

# PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ DI CHUYỂN MÁY CƠ SỞ CỦA MÁY LÀM ĐẤT CÓ SẴN PHÙ HỢP VỚI MÁY ĐÀO RÃNH HẸP

Nguyễn Tiến Nam<sup>a</sup>, Phạm Quang Dũng<sup>a</sup>, Nguyễn Văn Tịnh<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 11/01/2024, Sửa xong 29/02/2024, Chấp nhận đăng 19/4/2024

## Tóm tắt

Máy đào rãnh hẹp có ưu thế trong việc thi công theo tuyến các công trình hạ ngầm đường dây cáp điện lực, cáp viễn thông, các đường ống kỹ thuật, ... Các máy đào rãnh hẹp đồng bộ trong nước hiện nay được nhập khẩu có giá thành cao. Giải pháp phù hợp để chế tạo máy trong điều kiện Việt Nam là thiết kế chế tạo thiết bị công tác và lắp trên máy cơ sở của máy làm đất có sẵn. Tuy nhiên, tốc độ và phương pháp điều khiển tốc độ di chuyển của máy cơ sở chưa phù hợp theo yêu cầu của máy đào rãnh hẹp. Bài báo này trình bày phương pháp điều chỉnh tốc độ máy cơ sở có sẵn phù hợp với máy đào rãnh hẹp bằng cách điều chỉnh công suất nguồn thủy lực dẫn động cơ cấu di chuyển mà vẫn đảm bảo tính nguyên bản của máy. Các điều kiện làm việc cần phải kiểm tra và mạch thủy lực với ba chế độ làm việc của cơ cấu di chuyển đáp ứng yêu cầu điều chỉnh đã được đề xuất. Áp dụng phương pháp đề xuất cho máy đào rãnh hẹp ĐRH-01 có sử dụng máy cơ sở của máy xúc lật MS500, tốc độ chậm có thể điều chỉnh được trong một khoảng rộng 0÷10 m/ph. Công suất của cơ cấu xích đào đã được tăng thêm đến 72,7% do nhận được từ phần công suất dư của cơ cấu di chuyển.

*Từ khóa:* máy đào rãnh hẹp; điều chỉnh tốc độ; máy xúc lật cỡ nhỏ; truyền động thủy lực; cơ cấu di chuyển.

MOVEMENT SPEED REGULATION METHOD OF BASE MACHINE'S EXISTING EARTH-MOVING MACHINERY TO GET SPEEDS SUITABLE FOR NARROW TRENCHERS

## Abstract

Narrow trenchers have advantages in the linear construction of underground power cables, telecommunications cables, technical pipelines, etc. Domestic synchronous narrow trenchers are currently imported at high prices. The appropriate solution to manufacture machines in Vietnamese conditions is to design and manufacture working parts and install them on the base machines of existing earth-moving machines. However, the movement speed and its control method of the base machine are not suitable for the requirements of narrow trenchers. This article presents an existing basic machine speed adjustment method suitable for narrow trenchers by adjusting the power of the hydraulic source that drives the moving mechanism while still ensuring the originality of the machine. The working conditions need to be checked and the hydraulic circuit with three working modes of the moving mechanism meets the adjustment requirements, are proposed. Applying the method to the ĐRH-01 trencher which uses the base machine of the MS500 wheel loader, the slow speed can be adjusted in a wide range of 0÷10 m/min. The power of the digging chain mechanism has been increased by 72.7% due to the residual power of the moving mechanism.

*Keywords:* narrow trenchers; speed regulation; mini wheel loader; hydraulic transmission; moving mechanism.

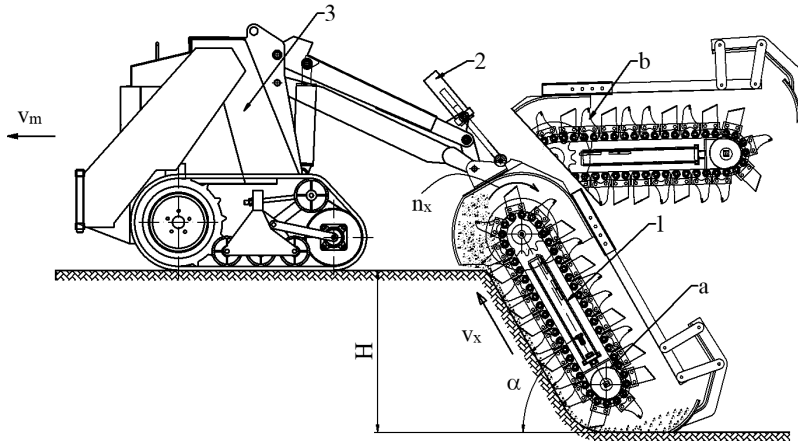
[https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18\(2V\)-06](https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18(2V)-06) © 2024 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Giới thiệu

Máy đào rãnh hẹp (MĐRH) là loại máy có chế độ làm việc liên tục cho năng suất cao, dùng để đào rãnh có chiều sâu lớn, chiều rộng hẹp, có ưu thế thi công theo tuyến các công trình hạ ngầm cáp

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [tinhnv@huce.edu.vn](mailto:tinhnv@huce.edu.vn) (Tịnh, N. V.)

điện lực, cáp viễn thông và các đường ống nhỏ trong hệ thống cấp nước đô thị, hệ thống cấp nước tưới tiêu trong nông nghiệp công nghệ cao, ... Do máy có thể đào được rãnh sâu với chiều rộng hẹp vừa đủ để đặt các đường ống hoặc cáp ngầm mà khối lượng đất cần đào là nhỏ nhất, tiết kiệm năng lượng, tăng năng suất, rút ngắn thời gian thi công. Việt Nam đang trong giai đoạn xây dựng hạ tầng kỹ thuật phục vụ công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước, trong đó khối lượng công trình đường dây cáp điện lực, cáp viễn thông và các đường ống kỹ thuật yêu cầu hạ ngầm là rất lớn. Vì vậy mà việc nghiên cứu phát triển MĐRH phù hợp với điều kiện Việt Nam hiện nay có ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn.



1- Thiết bị công tác dạng xích có gắn các lưỡi hoặc răng cắt đất; 2- Xi lanh nâng hạ và điều chỉnh góc nghiêng của thiết bị công tác;  
3- Máy cơ sở; a- Trạng thái thiết bị công tác được hạ xuống gương đào khi máy đào rãnh; b- Trạng thái thiết bị công tác được nâng lên khỏi gương đào khi máy di chuyển không tải

Hình 1. Máy đào rãnh hẹp

Máy đào rãnh hẹp (Hình 1) được tổ hợp từ máy cơ sở và thiết bị công tác (TBCT) dạng xích có gắn các răng cắt đất và lưỡi cắt – gạt đất. Khi máy làm việc, động cơ của TBCT dẫn động xích chuyển động với tốc độ  $v_x$  đồng thời di chuyển máy với tốc độ  $v_m$  để cắt và gạt đất lên miệng rãnh, đất ở miệng rãnh được vận chuyển sang một bên nhờ vít lắp đồng trục với đĩa xích chủ động.

Để tạo thành MĐRH, có thể thực hiện một trong hai phương án sau:

- Thiết kế, chế tạo đồng bộ MĐRH chuyên dùng. Phương án này đòi hỏi vốn đầu tư lớn, trình độ công nghệ cao, do các hãng sản xuất lớn thuộc các nước công nghiệp phát triển chế tạo với giá thành cao, phương pháp tính toán thiết kế và công nghệ chế tạo là bản quyền của các hãng, không được công bố và phổ biến rộng rãi. Một số phát minh và cải tiến liên quan đến máy đã được đăng ký bảo hộ. Chúng đã giúp máy trở nên gọn gàng hơn như sử dụng động cơ thủy lực dẫn động trực tiếp xích đào và vít gạt đất sang hai bên [1]; giúp cải thiện các tính năng của máy như tự động điều chỉnh công suất động cơ hoặc điều chỉnh van để dòng dầu thủy lực giảm xuống khi không có người điều khiển đứng trên máy [2], giữ cần điều khiển ở trạng thái máy làm việc và tự động nhả về vị trí trung gian khi người vận hành không ở trên máy [3]; làm cho máy trở nên thông minh hơn [4]; tạo ra tính năng mới, cho phép máy đào thực hiện đào rãnh ở hai bên đường ống có sẵn [5]. Các nghiên cứu khác đã được công bố chủ yếu đi vào tính toán thiết kế và tối ưu các thông số của răng cắt, cụm xích đào và hệ truyền động cho một mô hình máy chuyên dùng cụ thể [6–8].

- Thiết kế, chế tạo TBCT của MĐRH và lắp trên máy cơ sở của các loại máy làm đất có sẵn nhằm tăng tính vạn năng của máy, giảm giá thành đầu tư. Đây là phương án phù hợp với điều kiện Việt Nam hiện nay, có tính khả thi cao, đáp ứng được nhu cầu cấp thiết của thực tiễn.

Khảo sát các loại MĐRH do các hãng thuộc các nước công nghiệp phát triển chế tạo, dùng để thi công hạ ngầm cáp điện lực, cáp viễn thông và các đường ống kỹ thuật trên nền đất á sét, á cát có độ

cứng đến cấp III, tính năng kỹ thuật của máy gồm [9–11]: Chiều rộng  $B = (0,1 \div 0,35)$  m; chiều sâu rãnh  $H = (0,6 \div 1,5)$  m; năng suất đào  $Q_d = (6 \div 30)$  m<sup>3</sup>/h; công suất động cơ máy cơ sở  $N_{dc} = (8,9 \div 23,1)$  kW. Các tính năng kỹ thuật trên cho thấy tốc độ di chuyển của MĐRH trong trạng thái làm việc với nền đất có độ cứng đến cấp III ( $v_m = Q_d/(BH)$ ) là rất chậm, nằm trong khoảng  $v_m = (60 \div 300)$  m/h. Một đặc điểm nữa của MĐRH là máy cần có nhiều cấp tốc độ di chuyển khác nhau trong trạng thái làm việc để thích ứng với các nền đất khác nhau (khi đào rãnh trên nền đất yếu hơn thì có thể tăng tốc độ di chuyển để tăng năng suất, tận dụng hết công suất của máy).

Để tạo thành MĐRH, có thể sử dụng máy cơ sở của các loại máy làm đất thông dụng có sẵn như máy đào một gầu, máy kéo, máy ủi, máy xúc lật, ..., trong đó máy đào một gầu và máy xúc lật là phù hợp nhất (TBCT được lắp trên đầu cần, có thể dùng nguồn thủy lực của xi lanh tay cần và xi lanh gầu để dẫn động động cơ quay xích đào và xi lanh nâng hạ TBCT- xem Hình 2 [10]).



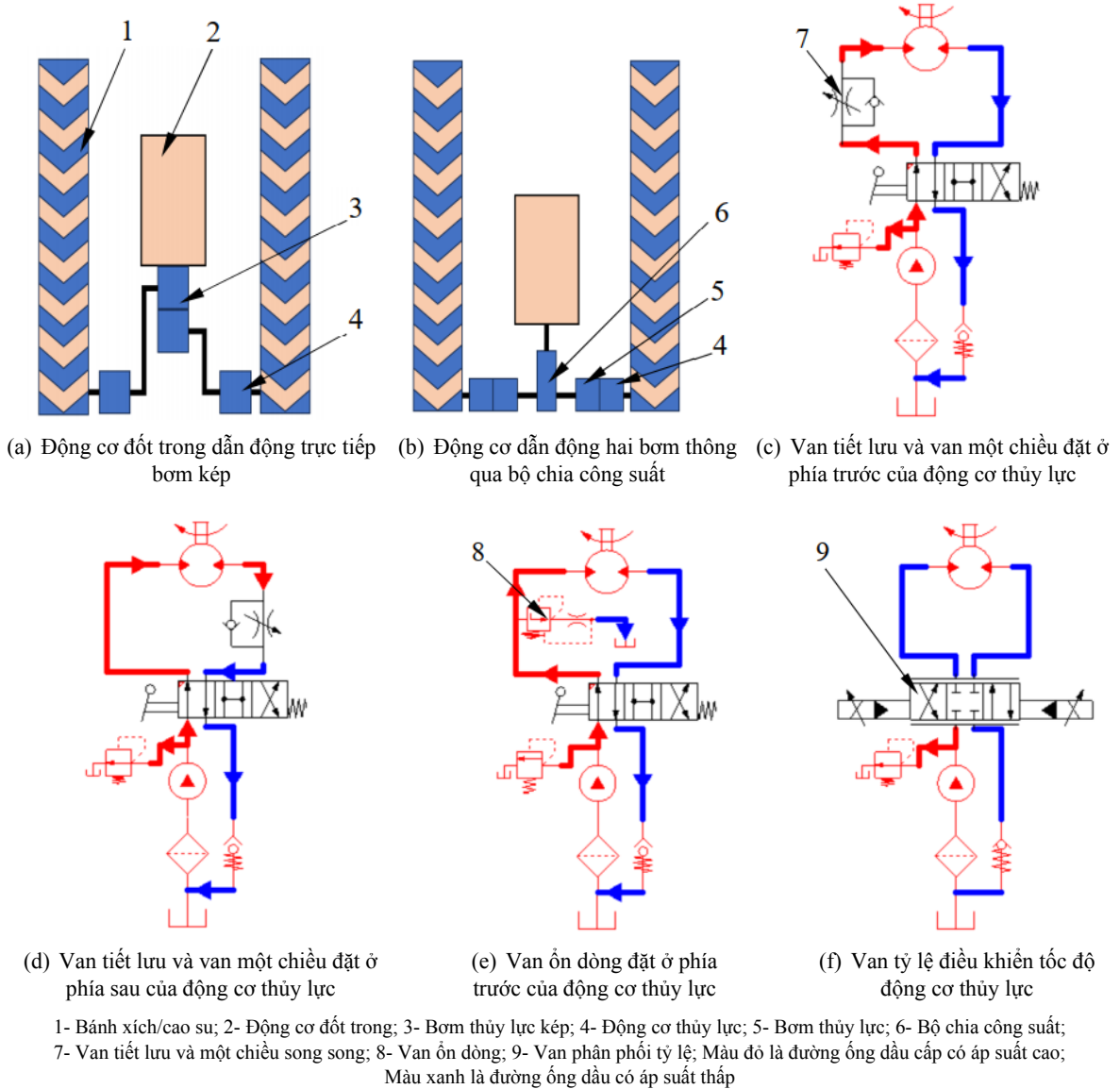
Hình 2. Thiết bị đào rãnh hẹp lắp trên máy cơ sở của máy đào một gầu

Ở Việt Nam hiện nay, các loại máy đào một gầu và máy xúc lật cỡ nhỏ và vừa có công suất phù hợp với MĐRH được sử dụng rất phổ biến và sẵn có ở các đơn vị thi công cũng như của tư nhân, đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của phương án này. Tuy nhiên, do máy đào một gầu và máy xúc lật có chế độ làm việc theo chu kỳ, máy không di chuyển khi đào/xúc đất, nên máy thường có tốc độ di chuyển lớn hơn nhiều so với tốc độ di chuyển của MĐRH trong trạng thái làm việc. Máy có thể di chuyển được ở tốc độ chậm với mức ga thấp song ở mức ga cao trong trạng thái làm việc để phát huy hết công suất thì máy lại có tốc độ di chuyển lớn. Máy đào một gầu và máy xúc lật hiện nay phần lớn là loại sử dụng truyền động thủy lực với phương án dẫn động riêng, trong đó có một số ít máy được trang bị bơm và động cơ thủy lực có điều chỉnh thì có thể có tốc độ di chuyển phù hợp với MĐRH. Vì vậy mà việc xây dựng phương pháp điều chỉnh tốc độ di chuyển máy cơ sở của máy đào một gầu/máy xúc lật phù hợp với MĐRH là cần thiết.

Bài báo trình bày phương pháp điều chỉnh tốc độ máy cơ sở của máy làm đất có sẵn phù hợp với MĐRH bằng cách điều chỉnh công suất nguồn thủy lực dẫn động cơ cấu di chuyển, đảm bảo tính nguyên bản của máy, tập trung vào các loại máy đào một gầu và máy xúc lật thủy lực dẫn động riêng cỡ vừa và nhỏ sẵn có và thông dụng trên thị trường.

## 2. Mô hình truyền chuyển động của cơ cấu di chuyển máy đào một gầu và máy xúc lật

Mô hình truyền chuyển động chung nhất của cơ cấu di chuyển máy đào một gầu và máy xúc lật có thể tìm thấy trong tài liệu [12, 13]. Thông thường để giảm giá thành và dễ dàng trong việc tổ hợp thiết bị thủy lực trên máy một cách gọn gàng, cũng như phù hợp với cách bố trí của các tay điều khiển, trên máy đào một gầu và máy xúc lật cỡ nhỏ sử dụng bơm thủy lực có lưu lượng riêng không đổi kết hợp với các van điều khiển, điều chỉnh các thông số dòng thủy lực.



Hình 3. Mô hình truyền chuyển động của cơ cấu di chuyển máy đào một gầu và máy xúc lật cỡ nhỏ

Trên Hình 3(a) và 3(b) là phương án sử dụng hai bơm cung cấp dòng năng lượng thủy lực đến dẫn động động cơ thủy lực ở hai cụm dải xích di chuyển. Động cơ đốt trong dẫn động trực tiếp bơm kép (xem Hình 3(a)) và dẫn động hai bơm thủy lực thông qua một bộ chia công suất (xem Hình 3b). Mô hình thứ nhất được sử dụng nhiều hơn trong thực tế do kết cấu nhỏ gọn hơn. Việc điều chỉnh tốc độ di chuyển của máy có thể thực hiện thông qua điều chỉnh lưu lượng dầu dẫn động các động cơ thủy lực.

Phương án đơn giản nhất là sử dụng và tổ hợp các van tiết lưu, van một chiều, van ổn dòng và van chia dòng [14]. Hình 3(c)–(e) thể hiện các cách lắp đặt các van điều chỉnh lưu lượng dầu trong mạch thủy lực. Ở Hình 3(c), van tiết lưu và van một chiều mắc song song và đặt ở phía trước của động cơ thủy lực. Dòng dầu được điều chỉnh cho một chiều chuyển động của máy. Để đạt được tốc độ mong muốn bằng việc điều chỉnh tiết lưu trong khi máy đang di chuyển là khó khăn và tổn thất năng lượng do một lượng dầu đi qua van tràn. Đặc biệt nếu máy cơ sở sử dụng loại bơm cỡ lớn cho di chuyển thì tổn thất năng lượng là lớn. Tương tự, trong Hình 3(d), cặp van tiết lưu và van một chiều được lắp đặt phía sau động cơ. Áp suất ở phía trước và sau của động cơ đều cao nên dễ gây ra chảy dầu ở động cơ. Tổn thất năng lượng ở trường hợp này cũng lớn. Nhằm dễ dàng cài đặt tốc độ di chuyển, van tiết lưu có thể được thay thế bằng van ổn dòng. Trong Hình 3(e), van ổn dòng cho phép một dòng dầu có lưu lượng nhất định đi qua van và chảy về thùng dầu. Với cách bố trí này có ưu điểm là áp suất dầu trong mạch nhỏ do không cần khắc phục lực cản khi dầu qua van tiết lưu như hai phương án phía trước. Song, bơm thủy lực cần lựa chọn loại có lưu lượng riêng lớn hơn mức cần thiết để đảm bảo đủ lưu lượng cung cấp cho động cơ.

Phương án được dùng nhiều hơn cả là sử dụng van phân phối tỷ lệ (xem Hình 3(f)), quá trình điều khiển máy di chuyển cũng đồng thời là quá trình điều chỉnh cần điều khiển của van. Máy di chuyển nhanh hay chậm tương ứng với khoảng dịch chuyển của tay điều khiển lớn hay nhỏ. Tuy nhiên, các van phân phối tỷ lệ ở đây không phải là loại van tỷ lệ có độ chính xác cao nên việc thiết lập tốc độ di chuyển nhỏ theo mong muốn là khó khăn.

Như vậy, cần có giải pháp thích hợp hơn trên cơ sở căn cứ vào máy cơ sở có sẵn để thực hiện điều khiển và điều chỉnh tốc độ di chuyển mà không làm thay đổi nhiều kết cấu nguyên bản của máy cơ sở dự kiến lắp đặt TBCT, cũng như hạn chế số lượng tối thiểu các phần tử thủy lực lắp thêm và phải dễ dàng cho người vận hành.

### 3. Đề xuất cấu hình mạch thủy lực điều chỉnh tốc độ phù hợp với MĐRH

#### 3.1. Các yêu cầu

- Đảm bảo tính nguyên bản của máy cơ sở, có nhiều cấp tốc độ di chuyển khác nhau, dễ điều chỉnh, dễ chuyển đổi trở lại làm máy đào một gầu/máy xúc lật.
- Điều kiện làm việc đối với cơ cấu quay xích đào:
  - + Công suất nguồn dẫn động thiết bị công tác trên máy cơ sở  $N_{cs}^{TBCT}$  được sử dụng dẫn động quay xích đào phải thỏa mãn:

$$N_{cs}^{TBCT} \geq N_{xd}/\eta_{xd}, \quad \text{kW} \quad (1)$$

trong đó  $N_{xd}$  là công suất cần quay đĩa xích đào, kW;  $\eta_{xd}$  là hiệu suất truyền động của cơ cấu quay xích đào.

Từ điều kiện (1) có thể chuyển thành điều kiện cần phải đảm bảo đối với lưu lượng riêng của động cơ thủy lực quay xích đào:

$$q_{xd} \geq \frac{200\pi M_{xd}}{p_{xd}\eta_{xd}}, \quad \text{cm}^3/\text{vg} \quad (2)$$

trong đó  $M_{xd}$  là mô men cản quay đĩa xích đào xác định từ lực cản công tác đào đất theo phương xích đào và mô men cản quay vít vận chuyển đất, N.m;  $p_{xd}$  là áp lực làm việc nguồn thủy lực của xi lanh tay cần/gầu để dẫn động cơ cấu quay xích đào, N/cm<sup>2</sup>.

Lưu lượng riêng của động cơ thủy lực quay xích đào  $q_{xd}$  nên lấy giá trị nhỏ nhất cho phép (dấu =) để tăng tốc độ quay của động cơ thủy lực, phát huy hết công suất nguồn.

+ Điều kiện làm việc về tốc độ xích đào  $v_x$  (m/ph):

$$n_{xd} = \frac{Q_{xd}}{q_{xd}} \geq \frac{v_x}{\pi D_{xd}}, \quad \text{vg/ph} \quad (3)$$

trong đó  $Q_{xd}$  là lưu lượng nguồn thủy lực của xi lanh tay cần/gầu để dẫn động cơ cấu quay xích đào,  $\text{cm}^3/\text{ph}$ ;  $D_{xd}$  là đường kính vòng tròn chia đĩa xích chủ động quay xích đào, m.

- Điều kiện làm việc đối với cơ cấu di chuyển:

+ Công suất dẫn động cơ cấu di chuyển của máy cơ sở  $N_{cs}^{dc}$  phải thỏa mãn:

$$N_{cs}^{dc} \geq \frac{[P_{dc} + G_m(f_0 + i)] v_m}{1000\eta_{dc}}, \quad \text{kW} \quad (4)$$

trong đó  $P_{dc}$  là lực cản công tác đào đất theo phương di chuyển, N;  $G_m$  là trọng lượng máy, N;  $f_0$  là hệ số cản di chuyển;  $i$  là độ dốc nền đất thi công;  $\eta_{dc}$  là hiệu suất truyền động của cơ cấu di chuyển.

Điều kiện (4) tương đương với điều kiện về lực kéo của cơ cấu di chuyển:

$$M_{dc} = \frac{q_{dc} p_{dc} \eta_{dc}}{200\pi} \geq \frac{[P_{dc} + G_m(f_0 + i)] D_{dc}}{2}, \quad \text{Nm} \quad (5)$$

trong đó  $q_{dc}$  là lưu lượng riêng của động cơ thủy lực quay đĩa xích chủ động của cơ cấu di chuyển,  $\text{cm}^3/\text{vg}$ ;  $p_{dc}$  là áp lực làm việc của động cơ thủy lực cơ cấu di chuyển,  $\text{N}/\text{cm}^2$ ;  $D_{dc}$  là đường kính vòng chia đĩa xích chủ động của cơ cấu di chuyển, m.

+ Điều kiện bám:

$$K_b = \frac{G_b^m \varphi}{G_m(f_0 + i) + P_{dc}} \geq [K_b] = 1,1 \div 1,2 \quad (6)$$

trong đó  $K_b$  là hệ số an toàn bám;  $G_b^m$  là trọng lượng bám, N;  $\varphi$  là hệ số bám;  $[K_b]$  là hệ số an toàn bám cho phép.

+ Điều kiện về tốc độ di chuyển máy  $v_{dc} = 0 \div v_{mmax}$ , với  $v_{mmax}$  là tốc độ di chuyển máy lớn nhất của máy cơ sở nguyên bản.

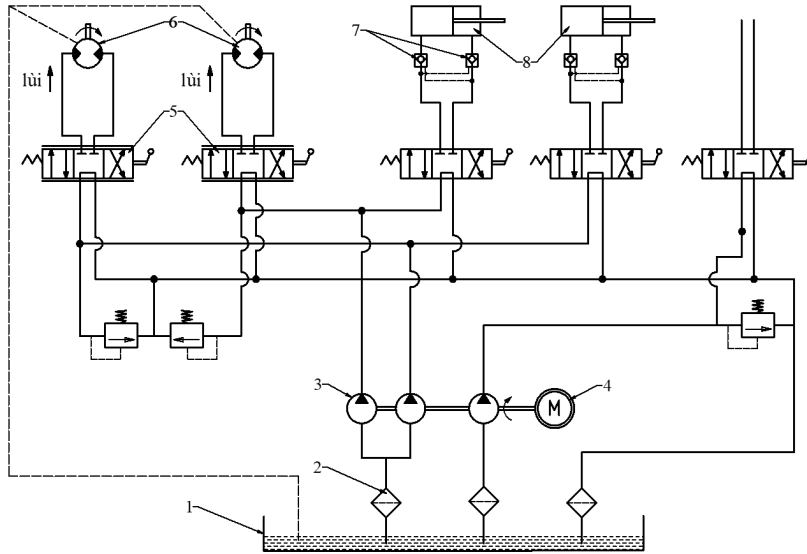
### 3.2. Sơ đồ mạch thủy lực đề xuất

Trong Hình 4 là mạch thủy lực của máy xúc lật MS500. Đây là mạch thủy lực điển hình của loại máy xúc lật cỡ nhỏ được sử dụng nhiều trong thực tế, gồm có ba bơm thủy lực đồng trục 3, hai bơm có lưu lượng riêng như nhau được sử dụng để dẫn động hai động cơ di chuyển 6 và hai xy lanh 8. Bơm thủy lực thứ ba phục vụ dẫn động cơ cấu công tác của máy. Tùy theo mục đích khác nhau mà người sử dụng có thể lắp thêm các bộ phận công tác khác nhau như gầu xúc, cơ cấu gắp vật, đĩa cắt, xích đào, ... để trở thành máy xúc lật, máy gắp vật, máy cắt, máy đào, ...

Trên cơ sở mạch thủy lực của máy cơ sở, mạch thủy lực đề xuất có lắp thêm một số phần tử thủy lực để tạo ra khoảng điều chỉnh tốc độ rộng và đạt được mức tốc độ thấp theo yêu cầu được thể hiện trong Hình 5.

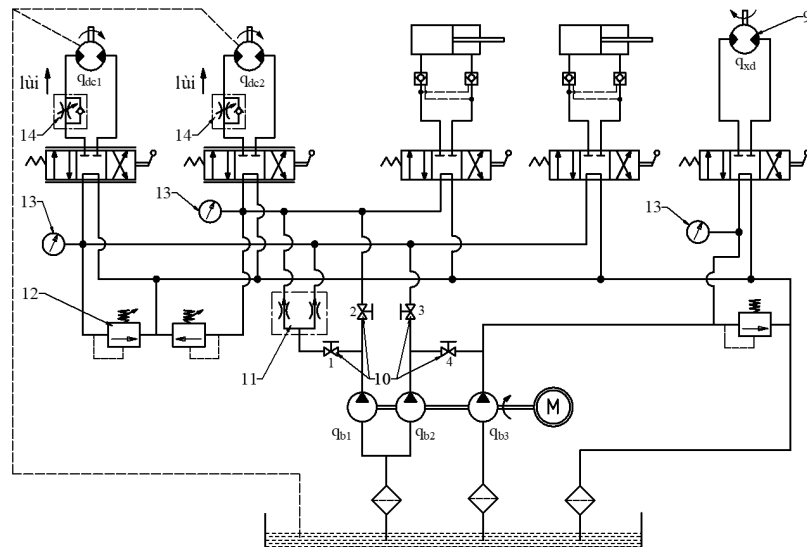
- Chế độ máy làm việc như nguyên bản (chế độ 0): Van khóa 10.1, 10.4 đóng và 10.2, 10.3 mở, van tiết lưu cài đặt ở độ mở lớn nhất. Mọi hoạt động của máy làm việc bình thường như nguyên bản. Ở chế độ này, cần điều khiển van phân phối 5 vừa có tác dụng kích hoạt chuyển động và vừa có tác dụng điều chỉnh tốc độ di chuyển.

- Chế độ điều chỉnh tốc độ di chuyển ở mức 1 (chế độ 1): Cài đặt các van khóa 10 như chế độ 0, thực hiện điều chỉnh các van tiết lưu có độ mở van nhỏ. Do mỗi bơm cung cấp dòng dầu cho một động cơ nên nguồn cung cấp lưu lượng lớn, trong khi nhu cầu mong muốn lưu lượng nhỏ, một lượng



1- Thùng dầu; 2- Lọc dầu; 3- Cụm bơm thủy lực; 4- Động cơ đốt trong; 5- Van phân phối; 6- Động cơ thủy lực; 7- Van chống rơi; 8- Xy lanh thủy lực

Hình 4. Mạch thủy lực thực tế của máy xúc lật MS500



9- Động cơ dẫn động xích đào; 10- Van khóa; 11- Van chia dòng; 12- Van tràn điều chỉnh được; 13- Áp kế; 14- Van tiết lưu và một chiều mắc song song

Hình 5. Mạch thủy lực đề xuất để điều chỉnh tốc độ cơ cấu di chuyển

lớn dầu có áp suất cao đi qua các van tràn về thùng dẫn đến tổn thất năng lượng. Việc điều khiển tốc độ di chuyển được thực hiện bằng cần điều khiển van phân phối và cài đặt van tiết lưu.

- Chế độ điều chỉnh tốc độ di chuyển ở mức 2 (chế độ 2): Van khóa 10.1, 10.4 mở và 10.2, 10.3 đóng, một bơm thủy lực cung cấp dầu cho cả hai động cơ di chuyển thông qua bộ chia đều lưu lượng. Vì vậy, khi các van tiết lưu và van phân phối được thiết lập ở mức mở tối đa, lưu lượng dầu cung cấp cho cơ cấu di chuyển đã giảm đi một nửa so với chế độ 1 ở cùng các điều kiện tương đương. Tiếp tục điều chỉnh van tiết lưu và kết hợp điều khiển van phân phối, mức lưu lượng nhỏ sẽ được tạo ra theo mong muốn. Đặc biệt hơn, ở giải pháp đề xuất này, bơm thủy lực thứ hai vốn để sử dụng cho cơ cấu

di chuyển nay được tận dụng để cung cấp năng lượng bổ sung thêm cho động cơ dẫn động xích. Như vậy, giải pháp này vừa có thể đảm bảo điều chỉnh được tốc độ di chuyển chậm, vừa tăng được công suất cho cơ cấu đào bằng cách tận dụng triệt để năng lượng dư thừa của cơ cấu di chuyển mà kết cấu của cụm bơm không thay đổi.

Lưu lượng qua van tiết lưu được xác định như sau:

$$Q_{tl} = k_v \mu \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\gamma}}, \quad \text{l/ph} \quad (7)$$

trong đó  $p_1, p_2$  là áp suất dầu trước khi vào van và sau khi qua van tiết lưu, bar;  $\mu$  là hệ số mở van ứng với van mở hoàn toàn;  $k_v$  là phần trăm độ mở của van;  $\gamma$  là khối lượng riêng của dầu, kg/l.

Lưu lượng qua van phân phối tỷ lệ được xác định như sau:

$$Q_{pp} = f_u Q_0 \sqrt{\frac{p_{vt} - p_1}{\Delta p_N}}, \quad \text{l/ph} \quad (8)$$

trong đó  $p_{vt}$  là áp suất cài đặt trên van tràn, bar;  $\Delta p_N$  là chênh lệch áp suất tiêu chuẩn, bar;  $Q_0$  là lưu lượng định mức tương ứng với độ mở của van lớn nhất và  $\Delta p_N = 5$  bar, l/ph;  $f_u$  là phần trăm lưu lượng theo  $Q_0$ , phụ thuộc vào độ mở của van và đặc tính van.

Vì lưu lượng dầu qua van tiết lưu bằng với lưu lượng dầu qua van phân phối nên từ (7) và (8) ta có thể xác định được áp suất dầu phía trước van tiết lưu:

$$p_1 = \left( \frac{Q_0^2 f_u^2}{\Delta p_N} p_{vt} + \frac{k_v^2 \mu^2}{\gamma} p_2 \right) / \left( \frac{Q_0^2 f_u^2}{\Delta p_N} + \frac{k_v^2 \mu^2}{\gamma} \right) = f(f_u, k_v), \quad \text{bar} \quad (9)$$

Tốc độ di chuyển của máy được xác định theo phương án đề xuất:

$$v_{dc} = \begin{cases} \frac{\pi D_{dc} \eta_{dc}^{tl}}{q_{dc}} k_v \mu \sqrt{\frac{f(f_u, k_v) - p_2}{\gamma}} & \text{khi } Q_{tl} < Q_b \\ \frac{\pi D_{dc} \eta_{dc}^{tl} Q_b}{q_{dc}} & \text{khi } Q_{tl} \geq Q_b \end{cases}, \quad \text{m/ph} \quad (10)$$

với  $Q_b$  là lưu lượng dầu thực tế được cung cấp từ bơm, l/ph;  $\eta_{dc}^{tl}$  là hiệu suất của động cơ thủy lực.

Như vậy, tốc độ di chuyển của máy có thể điều chỉnh thông qua ba thông số  $k_v, f_u$  và  $p_{vt}$ .

#### 4. Áp dụng cho máy ĐRH-01 có sử dụng máy cơ sở của máy xúc lật MS500

Thông số hệ thống thủy lực máy cơ sở và các thông số làm việc của MĐRH trong quá trình di chuyển có thể tìm thấy trong [15, 16]. Một số thông số chính sử dụng cho khảo sát và đánh giá giải pháp đề xuất được thể hiện trong Bảng 1.

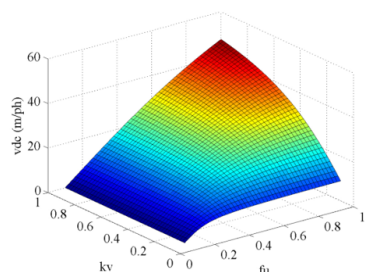
Các điều kiện từ (1) đến (6) dễ dàng có thể kiểm tra được nên ở phần này sẽ tập trung khảo sát ảnh hưởng của tốc độ di chuyển theo ba thông số  $k_v, f_u$  và  $p_{vt}$ . Giá trị của hai thông số đầu tiên được điều chỉnh từ 0,1 đến 1 (từ độ mở nhỏ nhất - máy bắt đầu di chuyển đến độ mở lớn nhất - van mở hoàn toàn). Giá trị  $p_{vt}$  được cài đặt ở ba mức giá trị thường sử dụng trong quá trình vận hành máy thử nghiệm là 120 bar, 135 bar và 150 bar. Trên Hình 6 là đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của tốc độ di chuyển theo ba thông số điều khiển ở chế độ 1 (Hình 6(a)–(c)) và chế độ 2 (Hình 6(d)–(f)) tương ứng với lần lượt ba mức áp suất dầu cài đặt ở van tràn.

Tốc độ di chuyển có thể điều chỉnh từ 0 đến 60 m/ph ở chế độ 1 và 0 đến 30 m/ph ở chế độ 2. Sự khác biệt rõ rệt khi điều chỉnh độ mở của van tiết lưu. Khi độ mở van tiết lưu nhỏ có thể dễ dàng thiết

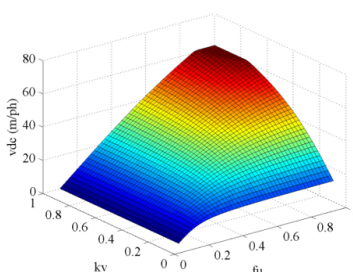


Bảng 1. Giá trị thông số phục vụ khảo sát và đánh giá giải pháp đề xuất

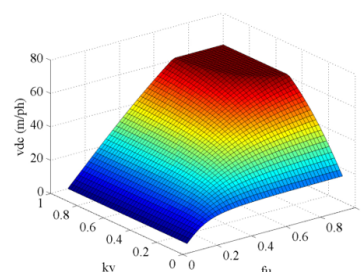
$G_m$ (N)	$f_0$	$i$	$\eta_{dc}^{II}$	$n_{dc}$ (vg/ph)	$\varphi$	$\mu$ (FS400-Parker)
14000	0,2	0,174	0,9	2600	0,6	6,3
$q_{dc1}$ (cm <sup>3</sup> /vg)	$q_{dc2}$ (cm <sup>3</sup> /vg)	$p_{dc}$ (N/cm <sup>2</sup> )	$D_{dc}$ (m)	$q_{b1}$ (cm <sup>3</sup> /vg)	$q_{b2}$ (cm <sup>3</sup> /vg)	$q_{b3}$ (cm <sup>3</sup> /vg)
400	400	1200 ÷ 1500	0,46	8	8	11



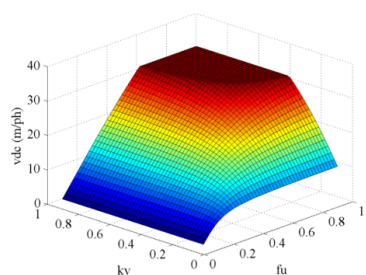
(a) Chế độ 1 với  $p_{vt} = 120$  bar



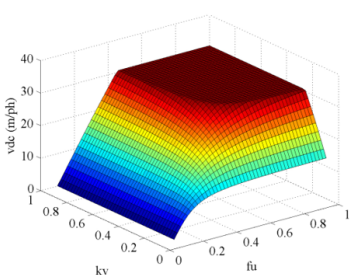
(b) Chế độ 1 với  $p_{vt} = 135$  bar



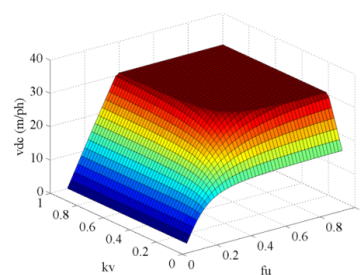
(c) Chế độ 1 với  $p_{vt} = 150$  bar



(d) Chế độ 2 với  $p_{vt} = 120$  bar



(e) Chế độ 2 với  $p_{vt} = 135$  bar



(f) Chế độ 2 với  $p_{vt} = 150$  bar

Hình 6. Đồ thị tốc độ di chuyển của máy

lập tốc độ di chuyển nhỏ bằng cần điều khiển van phân phối. Phía phải của đồ thị có độ dốc nhỏ ứng với tốc độ di chuyển nhỏ - chế độ di chuyển với tốc độ nhỏ, phía trái đồ thị có độ dốc lớn - chế độ nguyên bản của máy. Điều này phù hợp với yêu cầu điều chỉnh tốc độ di chuyển chậm của máy đào rãnh. Ở mức áp suất thấp hơn, tốc độ di chuyển có thể điều chỉnh được thấp hơn (tốc độ điều chỉnh từ 0 đến dưới 10 m/ph ở  $p_{vt} = 120$  bar và từ 0 đến dưới 17 m/ph ở  $p_{vt} = 150$  bar).

Trong chế độ 2, một bơm thủy lực của cơ cấu di chuyển được tận dụng để tăng cường công suất cho cơ cấu xích đào. Công suất dẫn động quay xích đào tăng thêm là  $q_{b2}/q_{b3} = 72,7\%$ .

## 5. Kết luận

Bài viết đã trình bày phương pháp điều chỉnh tốc độ của cơ cấu di chuyển máy đào một gầu/máy xúc lật cỡ vừa và nhỏ để phù hợp với tốc độ di chuyển của máy đào rãnh hẹp. Các điều kiện cần phải kiểm tra để đảm bảo các điều kiện làm việc và mạch thủy lực đáp ứng cho việc điều chỉnh tốc độ cũng đã được đề xuất. Áp dụng phương pháp điều chỉnh tốc độ cho máy ĐRH-01 có sử dụng máy cơ sở của máy xúc lật MS500 cho thấy, tốc độ có thể điều chỉnh được trong một khoảng rộng 0 ÷ 10 m/ph ở chế độ làm việc với tốc độ chậm và đến 60 m/ph ở chế độ làm việc với tốc độ lớn hơn/di chuyển không tải.

Khi điều chỉnh tốc độ di chuyển giảm xuống rất chậm, phần công suất dư thừa của cơ cấu di chuyển đã được tận dụng để bổ sung thêm cho cơ cấu xích đào đến 72,7% nhằm khắc phục lực cản đào lớn. Điều này hoàn toàn phù hợp với tính năng của máy ĐRH là lực cản cắt lớn thì tốc độ di chuyển phải nhỏ. Các phần tử thủy lực được lựa chọn lắp thêm để thực hiện phương pháp điều chỉnh là các phần tử thông dụng có sẵn trên thị trường, việc lắp đặt và thiết lập chế độ điều chỉnh đơn giản và vẫn đảm bảo tính nguyên bản của máy cơ sở. Như vậy, phương pháp điều chỉnh tốc độ của cơ cấu di chuyển đề xuất hoàn toàn khả thi và có thể áp dụng trong thực tế.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội trong đề tài mã số 20-2023/KHXD.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Armstrong, E. A., Kinder, M. R., Magliulo, A., Torosyan, H. (2001). *Trencher assembly utilizing a direct drive motor*. United States Patent, No. US006249993B1.
- [2] Kukuk, B. D., Harman, J., Trimble, C., Hawkins, M. K. (2021). *Throttle control system*. Patent Application Publication, No. US 2021/0054598 A1, United States.
- [3] Kukuk, B. D., Sewell, C. L. (2018). *Hydraulic control system*. United States Patent, No. US010114404B2.
- [4] Hartwick, T. (2009). *Trencher with auto-plunge and boom depth control*. Patent Application Publication, No. US 2009/0000154 A1. United States.
- [5] Letopolsky, A. B., Korchagin, P. A., Teterina, I. A., Demidenko, A. I. (2020). [Trencher equipment](#). *E3S Web of Conferences*, 193:01047.
- [6] Lemu, H., Kejela, D. (2018). [Design and modelling of a light duty trencher for local conditions](#). *Advances in Science and Technology Research Journal*, 12(1):303–311.
- [7] Duong, G. T. (2023). [Study to determine the effect of blade distance and chain speed on the productivity of trench excavators using Taguchi method](#). *Advances in Science and Technology Research Journal*, 17(4):139–149.
- [8] Giang, D. T., Trùng, T. V., Dũng, N. T. (2022). [Nghiên cứu tính toán thiết kế và điều chỉnh hệ truyền động máy đào rãnh dạng xích](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 16(3V): 150–161.
- [9] Vetrov, Y. A. (1971). *Soil cutting with earthmoving machines*. Mashynostroenye, Moscow. (in Russian).
- [10] Auger Torque Australia Pty Ltd. <https://www.augertorque.com.au/product-category/trenchers/>.
- [11] Ditch Witch Factory. <https://www.ditchwitch.com/trenchers/>. Truy cập ngày 06/12/2023.
- [12] Chính, V. L., Dũng, P. Q., Thành, T. Q. (2002). *Cơ sở thiết kế máy xây dựng*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [13] Kunze, G., Göhring, H., Jacob, K. (2002). *Baumaschinen: Erdbau- und Tagebaumaschinen*. Vieweg+Teubner Verlag.
- [14] Cundiff, J. S. (2001). *Fluid power circuits and controls: Fundamentals and applications*. CRC Press.
- [15] Dũng, P. Q. (2017). *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị đào rãnh hẹp phục vụ thi công công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị*. Báo cáo tổng kết đề tài KH&CN cấp Bộ Xây dựng- mã số: RD70-16, Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội.
- [16] Dũng, P. Q., Nam, N. T., Minh, P. V. (2017). [Xác định các thông số cơ bản của thiết bị công tác và lựa chọn máy cơ sở đối với máy đào rãnh hẹp](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (TCKHCNXD)-ĐHXDHN*, 11(4):134–138.