

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи СПТ-5

**„Використання віртуальних блоків пакетів Simulink і Power system blockset
пакету MathLab для вивчення дисципліни „Перетворювальна техніка”**

для студентів напрямку 0906 Електротехніка, спеціальностей
7.000008 „Енергетичний менеджмент”
7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації”
денної та заочної форми навчання.

Дніпропетровськ
НГУ
2005

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи СПТ-5

**„Використання віртуальних блоків пакетів Simulink і Power System
Blockset пакету MathLab для вивчення дисципліни „Перетворювальна
техніка”**

для студентів напрямку 0906 Електротехніка, спеціальностей
7.000008 „Енергетичний менеджмент”
7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації”
денної та заочної форми навчання.

Затверджено на засіданні кафедри
систем електропостачання
Протокол № від 2005 р.

Дніпропетровськ
2005

Методичні вказівки до лабораторної роботи СПТ-5 **„Використання віртуальних блоків пакетів Simulink і Power System Blockset пакету MathLab для вивчення дисципліни „Перетворювальна техніка”** для студентів напрямку 0906 Електротехніка, спеціальностей 7.000008 „Енергетичний менеджмент” 7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації” денної та заочної форми навчання / Упорядн. О.Р. Ковальов, С.В. Дибрін — Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 30 с.

Упорядники:

Ковальов Олександр Робертович, ст. викладач

Дибрін Сергій Володимирович, асистент

Відповідальний за випуск - заст. зав. кафедрою систем електропостачання *С.І. Випанасенко, докт. техн. наук, професор*

З М І С Т

1. ВСТУП	5
2. ПАКЕТ SIMULINK-4 [1, 2, 3, 5]	5
2.1. MATH — БІБЛІОТЕКА МАТЕМАТИЧНИХ ФУНКЦІЙ	6
2.2. NONLINEAR — НЕЛІНІЙНІ БЛОКИ	7
2.3. SINKS — ВІРТУАЛЬНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І РЕЄСТРАЦІЇ ПРОЦЕСІВ	8
<i>Блок Scope</i>	9
<i>Блок Display</i>	11
2.4. SOURCES — ДЖЕРЕЛА СИГНАЛІВ	12
3. ПАКЕТ РОЗШИРЕННЯ POWER SYSTEM BLOCKSET [2, 3]	12
3.1. ELECTRICAL SOURCES — ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	12
3.2. LIBRARY POWER ELEMENTS — БІБЛІОТЕКА ПАСИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	13
3.3. POWER ELECTRONICS — БІБЛІОТЕКА СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ	14
3.4. CONNECTOR-БЛОКИ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ВХОДАМИ І ВИХОДАМИ МОДЕЛЕЙ БІБЛІОТЕКИ POWER SYSTEM BLOCKSET	15
3.5. MEASUREMENT — БЛОКИ ВИМІРЮВАНЬ	16
3.6. POWERLIB EXTRAS — РОЗШИРЕНІ БІБЛІОТЕКИ	16
3.6.1. Measurement — бібліотека додаткових блоків вимірювання	17
3.6.2. Control Blocks – блоки управління	18
3.6.3. Three-Phase Library — бібліотека трифазних ланцюгів	19
4. ОПЕРАЦІЇ З БЛОКАМИ [5]	20
ПЕРЕСТАНОВКА БЛОКІВ МОДЕЛІ	20
КОПИЮВАННЯ БЛОКІВ ОДНІЄЇ МОДЕЛІ	21
УСТАНОВКА ПАРАМЕТРІВ БЛОКУ	21
ВИДАЛЕННЯ БЛОКІВ	21
ВІД'ЄДНАННЯ БЛОКУ	21
ЗМІНА КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ БЛОКУ	21
ЗМІНА РОЗМІРІВ БЛОКУ	21
ЗМІНА І ПЕРЕМІЩЕННЯ ІМЕНІ БЛОКУ	22
СТВОРЕННЯ СПОЛУЧНИХ ЛІНІЙ	22
СТВОРЕННЯ ЛІНІЇ МІЖ БЛОКАМИ	22
СТВОРЕННЯ РОЗГАЛУЖЕННЯ ЛІНІЇ	23
СТВОРЕННЯ СЕГМЕНТУ ЛІНІЇ	23
ПЕРЕМІЩЕННЯ СЕГМЕНТУ ЛІНІЇ	23
ДІЛЕННЯ ЛІНІЇ НА СЕГМЕНТИ	23
ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЛАМУ ЛІНІЇ	23
ПРОСТАВЛЯННЯ МІТОК СИГНАЛІВ І КОМЕНТАРІВ	23
СТВОРЕННЯ І МАНІПУЛЮВАННЯ МІТКАМИ СИГНАЛІВ	24
СТВОРЕННЯ І МАНІПУЛЮВАННЯ КОМЕНТАРІЄМ	24
5. ІНТЕРАКТИВНА ОБОЛОНКА SPTOOL [3, 4, 5]	24
ІМПОРТ СИГНАЛІВ	25
ПРОГЛЯДАННЯ СИГНАЛІВ	27
СТВОРЕННЯ СПЕКТРІВ СИГНАЛІВ	28
ЛІТЕРАТУРА	29

1. Вступ

«Приладовою базою» проведення лабораторної роботи із силових електроніки є пакети розширення Simulink і Power System Blockset широко поширеного пакету MatLab.

У бібліотеках цих пакетів маються численні віртуальні елементи та численні вимірювальні прилади, що дозволяє всебічно досліджувати електричний ланцюг будь-якої складності.

У даній роботі описується вміст основних бібліотек цих пакетів розширення та розглядаються основні прийоми роботи з ними. При цьому основна увага приділена тим бібліотекам, які використовуються надалі при роботі у віртуальній лабораторії по силовій електроніці.

Докладніші відомості щодо пакету MatLab читач знайде в літературі [1, 2, 3, 4, 5].

2. Пакет Simulink-4 [1, 2, 3, 5]

Перша версія пакету MatLab була розроблена вже більше 20 років тому. Розвиток і вдосконалення цього пакету відбувалися одночасно з розвитком засобів обчислювальної техніки. Назва пакету походить від словосполучення Matrix Laboratory, він орієнтований, в першу чергу, на обробку масивів даних (матриць і векторів). Саме тому, незважаючи на досить високу швидкість зміни поколінь обчислювальної техніки, MatLab встигав вбрати все найбільш цінне від кожного з них. Внаслідок до теперішнього часу MatLab є однією з найбагатших бібліотек функцій, єдина проблема роботи з якими полягає в умінні швидко відшукати ті з них, які потрібні для вирішення поставленого завдання.

Для полегшення роботи з пакетом фахівцям різних областей науки і техніки вся бібліотека функцій розбита на розділи. Ті з них, що носять більш загальний характер, входять до складу ядра MatLab. Ті ж функції, що є специфічними для конкретної області, включені до складу пакетів розширення (Toolboxes).

У даний час з'явилася нова, істотно розширена, версія програми MatLab-6.1, із новим інтерфейсом. Цій версії нижче приділено основну увагу. Проте необхідно відзначити, що бібліотеки старих версій з їх інтерфейсом збережені.

Бібліотека Simulink-4 є набором візуальних об'єктів, використовуючи які можна досліджувати практично будь-який електричний ланцюг. Практично для всіх блоків існує можливість настройки параметрів. Параметри настройки відображаються у полях настройки вікна настройки вибраного блоку. Кнопка Help у вікні настройки відкриває докладну інформацію про блок і його параметри настройки.

Уся бібліотека Simulink-4 у новій версії розбита на вісім розділів (рис. 1). Зміст розділу знаходиться в правому вікні бібліотеки. Для виклику звичного інтерфейсу бібліотеки слід встановити курсор на відповідний розділ у лівому вікні, правою кнопкою мишки викликати випадне меню і з цього меню відкрити бібліотеку. Зупинимося на тих розділах основної бібліотеки пакету Simulink, які використовуються для моделювання схем силової електроніки.

2.1. Math — бібліотека математичних функцій

Бібліотека математичних функцій показана на рис. 2.

Вона містить наступні блоки:

Abs — блок, що формує на виході абсолютне значення вхідного сигналу, у функціональних схемах грає роль випрямляча.

Algebraic Constraint — блок, що дозволяє в структурну модель включати систему алгебраїчних рівнянь.

Bitwise Logical Operator — універсальний блок, що реалізовує будь-яку логічну функцію.

Combinatorial Logic — блок забезпечує перетворення вхідного сигналу відповідно до сформованої у полі настройки таблицею істинності. Цей блок є моделлю кінцевого автомата, стан якого, як відомо, описується за допомогою Булевої алгебри.

Complex to Magnitude Angle — блок, що дозволяє виділити модуль і фазу вхідної комплексної величини.

Complex to Real-Imag, Real-Imag to Complex — блоки, що перетворюють комплексні величини із показової форми в алгебраїчну і назад.

Dot Product — ланка, що здійснює перемножування двох вхідних величин, якщо вони є скалярами. Ця ланка обчислює також суму поелементних добутків двох вхідних векторів однакової довжини.

Gain — аналоговий підсилювач.

Logical Operation, Relation Operator — блоки відомих логічних операцій «і» та «або», кількість входів задається в полі настройки.

Magnitude-Angle to Complex — блок, що перетворює вхідну величину, задану

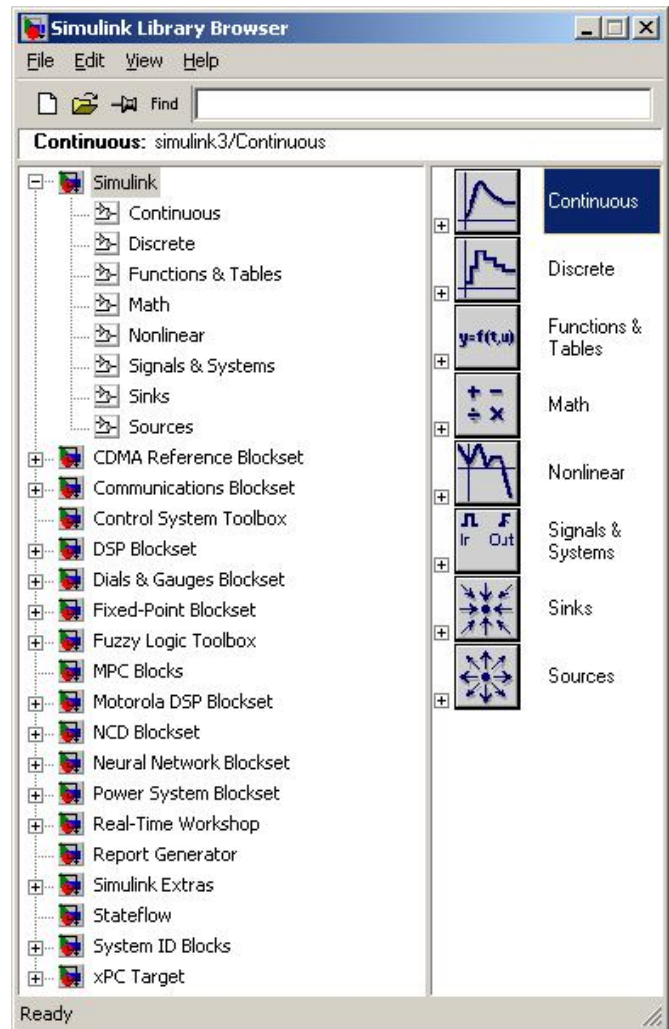


Рис. 1. Бібліотека Simulink-4

модулем і фазою, в комплексну вихідну величину.

Mat Function — блок, що дозволяє вибрати одну з математичних функцій в полі настройки і включити її у модель.

Matrix Gain — підсилювач, на вхід якого подається вектор.

MinMax — блок, вхідний сигнал на який задається числовим вектором. Блок вибирає мінімальне або максимальне значення вектора відповідно до завдання поля настройки.

Product — блок, що формує на виході результат множення або ділення двох і більше вхідних сигналів.

Rounding Function — блок округлення вхідного сигналу (функція округлення вибирається в полі настройки на спадаючому меню).

Sing — блок-реле, що реагує на знак вхідного сигналу. Значення вихідного сигналу встановлюється в полі настройки.

Slider Gain — аналоговий підсилювач з інтерактивною настройкою параметра.

Sum — аналоговий суматор, що дозволяє алгебраїчно підсумовувати будь-яке число сигналів на вході.

Trigonometric Function — блок, що формує на виході тригонометричну функцію вхідного сигналу. Вибір функції забезпечується у полі настройки.

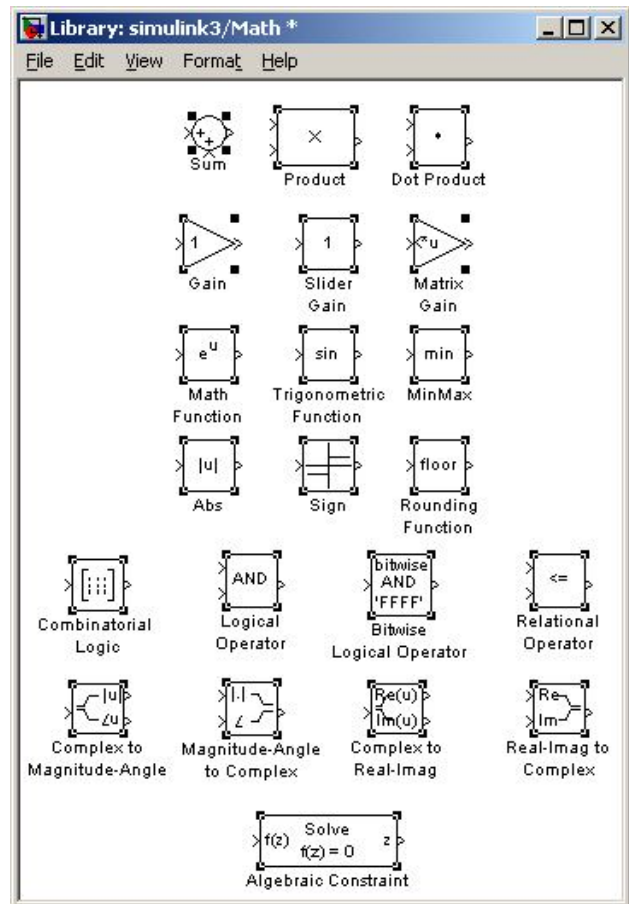


Рис. 2. Math — бібліотека математичних функцій

2.2. Nonlinear — нелінійні блоки

Бібліотека нелінійних блоків показана на рис. 3.

Ця бібліотека містить:

Backlash — блок, що реалізує люфт в механічних редукторах.

Columb & Viscous Friction — блок, що реалізує характеристику тертя в механічних системах.

Dead Zone — блок, що реалізує зону нечутливості.

Manual Switch — ключ, який перемикається вручну (при моделюванні за допомогою цього ключа зручно міняти параметри і структуру моделі).

Multiport Switch — блок перемикачів, що передає на вихід один з вхідних сигналів.

Quantizer — блок, що забезпечує квантування вхідного сигналу по рівню. Величина сходинки задається в полі настройки.

Rate Limiter — блок, що забезпечує різні коефіцієнти передачі залежно від знаку вхідного сигналу. У полях настройки встановлюються значення цих коефіцієнтів.

Relay — реле з регульованою зоною нечутливості і встановлюваною величиною позитивного і негативного вихідного сигналу.

Saturation — підсилювач з обмеженням. Величина вихідного сигналу при позитивному і негативному вхідному сигналі встановлюється у полях настройки.

Switch — ключ, який перемикається, коли вхідний сигнал стає рівним або більшим за заданий у полі настройки.

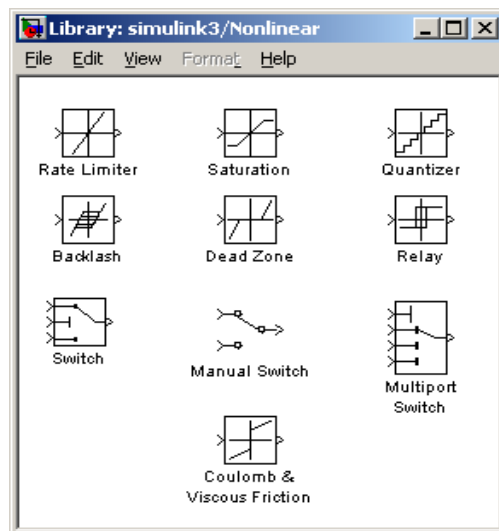


Рис. 3. Nonlinear — нелінійні блоки

2.3. Sinks — віртуальні прилади для спостереження і реєстрації процесів

Прилади для спостереження і реєстрації процесів в досліджуваній моделі представлені на рис. 4.

До складу віртуальних приладів входять:

Scope — осцилоскоп для спостереження тимчасових залежностей.

XY Graph — графічний пристрій в системі полярних координат.

Display — пристрій для виводу на екран дисплея вимірюваних величин у цифровій формі.

To file — блок, що пов'язує модель Simulink з системою MatLab. Цей блок дозволяє записати у файл MatLaba результати моделювання з метою подальшої обробки і представлення результатів.

To Workspace — блок для передачі результатів моделювання у робочий простір з метою їх подальшої обробки. Дані зберігаються у вигляді матриці, структура якої відрізняється від структури даних у MAT-файлі тим, що значення величин, які зберігаються, розташовані по рядках, а не по стовпцях. Вікно настройки блоку показане на рис. 5. У першому полі (Variable name) вводиться назва змінної для запису в робочий простір. У другому полі (Limit date points to last) вводиться граничне число кроків моделювання, для яких реєструються дані. За умовчанням задається константа inf , тобто дані реєструються на всьому інтервалі моделювання. У третьому полі (Decimation — проріджування) вводиться дискретність реєстрації даних. Цифра 1 означає,

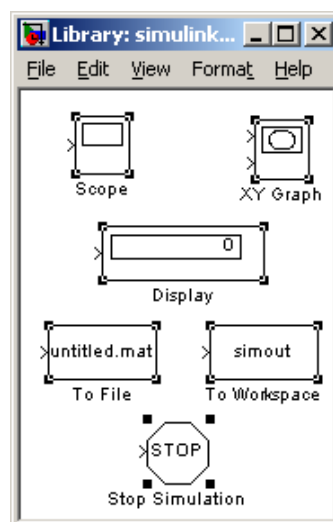


Рис. 4. Бібліотека Sinks — віртуальні прилади для спостереження і реєстрації процесів

що реєстрація відбувається на кожному кроці моделювання. У поле **Sample time** вводиться величина кроку — дискретність зміни модельного часу. У поле **Save format** вводиться формат, в якому будуть збережені дані в робочій області. Блок **To Workspace** надалі використовується для обробки даних у пакеті розширення **Signal Processing Toolbox**. При цьому дані повинні зберігатися по рядках (array).

Stop Simulation — зупинка симуляції.

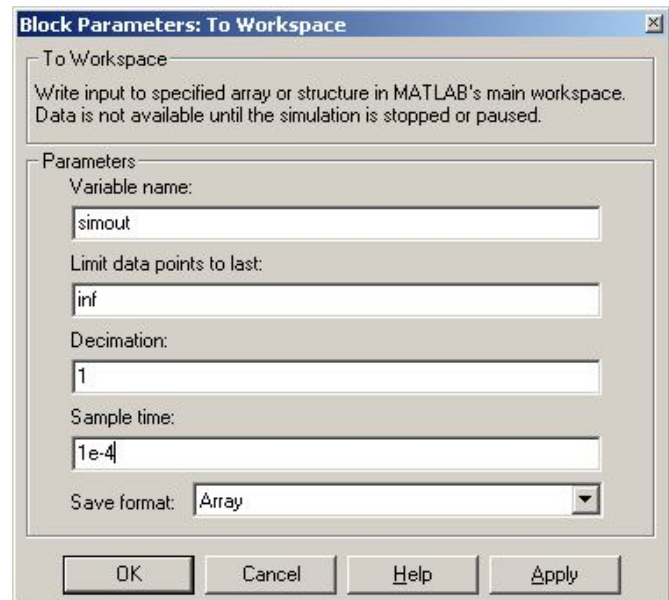



Рис. 5. Вікно настройки блоку *To Workspace*

Блок Scope


Цей блок дозволяє в процесі моделювання спостерігати динаміку зміни процесів, що цікавлять дослідника, в системі. Створюване за його допомогою «оглядове вікно», нагадує екран електронного осцилографа. По осі ординат шкали вимірювань відкладаються значення спостережуваної величини, по осі абсцис — значення модельного часу. У версії Simulink-4 користувач може в одному вікні створити декілька осей координат для спостереження декількох процесів.

Для управління параметрами вікна **Scope** в ньому є панель інструментів, що містить перемикач з семи кнопок (рис. 6):


 **Zoom** — зміна масштабу осей графіка;


 **Zoom X-axis** — зміна масштабу по осі абсцис;

 **Zoom Y-axis** — зміна масштабу по осі ординат;

 **Autoscale** — автоматична установка оптимального масштабу осей (автошкалування);

 **Save current axes settings** — збереження встановленого масштабу осей;

 **Properties** — відкриття вікна настройки параметрів (панелі властивостей) блоку **Scope**;

 **Print** — друк вмісту вікна **Scope**.

Деякі настройки можуть бути також виконані за допомогою команд контекстного меню, яке викликається на екран клацанням правою кнопкою миші.

При клацанні по кнопці **Properties** відкривається вікно **Properties Scope**, що містить дві вкладки (рис. 6):

General (Загальні властивості), що містить елементи для управління форматом виведення графіків;

Data history (Збереження даних), дозволяє встановлювати параметри запису даних, що відображаються на графіках, в робочу область MATLAB.

Вкладка **General** містить наступні елементи:

- текстове поле **Number of axes**, призначене для введення числа підвікон (графіків), що створюються у вікні **Scope**; за умовчанням створюється тільки одне підвікно; осі **Y** всіх створюваних графіків є незалежними по відношенню один до одного, проте для формування координати **X** використовуються одні і ті ж значення модельного часу. На рис. 6 показано вікно блоку **Scope**, що містить два графіки;
- текстове поле **Time range**, в якому вказується граничне значення діапазону по осі часу (осі **X**). Це значення може або вказуватися явно (в одиницях модельного часу), або за допомогою ключового слова **auto** (в останньому випадку граничне значення часу по осі **X** співпадає з кінцевим значенням модельного часу, встановленого для сеансу моделювання);
- список **Tick labels**, що розкривається, використовується у тому випадку, якщо у вікні **Scope** створено декілька графіків:
 - **bottom axes only** — значення часу по осі **X** виводяться тільки для нижнього графіка;
 - **all** — значення часу по осі **X** виводяться для всіх графіків;
 - **none** — значення по осях **X** і **Y** не виводяться;
- список **Sampling**, що розкривається, призначений для вибору варіанту управління періодичністю відрисовки графіків.
 - **Decimation** — значення цього параметра інтерпретується як коефіцієнт

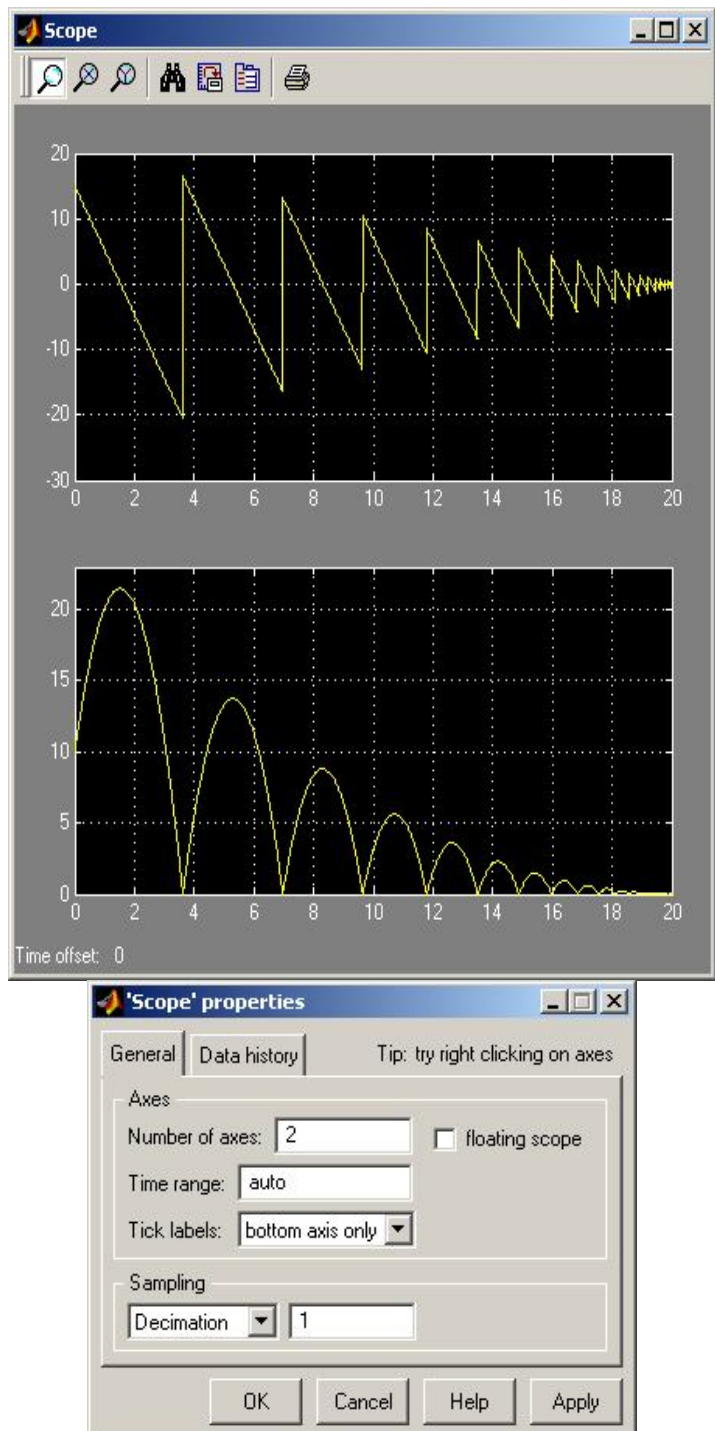


Рис. 6. *Scope* — осцилоскоп для спостереження тимчасових залежностей

«проріджування» значень, що виводяться (наприклад, якщо Decimation=3, то значення спостережуваної характеристики відображаються у вікні Score тільки на кожному третьому кроці моделювання);

- Sample time — періодичність визначається величиною кроку модельного часу, встановленого для сеансу моделювання;
- прапорець floating score дозволяє встановити для блоку Score властивість «плаваючий»; такий блок не має жодного вхідного порту і забезпечує відображення сигналу, що передається по вибраній в блок-діаграмі лінії зв'язку.

Блок Display

Блок призначений для виводу на екран чисельних значень величин, що фігурують в моделі. Блок має чотири параметри настройки (рис. 7):

Format — задає формат виводу; формат вибирається за допомогою випадного списку, що містить 5 пунктів: short, long, short_e, long_e, bank;

Decimation — визначає періодичність виведення значень у вікні Display;

Floating display — дозволяє вибрати спосіб використання блоку Display у блок-діаграмі; якщо даний прапорець встановлений, то блок Display використовується як «плаваючий» (тобто не має вхідного порту); щоб вказати сигнал, відображений у вікні Display, слід вибрати відповідну лінію зв'язку, клацнувши на ній лівою кнопкою миші;

Sample Time — задає дискретність виведення даних у вікно Display.

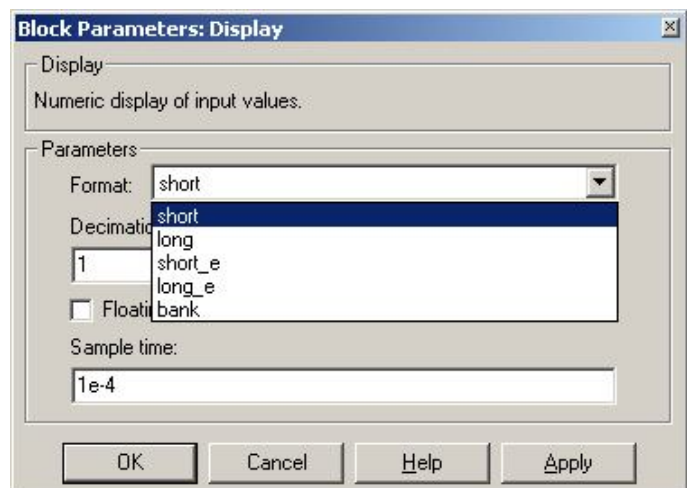


Рис. 7. Вікно настройки блоку Display

Блок Display може використовуватися для виведення як скалярних, так і векторних даних. Якщо величина, що відображається, є вектором, то початковий формат блоку змінюється автоматично. Про зміну формату говорить маленький чорний трикутник, що з'являється в нижньому правому кутку блоку. Для кожного елемента вектора створюється своє міні-вікно, але, щоб вони стали видимими, необхідно «розтягнути» зображення блоку.

2.4. Sources — джерела сигналів

Зміст цього розділу показаний на рис. 8.

Набір блоків містить практично всі необхідні джерела сигналів для дослідження електричних ланцюгів. Можливе задавання довільної дії з файлу (блок From File).

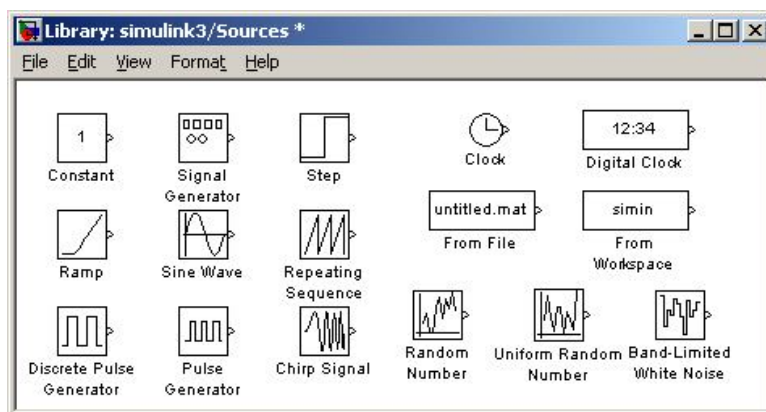


Рис. 8. Бібліотека Sources — джерела сигналів

Окрім джерел детермінованих дій з різною функціональною і тимчасовою залежністю, є джерела випадкових дій з різними законами розподілу. З кожним графічним блоком пов'язано вікно настройки.

3. Пакет розширення Power System Blockset [2, 3]

Бібліотека Powerlib пакету розширення Power System Blockset (рис. 9) містить 7 розділів, останній з яких, Extras, включає підрозділи.

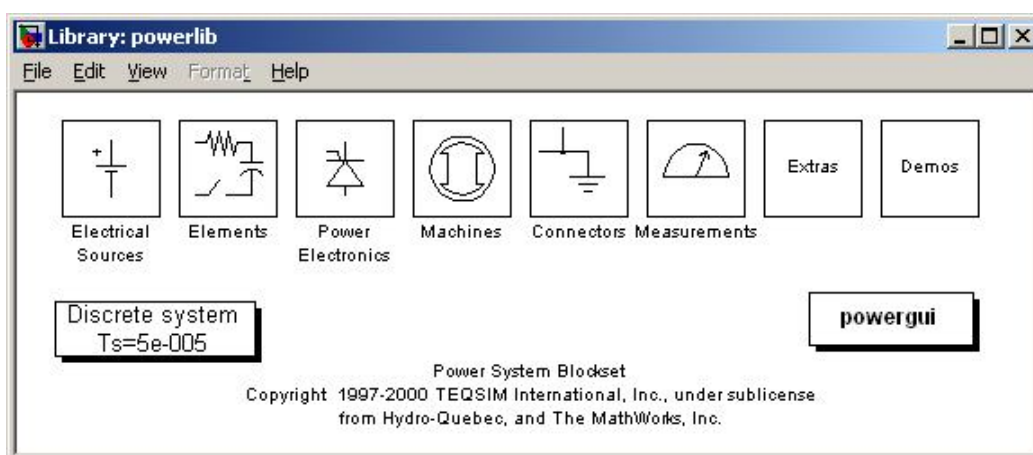


Рис. 9. Бібліотека Powerlib

3.1. Electrical Sources — джерела електричної енергії

Ця бібліотека містить некеровані і керовані джерела постійної і змінної напруги і струму (рис. 10).

Вікно настройки блоку AC Voltage Source показане на рис. 11. У полях параметрів вікна встановлюються значення амплітуди напруги,

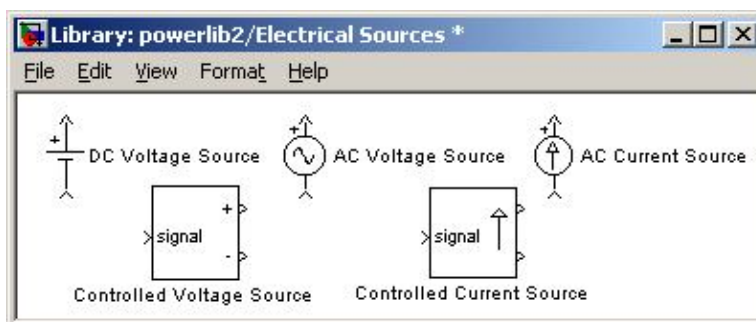


Рис. 10. Бібліотека Electrical Sources

початкової фази і частоти.

Поле Measurements дозволяє підключати блок Multimeter для вимірювання і спостереження вихідних параметрів джерела.

Блоки керованих джерел дозволяють пов'язати структурні або функціональні схеми основних бібліотек Simulink Blok Library з елементами бібліотеки Power System Blockset.

3.2 Library Power Elements — бібліотека пасивних елементів

На рис. 12 представлений склад цієї бібліотеки, вона містить:

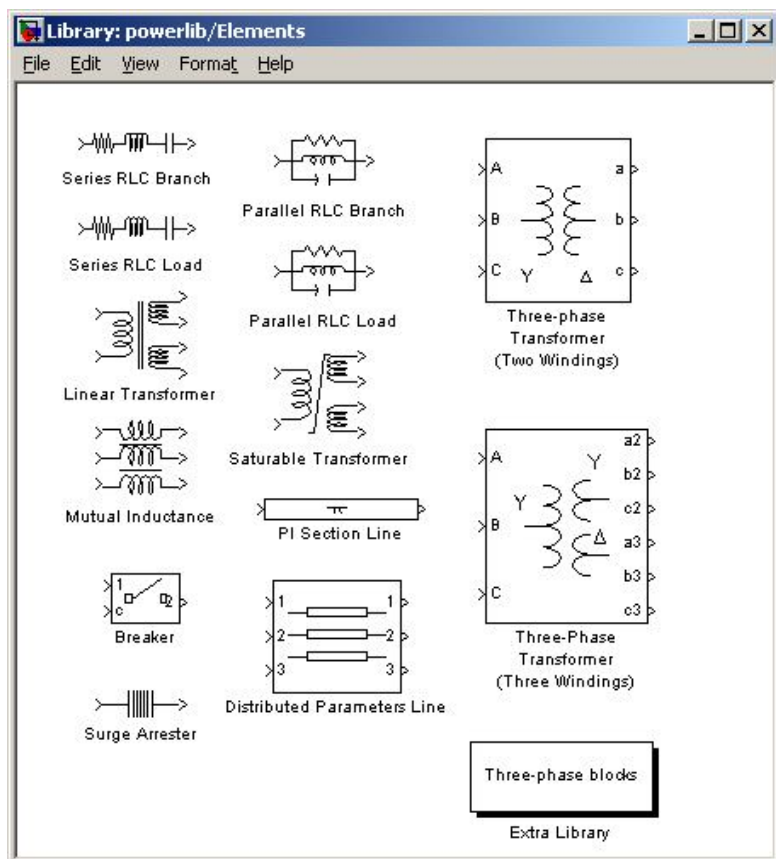


Рис. 12. Бібліотека Power Elements

сформувати необхідну нелінійну залежність між вхідним і вихідним сигналами.

- Ключ (Breaker), параметри (опір, індуктивність) якого у відкритому стані задаються в полях настройки. Там же задається стан ключа (відкритий, закритий) при нульовому вхідному сигналі.
- Трифазний двообмотковий і триобмотковий трансформатори (Three-

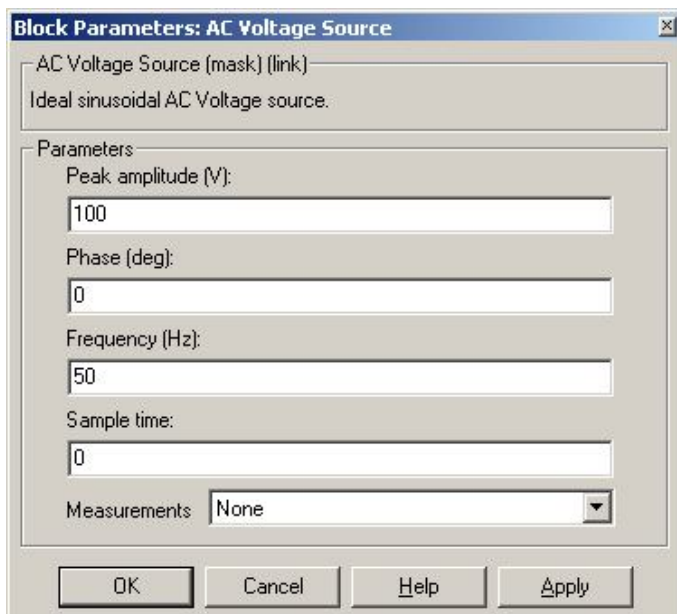


Рис. 11. Вікно настройки блоку AC Voltage Source

- Послідовні і паралельні пасивні елементи R, L, C, які можуть бути задані в параметрах цих елементів (Ом, Генрі, Фарада RLC Branch), а можуть бути задані значеннями активної, реактивної індуктивної або реактивної місткісної потужностей (RLC Load).
- Лінійний трансформатор (Linear Transformer) і трансформатор з реальним магнітним сердечником, що враховує його насичення (Saturable Transformer)
- Магнітопов'язані ланцюги (Mutual Inductance)
- Нелінійний елемент (Surge Arrester), що дозволяє

- Phase Transformer, Two windings і Three windings)
- Блоки, що реалізують параметри однофазної і трифазної лінії передачі (PI Section Line, Distributed Parameters Line).

На рис. 13 як приклад показане вікно настройки блоку трифазного трансформатора (Three-Phase Transformer). У полях настройки задаються параметри трансформатора (power and frequency), параметри первинної і вторинної обмоток (Winding parameters), схеми з'єднання первинних і вторинних обмоток (вікна Winding 1 (ABC) Connection, Winding 2 (abc) Connection). Прапорцець Saturable core дозволяє врахувати насичення

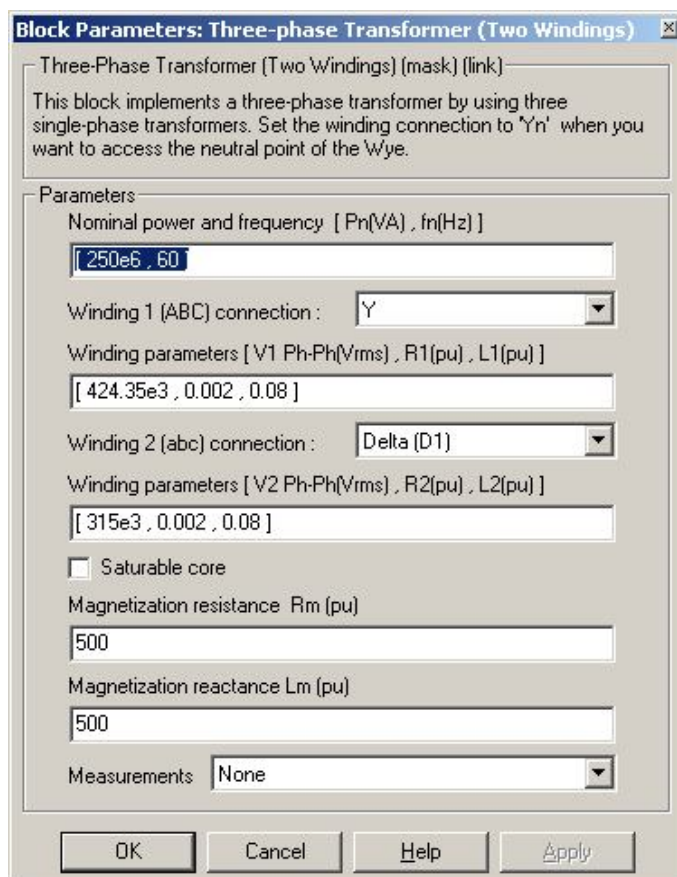


Рис. 13. Вікно настройки блоку *Three-Phase Transformer*

трансформатора. У випадному меню поля (Measurements) встановлюються змінні стану трансформатора, які підлягають вимірюванню при моделюванні блоком Multimeter.

3.3. Power Electronics — бібліотека силових елементів

Ця бібліотека (рис. 14) містить сім типів поодиноких силових елементів і моделі різних напівпровідникових перетворювачів, представлених одним універсальним блоком (Universal Bridge). Цей блок і його панель настройки показані на рис. 15. У полях вікна настройки задаються:

- кількість плечей універсального моста (Numbers of bridge arms);
- конфігурація вхідних і вихідних портів (Port configuration). У випадному меню цього поля задаються вхідні і вихідні

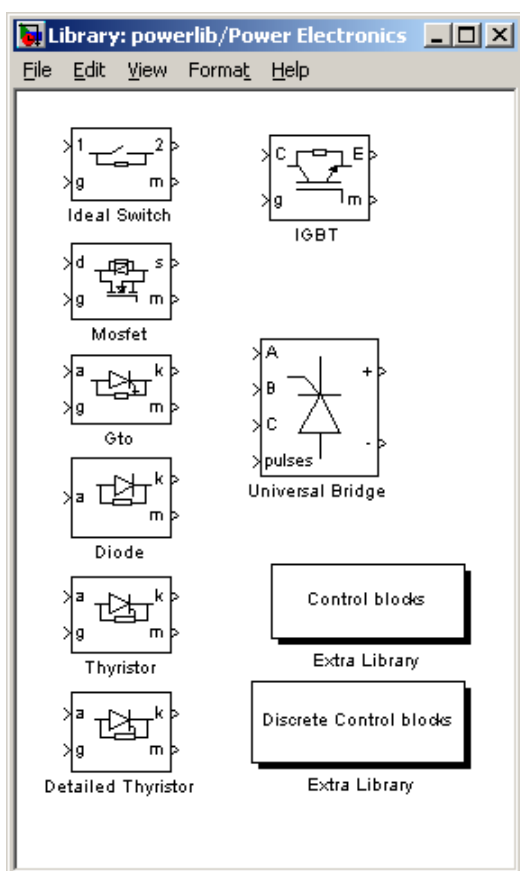


Рис. 14. Бібліотека *Power Electronics*

- порти. Вхідними можуть бути порти ABC, а вихідними — порти «+» і «-» або навпаки;
- тип силового напівпровідникового елемента (Power Electronic device), у випадковому меню цього поля задається тип силового напівпровідникового елемента;
- параметри ланцюгів формування траєкторії перемикання задаються в полях Snubber Resistance, Snubber Capacitance;
- параметри силового напівпровідникового елемента в режимі насичення задаються в полях Ron, Lon, Forward voltage;
- поле Measurement призначене для вибору вимірюваних змінних станів універсального напівпровідникового моста.

Слід зазначити, що кожен поодинокий напівпровідниковий елемент містить вихід t, на якому за допомогою вимірювальних приладів можна подивитися форму напруги і струму на елементі і зміряти їх значення.

Всі блоки мають управляючі входи. Для, поодиноких елементів ці входи мають позначення g для універсального моста pulses.

3.4. Connector-блоки зв'язку між входами і виходами моделей бібліотеки Power System Blockset

Ці блоки показані на рис. 16. Призначення блоків розкриває їх графічний вигляд. У вікнах настройки блоків Bus Bar указується кількість входів і виходів.

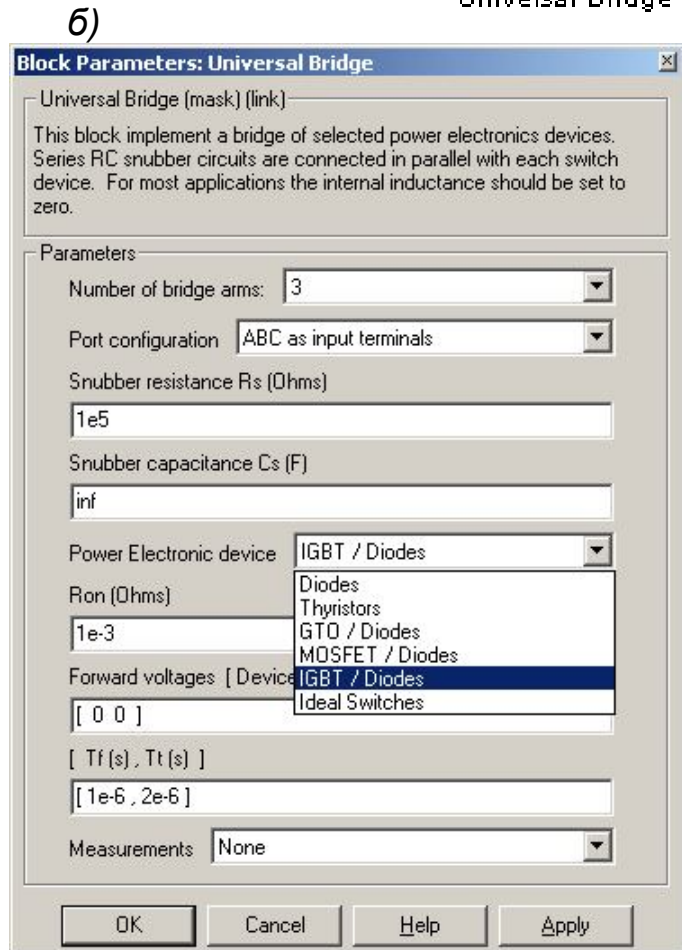
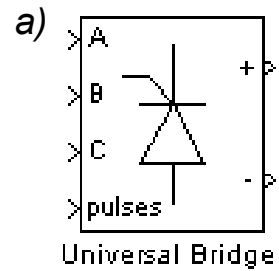


Рис. 15. Вікно настройки блоку Universal Bridge

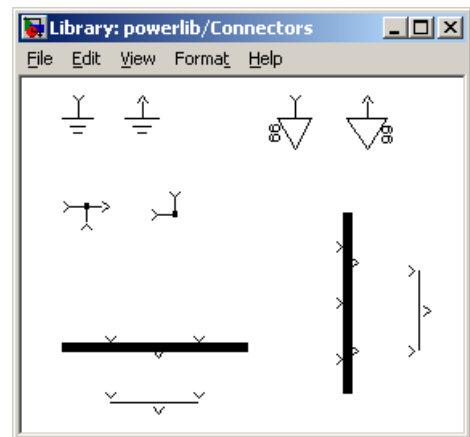


Рис. 16. Бібліотека Connector

3.5. Measurement — блоки вимірювань

Ці блоки показані на рис. 17. Блоки Voltage Measurement, Current Measurement призначені для вимірювання напруги і струму, а також для з'єднання вимірювальних блоків головної бібліотеки Simuhnk з блоками бібліотеки Power System Blocksets. Блок Impedance Measurement дозволяє виміряти частотну залежність повного опору між двома точками досліджуваної схеми.

Особливий інтерес представляє блок Multimeter. Цей блок дозволяє виміряти електричні змінні, вибрані у вікні Measurement відповідних елементів (див. наприклад рис. 11, 13, 15). Вікно настройки

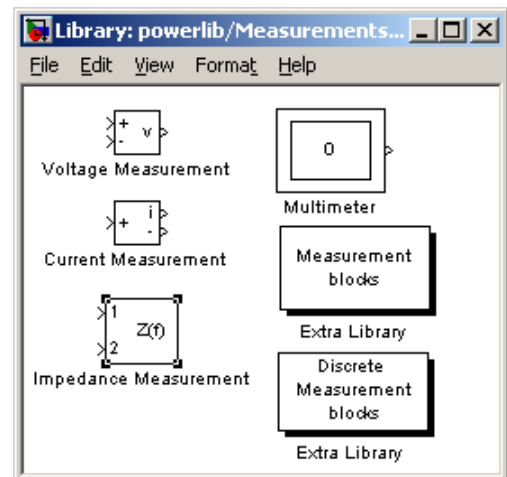


Рис. 17. Бібліотека Measurement

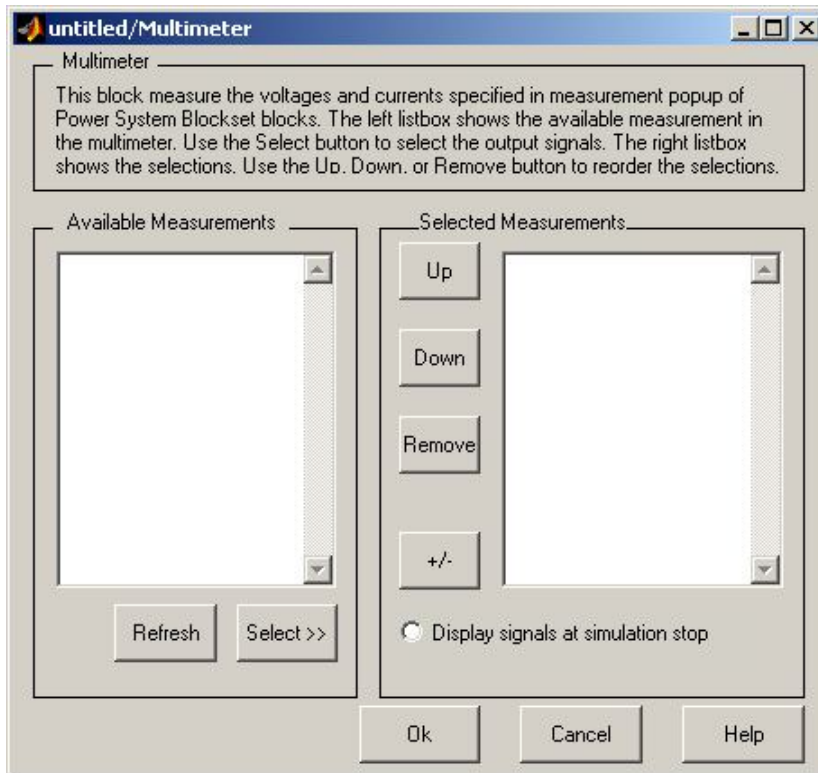


Рис. 18. Вікно настройки блоку Multimeter

часто застосовується.

Блок Multimeter своїм виходом може бути підключений і до зовнішніх вимірників.

3.6. Powerlib Extras — розширені бібліотеки

Бібліотека Powerlib Extras представлена на рис. 19. Ця бібліотека містить шість додаткових розділів.

блоку Multimeter (рис. 18) містить два поля. У першому (Available) після натиснення кнопки Refresh з'являються відповідні вимірювані змінні. Усі або частина з них можуть бути за допомогою кнопки Select переведені в друге вікно для вимірювання і реєстрації результатів. Прапорець Display signals at simulation stop дозволяє вивести вимірювані сигнали в окреме графічне вікно у вигляді тимчасових залежностей. Цей блок дуже зручний при дослідженні і надалі

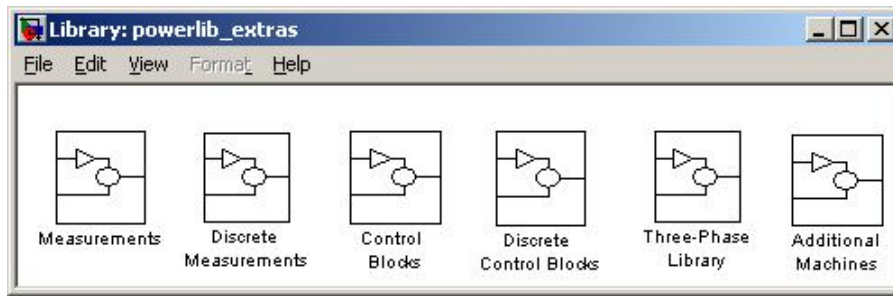


Рис. 19. Бібліотека Powerlib Extras

3.6.1. Measurement — бібліотека додаткових блоків вимірювання

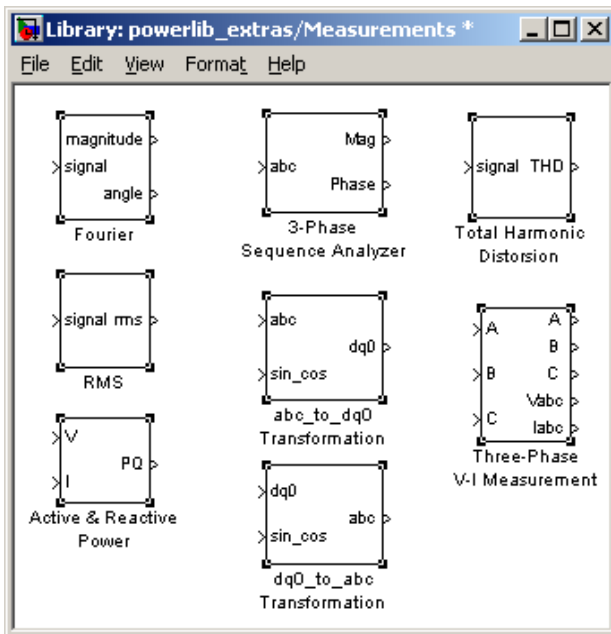


Рис. 20. Бібліотека Extras Measurement

перетворення трифазної системи до двофазної і навпаки.

Блок Total Harmonic Distorsion вимірює коефіцієнт гармонік.

Блок Three-Phase V-I Measurement призначений для вимірювань напруг і струмів в трифазних ланцюгах.

На рис. 21 як приклад показане вікно настройки блоку Fourier. У полях настройки блоку виставляється основна частота і порядковий номер досліджуваної гармоніки.

У полі вікна настройки блоку Total Haimonic Distorsion (рис. 22) встановлюється основна частота досліджуваного сигналу.

Розширена бібліотека Measurement показана на рис. 20. Бібліотека містить блок розкладання несинусоїдального періодичного сигналу на гармонійні складові (блок Fourier), блок вимірювання ефективного (діючого) значення несинусоїдальної періодичної напруги або струму (блок RMS), блок вимірювання активної і реактивної потужності (блок Active & Reactive Power).

Є три блоки перетворення трифазних сигналів.

Блок 3-Phase Sequence Analyzer обчислює симетричні складові прямої, зворотної і нульової послідовностей.

Блоки abc to dq0 Transformation і dq0 to abc Transformation здійснюють

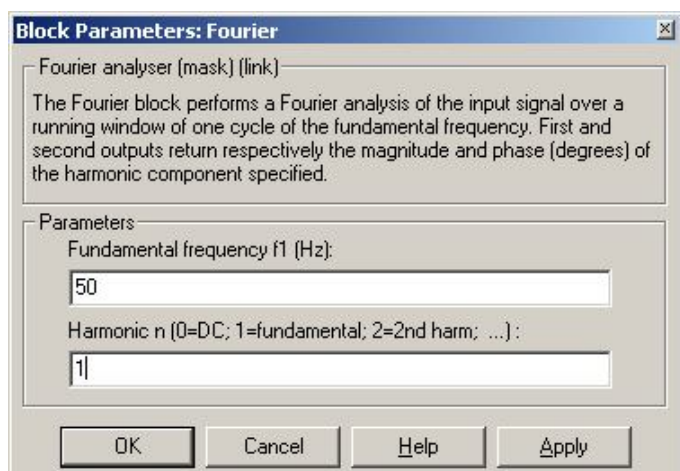


Рис. 21. Вікно настройки блоку Fourier

Для вимірювання потужності в однофазних і трифазних ланцюгах служить блок Active & Reactive Power, вікно настройки якого показано на рис. 23. У полі настройки задається частота, на якій проводиться вимірювання.

3.6.2. Control Blocks – блоки управління

Бібліотека цих блоків (рис. 24) включає:

- таймер (Timer) — блок, що задає частоту роботи системи управління;
- програмоване джерело трифазної напруги (3-phase Programmable Source);
- блок управління трифазним мостовим керованим випрямлячем (Synchronized 6-Pulse Generator);
- блок управління трифазним реверсивним мостовим керованим випрямлячем (Synchronized 12-Pulse Generator);
- універсальний блок управління автономним інвертором (PWM Generator).

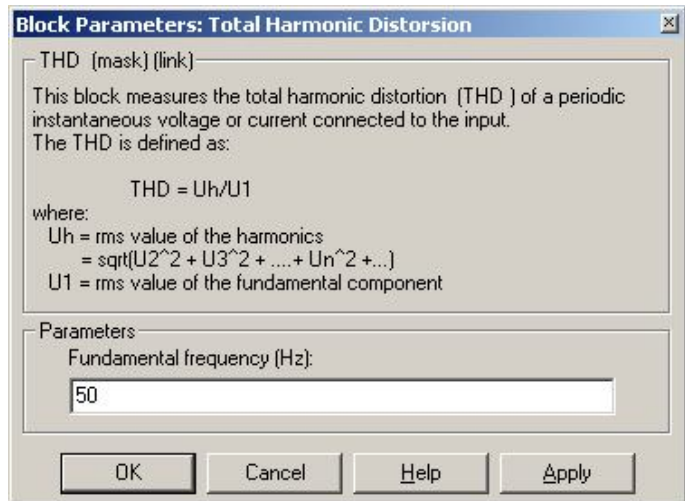


Рис. 22. Вікно настройки блоку Total Harmonic Distorsion

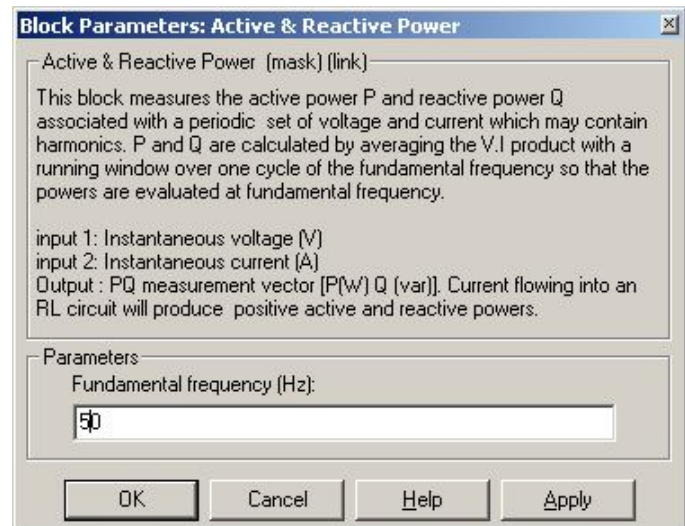


Рис. 23. Вікно настройки блоку вимірювання потужності

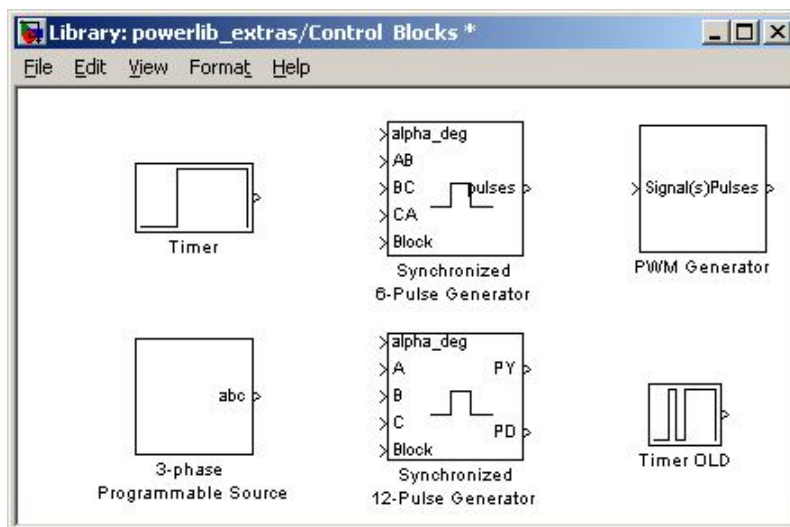


Рис. 24. Бібліотека блоків управління силовими перетворювачами

3.6.3. Three-Phase Library — бібліотека трифазних ланцюгів

Розширена бібліотека Three-Phase Library містить трифазні ланцюги різного призначення (рис. 25). У цій бібліотеці є набір послідовних і паралельних трифазних навантажень, заданих або пасивними параметрами, або значеннями активної і реактивної потужності, блок джерела живлення, трифазний індуктивно зв'язаний ланцюг, трифазний трансформатор, трифазний ключ і блок, що моделює пошкодження у трифазній мережі.

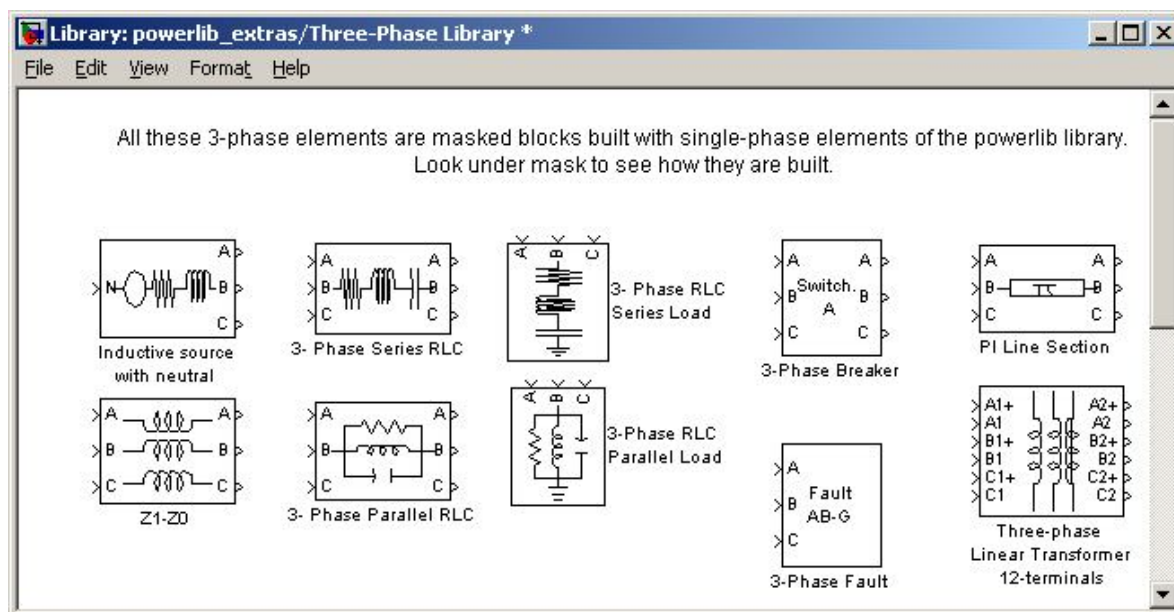


Рис. 25. Бібліотека Three-Phase Library

Особливий інтерес при моделюванні електричних ланцюгів представляє блок Powergui основної бібліотеки Power System Blockset (рис. 9). Цей блок, будучи встановленим в досліджувану модель електричного ланцюга, дозволяє зміряти струми, напруги і їх початкові фази на будь-якій ділянці електричного ланцюга. Для зв'язку блоку з електричною схемою служать блоки вимірювань Multimeter, Voltage Measurement, Current Measurement. Крім того, блок Powergui дозволяє пов'язати пакет розширення Power System Blockset з пакетом розширення Control System. Це дозволяє досліджувати частотні характеристики і перехідні процеси в електричних ланцюгах. Вікно настройки блоку показано на рис. 26. У лівому полі відображаються вимірювані величини. Кнопки і прапорці праворуч дозволяють вибрати величини для вимірювання. У випадному меню першого поля задаються вимірювані значення (амплітудне або діюче). У випадному меню другого поля задається частота. Включений прапорець States дозволяє виміряти змінні стану (струми в індуктивностях, напруги на конденсаторах). Включений прапорець Measurer дозволяє виміряти усі величини, вибрані у вікні блоку Multimeter і зареєстровані блоками Voltage Measurement, Current Measurement. Включений прапорець Sources дозволяє виміряти струми і напруги джерел, а включений прапорець Nonlinear — струми і напруги в нелінійних елементах.

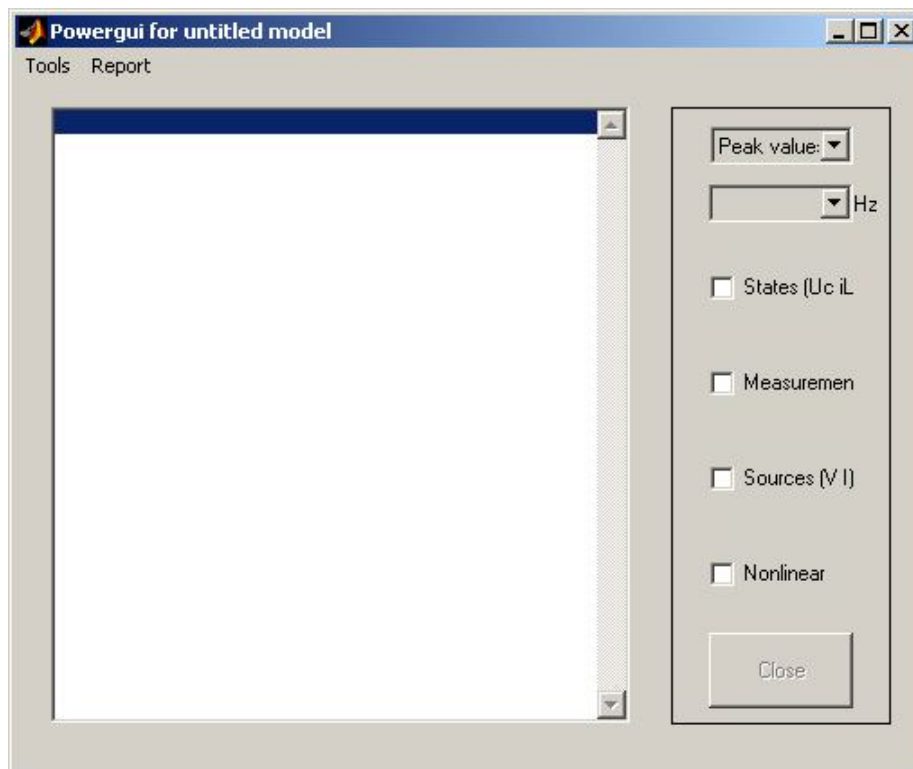


Рис. 26. Вікно настройки блоку Powergui

4. Операції з блоками [5]

Копіювання блоків з одного вікна в інше проводиться таким чином: відкривається потрібна бібліотека або вікно моделі-прототипу і потрібний блок перетягується мишею у вікно створеної (редагованої) моделі.

Блоки можна копіювати і за допомогою команд меню. Послідовність дій при цьому така:

- 1 — у вікні бібліотеки або моделі виділяється блок (блоки), що підлягає копіюванню;
- 2 — вибирається в меню Edit (Правка) активного вікна команда Copy (Копіювати);
- 3 — зробити активним вікно, в яке потрібно скопіювати блок, і вибрати в ньому команду Paste (Вставити) з меню Edit (Правка).

Кожному скопійованому блоку Simulink привласнює ім'я.

Перший скопійований блок матиме те ж ім'я, що і блок в бібліотеці. Кожен наступний блок того ж типа матиме таке ж ім'я з додаванням порядкового номера. Користувач може перейменувати блок. При копіюванні блок набуває таких же значень налаштованих параметрів, що і блок-оригінал.

Перестановка блоків моделі

Перестановка блоку усередині моделі здійснюється шляхом перетягання його мишею. При цьому Simulink автоматично перемальовує лінії, що пов'язують цей блок з іншими блоками. Щоб переставити декілька блоків разом із сполучними лініями і збереженням відносних відстаней, необхідно їх

виділити і перетягнути мишею один з блоків. Усі інші виділені блоки також займуть нові місця.

Копіювання блоків однієї моделі

Його можна виконати двома способами:

- перетягнути блок в потрібне положення, утримуючи при цьому клавішу [Ctrl];
- перетягнути блок, утримуючи натиснутою праву кнопку миші, при цьому до нового блоку додається черговий порядковий номер.

На рис. 27 представлений результат копіювання блоків Scope і XY Graph.

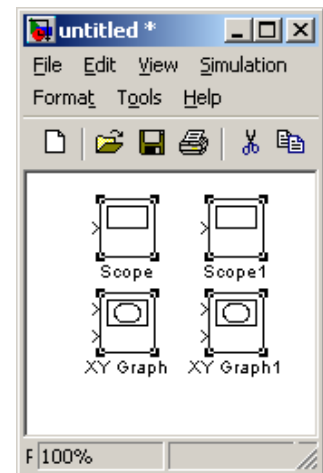


Рис. 27.
Копіювання
блоків

Установка параметрів блоку

Функції, які виконує блок, залежать від значень параметрів блоку. Установка цих значень здійснюється у вікні настройки, яке викликається після подвійного клацання на зображенні блоку в блок-схемі.

Видалення блоків

Для видалення непотрібних блоків з блок-схеми досить виділити ці блоки так, як було вказано раніше, і натиснути клавішу [Del] або [Backspace]. Можна також викликати команду Clear (Очистити) або Cut (Вирізати) з меню Edit (Правка) вікна блок-схеми. Якщо використана команда Cut, то надалі видалені блоки можна скопіювати в модель за допомогою команди Paste (Вставити) того ж меню.

Від'єднання блоку

Щоб від'єднати блок від ліній, досить натиснути клавішу [Shift] і, не відпускаючи її, перетягнути блок в інше місце.

Зміна кутової орієнтації блоку

У початковому стані сигнал проходить через блок зліва направо (ліворуч розташовуються входи блоку, а праворуч — виходи). Щоб змінити кутову орієнтацію блоку треба:

- виділити блок, який потрібно повернути;
- вибрати в меню Format (Формат) вікна блок-схеми одну з наступних команд: Flip Block (поворот блоку на 180 градусів) або Rotate Block (поворот блоку за годинниковою стрілкою на 90 градусів).

Зміна розмірів блоку

Зміна розмірів блоку виконується таким чином. Виділяється блок і встановлюється покажчик миші на одну з кутових міток блоку. Форма покажчика при цьому зміниться — він прийме вид двонаправленої стрілки. Треба захопити мишею цю мітку і перетягнути її в нове положення.

Зміна і переміщення імені блоку

Всі імена блоків у моделі повинні бути унікальними і складатися хоча б з одного символу. Щоб змінити ім'я блоку, потрібно клацнути на імені, а потім, використовуючи звичайні прийоми редагування, внести необхідні зміни.

Для зміни шрифту слід виділити блок, викликати команду Font (Шрифт) з меню Format (Формат) вікна моделі і потім вибрати шрифт в діалоговому вікні, що відкрилося.

За умовчанням ім'я блоку розташовується таким чином: якщо блок орієнтований зліва направо, то ім'я знаходиться під блоком; якщо справа наліво — над блоком; якщо ж зверху вниз або від низу до верху — по правій стороні блоку.

Змінити місцеположення імені виділеного блоку можна двома способами:

- перетягнути ім'я мишею на протилежну сторону блоку;
- скористатися командою Flip Name з меню Format вікна моделі — вона також переносить ім'я на протилежну сторону блоку.

Приховати ім'я блоку можна, використовуючи команду Hide Name (Приховати ім'я) в меню Format вікна моделі. Щоб відновити відображення імені, слід скористатися командою Show Name (Показати ім'я) того ж меню.

Створення сполучних ліній

Сигнали в моделі передаються по лініях. Кожна лінія може передавати або скалярний, або векторний сигнал. Лінія сполучає вихідний порт одного блоку з вхідним портом іншого блоку. Лінія може також розгалужуватися і сполучати вихідний порт одного блоку з вхідними портами декількох блоків.

Створення лінії між блоками

Щоб з'єднати вихідний порт одного блоку з вхідним портом іншого, потрібно виконати наступні дії:

- встановити покажчик миші на вихідний порт першого блоку (при цьому курсор повинен прийняти форму перехрестя);
- натиснути ліву кнопку миші і, утримуючи її в цьому положенні, пересунути покажчик до вхідного порту другого блоку;
- відпустити кнопку миші.

Simulink замінить символи портів сполучною лінією з вказівкою напрямку передачі сигналу. Саме таким чином (рис. 28) вихід блоку Save Wave сполучений з входом блоку XY Graph.

Лінії можна малювати як від вхідного порту до вихідного, так і навпаки.

За умовчанням Simulink малює сполучні лінії, що складаються з горизонтальних і вертикальних сегментів. Щоб побудувати лінію під кутом 45 градусів, необхідно у процесі малювання утримувати клавішу [Shift].

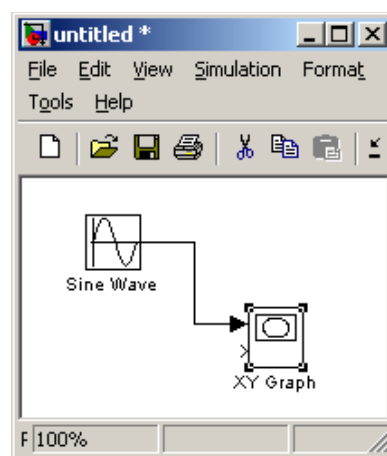


Рис. 28. З'єднання блоків

Створення розгалуження лінії

Лінія, яка відгалужується, починається з існуючої і передає її сигнал до вхідного порту іншого блоку. Як існуюча, так і відгалужена лінії передають один сигнал. Розгалужена лінія дає можливість передати один і той же сигнал до декількох блоків. Щоб утворити відгалуження від існуючої лінії, необхідно виконати наступні дії:

- встановити курсор у точку відгалуження;
- натиснути праву кнопку миші, утримуючи її натиснутою;
- провести лінію до вхідного порту потрібного блоку, відпустити праву кнопку миші.

Створення сегменту лінії

Блоки можна сполучати ламаними лініями, що складаються з декількох сегментів. Для створення наступного сегменту необхідно встановити курсор в кінець попереднього і намалювати, утримуючи ліву клавішу миші, наступний сегмент.

Переміщення сегменту лінії

Щоб перемістити окремий сегмент лінії, необхідно виконати наступні дії:

- встановити покажчик на переміщуваному сегменті;
- натиснути і утримувати ліву кнопку миші (курсор при цьому повинен прийняти форму хреста);
- перемістити покажчик у нове положення сегменту і відпустити кнопку миші. Сегмент, безпосередньо прилеглий до порту блоку, перемістити неможливо.

Ділення лінії на сегменти

При необхідності лінію можна розділити на два сегменти. Для цього слід виконати наступні дії:

- виділити лінію і встановити курсор в точку зламу лінії;
- натиснути клавішу [Shift] і ліву кнопку миші; курсор при цьому прийме форму кола, а на лінії утвориться злам;
- перемістити курсор (злам) в нове положення;
- відпустити клавішу [Shift] і кнопку миші.

Результат цих дій представлений на рис. 29, де лінія, що сполучає блоки Sine Wave и XY Graph, розділена на декілька сегментів.

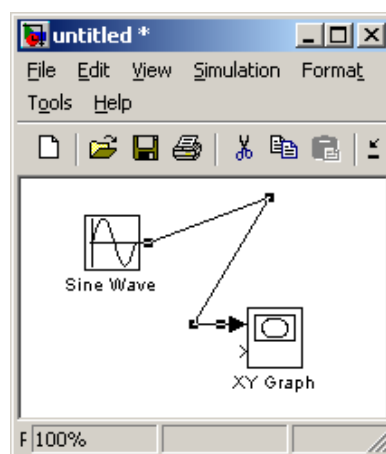


Рис. 29. Ділення лінії на сегменти

Переміщення зламу лінії

Щоб перемістити злам лінії, досить перетягнути мишою точку зламу в нове положення.

Проставляння міток сигналів і коментарів

Для наочності і зручності блок-схеми лінії можна забезпечити мітками, що

вказують, які сигнали по ним проходять. Мітки розміщують під або над горизонтальною лінією, ліворуч або праворуч від вертикальної лінії. Мітка може бути розташована на початку, в кінці або по середині лінії.

Створення і маніпулювання мітками сигналів

Щоб створити мітку сигналів, потрібно двічі клацнути на сегменті лінії і потім ввести текст мітки. Причому подвійне клацання слід виконувати точно на лінії, оскільки інакше буде створений коментар до моделі.

Переміщення мітки здійснюється шляхом перетягання її мишею на нове місце. Якщо при цьому утримувати натиснутою клавішу [Ctrl], то мітка буде скопійована в нове місце. Скопіювати мітку можна також, виконавши подвійне клацання на іншому сегменті лінії.

Щоб відредагувати мітку, слід клацнути на ній і потім внести відповідні зміни в її текст.

Щоб видалити мітку, треба виділити її, утримуючи клавішу [Shift], і натиснути клавішу [Del] або [Backspace]. При цьому будуть видалені всі мітки цієї лінії.

Створення і маніпулювання коментарієм

Коментарії дають можливість супроводжувати блок-схеми текстовою інформацією про модель і окремих її складових. Коментарі можна проставляти в будь-якому вільному місці блок-схеми. Після подвійного клацання в будь-якому вільному місці блок-схеми з'являється прямокутна рамка, в яку можна ввести текст коментарію.

Переміщення коментарію здійснюється шляхом перетягування його за допомогою миші.

Якщо при цьому утримувати натиснутою клавішу [Ctrl], коментарій буде скопійований у нове місце.

Створений коментарій можна відредагувати. Для цього потрібно клацнути на ньому, а потім внести відповідні зміни. Щоб змінити при цьому параметри шрифту коментарію, необхідно виділити його текст і вибрати команду Font (Шрифт) з меню Format (Формат) вікна блок-схеми. Після цього з'явиться діалогове вікно, в якому слід вибрати назву шрифту, його розмір, атрибути і стиль та натиснути кнопку ОК.

Коментарій можна видалити. Для цього виділіть його, утримуючи клавішу [Shift], і натисніть клавіші [Del] або [Backspace].

5. Інтерактивна оболонка SPTool [3, 4, 5]

Процедура SPTool активізує графічну інтерактивну оболонку пакету розширення Signal Processing Toolbox, що включає:

- засіб пошуку і перегляду сигналів — Signal Browser;
- проектувальник фільтрів — Filter Designer;
- засіб перегляду характеристик фільтрів — Filter Viewer;
- засіб перегляду спектру — Spectrum Viewer.

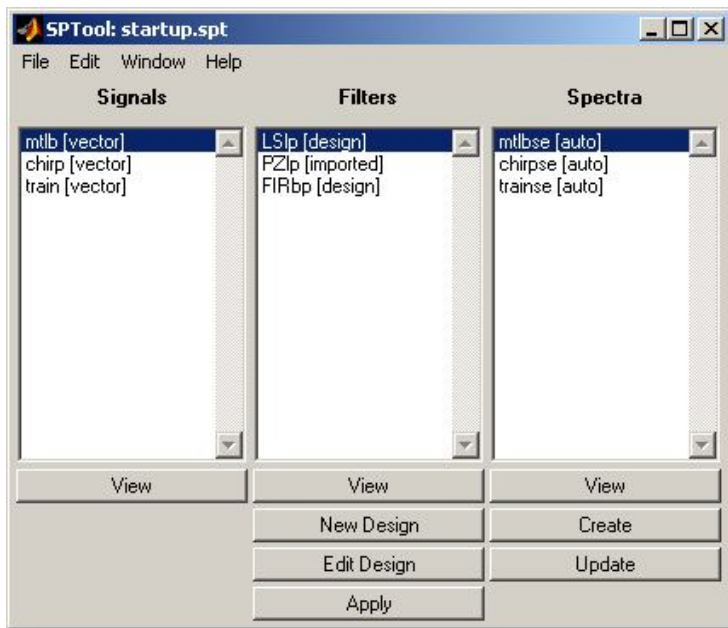


Рис. 30. Вікно SPTool пакету розширення Signal Processing Toolbox

(сигнали), імена яких розташовані в цій області, можуть бути тільки переглянуті. Під областю Filters знаходяться чотири кнопки, які указують на те, що об'єкти (фільтри), імена яких розміщуються усередині нього, можуть бути створені (кнопка New Design), відредаговані (кнопка Edit Design), переглянуті (кнопка View).

Аналогічно, з об'єктами області Spectra (спектрами) можна проводити такі дії.

- створювати (кнопка Create);
- переглядати (кнопка View);
- оновлювати, тобто створювати наново під тим же ім'ям (кнопка Update).

Усередині областей звичайно розміщуються імена (ідентифікатори) відповідних змінних або процедур, що входять у відкритий в SPTool файл з розширенням .spt (ім'я цього файлу вказується в заголовку вікна SPTool).

При першому зверненні в заголовку вікна всі три області — порожні, а з кнопок, розташованих нижче, активною є тільки одна — New Design. Таким чином, після входження в оболонку SPTool доступною є тільки операція створення нового фільтру. Щоб активізувати решту кнопок, необхідно звідкись імпортувати дані про якийсь (або якісь) сигнал (сигнали). Такі дані повинні бути сформовані іншими засобами крім оболонки SPTool (наприклад, вони можуть бути результатом виконання деякої програми MatLab або результатом моделювання в середовищі Simulink) і записані як деякі змінні або в робочому просторі (Workspace), або на диску у файлі з розширенням .mat.

Імпорт сигналів

Щоб обробляти сигнали з моделі за допомогою SPTool, перш за все необхідно сформувати ці сигнали за допомогою блоку Te Workspace (рис. 4), а потім імпортувати одержані вектори значень цих сигналів у середу SPTool.

Оболонка активізується шляхом введення в командному вікні MatLAB команди sptool.

В результаті на екрані з'являється вікно, представлене на рис. 30

Як бачимо, вікно SPTool складається з трьох областей — Signals (Сигнали), Filters (Фільтри) і Spectra (Спектри), під кожною з яких є кнопки, які вказують на те, що можна зробити з об'єктами, розташованими в цих областях. Так, під областю Signals знаходиться лише кнопка View. Це означає, що об'єкти

Для імпорту вектора у середу SPTool необхідно в меню File (Файл) вибрати команду Import (Імпорт). Після цього відкриється вікно Import to SPTool, представлене на рис. 31.

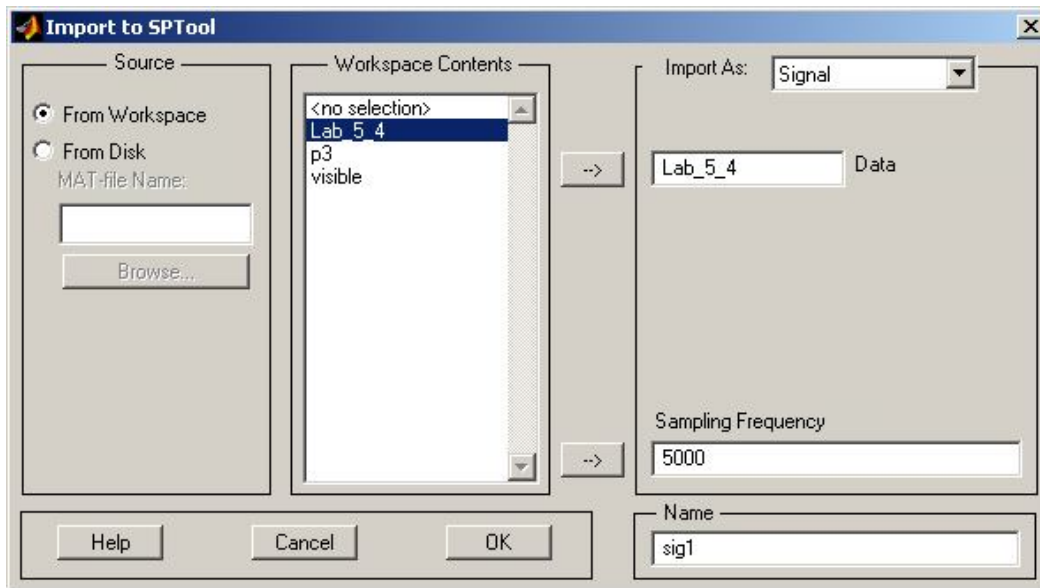


Рис. 31. Вікно імпорту досліджуваного сигналу

В області Source (Джерело) цього вікна вибраний перемикач From Workspace (З робочого простору). Тому всі імена змінних робочого простору представлені в другій області — Workspace Contents (вміст робочого простору). Вибравши за допомогою миші необхідну змінну, слід натиснути кнопку із стрілкою, що вказує на поле введення Data. Після цього в полі введення даних (Data) з'явиться ім'я вибраної змінної.

Потім в поле Sampling frequency (частота дискретизації) потрібно ввести бажане значення частоти дискретизації. Значення цього параметра слід задавати рівним зворотній величині кроку моделювання.

У полі введення Name (Ім'я) необхідно вказати ім'я, під яким введений вектор буде записаний в середовищі SPTool.

Після цього слід натиснути кнопку OK, і імпорт сигналу в середу SPTool буде проведений. Вікно Import to SPTool зникне, а вікно SPTool змінить свій вигляд (рис. 32).

У області Signals

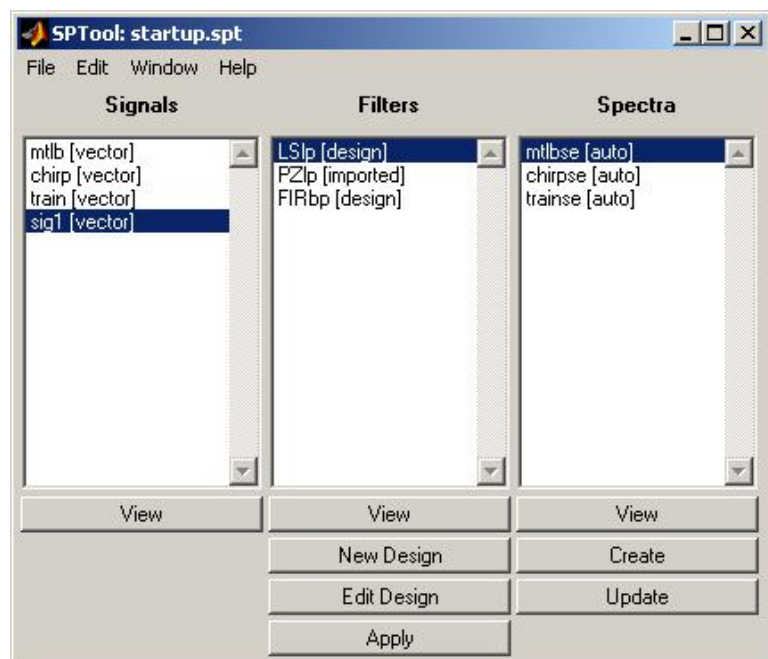


Рис. 32. Вікно SPTool з імпортованим сигналом;

з'явиться запис імені вектора сигналу, і кнопка View під цією областю стане доступною. Це означає, що можна проглянути досліджуваний сигнал. Крім того, стане доступною кнопка Create під областю Spectra. Це означає, що можна знаходити спектральні характеристики імпортованого сигналу.

Якщо вектори процесу записані в MAT-файл, то для їх імпорту потрібно після виклику вікна Import to SPTool вибрати в ньому перемикач From disk. В результаті стануть доступними поле введення MAT-file Name і кнопка Browse. Увівши ім'я необхідного MAT-файлу або відшукавши MAT-файл за допомогою кнопки Browse, знов викликаємо у вікно SPTool його вміст. Подальші дії аналогічні раніше розглянутим.

Проглядання сигналів

Після імпорту вектора сигналу можна скористатися засобами його перегляду. Для цього досить виділити в області Signals потрібні сигнали і натиснути на кнопку View під областю. В результаті повинне з'явитися вікно Signal Browser.

У нашому випадку, вибравши сигнал sig1, одержимо вікно, зображене на рис. 33.

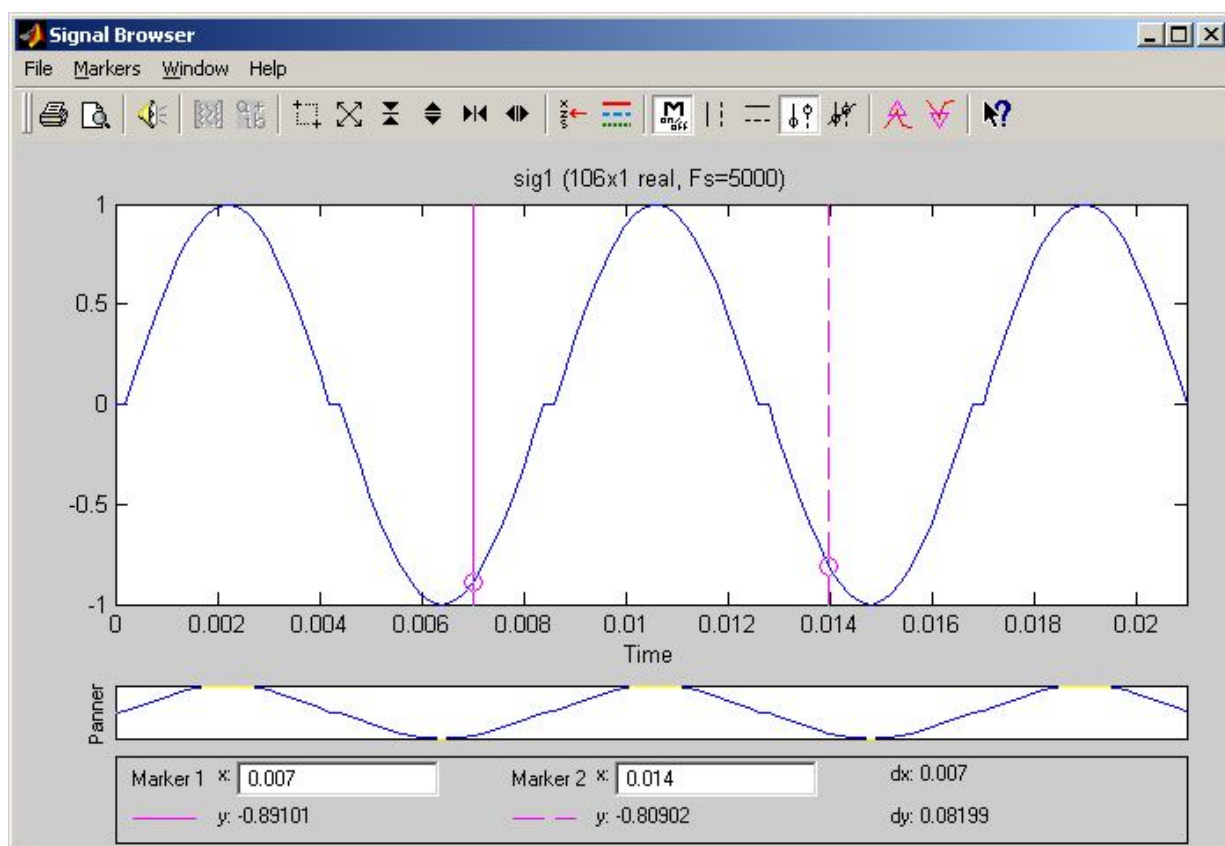


Рис. 33. Вікно проглядання імпортованого сигналу

Центральну частину вікна займає зображення кривої залежності виділеного процесу від часу. У заголовку графіка вказані імена сигналів, зображених на графіку, розмірність відповідних векторів і частота дискретизації

Знизу графічного поля вікна розміщується панель інструментів, що забезпечують точний відлік показань значень аргументу і процесу у двох

точках графіка.

Ці точки визначаються перетином графіка процесу з двома вертикальними лініями рожевого кольору, розташованими в полі графіків. Зміна положення цих ліній за шкалою часу виконується за допомогою миші. При підведенні курсору до однієї з вертикальних ліній він прийме вид руки. Натиснувши ліву кнопку миші і не відпускаючи її, можна перемістити курсор праворуч або ліворуч. При цьому в області Marker відобразяться координати X і Y точок перетину обох вертикальних прямих з графіком процесу, а також різниці між ними. Координата X відповідає часу, а Y — значенню змінної.

У верхній частині вікна розташовуються засоби управління вікном і масштабами усередині графічного поля

Створення спектрів сигналів

Після введення сигналів SPTool можна знайти оцінки спектральних властивостей цих сигналів. Для цього достатньо в області сигналів вікна SPTool (рис. 32) відмітити сигнал, оцінку спектральної щільності якого ви хочете одержати, і натиснути кнопку Create в нижній частині вікна Spectra. Після цього на екрані з'явиться вікно Spectrum Viewer (рис. 34). Воно нагадує вікно Signal Browser.

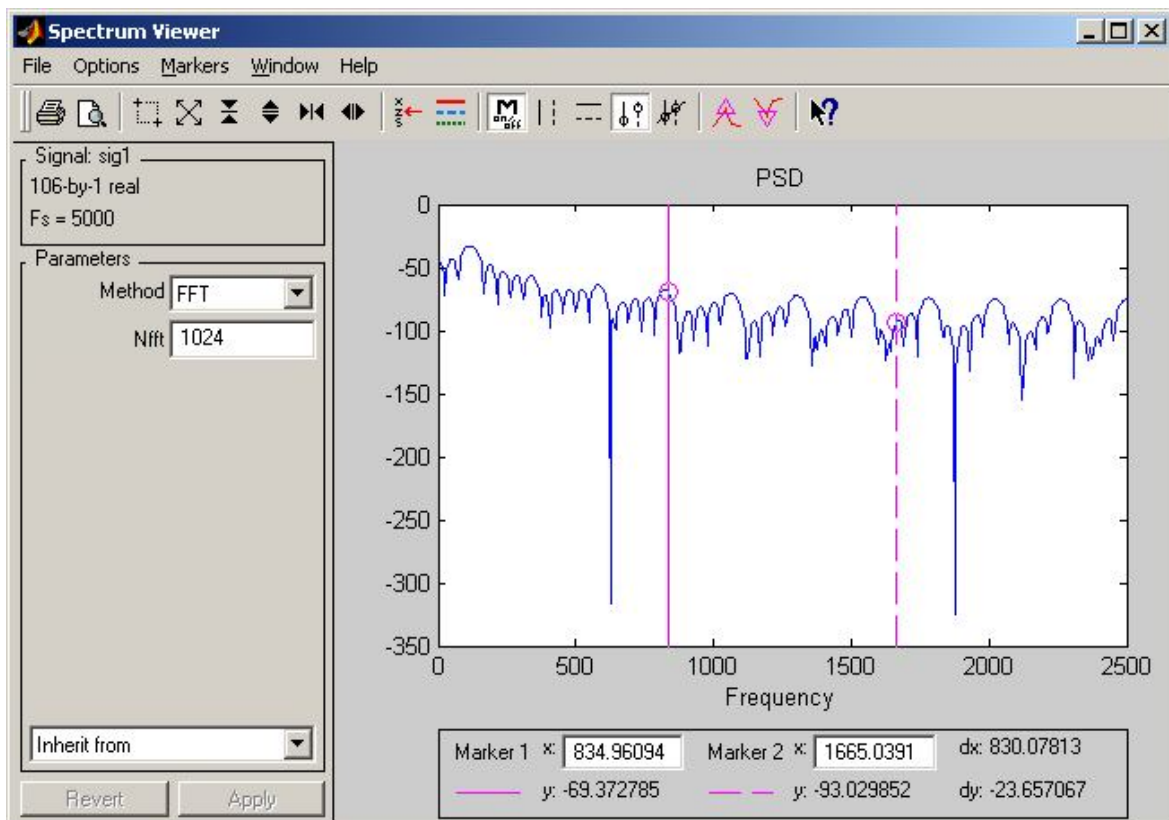


Рис. 34. Вікно проглядання спектру імпортованого сигналу.

У лівій частині вікна розташовується область, елементи якої дозволяють:

- вибрати метод знаходження спектральної характеристики сигналу;
- встановити кількість оброблюваних точок сигналу.

Метод обчислення спектру вибирається за допомогою списку Method, який

містить наступні елементи: Burg, FFT, MEM, MTM, MUSIC, Welch, YuleAR. Кожному з них відповідає метод (процедура) обчислення спектру сигналу.

Для проведення обчислень після вибору методу слід натиснути кнопку Apply внизу лівого поля. Після натиснення кнопки Apply вікно Spectrum Viewer прийме вигляд, представлений на рис. 34.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гультяев А.К. Визуальное моделирование в среде MatLab. СПб.: Питер, 2000. 429 с.
2. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В., Круглов В. В. MatLab 5 с пакетами расширения. М.: Нолидж, 2001.
3. Дьяконов В. П. SIMULINK-4. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. 601 с.
4. Забродин Ю. С. Промышленная электроника. М.: Высшая школа, 1981. 532 с.
5. Лазарев Ю. MatLab 5.x Киев: Ирина; СПб: ВHV, 2000. 381 с.

Упорядники:
Ковальов Олександр Робертович
Дибрін Сергій Володимирович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи СПТ-5
„Використання віртуальних блоків пакетів Simulink і Power system blockset
пакету MathLab для вивчення дисципліни „Перетворювальна техніка”
для студентів напрямку 0906 Електротехніка, спеціальностей
7.000008 „Енергетичний менеджмент”
7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації”
денної та заочної форми навчання.

Редакційно-видавничий комплекс
Друкується в обробці упорядників

Підписано до друку . . .05. Формат 30x42/4.
Папір Rollux. Ризографія. Умовн.-друк. арк. .
Обліково-видавн. арк. . Тираж 30 прим.
Зам. № .

НГУ
49600, м. Дніпропетровськ–27, пр. К. Маркса, 19.