ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТИПОВИХ НЕЛІНІЙНОСТЕЙ У ПРОГРАМІ SIMULINK

Шаповал О.С., Ястреба О.С., студенти, Приймак Б.І., к.т.н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Широко розповсюдженим засобом моделювання систем автоматичного керування (САК) електромеханічними об'єктами на сьогодні є програма Simulink, що входить у програмне середовище Matlab. Simulink являє собою засіб візуального програмування, що дозволяє створювати моделі систем за допомогою розташованих у бібліотеках стандартних модулів (блоків). При цьому досліднику немає потреби вивчати певну мову програмування, а треба лише мати достатні знання у галузі своїх досліджень та володіти комп'ютером на базовому рівні.

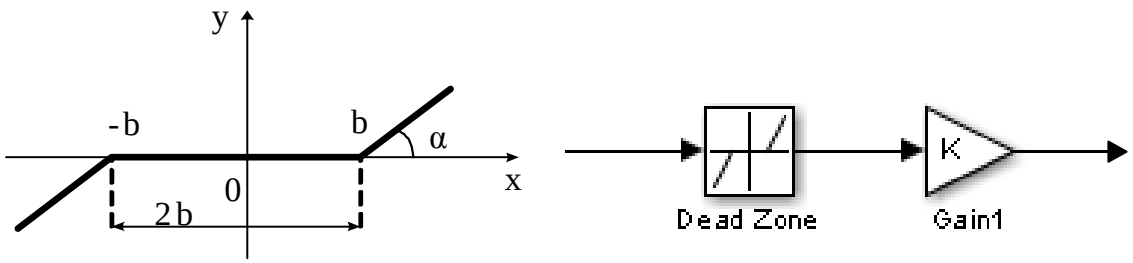
Візуальне програмування дозволяє істотно спростити побудову моделей. Проте досліднику необхідно добре знати усі властивості бібліотечних блоків, що використовуються ним для складання моделей. Зокрема, при дослідженні нелінійних САК виникає потреба достовірного імітування типових нелінійних ланок [1, 2]. Аналіз таких бібліотек Simulink як Nonlinear та Discontinuities, які призначені для утворення моделей нелінійних САК [3], показав наступну картину. По-перше, деякі типові нелінійності, зокрема ідеальне трипозиційне реле та трипозиційне реле з гістерезисом не мають відповідних бібліотечних блоків. По-друге, значна частина типових нелінійностей, для яких існують відповідні бібліотечні блоки, в загальному випадку лише цими блоками повністю не імітуються. На загал тільки для двопозиційного реле з гістерезисом є відповідний бібліотечний блок із повністю ідентичною характеристикою.

За таких результатів аналізу проблеми стало актуальним проведення дослідження особливостей застосування бібліотечних блоків Simulink для моделювання типових нелінійностей. Результати такого дослідження представлені у цій праці.

Мета роботи – дослідження особливостей моделювання типових нелінійних ланок систем автоматичного керування у середовищі візуального програмування Simulink.

Матеріали і результати досліджень. У дослідженні розглянемо типові нелінійності та побудуємо схеми їх моделей на основі наявних в програмі Simulink бібліотечних блоків. При цьому візьмемо до уваги такі однозначні нелінійності як зона нечутливості, зона насичення, ідеальне двопозиційне реле та ідеальне трипозиційне реле. Крім цього будуть розглянуті наступні неоднозначні (гістерезисні) нелінійності: люфт, двопозиційне реле з гістерезисом та трипозиційне реле з гістерезисом.

Першою розглянемо нелінійність типу «зона нечутливості». На рис. 1,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 1,б наведена схема її моделювання.



а) б)

Рисунок 1 – Нелінійність типу «зона нечутливості»: а) характеристика; б) схема моделювання в Simulink.

Згідно з рис. 1,б, модель в програмі Simulink складається з блоків **Dead Zone** та **Gain**. Перший з них реалізує зону нечутливості, а другий – лінійну частину характеристики. Параметри блоків мають бути наступними.

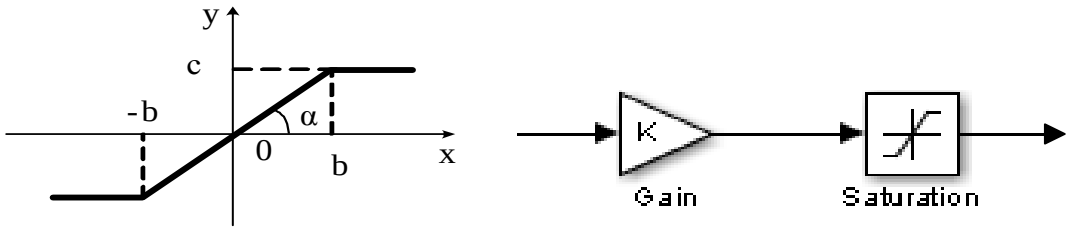
Параметри блоку **Dead Zone***:*

1) **Start of dead zone** : -b
2) **End of dead zone** :b

Параметри блоку **Gain***:*

1) **Gain** : $K = tg\alpha$.

Другою розглянемо нелінійність типу «зона насичення». На рис. 2,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 2,б представлена схема її моделювання.



а) б)

Рисунок 2 – Нелінійність типу «зона насичення»: а) характеристика; б) схема моделі в Simulink.

Згідно з рис. 2,б, модель в програмі Simulink реалізується блоками **Gain** та **Saturation**. Перший з них відтворює лінійну частину характеристики, а другий – обмеження виходу. Параметри блоків треба встановити наступними.

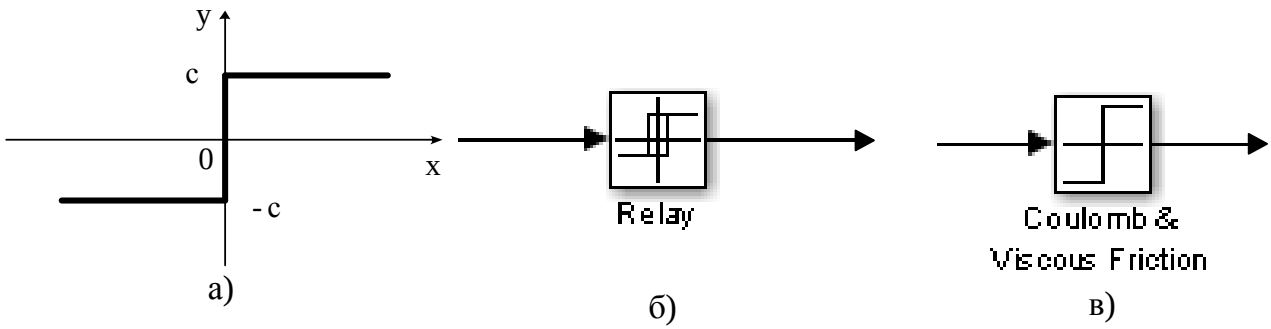
Параметри блоку **Gain***:*

1) **Gain** : $K = c / b = tg\alpha$

Параметри блоку **Saturation***:*

1) **Upper limit** : c
2) **Lower limit** :-c

Далі розглянемо нелінійність типу «ідеальне двопозиційне реле». На рис. 3,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 3,б, 3.в представлені варіанти її моделі.



а) б) в)

Рисунок 3 – Нелінійність типу «ідеальне двопозиційне реле»:
а) характеристика; б) 1-й варіант моделі; в) 2-й варіант моделі.

В програмі Simulink ідеальне двопозиційне реле можна змоделювати двома шляхами:

1) блоком Relay (рис. 3,б)

Параметри:

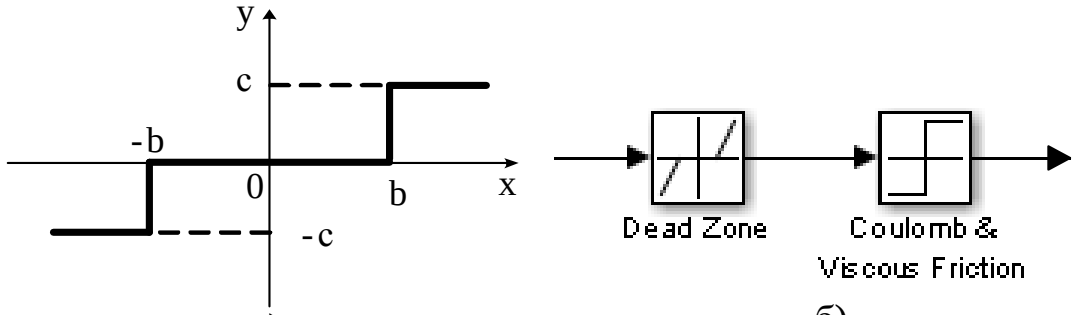
1) **Switch on point** : 0
2) **Switch off point** : 0
3) **Output when on** : c
4) **Output when off** : -c

2) блоком Coulomb and Viscous Friction (рис. 3, в)

Параметри:

1) **Coulomb friction value (Offset)** : [c]
2) **Coefficient of viscous friction (Gain)** : 0**.**

Тепер розглянемо нелінійність типу «ідеальне трипозиційне реле». На рис. 4,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 4,б представлена схема її моделі.



а) б)

Рисунок 4 – Нелінійність типу «ідеальне трипозиційне реле»:
а) характеристика; б) схема моделювання в Simulink.

Згідно з рис. 4,б, модель в програмі Simulink складається з блоків **Dead Zone** та **Coulomb and Viscous Friction**. Перший з них реалізує зону нечутливості, а другий – частину характеристики східчастої форми. Параметри блоків мають бути наступними.

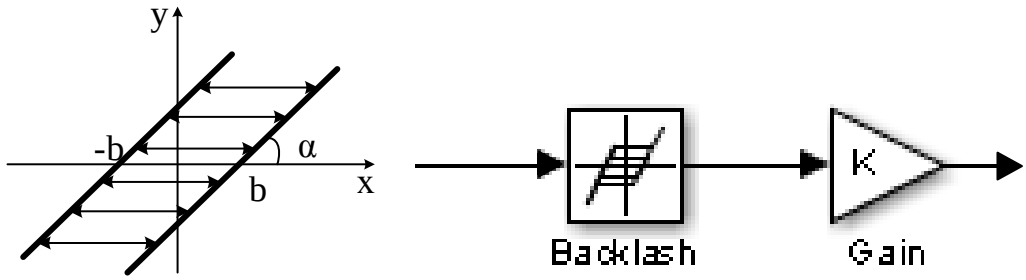
Параметри блоку **Dead Zone***:*

1) **Start of dead zone** : -b
2) **End of dead zone** :b

Параметри **Coulomb and Viscous Friction:**

1) **Coulomb friction value (Offset)** : [c]
2) **Coefficient of viscous friction (Gain)** : 0.

Першою серед гістерезисних нелінійностей розглянемо нелінійність типу «люфт». На рис. 5,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 5,б представлена схема її моделі.



а) б)

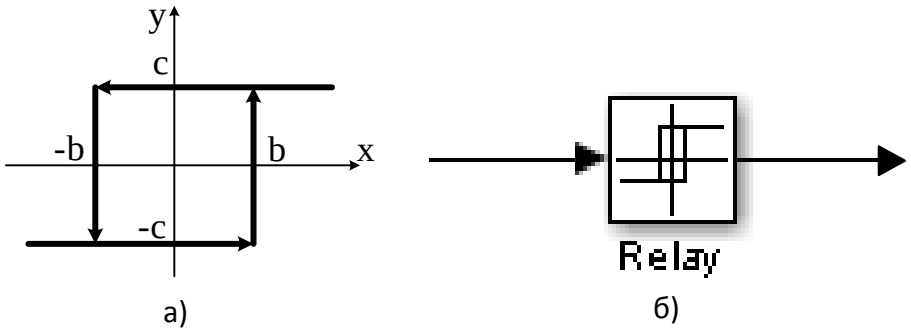
Рисунок 5 – Нелінійність типу «люфт»: а) характеристика; б) схема моделювання в Simulink.

У відповідності до рис. 5,б, схема моделі в програмі Simulink включає блоки **Backlash** та **Gain**. Перший з них відтворює зону нечутливості, а другий – лінійну частину характеристики. Параметри блоків слід задати наступними.

Параметри блоку **Backlash:**
1) **Deadband width** : 2b

Параметри блоку **Gain***:*
1) **Gain** : $K = tg\alpha$.

Наступною серед гістерезисних нелінійностей розглянемо нелінійність типу «двопозиційне реле з гістерезисом». На рис. 6,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 6,б представлена схема її моделі.



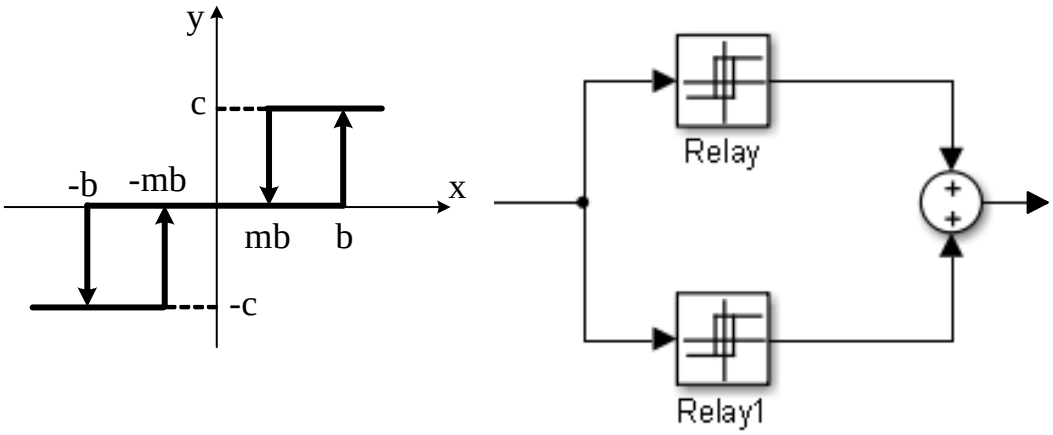
а) б)

Рисунок 6 – Нелінійність типу «двопозиційне реле з гістерезисом»: а) характеристика; б) схема моделювання в Simulink.

В середовищі Simulink двопозиційне реле з гістерезисом можна реалізувати блоком **Relay**, встановивши у ньому наступні значення параметрів.

Параметри блоку **Relay***:*
1) **Switch on point** : b
2) **Switch off point** : -b
3) **Output when on** : c
4) **Output when off** : -c

Останньою серед гістерезисних нелінійностей розглянемо нелінійність типу «трипозиційне реле з гістерезисом». На рис. 7,а зображена характеристика нелінійності, а на рис. 7,б наведена схема її моделі.



а) б)

Рисунок 7 – Нелінійність типу «трипозиційне реле з гістерезисом»:
а) характеристика; б) схема моделі в Simulink.

Згідно з рис. 7,б, схема моделі в програмі Simulink являє собою два паралельно з'єднані блоки **Relay**, де верхній блок реалізує праву частину нелінійної характеристики, а нижній блок – ліву. При цьому у даних блоках треба встановити наступні значення параметрів (0<m<1).

Параметри блоку **Relay***:*

1) **Switch on point** : b
2) **Switch off point** : mb
3) **Output when on** : c
4) **Output when off** : 0

Параметри блоку **Relay1***:*

1) **Switch on point** : -mb
2) **Switch off point** : -b
3) **Output when on** : 0
4) **Output when off** : -c

Висновки. У статті запропоновані схеми моделювання типових нелінійностей на основі бібліотечних блоків програми Simulink. Отримані результати можуть бути корисними фахівцям та студентам, які досліджують, проектують чи вивчають нелінійні системи автоматичного керування.

Перелік посилань

1. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування : підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук.– К. : Либідь, 2007.– 656 с.

2. Методы классической и современной теории автоматического управления : учебник в 5-ти тт. Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред.. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 656 с.

3. Островерхов М.Я. Моделювання електромеханічних систем в Simulink: Навч. посіб. для студ. вищ. техн. навч. закл. / М.Я. Островерхов, В.М. Пижов. – К.: Фоліант, 2008. – 532 с.