

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ ĐỊA CHẤT

BỘ MÔN: KỸ THUẬT CƠ KHÍ



BÁO CÁO HỌC THUẬT

NĂM HỌC 2022-2023

Người thực hiện: Nguyễn Văn Lại

HÀ NỘI – 2023

ĐỀ TÀI BÁO CÁO:

Giới thiệu khái quát mạch thủy lực cảm biến tải và một số ứng dụng

1. GIỚI THIỆU

Điều khiển cảm biến tải (LS) là một phương pháp tiết kiệm năng lượng để điều khiển tiết lưu các hệ truyền động thủy lực và tương đối đơn giản đối với hệ sử dụng một hoặc nhiều cơ cấu chấp hành. Vì vậy, sự phổ biến và thành công của các hệ thống LS đã tăng lên nhanh chóng trên nhiều ứng dụng, đặc biệt là trên thiết bị di động trong 30 năm qua. Báo cáo trình bày các khái niệm cơ bản của hệ thống LS và các ứng dụng của LS với bơm không điều chỉnh và điều chỉnh lưu lượng. Ngoài ra, báo cáo cũng cung cấp thông tin chi tiết về kết cấu các thành phần chính hoạt động trong hệ thống LS: van LS và bơm LS.

2. NỘI DUNG THỰC HIỆN

2.1. Khái niệm mạch (hệ thống) thủy lực cảm biến tải

Thuật ngữ “cảm biến tải” (LS) đề cập đến một khái niệm điều khiển tiết lưu trong đó thông tin áp suất tải được hệ thống điều khiển thủy lực sử dụng liên tục để điều chỉnh vận tốc của cơ cấu chấp hành. Loại tín hiệu phản hồi này trong điều khiển tiết lưu có hai đặc tính quan trọng và mong muốn. Thứ nhất, vận tốc cơ cấu chấp hành thủy lực không bị ảnh hưởng bởi áp suất do tải gây ra và chỉ là một hàm của lệnh điều khiển từ người vận hành. Thứ hai, áp suất nguồn cung cấp luôn tuân theo áp suất tải, điều này làm giảm tổn thất năng lượng liên quan đến điều khiển tiết lưu. Vì vậy, hệ thống LS là hiệu quả nhất đối với điều khiển tiết lưu.

Điều khiển LS được sử dụng kết hợp với một loại nguồn cấp lưu lượng cụ thể, có thể được thực hiện với một máy bơm không điều chỉnh hoặc bơm điều chỉnh lưu lượng.

Trong điều khiển tiết lưu, vận tốc của cơ cấu chấp hành không được xác định duy nhất bởi lệnh của người vận hành. Trong thực tế, trong tất cả các khái niệm điều khiển tiết lưu này, vận tốc của cơ cấu chấp hành là kết quả của cả lệnh điều khiển i và tải của cơ cấu chấp hành, p :

$$Q = Q(i, p) \quad (1)$$

Tuy nhiên, trong một hệ thống LS, lưu lượng dòng chảy cấp đến các cơ cấu chấp hành (do đó là vận tốc của nó) là một hàm duy nhất của tín hiệu điều khiển và không phụ thuộc vào tải:

$$Q = Q(i) \quad (2)$$

Do đó, các hệ thống LS cho phép điều khiển trực tiếp các cơ cấu chấp hành. Khía cạnh này, cùng với lợi thế hiệu quả năng lượng nêu trên, đã góp phần vào thành công thương mại của hệ thống LS.

Hệ thống cảm biến tải là phương pháp hiệu quả (tiết kiệm) năng lượng để thực hiện điều khiển tiết lưu. Hệ thống này điều chỉnh dòng chảy độc lập với tải của cơ cấu chấp hành.

Trong nhiều ứng dụng có tải trọng biến đổi cao và yêu cầu điều khiển vận tốc chính xác cao của cơ cấu chấp hành, sự phụ thuộc kép của Q với i và p là không mong muốn. Ví dụ, hãy xem xét trường hợp băng tải dẫn động bằng thủy lực, cần duy trì tốc độ không đổi không phụ thuộc vào lượng vật liệu trên băng tải, mạch LS hoàn toàn phù hợp bởi vì, với hệ thống trung tâm mở (vị trí trung gian của van phân phối, các cửa lưu thông đều mở), người vận hành (hoặc bộ điều khiển điện tử) sẽ phải liên tục điều chỉnh lệnh điều khiển để duy trì vận tốc cơ cấu chấp hành không đổi. Tuy nhiên, điều quan trọng cần phải xem xét đối với một số ứng dụng, chẳng hạn như máy xúc và máy đào thủy lực, ảnh hưởng của tải trọng lên vận tốc cơ cấu chấp hành được điều khiển thực sự có thể là một tính năng mong muốn đối với người vận hành chuyên nghiệp. Điều này là vì hệ thống cung cấp cho người vận hành có cảm giác nhận thấy bất kỳ thay đổi đột ngột

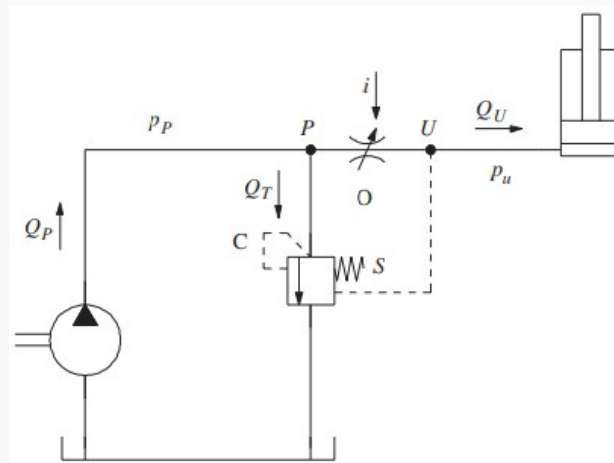
nào về tải mà cơ cấu chấp hành gặp phải trong điều kiện vận hành (chẳng hạn như gặp ống kim loại trong khi đào).

2.2. Một số ứng dụng của mạch thủy lực cảm biến tải

2.2.1. Mạch thủy lực cảm biến tải với bơm không điều chỉnh

1. Sơ đồ nguyên lý của mạch

Hoạt động của mạch LS với bơm không điều chỉnh được trình bày trên Hình 1. Lưu lượng cung cấp cho cơ cấu chấp hành chung (hoặc cơ cấu tiêu thụ, Q_U) được điều khiển bằng tiết lưu điều chỉnh O. Diện tích lưu thông của tiết lưu tỷ lệ thuận với lệnh điều khiển i và bộ bù C (thường được gọi là van xả tải) cảm nhận áp suất p_u .



Hình 1. Hoạt động của mạch thủy lực cảm biến tải với bơm không điều chỉnh

2. Hoạt động của mạch

Van xả tải C so sánh áp suất bơm p_P với áp suất tải p_u , sai lệch theo giá trị tương đương với áp suất của lò xo s , và điều khiển lưu lượng Q_T xả về bể sao cho điều kiện sau được thỏa mãn:

$$p_P = p_u + s \quad (3)$$

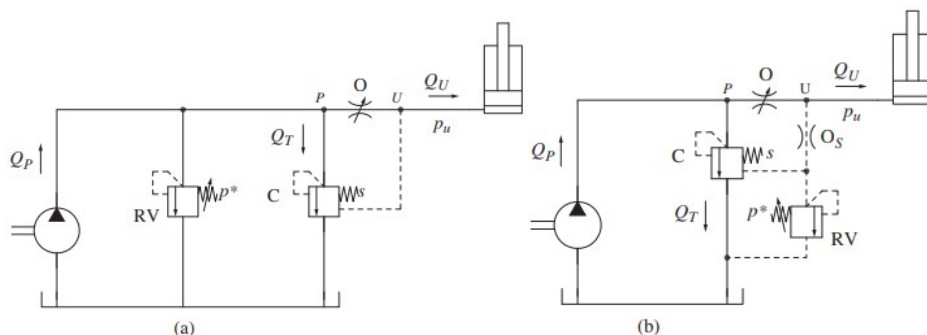
Tiết lưu O là phần tử điều khiển tiết lưu. Thực tế, độ chênh áp suất qua tiết lưu ($p_P - p_u$) được điều chỉnh bởi bộ bù C. Do đó, lưu lượng dòng chảy qua tiết lưu (có diện tích mở là Ω_U) đến cơ cấu chấp hành là:

$$Q_U = C_f \cdot \Omega_U(i) \cdot \sqrt{\frac{2(p_P - p_u)}{\rho}} = C_f \cdot \Omega_U(i) \sqrt{\frac{2 \cdot s}{\rho}} \quad (4)$$

Các phương trình (3) và (4) cùng cho thấy quan hệ áp suất nguồn cung cấp, áp suất tải và lưu lượng của cơ cấu chấp hành là một hàm của diện tích lưu thông của tiết lưu, có liên quan trực tiếp đến lệnh đầu vào i . Như đã đề cập trong phần giới thiệu, đây là những tính năng chính của hệ thống LS.

Ta có thể quan sát thấy nguyên lý LS trong Hình 1 thực hiện chức năng tương đương với van điều khiển lưu lượng ba cửa mà giá trị cài đặt có thể điều chỉnh giữa bơm và cơ cấu chấp hành thủy lực.

Hình 2 trình bày hai giải pháp thay thế để hạn chế áp suất trong hệ thống LS. Điều quan trọng là mô tả chức năng của tiết lưu O_S trên Hình 2b. Tiết lưu này hoạt động như một bộ tách áp suất khi van xả áp (RV) làm việc. Việc sử dụng bộ tách áp suất là cần thiết khi van điều khiển áp suất, trong trường hợp này là van xả áp, được sử dụng để hạn chế áp suất trong đường điều khiển. Rõ ràng, với giải pháp trên Hình 2a, Hình 2b cho phép sử dụng van xả áp nhỏ hơn, vì van phải xử lý dòng chảy nhỏ trong đường điều khiển.



Hình 2. Giới hạn áp suất tối đa trong hệ thống LS: a). Van xả áp lắp trên dòng chảy chính; b). Van xả áp lắp trên đường điều khiển

3. Phân tích năng lượng

Việc phân tích năng lượng của hệ thống có thể được thực hiện bằng biểu thức năng lượng tiêu thụ bởi bơm:

$$P_p = Q_p \cdot (p_U + s) \quad (5)$$

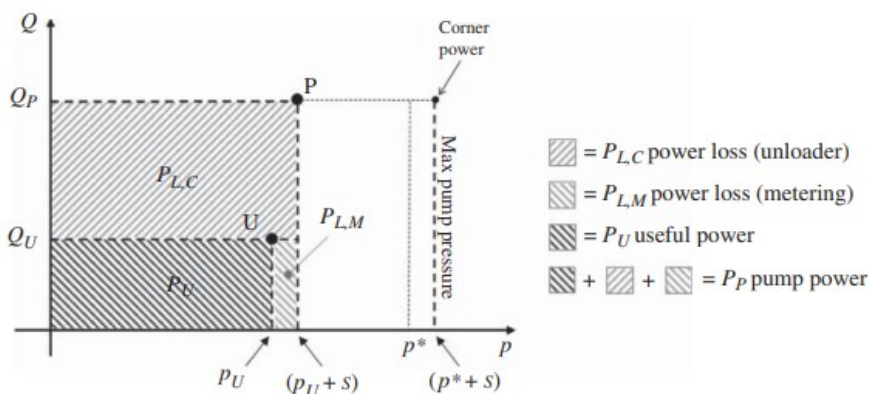
và công suất được sử dụng bởi cơ cấu chấp hành:

$$P_U = Q_U \cdot p_U \quad (6)$$

Công suất này được biểu diễn bằng các diện tích hình chữ nhật trong biểu đồ năng lượng ở Hình 3. Như thể hiện trong hình, tổn thất công suất bởi hệ thống tiết lưu L_s là

P_L , được cho bởi hai số hạng. Số hạng đầu tiên là tổn thất năng lượng của van xả tải, $P_{L,C}$ (do tiết lưu xả tải xả lưu lượng dư thừa được tạo ra bởi bơm về bể). Số hạng thứ hai là tổn thất của van tiết lưu, $P_{L,M}$:

$$P_L = P_{L,C} + P_{L,M} = (Q_P - Q_U) \cdot (p_U + s) + Q_U \cdot s \quad (7)$$

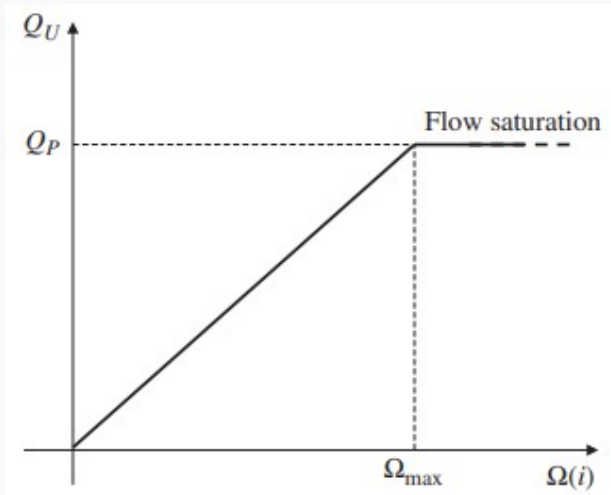


Hình 3. Đồ thị năng lượng của mạch LS trên Hình 1

Hiệu suất của hệ thống là:

$$\eta_S = \frac{P_U}{P_P} = \frac{Q_U \cdot p_U}{Q_P \cdot (p_U + s)} \quad (8)$$

Từ các phương trình (7) và (8), để hiệu quả về mặt năng lượng cần giảm giá trị cài đặt cho van xả tải (còn được gọi là “biên cảm biến tải”) về giá trị thấp. Các giá trị tiêu biểu cài đặt lò xo của dải bù giữa 5 và 20 bar. Ngoài ra, chênh lệch thấp hơn giữa lưu lượng bơm Q_P và lưu lượng yêu cầu Q_U , do đó hiệu suất hệ thống càng cao.



Hình 4. Lưu lượng dòng chảy được mạch LS cung cấp cho cơ cấu chấp hành trong Hình 2

4. Điều kiện bão hòa

Biểu đồ lưu lượng - áp suất trên Hình 3 (biểu đồ năng lượng) cho thấy các giới hạn trên của các điểm hoạt động U và P của hệ thống. Điều kiện bão hòa áp suất bắt đầu khi áp suất tải p_U đạt đến áp suất lớn nhất mà van xả áp cho phép p^* . Trong trường hợp này, bơm bị hạn chế đến áp suất tối đa của nó ($p^* + s$), do hoạt động của van xả tải và van xả áp trong đường điều khiển. Để tăng thêm tải, lưu lượng Q_U giảm dần cho đến khi về 0, khi $p_U = p^* + s$. Đối với áp suất tải cao hơn, hoạt động điều khiển của hệ thống bị mất ($Q_U < 0$) và vận tốc của cơ cấu chấp hành trở nên ngược lại với lệnh điều khiển. Điều kiện này có thể tránh được bằng cách sử dụng “van một chiều chống rơi tải”, như các mạch van phân phối trung tâm mở. Van một chiều chống rơi tải (CV) được sử dụng cho hệ thống LS ở phần sau.

Vì liên quan đến lưu lượng dòng chảy lớn nhất, tức là $Q_{U,max} = Q_P$. Điều kiện này sẽ được đạt đến khi độ mở lớn nhất của tiết lưu O là:

$$\Omega_{max} = \frac{Q_P}{C_f} \sqrt{\frac{\rho}{2s}} \quad (9)$$

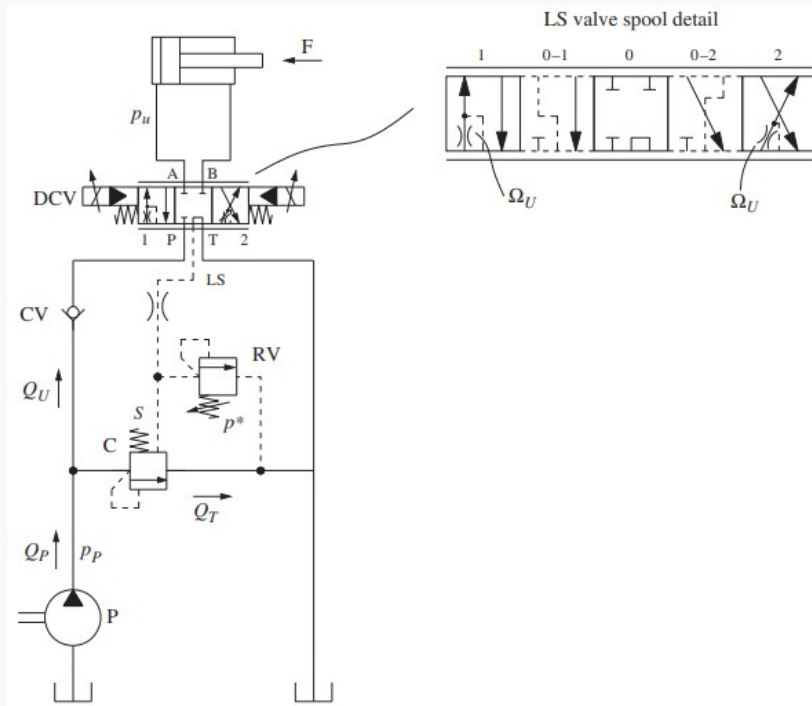
Khi $0 < \Omega \leq \Omega_{max}$, lưu lượng dòng chảy đến cơ cấu chấp hành tăng tuyến tính, như trong Hình 4. Nếu quan hệ $\Omega = \Omega(i)$ là tuyến tính, Q_U , và do đó vận tốc cơ cấu chấp hành là hàm tuyến tính của lệnh điều khiển i , không phụ thuộc vào áp suất tải. Vì lý do này, đặc tính của van LS có thể được coi là độc lập với các ngoại lực tác động lên cơ cấu chấp hành. Điều này khác với các khái niệm điều khiển tiết lưu, chẳng hạn như các hệ thống trung tâm mở, trong đó tải ảnh hưởng đến đặc tính điều khiển của van.

Trường hợp tiết lưu O cho phép mở $\Omega > \Omega_{max}$ thì đạt điều kiện bão hòa dòng lưu lượng đạt được là: Q_U duy trì ở giá trị lớn nhất của nó ($Q_U = Q_P$), và điểm P trong đồ thị năng lượng của Hình 3 có xu hướng chùng lên điểm U. Nói cách khác, $p_P < p_U + s$ và điều kiện của phương trình (3) không còn thỏa mãn.

Ở trạng thái bão hòa lưu lượng, van xả tải được đóng lại ($Q_T = 0$) và tiết lưu O hoạt động như một bộ bù. Bão hòa lưu lượng có khả năng xảy ra trong các hệ thống sử dụng

bơm điều chỉnh lưu lượng, khi bơm quay ở tốc độ thấp hơn điểm thiết kế (ví dụ: điều kiện xe chạy không tải).

2.2.2. Van phân phối tỷ lệ thủy lực – điện cảm biến tải



Hình 5. Mạch LS với bơm không điều chỉnh lưu lượng sử dụng van LS 5/3 tỷ lệ

Một mạch thực tế của nguyên tắc LS từ Hình 1 và 2 được thể hiện trong sơ đồ trên Hình 5, cho phép điều khiển hai chiều vận tốc cơ cấu chấp hành bằng cách sử dụng van phân phối tỷ lệ 5/3 (DCV, thường được chỉ định là van LS). Van phân phối này có bốn cửa nguồn: cửa nối với máy bơm (P) và đường hồi về bể (T) và hai cửa kết nối cơ cấu chấp hành A và B. Cửa bổ sung là tín hiệu LS (cửa LS), được kết nối với van xả tải C bên ngoài để lặp lại nguyên lý Hình 2. Ở vị trí trung gian, các cửa van LS: P, A và B được đóng lại, trong khi cửa LS được kết nối với T. Trong trường hợp này, tất cả lưu lượng máy bơm được xả về bể thông qua van xả tải và áp suất bơm bằng với giá trị đặt trên LS là s . Điều này giảm thiểu tổn thất năng lượng tiêu tán khi cơ cấu chấp hành không hoạt động.

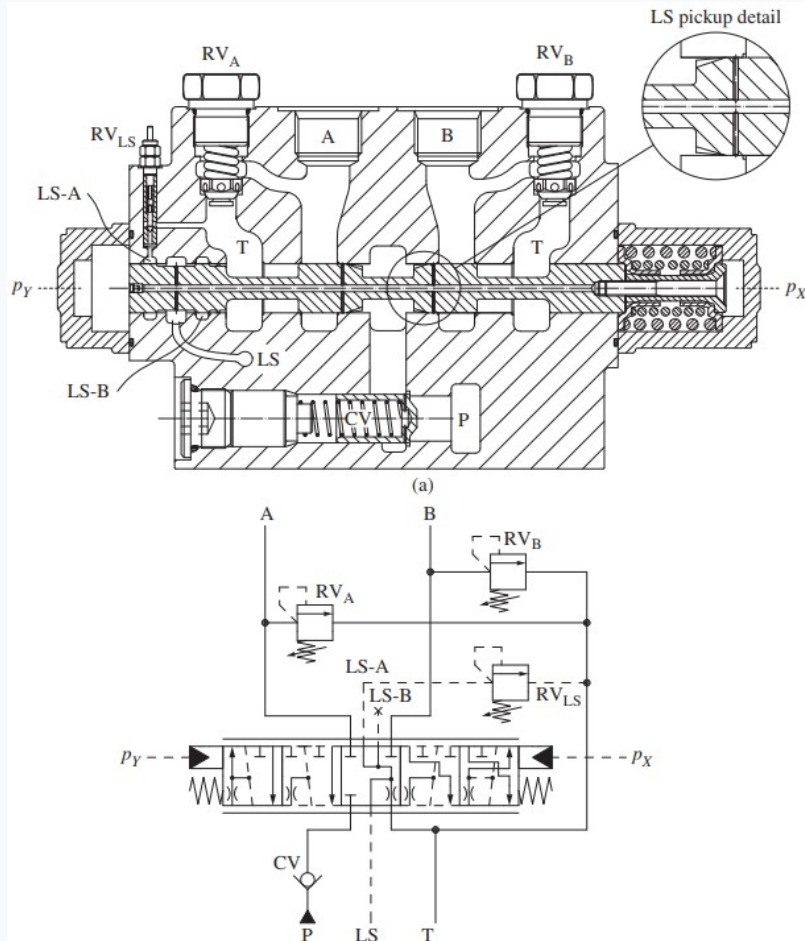
Khi van LS hoạt động ở một trong hai vị trí làm việc thì cửa P mở và cấp dầu đến một trong các cửa nối với cơ cấu chấp hành làm việc ($P \rightarrow A$ cho hành trình thuận; vị trí 1;

$P \rightarrow B$ cho hành trình nghịch; vị trí 2), với độ mở Ω_U tỷ lệ với lệnh điều khiển i . Cửa đối diện của van kết nối với cửa xả về bể T, với tiết diện lớn. Các diện tích mặt cắt của dòng chảy thay đổi đến các cửa làm việc thực hiện điều khiển tiết lưu của LS: $\Omega_U = \Omega_{PA}(i)$ khi van LS ở vị trí 1, $\Omega_U = \Omega_{PB}(i)$ ở vị trí 2. Như được chỉ định trong ký hiệu của van phân phối, trong khi mở van tiết lưu, van phân phối cũng kết nối với cửa tín hiệu LS để được cấp dầu, phía sau van tiết lưu. Điều này cho phép van “đọc” áp suất tải và gửi thông tin này đến bộ bù. Van một chiều chống rơi tải (CV) được lắp ở cửa vào P vào P để ngăn tải di chuyển ngược lại trong trường hợp quá tải.

Chi tiết về van LS được thể hiện ở bên phải của Hình 5 và cũng làm nổi bật một tính năng đặc biệt của kết cấu con trượt ở các vị trí trung gian (được chỉ định là vị trí 0-1 và 0-2). Các vị trí làm việc này được xen kẽ giữa vị trí trung hòa (vị trí 0) và vị trí làm việc. Các vị trí trung gian này được biểu thị bằng các đường chấm chấm và thể hiện các kết nối được thực hiện bởi van, ngay sau con trượt di chuyển từ vị trí trung hòa (vị trí 0). Cụ thể, trước khi cửa P được kết nối với một trong hai cửa làm việc A hoặc B, van LS trước tiên sẽ kết nối cửa LS với cửa làm việc của cơ cấu chấp hành. Điều này cho phép van xả tải thiết lập áp suất ($p_U + s$) tại đầu ra của bơm trước khi kết nối cửa P với tải. Nếu điều kiện này không được thực hiện, máy bơm sẽ được kết nối với cơ cấu chấp hành khi đường cấp của nó còn ở áp suất thấp (chỉ ứng với s). Điều này có thể gây ra “quá độ” trong chuyển động của cơ cấu chấp hành, điều này không mong muốn đối với người vận hành.

Một ví dụ về kết cấu van LS điển hình được thể hiện bằng mặt cắt ngang trên Hình 6. Con trượt của van LS được duy trì ở vị trí trung hòa (vị trí 0) bằng hai lò xo định tâm đặt trong khoang điều khiển X. Các lò xo được nối với con trượt bằng hai vòng đệm và vít sao cho các lò xo bị nén giống nhau khi con trượt di chuyển theo hai hướng. Khi con trượt dịch chuyển sang phải vòng đệm bên ngoài được giữ ở vị trí dựa vào nắp. Tương tự, ở chiều ngược lại, vòng đệm bên trong được giữ dựa vào thân van. Khi áp suất điều khiển tại X hoặc Y vượt quá tải đặt trước trên lò xo định tâm, con trượt bắt đầu di

chuyển mở các kết nối $P \rightarrow A$ và $B \rightarrow T$ (khi p_X tăng) hoặc $P \rightarrow B$ và $A \rightarrow T$ (khi p_Y tăng). Lực lò xo tăng lên khi con trượt di chuyển và vị trí con trượt tỷ lệ thuận với áp suất điều khiển. Thông thường, phạm vi áp suất điều khiển nằm trong khoảng từ 5 bar (áp suất điều khiển tối thiểu) đến 20 bar (áp suất điều khiển tối đa). Mức tối thiểu áp suất điều khiển chủ yếu liên quan đến tải đặt trước của lò xo định tâm ở vị trí trung hòa (vị trí 0) và độ chòem của con trượt. Áp suất này tương ứng với áp suất mà van bắt đầu mở và cung cấp dòng chảy cho một trong hai cửa làm việc. Áp suất điều khiển tối đa tương ứng với độ mở hoàn toàn của con trượt theo cả hai hướng. Như thể hiện trong hình, kết cấu là điển hình và có nhiều lò xo định tâm lồng nhau để đáp ứng các yêu cầu về hành trình của con trượt, phạm vi áp suất điều khiển, và không gian có sẵn.



Hình 6. Kết cấu và ký hiệu van LS 5/3 tỷ lệ với các van xả áp lắp ở các cửa làm việc và bộ giới hạn áp suất LS tại cửa A.

Con trượt của van LS được thể hiện trong Hình 6 cũng có các rãnh tiết lưu cho phép mở kiểm soát độ mở cửa van từ cửa $P \rightarrow A$ và $P \rightarrow B$.

Một tính năng khác của van được sử dụng để xử lý tín hiệu LS, tín hiệu được tạo ra từ một con đường phức tạp. Con trượt chính rộng và có các kênh dọc trục bên trong được để mang tải tín hiệu đến kênh LS nằm trong thân van. Áp suất tải được chọn bởi hai lỗ nhỏ hướng tâm trong con trượt (lỗ đón LS), nằm gần các cửa A và B. Một lỗ hướng tâm thứ ba (nằm gần đầu Y ở bên trái) mang tín hiệu áp suất đến cửa LS. Ngoài ra, có ba bậc bổ sung trên con trượt (bậc lựa chọn LS) kết nối tín hiệu LS với bể hoặc vào một trong hai khoang, LS-A hoặc LS-B.

Ở vị trí trung hòa (vị trí 0), hai lỗ đón LS bị chặn và kênh dẫn bên trong con trượt được kết nối với đường hồi (cửa T), sử dụng các bậc lựa chọn LS. Sau một hành trình nhỏ của con trượt theo bất kỳ hướng nào, bậc lựa chọn LS đóng kênh nối với bể. Đồng thời các lỗ đón nhận LS được kết nối với cửa làm việc A hoặc B trong khi đường dẫn LS được kết nối với LS-A hoặc LS-B nơi đặt tín hiệu của các van xả áp. Trong van hình 16.6, van RV_{LS} là giới hạn tín hiệu ở phía A, trong khi không có van xả áp ở phía B. Cấu hình vừa được đề cập tương ứng với các vị trí trung gian của con trượt được biểu thị bằng các đường chấm chấm, tức là nơi các cửa làm việc vẫn đóng và không có dòng chảy nào được chuyển hướng đến cơ cấu chấp hành.

Nếu hành trình con trượt tăng lên, con trượt mở diện tích tiết lưu $\Omega_{P \rightarrow A}$ (khi p_X được điều khiển) hoặc $\Omega_{P \rightarrow B}$ (khi p_Y được điều khiển) tỷ lệ với áp suất điều khiển. Sự vắng mặt của các rãnh tiết lưu trên bậc con trượt thực hiện các kết nối với đường hồi $\Omega_{A \rightarrow T}$ và $\Omega_{B \rightarrow T}$ cho phép đạt được độ mở lớn tại cửa hồi, do đó giảm tổn thất tiết lưu ở phía hồi.

Kết cấu của van LS thường bao gồm các tính năng bổ sung, có thể thay đổi tùy theo vào cấu hình được chọn cho ứng dụng. Trong Hình 6, van một chiều chống rơi tải CV được lắp giữa cửa P của van và khoang đầu vào của con trượt chính. Hai van xả áp RV_A , RV_B (xả ở cửa làm việc) được sử dụng để ngăn quá áp tại hai đường dẫn nối cửa làm việc.

Ngoài ra, như đã đề cập trước đây, van xả áp tín hiệu (RV_{LS}) được sử dụng để hạn chế áp suất tín hiệu trong đường LS, tương tự như khái niệm trong Hình 2b.

Tóm lại, van LS cung cấp các tùy chọn khác nhau để hạn chế áp suất tối đa trong hệ thống:

- Tín hiệu xả RV_{LS} kết nối với đường tín hiệu LS. Trong trường hợp này, áp suất tín hiệu LS không thể lớn hơn áp suất đặt trước của RV_{LS} , do đó hạn chế áp suất cung cấp cho cơ cấu chấp hành. Van RV_{LS} có thể được kết nối với cửa LS chung (hiện thực hóa trên cấu hình của Hình 2b) hoặc nó có thể được kết nối với các khoang LS-A riêng lẻ (như trong Hình 6) và LS-B, cho phép giới hạn áp suất cung cấp riêng cho từng hướng hoạt động. Cũng có thể cài đặt đồng thời hai bộ giới hạn áp suất tín hiệu RV_{LS-A} và RV_{LS-B} .
- Cửa làm việc của $RV_{A,B}$ xả. Các van này tác động lên dòng chảy chính đến cơ cấu chấp hành. Chúng thường được sử dụng để tránh quá áp ở vị trí trung hòa hoặc để ngăn chặn ảnh hưởng của tải trọng bên ngoài.

Một số ứng dụng có thể yêu cầu sử dụng cả hai loại giới hạn áp suất, có tối đa bốn phân tử xả áp trong một van đơn. Trong trường hợp tín hiệu xả và cửa làm việc xả đều được sử dụng, thì giá trị cài đặt của cửa làm việc xả cần phải cao hơn cài đặt khác.

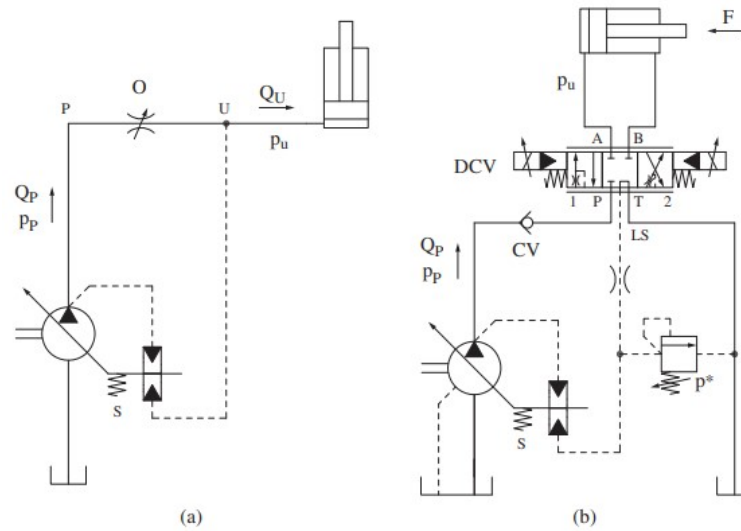
2.2.3. Mạch thủy lực cảm biến tải với bơm điều chỉnh lưu lượng

1. Sơ đồ mạch cơ bản

Nguyên lý LS càng trở nên hiệu quả hơn khi được triển khai kết hợp với nguồn cung cấp lưu lượng dựa trên bơm điều chỉnh lưu lượng. Sơ đồ cơ bản của nguyên lý này được thể hiện trong Hình 7a, trong khi một triển khai thực tế hơn dựa trên việc sử dụng van LS (cùng loại van trên Hình 5), cho phép điều khiển hai chiều cơ cấu chấp hành, được thể hiện trong Hình 7b.

Khi sử dụng bơm điều chỉnh lưu lượng, mạch không sử dụng van xả tải để duy trì độ chênh áp suất không đổi qua van tiết lưu O. Điều kiện $p_P - p_U = s$ đạt được thông qua

một hệ thống điều khiển lưu lượng riêng của bơm, thường được gọi là bộ điều chỉnh LS hoặc bộ giới hạn chênh lệch áp suất.



Hình 7. Hệ thống LS với bơm điều chỉnh lưu lượng: a). Sơ đồ nguyên lý; b). Sơ đồ mạch với van LS 5/3 tỷ lệ và giới hạn áp suất lớn nhất.

Máy bơm có hệ thống điều chỉnh thể tích làm việc như vậy thường được gọi là bơm điều khiển cảm biến tải hoặc đơn giản là máy bơm LS. Biểu diễn đơn giản hóa của bộ điều chỉnh này được hiển thị bên cạnh ký hiệu máy bơm ở cả hai hình 7a,b. Mũi tên chỉ sự thay đổi thể tích làm việc của bơm được kết nối với một cơ cấu bao gồm hai cơ cấu chấp hành được điều khiển bằng thủy lực và một lò xo có giá trị đặt trước áp suất tương đương s . Một đường dầu điều khiển bên trong kết nối với cơ cấu chấp hành nằm ở phía trên cùng đến đầu ra của máy bơm. Với kết cấu này, áp suất đầu ra của bơm p_P tác động để giảm thể tích làm việc của bơm. Đường dầu điều khiển thứ hai nối với cơ cấu chấp hành nằm ở phía đối diện của cơ cấu điều khiển bơm để tạo tải áp suất, p_U . Đường này thường được gọi là đường LS và nó xuất hiện dưới dạng kết nối bên ngoài với máy bơm. Cơ cấu chấp hành phía dưới tác động cùng với lò xo để tăng thể tích làm việc của bơm. Bộ điều chỉnh bơm ở vị trí cân bằng khi thỏa mãn điều kiện sau:

$$p_P = p_U + s \quad (10)$$

Hình 7b cho thấy một triển khai thực tế hơn của nguyên lý LS trong đó máy bơm LS được kết hợp với một van LS. Trong trường hợp này, cửa LS của van được kết nối với

đường LS đi đến cơ cấu điều khiển bơm. Đường LS là kết nối dạng tín hiệu, nghĩa là nó chỉ được sử dụng để truyền thông tin áp suất tải.

2. Hoạt động của mạch

Trong mạch thủy lực ở Hình 7a, tiết lưu điều chỉnh O nằm giữa máy bơm và cơ cấu chấp hành. Do đó, nhờ bộ giới hạn chênh lệch áp suất đã giải thích ở trên, máy bơm sẽ điều chỉnh thể tích làm việc của nó để thiết lập một dòng chảy thích hợp qua tiết lưu O, sao cho:

$$\Delta p_O = p_P - p_U = s \quad (11)$$

Do đó, lưu lượng đến cơ cấu chấp hành (bằng lưu lượng bơm), một lần nữa tuân theo mối quan hệ của phương trình (4):

$$Q_U = C_f \cdot \Omega_O(i) \sqrt{\frac{2 \cdot s}{\rho}} \quad (12)$$

Phương trình (12) được sử dụng để tính cho mạch bơm không điều chỉnh.

Tuy nhiên, ở đây biên (giới hạn) LS, s, được thiết lập bởi bộ điều chỉnh LS của bơm và lưu lượng bơm Q_P bằng Lưu lượng cung cấp cho cơ cấu chấp hành Q_U , mà không cần van xả tải. Nói cách khác, hệ thống điều chỉnh thể tích làm việc của máy bơm thay đổi thể tích làm việc tức thời của nó, V_D , để thỏa mãn phương trình (10). Do đó, vi phân thể tích làm việc của bơm LS, ε , liên quan trực tiếp đến lệnh i :

$$V_D(i) = \varepsilon(i) \cdot V_{D,\max} \quad (13)$$

Hình 7b cũng cho thấy việc sử dụng van xả áp trong đường điều khiển LS có thể là một giải pháp hiệu quả để hạn chế áp suất tối đa ở đầu ra của bơm trong trường hợp bơm điều chỉnh lưu lượng. Cụ thể, khi tải đạt hoặc vượt qua giá trị đặt trước trên van xả áp p^* , tín hiệu LS mà bộ điều chỉnh bơm nhìn thấy vẫn giữ nguyên p^* và áp suất đầu ra của bơm trở thành:

$$p_{P,\max} = p^* + s \quad (14)$$

Tương tự như ví dụ trên Hình 2b, trong đó van xả áp được sử dụng trong đường điều khiển, và một tiết lưu cũng cần thiết trong Hình 7b. Tiết lưu này đặt ở đầu vào van xả áp và có chức năng như bộ tách áp suất trong trường hợp van xả áp hoạt động

3. Phân tích năng lượng

Mức tiêu thụ năng lượng của hệ thống LS sử dụng bơm điều chỉnh có thể nhỏ hơn đáng kể so với giải pháp LS với bơm không điều chỉnh. Điều này được thể hiện trong biểu đồ năng lượng của Hình 8, biểu thị công suất tiêu thụ của máy bơm:

$$P_P = Q_U \cdot (p_U + s) \quad (15)$$

và công suất được sử dụng bởi cơ cấu chấp hành:

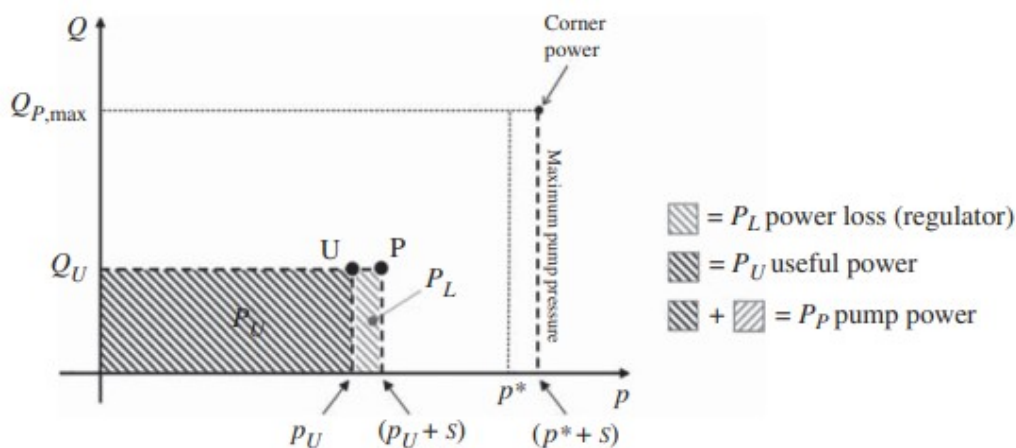
$$P_U = Q_U \cdot p_U \quad (16)$$

Vì không có lưu lượng do máy bơm tạo ra ngoài yêu cầu, nên tổn thất năng lượng chỉ được xác định bởi biên (giới hạn) LS:

$$P_L = Q_U \cdot s \quad (17)$$

Hiệu suất của hệ thống:

$$\eta_S = \frac{P_U}{P_P} = \frac{p_U}{p_U + s} \quad (18)$$



Hình 8. Đồ thị năng lượng của hệ thống LS trong Hình 7.

Do đó, trong trường hợp các phần tử lý tưởng, hiệu suất năng lượng của hệ thống LS sử dụng bơm điều chỉnh chỉ phụ thuộc vào áp suất tải và biên (giới hạn) LS. Trong phương trình (18), có thể cho rằng biên (giới hạn) nên được giữ ở mức càng thấp càng tốt để tối đa hóa hiệu suất của hệ thống và giảm thiểu tổn thất qua tiết lưu. Tuy nhiên, phải xét đến hai yếu tố khi chọn biên (giới hạn) LS. Đầu tiên, biên (giới hạn) LS nhỏ sẽ yêu cầu van phân phối con trượt rất lớn, để đạt được diện tích lưu thông của tiết lưu cần thiết để có lưu lượng mong muốn (như có thể thấy từ phương trình (12)). Thứ hai, độ chênh áp suất hiệu quả trên tiết lưu luôn thấp hơn biên (giới hạn) bơm do tổn thất giữa bơm và van. Biên (giới hạn) LS càng thấp, ảnh hưởng của tổn thất áp suất này đối với điều khiển càng cao. Do đó, các ứng dụng thông thường sử dụng các giá trị biên (giới hạn) LS trong khoảng từ 10 đến 25 bar.

4. Điều kiện bão hòa

Các điều kiện bão hòa áp suất hoặc lưu lượng đối với trường hợp hệ thống LS sử dụng bơm không điều chỉnh cũng áp dụng cho hệ thống với bơm LS điều chỉnh. Bão hòa áp suất xảy ra khi áp suất tải, p_U , đạt áp suất tối đa cho phép bởi van xả áp của Hình 7b, p^* . Trong trường hợp này, bơm duy trì áp suất ($p^* + s$) tại cửa ra của nó, và do đó $\Delta p_O < s$. Điều này làm giảm lưu lượng dòng chảy của bơm và do đó làm giảm vận tốc của cơ cấu chấp hành.

Bão hòa lưu lượng dòng chảy với bơm LS nếu độ mở của van LS vượt quá giá trị Ω_{\max} , được định nghĩa là:

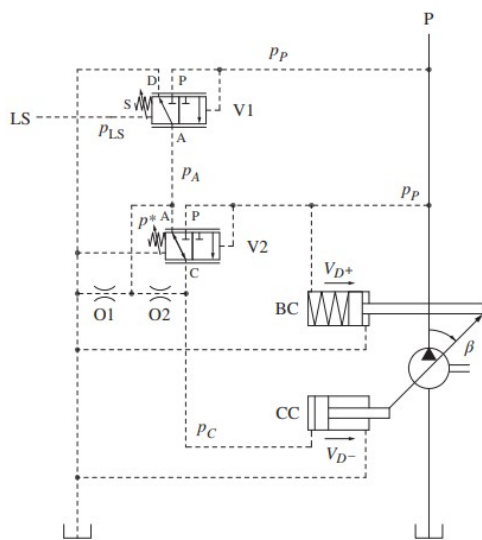
$$\Omega_{\max} = \frac{Q_{p,\max}}{C_f} \sqrt{\frac{\rho}{2s}} \quad (19)$$

Trong đó: $Q_{p,\max} = n_p \cdot V_{D,\max}$. Trong trường hợp bão hòa lưu lượng dòng chảy, Q_U vẫn ở giá trị tối đa ($Q_U = Q_{P,\max}$), như trong Hình 4.

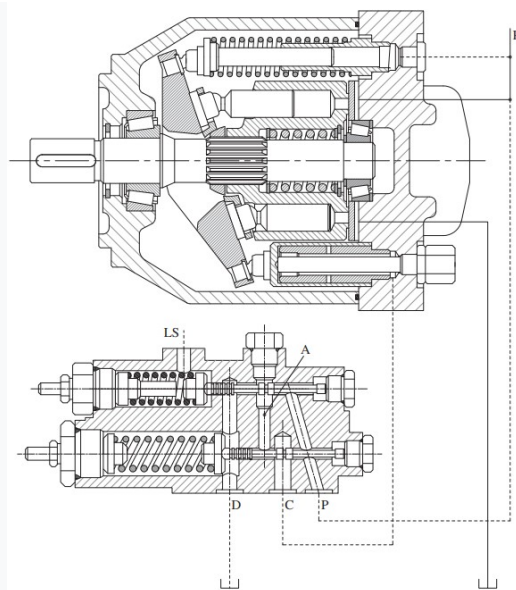
2.2.4. Bơm thủy lực cảm biến tải

Trong phần này, tập trung để tìm hiểu kết cấu và hoạt động của cơ cấu điều chỉnh thể tích làm việc của bơm LS. Trên thực tế, Hình 7 đã cung cấp một cách đơn giản hóa và

trực quan hệ thống điều chỉnh thể tích làm việc của bơm, tập trung vào nguyên lý hoạt động hơn là kết cấu thực sự. Hình 9 mô tả sơ đồ chi tiết về các phương pháp phổ biến nhất thực hiện điều khiển LS của bơm điều chỉnh. Thông thường, các bơm LS là loại pít-tông hướng trục đĩa nghiêng, như thể hiện trong mặt cắt ngang trên Hình 10. Với kết cấu này, thể tích làm việc của bơm tức thời được xác định bởi góc nghiêng của đĩa nghiêng β , được thiết lập bởi hoạt động kết hợp của hai xy lanh thủy lực tác động đơn: xy lanh điều khiển (CC) và xy lanh định vị (BC). Xy lanh định vị, được kết nối với đường cấp của bơm và được hỗ trợ bởi một lò xo, làm tăng thể tích làm việc của bơm, bằng cách tăng góc β . Xy lanh điều khiển hoạt động chống lại xy lanh định vị và do đó làm giảm góc nghiêng của đĩa nghiêng β . Áp suất điều khiển cung cấp cho xy lanh điều khiển (cũng được biểu thị là áp suất điều khiển, p_C) được quyết định bởi tác động của hai van con trượt V1 và V2 nối tiếp và làm việc với áp suất đường cấp của bơm, p_P . Nói chung, $p_C < p_P$, vì xy lanh điều khiển có thể thắng được lực của xy lanh định vị, vì diện tích ảnh hưởng cao hơn, như trong Hình 10.



Hình 9. Sơ đồ chi tiết theo ISO mạch bơm điều chỉnh với bộ giới hạn áp suất và giới hạn áp suất vi sai (bơm LS).



Hình 10. Bơm điều chỉnh với bộ giới hạn áp suất và giới hạn áp suất vi sai (bơm LS)

Các phần tử chính trong hoạt động điều khiển là hai van con trượt, thường được gọi là bộ giới hạn áp suất đầu vào vi sai (hoặc bộ điều chỉnh LS, V1) và bộ giới hạn áp suất tuyệt đối (V2). Hai van này được thể hiện trong cả Hình 9 (sơ đồ) và Hình 10 (mặt cắt ngang).

Bộ điều chỉnh LS V1. Van này thực hiện nguyên lý LS, theo phương trình (10). Chức năng của bộ điều chỉnh này dựa trên trạng thái cân bằng của con trượt, chịu tác động của áp suất trong cửa đầu vào LS (p_{LS}) và của lò xo (với giá trị đặt trước tương đương áp suất s) đẩy con trượt hướng về vị trí trung gian (A được kết nối với D và P bị chặn). Ở đầu bên kia, áp suất đường cấp của bơm (p_P) đẩy con trượt về phía ngược lại (A được kết nối với P và D bị chặn). Trong điều chỉnh trạng thái ổn định, góc nghiêng của đĩa nghiêng được giữ không đổi và con trượt được giữ vị trí trung gian và được biểu diễn chi tiết trong Hình 11. Ở đây, các bậc của con trượt đạt được kết nối hạn chế đồng thời của cửa A giữa cửa đầu vào P và cửa đầu ra D. Nói cách khác, trong cấu hình này, con trượt làm việc trong vùng tăng áp suất do có độ chòem của con trượt. Điều này dẫn đến giá trị $p_C = p_A$ nhỏ hơn p_P , được truyền xuống đến bơm CC, thông qua bộ giới hạn áp suất V2. Khi áp suất đầu ra là $p_P < p^*$, con trượt V2 giữ ở vị trí trung gian, làm cho giá trị của p_C bằng với p_A được thiết lập bởi V1.

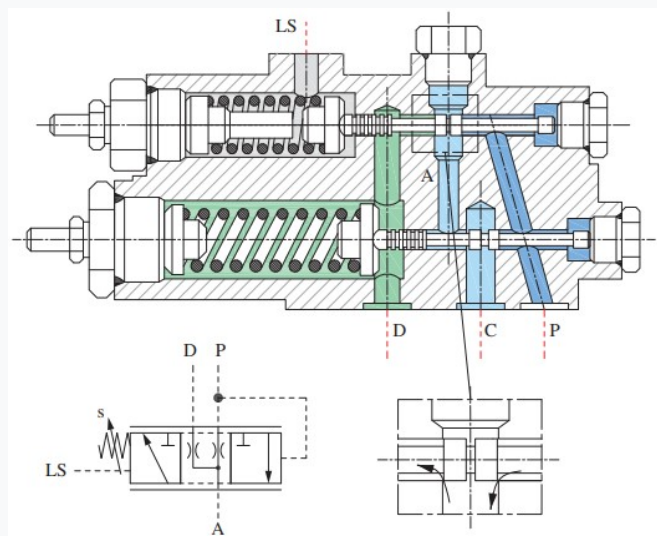
Nếu p_{LS} tăng, áp suất LS và lực lò xo chiếm ưu thế. Do đó, con trượt di chuyển và hạn chế kết nối $A \rightarrow D$, và do đó làm giảm p_A . Điều này dẫn đến sự suy giảm lực của CC, do đó làm tăng góc nghiêng β , và cuối cùng làm tăng thể tích làm việc của bơm. Với một lưu lượng tăng thêm do bơm cung cấp, p_P có xu hướng tăng: tức là nó có xu hướng tuân theo mức tăng của p_{LS} theo nguyên lý LS. Điều này tiếp tục cho đến khi một trạng thái cân bằng mới được xác lập và con trượt quay trở lại và được giữ ở vị trí trung gian.

Bộ giới hạn áp suất. Bộ giới hạn áp suất được sử dụng để thay đổi góc nghiêng của đĩa nghiêng và ngăn chặn quá áp suất của đầu ra máy bơm. Kết cấu được trình bày ở đây (Hình 9 và 10) có một nguyên tắc hoạt động khác đối với van xả áp hai cấp trên Hình 7b.

Bộ giới hạn áp suất được thực hiện thông qua van V2, con trượt của van có hai cửa tín hiệu đầu vào (A, từ cửa vào của bộ điều chỉnh LS và P, từ đầu ra của bơm) và một cửa tín hiệu đầu ra (C, đến xy lanh điều khiển). Như đã đề cập ở trên, trong quá trình hoạt động bình thường của bơm LS ($p_P < p^*$), lò xo với giá trị cài đặt tương đương p^* giữ cho con trượt của V2 ở vị trí trung gian, tạo ra một kết nối giữa cửa đầu vào A và đầu ra đến xy lanh điều khiển. Trong điều kiện này, $p_C = p_A$.

Khi áp suất đầu ra của bơm, tác động lên phía bên phải của con trượt so với lò xo, đạt đến p^* , con trượt mở kết nối $P \rightarrow C$, làm tăng giá trị của p_C so với p_A . Bằng cách này, bơm giảm thể tích làm việc của nó. Do đó, rõ ràng là bộ giới hạn áp suất có thể “ghi đè” bộ điều chỉnh LS, trong trường hợp đầu ra p_A tạo ra áp suất đường cấp của bơm lớn hơn p^* .

Hoạt động của bộ giới hạn áp suất được điều khiển bởi con trượt V2; khi bộ giới hạn áp suất trong chế độ điều chỉnh, nó điều khiển giá trị của p_C theo cách tương tự như hoạt động của V1 được biểu diễn trong Hình 11.

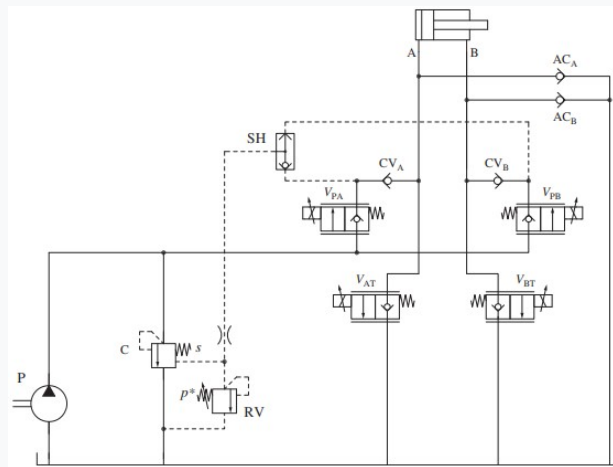


Hình 11. Chi tiết bộ giới hạn áp suất vi sai trong chế độ điều chỉnh

Mặt khác, do thể tích làm việc của bơm giảm nên điều kiện LS của phương trình (10) không hợp lệ nữa. Nói cách khác, $p_P < p_{LS} + s$; do đó, con trượt của V1 trở về vị trí trung gian, do đó mở kết nối giữa A và D.

Bộ điều chỉnh LS được trình bày trong phần này (sơ đồ được thể hiện trong Hình 9) cũng bao gồm hai tiết lưu O1 và O2, đặt giữa các điểm A và C và đường thoát D. Từ quan điểm lý thuyết, các phần tử này không cần thiết cho hoạt động của hệ thống bơm điều chỉnh. Tuy nhiên, chúng thường được nhìn thấy vì chúng đóng một vai trò rất quan trọng đối với ổn định động của bơm LS. Hạn chế được đưa ra bởi thực tế là những tiết lưu này tạo ra một đường rò rỉ đến bể, trừ đi dòng dầu từ đầu ra của máy bơm. Lưu lượng rò rỉ qua O1 và O2 cùng với sự rò rỉ do con trượt V1 gây ra trong quy định và tổn thất lưu lượng trong khe hở con trượt của V1 và V2, tất cả cộng lại thành tổn thất thể tích tổng thể. Trong tình trạng ngày nay của máy bơm LS, giá trị của tổn thất lưu lượng trong hệ thống điều chỉnh thể tích làm việc của bơm (thường được gọi là rò rỉ điều khiển) có giá trị là 1,0–1,25 l/phút cho mỗi 100 bar áp suất đầu ra. Rò rỉ điều khiển này có thể có tác động đáng kể đến hiệu suất thể tích của bơm, đặc biệt là khi máy bơm hoạt động ở áp suất cao và thể tích làm việc nhỏ.

2.2.5. Mạch thủy lực cảm biến tải sử dụng các van tiết lưu độc lập điều khiển điện tỷ lệ



Hình 12. Mạch thủy lực cảm biến tải sử dụng các phần tử tiết lưu độc lập

Các van tiết lưu độc lập điều khiển điện đã được sử dụng như một phương pháp để thực hiện sự kết hợp linh hoạt của các tiết diện lưu thông của tiết lưu bằng cách sử dụng các van được điều khiển bởi các nam châm điện từ riêng biệt. Một hệ tiết lưu độc lập có thể được sử dụng để thực hiện trực tiếp các nguyên lý LS cơ bản trong Hình 1 (bơm không điều chỉnh) hoặc Hình 7 (bơm điều chỉnh), sử dụng kết cấu khác biệt khi so sánh với

van LS truyền thống. Có nhiều các giải pháp sử dụng tiết lưu độc lập cho các hệ thống LS và trên Hình 12 là một giải pháp đối với trường hợp bơm không điều chỉnh. Trong hệ thống này, bốn van tỷ lệ điện – thủy lực 2/2 được sử dụng để điều khiển vận tốc cơ cấu chấp hành. VPA và VPB kết nối nguồn cung đến cửa làm việc của cơ cấu chấp hành và cung cấp năng lượng để xy lanh thực hiện chuyển động thuận, nghịch tương ứng với các tiết lưu hoạt động theo nguyên lý LS. Do đó, lệnh điều khiển từ người vận hành được gửi đến VPA (xy lanh thực hiện hành trình thuận) hoặc VPB (xy lanh thực hiện hành trình nghịch). Áp suất tải được gửi đến van tải C (hoặc đến bộ điều chỉnh độ chênh lệch áp suất, trong trường hợp bơm điều chỉnh), sao cho bơm áp suất đầu ra trở thành $p_p = p_U + s$, như trong phương trình (10). CVA và CVB, nối tiếp với VPA và VPB, tương ứng, đảm bảo rằng giá trị của p_U được sử dụng để xác định áp suất bơm luôn là áp suất tại cửa cung cấp của cơ cấu chấp hành. Trên thực tế, đối với một số điều kiện tải bên ngoài (chẳng hạn như tải cản trở), áp suất tại cửa hồi có thể cao hơn áp suất tại cửa cung cấp. Tiết lưu O cho phép không có áp suất dư bị mắc kẹt trong các đường điều khiển mang tín hiệu tải. Độ chênh áp suất qua van VP được duy trì ở mức s , do đó lưu lượng dòng chảy đến cơ cấu chấp hành là hàm chỉ của độ mở van (Ω_{PA} hoặc Ω_{PB}), như được biểu thị trong phương trình (12).

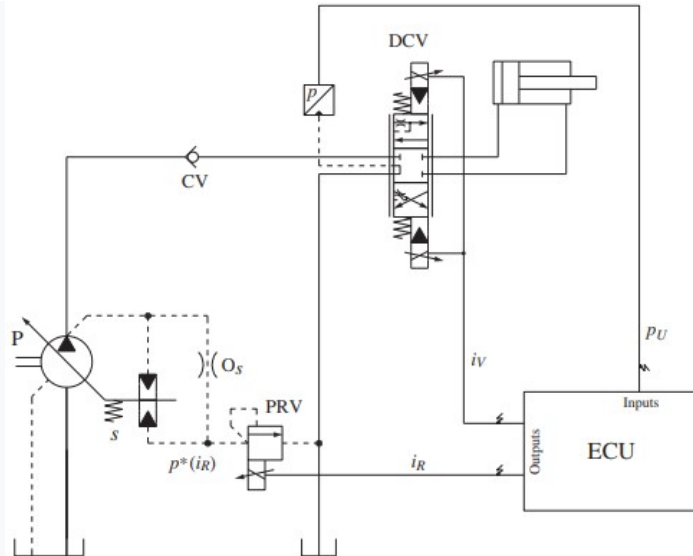
Lưu lượng hồi về từ cơ cấu chấp hành đi đến VTA cho trường hợp xy lanh thực hiện hành trình nghịch và VTB cho trường hợp hành trình thuận. Cả VTA và VTB đều là van tỷ lệ và độ mở của chúng (Ω_{TA} hoặc Ω_{TB}) ảnh hưởng đến áp suất tại cửa hồi. Trong khi các van cung cấp VP được điều khiển trực tiếp bởi người vận hành (lệnh i), việc mở các van hồi VT được thực hiện riêng biệt, thường là không phụ thuộc vào lệnh của người vận hành. Trong trường hợp tải cản trở, thường mở hoàn toàn van hồi VT, để áp suất cung cấp được giảm về giá trị nhỏ nhất và hệ thống tiêu thụ năng lượng ở mức tối thiểu. Tuy nhiên, trong trường hợp tải quá tải, việc mở VT phù hợp sẽ tạo ra một đối áp cân bằng tải và tránh mất điều khiển cơ cấu chấp hành. Trong những điều kiện này, độ mở tối ưu của lỗ tiết lưu cửa hồi tương ứng với áp suất dương tối thiểu tại cửa cung cấp.

Nếu diện tích tiết lưu cửa hồi thấp hơn giá trị tối ưu, vận tốc cơ cấu chấp hành được điều khiển với mức tiêu thụ năng lượng cao hơn do dẫn đến quá áp máy bơm không cần thiết. Để đạt được chức năng này, hệ thống tiết lưu độc lập như trên Hình 12 cần có các cảm biến áp suất tại các cửa làm việc của cơ cấu chấp hành, như tín hiệu phản hồi đến bộ điều khiển xử lý các van hồi VT. Để đơn giản, các cảm biến áp suất này không được thể hiện trong Hình 12. Một giải pháp thay thế đơn giản hơn để điều khiển hệ thống khi quá tải là sử dụng hai van đối trọng để thay thế VTA và VTB.

Hệ thống tiết lưu độc lập trong Hình 12 cũng cho phép điều khiển cơ cấu chấp hành trong chế độ tiết lưu, trong trường hợp tải phụ trợ. Để kích hoạt chế độ này, van một chiều chống xâm thực AC được sử dụng để xả dầu về bể, bỏ qua van VP. Điều chỉnh lưu lượng sử dụng van hồi như điều khiển tiết lưu ở cửa ra cơ cấu chấp hành. Trong trường hợp này, hệ thống hoạt động như điều chỉnh tiết lưu ở cửa ra cơ cấu chấp hành và không phải là một hệ thống LS.

2.2.6. Mạch thủy lực cảm biến tải điện tử (E – LS)

Trong tất cả các mạch LS được trình bày cho đến nay trong phần này, thông tin về áp suất tải luôn được truyền từ cơ cấu chấp hành đến bộ điều chỉnh bơm, hoặc van xả tải, thông qua đường tín hiệu thủy lực, tức là kết nối LS thủy lực. Trong khái niệm LS điện tử (E-LS), tín hiệu áp suất thủy lực được thay thế bằng tín hiệu điện và do đó loại bỏ kết nối LS thủy lực. Một mạch điển hình của E-LS được thể hiện trên Hình 13. Ở đây cơ cấu chấp hành được điều khiển bằng van LS, tương tự như Hình 5. Cửa LS của van được kết nối với bộ chuyển đổi áp suất, đọc áp suất tải p_U .



Hình 13. Mạch thực hiện nguyên lý LS điện tử

Bơm điều chỉnh với bộ giới hạn chênh lệch áp suất (như trình bày trong Hình 7). Ở đây, tín hiệu áp suất LS được tạo ra một cách “nhân tạo” thông qua một van xả áp suất tỷ lệ (PRV), có giá trị cài đặt p^* là một hàm của tín hiệu đầu vào i_R . Van này được cung cấp nguồn từ đường cấp của máy bơm thông qua hệ điều hành bộ tách áp suất O_S . Với cách bố trí như vậy, bơm luôn “đuổi theo” áp suất PRV, do đó thực hiện điều kiện:

$$p_P = p^* + s = f(i_R) + s \quad (20)$$

Thông thường van xả áp tỷ lệ PRV cho phép thay đổi liên tục áp suất cài đặt giữa 0 và giá trị lớn nhất, p_{\max} . Trong hầu hết các trường hợp, mối quan hệ giữa lệnh điều khiển i_R và áp suất cài đặt p^* là tuyến tính. Một số PRV có mối quan hệ gia tăng tỷ lệ bậc nhất giữa dòng điện và áp suất; một số khác có một mối quan hệ nghịch đảo giữa hai thông số trên. Đối với loại PRV đầu tiên, mối quan hệ giữa áp suất cài đặt và dòng điện i_R là:

$$i_R = f^{-1}(p_U + \varepsilon) \quad (21)$$

f^{-1} là hàm nghịch đảo của đặc tính PRV; ε là một giá trị mà có thể được cộng (hoặc trừ, nếu âm) vào áp suất tải đo được, p_U . Thay thế phương trình (21) vào phương trình (20), áp suất đầu ra của bơm trở thành:

$$p_P = p_U + (s + \varepsilon) \quad (22)$$

Giá trị của ε là một tham số có thể được thay đổi bởi bộ điều khiển để điều chỉnh áp suất biên hiệu quả tại van LS. Ví dụ: nếu giá trị của ε là 0, hệ thống sẽ thực hiện điều kiện LS điển hình $p_P = p_U + s$, như trong biểu phương trình (10). Nếu giá trị của ε lớn hơn 0, áp suất biên được tăng lên. Do đó, nhiều lưu lượng dòng chảy hơn được truyền tới cơ cấu chấp hành, đối với một độ mở nhất định của van LS. Ngược lại, nếu ε âm, áp suất biên có thể giảm, để điều khiển hiệu quả hơn vì độ chênh áp suất qua tiết lưu bị giảm.

Nói chung, E-LS có lợi thế là cho phép thêm một mức độ linh hoạt trong kết cấu điều khiển. Các lệnh điều khiển trong trường hợp này là i , độ mở van LS và i_R để tác động đến biên áp suất qua van LS. Điều này cho phép có các giải pháp điều khiển bổ sung khi so sánh với một hệ thống LS truyền thống. Các ví dụ có thể như sau:

- Lưu lượng tối đa có thể thay đổi. Giá trị của ε được xác định bởi i_R cho phép thay đổi khả năng lưu lượng tối đa của van LS. Lưu lượng tối đa mà van LS có thể gửi đến cơ cấu chấp hành được cho bởi:

$$Q_{\max} = C_f \Omega_{\max} \sqrt{\frac{2(s + \varepsilon)}{\rho}} \quad (23)$$

Trong đó Ω_{\max} tương ứng với độ mở tối đa của van LS và nó liên quan trực tiếp đến lệnh điều khiển tối đa i_{\max} . Đối với hệ thống LS truyền thống, giá trị của Q_{\max} tương ứng với lưu lượng dòng chảy tối đa của bơm cấp, để tránh bão hòa lưu lượng dòng chảy (Phương trình 9)). Tuy nhiên, đối với một E-LS, mối quan hệ trên có thể được sử dụng để điều chỉnh lưu lượng tối đa của van LS một cách thuận tiện. Điều này có thể thuận tiện cho việc sử dụng các van LS nhỏ trong các ứng dụng chỉ thỉnh thoảng yêu cầu cao lưu lượng dòng chảy. Đối với các điều kiện nhu cầu lưu lượng thấp, biên LS ($s + \varepsilon$) được cài đặt một giá trị nhỏ để giảm tổn thất năng lượng qua lỗ tiết lưu trong van LS. Đối với điều kiện nhu cầu lưu lượng cao, biên LS được tăng lên để tăng lưu lượng vì cần bù cho tổn thất điều chỉnh tiết lưu cao hơn.

- Áp suất ở chế độ chờ thay đổi. Về mặt tiêu thụ năng lượng, khi một chức năng không được kích hoạt, để giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng của máy bơm thì có thể giảm áp suất đầu ra của chức năng đó. E-LS cho phép giảm hơn nữa giá trị cài đặt của bộ giới hạn lưu lượng vì sai số, sao cho áp suất ở chế độ chờ chỉ có thể tăng khi cần thiết.

Mặt khác, E-LS có một số hạn chế. Đầu tiên, trong mạch Hình 13, lưu lượng dòng chảy không đổi liên tục bị mất thông qua tiết lưu O_s của bộ tách áp suất (với độ chênh lệch áp suất s). Điều này làm giảm hiệu quả của hệ thống đối với mạch LS truyền thống. Thứ hai, phân tử chính của hệ thống là van tỷ lệ PRV, điều khiển áp suất tải với độ chính xác cao. Đặc biệt khi hệ thống đang làm việc ở áp suất biên thấp, đặc tính không lý tưởng của PRV (độ trễ của van, độ phi tuyến tính, các biến thể từ mẫu này sang mẫu khác, v.v.) có thể ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất hệ thống và đặt ra những thách thức để triển khai mạnh mẽ khái niệm này.

3. KẾT LUẬN

- Mạch thủy lực cảm biến tải với ưu điểm nổi bật là hiệu quả năng lượng trong điều khiển tiết lưu các hệ truyền động thủy lực thể tích ngày càng được phát triển và ứng dụng rộng rãi, bao gồm:

- + Phát triển các thiết bị thủy lực cảm biến tải,

- + Phát triển và ứng dụng các mạch cảm biến tải trong các hệ thủy lực công nghiệp và trong các máy di chuyển (ví dụ: hệ thống nâng, hạ tải; hệ thống lái...).

- Có thể sử dụng kết hợp các loại tín hiệu điện cảm biến tải, tín hiệu điện điều khiển... làm tăng phạm vi ứng dụng của mạch cảm biến tải thủy lực.