

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CƠ CẤU ĐÀN HÒI
VỚI LỰC ĐẦU RA KHÔNG ĐỔI**



MÃ SỐ: T2016 - 26TĐ



Tp. Hồ Chí Minh, 2017

1204 - 1885

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA CƠ KHÍ MÁY

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CƠ CẤU ĐÀN HỒI VỚI
LỰC ĐẦU RA KHÔNG ĐỔI**

Mã số: T2016-26TĐ

Chủ nhiệm đề tài: TS. PHẠM HUY TUÂN

TP. HCM, 3/2017

THƯ VIỆN TRƯỜNG ĐHSPT

SKC 005351

MỤC LỤC

	Trang
Danh mục các bảng	iv
Danh sách chữ viết tắt	v
Danh mục các hình.....	vi
Thông tin kết quả nghiên cứu	ix
PHẦN A. TỔNG QUAN	1
1. Tổng quan chung về lĩnh vực nghiên cứu, các nghiên cứu trong và ngoài nước đã công bố	1
1.1 Các nghiên cứu trong và ngoài nước	1
1.2 Định nghĩa cơ cấu	6
1.3 Cơ cấu có lực đầu ra không đổi	7
2 Tính cấp thiết của đề tài	10
3 Mục đích của đề tài	11
4 Nhiệm vụ, đối tượng và phạm vi nghiên cứu	11
4.1 Nhiệm vụ của đề tài	11
4.2 Đối tượng nghiên cứu	11
4.3 Phạm vi nghiên cứu.....	12
5 Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu	12
5.1 Cách tiếp cận.....	12
5.2 Phương pháp nghiên cứu.....	12
6 Hiệu quả trong giáo dục đào tạo và kinh tế - xã hội	12
PHẦN B. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	
CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT	14
1.1 Đường cong tham số Bezier	14
1.1.1 Dạng tổng quát đường cong Bezier	14
1.1.2 Đường cong Bezier bậc nhất	14
1.1.3 Đường cong Bezier bậc hai	15
1.1.4 Đường cong Bezier bậc ba	15
1.1.5 Dạng ma trận.....	17
1.1.6 Các tính chất của đường cong Bezier	18

1.2 Tổng quát về Abaqus.....	18
1.2.1 Giới thiệu về phương pháp phần tử hữu hạn (FEM)	18
1.2.2 Các bước giải bài toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn.....	20
1.2.3 Lực, ứng suất và chuyển vị.....	20
1.2.4 Giới thiệu về Abaqus.....	21
1.2.5 Các cửa sổ chính ABAQUS/CAE.....	22
1.3 Tối ưu hóa hình dạng.....	25
CHƯƠNG 2: PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ.....	26
2.1 Yêu cầu thiết kế.....	26
2.2 Phương án thiết kế.....	26
2.2.1 Phương án 1	26
2.2.2 Phương án 2	27
2.3 Lựa chọn phương án.....	29
2.4 Lựa chọn vật liệu.....	29
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ VÀ TỐI ƯU.....	30
3.1 Nguyên lý hoạt động	30
3.2 Thiết kế và tối ưu	31
3.2.1 Thiết kế.....	31
3.2.2 Tối ưu	36
3.3 Kết quả mô phỏng	39
CHƯƠNG 4: CHẾ TẠO – KIỂM TRA VÀ HƯỚNG ỨNG DỤNG	44
4.1 Chế tạo.....	44
4.1.1 Vật liệu	44
4.1.2 Chế tạo.....	45
4.2 Kiểm tra	47
4.2.1 Máy thí nghiệm cơ cấu đàn hồi	47
4.2.2 Kiểm tra	48
4.3 Hướng ứng dụng	51
CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN.....	55
5.1 Kết luận.....	55
5.2 Hướng phát triển của đề tài	56
TÀI LIỆU THAM KHẢO	57

PHỤ LỤC 1. Các công bố liên quan đến đề tài

PHỤ LỤC 2. Hướng dẫn cao học (Quyết định, bằng tốt nghiệp)

PHỤ LỤC 3. Bản sao thuyết minh đề tài đã được phê duyệt

DANH MỤC CÁC BẢNG

BẢNG	Trang
Bảng 3.1. Giới hạn tọa độ của các điểm điều khiển.....	33
Bảng 3.2. Mô hình toán học của bài toán tối ưu	34
Bảng 3.3. Các thông số mô phỏng cơ cấu	36
Bảng 3.4. Giá trị tối ưu hóa của các biến thiết kế.....	37

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

- CAD : Computer Aided Design
- CAE : Computer Aided Engineering
- CFM : Constant-Force Mechanism
- CM : Compliant Mechanism
- FEM : Finite Element Method
- MEMS : MicroElectroMechanical Systems
- POM : PolyOxyMethylene

DANH MỤC CÁC HÌNH

HÌNH	Trang
Hình 1. Cơ cấu đàn hồi trong các sản phẩm MEMS (Howell, 2001)	2
Hình 2. Cơ cấu CFM cấu tạo từ ba lò xo (Howell, 2001)	2
Hình 3. CFM sử dụng cơ cấu nén a) Sơ đồ cơ cấu b) Thiết kế cụ thể	3
Hình 4. Cơ cấu khuếch đại vi sai	4
Hình 5. Cơ cấu dẫn động với độ phân giải micro	5
Hình 6. Khớp chân giả sử dụng cơ cấu đàn hồi	5
Hình 7. Một số cơ cấu truyền thống	6
Hình 8. Kim cộng lực dùng cơ cấu đàn hồi	7
Hình 9. Cơ cấu trượt có lực đầu ra không đổi	8
Hình 10. Cơ cấu CFM khi tách rời (Boyle, 2001)	8
Hình 11. Một cơ cấu CFM	9
Hình 12. Cơ cấu CFM được lắp vào máy mài thủy tinh	9
Hình 13. Tổng hợp các cơ cấu CFM (Howell, 2001)	10
Hình 1.1. Các dạng đường cong Bezier (Nguyễn Hữu Lộc, 2010)	15
Hình 1.2. Đồ thị hàm cơ sở của đường cong Bezier bậc ba	16
Hình 1.3. Cửa sổ lựa chọn Start Session của ABAQUS/CAE 6.13-1	23
Hình 1.4. Giao diện ABAQUS/CAE 6.13-1	24
Hình 1.5. Cơ cấu đàn hồi	25
Hình 1.6. Cơ cấu đàn hồi sau khi được tối ưu hóa	25
Hình 2.1. Mô hình cơ cấu CFM cấu tạo từ các khâu thành phần	26
Hình 2.2. Mô hình 3D của cơ cấu CFM cấu tạo từ các khâu thành phần	27
Hình 2.3. Mô hình cơ cấu CFM có cấu tạo nguyên khối	28

Hình 2.4. Mô hình 3D của cơ cấu CFM có cấu tạo nguyên khối	28
Hình 3.1. Mô hình CAD của cơ cấu CFM.....	30
Hình 3.2. Vị trí hoạt động của cơ cấu CFM	30
Hình 3.3. Sơ đồ các điểm điều khiển của một CFM.....	32
Hình 3.4. Phạm vi giới hạn tọa độ các điểm điều khiển	34
Hình 3.5. Mô hình chia lưới phần tử dạng thanh trong FEM.....	35
Hình 3.6. Thứ tự các nút trong FEM.....	35
Hình 3.7. Thứ tự các biến thiết kế.....	36
Hình 3.8. Biểu đồ quá trình tối ưu hóa.....	38
Hình 3.9. Kết quả mô phỏng bằng phần tử 2D của cơ cấu CFM	39
Hình 3.10. Kết quả mô phỏng bằng phần tử soild 3D của cơ cấu CFM.....	40
Hình 3.11. Biểu đồ lực, ứng suất - chuyển vị.....	40
Hình 3.12. Biểu đồ năng lượng - chuyển vị	41
Hình 3.13. Sơ đồ bố trí thí nghiệm.....	42
Hình 4.1. Nhựa POM.....	45
Hình 4.2. Bản vẽ thiết kế 2D	45
Hình 4.3. Bản vẽ thiết kế 3D	46
Hình 4.4. Cơ cấu CFM sau khi được gia công.	46
Hình 4.5. Cấu tạo máy thí nghiệm đàn hồi.....	47
Hình 4.6. Mô hình gá cơ cấu CFM vào máy thí nghiệm đàn hồi	48
Hình 4.7. Mô hình cơ cấu CFM khi chưa bị nén	49
Hình 4.8. Mô hình cơ cấu CFM khi bị nén.....	49
Hình 4.9. Biểu đồ lực - chuyển vị cơ cấu CFM khi kiểm tra thực nghiệm	50
Hình 4.10. Mô hình cơ cấu CFM 2 lớp	51
Hình 4.11. Mô hình cánh tay máy điện hình	52

Hình 4.12. Mô hình cơ cấu CFM được lắp vào cánh tay máy	52
Hình 4.13. Mô hình cơ cấu kẹp ứng dụng cơ cấu CFM.....	53
Hình 4.14 Cơ cấu vi gấp sử dụng cơ cấu đàn hồi a) Mô hình thiết kế b) Mô hình kiểm tra (Lo et al., 2013).....	54

Tp. HCM, ngày 8 tháng 3 năm 2017

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: *Nghiên cứu ứng dụng cơ cấu đàn hồi với lực đầu ra không đổi*
- Mã số: T2016-26TĐ
- Chủ nhiệm: TS. Phạm Huy Tuấn
- Cơ quan chủ trì: Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
- Thời gian thực hiện: 12 tháng (từ tháng 1/2016 đến tháng 3/2017)

2. Mục tiêu:

- Ngày nay, với sự phát triển nhanh của khoa học và kỹ thuật nhiều thiết bị máy móc hiện đại được ra đời. Trong đó một số thiết bị máy móc trong sản xuất đòi hỏi phải có một nguồn đầu ra luôn ổn định như các cơ cấu tay siết có thể điều chỉnh được lực đầu ra, các van điều áp nhằm điều chỉnh dòng áp suất đầu ra luôn ổn định, thiết bị đóng nắp tự động, thiết bị chống quá tải. Tuy nhiên các cơ cấu này thường được kết nối với nhau bằng các khớp cứng do đó khi hoạt động sẽ có rung động gây ra ma sát, chóng bị mài mòn, tốn chi phí lắp ráp và bảo trì.
- Trên cơ sở đó, mục tiêu của đề tài này là:
 - ✓ Tổng hợp được cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi;
 - ✓ Kết cấu phải có khả năng giảm thời gian lắp ráp của các khớp lại với nhau và loại bỏ được ma sát sinh ra khi các khớp hoạt động;
 - ✓ Tăng hiệu năng hoạt động của cơ cấu.
 - ✓ Đưa ra hướng ứng dụng cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi vào các thiết bị đầu cuối cánh tay máy.

3. Tính mới và sáng tạo:

- Cơ cấu đàn hồi là một dạng cơ cấu mới đang được nghiên cứu rộng rãi với ưu điểm đơn giản nhưng có độ chính xác rất cao do không có sự chuyển động tương đối giữa các khâu. Một dạng của cơ cấu này là cơ cấu đàn hồi với lực đầu ra không đổi có thể giúp đảm bảo sự ổn định của lực tác dụng nhưng không cần sử dụng bất kỳ thiết bị cảm biến hay các chương trình điều khiển nào. Việc sử dụng cơ cấu này sẽ giúp làm đơn giản thiết bị nhằm làm tăng độ tin cậy khi sử dụng.

4. Kết quả nghiên cứu:

- Đề tài đã đề xuất một thiết kế cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi trên cơ sở tối ưu hóa biên dạng bằng giải thuật di truyền. Một cơ cấu CFM được cấu tạo dựa trên các đường cong tham số Cosin và Bezier. Sản phẩm thiết kế của tác giả có cấu tạo nguyên khối làm bằng vật liệu POM (Polyoxymethylen) mà không dùng các khớp động nên không cần phải bôi trơn khi hoạt động và có độ chính xác cao. Khi cơ cấu hoạt động luôn tạo ra được một lực đầu ra không đổi trong một phạm vi tương ứng với chuyển vị đầu vào. Cơ cấu có thể tích trữ năng lượng đàn hồi để sau đó phân phối phần năng lượng này trong quá trình làm việc sao cho phản lực tác dụng lên cơ cấu là không đổi. Cơ cấu tạo ra một lực đầu ra gần như liên tục $F_{tb} = 27,8$ N trong khoảng chuyển vị từ 7,0 mm đến 13,6 mm.
- Cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi được chế tạo trên máy CNC đã được kiểm tra thực nghiệm trên máy thí nghiệm đàn hồi và đã chứng minh được lực đầu ra của cơ cấu là gần như không đổi (đo phản lực của cơ cấu).

5. Sản phẩm:

5.1 Sản phẩm khoa học

- [1]. **Phạm Huy Tuấn**, Nguyễn Hà Ngọc Hiếu, Lê Minh Nhật, 2015, “Nghiên cứu thiết kế cơ cấu đàn hồi với lực đầu ra không đổi ứng dụng trong thiết bị đầu cuối cánh tay máy,” *Hội nghị Khoa học- Công nghệ toàn quốc về Cơ khí (lần thứ 4)*, ngày 6/11/2015, Tp.HCM, pp. 79-86.
- [2]. **Pham Huy Tuan** and Nguyen Ha Ngoc Hieu, 2016, “Shape Optimization and Fabrication of a Compliant Constant-Force Mechanism,” *J. Science & Technology: Technical Universities*, Vol. 115, (Accepted).

5.2 Sản phẩm đào tạo:

Hướng dẫn thành công 1 học viên cao học

- Tên học viên : *Nguyễn Hà Ngọc Hiếu*
- Ngành : *Kỹ thuật cơ khí* Khóa: 2014-2016(A)
- Tên đề tài : *“Nghiên cứu ứng dụng cơ cấu đàn hồi với lực đầu ra không đổi trong thiết bị đầu cuối cánh tay máy”*
- Điểm : *9.3 (Chín ba)*

5.3 Sản phẩm ứng dụng

- Sản phẩm ứng dụng là mô hình cơ cấu CFM tạo ra một lực đầu ra gần như liên tục $F_{ib} = 27,8$ N trong khoảng chuyển vị từ 7,0 mm đến 13,6 mm. Cơ cấu đã được kiểm tra thực nghiệm trên máy thí nghiệm đàn hồi và đã chứng minh được lực đầu ra của cơ cấu là gần như không đổi.

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

- Về giáo dục và đào tạo: Ở Việt Nam hiện nay, việc nghiên cứu về cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi vẫn chưa được nghiên cứu rộng rãi và hướng phát triển chưa nhiều. Việc nghiên cứu đề tài này sẽ giúp hoàn thiện các hướng nghiên cứu về lĩnh vực này. Từ đó tạo được một phần tài liệu tham khảo cho các nghiên cứu tiếp theo đồng thời sớm đưa nghiên cứu phổ biến ở nước ta trong thời gian tới.

p Trưởng Đơn vị

(ký, họ và tên)

PGS.TS. Trương Nguyễn Luân Vũ

Chủ nhiệm đề tài

TS. Phạm Huy Tuấn

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: *Design a compliant constant force mechanism for robotic applications*

Code number: T2016-26TĐ

Coordinator: Pham Huy Tuan (*Ph.D.*)

Implementing institution: HCMC University of Technology and Education

Duration: from January 2016 to March 2017

2. Objective(s):

This research aims to synthesize a compliant constant force mechanism (CFM) that are:

- ✓ The output force of the mechanism is constant in a prescribed working range.
- ✓ The mechanism should be simple, reduction in part count, reduced wear and need for lubrication, light weight, increased precision since backlash is eliminated, therefore ease of miniaturize.
- ✓ The mechanism should be integrated into an end-effector of a robot to implement certain tasks.

3. Creativeness and innovativeness:

- Compliant mechanism (CM) is a new class of mechanism that is widely studied in the world because of its advantage: reduction in part count, reduced wear and need for lubrication, light weight, increased precision since backlash is eliminated, therefore ease of miniaturize. CFM is a special compliant mechanism that could provide a constant output force without using any sophisticated sensors and control system. The development of this mechanism would help to simply the structure therefore increase the reliability of the whole system.

4. Research results:

- This study demonstrates the design methodology for a compliant CFM which could be integrated into a robot end-effector. This design takes a lot of advantages from

the compliant mechanism: minimization, no friction and abrasion, cost reduction for assembly and maintenance. The design process is implemented via a shape optimization scheme using parameter Bezier curves and cosine curves and genetic algorithm. Based on the optimum design, a prototype of the CFM was fabricated using the CNC milling machining method. In order to verify for the simulated results, an experiment was also set up. The measured results shows good agreement with the calculated force - displacement curve. The results of the research will facilitate the application of compliant mechanism in robot design and some other fields of automation and mechanical engineering.

5. Products:

5.1 Science product

- [1]. *Phạm Huy Tuân*, Nguyễn Hà Ngọc Hiếu, Lê Minh Nhật, 2015, “Nghiên cứu thiết kế cơ cấu đàn hồi với lực đầu ra không đổi ứng dụng trong thiết bị đầu cuối cánh tay máy,” *Hội nghị Khoa học- Công nghệ toàn quốc về Cơ khí (lần thứ 4)*, ngày 6/11/2015, Tp.HCM, pp. 79-86.
- [2]. *Pham Huy Tuan* and Nguyen Ha Ngoc Hieu, 2016, “Shape Optimization and Fabrication of a Compliant Constant-Force Mechanism,” *J. Science & Technology: Technical Universities*, Vol. 115, (Accepted).

5.2 Education product:

- Successfully supervised a graduate student.

5.3 Application product:

- The application product is a fabricated CFM that could produce a constant output force $F_{tb} = 27,8$ N in a working range from 7.0mm to 13.6mm.

6. Effects, transfer alternatives of research results and applicability:

- Education and training effectiveness: currently in Vietnam, the research of CM is still not popular so it has not been widely applied. The successful of this research would provide practical reference documents and open the gate for other researchers.

PHẦN A. TỔNG QUAN

1. Tổng quan chung về lĩnh vực nghiên cứu, các nghiên cứu trong và ngoài nước đã công bố

1.1. Các nghiên cứu trong và ngoài nước

1.1.1. Các nghiên cứu ngoài nước

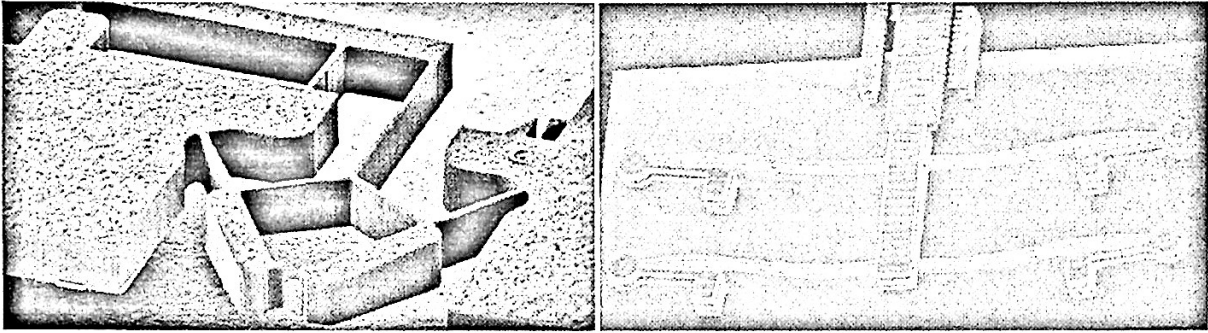
Trong các năm gần đây các phương pháp thiết kế, phân tích và ứng dụng cơ cấu đàn hồi đã được nghiên cứu rộng rãi. Atanackovic và Cveticanin (1996) đã phát triển phương trình vi phân từng phần qua đó mô phỏng quá trình tương tác của một cơ cấu gắn con lăn. Wang (1997) đã nghiên cứu thiết lập một phương trình động năng để mô tả sự hoạt động của một cơ cấu liên kết bốn thanh đàn hồi. Năm 2000, Panza công bố một hàm phi tuyến phương trình vi phân của một cơ cấu đàn hồi, cơ cấu kết hợp khối lượng và ma sát với hiệu ứng giảm xóc.

Trong ứng dụng kỹ thuật tổng hợp, Jenuwine và Midha (1989) xây dựng và phát triển một hằng số chính xác cho cơ cấu kết hợp lò xo tuyến tính và liên kết cứng. Năm 1996 Millar, et al, đã trình bày một nghiên cứu về cơ cấu có lực không đổi về lý thuyết cơ cấu với ba cấu hình.

Cơ cấu đàn hồi là cơ cấu để truyền hay thay đổi chuyển động của lực hay năng lượng. Cơ cấu đàn hồi thực hiện ít nhất một hoặc nhiều chuyển động của mình nhờ sự biến dạng của các khâu đàn hồi chứ không dựa vào các khớp động. Do được cấu tạo bởi các khâu đàn hồi nên khi hoạt động sẽ loại bỏ được lực ma sát, mài mòn, giảm sự rung động và tiếng ồn, tiết kiệm được chi phí lắp ráp, tăng độ chính xác và giảm chi phí bôi trơn cho cơ cấu khi hoạt động. So với cơ cấu truyền thống thì cơ cấu đàn hồi có ưu điểm về trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ nên được ứng dụng nhiều trong hệ thống hàng không, gia tốc kế dạng khóa (latching accelerometer), relay điện, hệ thống vi cơ điện tử MEMS (MicroElectroMechanical Systems) (Howell, 2001).

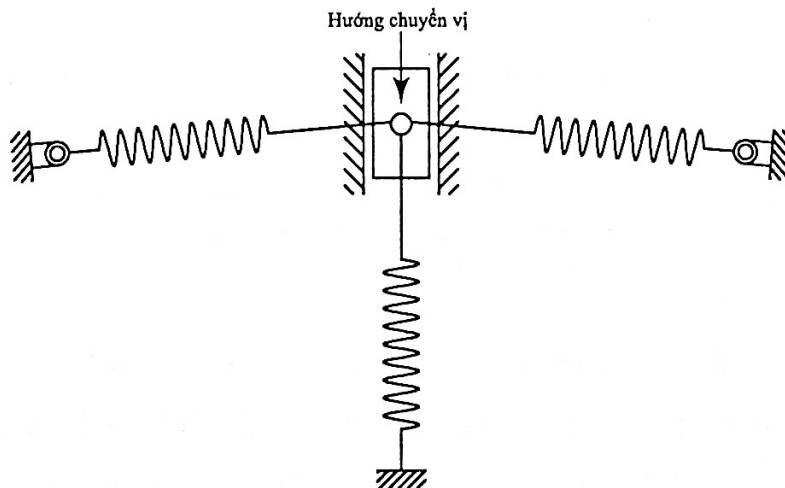
Các cơ cấu đàn hồi ứng dụng trong hệ thống vi cơ điện tử (MEMS), Sridhar Kota (2001) tập trung nghiên cứu thiết kế các cơ cấu đàn hồi không có khớp động, có

chuyển động lắc nhỏ, các cơ cấu có công dụng khuếch đại lực, chuyển vị và được ứng dụng vào MEMS (Kota, et al, 2001).



Hình 1. Cơ cấu đàn hồi trong các sản phẩm MEMS (Howell, 2001)

Trong quá trình sản xuất đặc biệt là trong lĩnh vực tự động hóa và robot, để kiểm soát được lực truyền động giữa cánh tay máy và thiết bị đầu cuối cần có một cảm biến. Những thiết bị cảm biến và hệ thống điều khiển tích hợp vào cơ cấu thường làm tăng chi phí, phức tạp hóa hệ thống, khó bảo trì. Để khắc phục những nhược điểm này một số tác giả đã nghiên cứu cơ cấu có lực đầu ra không đổi (Constant-Force Mechanism, CFM) nhằm cung cấp một lực đầu ra gần như không đổi trong một phạm vi chuyển vị đầu vào (Howell, 2001). Hình 2 là một cơ cấu CFM tổng hợp từ ba lò xo được bố trí để tạo nên các độ cứng âm và dương khác nhau.

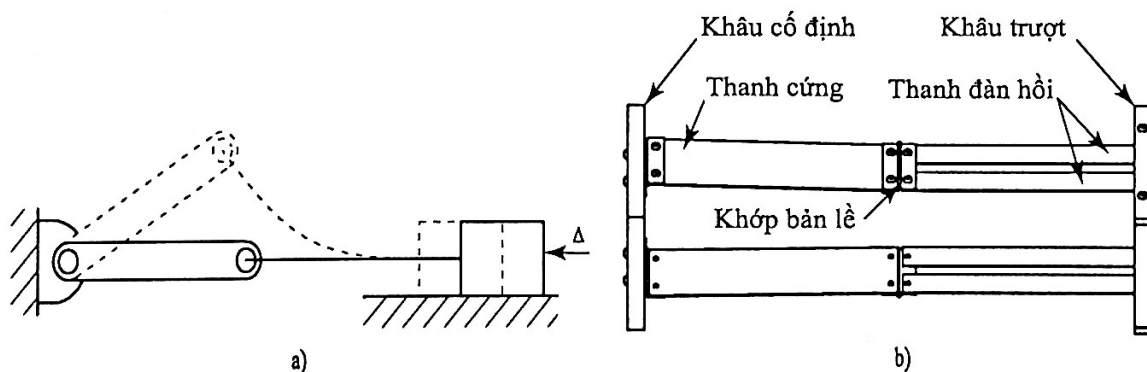


Hình 2. Cơ cấu CFM cấu tạo từ ba lò xo (Howell, 2001)

Cơ cấu có lực đầu ra không đổi có lợi trong các ứng dụng đòi hỏi phải có một lực không đổi được áp dụng cho một hệ thống cần lực đầu ra ổn định hoặc các chi

tiết trong quá trình mài, hàn, lắp ráp... Trong quy trình sản xuất có liên quan đến công cụ thay đổi đường kính như mài, kẹp hoặc van an toàn, van điều áp để duy trì một hệ thống ở áp suất liên tục. Cơ cấu có lực đầu ra không đổi có nhiều ưu điểm khi đưa vào ứng dụng cho các cơ cấu chấp hành vì nó tạo ra được một lực luôn luôn ổn định trong suốt quá trình sản xuất. Công trình nghiên cứu của Brent Lewis Weight (2001) đưa ra một quá trình thiết kế, phương pháp để xác định các cơ cấu đàn hồi cho một thiết kế được đưa ra và các mối quan hệ giữa các biến trong cơ cấu đàn hồi. Tác giả chỉ dựa trên các dạng cơ cấu đã được tổng hợp mà chưa xây dựng được biên dạng khối cho cơ cấu mới chính vì vậy các cơ cấu vẫn còn phải lắp ráp lại thông qua các khâu cứng (Weight, 2001).

Để giảm số lượng thành phần cấu tạo của một cơ cấu có lực đầu ra không đổi, nhóm tác giả Boyle và công sự (2003) đã nghiên cứu một cơ cấu nén có lực không đổi bằng cách sử dụng thanh lò xo lá lắp ráp với nhau bởi các khớp bản lề (Hình 3) (Boyle, et al, 2003). Pedersen, et al, đã sử dụng cấu trúc liên kết và tối ưu hóa kích thước để thiết kế một cơ cấu truyền tải có hệ số lực đầu ra là liên tục (Pedersen, et al, 2006). Meaders và Mattson đã tối ưu hóa hình dạng của lò xo có lực không đổi ứng dụng trong các tiếp điểm tiếp xúc điện (Meaders, et al, 2010).



Hình 3. CFM sử dụng cơ cấu nén (a) Sơ đồ cơ cấu (b) Thiết kế cụ thể

Tuy nhiên khi hoạt động thì cơ cấu trên tạo ra ma sát, mài mòn, giảm hiệu suất, làm tăng khe hở. Để khắc phục một số nhược điểm trên thì Chao-Chieh Lan và Yi-Ho Chen đã thiết kế một cơ cấu CFM ứng dụng cơ cấu đàn hồi có cấu tạo nguyên khối cho cánh tay máy để điều khiển cơ cấu chấp hành qua đó có thể thay đổi được chỉ số của lực đầu ra cho phù hợp với từng sản phẩm khác nhau. Trong nghiên cứu

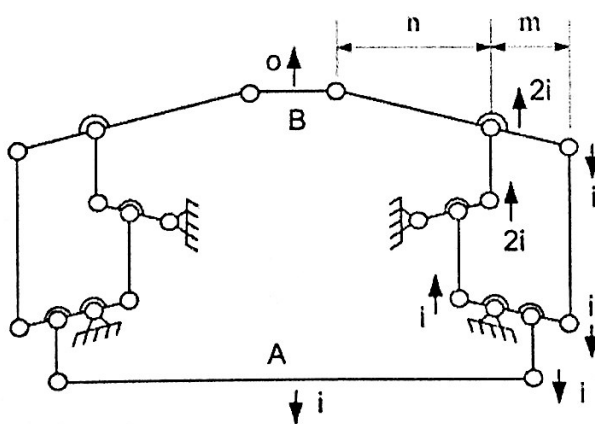
đó, các tác giả đã kết hợp một cơ cấu song ổn định có độ cứng phi tuyến với một lò xo tuyến tính. Việc hiệu chỉnh độ nén ban đầu của lò xo tuyến tính giúp cơ cấu có thể thay đổi được độ lớn của lực (Chao-Chieh Lan, et al, 2010; Yi-Ho Chen, et al, 2012).

Năm 2014 Minhaz Ur Rahman và Hong Zhou đã đưa ra một biên dạng của cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi trên cơ sở tối ưu hóa các thông số của đường cong spline (Rahman, Zhou, 2014). Nhưng tác giả chỉ dừng lại ở phạm vi tính toán và mô phỏng mà chưa đi đến kiểm tra thực nghiệm trên cơ cấu thực.

1.1.2. Các nghiên cứu trong nước

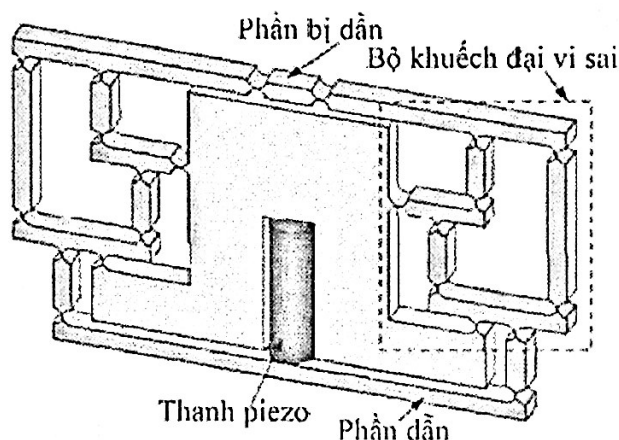
Cơ cấu đàn hồi có phạm vi ứng dụng rất rộng rãi trong thực tế sản xuất như: trong truyền động chính xác (dưới micromet), cơ cấu kẹp hay cơ cấu định vị... Tuy nhiên các hướng nghiên cứu về cơ cấu đàn hồi cũng như ứng dụng của cơ cấu này ở nước ta còn nhiều hạn chế có rất ít đề tài nghiên cứu về cơ cấu này và đặc biệt về tài liệu chuyên khảo về cơ cấu đàn hồi ở Việt Nam còn nhiều hạn chế.

Nhưng đặc biệt trong những năm gần đây một nhóm tác giả đã bước đầu đi sâu vào nghiên cứu, thiết kế cũng như hướng ứng dụng của cơ cấu này. Năm 2008 Phạm Huy Hoàng và cộng sự đã đưa ra thiết kế cơ cấu dẫn động với độ phân giải micron, nhóm tác giả đã trình bày việc thiết kế một cơ cấu tác động cho chuyển động thẳng có độ phân giải micro có khả năng tải và khoảng di chuyển lớn dựa trên kết hợp thanh piezo nhiều lớp, phần dẫn, bộ phận khuếch đại vi sai (Hình 4) và phần bị dẫn.



Hình 4. Cơ cấu Khuếch đại vi sai

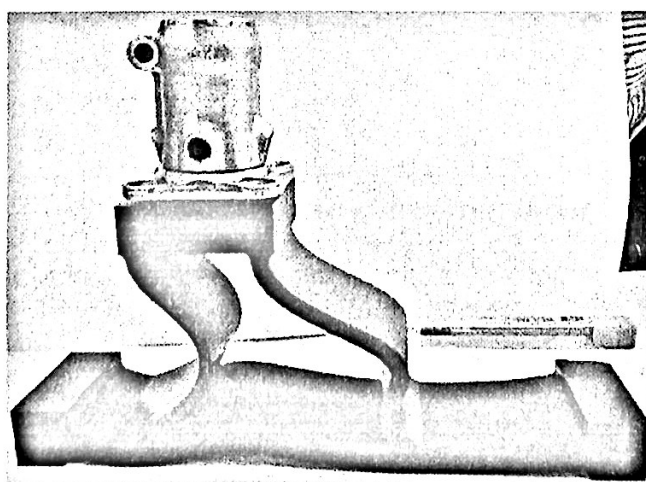
Cơ cấu dẫn động với độ phân giải micro (Hình 5) có dạng liên khối và rất cần thiết trong các lĩnh vực nghiên cứu mũi nhọn như : gia công chính xác, cáp quang, công nghệ sinh học, công nghệ y sinh... (Phạm Huy Hoàng, Trần Văn Thùy, 2008).



Hình 5. Cơ cấu dẫn động với độ phân giải micro

Năm 2013 một nghiên cứu của nhóm tác giả Phạm Minh đã nghiên cứu, thiết kế, mô phỏng cơ cấu ăn dao bằng cơ cấu đàn hồi sử dụng trong máy CNC, nhưng kết quả nghiên cứu chỉ giới hạn ở việc tính toán, mô phỏng mà chưa đi sâu nghiên cứu thực nghiệm (Phạm Minh Tuấn 2013).

Năm 2014 nhóm tác giả Phạm Huy Tuấn và cộng sự đã phát triển một phương pháp thiết kế mới cùng với một công cụ chế tạo đơn giản cho khớp mắt cá chân giả dựa trên nền tảng của cơ cấu đàn hồi và giải thuật di truyền. Khớp chân giả có cấu tạo nguyên khối và có khả năng tích trữ và giải phóng năng lượng (Hình 6) (Phạm Huy Tuan 2014).



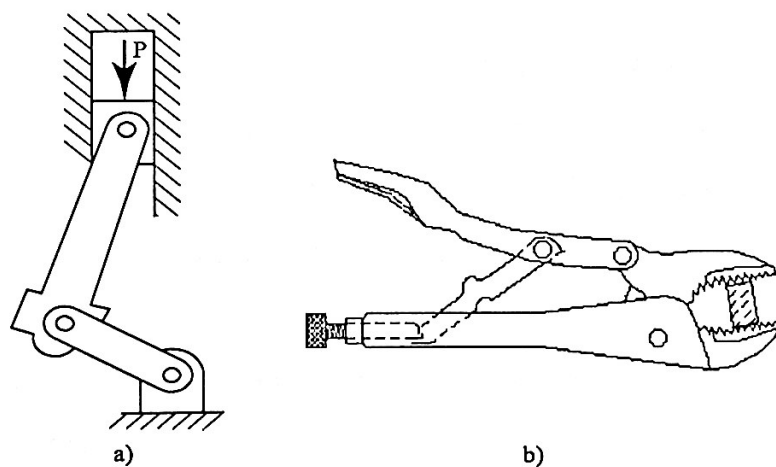
Hình 6. Khớp chân giả sử dụng cơ cấu đàn hồi

Riêng đối với cơ cấu đàn hồi có lực đầu ra không đổi tác giả Lê Hoài đã xây dựng và tìm ra mối quan hệ giữa vị trí chuyển vị con trượt theo thời gian, mối quan hệ giữa lực theo thời gian qua đó chứng minh được lực đầu ra của cơ cấu là không đổi (Lê Hoài, 2014). Tuy nhiên công trình nghiên cứu trên chỉ dừng lại ở quá trình phân tích động lực học của cơ cấu mà chưa đưa ra được một mô hình cơ cấu thực tế.

Do đó đề tài nghiên cứu này của tác giả sẽ giúp giải quyết được một số thiếu sót mà các đề tài nghiên cứu trước đây chưa làm được.

1.2. Định nghĩa cơ cấu

Cơ cấu là một thiết bị cơ khí dùng để truyền hay thay đổi chuyển động, lực hay năng lượng. Các dạng cơ cấu truyền thống (rigid body mechanisms) là những cơ cấu cứng mà bao gồm các liên kết cứng được kết nối bằng các khớp động học (Kinematic joints). Ví dụ như cơ cấu Hình 7, Hình 7(a) là cơ cấu động cơ piston cơ cấu có chức năng biến chuyển động tịnh tiến và lực của đầu vào thành chuyển động quay và mômen của đầu ra và Hình 7(b) là cơ cấu kìm cộng lực cũng được cấu tạo từ cơ cấu cứng truyền thống (Howell, 2001).



Hình 7. Một số cơ cấu truyền thống

a) Cơ cấu của động cơ piston , b) Cơ cấu kìm cộng lực

Cơ cấu đàn hồi (compliant mechanisms) cũng được dùng để truyền một hoặc vài chuyển động, lực hay năng lượng như các cơ cấu cứng truyền thống nhưng sự truyền chuyển động của cơ cấu đàn hồi lại dựa trên sự biến dạng của các khâu đàn hồi (flexible members) chứ không chỉ dựa vào các khớp động. Cơ cấu đàn hồi có thể

