

GIẢI PHÁP THIẾT KẾ CHUYỂN ĐỔI HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG CỦA CÔNG TRỤC BÁNH LỚP (RTG) TỪ DIESEL – THỦY LỰC SANG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
SOLUTIONS OF DESIGN ON REPLACING TRANSMISSION SYSTEM OF RUBBER TYRED GANTRY CRANES (RTG) FROM DIESEL - HYDRAULIC TO ELECTRICAL FULLY TRANSMISSION

Trần Văn Trung, Trần Đức Kết

*Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM, Việt Nam
 trungtranck@hcmutrans.edu.vn*

Tóm tắt: Đa số các cảng và bãi container ở Việt Nam hiện nay sử dụng các cầu RTG (Rubber Tired Gantry) chạy bằng động cơ diesel để xếp dỡ container. Thiết bị này hàng năm tiêu thụ một lượng lớn nhiên liệu và thải ra môi trường nhiều chất thải (bao gồm khí No_x , CO_2 , chất thải lỏng và rắn), dẫn đến chi phí vận hành cao và ô nhiễm môi trường nghiêm trọng tại khu vực cảng và lân cận. Bài báo này tập trung vào việc xem xét khả năng chuyển đổi các cầu RTG từ nguồn năng lượng diesel nguồn điện lưới tại các cảng ở Việt Nam để nhằm đạt các mục tiêu tiết kiệm chi phí năng lượng, tăng cường khả năng cạnh tranh kinh doanh và giảm ô nhiễm môi trường.

Từ khóa: RTG, công trục, cảng container, nguồn máy phát diesel, nguồn điện lưới.

Chỉ số phân loại: 2.1

Abstract: The majority of container handling equipment in existing container terminals and container yards at the ports of Vietnam consist of diesel - powered RTG cranes. Every year, this equipment consumes vast amounts of fuel oil and produces tremendous exhaust emissions (No_x , CO_2 , liquid and particulate matter), leading to heavy operating costs and causes serious environmental pollution in nearby port areas. This paper consequently focuses on the conversion of RTGs from diesel power to electric power grid at the ports of Vietnam, to lessen operating costs, strengthen business competitiveness, and alleviate environmental pollution.

Keywords: RTG, gantry crane, container terminals, diesel-powered, electrical power grid.

Classification number: 2.1

1. Giới thiệu

Công trục bánh lốp RTG (Rubber Tyred Gantry) là thiết bị chuyên dùng xếp dỡ container tại bãi. Các cơ cấu công tác của RTG thường sử dụng các hình thức truyền động điện, thủy lực hoặc kết hợp. Nguồn động lực là trạm phát điện diesel gắn liền trên cầu, trạm phát di động này được thiết kế gọn và đặt trong một thùng kín có vách cách âm, giảm rung.

Hiện nay có hơn 200 cầu RTG dùng diesel hoạt động tại các cảng, bến, bãi container ở Việt Nam, tiêu thụ mỗi năm khoảng 30.000 tấn dầu diesel và thải ra môi trường khoảng 6.000 tấn CO_2 ; 460 tấn NO_x , và 12 tấn chất thải rắn (PM) [1]. Hơn nữa, sau nhiều năm hoạt động, các bộ phận của hệ thống động lực và truyền động phát sinh mài mòn, hư hỏng do tăng khe hở lắp ghép giữa các chi tiết và tăng sai lệch vị trí giữa các

cụm chi tiết. Các hư hỏng sẽ làm cho cầu làm việc kém chất lượng, tăng tổn hao cơ giới, dẫn đến chi phí nhiên liệu, dầu mỡ phụ tùng thay thế cũng như thời gian dừng cầu, nhân công phục vụ bảo dưỡng sửa chữa cầu ngày càng tăng, trong khi độ tin cậy và mức độ chính xác thao tác càng giảm làm cho năng suất xếp dỡ giảm.

Qua theo dõi thực tế tại các cảng phía nam thì giải pháp khắc phục vấn đề trên bằng sửa chữa lớn động cơ diesel không đem lại hiệu quả vì các lý do:

- Chi phí sửa chữa cao vì phụ tùng thay thế phải nhập khẩu đơn chiếc;
- Tuổi thọ của động cơ sau khi sửa chữa thấp do chất lượng phục hồi chi tiết và lắp ráp cân chỉnh khó đảm bảo khi không có thiết bị sửa chữa chuyên dùng;

- Cầu vẫn sử dụng diesel nên chi phí nhiên liệu lớn và gây ô nhiễm môi trường.

Bài báo này đề xuất nghiên cứu một giải pháp có tính chất ứng dụng cao, sử dụng năng lượng sạch hơn và có thể giải quyết các vấn đề nêu trên một cách lâu dài, bền vững. Đó là giải pháp thay thế nguồn động lực diesel – máy phát bằng nguồn điện lưới và chuyển đổi các cơ cấu có truyền động thủy lực sang truyền động điện.

Theo các tác giả Yi - Chih YANG và Wei - Min CHANG trong một nghiên cứu tương tự tại cảng Cao Hùng (Đài Loan) cho thấy khi chuyển đổi từ diesel sang điện lưới một cầu RTG trong 1 năm sẽ giảm phát thải 30 tấn CO₂; 2.3 tấn NO_x và 0.06 tấn chất thải rắn, ngoài ra cầu sử dụng điện hoàn toàn sẽ giảm tối đa tiếng ồn và gần như không có chất lỏng bị rò rỉ ra môi trường [1].

2. Cơ sở lý luận của giải pháp

Về nguyên lý chung trong thiết kế máy trục, có thể sử dụng các nguồn động lực và các phương pháp truyền động khác nhau cho mỗi loại. Về nguồn động lực có thể dùng động cơ đốt trong hay động cơ điện, động cơ thủy lực. Về truyền động có thể dùng truyền động cơ khí, thủy lực, điện hoặc kết hợp. Mỗi loại có những ưu nhược điểm khác nhau và phù hợp trong từng trường hợp sử dụng [2].

Với cầu RTG Diesel – Điện, mỗi cầu được trang bị một trạm phát điện đồng bộ ba pha được dẫn động bởi một động cơ diesel bốn kỳ bố trí trên dầm cầu, cung cấp nguồn điện cho toàn bộ các cơ cấu nâng hạ, di chuyển xe con và di chuyển cầu hoạt động. Thông số cơ bản của diesel và trạm phát như sau [3], [4]:

- Công suất: 450 kVA;
- Tốc độ: 1800 v/ph;
- Điện áp: 400 VAC, 3-phase, 50 Hz;
- Độ điều chỉnh điện áp: +/- 10% từ không tải tới đầy tải;
- Các chế độ bảo vệ: Quá dòng, ngắn mạch, quá áp, thấp áp, thấp tần số, mất kích từ, quá tốc độ, áp lực nhớt thấp, nhiệt độ nước cao...;
- Chế độ cách âm: ≤ 95dBA;

- Điều khiển: thực hiện qua hai giai đoạn, khởi động diesel – trạm phát và điều khiển các chức năng của cầu (các chức năng của cầu chỉ được phép hoạt động khi các thông số của trạm phát và các chế độ bảo vệ đã ổn định và được thiết lập).

Giải pháp chuyển đổi đề xuất thay trạm phát diesel – máy phát bằng một nguồn cung cấp di động từ hệ thống điện lưới hạ thế tại cảng có các thông số [5]:

- Công suất trạm hạ thế 2000KVA cho một khu vực làm hàng gồm 06 RTG, (tính cho mỗi cầu khoảng 340 KVA);
- Điện áp: 400 VAC, 3 - phase, 50 Hz;
- Mức độ dao động điện áp: ≤ 10%;
- Các chế độ bảo vệ từ trạm hạ thế: Quá dòng, ngắn mạch, quá áp, thấp áp, sai lệch tần số...

So sánh về các thông số của cấp nguồn của hai phương pháp là tương tự nhau. Tuy nhiên về đặc tính tải thì giữa trạm phát động cơ diesel – máy phát và trạm điện lưới có khác nhau:

- Trạm diesel – máy phát độc lập, chỉ phục vụ cho hoạt động của một cầu nên việc tính toán sẽ dễ dàng hơn để đảm bảo cho toàn bộ các hoạt động của cầu. Tuy nhiên, trạm phát cần có công suất lớn hơn, mặt khác do động cơ diesel có đặc tính quá tải lớn hơn nguồn cung cấp từ trạm hạ thế, do đó việc đảm bảo sự ổn định các thông số của nguồn cung cấp cũng dễ dàng hơn ngay cả khi cầu làm việc với các mức tải thay đổi [6].

- Nguồn cung cấp từ trạm hạ thế được đề xuất sẽ sử dụng một trạm cho một khu vực bãi container gồm 6 RTG nên cho phép giảm công suất trạm do tính toán về khả năng làm việc đồng thời của các cầu. Tuy nhiên, nhược điểm là đặc tính quá tải của nguồn điện thấp hơn động cơ diesel [7] nên trong một số trường hợp, hệ số sử dụng đồng thời tăng, hoặc mức tải của các cầu đồng thời ở mức cao có thể dẫn đến khả năng sụt áp cục bộ, thông số cấp nguồn bị thay đổi. Để khắc phục nhược điểm trên cần phải bố trí các tụ bù chung trong hệ thống [8].

Tiếp theo, giải pháp chuyển đổi cần tiến hành các tính toán và lựa chọn sau:

- Chọn phương án cấp nguồn và tính toán các thông số của nguồn thay thế;
- Lựa chọn thiết bị và biện pháp kỹ thuật công nghệ để thực hiện chuyển đổi;
- Tính toán chi phí chuyển đổi;
- Hiệu quả của giải pháp về kinh tế, môi trường.

3. Chọn phương án cấp nguồn và tính toán các thông số của nguồn thay thế

3.1. Chọn phương án cấp nguồn

Cấp nguồn cố định dẫn từ trạm biến áp đến bãi container được lắp đặt ngầm dưới mặt đất để không ảnh hưởng đến giao thông trên bãi và tiết kiệm chi phí do có thể sử dụng cáp điện chế tạo trong nước.

Để cung cấp điện cho cầu có thể sử dụng 1 trong 2 phương án:

- Phương án 1: Sử dụng ray cáp điện (Conductor Bar Solutions) [1];
- Phương án 2: Sử dụng công nghệ tang cáp điện (Cable reel technology) [5].

Phương án 1 có ưu điểm là chi phí đầu tư thấp hơn, nhưng có nhiều nhược điểm:

- Các đường ray điện lắp đặt nổi ảnh hưởng đến giao thông trên bãi;
- Độ chính xác của đường ray cáp điện khó đảm bảo khi nền bãi chuyển vị do độ lún không đều có thể làm cho nguồn cấp kém ổn định;
- Chi phí bảo trì sửa chữa ray điện, thanh quét và xe tời tiếp điện cao do sự mài mòn và ảnh hưởng của thời tiết ngoài trời, chuyển vị của nền bãi.

Phương án 2 tuy có chi phí đầu tư ban đầu cao hơn nhưng có nhiều ưu điểm hơn:

- Không cản trở giao thông trên bãi;
- Điện nguồn ổn định hơn do không sử dụng ray và thanh quét;
- Chi phí bảo trì sửa chữa thấp hơn.

Trong điều kiện nền bãi không hoàn toàn ổn định và khí hậu ẩm, nhiều mưa tại các cảng thì chọn phương án 2 là giải pháp tốt hơn để cấp nguồn cho cầu. Các nội dung thực hiện chính của phương án như sau:

- Thiết kế thi công đường cáp ngầm cố định từ trạm hạ thế tới các bãi;

- Bố trí các trụ cáp điện tại bãi (1 - 2 trụ cáp điện cho một cầu);

- Chọn và thiết kế để lắp ráp tang cáp điện trên các cầu;

- Kết nối cáp cấp nguồn di động (quần trên tang) và các trụ cáp điện bằng khớp kết nối nhanh (socket);

- Bố trí rãnh rải cáp và thiết bị bảo vệ.

3.2. Tính toán thông số của nguồn thay thế

3.2.1. Công suất trạm hạ thế

Trạm hạ thế có chức năng chuyển điện áp từ đường dây trung thế 15KV hoặc 6KV (tùy từng khu vực) cấp nguồn cho các thiết bị hạ thế 400VAC thông thường.

Để chuyển đổi cấp nguồn từ máy phát sang điện lưới cho toàn bộ các cầu RTG trong một khu vực (bãi container) thì phải tính toán, lắp đặt trạm hạ thế phục vụ cho cầu. Công suất trạm hạ thế phụ thuộc vào số lượng cầu bố trí trong bãi (N), tổng công suất các cơ cầu của 1 cầu (Pc), hệ số hoạt động đồng thời của các cơ cầu của cầu (K1), hệ số hoạt động đồng thời của các cầu trong bãi (K2) và hệ số dự trữ (K3).

Bài báo này xây dựng cho một bãi cụ thể tại cảng Cát Lái có các thông số được tính toán và chọn như bảng 1 [9].

Công suất trạm hạ thế:

$$P = N \cdot P_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

[1

]

$$= 6 \times 370 \times 0.67 \times 0.9 \times 1.2 = 1,606.392 \text{ kW}$$

Bảng 1. Các thông số tính công suất trạm hạ áp.

N (chiếc)	P _c (kW)	Các hệ số		
		K ₁	K ₂	K ₃
6	370	0.67	0.9	1.2

Với kết quả này có thể chọn công suất trạm biến áp hạ thế 2000 kVA hoặc hai trạm hạ thế với công suất mỗi trạm 1000 kVA để phục vụ cho bãi container với sáu cầu RTG hoạt động đồng thời.

3.2.2. Chọn cáp cấp nguồn và tang cáp

Cấp cấp nguồn cần có tổng diện tích thiết diện ngang của lõi đồng đảm bảo công

suất của thiết bị và chiều dài dây đủ cho phạm vi làm việc của cầu. Với công suất thiết kế của cầu, công thức dây cáp nguồn cho cầu được chọn là $3 \times 185\text{mm}^2 + 3\text{G}95/3$ [10] và được chọn như sau:

- Phần dây cáp cố định từ trạm hạ thế đến các trụ cáp nguồn trên bãi: Sử dụng cáp bọc PVC có lưới bảo vệ do các nhà sản xuất trong nước cung cấp (Cadivi, điện quang, Lioa...) để tiết kiệm chi phí;

- Phần cáp di động có yêu cầu vừa nhẹ vừa mềm nên phải mua từ các hãng sản xuất uy tín từ các nước công nghiệp phát triển (Conductix Wampfler, Cavotec, Yaskawa...) đồng bộ với tang cáp điện. Chiều dài của cáp di động và tương ứng với khả năng chứa của tang cáp sẽ ảnh hưởng đến phạm vi hoạt động của cầu [1], [11]. Qua khảo sát tại các cảng container ở Việt Nam hiện đang sử dụng cầu RTG với nguồn diesel khi chuyển sang nguồn điện thì sử dụng tang với chiều dài cáp khoảng 90 m là thích hợp. Vì thông thường chiều dài đường chạy cầu (RTG lane) trong bãi $\leq 150\text{m}$ thì chỉ cần một trụ cáp điện bố trí ở giữa đường chạy. Tang cáp điện sử dụng cho cầu RTG là loại tang dẫn động bằng điện, điều khiển tự động tích hợp với chương trình điều khiển của cầu. Tốc độ cuốn cáp và nhả cáp tự động thay đổi với tốc độ di chuyển của cầu.

Các chế độ bảo vệ như chống rơi cáp, căng cáp, sự quá nhiệt, quá dòng, áp... cũng được tích hợp trong chương trình điều khiển và quản lý cầu. Các thiết bị kết nối từ trụ cáp điện với cáp di động và từ tang cáp điện với buồng điện của cầu, như ổ cắm kết nối nhanh, máng cáp và thiết bị dẫn hướng cáp, thiết bị bảo vệ, tủ CB... được sử dụng đồng

bộ, đảm bảo đủ công suất, thuận tiện trong kết nối, kiểm tra và bảo trì sửa chữa.

3.2.3. Chi phí chuyển đổi và so sánh chi phí xếp dỡ

Trong nghiên cứu này, chi phí chuyển đổi nguồn cung cấp diesel sang điện lưới được tính cho một khu vực làm hàng tiêu chuẩn có ba lane RTG, mỗi lane có hai cầu RTG hoạt động, trường hợp tại Terminal A, cảng Cát Lái, Tổng Công ty Tân Cảng Sài Gòn, bảng 2. Giá thành xếp dỡ của RTG được tính trên cơ sở các chi phí như nhiên liệu, bảo dưỡng sửa chữa, khấu hao tài sản cố định, lương vận hành, quản lý,...

Để so sánh hiệu quả của giải pháp, trong bài báo này chỉ đề cập tới các chi phí khác nhau của cầu RTG trước và sau khi chuyển đổi nguồn năng lượng. Đó là chi phí năng lượng, bảo dưỡng và sửa chữa hệ thống cấp nguồn (các chi phí khác là như nhau). Các chi phí sản xuất giữa cầu dùng nguồn diesel và cầu dùng nguồn điện lưới thể hiện trong bảng 3. Từ kết quả trên ta thấy khá rõ hiệu quả kinh tế của giải pháp là chi phí xếp dỡ một container sẽ giảm 15.402 đồng. Với sản lượng trung bình của 1 cầu hoạt động tại cảng Cát Lái là 80.000 cont/năm thì chi phí xếp dỡ được giảm cho sáu cầu trong một năm sẽ là hơn 7.392.960.000 đồng. Với chi phí đầu tư ban đầu để chuyển đổi nguồn năng lượng là 11.552.000,000 đồng cho sáu cầu RTG điện thì chỉ sau 1,5 năm đã hoàn vốn trong khi tuổi thọ khai thác của cầu RTG từ 20 đến 25 năm. Trong trường hợp giải pháp được áp dụng rộng rãi cho các bãi container, các cảng khác (ước tính khoảng hơn 200 RTG) thì hiệu quả sẽ rất lớn.

Bảng 2. Chi phí chuyển đổi cho một khu vực làm hàng với ba lane 06 RTG.

TT	Hạng mục	Đơn giá	Thành tiền (Triệu đồng)
1	Mua và xây lắp hai trạm biến áp 1.000 KVA, hệ thống cáp cấp nguồn cố định từ TBA ra bãi	1,450	2,900
2	Mua và thi công lắp đặt tang cáp và các thiết bị đồng bộ cho sáu cầu RTG	1,442	8,652
	Tổng		11.552

Nguồn: Tổng Công ty Tân Cảng Sài Gòn

Bảng 3. So sánh chi phí sản xuất giữa cầu RTG sử dụng diesel và điện lưới.

TT	Các loại chi phí (tính cho một container)	Cầu RTG sử dụng diesel			Cầu RTG sử dụng điện lưới		
		Tiêu thụ (L/cont)	Đơn giá (đ/L)	Chi phí (đ/cont)	Tiêu thụ (kW/cont)	Đơn giá (đ/kW)	Chi phí (đ/cont)
1	Chi phí nhiên liệu hay điện năng	0,92	18.000	16.560	2,8	1.503	4.208
2	Chi phí bảo dưỡng diesel, máy phát hoặc trạm BA và hệ thống cấp nguồn (đ/cont)	1.600		1.600	550		550
3	Chi phí sửa chữa diesel, máy phát hay trạm BA và hệ thống cấp nguồn (đ/cont)	2.000		2.000	-	-	-
	Chi phí tính cho một container			20.160			4.758

Nguồn: [1], Trang tin vật giá 8/2018, Tổng Công ty Tân Cảng Sài Gòn

4. Kết luận

Từ các tính toán, phân tích ở trên và quá trình theo dõi sự hoạt động của các cầu đã thí điểm chuyên đổi tại các terminal A, B của cảng Cát Lái, Tổng Công ty Tân Cảng Sài Gòn (tác giả đã tham gia đề xuất, tư vấn kỹ thuật cho dự án), kết quả cho thấy giải pháp đã đạt hiệu quả cao về kinh tế đồng thời góp phần giảm thiểu phát thải ra môi trường các chất độc hại như CO₂, NO_x, sự rò rỉ dầu nhớt, ô nhiễm tiếng ồn,... Về khả năng công nghệ và kỹ thuật thi công chuyển đổi thì hoàn toàn có thể thực hiện tại chỗ và sử dụng một phần linh kiện, vật tư trong nước để tiết kiệm chi phí và chủ động trong bảo dưỡng, sửa chữa, thay thế phụ tùng. Dưới đây là một số kết luận chi tiết:

➤ Giải pháp có tính khả thi cao trong thực tiễn sản xuất vì hầu như tất cả các công việc để thực hiện giải pháp, như: Thiết kế, mua sắm vật tư, thi công lắp đặt và bảo dưỡng sửa chữa đều có thể thực hiện khá dễ dàng trong nước, tại nơi khai thác sử dụng cầu mà không bị ảnh hưởng bởi nhà sản xuất cầu và thiết bị chuyên dùng.

➤ Giải pháp có hiệu quả kinh tế cao như so sánh ở trên vì các yếu tố:

- Một là hiệu suất truyền động điện cao hơn truyền động bằng diesel máy phát. Mặt khác, với cầu RTG điện, khi cầu ngừng thao tác sẽ gần như không tiêu tốn năng lượng, còn với RTG diesel, khi cầu ngừng thao tác, diesel vẫn hoạt động và tiêu tốn nhiên liệu.

- Hai là so sánh về giá nhiên liệu, nếu quy về một giá trị năng lượng dùng để xếp dỡ một container thì giá điện luôn thấp hơn nhiều và ổn định hơn giá dầu.

- Ba là khi cầu dùng điện lưới sẽ giảm chi phí bảo dưỡng sửa chữa cầu đến 30% so với cầu dùng động cơ diesel (trong đó riêng chi phí bảo dưỡng sửa chữa hệ thống cấp nguồn giảm 85%).

➤ Giải pháp có ý nghĩa đặc biệt đối với môi trường khi được áp dụng với số lượng lớn cầu RTG sử dụng động cơ diesel hiện nay, góp phần làm sạch hơn không khí và nguồn nước cũng như không gian làm việc do giảm được một lượng lớn khí thải độc hại, chất thải lỏng và rắn cũng như ô nhiễm tiếng ồn phát ra từ động cơ diesel.

➤ Giải pháp này cũng là cơ sở để các cảng, các bãi xếp dỡ container khác trong cả nước tham khảo, tính toán chuyển đổi cũng như đầu tư mua sắm thiết bị mới theo hướng tiết kiệm năng lượng và giảm ô nhiễm môi trường □

Tài liệu tham khảo

- [1] Cavotec Innovative solutions for the Maritime industry ASEAN Port & Shipping ASEAN Port & Shipping Johor Johor Bahru Bahru June, 2007.
- [2] Ing. J. Verschoof, Cranes – Design, Practice, and Maintenance (2nd Edition), Professional Engineering Publishing Limited London and Bury St Edmunds, UK, 2002.
- [3] Kalmar Industries Oy Ab FIN-33101 Tampere Finland.

- [4] TCM CORPORATION, Operation and Maintenance Manual for the transfer crane Model CT5F, Tokyo 105-0003, Japan, 2010
- [5] Conductix-Wampfler, Motor Driven Cable Reel Technical data, Belley, France, 2012.
- [6] TS. Văn Hữu Thịnh (2016), *Tính toán thiết kế máy nâng chuyển*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM.
- [7] PGS.TS Trương Quốc Thành, PGS.TS Phạm Quang Dũng (1999), *Máy và thiết bị nâng*, Nhà xuất bản KHK T, Hà Nội.
- [8] TS. Đồng Văn Hường (2011), *Cơ sở truyền động điện*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [9] PGS.TS Hoàng Xuân Bình (2015), *Trang bị điện - điện tử các máy công nghiệp*, Nhà xuất bản Hàng Hải, Hải Phòng.
- RTG Kalmar E-one s/n 40717-40726, Technical Data, 2008.
- [10] Stefano MELOTTI, M.Sc. P.Eng. Engineering, Commissioning and After Sales Director Noell Crane Systems (China) Ltd. –TEREX Cranes Xiamen Zhang Zhou, 2011.

Ngày nhận bài: 8/10/2018

Ngày chuyển phản biện: 11/10/2018

Ngày hoàn thành sửa bài: 1/11/2018

Ngày chấp nhận đăng: 8/11/2018
