

Експериментално изследване силите от триене в пневматичен безпрътков цилиндр

Георги Славчев Илиев

Experimental investigation frictional forces in a pneumatic rodless cylinder: In this paper are shown methodology for experimental investigation of the friction forces in pneumatic rodless cylinder. Virtual instrument was developed to automate the experiment, recording and processing the results. There have done a series of experiments, and the results are presented graphically and analytically.

Key words: Pneumatic drives, rodless cylinder, Frictional forces, Virtual instrument.

ВЪВЕДЕНИЕ

При използването на пневматични задвижващи системи един от основните проблеми е определянето на триещата сила в изпълнителните механизми, който са най-често пневматични цилиндри – прътови или безпръткови. Силата на триене може да достигне високи стойности, които на практика могат да станат съзимерими със силите в товара. За определянето на силите от триене се предлага методика и съответен експериментален стенд [2, 3, 4]. Определят се както силата от сухо триене, така и коефициента на вискозно триене, които са основните съставляващи на общата триеща сила.

В доклада е представен стенд и методика за експериментално определяне на силите от сухо триене в пневматичен безпрътков цилиндр. За експеримента е разработен виртуален инструмент изпълняващ функциите да записва и обработка експерименталните данни. Резултатите са представени графично.

ИЗЛОЖЕНИЕ

При съставянето на математически модели задвижването на пневматични системи се използват линейни или нелинейни диференциални и алгебрични уравнения.

Основното уравнение за движение на пневматичния цилиндр има вида:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + \beta \frac{dx}{dt} + F_f + F_L = (p_1 - p_2)A - p_{at}A \quad (1)$$

където:

m - приведена маса на каретата и товара

x - преместване на каретата на безпрътковия цилиндр

β - коефициент съпротивителната сила

F_f - сили от сухо триене

F_L - натоварваща сила

A - ефективна площ

p_1, p_2 - абсолютни налягания

p_{at} - атмосферно налягане

Силата на сухо триене и коефициента на вискозно триене се определят експериментално с помощта на методиката, изложена по-долу.

При определяне на параметрите на силата на триене в пневматичния безпрътков цилиндр се приема, че триенето в силовия цилиндр включва вискозно и сухо триене:

Класическото представяне на силите от сухо триене се дава в уравнението

$$F_{sf} = \begin{cases} F_{sf} & \text{if } \dot{x} = 0 \\ F_{df} \operatorname{sign}(\dot{x}) & \text{if } \dot{x} \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

където:

F_{sf} и F_{df} са статична и динамична съставляваща на триещата сила

$$\operatorname{sign}(x) = \begin{cases} -1 & \text{if } \dot{x} \leq -1 \\ 0 & \text{if } \dot{x} = 0 \\ 1 & \text{if } \dot{x} \geq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Общата триеща сила в пневматичния цилиндър се определя от

$$F_f = hV + F_{sf} \quad (4)$$

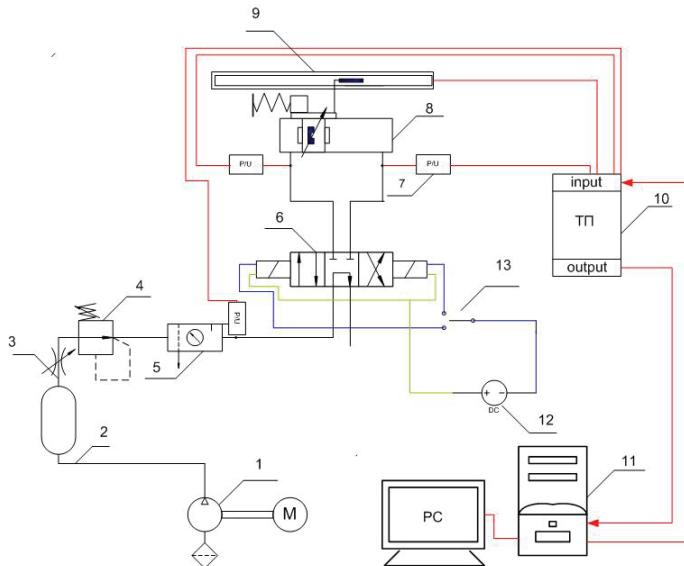
F_{sf} - сила от сухо триене;

h - коефициент на вискоизното триене;

$V = \frac{dx}{dt}$ - скорост на движение на каретата на пневматичния цилиндър.

За определянето силата от триене е създаден експериментален стенд, показан на фиг. 1.

Експерименталният стенд се състои от компресор 1, пневматичен цилиндър 8 /Camozi 52M2P32A1000/, управляван от разпределител /Camozi 468-011-22/ 6. Преместването на безпрътвия пневмоцилиндъра се измерва с потенциометричен датчик 9 /LSOB-500-K0005 Megauto/, а наляганията в двете камери на цилиндъра с датчици 7. Сигналите от датчиците се подават в автоматизираната система за обработка на данни на National Instruments, като се използва и специализирания софтуер LabView. Създаден е виртуален инструмент за обработката на данните.



Фиг. 1. Схема на стенд за изпитване силата на сухо триене в пневматичен цилиндър.

1 – компресор; 2 – ресивер, 3 – спирателен каран, 4 – редукционен клапан, 5 – въздушоподготвителна група, 6 – пневматичен разпределител, 7 – датчик за налягане, 8 – пневматичен безпрътвий цилиндър, 9 – датчик за преместване, 10 – терминална платка, 11 – персонален компютър, 12 – захранващ блок 24 V, 13 – превключвател

Пневматичният цилиндър се натоварва с механична пружина. Коравината на пружината е определена експериментално - 10 N/mm.

Пневматичният разпределител 6 се управлява електромеханично с превключвател 13. Входното налягане се изменя при експеримента с помощта на клапан 4. Създава се неголям пад на налягане, което да придвижи буталото определено разстояние. При това буталото не трябва да достига до упор. Към подвижните части се прилага усилие, което увеличава преместването, а след това бавно се снема. Измерва се положението на буталото x_1 , след което се прилага усулка, намаляваща преместването на буталото /разпределителя се превключва в обратна посока, механичната пружина задвижва буталото/ и също бавно се снема. Измерва се новото положение на буталото x_2 . Като резултат от действието на силата от сухо триене положенията x_1 и x_2 не съвпадат. Като се знае коравината на пружината η може да се определи.

$$F_{sf} = \frac{\Delta x}{2} \eta \quad (5)$$

$$\Delta x = x_1 - x_2 \quad (6)$$

Прави се серия от експерименти с промяна на пада налягането в камерата на цилиндъра до достигане на положение упор на пружината.

Виртуален инструмент

За целите на експеримента е разработен виртуален инструмент в програмната среда на LabView, който изпълнява се следните основни функции:



Фиг. 2. Виртуален инструмент

Прочитане на входните канали в следния ред

- 1.1 Измерване на налягането в лявата камера на цилиндъра.
- 1.2 Измерване на налягането в дясната камера на цилиндъра.
- 1.3 Измерване на преместването
- 1.4 Измерване на дебит

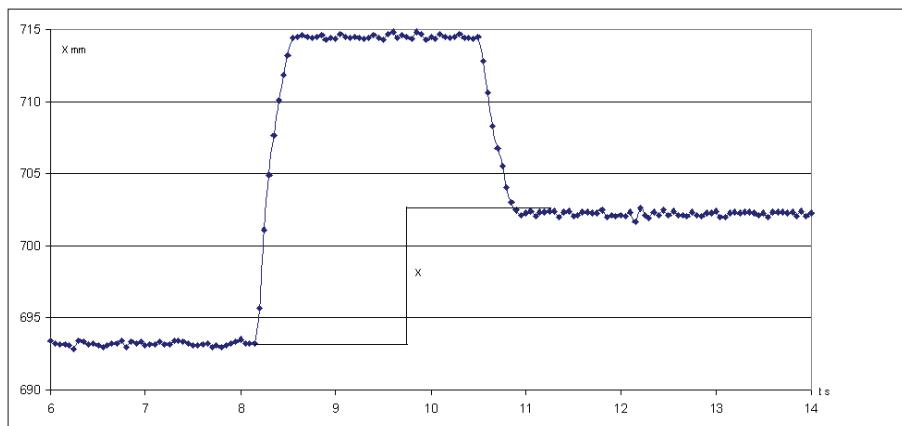
На фиг. 2 е показан изглед на виртуалния инструмент.

Експериментите започват с пад на налягане в камерите на пневмоцилиндъра 2 bar. След това се променя със стъпка по 1 bar до достигане на упор на пружината. Получените експериментални резултати са показани в табл. 1.

Таблица 1. Експериментални резултати

Пад на налягане, bar	2	3	4	5
F_{sf} [N]	45,4	40,2	45,85	47,55

Средната стойност на силата от сухо триене е $F_{sf} = 44.75$ N



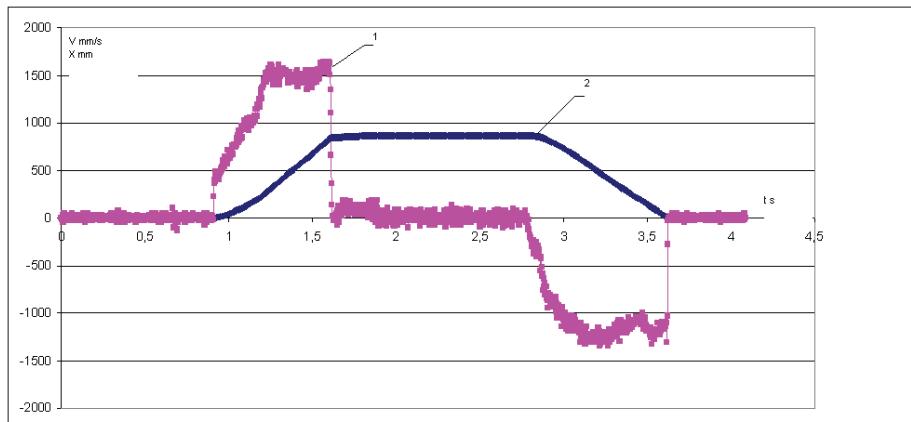
Фиг. 3. Преместване на каретата на пневмоцилиндъра

На фиг. 3 е показано преместването на каретата на безпрътовия пневмоцилиндър при промяна на захранващото налягане и разликата от началното и крайно положение $\Delta x = x_1 - x_2$.

При определяне коефициента на вискоzно триене е необходимо на експерименталния стенд да се проведе експеримент за измерване на скоростта на празен ход на задвижвания цилиндър V_{sh} . Величината V_{sh} е скоростта на движение на буталото в установен режим и при липса на външно натоварване [3]. Скоростта на празен ход е по-ниска от максималната работна скорост на задвижването поради наличието на триене.

При провеждането на експеримента, пневматичното задвижване без външен товар, се захранва със сгъстен въздух от компресора 1, разпределителят 6 се в едната посока и буталото се задвижва до упор, след което разпределителят се превключва и обратна посока "от упор до упор". С помощта на автоматичната система за запис на данни се регистрират налягането в камерите на силовия цилиндър и преместването на буталото. С последваща софтуерна обработка се

получава и скоростта на движение на пръта на пневмоцилиндъра. На фиг. 4 е показани експериментално заснетите преместване и скорост на каретата на пневматичния цилиндър.



Фиг. 4 Експериментален процес на движение на пневмоцилиндъра
1 – скорост, 2 преместване на каретата

При обработката на резултата от експеримента, се определят на участъците с установено движение пада на налягане Δp_0 и скоростта на празен ход V_{sh} .

Таблица 2. Експериментални резултати

V_{sh}	Δp_0	F_f	h
mm/s	bar	N	Ns/m
185.5	2	160	0.617
205.2	3	240	0.973
410.7	4	320	0.667
451.2	5	400	0.781

От резултатите на този експеримент се определя силата на триене

$$F_f = \Delta p_0 A_C \quad (7)$$

$$A_C - \text{ефективна площ на буталото на цилиндъра} - A_C = \frac{\pi \times d^2}{4} = 0.0008 m^2$$

След като се раздели разликата в стойностите на силата на триене и силата на сухо триене на скоростта V_{sh} се получава стойността на коефициента на вискозно триене:

$$h = \frac{1}{V_{sh}} (\Delta p_0 A_C - F_{sf}) \quad (9)$$

Усреднената стойност на коефициента на вискозно триене $h = 0.76 \text{ Ns/m}$

В уравнение (6) се използва стойността на силата на сухо триене F_{sf} , определена при минимален пад на налягането в камерите на пневматичния цилиндър.

При съставянето на линеен модел на пневматично задвижване, сухото триене

обикновено се пренебрегва и за по-добра адекватност на модела малко се завишава коефициента на вискозно триене, като се полага $h = h_e$

Според резултатите на експеримента може да се определи еквивалентния коефициент на вискозно триене:

$$h_e = \frac{\Delta p_0 A_c}{V_{sh}} \quad (10)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведенния експеримент може да се заключи, че силите от сухо триене са по-големи при безпрътов пневматичен цилиндър в сравнение със силите от сухо триене на пневматичен цилиндър с двустранно изнесен прът, които са представени в [1]. Резултатите от експеримента се използват при проектирането на моделите на електропневматични задвижващи системи

Литература

- [1]. Христов, Хр., Г Илиев, А Анчев. Експериментално изследване на параметрите от силата триене в пневматичен цилиндър UNITECH 2012 Габрово.
- [2]. Иванов, П., Хр. Христов, К. Орманджиев. Динамика на автоматизирани хидро и пневмо системи, Габрово, 2004.
- [3]. Арзуманов, Ю., Е. Халатов, И. Чермазов, П. Чуканов. Математические модели систем пневмоавтоматика, Москва, 2009.
- [4]. Esposito, A. Fluid Power with Applications, 4th Edition, Prentice Hall, Inc. 1997.
- [5]. Beater, P. Pneumatic Drives, System Design, Modelling and Control, Springer - Verlag Berlin Haidelberg 2007.

За контакти:

Инж. Георги Илиев, Катедра "Енергийна техника", Технически Университет Габрово тел. 0888 351294, e-mail: spigil@abv.bg

Докладът е рецензиран.