

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни

«Електротехнічні комплекси промислових підприємств»

для студентів спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

освітньої програми «Енергетичний менеджмент»
всіх форм навчання

2024

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Електротехнічні комплекси промислових підприємств» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Енергетичний менеджмент» всіх форм навчання / Укл.: Д.О. Кулагін – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 20 с.

Укладач: Д.О. Кулагін, д-р техн. наук, професор, професор кафедри ЕПП

Рецензент: П.В. Махлін, канд. техн. наук, доц., доц. кафедри ЕПП

Відповідальний за випуск: О.А. Шрам, канд. техн. наук, доц., зав. кафедри ЕПП

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електропостачання
промислових підприємств»
Протокол № 6 від 31.01.24

Затверджено
на засіданні НМК
електротехнічного факультету
Протокол № 6 від 22.02.24

ЗМІСТ

Практична робота № 1.....	4
Практична робота № 2.....	9
Практична робота № 3.....	12
Практична робота № 4.....	15
Практична робота № 5.....	18
Практична робота № 6.....	19
Перелік посилань.....	21

Практична робота № 1.

Тема: «Вивчення можливостей операційного середовища Simulink для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств»

Мета роботи: вивчення інтерфейсу і основних можливостей програмного модуля Simulink і знайомство з розділами бібліотеки SimPowerSystems, призначеними для моделювання електроенергетичних об'єктів.

Завдання на практичну роботу

Завдання 1.1: Змоделювати схему, наведену на рис. 1.1, встановивши для неї частоту коливаль (в радіанах за секунду) і амплітуду, рівні номеру студента за списком навчальної групи.

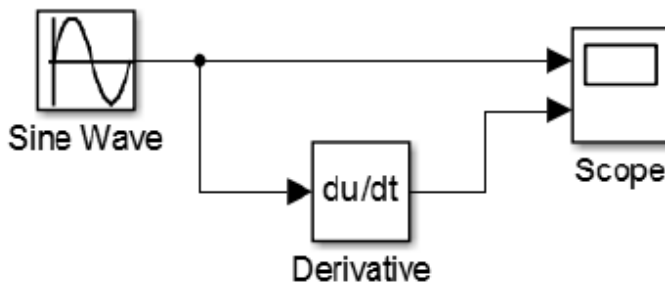


Рисунок 1.1 – Схема до завдання 1.1

Завдання 1.2: Змоделювати схему, наведену на рис. 1.2, встановивши для неї амплітуду і період прямокутних імпульсів (в секундах), рівні номеру студента за списком навчальної групи.

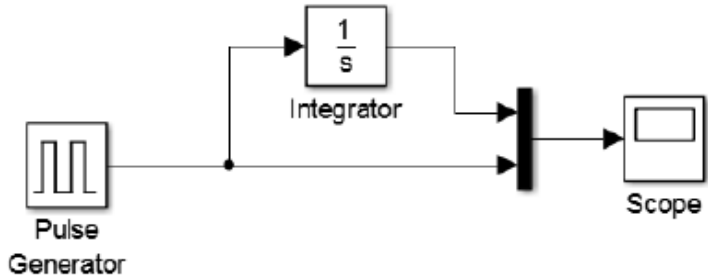


Рисунок 1.2 – Схема до завдання 1.2

Завдання 1.3: Змоделювати схему, наведену на рис. 1.3, встановивши для неї частоту коливань (в герцах) і амплітуду гармонічного сигналу, рівні номеру студента за списком навчальної групи..

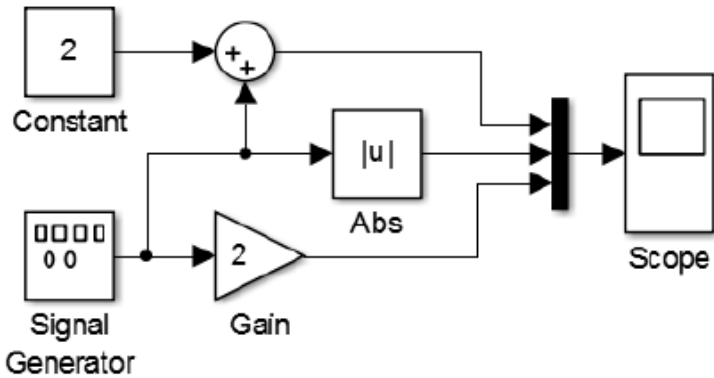


Рисунок 1.3 – Схема до завдання 1.3

Завдання 1.4: Змоделювати схему, наведену на рис. 1.4, встановивши в ній значення амплітуди і частоти коливань (в герцах)

для джерела синусоїдального напруги, рівні номеру студента за списком навчальної групи..

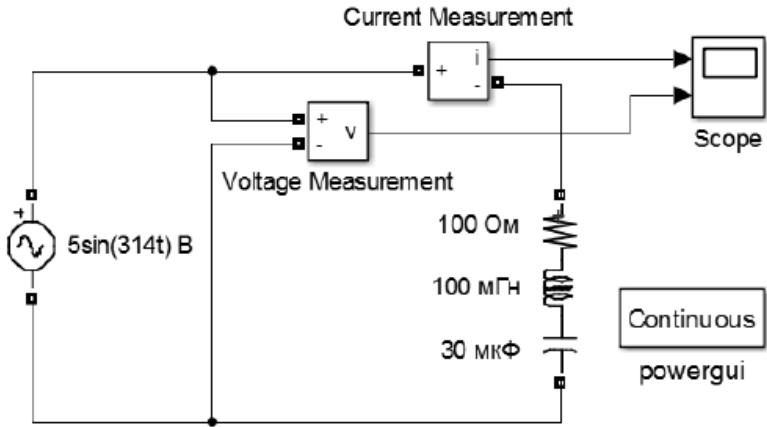


Рисунок 1.4 – Схема до завдання 1.4

Завдання 1.5: Змодлювати схему, наведену на рис. 1.5, встановивши в ній значення амплітуди і частоти коливань (в герцах), рівні номеру студента за списком навчальної групи.

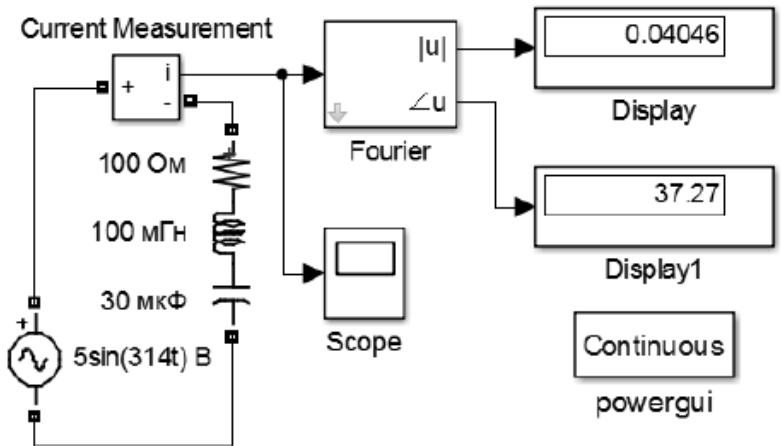


Рисунок 1.5 – Схема до завдання 1.5

Контрольні питання

1. Що таке Simulink Library Browser?
2. Яким чином будуються блок-схеми в програмному модулі Simulink?
3. Як в модель додати новий блок? Як скопіювати блок у вікні моделі?
4. Як з'єднати блоки між собою?
5. Як зробити, щоб один і той же сигнал надходив на декілька блоків?
6. Як видалити блок або зв'язок між блоками?
7. Яким чином можна повертати блоки?
8. Які налаштування є у оглядового вікна Scope і блоку Display?
9. Які налаштування є у блоків-джерел Constant, Sine Wave, Signal Generator і Pulse Generator?
10. Для чого призначені блоки Integrator, Derivative, Gain, Sum, Abs і Mux?

11. Які налаштування необхідно задати у вікні Configuration Parameters перед запуском моделі?
12. З яких міркувань вибирається час моделювання?
13. Як вибирається значення кроку при виборі моделювання з фіксованим кроком?
14. Чому дорівнює максимальне значення кроку при виборі моделювання зі змінним кроком?
15. Чим відрізняються Р-моделі з розділу SimPowerSystems від звичайних S-моделей Simulink і яким чином здійснюється зв'язок між ними?
16. Як налаштовуються параметри блоків Series RLC Branch і AC Voltage Source і які значення вони можуть приймати?
17. Для чого призначені блоки з розділу Measurements?
18. Яке призначення блоку Powergui?
19. Які налаштування є у блоку Fourier?

Практична робота № 2.

Тема: «Вивчення блоків операційного середовища Simulink для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств»

Мета роботи: навчитися моделювати та досліджувати процеси в лінійних системах за допомогою S-моделей пакета Simulink.

Завдання на практичну роботу

Завдання 2.1: Змоделюйте схему моделі досліджуваної системи керування об'єктом, зазначену на рисунку 2.1, встановивши всі значення, рівні номеру студента за списком навчальної групи.

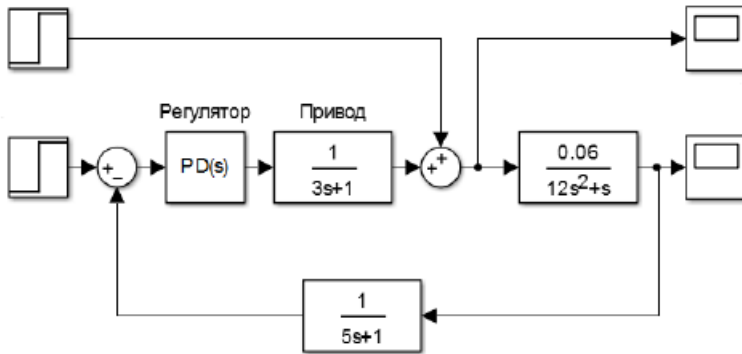


Рисунок 2.1 – Схема до завдання 2.1

Завдання 2.2: Скопіювати отриманий графік в формований звіт через буфер обміну (Edit => Copy Figure) або зберегти його як рисунок для подальшої вставки в звіт (File => Save as ..., розширення .jpg).

Завдання 2.3: Скопіювати через буфер обміну отриманий графік в звіт. Приклад графіка моделі з сімейством кривих наведено на рисунку 2.2.

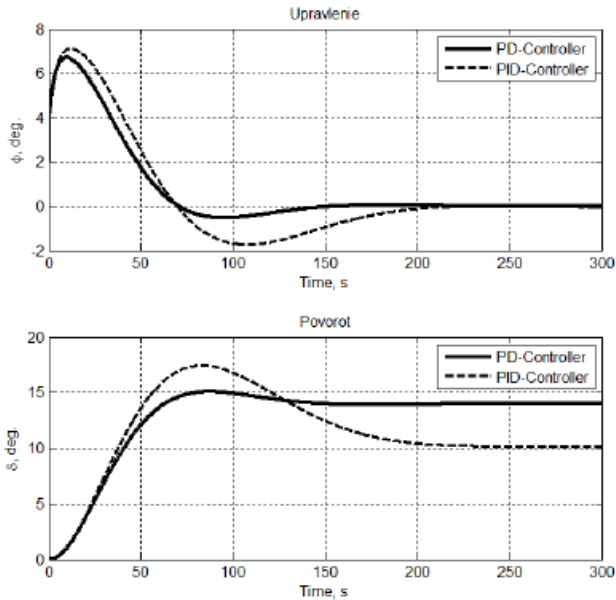


Рисунок 2.2 – Приклад графіка моделі з сімейством кривих

Контрольні питання

1. Назвіть основні етапи створення моделі.
2. Як користуватися Simulink Library Browser?
3. Для чого призначені блоки Transfer Fcn, PID Controller, Step, Sum, Scope?
4. Які настройки є у блоків Transfer Fcn, PID Controller, Step, Sum, Scope?
5. Як скопіювати зображення моделі в документ Microsoft Word?
6. Які настройки потрібно задати у вікні Configuration Parameters перед запуском моделі?
7. Як передати результати моделювання в робочу область Matlab? У якому вигляді вони передаються?
8. Які параметри приймає команда subplot?
9. Як записується команда plot?

10. Як побудувати в одному вікні два різних графіки?
11. Як на одному графіку побудувати кілька кривих?
12. Що таке легенда? Як вивести легенду на графік?

Практична робота № 3.

Тема: «Вивчення засобів маскування підсистем при моделюванні електротехнічних комплексів промислових підприємств за допомогою операційного середовища Simulink»

Мета роботи: вивчення засобів маскування підсистем при моделюванні електротехнічних комплексів промислових підприємств за допомогою операційного середовища Simulink.

Завдання на практичну роботу

Скласти звіт по роботі, додавши в нього результати розрахунку в MATLAB, а також всі схеми для моделювання в Simulink, вікна властивостей для всіх використаних блоків, таблиці з результатами розрахунку і моделювання, який виконати на основі даних з табл. 3.1-3.4).

Таблиця 3.1 – Значення параметрів

Номер варіанта	Елементи в фазі			R' , Ом	Значення ємності конденса тора C , мкФ	Обрив у фазі
	A	B	C			
1	$R\phi, R'$	$R\phi$	$R\phi$	30	20	A
2	$R\phi$	$R\phi, R'$	$R\phi$	40	15	B
3	$R\phi$	$R\phi$	$R\phi, R'$	50	10	C
4	$R\phi, C$	$R\phi$	$R\phi$	60	5	A
5	$R\phi$	$R\phi, C$	$R\phi$	70	20	B
6	$R\phi$	$R\phi$	$R\phi, C$	30	15	C
7	$R\phi, R'$	$R\phi, R'$	$R\phi$	40	10	A
8		$R\phi, R'$	$R\phi, R'$	50	5	B
9	$R\phi, R'$	$R\phi$	$R\phi, R'$	60	20	C
10	$R\phi, C$	$R\phi, C$	$R\phi$	70	15	A
11	$R\phi$	$R\phi, C$	$R\phi, C$	30	10	B
12	$R\phi, C$	$R\phi$	$R\phi, C$	40	5	C

Таблиця 3.4 – Несиметричне навантаження без нейтрального провода і обрив у фазі

Спосіб визначення	U_a , В	U_b , В	U_c , В	I_a , А	I_b , А	I_c , А	P , Вт
Розрахунок							
Моделювання							

Контрольні питання

1. Яким чином можна вивести необхідні результати розрахунку в Command Window в системі MATLAB?
2. Яким чином можна побудувати векторну діаграму в системі MATLAB?
3. Чим відрізняються P-моделі з розділу SimPowerSystems від S-моделей Simulink, і як здійснюється зв'язок між ними?
4. Які настройки потрібно задати у вікні Configuration Parameters перед запуском моделі?
5. Які параметри можна задати для блоку Series RLC Branch?
6. Які настройки можна задати для блоку Three-Phase Source?
7. Яку інформацію можна отримати за допомогою блоку Multimeter і які настройки у нього є?
8. Яким чином можна використовувати графічний інтерфейс користувача (GUI) для розрахунку електричних ланцюгів в встановленому режимі?

Практична робота № 4.

Тема: «Вивчення загальних можливостей пакету MatLab для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств»

Мета роботи: вивчення загальних можливостей пакету MatLab для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств.

Завдання на практичну роботу

Скласти звіт по лабораторній роботі, включивши в нього титульний лист, результати розрахунку в MATLAB, а також всі схеми для моделювання в Simulink, вікна властивостей для всіх використаних блоків, таблиці з результатів розрахунку і моделювання, які виконати на основі даних з табл. 4.1-4.3.

Таблиця 4.1 – Значення параметрів

Номер варіанта	Елементи фази			R', Ом	Емність конденсатора C, мкФ	Обрив лінійного провода	Холостий хід в фазі
	ab	ba	ca				
1	Rφ, R'	Rφ	Rφ	30	20	aA	
2	Rφ	Rφ, R'	Rφ	40	15		ab
3	Rφ	Rφ	Rφ, R'	50	10	bB	
4	Rφ, C	Rφ	Rφ	60	5		ba
5	Rφ	Rφ, C	Rφ	70	20	cC	
6	Rφ	Rφ	Rφ, C	30	15		ca
7	Rφ, R'	Rφ, R'	Rφ	40	10	aA	
8	Rφ	Rφ, R'	Rφ, R'	50	5		ab
9	Rφ,	Rφ	Rφ,	60	20	bB	

Контрольні питання

1. Яким чином можна вивести необхідні результати розрахунку в Command Window в системі MATLAB?
2. Яким чином можна побудувати векторну діаграму в системі MATLAB?
3. Чим відрізняються Р-моделі з розділу SimPowerSystems від звичайних S-моделей Simulink і як здійснюється зв'язок між ними?
4. Які налаштування потрібно задати у вікні Configuration Parameters перед запуском моделі?
5. Які параметри можна задати для блоку Series RLC Branch?
6. Які настройки можна задати для блоку Three-Phase Source?
7. Яким чином можна використовувати графічний інтерфейс користувача (GUI) для розрахунку електричних ланцюгів в установленому режимі?

Практична робота № 5.

Тема: «Вивчення відладчика пакету MatLab для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств»

Мета роботи: навчитися моделювати та досліджувати перехідні процеси в лінійних електричних колах за допомогою SPS-моделей пакета Simulink.

Завдання на практичну роботу

Завдання 5.1: Провести моделювання схеми резистивного дільника постійної напруги і виміряти його вхідну і вихідну напруги для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки.

Завдання 5.2: Провести моделювання перехідного процесу в RL-колі з вимірюванням його струму і напруги на виході (на резисторі) для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки.

Завдання 5.3: Провести моделювання переривчастого режиму роботи RL-кола при живленні змінною напругою для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки.

Завдання 5.4: Провести моделювання інтегратора з RC-кола при дії імпульсної напруги прямокутної форми, що має постійну складову для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки.

Контрольні питання

1. Від чого залежить перехідний процес в електричному колі?
2. Як пов'язана постійна часу ланцюга з тривалістю перехідного процесу?
3. Від яких факторів залежить значення постійної часу?
4. Як правильно вибрати (розрахувати) час моделювання?
5. Які блоки пакету Simulink можуть бути використані для моделювання перехідного процесу в електричних колах?

Практична робота № 6.

Тема: «Вивчення можливостей s-моделей для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств»

Мета роботи: вивчення можливостей s-моделей для моделювання електротехнічних комплексів промислових підприємств.

Завдання на практичну роботу

Завдання 6.1: Провести моделювання схеми з перетворювачем частоти та асинхронним двигуном для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки. (див. алгоритм виконання у [2], с. 34).

Завдання 6.2: Провести моделювання схеми каскадного асинхронного електропривода за системою асинхронного вентильного каскаду для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки. (див. алгоритм виконання у [2], с. 39).

Завдання 6.3: Провести моделювання схеми електроприводу з тиристорним регулятором напруги на статорі асинхронного двигуна для свого варіанту. За отриманими результатами зробити висновки. (див. алгоритм виконання у [2], с. 43).

Контрольні питання

1. Для чого призначений вказаний блок (DC Voltage Source, Series RLC Branch, Current Measurement, Voltage Measurement, Ideal Switch, Step, Scope, Sum, Multimeter, Powergui), які налаштування у нього є?

2. Які налаштування потрібно задати у вікні Model Configuration Parameters перед запуском моделі?

3. У яких блоках можуть бути представлені результати моделювання перехідних процесів?

4. Як передати результати моделювання в робочу область MATLAB?

5. Як визначити координати точок, вибраних на графіці?

6. Як змодельовати перехідні процеси в заданому розгалуженні електричного кола?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в Simulink: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: ВД «Стилос», 2008. – 528 с.
2. Чорний О.П., Титюк В.К. Особливості дослідження моделей систем електроприводу в Simpowersystems із ключовими елементами // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 3/2013 (23). – С. 33–48.
3. Чорний О. П., Луговой А. В., Родькін Д. Й., Сисюк Г. Ю., Садовой О. В. Моделювання електромеханічних систем: підручник. Кременчук, 2001. 410 с.
4. Чорний О. П., Толочко О. І., Титюк В. К., Родькін Д. Й., Чекавський Г. С. Математичні моделі та особливості чисельних розрахунків динаміки електроприводів з асинхронними двигунами : монографія. Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2016. 300 с.
5. Wang Xi-Fan Modern Power Systems Analysis / Xi-Fan Wang, Yonghua Song, Malcolm Irving. – New York, NY, USA: Springer Science+Business Media, LLC, 2008. – 559 p.
6. Watson N. Power systems electromagnetic transients simulation / Neville Watson, Jos Arrillaga. – London: Institution of Engineering and Technology, 2007. – 449p.