

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни

«Сучасні наукові аспекти прикладної механіки»

рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
спеціальність	131 Прикладна механіка
назва освітньої програми	Прикладна механіка

ЗМІСТ

ВСТУП	2
Практична робота 1	
Методи моделювання систем прикладної механіки	3
Практична робота 2	
Управління системами прикладної механіки та їх моделювання	8
Практична робота 3	
Позиційне та силове управління у сучасних системах	14
Практична робота 4	
Параметрична ідентифікація систем прикладної механіки	19

ВСТУП

В наш час в різних галузях промисловості при створенні технічного рішення, починаючи від області космонавтики і авіації аж до автомобілебудування и більш меншої промисловості, використання математичного моделювання стало невід'ємною частиною. Будь то розробка нових агрегатів або систем і складних технічних об'єктів.

Одним із суттєвих підходів до процесу проектування технічних об'єктів є використання САЕ-пакетів для моделювання фізико-технічних об'єктів та систем, таких як: LMS Imagine.Lab AMESim [1, 2, 3, 4], Automation Studio [5], Modelica[6], MapleSim [7], SimulationX [8], MATLAB Simulink [9] і SolidWorks [10], в яких розрахунки проєктованих моделей проводяться з допомогою числових методів рішення диференціальних рівнянь.

Серед САЕ-пакетів, представлених на ринку, можна відмітити пакет AMESim. Щодо інших популярних програм, таких як MATLAB і SolidWorks, то вони потребують більше часу для отримання готового рішення.

LMS Imagine.Lab AMESim – комплексна платформа 1D багатодисциплінарного системного моделювання мехатронних систем. Платформа дозволяє оцінити функціональні вимоги на початковій стадії проектування виробу або системи та закінчуючи стадією доводки. Можливість об'єднання в рамках однієї моделі елементів систем різної фізичної природи, або іншими словами, багатодисциплінарний підхід, суттєво об'єднує і пришвидшує процес моделювання.

Користувачу необхідно лише задати зв'язки між досліджуваними елементами системи. Комплект великої кількості спеціалізованих бібліотек компонентів дозволяє скоротити витрати часу і зусиль при розробці нового виробу. Ще до початку проведення випробувань прототипу визначаються найбільш оптимальні параметри.

Архітектура AMESim дозволяє реалізувати технічне рішення за чотири кроки: в режимі ескізування відбувається побудова ескізу моделі з готових блоків, наявних в бібліотеці; режим підмоделі дозволяє обирати підмоделі для компонентів системи; в режимі параметрів задаються відомі параметри підмоделей; режим симуляції виконує обробку даних і отримання результатів.

Практична робота 1

МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

Мета роботи: розглянути процес моделювання системи та провести динамічне моделювання лінійного приводу в робочій машині.

Теоретичні відомості

В наш час в різних галузях промисловості при створенні технічного рішення, починаючи від області космонавтики і авіації аж до автомобілебудування и більш меншої промисловості, використання математичного моделювання стало невід'ємною частиною. Будь то розробка нових агрегатів або систем і складних технічних об'єктів. Одним із суттєвих підходів до процесу проектування технічних об'єктів є використання CAE-пакетів для моделювання фізико-технічних об'єктів та систем, таких як: LMS Imagine.Lab AMESim [1, 2, 3, 4], Automation Studio [5], Modelica[6], MapleSim [7], SimulationX [8], MATLAB Simulink [9] і SolidWorks [10], в яких розрахунки проєктованих моделей проводяться з допомогою числових методів рішення диференціальних рівнянь. Серед CAE-пакетів, представлених на ринку, можна відмітити пакет AMESim. Щодо інших популярних програм, таких як MATLAB і SolidWorks, то вони потребують більше часу для отримання готового рішення.

Для проведення динамічного моделювання підготуємо вихідні дані щодо параметрів лінійного приводу, які занесемо в процесі моделювання системи. Приклад системи, яка моделюється зображено на рис. 1. Тут представлений спроектований згідно стандартів лінійний привід та його ескіз.

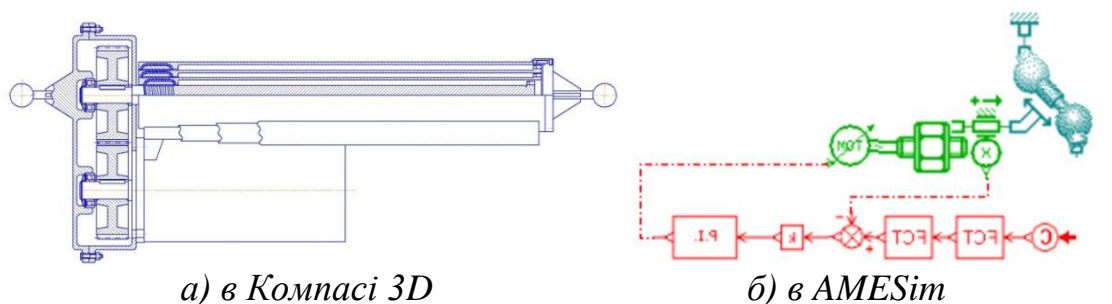


Рисунок 1– приклад системи, яка моделюється

Архітектура AMESim дозволяє реалізувати технічне рішення за чотири кроки:

- в режимі ескізування побудувати ескіз моделі з готових блоків, наявних в бібліотеці;
- режим підмоделі обрати підмоделі для компонентів системи;
- в режимі параметрів задати відомі параметри підмоделей;
- в режимі симуляції виконується обробка даних і отримання результатів.

Режим ескізування

Для побудови ескізу використовуються необхідні бібліотеки елементів. Відкривши необхідну бібліотеку перетягуємо на робочу поверхню програми елементи, з яких будуватимемо ескіз. Приклад побудованої системи показано на рис. 2.

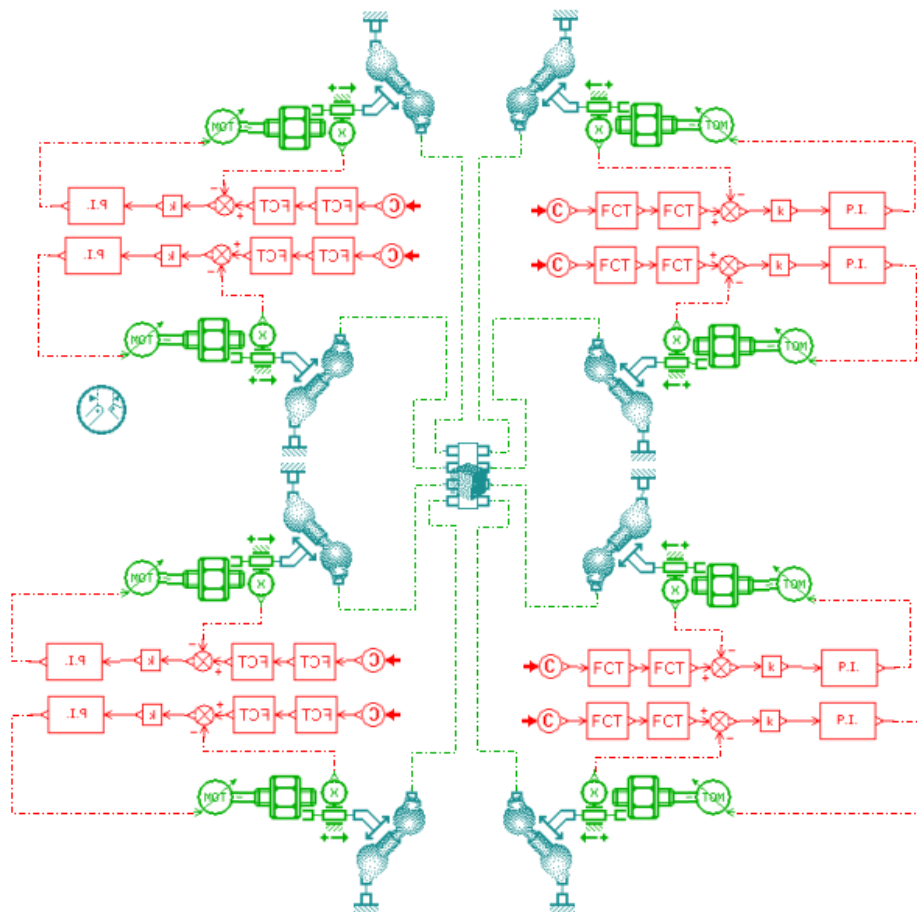


Рисунок 2 – ескіз системи в AMESim

Режим підмоделі

При необхідності зазначаються підмоделі для компонентів. Наприклад, зв'язок між вихідними даними і керуючим блоком лінійного приводу.

Режим параметрів

При виборі цього режиму відбувається налаштування системи перед симуляцією, тобто задаються всі необхідні вихідні дані та параметри системи.

Режим симуляції

Режим симуляції виконує обробку даних побудованих і внесених на попередніх кроках, прораховує стимуляційну модель з якої можна отримати уявлення про те, як працює побудована система, а також після завершення симуляції дозволяє проглянути перехідні процеси, які відбуваються з системою, чи її елементами в графічному вигляді.

Обладнання та інструменти:

- 1 Вихідні дані або завдання для аналізу;
- 2 Стаціонарний комп'ютер чи ноутбук під керуванням ОС Windows ;
- 3 Передумовлений САЕ-пакет LMS Imagine.LAB AMESim SE;

Порядок виконання роботи:

- 1 Ознайомитися з теоретичними відомостями
- 2 Отримати завдання для динамічного аналізу системи
- 3 Розглянути процес моделювання системи.

Архітектура AMESim дозволяє реалізувати технічне рішення за чотири кроки:

- в режимі ескізування побудувати ескіз моделі з готових блоків, наявних в бібліотеці;
- режим підмоделі обрати підмоделі для компонентів системи;
- в режимі параметрів задати відомі параметри підмоделей;
- в режимі симуляції виконується обробка даних і отримання результатів.

- 4 Провести аналіз даних, після завершення симуляції проглянути перехідні процеси, які відбуваються з системою, чи її елементами в графічному вигляді.
- 5 Зробити висновки

Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи
- 2 Вихідні дані
- 3 Ескіз системи та аналіз графічних даних
- 4 Висновки

Контрольні запитання

- 1 Які CAE-пакети для моделювання фізико-технічних об'єктів та систем вам відомі?
- 2 Чим виділяється AMESim серед інших?
- 3 Назвіть та опишіть які режими використовуються в AMESim для динамічного аналізу системи?
- 4 Як проходить побудова ескізу в AMESim?
- 5 Для чого в AMESim заносяться параметри? На що вони впливають?

Завдання до практичної роботи №1

- 1 На прикладі моделі оптоподу (файл **optopod**) ознайомитись з роботою в програмі LMS AMESim SE.
- 2 Скласти звіт, а саме:
 - a. Назва і мета роботи
 - b. Вихідні дані: модель оптоподу
 - c. Ескіз системи та аналіз графічних даних
 - d. Надати графіки абсолютних швидкостей на восьми портах платформи та графік абсолютних позицій на портах
 - e. Зробити висновки

Практична робота 2

УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ ТА ЇХ МОДЕЛЮВАННЯ.

Мета роботи: розглянути процес моделювання системи та математичну модель.

Теоретичні відомості

LMS Imagine.Lab Amesim — інтегрована платформа для розрахункового моделювання, що дозволяє інженерам точно прогнозувати мультифізичні характеристики інтелектуальних систем. Платформа LMS Amesim призначена для математичного моделювання, розрахунків і аналізу систем управління для мультифізичних систем, також підключення можливостей математичного моделювання для проектування об'єктів управління допомагає оцінювати і валідувати стратегії управління.

Платформа LMS Amesim підтримує тестову попередню завантаження, що економить час і кошти. Дане рішення призначене для проектування інтелектуальних систем. Завдяки поєднанню оптимальних методів розрахункового моделювання мехатронних систем і практичного досвіду, ця інтегрована платформа для моделювання допомагає зробити правильний вибір на більш ранньому етапі процесу розробки і доведення виробів, що дозволяє швидше отримувати якісні результати.

Архітектура програми AMESim, яка показана на рис. 3, охоплює два етапи в процесі моделювання системи: етап моделювання; етап симуляції та аналізу.

Етап моделювання:

- 1 Режим ескізу;
- 2 Режим підмоделі;
- 3 Режим параметрів;

Етап симуляції та аналізу:

- 4 Режим симуляції.

Звернемо увагу на те, що режим підмоделі знаходиться на етапі моделювання, т.к. як в цьому режимі AMESim передбачається процес призначення підмоделей обраним компонентам, тобто рівень математичного опису процесів, які протікають в компонентах.



Рисунок 3- Архітектура програми AMESim

Обладнання та інструменти:

- 1 Вихідні дані або завдання для аналізу;
- 2 Стаціонарний комп'ютер чи ноутбук під керуванням ОС Windows ;
- 3 Передумовлений САЕ-пакет LMS Imagine.LAB AMESim SE;

Порядок виконання роботи:

- 1 Ознайомитися з теоретичними відомостями
- 2 Отримати завдання для динамічного аналізу системи.

3 Розглянути процес моделювання системи.

Архітектура AMESim в процесі моделювання охоплює два етапи:

- Етап моделювання (1 Режим ескізу; 2 Режим підмоделі; 3 Режим параметрів;);
 - Етап симуляції та аналізу (4 Режим симуляції.)
- 4 Провести аналіз даних, після завершення симуляції проглянути перехідні процеси, які відбуваються з системою, чи її елементами в графічному вигляді.
- 5 Зробити висновки

Зміст звіту

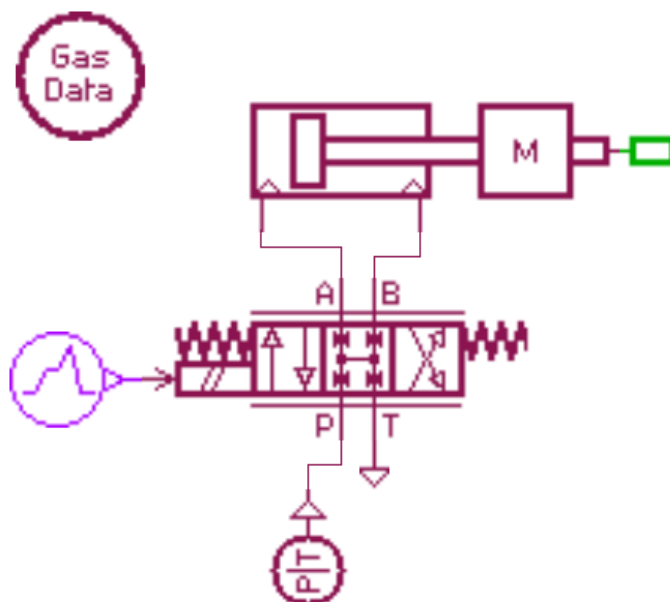
- 5 Назва і мета роботи
- 6 Вихідні дані
- 7 Ескіз системи та аналіз графічних даних
- 8 Висновки

Контрольні запитання

- 1 Призначення платформи AMESim SE?
- 2 Назвіть та опишіть складові етапи архітектури програми?
- 3 В якому режимі моделювання системи проходить математичний опис системи і чому?
- 4 Дайте ключові ознаки кожного з етапів архітектури AMESim?

Завдання до практичної роботи №2

- 1 Побудувати в пакеті LMS AMESim SE ескіз приводу.
- 2 Скласти звіт, а саме:
 - a. Назва і мета роботи
 - b. Вихідні дані: модель приводу
 - c. Ескіз системи та аналіз графічних даних
 - d. Надати графіки швидкості, переміщення, прискорення штоку, а також тиску на портах (для пневмо-, гідро- приводів)
 - e. Зробити висновки

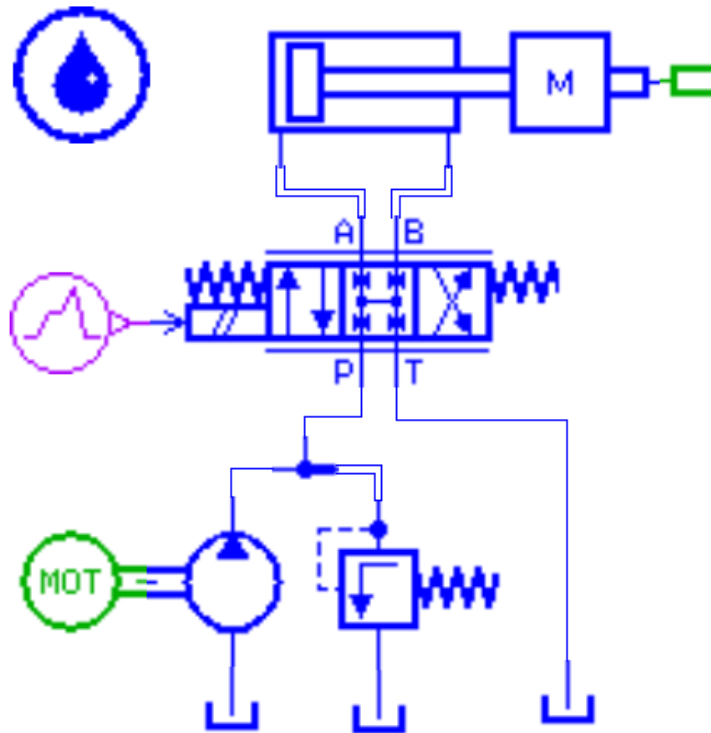


Ескіз (модель) пневмоциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Тиск	2	1	5	10
Коефіцієнт теплообміну	3	0	250	500

Інформація щодо заповнення даних в елемент «**Gas Data**» для пневмоприводу:

Parameters of pn_gas_data [PNGD001-1]				
Title	Value	Unit	Tags	Name
gas type index	1			gi
constant-pressure specific heat (Cp)	0	J/kg/K		cpin
constant-volume specific heat (Cv)	0	J/kg/K		cvin
specific heat ratio (gamma)	1.4	null		gin
perfect gas constant (r)	287	J/kg/K		rin
absolute viscosity (mu)	0.0182	cP		muin
thermal conductivity	0.0264	W/m/K		lamin

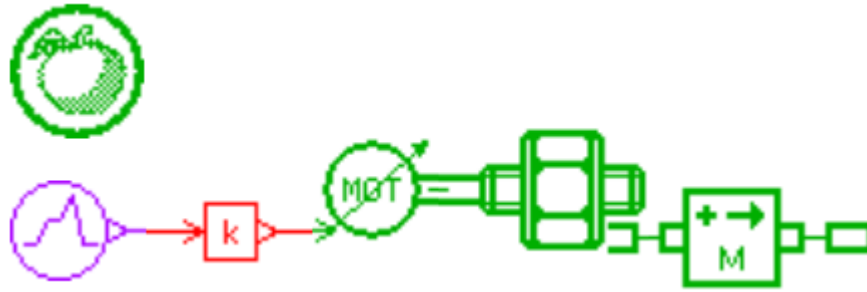


Ескіз (модель) гідроциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Тиск в баку	2	50	100	150
Швидкість обертання валу двигуна та насосу	3	500	750	1500

Інформація щодо заповнення даних в елемент «гідрравлічні властивості рідини» для гідроприводу:

Title	Value	Unit	Tag:	Name
index of hydraulic fluid	0			fpi
density	850	kg/m**3		fpd
bulk modulus	17000	bar		fpbm
absolute viscosity	51	cP		fpav
saturation pressure (for dissolved air/gas)	0	bar		fpasp
air/gas content	0.1	%		fpac
temperature	40	degC		fpst
polytropic index for air/gas/vapor content	1.4	null		fppt
absolute viscosity of air/gas	0.02	cP		fpava
name of fluid	unnamed fluid			tp10



Ескіз (модель) електроциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Діаметр гвинта	2	25	40	50
Крок різьби гвинта	3	2	4	5

Приклад заповнення даних в елемент «лінійний сигнал» для кожного варіанту приводів:



Parameters of Gx [JD00-1]

Title	Value	Unit	Tags	Name
number of stages	3			nstages
cyclic	no			iscyclic
time at which duty cycle starts	0	s		rp2
output at start of stage 1	0.1	null		rp3
output at end of stage 1	0.3	null		rp4
duration of stage 1	2	s		rp5
output at start of stage 2	0.5	null		rp6
output at end of stage 2	-0.1	null		rp7
duration of stage 2	2	s		rp8
output at start of stage 3	-0.7	null		rp9
output at end of stage 3	0	null		rp10
duration of stage 3	2	s		rp11

Практична робота 3

ПОЗИЦІЙНЕ ТА СИЛОВЕ УПРАВЛІННЯ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ

Мета роботи: ознайомитись з управлінням у мехатронних системах, провести побудову системи та провести динамічне моделювання лінійного приводу без зворотного зв'язку.

Теоретичні відомості

Управління — це процес прогнозування, планування, організації, мотивації, координації і контролю, необхідний для того, щоб сформулювати і досягти мети.

Позиційне керування - числове програмне керування системою, при якому переміщення її робочих органів відбувається в задані точки, причому траєкторії переміщення не задаються. Таке керування застосовують в основному в свердлильних і розточувальних верстатах для обробки плоских і корпусних деталей з великою кількістю отворів.

Позиційне керування дає високу точність позиціонування (особливо при повільних рухах), але між позиціями рух відбувається за нерегульованими траєкторіями. Зі збільшенням числа позицій позиційне керування переходить в контурне.

Обладнання та інструменти:

- 1 Вихідні дані або завдання для аналізу;
- 2 Стаціонарний комп'ютер чи ноутбук під керуванням ОС Windows ;
- 3 Передумовлений САЕ-пакет LMS Imagine.LAB AMESim SE;

Порядок виконання роботи:

- 1 Ознайомитися з теоретичними відомостями
- 2 Отримати завдання для динамічного аналізу системи.
- 3 Розглянути процес моделювання системи.
- 4 Провести аналіз даних, після завершення симуляції проглянути перехідні процеси, які відбуваються з системою, чи її елементами в графічному вигляді.
- 5 Зробити висновки

Зміст звіту

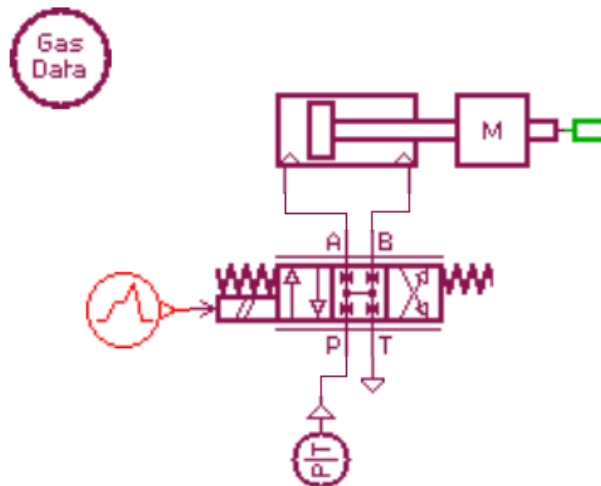
- 1 Назва і мета роботи
- 2 Вихідні дані
- 3 Ескіз системи та аналіз графічних даних
- 4 Висновки

Контрольні запитання

- 1 Що таке управління?
- 2 Як відтворити позиційне керування в LMS AMESim?
- 3 На що воно впливає при побудові системи в LMS AMESim?

Завдання до практичної роботи №3

- 1 Побудувати в пакеті LMS AMESim SE ескіз приводу.
- 2 Скласти звіт, а саме:
 - a. Назва і мета роботи
 - b. Вихідні дані: модель приводу
 - c. Ескіз системи та аналіз графічних даних
 - d. Надати графіки швидкості, переміщення, прискорення штоку, а також тиску на портах (для пневмо-, гідро- приводів)
 - e. Зробити висновки

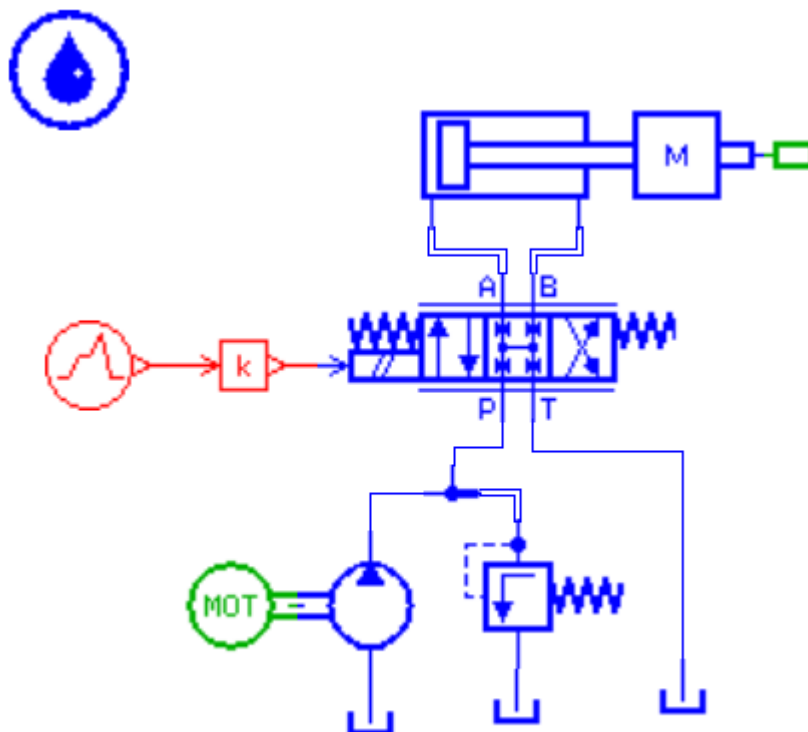


Ескіз (модель) пневмоциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Тиск	2	1	5	10
Коефіцієнт теплообміну	3	0	250	500
Показник зміщення	4	0,1	0,15	0,20
Тривалість дії	5	0.5/2/0.5	1/3/2	2/3/2

Інформація щодо заповнення даних в елемент «**Gas Data**» для пневмоприводу:

Title	Value	Unit	Tags	Name
gas type index	1			gi
constant-pressure specific heat (Cp)	0	J/kg/K		cpin
constant-volume specific heat (Cv)	0	J/kg/K		cvin
specific heat ratio (gamma)	1.4	null		gin
perfect gas constant (r)	287	J/kg/K		rin
absolute viscosity (mu)	0.0182	cP		muin
thermal conductivity	0.0264	W/m/K		lamin

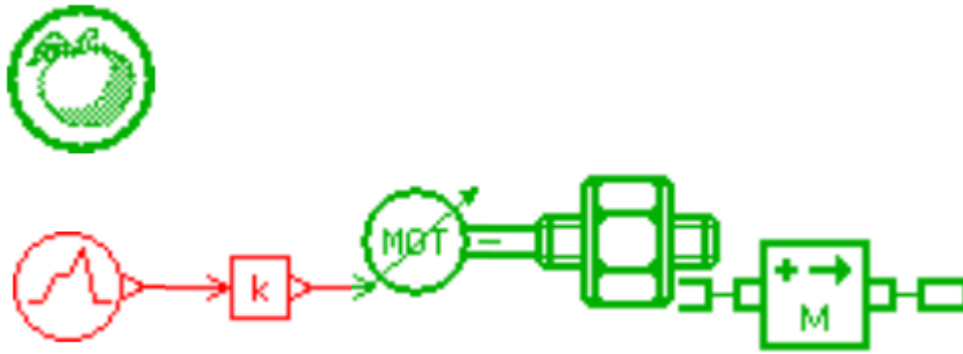


Ескіз (модель) гідроциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Тиск в баку	2	50	100	150
Швидкість обертання валу двигуна та насосу	3	500	750	1500
Показник зміщення	4	0,1	0,15	0,20
Тривалість дії	5	0.5/2/0.5	1/3/2	2/3/2

Інформація щодо заповнення даних в елемент «гідрравлічні властивості рідини» для гідроприводу:

Title	Value	Unit	Tag:	Name
index of hydraulic fluid	0			fpi
density	850	kg/m**3		fpd
bulk modulus	17000	bar		fpbm
absolute viscosity	51	cP		fpav
saturation pressure (for dissolved air/gas)	0	bar		fpasp
air/gas content	0.1	%		fpac
temperature	40	degC		fpt
polytropic index for air/gas/vapor content	1.4	null		fppi
absolute viscosity of air/gas	0.02	cP		fpava
name of fluid	unnamed fluid			tp10



Ескіз (модель) електроциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Діаметр гвинта	2	25	40	50
Крок різьби гвинта	3	2	4	5
Показник зміщення	4	0,1	0,15	0,20
Тривалість дії	5	0.5/2/0.5	1/3/2	2/3/2

Приклад заповнення даних в елемент «**лінійний сигнал**» для кожного варіанту приводів:



Parameters of signal03_2 [UD00-1]

Title	Value	Unit	Tags	Name
number of stages	4			nstages
cyclic	no			iscyclic
time at which duty cycle starts	0	s		rp2
output at start of stage 1	1	null		rp3
output at end of stage 1	1	null		rp4
duration of stage 1	0.5	s		rp5
output at start of stage 2	0	null		rp6
output at end of stage 2	0	null		rp7
duration of stage 2	2	s		rp8
output at start of stage 3	-1	null		rp9
output at end of stage 3	-1	null		rp10
duration of stage 3	0.25	s		rp11
output at start of stage 4	0	null		rp12
output at end of stage 4	0	null		rp13
duration of stage 4	1e+06	s		rp14

Обов'язково! Тривалість дії останнього етапу вписати «**1e+06**» (без лапок).

Практична робота 4

ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

Мета роботи: ознайомитись з параметричною ідентифікацією, провести побудову системи та провести динамічне моделювання лінійного приводу зі зворотнім зв'язком.

Теоретичні відомості

Ідентифікація систем — сукупність методів для побудови математичних моделей динамічної системи за даними спостережень. Математична модель у даному контексті означає математичний опис поведінки будь-якої системи або процесу в частотній або часовій області, наприклад, фізичних процесів (рух механічної системи під дією сили тяжіння), економічного процесу (реакція біржових котирувань на зовнішні збурення) і т. п.

Зворотній зв'язок в техніці — це процес, який призводить до того, що результат функціонування якої-небудь системи впливає на параметри, від яких залежить функціонування цієї системи. Іншими словами, на вхід системи подається сигнал, пропорційний її вихідним сигналом (або, в загальному випадку, є функцією цього сигналу). Часто це робиться навмисно, щоб вплинути на динаміку функціонування системи.

Розрізняють позитивний і негативний зворотний зв'язок. Негативний зворотний зв'язок змінює вхідний сигнал таким чином, щоб протидіяти зміні вихідного сигналу. Це робить систему більш стійкою до випадкової зміни параметрів. Позитивний зворотний зв'язок, навпаки, посилює зміну вихідного сигналу. Системи з сильним позитивним зворотним зв'язком виявляють тенденцію до нестійкості, в них можуть виникати незатухаючі коливання, тобто система стає генератором коливань.

Обладнання та інструменти:

- 1 Вихідні дані або завдання для аналізу;
- 2 Стаціонарний комп'ютер чи ноутбук під керуванням ОС Windows ;
- 3 Передумовлений САЕ-пакет LMS Imagine.LAB AMESim SE;

Порядок виконання роботи:

- 1 Ознайомитися з теоретичними відомостями
- 2 Отримати завдання для динамічного аналізу системи.

- 3 Розглянути процес моделювання системи.
- 4 Провести аналіз даних, після завершення симуляції проглянути перехідні процеси, які відбуваються з системою, чи її елементами в графічному вигляді.
- 5 Зробити висновки

Зміст звіту

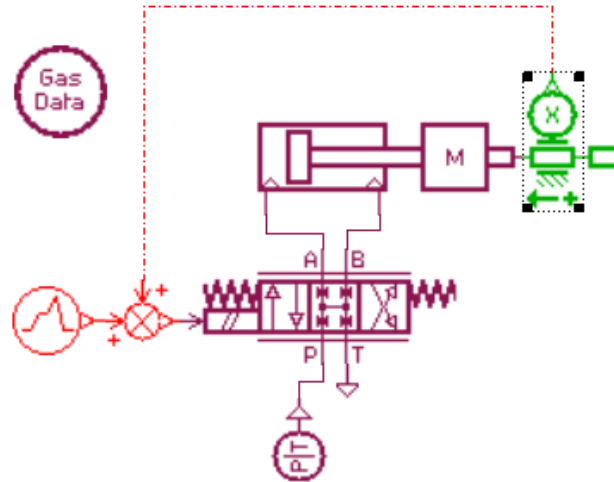
- 1 Назва і мета роботи
- 2 Вихідні дані
- 3 Ескіз системи та аналіз графічних даних
- 4 Висновки

Контрольні запитання

- 1 Що таке зворотній зв'язок?
- 2 Як відтворити зворотній зв'язок в LMS AMESim?
- 3 На що він впливає при побудові системи в LMS AMESim?

Завдання до практичної роботи №4

- 1 Побудувати в пакеті LMS AMESim SE ескіз приводу.
- 2 Скласти звіт, а саме:
 - a. Назва і мета роботи
 - b. Вихідні дані: модель приводу
 - c. Ескіз системи та аналіз графічних даних
 - d. Надати графіки швидкості, переміщення, прискорення штоку, а також тиску на портах (для пневмо-, гідро- приводів)
 - e. Зробити висновки

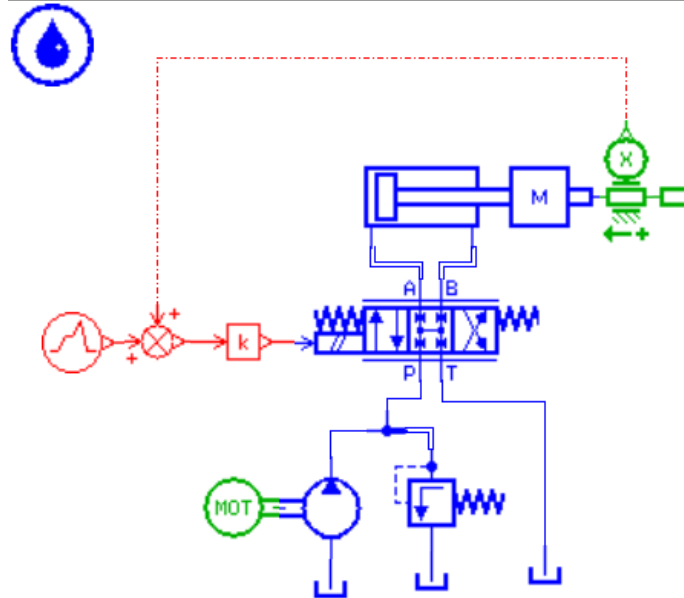


Ескіз (модель) пневмоциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Тиск	2	1	5	10
Коефіцієнт теплообміну	3	0	250	500
Показник зміщення	4	0,1	0,15	0,20
Тривалість дії	5	0.5/2/0.5	1/3/2	0,5/3/2
Рівень сигналу та його підсилення	6	0,1/1	0,1/0	0,1/-1

Інформація щодо заповнення даних в елемент «**Gas Data**» для пневмоприводу:

Title	Value	Unit	Tags	Name
gas type index	1			gi
constant-pressure specific heat (Cp)	0	J/kg/K		cpin
constant-volume specific heat (Cv)	0	J/kg/K		cvin
specific heat ratio (gamma)	1.4	null		gin
perfect gas constant (r)	287	J/kg/K		rin
absolute viscosity (mu)	0.0182	cP		muin
thermal conductivity	0.0264	W/m/K		lamin

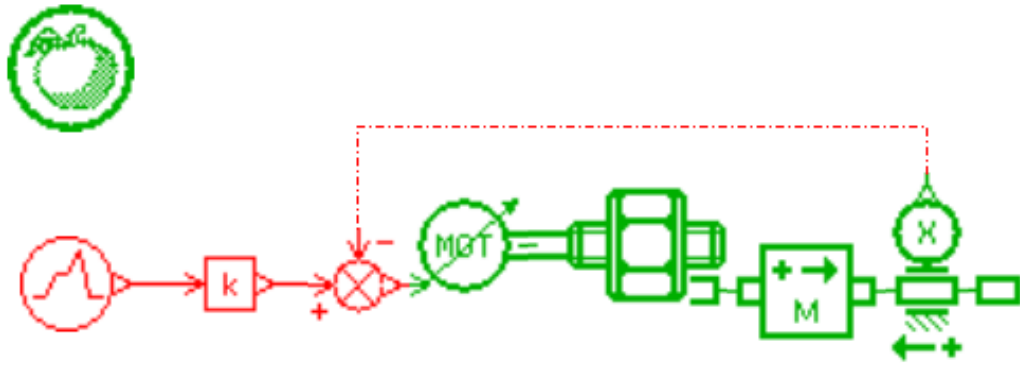


Ескіз (модель) гідроциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Тиск в баку	2	50	100	150
Швидкість обертання валу двигуна та насосу	3	500	750	1500
Показник зміщення	4	0,1	0,15	0,20
Тривалість дії	5	0.5/2/0.5	1/3/2	0,5/3/2
Рівень сигналу та його підсилення	6	0,1/1	0,1/0	0,1/-1

Інформація щодо заповнення даних в елемент «гідрравлічні властивості рідини» для гідроприводу:

Title	Value	Unit	Tag:	Name
index of hydraulic fluid	0			fpi
density	850	kg/m**3		fpd
bulk modulus	17000	bar		fpbm
absolute viscosity	51	cP		fpav
saturation pressure (for dissolved air/gas)	0	bar		fpasp
air/gas content	0.1	%		fpac
temperature	40	degC		fpt
polytropic index for air/gas/vapor content	1.4	null		fppi
absolute viscosity of air/gas	0.02	cP		fpava
name of fluid	unnamed fluid			tp10



Ескіз (модель) електроциліндра в пакеті LMS AMESim SE

	№	1	2	3
Маса	1	10	50	100
Діаметр гвинта	2	25	40	50
Крок різьби гвинта	3	2	4	5
Показник зміщення	4	0,1	0,15	0,20
Тривалість дії	5	0.5/2/0.5	1/3/2	0,5/3/2
Рівень сигналу та його підсилення	6	0,1/1	0,1/0	0,1/-1

Приклад заповнення даних в елемент «лінійний сигнал» для кожного варіанту приводів:



Parameters of signal03_2 [UD00-1]

Title	Value	Unit	Tags	Name
number of stages	4			nstages
cyclic	no			iscyclic
time at which duty cycle starts	0	s		rp2
output at start of stage 1	1	null		rp3
output at end of stage 1	1	null		rp4
duration of stage 1	0.5	s		rp5
output at start of stage 2	0	null		rp6
output at end of stage 2	0	null		rp7
duration of stage 2	2	s		rp8
output at start of stage 3	-1	null		rp9
output at end of stage 3	-1	null		rp10
duration of stage 3	0.25	s		rp11
output at start of stage 4	0	null		rp12
output at end of stage 4	0	null		rp13
duration of stage 4	1e+06	s		rp14

Обов'язково! Тривалість дії останнього етапу вписати «1e+06» (без лапок).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гимадиев, А. Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А.Г. Гимадиев, П.И. Грешняков, А.Ф. Синяков; -Электрон. текстовые и граф. дан. (4,8 Мбайт). – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014.
- 2 LMS Imagine.Lab Amesim. Integrated simulation platform for multi-domain mechatronic systems simulation. URL: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/lms/imagine-lab/amesim/index.shtml
- 3 LMS IMAGINE.LAB AMESIM. URL: http://novatest.ru/equipment/raschetno-eksperimentalnoe_modelirovanie/mehatronika,_modelirovanie/lms_imagine.lab_amesim/#
- 4 LMS IMAGINE.LAB - ПЛАТФОРМА AMESIM SUITE. URL: http://www.novatest.ru/equipment/251/258/1d_modelling/299/
- 5 Automation Studio. URL: <http://www.automationstudio.com/>
- 6 Modelica. URL: <https://modelica.org/tools>
- 7 MapleSim . URL: <http://www.maplesoft.com/>
- 8 SimulationX. URL: <http://www.simulationx.com/>
- 9 MATLAB Simulink. URL: <http://matlab.ru/products/simulink>
- 10 SolidWorks. URL: <http://www.solidworks.com/>
- 11 LMS Imagine.Lab AMESim. Reference guide [Электронный ресурс] : электрон.дан. и прогр. (46,8 Мб)., 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
- 12 LMS Imagine.Lab AMESim Training – HYD1, 2013. – 50 p.
- 13 LMS Imagine.Lab AMESim Rev 13 Tutorial guide, 2013. – pp. 15-43