

CÁC GIẢI PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CHO DÂY CHUYỀN PHỐI LIỆU

TS. Nguyễn Thiện Hoàng

Trường Đại học Xây dựng

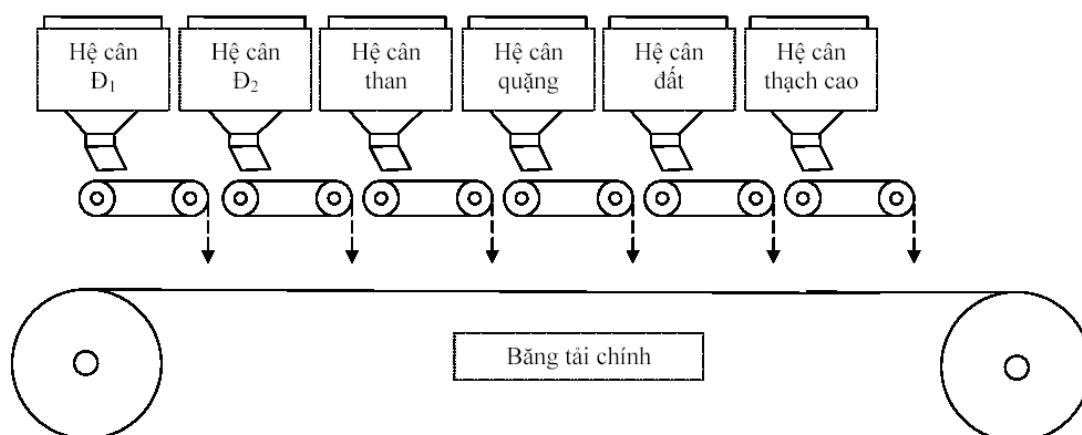
KS. Nguyễn Thị Thu Hương

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Tóm tắt: Dây chuyền phối liệu là dây chuyền cung cấp nguyên liệu theo tỉ lệ công nghệ của các nguyên liệu thành phần. Độ chính xác của dây chuyền phối liệu có vai trò quyết định đối với chất lượng thành phẩm như xi măng hay bê tông.... Hệ điều khiển lại đóng vai trò quyết định đối với độ chính xác dây chuyền phối liệu. Vì vậy hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu là hệ thống có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng thành phẩm. Bài báo đưa ra các giải pháp thiết kế hệ điều khiển cho dây chuyền phối liệu dựa trên các thiết bị điều khiển công nghiệp. Đối với mỗi giải pháp, bài báo cũng trình bày các đặc tính công nghệ và ví dụ thiết kế.

Summary: A system of belt weigh feeders is used to feed materials to a material handling process according to a preset ratio. The accuracy of the belt weigh feeders is the deciding factor of the quality of the finished products like cements or concrete, etc. The control system is crucial for the proper operation and accuracy enhancement of the systems of belt weigh feeders. Thus, the control system dictates the product quality. The paper presents solutions for the design of the control system for system of belt weigh feeders based on industrial controllers. Technical analyses and design examples are also given.

1. Giới thiệu



Hình 1. Sơ đồ dây chuyền phối liệu cho máy nghiền tại nhà máy xi măng

Dây chuyền phối liệu là dây chuyền cung cấp nguyên liệu theo một tỉ lệ công nghệ của các nguyên liệu thành phần với khối lượng lớn. Dây chuyền phối liệu được sử dụng nhiều trong các nhà máy xi măng, luyện thép, nhà máy bê tông thương phẩm,...[1].

Sơ đồ một dây chuyền phối liệu cho máy nghiền tại các nhà máy xi măng được thể hiện trong hình 1. Theo hình vẽ dây chuyền phối liệu gồm có các phễu lớn chứa nguyên liệu cấp cho các băng tải thành phần. Nhiệm vụ của các băng tải thành phần là cung cấp nguyên liệu thành phần với tốc độ cấp liệu đặt trước cho băng tải tổng. Băng tải tổng vận chuyển các nguyên liệu thành phần với tỉ lệ tương ứng tới máy nghiền.

Độ chính xác của dây chuyền phối liệu có vai trò quyết định đối với chất lượng của thành phẩm như xi măng hay bê tông.... Hệ điều khiển lại đóng vai trò rất quan trọng đối với độ chính xác dây chuyền phối liệu. Vì thế, hệ điều khiển có vai trò quyết định đối với toàn bộ hoạt động của dây chuyền phối liệu [4]. Về tổng thể hệ điều khiển dây chuyền phối liệu phải đáp ứng các yêu cầu sau: Có độ chính xác đủ để đáp ứng được yêu cầu công nghệ về tỉ lệ của các nguyên liệu thành phần; Hiệu chỉnh các tỉ lệ phối liệu một cách chính xác dễ dàng; Có thể giám sát theo dõi và điều chỉnh sự hoạt động của dây chuyền từ xa; Hệ điều khiển phải bền để có thể hoạt động lâu dài và ổn định trong môi trường làm việc khắc nghiệt; Dễ dàng trong việc bảo dưỡng, khắc phục sự cố, thay thế thiết bị; Khi cải tạo nâng cấp phần thiết bị động lực không phải thay thế hay nâng cấp lại hệ điều khiển.

Đối với các hệ điều khiển dây chuyền phối liệu các thiết bị trường (field device) là cảm biến trọng lượng, cảm biến tốc độ và biến tần thường giống nhau. Sự khác biệt chính là ở thiết bị điều khiển và thu thập dữ liệu. Trên cơ sở tích hợp hệ thống ta có thể có các loại hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu sau: Hệ thống điều khiển dựa trên card tín hiệu PCI, hệ thống điều khiển dựa trên PLC, hệ thống điều khiển dựa trên cân băng thương phẩm.

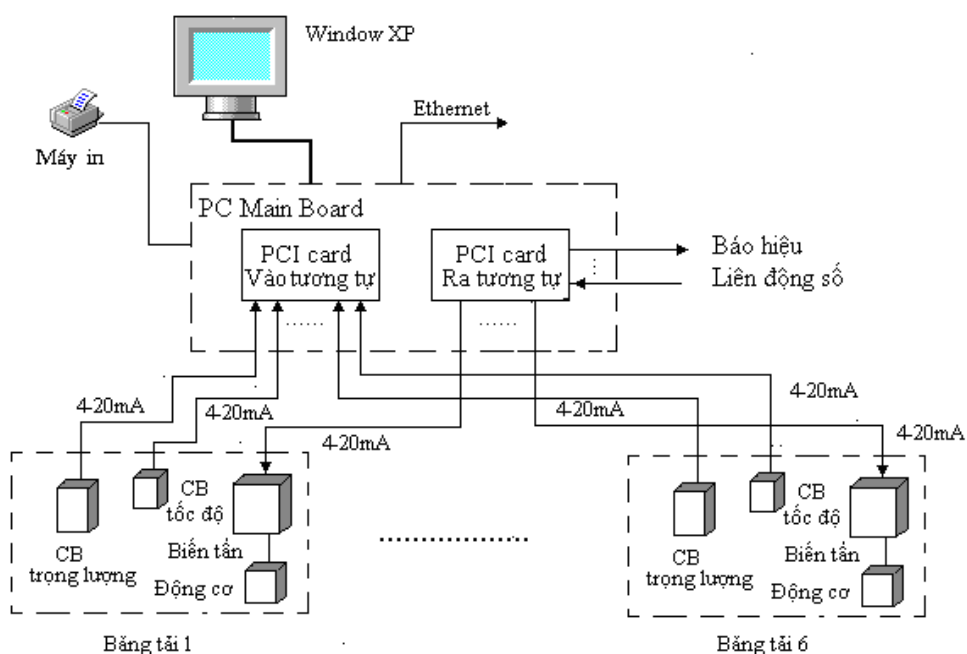
Trong các mục dưới đây ta sẽ đi sâu phân tích cụ thể cấu hình, ưu nhược điểm và ứng dụng của từng loại hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu.

2. Hệ thống điều khiển dựa trên card tín hiệu PCI

2.1. Cấu hình chung của hệ thống

Các hệ thống điều khiển dựa trên card tín hiệu PCI có đặc điểm sau [5]: Hệ điều khiển là hệ thống điều khiển tập trung; Máy tính sẽ làm nhiệm vụ đo lường, điều khiển, giao diện với người sử dụng; Thiết bị chính là các card tín hiệu PCI được gắn vào khe PCI (Peripheral Component Interconnect slots) trên máy tính; Phần mềm hay driver cho các card tín hiệu này sẽ được các nhà sản xuất cung cấp dưới dạng các tệp chứa sẵn các đoạn mã lệnh giao tiếp với các đầu vào ra tín hiệu trên card như các tệp có đuôi dll (Dynamic link library), người thiết kế dùng những tệp này để truy nhập tới các đầu vào ra của các card tín hiệu; Phần mềm chạy trên nền các hệ điều hành như DOS, WINDOW, LINUS... sẽ được phát triển trên các trình biên dịch như C#, C++, C buider, Visual Basic, Delphi... Phần mềm này thực hiện nhiệm vụ đo lường, điều khiển và giao diện với người sử dụng; Truyền tin: chủ yếu là truyền tương tự 4-20mA với cảm biến trọng lực và biến tần.

Ta có thể đưa ra sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển cho một hệ thống dây chuyền phối liệu gồm 6 băng tải nguyên liệu thành phần như hình 2. Theo hình ta có thể thấy các đặc điểm chi tiết hơn như bộ cảm biến tốc độ sẽ là các cảm biến có đầu ra là tín hiệu tương tự. Chú ý là đối với các loại card tín hiệu vào ra tương tự nhà sản xuất thường tích hợp thêm các đầu vào và ra số để thực hiện một số chức năng báo hiệu và liên động số cho hệ thống điều khiển.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu dựa trên card tín hiệu PCI

2.2. Ví dụ thiết kế

Các loại card tín hiệu thường được chế tạo sản xuất theo chuẩn công nghiệp. Các card tín hiệu của hãng ACCESS IO sẽ được giới thiệu làm ví dụ thiết kế. Thông tin chi tiết được cho trong [3, 4]. Mã hiệu và tính năng thiết bị cho hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu trên hình 2 được cho trong bảng 1 dưới đây. Theo bảng 1, hệ thống điều khiển cần 2 card tín hiệu vào tương tự và 1 card tín hiệu ra tương tự.

Bảng 1. Thiết bị điều khiển cho dây chuyền phối liệu dựa trên card tín hiệu PCI

Tên thiết bị	Số lượng	Chức năng
PCI-AI12-16	2	- Vào tương tự: 16 kênh chung đất/8 kênh vi sai, độ phân giải 12 bit, tốc độ lấy mẫu 100kHz - Vào ra số: 2 vào số, 2 ra số
PCI-DA12-6	1	- Ra tương tự: 6 kênh, độ phân giải 12 bit, - Vào ra số: 16 vào số, 8 ra số

2.3. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của hệ thống

Ưu điểm của hệ thống điều khiển dựa trên card tín hiệu PCI là: Khả năng tích hợp và lập trình hệ thống mạnh và uyển chuyển do sử dụng máy tính làm thiết bị xử lý chính; Bảo dưỡng sửa chữa dễ dàng; Khi thay đổi phần cơ khí không cần phải thay đổi lại hệ thống điều khiển; Giá thành rẻ.

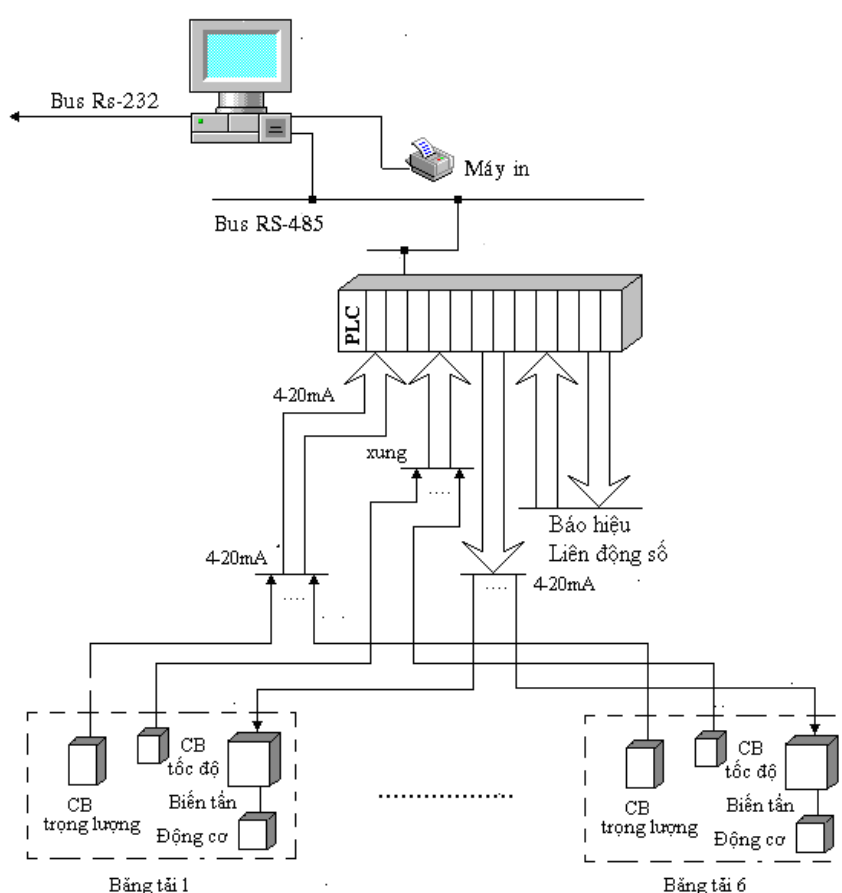
Nhược điểm của hệ thống điều khiển dựa trên card tín hiệu PCI là: Hệ thống điều khiển tập trung nên độ chính xác không cao do ảnh hưởng của nhiễu trên đường truyền tín hiệu.

Phạm vi ứng dụng của hệ thống: Dùng cho các hệ thống phối liệu với yêu cầu chính xác phối liệu không cao như hệ thống cấp phối liệu xi măng lò đứng.

3. Hệ thống điều khiển dựa trên PLC

3.1. Cấu hình hệ thống

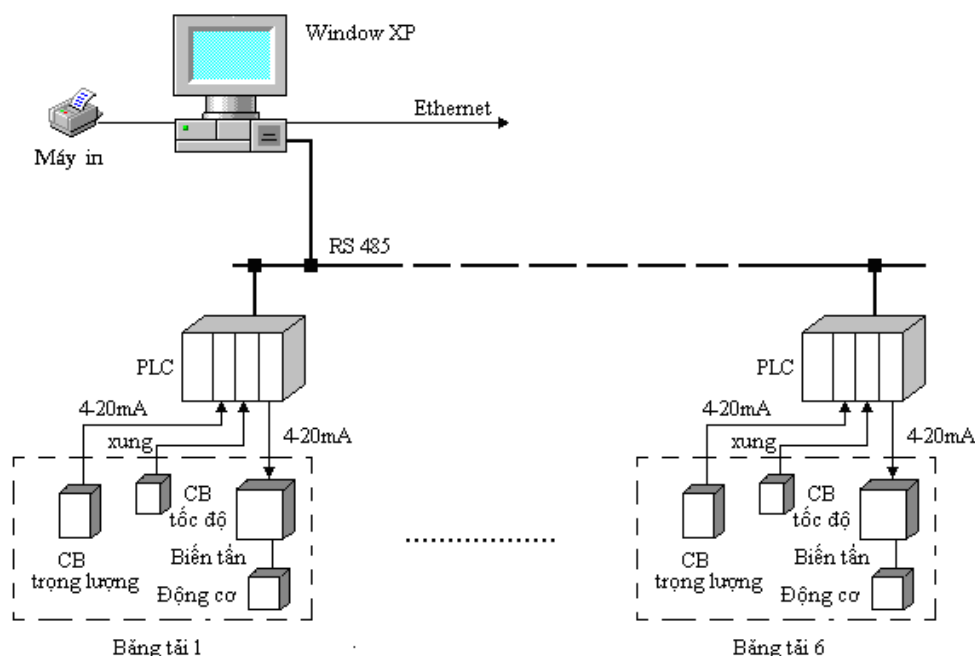
Bộ điều khiển logic lập trình được (Programmable Logic Controller) PLC là một trong những bộ điều khiển được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp [11]. Cấu tạo chung của các PLC gồm có bộ xử lý trung tâm (Central Processing Unit) CPU và các module vào ra đóng vai trò thu thập tín hiệu và điều khiển. Các module vào ra gồm có các module vào số, ra số, vào tương tự, ra tương tự, hay tích hợp vào/ra số, vào/ra tương tự với các chuẩn tín hiệu trong công nghiệp. Các hãng sản xuất PLC còn cung cấp các module chuyên dụng cho một số các ứng dụng phổ biến như: PID, điều khiển nhiệt, lưu lượng, áp suất, điều khiển chuyển động... Ngoài ra các hãng cũng cung cấp các PLC cỡ nhỏ tích hợp cả CPU và module vào ra để phục vụ cho đo lường, giám sát và điều khiển các ứng dụng qui mô nhỏ.



Hình 3. Hệ thống điều khiển tập trung với các module vào ra tương tự và số

Đặc điểm chung của các hệ thống dựa trên PLC là: Hệ thống có thể được thiết kế theo kiểu hệ thống điều khiển tập trung hay hệ thống điều khiển phân tán; Phần tính toán thực hiện thuật toán điều khiển do PLC thực hiện; Máy tính thực hiện nhiệm vụ giao diện tương tác với người sử dụng. Phần mềm có thể được thiết kế trên các phần mềm giao diện người máy của các hãng lớn như: WinCC, Citect,... hay thông qua các trình biên dịch như Visual Basic, C#...; Truyền tin: Giữa thiết bị đo và PLC truyền tin tương tự và xung, giữa máy tính và PLC truyền tin số theo các chuẩn truyền tin công nghiệp.

Đối với hệ thống dựa trên PLC ta có thể đưa ra các cấu hình hệ thống hết sức linh hoạt. Ta có thể thiết kế hệ điều khiển tập trung và hệ điều khiển phân tán. Hình 3 và 4 cho cấu hình thiết kế của hệ điều khiển tập trung và phân tán cho dây chuyền phối liệu gồm 6 băng tải.



Hình 4. Hệ thống điều khiển phân tán với các PLC cỡ nhỏ

3.2. Ví dụ thiết kế

PLC được sản xuất theo các chuẩn công nghiệp với các hãng lớn như Siemens, GE, Rockwell, Mitsubishi, Omron, Toshiba,... PLC của Siemens được sử dụng rộng rãi nhất và được giới thiệu làm ví dụ minh họa. Thông tin tham khảo được cho trong tài liệu [9].

3.2.1. Hệ thống điều khiển tập trung

Mã hiệu và tính năng thiết bị cho hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu trên hình 3 được cho trong bảng 2 dưới đây. Theo bảng 2, hệ thống điều khiển cho dây chuyền phối liệu có các module vào ra tương tự và bộ đếm để điều khiển biến tần, các module vào ra số để thực hiện liên động hệ thống, module CPU để thực hiện việc xử lý điều khiển và truyền tin.

Bảng 2. Thiết bị cho hệ điều khiển tập trung dây chuyền phối liệu dựa trên PLC

Tên thiết bị	Số lượng	Chức năng
6ES7 315-2AG10-0AB0	1	CPU 315-2 DP, 128 kB RAM, 24 V DC, MPI, PROFIBUS DP
6ES7 331-1KF01-0AB0	1	Vào tương tự 8 kênh, độ phân giải 13 bit
6ES7 332-5HF00-0AB0	1	Ra tương tự 8 kênh
6ES7 321-1BH02-0AA0	1	Vào số 16 kênh, 24V DC
6ES7 322-1BH01-0AA0	1	Ra số 16 kênh, 24V DC, 0.5 A
6ES7 350-2AH00-0AE0	1	Đếm tốc độ cao 8 kênh, tần số xung tối đa 20kHz

3.2.2. Hệ điều khiển phân tán

Mã hiệu và tính năng thiết bị cho hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu trên hình 4 được cho trong bảng 3 dưới đây. Theo bảng 3, hệ thống điều khiển cho dây chuyền phối liệu có các 6 PLC cỡ nhỏ được tích hợp thêm module vào/ra tương tự thực hiện điều khiển biến tần, liên động hệ thống, xử lý điều khiển và truyền tin.

Bảng 3. Thiết bị cho hệ điều khiển phân tán dây chuyền phối liệu dựa trên PLC

Tên thiết bị	Số lượng	Chức năng
CPU 6ES7 214-1AD23-XB0	6	CPU 224 có thể mở rộng, 14 đầu vào số, 10 đầu ra số
6ES7 235-0KD22-0XA0	6	Vào/ra tương tự 4 đầu vào, 1 đầu ra, độ phân dải 12 bit.

3.3. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của hệ thống

Ưu điểm của hệ thống điều khiển dựa trên PLC là: Vận hành bảo trì bảo dưỡng đơn giản; Kết nối giao diện với các thiết bị khác dễ dàng theo chuẩn công nghiệp; Phần giao diện với người dùng tiện lợi và tin cậy khi được lập trình với các phần mềm HMI công nghiệp như WinCC, Citect...; Hệ thống điều khiển phân tán không cần cấp tín hiệu nối từ bảng tải lên phòng điều khiển trung tâm nên giảm thiểu được sai số do truyền tín hiệu và các vấn đề có thể phát sinh đối với cấp tín hiệu đồng thời giảm chi phí mua và đi cáp. Hệ thống điều khiển phân tán cũng giảm thiểu được thời gian dừng hoạt động do có thể có phương án dự phòng thiết bị rẻ và hiệu quả.

Nhược điểm của hệ thống điều khiển dựa trên PLC là: Giá thành cao hơn nhiều so với hệ thống được xây dựng trên card tín hiệu PLC; Hệ thống điều khiển tập trung dựa trên PLC khó có thể đạt được độ chính xác cao do đường truyền tín hiệu đo dài. Hệ thống điều khiển tập trung cũng khó đáp ứng được nhu cầu xử lý thời gian thực nếu tốc độ của băng tải lớn do CPU phải xử lý bài toán điều khiển của tất cả các băng tải; Hệ thống điều khiển phân tán dựa trên PLC cỡ nhỏ khắc phục được các nhược điểm của hệ thống phân tán nhưng khả năng tính toán và xử lý dữ liệu yếu nên khó thể đạt được độ chính xác cao.

Phạm vi ứng dụng của hệ thống: Cả hai loại hệ thống điều khiển tập trung và phân tán đều chủ yếu được thiết kế cho các hệ thống có yêu cầu chất lượng phối liệu không cao như xi măng lò đứng...

4. Hệ thống điều khiển dựa trên cân băng

4.1. Cấu hình chung của hệ thống

Cân băng là thiết bị được chế tạo riêng chuyên dùng cho các ứng dụng cân động với băng tải. Cân băng được các hãng sản xuất theo các chuẩn công nghiệp với độ chính xác từ 1% - 0.125%.

Đặc điểm chung của hệ thống dựa trên cân băng thương phẩm là: Việc tính toán đo và điều khiển của từng băng tải do các cân băng thực hiện; Phần giao diện kết nối hệ thống sẽ được thực hiện qua máy tính và bộ kết nối dữ liệu; Hệ thống là hệ thống điều khiển phân tán; Độ chính xác điều khiển hoàn toàn do cân băng và các bộ cảm biến đi kèm; Truyền tin: Truyền tin giữa cảm biến và biến tần với cân băng là truyền tin tương tự 4-20mA và xung, Truyền tin giữa cân băng và bộ kết nối hệ thống: Tương tự 4-20mA hay truyền tin số, truyền tin giữa bộ kết nối và máy tính: Truyền tin số.

Cấu trúc của hệ thống điều khiển dựa trên cân băng cho một dây chuyền phối liệu có 6 cân được cho ở hình 5.

4.2.2. PLC

Ta có thể lựa chọn PLC của một hãng bất kỳ. Bảng 5 dưới đây cho ta thông số lựa chọn PLC và các module đi kèm của hãng Mitsubishi, thông số kỹ thuật được cho trong [6, 7].

Bảng 5. PLC và module vào ra đi kèm của Mitsubishi

Tên thiết bị	Số lượng	Chức năng
FX2N	1	CPU
FX2N-4DA	2	4 A0
FX2N-40ER-ES/UL	1	24 DI, 12 DO

4.3. Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của hệ thống

Ưu điểm của hệ thống là: Độ chính xác cao và đảm bảo; Tính năng vận hành tốt do được thiết kế theo các chuẩn công nghiệp; Vận hành bảo trì bảo dưỡng đơn giản; Kết nối giao diện với các thiết bị khác dễ dàng theo chuẩn công nghiệp; Phần giao diện với người dùng tiện lợi và tin cậy khi được lập trình với các phần mềm HMI công nghiệp như WinCC, Citect...

Nhược điểm của hệ thống là: Giá thành cao hơn nhiều so với hệ thống được xây dựng trên card tín hiệu PCI và PLC.

Phạm vi ứng dụng của hệ thống: Hệ thống điều khiển dựa trên dây chuyền phối liệu chủ yếu được dùng cho các hệ cấp phối liệu yêu cầu độ chính xác cao như công nghệ xi măng lò quay.

5. Kết luận

Dây chuyền phối liệu là dây chuyền cung cấp các nguyên liệu thành phần theo một tỉ lệ công nghệ với khối lượng lớn. Hệ điều khiển có vai trò quyết định đối với độ chính xác phối liệu của dây chuyền. Bài báo đã đưa ra các giải pháp thiết kế cho hệ thống điều khiển dây chuyền phối liệu. Đó là hệ điều khiển dựa trên card tín hiệu PCI, hệ thống điều khiển dựa trên PLC và hệ thống điều khiển dựa trên cân băng điện tử thương phẩm. Ưu nhược điểm của từng giải pháp được phân tích đầy đủ, rõ ràng, từ đó bài báo đã gắn kết được các giải pháp này với các ứng dụng cụ thể. Các ví dụ thiết kế được đưa ra với các thiết bị sẵn có trên thị trường nhằm giúp người đọc có thể dễ dàng nắm bắt được việc triển khai thực hiện tích hợp một hệ thống điều khiển cho dây chuyền phối liệu trên thực tế.

Tài liệu tham khảo

1. Bridge Stone, (2000), *Conveyor Belt Design Manual*.
2. I/O Access, (2010), *Analog and digital cards datasheets*.
3. I/O Access, (2010), *Analog and digital cards manuals*.
4. K.ElisNorden, (1998), *Handbook of Electronic Weighing*, Wiley-VCH.
5. Mike Tooley, (2005), *PC Based Instrumentation and Control*, Elsevier.
6. Mishubishi Electric, (2008), *The Automation Book*.
7. Mishubishi Electric, (2010), *FX Family*.
9. Siemens, (2010), *Siemens Simatic Controllers*.
10. Siemens, (2010), *Milltronics W60*.
11. Terry Bartelt, (2006), *Industrial Control Electronic*, Thomson Delmar.