

УДК 629.017

М. В. ДЯЧУК, к.т.н., доцент кафедри ЕРМ ДВНЗ "ПДАБА", Дніпропетровськ.

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНО-ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ МОДУЛЯТОРУ ABS ПНЕВМАТИЧНОЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Розглядаються питання побудови динамічної моделі пневматичного модулятора засобами середовищ імітаційного моделювання Simulink/Simscape. Запропоновано моделі мембранного та електромагнітного клапанів, виконано тестування функціональності модулятора та його робочого процесу.

Ключові слова: модулятор ABS, електромагнітний клапан.

Актуальність. Інтенсивний розвиток графічних мов програмування на основі структурного принципу створив умови та засоби реалізації ідей вчених та інженерів з мінімальними витратами часу на, власне, програмування та вивчення мови. Привабливість такого підходу полягає як у якісному структурно-ієрархічному візуальному сприйнятті, так і можливості подальших уніфікації, параметризації, компіляції програмних кодів блок-функцій, а головне - використання у SIL та HL рівнях моделювання, що дозволяє мінімізувати час та похибки розробки вузла або системи. Таким чином, складання бібліотек з прикладних задач на основі базових блоків є важливою стратегією розвитку інжинірингу.

Вочевидь, сучасні тенденції розвитку конструкції транспортних засобів (ТЗ) - кібернетизація та інтелектуалізація. Науковий інтерес у сьогоденні зміщується у напрямку розробки алгоритмів функціонування та контролю систем ТЗ, що дозволяє створювати мехатронні системи. Таким чином, задля точного опису та побудови законів керування необхідні високоточні моделі складових елементів конструкції, що разом із системами імітаційного моделювання встановлять інструмент дослідження. Отже, актуальність полягає, насамперед, у розвитку системного методу розробки сучасних мехатронних систем.

Постановка задачі. Системи ABS/ESP становлять найважливішу складову активної безпеки сучасних вантажних ТЗ, [1], де основним елементом є модулятор з електромагнітними клапанами. Задачами дослідження є розробка механічної, пневматичної, магнітної та електричної складових модулятора, інтеграція їх в один функціональний вузол та подальше тестування у середовищі Simulink/Simscape, [2].

Припущення. Основні припущення стосуються механічної частини, де використовуються лінійні пружно-дисипативні елементи, та пневматичної частини, в якій термальні порти блоків законсервовано адіабатною системою. Останнє не обов'язкове, але дозволяє скоротити теплову задачу там, де це не призводить до суттєвого погіршення якості розрахунків.

Основна частина. Розглянемо формування основної моделі. На рис. 1 надано структурно-ієрархічну імітаційно-фізичну модель системи з пневматичних та електричних контурів, до якої інтегровано модулятор ABS. Блоки 1 (лінійне зростання) та 2 (обмежувач) забезпечують форму вхідного сигналу, який після конвертору 3 стає фізичним керуючим сигналом. Блок 4 генерує пневматичний надлишковий тиск відносно атмосферного (блок 5); через пневмопровід 7 стисле повітря подається до входу I (Inlet) маскованого блоку пневматичного модулятора 8. Відведення модульованого сигналу здійснюється з порту O (Outlet) через блок 9 імітації гнучкого пневмопроводу до пневматичної камери постійного об'єму 10, що ідеалізовано

© М. В. Дячук, 2013

адиабатним резервуаром через блок 11. Пневматичний сенсор 12 дозволяє вимірювати надлишковий тиск та через блок 14 конвертувати його як безрозмірний сигнал на осцилоскоп 15.

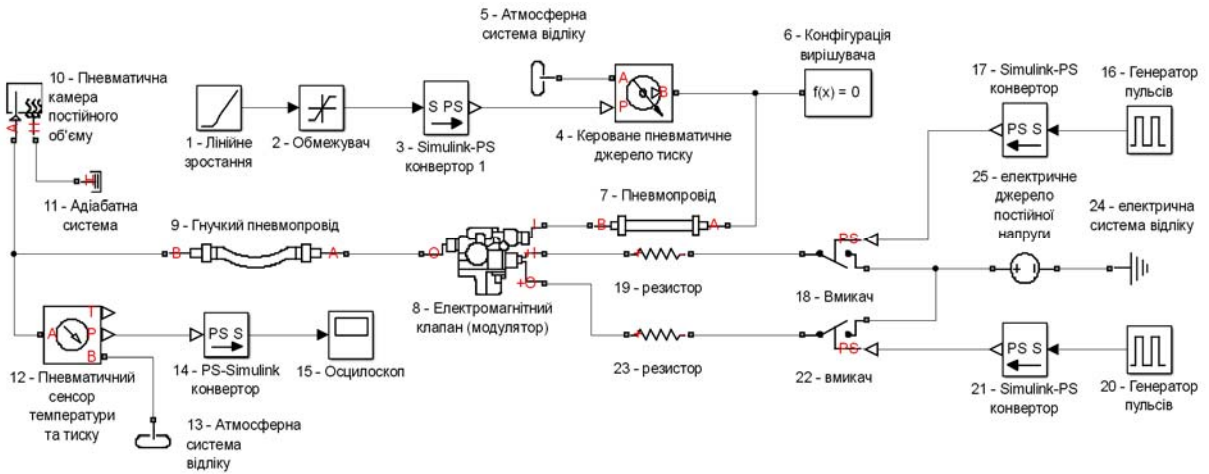


Рисунок 1 - Simulink/Simscape модель функціонування модулятора

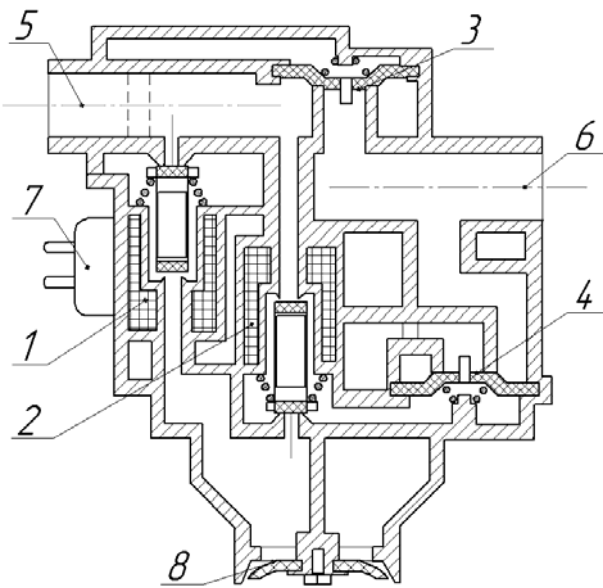


Рисунок 2 – Загальний вид модулятора ABS WABCO [1]: 1, 2 - електромагнітний клапан; 3, 4 - мембранний клапан; 5 - впускний отвір; 6 - випускний отвір (до камери); 7 - електричний конектор; 8 - випуск в атмосферу

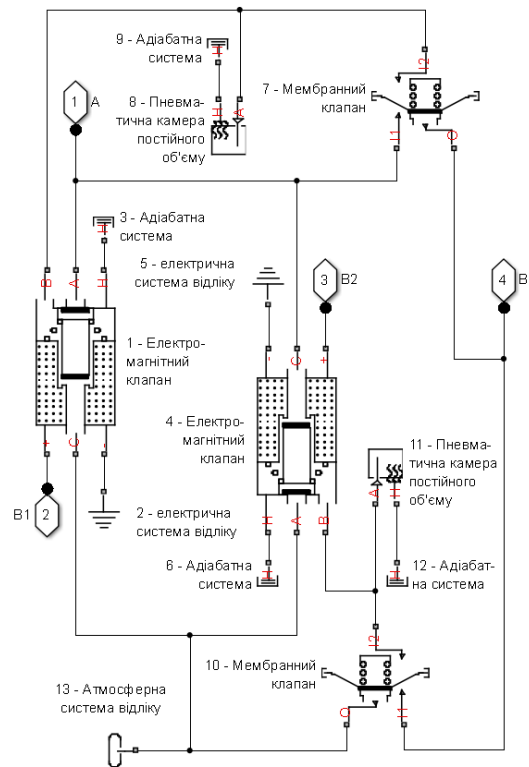


Рисунок 3 – Simscape модель модулятора під маскою (поз. 8, рис. 1)

Активація модулятора у режимі модуляції здійснюється двома електромагнітними клапанами. Відповідні електричні порти на блоці 8 модулятора: +I (input) - впускного та +O (output) - випускного клапанів. Замість інтелектуальної

частини задля формування керуючих сигналів використовуються генератори пульсів 16 та 20, які після конверторів 17 та 21 видають фізичний сигнал значенням 0 або 1. Ідеальні вмикачі 18 та 22 замикають та розмикають електричні кола відповідно до логічного значення керуючого сигналу. Живлення здійснюється через джерело постійної напруги 25, а обмеження струму забезпечується резисторами 19 та 23. Блок 24 дозволяє організувати передачу струму через "масу".



Рисунок 4 – Simscape модель пневмопроводів під маскою (поз. 7, 9, рис. 2)

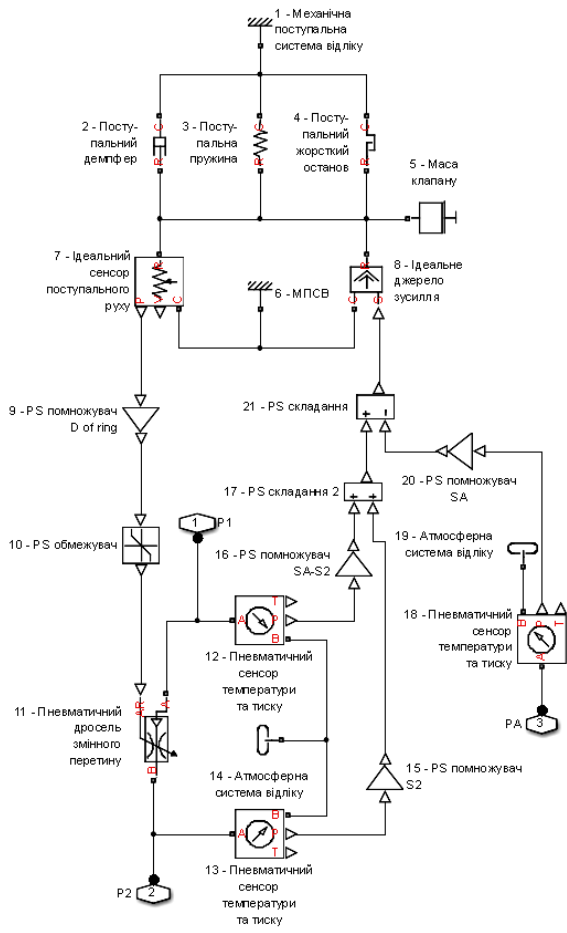


Рисунок 5 – Simscape модель мембранного клапану під маскою (поз. 7, 10, рис. 3)

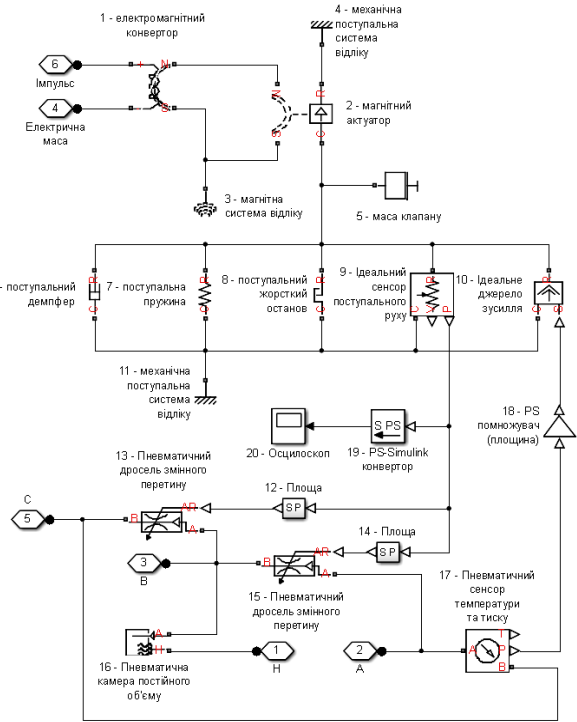


Рисунок 6 – Simscape модель електромагнітного пневматичного клапану під маскою (поз. 1, 4, рис. 3)

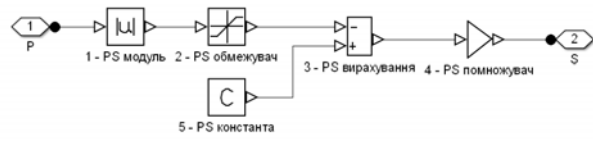


Рисунок 7 – Simscape модель змінної площини перетину дроселю під маскою (поз. 12, рис. 5)



Рисунок 8 – Simscape модель змінної площини перетину дроселю під маскою (поз. 14, рис. 5)

Далі розглянемо формування модулятора 8 (рис. 1) під маскою як підсистему

(рис. 3). У якості об'єкту моделювання обрано модулятор ABS WABCO (рис. 2) як найбільш поширений на закордонних вантажних ТЗ, [1]. Власне, модулятор (рис. 3) складається з двох електромагнітних клапанів 1 та 4, двох мембранних клапанів 7 та 10, пневматичних каналів, об'єми яких компенсуються пневматичними камерами 8 та 11, з'єднаними тепловими портами з адіабатними системами 9 та 12. Випускання повітря здійснюється через блок атмосферної системи 13. Конектори підсистеми **A** та **B** - пневматичні, **B1** та **B2** - електричні "+". Елементи 1, 4, 7, 10 є складними і також виконані підсистемами.

На рис. 5 детально розвернуто модель мембранного клапану (поз. 7, 10, рис. 3). Механічну частину клапану утворюють пружно-дисипативні елементи 2-3, жорсткий останок 4 обмеження руху клапану, маса 5, та бази механічної поступальної системи 1 і 6. Переміщення клапану фіксується сенсором поступального руху 7 та помножується на довжину кільцевого каналу 9. Таким чином утворюється змінна величина перетину пневматичного дроселя 11, яка обмежується елементом 10. Сенсори 12 та 13 видають значення тиску до (конектор **P1**) та після (конектор **P2**) дроселю, що діють на відповідні площини 16 та 15 мембрани клапану та в виді сил сумуються у елементі складання 17; ці сили діють у напрямку відкривання клапану. З іншого боку мембрани також діє тиск, керований електромагнітним клапаном. Сенсор 18 фіксує тиск з конектору **PA**, який на площині 20 породжує силу, що намагається притиснути клапан до сідла. Різні за знаком сили сумуються у елементі 21, який задає значення на генератор 8 зусилля.

Розглянемо блок 1 - електромагнітний клапан на рис. 3. Розвернутий вид під його маскою надано на рис. 6. Магнітні компоненти представлені блоками 2 - магнітного виконавчого пристрою, 3 - магнітного середовища та електромагнітного конвертору 1, на полюси якого подається модульована напруга (конектори "імпульс" та "електрична маса"). Механічна частина складається з поступальних систем відліку 4 та 10, маси 5 клапану, пружно-дисипативних елементів 7 та 6, поступального жорсткого останку 8, сенсору поступального руху 9 та генератору сили 10. Пневматична частина складається з двох дроселів змінного перетину: 15 - впускний, 13 - випускний, - керовані площинами перетенів 14 та 12 відповідно. Пневматична камера 16 компенсує об'єм каналів. Сенсор 17 визначає диференціальний тиск на рухливий клапан та передає сигнал до помножувача 18 - активну площину клапану. Подальше значення сили передається на джерело 10.

Розрахунки змінних площин дроселів (рис. 6) представлені на рис. 7, 8.

Результати моделювання. Виконаємо приклади роботи модулятора у режимі модуляції. Для відображення широкого спектру можливостей модуляції застосуємо різні рівні значення тиску та частоти пульсів (рис. 9). Перший режим: надлишковий тиск на вході в пневматичну систему - 7 атм, період пульсів - 0,2 с, ширина пульсу - 20 % від періоду; другий режим: надлишковий тиск на вході в пневматичну систему - 4,5 атм, період пульсів - 0,1 с, ширина пульсу - 30 % від періоду; другий режим: надлишковий тиск на вході в пневматичну систему - 3 атм, період пульсів - 0,05 с, ширина пульсу - 40 % від періоду; затримка спрацювання модулятора для всіх випадків - 0,5 с.

Висновки. Завданням цієї частини дослідження було встановлення працеспроможності моделі модулятора у широкому спектрі початкових умов, стійкості режиму та відтворення характеру зміни тиску відповідно законам пневматики. Деталізація моделі модулятора дозволяє налаштувати її за багатьма параметрами, узгоджено з конкретними конструктивними особливостями.

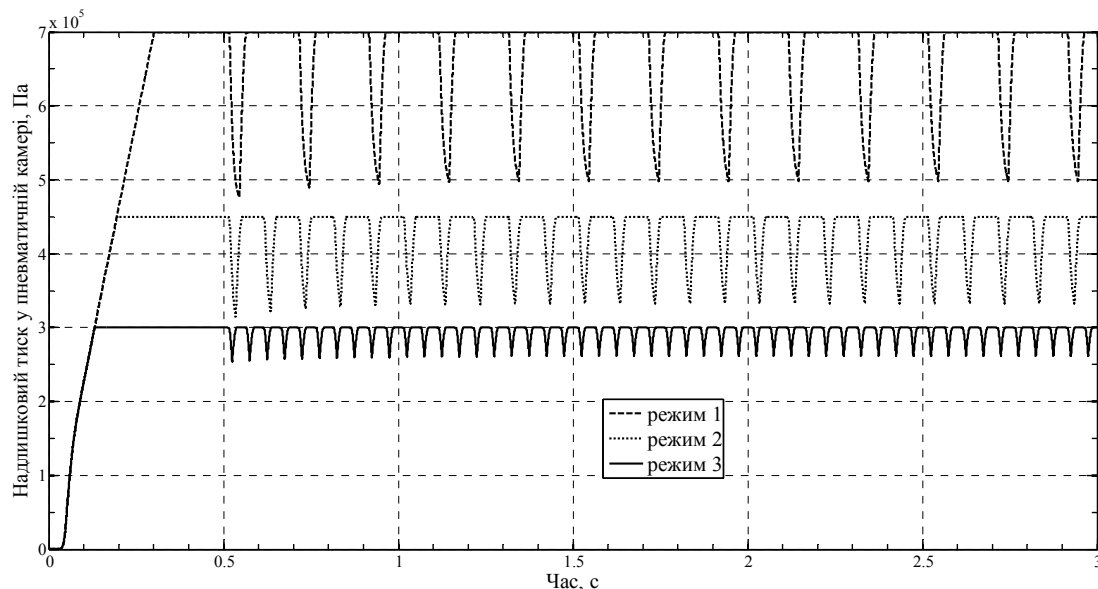


Рисунок 9 – Результат моделювання робочого процесу моделі модулятора

Численність вихідних параметрів не дозволяє відобразити їх у статті, тому представлено лише один вихідний параметр (тиск) функціонування моделі модулятора. Загалом, результат даного етапу дослідження - якісна оцінка складеної моделі. Основна мета розробки - перспектива інтеграції моделей гальмівних апаратів EBS з логічними контролерами, що дасть можливість створювати алгоритми керування та прототипи мехатронних систем ТЗ.

Список літератури: 1. Продукция компании WABCO. [Електронний ресурс]. – 2012. - Режим доступу: <http://wabco-auto.com>. 2. Simscape examples. [Електронний ресурс]. – 2013. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/examples/index.html>.

Надійшла до редколегії 14.05.2013

УДК 629.017

Розробка імітаційно-фізичної моделі модулятора ABS пневматичної гальмівної системи вантажних автомобілів / М. В. Дячук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 30 (1003). – С. 44–48. – Бібліогр.: 2 назв.

Рассматриваются вопросы построения динамической модели пневматического модулятора средствами среды имитационного моделирования Simulink/Simscape. Предложены модели мембранного и электромагнитного клапанов, выполнено тестирование функциональности модулятора и его рабочего процесса.

Ключевые слова: модулятор ABS, электромагнитный клапан.

The questions of dynamics model creation of pneumatic modulator by means of Simulink/Simscape simulation environment are considered. Models of membrane and electromagnetic valves are offered, testing of functionality of the modulator and its working process is executed.

Keywords: ABS modulator, electromagnetic valve.