

PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN TÍCH HỢP SỬ DỤNG DELMIA TRONG THIẾT KẾ SẢN PHẨM CƠ ĐIỆN TỬ

AN INTEGRATED APPROACHES USING DELMIA IN DESIGNING MECHATRONIC PRODUCT

Lê Giang Nam^{1,*}, Mai Văn Kiên¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.038>

TÓM TẮT

Sự cần thiết của việc phải xem xét đồng thời các khía cạnh của kỹ thuật điều khiển, điện và cơ khí trong suốt quá trình triển sản phẩm cơ điện tử (CĐT) đã được nêu trong quy chuẩn quốc gia Đức, cụ thể là VDI 2206. Trong đó, VDI 2206 cũng đã cung cấp một bộ khung hữu ích cho việc thiết kế các hệ thống CĐT. Tuy nhiên trong quy chuẩn đó còn chưa đề cập cụ thể cho việc triển khai với loại sản phẩm có sử dụng mô đun điều khiển PLC và nền tảng công cụ cho việc ứng dụng. Bài báo này mô tả việc áp dụng VDI 2206 và tùy chỉnh bổ sung vào sự phát triển sản phẩm CĐT với bộ điều khiển logic khả trình (PLC). Trong nghiên cứu này, các mô đun của quy trình, các công cụ liên quan và luồng vận động của dữ liệu liên ngành được mô tả rõ ràng. Mức độ liên quan trong quá trình tích hợp hệ thống được xác minh bằng một nghiên cứu trong công nghiệp cho hệ thống gấp áo tự động. Phương pháp luận tiếp cận tích hợp trên môi trường DELMIA được phát triển trong bài báo là cơ sở cho một quá trình phát triển hiệu quả áp dụng cho các sản phẩm CĐT được điều khiển bởi PLC.

Từ khóa: Cơ điện tử; kỹ thuật liên ngành; PLC; VDI 2206.

ABSTRACT

The need to simultaneously consider the aspects of control, electrical, and mechanical engineering throughout the development process of mechatronic products has been stated in the German national standard, specifically VDI 2206. In this standard, VDI 2206 also provides a useful framework for the design of mechatronic systems. However, the standard does not specifically address the implementation of products that use PLC control modules and a tool platform for application. This paper describes the application of VDI 2206 and additional customization to the development of mechatronic products with programmable logic controllers (PLCs). In this study, the modules of the process, the relevant tools, and the flow of interdisciplinary data are clearly described. The relevance in the system integration process is verified by an industrial study for an automatic shirt folding system. The integrated approach methodology developed in the paper is the basis for an efficient development process applicable to mechatronic products controlled by PLCs.

Keywords: Interdisciplinary engineering; mechatronics; PLC; VDI 2206.

¹Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: nam.legiang@hust.edu.vn

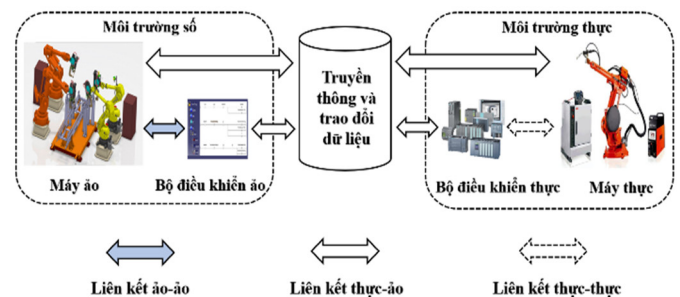
Ngày nhận bài: 20/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 26/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

1. GIỚI THIỆU

Mô hình V trong VDI 2206 [1], được đưa ra để đáp ứng các thách thức tích hợp liên tục đối với các nhóm liên ngành trong việc phát triển sản phẩm CĐT nhằm rút ngắn thời gian, nâng cao chất lượng và giảm chi phí. Nghiên cứu này trình bày giải pháp cho vấn đề thiết kế liên ngành của sản phẩm CĐT được điều khiển bởi PLC, để sớm phát hiện và tránh các lỗi cũng như đối mặt với yêu cầu thời gian đáp ứng nhu cầu thị trường. Sản phẩm CĐT với bộ điều khiển PLC hiện phổ biến và được sử dụng nhiều trong hệ thống công nghiệp tự động. Xuất phát từ sơ đồ công nghệ, kỹ thuật cơ khí thường thực hiện trước trong quá trình phát triển các sản phẩm CĐT. Trong nhiều trường hợp, việc thực hiện logic điều khiển sẽ bắt đầu sau khi hầu hết dữ liệu CAD được tạo ra, hoặc thậm chí sau khi phần cứng được sản xuất làm kéo dài thời gian ra sản phẩm. Đồng thời, việc trao đổi dữ liệu liên ngành không được chuẩn hóa. Chính vì vậy các lỗi tiềm ẩn trong quá trình tích hợp được phát hiện khá muộn trong các quá trình phát triển thiết kế, chúng ảnh hưởng lớn đến chi phí phát triển chung của sản phẩm [2, 3].

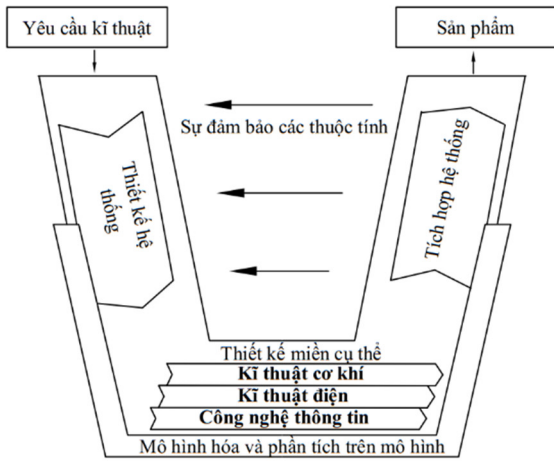


Hình 1. Ý tưởng hình thành một thiết bị ảo

Nghiên cứu này đề xuất vận dụng VDI 2206 với tùy chỉnh bổ sung và môi trường DELMIA để thực hiện cả hai lĩnh vực cùng phối hợp ngay từ giai đoạn đầu của thiết kế cho bài toán liên kết dữ liệu liên ngành. Kết quả của quá trình thiết kế tích hợp này là một máy ảo bao gồm hai thành phần được kết nối hai chiều gồm “bộ điều khiển ảo” và “hệ thống 3D trực quan hóa” như mô tả trong hình 1. Máy ảo cho phép xem xét đánh giá trước mọi hoạt động và chương trình điều khiển của máy móc. Qua đó, các lỗi liên ngành của quá trình tích hợp được khắc phục và tạo nền tảng cho hình thành các bộ đôi số trong việc xây dựng nhà máy số.

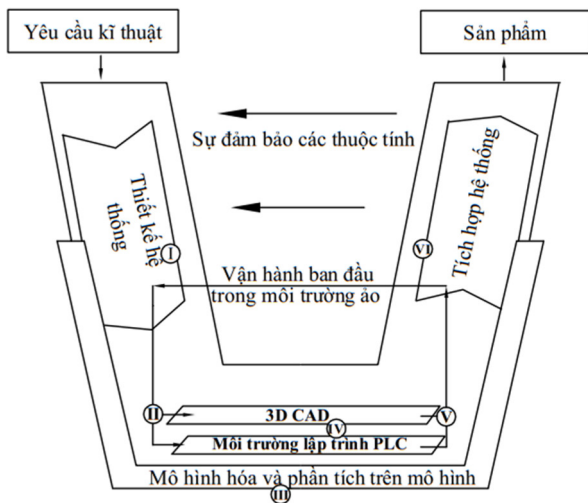
2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN VDI 2206

VDI 2206 [1] cung cấp một bộ khung hữu ích cho việc thiết kế hệ thống CĐT. Về cơ bản, nó bao gồm ba yếu tố: Mô hình V ở cấp độ vĩ mô (hình 2); Chu trình giải quyết vấn đề ở cấp độ vi mô; Các mô đun quy trình để xử lý các giai đoạn trong các vòng lặp thiết kế của quá trình phát triển hệ thống cơ điện tử.



Hình 2. Mô hình V theo VDI 2206

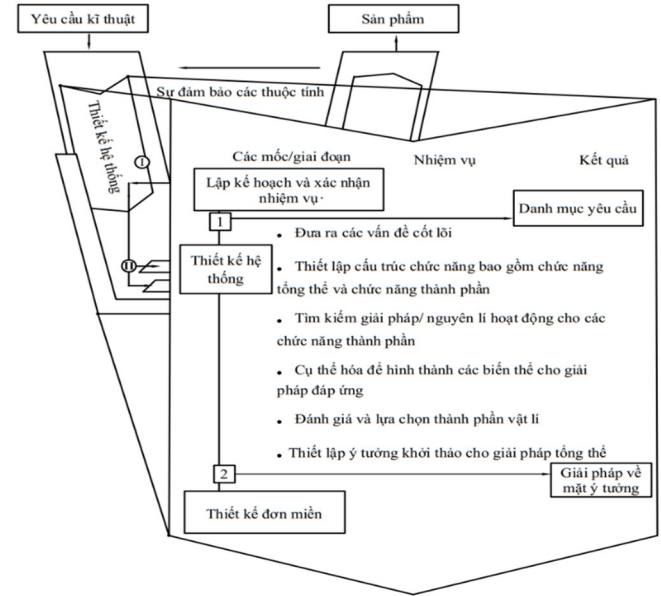
Phương pháp luận VDI 2206 [1] nhằm hỗ trợ kỹ sư phát triển sản phẩm giải quyết các nhiệm vụ có thể dự đoán được cũng như các vấn đề không lường trước được. Mô hình V này được tham khảo từ quá trình phát triển phần mềm và được điều chỉnh cho phù hợp với các yêu cầu của CĐT. Nghiên cứu này sẽ trình bày một áp dụng cụ thể hơn trên các hệ thống CĐT được điều khiển bởi PLC. Mô hình V trong VDI 2206 [1] cho các giai đoạn thiết kế lặp lại tuần hoàn bao gồm “thiết kế hệ thống”, “mô hình hóa và phân tích mô hình”, “thiết kế trên miền cụ thể”, “tích hợp hệ thống” và “đảm bảo tính đúng đắn của thiết kế” như mô tả trong hình 2. Các mô đun cho quy trình thiết kế sẽ được tùy chỉnh mở rộng và áp dụng trong hệ thống máy gập áo tự động.



Hình 3. Mô hình V tùy chỉnh [2]

Mô hình V tùy chỉnh được mô tả như trong hình 3. Ở đây miền kỹ thuật điều khiển (phát triển chương trình cho PLC)

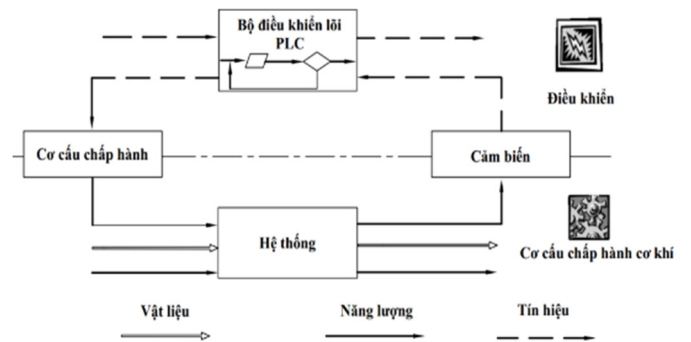
và miền kỹ thuật cơ khí (sử dụng 3D CAD để thiết kế mô hình hình học) được xác định là các lĩnh vực kỹ thuật chính cho sản phẩm sẽ được thảo luận, miền kỹ thuật điện trên cơ sở sử dụng trang bị điện tiêu chuẩn, nên sẽ tạm bỏ qua trong trường hợp áp dụng này để tập trung làm rõ quá trình tích hợp chức năng, tích hợp không gian và đánh giá khả năng phối hợp của các chấp hành độc lập theo thời gian thực từ chương trình điều khiển.



Hình 4. Các bước xác định trong quy trình ở giai đoạn thiết kế ý tưởng với cấu trúc chức năng mở rộng

Ứng dụng của các mô đun quy trình này cho các bước làm việc lặp lại nhiều lần trong các giai đoạn thiết kế (I), (III), (IV) và (VI) (hình 3) được mô tả cụ thể trong phần 2.1, 2.3, 2.4, 2.6. Hai mô đun quy trình bổ sung (II) và (V) để xác định sự chuyển đổi giữa các giai đoạn thiết kế cho loại hệ thống CĐT với bộ điều khiển PLC.

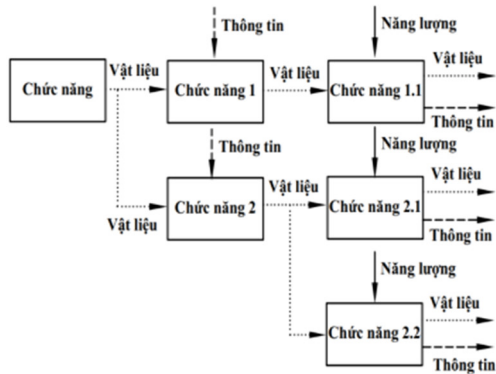
2.1. Ngôn ngữ mô tả liên ngành trong thiết kế hệ thống (I)



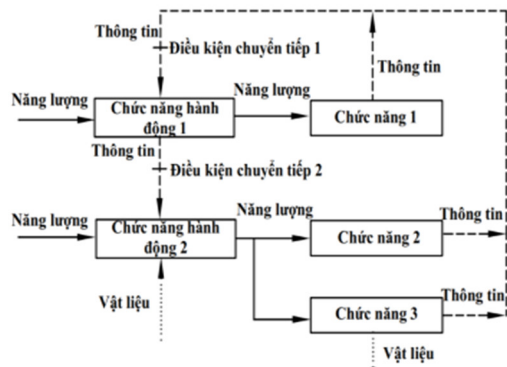
Hình 5. Cấu trúc chức năng truyền thống cho hệ thống CĐT điều khiển bởi PLC

Mô đun quy trình (I) được xác định trước, đưa ra mô tả giai đoạn thiết kế thành phần hệ thống ban đầu [2]. Kết quả của mô đun quy trình này là danh mục các yêu cầu và các giải pháp về mặt ý tưởng cho thiết kế hệ thống được làm rõ. Những thay đổi nhỏ cho VDI 2206 là “cấu trúc chức năng mở rộng - Extended Function Structure” (EFS) thay thế cho “cấu

trúc chức năng truyền thống” dẫn đến mô đun quy trình được mô tả như trong Hình 4. Để hiểu rõ mô đun quy trình được đưa ra, cần phân biệt rõ sự khác biệt giữa cấu trúc chức mở rộng và cấu trúc chức năng truyền thống trong VDI 2206 [1] như trong hình 5.



a) Cấu trúc chức năng truyền thống



b) Cấu trúc chức năng mở rộng

Hình 6. Sơ đồ cấu trúc chức năng truyền thống và mở rộng

Cấu trúc chức năng truyền thống [1] được đưa ra bao gồm các thành phần: Các hộp chức năng (chức năng chính và chức năng phụ); Sơ đồ chức năng tuần tự; Sự sắp xếp theo thứ bậc các chức năng; Ba dòng vận động (dòng thông tin, dòng năng lượng, dòng nguyên vật liệu). Có thể thấy sơ đồ cấu trúc chức năng truyền thống hình 6a chỉ có thể đưa ra một cái nhìn tổng quan về các chức năng của hệ thống và các dòng vận động chứ chưa thể biểu diễn mối liên kết giữa các miền liên ngành trong hệ thống. Để làm được điều đó một sơ đồ cấu trúc chức năng mở rộng [2, 3] thay cho cấu trúc chức năng truyền thống nhằm giải quyết các vấn đề còn vướng mắc như mô tả trong hình 6b. Cấu trúc chức năng mở rộng bao gồm các thành phần: Các thành phần như sơ đồ cấu trúc chức năng truyền thống (Sự sắp xếp theo thứ bậc các chức năng, ba dòng vận động); Điều kiện chuyển tiếp của các chức năng; Chỉ ra vị trí các chấp hành, cảm biến cần thiết từ các chức năng hành động và các điều kiện chuyển tiếp; Liệt kê các danh sách vào - ra (I/O) cần thiết dựa trên dòng vận động thông tin là luồng logic hệ thống.

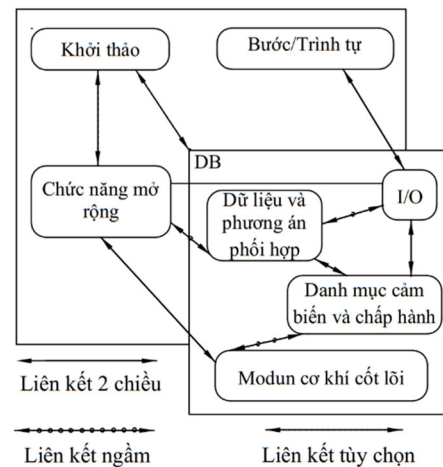
EFS chỉ ra rằng một điều kiện chuyển tiếp giữa hai trạng thái hoạt động phải được đáp ứng trước khi hành động chức năng tiếp theo thực hiện. Với việc đưa ra cụ thể các điều kiện này sẽ giúp chỉ rõ các vị trí mà cảm biến là cần thiết. Ngoài

việc mô tả ba dòng vận động truyền thống, EFS [2, 3] còn đưa ra thêm luồng logic hệ thống mà từ đó có thể đưa ra các danh sách tín hiệu I/O mà trước đó cấu trúc truyền thống không thực hiện được. Chính vì vậy EFS là tiền đề cho việc tìm kiếm các giải pháp về ý tưởng thiết kế như được đưa ra trong hình 4.

EFS là cơ sở cho ngôn ngữ mô tả liên ngành được phát triển bao gồm: EFS; Danh mục I/O (liệt kê các biến vào và ra của của PLC và các thuộc tính của chúng); Danh mục các chấp hành và cảm biến (liệt kê tất cả các cảm biến, các cơ cấu chấp hành của hệ thống CĐT và tính chất của chúng); Sơ đồ các bước/ trình tự; Các bản phác thảo; Dữ liệu tham số máy và phương án phối hợp (khai báo phạm vi hợp lệ của các thông số máy và xác định công thức, bao gồm một bộ giá trị xác định các thông số máy); Danh sách mô đun cơ khí chính.

Tất cả các phần trong ngôn ngữ miêu tả liên ngành đều được liên kết một cách chặt chẽ. DELMIA được sử dụng cho nghiên cứu ứng dụng cụ thể được trình bày trong phần 3. Liên kết của dữ liệu liên ngành trong giai đoạn thiết kế để lưu trữ dữ liệu số của các khái niệm như trong Hình 7. Các liên kết hai chiều phải được xác định bởi kỹ thuật liên ngành ngay từ đầu.

2.2. Chuyển từ thiết kế hệ thống sang thiết kế trên miền cụ thể (II)



Hình 7. Liên kết của dữ liệu liên ngành [2] trong giai đoạn thiết kế

Yêu cầu cụ thể trong thiết kế liên miền là cơ sở cho thiết kế miền cụ thể [1], bao gồm 3D CAD cho mô hình hóa và phát triển chương điều khiển với PLC trong nghiên cứu này như Hình 3. Nhiệm vụ trong giai đoạn chuyển đổi này là trích xuất dữ liệu có liên quan từ giai đoạn thiết kế khởi thảo ở phần (I) cho mỗi miền liên quan. Một mô đun quy trình mới được phát triển như hình 8 [2] để chuyển đổi từ giai đoạn thiết kế hệ thống sang giai đoạn thiết kế trên miền cụ thể.

a) Chỉ ra logic của quy trình từ cấu trúc chức năng mở rộng, thực hiện các bước chính trong môi trường lập trình PLC: Bỏ qua các chức năng cơ học thuần túy trong cấu trúc chức năng để suy ra logic của hệ thống được sử dụng trong miền điều khiển. Logic này có thể được mô tả bằng các ngôn

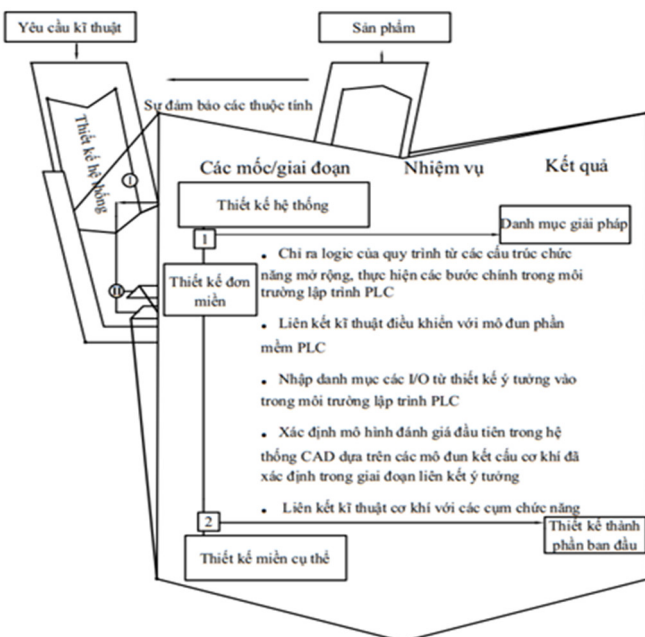
ngữ lập trình PLC tiêu chuẩn theo IEC 1131-3 [4]. Ngôn ngữ biểu đồ chức năng tuần tự - SFC được chọn dùng trong nghiên cứu này vì đây là ngôn ngữ có thể biểu diễn dễ dàng hoạt động tuần tự của hệ thống so với các ngôn ngữ còn lại.

b) Liên kết kỹ thuật điều khiển với các mô đun phần mềm PLC: Để bắt đầu kỹ thuật đồng thời bên trong của các mô đun phần mềm, miền phần mềm cho chương trình điều khiển ban đầu được xác định dựa trên chương trình SFC. Các kỹ thuật điều khiển có sẵn được liên kết với các mô đun đó. Phần mềm điều khiển sau đó có thể được viết bằng SFC hoặc một trong bốn ngôn ngữ còn lại khác theo IEC-1131 [4] kết hợp với SFC.

c) Nhập danh mục I/O từ thiết kế ý tưởng vào môi trường lập trình PLC: Các biến đầu vào và đầu ra được lưu trữ trong danh sách I/O diễn tả cho các tín hiệu của cảm biến và cơ cấu chấp hành cho quá trình điều khiển. Danh sách I/O này là một phần của ngôn ngữ mô tả liên ngành được mô tả trong phần 2.1. Việc nhập danh sách này vào môi trường lập trình PLC sẽ cho phép, cùng với SFC tạo ra chương trình điều khiển độc lập trên miền lập trình.

d) Xác định mô hình đánh giá đầu tiên trong hệ thống CAD dựa trên các mô đun kết cấu cơ khí đã xác định trong giai đoạn thiết kế ý tưởng: 3D CAD là công cụ thiết kế cho miền cơ khí, để bắt đầu nhiệm vụ này các mô đun cơ khí chính được khai báo trên cây thư mục trong hệ thống CAD. Từ đó trong miền cơ khí, kỹ sư sẽ có nhiệm vụ thiết kế theo các mô đun và lắp ghép chúng với nhau. Giai đoạn thiết kế ý tưởng trong phần 2.1 đã cung cấp thông tin về các mô đun cơ khí chính, các cảm biến và các cơ cấu chấp hành cần thiết trong mô đun tương ứng.

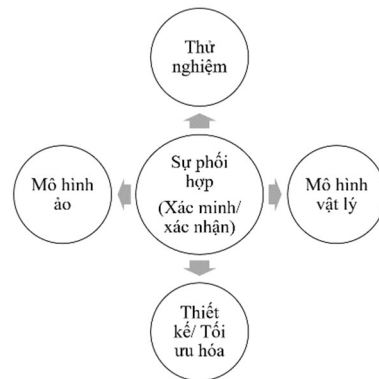
e) Liên kết kỹ thuật cơ khí với các cụm lắp ráp: Tương tự với kỹ thuật đồng thời bên trong miền phần mềm, liên kết kỹ thuật cơ khí là các cụm lắp ráp được định nghĩa trong 3D CAD.



Hình 8. Các bước xác định trong mô đun quy trình đối với miền cụ thể [2]

2.3. Mô hình hóa và phân tích mô hình (III)

Để hỗ trợ quá trình phát triển của hệ thống CĐT, mô hình hóa và phân tích mô hình [2] được sử dụng là rất quan trọng. Các mô hình sẽ được phát triển với mục đích trả lời các câu hỏi phát sinh trong quá trình phát triển sản phẩm. Các mô hình ban đầu sẽ là ảo sau khi đánh giá đúng đắn sẽ chuyển sang thực hóa. Trong VDI 2206 [1] mô tả chung về nhiều khía cạnh liên quan đến mô hình hóa và thiết kế hệ thống dựa trên mô hình. Trong nghiên cứu này, trọng tâm là máy móc được điều khiển bởi PLC. Một khuôn khổ chung được phát triển để mô hình hóa và phân tích trên mô hình cho sản phẩm được mô tả như trong hình 9.

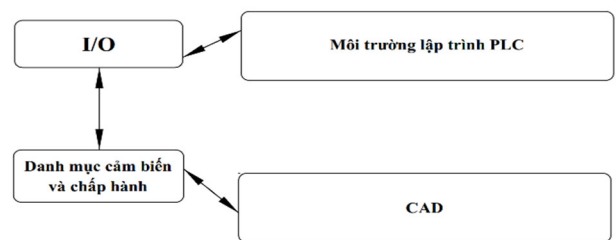


Hình 9. Cách tiếp cận phối hợp cho sự phát triển mô hình

Trong đó, các mô hình ảo để mô tả các đặc tính cần xem xét của sản phẩm được phát triển, xác minh và sử dụng cho thử nghiệm ban đầu (mô phỏng). Kết quả mô phỏng được so sánh với kết quả từ các mô hình vật lý hạn chế được phát triển song song hoặc rút kinh nghiệm từ các dự án phát triển trước đó, nhằm mục đích xác nhận các mô hình ảo. Sự phối hợp ở đây cũng có nghĩa là các mô hình ảo được sử dụng để thiết kế các mô hình vật lý tốt và xây dựng các chiến lược đo lường. Quá trình này được lặp đi lặp lại cho đến khi có sự thống nhất tốt và các câu hỏi ban đầu từ việc phát triển sản phẩm được trả lời.

2.4. Thiết kế theo miền cụ thể (IV)

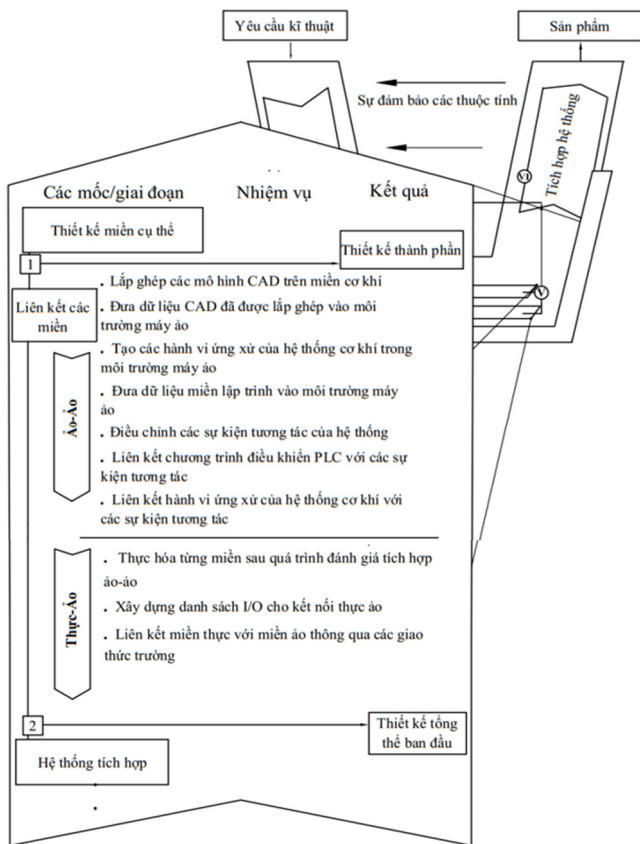
Việc phân vùng [1], phân chia nhiệm vụ chức năng giữa các miền liên quan, đã được mô tả trong phần 2.2. Tổng hợp chúng lại, kết quả được thể hiện trong hình 10 là cơ sở cho mối quan hệ liên kết giữa hai miền. Một thay đổi trong mô hình CAD ảnh hưởng đến cảm biến hoặc chấp hành sẽ có tác động tức thì đến các biến đầu vào và đầu ra, qua đó tác động đến chương trình điều khiển PLC. Ngược lại, một thay đổi trong chương trình PLC ảnh hưởng đến danh sách I/O và sẽ phản ánh tương tự cho việc phát triển mô hình CAD.



Hình 10. Liên kết của dữ liệu thiết kế miền cụ thể [2]

Như được mô tả trong VDI 2206 [1], sự phát triển trong các miền kỹ thuật có liên quan trong hệ thống sẽ được diễn ra trên cơ sở phương pháp luận đã được phát triển cụ thể cho từng lĩnh vực. Trong khi VDI 2221 [5] và phương pháp luận được mô tả trong [6] sẽ chỉ áp dụng vào miền kỹ thuật cơ khí. Bên cạnh các tài liệu tham khảo về kỹ thuật phần mềm trong VDI 2206 [1] cùng tiêu chuẩn IEC 1131-3 [4] kết hợp với nhau sẽ hỗ trợ phát triển phần mềm với bộ điều khiển PLC. Bên cạnh đó, cách thức liên kết giữa hai miền được thảo luận trong quá trình thiết kế áp dụng trong nghiên cứu này sẽ mô tả trong phần 3. Dựa trên dữ liệu được tạo ra và liên kết trong miền cụ thể, chuyển đổi từ giai đoạn thiết kế đơn miền sang thiết kế tích hợp hệ thống được mô tả trong phần 2.5.

2.5. Chuyển từ thiết kế đơn miền sang tích hợp liên miền hệ thống và hoạt động ảo ban đầu (V)



Hình 11. Mô-đun quy trình [2] cho việc tích hợp các miền riêng lẻ

Mô-đun quy trình tiếp theo được giới thiệu nhằm mô tả quá trình chuyển đổi từ thiết kế đơn miền trên hai miền cơ khí và phần mềm lập trình điều khiển thành một thiết kế tổng thể toàn hệ thống ban đầu như trong hình 11 với các phương án tích hợp và đánh giá theo chiều mũi tên tăng dần phần thực trong hệ thống. Thiết kế tổng thể ban đầu này chuẩn bị cho việc đánh giá thiết kế được giải thích trong phần tiếp theo nhằm đảm bảo yêu cầu của hệ thống được xác định trong giai đoạn thiết kế ý tưởng (phần 2.1). Các nhiệm vụ, hoạt động cho việc thiết kế tích hợp các miền riêng lẻ và hoạt động ảo ban đầu được mô tả bao gồm các giai đoạn chính sau:

Giai đoạn 1: Tích hợp và hoạt động ảo-ảo

Với các dữ liệu đơn miền đã được phát triển ở phần 2.4 bước đầu tiên của giai đoạn tích hợp và hoạt động máy ảo - bộ điều khiển ảo được triển khai với các nhiệm vụ được đưa ra trong hình 11 cùng cách thức hoạt động ảo trên môi trường số đã được đưa ra ở phần trái hình 1 bao gồm các bước:

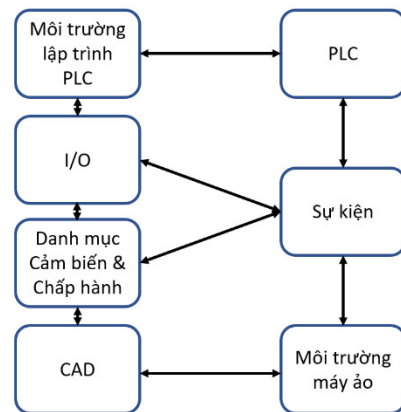
1a) Lắp ráp dữ liệu thiết kế miền cơ khí (CAD) để đưa vào môi trường số: Sau giai đoạn thiết kế đơn miền ở đây là miền cơ khí, dữ liệu mô hình CAD đã được thiết kế từng cụm cần phải lắp ghép thành hệ thống cơ khí hoàn chỉnh, chuẩn bị cho việc đưa toàn bộ hệ thống vào môi trường số.

1b) Đưa dữ liệu lắp ráp CAD sang môi trường số: Mô hình CAD sau khi được lắp ghép hoàn chỉnh được đưa vào môi trường số để chuẩn bị cho quá trình đánh giá ban đầu. Yêu cầu ở đây là cần nhất quán về cơ sở dữ liệu để thích ứng với môi trường số.

1c) Xây dựng hành vi ứng xử của hệ thống cơ khí trong môi trường số: Để phản ánh hành vi động học của máy, các mô-đun cơ khí có sự liên kết với nhau phải được ràng buộc, đồng thời các ứng xử chấp hành và cảm biến được thiết lập trở thành các hoạt động ảo cho hệ thống cơ khí.

1d) Đưa dữ liệu lập trình PLC từ môi trường phát triển phần mềm vào môi trường số có PLC được ảo hóa: Khái niệm máy ảo được minh họa ở Hình 2 đã cung cấp một bộ điều khiển ảo trong môi trường số. Toàn bộ dữ liệu phát triển trong môi trường lập trình được đưa vào bộ điều khiển bao gồm: tải lên phần cứng cấu hình, mã, toàn bộ danh sách I/O cũng như các địa chỉ bộ nhớ của nó.

1e) Tín hiệu hóa hành vi ứng xử máy ảo cơ khí trong môi trường số: Đối với hệ thống cơ khí, sau khi được xây dựng hành vi ứng xử của các chấp hành và cảm biến, toàn bộ dữ liệu này được tín hiệu hóa thành các I/O trong sự kiện máy ảo, phục vụ đồng bộ hóa sự kiện và liên kết dòng tín hiệu từ bộ điều khiển ảo đã xây dựng như hình 12.



Hình 12. Tích hợp xuyên miền thông qua môi trường số

1f) Hoạt động ảo - ảo ban đầu: Hoạt động ảo này bao gồm hai thành phần đã được đưa vào môi trường số, nơi dòng tín hiệu của các thành phần ứng xử 3D và tín hiệu điều khiển được đồng bộ xuyên suốt trong các sự kiện hệ thống diễn ra. Với hoạt động ảo ban đầu này cho phép kiểm tra và đánh giá tính đúng đắn của thiết kế đơn miền nói chung

cũng như đánh giá tổng thể về mặt tích hợp chức năng và tích hợp không gian mà miền cơ khí đã phát triển có tính khả thi.

Trong giai đoạn 1 của quá trình hoạt động ảo-ảo ban đầu, những bất đồng trong tích hợp liên miền được chỉ ra. Từ kết quả đó, các hiệu chỉnh và cập nhật trên từng miền tiếp tục được lặp lại cùng hoạt động ảo - ảo diễn ra trong nhiều vòng cho đến khi thỏa mãn các yêu cầu được đề ra ở thiết kế hệ thống.

Giai đoạn 2: Tích hợp và hoạt động thực - ảo (HIL)

Sau giai đoạn 1, nơi hệ thống ảo được đánh giá ban đầu trong môi trường số trong nhiều vòng cho đến khi thỏa mãn. Pha tiếp theo của quá trình phát triển được triển khai, đó là đi vào thực hóa các miền. Ở đây là thực hóa máy móc và bộ điều khiển với dữ liệu đã được xây dựng. Giai đoạn 2 với nhiệm vụ thực hóa và tích hợp để hoạt động thực - ảo ban đầu được đưa ra như hình 11 dựa trên cơ sở máy ảo đưa ra ban đầu trong hình 2 bao gồm:

2a) Thực hóa từng miền sau quá trình đánh giá tích hợp dựa trên hoạt động ảo - ảo: Công việc thực hóa từng phần chính là đi vào chế tạo các phần đã thiết kế đúng và phát triển trên từng miền ở tất cả các giai đoạn phía trước sau khi được hiệu chỉnh trong giai đoạn 1. Hoạt động này diễn ra tại chính các công xưởng phù hợp.

2b) Đồng bộ miền ảo còn lại trong môi trường số: Trong trường hợp một trong hai miền thực hóa hoàn thành trước miền còn lại, hoạt động đánh giá thực ảo hệ thống được diễn ra nhằm một lần nữa đánh giá đáp ứng của hệ thống thực. Lúc này miền thực được chế tạo, các ứng xử và I/O được thực hóa hoàn toàn. Miền ảo còn lại đã có dữ liệu trong môi trường số từ giai đoạn hoạt động ảo - ảo phía trước.

2c) Liên kết hai miền và hoạt động thực - ảo: Điểm mấu chốt nhất của hoạt động thực ảo này là vấn đề trao đổi dữ liệu giữa một phần thực và một phần ảo bởi dòng tín hiệu điện trong phần thực và trạng thái hoạt động ở trong phần thực. Để làm được điều này cần thiết phải có một ngôn ngữ giao tiếp chung giữa hai phần thực - ảo. Lúc này chúng ta cần có các giao thức truyền dữ liệu hỗ trợ cả hai miền. Hoạt động thực - ảo được thực hiện với một miền đã được thực hóa và một miền ảo, điều này giúp có thể đánh giá, xem xét và sớm hiệu chỉnh các vấn đề của hệ thống ngay từ giai đoạn thực hóa từng phần đầu tiên chính là trọng tâm của vấn đề đang được giải quyết trong nghiên cứu này.

2.6. Tích hợp hệ thống và đảm bảo các thuộc tính (VI)

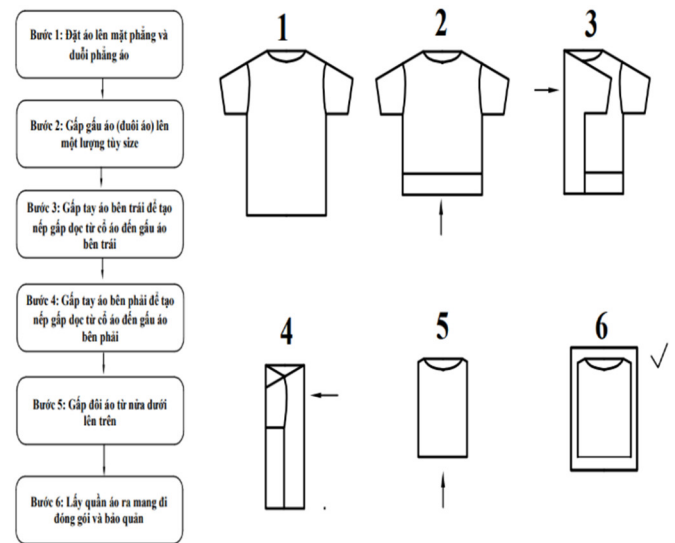
Tích hợp hệ thống được hiểu là sự kết hợp các bộ phận (chức năng, thành phần, hệ thống con) để tạo thành một hệ thống hoàn chỉnh. Các loại tích hợp hệ thống được đề cập trong [2] bao gồm:

- Tích hợp thành phần phân tán: Việc tích hợp các chấp hành, cảm biến được kết nối thông qua các dòng tín hiệu và năng lượng.
- Tích hợp mô đun: Sự gắn kết các thành phần chính của một hệ thống đã được chia nhỏ phục vụ cho việc thiết kế trong từng miền ở giai đoạn phát triển trước.

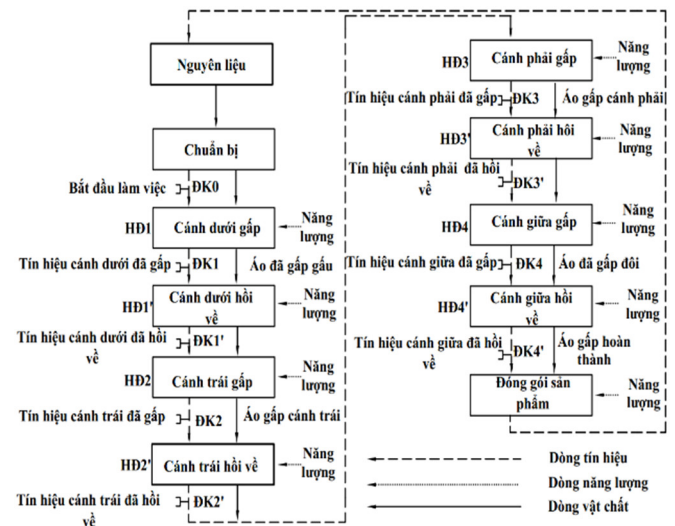
- Tích hợp không gian: Sự tích hợp các cơ cấu như động cơ, bộ phận truyền dẫn, cơ cấu làm việc cho phép đánh giá tổng thể sự phối hợp hoạt động của các thành phần.

- Máy ảo được đưa ra hình 1 và cụ thể hóa trong phần 3 của nghiên cứu chính là sự khởi tạo cho việc tích hợp hệ thống. Cả ba loại tích hợp được đề cập trong VDI 2206 [1] đã được khởi tạo từ chính sự tích hợp liên miền. Tích hợp mô đun hầu như được thực hiện trong mô hình 3D CAD, trong khi sự tích hợp các thành phần phân tán và tích hợp không gian lại được thực hiện ở hoạt động ảo - ảo, thực - ảo trong giai đoạn (V).

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN



Hình 13. Quy trình công nghệ gấp áo phông



Hình 14. Cấu trúc chức năng mở rộng EFS

Đối tượng được áp dụng phương pháp luận VDI 2206 và tùy chỉnh bổ sung trong nghiên cứu này là hệ thống máy gấp áo tự động. Đây là một sản phẩm CĐT với bộ điều khiển PLC. Hệ thống này với hai miền kỹ thuật được xem xét đồng thời là “miền kỹ thuật cơ khí” và “miền kỹ thuật điều khiển”. Hệ thống cho thấy rõ yêu cầu tích hợp ngay từ khâu thiết kế để đánh giá trước toàn bộ quá trình hoạt động của hệ thống

một cách đầy đủ. Xuất phát từ quy trình công nghệ cho việc gấp áo, cũng là đại diện cho yêu cầu hoạt động của hệ thống như trong hình 13. Nguyên lí của hệ thống được hình thành dựa trên sơ đồ EFS trong việc xem xét đồng thời ba dòng vận động “Năng lượng”, “Nguyên liệu” và “Thông tin” như trong hình 14 và làm rõ điều kiện chuyển tiếp của các chức năng, vị trí các cơ cấu chấp hành và cảm biến, danh mục các I/O dựa vào luồng logic hệ thống.

Từ việc xem xét toàn diện hệ thống như trong sơ đồ EFS (hình 14), các mối liên kết các thành phần được phân tích như hình 15. Từ các hành động (HĐ1, HĐ1’, HĐ2...), các mô đun cơ khí chính (hình 15a) của hệ thống này được tính toán lựa chọn và chỉ ra bao gồm khung máy, các cánh gấp, xy lanh truyền động có liên quan mật thiết hai chiều với danh mục các thông số kỹ thuật của chúng (hình 15b).

Danh mục các hoạt động của hệ thống (hình 15c) sẽ được xác định kèm theo đó là biểu đồ các tiến trình làm việc (hình 15d) theo thời gian. Biểu đồ này cũng xuất phát từ các chức năng hành động (HĐ1, HĐ1’, HĐ2...). Tất cả phân tích chỉ ra bao gồm các thứ tự chức năng hành động kết hợp với điều kiện chuyển tiếp (ĐK1, ĐK1’, ĐK2,...) từ sơ đồ EFS được sử dụng cho việc xác định luồng logic hoạt động của hệ thống (hình 15e). Những vị trí cần thiết đặt cảm biến được liên kết với các điều kiện chuyển tiếp, cơ cấu chấp hành được liên kết với các chức năng hành động (hình 15f) sẽ là cơ sở cho quá trình thiết kế trong các miền chức năng như cơ khí và điều khiển và phối hợp đánh giá liên miền.

Qua phân tích trên, có thể thấy mối quan hệ liên ngành trong giai đoạn khởi thảo của thiết kế hệ thống là hết sức chặt chẽ và cần thiết. Mối liên hệ liên ngành này là tiền đề cho việc thiết kế đơn miền với miền cơ khí được thiết kế bởi các phần mềm CAD (có thể là DELMIA, Catia, Solidwork,...), miền phần mềm cho chương trình điều khiển được xây dựng trong DELMIA.

Giai đoạn tiếp theo là quá trình tích hợp hệ thống chuẩn bị cho quá trình ảo ban đầu được thể hiện lần lượt thông qua các hình 16 - 18. Miền cơ khí, sau khi được phát triển bằng công cụ 3D CAD, được đưa vào môi trường số để ảo hóa, ở đây công cụ thực hiện số hóa các miền là DELMIA với ưu điểm là có thể số hóa cả miền cơ khí, điều khiển và trao đổi dữ liệu với các hệ thống thực.

Kết quả máy ảo được đưa ra với các thành phần như trong Hình 15. Xuất phát từ công cụ CAD đã được phát triển ở giai đoạn thiết kế đơn ngành, mô hình cơ khí được đưa vào môi trường số DELMIA như hình 16.1. Bước tiếp theo hệ thống sẽ được tạo ra các hành vi ứng xử của các chấp hành cũng như thiết lập các loại cảm biến nhận dạng phù hợp như hình 16.2 cùng với danh sách các hành động và cảm biến. Một danh mục các I/O vào - ra xuất phát từ các tín hiệu điều khiển, các chấp hành cũng như phản hồi từ cảm biến trên máy ảo phục vụ cho quá trình logic hóa mô hình này được thể hiện trong hình 16.3. Ở đó các hành động và sự liên kết của chúng với các điều kiện ràng buộc được thể hiện bằng ngôn ngữ SFC như hình 16.4. Toàn bộ dữ liệu của máy ảo trong hình 16 là liên kết hai chiều, khi cập nhật hoặc thay đổi

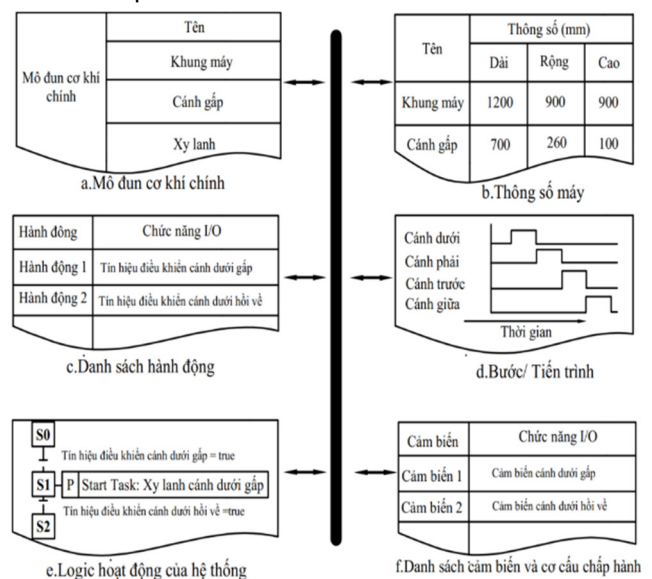
ở một trong 4 phần trên thì những phần còn lại sẽ được cập nhật theo, điều đó diễn giải cho tùy chỉnh đã đưa ra ở hình 11 như đã đề cập.

Tương tự với miền cơ khí, miền lập trình điều khiển được phát triển song song trong môi trường Delmia với bộ điều khiển PLC để hình thành dữ liệu và bộ điều khiển ảo như hình 17.

Trong môi trường số giao diện người dùng, danh sách I/O và chương trình điều khiển lần lượt được khởi tạo trong các mô đun tương ứng. Giao diện người dùng với các chức năng xuất phát từ sơ đồ cấu trúc chức năng tạo nên như hình 17.1. Danh sách các I/O trong miền điều khiển được liệt kê tương ứng với danh sách I/O thuộc miền cơ khí và được nêu ra trong như hình 17.2. Tiếp theo là toàn bộ chương trình điều khiển từ môi trường phát triển lập trình PLC được đưa vào môi trường số DELMIA như hình 17.3 với các tín hiệu vào ra xuất phát từ danh sách I/O như hình 17.2. Chương trình điều khiển trong môi trường số DELMIA có thể thiết lập bằng một trong 5 ngôn ngữ lập trình mà IEC-1131 [4] đưa ra, ở ứng dụng này ngôn ngữ SFC đã được lựa chọn sử dụng.

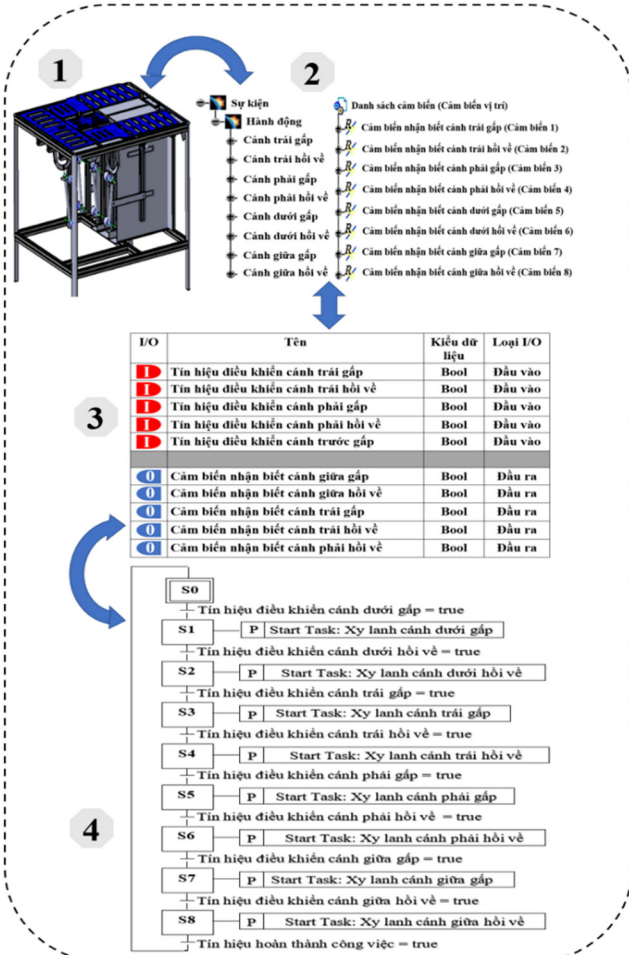
Tương ứng như trong môi trường thực, các tín hiệu được thể hiện thông qua tín hiệu điện. Trong môi trường số DELMIA, để liên kết hai phần cơ khí và điều khiển, các mô hình logic hệ thống ứng với mỗi miền được đại diện bằng các khối chức năng tương ứng như trong hình 18.

Các khối chức năng tương ứng lần lượt đại diện cho các mô đun được đề cập phía trước bao gồm giao diện người dùng, bộ điều khiển ảo và máy ảo ở trong môi trường số. Mỗi khối chức năng này đều có các chân vào và ra (I/O) và được liên kết với nhau bằng cách kết nối điểm-điểm, đại diện cho các đường truyền tín hiệu. Kết quả của việc số hóa và liên kết các miền chuẩn bị cho quá trình hoạt động ảo-ảo ban đầu thể hiện trong hình 19. Môi trường số sử dụng trong nghiên cứu này là DELMIA, cung cấp chức năng mô phỏng giúp cho việc hoạt động ảo ban đầu của mô hình trải qua đầy đủ các bước số hóa phía trước.

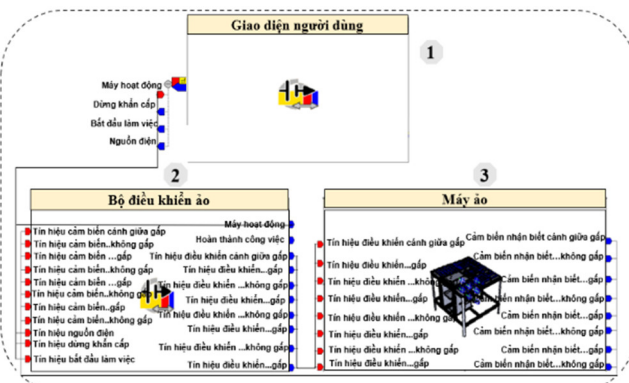


Hình 15. Ngôn ngữ mô tả liên miền trong hệ thống máy gấp quần áo

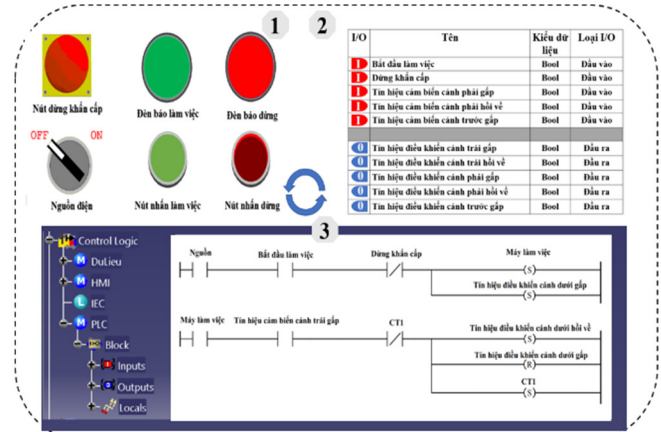
Giao diện vận hành ảo như hình 19. Ba thành phần bao gồm giao diện người dùng, phần mà người sử dụng sẽ tác động đến quá trình hoạt động của hệ thống, máy ảo sẽ hoạt động như một quá trình thật đã được lập trình và một danh sách các tín hiệu dùng để nhận biết cũng như đối chiếu với hoạt động tương ứng của máy ảo đã được kết nối như hình 19. Ở đây, trên giao diện hoạt động ảo chương trình lập trình và các logic hoạt động của hệ thống sẽ có thể nhìn thấy tương tự như thực tế, đó cũng chính là cái nhìn trực quan mà môi trường số DELMIA cung cấp.



Hình 16. Dữ liệu máy ảo được đưa vào môi trường DELMIA

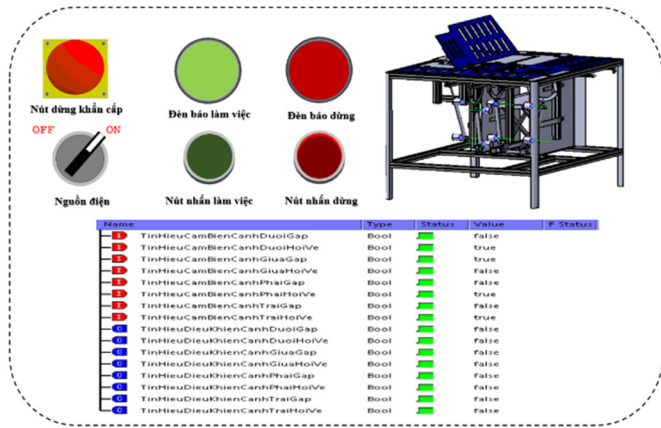


Hình 17. Xây dựng liên kết liên miền điều khiển và cơ khí trong môi trường DELMIA



Hình 18. Dữ liệu bộ điều khiển ảo được đưa vào môi trường DELMIA

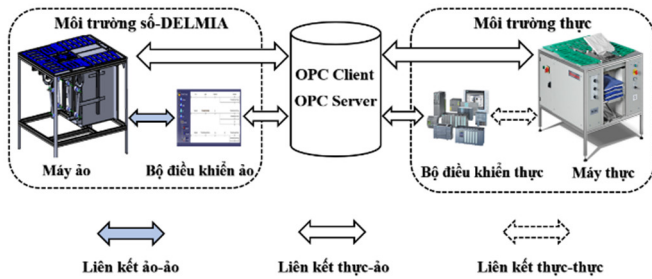
Như vậy, một hệ thống trong quá trình tích hợp, ban đầu cần thiết nhất đó là có thể xem xét quá trình hoạt động và sự phối hợp của tất cả các quá trình như một thực thể như trong hệ thống thực. Việc đó giúp cho nhà phát triển sản phẩm có thể xác thực sự phối hợp của các miền đơn lẻ mà toàn bộ quá trình phát triển phía trước đã thực hiện, từ đó tìm ra các bất đồng, sai lệch, cũng như các vấn đề không thể lường trước trong giai đoạn thiết kế đơn miền sẽ được chỉ ra để sớm chỉnh sửa giúp cho sản phẩm đạt khả năng đúng ngay từ lần thử nghiệm khi đưa vào sản xuất. Trong môi trường số DELMIA, không chỉ riêng ứng xử hệ thống cơ khí được xem xét mà còn có cả quá trình điều khiển được thực hiện đồng thời, đó là sự phối hợp hoạt động của quá trình vận hành mà không nhiều môi trường số có thể làm được. Nổi bật nhất ở đây là khả năng đánh giá tích hợp không gian - là một trong yêu cầu mà VDI 2206 [1] đưa ra, có thể nhìn thấy dễ dàng thông qua sự phối hợp của máy ảo. Quá trình hoạt động ảo này sẽ được thực hiện nhiều vòng cho đến khi đạt được các điều kiện yêu cầu. Giai đoạn thứ hai, trong quá trình tích hợp ban đầu, là hoạt động thực - ảo với giải pháp thể hiện chi tiết trong hình 20.



Hình 19. Vận hành hệ thống trong môi trường DELMIA

Hoạt động thực - ảo là sự liên kết đánh giá giữa một miền đã được thực hóa và một miền là dữ liệu ảo hóa có sẵn từ giai đoạn hoạt động ảo - ảo phía trước, điển hình là một bộ điều khiển thực sẽ phối hợp với một máy ảo bởi vì quá trình thực hóa miền cơ khí có thể lâu hơn. Để làm được điều này

cần một giải pháp truyền thông dữ liệu nhằm kết nối phần thực đại diện là bộ điều khiển và phần ảo đại diện là máy ảo trong môi trường số DELMIA. Giao thức truyền thông OPC có thể được dùng để thực hiện được điều này. Trong nghiên cứu này, nội dung chỉ tập trung vào thiết kế tích hợp hoạt động ảo - ảo.



Hình 20. Máy ảo cho hệ thống máy gấp quần áo

4. KẾT LUẬN

VDI 2206 [1] và tùy chỉnh bổ sung đã được mô tả ứng dụng trên DELMIA và vận dụng vào thiết kế tích hợp để hình thành nên thiết kế của sản phẩm CĐT là một hệ thống gấp áo tự động điều khiển bởi PLC. Phương pháp tiếp cận này cùng với Jens Bathelt và cộng sự [2, 3] đã bổ sung bằng chứng về việc tiếp cận tích hợp liên ngành trong thiết kế các sản phẩm CĐT sử dụng bộ điều khiển PLC có thể triển khai liên miền, thống nhất cơ sở dữ liệu trên môi trường số và cho phép đánh giá thiết kế thông qua mô phỏng bằng các giải pháp SIL và HIL. Tất cả các khía cạnh từ VDI 2206 [1] đều được xem xét đến như: xác minh, xác thực, phần cứng trong vòng lặp (HIL), kỹ thuật liên ngành đồng thời,... Phương pháp tiếp cận này và công cụ DELMIA nên được sử dụng cho quá trình phát triển hiệu quả hơn cho máy móc được điều khiển bởi PLC. Tuy nhiên, bên cạnh WINMOD được Jens Bathelt và cộng sự [2, 3] đã vận dụng thì nghiên cứu này cho thấy rằng việc sử dụng môi trường số DELMIA với đối tượng là hệ thống máy gấp quần áo tự động có thể hoạt động ảo - ảo ngay từ giai đoạn tích hợp ban đầu mà chưa cần đi vào thực hóa từng phần. Mặt khác môi trường số DELMIA đối với nghiên cứu áp dụng ở phần 3 cho thấy dữ liệu liên ngành của hệ thống được xem xét một cách liên tục từ giai đoạn khởi thảo cho đến khi thực hóa từng phần và cho phép đánh giá đồng thời dữ liệu liên ngành đó trong một môi trường thống nhất, đồng bộ giúp cho việc phát hiện các rủi ro tiềm ẩn trong quá trình tích hợp của hệ thống ngay từ giai đoạn hoạt động ảo-ảo ban đầu, từ đó có thể xác minh được tính đúng đắn của sản phẩm khi chế tạo toàn phần. Tuy nhiên, về tính hiệu quả giữa DELMIA và WINMOD cần phải nghiên cứu thêm trên sự so sánh triển khai cùng một đối tượng ứng dụng.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Đại học Bách khoa Hà Nội trong nghiên cứu và AES Việt Nam đã hỗ trợ phần mềm để thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. VDI 2206: *Design methodology for mechatronic systems*. 10772-Berlin, Düsseldorf, Germany: Beuth Verlag GmbH, June, 2004.
- [2]. Jens Bathelt, Anders Jönsson, Christian Bacs, Stefan Dierksen, Markus Meier., "Applying the new VDI design guideline 2206 on mechatronic systems controlled by a PLC," in *ICED International Conference On Engineering Design*, Melbourne, Switzerland, 2005.
- [3]. J Bathelt, A Jönsson, C Bacs, A M Kunz, M Meier., "Conceptual design approach for mechatronic systems controlled by a programmable logic controller (PLC)," in *ICED03 International Conference on Engineering Design*, Stockholm, Sweden, 2003.
- [4]. Bonfatti F, Monari P. D, Sampieri U., "IEC 1131-3 programming methodology," *CJ International*, France, 1997.
- [5]. *Systematic approach to the design of technical systems and products*. in VDI Design Handbook 2221, VDI-Verlag, 1987.
- [6]. Pahl G., Beitz W., *Engineering design: a systematic approach*. Berlin: Springer, 1999.

AUTHORS INFORMATION

Le Giang Nam, Mai Van Kien

School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam