

NGHIÊN CỨU BỘ DAO CẮT TỈA CÂY XANH TRÊN ROBOT CẮT TỰ HÀNH

A STUDY ON THE TRIMMING DEVICE EQUIPED ON ROBOT

Nguyễn Huy Bích¹, Đào Duy Vinh¹, Nguyễn Văn Dũng²

¹Khoa Cơ khí-Công nghệ, Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Cao đẳng Công nghệ cao Đồng An

TÓM TẮT

Nhu cầu cắt tỉa cây xanh theo thiết kế ban đầu trong tiến trình làm xanh sạch đẹp công viên ở các đô thị, khu nghỉ dưỡng, resort v.v... đang ngày càng lớn. Hiện nay, để cắt tỉa, máy mang vai hoặc dụng cụ bán thủ công được dùng phổ biến. Vì vậy, chất lượng cắt tỉa phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm của người thực hiện, tốn nhiều nhân công lao động và cường độ làm việc rất vất vả. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, tính toán, thiết kế chế tạo và xây dựng chương trình cũng như giải thuật điều khiển hệ thống dao cắt tỉa viền cây xanh dùng cho robot cắt tỉa viền cây tự động. Các thông số động học của bộ dao cắt tỉa được điều khiển theo giải thuật PID. Các thông số điều khiển K_p , K_d , K_i được khảo sát bằng phần mềm trên Visual Basic. Kết quả khảo nghiệm cho thấy, robot vận hành với tỉ lệ cắt tỉa đạt đến 99,7 % khi vận tốc dao cắt là 15 m/s với tốc độ di chuyển của robot là 0,79 km/giờ. Công suất tiêu thụ toàn bộ cho quá trình hoạt động của robot là 407,4 Wh.

Từ khóa: Cắt tỉa, tốc độ cắt, công suất tiêu thụ, rô bốt.

ABSTRACT

Recently, maintaining and reparing the shape of the landscape as green fence in some gardens, resorts, and parks original design is one of the works has highly requirement. Currently, the pruning, shoulder or semi-manual machines are commonly used for trimming. Therefore, the quality of pruning highly depends on the experience of the operator and labor intensive. Moreover, this also puts the intensity of the workers is very hard. This paper presents the results of research, calculation, design and program developing as well as the algorithm for controlling the green-tree trimming system of the landscape for a robot. The kinematic parameters of the cutting device are controlled by the PID algorithm, the control parameters like K_p , K_d , K_i are examined by the software on Visual Basic. The experimental results indicate that the robot operated with a pruning rate of 99.7% when the cutting speed is 15 m / s at the speed of robot is 0,79 km / h. The total power consumption for robot operation is 407.4 Wh.

Keywords: Pruning, cutting speed, power consumption, robot.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khuôn viên cây xanh trong các đô thị, nơi công cộng, không chỉ làm nên vẻ đẹp của cảnh quan thành phố mà còn có vai trò quan trọng trong việc làm sạch bầu không khí. Ngoài chức năng trang trí tạo mỹ quan đô thị, cây xanh góp phần kiểm soát giao thông và đóng vai trò dải phân cách xanh, đồng thời các bụi thấp, bờ giậu, đường viền trong vườn hoa, công viên còn định hướng cho người đi bộ v.v...

Để có được những bờ giậu thẳng hàng, việc cắt tía được thực hiện thường xuyên theo định kỳ. Để cắt tía tạo viền, hiện có nhiều phương pháp được áp dụng gồm cắt theo nguyên lý dao cắt xoay tròn, kiểu tông đơ xoay, kiểu tông đơ tịnh tiến cũng như dùng một số dụng cụ cầm tay phục vụ nhân công thao tác. Tuy nhiên, hầu hết các công việc này dùng lao động thủ công là chính, đều do công nhân thực hiện trực tiếp bằng tay với các công cụ cắt tay, mang vai... Do đó, việc cắt tía tốn rất nhiều nhân công, thời gian lao động cũng như năng suất không cao, chất lượng viền cây cắt tía phụ thuộc rất lớn vào trình độ và tay nghề cắt của công nhân... Để giảm bớt nặng nhọc và nâng cao hiệu suất làm việc cho người lao động, giải pháp đưa ra là nghiên cứu tính toán, thiết kế và chế tạo rô bốt tự hành với bộ lưỡi dao cắt phù hợp và điều chỉnh được kích thước là việc cần thiết và thực tiễn. Quá trình nghiên cứu thực tế cho thấy, vấn đề động học và động lực học bộ dao cắt đóng vai trò khá quan trọng, quyết định các thông số và chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của robot tự hành trong quá trình cắt tía viền cây. Bài báo trình bày kết quả tính toán thiết kế chế tạo và thực nghiệm bộ dao cắt gắn trên robot tự hành để cắt tía vườn cây xanh khuôn viên công viên và các bờ dậu.

2. VẬT LIỆU, PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

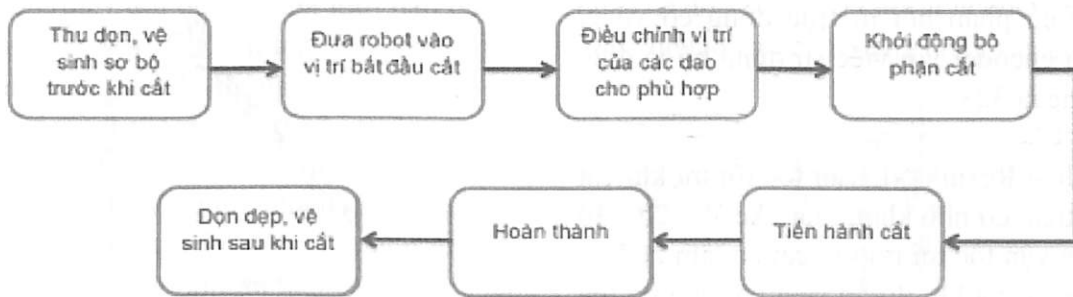
2.1. Vật liệu và phương tiện thí nghiệm

Đối tượng cắt tía: Tập trung chủ yếu trên các cây Ác ó được trồng làm viền cây xanh dọc theo giải phân cách rất phổ biến hiện nay. Tiến hành cắt thí nghiệm sau khi viền cây được cắt tía trước đó khoảng 1,5 tháng. Chiều cao ngọn non khảo sát khi mọc ra để cắt tía khoảng 150 đến 200 mm.

Địa điểm thí nghiệm: Vận hành thí nghiệm rô bốt được tiến hành trên hàng viền cây Ác ó, tại khu công viên trên đường dẫn vào khu giảng đường Phương Vỹ, Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh.

Bộ phận dao tía viền cây gắn trên robot được thiết kế và chế tạo thử nghiệm tại xưởng thực hành ở Khoa Cơ khí công nghệ, Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh. Các chi tiết được thiết kế và gia công chế tạo dưới sự hỗ trợ của hệ thống máy gia công CNC của Khoa Cơ khí công nghệ.

Sơ đồ qui trình cắt tía viền cây được gắn trên robot tự hành như hình 1. Quá trình tiến hành cắt tía viền cây xanh bao gồm các công đoạn hình 1. Đầu tiên, để việc cắt tía được diễn ra thuận tiện thì cần phải thu dọn, vệ sinh sơ bộ viền cây. Việc thu dọn vệ sinh giúp cho các bộ phận chấp hành của robot tránh được các vật cản như đá, kim loại... Rô bốt được đưa vào vị trí bắt đầu cắt, điều chỉnh vị trí của các dao cho phù hợp. Khởi động bộ phận cắt và robot tự thực hiện công việc cho đến khi hoàn thành.



Hình 1. Quy trình tỉa hàng cây xanh dùng robot tự hành.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp kế thừa: Kế thừa các thành tựu nghiên cứu về thông số hình học lưỡi cắt, các đặc tính của quá trình cắt cành cây,... của các tác giả trong và ngoài nước nhằm tiết kiệm thời gian và kinh phí nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm: Tiến hành khảo sát một số dạng lưỡi cắt được dùng hiện nay có trên thị trường, dụng cụ tỉa cây của các công ty chăm sóc cảnh quan...

Phương pháp đọc tín hiệu từ encoder: Sử dụng chức năng ngắt của vi điều khiển đọc tín hiệu từ encoder, khi con trỏ đang làm việc ở bất kỳ câu lệnh nào của chu trình, tránh tình trạng mất xung truyền về từ encoder có thể gây sai lệch vị trí.

Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ: Sử dụng giải thuật PID để điều khiển và giám sát tốc độ động cơ điều chỉnh cao độ của dao cắt. Các thông số K_p , K_d , K_i được dò tìm bằng phần mềm thiết lập trên môi trường Visual Basic để có kết quả điều khiển theo tốc độ cài đặt.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính toán thiết kế dao cắt tỉa viền cây

Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến quá

trình cắt là cơ sở để tính toán và thiết kế bộ dao cắt. Qua nghiên cứu lý thuyết và kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cắt, bao gồm hình dạng hình học của dao như độ sắc, góc mài, chiều dày và dạng cạnh sắc của dao; tính chất cơ lý vật liệu cắt như độ dai, áp suất cắt thái riêng; chế độ động học và động lực học của dao như vận tốc cắt, vận tốc di chuyển dao, lực cắt tia, góc nghiêng mặt đường... Vì vậy, khi tính toán thiết kế, các yếu tố hình học của lưỡi dao được nghiên cứu chọn lựa theo tài liệu [1]. Các thông số động học của lưỡi dao được tính toán trên cơ sở thực nghiệm và sau đó được điều chỉnh bằng mạch vi điều khiển. Vận tốc cắt được điều chỉnh thông qua việc điều chỉnh tốc độ của động cơ DC dẫn động. Động lực học dao cắt trong quá trình cắt được xác định bằng những thực nghiệm biểu diễn sự biến thiên của áp suất riêng q (N/cm) hoặc lực cắt P_t và công cắt A_{ct} với vận tốc của dao thái như trình bày ở hình 2. Nguyên lý cắt của dao được thực nghiệm với những kiểu khác nhau và nguyên lý cắt dạng tông đơ được chọn để áp dụng cho thiết kế bộ lưỡi dao. Lưỡi dao được truyền động theo kết cấu dao động điều hòa với lực truyền động cho hai lưỡi cắt được thực hiện bằng động cơ DC.

a) Tính toán tốc độ dao:

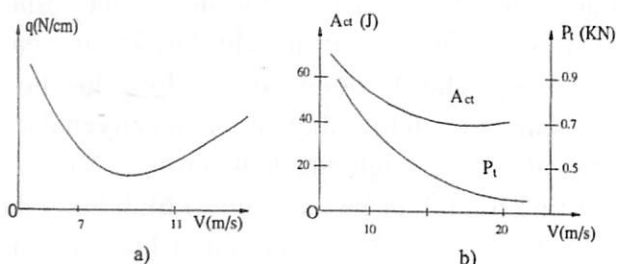
Tốc độ lưỡi dao được điều chỉnh thông

qua tín hiệu phản hồi từ trục động cơ về vị mạch qua encoder với việc sử dụng bộ vi điều khiển atmega 328.

Theo Reznik NE vận tốc tối ưu khi cắt cây thân thảo cỡ nhỏ không tằm kê $V = 25 - 30$ (m/s), còn vận tốc tối ưu khi cắt có tằm kê $V = 10 - 20$ (m/s) và khi đó áp suất cắt thái có thể tính theo công thức thực nghiệm:

$$P_t = 75 \cdot 100,0019 \cdot q \cdot V^{2,6} + 40 \text{ (N)} \quad (1)$$

Vì vậy, để có được vận tốc ($V = 10 \div 20$ m/s) thuận lợi cho quá trình cắt cành cây ta thiết lập được công thức sau:



Hình 2. Đồ thị phụ thuộc q , A_{ct} , P_t với v

$$\begin{aligned} V &= R \cdot W \text{ (m/s);} \\ V &= R \cdot W = 2\pi \cdot f \cdot R; \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó:

R: Bán kính cánh tay đòn của mô hình.

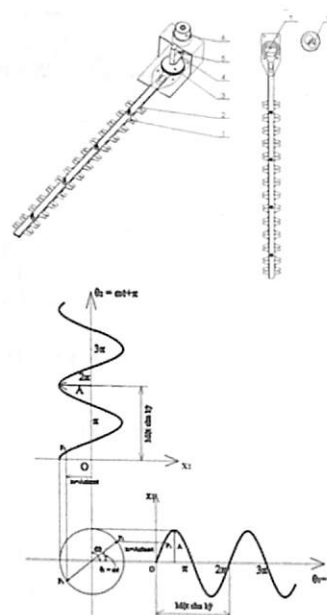
$R = 22$ mm;

V: Vận tốc của dao cắt (m/s);

f: Tần số (vòng/giây).

Theo công thức (2), ứng với vận tốc là 10m/s đến 20m/s ta tính được số vòng/giây thuận lợi nhất cho quá trình cắt; số vòng quay của động cơ dẫn động cần quay ở tốc độ phù hợp từ 4324 đến 8685 vòng/phút.

b) Thiết kế lưỡi dao theo nguyên lý cắt có tằm kê.



Hình 3. Nguyên lý cấu tạo của lưỡi dao cắt tia viền cây:

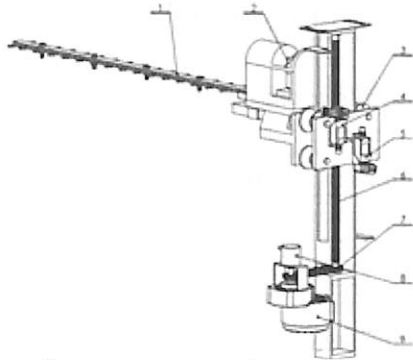
- 1) Lưỡi cắt trên; 2) Lưỡi cắt dưới;
- 3) Bánh răng; 4) Trục bánh răng; 5) Khớp nối;
- 6) Động cơ; 7) Vòng tiếp xúc với cam; 8) Cam lệch tâm

Như phân tích ở trên, nguyên lý dao cắt được chọn là kiểu dao cắt có tằm kê. Sơ đồ cấu tạo bộ phận dao tia hàng cây được thể hiện ở hình 3. Vị trí chuyển động tương đối của hai nhánh lưỡi cắt có cùng biên độ, tần số nhưng lệch pha nhau 180 độ. Động cơ 6 truyền động tới hai nhánh của lưỡi dao theo nguyên lý dao động điều hòa. Tốc độ của động cơ được điều khiển bởi vi điều khiển atmega 328 thông qua mạch công suất sử dụng BJT 150. Điều chỉnh theo nguyên lý điều chỉnh độ rộng xung (PWM). Tốc độ được điều khiển theo giải thuật PID giám sát và phản hồi thông qua Encoder gắn trên trục động cơ.

c) Thiết kế kết cấu điều chỉnh độ cao cắt của dao

Một vấn đề khá quan trọng trong thiết kế dao cắt là bộ dao phải điều chỉnh được độ cao cắt để phù hợp với từng yêu cầu về kích thước của viền cây xanh. Nguyên lý làm việc

của kết cấu thay đổi độ cao của lưỡi dao được thể hiện ở hình 4. Khi Motor (9) quay cùng chiều kim đồng hồ thì thông qua xích truyền động (7) làm vít me-đai ốc (6) hoạt động, khi đó bàn trượt được nâng lên theo phương Z. Khi Motor (9) quay ngược chiều kim đồng hồ thì thông qua xích truyền động (7) làm vít me-đai ốc (6) hoạt động, khi đó bàn trượt được hạ xuống theo phương Z.



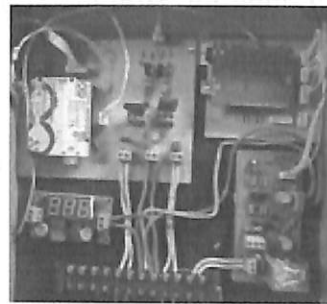
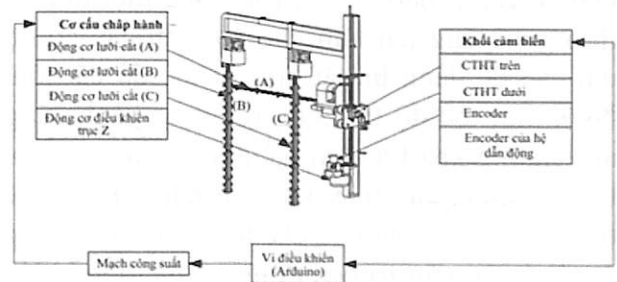
Hình 4. Cấu tạo bộ phận cắt tia mặt trên của cây xanh nâng hạ theo phương OZ:

1. Lưỡi cắt; 2. Động cơ;
3. Con lăn; 4. Công tắc hành trình trên;
5. Công tắc hành trình dưới; 6. Vít me-đai ốc;
7. Xích truyền động; 8. Encoder; 9. Motor.

d) Thiết kế hệ thống điều khiển dao

Để điều chỉnh chính xác tốc độ và vị trí của lưỡi cắt, bộ điều khiển dao tia hàng cây được tính toán thiết kế như hình 5. Encoder (8) được sử dụng gắn vào trục Motor (9) để nhận tín hiệu gắn trên trục dẫn động robot truyền về bộ xử lý trung tâm vi điều khiển. Vi điều khiển tiếp nhận và phân tích kết hợp với thông số cài đặt, sau đó xuất tín hiệu để điều khiển cơ cấu chấp hành qua mạch công suất. Thiết bị bố trí các công tắc hành trình (4), (5) (CTHT) để khống chế giới hạn lên xuống của dao với nhiệm vụ giới hạn cao độ của lưỡi dao. Tín hiệu nhận về từ encoder hồi tiếp để so sánh đối chứng với tín hiệu điều khiển. Bộ điều khiển thiết bị tia hàng cây đã được chế tạo thử nghiệm. Sử dụng BJT để điều khiển tốc độ quay động cơ cắt thông

qua chế độ PWM. Kết hợp Encoder của bộ dẫn động để tạo các biên dạng cong sau cắt.



Hình 5. Sơ đồ điều khiển bộ dao tia viên cây xanh

3.2. Khảo nghiệm hệ thống dao tia

Một robot tự hành với bộ dao như tính toán thiết kế đã được chế tạo thành công và thể hiện trên hình 6. Các thông số hoạt động của robot với bộ dao cắt được khảo nghiệm trên chiều dài đoạn viên cây cắt là 5 mét và thí nghiệm được lặp lại 5 lần gồm: Vận tốc của lưỡi dao; Vận tốc tiến của máy; tỉ lệ ngọn cây được cắt tia; Diện tích mặt viên cây tia được và công suất tiêu thụ.

Kết quả đo đạc khảo nghiệm được trình bày ở bảng 1 cho thấy, vận tốc của lưỡi dao có tác động khá lớn đến tỉ lệ ngọn cây được cắt tia. Mặc dù vận tốc tính toán có thể từ 10-20m/s và sẽ cho áp suất cắt riêng nhỏ và phù hợp, nếu vận tốc cắt thấp như 9 m/s tỉ lệ ngọn cây được cắt tia ghi nhận được là thấp chỉ vào khoản 95,3%. Như vậy, độ cắt sót là gần 5%. Ngược lại khi vận tốc dao cắt tăng lên trên 15 m/s thì tỉ lệ ngọn cây được cắt tia ghi nhận được là

khá cao (trên 99%) và độ cắt sót dưới 1%. Điều này sơ bộ chỉ ra rằng tốc độ dao cắt cao sẽ làm cho số cành thân cây bị cắt trong một đơn vị thời gian tăng lên làm cho số thân cây có độ dai cao dễ dàng bị cắt hơn vì tốc độ cắt lớn. Ngoài ra, tốc độ tiến của robot tự hành cũng ảnh hưởng khá lớn đến năng suất cắt. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi vận hành ở vận tốc 0,792 km/giờ, robot và các hệ thống hoạt động ổn định, cơ cấu truyền động và hệ điều khiển tự động hoạt động tốt. Hơn nữa, do robot vận

hành bằng nguồn DC dùng Ac quy nên chi phí năng lượng cho robot hoạt động là một thông số cần quan tâm. Kết quả thực nghiệm với vận tốc 0,792 km/h cho kết quả năng lượng tiêu thụ trong một giờ khoảng 407,4 Wh. Khi tăng tốc độ robot, chi phí này tăng lên khá lớn và robot bắt đầu hoạt động không ổn định mặc dù năng suất cắt tăng lên. Kết hợp các phân tích từ kết quả thực nghiệm, nghiên cứu đề xuất nên chọn thông số làm việc cho robot gồm vận tốc dao cắt là 15m/s; và vận tốc robot là 0,79 km/h.

Bảng 1. Khảo nghiệm thay đổi tốc độ cắt của lưỡi dao tia hàng cây.

TT	Đại lượng	Đơn vị	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5
1	Vận tốc của lưỡi dao	m/s	9	12	15	17	20
2	Vận tốc tiến của máy	m/giờ	648	720	792	828	972
3	% Ngọn cây được tia	%	95,3	97,5	99,7	99,6	99,7
4	Diện tích viên cây tia được	m ²	756	880,8	951,6	1020	1192,8
5	Công suất tiêu thụ	Wh	424,2	453,3	407,4	432,6	441,3



Hình 6. Thực nghiệm tia viên cây: a) Trước khi cắt và b) Sau khi cắt trên rô bốt tự hành.

4. KẾT LUẬN

Hệ lưỡi dao phục vụ cho việc cắt tia viên cây gắn trên robot tự hành đã được nghiên cứu tính toán, thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm thành công. Các thông số động học của dao cắt được điều khiển tự động sử dụng giải thuật PID. Kết quả khảo nghiệm cho thấy robot vận hành với tỉ lệ cắt tia đạt đến 99,7 % khi vận tốc dao cắt là 15 m/s và tốc độ di chuyển của robot là 0,79 km/giờ. Công suất tiêu thụ toàn bộ cho quá trình hoạt động của robot là 407,4

Wh. Robot tự hành đã hoạt động ổn định và các thông số kinh tế kỹ thuật đạt được là phù hợp với các yêu cầu đặt ra ban đầu. ❖

Ngày nhận bài: 07/11/2018

Ngày phản biện: 20/11/2018

Tài liệu tham khảo:

- [1] Bùi Văn Miên; *Máy chế biến thức ăn gia súc*, NXB. Nông nghiệp TP. Hồ Chí Minh, 2004.
- [2] Dirk Lefeber and Hichem Sahli, "Autonomous Mobile Robot Mechanical Design", Vrije Universiteit Brussel, Belgium, 2005.
- [3] Gao Junyao; Gao Xueshan; Zhu Jianguo; Zhu Wei; Wei Bànhoyu; WangShilin; *Study on the light mobile robot motor power*, Automation and Logistics, 2009.
- [4] Reid, j.F; Jhang, Q.; Noguchi, Dickson, *Agraculture automatic guidance research in Morth America*. Computers and Electronics in Agriculture, New York, 2000
- [5] Singiresu S. Rao, "Mechanical Vibrations", Purdue University, second Edition, 1986.
- [6] Trần Văn Địch, Trần Xuân Việt, Nguyễn Trọng Doanh, Lưu Văn Nhang; *Tự động hóa quá trình sản xuất*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [7] Victor H. Mucino, *Computer Aided Design Through Engineering case Studies*, college of engineering and Mineral Resources, 1997.