

THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY CẮT TƯỜNG ỐP GẠCH HỖ TRỢ TRONG XÂY DỰNG

DESIGN AND MANUFACTURE BRICK WALL CUTTING MACHINE IN SUPPORT FOR CONSTRUCTION

Ngô Tấn Thông^{1*}, Nguyễn Lê Châu Thành¹, Huỳnh Thị Tâm Thương²

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng

²Đại học Đà Nẵng

*Tác giả liên hệ: ngotanthong77@yahoo.com

(Nhận bài: 14/10/2021; Chấp nhận đăng: 25/12/2021)

Tóm tắt - Trong lĩnh vực xây dựng, việc ứng dụng máy móc, trang thiết bị hiện đại đã trở thành một phần không thể thiếu. Các thể hệ máy cắt gạch đa năng ra đời đã giúp ích được rất nhiều cho người công nhân trong việc cắt chính xác các loại gạch lát nền, lát sàn. Máy cắt tường ốp gạch hỗ trợ trong xây dựng được nhóm nghiên cứu đưa ra phương án thiết kế có hình dạng thích hợp phục vụ tốt cho công tác thi công ứng dụng máy móc vào hoạt động sản xuất, với kích thước thu gọn (600mm x 600mm x 1700mm, công suất 5000W). Máy có tính năng hỗ trợ công nhân thi công xây dựng thực hiện công đoạn định vị nhanh, tạo rãnh lên bề mặt tường hỗ trợ công đoạn chuẩn bị lắp gạch, chạy hệ thống dây điện ngầm, ống nước âm tường với năng suất cao, an toàn cho công nhân thi công, đảm bảo sức khỏe khi thao tác trên máy cầm tay như hiện nay sử dụng.

Từ khóa – Máy cắt rãnh; Cử hành trình; Phần mềm Solidworks; Tủ điều khiển; Thùng chứa nước làm mát

Abstract - In the fields of construction, the application of modern machinery and equipments has become an indispensable part. Generations of multi-functional tiles cutting machines have been very helpful for workers in accurately cutting floor tiles. The construction support brick wall cutting machine is designed by the research team with an appropriate shape to serve well for the construction and application of machinery in production activities, with a compact size (600mm x 600mm x 1700mm, capacity 5000W). The machine owns the feature to support construction workers in performing quick positioning, creating grooves on the wall surface, supporting the preparation of brick installation, running underground electrical wiring, underground water pipes with high productivity and safety for construction workers, ensuring their health when operating on handheld machines as currently used.

Key words - Grooving machine; Celebrate itineraries; Solidworks software; Control cabinet; Cooling water tank

1. Đặt vấn đề

Các đô thị lớn ở nước ta Hà Nội, Hồ Chí Minh, Đà Nẵng, Hải Phòng đã có nền tảng phát triển kinh tế vững chắc, số lượng các cơ sở sản xuất công nghiệp và dịch vụ thương mại cũng tăng mạnh hơn. Hạ tầng xã hội và hạ tầng kỹ thuật các đô thị loại II trở lên đã được tăng cường, đô thị loại IV trở lên đã được nâng cấp, cải thiện điều kiện hạ tầng cơ sở. Với tốc độ đô thị hóa như vậy ngành xây dựng đang phải cố gắng cải tiến trang thiết bị để đáp ứng được nhu cầu hiện nay. Việc ứng dụng máy móc vào hỗ trợ thi công giúp các cơ sở hạ tầng được xây dựng với tốc độ nhanh đáp ứng kịp thời nhu cầu sử dụng, nâng cao tính thẩm mỹ, cải thiện được điều kiện làm việc cho công nhân trực tiếp thi công.

Công tác cắt rãnh áp gạch chân tường là một trong những khâu quan trọng giúp cho công tác thi công kế tiếp được thuận tiện ở khâu hoàn thiện công trình. Đây là một trong những công việc không thể thiếu ở các công trình xây dựng. Máy cắt rãnh tường ở đây được thiết kế để thực hiện các công việc sau: Áp gạch viên; hỗ trợ công tác lắp hệ thống cáp điện âm; Lắp hệ thống cáp nước âm tường. Với các tính năng như vậy, hệ thống máy cắt rãnh tường phải đảm bảo tính cơ động, dễ vận hành, và đặc biệt đảm bảo điều kiện làm việc cho công nhân trực tiếp thi công, tránh ô nhiễm do tiếp xúc trực tiếp với lượng bụi phát ra trong quá trình cắt. Do vậy, máy thiết kế phải phù hợp với điều kiện hiện tại và khắc phục các nhược điểm đang tồn tại ở

phương pháp thi công hiện nay, Hình 1 [2].



Hình 1. Thao tác cắt rãnh tường thủ công



Hình 2. Công đoạn thi công lắp ống âm tường

¹ The University of Danang - University of Technology and Education (Ngo Tan Thong, Nguyen Le Chau Thanh)

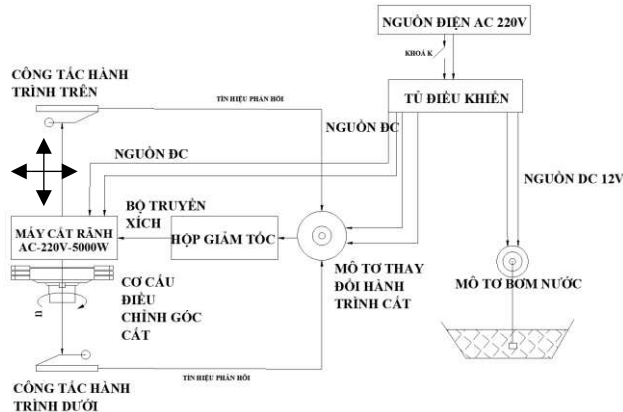
² The University of Danang (Huynh Thi Tam Thuong)

Một ưu điểm khác của thiết bị này phải kể đến là tính chính xác cao, định vị nhanh vị trí cắt do máy được bố trí thước đo gá cố định trên máy, cố định máy trong quá trình làm việc nhờ bố trí bánh xe loại có cần hãm. Ngoài ra, còn có hỗ trợ của máy lấy dấu laser có sẵn trên thị trường, chuẩn hóa kích thước tạo rãnh theo kích thước lưỡi cắt tiêu chuẩn. Máy gọn nhẹ thích nghi khi làm việc ở những môi trường khác nhau, điều này rất thuận tiện cho công nhân khi tiến hành sử dụng máy hỗ trợ trong thi công.

Mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát thực trạng quá trình cắt rãnh tường, một trong những công đoạn hoàn thiện công trình xây dựng hiện nay. Nhóm nghiên cứu đã tìm hiểu phương pháp thực hiện, các kiểu tạo rãnh trên bề mặt vách ngăn tường, điều kiện làm việc của người thợ thi công. Trên cơ sở đó, đưa ra giải pháp nhằm cải thiện điều kiện lao động chân tay, tăng năng suất, tăng tính thẩm mỹ, chuẩn hóa đường cắt và sản phẩm có thể áp dụng tại các công trình xây dựng trên địa bàn Miền Trung.

2. Thiết kế và chế tạo sản phẩm thực nghiệm

Với yêu cầu đề ra từ thực tiễn ở đơn vị thi công khâu hoàn thiện công trình xây dựng cần lắp âm các thiết bị như cáp điện, ống dẫn nước, áp gạch chân tường... Xuất phát từ yêu cầu công việc mà máy cần thực hiện để tạo rãnh cắt một cách tự động, rãnh cắt có thể được hình thành theo phương và góc nghiêng khác nhau trên bề mặt tường. Nhiệm vụ tạo rãnh phụ thuộc yêu cầu của rãnh, vị trí rãnh, hướng rãnh, do vậy máy thiết kế phải đảm nhiệm được khi yêu cầu công việc, góc nghiêng điều chỉnh dao động từ 0 độ đến 270 độ. Nên yêu cầu thiết kế máy phải được bố trí cơ cấu truyền động hoạt động tự động, phương của lưỡi cắt có thể được đổi hướng cắt và được khống chế hành trình di chuyển khi cắt tạo rãnh [1], [2], Hình 3. Yêu cầu kết cấu máy phải thực hiện thay đổi hướng cắt khác nhau, nhóm nghiên cứu đã đưa ra phương án và xây dựng sơ đồ nguyên lý hoạt động như Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý máy cắt rãnh

Thông thường với tính năng thực hiện công việc cắt bỏ phôi vữa tạo rãnh trên bề mặt tường xây dựng, kết cấu máy được sử dụng một thiết bị tạo lực cắt và cơ cấu thực hiện chuyển động di chuyển máy cắt để tạo rãnh trên bề mặt tường [3]. Phôi liệu được cắt bỏ qua lưỡi cắt, ở hệ thống máy cắt được bố trí ống hút đưa ra ngoài, để giảm lượng bụi sinh ra trong quá trình cắt hệ thống máy còn được bố trí hệ thống bơm nước đẩy nước vào vùng cắt để thu gom bụi có kích thước nhỏ đồng thời giảm nhiệt phát sinh do

ma sát, tăng tuổi thọ cho lưỡi cắt, Hình 4.

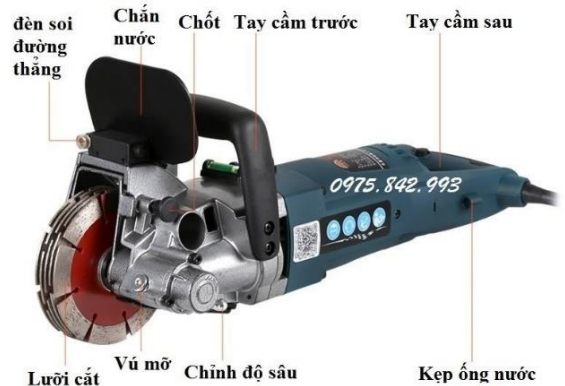
2.1. Linh kiện và phương pháp nghiên cứu

Với yêu cầu và tính năng cần thiết cho việc cấu tạo nên máy cắt tường mà nhóm nghiên cứu hướng tới. Do vậy kết cấu máy được bố trí một số bộ phận cấu thành, diễn hình máy cắt tạo rãnh và hệ thống thu gom bụi phát sinh trong quá trình cắt.



Hình 4. Máy cắt và hệ thống hút bụi

Máy cắt rãnh 5 lưỡi cắt có tốc độ cao, được sử dụng làm cơ cấu cắt, được bố trí trong kết cấu tổng thể máy hoàn chỉnh, Hình 5.



- Tên máy: máy phay rãnh tường lắp điện nước,
- Hãng sản xuất: CAO WANG
- Công suất: 5200W (220V)
- Lưỡi cắt: 121 X 20 X 1.9mm
- Trọng lượng máy: 5kg
- Model: ZR3928 (CW6121)
- Vòng quay: 7000v/p
- Rãnh cắt: sâu 40mm, rộng 30mm
- Có thể lắp tối đa 6 lưỡi cắt.

Hình 5. Chi tiết chính trong máy cắt rãnh

Các chi tiết các phần chính trong hệ điều khiển hành trình máy cắt rãnh bao gồm:

- Công tắc hành trình: Với nhiệm vụ đảm bảo an toàn cho cơ cấu làm việc trong hành trình cho phép khi máy tự động di chuyển trong quá trình cắt tạo rãnh, Hình 6.



LamChuCongNghe.com

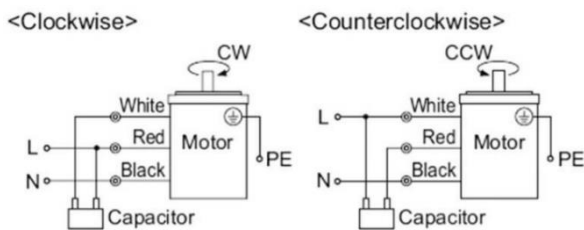
Hình 6. Công tắc giới hạn hành trình

- Mô tơ giảm tốc: Với nhiệm vụ đảm bảo, bình ổn tốc độ làm việc khi di chuyển hệ thống thang cắt tạo rãnh với tốc độ cho phép, nên cần bố trí hệ thống mô tơ giảm tốc đảm nhiệm công việc này. Mô tơ này được điều tốc qua bộ điều tốc (biến trở) có thể thay đổi tốc độ di chuyển thang cắt rãnh trong quá trình thao tác, Hình 7.



Hình 7. Mô tơ và bộ điều tốc mini

- Khởi động từ và cơ chế đảo chiều động cơ: Để thay đổi chiều quay cho mô tơ giảm tốc trong quá trình vận hành mang thang cắt lên xuống. Với nhiệm vụ làm thay đổi chiều quay của mô tơ khi truyền động di chuyển hệ thống thang cắt tạo rãnh, nên cần bố trí cơ cấu làm thay đổi chiều quay cho hệ truyền động điện. Cơ cấu ở đây được bố trí một nút nhấn, relay và khởi động từ thực hiện chức năng này [4], Hình 8.



Hình 8. Sơ đồ đảo chiều moto 1 pha



Hình 9. Máy cắt rãnh tường 5 lưỡi cắt

- Máy cắt rãnh: Với nhiệm vụ chính đảm nhận việc phá vỡ tạo rãnh cắt trên bề mặt tường. Hiện nay, trên thị trường khá nhiều loại máy cắt khác nhau, phổ biến nhất là loại 1 lưỡi cắt. Ở đây để thuận tiện cho công việc lắp ống, nẹp gạch, chạy cáp hệ thống điện... trong quá trình thi công hoàn thiện, nhóm tác giả chọn máy cắt rãnh tường hiệu

CAOWANG 4800LS (CW-6121), là mẫu máy cải tiến của CW-4800A với thiết kế thêm hệ thống đèn laser với khả năng cắt không cần kẻ vạch máy kết hợp bơm nước, và bộ dụng cụ đồ nghề kèm theo, 05 lưỡi cắt có sẵn sử dụng lưỡi cắt khô và ước đường kính 121 mm. Đây là phiên bản máy cắt rãnh tường đi ống điện nước, phá rãnh lắp gạch được đánh giá tốt và chất lượng nhất hiện nay, Hình 9.

- Hệ thống bơm nước: Việc nhóm nghiên cứu bố trí hệ thống bơm nước vào khu vực cắt với mục đích thu gom bụi phát sinh trong quá trình tách liên kết, và giảm nhiệt do ma sát sinh ra đảm bảo tuổi thọ cho lưỡi cắt. Máy bơm nước cho máy cắt rãnh tường là phụ tùng đi kèm theo máy cắt rãnh tường, nó là loại máy bơm chìm, thả vào thùng nước hoặc chậu nước, sử dụng điện áp 220V qua 1 adapter giảm xuống còn điện 12V nó sử dụng động cơ điện 1 chiều nên đảm bảo an toàn, chống giật, sản phẩm nhóm tác giả cung cấp thương hiệu Caowang có độ bền và bơm mạnh mẽ, Hình 10.

Máy bơm nước mini



Hình 10. Máy bơm nước DC-12V

2.2. Thiết kế kết cấu cơ khí

Xuất phát từ nhu cầu thực tế ở công trình xây dựng, việc hỗ trợ công nhân ở công đoạn tạo rãnh lắp gạch âm trên bề mặt tường sau khi tô trát, do vậy nhiệm vụ thiết kế máy cắt có tính năng cắt đi phần vữa sau khi tô trát với chiều sâu từ 10mm đến 50mm, mức từ 50-200 để tiến hành lắp gạch âm tường kết hợp với chạy hệ thống ống cấp nước, chạy cáp cho hệ thống điện.

Thông số tính toán và chọn kích thước máy phù hợp với điều kiện làm việc ở công trình xây dựng hiện nay như Bảng 1.

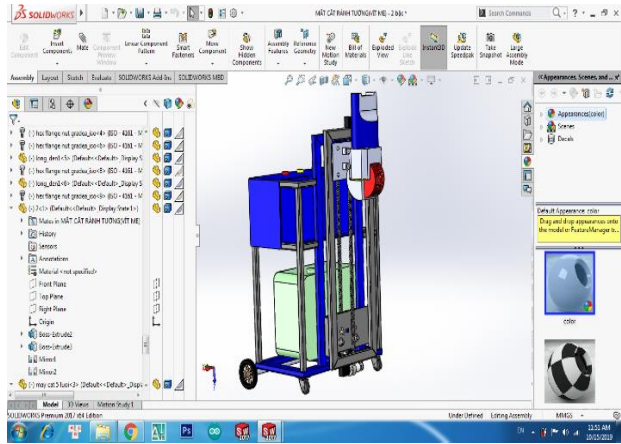
Bảng 1. Thông số kỹ thuật máy cắt

Thông số kỹ thuật				
Kích thước	Nguồn điện	Công suất	Chiều sâu cắt	Tốc độ di chuyển
- Dài: 600mm - Rộng: 600mm - Cao, dao động từ: 1700mm đến 3500mm	- AC220V - DC 12V	5000W	10mm-50mm	0-10m/phút

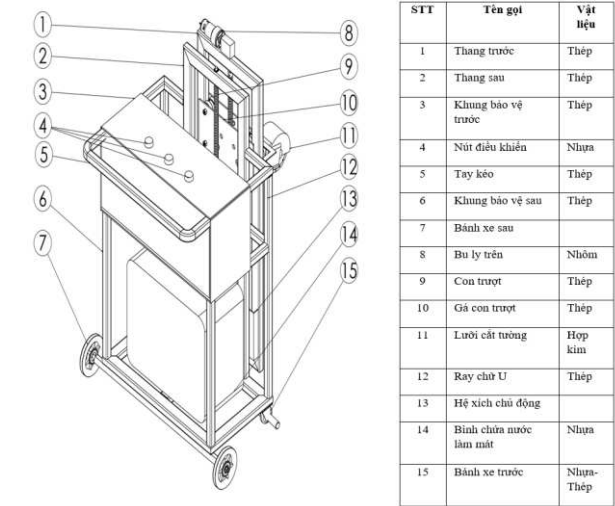
Việc thiết kế kết cấu máy được nhóm nghiên cứu đưa ra một số phương án cho hệ truyền động làm di chuyển hệ thống dao cắt, như hệ truyền động bánh răng thanh răng,

truyền động đai, truyền động xích... Xét về điều kiện làm việc cũng như thuận tiện cho quá trình thao tác và vận hành máy, nhóm nghiên cứu chọn phương án dẫn động cho cơ cấu lưỡi cắt là truyền động xích, hệ thống thang cắt được điều chỉnh bởi kết cấu cơ khí có thể điều chỉnh góc cắt từ 0 độ đến 270 độ. Do môi trường làm việc, hệ truyền động di chuyển hệ thống đầu cắt được thực hiện ở tốc độ chậm, nên giải pháp nhóm nghiên cứu lựa chọn truyền động làm di chuyển cơ cấu đầu cắt là truyền động xích.

Nhóm nghiên cứu tiến hành thiết kế và mô phỏng trên phần mềm Solidworks. Phần mềm Solidworks là một trong những phần mềm chuyên về thiết kế 3D do hãng Dassault System phát hành dành cho những xí nghiệp vừa và nhỏ, đáp ứng hầu hết các nhu cầu thiết kế cơ khí hiện nay [5]. Solidworks được biết đến từ phiên bản Solidworks 1998 và được du nhập vào nước ta với phiên bản 2003 và cho đến nay với phiên bản 2021. SolidWorks đã phát triển đồ sộ về thư viện cơ khí và phần mềm này không những dành cho cơ khí nữa mà còn dành cho nhiều lĩnh vực khác. Chính những ưu việc về thiết kế và mô phỏng 3D, nên nhóm tác giả lựa chọn phần mềm này để hỗ trợ cho việc thiết kế và lắp ráp mô phỏng mô hình trước khi chế tạo, nhằm giảm sai số trong quá trình gia công và lắp ghép. Sau khi thiết lập các cơ cấu chính cần bố trí cho máy cắt rãnh tường bán tự động, nhóm tác giả tiến hành lắp ráp sơ bộ mô phỏng máy cắt rãnh như Hình 11.



Hình 11. Máy cắt rãnh được dựng hình trên SolidWorks

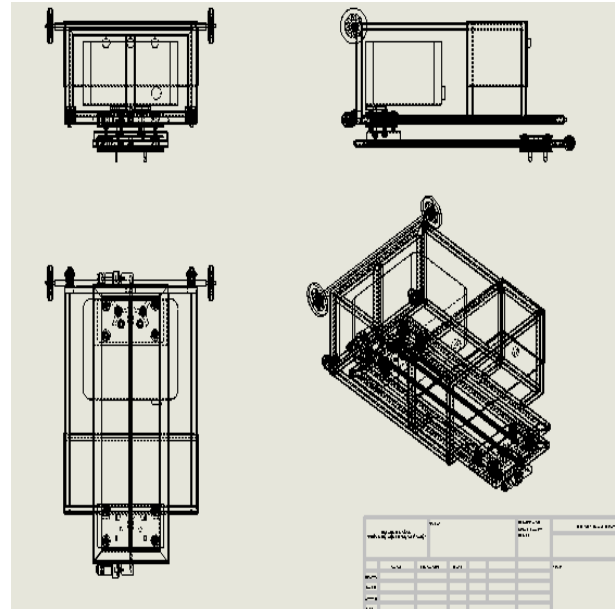


Hình 12. Bản vẽ phân rã máy cắt rãnh tường

Sau khi lắp ráp các bộ phận lại với nhau, phần mềm SolidWorks cho phép ta thực hiện phân rã thể hiện chi tiết các bộ phận đính kèm bằng kê chi tiết kèm theo việc này rất thuận tiện cho công tác kiểm tra trong quá trình gia công và lắp ráp sản phẩm hoàn chỉnh, Hình 12.

3. Thiết lập bản vẽ tổng thể hệ thống máy cắt rãnh

Trên cơ sở thiết kế các chi tiết thành phần, gồm hệ khung sườn, cơ cấu di chuyển, cơ cấu truyền động chính cho thang cắt, bộ gá máy kèm cơ cấu điều chỉnh vị trí lưỡi cắt, cơ cấu xoay làm nhiệm vụ thay đổi góc cắt từ 0 độ đến 270 độ. Khi có các chi tiết thành phần, nhóm nghiên cứu tiến hành thực hiện các bước để thực hiện công tác lắp ghép các bộ phận với nhau, hoàn chỉnh kết cấu máy. Trên nền phần mềm thiết kế SolidWorks ta có thể quan sát rõ kết cấu tổng thể của máy cắt trước khi chế tạo. Phần mềm cho phép xây dựng bản vẽ tổng thể, ở bản vẽ này cho phép thể hiện kết cấu máy ở các hình chiếu đính kèm hình chiếu trục đo rất tiện cho việc kiểm tra và hiệu chỉnh khi cần thiết, Hình 13.



Hình 13. Bản vẽ hình chiếu máy cắt rãnh tường

4. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển

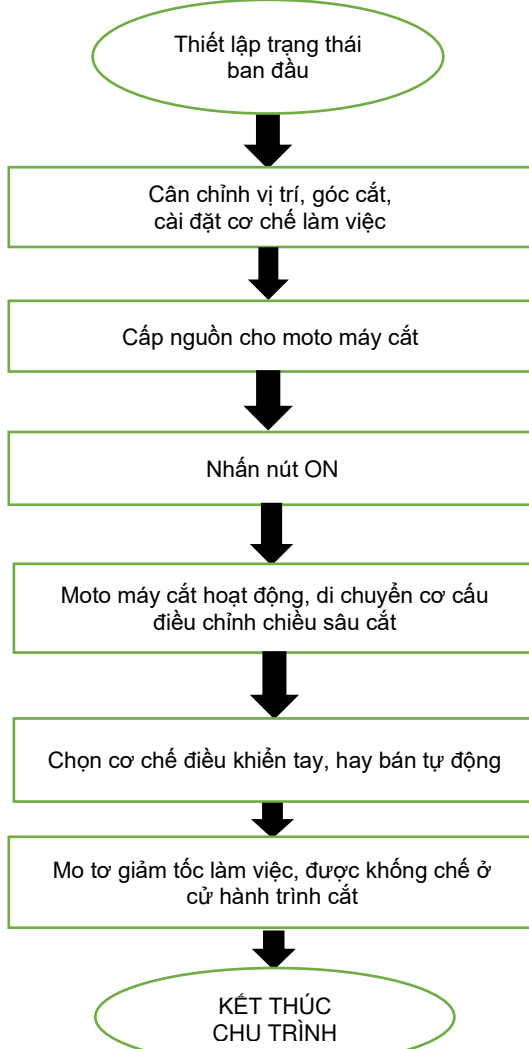
Nguyên lý vận hành hoạt động máy cắt rãnh tường bán tự động khi làm việc có thể được mô phỏng theo sơ đồ khối như Hình 14.

Nhiệm vụ các khối:

- Thiết lập các trạng thái ban đầu, ở đây để chuẩn bị cho chu trình làm việc máy cắt rãnh, ban đầu người vận hành cài đặt các thông số cần thiết: Góc cắt, tốc độ, hành trình cần di chuyển.
- Khối mô tơ máy cắt: Cấp nguồn cung cấp cho mô tơ cắt, điều chỉnh chiều sâu rãnh cắt được tạo ra từ hệ thống lưỡi cắt cho phép lựa chọn chiều sâu tùy thuộc đường kính lưỡi cắt dao động từ 0-50mm, bề rộng rãnh cắt tùy thuộc vào số lưỡi cắt được chọn và rộng nhất là 30mm.
- Mạch điều khiển hành trình bao gồm mô tơ hoạt động ở cơ chế tay hoặc bán tự động. Cơ cấu này, trong quá trình làm việc sẽ mang hệ dao cắt rãnh di chuyển kèm theo thang

cắt để đảm bảo chiều dài rãnh cắt, được giới hạn ở cử hành trình trên và cử hành trình dưới.

- Khối làm mát và giảm ma sát vùng cắt, khối này bao gồm hệ thống máy bơm với nguồn DC 12V có nhiệm vụ đưa nước từ bình chứa vào giải nhiệt vùng cắt đồng thời giảm lượng bụi phát sinh trong quá trình cắt tạo rãnh.



Hình 14. Sơ đồ khối mô phỏng chu trình hoạt động

Thiết kế hệ thống phải đạt được yêu cầu sau:

- Thiết kế cơ cấu phải vững, điều khiển quá trình cắt ổn định, tốc độ di chuyển phù hợp với chu trình cắt trên bề mặt tường khác nhau, do vậy việc cân bằng tải trọng được nhóm nghiên cứu xử lý trên phần mềm SolidWorks.

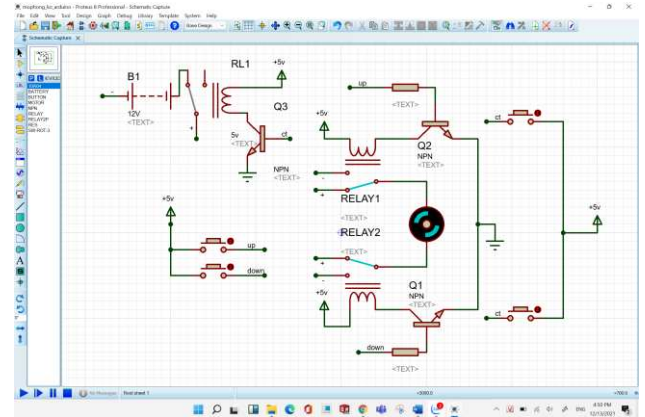
- Thiết kế, lắp ráp và mô phỏng hệ thống điều khiển hành trình cơ cấu nâng hạ di chuyển lưỡi cắt và điều tốc qua biến trở làm ổn định cơ cấu di chuyển.

- Sử dụng phần mềm máy tính tối ưu hóa quá trình thiết kế cơ cấu và xuất bản vẽ gia công các cơ cấu truyền động chính xác, đảm bảo sai số cho phép trong quá trình lắp ghép, tổ hợp các cơ cấu cơ khí với nhau.

- Các chi tiết lắp ghép chính xác, hệ truyền động khá êm, do các chi tiết được gia công có sự hỗ trợ từ máy CNC.

Sử dụng phần mềm Protues 8.8, [6] xây dựng sơ đồ mạch điều khiển hành trình kéo hệ máy cắt được khống chế

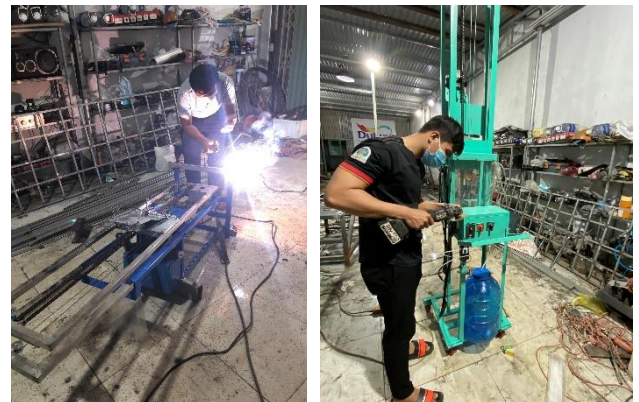
bởi công tắc hành trình trên và công tắc hành trình dưới Hình 15, mô phỏng trên Protues 8.8.



Hình 15. Sơ đồ mô phỏng trên Protues 8.8

4.1. Sản phẩm sau chế tạo

Sau khi hoàn thiện thiết kế và mô phỏng làm việc trên phần mềm thiết kế 3D SolidWorks, nhóm nghiên cứu tiến hành gia công chế tạo và vận hành thử nghiệm chỉnh sửa hoàn thiện máy cắt gạch ốp chân tường. Máy hoạt động đáp ứng các yêu cầu đặt ra, chạy êm hoạt động tốt ở hai cơ chế vận hành tay và bán tự động. Máy có thể được áp dụng để thực hiện hỗ trợ thi công tại các công trình xây dựng giai đoạn hoàn thiện. Ngoài công dụng chính máy có thể được khai thác để cắt rãnh lắp hệ thống ống nước, hệ thống rãnh chạy dây cáp điện... Máy rất dễ thao tác, vận hành phù hợp với trình độ công nhân ở công trình xây dựng, Hình 16.



Hình 16. Máy cắt rãnh tường bán tự động

4.2. Phạm vi ứng dụng và hướng phát triển

Hiện nay, việc ứng dụng máy móc vào hỗ trợ thi công là việc hết sức quan trọng và cần thiết cho sự phát triển chung của xã hội, điều này được thể hiện rõ nét trong các nhà máy xí nghiệp công nghiệp... Về lĩnh vực xây dựng, các công trình xây dựng ở nước ta, việc sử dụng máy móc tham gia hỗ trợ thi công đang dần dần được áp dụng để thay thế hoạt động chân tay của con người và tăng năng suất thi công rút ngắn đáng kể thời gian thi công hoàn thành [2].

Các hướng phát triển của nghiên cứu trong tương lai, xây dựng mô hình máy phục vụ cho khâu hoàn thiện ở mảng thi công xây dựng, với các tính năng được tích hợp và sẽ được phát triển theo 2 hướng sau:

- Về kết cấu mô hình: Sẽ thiết kế nhỏ gọn, linh hoạt hơn để đáp ứng được các khả năng như đạt được độ chính xác cao, đảm bảo yếu tố chất lượng và năng suất, rút ngắn thời gian sản xuất, cho hiệu quả cao hơn.

- Về tính ứng dụng: Nâng cấp thêm các chức năng để máy cắt rãnh tường có thêm tính năng, như khoan, cắt ván... lắp đặt thêm các loại cảm biến, ứng dụng code để thiết lập các chu trình làm việc theo các chế độ định trước để dễ dàng thao tác, vận hành đơn giản hơn...

5. Kết luận

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo “Máy định vị và cắt rãnh chân tường hỗ trợ áp gạch trong thi công xây dựng”.

Nhóm tác giả đã thực hiện hoàn tất các mục tiêu đề ra, cơ cấu hoạt động tốt, các cơ cấu kết hợp làm việc hợp khá ổn định. Máy cắt là sản phẩm thực tế, có thể áp dụng vào thực tế cho các công trình thi công xây dựng ở nước ta hiện

nay, với năng suất gấp nhiều lần so với phương pháp thi công truyền thống.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số B2018-ĐN06-13.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS Bùi Ngọc Toàn, *Quản lý dự án xây dựng*, Nhà xuất bản NXB; 2020.
- [2] Nguyễn Văn Hùng, *Giáo trình Máy và Thiết bị xây dựng*, Nhà xuất bản Xây dựng; 2016.
- [3] Tôn Thất Minh, *Giáo trình Máy - thiết bị vận chuyển*, NXB Bách khoa Hà Nội; 2013.
- [4] Nguyễn Trọng Thắng, Trần Thế San, *Điện công nghiệp và điều khiển động cơ*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật; 2016.
- [5] Đinh Văn Thuận, *Giáo trình Thiết kế cơ khí với Solidword*, Trung tâm Advance cad; 2016.
- [6] PGS.TS. Trần Thu Hà-KS Phạm Quang Huy; *Giáo trình tự học Protues*, Nhà xuất bản Thanh niên; 2018.