

XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ SẢN XUẤT MES CHO DOANH NGHIỆP SẢN XUẤT CÔNG NGHIỆP

DEVELOPING A MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)
FOR AN INDUSTRIAL MANUFACTURING ENTERPRISE

Hà Thị Kim Duyên¹, Bùi Thị Thu Hà¹, Nguyễn Văn Duy^{1,*},
Phạm Văn Hiệp², Nguyễn Thiên Tân³, Đỗ Quang Hiệp³

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2024.313>

TÓM TẮT

Bài báo đề cập về nghiên cứu và xây dựng hệ thống quản lý sản xuất MES (Manufacturing Execution System) từ phân tích lý thuyết, thiết kế cấu trúc tổng thể, xây dựng quy trình cho doanh nghiệp sản xuất tại Việt Nam, thiết kế và xây dựng phần cứng, phần mềm của hệ thống MES cho các phân xưởng nhà máy. Kết quả vận hành thử cho thấy hiệu quả và tính ứng dụng của hệ thống MES cho thấy hiệu quả của giải pháp chuyển đổi số trong sản xuất công nghiệp đối với các doanh nghiệp vừa và nhỏ, cũng như các doanh nghiệp công nghiệp phụ trợ tại Việt Nam.

Từ khóa: Nhà máy thông minh, MES, WebServer, PLC, đám mây.

ABSTRACT

The article discusses the research and development of a Manufacturing Execution System (MES) from theoretical analysis, overall structural design, process development for manufacturing enterprises in Vietnam, and the design and construction of the hardware and software components of the MES for factory workshops. The trial operation results demonstrate the effectiveness and applicability of the MES, highlighting the benefits of digital transformation solutions in industrial production for small and medium-sized enterprises, as well as supporting industrial enterprises in Vietnam.

Keywords: Smart Factory, MES, WebServer, PLC, Cloud.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Cao đẳng Kinh tế Công nghiệp Hà Nội

³Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

*Email: duynguyen1252k2@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/4/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 07/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2024

CHỮ VIẾT TẮT

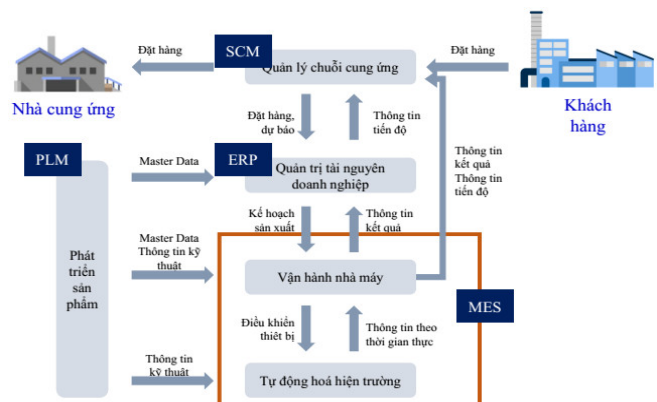
MES

Manufacturing Execution System

PLC	Programmable logic controller
CSDL	Cơ sở dữ liệu
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
HMI	Human Machine Interface (Giao diện người - máy)

1. GIỚI THIỆU

Thực tế, hệ thống MES là một trong những tính năng quan trọng nhằm nâng cao được hiệu quả sản xuất của nhà máy và giúp nhóm sản xuất giảm bớt các quy trình thủ công. Hệ thống này giúp cải thiện năng suất và cho phép theo dõi sản xuất theo thời gian thực tại các nhà máy và phân xưởng, bất kể vị trí địa lý. Các doanh nghiệp sản xuất cần áp dụng phần mềm quản lý sản xuất MES để hỗ trợ giải quyết các vấn đề về chất lượng (Quality), chi phí (Cost), và tiến độ giao hàng (Delivery) [3].



Hình 1. Mô hình hệ thống thông tin, điều hành quản lý doanh nghiệp

Có thể thấy rằng, sau quá trình điều khiển, tự động hóa các máy móc và dây chuyền, quy trình sản xuất của

một nhà máy sử dụng PLC, SCADA thì cấp tiếp theo gần nhất chúng ta có thể nâng cấp đó là xây dựng hệ thống quản lý sản xuất MES [1, 2, 6].

Hiện nay, chuyển đổi số là một thực tế bắt buộc đối với các doanh nghiệp muốn phát triển và tránh tụt hậu. Điều này được minh chứng qua việc ngày càng nhiều doanh nghiệp tham gia vào quá trình chuyển đổi số và ngày càng coi trọng giá trị của dữ liệu doanh nghiệp. Hiện nay, tại các doanh nghiệp vừa và nhỏ ở Việt Nam phần lớn đã áp dụng tự động hóa trong quy trình và dây chuyền sản xuất, tuy nhiên việc triển khai hệ thống quản lý MES vẫn còn hạn chế.

Việc triển khai kết hợp giữ hệ thống MES, trí tuệ nhân tạo (AI) và điện toán đám mây mang lại nhiều lợi ích cho các doanh nghiệp vừa và nhỏ tại Việt Nam. Sự kết hợp này giúp quy trình sản xuất được tối ưu hóa, tăng cường hiệu suất hoạt động bằng cách phân tích dữ liệu thông minh và dự đoán chính xác.

Kết quả nghiên cứu và thử nghiệm cho thấy, hệ thống có khả năng ứng dụng và phát triển rộng rãi trong bối cảnh công nghiệp hiện đại, đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về quản lý sản xuất thông minh. Bằng cách tận dụng công nghệ AI và điện toán đám mây, doanh nghiệp có thể xây dựng một hệ thống quản lý sản xuất tiên tiến, thúc đẩy sự phát triển bền vững và cạnh tranh hơn trong môi trường công nghiệp 4.0. Việc tiếp tục nghiên cứu và phát triển công nghệ này sẽ mang đến nhiều cơ hội mới cho ngành công nghiệp Việt Nam trong tương lai.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG QUẢN LÝ SẢN XUẤT CHO XƯỞNG SẢN XUẤT

2.1. Một số đặc trưng của ngành sản xuất Cơ khí - Nhựa

Bước đầu tiên và rất quan trọng trong quá trình xây dựng hệ thống quản lý sản xuất đó là chuẩn hóa và xây dựng quy trình sản xuất. Quy trình này không có bản thống nhất cho tất cả các nhà máy khác nhau, mà hoàn toàn dựa vào đặc trưng của từng ngành, nghề sản xuất, quy mô, đặc thù riêng mà Doanh nghiệp cần xác định, và xây dựng cho riêng mình. Trong bài báo này, chúng tôi xây dựng cho phân xưởng sản xuất của nhà máy sản xuất bình áp nhựa, đúc nhựa do đó nó các đặc trưng riêng cần phải phân tích.

Quy trình xây dựng hệ thống MES tại Công ty TNHH sản xuất và thương mại nhựa Hoàng Anh (Công ty Hoàng Anh):

- Tuỳ thuộc nguyên liệu, cần quản lý nguyên liệu Resin sau sấy đưa vào sản xuất.
- Thu thập sản lượng sau khi gắp ra khỏi máy, kiểm tra, đóng gói.

* Sản phẩm kích thước nhỏ quản lý theo LOT, khó quản lý sản lượng theo thời gian thực

- Có thời gian trễ từ sau đúc đến khi hoàn tất kiểm tra chất lượng.

- Chi phí chế tạo khuôn mẫu cao.

* Cần quản lý số Shot để duy trì tình trạng của khuôn

- Việc quản lý máy đúc và thiết bị phụ trợ là quan trọng.
- Quản lý điện năng, khí nén, nước làm mát.
- Quản lý tình trạng Heater/sensor để quản lý nhiệt độ xy lạnh.
- Quản lý tình trạng dầu thủy lực máy đúc.

* Nhiệt độ, mức độ, độ sạch, độ nhớt động học...

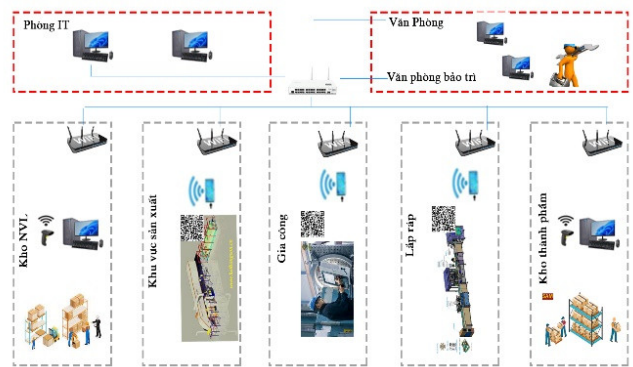
- Cần quản lý điều kiện đúc và môi trường để duy trì chất lượng đồng đều.
- Rủi ro tai nạn lao động như va đập khi đổi model (tháo/lắp khuôn) và trong sản xuất...

* Cần định kỳ kiểm tra của tự động, sensor vị trí hoạt động bình thường không...

- Có thể sử dụng Barcode, RFID tại các điểm ra sản phẩm.
- Có thể giảm nhân lực bằng tay robot gắp và băng chuyền vận chuyển.

2.2. Thiết kế hệ thống phần cứng

Để thiết kế hệ thống mà mục tiêu đã đề ra, bài báo sẽ tập trung vào nhà máy sản xuất bình áp nhựa của Công ty Hoàng Anh. Với thiết kế sơ bộ tổng thể của hệ thống như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ thiết kế hệ thống quản lý sản xuất nhà sản xuất bình áp nhựa của Công ty Hoàng Anh

Trong đó, hệ thống quản lý sản xuất tích hợp dữ liệu có một số chức năng cốt lõi sau:

- Bộ phận quản lý kho: Quản lý nhập hàng, nhập kho nguyên vật liệu, nhập kho thành phẩm, xuất kho nguyên vật liệu, xuất kho thành phẩm, tồn kho.
- Bộ phận lập kế hoạch sản xuất: Bộ phận này có nhiệm vụ xác định và lập kế hoạch sản xuất, tính toán các

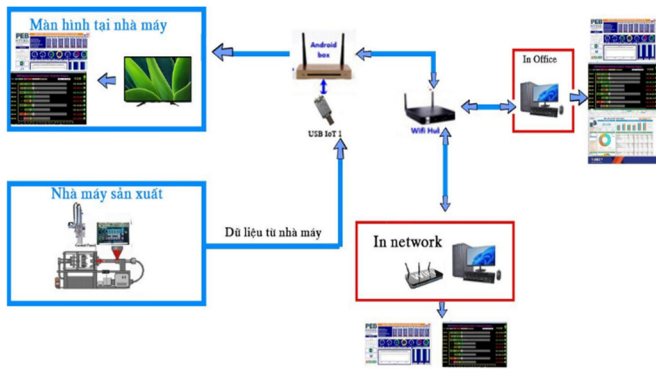
chỉ số sản xuất, hoạch định nhu cầu nguyên vật liệu, tính giá thành dự kiến, và quản lý quá trình sản xuất thông qua việc sử dụng mã QR/Barcode.

- Bộ phận triển khai/ giám sát sản xuất: Sau khi kế hoạch sản xuất cho đơn hàng được duyệt, bộ phận triển khai sẽ thực hiện sản xuất đơn hàng. Trong quá trình sản xuất luôn thực hiện việc giám sát tiến độ và tình trạng máy móc.

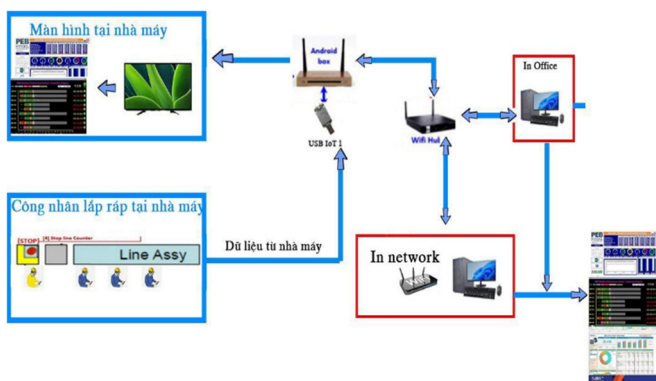
- Bộ phận quản lý tài sản: Quản lý hồ sơ thiết bị, máy móc tại các trạm sản xuất, thực hiện bảo dưỡng, tính khấu hao, tính toán hiệu suất máy giúp cho việc lên kế hoạch sản xuất.

- Bộ phận quản lý chất lượng: Quản lý nguyên vật liệu nhập kho, thành phẩm nhập kho, thành phẩm xuất kho.

- Hình 3 là mô hình thiết kế phần cứng của nhà máy gồm có hai bộ phận là bộ phận quản lý ép nhựa và bộ phận lắp ráp các sản phẩm sản xuất tại nhà máy.



Hình 3. Cấu trúc phần cứng cho bộ phận quản lý máy ép nhựa



Hình 4. Cấu trúc phần cứng cho bộ phận lắp ráp

2.3. Thiết kế hệ thống phần mềm

- Cấu trúc hệ thống và luồng dữ liệu:

Hệ thống MES được chia làm các module tuy có chức năng khác nhau nhưng được liên kết chặt chẽ. Hình 5 biểu diễn mối liên kết này

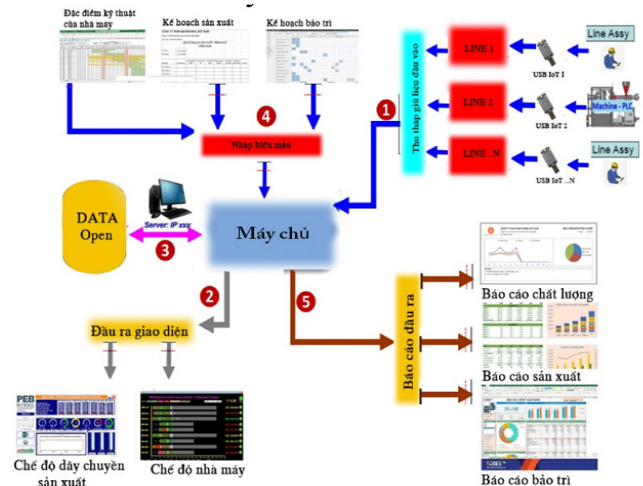
1. Module quản lý: Người quản lý sẽ lập kế hoạch sản xuất cho từng mục tiêu và thời gian cụ thể. Ngoài ra, các

đặc điểm kỹ thuật của nhà máy và kế hoạch bảo trì tài sản máy móc cũng được nhập vào tại đây.

2. Module sản xuất: Tại đây hệ thống tạo ra QR code và dán lên từng sản phẩm. Công nhân sau khi hoàn thành các công đoạn sản xuất sẽ quét mã này để xác nhận.

3. Module giao diện quản lý: bao gồm các màn hình hiển thị tại từng line sản xuất và một màn hình chính hiển thị tổng thể thông tin của cả nhà máy theo thời gian thực [7].

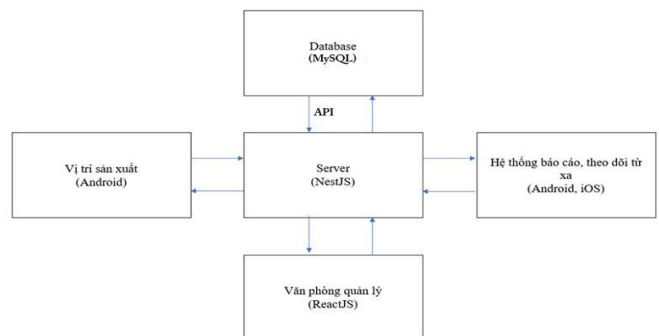
4. Module báo cáo: Module này sẽ kết hợp kế hoạch sản xuất và dữ liệu sản xuất thực tế để xuất ra báo cáo dưới dạng bảng, biểu đồ. Hỗ trợ người quản lý có thể nắm tình hình sản xuất của nhà máy và từ đó đưa ra những quyết định kinh doanh phù hợp [8].



Hình 5. Luồng dữ liệu trong hệ thống MES

5. Module máy chủ: gồm hai máy chủ: máy chủ online và máy chủ offline. Dữ liệu từ module quản lý và module sản xuất được đổ về máy chủ offline, sau đó chuyển về server phục vụ lưu trữ. Tại đây thực hiện các tác vụ như phân quyền, xử lý dữ liệu, đẩy dữ liệu về các module giao diện quản lý và module báo cáo [3].

2.4. Cấu trúc tổng thể của hệ thống phần mềm MES tại Công ty Hoàng Anh

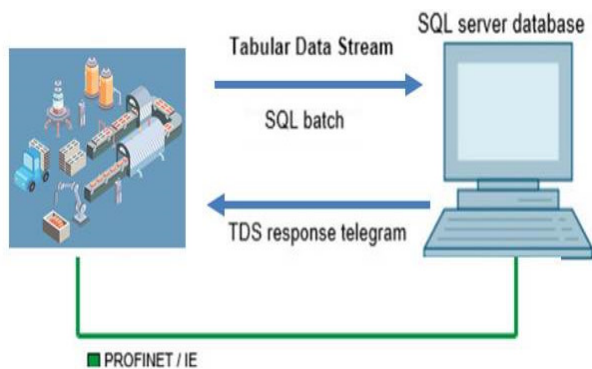


Hình 6. Sơ đồ tổng thể của các phần mềm được sử dụng trong hệ thống

Hệ thống MES tại Công ty Hoàng Anh được tạo nên bởi 5 khối chính: Khối Cơ sở dữ liệu (Database), Khối Server, khối sản xuất, khối quản lý và hệ thống báo cáo theo dõi từ xa. Chức năng và phần mềm cụ thể của từng khối như sau:

+ Khối Cơ sở dữ liệu: phần mềm SQLServer Express 2014 được sử dụng để lưu trữ tất cả các dữ liệu của hệ thống, từ kế hoạch sản xuất tới dữ liệu của từng vị trí, lịch sử bảo dưỡng,... SQL Server là một hệ quản trị cơ sở dữ liệu quan hệ (RDBMS) được phát triển bởi Microsoft. Nó được sử dụng để lưu trữ, quản lý và truy vấn dữ liệu trong các ứng dụng và hệ thống thông tin kinh doanh.

Giao thức TDS cho phép thiết lập kết nối trực tiếp với SQL Server và truyền các lệnh SQL. Chúng ta có thể đăng nhập vào cơ sở dữ liệu SQL Server và truyền các lệnh SQL để đọc hoặc lưu dữ liệu. Các khối Open User Communication như TCON, TSEND, TRCV và TDISCON có thể được sử dụng để mô phỏng giao thức TDS và thiết lập kết nối với SQL Server. Bằng cách sử dụng các lệnh SQL như "insert into", "update" và "select", từ đó có thể lưu trữ, cập nhật và đọc dữ liệu từ cơ sở dữ liệu.



Hình 7. Giao thức truyền thông giữa dây chuyền đến CSDL

+ Khối Server là nơi xử lý dữ liệu từ các khối khác nhau. Nó sử dụng phần mềm NestJS để xử lý yêu cầu như phân quyền và xác thực, mang lại lợi ích cho hệ thống MES. Kết nối dữ liệu từ server tới database bao gồm các bước sau:

- ✓ Client gửi yêu cầu GET tới server thông qua API.
- ✓ Server nhận yêu cầu, xử lý với cơ sở dữ liệu và lấy dữ liệu tương ứng.
- ✓ Server trả dữ liệu về cho client dưới dạng JSON.
- ✓ Client nhận dữ liệu và hiển thị trên trang web, có thể dùng ReactJS để đảm bảo tính tương tác và hiệu suất.

+ Khối Sản xuất trang bị Android Box và máy quét mã vạch tại mỗi vị trí sản xuất. Công nhân quét mã vạch và dữ liệu được xử lý và lưu trữ tại chỗ, sau đó chuyển về khối Server.



Hình 8. Android Box và máy quét mã vạch

+ Khối Quản lý là nơi nhập dữ liệu như kế hoạch sản xuất, bảo trì, và nguyên vật liệu. Nhà quản lý cũng có thể xem báo cáo và dữ liệu sản xuất thực tế. Khối quản lý được xây dựng theo mô hình client-server và dùng API để giao tiếp, với client sử dụng ReactJS và server sử dụng Node.js để xử lý yêu cầu và truy xuất dữ liệu từ cơ sở dữ liệu.

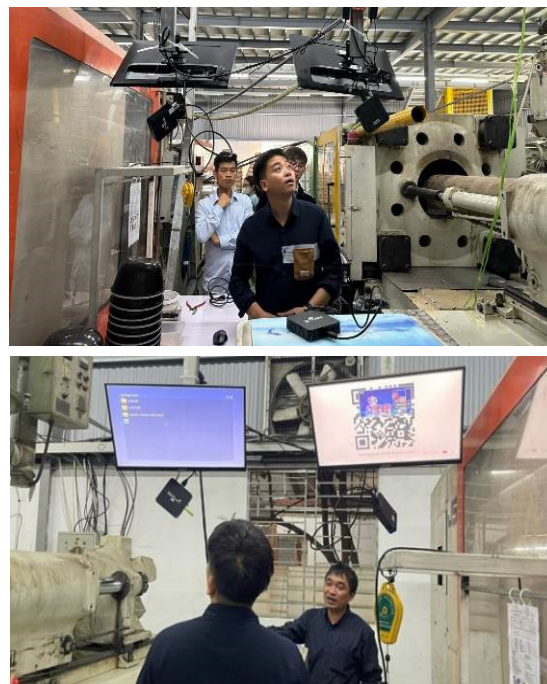
Node.js cho phép phát triển ứng dụng web hiệu quả nhờ cơ chế xử lý bất đồng bộ và khả năng xử lý nhiều kết nối cùng lúc, phù hợp với ứng dụng thời gian thực như quản lý sản xuất.

+ Khối báo cáo, theo dõi từ xa là ứng dụng trên điện thoại thông minh chạy nền IOS hoặc Android, hỗ trợ quản lý theo dõi tình hình sản xuất từ xa.

3. LẮP ĐẶT HỆ THỐNG VÀ CHẠY THỬ NGHIỆM

3.1. Lắp đặt thiết bị phần cứng và tích hợp

Hệ thống được triển khai lắp đặt thiết bị phần cứng, tích hợp truyền thông và hướng dẫn vận hành thử nghiệm tại nhà xưởng.



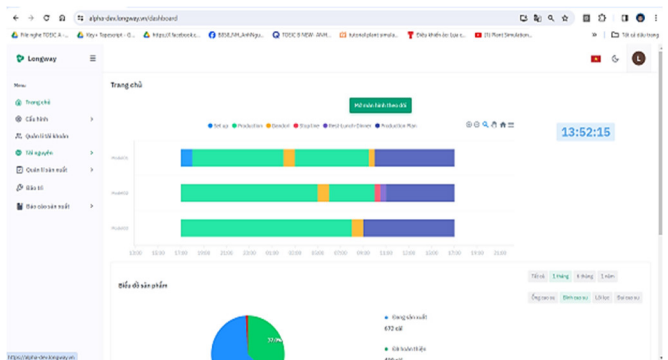
Hình 9. Lắp đặt mạng, thiết bị IoT, các Scan QR, màn hình hiển thị thông tin tại các dây chuyền trong nhà máy



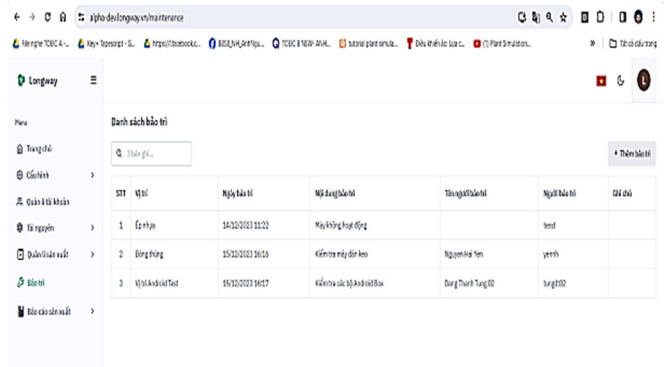
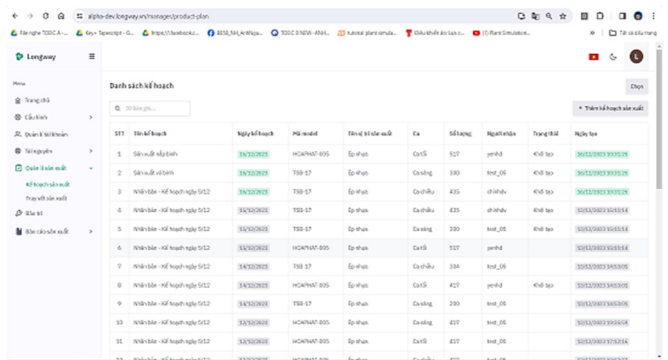
Hình 10. Cài đặt và hướng dẫn nhân viên công ty vận hành và sử dụng phần mềm

3.2. Các giao diện phần mềm hệ thống được xây dựng

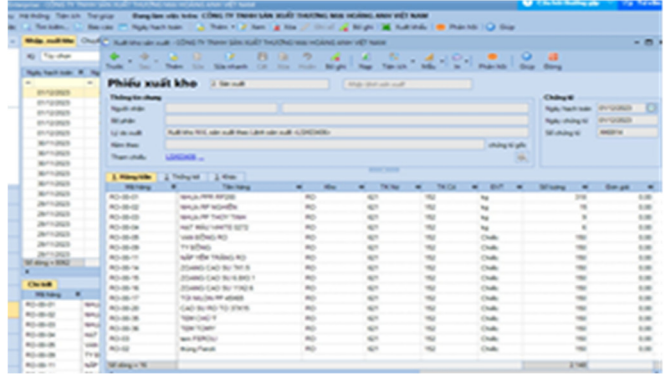
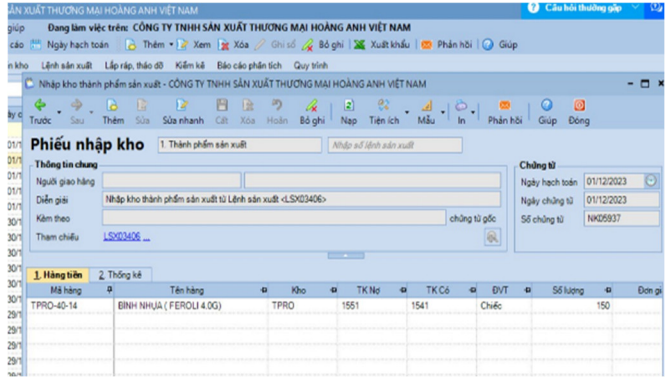
Hệ thống quản lý sản xuất MES trên nền tảng web server được hiển thị một cách trực quan. Tại mỗi line sản xuất đều được gắn một máy quét mã vạch và một màn hình hiển thị các thông tin như kế hoạch, sản lượng thực tế, giúp công nhân dễ dàng theo dõi tiến độ công việc trong ngày.



Hình 11. Giao diện đăng nhập của hệ thống giao diện chính của hệ thống



Hình 12. Giao diện quản lý sản xuất - kế hoạch sản xuất và giao diện bảo trì



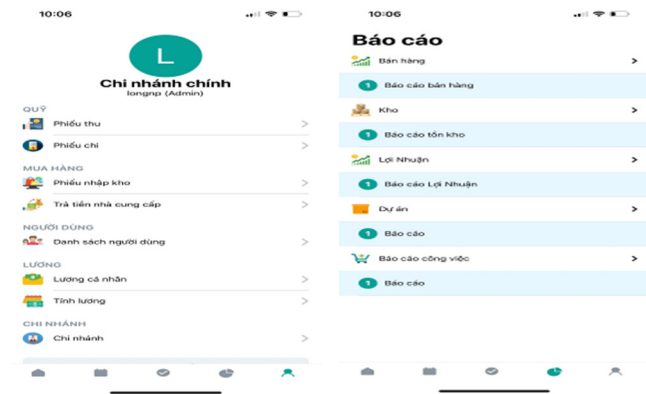
Hình 13. Giao diện quản lý kho - phiếu nhập xuất kho

Chức năng quản lý kho nguyên vật liệu giúp Công ty Hoàng Anh kiểm soát các hoạt động như nhập kho, xuất kho, kiểm kê và quản lý tồn kho. Chức năng này tăng cường hiệu quả quản lý, cải thiện khả năng ra quyết định, giảm thiểu rủi ro và tiết kiệm chi phí kho bãi.

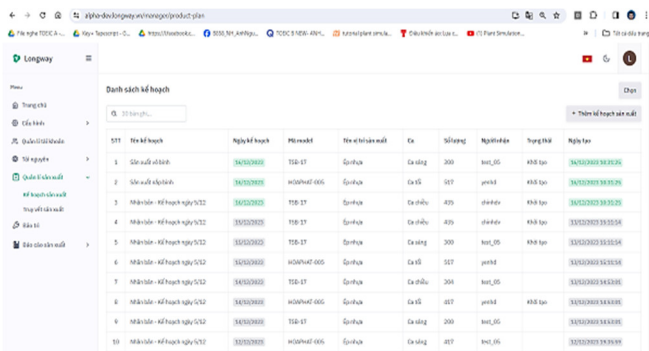
Ngoài ra, hệ thống còn được tích hợp vào ứng dụng di động, giúp người quản lý theo dõi tình hình công ty từ xa và đưa ra các kế hoạch phù hợp và kịp thời.

Hình 14 thể hiện kế hoạch sản xuất cụ thể do người quản lý lập, bao gồm nhiều thông tin như tên kế hoạch, ngày bắt đầu, ngày kết thúc, số lượng sản phẩm dự kiến,... làm cơ sở cho hoạt động của cả nhà máy. Khi người quản lý nhập các dữ liệu này vào hệ thống, kế hoạch cho từng công nhân được chuyển tới các vị trí sản

xuất theo thời gian thực, giúp công nhân nắm được chỉ tiêu sản xuất.



Hình 14. Đánh giá hiệu quả sau khi áp dụng phần mềm quản lý sản xuất



Hình 15. Giao diện hiệu suất làm việc của từng công nhân, từ thời gian làm việc



Hình 16. Giao diện phân tích hiệu suất của công nhân được tích hợp trong hệ thống MES và biểu đồ tình hình sản xuất của nhà máy

Hình 15 thể hiện năng suất làm việc của công nhân, bao gồm thời gian làm việc thực tế, thời gian nghỉ, tốc độ lãng phí, số sản phẩm theo kế hoạch và số sản phẩm lỗi. Từ những thông tin này người quản lý nắm bắt tình hình nhân sự và trao đổi thêm với công nhân, từ đó nâng cao hiệu quả hoạt động của toàn nhà máy.

Các kết quả chạy thử nghiệm hệ thống trong vòng 6 tháng (từ tháng 6/2023 đến 12/2023) cho thấy dữ liệu được ghi nhận với độ chính xác khá cao và nhanh nhạy. Cũng như được cập nhật một cách mới nhất và chính xác nhất. Giao diện phần mềm hiển thị trực quan, dễ dàng thao tác. Phần mềm có đủ các tính năng được đề xuất và đảm bảo hoạt động ổn định.

Các đánh giá từ phía công ty áp dụng phần mềm về hiệu quả sau khi sử dụng hệ thống phần mềm MES như sau:

- ✓ Trước khi áp dụng hệ thống MES: Dãy chuyền sản xuất tại Công ty Hoàng Anh chủ yếu là thủ công. Quá trình sản xuất không được lập kế hoạch cụ thể, và việc quản lý nguyên vật liệu và sản phẩm chủ yếu do công nhân thực hiện thủ công.

- ✓ Sau khi áp dụng MES: Hệ thống MES đã giúp doanh nghiệp kiểm soát quy trình sản xuất một cách hiệu quả. MES hỗ trợ lập kế hoạch sản xuất, kiểm soát nguyên vật liệu, quản lý chất lượng sản phẩm, truy xuất quá trình sản xuất và lập kế hoạch bảo trì bảo dưỡng máy móc thiết bị.

- ✓ Quản lý quy trình sản xuất: Tất cả các quy trình sản xuất đều được quản lý trên hệ thống phần mềm. Thông qua ứng dụng quản lý, công ty đã tăng năng suất làm việc và tối ưu hóa chi phí sản xuất.

- ✓ Lập lịch và truy xuất nguồn gốc: Quá trình lập lịch và truy xuất nguồn gốc sản phẩm khi xuất xưởng đã nâng cao uy tín và khả năng cạnh tranh của công ty trên thị trường.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày quá trình thiết kế và xây dựng hệ thống phần mềm, bao gồm việc thiết kế và thi công lắp đặt hệ thống phần cứng, cài đặt điện, và các thiết bị IoT [5] để thu thập dữ liệu sản xuất. Quá trình này cũng bao gồm lập trình IoT để thu thập và đồng bộ dữ liệu, cũng như lập trình phần mềm để đồng bộ dữ liệu từ các dây chuyền lên máy chủ. Hệ thống đã được xây dựng hoàn chỉnh và chạy thử nghiệm đáp ứng yêu cầu thời gian thực. Kết quả cho thấy hiệu quả của giải pháp chuyển đổi số trong sản xuất công nghiệp đối với các doanh nghiệp vừa và nhỏ, cũng như các doanh nghiệp công nghiệp phụ trợ

tại Việt Nam. Giải pháp chuyển đổi số này giúp doanh nghiệp bắt kịp với thị trường toàn cầu cạnh tranh thông qua việc kiểm soát chất lượng, tuân thủ quy định, đáp ứng yêu cầu giao hàng và truy xuất nguồn gốc sản phẩm .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. H. M. Son, *Industrial Communications Network*. Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2005. (in Vietnamese)
- [2]. N. M. Tien, " Research and build a "Smart Factory" model to approach Industry 4.0 for research and training," in *Vietnam Conference and Exhibition on Control and Automation*, 2017. (in Vietnamese)
- [3]. Ha Thi Kim Duyen, Pham Van Hiep, Nguyen Duc Long, Bui Thi Thu Ha, Truong Thi Bich Lien, Ngo Manh Tien, "Designing the smart learning factory model relies on PLC siemens, combined with plant simulation software", *Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry*, 59-Special, 177-182, 2022. (in Vietnamese)
- [4]. R. Drath, A. Horch, "Industrie 4.0: Hit or Hype?", *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58, 2014,
- [5]. Giusto D., A. Iera, G. Morabito, L. Atzori, eds., *The Internet of Things*. Springer, New York, 2010.
- [6]. D. Zuehlke, "SmartFactory - Towards a factory-of- things", *Annual Reviews in Control*, 34, 129-138, 2010.
- [7]. D. Gorecky, M. Schmitt, M. Loskyll, D. Zühlke, "Human-Machine-Interaction in the Industry 4.0 Era," in *12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 289-294, 2014.
- [8]. Mario Hermann, Tobias Pentak, Boris Otto, "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios," in *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 05-08 January 2016.

AUTHORS INFORMATION

**Ha Thi Kim Duyen¹, Bui Thi Thu Ha¹, Nguyen Van Duy¹,
Pham Van Hiep², Nguyen Thien Tan³, Do Quang Hiep³**

¹Hanoi University of Industry, Vietnam

²Hanoi College of Industrial Economics, Vietnam

³University of Economics - Technology for Industries, Vietnam