### **REQUIREMENT**

**Dự án:** Hệ Thống Mô Phỏng Làm Mát Động Cơ Điều Khiển Bằng PWM (PWM-Controlled Motor Cooling Simulation System)

**1.** Giới thiệu

**Mục đích:** Tài liệu này mô tả các yêu cầu kỹ thuật để xây dựng một mô hình (prototype) mô phỏng hệ thống làm mát động cơ công nghiệp bằng nước. Hệ thống sử dụng vi điều khiển để điều khiển tốc độ bơm nước (thông qua động cơ DC) nhằm tản nhiệt cho một nguồn nhiệt mô phỏng.

**Phạm vi**: Mô hình là một hệ thống tuần hoàn khép kín, có nhiệm vụ điều chỉnh lưu lượng nước làm mát để duy trì nhiệt độ của "động cơ" ở mức ổn định, hoạt động được ở cả hai chế độ: tự động theo cảm biến nhiệt và điều khiển bằng tay.

**2.** Yêu cầu hệ thống (Linh kiện và Lắp đặt)

**2.1** Khối Điều Khiển và Cảm Biến (Control & Sensor Unit)

H-2.1.0: Bộ não trung tâm là vi điều khiển (ví dụ: STM32).

H-2.1.1: Sử dụng 1 cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ tại nguồn nhiệt (mô phỏng động cơ).

**2.2** Khối Cơ-Điện và Chấp Hành (Electro-Mechanical & Actuator Unit)

H-2.2.0: Sử dụng 1 nguồn nhiệt (ví dụ: điện trở công suất) để mô phỏng nhiệt lượng tỏa ra từ động cơ.

H-2.2.1: Sử dụng 1 bơm nước mini DC làm cơ cấu chấp hành chính, được điều khiển bằng tín hiệu PWM.

H-2.2.2: Lắp đặt một khối tản nhiệt nước (Water Block) tiếp xúc trực tiếp với nguồn nhiệt để hấp thụ nhiệt.

H-2.2.3: Hệ thống phải có một bình chứa nước và hệ thống ống dẫn để tạo thành một vòng tuần hoàn khép kín.

**2.3** Khối Giao Tiếp và Nguồn (Interface & Power Unit)

H-2.3.0: Hệ thống được trang bị màn hình giao diện điện tử (ví dụ: LCD, OLED) để hiển thị thông tin.

H-2.3.1: Sử dụng 1 Encoder xoay (hoặc biến trở) có nút nhấn để người dùng có thể điều chỉnh lưu lượng nước (công suất bơm) ở chế độ tay và chuyển đổi chế độ.

H-2.3.2: Sử dụng module MOSFET (hoặc cầu H) để điều khiển công suất cho bơm nước DC.

H-2.3.3: Nguồn cấp cho các thiết bị công suất phải là nguồn ngoài phù hợp với điện áp của bơm và nguồn nhiệt.

**3.** Yêu cầu phi chức năng (Non-Functional Requirements)

H-3.0: An toàn: Phần mềm phải có cơ chế tự động ngắt nguồn nhiệt nếu nhiệt độ vượt quá ngưỡng an toàn cho phép hoặc nếu bơm không hoạt động để tránh quá nhiệt.

H-3.1: Độ ổn định: Hệ thống phải có khả năng hoạt động liên tục trong ít nhất 30 phút ở cả hai chế độ mà không gặp lỗi treo hoặc hoạt động sai.

H-3.2: Khả năng sử dụng: Người dùng phải có thể dễ dàng chuyển đổi giữa chế độ Tự động và Bằng tay. Việc điều chỉnh công suất bơm ở chế độ tay phải trực quan và mượt mà.

H-3.3: Ngoại hình (Appearance):

+H-3.3.1: Toàn bộ hệ thống phải được lắp đặt gọn gàng trên một đế hoặc trong một hộp (case) có thể quan sát được bên trong (ví dụ: mica trong).

+H-3.3.2: Dây dẫn phải được sắp xếp khoa học, có đánh dấu rõ ràng, tránh gây rối và đảm bảo an toàn điện.

**4.** Yêu cầu chức năng (Functionality)

**4.1** Chế độ hoạt động (Operating Modes)

H-4.1.0: Chế độ Tự động (Automatic): Phần mềm tự động điều chỉnh độ rộng xung PWM dựa trên giá trị đọc được từ cảm biến nhiệt. Khi nhiệt độ tăng, độ rộng xung tăng để tăng tốc độ bơm và ngược lại.

H-4.1.1: Chế độ Bằng tay (Manual): Người dùng sử dụng nút vặn để trực tiếp điều chỉnh độ rộng xung PWM cấp cho bơm, từ 0% đến 100%.

H-4.1.2: Hệ thống có trạng thái Chờ (Standby) và Báo lỗi (Fault), được hiển thị rõ trên màn hình.

**4.2** Điều Khiển Bơm (Pump Control)

H-4.2.0: Vi điều khiển xuất tín hiệu PWM để điều khiển tốc độ động cơ bơm thông qua module MOSFET.

H-4.2.1: Ở chế độ Tự động, hệ thống phải điều chỉnh tốc độ bơm một cách hợp lý để giữ nhiệt độ "động cơ" ổn định quanh một ngưỡng nhất định.

**4.3** Giám Sát và Hiển Thị (Monitoring & Display)

H-4.3.0: Màn hình giao diện phải hiển thị liên tục và rõ ràng các thông số: Nhiệt độ động cơ (°C) Công suất bơm (%) (tương ứng với độ rộng xung PWM) Chế độ hoạt động (Tự động / Bằng tay)

H-4.3.1: Kích hoạt cảnh báo trên màn hình khi xảy ra lỗi, ví dụ: "LOI: QUA NHIET" .