

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA CƠ - ĐIỆN

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VỀ CƠ KHÍ - ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

*National Conference on Mechanical, Electrical, Automation Engineering
(MEAE2025)*



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

KHOA CƠ – ĐIỆN

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VỀ
CƠ KHÍ - ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

*National Conference on Mechanical, Electrical, Automation
Engineering*

(MEAE2025)

VỚI CHỦ ĐỀ :

“CÔNG NGHỆ VÀ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO”

LỜI NÓI ĐẦU

Trong bối cảnh khoa học – công nghệ phát triển nhanh chóng và đóng vai trò trung tâm trong quá trình chuyển đổi công nghiệp, các lĩnh vực Cơ khí, Điện, Tự động hóa và Năng lượng tái tạo đang ngày càng khẳng định tầm quan trọng đối với sự phát triển bền vững của quốc gia. Những yêu cầu mới về tối ưu hóa năng lượng, tự động hóa hệ thống, ứng dụng trí tuệ nhân tạo và khai thác các nguồn năng lượng sạch đặt ra nhiệm vụ cấp thiết cho cộng đồng nghiên cứu trong nước phải không ngừng đổi mới tư duy và phương pháp tiếp cận.

Nhằm thúc đẩy trao đổi học thuật, công bố kết quả nghiên cứu và tăng cường liên kết giữa cơ sở đào tạo – viện nghiên cứu – doanh nghiệp, Trường Đại học Mở – Địa chất phối hợp với các đơn vị tổ chức Hội nghị khoa học toàn quốc về Cơ khí, Điện và Tự động hóa năm 2025 (MEAE2025) với chủ đề “Công nghệ và năng lượng tái tạo”. Hội nghị là diễn đàn khoa học uy tín, nơi tập hợp các công trình nghiên cứu mới, các giải pháp công nghệ tiên tiến và các hướng tiếp cận hiện đại trong bối cảnh chuyển dịch năng lượng và phát triển xanh.

Ban Tổ chức tin rằng Tuyển tập công trình khoa học MEAE2025 sẽ là nguồn tư liệu có giá trị, phản ánh nỗ lực nghiên cứu nghiêm túc, mang tính học thuật và ứng dụng cao của đội ngũ các nhà khoa học Việt Nam. Các kết quả được công bố tại Hội nghị không chỉ đóng góp cho tri thức chung, mà còn gợi mở nhiều định hướng quan trọng phục vụ đào tạo, nghiên cứu và chuyển giao công nghệ.

Thay mặt Ban Tổ chức, chúng tôi xin trân trọng cảm ơn Đảng ủy, Hội đồng Trường, Ban Giám hiệu Trường Đại học Mở – Địa chất; các cơ quan, đơn vị phối hợp; các tác giả, nhà khoa học, nhà phản biện và doanh nghiệp đã đồng hành, hỗ trợ và đóng góp thiết thực cho sự thành công của Hội nghị.

Trân trọng.

TM. BAN TỔ CHỨC



PGS.TS Khổng Cao Phong

BAN TỔ CHỨC

1. GS.TS Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Trưởng ban
2. PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Phó Trưởng ban
3. PGS.TS Khổng Cao Phong, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Phó Trưởng ban
4. PGS.TS Triệu Hùng Trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
5. PGS.TS Nguyễn Ngọc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
6. TS Ngô Thanh Tuấn, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
7. PGS.TS Nguyễn Văn Xô, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
8. PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
9. PGS.TS Nguyễn Đức Khoát, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
10. PGS.TS Đỗ Như Ý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
11. TS Nguyễn Thạc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
12. TS Phạm Thị Thủy, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
13. ThS Hà Văn Thủy, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
14. PGS.TS Trịnh Trọng Chương, Trường ĐH Công nghiệp Hà Nội	Ủy viên
15. TS Lê Anh Tuấn, Trường ĐH Công nghiệp Hà Nội	Ủy viên
16. PGS.TS Đỗ Anh Tuấn, Công ty CP Kỹ thuật Công nghiệp Á Châu	Ủy viên
17. GS.TS Đinh Văn Chiến, Hội khoa học và công nghệ mỏ Việt Nam	Ủy viên
18. TS Tạ Ngọc Hải, Hội khoa học và công nghệ mỏ Việt Nam	Ủy viên
19. PGS.TS Bùi Minh Định, Đại học Bách Khoa Hà Nội	Ủy viên
20. TS Trịnh Minh Hoàng, Đại học Bách Khoa Hà Nội	Ủy viên
21. PGS.TS Lê Thu Quý, Viện Nghiên cứu Cơ khí	Ủy viên
22. TS Nguyễn Lâm Khánh, Trường ĐH Giao thông vận tải	Ủy viên
23. TS Bùi Thanh Danh, Trường ĐH Giao thông vận tải	Ủy viên
24. TS Đỗ Trung Hiếu, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - TKV	Ủy viên
25. Ông Đoàn Việt Tuấn, Công ty than Mạo Khê – TKV	Ủy viên

BAN KHOA HỌC

1. GS.TS Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Trưởng ban
2. PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Phó Trưởng ban
3. PGS.TS Khổng Cao Phong, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Phó Trưởng ban
4. TS Ngô Thanh Tuấn, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
5. PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
6. PGS.TS Nguyễn Đức Khoát, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
7. PGS.TS Nguyễn Văn Xô, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
8. PGS.TS Đỗ Như Ý, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
9. TS Nguyễn Thạc Khánh, Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên

- | | |
|--|---------|
| 10. TS. Phạm Thị Thủy, Trường Đại học Mỏ - Địa chất | Ủy viên |
| 11. PGS.TS Trịnh Trọng Chương, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội | Ủy viên |
| 12. TS Nguyễn Lâm Khánh, Trường ĐH Giao thông vận tải | Ủy viên |
| 13. PGS.TS Đỗ Anh Tuấn, Công ty CP Kỹ thuật Công nghiệp Á Châu | Ủy viên |
| 14. GS.TS Đinh Văn Chiến, Hội khoa học và công nghệ mỏ Việt Nam | Ủy viên |

BAN BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| 1. PGS.TS Khổng Cao Phong | Trưởng ban |
| 2. TS Ngô Thanh Tuấn | Phó trưởng ban |
| 3. PGS.TS Nguyễn Viết Nghĩa | UV |
| 4. TS Nguyễn Thạc Khánh | Ủy viên |
| 5. PGS.TS Đặng Văn Chí | Ủy viên |
| 6. TS Phạm Thị Thủy | Ủy viên |
| 7. PGS.TS Đỗ Như Ý | Ủy viên |
| 8. PGS.TS Nguyễn Văn Xô | Ủy viên |
| 9. CV Trịnh Trọng An | Ủy viên |

BAN THƯ KÝ

- | | |
|---------------------------|----------------|
| 1. TS Ngô Thanh Tuấn | Trưởng ban |
| 2. TS Hồ Việt Bun | Phó Trưởng ban |
| 3. TS Phạm Thị Thanh Loan | Ủy viên |
| 4. ThS Nguyễn Tiến Sĩ | Ủy viên |
| 5. ThS Nguyễn Thanh Tùng | Ủy viên |
| 6. ThS Trần Việt Linh | Ủy viên |

BAN LỄ TÂN

- | | |
|-------------------------|----------------|
| 1. TS Đoàn Công Luận | Trưởng ban |
| 2. TS Đỗ Đức Thành | Phó Trưởng ban |
| 3. ThS Uông Quang Tuyến | Ủy viên |
| 4. CV Đào Thị Hiền | Ủy viên |
| 5. CV Nguyễn Thị Liên | Ủy viên |
| 6. ThS Đào Thị Thủy | Ủy viên |
| 7. KS Lê Thị Hồng Thắng | Ủy viên |

MỤC LỤC

1. Năng lượng tái tạo - Thực trạng và định hướng tương lai.....	1
2. Ứng dụng phương pháp số mô phỏng cogging torque của LSPMSM có xét đến ảnh hưởng của rãnh nghiêng Stato	5
3. Tối ưu hóa tham số bộ điều khiển lực khoan trên máy CNC bằng thuật toán di truyền.....	10
4. Tối ưu hóa tham số bộ điều khiển vị trí trên máy CNC bằng thuật toán di truyền	15
5. Giải pháp xử lý tự động quan trắc độ nghiêng lệch trụ điện gió trên bờ bằng máy toàn đạc không gương	20
6. Ảnh hưởng tổng trở sóng của cột tới quá điện áp sét trên đường dây truyền tải 220 kV ...	27
7. Tối ưu hoá tham số thiết kế trong Ansys Mechanical	35
8. Lắp đặt chống sét van kết hợp với cải thiện hệ thống nối đất nâng cao hiệu quả chống sét cho đường dây trung áp trên không tại Việt Nam	39
9. Tối ưu hóa thông số bộ lọc sóng hài của bộ biến đổi nguồn năng lượng mặt trời công suất nhỏ kết nối với lưới điện hạ áp.....	46
10. Phân tích ứng suất, biến dạng của lõi rèn trong quá trình rèn biên dạng rãnh xoắn.....	52
11. Mạng nơ-ron tích hợp vật lý: tổng quan và ứng dụng trong công nghiệp năng lượng, quốc phòng và hàng không vũ trụ	55
12. Thiết kế bộ điều khiển lqr cho động cơ dc ứng dụng thuật toán tối ưu FA.....	61
13. Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày lớp đệm và lớp hấp thụ của pin mặt trời màng mỏng $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$	68
14. Phát hiện vật thể lạ trên băng tải bằng mô hình học máy	74
15. Nghiên cứu ảnh hưởng độ nghiêng của tấm pin 2 mặt kính đến hiệu suất hệ thống điện mặt trời.....	81
16. Develop a LSTM model to forecast runoff flow in time series.....	85
17. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng cắt giảm công suất phát đến lcoe của dự án điện gió.....	91
18. Xây dựng phần mềm xây dựng kế hoạch phát điện bằng thuật toán quy hoạch động	97
19. Điều khiển tự động và nhận diện sản phẩm lỗi cho hệ thống chiết rót.....	104

20. Điều khiển Hybrid kết hợp Fuzzy Logic và PID ổn định mức nước bao hơi - công ty cổ phần nhiệt điện Quảng Ninh	111
21. Thiết kế xây dựng mô hình máy xét nghiệm sinh hóa ứng dụng quang phổ kế.....	119
22. Xây dựng hệ thống thu thập và phân tích dữ liệu động học của con lắc vật lý trong thời gian thực phục vụ giáo dục STEM	127
23. Đề xuất một dòng bộ biến đổi DC-DC mới cho các ứng dụng năng lượng tái tạo	131
24. Khử từ do nhiệt trong động cơ điện IPM: tổng quan nghiên cứu và mô phỏng điện – nhiệt	137
25. Thiết kế, chế tạo mạch đo và giám sát tự động điện trở cách điện mạng điện hỗn hợp mô hình hầm lò	142
26. Công nghệ nén H264 và H265 trong hệ thống thông tin vô tuyến	147
27. Điều khiển phân bố công suất trong microgrid lai ghép DC/AC có tích hợp BESS	151
28. Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ xử lý từ nhiệt lên tích năng lượng từ cực đại $(BH)_{\max}$ của hợp kim từ cứng ALNICUC035TI5NB	161
29. Đánh giá độ chính xác hình học gia công bánh răng trụ răng thẳng bằng phương pháp cắt dây tia lửa điện EDM.....	170
30. Nghiên cứu lựa chọn thông số in và một số giải pháp nâng cao chất lượng sản phẩm trong máy in 3D FDM khổ rộng	175
31. Nghiên cứu các nguyên nhân gây ra rung động trong bơm ly tâm vận tải tro xỉ của nhà máy nhiệt điện và biện pháp khắc phục	180
32. Một số giải pháp cân bằng năng lượng cho tua bin gió có tốc độ gió phù hợp với tốc độ gió thấp tại Việt Nam.....	184
33. Nghiên cứu lực ma sát trong xy lanh khí nén không có cần piston	189
34. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của tải trọng động đến khả năng làm việc của chi tiết máy dạng trục và xác định tần số dao động riêng của các chi tiết này.....	192
35. Phương pháp xác định vận tốc dòng khí sau quạt hướng trục.....	196
36. Tính toán, mô phỏng dòng chảy trong phần dẫn dòng máy bơm ly tâm cột nước thấp chạy bằng sức gió, phục vụ bơm nước biển cho sản xuất muối.....	202

37. Thiết kế điều khiển chuyển động đa hướng cho robot tứ sử dụng bánh mecanum trong hệ robot song phương.....	208
38. Nghiên cứu thiết kế bộ bộ theo dõi sức khỏe dựa trên iot và kết hợp dự báo béo phì sử dụng mô hình ANN.....	217
39. Quản lý bãi đỗ xe thông minh ứng dụng trí tuệ nhân tạo	226
40. Tính toán thiết kế giàn chống vượt trước tại khu vực lò chợ cơ giới hóa trong mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh.....	233
41. Cơ sở lý thuyết và quy trình tính toán thiết kế rổ của máy tách nước ly tâm phục vụ cho dây chuyền sàng tuyển than.....	239
42. Ứng dụng bộ lọc Kalman Filter để nâng cao độ chính xác trong giám sát vật thể trên băng tải công nghiệp bằng thị giác máy tính.....	244
43. Lựa chọn thông số chế độ cắt hợp lý khi gia công rotor bơm roots bằng phương pháp cắt dây EDM.....	250
44. Ảnh hưởng của độ cứng đến ổn định hệ truyền động Servo thủy cơ trong hệ thống lái trợ lực thủy lực.....	257

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CỨNG ĐẾN ỔN ĐỊNH HỆ TRUYỀN ĐỘNG SERVO THỦY CƠ TRONG HỆ THỐNG LÁI TRỢ LỰC THỦY LỰC

Nguyễn Văn Lại¹, Nguyễn Thành Đức²

^{1,2} Bộ môn Kỹ thuật Cơ khí – Trường Đại học Mở - Địa chất.

TÓM TẮT

Hệ truyền động servo thủy cơ với điều khiển tiết lưu sử dụng trong hệ thống lái trợ lực thủy lực có thể được lắp đặt thành một khối, hoạt động dưới tác động của tải trọng bên ngoài, thường là ngẫu nhiên (chuyển hướng bánh xe, rung lắc, ...), liên kết đầu ra sẽ dịch chuyển, làm giảm độ chính xác và các chỉ số động lực khác, và trong một số trường hợp thậm chí dẫn đến mất ổn định. Để đánh giá ảnh hưởng của tải trọng bên ngoài đến chuyển động của liên kết đầu ra của hệ truyền động servo thủy cơ, khái niệm độ cứng được sử dụng – tỷ số giữa ảnh Laplace của tải trọng bên ngoài tác động lên liên kết đầu ra của hệ truyền động với ảnh Laplace của chuyển động bánh xe.

Từ khóa: Hệ truyền động servo thủy cơ, hệ thống lái trợ lực thủy lực, độ cứng

1. Giới thiệu

Hệ thống lái trợ lực thủy lực được sử dụng trong nhiều các phương tiện chuyển động khác nhau như: ô tô, các xe máy công trình, tàu, thuyền, ... vì tỷ lệ giữa lực (công suất)/khối lượng hệ thống khá lớn, kết cấu đơn giản, tác động nhanh và hiệu suất cao [1-2]. Bộ phận tạo lực chính trong hệ thống trợ lực thủy lực bao gồm xy lanh thủy lực được điều khiển bằng van servo (với điều khiển tiết lưu). Tín hiệu điều khiển từ vô lăng của người lái xe – tín hiệu điều khiển cơ học và hệ truyền động hoạt động dưới tác động của tải trọng bên ngoài, thường là ngẫu nhiên (chuyển hướng bánh xe, rung lắc, ...). Các hệ truyền động servo thủy cơ phổ biến nhất dùng trong hệ thống lái trợ lực thủy lực là hệ truyền động được tạo thành một khối, đặc trưng bởi tính nhỏ gọn, khả năng chống nhiễu tốt hơn. Mặc dù vậy, hệ thống này được cấu tạo từ nhiều khâu khác nhau nên “mức độ” phản ứng với tải ngoài cần được xem xét, đặc biệt là hệ thống

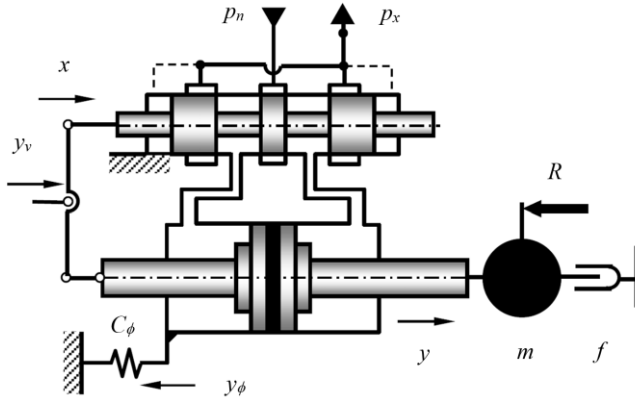
trợ lực lái dùng trên các phương tiện di chuyển đòi hỏi thời gian phản ứng kịp thời.

Nội dung bài báo trình bày ảnh hưởng của tải trọng bên ngoài đến chuyển động của liên kết đầu ra của hệ truyền động servo thủy cơ, khái niệm độ cứng: Lò xo có độ cứng được định nghĩa là lực cần thiết để nén lò xo một đơn vị độ dài. Trục có độ cứng khi quay được định nghĩa là mô men cần thiết để trục quay được một đơn vị và trong trường hợp này khái niệm độ cứng được sử dụng – tỷ số giữa ảnh Laplace của tải trọng bên ngoài tác động lên liên kết đầu ra của hệ truyền động với ảnh Laplace của chuyển động bánh xe.

2. Mô hình, đặc tính độ cứng, tần số và pha của hệ truyền động servo thủy cơ

Mô hình vật lý của hệ truyền động servo thủy cơ của hệ thống lái trợ lực thủy lực được trình bày trên Hình 1. Trong đó: y_v – độ dịch chuyển tay đòn điều khiển đầu vào – tín hiệu từ vô lăng của người lái xe (tín hiệu điều khiển đầu vào hệ truyền động); x – độ dịch chuyển con trượt của van servo; y

– độ dịch chuyển của pít tông của xy lanh thủy lực, tác động lên khung lái của xe; y_ϕ – biến dạng của các khâu liên kết trong hệ truyền động; p_n – áp suất nguồn; p_x – áp suất của xả; m – tải khối lượng; f – hệ số ma sát nhớt; R – tải ngoài từ khung lái tác dụng lên pít tông của xy lanh thủy lực; C_ϕ – độ cứng tĩnh của các khâu liên kết trong hệ truyền động.



Hình 1. Hệ truyền động servo thủy cơ của hệ thống lái trợ lực thủy lực

Mô hình tuyến tính của hệ truyền động servo thủy cơ chịu tải trọng dưới dạng khối lượng tương đương m và lực ma sát nhớt (hệ số ma sát nhớt f) tác dụng lên đầu cần piston của xy lanh thủy lực (xy lanh có cần piston hai phía), có độ cứng tĩnh C_ϕ có dạng [3]:

$$\begin{cases} x = -k_v y_v + k_s k_\phi y_\phi = -k_v y_v + k_s k_\phi \frac{F}{C_\phi} p \\ k_q x = F s y + k_r \left(1 + \frac{V}{2E k_r} s \right) p \\ p = \frac{F}{V} R(s) \end{cases}$$

Trong đó: p – độ chênh áp suất tại các đường ống nối van servo với các khoang của xy lanh thủy lực; k_v , k_d – tương ứng là hệ số đầu vào và hệ số động học của khâu phản hồi; F – diện tích hiệu dụng của piston; V – thể tích một khoang của xy lanh thủy lực tại vị trí trung bình của piston; E – mô đun đàn hồi hiệu dụng của chất lỏng; k_q – hệ số khuếch đại lưu lượng của hệ truyền động servo thủy cơ; k_r – tổng hệ số đàn hồi có tính đến tổn thất thể tích (lưu lượng)

trong hệ truyền động servo thủy cơ; k_ϕ – hệ số ảnh hưởng của biến dạng khối van servo – xy lanh lên x ; k_s – hệ số phản hồi bổ sung về biến dạng của hệ thống; s – toán tử Laplace.

Khi tuyến tính hóa, ta có các biểu thức của k_r , k_q có thể được viết dưới dạng [4]:

$$k_r = k_{qp} (1 + k_{rh}); \quad k_q > \frac{q_m}{x_m}; \quad k_{qp} = \frac{2q_m}{3(p_n - p_x)} \quad (2)$$

Trong đó: x_m – độ dịch chuyển lớn nhất của con trượt van servo; q_m – lưu lượng chất lỏng qua van ứng với độ dịch chuyển x_m ; k_{rh} – hệ số tính đến tổn thất lưu lượng trong van servo và xy lanh.

Bỏ qua sự biến dạng thành ống xy lanh và các đường ống dẫn giữa xy lanh và van servo, ta có biểu thức của E (mô đun đàn hồi hiệu dụng của hệ thống) có dạng [5]:

$$E = \frac{E_{cl} V C_\phi}{2E_{cl} F^2 + V C_\phi} \quad (3)$$

Trong đó: E_{cl} – mô đun đàn hồi của chất lỏng.

Biến đổi các phương trình (1) ta thu được một biểu thức về độ cứng động của hệ truyền động servo thủy cơ [3, 6]:

$$C_R(s) = \frac{R(s)}{y(s)} = -C_R(0) \frac{(T_{C1}s + 1)}{(T_{C2}s + 1)} \quad (4)$$

Trong đó: $C_R(0)$ – độ cứng tĩnh của hệ thống truyền động; T_{C1} , T_{C2} – hằng số thời gian của độ cứng động.

(1) Dấu trừ trong (4) có nghĩa là phản ứng của hệ truyền động trước tác động bên ngoài có liên quan đến việc hình thành các phản ứng nhằm khắc phục tác động này, tức là mong muốn di chuyển liên kết đầu ra về phía lực (đây là sự khác biệt cơ bản giữa phản ứng của một hệ thống chủ động và một phần tử thụ động như lò xo). Mỗi quan hệ liên kết các phản ứng này với các tham số của mô hình hệ truyền động như sau:

$$\begin{cases} C_R(0) = \lim_{s \rightarrow 0} C_R(s) = \frac{k_d k_q F}{k_r - k_s \frac{k_\phi k_q F}{C_\phi}} \\ T_{C1} = \frac{F}{k_d k_q}; T_{C2} = \frac{V}{2E \left(k_r - k_s \frac{k_\phi k_q F}{C_\phi} \right)} \end{cases}$$

Đối với hệ truyền động tích hợp thành khối đơn ($k_s = 1$), giá trị độ cứng giới hạn $[C_\phi]$ của hệ truyền động được xác định bởi yêu cầu về mẫu số của T_{C1} , tức là thỏa mãn bất đẳng thức:

$$C_\phi > [C_\phi] = \frac{k_\phi k_q F}{k_r} \quad (6)$$

Trong trường hợp $k_s = -1$; $k_s = 0$ mẫu số T_{C2} dương với mọi giá trị độ cứng của hệ truyền động và điều kiện (6) mất đi ý nghĩa.

Nếu nhiễu loạn bên ngoài tác động lên liên kết đầu ra của hệ truyền động servo là một quá trình thời gian trôi nhanh, các đặc tính độ cứng của hệ truyền động theo (4), (5) có thể được đánh giá như sau [3]:

$$\begin{aligned} C_R(\infty) &= \lim_{s \rightarrow \infty} C_R(s) \\ &= -C_R(0) \frac{2E \left(k_r - k_s \frac{k_\phi k_q F}{C_\phi} \right)}{k_d V} \\ &= -\frac{2EF^2}{V} \quad (7) \end{aligned}$$

Giả sử trong (4), $s = j\omega$, theo các quy tắc đã biết [3, 4, 8], có thể thu được biểu thức cho độ cứng động tần số $C_R(j\omega)$, đặc tính biên độ-tần số, biên độ-tần số logarit và tần số - pha của độ cứng động, cho phép đánh giá các tính chất độ cứng của hệ truyền động trong toàn bộ dải tần số của các tác động của lực bên ngoài. Do đó, các giá trị biên của các đặc tính tại $\omega = 0$ ($C_R(0)$) và $\omega = \infty$ ($C_R(\infty)$) lần lượt là độ cứng động tĩnh và giới hạn của hệ truyền động.

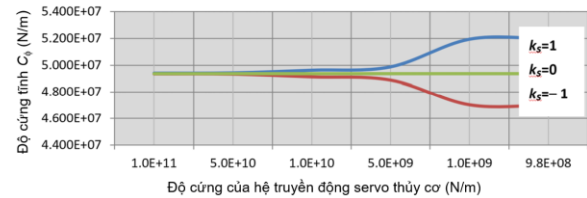
Trong [3,8], chỉ ra rằng hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối ổn định nếu đặc tính pha-tần số của nó là dương (độ dốc dương của đặc tính tần số trung bình), điều này có thể thực hiện được trong điều kiện $1/T_{C1} < 1/T_{C2}$, hoặc sau khi thay thế từ (5) thay vì các ký hiệu của hằng số thời gian bằng biểu thức của chúng (trong trường hợp này, đối với hệ truyền

động $k_s = 1$, bất đẳng thức (6) phải được thỏa mãn):

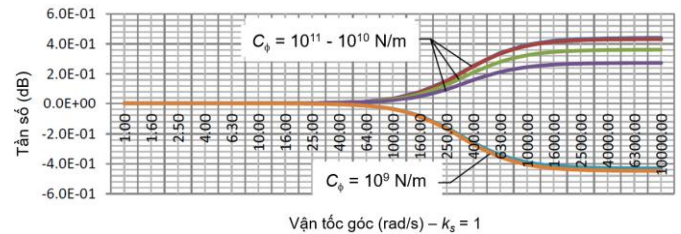
$$T_{C1} = \frac{1}{k_d k_q} > T_{C2} = \frac{H}{2E \left(k_r - k_s \frac{k_\phi k_q F}{C_\phi} \right)} \quad (8)$$

Trong đó: H - độ dịch chuyển của piston trong xy lanh từ vị trí giữa đến vị trí ngoài cùng.

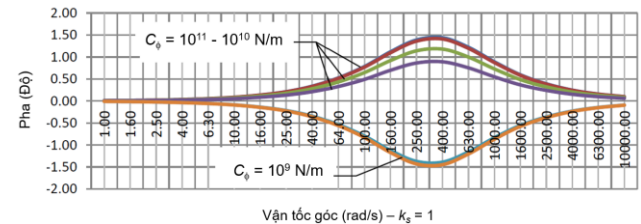
Hình 2 thể hiện mối quan hệ giữa $C_R(0)$ và C_ϕ đối với hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối, và Hình 3, 4 thể hiện các Tần số và Pha của hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối với phản hồi dương với các thông số: $m = 1000$ kg; $f = 100$ kN/m; $F = 10$ cm²; $k_q = 0,3$ m/s²; $k_{qp} = k_{rh} = 4,3 \cdot 10^{-12}$ m⁵/Ns; $p_n = 16$ MPa; $p_x = 0,2$ MPa; $E = 1,3$ GPa; $V = 50$ cm³; $k_v = 2$; $k_d = k_\phi = 1$; $x_m = 0,3$ mm.



Hình 2. Sự phụ thuộc của độ cứng tĩnh của hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối vào độ cứng của hệ truyền động với các đặc tính động học khác nhau



Hình 3. Tần số độ cứng động của hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối với liên kết phản hồi dương



Hình 4. Pha của độ cứng động hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối với liên kết phản hồi dương

3. Kết luận

Ảnh hưởng của độ cứng hạn chế của hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối không chỉ thể hiện ở sự tương tác phức tạp của các biến, tạo ra một quy luật tương đối phức tạp để chuyển đổi tọa độ đầu ra của hệ truyền động thành tín hiệu phản hồi, mà còn ở ảnh hưởng trực tiếp của hiệu ứng nhiễu bên ngoài lên hệ truyền động.

Với một sự kết hợp giữa các tham số, có thể thu được các dấu hiệu khác nhau của các hệ số của phương trình đặc trưng, mặc dù vậy việc đáp ứng tốt ngay cả điều kiện cần thiết cho sự ổn định của một hệ thống tuyến tính vẫn không hiện thực [4].

Để đạt được điều kiện ổn định, cần phải giảm tỷ số k_ϕ/C_ϕ , tức là giảm ảnh hưởng của biến dạng bộ phận cố định truyền động đến độ lệch và tăng độ cứng của C_ϕ .

Việc giảm C_ϕ để tăng độ ổn định của hệ truyền động servo thủy cơ dạng kết cấu thành một khối là không thực tế do độ cứng, tốc độ và độ chính xác động học bị suy giảm.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tom Wong, "Hydraulic power steering system design and optimization simulation", SAE Technical Paper Series 2001-01-0479, 2001.
- [2]. M. R. Nimbarte, L.P. Raut. *Efficiency Analysis of Hydraulic Power Steering System*.

International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)- ISSN: 2248-9622 - Vol. 3, Issue 3, May-Jun 2013, pp. 1230-1235.

- [3]. Zuev Yu.Yu. Hydromechanical servo drive with throttle control. Part two. Study of the dynamics of linear drive models: a tutorial. Moscow: MPEI Publishing House, 2016.
- [4]. Zuev Yu.Yu. *Hydromechanical servo drive with throttle control. Part 1. Mathematical models and static characteristics of the drive: a tutorial*. Moscow: MPEI Publishing House, 2015.
- [5]. N.S. Gamynin, V.I. Karev, A.M. Potapov, A.M. Selivanov; *Hydraulic drives of aircraft: textbook / Under the general editorship of V.I. Karev*. 2nd ed., revised and enlarged. – M.: Mashinostroenie, 1992.
- [6]. Popov D.N. *Mechanics of hydraulic and pneumatic drives: textbook*. – M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2001.
- [7]. Shumilov I.S. *Aircraft rudder control systems: textbook / I.S. Shumilov*. – M.: Publishing house of Bauman Moscow State Technical University, 2009.
- [8]. Popov D.N. *Mechanics of hydraulic and pneumatic drives: textbook*. – M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2001.

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Số 8 Tầng Bạt Hồ, phường Cửa Nam, TP. Hà Nội
ĐT: 024.39424620 - 39423346 * Fax: 024.38224784
Website: www.nxbgtvt.vn * Email: nxbgtvt@fpt.vn

CHỊU TRÁCH NHIỆM XUẤT BẢN, NỘI DUNG:

Giám đốc - Tổng Biên tập: Nguyễn Minh Nhật

BIÊN TẬP: **Dương Hồng Hạnh**

THIẾT KẾ: **Phương Linh**

Đối tác liên kết: Trường Đại học Mô - Địa chất

Địa chỉ: Số 18 phố Viên, phường Đông Ngạc, TP. Hà Nội

In 500 cuốn khổ 19 x 27cm, tại Công ty cổ phần in và thương mại Ngọc Hưng

Địa chỉ: 296 đường Phúc Diễn, TDP số 1, phường Xuân Phương, TP. Hà Nội.

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 5321-2025/CXBIPH/2-110/GTVT.

Mã số sách tiêu chuẩn quốc tế - ISBN: 978-604-76-3274-9.

Quyết định xuất bản số: 114 LK/QĐ-XBGT ngày 18/12/2025.

In xong và nộp lưu chiểu năm 2025.



978-604-76-3274