

Интерфейс подпрограммы MATLAB

Аргументы

PSCAD связывается с программой MATLAB через подпрограмму компилятора Фортран под названием MLAB_INT. Эта программа включена в главную библиотеку модуля EMTDC, таким образом она может вызываться из любого пользовательского компонента. Программа выполняет следующие функции:

- Запускает обработку в MATLAB при использовании команд MATLAB Fortran API 'engOpen'.
- Изменяет рабочую директорию на директорию с файлами MATLAB '*.m'.
- Обращается к переменным EMTDC из массивов PSCAD STORF и STORI.
- Преобразует переменные компилятора Фортран в указатели C-типа и назначает/ переназначает участки памяти.
- Использует MATLAB Fortran API для прохождения переменных/указателей в обработчик MATLAB, так чтобы они были доступны из файлов '*.m'.
- Получает выходные переменные MATLAB при использовании MATLAB Fortran API и размещает их в массивы STORF и STORI.

Аргументы

```
SUBROUTINE (ПОДПРОГРАММА) MLAB_INT(MPATH, MFILE, INPUTS, OUTPUTS)
```

Входные параметры

Аргумент	Тип	Описание
MPATH	СИМВОЛЬНЫЙ	Строка символов пути файла MATLAB '*.m'
MFILE	СИМВОЛЬНЫЙ	Имя модуля в пределах файла '*.m' (расширение .m добавлять нет необходимости)
INPUTS	СИМВОЛЬНЫЙ	Формат строки для всех входных переменных.

Выходные параметры

Аргумент	Тип	Описание
OUTPUTS	СИМВОЛЬНЫЙ	Формат строки для всех выходных параметров.

Формат входных и выходных переменных должен принимать следующие значения:

- R для вещественного типа данных
- I для целочисленных
- R(размерность) или I(размерность) для массивов переменных

- Убедитесь, что между переменными присутствует пробел

В PSCAD входные и выходные переменные могут быть пустыми строками, в этом случае файлы '*.m' будут вызываться без аргументов. Это свойство полезно при инициализации среды MATLAB, а также при проектировании компонентов, которые одновременно используют файлы MATLAB '*.m' и Simulink '*.mdl'.

ПРИМЕР 12-1:

Модуль MATLAB вызывается функцией [D] = TEST(A,B,C), где TEST – это модуль файла MATLAB 'TEST.m', который расположен по адресу C:\TEMP\MLAB_FILES. Вход 'A' является вещественной переменной, вход 'B' – массивом вещественных чисел с размерностью 31, а вход 'C' – целочисленным значением. Выходной параметр 'D' – это массив вещественных данных с размерностью 10.

Вызов интерфейса подпрограммы MATLAB выглядит следующим образом:

```
CALL MLAB_INT("C:\TEMP\MLAB_FILES", "TEST", "R R(31) I", "R(10)")
```

EXAMPLE 12-2:

Файл 'TEST.m' программы MATLAB расположен по адресу C:\TEMP\MLAB_FILES. Он состоит из команд MATLAB, которые поддерживают функцию снимка результатов модулирования MATLAB, а также инициализацию среды моделирования (например, установку глобальных переменных или изменение директории и так далее).

Вызов интерфейса подпрограммы MATLAB выглядит следующим образом:

```
CALL MLAB_INT("C:\TEMP\MLAB_FILES", "TEST", "", "")
```

Интерфейс подпрограммы Matlab Simulink

Аргументы

PSCAD связывается с программой Simulink через подпрограмму компилятора Фортран под названием 'SIMULINK_INT'. Эта подпрограмма включена в главную библиотеку модуля EMTDC, таким образом, она может вызываться из любого пользовательского компонента. Эта подпрограмма выполняет следующие функции:

- Запускает MATLAB при использовании функций Fortran API подобно Интерфейсу Подпрограммы MATLAB.
- Изменяет рабочую директорию на директорию с файлами the Simulink '*.mdl'.
- Обращается к переменным модуля EMTDC из массивов PSCAD STORF и STORI.
- Использует MATLAB Fortran API для прохождения переменных/указателей в обработчик MATLAB так, чтобы они были доступны из файлов '*.m'.
- Устанавливает данные расчета, определенные на панели Workspace I/O (Входные/выходные параметры Дерева проекта) диалогового окна Simulation Parameters (Параметры процесса моделирования), а также запускает модуль Simulink при использовании команды MATLAB 'set_param'.
- Синхронизирует Simulink с комплексом PSCAD. Это означает, что PSCAD продвигается в расчете только после того, как расчеты в модуле Simulink закачены на каждом расчетном шаге, что гарантирует передачу правильных результатов из модуля Simulink в комплекс PSCAD.
- Передает выходные параметры Simulink и размещает их в массивы данных STORF модуля EMTDC. Процесс поделен на два этапа, на первом используется команда 'get_param' для определения имени переменной выходных параметров Simulink панели Workspace I/O (Входные/выходные параметры Дерева проекта) диалогового окна Simulation Parameters (Параметры процесса моделирования), затем используется MATLAB Fortran API для их извлечения и размещения в массивы STORF модуля EMTDC.

Аргументы

```
SUBROUTINE SIMULINK_INT (MPATH, MFILE INPUTS)
```

Входные параметры

Argument	Type	Description
MPATH	СИМВОЛЬНЫЙ	Строка символов с указанием пути файла MATLAB 'r;*.mdl'
MFILE	СИМВОЛЬНЫЙ	Имя модуля в файле 'r;*.mdl' file (расширение*.mdl добавлять не нужно)
INPUTS	СИМВОЛЬНЫЙ	Формат строки для всех входных переменных.

Форматирование для входных параметров выглядит так же, как и для интерфейса подпрограммы MATLAB. Обратите внимание, что выходные параметры интерфейса SIMULINK обрабатываются автоматически внутри подпрограммы и всегда сохраняются в соответствующем массиве STORF модуля EMTDC.

ПРИМЕР 12-3:

Модуль Simulink под названием 'TEST.mdl' имеет внешние входы A, B и C и расположен по адресу C:\TEMP\SIMULINK_FILES. Вход 'A' является вещественной переменной, 'B' - массивом вещественных чисел с размерностью 31, а 'C' – целочисленным значением.

Интерфейс вызова подпрограммы Simulink выглядит следующим образом:

```
CALL SIMULINK_INT("C:\TEMP\SIMULINK_FILES", "TEST", "R R(31) I")
```

Проектирование компонента MATLAB

Проектирование Компонента

Проектирование компонента MATLAB включает два простых шага:

1. Создание нового компонента
2. Запись файла MATLAB (.m) для запуска процесса моделирования

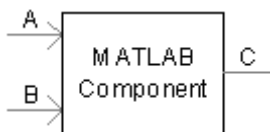
Проектирование компонента

В компонент MATLAB или из компонента может передаваться любое количество сигналов или параметров. Код компилятора Фортран, включенный в раздел компилятора Фортран компонентного Определения должен выполнять четыре задачи:

1. Входные параметры для функции MATLAB должны быть переданы в массивы данных STORF и/или STORI.
 2. Подпрограмма MLAB_INT должна вызываться с аргументами модуля MATLAB с указанием пути, форматами для входной и выходной строки (ниже приведена более подробная информация).
 3. Выходные параметры должны быть перенесены из массивов STORF и/или STORI в выходные узлы компонента PSCAD.
 4. Увеличение показателей индексов NSTORF и/или NSTORI на общее число используемых переменных.
-

ПРИМЕР 12-4:

Рассмотрим пример простого компонента PSCAD с двумя входными портами вещественного типа (A и B), и одним выходным портом вещественного типа (C).



Следующий код должен появиться в разделе компилятора Фортран компонентного Определения:

```
#STORAGE REAL:3

    STORF(NSTORF) = $A

    STORF(NSTORF+1) = $B

!

    CALL MLAB_INT("$Path", "$Name", "R R", "R")

!

    $C = STORF(NSTORF+2)

    NSTORF = NSTORF + 3

!
```

Компонентное Определение должно определить, по крайней мере, два входных поля в разделе Параметры. В рассматриваемом случае **\$Path** является обозначением текстового поля, в котором указан путь для файлов типа *.m. **\$Name** – это текстовое поле, в котором указано имя модуля MATLAB. Например, если функция MATLAB под названием 'TEST1' включена в файл под названием 'TEST1.m', то параметру **\$Name** должно быть присвоено значение 'TEST1'.

General	
Matlab Module Name	TEST1
Relative path of .m Files	C:\matlab\mfiles

Возможно использование более сложных входных и выходных аргументов. При использовании массива сигналов в формате строк для входных и выходных аргументов должны указываться тип и размерность. Например, массив вещественных чисел с размерностью 31 будет отображаться как R(31), а массив целочисленных данных с размерностью равной 10 будет представлен как I(10). Каждая переменная должна быть отделена одним или двумя пробелами, а порядок переменных должен быть идентичным порядку для функции MATLAB.

Удобным свойством компилятора Фортран является перенос переменных массива из или в массивы STORF или STORI модуля EMTDC при использовании циклов DO/ENDDO.

ПРИМЕР 12-5:

Ниже приведен пример с компонентом MATLAB, в котором участвует массив данных вещественного типа размерностью 31, а также одно выходное соединение с размерностью 2.

Следующий код должен появиться в разделе компилятора Фортран компонентного Определения:

```
#STORAGE REAL:33
#LOCAL INTEGER I_CNT
!
! First Input Array (REAL(31)) (Первый входной массив)
!
      DO I_CNT = 1,31,1
          STORF(NSTORF+I_CNT-1) = $INPUT(I_CNT)
      ENDDO
!
      CALL MLAB_INT("$Path","$Name","R(31)","R(2)")
!
! First Output Array (REAL(2)) (Первый выходной массив)
!
      DO I_CNT=1,2,1
          $OUTPUT(I_CNT) = STORF(NSTORF+31+I_CNT-1)
      ENDDO
!
! Increment STORF pointer (Нарращивание индекса STORF)
!
      NSTORF = NSTORF + 33
!
```

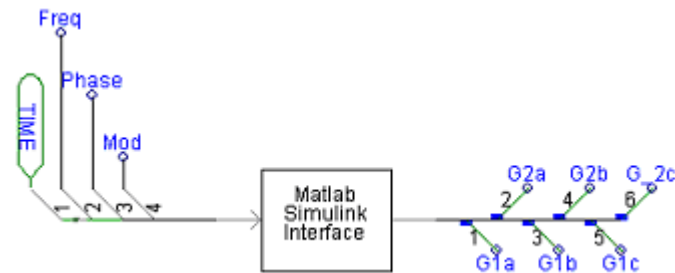
Обратите внимание, что при извлечении выходных параметров из массива STORF, должно быть добавлено смещение 31, поскольку 31 входная переменная использована для записи входных переменных в массив STORF. Во всей подпрограмме были использованы 33 местоположения массива STORF (31 входа, 2 выхода).

Проектирование компонента MATLAB/Simulink

Принципы и этапы проектирования, используемые для разработки компонента MATLAB/Simulink подобны рассмотренным в предыдущей секции. В рассматриваемом разделе приведен пример, в котором используются оба интерфейса – MATLAB и Simulink.

ПРИМЕР 12-6:

Ниже приведен компонент MATLAB/Simulink, реализованный в PSCAD. Входами компонента является массив переменных из четырех параметров под названием 'TIME', 'Freq', 'Phase' и 'Mag'. Выходами компонента является массив данных, состоящий из 6 переменных, обозначенных на рисунке.



Следующий код появляется в разделе компилятора Фортран компонентного Определения:

```
#STORAGE REAL:12
#LOCAL INTEGER I_CNT, M_CNT
!
! PSCAD MATLAB INTERFACE
! MODULE: Matlab Interface with Simulink
!
      I_CNT = 1
      M_CNT = 0
!
! Call *.m files in order to initialize the
! environment... (Вызов файлов *.m для инициализации среды)
!
```

```

        IF (TIMEZERO) THEN
#IF "$mName1" != ""
        CALL MLAB_INT("$Path", "$mName1", "", "")
#ENDIF
#IF "$mName2" != ""
        CALL MLAB_INT("$Path", "$mName2", "" , "")
#ENDIF
        ENDIF
!
! TIME info to run either *.m or *.mdl module (информация по
запуску модуля *.m или *.mdl)
!
#IF ($OPTSEC == 0 )
        STORF(NSTORF) = TIME
        STORF(NSTORF + 1) = DELT
        M_CNT = 2
#ELSE
        STORF(NSTORF) = TIME
        M_CNT = 1
#ENDIF
!
! Transfer inputs to EMTDC STORF array (Перенос входов в массив
STORF модуля EMTDC)
!
        DO I_CNT = 1, $#DIM(sig_in)
            STORF(NSTORF + M_CNT + I_CNT-1) = $sig_in(I_CNT)
        END DO
        M_CNT = M_CNT + I_CNT - 1
!
! CALL PSCAD MATLAB INTERFACE (Вызов интерфейса MATLAB)
!

```



```

#IF $OPTSEC == 0

    CALL MLAB_INT("$Path","$mfile","R(6)","R($#DIM(sig_out))")

#ELSE

    CALL SIMULINK_INT("$Path","$simfile","R(5)")

#ENDIF

!

! Transfer MATLAB output variables (Перенос выходных переменных
MATLAB)

!

    I_CNT = 1

    DO WHILE (I_CNT .LE. $#DIM(sig_out))

        $sig_out(I_CNT) = STORF(NSTORF + M_CNT + I_CNT - 1)

        I_CNT = I_CNT + 1

    END DO

!

! Update storage array (Обновление массива данных)

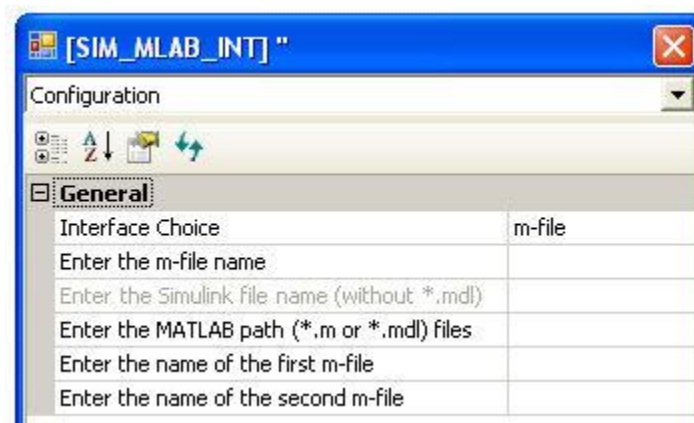
!

    NSTORF = NSTORF + M_CNT + I_CNT - 1

!

```

В компонентном Определении используются страницы с параметрами, в которых определены используемые в коде переменные. Страница категорий подобна приведенной ниже:



Каждое из приведенных выше входных полей определяет переменную (с предшествующим символом \$), используемую в компонентном коде.

Замечания относительно процесса взаимодействия

Альтернативный интерфейс Simulink

Скорость Расчета

Преобразование в C

Вывод улучшенных результатов

Обработчик MATLAB работает очень медленно по сравнению с аналогичной операцией выполняемой непосредственно в компоненте PSCAD. Источник кода MATLAB интерпретируется при каждом вызове, что позволяет пользователям динамически редактировать файл '*.m' в середине расчета и незамедлительно наблюдать за результатами воздействия. Подобное действие также возможно реализовывать в PSCAD при использовании ползунков, переключателей, циферблатов и кнопок. Любая комбинация этих двух методов может использоваться одновременно.

Альтернативный интерфейс Simulink

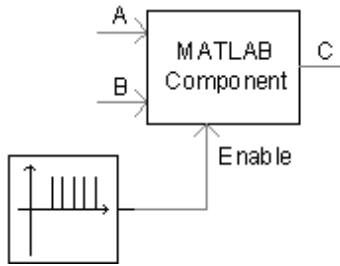
Возможно, использовать другой способ для вызова модуля Simulink. Вместо вызова подпрограммы 'SIMULINK_INT', пользователи могут использовать подпрограмму 'MLAB_INT' для вызова файла '*.m', который использует команду 'sim' программы MATLAB для обработки модуля Simulink. Однако рекомендуется использовать функцию 'SIMULINK_INT', поскольку в подпрограмме внедрен механизм синхронизации между MATLAB и PSCAD. Это особенно важно для модулей Simulink, которые рассчитываются дольше, чем шаг времени расчета определенный в пределах модуля EMTDC.

Скорость расчета

Для запуска и ускорения расчетов в MATLAB, как правило, помогает использование большего расчетного шага при вызове компонентов MATLAB (где это возможно или целесообразно). Возможно применение активизируемого/деактивизируемого переключателя, что позволяет PSCAD работать близко к полной скорости.

ПРИМЕР 12-7:

Ниже приведен один из возможных способов ускорения расчета в PSCAD/MATLAB. В рассматриваемом примере к дополнительному порту, имеющему возможность активизации / деактивизации, прилагается импульс для контроля над количеством вызовов модуля расчета MATLAB.



Частота импульса может изменяться для получения оптимальной скорости/точности расчета.

Преобразование в C

Программа MATLAB Coder обеспечивает преобразование источника кода *.m' непосредственно в код 'C'; за этим следует компиляция и привязка источника кода 'C' к исполняемому файлу модуля EMTDC. В рассматриваемом подходе теряется возможность редактировать интерпретированный файл MATLAB '*.m' в процессе моделирования. Указанный подход также может не работать с графическими функциями программы MATLAB.

Компромисс может быть достигнут при использовании в начале расчета компонентов MATLAB для разработки и тестирования алгоритмов, и последующей оптимизацией скорости окончательного расчета путем кодирования алгоритмов в компиляторе Фортрана или в C (вручную или при использовании компилятора MATLAB 'C'). Окончательные закодированные алгоритмы привязаны непосредственно к обработчику модуля EMTDC и рассчитываются очень быстро (поскольку они могут быть оптимизированы с помощью современных компиляторов).

Вывод улучшенных результатов

Графические функции MATLAB являются мощным дополнением к графическому интерфейсу и графики в PSCAD. Возможно применение трехмерной графики, активных графических и вращающихся изображений; они легко интегрируются в графические библиотеки PSCAD.

Активизация и использование интерфейса

Для доступа к интерфейсу MATLAB®/Simulink® в PSCAD, прежде всего необходимо установить используемую версию MATLAB® (а также указать путь к директории с установочной библиотекой при использовании MATLAB® v5). Для этого перейдите в диалоговое окно *Application Options* (Параметры Приложения) раздела *Dependencies* (Привязки).

После настройки интерфейса MATLAB®, необходимо активизировать интерфейс в текущем расчете при использовании свойства *Project Settings* (Проектные настройки) на вкладке *Link* (Ссылка).

ПРИМЕЧАНИЕ : Возможны случаи прерывания расчета в случае старта из снимка моделирования при использовании сложных моделей в MATLAB®/Simulink®. В рассматриваемом случае проблема может быть решена путем добавления кода в файл *.m или *.mdl, а также применением компонентного Определения, в котором вызывается интерфейс.