

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
KHOA ĐIỆN
BỘ MÔN ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG

TOOLBOX THÍ NGHIỆM

ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH

Nghiêm Xuân Trường

Bộ môn Điều khiển tự động

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

1 Giới thiệu chung

Toolbox thí nghiệm điều khiển quá trình bao gồm các khối Simulink (Simulink block) phục vụ cho các bài thí nghiệm của môn học Điều khiển quá trình được giảng dạy tại Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Toolbox này được xây dựng bởi Nghiêm Xuân Trường.

Các khối Simulink trong toolbox được chia thành hai loại chính:

- Các khối mô phỏng các đối tượng được sử dụng trong các bài thí nghiệm. Các khối này được xây dựng cố gắng mô phỏng giống nhất động học của các đối tượng thực. Bên cạnh đó, các khối này cũng được xây dựng phù hợp với nội dung, yêu cầu và cách thức tiến hành các bài thí nghiệm.
- Các khối giao diện đồ họa tương tác giúp người sử dụng có thể quan sát quá trình thí nghiệm cũng như thay đổi các thông số của hệ thống một cách trực quan.

Việc sử dụng các khối này về cơ bản rất đơn giản, giống như các khối chuẩn trong thư viện khối của Simulink. Một số ví dụ cũng được cung cấp để người sử dụng tham khảo.

2 Cài đặt toolbox

2.1 Yêu cầu hệ thống

- Phần cứng và hệ điều hành
 - Phần cứng máy tính đủ để chạy được phần mềm MatLab và Simulink.
 - Bộ nhớ RAM càng lớn càng tốt.
 - Hệ điều hành Windows từ phiên bản 95 trở về sau. Tốt nhất là sử dụng hệ điều hành Windows 2000 hoặc Windows XP. Toolbox không dùng được trên các hệ điều hành khác.
- Phần mềm
 - MatLab phiên bản từ 6.0 trở lên, tốt nhất là sử dụng MatLab 6.5.
 - Simulink và Dials & Gauges Blockset phải được cài đặt trên MatLab.
 - Nếu sử dụng khả năng mô phỏng thời gian thực với Realtime Workshop thì Realtime Windows Target và một trình biên dịch C/C++ phù hợp phải được cài đặt sẵn trên máy. Tham khảo thêm tài liệu về Realtime Workshop và Realtime Windows Target để biết thêm chi tiết.

2.2 Cách thức cài đặt toolbox

Toolbox được phân phối dưới dạng một tệp tin nén ZIP hoặc một tệp tin nén tự bung. Việc cài đặt toolbox rất đơn giản và được thực hiện hoàn toàn tự động. Để cài đặt được toolbox này thì phần mềm MatLab phải được cài đặt trước với đầy đủ các yêu cầu như đã nêu trong phần trên. Các bước cài đặt toolbox được tiến hành như sau.

1. Gỡ nén tệp tin chính ra một thư mục riêng (ví dụ thư mục C:\PCExpSetup)
2. Chạy chương trình MatLab, nếu chưa được chạy
3. Nếu có bất kỳ cửa sổ Simulink nào đang mở, hãy đóng lại. Tốt nhất là chỉ có duy nhất cửa sổ chính của MatLab được mở

- Trong môi trường dòng lệnh của MatLab, chuyển thư mục hiện thời đến thư mục có chứa bộ cài đặt toolbox. Trong ví dụ trên, có thể sử dụng dòng lệnh sau:

```
» cd 'C:\PCExpSetup'
```

- Chạy chương trình setup

```
» setup
```

- Làm theo các hướng dẫn của chương trình cài đặt. Về cơ bản, để cài đặt toolbox ở chế độ mặc định, bạn chỉ cần nhấn phím ENTER những khi được hỏi
- Sau khi chương trình cài đặt chạy xong và báo đã cài đặt thành công, bạn đã có thể sử dụng ngay toolbox
- Để thử nghiệm, có thể sử dụng các mô hình Simulink ví dụ trong thư mục chính của toolbox (<thư mục MatLab>\toolbox\hwt_ac\pcexp).

2.3 Gỡ bỏ toolbox

Khi không cần sử dụng toolbox này nữa, bạn có thể gỡ bỏ nó hoàn toàn khỏi hệ thống bằng cách thực hiện các bước sau.

- Nếu chương trình MatLab chưa được chạy, hãy chạy nó
- Nếu còn một cửa sổ Simulink nào đang mở (các mô hình hay cửa sổ thư viện Blockset của Simulink), hãy đóng tất cả lại
- Tại dòng lệnh MatLab, thực hiện lệnh

```
>> pcexp -remove
```

- Làm theo các hướng dẫn của chương trình cho đến khi quá trình gỡ bỏ kết thúc
- Nếu chương trình báo là đã gỡ bỏ thành công, toolbox đã được gỡ bỏ hoàn toàn khỏi hệ thống. Bạn có thể sử dụng MatLab một cách bình thường
- Trong một số trường hợp, bạn có thể phải xóa bỏ bằng tay thư mục chính của toolbox (<thư mục MatLab>\toolbox\hwt_ac\pcexp).

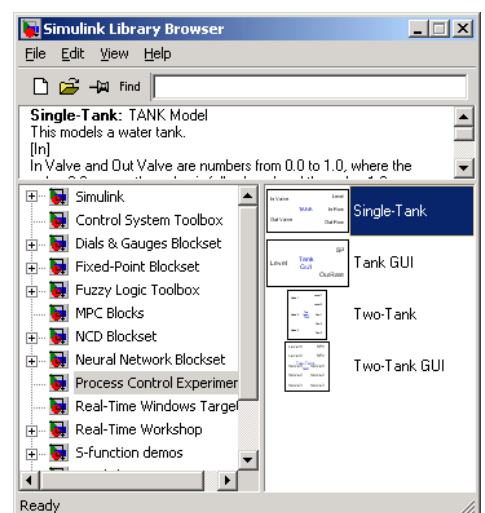
3 Sử dụng toolbox

Phần chính của toolbox là một thư viện bao gồm các khối Simulink phục vụ cho các bài thí nghiệm điều khiển quá trình. Sau khi toolbox được cài đặt, trong cửa sổ thư viện khối của Simulink (Simulink Library Browser) sẽ xuất hiện mục *Process Control Experiments* chứa các khối Simulink trong toolbox (Xem Hình 1). Ngoài ra cũng có thể dùng lệnh sau trong cửa sổ lệnh MatLab để mở riêng cửa sổ chứa các khối Simulink này:

```
>> pcexp -open
```

Các khối Simulink trong thư viện được chia thành hai loại chính:

- Các khối mô phỏng các đối tượng được sử dụng trong các bài thí nghiệm.



Hình 1 Cửa sổ thư viện Simulink

- Các khối giao diện đồ họa tương tác giúp người sử dụng có thể quan sát quá trình thí nghiệm cũng như thay đổi các thông số của hệ thống một cách trực quan.

Hiện tại, thư viện cung cấp sẵn bốn khối Simulink như trong bảng dưới đây.

CÁC KHỐI MÔ PHỎNG ĐỐI TƯỢNG

Single-Tank Mô phỏng hệ thống một bình mức với một van vào và một van ra

Two-Tank Mô phỏng hệ thống hai bình mức với một van vào bình 1, một van giữa hai bình và một van ra từ bình 2

CÁC KHỐI GIAO DIỆN ĐỒ HỌA TƯƠNG TÁC

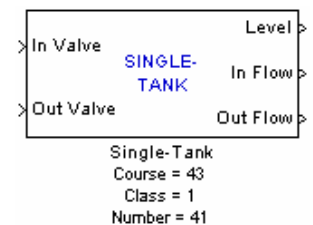
Tank GUI Giao diện đồ họa tương tác cho hệ thống một bình mức

Two-Tank GUI Giao diện đồ họa tương tác cho hệ thống hai bình mức

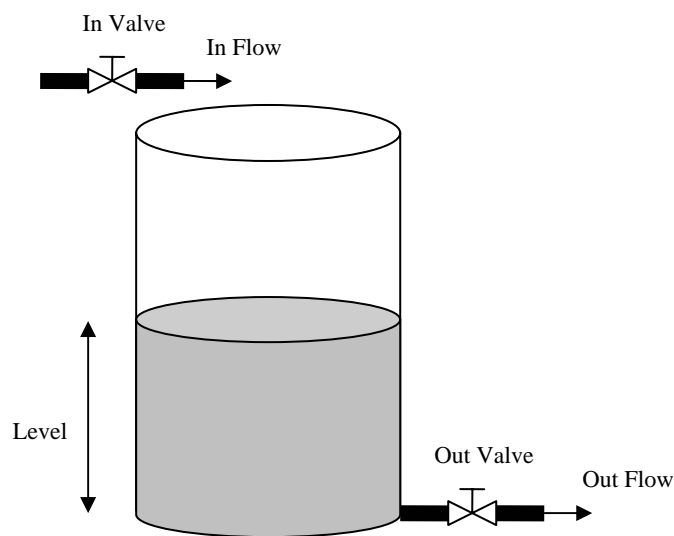
3.1 Các khối mô phỏng đối tượng

3.1.1 Single-Tank

- Tên khối: Single-Tank
- Số đầu vào: 2 hoặc 3
- Số đầu ra: 3
- Chức năng: Mô phỏng hệ thống một bình mức với một van vào và một van ra. Sơ đồ hệ thống một bình mức được biểu diễn trong hình dưới.



Hình 2 Khối Single-Tank



Hình 3 Sơ đồ hệ thống một bình mức

Trong hình vẽ trên:

- *In Valve* và *Out Valve* là các van điều khiển lưu lượng vào và ra.
- *In Flow* và *Out Flow* là lưu lượng vào và ra.
- *Level* là mức chất lỏng trong bình, chính là chiều cao của khối chất lỏng trong bình (không phải là thể tích). Mức chất lỏng tối đa trong bình, hay chiều cao của bình, là 1000.

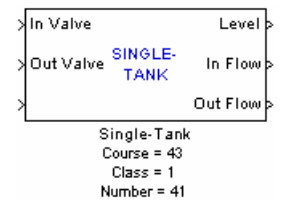
Ở chế độ mặc định, khối Single-Tank có hai đầu vào và ba đầu ra, như biểu diễn trên Hình 2.

Có một số điểm cần chú ý trong hệ thống trên.

- Các đầu vào *In Valve* và *Out Valve* là độ mở các van tương ứng, nhận các giá trị thực trong khoảng từ 0.0 đến 1.0. Giá trị 0.0 tương ứng với trường hợp van đóng hoàn toàn, giá trị 1.0 tương ứng với trường hợp van mở hoàn toàn (100%). Các van không đáp ứng tức thời với giá trị độ mở van đặt vào mà phải thay đổi dần dần đến giá trị mong muốn đó. Ví dụ như nếu độ mở van hiện thời là 0.2 (20%), khi đặt giá trị độ mở van mới là 0.6 (60%) thì độ mở van thực sẽ tăng dần từ 0.2 lên 0.6 và quá trình này phải tốn một khoảng thời gian nhất định.
- Các đầu ra *In Flow* và *Out Flow* là các giá trị lưu lượng vào và ra thực. Trong hệ thống này, lưu lượng được tính bằng tích của độ mở van với giá trị lưu lượng tối đa.
- Lưu lượng ra tối đa (cho van ra) phụ thuộc vào mức chất lỏng trong bình. Còn lưu lượng vào tối đa phụ thuộc vào nguồn cung cấp chất lỏng. Đối với khối *Single-Tank*, có hai chế độ lưu lượng vào tối đa: chế độ tự động và chế độ đặt từ bên ngoài. Xem phần dưới để biết chi tiết về hai chế độ này.

Các chế độ lưu lượng vào tối đa

- Chế độ tự động: trong chế độ này, hệ mô phỏng sẽ tự động xác định giá trị lưu lượng vào tối đa, và trong quá trình hoạt động, giá trị này sẽ được thay đổi một cách ngẫu nhiên nhằm mô phỏng giống như trong thực tế (khi nguồn cung cấp thay đổi lưu lượng).
- Chế độ đặt từ bên ngoài: trong chế độ này, giá trị lưu lượng vào tối đa được đặt từ bên ngoài bởi người sử dụng thông qua một đầu vào của khối. Khi chuyển sang chế độ này, khối *Single-Tank* sẽ tự động tạo thêm một đầu vào để nhận giá trị lưu lượng vào tối đa. Đầu vào này không được đặt tên và là đầu vào thứ ba (xem hình bên).

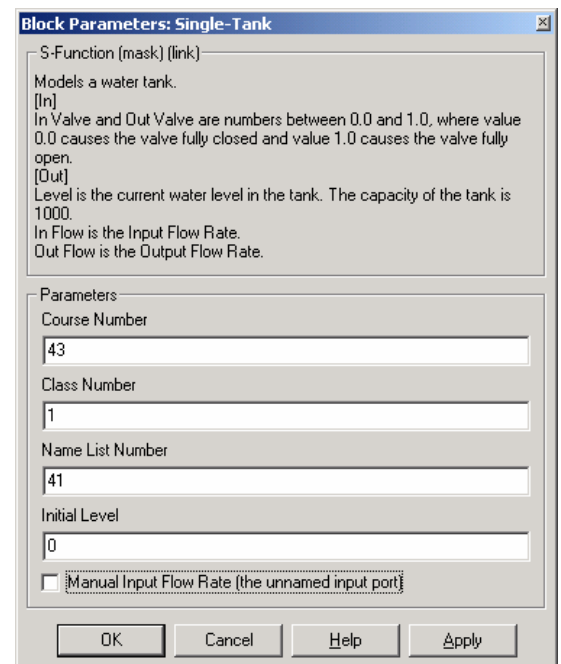


Các tham số của khối

Khi nhấn đúp chuột vào khối *Single-Tank*, cửa sổ đặt tham số cho khối sẽ hiện lên như trong Hình 4.

Khối *Single-Tank* có năm tham số, bao gồm:

- Tham số *Course Number*, *Class Number* và *Name List Number*: nhập vào các thông số về khóa (course), lớp (class) và số thứ tự trong danh sách (name list number) của từng sinh viên. Dựa vào các thông số này, hệ thống sẽ tự động tính toán các thông số cụ thể của hệ thống một bình mức cho từng sinh viên
- Tham số *Initial Level*: mức chất lỏng ban đầu trong bình. Vì chiều cao của bình là 1000 nên tham số này phải là một số thực trong khoảng từ 0.0 đến 1000.0
- Tham số *Manual Input Flow Rate*: nếu hộp này không được chọn thì chế độ lưu lượng vào tối

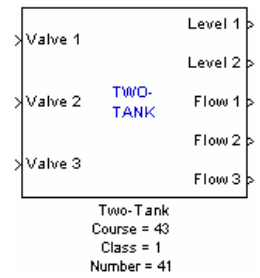


Hình 4 Cửa sổ tham số của khối Single-Tank

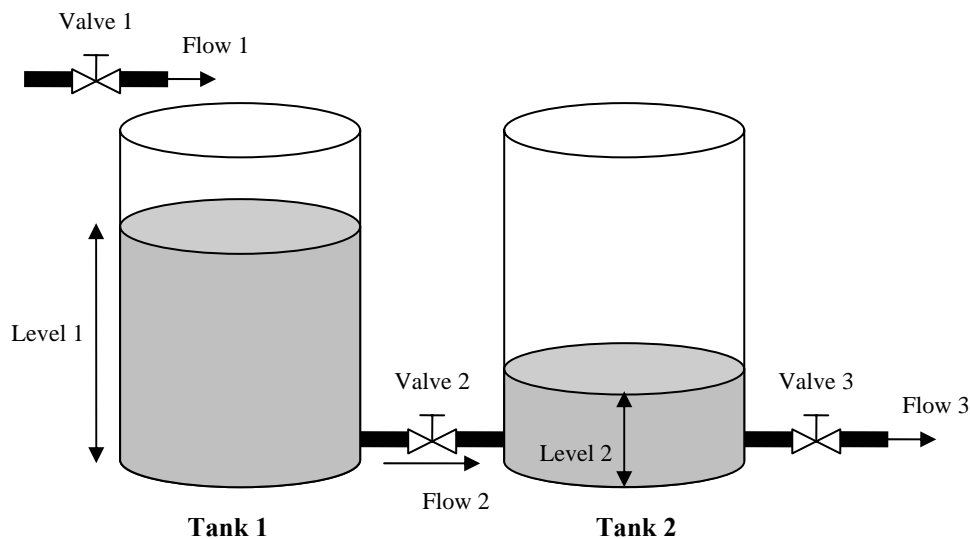
đa sẽ là *chế độ tự động*, còn nếu hộp này được chọn thì chế độ lưu lượng vào tối đa sẽ là *chế độ đặt từ bên ngoài*. Mặc định hộp này không được chọn.

3.1.2 Two-Tank

- Tên khối: Two-Tank
- Số đầu vào: 3 hoặc 4
- Số đầu ra: 5
- Chức năng: Mô phỏng hệ thống hai bình mức với một van vào bình 1, một van giữa hai bình và một van ra từ bình 2. Sơ đồ hệ thống hai bình mức được biểu diễn trong hình dưới.



Hình 5 Khối Two-Tank



Hình 6 Hệ thống hai bình mức

Trong hình vẽ trên:

- *Tank 1* và *Tank 2* là hai bình mức.
- *Valve 1*, *Valve 2* và *Valve 3* lần lượt là các van điều khiển lưu lượng vào bình 1, lưu lượng giữa hai bình và lưu lượng ra từ bình 2.
- *Flow 1*, *Flow 2* và *Flow 3* lần lượt là lưu lượng qua các van tương ứng.
- *Level 1* và *Level 2* là các mức (chiều cao) chất lỏng trong bình 1 và bình 2. Mức chất lỏng tối đa trong cả hai bình là 1000.

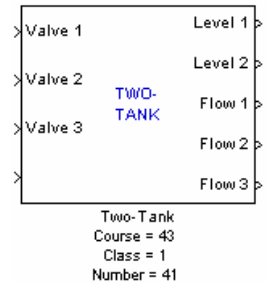
Các đầu vào và đầu ra của khối *Two-Tank* được quy định như sau:

- Các đầu vào *Valve 1*, *Valve 2* và *Valve 3* là độ mở các van tương ứng, nhận các giá trị thực trong khoảng từ 0.0 đến 1.0. Giá trị 0.0 tương ứng với trường hợp van đóng hoàn toàn, giá trị 1.0 tương ứng với trường hợp van mở hoàn toàn (100%). Các van không đáp ứng tức thời với giá trị độ mở van đặt vào mà phải thay đổi dần dần đến giá trị mong muốn đó. Ví dụ như nếu độ mở van hiện thời là 0.2 (20%), khi đặt giá trị độ mở van mới là 0.6 (60%) thì độ mở van thực sẽ tăng dần từ 0.2 lên 0.6 và quá trình này phải tốn một khoảng thời gian nhất định.
- Các đầu ra *Flow 1*, *Flow 2* và *Flow 3* là các giá trị lưu lượng qua các van tương ứng. Trong hệ thống này, lưu lượng được tính bằng tích của độ mở van với giá trị lưu lượng tối đa.

- Lưu lượng tối đa cho van 3 phụ thuộc vào mức chất lỏng trong bình 2. Lưu lượng tối đa cho van 2 phụ thuộc vào độ chênh lệch mức chất lỏng giữa bình 1 và bình 2. Còn lưu lượng tối đa cho van 1 (van vào) phụ thuộc vào nguồn cung cấp chất lỏng. Khối *Two-Tank* có hai chế độ lưu lượng vào tối đa: *chế độ tự động* và *chế độ đặt từ bên ngoài*. Xem phần dưới để biết chi tiết về hai chế độ này.

Các chế độ lưu lượng vào tối đa

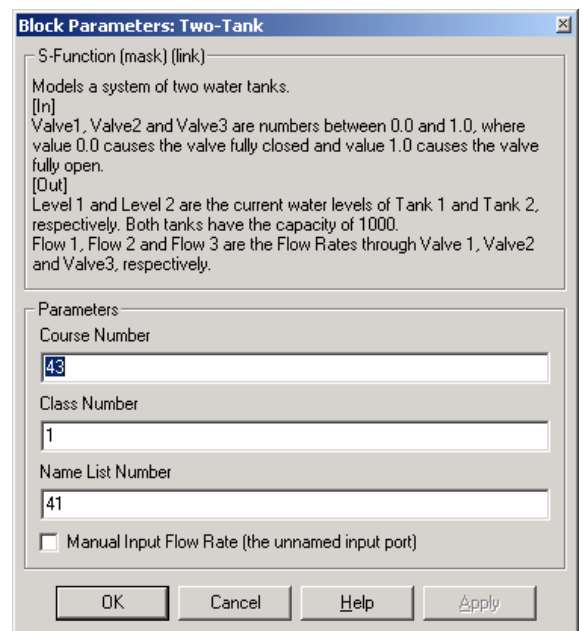
- Chế độ tự động: trong chế độ này, hệ mô phỏng sẽ tự động xác định giá trị lưu lượng vào tối đa, và trong quá trình hoạt động, giá trị này sẽ được thay đổi một cách ngẫu nhiên nhằm mô phỏng giống như trong thực tế (khi nguồn cung cấp thay đổi lưu lượng).
- Chế độ đặt từ bên ngoài: trong chế độ này, giá trị lưu lượng vào tối đa được đặt từ bên ngoài bởi người sử dụng thông qua một đầu vào của khối. Khi chuyển sang chế độ này, khối *Two-Tank* sẽ tự động tạo thêm một đầu vào để nhận giá trị lưu lượng vào tối đa. Đầu vào này không được đặt tên và là đầu vào thứ tư (xem hình bên).



Các tham số của khối

Khi nhấn đúp chuột vào khối *Two-Tank*, cửa sổ đặt tham số cho khối sẽ hiện lên như trong Hình 7. Khối *Two-Tank* có bốn tham số, bao gồm:

- Tham số *Course Number*, *Class Number* và *Name List Number*: nhập vào các thông số về khóa (*course*), lớp (*class*) và số thứ tự trong danh sách (*name list number*) của từng sinh viên. Dựa vào các thông số này, hệ thống sẽ tự động tính toán các thông số cụ thể của hệ thống hai bình mức cho từng sinh viên
- Tham số *Manual Input Flow Rate*: nếu hộp này không được chọn thì chế độ lưu lượng vào tối đa sẽ là *chế độ tự động*, còn nếu hộp này được chọn thì chế độ lưu lượng vào tối đa sẽ là *chế độ đặt từ bên ngoài*. Mặc định hộp này không được chọn.



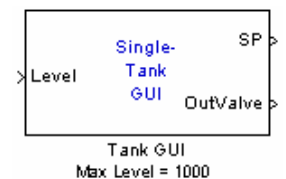
Hình 7 Cửa sổ tham số của khối *Two-Tank*

3.2 Các khối giao diện đồ họa tương tác

3.2.1 Tank GUI

- Tên khối: Tank GUI
- Số đầu vào: 1
- Số đầu ra: 2
- Chức năng: Cung cấp giao diện đồ họa tương tác cho hệ thống một bình mức.

Khi hoạt động, khối *Tank GUI* tạo giao diện đồ họa như Hình 9.



Hình 8 Khối Tank GUI

Đầu vào

Đầu vào *Level* là mức chất lỏng hiện thời trong bình. Trong quá trình mô phỏng, giá trị của đầu vào này được thể hiện tức thời trên hình ảnh bình mức của giao diện đồ họa. Giá trị đầu vào *Level* bị chặn trong khoảng từ 0.0 đến chiều cao của bình mức (xem phần *Các tham số của khối* ở dưới).

Các đầu ra

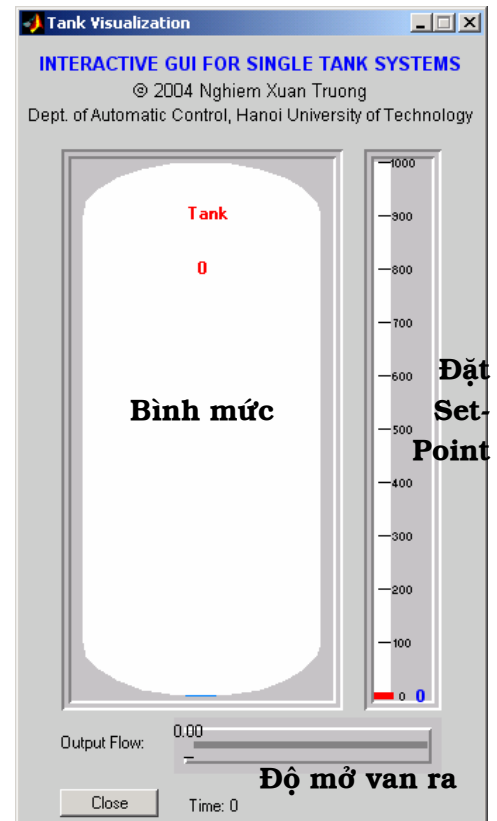
Đầu ra *SP* là giá trị của điểm đặt, được xác định bằng giá trị của thanh trượt tương ứng trên giao diện đồ họa. Khi người dùng thay đổi giá trị điểm đặt trên giao diện đồ họa thì lập tức giá trị đầu ra này thay đổi theo tương ứng.

Đầu ra *OutValve* là giá trị của độ mở van ra, là một số thực từ 0.0 đến 1.0 tương ứng với độ mở van từ 0% đến 100%. Giá trị đầu ra này được xác định theo thanh trượt tương ứng trên giao diện đồ họa.

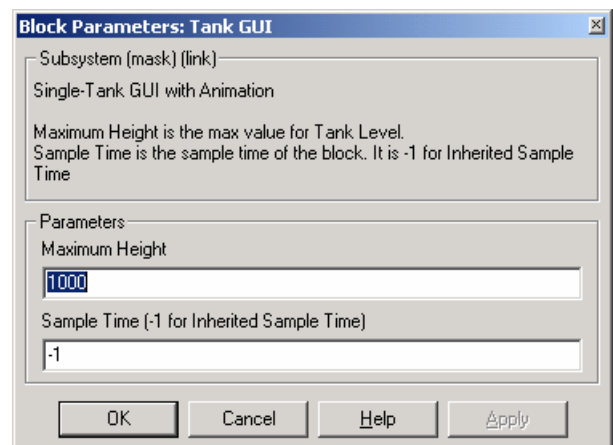
Các tham số của khối

Khi nhấn đúp chuột vào khối *Tank GUI*, cửa sổ đặt tham số cho khối sẽ hiện lên như trong Hình 10. Khối *Tank GUI* có hai tham số, bao gồm:

- Tham số *Maximum Height*: chiều cao của bình mức, chính là mức chất lỏng tối đa trong bình mức. Giá trị đầu vào *Level* của khối bị chặn trên bởi giá trị này.
- Tham số *Sample Time*: thời gian trích mẫu gắn với khối này, hay chính là chu kỳ cập nhật của khối (bao gồm cả cập nhật hình ảnh và cập nhật các giá trị trên thanh trượt). Giá trị chu kỳ này được tính theo giây (s). Nếu giá trị này là -1 thì khối *Tank GUI* sẽ được cập nhật theo sự thay đổi của đầu vào của nó, nghĩa là chịu sự điều khiển của khối đưa giá trị tới đầu vào của nó.



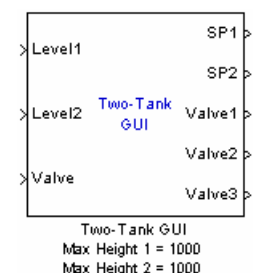
Hình 9 Giao diện tương tác Tank GUI



Hình 10 Cửa sổ tham số của khối Tank GUI

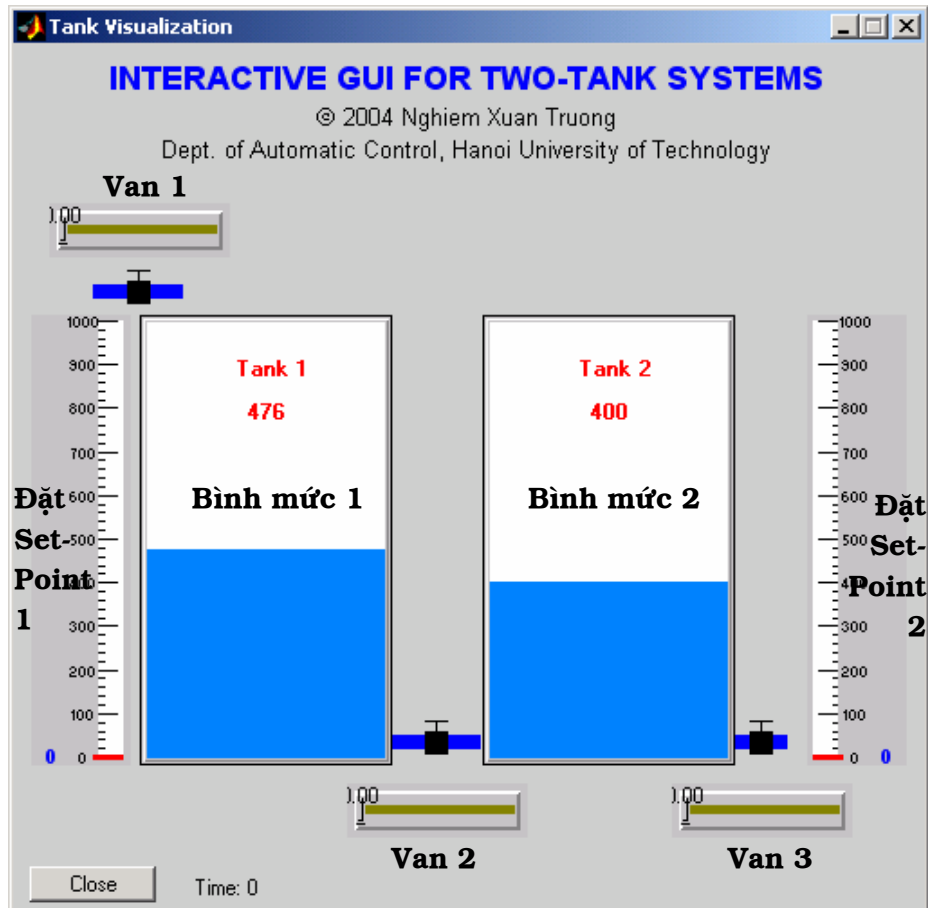
3.2.2 Two-Tank GUI

- Tên khối: Two-Tank GUI
- Số đầu vào: 3
- Số đầu ra: 5
- Chức năng: Cung cấp giao diện đồ họa tương tác cho hệ thống hai bình mức.



Hình 11 Khối Two-Tank GUI

Khi hoạt động, khối *Two-Tank GUI* tạo giao diện đồ họa như Hình 12.



Hình 12 Giao diện tương tác Two-Tank GUI

Các đầu vào

Đầu vào *Level 1* và *Level 2* tương ứng là mức chất lỏng hiện thời trong bình 1 và bình 2. Trong quá trình mô phỏng, giá trị của các đầu vào này được thể hiện tức thời trên hình ảnh của bình mức tương ứng của giao diện đồ họa. Các giá trị này bị chặn trong khoảng từ 0.0 đến chiều cao của bình mức tương ứng (xem phần *Các tham số của khối* ở dưới).

Đầu vào *Valve* là một vector tương ứng với các giá trị độ mở van trong trường hợp có ít nhất một van được điều khiển từ bên ngoài khối thay vì từ các thanh trượt trên giao diện đồ họa. Số phần tử của vector này phải đúng bằng số van được điều khiển từ bên ngoài khối, theo thứ tự từ van 1 đến van 3. Xem thêm phần *Các đầu ra*, phần *Các tham số của khối* và ví dụ sử dụng khối.

Các đầu ra

Các đầu ra *SP 1* và *SP 2* tương ứng là các giá trị điểm đặt cho bình 1 và bình 2, được xác định bằng giá trị của thanh trượt tương ứng trên giao diện đồ họa. Khi người dùng thay đổi giá trị điểm đặt trên giao diện đồ họa thì lập tức giá trị của các đầu ra này thay đổi theo tương ứng.

Các đầu ra *Valve 1*, *Valve 2* và *Valve 3* tương ứng là các giá trị độ mở van 1, van 2 và van 3, là số thực từ 0.0 đến 1.0 tương ứng với độ mở van từ 0% đến 100%. Các giá trị đầu ra này được xác định như sau:

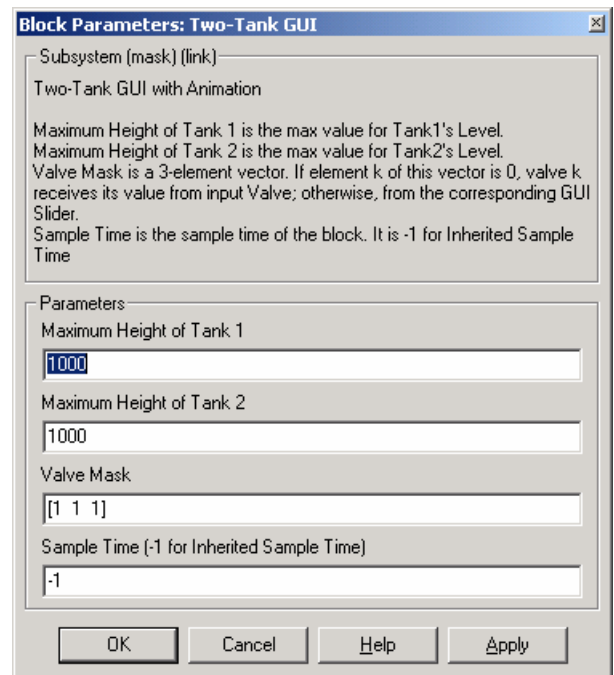
- Nếu van không được điều khiển từ bên ngoài khối, hay nói cách khác là van được điều khiển bởi người sử dụng thông qua giao diện đồ họa tương tác, thì giá trị đầu ra được xác định theo thanh trượt tương ứng trên giao diện đồ họa.
- Nếu van được điều khiển từ bên ngoài khối thì giá trị đầu ra chính là giá trị tương ứng trong vector đầu vào *Valve* (xem phần *Các đầu vào*).

Xem thêm phần *Các đầu vào*, phần *Các tham số của khối* và ví dụ sử dụng khối.

Các tham số của khối

Khi nhấn đúp chuột vào khối *Two-Tank GUI*, cửa sổ đặt tham số cho khối sẽ hiện lên như trong Hình 13. Khối *Two-Tank GUI* có bốn tham số, bao gồm:

- Tham số *Maximum Height of Tank 1*: chiều cao của bình 1, chính là mức chất lỏng tối đa trong bình 1. Giá trị đầu vào *Level 1* của khối bị chặn trên bởi giá trị này.
- Tham số *Maximum Height of Tank 2*: chiều cao của bình 2, chính là mức chất lỏng tối đa trong bình 2. Giá trị đầu vào *Level 2* của khối bị chặn trên bởi giá trị này.
- Tham số *Valve Mask*: là một vector gồm ba phần tử. Nếu phần tử thứ *k* của vector này có giá trị khác 0 thì valve thứ *k* được điều khiển bởi người sử dụng thông qua thanh trượt tương ứng trên giao diện đồ họa. Ngược lại, nếu phần tử thứ *k* của vector này có giá trị khác 0 thì valve thứ *k* được điều khiển từ bên ngoài khối thông qua giá trị tương ứng trong vector đầu vào *Valve* (xem ví dụ sử dụng khối bên dưới).
- Tham số *Sample Time*: thời gian trích mẫu gắn với khối này, hay chính là chu kỳ cập nhật của khối (bao gồm cả cập nhật hình ảnh và cập nhật các giá trị trên thanh trượt). Giá trị chu kỳ này được tính theo giây (s). Nếu giá trị này là -1 thì khối *Two-Tank GUI* sẽ được cập nhật theo sự thay đổi của các đầu vào của nó, nghĩa là chịu sự điều khiển của các khối đưa giá trị tới các đầu vào của nó.

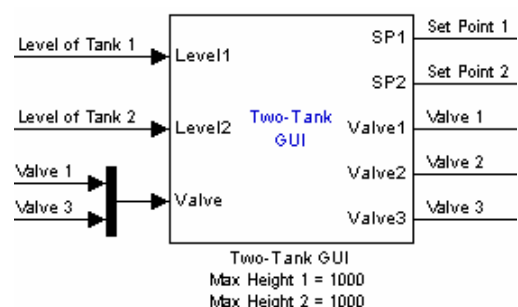


Hình 13 Cửa sổ tham số của khối *Two-Tank GUI*

Ví dụ sử dụng khối

Xét một số ví dụ đơn giản về sử dụng khối để hiểu rõ hơn về cách thức hoạt động của khối.

- Hệ thống hai bình mức, trong đó van 2 do người sử dụng thay đổi, van 1 và van 3 do hệ thống điều khiển thay đổi (thay đổi từ bên ngoài khối). Hình ảnh mô hình trên Simulink như hình bên. Trong trường hợp này, tham số *Valve Mask* của khối được đặt là vector $[0 \ 1 \ 0]$ (phần tử 1 và 3 bằng 0 tương ứng với van 1 và 3 được thay đổi từ bên ngoài, phần tử 2 bằng 1 do van 2 được người dùng



thay đổi). Ở đầu vào *Valve* của khối là các tín hiệu xác định độ mở của van 1 và van 3 (không có van 2 do van này được người dùng thay đổi). Như vậy, tín hiệu vào *Valve* là một vector gồm hai phần tử, trong đó phần tử thứ nhất là độ mở van 1, phần tử thứ hai là độ mở van 3. Có thể dùng khối *Mux* để kết hợp tín hiệu như trong sơ đồ trên. Các đầu ra của khối tương ứng là các giá trị đặt và các độ mở van, trong đó: các đầu ra *Valve1* và *Valve3* tương ứng là các độ mở của van 1 và van 3, chính là các giá trị đưa vào qua đầu vào *Valve*; đầu ra *Valve2* là độ mở của van 2, do người dùng đặt thông qua giao diện.

- Cũng trong hệ thống trên, nếu muốn thay đổi sao cho van 1 và van 2 được thay đổi từ bên ngoài, van 3 do người dùng thay đổi thì ta chỉ việc đặt lại tham số *Valve Mask* của khối thành $[0 \ 0 \ 1]$, và đường tín hiệu thứ hai vào khối *Mux* sẽ là độ mở van 2 thay vì độ mở van 3.