

## 2 Первые шаги

### 2.1 Введение

Это введение на конкретных примерах проведет вас через все шаги, которые необходимо выполнить для ввода системы в действие, вплоть до получения работающего приложения, давая вам возможность понять и просмотреть, как работает система автоматизации повышенной безопасности, и как она ведет себя в случае неисправности или ошибки.

Примеры предназначены для того, чтобы помочь вам в работе:

- с системой повышенной безопасности S7-400F
- с отказоустойчивой системой повышенной безопасности S7-400FH

#### Основная последовательность действий

Выполните шаг за шагом следующие задачи:

- Монтаж аппаратуры
- Проектирование системы повышенной безопасности
- Создание F-программы на CFC
- Ввод в действие системы повышенной безопасности и проверка правильности ее работы

Затем на ее основе вы сможете спроектировать отказоустойчивую систему повышенной безопасности.

#### Предлагаемые примеры проектов

Два примера проектов вы можете найти в каталоге `step7\Examples`:

- `Fproject` – для системы повышенной безопасности
- `Fhproject` – для отказоустойчивой системы повышенной безопасности

Вы можете использовать эти примеры для проверки результатов проектирования, описанных ниже.

#### Пароли

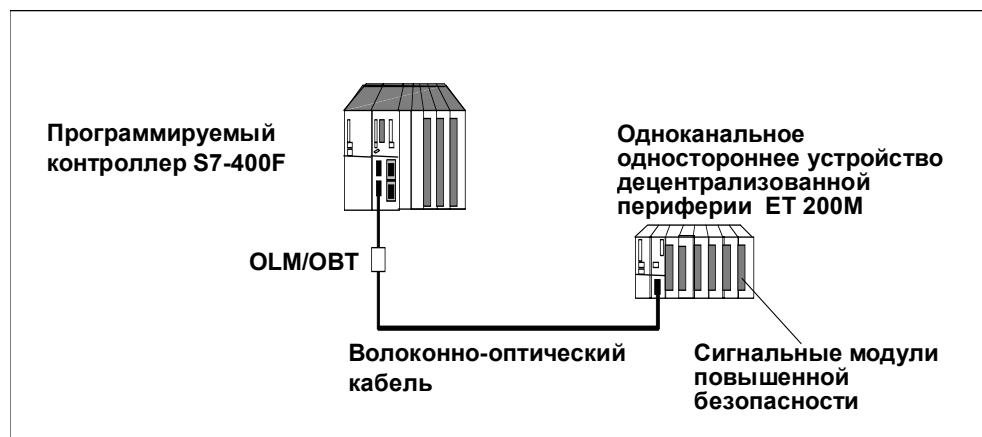
Пароли для предлагаемых проектов:

- Пароль для CPU: `anna`
- Пароль для программы обеспечения безопасности: `otto`

## 2.2 Система повышенной безопасности – Первые шаги

### 2.2.1 Система повышенной безопасности, монтаж аппаратуры

На следующем рисунке показан пример конфигурации аппаратуры.



Вам нужны следующие аппаратные компоненты:

- Программируемый логический контроллер, состоящий из:
  - 1 монтажной стойки (UR2-H)
  - 1 блока питания (PS 407 10A)
  - 1 CPU 417-4H
- Устройство децентрализованной периферии ET 200M с активной задней шиной, состоящее из:
  - 1 блока питания (PS307 5A)
  - 1 IM 153-2 FO с 1 OLM 12M (модуль оптической связи)
  - 1 цифрового модуля ввода повышенной безопасности (SM 326F DI 24xDC24V)
  - 1 цифрового модуля вывода повышенной безопасности (SM 326F DO10xDC24V/2A)
- Другие принадлежности
  - Кабели PROFIBUS и соединители
  - Пластмассовый волоконно-оптический кабель (2,2 мм)

Установите двухпозиционные переключатели для отдельных компонентов следующим образом:

- OLM 12M Termination [терминатор] ON [вкл] канал 1  
S1=1, S2=0 (1,5 Мбит/с)  
S3=1 (монитор выкл, канал 3), S4=S5=0 (линейный режим канал 3)  
S6=1 (монитор выкл, канал 2), S7=S8=0 (линейный режим канал 2)
- IM153-2 FO Адрес PROFIBUS 3
- SM 326F DI 24 Адрес модуля 8  
(находится только на обратной стороне; только шагами по 8)
- SM 326F DO10 Адрес модуля 24  
(находится только на обратной стороне; только шагами по 8)

### Дополнительная информация

Подробные описания аппаратных компонентов можно найти в следующих руководствах:

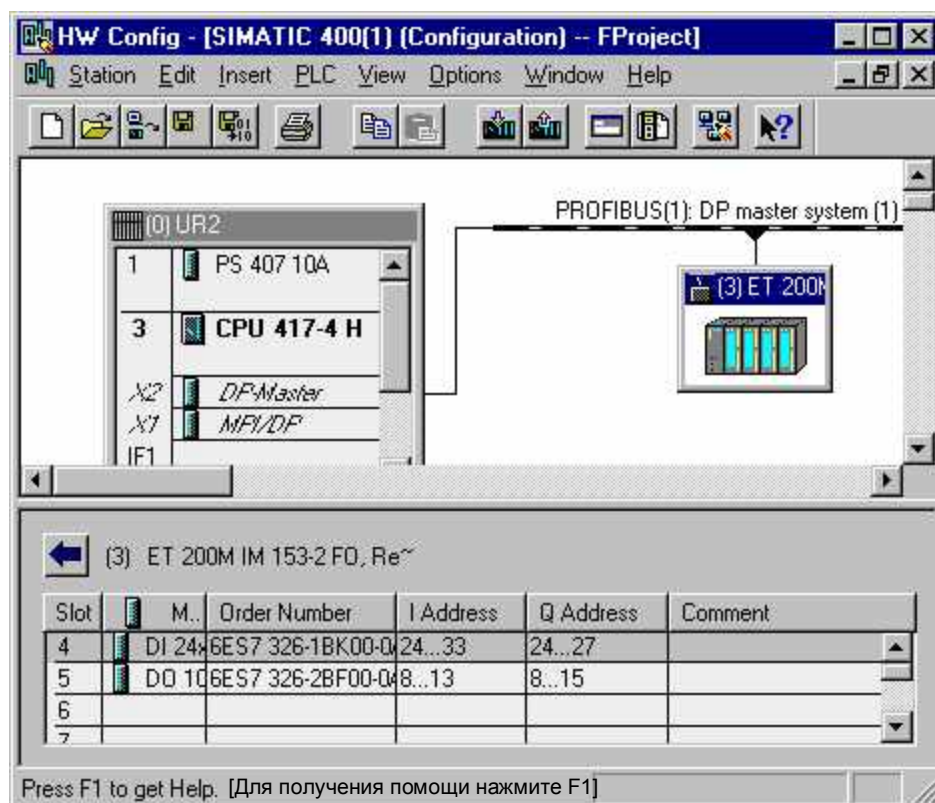
- S7-400, M7-400 Programmable Controllers, Installation and Module Specifications [Программируемые контроллеры S7-400, M7-400, Монтаж и данные модулей]
- Система автоматизации S7-400 H, Отказоустойчивые системы
- S7-300 Programmable Controller, Fail-Safe Signal Modules [Программируемый контроллер S7-300, Сигнальные модули повышенной безопасности]

## 2.2.2 Проектирование системы повышенной безопасности

Следующие шаги показывают, как создать новый проект и сконфигурировать аппаратную структуру, описанную выше.

### Последовательность действий

1. Откройте SIMATIC Manager и создайте новый проект под названием "FProject", используя команду меню **File > New [Файл > Новый]**.
2. Вставьте новую станцию S7-400: **Insert > Station > SIMATIC 400 Station [Вставить > Станция > Станция SIMATIC 400]**.
3. Откройте конфигуратор аппаратуры (HW Config) созданной станции SIMATIC 400(1) (название вы можете изменить), дважды щелкнув на объекте Hardware [Аппаратура] (или щелкните на команде **Open Object [Открыть объект]** всплывающего меню).



Пояснения к рисунку: Station – Станция; Edit – Редактировать; Insert – Вставить; PLC – ПЛК; View – Вид; Options – Дополнительные возможности; Window – Окно; Help – Помощь; Order Number – Номер для заказа; I Address – Адрес входов; Q Address – адрес выходов; Comment – Комментарий

4. Вставьте отдельные компоненты аппаратуры SIMATIC 400 из окна "Hardware Catalog [Каталог аппаратуры]" (открыть каталог можно с помощью команды **View > Catalog [Вид > Каталог]** буксировкой их в окно станции.
5. Сначала поместите монтажную стойку UR2 из каталога RACK 400.
6. Вставьте стандартный блок питания (PS 407 10 A) в слот 1 монтажной стойки.

7. Поместите CPU 417-4H V2.1 в слот 3: создайте подсеть (которая впоследствии будет соединена с ET 200M) в диалоговом окне "Properties - PROFIBUS Interface DP Master [Свойства – Интерфейс PROFIBUS DP Master]" щелчком на **New [Новая]**.
8. Выделите CPU и выберите команду меню **Edit > Object Properties [Редактировать > Свойства объекта]** (или дважды щелкните на CPU): Открывается диалоговое окно "Properties [Свойства] - CPU 417-4H": Введите пароль для CPU в закладке "Protection [Защита]" и выделите триггерную кнопку "CPU Contains Safety Program [CPU содержит программу обеспечения безопасности]".
9. Из каталога PROFIBUS-DP вставьте IM 153-2 FO непосредственно в "PROFIBUS(1): DP Master System (1)" в окне станции: Введите адрес 3 в закладке "Parameters [Параметры]" в диалоговом окне "Properties - Profibus Interface ET200M IM153-2 FO [Свойства – Интерфейс Profibus ET200M IM153-2 FO]".
10. Вставьте модуль ввода SM 326F DI24xDC24V из каталога DI-300 IM 153-2 FO в слот 4 ET 200M (вы можете увидеть подробное представление в нижней части окна станции).
11. Выделите модуль. Щелкните правой кнопкой мыши для выбора **Edit Symbols [Редактировать символы]** из всплывающего меню и введите символические имен для всех каналов: Эти символические имена для каналов вам впоследствии понадобятся для создания программы пользователя.
12. Дважды щелкните, чтобы открыть диалоговое окно свойств, и выберите "Enable Diagnostic Interrupt [Разблокировать диагностическое прерывание]" и "Safety Mode [Режим обеспечения безопасности]" с параметром "1oo1 Evaluation [Анализ 1-из-1]" в закладке "Inputs [Входы]".
13. Вставьте модуль вывода SM 326F DO10xDC24V/2A из каталога DO-300 IM 153-2 FO в слот 5 ET 200M.
14. Присвойте всем каналам символические имена (напр., используя "Add to Symbol [Добавить к символам]").
15. Откройте диалоговое окно свойств, выберите "Safety Mode in Accordance with SIL2 / AK4 [Режим обеспечения безопасности в соответствии с SIL2 / AK4]" в закладке "Outputs [Выходы]" и деактивизируйте групповую диагностику для всех каналов.  
Этим конфигурирование аппаратуры завершается.
16. Текущая конфигурация сохраняется выбором команды меню **Station > Save and Compile [Станция > Сохранить и скомпилировать]**: Системные блоки генерируются и сохраняются в папке программы.
17. Загрузите конфигурацию аппаратуры в CPU с помощью команды меню **PLC > Download to Module [ПЛК > Загрузить в модуль]**.

### 2.2.3 Система повышенной безопасности, создание F-программы пользователя

Выполняя следующие шаги, вы создадите F-программу пользователя, используя схему непрерывных функций CFC, которая соединяет отказобезопасные входы с отказобезопасными выходами.

F-программа состоит из двух схем:

- Одна схема для контроля времени F-цикла (F-Cyc)
- Одна схема для соединений в программе (F blocks)

#### Создание схем CFC

1. Перейдите в SIMATIC Manager, выделите объект CPU 417-4H и выберите команду меню **Insert > S7 Software > CFC [Вставить > Программное обеспечение S7 > CFC]**. ....  
Создается папка со схемой "CFC1". Назовите ее "F-Cyc".
2. Теперь вставьте вторую схему и назовите ее "F blocks [Отказобезопасные блоки]".
3. Дважды щелкните на схеме "F-Cyc", чтобы открыть ее (или щелкните правой кнопкой мыши, чтобы выбрать команду **Open Object [Открыть объект]** из всплывающего меню).
4. Возьмите из окна каталога (команда меню **View > Catalog [Вид > Каталог]**) отказобезопасный функциональный блок F\_CYC\_CO из папки **F-User Blocks [Отказобезопасные блоки пользователя]** библиотеки **Failsafe Blocks (V1) [Отказобезопасные блоки (V1)]**.

#### Замечание

Отказобезопасные блоки библиотеки **Failsafe Blocks (V1\_1)** имеют желтый цвет, чтобы отличить их от стандартных блоков.

5. Дважды щелкните на "ST MAX\_CYC" (или щелкните правой кнопкой и выберите Object Properties [Свойства объекта]), чтобы открыть входы и выходы отказобезопасного блока (F-тип данных в виде структуры):  
Дважды щелкните на элементе структуры DATA [TIME] (Дата [Время]) и измените значение на 1s – см. описание F\_CYC\_CO (по меньшей мере, время циклического прерывания для организационных блоков с исполняемыми F-группами или дольше).  
(Компоненты PAR\_ID и COMPLEM получают значения автоматически при компиляции схемы CFC).  
Вы также можете дать блоку символическое имя; это позволит получить лучший обзор при работе с обширными схемами.

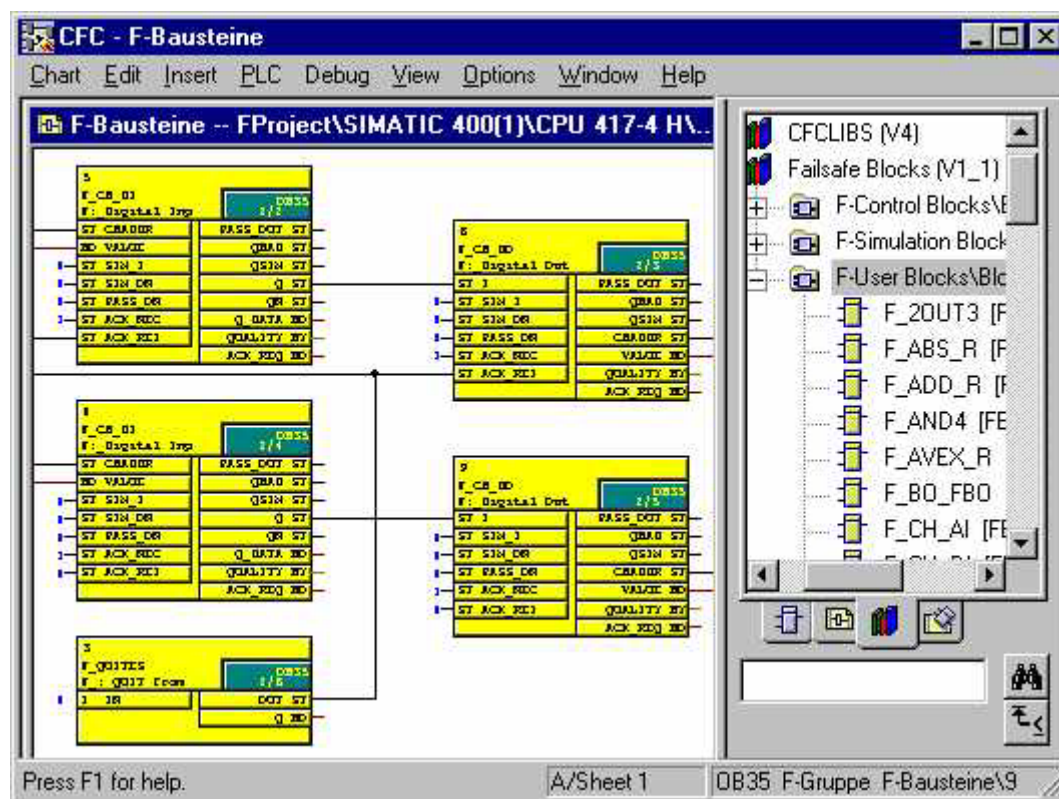
#### Редактирование последовательности исполнения

Отказобезопасные функциональные блоки должны быть вставлены в исполняемые группы.

1. Перейдите в просмотр последовательности исполнения, выбрав команду меню **Edit > Run Sequence [Редактировать > Последовательность исполнения]**, и вставьте в OB35 исполняемую группу "Cyc Group [Циклическая группа]". Отбуксируйте блок "F-Cyc1" в эту исполняемую группу.
2. За этой исполняемой группой вставьте вторую исполняемую группу "F Group [F-группа]", выделите ее и щелкните правой кнопкой мыши на **Predecessor for Installation [Предшественник для инсталляции]**.

### Вставка следующих отказобезопасных блоков

1. Из SIMATIC Manager откройте схему "F blocks" и вставьте два отказобезопасных драйвера каналов F\_CH\_DI для считывания каналов 0 и 1 в F-модуле ввода (допустимые значения находятся на выходе Q).
2. Соедините вывод VALUE с символическими именами для канала 0 (напр., E24.0) и канала 1 (напр., E24.1), используя правую кнопку мыши и Interconnection to Address [Соединение с операндом].
3. Присвойте соответствующему выводу ACK\_NEC значение 1: В случае ошибки для повторного включения в систему требуется подтверждение пользователя (на ACK\_REI).
4. Поместите два отказобезопасных драйвера каналов F\_CH\_DO (значения подаются на вход I) для записи F-модуля вывода.
5. Соедините вывод VALUE с символическим именем для канала 0 (напр., A8.0) и канала 1 (напр., A8.1).
6. Присвойте выводу ACK\_NEC значение 1.
7. Соедините выходы Q обоих F\_CH\_DI с входами I соответствующего блока F\_CH\_DO.
8. Вставьте блок F\_QUITES (отказобезопасное квитирование) из библиотеки и соедините выход OUT с входами ACK\_REI обоих F\_CH\_DI и обоих F\_CH\_DO.



Пояснения к рисунку: Chart – схема; Edit – редактировать; Insert – вставить; PLC – ПЛК; Debug – отладка; View – вид; Options – дополнительные функции; Window – окно; Help – помощь; F-Bausteine –отказобезопасные блоки

9. Снова проверьте в обзорном изображении исполняемой группы, все ли отказобезопасные блоки находятся в обеих исполняемых группах, как это необходимо.

## Компиляция блоков

Выберите команду меню **Chart > Compile > Charts as Program [Схема > Компилировать > Схемы как программа]**, чтобы скомпилировать свою программу. Активизируйте опцию **Generate Module Drivers [Сгенерировать драйверы модуля]**. При редактировании программы обеспечения безопасности вы получаете запрос на ввод пароля для этой программы (см. выше под заголовком Пароли)

Если пароль введен неверно, компиляция завершается.

После того как схемы скомпилированы, дополнительным пакетом "S7 F Systems [Системы S7 F]" автоматически встраиваются следующие блоки управления:

- В схему "F-Сус" F\_TEST, F\_TESTM и F\_TESTC (для тестирования)
- В схему "F blocks" F\_PLK и F\_PLK\_O (для контроля исполнения программы)
- В отдельную схему @F1 F\_M\_DI24 и F\_M\_DO10 (отказобезопасный драйвер модуля)

Все необходимые OB ошибок также вставлены в папку блоков в SIMATIC Manager.

---

### Замечание

Схемы CFC с отказобезопасными блоками имеют желтый цвет и помечены символом "F", чтобы отличить их от стандартных схем.

---

## Загрузка программы в CPU

Загрузите схемы CFC в CPU командой меню **PLC > Download to Module [ПЛК > Загрузить в модуль]**.

### 2.2.4 Запуск системы повышенной безопасности

Запустите программируемый контроллер, переведя переключатель режимов работы в положение RUN-P и выполнив теплый пуск на CPU (**PLC > Operating Mode [ПЛК > Режим работы]**).

Если вы приложите напряжение к одному из входов, то соответствующий выход установится (снимите напряжение с клеммы Vs (питание датчиков)).



## 2.2.5 Система повышенной безопасности, наблюдение за ошибками

### Отсоединение фронтштекера

1. Отсоедините фронтштекер от SM 326F DI24xDC24V.  
Вы запустили ошибку на SM 326F DI24xDC24V: Светодиод SF загорается, а светодиод SAFE гаснет. Светодиод EXTf на CPU загорается, но CPU остается в режиме RUN.
2. Перейдите в диагностический буфер CPU (**PLC > Operating Mode > Diagnostic Buffer [ПЛК > Режим работы > Диагностический буфер]**): Поступило сообщение о неисправности сигнального модуля с адресом 8, но так как имеется OB82, то диагностическое прерывание не вызывает перехода CPU в STOP.
3. Подробную информацию о неисправных модулях вы можете прочитать, выбрав команду меню **PLC > Diagnose Hardware [ПЛК > Диагностика аппаратуры]**: Дважды щелкните на DI 24 в открывшейся ONLINE конфигурации аппаратуры и посмотрите диагностический буфер в состоянии модуля.
4. Перейдите в схему CFC "F blocks" и переключитесь в режим тестирования. Выводы QBAD отказобезопасных драйверов каналов F\_CH\_DI установлены: имеет место ошибка. QUALITY=16#48 указывает, что на Q находятся заменяющие значения Q.
5. Теперь снова вставьте фронтштекер в SM 326F DI24xDC24V. По истечении времени, необходимого для повторного включения в систему, равного примерно 1 минуте, светодиод SAFE снова загорается, а светодиод SF LED гаснет. Светодиод EXTf на CPU гаснет.  
В диагностическом буфере CPU появляется сообщение, что модуль в порядке (OK).  
В режиме тестирования вы все еще можете увидеть, что драйверный блок сообщает об ошибке: Если, например, вы приложите напряжение к клемме 5 для входа 8.0, то выход Q драйверного блока остается в 0. Поэтому сначала должен быть вновь включен в систему SM 326F DI24xDC24V: Выход ACK\_REQ=1 запрашивает квитирование на отказобезопасном входе ACK\_REI.
6. В нашем случае вы можете вывести сигнал 1 на один цикл через отказобезопасный FB F\_QUITES, вход которого может быть соединен с неотказобезопасной технической системой (ES): Дважды щелкните на выводе IN и введите значение 6; затем дважды щелкните (в течение минуты) на IN снова и введите 9 - вы можете также воспользоваться кнопкой Apply [Применить] - (см. главу 8, Отказобезопасные функциональные блоки F\_QUITES). Драйверный блок теперь больше не сообщает об ошибке, а выход Q переключается с 0 на 1.

### Дополнительные неисправности

Спровоцируйте следующие две неисправности и отобразите диагностический буфер CPU:

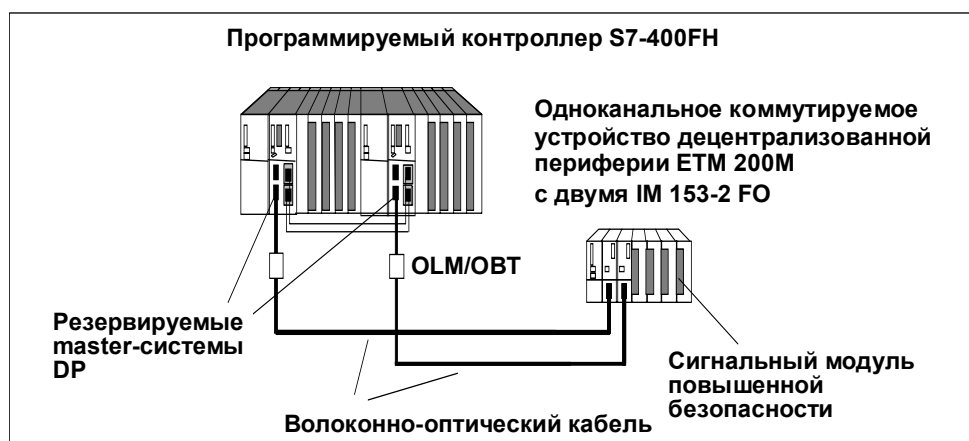
- Разрыв соединения с PROFIBUS
- Удаление и вставка SM 326F DI24xDC24V

Затем снова включаете в систему сигнальный модуль.

## 2.3 Отказоустойчивая система повышенной безопасности – Первые шаги

### 2.3.1 Отказоустойчивая система повышенной безопасности, монтаж аппаратуры

На следующем рисунке показан пример конфигурации аппаратуры.



Вам нужны следующие аппаратные компоненты:

- Программируемый логический контроллер, состоящий из:
  - 1 монтажной стойки (UR2-H)
  - 2 блоков питания (PS 407 10A)
  - 2 CPU 417-4H
  - 4 синхронизационных модулей
  - 2 волоконно-оптических кабелей
- Устройство децентрализованной периферии ET 200M с активной задней шиной, состоящее из:
  - 1 блока питания (PS307 5A)
  - 2 IM 153-2 FO с 2 OLM 12M (модули оптической связи)
  - 1 цифрового модуля ввода повышенной безопасности (SM 326F DI 24xDC24V)
  - 1 цифрового модуля вывода повышенной безопасности (SM 326F DO10xDC24V/2A)
- Другие принадлежности
  - Кабели PROFIBUS и соединители
  - Пластмассовый волоконно-оптический кабель (2,2 мм)

Установите двухпозиционные переключатели для отдельных компонентов следующим образом:

- OLM 12M Termination [терминатор] ON [вкл] канал 1  
S1=1, S2=0 (1,5 Мбит/с)  
S3=1 (монитор выкл, канал 3), S4=S5=0 (линейный режим канал 3)  
S6=1 (монитор выкл, канал 2), S7=S8=0 (линейный режим канал 2)
- IM153-2 FO Адрес PROFIBUS 3
- SM 326F DI 24 Адрес модуля 8  
(находится только на обратной стороне; только шагами по 8)
- SM 326F DO 10 Адрес модуля 24  
(находится только на обратной стороне; только шагами по 8)

Установите для синхронизационных модулей номера монтажных стоек 0 и 1.

Присоедините к модулю вывода исполнительные устройства, или, в качестве альтернативы, оконечные резисторы (напр., между 12 Ом и 3,4 кОм 1 Вт), или заблокируйте групповую диагностику для неиспользуемых каналов в конфигурации аппаратуры.

## Дополнительная информация

Подробные описания аппаратных компонентов можно найти в следующих руководствах:

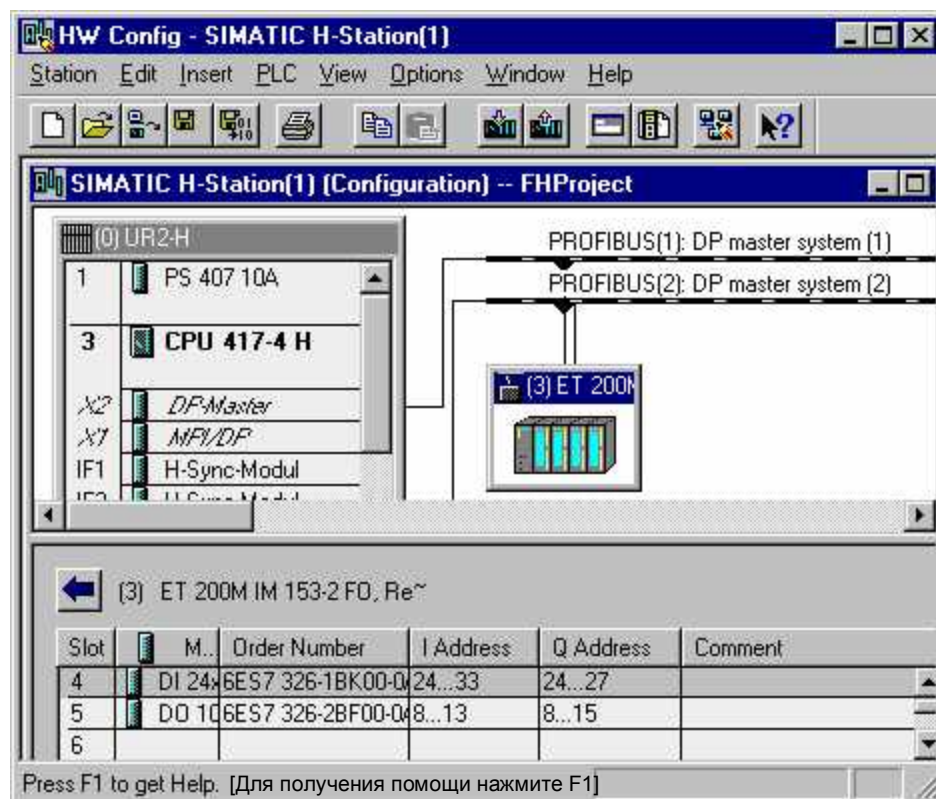
- S7-400, M7-400 Programmable Controllers, Installation and Module Specifications [Программируемые контроллеры S7-400, M7-400, Монтаж и данные модулей]
- Система автоматизации S7-400 H, Отказоустойчивые системы
- S7-300 Programmable Controller, Fail-Safe Signal Modules [Программируемый контроллер S7-300, Сигнальные модули повышенной безопасности]

### 2.3.2 Проектирование отказоустойчивой системы повышенной безопасности

Действуйте таким же образом, как и при проектировании F-системы. Создайте новый проект в SIMATIC Manager для описанной выше конфигурации аппаратуры.

#### Последовательность действий

1. Создайте новый проект под названием "FHProject".
2. Вставьте новую станцию **SIMATIC H Station**.
3. Откройте конфигуратор аппаратуры станции SIMATIC H station (1)



Пояснения к рисунку: Station – Станция; Edit – Редактировать; Insert – Вставить; PLC – ПЛК; View – Вид; Options – Дополнительные возможности; Window – Окно; Help – Помощь; Order Number – Номер для заказа; I Address – Адрес входов; Q Address – адрес выходов; Comment – Комментарий

4. Начните с установки монтажной стойки **UR2-H**.
5. Вставьте стандартный блок питания (PS 407 10 A) в слот 1.
6. Поместите CPU 417-4H V2.1 в слот 3 и создайте подсеть. Вставьте два синхронизационных модуля (модуль H Sync) в IF1 и IF2.
7. Откройте диалоговое окно свойств CPU, введите пароль для CPU в закладке «Protection [Защита]» и выделите триггерную кнопку "CPU Contains Safety Program [CPU содержит программу обеспечения безопасности]".
8. Дублируйте всю монтажную стойку и присоедините CPU ко второй подсети PROFIBUS.

9. Добавьте IM 153-2 FO непосредственно в одну из двух подсетей PROFIBUS и введите адрес 3: ET 200M автоматически соединяется с обеими подсетями.  
(В диалоговом окне свойств ET 200M имеется закладка "Redundancy [Резервирование]").)
10. Вставьте модуль ввода SM 326FDI24xDC24V в слот 4 ET 200M .
11. Присвойте символические имена всем каналам.
12. В закладке "Inputs [Входы]" диалогового окна свойств выберите "Enable Diagnostic Interrupt [Разблокировать диагностическое прерывание]" и "Safety Mode [Режим обеспечения безопасности]" с параметром "1oo1 Evaluation [Анализ 1-из-1]".
13. Теперь вставьте модуль вывода SM 326F DO10xDC24V/2A.
14. Присвойте символические имена всем каналам.
15. В закладке "Outputs [Выходы]" диалогового окна свойств выберите "Enable Diagnostic Interrupt [Разблокировать диагностическое прерывание]" и "Safety Mode in Accordance with SIL2 / AK4 [Режим обеспечения безопасности в соответствии с SIL2 / AK4]". Этим конфигурирование аппаратуры завершается.
16. Текущая конфигурация сохраняется выбором команды меню **Station > Save and Compile [Станция > Сохранить и скомпилировать]**: Системные блоки генерируются и сохраняются в папке программы.
17. Загрузите конфигурацию аппаратуры в CPU стойки 0 (или, сокращенно, CPU0).

Обратите внимание на то, чтобы в SIMATIC Manager все блоки хранились только в CPU0 (верхний из двух).

### 2.3.3 Отказоустойчивая система повышенной безопасности, создание F-программы пользователя

#### Последовательность действий

1. Создайте такую же F-программу пользователя на CFC, какая описана для системы повышенной безопасности.
2. После компиляции схем загрузите их в CPU0.

### 2.3.4 Запуск отказоустойчивой системы повышенной безопасности

Запустите программируемый контроллер переводом переключателя режимов работы в положение RUN-P сначала для CPU0 и выполните теплый пуск (**PLC > Operating Mode [ПЛК > Режим работы]**). Затем переведите переключатель режимов работы в положение RUN-P для CPU1.

CPU0 запускается как главный CPU. Затем запускается CPU1, который после установления связи и актуализации становится резервным CPU.

Первый IM 153-2 FO, присоединенный к CPU0, активен: светодиод АСТ загорается.

### 2.3.5 Отказоустойчивая F-система, наблюдение за ошибками

#### Разрыв соединения с PROFIBUS

1. Отсоедините кабель PROFIBUS от CPU0. Светодиод BUS2F мигает, а светодиод REDF на CPU0 загорается. Теперь активен второй IM 153-2 FO, а первый показывает неисправность шины.
2. Прочитайте диагностический буфер CPU0. Несмотря на потерю резервирования на slave-устройстве DP, ваша периферийная система все еще продолжает работать без ошибок.
3. Теперь снова вставьте кабель PROFIBUS в CPU0. Все светодиоды ошибок снова выключаются. Однако второй IM 153-2 FO остается активным.

#### Обрыв провода на SM 326F DO10xDC24V/2A с подтверждением пользователя

1. Разорвите соединение со своим исполнительным устройством или нагрузочным резистором, например, на канале 0.
2. Приложите напряжение к каналу 0 модуля ввода (напр., с клеммы Vs). Теперь ваш выход должен управляться, но модуль вывода переходит в состояние сбоя, светодиод SF загорается, а светодиод канала выключен.
3. Отобразите диагностический буфер CPU и модуля вывода с помощью Diagnose Hardware [Диагностика аппаратуры]: Сообщается об обрыве провода на канале 0.
4. Перейдите в схему CFC "F blocks" и переключитесь в режим тестирования. Выводы QBAD отказобезопасных драйверов каналов F\_CH\_DO установлены: весь модуль неисправен.
5. Устраните обрыв провода.
6. Как только выход ACK\_REQ=1 установится, снова включите в систему модуль вывода через F\_QUITES (как это описано для систем повышенной безопасности): Входы/выходы больше не сообщают об ошибке, и светодиод SF модуля гаснет.

