

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG DÂY CHUYỀN HÀN BẮM TỰ ĐỘNG THÙNG MUI BẠT CỦA XE TẢI NHỎ KIA K3000S

RESEARCH, DESIGN, AND SIMULATION OF AUTOMATIC SPOT WELDING SYSTEM FOR KIA K3000S TRUCK BED

Phùng Trí Công, Nguyễn Duy Anh
 Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP. Hồ Chí Minh

Ngày tòa soạn nhận bài 15/11/2015, ngày phản biện đánh giá 24/11/2015, ngày chấp nhận đăng 03/12/2015

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến việc tự động hóa khâu lắp ráp phần khung hông của thùng xe tải mui bạt Kia K3000S. Hiện tại khâu lắp ráp này vẫn được thực hiện thủ công bởi những người công nhân ở nhà máy Thaco. Chúng tôi đề xuất một phương án tự động từ khâu lắp ráp các thanh kim loại lại với nhau để tạo ra phần khung, đến việc gấp tấm inox dập sóng, và cuối cùng là hàn bấm tấm inox dính vào phần khung để ra phần khung hông hoàn chỉnh của xe tải Kia K3000S. Bên cạnh thiết kế cơ khí, phần mạch điện cũng được xem xét để hệ thống có thể vận hành chính xác và ổn định. Toàn bộ thiết kế được kiểm chứng bằng phần mềm mô phỏng chuyên dụng cho các robot công nghiệp.

Từ khóa: Hàn bấm, hàn đường, robot, dây chuyền tự động, xe tải mui bạt K3000S.

ABSTRACT

This paper addresses an automatic assembly system for the lateral part of Kia K3000S truck bed. This assembly procedure is still done manually by workers in Thaco company. In this paper, the authors suggest an automation solution from assembling metal bars to grasping inox plate and finally welding the inox plate into metal bars. Besides designing mechanical parts, electric circuits are also considered so that the system can work accurately and stably. The idea is verified by professional simulation software for industrial robots.

Key words: Spot welding, path welding, robot, automatic system, truck K3000S.

1. GIỚI THIỆU

Xe tải mui bạt Kia K3000S là một trong những dòng xe tải phổ biến nhất ở Việt Nam ngày nay và được sản xuất bởi công ty Thaco Trường Hải. Thùng xe tải mui bạt Kia K3000S gồm ba phần chính là phần thân, phần hông và phần mui. Phần thân của thùng xe là bộ phận quan trọng nhất của thùng xe, nó kết nối gầm xe và thùng xe, là phần chịu lực chính của thùng xe. Phần hông của thùng xe là phần che chắn bên hông của thùng xe. Phần mui của thùng xe là một tấm vải bạt che chắn toàn bộ phía trên của thùng xe.

Trong bài báo này sẽ tập trung vào việc chế tạo phần hông của thùng xe. Hiện tại bộ phận lắp ráp và chế tạo phần hông của thùng xe ở công ty Trường Hải hoàn toàn dựa vào sức người. Công đoạn này gồm 4 khâu và

sử dụng tổng cộng 9 công nhân cho toàn bộ dây chuyền. Tại khâu một, các công nhân bê các thanh kim loại để lắp ráp thành cái sườn của phần hông của thùng xe. Sau khi đưa vào đúng vị trí và thực hiện gá đặt, các công nhân tiến hành hàn MIG để gắn các thanh đó lại với nhau. Công việc này cần 3 công nhân. Hình 1 thể hiện khâu lắp ráp cái sườn của phần khung hông. Tại khâu hai, 2 công nhân sẽ đặt tấm kim loại bằng inox lên phần khung vừa chuyển đến từ khâu một ở đúng vị trí thích hợp. Tại khâu ba, 2 công nhân cầm 2 súng hàn bấm để hàn dính tấm kim loại vào cái sườn của phần hông xe. Hình 2 thể hiện hoạt động hàn bấm của công nhân. Tại khâu bốn, 2 công nhân sẽ kiểm tra lần cuối trước khi chuyển thành phẩm cho bộ phận khác.



Hình 1. Khâu lắp ráp sườn khung hông



Hình 2. Khâu hàn bấm khung hông

Việc sản xuất phần khung hông của thùng xe vẫn còn dùng sức người là chủ yếu. Vì vậy năng suất của nhà máy hiện tại sẽ không cao. Trung bình mỗi sản phẩm thì người công nhân ở bộ phận hàn bấm phải hàn khoảng 100 điểm. Trong một ngày thì toàn bộ dây chuyền sản xuất được khoảng 40-50 thành phẩm. Theo thời gian thì người công nhân sẽ mỗi mệt dẫn đến các môi hàn và việc lắp ráp không còn chính xác nữa. Điều này dẫn đến chất lượng sản phẩm không đồng đều.

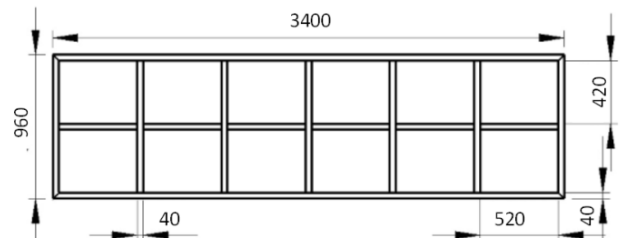
Với mục đích nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm, bài báo này tập trung vào việc đề xuất phương án tự động hóa hoàn toàn cho công đoạn sản xuất phần khung hông của thùng xe tải mui bạt Kia K3000S. Mục 2 sẽ trình bày ý tưởng thiết kế sơ bộ cho toàn bộ dây chuyền. Mục 3 sẽ tiến hành thiết kế chi tiết cho từng khâu. Mục 4 tiến hành tính toán động học cho các robot sử dụng trong dây chuyền. Mục 5 thiết kế phần điều khiển cho toàn bộ hệ thống. Mục 6 trình bày kết quả mô phỏng hoạt động của toàn bộ dây chuyền.

2. THIẾT KẾ SƠ BỘ TOÀN BỘ DÂY CHUYỀN

Để có thể vận chuyển sản phẩm giữa các khâu nhóm đề nghị sử dụng băng tải. Từ đó việc bố trí robot sẽ xoay quanh vị trí của băng tải để thỏa mãn yêu cầu làm việc.

2.1. Thông số của phần khung hông

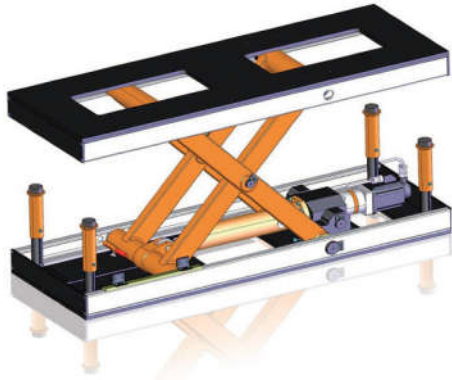
Kích thước khung phần hông của thùng xe tải Kia K3000S là 3400mm x 960mm x 40mm được thể hiện trong hình 3. Phần khung được lắp ráp từ các thanh thép ống vuông mạ kẽm 40mm x 40mm, dày 3.5mm, khối lượng riêng là 3.93kg/m. Tấm chắn được làm từ inox, có hình đập sóng, bề dày 0.5mm. Khối lượng toàn bộ sản phẩm là 75 kg.



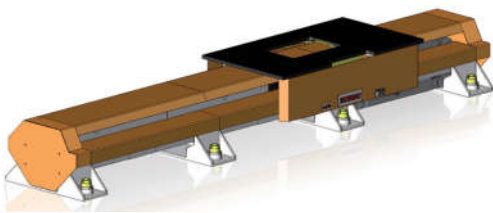
Hình 3. Kích thước khung phần hông thùng xe tải Kia K3000S

2.2. Hệ thống vận chuyển khung hông

Nhóm sử dụng một bộ nâng để đặt sản phẩm lên đó và một băng tải để di chuyển bộ nâng và sản phẩm đến các khâu thích hợp. Bộ nâng được thiết kế để tăng khả năng làm việc của hệ thống thông qua việc thêm vào một bậc tự do để có thể lập trình cho hệ thống băng tải. Tấm trên của bộ nâng được sử dụng để mang sản phẩm, tấm dưới được thiết kế để có thể gắn trực tiếp với băng tải. Cơ cấu nâng hạ được thực hiện nhờ hệ thống xy lanh điện cơ cho phép thực hiện với tốc độ cao và tải lớn. Hình 4 thể hiện hình ảnh của bộ nâng (Flex-Lifter) mà nhóm chọn để sử dụng trong hệ thống. Đây là sản phẩm của hãng ABB có kích thước tổng thể là 1900mm x 660mm x 320mm, khối lượng 750kg, khả năng tải tối đa 600kg, chiều dài hành trình 600mm, tốc độ nâng hạ 100 mm/s. Với khả năng tải này, bộ nâng hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu của bài toán vì khối lượng của toàn bộ phần khung hông chỉ là 75kg.



Hình 4. Bộ nâng (Flex-Lifter)



Hình 5. Băng tải Flex Track IRB 501-66

Hệ thống băng tải mà nhóm chọn sử dụng là Flex Track IRB 501-66 của hãng ABB được thể hiện trong hình 5. Khả năng tải của băng tải là 900kg nên hoàn toàn đáp ứng yêu cầu bài toán. Chiều dài băng tải không giới hạn và ta có thể lựa chọn sau khi đã lắp đặt vị trí của robot và các hệ thống đồ gá. Tốc độ của băng tải là 1.5m/s và khả năng gia tốc là 1.5m/s².

2.3. Bố trí robot trên dây chuyền tự động

Theo thiết kế của nhóm, hệ thống lắp ráp và hàn tự động phần khung hông của thùng xe tải mui bạt Kia K3000S sẽ gồm 7 robot sắp xếp ở hai bên băng tải và được chia làm 3 khâu hoạt động. Khâu một là khâu lắp ráp và chế tạo khung. Khâu này gồm 2 robot gấp các thanh thép ống để lắp ráp thành cái sườn khung và được đặt trên một hệ thống bàn gá. Sau đó 2 robot hàn sẽ tiến hành hàn cố định cái sườn khung. Khâu hai là khâu gấp tấm inox dập sóng. Ở khâu này, nhóm sử dụng 1 robot gấp tấm inox để đặt lên trên cái sườn khung. Khâu ba là khâu hàn bấm hoàn thành khung. Khâu này gồm 2 robot mang súng hàn có nhiệm vụ hàn bấm tấm inox vào cái sườn khung để ra sản phẩm hoàn chỉnh.

3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHI TIẾT CHO TÙNG KHÂU

Mục này mô tả thiết kế cơ khí chi tiết cho từng khâu của dây chuyền lắp ráp và hàn tự động phần khung hông của thùng xe tải mui bạt Kia K3000S.

3.1. Lắp ráp sườn của phần khung hông

Với yêu cầu ban đầu rằng các thanh thép cần thiết cho việc lắp ráp phần khung hông đã có sẵn và nằm ở phía bên phải của băng tải, nhóm sẽ tiến hành thiết kế các thành phần còn lại của khâu như hệ thống bàn gá định vị, robot gấp và robot hàn. Hệ thống bàn gá định vị sẽ được đặt dọc theo băng tải và cùng phía với các thanh thép. Từ kích thước sản phẩm, nhóm chọn kích thước của hệ thống bàn gá là 3920mm x 1380mm để có thể đặt vừa đủ cái khung lên bàn gá mà vẫn có thể định vị chính xác được.

Để có thể định vị các thanh thép lên bàn gá và tạo thuận lợi cho việc hàn tiếp theo, nhóm sử dụng xy lanh quay CLR của hãng Festo để cố định các thanh theo chiều thẳng đứng và xy lanh DFM để cố định các thanh theo phương ngang. Lực kẹp của xy lanh có thể lên đến tối đa 10kg, đảm bảo cho quá trình hoạt động. Để có thể xoay bàn gá nhằm phục vụ cho việc hàn những điểm khuất, nhóm sử dụng robot xoay IRBP L300 với khả năng tải 300 kg.

Để có thể gấp các thanh thép và đặt chúng lên bàn gá, nhóm sử dụng 2 robot đặt ở hai đầu của bàn gá. Với vị trí lắp đặt yêu cầu robot phải có tầm với là 2m và robot phải có khả năng gấp được vật 75kg. Do đó nhóm chọn robot IRB6640 có khả năng tải 130kg và tầm với 3.2m. Để gấp vật nhóm sử dụng tay gấp 2-Finger Parallel Gripper JGP của hãng Schunk. Với lực kẹp có thể lên đến 2000N nên hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu.

Với vị trí bàn gá đã được lựa chọn ta cần đặt robot hàn ở bên cạnh hệ thống bàn gá.

Tầm hoạt động của robot phải đủ để vươn tới các điểm cần hàn trên bàn gá. Vì vậy nhóm nghiên cứu lựa chọn robot IRB1600 với tầm với 1.45m cho nhiệm vụ hàn này. Súng hàn mà nhóm lựa chọn là ABIROB A500 được làm nguội bằng khí, chu kỳ 100%, dòng tới 400A với hỗn hợp khí bảo vệ. Nguồn cho súng hàn là nguồn Aristo Mig 5000i và bộ cấp dây Aristo RoboFeed 3004w ELP.

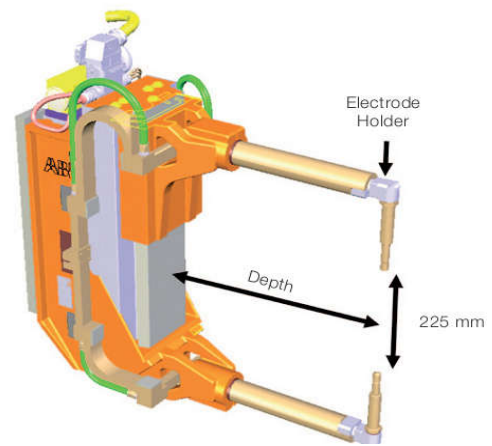
3.2. Gắp tấm inox

Sau khi hoàn thành sườn của khung hông, băng tải sẽ đưa đến khâu hai để tiến hành gắp tấm inox dập sóng đặt lên sườn khung. Nhóm tiếp tục sử dụng một robot IRB6640 cho nhiệm vụ gắp vì tầm hoạt động rộng, hoạt động trong phạm vi 3.2m. Robot IRB6640 được đặt ngay sau khâu một và tấm inox dập sóng được đặt ở bên hông băng tải. Để gắp tấm inox dập sóng kích thước 3400mm x 960mm, bề dày 0.5mm nhóm quyết định lựa chọn phương án sử dụng giác hút chân không. Đây là công cụ dùng để bốc dỡ vật liệu, là loại tay gắp và thả rất tiện lợi trong việc lắp đặt và sử dụng.

Tay gắp mà nhóm sử dụng được thể hiện trong hình 6 có trọng lượng là 75kg, có khả năng gắp được vật tối đa 15kg. Vùng điều khiển chân không được chia làm 10 khu, các ray chân không có thể điều chỉnh được để phù hợp với nhiều ứng dụng.



Hình 6. Tay gắp giác hút chân không



Hình 7. Súng hàn bấm Flex Gun loại X

3.3. Khâu 3: Hàn bấm tấm inox vào khung

Sau khi hoàn tất việc gắp tấm inox dập sóng đặt lên sườn khung thì băng tải sẽ đưa cả hai đến khâu ba để tiến hành hàn bấm tấm inox vào sườn khung. Để có thể hàn bấm được toàn bộ phần khung, nhóm chọn robot IRB6640 với phạm vi hoạt động rộng. Vị trí đặt robot nằm ở hai bên băng tải. Súng hàn bấm mà nhóm lựa chọn là súng Flex Gun loại X với chiều sâu là 977mm và lực tác dụng tối đa là 3710N. Nhóm sử dụng hệ thống định vị chuyên dụng FlexPLP của hãng ABB cho việc gá đặt. Đây là hệ thống định vị có khả năng lập trình được theo 3 trục X, Y, và Z. Để có thể định vị chính xác cho phần khung hông của thùng xe nhóm sử dụng thêm một bộ phận được gắn chặt tại mặt trên của trục PLP thẳng đứng. Phần mặt phẳng tiếp xúc với mặt trên của trục thẳng đứng được khoan 8 lỗ để định vị.

4. TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC ROBOT

Phần này nhóm sẽ trình bày phần tính toán động học cho các robot sử dụng trong bài báo. Toàn bộ hệ thống nhóm sử dụng hai loại robot là robot IRB6640 và robot IRB1600. Tuy nhiên cấu hình của 2 loại robot này là giống nhau, chỉ khác nhau về kích thước và vị trí tương đối giữa các khâu. Ở đây nhóm chỉ trình bày kết quả tính toán cho robot IRB6640.

Bảng 1. Thông số bảng DH của robot IRB6640

i	α_i	a_i (mm)	d_i (mm)	θ_i
1	90°	320	725	θ_1
2	0°	1280	0	θ_2
3	90°	200	0	θ_3
4	90°	0	1142	θ_4
5	-90°	0	0	θ_5
6	0°	0	200	θ_6

Thông qua bảng DH chúng ta có thể tính được các ma trận con ${}^{i-1}T_i$ và từ đó chúng ta tính được ma trận thể hiện mối quan hệ giữa đầu công tác của robot và hệ tọa độ gốc cố định của robot thông qua phương trình sau

$${}^0T_6 = {}^0T_1 {}^1T_2 {}^2T_3 {}^3T_4 {}^4T_5 {}^5T_6 = \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $n_x, n_y, n_z, s_x, s_y, s_z, a_x, a_y$ và a_z là các thành phần chỉ hướng của đầu công tác so với hệ tọa độ gốc của robot và phụ thuộc vào giá trị các góc quay và chiều dài các khâu của robot.

$$n_x = c_1 s_5 c_6 s_{23} + c_5 (s_1 s_4 + c_1 c_4 c_{23}) + s_6 (s_1 c_4 - c_1 s_4 c_{23}) \quad (1)$$

$$n_y = s_1 s_5 c_6 s_{23} - c_5 (c_1 s_4 - s_1 c_4 c_{23}) - s_6 (c_1 c_4 + s_1 s_4 c_{23}) \quad (2)$$

$$n_z = -s_5 c_6 c_{23} - s_{23} (c_4 c_5 + s_4 s_6) \quad (3)$$

$$s_x = c_1 (c_4 c_5 c_{23} - s_5 s_6 s_{23}) + c_6 (s_1 c_4 - c_1 s_4 c_{23}) + s_1 s_4 c_5 \quad (4)$$

$$s_y = s_1 (c_4 c_5 c_{23} - s_5 s_6 s_{23}) - c_6 (c_1 c_4 + s_1 s_4 c_{23}) - c_1 s_4 c_5 \quad (5)$$

$$s_z = s_5 s_6 c_{23} - s_{23} (c_4 c_5 + s_4 c_6) \quad (6)$$

$$a_x = c_1 c_5 s_{23} - s_5 (s_1 s_4 + c_1 c_4 c_{23}) \quad (7)$$

$$a_y = s_1 c_5 s_{23} + s_5 (c_1 s_4 - s_1 c_4 c_{23}) \quad (8)$$

$$a_z = -c_5 c_{23} - c_4 s_5 s_{23} \quad (9)$$

Vị trí của khâu tác động cuối được thể hiện thông qua các phương trình sau:

$$p_x = c_1 (a_1 + a_2 c_2 + a_3 c_{23} + d_4 s_{23}) + d_6 c_1 c_5 s_{23} - s_5 (s_1 s_4 + c_1 c_4 c_{23}) \quad (10)$$

$$p_y = s_1 (a_1 + a_2 c_2 + a_3 c_{23} + d_4 s_{23}) + d_6 s_1 c_5 s_{23} + s_5 (c_1 s_4 - s_1 c_4 c_{23}) \quad (11)$$

$$p_z = s_{23} (a_3 + c_4 s_5) - c_{23} (d_4 + d_6 c_5) + a_2 s_2 + d_1 \quad (12)$$

Khi biết trước vị trí và hướng của đầu tác động cuối của robot chúng ta hoàn toàn có thể tính ngược trở lại giá trị các góc của robot. Trong phần này, chúng tôi điều khiển robot theo phương pháp điểm tới điểm nên việc tính toán bài toán động học ngược là không nhiều.

5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN CHO HỆ THỐNG

Phần này trình bày phần thiết kế mạch điện và điều khiển cho toàn bộ dây chuyền.

5.1. Bộ điều khiển IRC5

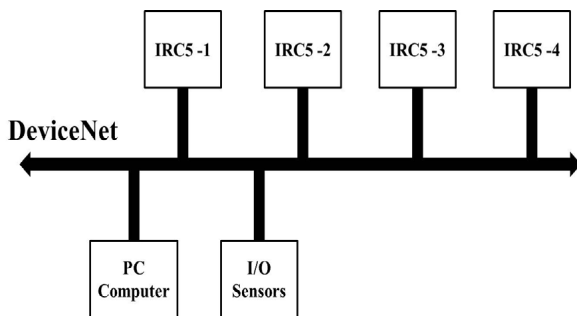
Trong bài báo này chúng tôi sử dụng bộ điều khiển IRC5 là bộ điều khiển chuyên dụng cho robot công nghiệp do hãng ABB cung cấp. Bộ điều khiển này gồm 2 module: module driver và module điều khiển. Mỗi bộ IRC5 có thể điều khiển tối đa 4 robot khác nhau. Giao tiếp giữa các bộ điều khiển IRC5 là các mạng giao tiếp công nghiệp, trong đó DeviceNet là mạng truyền thông công nghiệp được sử dụng phổ biến nhất.

5.2. Hệ thống điều khiển toàn bộ dây chuyền

Hệ thống điều khiển của chúng tôi gồm 4 tủ điều khiển IRC5. Tủ IRC5 thứ 1 dùng để điều khiển 2 robot gắp khung trong khâu một, băng tải của hệ thống, và bộ nâng khung Flex lifter. Tủ IRC5 thứ 2 dùng để điều khiển 2 robot hàn trong khâu một và một robot xoay hệ thống bàn gá trong khâu một. Tủ IRC5 thứ 3 điều khiển robot gắp tấm kim loại trong

khâu hai và 2 robot hàn bấm trong khâu ba. Tủ IRC5 thứ 4 điều khiển hệ thống đồ gá cho công đoạn hàn bấm gồm 4 chân định vị theo 3 trục X-Y-Z trong khâu ba. Các tủ điện giao tiếp với nhau bởi mạng truyền thông công nghiệp DeviceNet. Nhóm sử dụng một máy tính PC để giám sát toàn bộ dây chuyền. Các cảm biến tín hiệu cho biết kết thúc một công đoạn cũng được nối vào mạng này. Sơ đồ nối dây được thể hiện trong hình 8.

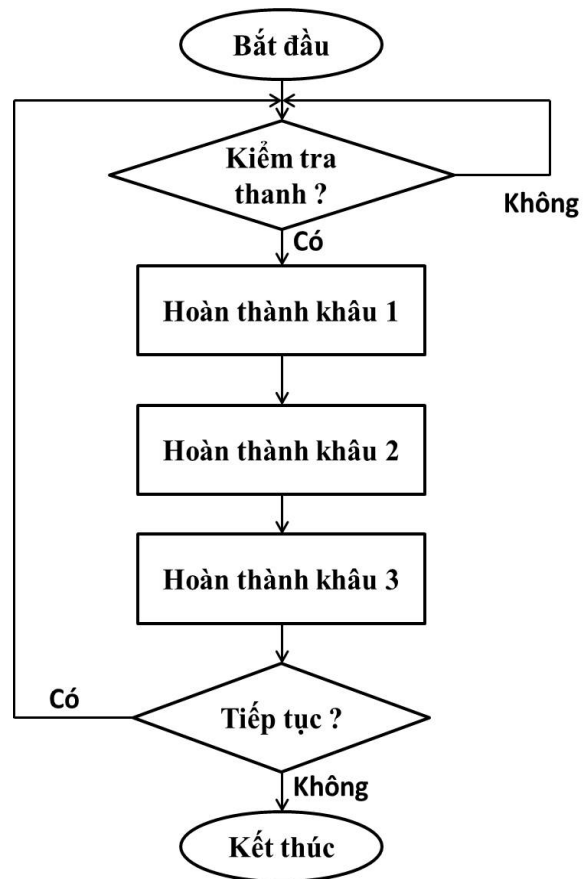
Bổ sung hình số 8 của bài báo:



Hình 8. Sơ đồ nối dây toàn bộ hệ thống

5.3. Lưu đồ giải thuật

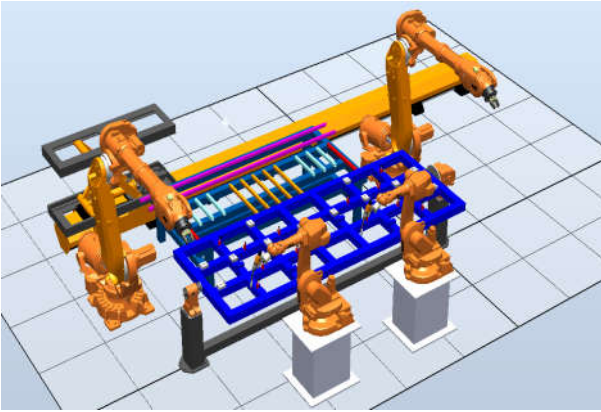
Lưu đồ giải thuật của hệ thống được thể hiện trong hình 9. Đầu tiên, máy tính PC kiểm tra xem có thanh kim loại trên giá không, nếu có thì 2 robot gấp sẽ bắt đầu làm nhiệm vụ gấp thanh kim loại để lắp ráp thành khung. Sau khi hoàn thành phần lắp ghép thì các xylanh kẹp sẽ được điều khiển để kẹp chặt các thanh. Tiếp đến 2 robot hàn làm nhiệm vụ hàn cố định các thanh để tạo khung. Sau khi hàn xong phần trên thì tiến hành xoay bàn gá và tiếp tục hàn phần bên dưới. Sau khi hàn xong thì sử dụng robot gấp thứ 2 để gấp toàn bộ khung lên Flex Lifter và băng tải sẽ di chuyển khung đến khâu hai. Ở khâu hai sử dụng robot gấp tấm inox dập sóng đặt lên khung. Sau khi gấp xong thì băng tải vận chuyển cả khung và tấm inox đến khâu ba. Tại khâu 3 hệ thống định vị sẽ được điều khiển để kẹp chặt khung. Kế đó 2 robot hàn bấm sẽ tiến hành hàn bấm tấm kim loại vào khung để ra thành phẩm cuối cùng. Chu kỳ cứ thế lặp đi lặp lại cho đến khi có lệnh dừng.



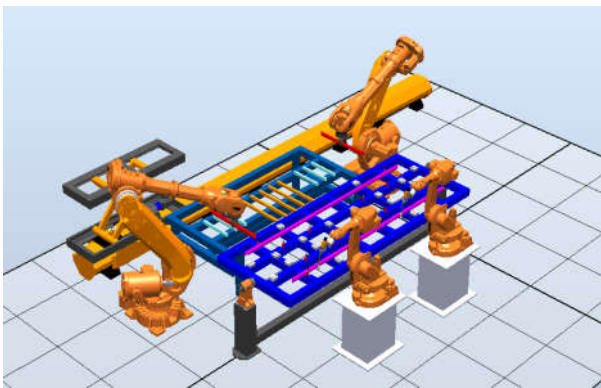
Hình 9. Lưu đồ giải thuật

6. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG TOÀN BỘ DÂY CHUYỀN

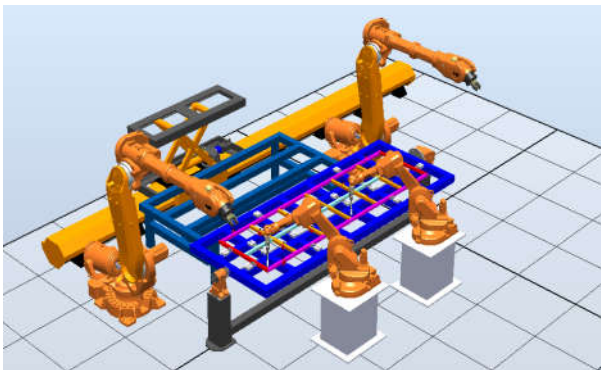
Phần này trình bày kết quả mô phỏng hoạt động của toàn bộ hệ thống. Nhóm sử dụng phần mềm Robot Studio của hãng ABB để mô phỏng hoạt động của dây chuyền. Đây là phần mềm chuyên dụng giúp chúng ta kiểm tra các phương án sử dụng robot của hãng ABB. Code chương trình mô phỏng có thể đổ trực tiếp xuống robot thật mà không cần phải thay đổi hay chỉnh sửa thêm. Hình 10 thể hiện một vài vị trí hoạt động của khâu một, bao gồm 2 robot gấp thanh, 2 robot hàn cố định khung, một hệ thống bàn gá để xoay khung. Hình 11 thể hiện vị trí hoạt động của khâu gấp tấm inox dập sóng. Hình 12 thể hiện vị trí của khâu ba hàn bấm. Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống hoạt động tốt và đã kiểm chứng được giải thuật đề ra cho khâu tự động hóa việc lắp ráp và hàn bấm phần khung hông của thùng xe tải Kia K3000S.



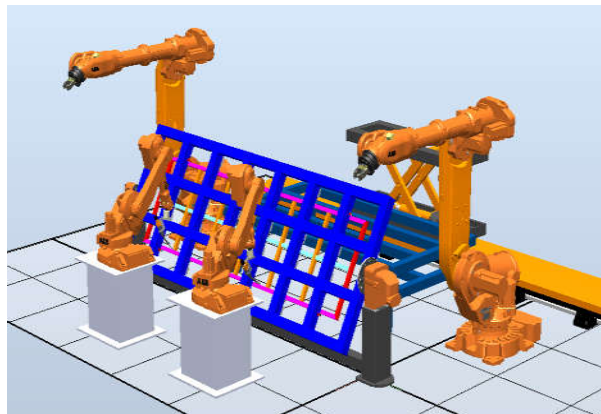
(a) Hệ thống lúc ban đầu



(b) Robot gấp thanh lên bàn gá đặt



(c) Robot hàn mặt trên của khung

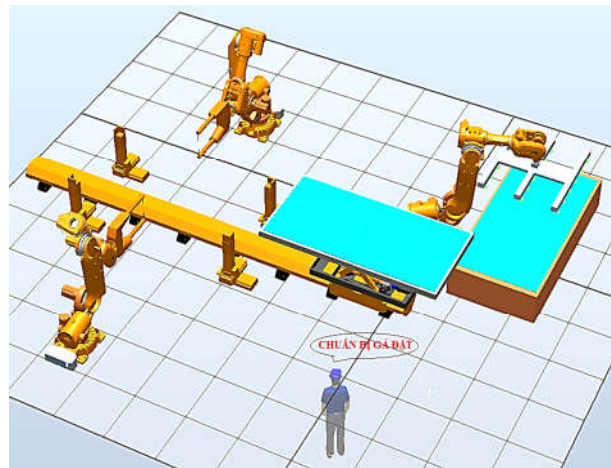


(d) Robot hàn mặt dưới của khung

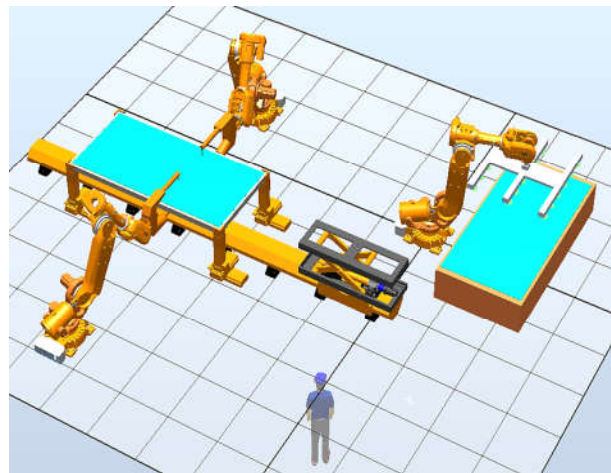
Hình 10. Một vài vị trí hoạt động của khâu một

7. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một thiết kế sử dụng robot công nghiệp để tự động hóa toàn bộ quá trình lắp ráp và hàn bấm tự động phần khung hông của thùng xe tải mui bạt Kia K3000S. Một hệ thống gồm 7 robot được sử dụng và có khả năng tự động cao. Thiết kế được kiểm chứng bằng kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống hoạt động tốt. Bài báo đã góp phần quan trọng trong việc tự động hóa công đoạn sản xuất ô tô tải mui bạt Kia K3000S ở công ty Trường Hải.



Hình 11. Hình ảnh khâu hai



Hình 12. Hình ảnh khâu ba

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2014-20-28.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Luo, Y Liu, H. Wang, and W. Zhou, *Vibration characteristic analysis of spot welding robot based on ADAMS/Vibration*, International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, pp. 691-695, (2011).
- [2] H. Luo, Y Liu, H. Wang, and W. Zhou, *Rigid-flexible coupling dynamics analysis of a spot welding robot*, IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems, pp. 181-185, (2011).
- [3] Y. S. Wang, L. Z. Ge, P. C. Xie, and Y. X. Gai, *Dynamic simulation and gravity balancing optimization of spot welding robot based on RecurDyn*, International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 1905-1910, (2011).
- [4] B. Niu, Y. Chi, and H. Zhang, *Dynamic electrode force control of resistance spot welding robot*, International Conference on Robotics and Biomimetics, pp. 2421-2426, (2009).
- [5] L. Cheng, H. Wang, and Y. Liu, *Movement coupling analysis on the wrist of 165 kg spot welding robot*, International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems, pp. 244-248, (2011).
- [6] Bùi Trọng Hiếu, Chung Tấn Lâm và Nguyễn Tấn Tiến, *Điều khiển thích nghi robot hàn di động với các thông số không biết chính xác*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ các Trường Đại học Kỹ thuật, Số 60, pp. 48-53, (06/2007).
- [7] Lê Hồng Loan, Phạm Đăng Khoa, Trần Thiên Phúc và Nguyễn Tấn Tiến, *Nghiên cứu robot hàn mức chỉ thị*, Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ - Công nghệ Cơ khí, tập 11, trang 97-105, (03/2008).