Лабораторная работа №6.
Моделирование гибридных систем в Stateflow

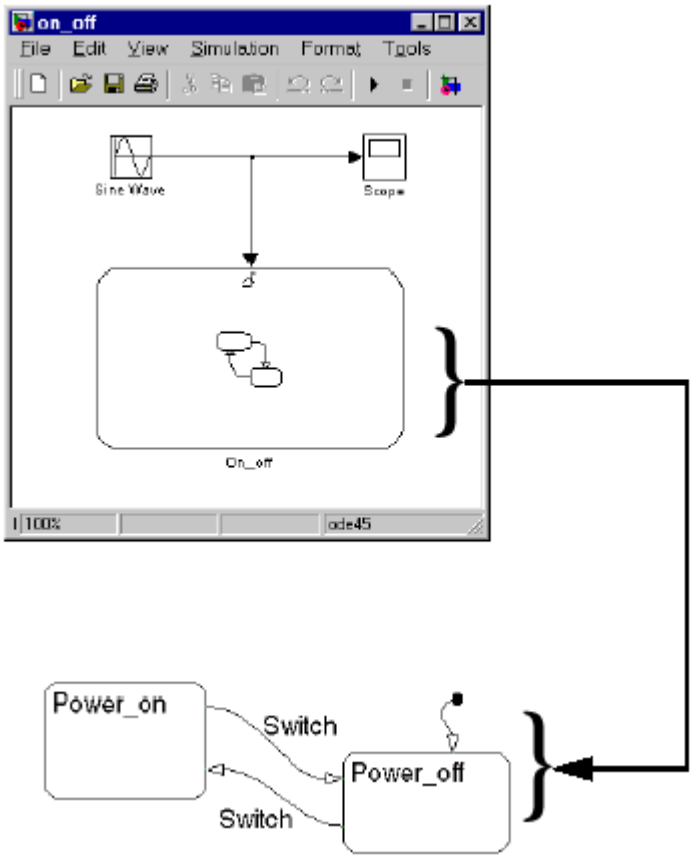
Цель работы

Научиться моделировать гибридные системы в Stateflow.

Теоретические сведения

Этот раздел представляет введение в Stateflow. В нем показано, как использовать Stateflow, чтобы создать, отладить и выполнить модель простого переключателя питания.

На рис 1 представлена диаграмма Stateflow, которая представляет переключатель питания. Там же представлена законченная Simulink-модель.



Р и с. 1. Stateflow модель переключателя питания

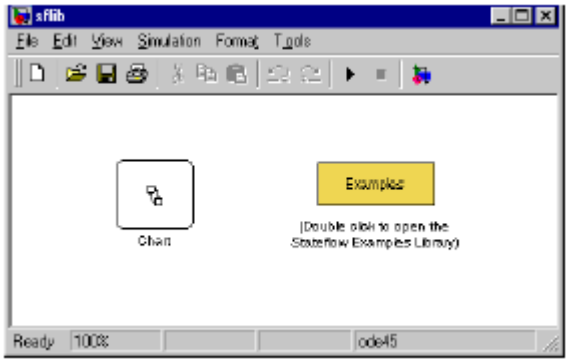
Когда Вы запускаете эту модель, входное событие `Switch` (Выключатель) от Simulink переключает активность состояний между Power_on (Питание включено) и Power_off (Питание выключено).

Открытие окна модели Stateflow - первый шаг к созданию модели Simulink с Stateflow блоком. По умолчанию, untitled (неназванная) модель Simulink с пустым Stateflow блоком Chart создается, когда Вы открываете окно модели Stateflow. Вы можете запустить пустую модель или скопировать Stateflow блок Chart в любую модель Simulink, чтобы включить диаграмму Stateflow в существующую модель Simulink.

Эти шаги описывают, как создать модель Simulink с блоком Stateflow, назвать блок Stateflow и сохранить модель:

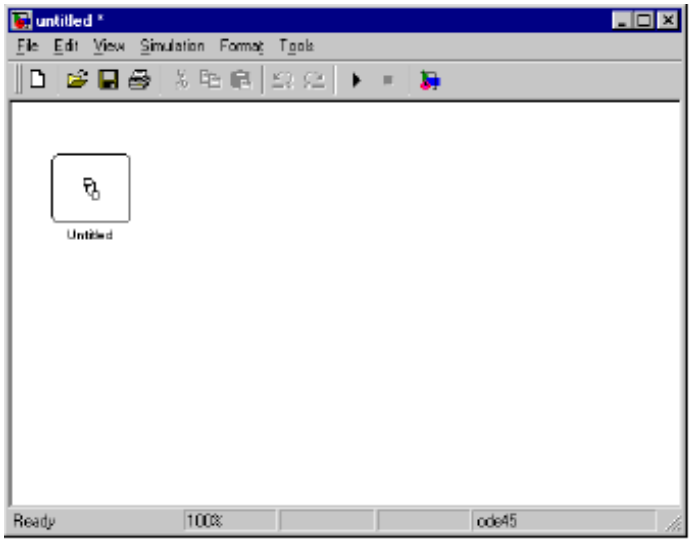
1. Отобразить окно модели Stateflow вводом команды stateflow.

MATLAB отображает библиотеку блока Stateflow.



Р и с. 2. Первый шаг создания Stateflow модели

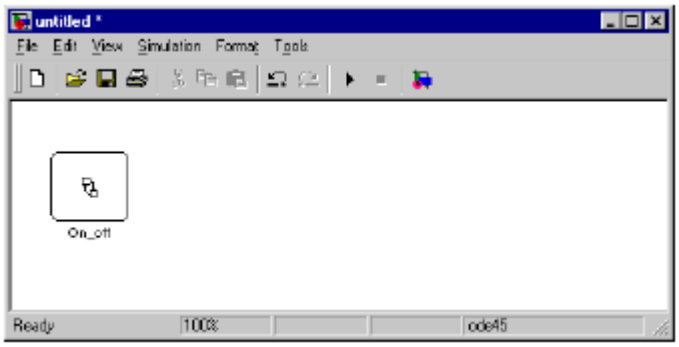
Библиотека содержит значок Stateflow блока Chart и блок примеров Examples. Stateflow также отображает окно untitled модели Simulink с Stateflow блоком Chart.



Р и с. 3. Второй шаг создания Stateflow модели

2. Дать название блоку Stateflow.

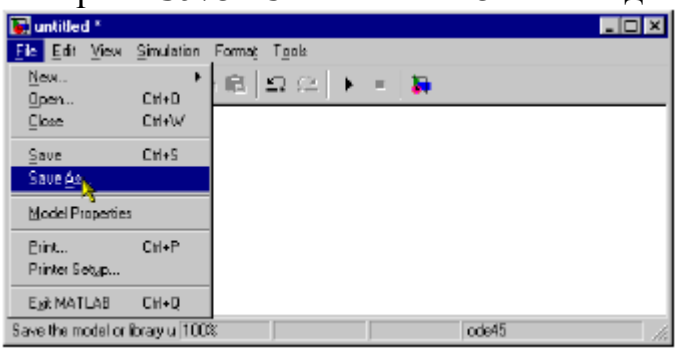
Назовите блок Stateflow в новой untitled модели, нажимая в текстовой области и заменяя текст " Chart " текстом " On_off ".



Р и с. 4. Третий шаг создания Stateflow модели

3. Сохранить модель.

Выберите Save As из меню File окна модели Simulink. Введите имя модели.



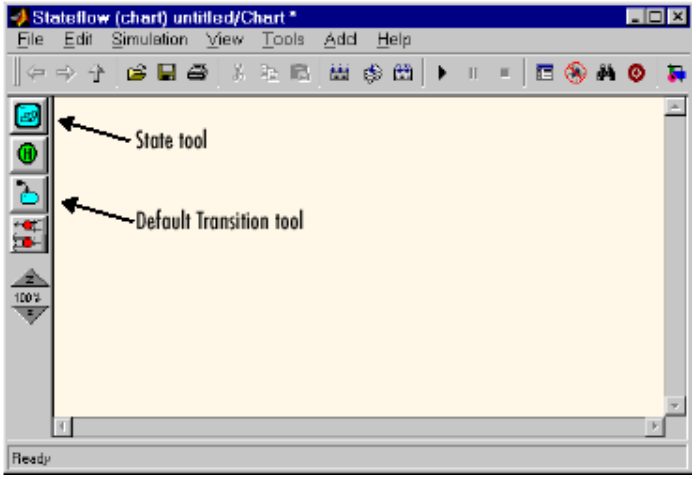
Р и с. 5. Четвёртый шаг создания Stateflow модели

Вы можете также сохранить модель, выбрав Save или Save As в меню File графического редактора Stateflow. Сохранение модели как в Simulink, так и в Stateflow сохраняет все содержание модели Simulink.

Далее описано, как создать простую диаграмму Stateflow, используя графический редактор:

1. Вызвать графический редактор.

Дважды щелкните на блоке Stateflow в окне модели Simulink, чтобы вызвать окно графического редактора.



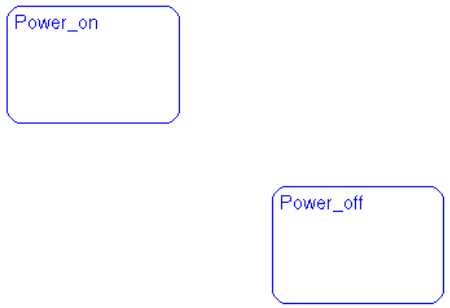
Р и с. 6. Пятый шаг создания Stateflow модели

2. Создать состояния.

Нажмите на кнопку State в инструментальной панели. Затем щелкните левой кнопкой мыши в области рисования, чтобы разместить состояние в этой области. Установите курсор внутри состояния, нажмите правую кнопку мыши, и переместите ее, чтобы сделать копию состояния. Отпустите правую кнопку мыши, чтобы оставить состояние в данном месте.

3. Назвать Состояния.

Нажмите на символ ? внутри состояния, чтобы ввести имя состояния (метку). Назовите состояния Power_on и Power_off. Снимите выделение состояния, чтобы выйти из редактирования. Чтобы снять выделение состояния, нажмите где-нибудь вне состояния или нажмите клавишу Esc. Ваша диаграмма Stateflow должна выглядеть так:

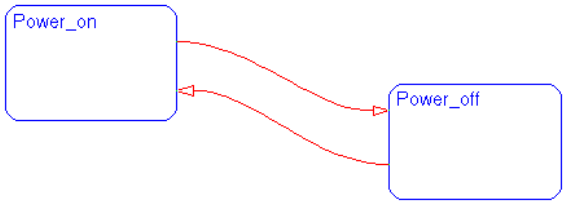


Р и с. 7. Шестой шаг создания Stateflow модели

4. Создать переходы.

Создайте переход, начинающийся в Power_on и заканчивающий в Power_off. Для этого разместите курсор на прямолинейном участке границы состояния Power_on. Нажмите курсор, когда он изменится на перекрестие. Не отпуская кнопку мыши, перетащите курсор к прямолинейному участку на границе состояния Power_off. Когда переход достигнет границы состояния Power_off, отпустите кнопку мыши. (Перекрестие не появится, если Вы расположите курсор в уголке состояния, так как углы используются для изменения размеров.)

5. Создайте другой переход, начинающийся в Power_off и заканчивающий в Power_on. Ваша диаграмма Stateflow должна выглядеть так.

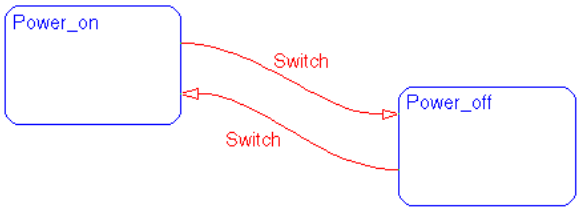


Р и с. 8. Седьмой шаг создания Stateflow модели

6. Назвать переходы.

Нажмите на переходе от Power_on к Power_off, чтобы выбрать его. Нажмите на символе ? рядом с переходом и введите имя `Switch` (Выключатель). Нажмите клавишу Escape, чтобы снять выделение имени перехода и выйти из редактирования.

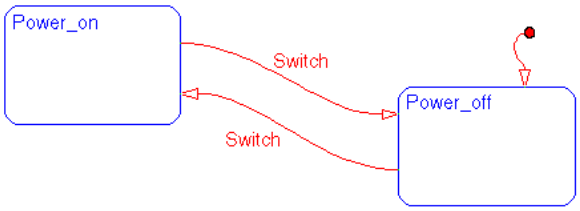
7. Назовите переход от Power_off к Power_on тем же самым именем `Switch`. Ваша диаграмма Stateflow должна выглядеть так.



Р и с. 9. Восьмой шаг создания Stateflow модели

8. Прибавить переход по умолчанию.

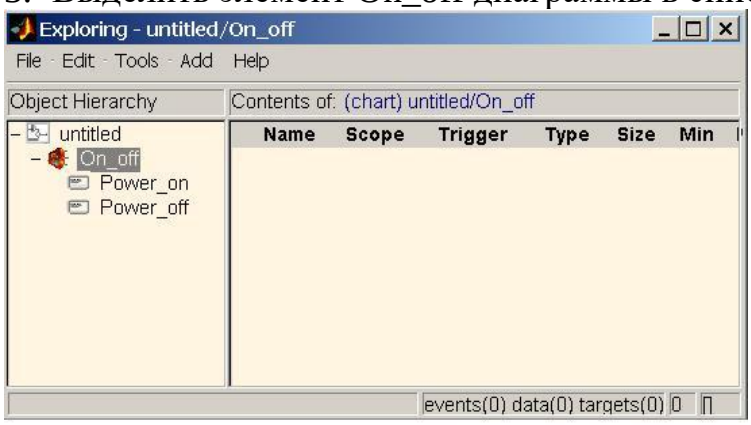
Нажмите и отпустите мышь на кнопке Default Transition в инструментальной панели. Переместите курсор к прямолинейному участку на границе состояния Power_off. Нажмите и отпустите мышь, когда стрелка достигнет границы Power_off. Ваша диаграмма Stateflow должна выглядеть так.



Р и с. 10. Девятый шаг создания Stateflow модели

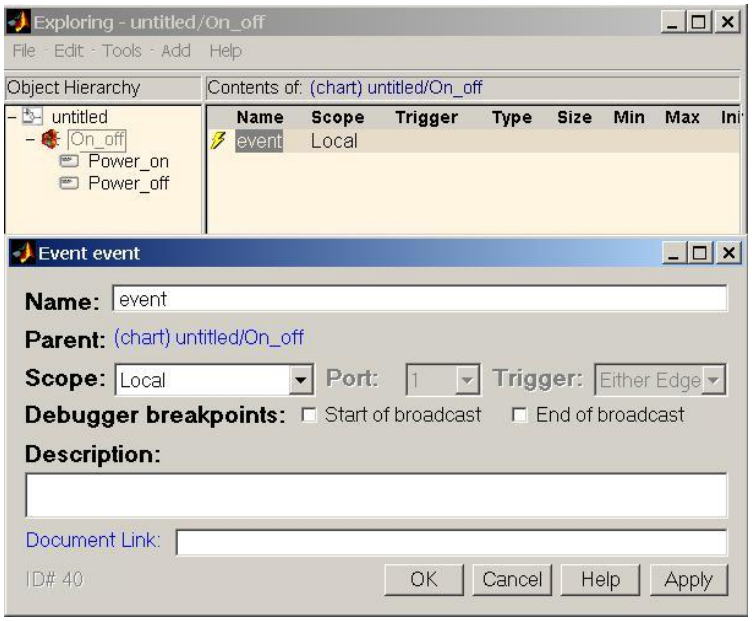
Далее необходимо добавить и определить входные события в диаграмму Stateflow:

1. Выбрать **Explore** (Обозреватель) в меню Tools графического редактора, чтобы вызвать Explorer.
2. Дважды щелкнуть на имени машины (оно то же самое, что и имя модели Simulink) в списке **Object Hierarchy** (Иерархия Объектов).
3. Выделить элемент On_off диаграммы в списке Иерархии Объектов.



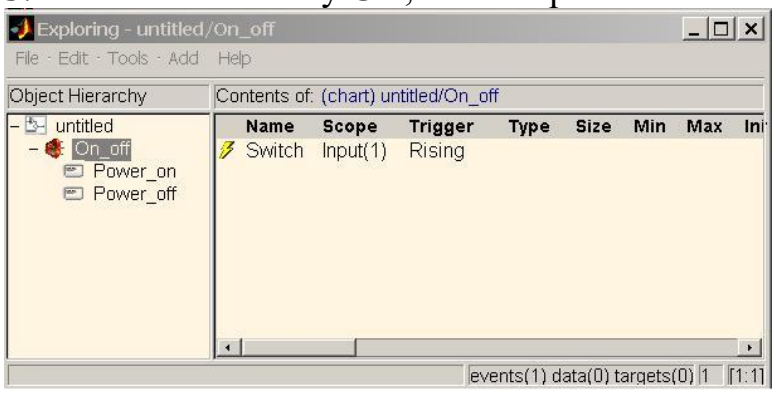
Р и с. 11. Десятый шаг создания Stateflow модели

4. Выбрать **Event** (Событие) в меню **Add**.
5. Дважды щелкнуть на значке события Обозревателя, чтобы отобразить диалоговое окно свойств события.



Р и с. 12. Одиннадцатый шаг создания Stateflow модели

6. Ввести имя `Switch` в поле **Name** (Имя) диалогового окна **Event properties** (Свойства событий).
7. Выбрать **Input from Simulink** (Входящие от Simulink) как значение параметра Scope (Наблюдаемость).
8. Выбрать **Rising Edge** (Нарастающий Перепад) как тип **Trigger** (Триггера).
9. Нажать на кнопку OK, чтобы применить изменения и закрыть окно.

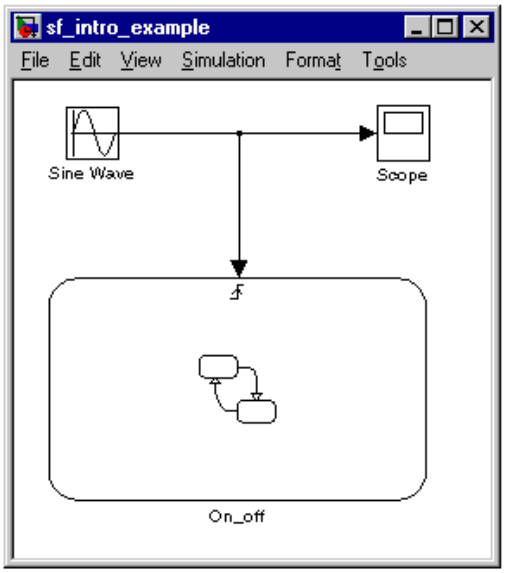


Р и с. 13. Двенадцатый шаг создания Stateflow модели

10.Выбрать **Close** (Закрыть) из меню **File** Обозревателя.

Теперь необходимо выполнить подключения в модели Simulink между блоком Stateflow и другими блоками. Для этого необходимо:

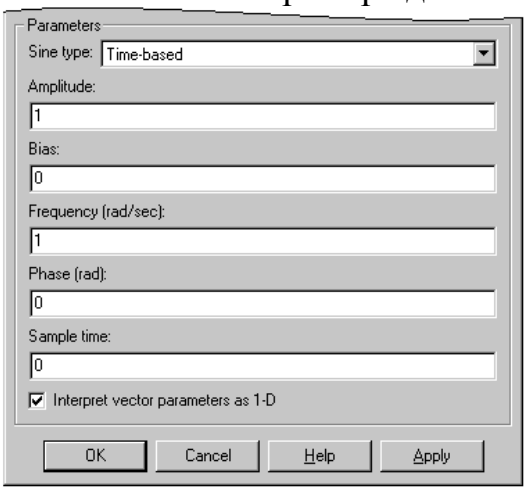
1. Ввести команду simulink в командном окне MATLAB, чтобы вызвать Simulink.
2. Добавить блок Sine Wave (расположенный в библиотеке Sources блоков Simulink) и подключить его к входному триггерному порту блока Stateflow.
3. Добавить блок Scope (расположенный в библиотеке Sinks блоков Simulink) и также подключить его к выводам блока Sine Wave. Ваша модель должна выглядеть так.



Р и с. 14. Тринадцатый шаг создания Stateflow модели

Следующий этап – определение параметров Simulink

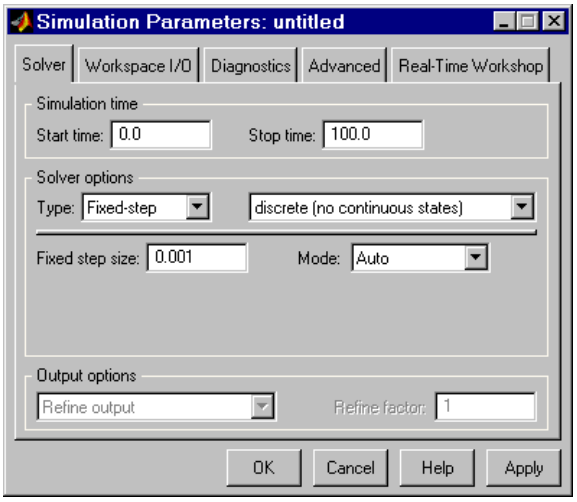
1. Дважды щелкнуть на блоке Sine Wave и редактировать параметры, как показано в этом примере диалогового окна.



Р и с. 15. Четырнадцатый шаг создания Stateflow модели

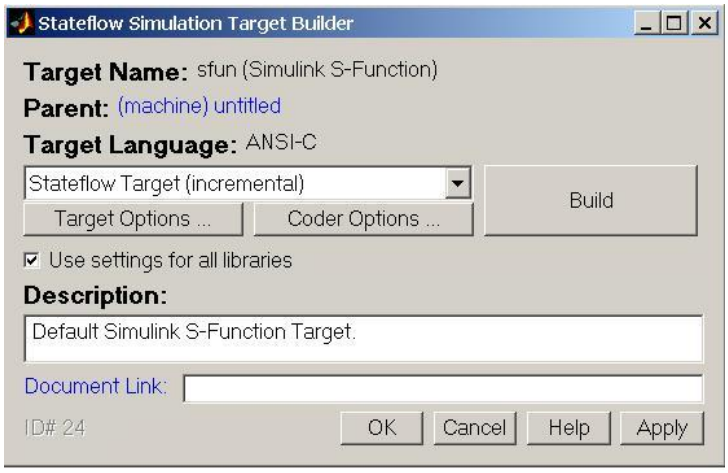
Нажмите на кнопку OK, чтобы применить изменения и закройте диалоговое окно.

2. Выбрать **Parameters** (Параметры) в меню **Simulation** окна модели Simulink и редактировать значения, чтобы они соответствовали значениям в этом диалоговом окне.



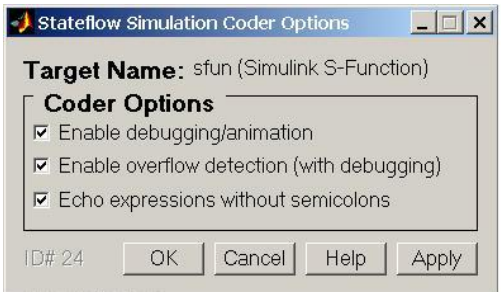
Р и с. 16. Пятнадцатый шаг создания Stateflow модели

Следующий этап - синтаксический анализ (Parsing) Stateflow-диаграммы
Синтаксический анализ диаграммы Stateflow гарантирует, что система обозначений, которые Вы определили, имеет силу и корректна. Чтобы проанализировать диаграмму Stateflow, выберите **Parse Diagram** из меню **Tools** графического редактора. Информационное сообщение
Parsing successful for machine: "untitled"(#15)
будет отображено в командном окне MATLAB. Любые сообщения об ошибках отображаются красным цветом. Если сообщения об ошибках не появляются, операция синтаксического анализа успешна.
И наконец, можно запустить модель на выполнение. Для этого необходимо:
1. Убедиться, что Stateflow диаграмма и блок Scope открыты.
Дважды щелкните на блоке On_off Stateflow, чтобы отобразить Stateflow диаграмму. Дважды щелкните на блоке Scope, чтобы отобразить вывод Sine Wave.
2. Выбрать **Open Simulation Target** (Открыть Код Моделирования) меню **Tools** графического редактора. Появится диалоговое окно **Simulation Target Builder**.



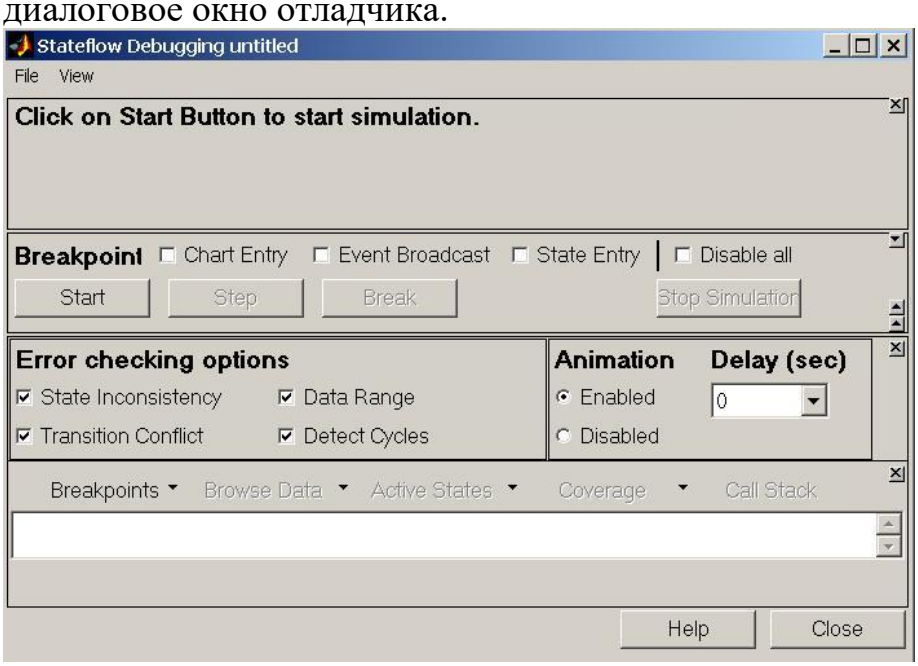
Р и с. 17. Шестнадцатый шаг создания Stateflow модели

3. Выбрать **Coder Options** (Параметры Кодера) в диалоговом окне **Simulation Target Builder**. Появится диалоговое окно **Simulation Coder Options**.



Р и с. 18. Семнадцатый шаг создания Stateflow модели

4. Убедиться, что переключатель **Enable Debugging/Animation** (Допустить Отладку/ Анимацию) включен. Нажмите на кнопку OK, чтобы применить изменения. Закройте **Simulation Coder Options** (Параметры Кодера) и диалоговое окно **Simulation Target Builder**.
5. Выбрать **Debug (**Отладка) в меню **Tools** графического редактора. Появится диалоговое окно отладчика.

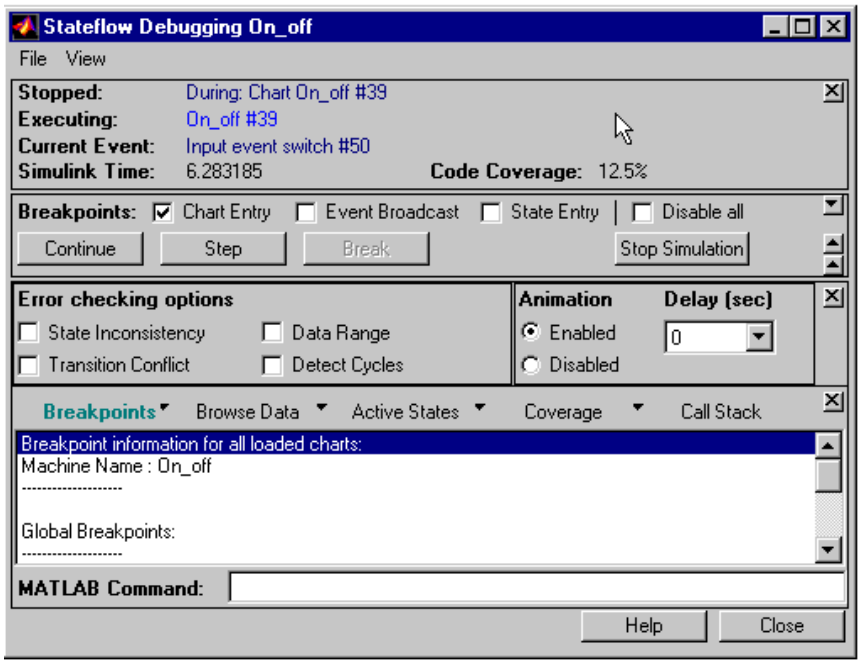


Р и с. 19. Восемнадцатый шаг создания Stateflow модели

Убедитесь, что **Enabled** радио кнопка в **Animation** (Анимации) включена, что разрешает анимацию диаграммы Stateflow. Нажмите на кнопку **Close**, чтобы применить изменение и закройте окно.
6. Выбрать **Start** (Начало) из меню **Simulation** графического редактора, чтобы запустить исполнение модели и наблюдать за изменениями.
Ввод от блока Sine определен как **Input from Simulink** (Вход от Simulink) события **`Switch`**. Когда моделирование начинается, диаграмма Stateflow анимирована, отражая изменения состояний, запущенные входной синусоидальной волной. Каждое входное событие **`Switch`** переключает модель из состояния Power_on в состояние Power_off либо обратно.
Выбрать **Stop** (Останов) из меню **Simulation** графического редактора, чтобы остановить моделирование.

Stateflow Debugger (Отладчик) поддерживает такие функции, как обеспечение пошагового продвижения, анимацию и остановку в контрольных точках. Эти шаги показывают, как моделировать, используя Отладчик:

1. Отобразить Отладчик, выбирая **Debug** (Отладка) меню **Tools** графического редактора.
2. Нажать на **Breakpoints**: **Chart Entry** (Контрольные точки: диаграмма введена) в поле выбора, чтобы Отладчик остановил выполнение моделирования, когда диаграмма введена.
3. Нажать на кнопку **Start** (Пуск), чтобы запустить моделирование. Информация и сообщения об ошибках, связанных с генерацией объектного кода для S-функций - Stateflow блоков, отображены в командном окне MATLAB. Когда программа сформирована, графический редактор становится доступен только для чтения (диаграмма замораживается), окно Отладчика (Debugger) будет модифицировано и выглядеть следующим образом.



Р и с. 20. Девятнадцатый шаг создания Stateflow модели

4. Нажать на кнопку **Step**, чтобы выполнить один шаг моделирования. Окно Отладчика (Debugger) отображает следующую информацию:

- Где моделирование остановлено
- Что выполняется
- Текущее событие
- Время моделирования
- Текущий процент выполнения кода

Наблюдайте за окном графического редактора, одновременно нажимая на кнопку **Step**, чтобы видеть каждый переход и анимированное состояние в процессе выполнения модели. После того, как Power_off и Power_on побывают в активном состоянии, процент выполнения кода станет 100 %.

5. Выбрать **Stop** (Останов) из меню Simulation графического редактора, чтобы остановить моделирование. Как только моделирование останавливается, модель становится доступной для редактирования.

6. Нажать на кнопку **Close** (Закрыть) в окне Debugger.
7. Выбрать **Close** из меню File в окне модели Simulink.

Задания.

1. Познакомиться с описанием объектов Stateflow (Рогачев Г.Н. Моделирование систем. Самара: СамГТУ, 2004).
2. Создать модель светофора.

Вопросы к лабораторной работе.

1. Гибридные системы как особый класс систем.
2. Моделирование систем с дискретными событиями при помощи диаграмм состояний и переходов.
3. Обобщенная модель гибридной системы.
4. Моделирование гибридных систем в Stateflow.
5. Графические объекты Stateflow.
6. Неграфические объекты Stateflow.
7. Данные диаграмм Stateflow.
8. Язык действий Stateflow.
9. Нотации меток состояний.
10. Нотации меток переходов.
11. Примеры моделей гибридных систем в Stateflow.