32 | Модуль входа постоянного тока | 3,601,615 | 2.78E-07 | | 4.96E-06 |
| 1756-IF16 | Модуль несимметричного аналогового входа | 1,278,481 | 7.82E-07 | | 1.44E-05 |
| 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового входа | 2,051,077 | 4.88E-07 | | 8.82E-06 |
| 1756-IF8 | Аналоговый вход | 1,690,694 | 5.91E-07 | | 1.08E-05 |
| 1756-IR6I | Вход термометра сопротивления | 3,456,960 | 2.89E-07 | | 5.17E-06 |
| 1756-IT6I | Вход термопары | 4,784,000 | 2.09E-07 | | 3.72E-06 |
| 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль входа термопары | 2,320,724 | 4.31E-07 | | 7.77E-06 |
| 1756-L55M13 | Контроллер ControlLogix 1,5 Мб | 987,327 ⁽²⁾ | 1.01E-06 | 2.27E-04 | |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 7,5 Мб | 2,855,348 ⁽²⁾ | 3.50E-07 | 7.84E-05 | |

Таблица 1.3 Расчет вероятности отказов при запросе (PFD) для продуктов ControlLogix

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | λ ⁽⁵⁾ | Расчетное значение PFD | |
|-------------------|--|--|--------------------------|------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-OA16I | Изолированный выход переменного тока | 1,994,720 | 5.01E-07 | | 9.07E-06 |
| 1756-OA8D | Диагностический выход переменного тока | 3,839,680 | 2.60E-07 | 5.83E-05 | |
| 1756-OB16D | Диагностический выход постоянного тока | 4,520,534 | 2.21E-07 | 4.96E-05 | |
| 1756-OB16I | Изолированный выход постоянного тока | 1,703,520 | 5.87E-07 | | 1.07E-05 |
| 1756-OB32 | Модуль выхода постоянного тока | 3,531,731 | 2.83E-07 | | 5.06E-06 |
| 1756-OB8EI | Выход постоянного тока с плавким предохранителем | 1,239,680 | 8.07E-07 | | 1.48E-05 |
| 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового выхода (ток) | 7,307,600 | 1.37E-07 | | 2.43E-06 |
| 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового выхода (напряжение) | 16,423,680 | 6.09E-08 | | 1.07E-06 |
| 1756-OF8 | Аналоговый выход | 2,054,694 | 4.87E-07 | | 8.80E-06 |
| 1756-OX8I | Контактный выход | 6,639,360 | 1.51E-07 | | 2.67E-06 |
| 1756-OW16I | Модуль изолированного релейного выхода | 2,117,635 | 4.72E-07 | | 8.53E-06 |
| 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | 7,301,935 ⁽²⁾ | 1.37E-07 | 3.07E-05 | |
| 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 5.11E-08 | |
| 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | 7,100,760 ⁽²⁾ | 1.41E-07 | 3.15E-05 | |
| 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 5.11E-08 | |
| 1756-PSCA | Модуль адаптера шасси источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 4.96E-06 | |
| 1756-PSCA2 | Модуль адаптера шасси резервированного источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 4.96E-06 | |

(1) MTBF в часах.

(2) Рассчитано на основе полевых данных для компонентов

(3) Среднее = Среднее арифметическое всех MTBF для всех пяти шасси (1756-A4, A7, A10, A13 и A17)

(4) Предполагается, что оба источника питания выходят из строя одновременно

(5) λ = частота отказов = 1/ MTBF

Расчеты PFD для периодичности контрольных испытаний в 2 и 4 года приводятся в Приложении Е.

Таблица 1.4 Расчет вероятности не обнаруженных опасных отказов в час (PFH) для продуктов ControlLogix

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | $\lambda^{(5)}$ | Расчетное значение PFH: | |
|-------------------|---|--|-----------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-A-- | Шасси ControlLogix | 40,143,919 ⁽²⁾ (среднее ⁽³⁾) | 2.49E-08 | 1.25E-09 | |
| 1756-CNB | Мост ControlNet | 2,892,608 ⁽²⁾ | 3.46E-07 | 1.73E-08 | |
| 1756-CNBR | Резервированный мост ControlNet | 2,003,588 ⁽²⁾ | 4.99E-07 | 2.50E-08 | |
| 1756-IA16I | Изолированный вход переменного тока | 4,144,192 | 2.41E-07 | | 1.74E-09 |
| 1756-IA8D | Диагностический вход переменного тока | 3,856,320 | 2.59E-07 | | 1.87E-09 |
| 1756-IB16D | Диагностический вход постоянного тока | 7,386,774 | 1.35E-07 | | 9.63E-10 |
| 1756-IB16I | Изолированный вход постоянного тока | 3,562,624 | 2.81E-07 | | 2.03E-09 |
| 1756-IB32 | Модуль входа постоянного тока | 3,601,615 | 2.78E-07 | | 2.01E-09 |
| 1756-IF16 | Модуль несимметричного аналогового входа | 1,278,481 | 7.82E-07 | | 6.00E-09 |
| 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового входа | 2,051,077 | 4.88E-07 | | 3.62E-09 |
| 1756-IF8 | Аналоговый вход | 1,690,694 | 5.91E-07 | | 4.44E-09 |
| 1756-IR6I | Вход термометра сопротивления | 3,456,960 | 2.89E-07 | | 2.10E-09 |
| 1756-IT6I | Вход термопары | 4,784,000 | 2.09E-07 | | 1.50E-09 |
| 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль входа термопары | 2,320,724 ⁽²⁾ | 4.31E-07 | | 3.18E-09 |
| 1756-L55M13 | Контроллер ControlLogix 1,5 Мб | 987,327 ⁽²⁾ | 1.01E-06 | 5.06E-08 | |
| 1756-L55M16 | Процессор ControlLogix 5555 | 2,855,348 ⁽²⁾ | 3.50E-07 | 1.75E-08 | |
| 1756-OA16I | Изолированный выход переменного тока | 1,994,720 | 5.01E-07 | | 3.72E-09 |
| 1756-OA8D | Диагностический выход переменного тока | 3,839,680 | 2.60E-07 | 1.30E-08 | |
| 1756-OB16D | Диагностический выход постоянного тока | 4,520,534 | 2.21E-07 | 1.11E-08 | |
| 1756-OB16I | Изолированный выход постоянного тока | 1,703,520 | 5.87E-07 | | 4.40E-09 |
| 1756-OB32 | Модуль выхода постоянного тока | 3,531,731 | 2.83E-07 | | 2.05E-09 |
| 1756-OB8EI | Выход постоянного тока с плавким предохранителем | 1,239,680 | 8.07E-07 | | 6.20E-09 |
| 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового выхода (ток) | 7,307,600 | 1.37E-07 | | 9.74E-10 |
| 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового выхода (напряжение) | 16,423,680 | 6.09E-08 | | 4.29E-10 |
| 1756-OF8 | Аналоговый выход | 2,054,694 | 4.87E-07 | | 3.61E-09 |
| 1756-OW16I | Модуль изолированного релейного выхода | 2,117,635 | 4.72E-07 | | 3.50E-09 |
| 1756-OX8I | Контактный выход | 6,639,360 | 1.51E-07 | | 1.07E-09 |
| 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | 7,301,935 ⁽²⁾ | 1.37E-07 | 6.85E-09 | |
| 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 1.14E-11 | |
| 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | 7,100,760 ⁽²⁾ | 1.41E-07 | 7.04E-09 | |

Таблица 1.4 Расчет вероятности не обнаруженных опасных отказов в час (PFH) для продуктов ControlLogix

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | λ ⁽⁵⁾ | Расчетное значение PFH | |
|-------------------|--|--|--------------------------|------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 1.14E-11 | |
| 1756-PSCA | Адаптер шасси источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 1.11E-09 | |
| 1756-PSCA2 | Модуль адаптера шасси резервированного источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 1.11E-09 | |

(1) MTBF в часах.

(2) Рассчитано на основе полевых данных для компонентов

(3) Среднее = Среднее арифметическое всех MTBF для всех пяти шасси (1756-A4, A7, A10, A13 и A17)

(4) Предполагается, что оба источника питания выходят из строя одновременно

(5) λ = частота отказов = 1/ MTBF

В Таблице 1.5 приводится пример расчета PFD для контура обеспечения безопасности, включающего два модуля входа постоянного тока, используемых в конфигурации 1oo2, и модуль выхода постоянного тока.

Таблица 1.5

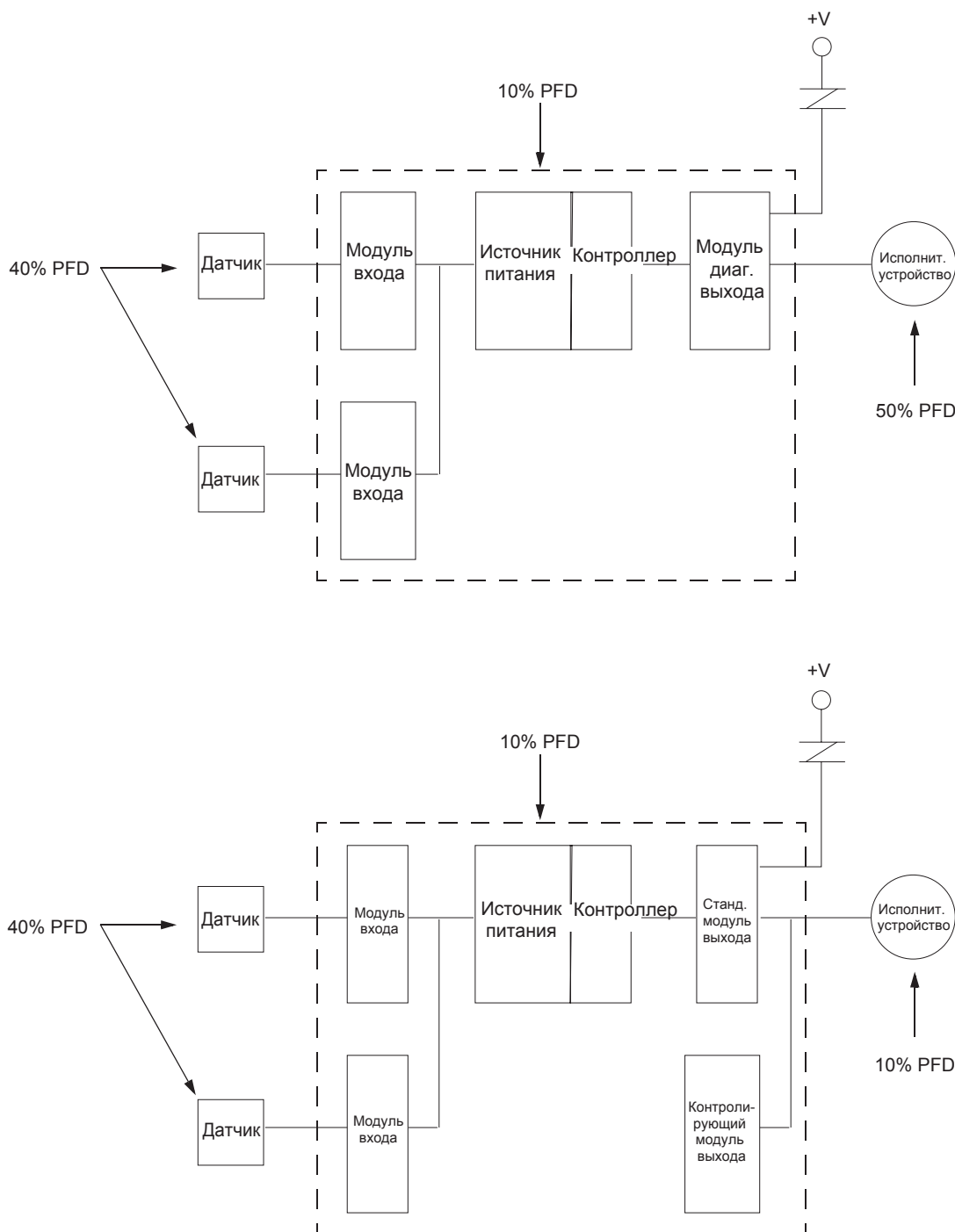
| Номер по каталогу: | Описание: | MTBF: | Расчетное значение PFD: |
|--|--|-----------------------------|-------------------------|
| 1756-Axx | Шасси ControlLogix | 40,143,900 (среднее) | 5.58E-06 |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 5555 | 2,855,348 | 7.84E-05 |
| 1756-OB16D | Выход постоянного тока | 4,520,534 | 4.96E-05 |
| 1756-IB16D | Диагностический выход постоянного тока | 7,386,774 | 2.40E-06 |
| Суммарная расчетная PFD для контура обеспечения безопасности, состоящего из указанных продуктов: | | | 1.36E-04 |

Этот пример графически представлен в первом контуре, показанном на Рисунке 1.3 на стр. 1-15.

**Отвечающие SIL
распределение и
доли**

По консервативной оценке, на программируемый контроллер можно отнести 10% ответственности за надежность (см. рис. 1.3). SIL2-системе могут понадобиться несколько входов для критичных датчиков и входных устройств, а также парные выходы, соединенные последовательно с парными исполнительными устройствами, в зависимости от оценок SIL для системы обеспечения безопасности (см. рис. 1.3).

Рисунок 1.3 Системы ControlLogix или контур



Ведомственные нормы

В пользовательской документации, поставляемой вместе с продуктами ControlLogix, обычно указываются ведомственные нормы, которым отвечают данные продукты. Если продукт соответствует ведомственным сертификационным нормам, это указывается на этикетке продукта. Сертификационные нормы, которым отвечает продукт, приводятся в таблице его характеристик, как показано в следующем примере.

| Сертификация | UL | Промышленное оборудование управления, перечисленное в UL |
|--------------|--------|--|
| | CSA | Сертифицированное по CSA оборудование управления процессами для опасных зон класса I, Раздел 2, Группы A, B, C, D. |
| | FM | Оборудование, разрешенное в соответствии с FM для использования в опасных зонах, класс I, Раздел 2, Группы A, B, C, D. |
| | CE | Директива 89/336 /ЕЕС EMC Евросоюза, соответствующая: EN 50081-2; Промышленные выбросы |
| | C-Tick | Австралийский закон о радиосвязи, соответствующий: AS/NZS 2064; Промышленные выбросы |

Времена отклика

Время отклика системы определяется как время, требуемое для того, чтобы изменение входного состояния было распознано и обработано программой релейной логики контроллера, а затем на исполнительное устройство был подан соответствующий выходной сигнал. Время отклика системы – это сумма следующих величин:

- аппаратные задержки на входе
- фильтрация входа
- настройки RPI ввода/вывода и модуля связи
- время сканирования программы контроллера
- задержки в прохождении на модуле выхода

Каждое из перечисленных выше времен по-разному зависит от таких факторов, как тип модуля ввода/вывода и команды, используемые в программе релейной логики. Примеры этих расчетов приведены в Приложении А «Времена отклика в ControlLogix».

За дополнительной информацией по существующим командам и полным описанием логических операций и выполнения обращайтесь к следующим публикациям:

- Справочное руководство по основному набору команд контроллеров Logix5000, публикация 1756-RM003.
- Руководство пользователя системы ControlLogix, публикация 1756-UM001.

Эти публикации можно получить у Rockwell Automation.

Время программного сторожевого таймера в системе ControlLogix

Время программного сторожевого таймера – это заданное пользователем время, которое устанавливается в меню атрибутов контроллера программного обеспечения RSLogix 5000. За более подробной информацией обращайтесь к Руководству пользователя системы ControlLogix, публикация номер 1756-UM001. Эту публикацию можно получить у Rockwell Automation.

Время программного сторожевого таймера – это максимально возможное время, разрешенное для цикла работы (RUN) (время цикла). Если время цикла превышает время программного сторожевого таймера то в контроллере возникает основная ошибка. Пользователи должны контролировать сторожевой таймер и запрограммировать выходы системы на переход в безопасное состояние (обычно состояние ВЫКЛ) в случае возникновения в контроллере основной ошибки. За более подробной информацией по ошибкам обращайтесь к Главе 7 “Ошибки в системе ControlLogix”.

Время программного сторожевого таймера должно быть не меньше 10 мс и должно составлять менее 50% времени безопасности, требуемого для системы ControlLogix. Время безопасности – это максимальный отрезок времени, в течение которого процесс допускает неверный сигнал.

Контактная информация на случай отказа устройства

При возникновении отказа любого SIL2-сертифицированного устройства ControlLogix пользователю следует обратиться в региональный офис продаж Rockwell Automation. Это позволит пользователю:

- Вернуть устройство в Rockwell Automation для надлежащей регистрации отказа для соответствующего номера по каталогу.
- При необходимости запросить выполнение анализа отказа для выявления его причины, если это возможно.

Для заметок:

Система ControlLogix

В данной главе приведен обзор некоторых стандартных характеристик архитектуры ControlLogix, которые способствуют ее использованию в приложениях SIL2.

| Для получения этой информации: | См. стр.: |
|--|-----------|
| Общий обзор платформы ControlLogix | 2-1 |
| Обзор архитектуры ControlLogix | 2-2 |
| Получение информации об ошибках модулей | 2-3 |
| Обработка ошибок | 2-3 |
| Проверка связи посредством эха данных | 2-4 |
| Импульсное тестирование | 2-5 |
| Программное обеспечение | 2-6 |
| Связь | 2-6 |
| Другие уникальные возможности, способствующие выполнению диагностики | 2-7 |

Общий обзор платформы ControlLogix

Многие методы и приемы диагностики, используемые в платформе ControlLogix, представляют собой улучшенные версии методов и конструктивных решений, включенных в платформы PLC компании Allen-Bradley за последние три десятилетия.

Эти разработки были выполнены для обеспечения надежности и детерминированного отклика системы, которых так ждали наши заказчики после перехода от электромеханических технологий к полупроводниковым.

Процедуры самопроверки и диагностика, выполняемые системами на основе микропроцессоров (например, ControlLogix), были значительно усовершенствованы за последние годы.

Программируемые контроллеры, такие как ControlLogix, могут быть запрограммированы и настроены для осуществления проверок всей системы, включая ее конфигурацию, монтаж и функционирование, а так же контроля входных датчиков и устройств вывода.

На случай обнаружения аномалии (помимо автоматического выключения) система может быть запрограммирована для запуска заданной пользователем процедуры обработки ошибки. Модули выхода могут отключить заданные выходы в случае отказа. Новые диагностические модули ввода/вывода выполняют самотестирование, чтобы удостовериться в функционировании коммутации полевых устройств. Модули вывода используют импульсное тестирование, чтобы убедиться, что выходные переключатели не закорочены. Используя эти внутренние возможности, а так же, в случае необходимости, прикладное программное обеспечение, сегодняшние заказчики, приобретающие ControlLogix, имеют возможность получить высоконадежные системы управления.

Обзор архитектуры ControlLogix

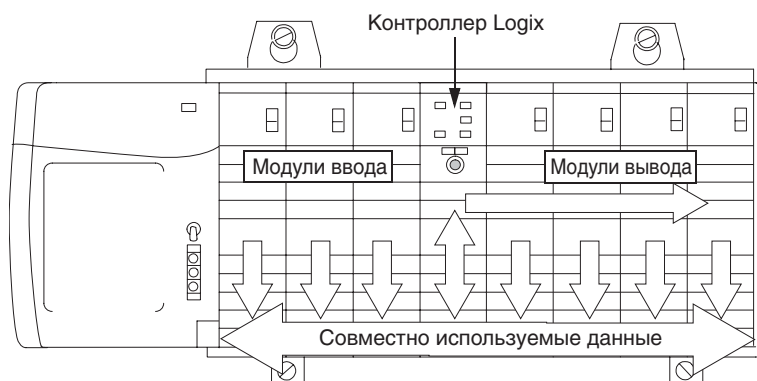
Новейшее поколение программируемых контроллеров Rockwell Automation – это система ControlLogix. Ее конструкция и реализация воплощают ряд возможностей, превосходящих что-либо предлагавшееся в предыдущих архитектурах этого продукта. Включение этих возможностей является усовершенствованиями, побуждаемыми потребительским спросом на большее время безотказной работы и более высокую надежность, а также многолетним опытом Rockwell Automation в создании подобных продуктов.

Одно из наиболее существенных изменений в архитектуре – это реализация модели обмена данными «Производитель/Потребитель» (Producer/Consumer – P/C) между контроллером и устройствами ввода/вывода. Эта модель заменила традиционный опрос модулей ввода/вывода и, следовательно, изменила общую схему действия этих компонентов по сравнению с их аналогами в предыдущих архитектурах. Модули ввода «производят» данные, контроллер и модули вывода как «производят», так и «потребляют» данные.

Эти изменения были внесены ввиду обеспечиваемых ими улучшенных возможностей по поддержанию целостности данных и выдаче сообщений об ошибках. Модули ввода/вывода теперь передают гораздо больше, чем простое состояние ВКЛ/ВЫКЛ устройств, к которым они подсоединены. Идентификационные данные модуля, состояние связи, коды ошибок и, благодаря использованию специально разработанных модулей, полевая диагностика – все это теперь можно получить от системы ввода/вывода, так как это входит в стандартный набор возможностей модели обмена данными «Производитель/Потребитель» (см. Рис. 2.1).

Рис. 2.1

Модель обмена данными "Производитель/Потребитель"



Получение информации об ошибках модулей

Одним из ключевых понятий этой модели является Принадлежность (Ownership). Каждый модуль в системе управления теперь «принадлежит» как минимум одному контроллеру в данной архитектуре. «Принадлежность» модуля ввода/вывода контроллеру означает, что такой контроллер хранит данные о конфигурации модуля, заданные пользователем; эти данные диктуют поведение модуля в системе. Неотъемлемой частью в такой конфигурации и принадлежности является установление «пульсации» между контроллером и модулем; эта «пульсация» также известна как запрашиваемый межпакетный интервал (Requested Packet Interval - RPI).

Существование RPI создает основу для **получения информации об ошибках на уровне модулей** в архитектуре ControlLogix. Такая возможность присуща всем модулям ввода/вывода ControlLogix.

За более подробной информацией о получении информации об ошибках модулей в контроллере ControlLogix, а именно, об инструкциях GSV, обращайтесь к Главе 7 «Ошибки в системе ControlLogix».

Обработка ошибок

RPI определяет минимальный временной интервал, с которым контроллер и модуль ввода/вывода должны взаимодействовать друг с другом. Если по какой-либо причине связь не может быть установлена или поддержана (т.е. произошел отказ модуля ввода/вывода), то система может быть запрограммирована на запуск специальной **процедуры обработки ошибок**. Эта процедура определяет, должна ли система продолжить работу или состояние ошибки требует закрытия приложения.

Например, система может быть запрограммирована на получение кода ошибки отказавшего модуля и принятие решения, исходя из типа ошибки, о возможности продолжения работы. Кроме того, стандартные модули вывода ControlLogix также способны сообщать контроллеру о выходе из строя предохранителя и потере питания полевых устройств.

Такая способность контроллера следить за работоспособностью модулей ввода/вывода в системе и принимать соответствующие меры исходя из серьезности ошибки дает пользователю полный контроль за поведением приложения в случае сбоя. Именно пользователь отвечает за определение хода действий, необходимого для решения конкретной задачи обеспечения безопасности.

За дополнительной информацией об обработке ошибок обращайтесь к Главе 7 «Ошибки в системе ControlLogix».

Проверка связи посредством эха данных

Еще одним мощным побочным продуктом модели обмена данными «производитель/потребитель» и реализации протокола управления и данных (Control and Information Protocol, CIP) является **эхо выходных данных** (Output Data Echo) - метод связи, используемый для обмена данными между контроллерами-владельцами и каждым модулем вывода в системе. Эхо выходных данных позволяет пользователю удостовериться в том, что выданная контроллером выходная команда ON/OFF (ВКЛ/ВЫКЛ) была действительно получена соответствующим модулем вывода, и что этот модуль попытается выполнить эту команду для подключенного к нему полевого устройства.

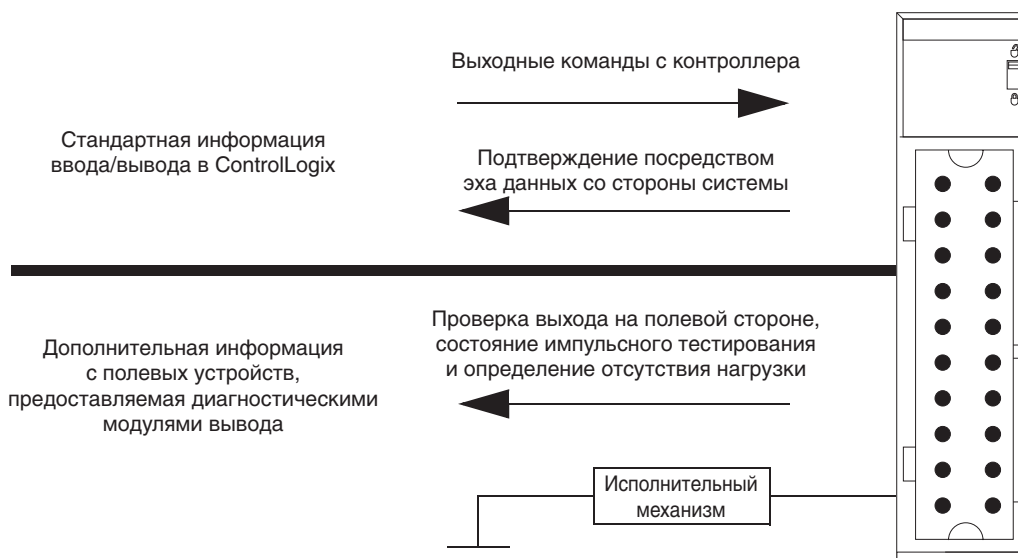
Когда контроллер посылает выходную команду в процессе нормальной работы, модуль вывода, которому предназначается эта команда, «отразит» это запрашиваемое состояние обратно в систему после получения команды. Это подтверждает, что данный модуль получил команду и будет пытаться ее выполнить. Сравнивая запрошенное с контроллера состояние с эхом данных, полученным от модуля, пользователь может удостовериться в том, что сигнал достиг нужного модуля, и что этот модуль попытается активизировать соответствующее полевое устройство. И вновь определение хода действий, позволяющего решить конкретную задачу по обеспечению безопасности, является ответственностью пользователя.

Использование эха данных со стандартными модулями вывода ControlLogix позволяет отслеживать команды вплоть до системной части относительно модуля, но не до полевых устройств. Однако, когда эта возможность используется в сочетании с диагностическими модулями вывода, пользователь действительно может убедиться в сохранности выходной команды от контроллера до подключенного к модулю исполнительного устройства.

Диагностические модули вывода включают специальную схему, выполняющую **проверку выхода на стороне полевых устройств**. В результате этой проверки пользователь получает информацию о том, что команды на стороне системы, полученные модулем, точно представлены на стороне питания переключателя. Другими словами, для каждой точки выхода эта функция подтверждает, что выход включен (ON), когда подается команда на включение, и выключен (OFF), когда подается команда на выключение.

Возможность сравнения фактического состояния выхода на полевой стороне диагностического модуля с выдаваемыми контроллерами командами позволяет пользователю убедиться в том, что модуль выполняет именно то, что запрашивает система управления, подав выходную команду.

Рис. 2.2 Поведение модуля вывода в системе ControlLogix



Импульсное тестирование

Функция диагностического модуля вывода, которая называется **Импульсным Тестированием**, может проверять функционирование выходной цепи без реального изменения состояния исполнительного механизма, подключенного к выходу. Под программным управлением пользователя на определенный выход модуля подается очень короткий импульс. Выходная цепь тотчас же изменит свое текущее состояние на достаточно длительное время для того, чтобы убедиться в том, что она **МОЖЕТ** изменять свое состояние по запросу, но не настолько долго (фактически импульс измеряется в миллисекундах), чтобы оказать воздействие на исполнительный механизм, подключенный к выходу. Эта мощная возможность позволяет пользователю осуществлять приоритетную диагностику вероятного будущего состояния модуля еще до его возникновения.

Программное обеспечение

Размещение, присваивание и конфигурирование модулей ввода/вывода и контроллеров осуществляются при помощи программного обеспечения RSLogix 5000 (версия 10). Это программное обеспечение используется для создания, тестирования и отладки используемой в приложении логики.

При использовании RSLogix 5000 пользователи должны помнить следующее:

- В процессе нормальной SIL2-сертифицированной системы:
 - рекомендуется, чтобы используемый для программирования терминал был отключен.
 - переключатель должен быть установлен в положение RUN (РАБОТА).
 - ключ контроллера должен быть вынут из переключателя.
- Уполномоченный персонал может изменять прикладную программу, но только при помощи одного из процессов, описанных в разделе «Изменение вашей прикладной программы» на странице 9-6.

Связь

ControlNet лежит в основе коммуникаций ввода/вывода на задней шине ControlLogix и по сети. Это проверенная на практике в промышленных условиях сеть, включающая 16-битный циклический избыточный код (CRC) и стандартный сетевой протокол CIP. Для планирования сети необходимо использовать программное обеспечение RSNetWorx for ControlNet. Правильность сетевого расписания независимо проверяется контроллером после загрузки программы; расписание должно соответствовать программе RSLogix 5000. Это программное обеспечение также обеспечивает пользовательскую обработку ошибок (например, выполняет процедуру обработки ошибки) в случае их возникновения.

В контроллере имеется последовательный порт для загрузки или только для визуализации. Он использует проверенный в промышленных условиях протокол канала связи DF-1, использующий либо 8-битную контрольную сумму BCC, либо 16-битный CRC. Последовательный порт также использует стандартный промышленный сетевой протокол CIP, работающий на канале DF-1.

Также имеется EtherNet/IP-соединение для загрузки, контроля и визуализации.

Другие уникальные возможности, способствующие выполнению диагностики

Здесь приводятся лишь несколько примеров того, как неотъемлемые характеристики системы ввода/вывода ControlLogix предоставляют пользователю беспрецедентные возможности для диагностики и реагирования на ошибки в приложении. Существует и множество других уникальных особенностей, которые отличают ее от предыдущих итераций программируемых контроллеров, как, например:

- Временные отметки данных ввода/вывода и диагностики
- Электронный ключ на основе идентификации модуля

За более подробной информацией обращайтесь к Руководству пользователя цифрового ввода/вывода, публикация номер 1756-UM058.

Контрольный перечень для системы ControlLogix

Следующий контрольный перечень необходим для проектирования, программирования и ввода в эксплуатацию SIL2-сертифицированной системы ControlLogix. Он может использоваться в качестве руководства при проектировании, а также при проведении контрольных испытаний. В случае использования в качестве руководства при проектировании этот контрольный перечень можно сохранить как один из проектных документов.

Контрольный перечень для системы ControlLogix⁽¹⁾

| Компания: | | | | |
|------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Объект: | | | | |
| Описание контура управления: | | | | |
| № | | Выполнено | | Комментарии |
| | | Да | Нет | |
| 1 | Вы используете только SIL2-сертифицированные модули ControlLogix, перечисленные в Таблице 1.1 на стр. 1-6, с соответствующей версией микропрограммного обеспечения, указанной в этой таблице, для вашего приложения по обеспечению безопасности? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Вы вычислили время отклика системы? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Включает ли время отклика системы как заданное пользователем контрольное время для программы SIL-задачи (контрольное время программного обеспечения), так и время выполнения самой SIL-задачи? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Находится ли время отклика системы в правильном отношении к временному допуску процесса? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | Были ли значения PFD рассчитаны в соответствии с конфигурацией системы? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | Выполнили ли вы все необходимые контрольные тесты? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | Определили ли вы параметры вашего процесса, отслеживаемые процедурами обработки ошибок? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | Определили ли вы, каким образом ваша система будет обрабатывать ошибки? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | Вы используете версию 10 RSLogix 5000 – программного обеспечения для программирования системы ControlLogix? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | Учли ли вы контрольные перечни для использования входов и выходов SIL, представленные на страницах 6-25 и 6-26? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

⁽¹⁾ За дополнительной информацией по конкретным вопросам из этого контрольного перечня обращайтесь к предыдущим разделам данной главы или к Главе 1 «Концепция SIL».

Для заметок:

Аппаратные средства системы ControlLogix

В данной главе рассказывается об аппаратных средствах, необходимых в SIL2-сертифицированных системах ControlLogix.

| Для получения этой информации: | См. стр.: |
|--|-----------|
| Вводная часть по аппаратным средствам | 3-1 |
| Шасси ControlLogix | 3-2 |
| Источники питания ControlLogix | 3-2 |
| Источник питания без резервирования | 3-2 |
| Резервированный источник питания | 3-3 |
| Рекомендации по использованию системных аппаратных средств | 3-3 |
| Документация по аппаратным средствам ControlLogix | 3-4 |

Вводная часть по аппаратным средствам

SIL2-сертифицированные системы ControlLogix могут использовать следующие шасси и источники питания:

- Шасси ControlLogix – включая следующие номера по каталогу:
 - 1756-A4
 - 1756-A7
 - 1756-A10
 - 1756-A13
 - 1756-A17
- Источники питания ControlLogix - включая следующие номера по каталогу:
 - 1756-PA75
 - 1756-PB75
 - 1756-PA75R
 - 1756-PB75R
 - 1756-PSCA
 - 1756-PSCA2
 - кабели 1756-CPR

Шасси ControlLogix

Шасси ControlLogix 1756-Axx обеспечивают физические соединения между модулями и задней шиной ControlLogix. Эти соединения позволяют осуществлять обмен данными типа «производитель/потребитель» между контроллерами и модулями ввода/вывода. Шасси как таковое выполняет пассивную роль и его дальнейшее обсуждение не требуется, поскольку маловероятно, что в нормальных условиях окружающей среды произойдет какая-либо его физическая поломка, и что эта поломка проявится и будет обнаружена как отказ в одном или нескольких активных компонентах.

Источники питания ControlLogix

При разработке источников питания ControlLogix были предусмотрены фильтрация шумов и изоляция с целью уменьшения возможности наведенного шумового загрязнения подаваемого напряжения. Источник питания контролирует мощность на задней шине и вырабатывает управляющие сигналы (например, DC_FAIL_L) с целью индикации угрозы потери питания. Аномалии в подаваемом напряжении немедленно отключают источник питания. Источник питания отслеживает все напряжения на источниках питания через шину считывания.

ВАЖНО Для работы источников питания ControlLogix в приложениях SIL2 не требуется дополнительного конфигурирования или монтажа.

Все источники питания ControlLogix разработаны с целью:

- обнаружения аномалий;
- обеспечения связи с контроллерами при достаточном запасе энергии для осуществления организованного и детерминированного останова системы, включая контроллер и устройства ввода/вывода.

Источник питания без резервирования

Источники питания ControlLogix без резервирования (т.е. один источник питания подключен к шасси), сертифицированные для использования в SIL2-приложениях, включают следующие номера по каталогу:

- 1756-PA75 – источник питания переменного тока
- 1756-PB75 - источник питания постоянного тока

Резервированный источник питания

Резервированные источники питания ControlLogix (т.е. два источника питания подключены к одному и тому же шасси), сертифицированные для использования в SIL2- приложениях, включает следующие номера по каталогу:

- 1756-PA75R – источник питания переменного тока
- 1756-PB75R - источник питания постоянного тока
- 1756-PSCA – адаптерный модуль шасси резервированного источника питания, необходимый при использовании резервированных источников питания
- 1756-CPR - кабели

Источники питания разделяют токовую нагрузку, требуемую шасси и внутреннему полупроводниковому реле, которое может известить об ошибке. При обнаружении отказа в одном источнике, резервный источник питания автоматически принимает на себя полную токовую нагрузку, требуемую шасси, без нарушения работы установленных устройств.

Адаптерный модуль шасси резервированного источника питания 1756-PSCA соединяет резервированный источник питания с шасси.

За дополнительной информацией об источниках питания ControlLogix обращайтесь к документации, указанной в разделе «Документация по аппаратным средствам ControlLogix» на стр. 3-4.

Рекомендации по использованию системных аппаратных средств

При использовании SIL2-сертифицированных аппаратных средств ControlLogix пользователи должны принимать во внимание нижеследующие рекомендации:

Шасси

При установке шасси ControlLogix руководствуйтесь информацией, содержащейся в документации по продукту, указанной в разделе «Документация по аппаратным средствам ControlLogix» на стр. 3-4.

Источники питания

При использовании SIL2-сертифицированных источников питания ControlLogix пользователи должны принимать во внимание следующие рекомендации:

- При установке источников питания ControlLogix руководствуйтесь информацией, содержащейся в документации по продукту, указанной в разделе «Документация по аппаратным средствам ControlLogix» на стр. 3-4.
- Источник питания без резервирования может использоваться в том случае, если он отвечает заданному пользователем критерию PFD.
- Для приложений SIL2, требующих высокой готовности системы, рекомендуется использовать резервированный источник питания.
- Рекомендуется подключить информирующее об ошибке полупроводниковое реле на каждом источнике питания от соответствующего источника напряжения к точке входа ControlLogix, чтобы пользователь мог обнаруживать неисправность источника питания и выводить соответствующую информацию.

Документация по аппаратным средствам ControlLogix

За более подробной информацией по аппаратным средствам ControlLogix обращайтесь к публикациям Rockwell Automation, перечисленным в Таблице 3.1:

Таблица 3.1

| Номер по каталогу: | Описание: | Инструкции по установке: |
|-----------------------------|--|--------------------------|
| 1756-A4, A7, A10, A13 и A17 | Шасси ControlLogix | 1756-IN080 |
| 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | 1756-5.78 |
| 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | |
| 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | 1756-IN573 |
| 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | |
| 1756-PSCA | Адаптерный модуль шасси резервированного источника питания | 1756-IN574 |
| 1756-PSCA2 | Адаптерный модуль шасси резервированного источника питания | 1756-IN590 |

Эти публикации доступны на следующих ресурсах:

<http://www.theautomationbookstore.com>

<http://www.ab.com/manuals>

Контроллер ControlLogix

В этой главе рассказывается про контроллер ControlLogix в части его использования в SIL2-сертифицированных системах.

Вводная часть по контроллеру

Контроллеры ControlLogix (номера по каталогу 1756-L55M13 и 1756-L55M16), используемые в SIL2-сертифицированной системе ControlLogix – это полупроводниковые системы управления с программируемой пользователем памятью для хранения данных, обеспечивающих выполнение определенных функций, таких как:

- Управление вводом/выводом
- Логические функции
- Таймеры
- Счетчики
- Генерация отчетов
- Связь
- Арифметические функции
- Операции с файлами данных

Контроллер состоит из центрального процессора, интерфейса ввода/вывода и памяти.

Контроллер выполняет функциональные тесты при включении питания и во время работы. Эти тесты используются в сочетании с созданными пользователем прикладными программами для подтверждения правильности действий контроллера.

Рекомендации по использованию контроллера

При использовании контроллера SIL2-сертифицированной системы ControlLogix пользователи должны принимать во внимание следующие рекомендации:

- Используйте только один контроллер в контуре SIL2-сертифицированной системы ControlLogix. Контроллер должен владеть информацией по конфигурации всех модулей ввода/вывода, связанных с контуром безопасности.
- При установке контроллера ControlLogix руководствуйтесь информацией, содержащейся в документации, которая указывается в следующем разделе «Документация по контроллеру».

Документация по контроллеру

За дополнительной информацией по контроллеру ControlLogix обращайтесь к публикациям Rockwell Automation, перечисленным ниже в Таблице 4.1:

Таблица 4.1

| Номер по каталогу: | Описание: | Инструкции по установке: | Руководство пользователя: |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1756-L55M13 | 1,5 Мб контроллер ControlLogix | 1756-IN101 | 1756-UM001 |
| 1756-L55M16 | 7,5 Мб контроллер ControlLogix | | |

Эти публикации Rockwell Automation можно найти в Интернете по адресам:

<http://www.theautomationbookstore.com>

<http://www.ab.com/manuals>

Модули связи ControlLogix

В этой главе идет речь о модулях связи, которые используются в SIL2-системе ControlLogix.

| Для получения информации о: | См. стр.: |
|--|-----------|
| Вводные слова о модулях связи | 5-1 |
| Модуль моста ControlNet | 5-2 |
| Кабельная проводка ControlNet | 5-2 |
| Диагностическое покрытие модуля ControlNet | 5-2 |
| Модуль Ethernet | 5-2 |
| Ethernet или ControlNet | 5-2 |
| Документация по модулям связи | 5-4 |

Вводные слова о модулях связи

Модули связи в SIL2-сертифицированных системах ControlLogix устанавливают коммуникационные мосты между рамами ControlLogix и другими рамами или устройствам при помощи сетей ControlNet или Ethernet. Доступны следующие модули связи:

- Модули ControlNet – номера по каталогу 1756-CNB & 1756-CNBR
- Модули Ethernet - номер по каталогу 1756-ENBT
- Дополнительный канал данных – удаленный ввод-вывод - номер по каталогу 1756-DHRIO

Модули связи ControlLogix могут быть использованы в соединениях типа точка-точка между устройствами ControlLogix. Модули связи также могут использоваться для расширения ввода-вывода в дополнительные рамы удаленного ввода-вывода ControlLogix.

Модуль моста ControlNet

Модуль моста ControlNet (1756-CNB & 1756-CNBR) обеспечивает связь между рамами ControlLogix через сеть ControlNet.

Кабельная проводка ControlNet

При удаленных стойках для ControlNet необходим одножильный коаксиальный кабель RG6. Хотя использование резервного средства при 1756-CNBR не является обязательным требованием, это обеспечивает более высокую надежность системы. Резервное средство не требуется для работы SIL2.

Диагностическое покрытие модуля ControlNet

Все коммуникации через пассивные средства ControlNet осуществляются через CIP, который гарантирует доставку данных. Все модули независимо проверяют корректность передачи данных.

Модуль Ethernet

Модуль моста Ethernet (1756-ENBT) обеспечивает связь между рамами ControlLogix и другим устройствам через сеть Ethernet.

Канал связи Ethernet основан на стандартном сетевом протоколе CIP, работающем поверх протоколов TCP и UDP, используя 32-битный код CRC. К тому же TCP и UDP с 16-битными контрольными суммами работают поверх Ethernet.

Ethernet или ControlNet

Хотя использование протокола Ethernet для отдельных приложений, таких как программная загрузка, вполне допустимо, для Ethernet необходим коммутатор для топологии «звезда». Компания Rockwell Automation не продает и не снабжает информацией по SIL2/SIL3 Ethernet коммутаторам. К тому же Ethernet является активным средством, в то время как ControlNet использует пассивные средства (а это означает очень низкую долю ошибок).

Дополнительный канал данных – удаленный ввод-вывод

Модуль интерфейса связи дополнительного канала данных – удаленного ввода-вывода (1756-DHRIO) поддерживает множество видов связи. **Однако, вы можете использовать только часть DH+ функциональных возможностей в SIL2-приложениях.**

Рекомендации по использованию модулей связи

При использовании SIL2-сертифицированных модулей связи пользователи должны учитывать рекомендации, приведенные ниже:

- При установке модулей связи ControlLogix руководствуйтесь информацией, представленной в документации, которая перечислена в разделе «Документация по модулям связи» на странице 5-4.
- Используйте Ethernet только для связи с интерфейсами человек-машина (HMI) и программными терминалами. Для получения информации по использованию HMI см. рисунок 1.2 на стр.1-4, а также Главу 10, «Использование и применение интерфейсов человек-машина».
- Используйте DH+ для связи с интерфейсами человек-машина (HMI) и для соединения с небезопасными частями системы. Для получения информации по использованию HMI см. рисунок 1.2 на стр.1-4, а также Главу 10, «Использование и применение интерфейсов человек-машина».
- Рамы удаленного ввода-вывода должны быть соединены исключительно при помощи ControlNet.
- Соединение типа точка-точка сведено только к ControlNet и должно возникать только если контроллер в контуре безопасности **делится** своей собственной информацией (например, через созданные теги) с другими контроллерами вне контура.
- Для обмена данными ввода-вывода используйте соединения, основанные только на ожидании.
- Для обмена данными, не касающимися ввода-вывода, используйте теги производитель/потребитель.
- Обычно ни одному устройству не предоставляется прав на запись данных в контроллер, находящийся в контуре безопасности. Единственное исключение из этой рекомендации – это использование устройств HMI. Для получения дополнительной информации по использованию HMI в контуре безопасности см. Главу 10.

Для получения подробной информации по соединению рам удаленного ввода-вывода и связи типа точка-точка см. рисунок 1.2 на странице 1-4.

Документация по модулям связи

Для получения подробной информации по модулям связи ControlLogix см. публикации Rockwell Automation, перечисленные ниже в таблице 5.1:

Таблица 5.1

| Номер по каталогу: | Описание: | Инструкции по установке: | Руководство пользователя: |
|--------------------|---|--------------------------|---------------------------|
| 1756-CNB | Модуль связи ControlNet | 1756-IN571 | CNET-UM001 |
| 1756-CNBR | Резервный модуль связи ControlNet | | |
| 1756-DNRIO | Модуль интерфейса связи дополнительного канала данных – удаленного ввода-вывода | 1756-IN003 | 1756-UM514 |
| 1756-ENBT | Модуль связи Ethernet | 1756-IN019 | ENT-UM001 |

Эти публикации можно получить у Rockwell Automation в Интернете по адресам:

<http://www.theautomationbookstore.com>

<http://www.ab.com/manuals>

Модули ввода/вывода ControlLogix

В этой главе рассказывается о SIL2-сертифицированных модулях ввода/вывода ControlLogix.

| За этой информацией: | См. стр.: |
|---|-----------|
| Обзор модулей ввода/вывода ControlLogix | 6-1 |
| Информирование об ошибке модуля для любого модуля ввода/вывода ControlLogix | 6-4 |
| Использование модулей цифрового ввода | 6-4 |
| Подключение модулей цифрового ввода ControlLogix | 6-6 |
| Использование модулей цифрового вывода | 6-7 |
| Подключение модулей цифрового вывода ControlLogix | 6-10 |
| Использование модулей аналогового ввода | 6-13 |
| Подключение модулей аналогового ввода ControlLogix | 6-16 |
| Контрольный перечень для входов SIL | 6-25 |
| Контрольный перечень для выходов SIL | 6-26 |

Обзор модулей ввода/вывода ControlLogix

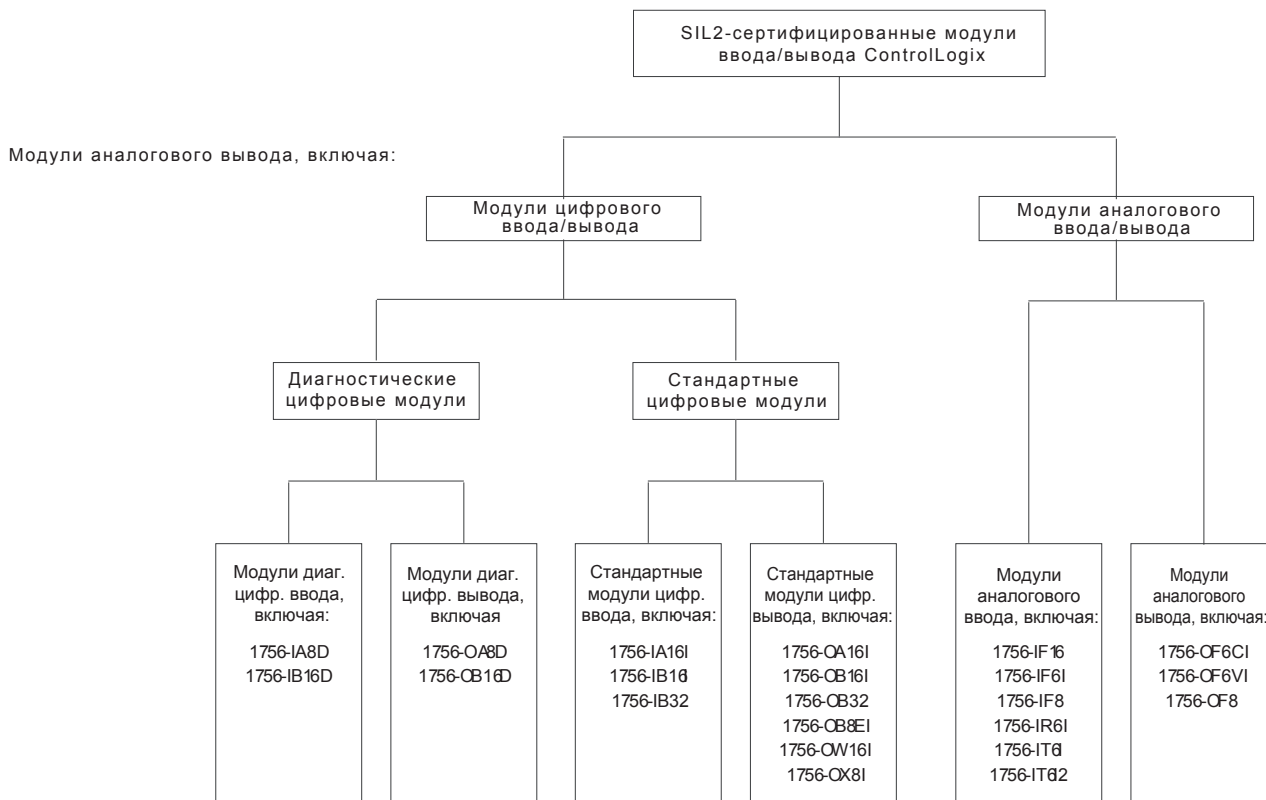
В большинстве основных описаний указывается два типа SIL2-сертифицированных модулей ввода/вывода ControlLogix:

- Модули цифрового ввода/вывода
- Модули аналогового ввода/вывода

Однако внутри каждого типа имеются различия между конкретными модулями. Поскольку для каждого типа модуля такие отличия охватывают различные уровни, наилучшим образом можно представить многочисленные SIL2-сертифицированные модули ввода/вывода ControlLogix в графическом виде.

На Рис. 6.1 показаны SIL2-сертифицированные модули ввода/вывода ControlLogix. Каждый тип – цифровой и аналоговый – более подробно описывается в последующих разделах этой главы.

Рисунок 6.1



Конструктивные особенности модулей ввода/вывода ControlLogix обеспечивают выполнение требований стандарта 61508. Например, все модули имеют общий интерфейс объединительной платы ASIC, выполняют диагностику при включении питания и во время работы, имеют функцию электронного ключа и обеспечивают связь между изготовителем и потребителем.

Для обеспечения соответствия требованиям SIL при установке модулей ввода/вывода ControlLogix следуйте указаниям, содержащимся в указанной в Таблице 6.1 документации.

В Таблице 6.1 перечисляются модули ввода/вывода ControlLogix, первоначально представленные для сертификации SIL2 и показанные на Рис. 6.1.

Таблица 6.1. Компоненты, которые могут использоваться в системе SIL 2

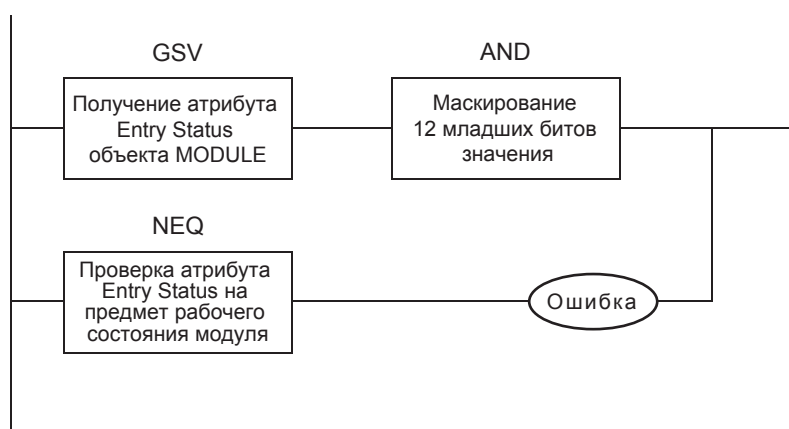
| Тип модуля: | Каталожный номер: | Описание: | Документация по данному модулю: | |
|-------------|-------------------|---|---------------------------------|---------------------------|
| | | | Инструкции по установке: | Руководство пользователя: |
| Цифровой | 1756-IA16I | Модуль изолированного ввода переменного тока | 1756-IN059 | 1756-UM058 |
| | 1756-IA8D | Модуль диагностического ввода переменного тока | 1756-IN055 | |
| | 1756-IB16D | Модуль диагностического ввода постоянного тока | 1756-IN069 | |
| | 1756-IB16I | Модуль изолированного ввода постоянного тока | 1756-IN010 | |
| | 1756-IB32 | Модуль ввода постоянного тока | 1756-IN027 | |
| | 1756-OA16I | Модуль изолированного вывода переменного тока | 1756-IN009 | |
| | 1756-OA8D | Модуль диагностического ввода переменного тока | 1756-IN057 | |
| | 1756-OB16D | Модуль диагностического вывода постоянного тока | 1756-IN058 | |
| | 1756-OB16I | Модуль изолированного вывода постоянного тока | 1756-IN512 | |
| | 1756-OB32 | Модуль вывода постоянного тока | 1756-IN026 | |
| | 1756-OB8EI | Модуль изолированного вывода постоянного тока | 1756-IN012 | |
| | 1756-OX8I | Модуль изолированного релейного вывода | 1756-IN513 | |
| | 1756-OW16I | Модуль изолированного релейного вывода | 1756-IN011 | |
| Аналоговый | 1756-IF16 | Модуль одноканального аналогового ввода | 1756-IN039 | 1756-UM009 |
| | 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового ввода | 1756-IN034 | |
| | 1756-IF8 | Модуль аналогового ввода | 1756-IN040 | |
| | 1756-IR6I | Модуль ввода термометра сопротивления | 1756-IN014 | |
| | 1756-IT6I | Модуль ввода термопары | 1756-IN037 | |
| | 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль ввода термопары | 1756-IN586 | |
| | 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового вывода (ток) | 1756-IN036 | |
| | 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового вывода (напряжение) | 1756-IN035 | |
| | 1756-OF8 | Модуль аналогового вывода | 1756-IN015 | |

Информирование об ошибке модуля для любого модуля ввода/вывода ControlLogix

Пользователи должны обеспечить надлежащую работу всех модулей ввода/вывода ControlLogix в системе. Если модули не работают должным образом, то пользователь должен запустить процедуру обработки ошибки при возникновении ошибки. Это можно реализовать в релейной логике при помощи инструкции Get System Value (GSV) (Получить системное значение) и проверки атрибута Entry Status (Состояние ввода) объекта MODULE (Модуль) на предмет рабочего состояния.

Пример того, как это может быть реализовано, приводится на Рис. 6.2. Такой или подобный способ необходимо использовать для опроса каждого модуля ввода/вывода в системе на предмет его работоспособности.

Рисунок 6.2 Пример проверки работоспособности модуля при помощи релейной логики



За дополнительной информацией об инструкции GSV и объектах MODULE обращайтесь к Главе 7 «Ошибки в системе ControlLogix». За дополнительной информацией о создании процедур обработки ошибок обращайтесь к Приложению В «Самотестирование системы и программируемые пользователем отклики».

Использование модулей цифрового ввода

Модули цифрового ввода ControlLogix подразделяются на две категории:

- Диагностические модули ввода
- Стандартные модули ввода

У этих модулей совпадают многие архитектурные характеристики. При этом конструктивные особенности диагностических модулей ввода позволяют диагностировать отказы полевых устройств, включая обнаружение обрыва провода (т.е. отсутствия соединения), а также, в случае диагностических модулей переменного тока, потерю сетевого питания.

В Таблице 6.2 указываются модули цифрового ввода, пригодные для использования в приложениях SIL2.

Таблица 6.2 Модули цифрового ввода ControlLogix, которые могут использоваться в приложениях SIL2

| Тип модуля: | Каталожный номер: | Описание: |
|------------------------------|-------------------|--|
| Диагностические модули ввода | 1756-IB16D | Модуль диагностического ввода постоянного тока |
| | 1756-IA8D | Модуль диагностического ввода переменного тока |
| Стандартные модули ввода | 1756-IB16I | Модуль изолированного ввода постоянного тока |
| | 1756-IA16I | Модуль изолированного ввода переменного тока |

Общие положения по использованию любого модуля цифрового ввода ControlLogix

Независимо от типа используемого модуля ввода ControlLogix, существует ряд общих положений, которых должны придерживаться пользователи при использовании таких модулей в приложениях SIL2:

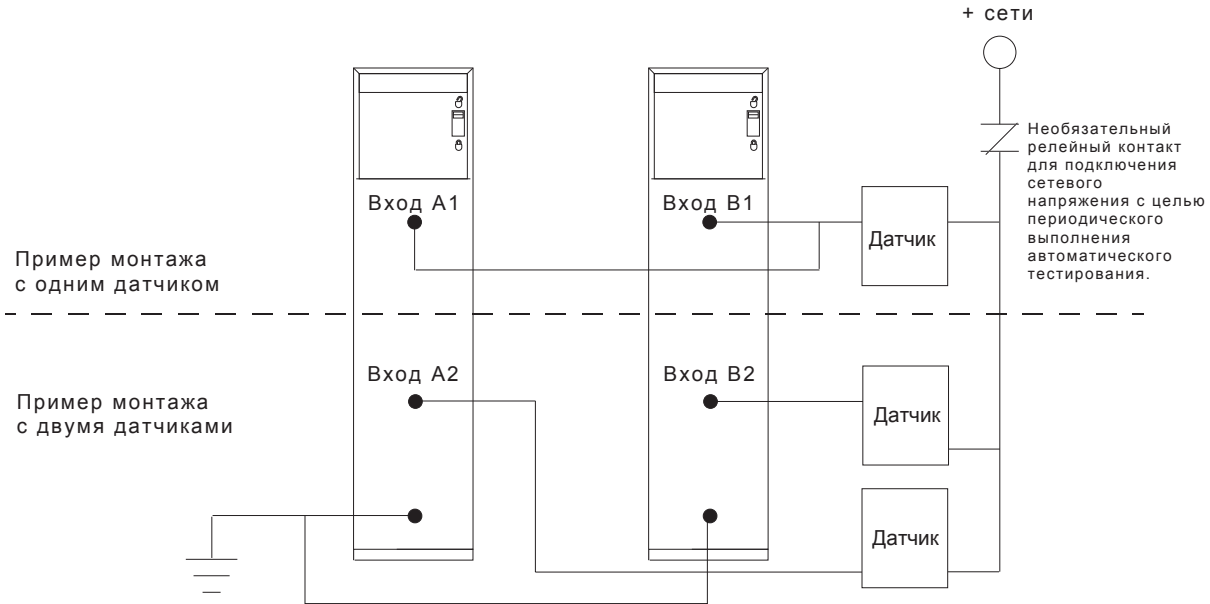
- **Контрольные испытания (Proof Tests)** – Необходимо периодически (например, раз в несколько лет) проводить проверку работоспособности системы (System Validation test). Вручную или автоматически проверьте входы, чтобы убедиться в том, что все входы работоспособны и не залипли в положении ON или OFF. Необходимо выполнить цикл переключений входов из ON в OFF или из OFF в ON. За дополнительной информацией о контрольных испытаниях обращайтесь к стр. 1-5 и Рис. 9.1 на стр. 9-5.
- Всегда используйте прямые соединения с диагностическими модулями ввода, расположенными в удаленных шасси.
- Подключайте датчики таким образом, чтобы разделить точки входа, находящиеся на двух разных модулях.
- Оба модуля должны иметь идентичные параметры конфигурации (например, RPI (запрашиваемый межпакетный интервал), значения фильтра).
- Оба модуля должны принадлежать одному контроллеру.

За информацией о работоспособном состоянии обращайтесь к Главе 1 «Концепция SIL».

Подключение модулей цифрового ввода ControlLogix

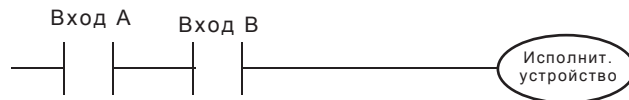
Схема монтажа на Рис. 6.3 показывает два способа подключения модуля цифрового ввода. В любом случае **пользователь должен решить**, сколько датчиков – **1 или 2** – необходимо для выполнения требований SIL2.

Рисунок 6.3 Подключение модуля цифрового ввода ControlLogix



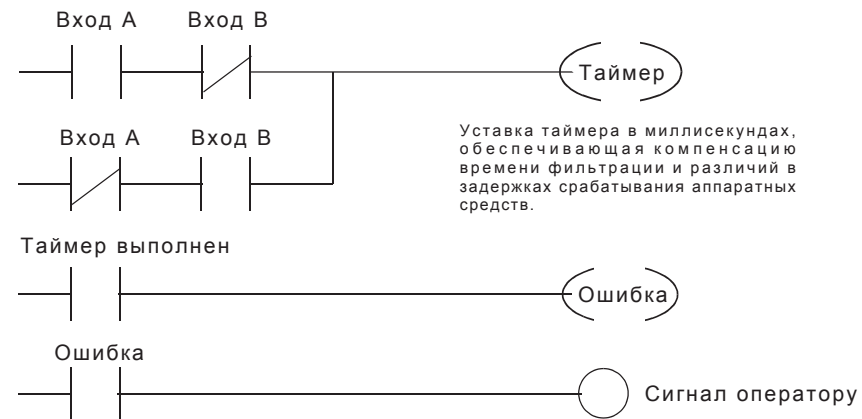
Логика приложения может сравнивать входные значения или состояния на предмет их совпадения.

Рисунок 6.4



Также программа пользователя должна включать цепочки, обеспечивающие извещение об ошибке в случае постоянного несовпадения двух точек.

Рисунок 6.5



Функции управления, диагностики и сигнализации должны выполняться последовательно. За дополнительной информацией об ошибках обращайтесь к Главе 7, «Ошибки в системе ControlLogix».

Использование модулей цифрового вывода

Модули цифрового вывода ControlLogix подразделяются на две категории:

- Диагностические модули вывода
- Стандартные модули вывода

У этих модулей совпадают многие архитектурные характеристики. При этом конструктивные особенности диагностических модулей вывода позволяют диагностировать отказы полевых устройств, включая сообщение об отсутствии нагрузки и перегорание предохранителя на уровне точки. Кроме того, диагностические модули способны проверять состояние выхода при помощи функции Output Verify (Проверка выхода) и импульсного тестирования выхода (Output Pulse test).

В Таблице 6.3 указываются модули цифрового вывода, пригодные для использования в приложениях SIL2.

Таблица 6.3 Модули цифрового вывода ControlLogix, которые могут использоваться в приложениях SIL2

| Тип модуля: | Каталожный номер: | Описание: |
|-------------------------------|-------------------|--|
| Диагностические модули вывода | 1756-OB16D | Модуль диагностического ввода постоянного тока |
| | 1756-OA8D | Модуль диагностического ввода переменного тока |
| Стандартные модули вывода | 1756-OB16I | Модуль изолированного ввода постоянного тока |
| | 1756-OA16I | Модуль изолированного ввода переменного тока |
| | 1756-OB8EI | Модуль изолированного вывода постоянного тока |
| | 1756-OX8I | Модуль изолированного релейного вывода |

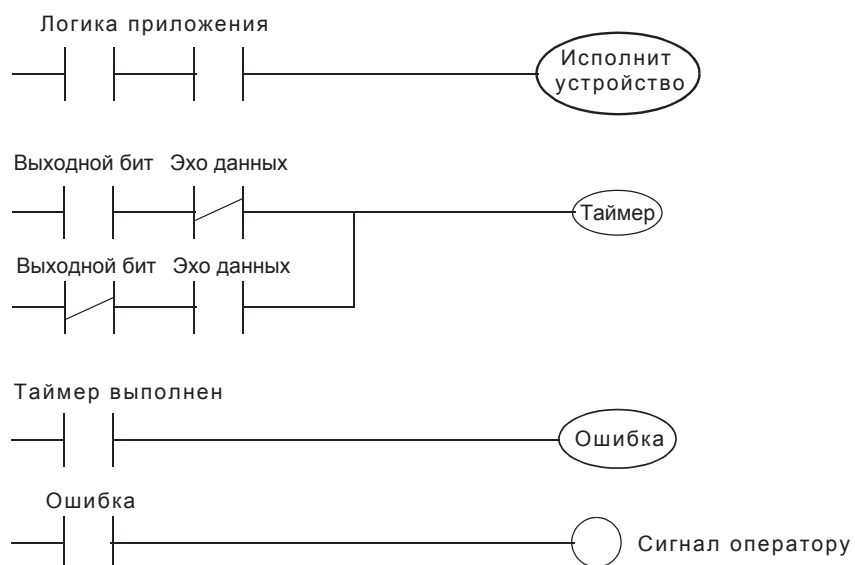
Общие положения по использованию любого модуля цифрового вывода ControlLogix

Подключение двух типов модулей цифрового вывода осуществляется по-разному в зависимости от требований вашего приложения (способы монтажа подробно описываются в последующих разделах). Однако, независимо от типа используемого модуля вывода ControlLogix, существует ряд общих положений, которых вы должны придерживаться при использовании таких модулей в приложениях SIL2:

- **Контрольные испытания (Proof Tests)** – Необходимо периодически (например, раз в несколько лет) выполнять проверку работоспособности системы (System Validation test). Вручную или автоматически проверьте выходы, чтобы убедиться в том, что все выходы работоспособны и не залипли в положении ON или OFF. Необходимо выполнить цикл переключений выходов из ON в OFF или из OFF в ON. За дополнительной информацией о контрольных испытаниях обращайтесь к стр. 1-5 и Рис. 9.1 на стр. 9-5.
- **Проверка эхо-сигнала выходных данных с помощью логики приложения:** Логика приложения должна проверять значение эха данных (Data Echo) для каждой точки выхода, чтобы убедиться в том, что запрошенная команда On/Off (Включить/Выключить) была получена данным модулем от контроллера.

В приведенных ниже цепочках значение таймера начинает увеличиваться при всяком несовпадении между фактическим выходным битом и соответствующим битом эха данных. Уставка таймера должна учитывать задержку получения эха данных от модуля по отношению к установке выходного бита в памяти контроллера. Если несовпадение имеется дольше этого времени, то выдается сообщение об ошибке.

Рисунок 6.6



Функции управления, диагностики и сигнализации должны выполняться последовательно. За дополнительной информацией об ошибках обращайтесь к Главе 7, «Ошибки в системе ControlLogix».

- **Использование внешних реле для отключения питания модуля, если обесточивание выхода имеет критическое значение:** Чтобы гарантированно обеспечить обесточивание выходов, пользователи должны подключить внешнее реле, способное отключить питание модуля вывода при обнаружении замыкания или иной ошибки. Один из возможных способов подключения внешнего реле показан на Рис. 6.7, стр. 6-10.
- **Тестирование выходов с заданной периодичностью для проверки их надлежащего функционирования.** Способ и частота тестирования зависят от типа модуля (диагностический или стандартный). За дополнительной информацией о тестировании выходов диагностического модуля обращайтесь к стр. 6-10. За дополнительной информацией о тестировании выходов стандартного модуля обращайтесь к стр. 6-11.
- **Для типичных приложений аварийного останова (emergency shutdown - ESD) выходы должны быть настроены на обесточивание:** При конфигурировании любого модуля вывода ControlLogix каждый выход должен быть настроен на обесточивание в случае ошибки, а также в случае перехода контроллера в программный режим. Исключения из типичных приложений ESD приводятся в Главе 1 «Концепция SIL».
- При последовательном включении двух модулей цифрового вывода, таким образом, чтобы один из них мог отсечь напряжение источника (как показано на Рис. 6.10, стр. 6-12) , обеспечьте следующее:
 - Идентичность конфигурации обоих модулей.
 - Принадлежность обоих модулей одному и тому же контроллеру.

Подключение модулей цифрового вывода ControlLogix

Диагностические модули цифрового вывода

Диагностические модули вывода имеют усовершенствованную схему, которая отсутствует в стандартных модулях вывода. Благодаря усовершенствованной конструкции пользователям не обязательно использовать модуль ввода для контроля состояния выходов, как это требуется для стандартных модулей вывода.

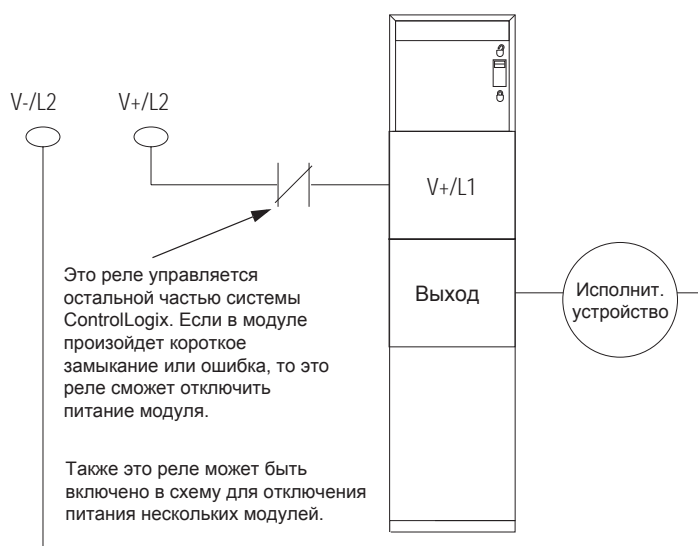
Диагностические модули вывода могут использоваться в приложениях SIL2 в существующем виде (т.е. не требуется учитывать никаких специальных требований по подключению за исключением подключения внешнего реле для снятия с модуля сетевого питания в случае ошибки, чтобы гарантировать обесточивание выходов при коротком замыкании).

Наряду с соблюдением общих положений по использованию любого модуля цифрового вывода ControlLogix, приведенных на стр. 6-8, пользователь должен периодически выполнять импульсное тестирование (Pulse Test) каждого выхода для проверки того, что выход способен изменять свое состояние. Автоматическое диагностическое тестирование модулей вывода должно выполняться с периодичностью, на порядок меньшей частоты запросов. Например, **импульсное тестирование** должно быть запланировано как минимум **ежемесячно для системы с низкой частотой запросов**, и как минимум **ежечасно для системы с высокой частотой запросов**.

За дополнительной информацией о проведении импульсного тестирования обращайтесь к публикации 1756-UM058 «Руководство пользователя по цифровым модулям ввода/вывода ControlLogix».

Пользователи также обязательно должны использовать прямое соединение с диагностическими модулями вывода, размещенными на удаленных шасси.

Рисунок 6.7 Схема подключения диагностического модуля вывода ControlLogix



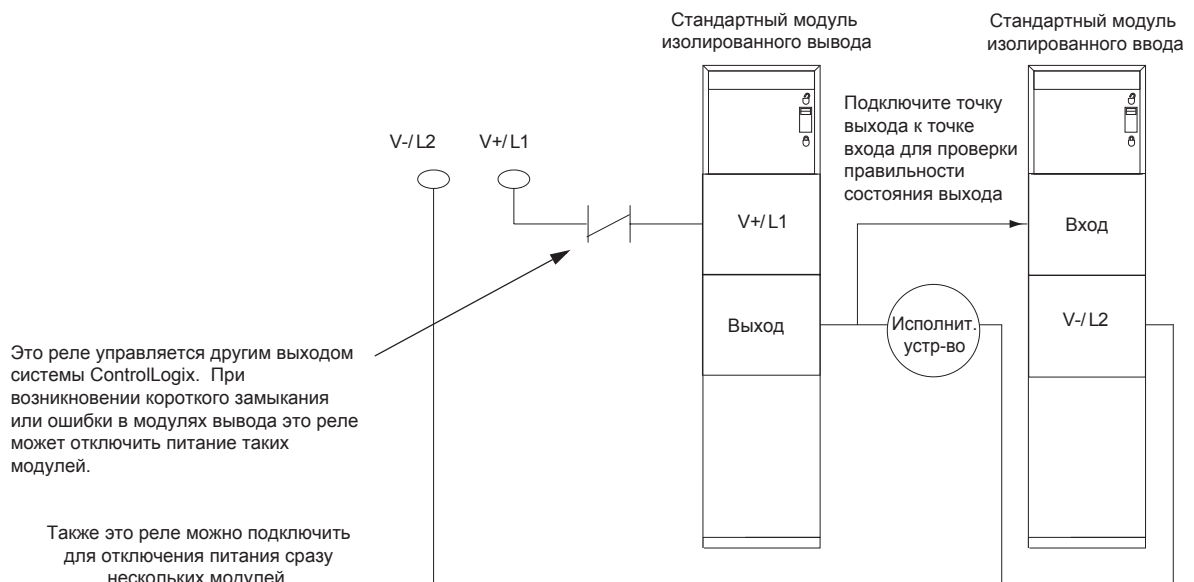
Стандартные модули цифрового вывода

При использовании стандартных модулей вывода (также называемых не диагностическими) пользователь должен подключить выход к исполнительному устройству, а затем обратно ко входу, чтобы контролировать работу выхода. Пользователь может написать соответствующую логику для проверки способности выхода включаться и выключаться при включении питания, или же, с периодичностью контрольного тестирования (см. стр. 1-5), пользователь может принудительно переводить выход в состояние ON (ВКЛ) и OFF (ВЫКЛ) и использовать вольтметр для проверки работы выхода.

Автоматическое тестирование модулей вывода (т.е. включение и выключение выходов пользователем с целью проверки их работоспособности) должно выполняться с периодичностью, на порядок меньшей частоты запросов. Например, **тестирование выходов** должно быть запланировано как минимум **ежемесячно для системы с низкой частотой отказов**, и как минимум **ежечасно для системы с высокой частотой отказов**.

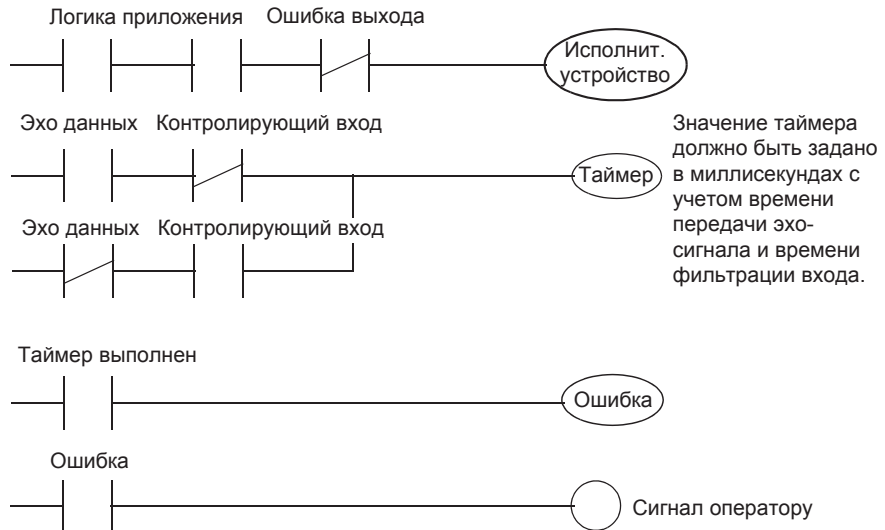
Наряду с соблюдением общих положений по использованию любого модуля цифрового вывода ControlLogix, приведенных на стр. 6-8, пользователь должен подключить каждый стандартный выход к соответствующему входу для проверки того, что выход переходит в заданное состояние.

Рисунок 6.8 Схема подключения стандартного модуля вывода ControlLogix



Необходимо написать логику приложения для выдачи ошибки при несовпадении запрошенного состояния выхода (эха) и фактического состояния выхода, контролируемого входным каналом.

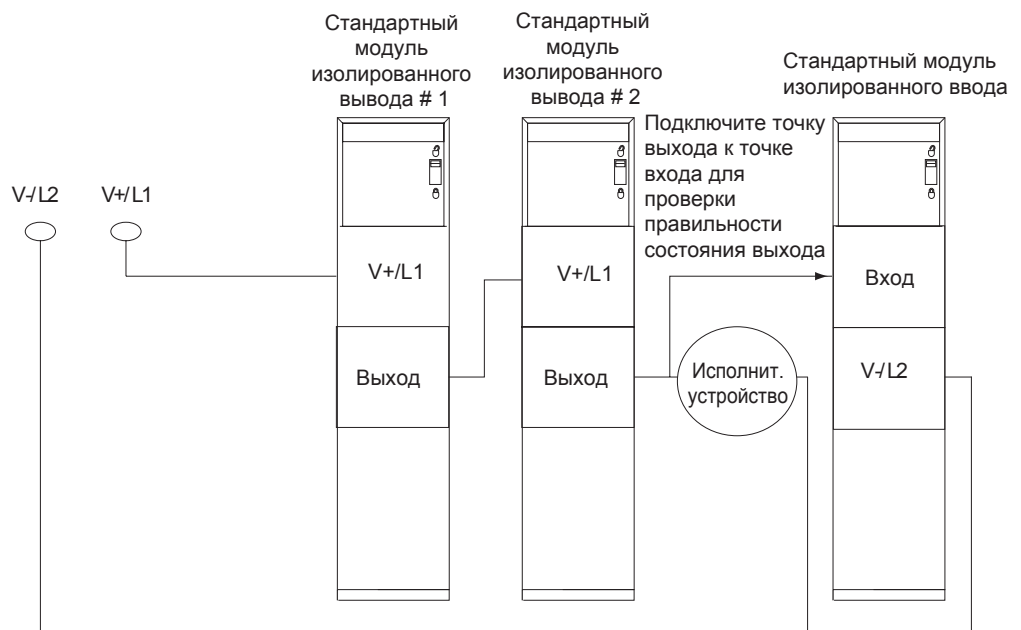
Рисунок 6.9



Функции управления, диагностики и сигнализации должны выполняться последовательно. За дополнительной информацией об ошибках обращайтесь к Главе 7, «Ошибки в системе ControlLogix».

Пользователь также может последовательно подключить два стандартных изолированных выхода к особо важным исполнительным устройствам. В случае обнаружения отказа выход обоих модулей вывода должен быть установлен на OFF (ВЫКЛ), чтобы гарантировать обесточивание выходных нагрузок. На Рис. 6.10 показано последовательное подключение двух стандартных изолированных выходов к особо важным исполнительным устройствам.

Рисунок 6.10 Схема подключения двух стандартных модулей вывода ControlLogix



Использование модулей аналогового ввода

Для использования в приложениях SIL2 сертифицированы три модуля аналогового ввода ControlLogix. Эти модули указываются в Таблице 6.4.

Таблица 6.4 Модули аналогового ввода ControlLogix, которые могут использоваться в приложениях SIL2

| Каталожный номер: | Описание: |
|-------------------|--|
| 1756-IF8 | Модуль несимметричного аналогового ввода |
| 1756-IR6I | Модуль изолированного аналогового ввода термометра сопротивления |
| 1756-IT6I | Модуль аналогового ввода термопары/мВ |

Общие положения по использованию любого модуля аналогового ввода ControlLogix

Существует ряд общих положений, которых вы должны придерживаться при использовании таких модулей в приложениях SIL2:

- **Контрольные испытания (Proof Tests)** – Необходимо периодически (например, раз в несколько лет) выполнять проверку работоспособности системы (System Validation test). Вручную или автоматически проверьте выходы, чтобы убедиться в том, что все выходы работоспособны. Уровни сигналов с полевых устройств при этом должны варьироваться во всем рабочем диапазоне, чтобы убедиться в соответствующем изменении данных в канале. За дополнительной информацией о контрольных испытаниях обращайтесь к стр. 1-5 и Рис. 9.1 на стр. 9-5.
- **Периодическая калибровка входов при необходимости:** Модули ввода/вывода ControlLogix поставляются изготовителем с очень точной калибровкой. Однако, поскольку каждое применение имеет свои особенности, пользователи отвечают за надлежащую калибровку своих модулей ввода/вывода ControlLogix для их конкретного применения.

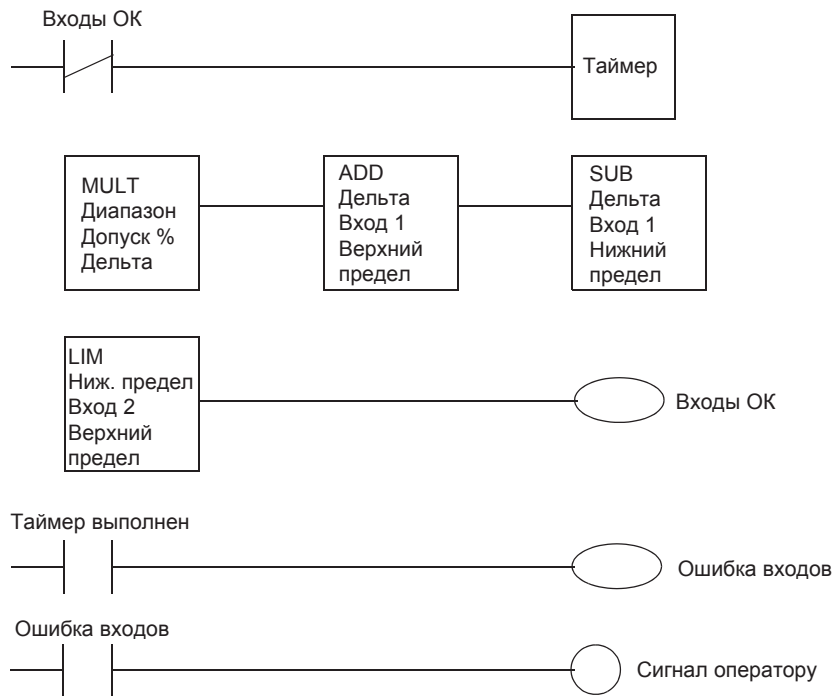
Пользователи могут использовать тесты, включенные в логику прикладной программы, для определения необходимости повторной калибровки модуля. Например, чтобы понять, требуется ли повторная калибровка модуля ввода, пользователь может задать диапазон допуска на точность для конкретного приложения. Затем пользователь может измерить входные значения по нескольким каналам и сравнить эти значения с приемлемыми значениями, находящимися в пределах допуска. Исходя из их разницы пользователь может определить необходимость в повторной калибровке.

Калибровка (и последующая повторная калибровка) **не является вопросом обеспечения безопасности**. Однако мы рекомендуем выполнять калибровку каждого аналогового входа не реже каждых трех лет, чтобы обеспечить точность входного сигнала и избежать неправомерных остановов приложения.

- **Выбор формата данных с плавающей точкой при конфигурировании модуля:** Модули аналогового ввода ControlLogix выполняют множество операций по обработке внутриплатных предупредительных сигналов для проверки того, что входной сигнал находится в приемлемом для данного приложения диапазоне. Однако такая возможность имеется только в режиме плавающей точки (Floating Point).
- **Проверка соответствующих битов ошибки модуля, ошибки канала и состояния канала для запуска процедур обработки ошибок:** В процессе нормальной работы каждый модуль передает контроллеру данные о рабочем состоянии каждого канала. Логика приложения должна проверять соответствующие биты, чтобы обеспечить запуск процедуры обработки ошибок для данного приложения. За дополнительной информацией об ошибках обращайтесь к Главе 7 «Ошибки в системе ControlLogix».
- **Сравнение аналоговых входных данных и извещение о несовпадении:** Когда датчики подключены к двум входным каналам, значения, полученные по этим каналам, должны сравниваться между собой на совпадение в приемлемых для данного приложения пределах до того, как будет активизирован выход. При всяком несовпадении между двумя входными значениями, выходящем за заданный диапазон, должно выдаваться сообщение об ошибке.

В показанной на Рис. 6.11 логике заданный пользователем процент приемлемого отклонения (Допуск) применяется сконфигурированному входному диапазону аналоговых входных данных (Диапазон) и сохраняется полученная дельта (Дельта). Полученное значение дельты затем прибавляется к или вычитается из значения одного из входных каналов (Вход 1), при этом получается приемлемый верхний (Верхний предел) и нижний (Нижний предел) пределы отклонения. Значение второго входного канала (Вход 2) затем сравнивается с этими предельными значениями с целью определения правильности работы входа.

Бит ОК входа является условием запуска таймера, уставка которого учитывает приемлемое время отклика на ошибку и все задержки передачи данных в системе, связанные с фильтрацией. Если несовпадение входов продолжается дольше этой уставки, регистрируется ошибка и выдается соответствующий сигнал.

Рисунок 6.11

Функции управления, диагностики и сигнализации должны выполняться последовательно. За дополнительной информацией об ошибках обращайтесь к Главе 7 «Ошибки в системе ControlLogix».

- Оба модуля должны иметь идентичные параметры конфигурации (например, RPI (запрашиваемый межпакетный интервал), значения фильтра).
- Оба модуля должны принадлежать одному контроллеру.

Подключение модулей аналогового ввода ControlLogix

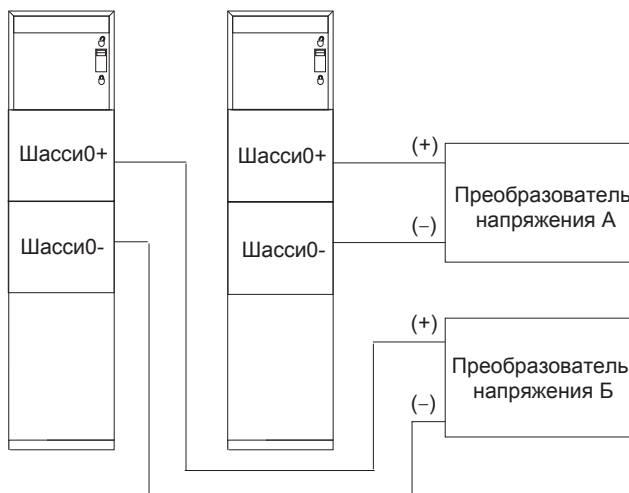
В общем случае, практика проектирования говорит о том, что каждый преобразователь должен быть подключен к своему входному зажиму на отдельном модуле, чтобы можно было проверить правильность полученных по каналу данных, сравнив два значения и удостоверившись, что их разница находится в приемлемом диапазоне. При использовании этого подхода необходимо учитывать конкретные особенности каждого типа используемого модуля. Эти особенности показаны на нижеследующих схемах подключения.

Подключение модуля несимметричного ввода в режиме напряжения

Помимо следования общим положениям по использованию любого модуля аналогового ввода ControlLogix, приведенным на стр. 6-13, проследите за тем, чтобы при подключении модуля использовалась надлежащая документация, указанная в Таблице 6.1 на стр. 6-3.

При работе в режиме несимметричного напряжения все минусовые выходы преобразователей должны быть объединены. На Рис. 6.12 показано, как должен быть подключен модуль 1756-IF8 для использования в режиме напряжения.

Рисунок 6.12 Подключение модуля аналогового ввода ControlLogix в режиме напряжения



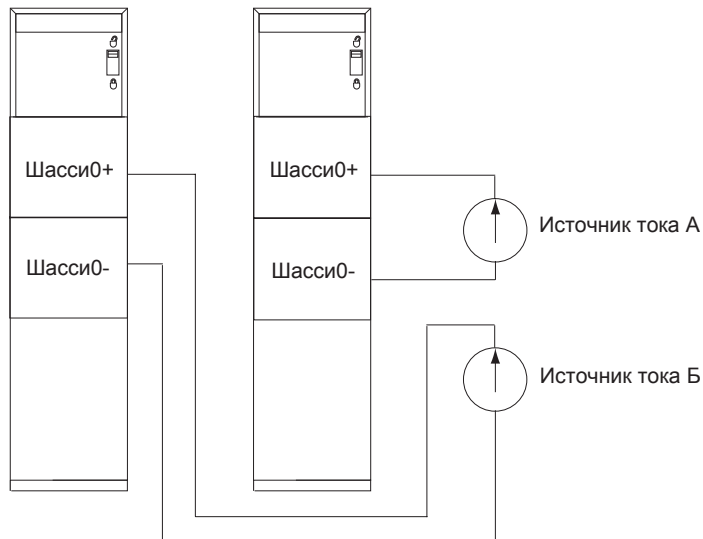
Подключение модуля несимметричного ввода в токовом режиме

Помимо следования общим положениям по использованию любого модуля аналогового ввода ControlLogix, приведенным на стр. 6-13, перед подключением такого модуля ознакомьтесь со следующими указаниями:

- **Включение других устройств в токовую петлю:** вы можете поместить другие устройства в любое место токовой петли входного канала при условии, что источник тока сможет дать достаточное напряжение для обеспечения всех падений напряжения (сопротивление каждого входа модуля – 250 Ом)

На Рис. 6.13 показано, как должен быть подключен модуль 1756-IF8 для использования в токовом режиме.

Рисунок 6.13 Подключение модуля аналогового ввода ControlLogix в токовом режиме



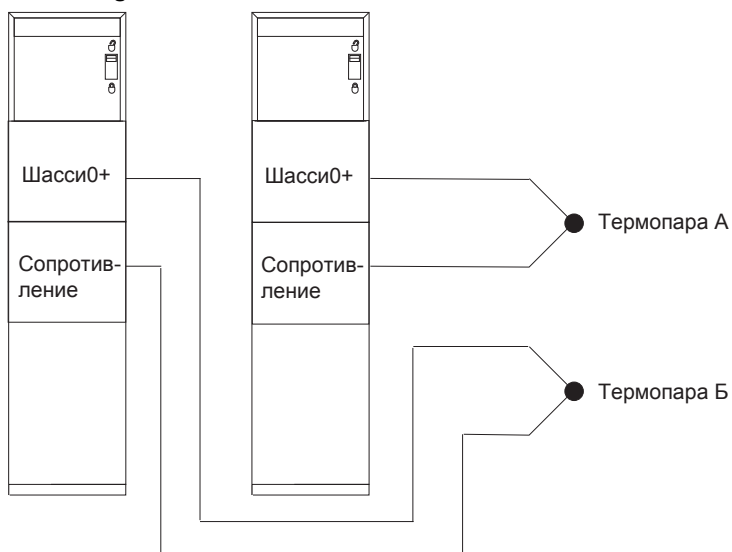
Подключение модуля входа терморпары

Помимо следования общим положениям по использованию любого модуля аналогового ввода ControlLogix, приведенным на стр. 6-13, перед подключением такого модуля ознакомьтесь со следующими указаниями:

- **Осуществляйте подключение к одному и тому же входному каналу каждого из двух модулей:** При подключении терморпар подключайте их параллельно к двум модулям. Для обеспечения соответствия показаний температуры используйте один и тот же канал каждого модуля.

На Рис. 6.14 показано, как должен быть подключен модуль 1756-IT6I.

Рисунок 6.14 Подключение модуля аналогового входа терморпары ControlLogix



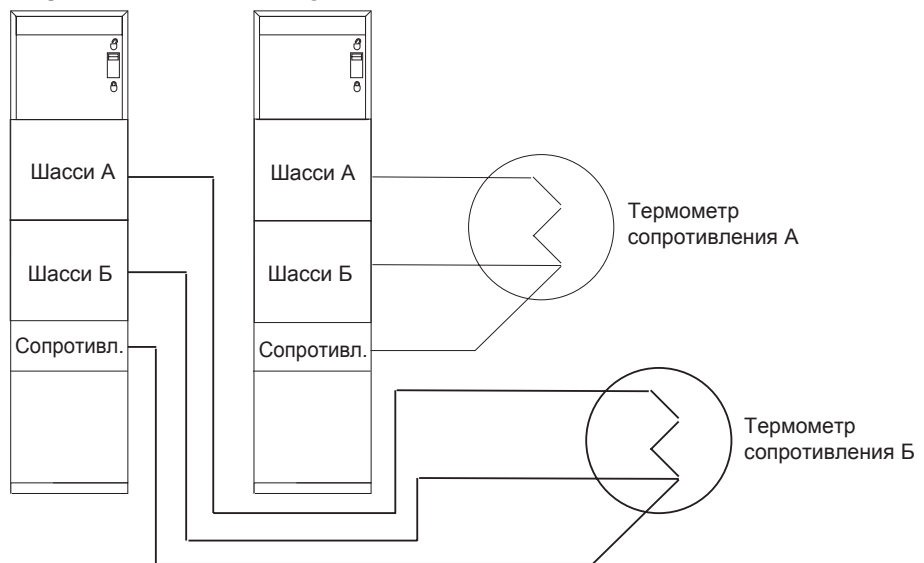
Подключение модуля входа термометра сопротивления

Помимо следования общим положениям по использованию любого модуля аналогового ввода ControlLogix, приведенным на стр. 6-13, перед подключением модуля ознакомьтесь со следующими указаниями:

- Термометры сопротивления нельзя подключать параллельно, в противном случае точность их показаний сильно ухудшится. Необходимо использовать два датчика.

На Рис. 6.15 показано, как должен быть подключен модуль 1756-IR6I.

Рисунок 6.15 Подключение модуля аналогового входа термометра сопротивления ControlLogix



Использование модулей аналогового вывода

Модуль аналогового вывода ControlLogix 1756-OP8 сертифицирован для использования в приложениях SIL2.

Общие положения при использовании любого модуля аналогового вывода ControlLogix

Существует ряд общих положений, которых вы должны придерживаться при использовании модулей аналогового вывода в приложениях SIL2:

- **Контрольные испытания (Proof Tests)** – Необходимо периодически (например, раз в несколько лет) выполнять проверку работоспособности системы (System Validation test). Вручную или автоматически проверьте выходы, чтобы убедиться в том, что все выходы работоспособны. Передаваемые по каналу данные при этом должны варьироваться во всем рабочем диапазоне, чтобы убедиться в соответствующем изменении уровней сигнала с полевых устройств. За дополнительной информацией о контрольных испытаниях обращайтесь к стр. 1-5 и Рис. 9.1 на стр. 9-5.
- **Периодическая калибровка входов при необходимости:** Модули ввода/вывода ControlLogix поставляются изготовителем с очень точной калибровкой. Однако, поскольку каждое применение имеет свои особенности, пользователи отвечают за надлежащую калибровку своих модулей ввода/вывода ControlLogix для их конкретного применения.

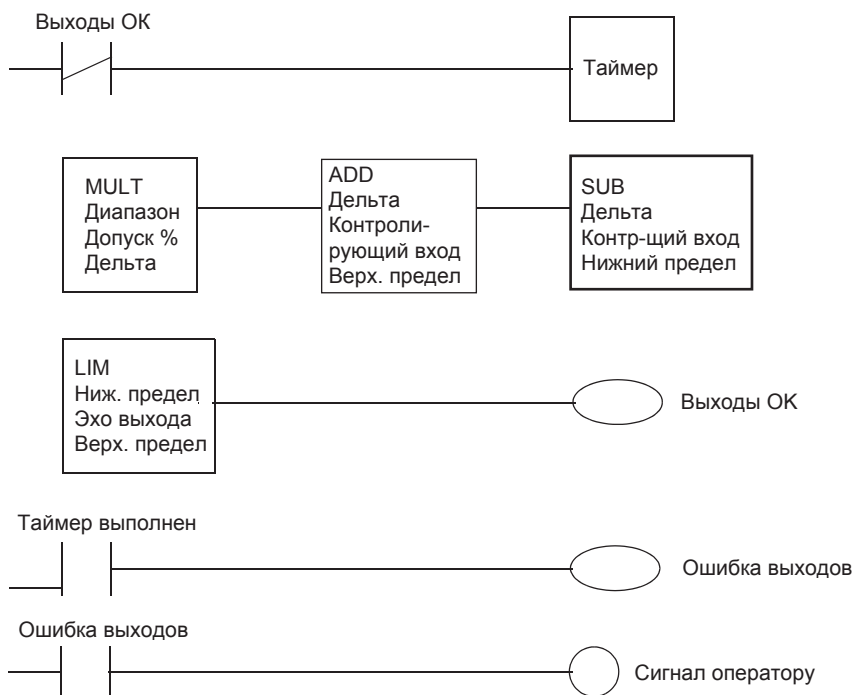
Пользователи могут использовать тесты, включенные в логику прикладной программы, для определения необходимости повторной калибровки модуля. Например, чтобы понять, требуется ли повторная калибровка модуля ввода, пользователь может задать диапазон допуска на точность для конкретного приложения. Затем пользователь может измерить выходные значения по нескольким каналам и сравнить эти значения с приемлемыми значениями, находящимися в пределах допуска. Исходя из их разницы пользователь может определить необходимость в повторной калибровке.

Калибровка (и последующая повторная калибровка) **не является вопросом обеспечения безопасности**. Однако мы рекомендуем выполнять калибровку каждого аналогового выхода не реже каждых трех лет, чтобы обеспечить точность выходного сигнала и избежать неправомерных остановов приложения.

- **Выбор формата данных с плавающей точкой при конфигурировании модуля:** Модули аналогового вывода ControlLogix выполняют множество операций по обработке внутриплатных предупредительных сигналов для проверки того, что выходной сигнал находится в приемлемом для данного приложения диапазоне. Однако такая возможность имеется только в режиме плавающей точки (Floating Point).
- **Проверка соответствующих битов ошибки модуля, ошибки канала и состояния канала для запуска процедур обработки ошибок:** В процессе нормальной работы каждый модуль передает контроллеру данные о рабочем состоянии каждого канала. Логика приложения должна проверять соответствующие биты, чтобы обеспечить запуск процедуры обработки ошибок для данного приложения. За дополнительной информацией об ошибках обращайтесь к Главе 7 «Ошибки в системе ControlLogix».
- **Для типичных приложений аварийного останова (emergency shutdown - ESD) выходы должны быть настроены на обесточивание:** При конфигурировании любого модуля вывода ControlLogix каждый выход должен быть настроен на обесточивание в случае ошибки, а также в случае перехода контроллера в программный режим. Исключения из типичных приложений ESD приводятся в Главе 1 «Концепция SIL».
- **Подключение выхода обратно ко входу и проверка эхо-сигнала выходных данных:** Пользователи должны подключить аналоговый выход к исполнительному устройству, а затем обратно к аналоговому входу, чтобы контролировать работу выхода, как показано на Рис. 6.17. Логика приложения должна проверять значение эха данных (Data Echo) для каждой точки выхода, чтобы убедиться в том, что запрошенная выходная команда была получена данным модулем от контроллера. Это значение нужно сравнить с аналоговым входом, контролирующим выход, чтобы удостовериться, что значение находится в приемлемом для данного приложения диапазоне.

В показанной на Рис. 6.16 логике заданный пользователем процент приемлемого отклонения (Допуск) применяется сконфигурированному диапазону аналоговых входных и выходных данных (Диапазон) и сохраняется полученная дельта (Дельта). Полученное значение дельты затем прибавляется к и вычитается из значения контролирующего аналогового входного канала, при этом получается приемлемый верхний (Верхний предел) и нижний (Нижний предел) пределы отклонения. Эхо аналоговых выходных данных (Эхо выхода) затем сравнивается с этими предельными значениями с целью определения правильности работы выхода.

Бит ОК выхода является условием запуска таймера, уставка которого учитывает приемлемое время отклика на ошибку и все задержки передачи данных в системе, связанные с фильтрацией или выходом. Если несовпадение входного значения и эха выходных данных продолжается дольше этой уставки, регистрируется ошибка и выдается соответствующий сигнал.

Рисунок 6.16 Контроль аналогового выхода посредством аналогового входа

Функции управления, диагностики и сигнализации должны выполняться последовательно.

- При подключении двух модулей аналогового вывода в одном и том же приложении убедитесь в том, что:
 - Оба модуля используют идентичную конфигурацию.
 - Оба модуля принадлежат одному и тому же контроллеру.

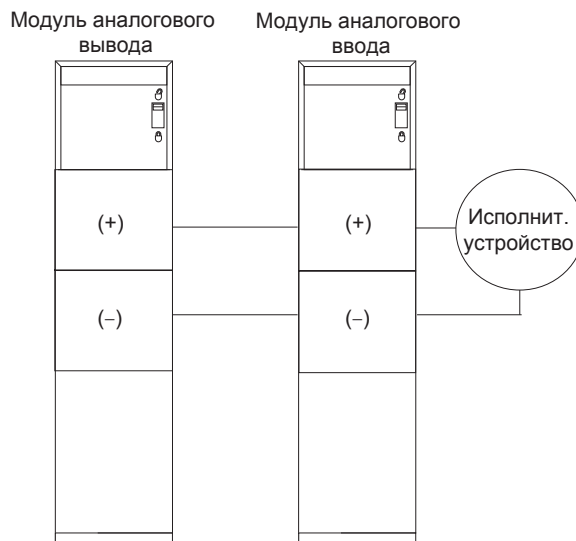
Подключение модулей аналогового вывода ControlLogix

В общем случае, практика проектирования говорит о том, что каждый аналоговый выход должен быть подключен к отдельному входному зажиму, чтобы обеспечить правильную работу выхода.

Подключение модуля аналогового выхода в режиме напряжения

На Рис. 6.17 показано, как должен быть подключен модуль 1756-OF8 для использования в режиме напряжения.

Рисунок 6.17 Подключение модуля аналогового выхода ControlLogix в режиме напряжения



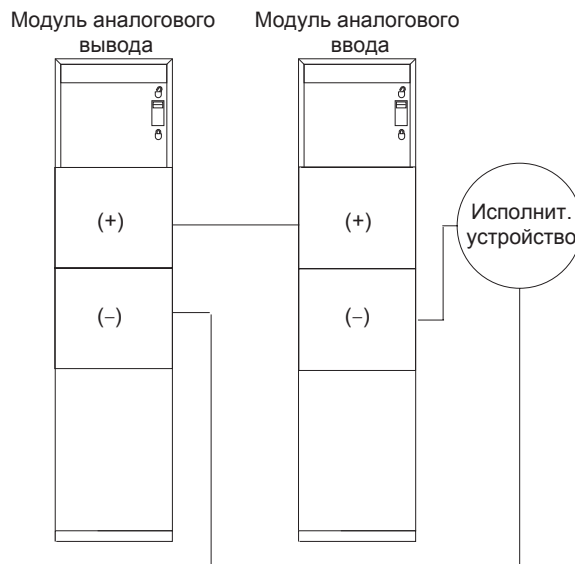
Подключение модуля аналогового вывода в токовом режиме

Помимо следования общим положениям по использованию любого модуля аналогового вывода ControlLogix, приведенным на стр. 6-20, перед подключением модуля 1756-OF8 в токовом режиме ознакомьтесь со следующими указаниями:

- **Включение других устройств в токовую петлю:** вы можете поместить другие устройства в любое место токовой петли выходного канала при условии, что источник тока сможет дать достаточное напряжение для обеспечения всех падений напряжения (сопротивление каждого выхода модуля – 250 Ом)

На Рис. 6.18 показано, как должен быть подключен модуль 1756-OF8 для использования в токовом режиме.

Рисунок 6.18 Подключение модуля аналогового вывода ControlLogix в токовом режиме



Контрольный перечень для входов SIL

Следующий контрольный перечень необходим для проектирования, программирования и ввода в эксплуатацию входов SIL. Он может использоваться в качестве руководства при проектировании, а также при проведении контрольных испытаний. В случае использования в качестве руководства при проектировании этот контрольный перечень можно сохранить как один из проектных документов.

Для целей программирования или ввода в эксплуатацию можно заполнить отдельный контрольный перечень для каждого отдельного входного канала SIL в системе. Это единственный способ обеспечения полного и четкого выполнения всех требований. Этот контрольный перечень также может использоваться в качестве документации по подключению внешних схем к соответствующей прикладной программе.

Контрольный перечень для входов в системе ControlLogix

Компания:

Объект:

Описание контура управления:

Входные каналы SIL в:

| №. | Требования ко всем модулям ввода (применяются к модулям как цифрового, так и аналогового ввода) | Да | Нет | Прим. |
|----|---|--------------------------|--------------------------|-------|
| 1 | Выбрано ли Exact Match (Точное соответствие) в качестве опции электронного ключа для всех модулей? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Установлен ли RPI на значение, соответствующее вашему приложению? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Принадлежат ли все модули одному контроллеру? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Выполнили вы контрольные испытания системы и модулей? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | Подготовили ли вы процедуры обработки ошибок? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | Последовательно ли выполняются в логике приложения функции управления, диагностики и сигнализации? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| №. | Дополнительные требования, относящиеся только к модулям цифрового ввода | Да | Нет | Прим. |
| 1 | Соблюдаются ли следующие условия при подключении двух модулей цифрового ввода в одном приложении: <ul style="list-style-type: none"> • Оба модуля принадлежат одному контроллеру. • Датчики подключены к разным точкам входа. • Рабочим состоянием является ON (ВКЛ). • Нерабочим состоянием является OFF (ВЫКЛ). • Параметры конфигурации (такие как RPI, значения фильтрации) идентичны. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Установлен ли Communication Format (Формат обмена данными) для стандартных модулей ввода на одну из имеющихся опций Input Data (входных данных)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Установлен ли Communication Format (Формат обмена данными) для диагностических модулей ввода на опцию Full Diagnostic (Полностью диагностический) Input Data (входных данных)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Вся ли диагностика активизирована в диагностических модулях ввода? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | Контролируются ли задействованные биты диагностики в диагностических модулях ввода процедурами обработки ошибок? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | Является ли соединение диагностических модулей ввода с удаленными модулями прямым соединением? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| №. | Дополнительные требования, относящиеся только к модулям аналогового ввода | Да | Нет | Прим. |
| 1 | Установлен ли Communication Format (Формат обмена данными) на Float Data (Данные с плавающей точкой)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Выполняете ли вы калибровку модулей с периодичностью, требуемой вашим приложением? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Используете ли вы релейную логику для сравнения аналоговых входных данных по двум каналам, чтобы удостовериться в их совпадении в приемлемом диапазоне и надлежащем использовании избыточных данных? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Написали ли вы логику приложения для проверки битов на любое состояние, могущее вызвать ошибку, и соответствующие процедуры обработки ошибок? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | Объединены ли заземлители преобразователей при подключении модуля 1756-IF8 в режиме напряжения? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | Правильно ли включены устройства в контур при подключении модуля 1756-IF8 в токовом режиме? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | При параллельном подключении модулей 1756-IT6I, подключили ли вы их к одному и тому же каналу каждого модуля как показано на Рис. 6.14, стр. 6-18? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | Используются ли два датчика при подключении двух модулей 1756-IR6I, как показано на Рис. 6.15, стр. 6-19? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

Контрольный перечень для выходов SIL

Следующий контрольный перечень необходим для проектирования, программирования и ввода в эксплуатацию выходов SIL. Он может использоваться в качестве руководства при проектировании, а также при проведении контрольных испытаний. В случае использования в качестве руководства при проектировании этот контрольный перечень можно сохранить как один из проектных документов.

Для целей программирования или ввода в эксплуатацию можно заполнить отдельный контрольный перечень для каждого отдельного выходного канала SIL в системе. Это единственный способ обеспечения полного и четкого выполнения всех требований. Этот контрольный перечень также может использоваться в качестве документации по подключению внешних схем к соответствующей прикладной программе.

Контрольный перечень для выходов в системе ControlLogix

Компания:

Объект:

Описание контура управления:

Выходные каналы SIL в:

| №. | Требования ко всем модулям вывода (применяются к модулям как цифрового, так и аналогового вывода) | Да | Нет | Прим. |
|----|--|--------------------------|--------------------------|-------|
| 1 | Выполнили вы контрольные испытания модулей? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Выбрано ли Exact Match (Точное соответствие) в качестве опции электронного ключа для всех модулей? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Установлен ли RPI на значение, соответствующее вашему приложению? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Подготовили ли вы процедуры обработки ошибок, включая сравнение выходных данных с соответствующей точкой входа? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | Использовали ли вы в вашем приложении, при необходимости отключения питания модуля в случае обнаружения в модуле короткого замыкания или иной ошибки, внешние реле или последовательно включенный изолированный выход? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | Реализовано ли в релейной логике управление внешними реле? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | Проверяется ли эхо выходных данных (Output Data Echo) в логике вашего приложения? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 8 | Настроены ли все выходы на обесточивание в случае возникновения ошибки или перехода контроллера в программный режим? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 9 | Используют ли идентичную конфигурацию два модуля одного типа, которые используются в одном и том же приложении? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | Если в приложении используются два модуля одного типа, принадлежат ли оба модуля одному контроллеру? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | Последовательно ли выполняются в логике приложения функции управления, диагностики и сигнализации? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| №. | Требования, относящиеся только к модулям цифрового вывода | Да | Нет | Прим. |
| 1 | Установлен ли Communication Format (Формат обмена данными) для стандартных модулей вывода на Output Data (Выходные данные)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Подключили ли выходы стандартных модулей вывода к соответствующему входу для проверки того, что выход соответствует заданному командой состоянию? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Вся ли диагностика активизирована в диагностических модулях вывода? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Контролируются ли задействованные биты диагностики в диагностических модулях вывода процедурами обработки ошибок? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5 | Установлен ли Communication Format (Формат обмена данными) для диагностических модулей вывода на опцию Full Diagnostic (Полностью диагностический) Output Data (выходных данных)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6 | Выполняете ли вы периодически импульсное тестирование (Pulse Test) диагностических модулей вывода для проверки того, что выход способен менять свое состояние? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 7 | Является ли соединение диагностических модулей вывода с удаленными модулями прямым соединением? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| №. | Требования, относящиеся только к модулям аналогового вывода | Да | Нет | Прим. |
| 1 | Установлен ли Communication Format (Формат обмена данными) на Float Data (Данные с плавающей точкой)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2 | Выполняете ли вы калибровку модулей с периодичностью, требуемой вашим приложением? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | Правильно ли включены устройства в контур при подключении модуля 1756-OF8 в токовом режиме? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Написали ли вы логику приложения для проверки битов на любое состояние, могущее вызвать ошибку, и соответствующие процедуры обработки ошибок? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

Ошибки в системе ControlLogix

Введение

Архитектура ControlLogix предоставляет пользователю разнообразные возможности по обнаружению ошибок в системе и реагированию на них. Одним из способов устранения пользователями ошибок является заполнение ими контрольных перечней для входов и выходов, приведенных на страницах 6-25 и 6-26, для их конкретных приложений.

Помимо заполнения этих контрольных перечней можно провести опрос различных объектов устройств для определения текущего рабочего состояния. Кроме того, модули предоставляют данные о состоянии их функционирования и о состоянии процессов во время выполнения. Пользователи сами должны решить, какие данные им лучше использовать для запуска приложением последовательности завершения работы.

В этой главе в качестве примера приводятся два условия, которые вызовут ошибку в SIL-2 сертифицированной системе ControlLogix:

- Изменение положения переключателя, приводящее к выходу из режима выполнения (RUN)
- Сигнализация высокого уровня в модуле аналогового ввода

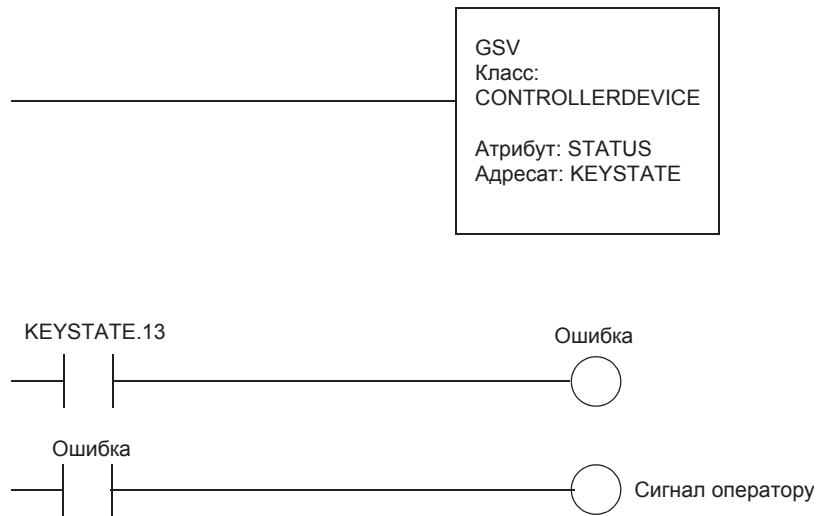
За дополнительной информацией по доступным для проверки битам состояния аналоговых устройств обращайтесь к Руководству пользователя по модулям аналогового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM009.

За информацией по самотестированию системы и программируемым пользователем откликам обращайтесь к Приложению В.

За дополнительной информацией по ошибкам обращайтесь к Приложению С «Дополнительная информация по обработке ошибок в системе ControlLogix».

Проверка положения переключателя с помощью инструкции GSV

Следующие цепочки генерируют ошибку в том случае, если переключатель на передней панели контроллера перешел из режима Run (Выполнение) в другое положение:

Рисунок 7.1

В этом примере инструкция Get System Value (GSV) опрашивает атрибут STATUS объекта CONTROLLERDEVICE и сохраняет результат в слове под названием KEYSTATE, где биты 12 и 13 определяют состояние переключателя в соответствии с Таблицей 7.1.

Таблица 7.1

| Бит 13: | Бит 12: | Описание: |
|---------|---------|---|
| 0 | 1 | Переключатель в положении Run (Выполнение) |
| 1 | 0 | Переключатель в положении Program (Программа) |
| 1 | 1 | Переключатель в положении Remote (Удаленный) |

Во всех случаях, когда бит 13 установлен, переключатель не находится в положении RUN. В результате проверки бита 13 слова KEYSTATE на установленное состояние будет сгенерирована ошибка.

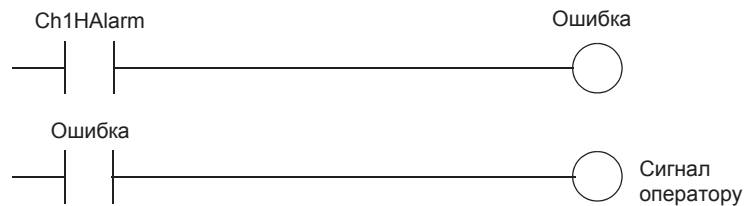
Дополнительную информацию по обращению к объекту CONTROLLERDEVICE можно найти в Справочном руководстве по основным инструкциям контроллеров Logix5000, публикация 1756-RM003.

**Проверка
превышения верхнего
допустимого
значения для модуля
аналогового ввода**

Аналоговые модули ControlLogix выполняют обработку и сравнение полевых данных непосредственно в модуле, что легко позволяет проверять биты состояния с целью выдачи ошибки.

Например, можно сконфигурировать модуль 1756-IF8 с заданными пользователем допустимыми предельными значениями, при превышении которых в модуле будет установлен и возвращен в контроллер бит состояния. После этого пользователь может проверить состояние таких битов с целью выдачи ошибки, как показано на Рис. 7.2:

Рисунок 7.2



В вышеприведенном примере бит превышения верхнего допустимого значения для канала 1 (CH1NAlarm) проверяется на установленное состояние для выдачи ошибки. Если в процессе работы при обработке модулем аналогового ввода аналоговых сигналов от полевых датчиков окажется, что значение для канала 1 превышает заданное пользователем значение для верхнего предела по каналу 1, то будет установлен и направлен в контроллер бит CH1NAlarm, а также будет выдано сообщение об ошибке.

Для заметок:

Общие требования к прикладному программному обеспечению

В этой главе подробно обсуждаются требования к прикладной программе.

| За этой информацией: | См. стр.: |
|---|-----------|
| Программное обеспечение для систем, связанных с SIL2 | 8-1 |
| Режимы работы системы ControlLogix | 8-5 |
| Программирование для SIL2 | 8-2 |
| Общие указания по разработке прикладного ПО | 8-2 |
| Форсировка | 8-4 |
| Обеспечение защиты | 8-4 |
| Контрольный перечень по созданию прикладной программы | 8-6 |

Программное обеспечение для систем, связанных с SIL2

Прикладное программное обеспечение для систем автоматизации, связанных с SIL2, должно создаваться с помощью инструмента программирования (RSLogix 5000) в соответствии с IEC 61131-3.

Прикладная программа должна создаваться с помощью пакета программирования RSLogix 5000 и содержать конкретные функции оборудования, которые должны реализовываться системой ControlLogix. Параметры функционирования также вводятся в систему с помощью RSLogix 5000.

Программирование для SIL2 Концепция безопасности, используемая для системы ControlLogix

Концепция безопасности SIL2 базируется на следующих предположениях:

- аппаратное и микропрограммное обеспечение системы программирования работает правильно (т.е. ошибки системы программирования могут быть обнаружены)
- пользователь правильно применяет логику, т.е. допущенные пользователем ошибки программирования могут быть обнаружены.

При первоначальном вводе в эксплуатацию системы ControlLogix, относящейся к обеспечению безопасности, вся система должна быть проверена посредством полного функционального тестирования. После внесения изменений в прикладную программу необходимо проверить измененную программу или логику.

За дополнительной информацией о том, как должны действовать пользователи при внесении изменений в свою прикладную программу, обращайтесь к разделу «Изменение вашей прикладной программы» на стр. 9-6.

Общие указания по разработке прикладного ПО

Предполагается, что прикладное ПО для планируемых систем SIL2 должно разрабатываться интегратором т/и/или пользователем системы. Разработчик должен руководствоваться положительным опытом проектирования, включая использование:

- Функциональных требований
- Технологических схем
- Временных диаграм
- Схем последовательности операций
- Экспертизы программы
- Аттестации программы

Вся логика должна быть подвергнута независимой экспертизе и протестирована. Для ускорения экспертиз и уменьшения непредусмотренных откликов системы разработчикам следует по возможности ограничивать набор используемых инструкций основными булевыми инструкциями/инструкциями релейной логики (например, проверка состояния On/Off (Вкл/Выкл), таймеры, счетчики и т.п.). Этот набор должен включать инструкции, которые могут использоваться для аналоговых параметров, а именно:

- Контроль по диапазону значений
- Сравнения
- Математические инструкции

За подробностями обращайтесь к Приложению В «Самотестирование системы и программируемые пользователем отклики».

Пользователи должны убедиться в том, что прикладная программа загрузилась и работает надлежащим образом. Типичным способом проверки является выгрузка загруженного файла программы и его сравнение с файлом, сохраненном на используемом для программирования терминале. Сравнение выгруженного файла можно выполнять через некоторое время, сохранив первый выгруженный файл и сравнив его с файлом, выгруженным во второй или следующий раз. Такой подход может реализовываться с использованием разных путей (т.е. через ControlNet и через последовательный порт).

Логика обеспечения безопасности должна быть отдельной от логики, не связанной с обеспечением безопасности.

Проверка созданной прикладной программы

Для проверки созданной прикладной программы на соответствие конкретной функции вы должны подготовить подходящий набор тестовых вариантов, охватывающих технические требования. Этот набор тестовых вариантов сохраняется в качестве спецификации на тестирование.

Также необходимо подготовить подходящий набор тестовых вариантов для численной проверки формул. Приемлемо тестирование в эквивалентном диапазоне. Это означает тестирование в пределах заданного диапазона значений, на границах диапазона или в недопустимых диапазонах значений. Тестовые варианты должны быть подобраны таким образом, чтобы можно было убедиться в правильности вычислений. Необходимое количество тестовых вариантов зависит от используемой формулы и должно включать критические пары значений.

Однако нельзя обойтись без активного моделирования с использованием источников, так как это является единственным способом проверки правильности подключения датчиков и исполнительных устройств к системе. Более того, это единственный способ тестирования конфигурации системы. Пользователям следует проверить правильность запрограммированных функций путем форсировки ввода/вывода или ручного манипулирования датчиками и исполнительными устройствами.

Возможности идентификации программы

Прикладная программа однозначно идентифицируется одним из следующего:

- Названием
- Датой
- Версией
- Любыми другими идентификационными данными пользователя

Форсировка

Форсировку необходимо заблокировать после тестирования и аттестации системы.

Обеспечение защиты

Пользователь должен определить меры, которые будут применяться для защиты от несанкционированных манипуляций.

В системе ControlLogix и в RSLogix 5000 имеются механизмы защиты, предотвращающие непреднамеренное или несанкционированное внесение изменений в систему обеспечения безопасности:

- Следующие инструменты могут использоваться для целей защиты в SIL2-сертифицированном приложении ControlLogix:
 - Logix CPU Security Tool (Инструмент защиты ЦПУ Logix)
 - Source Protection Tool (Инструмент защиты источников)
 - RSI Security Server (Сервер защиты RSI)

Каждый из этих инструментов выполняет свои функции по защите, включая защиту при помощи паролей с различными уровнями доступа к разным частям приложения. Описание этих инструментов здесь не приводится ввиду его объемности. За дополнительной информацией пользователи могут обратиться в свое местное представительство Rockwell Automation.

- В процессе нормальной работы переключатель контроллера должен находиться в положении RUN (Выполнение), а ключ должен быть вынут.
- Опции оператора настраиваются при регистрации пользователя в системе ControlLogix.
- Во время нормальной работы SIL2 в режиме выполнения (RUN) связь между RSLogix 5000 и системой ControlLogix не допускается.

Необходимо соблюдать требования стандартов, относящихся к обеспечению безопасности и к конкретному приложению, в части защиты от манипуляций. Предоставление прав доступа персоналу и обеспечение необходимых мер защиты – это обязанность лиц, осуществляющих ввод системы в эксплуатацию.

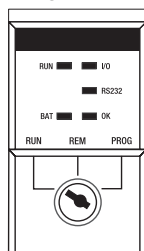
Режимы работы системы ControlLogix

Режимы работы системы ControlLogix устанавливаются при помощи трехпозиционного переключателя, расположенного на передней панели контроллера. Имеются следующие режимы:

- Run (Выполнение)
- Program (Программирование)
- Remote (Удаленный) – Это режим программирования или выполнения, обеспечиваемый программным обеспечением.

На Рис. 8.1 показан контроллер с переключателем в положении, соответствующем режиму выполнения (Run).

Рисунок 8.1



Когда SIL2-сертифицированное приложение работает в режиме выполнения, переключатель контроллера должен находиться в положении RUN, а ключ должен быть вынут. В этом режиме активизированы только выходы.

Контрольный перечень по созданию прикладной программы

Рекомендуется заполнить следующий контрольный перечень по техническим аспектам обеспечения безопасности при программировании, перед загрузкой и после загрузки новой или модифицированной программы.

Контрольный перечень по созданию прикладной программы Руководство по безопасности системы ControlLogix

| | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| Компания: | | | |
| Объект: | | | |
| Название проекта: | | | |
| Название файла/архивный номер: | | | |
| Вопросы для проверки | Да | Нет | Примечание |
| Перед модификацией | | | |
| Создавались ли конфигурация системы ControlLogix и прикладная программа с учетом аспектов обеспечения безопасности? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Используются ли руководящие указания по программированию при создании прикладной программы? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| После модификации – перед загрузкой | | | |
| Проводилась ли экспертиза прикладной программы на предмет выполнения технических требований к системе лицом, не участвующим в создании программы? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Были ли документально оформлены и выпущены результаты экспертизы (дата/подпись)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Была ли создана резервная копия всей программы перед ее загрузкой в систему ControlLogix? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| После модификации – после загрузки | | | |
| Было ли выполнено достаточное количество тестов для относящихся к обеспечению безопасности логических связей (включая ввод/вывод) и для всех математических вычислений? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Были ли сброшены все форсированные данные перед работой системы обеспечения безопасности? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Была ли проверена правильность работы системы? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Были ли установлены соответствующие процедуры и функции защиты информации? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Находится ли переключатель контроллера в положении Run (режим выполнения), и вынут ли ключ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

Технические требования SIL2 к прикладной программе

В этой главе обсуждается техническая безопасность для прикладной программы.

| За этой информацией: | Обращайтесь к стр.: |
|--------------------------------------|---------------------|
| Общая процедура | 9-1 |
| Задача SIL/Инструкции программы | 9-4 |
| Языки программирования | 9-4 |
| Жизненный цикл ввода в эксплуатацию | 9-5 |
| Изменение вашей прикладной программы | 9-6 |
| Форсировка | 9-8 |

Общая процедура

Общая процедура программирования приложений SIL2 для системы ControlLogix приводится ниже.

- Спецификация функции управления, включая:
 - технические требования
 - технологические схемы и временные диаграммы
 - блок-схемы
 - схемы последовательностей
 - описание программы
 - процесс проверки программы
- Написание прикладной программы
- Независимая экспертиза
- Верификация и аттестация

После тестирования программы можно вводить в эксплуатацию систему ControlLogix.

Основы программирования

Для управляющей программы должна быть подготовлена спецификация или функциональное описание. Этот документ является основой для проверки правильности программной реализации функций. Вид представления функционального описания определяется решаемой задачей и может быть следующим:

Логика и инструкции

Логика и инструкции, используемые при программировании приложения, должны обеспечивать:

- простоту понимания
- простоту отслеживания
- простоту внесения изменений
- простоту тестирования

Логика программы

Пользователь должен реализовать простую и легкую в понимании:

- релейную логику
- другой язык в соответствии с IEC 1131
или
- функциональные блоки с заданными характеристиками.

Мы, например, используем релейную логику из-за ее наглядности и простоты внесения изменений в отдельные части программы в этом формате.

Спецификация

Спецификация должна представлять собой подробное описание, включающее следующее (в соответствии с применимостью в каждом конкретном случае):

- Последовательность операций
- Блок-схемы и временные диаграммы
- Схемы последовательности
- Описание программы
- Распечатку программы
- Словесное описание шагов с условиями их выполнения и управляемыми исполнительными устройствами, включая:
 - описание входов
 - описание выходов
 - схемы подключения ввода/вывода и соответствующие ссылки
 - теория работы
- Матричное или табличное представление пошаговых условий перехода и управляемых исполнительных устройств, включая схемы последовательности и временные диаграммы
- Задание предельных условий, например, режимов работы, аварийного останова (EMERGENCY STOP) и т.д.

Часть спецификации, относящаяся к вводу/выводу, должна содержать анализ полевых схем, т.е. тип датчиков и исполнительных устройств:

Датчики (цифровые или аналоговые)

- Сигнал при стандартном режиме работы (принцип «спящего» тока для цифровых датчиков, отключенное состояние датчика (OFF) означает отсутствие сигнала)
- Определение степени резервирования, необходимой для уровней SIL
- Контроль и визуальное представление отклонений, включая пользовательскую логику диагностики

Исполнительные устройства

- Состояние и активизация в стандартном режиме работы (обычно OFF (ВЫКЛ))
- Безопасное реагирование/позиционирование при выключении и перебоях в питании, соответственно
- Контроль и визуальное представление отклонений, включая пользовательскую логику диагностики

Задача SIL/ Инструкции программы

Пользовательская программа может содержать одну задачу SIL, состоящую из нескольких программ и процедур. Это задача с контролем по времени, приоритет которой и сторожевой таймер задаются пользователем. Задача SIL2 должна иметь высший приоритет для контроллера, а уставка времени сторожевого таймера программы должна задаваться пользователем с учетом времени выполнения задачи SIL и других задач. За дополнительной информацией обращайтесь к Главе 1 «Концепция SIL».

Логика обеспечения безопасности должна быть отдельной от программ, не связанных с обеспечением безопасности.

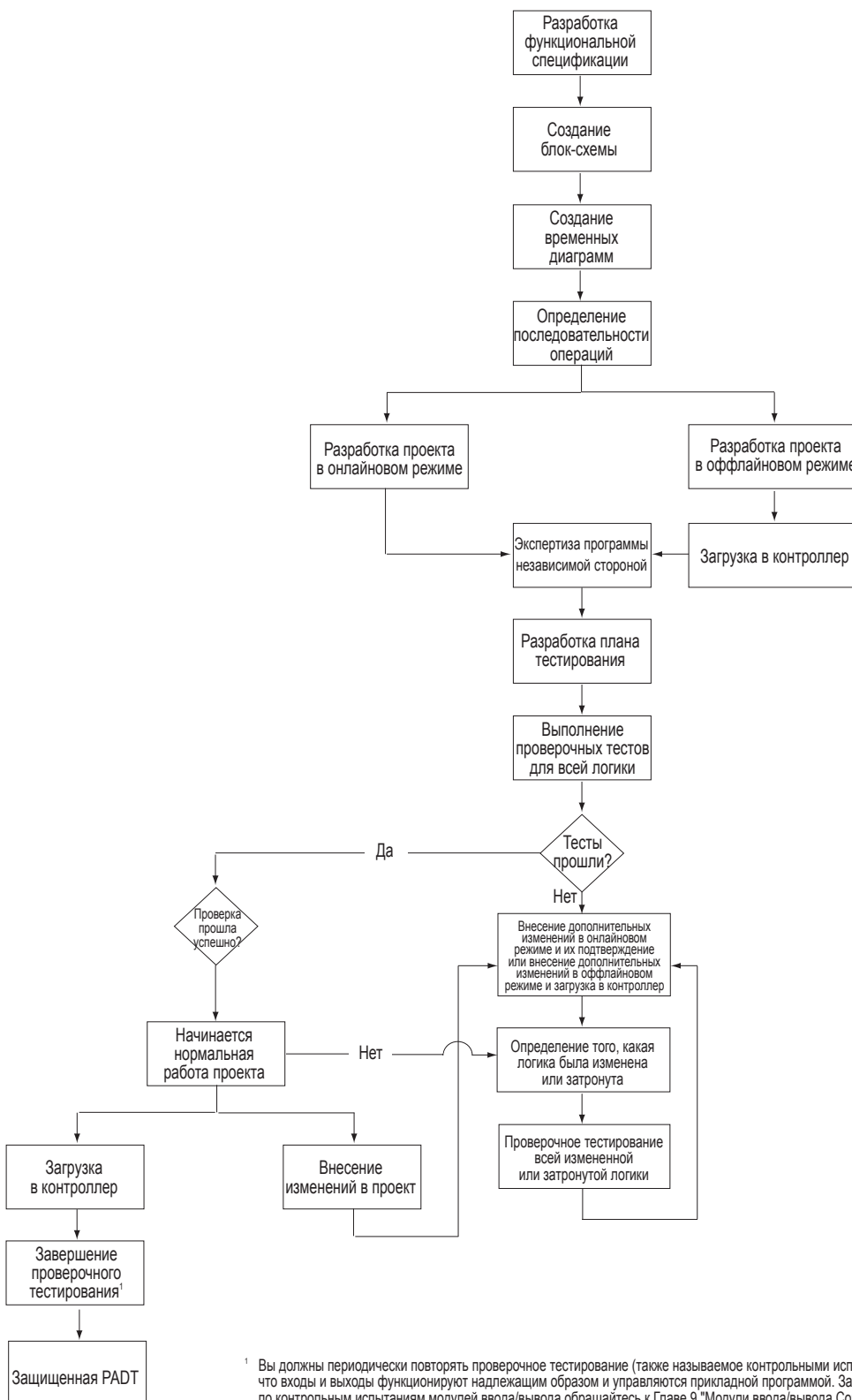
Языки программирования

Все имеющиеся в системе ControlLogix языки программирования (например, релейная логика, функциональный блок) доступны и для программирования контроллера ControlLogix для приложений SIL2.

**Жизненный цикл
ввода в
эксплуатацию**

На Рис. 9.1 показаны необходимые этапы разработки, отладки и сдачи в эксплуатацию прикладной программы.

Рисунок 9.1



¹ Вы должны периодически повторять проверочное тестирование (также называемое контрольными испытаниями), чтобы убедиться в том, что входы и выходы функционируют надлежащим образом и управляются прикладной программой. За дополнительной информацией по контрольным испытаниям модулей ввода/вывода обращайтесь к Главе 9 "Модули ввода/вывода ControlLogix".

Изменение вашей прикладной программы

При внесении изменений в вашу прикладную программу в RSLogix 5000 необходимо руководствоваться следующими правилами:

- Не рекомендуется редактировать текст программы. Однако при необходимости это допускается, но в ограниченном объеме. Например, возможно внесение небольших изменений, таких как изменение уставки таймера или аналогового устройства.
- Редактировать программу может лишь специально подготовленный персонал, имеющий соответствующие полномочия. Такой персонал должен использовать все имеющиеся способы контроля, например, использование переключателя контроллера и защиту программного обеспечения при помощи паролей.
- При редактировании программы специально подготовленным персоналом, имеющим соответствующие полномочия, этот персонал берет на себя основную ответственность за безопасность в процессе внесения изменений. Также этот персонал должен обеспечить безопасную работу приложения.
- Перед всяким редактированием программы необходимо выполнить анализ влияния вносимых изменений для функционального описания и других этапов жизненного цикла, показанных на Рис. 9.1 таким образом, как если бы это была совершенно новая программа.
- Пользователи должны достаточно полно документировать все вносимые в программу изменения, включая:
 - предоставление полномочий
 - анализ влияния изменений
 - выполнение
 - информацию о тестировании
 - информацию о исправлениях
- Пользователи **не могут** редактировать программу, если она находится в режиме онлайн, а вносимые изменения могут воспрепятствовать выполнению системой функции обеспечения безопасности или альтернативные способы защиты отсутствуют.
- Пользователи **не могут** редактировать свою программу одновременно с нескольких терминалов программирования.
- Изменения, вносимые в ПО SIS, в данном случае – RSLogix 5000, должны соответствовать требованиям раздела 11.7.1 «Интерфейс оператора» стандарта IEC 61511.
- Пользователи **не могут** редактировать свою программу в то время, когда проект работает в режиме выполнения (RUN). Иными словами, если приложение выполняется и переключатель контроллера ControlLogix находится в положении RUN, пользователи не могут вносить изменения в режиме онлайн.

- Пользователи **могут** редактировать релейную логику в своей программе одним из следующих способов, описанных в Таблице 9.1:

Таблица 9.1 Способы внесения изменений в вашу прикладную программу при помощи RSLogix 5000

| Способ: | Необходимые действия: | Положение переключателя контроллера | Ключевые моменты этого способа |
|------------------|--|-------------------------------------|--|
| В режиме оффлайн | Пользователь выполняет задачи, представленные на блок-схеме на Рис. 9.1, стр. 9-5. | PROG | Пользователи должны перепроверить все приложение перед тем, как возвращаться к нормальной работе. |
| В режиме онлайн | <p>1. Поверните переключатель контроллера в положение REM.</p> <p>2. Используйте панель инструментов редактирования онлайн (Online Edit) для начала редактирования, принятия внесенных изменений, их проверки и ассемблирования.</p> <div data-bbox="295 716 981 1019" style="text-align: center;"> </div> <ol style="list-style-type: none"> Нажмите на кнопку начала редактирования ждущей цепочки . Будет сделана копия цепочки, которую вы хотите отредактировать. Внесите в вашу прикладную программу необходимые изменения. На этом этапе исходная программа все еще активна в контроллере. Изменения вносятся в скопированные цепочки вашей программы и не будут влиять на выходы до тех пор, пока вы не протестируете внесенные в программу изменения в соответствии с пунктом г. Нажмите на кнопку принятия ждущих изменений цепочки . Внесенные вами в программу изменения будут проверены и загружены в контроллер. Теперь в контроллере имеются и измененная, и исходная программы. Однако контроллер продолжает выполнять исходную программу. Вы можете наблюдать состояние входов, а изменения не влияют на выходы. Нажмите на кнопку тестирования изменений программы . Для тестирования изменений нажмите Yes. Теперь программа будет выполняться с изменениями, которые будут влиять на выходы; исходная программа больше не выполняется. Однако, если вас не устраивают результаты тестирования изменений, вы можете отвергнуть новую программу, нажав на кнопку отмены тестирования изменений программы . В этом случае контроллер вернется к исходной программе. Нажмите на кнопку ассемблирования внесенных в программу изменений . Для ассемблирования изменений нажмите Yes. Измененная программа станет единственной программой в контроллере, а исходная программа будет отвергнута. <ol style="list-style-type: none"> Выполните частичное контрольное тестирование той части приложения, на которую повлияли внесенные в программу изменения. Верните переключатель контроллера в положение RUN, чтобы проект вернулся в режим выполнения. Мы рекомендуем вам выгрузить новую программу в ваш терминал программирования, чтобы приложение в контроллере соответствовало приложению на терминале программирования. Выньте ключ из переключателя. | REM | <p>Проект остается в онлайн, но работает в режиме удаленного выполнения. После редактирования пользователям нужно лишь проверить измененную часть прикладной программы.</p> <p>Мы рекомендуем ограничивать вносимые в режиме онлайн изменения незначительными модификациями программы, такими как изменение уставки, добавление, удаление или модификация цепочек релейной логики.</p> <p>ВАЖНО: Этот вариант внесения изменений в прикладную программу доступен лишь для изменений релейной логики. Пользователи не могут прибегнуть к этому способу для внесения изменений в программу в виде функциональных блоков.</p> <p>За более подробной информацией по редактированию релейной логики в режиме онлайн обращайтесь к публикации 1756-QS001 «Быстрый ввод в работу контроллеров Logix5000».</p> |

- Если онлайн-изменения вносились только в стандартные процедуры, эти изменения не требуются проверять перед возвратом к нормальной работе. Пользователи должны убедиться в том, что внесенные в стандартную процедуру изменения не влияют на процедуры SIL.

ВАЖНО

Если требуется внести какие-либо изменения в программу в контуре обеспечения безопасности, то это должно выполняться в соответствии с пунктом 11.7.1.5 IEC 61511-1, где говорится следующее:

“Интерфейс оператора” аппаратуры обеспечения безопасности (Safety Instrumentation System – SIS) должен быть спроектирован таким образом, чтобы предотвращать внесение изменений в прикладное программное обеспечение SIS. В тех случаях, когда требуется перенести информацию по безопасности из основной системы управления процессом (basic process control system – BPCS) в SIS, должны использоваться системы, позволяющие избирательно осуществлять запись из BPCS в конкретные переменные SIS. Должны использоваться аппаратные средства или процедуры для подтверждения того, что соответствующие данные были переданы и получены SIS и не ставят под угрозу выполняемую SIS функцию обеспечения безопасности.»

За дополнительной информацией по внесению изменений в прикладную программу SIL2 обращайтесь к Главе 10.

Форсировка

Форсировка в проекте RSLogix 5000 должна выполняться в соответствии со следующими правилами:

- Пользователи должны снять форсировку со всех тегов SIL2 перед началом нормальной работы проекта.
- Пользователи не могут форсировать теги SIL2, когда проект находится в режиме выполнения.

Использование и применение человеко-машинных интерфейсов

Ввиду большого разнообразия устройств, начиная от простого координатного манипулятора и светодиодных индикаторов до устройств человеко-машинного интерфейса (human to machine interface – HMI) на основе ПК/ЭЛТ в различных сетях, сертификация не осуществляется для какого-либо конкретного устройства. Широта ассортимента таких устройств аналогична ассортименту датчиков и исполнительных устройств, и было бы нецелесообразно накладывать ограничения на устройства.

Использование мер предосторожности и технических приемов

Однако пользователи должны применять для устройств HMI такие же меры предосторожности и технические приемы, как и для простых устройств, таких как датчики и входы переключателя. Меры предосторожности включают, как минимум, следующее:

- Ограниченный доступ и защита информации
- Спецификации, тестирование и аттестация
- Ограничения на данные и доступ
- Пределы для данных и параметров

За дополнительной информацией по тому, каким образом HMI включается в типичный контур SIL, обращайтесь к Рис. 1.2 на стр. 1-4.

Отработанные технические приемы должны использоваться в прикладном программном обеспечении HMI либо PLC в связанных с обеспечением безопасности системах и не связанных с безопасностью системах.

Обращение к системам обеспечения безопасности

Как правило, при обращении к системе обеспечения безопасности HMI следует ограничить чтение данных и информации, например, диагностики. Пользователь должен применять способы ограничения доступа лишь соответствующими разделами памяти. За дополнительной информацией обращайтесь к Рис. 2.1 на стр. 1-4.

Если параметры системы обеспечения безопасности требуют изменения со стороны HMI, пользователи должны руководствоваться указаниями, приведенными в следующем разделе.

Изменение параметров в системах обеспечения безопасности

Изменение параметра в контуре обеспечения безопасности через внешнее (т.е. находящееся вне контура обеспечения безопасности) устройство (например, НМІ) разрешается только при следующих ограничениях:

- Только специально подготовленный персонал, имеющий соответствующие полномочия может изменять параметры в системах обеспечения безопасности посредством НМІ.
- Пользователь, вносящий изменения в систему обеспечения безопасности посредством НМІ, отвечает за влияние этих изменений на контур обеспечения безопасности.
- Пользователи должны четко обозначить параметры, которые будут изменяться, как находящиеся под управлением контроллера ControlLogix в контуре обеспечения безопасности.
- Пользователи должны использовать четкую, ясную и исчерпывающую процедуру оператора для внесения относящихся к системе обеспечения безопасности изменений посредством НМІ.
- Внесенные в систему обеспечения безопасности изменения могут быть приняты лишь в том случае, если соблюдена следующая последовательность действий:
 - a.** Изменения направляются от НМІ в контроллер ControlLogix, входящий в контур обеспечения безопасности.
 - b.** Входящий в контур обеспечения безопасности контроллер ControlLogix возвращает изменения в НМІ перед принятием изменений или выполнением в соответствии с ними каких-либо действий.
 - c.** Пользователь проверяет правильность изменений.

В любом случае оператор должен подтвердить допустимость любого изменения перед его принятием и использованием в контуре обеспечения безопасности.

- Программное обеспечение, используемое в НМІ и контроллере ControlLogix (в данном случае RSLogix 5000) должно обеспечивать проверку того, что вносимые в систему обеспечения безопасности изменения находятся в допустимых пределах и не угрожают каким-либо образом системе обеспечения безопасности.
- Пользователь должен протестировать все изменения в соответствии с процедурой проверки обеспечения безопасности.

- Пользователи должны достаточно полно документировать все связанные с обеспечением безопасности изменения, вносимые посредством НМИ, включая:
 - предоставление полномочий
 - анализ влияния изменений
 - выполнение
 - информацию о тестировании
 - информацию о исправлениях
- Изменения, вносимые в систему обеспечения безопасности, должны соответствовать требованиям раздела 11.7.1 «Интерфейс оператора» стандарта IEC 61511 по безопасности процессов.

Изменение параметров в системах, не связанных с обеспечением безопасности

При использовании устройства НМИ для изменения параметров в системе, не связанной с обеспечением безопасности, руководствуйтесь следующим:

- Когда НМИ используется для ввода таких параметров, как уставки для ПИД-контуров или скорости приводов, прикладная программа должна включать отработанные технические приемы, используемые для проверки изменений других типов, включая:
 - Отображение данных, в которые будут вноситься изменения
 - Приемлемые диапазоны и предельные значения, используемые в программе для проверок данных (иными словами, проверок того, что вводимые данные находятся в приемлемом диапазоне)
 - Отображение нового значения наряду с существующим значением
 - Приглашение оператору подтвердить и принять измененное значение перед тем, как изменение станет действовать.
- Разработчик должен использовать те же отработанные способы и методы разработки, что и при создании другого прикладного программного обеспечения, включая проверку и тестирование операторского интерфейса и обеспечиваемого им доступа к другим частям программы. Прикладное ПО PLC должно организовать таблицу, доступную для НМИ и ограничивающую доступ лишь необходимыми точками данных.
- Аналогично программе PLC, программное обеспечение НМИ должно быть защищено и поддерживаться в соответствии с требованиями SIL2 после тестирования и аттестации системы.

Для заметок:

Времена отклика в ControlLogix

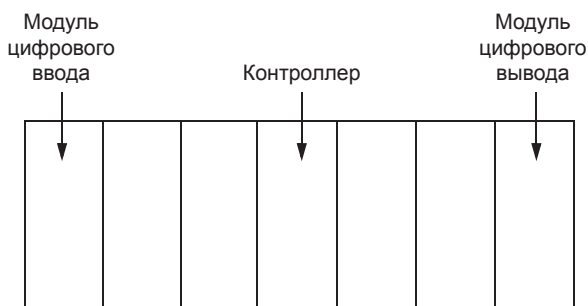
Воспользовавшись приведенными методами расчета, пользователю может оценить времена срабатывания в наихудшем случае при заданном изменении входа или состоянии ошибки и соответствующем выходном воздействии.

Цифровые модули **Конфигурация с локальными шасси**

На Рис. А.1 в качестве примере показана система, в которой происходит следующее:

- в модуле цифрового ввода изменяются входные данные
- эти данные передаются в контроллер
- контроллер выполняет сканирование программы и реагирует на изменение данных, включая отправку новых данных в модуль вывода
- поведение модуля вывода изменяется на основе полученных от контроллера новых данных

Рисунок А.1



Для определения времени срабатывания в наихудшем случае используйте следующую формулу:

$$\begin{aligned} \text{Время срабатывания в наихудшем случае} = & \text{Настройка фильтра модуля ввода}^{(1)} \\ & + \text{Аппаратная задержка модуля ввода}^{(2)} + \text{RPI модуля ввода}^{(1)} \\ & + \text{Сканирование программы контроллером}^{(3)} \\ & + \text{Аппаратная задержка модуля вывода}^{(2)} \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Эта настройка задается пользователем. За дополнительной информацией обращайтесь к Руководству пользователя по Модулям цифрового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM058.

⁽²⁾ Аппаратная задержка зависит от модуля. Конкретные времена аппаратной задержки указываются в инструкциях по установке для каждого номера по каталогу. Полный перечень инструкций по установке содержится в Таблице 1.1 на стр. 1-6.

⁽³⁾ Эта цифра вычисляется путем сложения времен выполнения инструкций. За подробной информацией по временам выполнения инструкций в RSLogix 5000 обращайтесь к Справочнику по временам выполнения и использованию памяти в контроллерах Logix5000, публикация 1756-RM087.

ПРИМЕР

Например, система может соответствовать конфигурации, показанной на Рис. А.1, с использованием модулей 1756-IB16D и 1756-OB16D и следующих настроек:

- Настройка фильтра модуля ввода = 1 мс
- Аппаратная задержка модуля ввода = 1 мс
- RPI входа = 2 мс
- Сканирование программы = 20 мс
- Аппаратная задержка модуля вывода = 1 мс

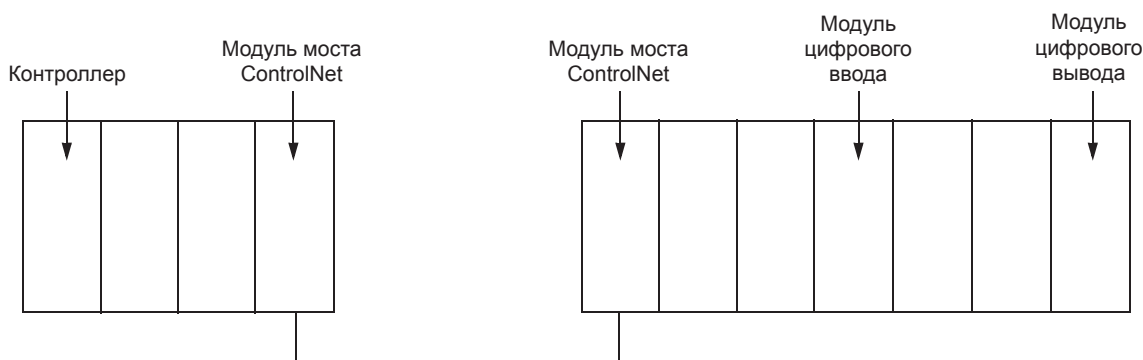
В данном примере время срабатывания в наихудшем случае составляет 25 мс

Конфигурация с удаленными шасси

На Рис. А.2 в качестве примере показана система, в которой происходит следующее:

- в модуле цифрового ввода изменяются входные данные
- эти данные передаются в контроллер через модули 1756-CNB
- контроллер выполняет сканирование программы и реагирует на изменение данных, включая отправку новых данных в модуль вывода через модули 1756-CNB
- поведение модуля вывода изменяется на основе полученных от контроллера новых данных

Рисунок А.2



Для определения времени срабатывания в наихудшем случае используйте следующую формулу:

$$\begin{aligned} \text{Время срабатывания в наихудшем случае} = & \text{Настройка фильтра модуля ввода}^{(1)} \\ & + \text{Аппаратная задержка модуля ввода}^{(2)} + \text{RPI модуля ввода}^{(1)} \\ & + \text{RPI удаленного 1756-CNB} \\ & + \text{Сканирование программы контроллером}^{(3)} \\ & + \text{RPI удаленного 1756-CNB} + \text{Аппаратная задержка модуля вывода}^{(2)} \end{aligned}$$

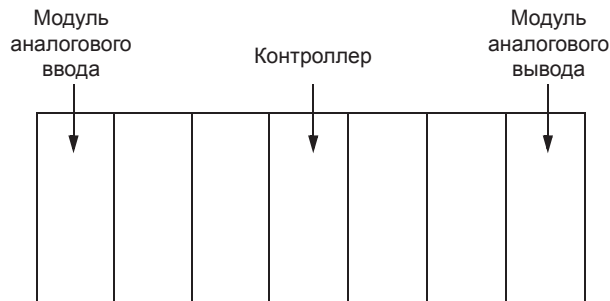
- (1) Эта настройка задается пользователем. За дополнительной информацией обращайтесь к Руководству пользователя по Модулям цифрового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM058.
- (2) Аппаратная задержка зависит от модуля. Конкретные времена аппаратной задержки указываются в инструкциях по установке для каждого номера по каталогу. Полный перечень инструкций по установке содержится в Таблице 1.1 на стр. 1-6.
- (3) Эта цифра вычисляется путем сложения времен выполнения инструкций. За подробной информацией по временам выполнения инструкций в RSLogix 5000 обращайтесь к Справочнику по временам выполнения и использованию памяти в контроллерах Logix5000, публикация 1756-RM087.

Аналоговые модули **Конфигурация с локальными шасси**

На Рис. А.3 в качестве примере показана система, в которой происходит следующее:

- в модуле аналогового ввода изменяются входные данные
- эти данные передаются в контроллер
- контроллер выполняет сканирование программы и реагирует на изменение данных, включая отправку новых данных в модуль вывода
- поведение модуля вывода изменяется на основе полученных от контроллера новых данных

Рисунок А.3



Для определения времени срабатывания в наихудшем случае используйте следующую формулу:

$$\begin{aligned} \text{Время срабатывания в наихудшем случае} = & \text{Настройка фильтра модуля ввода}^{(1)} \\ & + \text{Частота выборки реального времени (RTS) модуля ввода}^{(1)} \\ & + \text{Сканирование программы контроллером}^{(2)} \\ & + \text{RPI модуля вывода}^{(1)} + \text{Аппаратная задержка модуля вывода}^{(3)} \end{aligned}$$

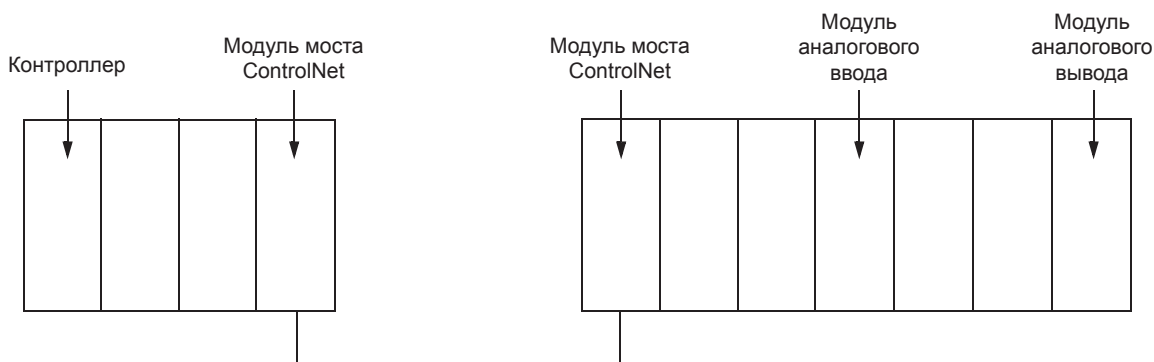
- (1) Эта настройка задается пользователем. За дополнительной информацией обращайтесь к Руководству пользователя по Модулям цифрового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM058.
- (2) Эта цифра вычисляется путем сложения времен выполнения инструкций. За подробной информацией по временам выполнения инструкций в RSLogix 5000 обращайтесь к Справочнику по временам выполнения и использованию памяти в контроллерах Logix5000, публикация 1756-RM087.
- (3) Аппаратная задержка зависит от модуля. Конкретные времена аппаратной задержки указываются в инструкциях по установке для каждого номера по каталогу. Полный перечень инструкций по установке содержится в Таблице 1.1 на стр. 1-6.

Конфигурация с удаленными шасси

На Рис. А.4 в качестве примере показана система, в которой происходит следующее:

- в модуле аналогового ввода изменяются входные данные
- эти данные передаются в контроллер через модули 1756-CNB
- контроллер выполняет сканирование программы и реагирует на изменение данных, включая отправку новых данных в модуль вывода через модули 1756-CNB
- поведение модуля вывода изменяется на основе полученных от контроллера новых данных

Рисунок А.4



Для определения времени срабатывания в наихудшем случае используйте следующую формулу:

$$\begin{aligned} \text{Время срабатывания в наихудшем случае} &= \text{Настройка фильтра модуля ввода}^{(1)} \\ &+ \text{Частота выборки реального времени (RTS) модуля ввода}^{(1)} \\ &+ \text{RPI удаленного 1756-CNB}^{(1)} \\ &+ \text{Сканирование программы контроллером}^{(2)} \\ &+ \text{RPI модуля вывода}^{(1)} + \text{RPI удаленного 1756-CNB}^{(1)} \\ &+ \text{Аппаратная задержка модуля вывода}^{(3)} \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Эта настройка задается пользователем. За дополнительной информацией обращайтесь к Руководству пользователя по Модулям цифрового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM058.

⁽²⁾ Эта цифра вычисляется путем сложения времен выполнения инструкций. За подробной информацией по временам выполнения инструкций в RSLogix 5000 обращайтесь к Справочнику по временам выполнения и использованию памяти в контроллерах Logix5000, публикация 1756-RM087.

⁽³⁾ Аппаратная задержка зависит от модуля. Конкретные времена аппаратной задержки указываются в инструкциях по установке для каждого номера по каталогу. Полный перечень инструкций по установке содержится в Таблице 1.1 на стр. 1-6.

Самотестирование системы и программируемые пользователем отклики

В этой главе рассказывается о самотестировании в системе ControlLogix и приводятся ссылки на дополнительную информацию о программируемых пользователем откликах.

Проверочные испытания

Проверочные испытания проводятся с установленной периодичностью.

- Вручную несколько раз включите/выключите входы, чтобы убедиться в их работоспособности и в том, что они не залипли в положении ON (ВКЛ).
- Вручную выполните импульсное тестирование выходов, для которых не поддерживается импульсное тестирование в процессе выполнения. **Необходимо проверить реле в резервированных блоках питания, чтобы убедиться в том, что они не залипли в замкнутом состоянии.**

Пользователи могут автоматически выполнить контрольные испытания, разомкнув заземляющий провод модулей ввода и проверив обнуление всех точек входа (их выключение).

Все компоненты системы, для которых отсутствует диагностика при выполнении, должны быть протестированы в процессе проверки инициализации системы.

Самотестирование системы

В SIL2-сертифицированной системе ControlLogix предусмотрен автоматический останов при отказе или ошибке. В указанных ниже материалах содержится подробная информация по программированию и конфигурированию процедур для контроля состояния диагностики и системы.

Реагирование на ошибки

За дополнительной информацией по конфигурированию системы ControlLogix для выявления и обработки ошибок, включая следующие задачи:

- Разработка процедуры обработки ошибок
- Создание пользовательской основной ошибки
- Отслеживание неосновных ошибок
- Разработка процедуры обработки включения питания

обращайтесь к Руководству по общей методике программирования для контроллеров Logix5000, публикация 1756-PM001.

Дополнительная информация по обработке ошибок в системе ControlLogix

В этом приложении описываются способы информирования контроллера об ошибках.

Введение

Архитектура ControlLogix предоставляет пользователю множество способов обнаружения ошибок в системе и реагирования на них. Можно опросить различные объекты устройств для определения текущего рабочего состояния. Кроме того, модули предоставляют данные о состоянии их функционирования и о состоянии процессов во время выполнения.

- За информацией об использовании конкретных инструкций для получения и задания системных данных контроллера, хранящихся в объектах устройств, обращайтесь к Справочному руководству по основным инструкциям для контроллеров Logix5000, публикация 1756-RM003.
- За информацией по кодам ошибок контроллера, включая основные и неосновные коды, обращайтесь к Руководству по общей методике программирования для контроллеров Logix5000, публикация 1756-PM001.
- За информацией по обращению к данным о рабочем состоянии модулей и о состоянии процессов во время выполнения обращайтесь к Руководству пользователя модулей аналогового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM009 и к Руководству пользователя модулей цифрового ввода/вывода ControlLogix, публикация 1756-UM058.

Для заметок:

Оценка ложных отказов

В Таблице D.1 приводятся оценки ложных отказов для продуктов ControlLogix, к которым относится данное руководство. Эти оценки получены на основе **эксплуатационных рекламаций**.

Таблица D.1

| Номер по каталогу: | Описание: | Наработка на отказ (MTBF) (для ложных отказов) ⁽¹⁾ | λ (для ложных отказов) ⁽²⁾ |
|--------------------|--|---|---|
| 1756-A-- | Шасси ControlLogix | 1,689,662 (среднее) | 5.92E-07 |
| 1756-CNB | Мост ControlNet | 2,335,907 | 4.28E-07 |
| 1756-CNBR | Резервированный мост ControlNet | 3,360,686 ⁽²⁾ | 2.98E-07 |
| 1756-DHRIO | Модуль интерфейса связи с удаленным вводом/выводом – Data Highway Plus | 1,625,751 | 6.15E-07 |
| 1756-ENBT | Мост EtherNet | 167,440 | 4.28E-07 |
| 1756-IA16I | Изолированный вход переменного тока | 11,623,040 | 8.60E-08 |
| 1756-IA8D | Диагностический вход переменного тока | 4,018,560 | 2.49E-07 |
| 1756-IB16D | Диагностический вход постоянного тока | 12,024,480 | 8.32E-08 |
| 1756-IB16I | Изолированный вход постоянного тока | 20,454,720 | 4.89E-08 |
| 1756-IB32 | Модуль входа постоянного тока | 6,602,960 | 1.51E-07 |
| 1756-IF16 | Модуль несимметричного аналогового входа | 3,507,627 | 2.85E-07 |
| 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового входа | 2,942,748 | 3.40E-07 |
| 1756-IF8 | Аналоговый вход | 3,788,373 | 2.64E-07 |
| 1756-IR6I | Вход термометра сопротивления | 1,294,453 | 7.73E-07 |
| 1756-IT6I | Вход термопары | 805,376 | 1.24E-06 |
| 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль входа термопары | Нет данных | Нет данных |
| 1756-L55M13 | Контроллер ControlLogix 1,5 Мб | 3,047,833 | 3.28E-07 |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 7,5 Мб | 447,497 | 2.23E-06 |
| 1756-OA16I | Изолированный выход переменного тока | 4,440,800 | 2.25E-07 |
| 1756-OA8D | Диагностический выход переменного тока | 3,839,680 | 2.60E-07 |
| 1756-OB16D | Диагностический выход постоянного тока | 7,317,440 | 1.37E-07 |
| 1756-OB16I | Изолированный выход постоянного тока | 15,329,600 | 6.52E-08 |
| 1756-OB32 | Модуль выхода постоянного тока | 1,973,614 | 5.07E-07 |
| 1756-OB8EI | Выход постоянного тока с плавким предохранителем | 1,356,160 | 7.37E-07 |
| 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового выхода (ток) | 3,604,343 | 2.77E-07 |

Таблица D.1

| Номер по каталогу: | Описание: | Наработка на отказ (MTBF) (для ложных отказов) ⁽¹⁾ | λ (для ложных отказов) ⁽²⁾ |
|--------------------|--|---|---|
| 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового выхода (напряжение) | 16,243,680 | 6.09E-08 |
| 1756-OF8 | Аналоговый выход | 2,542,138 | 3.93E-07 |
| 1756-OW16I | Модуль изолированного релейного выхода | 2,420,154 | 4.13E-07 |
| 1756-OX8I | Контактный выход | 7,096,960 | 1.41E-07 |
| 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | 2,020,247 | 4.95E-07 |
| 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | 511,680 | 1.95E-06 |
| 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | 2,275,520 | 4.39E-07 |
| 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | Нет данных | |
| 1756-PSCA | Модуль адаптера шасси источника питания | 3,132,480 | 3.19E-07 |
| 1756-PSCA2 | Модуль адаптера шасси резервированного источника питания | 5,524,480 | 1.81E-07 |

⁽¹⁾ MTBF (для ложных отказов) = (База установленного оборудования один год назад x 4160) / Количество отказов, зарегистрированных как «проблемы не обнаружено», за последние 12 месяцев (в часах)
Примечание: Если не зарегистрировано ни одного отказа как «проблемы не обнаружено», то принимается единица (1).

⁽²⁾ λ (αἰὺ εἰς τὴν ἰδέασι) = 1 / MTBF (αἰὺ εἰς τὴν ἰδέασι)
Нет данных – отсутствует достаточный объем полевых данных

Пример расчета вероятности отказа при запросе (Probability of Failure on Demand – PFD)

Периодичность контрольных испытаний = 2 года

В Таблице E.1 приводятся расчетные значения PFD для периодичности контрольных испытаний 2 года.

Таблица E.1 Расчет вероятности отказа при запросе (PFD) для продуктов ControlLogix при периодичности контрольных испытаний 2 года

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | $\lambda^{(5)}$ | Расчетное значение PFD: | |
|-------------------|--|--|-----------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-Axx | Шасси ControlLogix | 40,143,919 ⁽²⁾ (среднее ⁽³⁾) | 2.49E-08 | 1.10E-05 | |
| 1756-CNB | Мост ControlNet | 2,892,608 ⁽²⁾ | 3.46E-07 | 1.53E-04 | |
| 1756-CNBR | Резервированный мост ControlNet | 2,003,588 ⁽²⁾ | 4.99E-07 | 2.21E-04 | |
| 1756-IA16I | Изолированный вход переменного тока | 4,144,192 | 2.41E-07 | | 8.70E-06 |
| 1756-IA8D | Диагностический вход переменного тока | 3,856,320 | 2.59E-07 | | 9.37E-06 |
| 1756-IB16D | Диагностический вход постоянного тока | 7,386,774 | 1.35E-07 | | 4.83E-06 |
| 1756-IB16I | Изолированный вход постоянного тока | 3,562,624 | 2.81E-07 | | 1.02E-05 |
| 1756-IB32 | Модуль входа постоянного тока | 3,601,615 | 2.78E-07 | | 1.01E-05 |
| 1756-IF16 | Модуль несимметричного аналогового входа | 1,278,481 | 7.82E-07 | | 2.99E-05 |
| 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового входа | 2,051,077 | 4.88E-07 | | 1.81E-05 |
| 1756-IF8 | Аналоговый вход | 1,690,694 | 5.91E-07 | | 2.22E-05 |
| 1756-IR6I | Вход термометра сопротивления | 3,456,960 | 2.89E-07 | | 1.05E-05 |
| 1756-IT6I | Вход термопары | 4,784,000 | 2.09E-07 | | 7.51E-06 |
| 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль входа термопары | 2,320,724 | 4.31E-07 | | 1.59E-05 |
| 1756-L55M13 | Контроллер ControlLogix 1,5 Мб | 987,327 ⁽²⁾ | 1.01E-06 | 4.49E-04 | |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 5555 | 2,855,348 ⁽²⁾ | 3.50E-07 | 1.55E-04 | |
| 1756-OA16I | Изолированный выход переменного тока | 1,994,720 | 5.01E-07 | | 1.86E-05 |
| 1756-OA8D | Диагностический выход переменного тока | 3,839,680 | 2.60E-07 | 1.15E-04 | |
| 1756-OB16D | Диагностический выход постоянного тока | 4,520,534 | 2.21E-07 | 9.80E-05 | |
| 1756-OB16I | Изолированный выход постоянного тока | 1,703,520 | 5.87E-07 | | 2.20E-05 |
| 1756-OB32 | Модуль выхода постоянного тока | 3,531,731 | 2.83E-07 | | 1.03E-05 |
| 1756-OB8EI | Выход постоянного тока с плавким предохранителем | 1,239,680 | 8.07E-07 | | 3.09E-05 |
| 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового выхода (ток) | 7,307,600 | 1.37E-07 | | 4.88E-06 |

Таблица Е.1 Расчет вероятности отказа при запросе (PFD) для продуктов ControlLogix при периодичности контрольных испытаний 2 года

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | λ ⁽⁵⁾ | Расчетное значение PFD: | |
|-------------------|--|--|--------------------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового выхода (напряжение) | 16,423,680 | 6.09E-08 | | 2.15E-06 |
| 1756-OF8 | Аналоговый выход | 2,054,694 | 4,87E-07 | | 1.80E-05 |
| 1756-OX8I | Контактный выход | 6,639,360 | 1.51E-07 | | 5.38E-06 |
| 1756-OW16I | Модуль изолированного релейного выхода | 2,117,635 | 4.72E-07 | 2.09E-04 | |
| 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | 7,301,935 ⁽²⁾ | 1.37E-07 | 6.07E-05 | |
| 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 1.01E-07 | |
| 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | 7,100,760 ⁽²⁾ | 1.41E-07 | 6.24E-05 | |
| 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 1.01E-07 | |
| 1756-PSCA | Модуль адаптера шасси источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 9.81E-06 | |
| 1756-PSCA2 | Модуль адаптера шасси резервированного источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 9.81E-06 | |

(1) MTBF измеряется в часах.

(2) Рассчитано на основе полевых данных для компонентов

(3) Среднее = Среднее арифметическое всех значений MTBF для всех пяти шасси (1756-A4, A7, A10, A13 и A17)

(4) Предполагается, что оба источника питания выходят из строя одновременно

(5) λ = частота отказов = 1/ MTBF

В Таблице Е.2 приводится пример расчета PFD для контура обеспечения безопасности, включающего два модуля входа постоянного тока, используемых в конфигурации 1oo2, и модуль выхода постоянного тока, при периодичности контрольных испытаний 2 года.

Таблица Е.2

| Номер по каталогу: | Описание: | MTBF: | Расчетное значение PFD: |
|--|--|-------------------------|-------------------------|
| 1756-Axx | Шасси ControlLogix | 40,143,900 (среднее) | 1.10E-05 |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 5555 | 2,855,348 | 1.55E-04 |
| 1756-OB16D | Выход постоянного тока | 4,520,534 | 9.80E-05 |
| 1756-IB16D | Диагностический выход постоянного тока | 7,386,774 | 4.83E-06 |
| Суммарная расчетная PFD для контура обеспечения безопасности, состоящего из указанных продуктов: | | | 2.69E-04 |

**Периодичность
контрольных
испытаний = 4 года**

В Таблице E.3 приводятся расчетные значения PFD для периодичности контрольных испытаний 4 года.

Таблица E.3 Расчет вероятности отказа при запросе (PFD) для продуктов ControlLogix при периодичности контрольных испытаний 4 года

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | $\lambda^{(5)}$ | Расчетное значение PFD: | |
|-------------------|---|--|-----------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-Axx | Шасси ControlLogix | 40,143,919 ⁽²⁾ (среднее ⁽³⁾) | 2.49E-08 | 2.19E-05 | |
| 1756-CNБ | Мост ControlNet | 2,892,608 ⁽²⁾ | 3.46E-07 | 3.05E-04 | |
| 1756-CNBR | Резервированный мост ControlNet | 2,003,588 ⁽²⁾ | 4.99E-07 | 2.21E-04 | |
| 1756-IA16I | Изолированный вход переменного тока | 4,144,192 | 2.41E-07 | | 1.79E-05 |
| 1756-IA8D | Диагностический вход переменного тока | 3,856,320 | 2.59E-07 | | 1.93E-05 |
| 1756-IB16D | Диагностический вход постоянного тока | 7,386,774 | 1.35E-07 | | 9.79E-06 |
| 1756-IB16I | Изолированный вход постоянного тока | 3,562,624 | 2.81E-07 | | 2.09E-05 |
| 1756-IB32 | Модуль входа постоянного тока | 3,601,615 | 2.78E-07 | | 2.07E-05 |
| 1756-IF16 | Модуль несимметричного аналогового входа | 1,278,481 | 7.82E-07 | | 6.46E-05 |
| 1756-IF6I | Модуль изолированного аналогового входа | 2,051,077 | 4.88E-07 | | 3.80E-05 |
| 1756-IF8 | Аналоговый вход | 1,690,694 | 5.91E-07 | | 2.22E-05 |
| 1756-IR6I | Вход термометра сопротивления | 3,456,960 | 2.89E-07 | | 4.71E-05 |
| 1756-IT6I | Вход термопары | 4,784,000 | 2.09E-07 | | 1.54E-06 |
| 1756-IT6I2 | Усовершенствованный модуль входа термопары | 2,320,724 | 4.31E-07 | | 3.32E-05 |
| 1756-L55M13 | Контроллер ControlLogix 1,5 Мб | 987,327 ⁽²⁾ | 1.01E-06 | 8.92E-04 | |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 5555 | 2,855,348 ⁽²⁾ | 3.50E-07 | 3.09E-04 | |
| 1756-OA16I | Изолированный выход переменного тока | 1,994,720 | 5.01E-07 | | 3.92E-05 |
| 1756-OA8D | Диагностический выход переменного тока | 3,839,680 | 2.60E-07 | 2.29E-04 | |
| 1756-OB16D | Диагностический выход постоянного тока | 4,520,534 | 2.21E-07 | 1.95E-04 | |
| 1756-OB16I | Изолированный выход постоянного тока | 1,703,520 | 5.87E-07 | | 4.67E-05 |
| 1756-OB32 | Модуль выхода постоянного тока | 3,531,731 | 2.83E-07 | | 2.11E-05 |
| 1756-OB8EI | Выход постоянного тока с плавким предохранителем | 1,239,680 | 8.07E-07 | | 6.70E-05 |
| 1756-OF6CI | Модуль изолированного аналогового выхода (ток) | 7,307,600 | 1.37E-07 | | 9.90E-06 |
| 1756-OF6VI | Модуль изолированного аналогового выхода (напряжение) | 16,423,680 | 6.09E-08 | | 4.33E-06 |
| 1756-OF8 | Аналоговый выход | 2,054,694 | 4.87E-07 | | 3.79E-05 |
| 1756-OX8I | Контактный выход | 6,639,360 | 1.51E-07 | | 1.09E-05 |
| 1756-OW16I | Модуль изолированного релейного выхода | 2,117,635 | 4.72E-07 | | 3.67E-05 |
| 1756-PA75 | Источник питания переменного тока | 7,301,935 ⁽²⁾ | 1.37E-07 | 1.21E-04 | |

Таблица E.3 Расчет вероятности отказа при запросе (PFD) для продуктов ControlLogix при периодичности контрольных испытаний 4 года

| Номер по каталогу | Описание | Наработка на отказ (MTBF) ⁽¹⁾ | λ ⁽⁵⁾ | Расчетное значение PFD: | |
|-------------------|--|--|--------------------------|-------------------------|------------------|
| | | | | Архитектура 1oo1 | Архитектура 1oo2 |
| 1756-PA75R | Резервированный источник питания переменного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 2.01E-07 | |
| 1756-PB75 | Источник питания постоянного тока | 7,100,760 ⁽²⁾ | 1.41E-07 | 1.24E-04 | |
| 1756-PB75R | Резервированный источник питания постоянного тока | 4,380,000,000 ^{(2), (4)} | 2.28E-10 | 2.01E-07 | |
| 1756-PSCA | Модуль адаптера шасси источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 1.95E-05 | |
| 1756-PSCA2 | Модуль адаптера шасси резервированного источника питания | 45,146,727 ⁽²⁾ | 2.21E-08 | 1.95E-05 | |

(1) MTBF измеряется в часах.

(2) Рассчитано на основе полевых данных для компонентов

(3) Среднее = Среднее арифметическое всех значений MTBF для всех пяти шасси (1756-A4, A7, A10, A13 и A17)

(4) Предполагается, что оба источника питания выходят из строя одновременно

(5) λ = частота отказов = 1/ MTBF

В Таблице E.4 приводится пример расчета PFD для контура обеспечения безопасности, включающего два модуля входа постоянного тока, используемых в конфигурации 1oo2, и модуль выхода постоянного тока, при периодичности контрольных испытаний 4 года.

Таблица E.4

| Номер по каталогу: | Описание: | MTBF: | Расчетное значение PFD: |
|--|--|-----------------------------|-------------------------|
| 1756-Axx | Шасси ControlLogix | 40,143,900 (среднее) | 2.19E-05 |
| 1756-L55M16 | Контроллер ControlLogix 5555 | 2,855,348 | 3.09E-04 |
| 1756-OB16D | Выход постоянного тока | 4,520,534 | 1.95E-04 |
| 1756-IB16D | Диагностический выход постоянного тока | 7,386,774 | 9.79E-06 |
| Суммарная расчетная PFD для контура обеспечения безопасности, состоящего из указанных продуктов: | | | 5.36E-04 |