

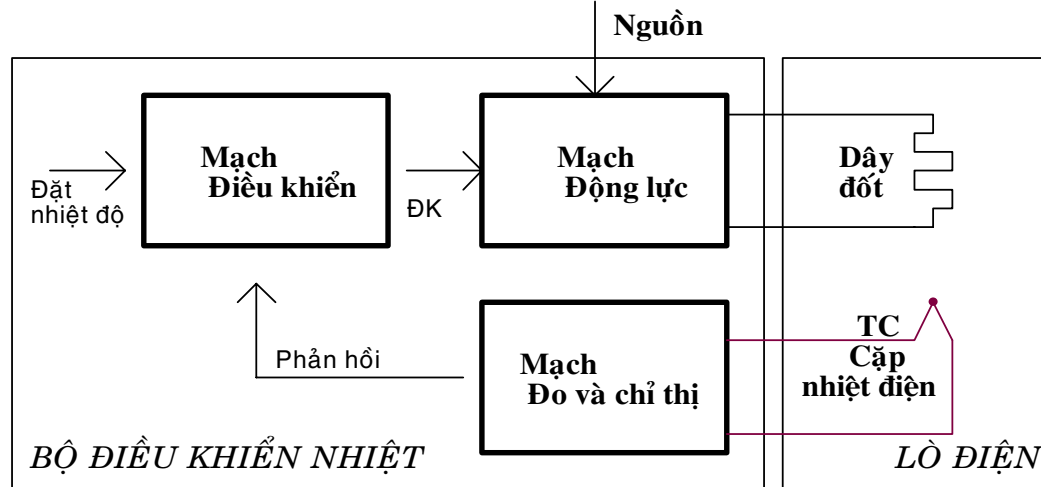
BÀI THÍ NGHIỆM 5 : HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ

I. MỤC ĐÍCH:

- Làm quen với đối tượng lò điện.
- So sánh nguyên lý điều khiển ON-OFF và tuyến tính trong điều khiển nhiệt độ.

II. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM:

Gồm có bộ điều khiển và lò điện có sơ đồ sau :



Lò điện ở đây dùng loại lò nướng dân dụng 220 V đã bị loại bỏ phần điều khiển nhiệt độ.

Bộ điều khiển gồm mạch đo nhiệt độ sử dụng cặp nhiệt điện (Thermo Couple – có điện áp ra thay đổi theo nhiệt độ), mạch điều khiển dùng khuếch đại thuật toán và bộ chấp hành (mạch động lực) dùng TRIAC đóng ngắt nguồn điện lưới cung cấp cho lò khi áp qua zero (zero switching).

Với bộ điều khiển này, có thể chọn một trong hai nguyên tắc điều khiển ON - OFF (dùng rơ le có trễ) hay tuyến tính. Trong trường hợp sau, bộ chấp hành hoạt động theo nguyên tắc điều rộng xung, đảm bảo cung cấp công suất cho lò tỉ lệ với tín hiệu điều khiển tương ứng với hàm truyền bộ điều khiển là hệ số khuếch đại (khâu P).

1. Hàm truyền lò điện và mô hình của Ziegler -Nichols :

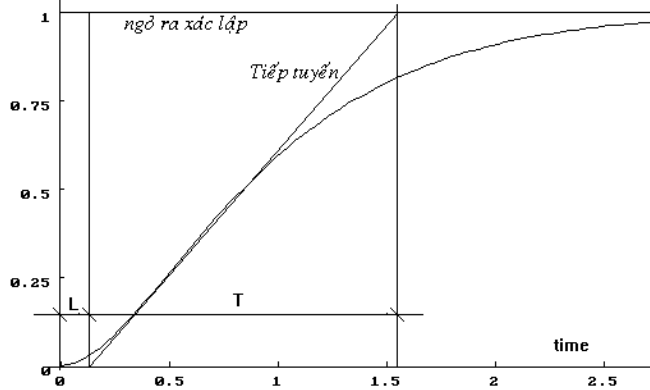
Lò nhiệt có đầu vào là điện áp (hay công suất) cung cấp cho dây điện trở và ngõ ra là nhiệt độ bên trong lò. Để thành lập hàm truyền lò nhiệt ta phải khảo sát phương trình vi phân mô tả các quan hệ nhiệt độ - năng lượng. Đây là một bài toán phức tạp nếu muốn chính xác .

Một cách gần đúng , ta có thể xem môi trường nung là đồng chất , đẳng nhiệt. Từ phương trình cân bằng năng lượng: điện năng cung cấp sẽ được dùng để bù vào lượng nhiệt truyền ra bên ngoài và tích nhiệt vào môi trường nung, ta tính được hàm truyền lò là bậc nhất, có dạng như sau :

$$\xrightarrow{P} \left[\frac{K}{Ts+1} \right] \xrightarrow{\theta}$$

Trong đó : P : công suất cung cấp , θ là độ tăng nhiệt độ ngỏ ra so với nhiệt độ môi trường, K là hệ số tỉ lệ cho biết quan hệ vào ra ở chế độ xác lập, T là thời hằng, thể hiện quán tính nhiệt của hệ thống .

Mô hình hàm truyền này cho thấy quá trình quá độ với đầu vào hàm nấc có dạng hàm mũ. Thực tế cho thấy mô hình trên chỉ là gần đúng , hệ thống có bậc cao hơn nhưng quá trình quá độ đầu vào hàm nấc vẫn là không vọt lố , có dạng như hình sau khi cho nhiệt độ đầu bằng 0.



Theo Ziegler-Nichols thì một hệ thống như vậy có thể được biểu diễn dưới dạng hàm truyền sau :

$$H(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1}$$

bao gồm một khâu quán tính hệ số khuếch đại K và thời hằng T, và khâu trễ thời gian L, các thông số này có thể lấy được khi kẻ tiếp tuyến ở điểm uốn cho đồ thị quá độ hàm nấc như hình bên. Hệ số khuếch đại K

được tính như sau:

$$K = \frac{\text{nhiệt độ xác lập}}{\% \text{ công suất}}$$

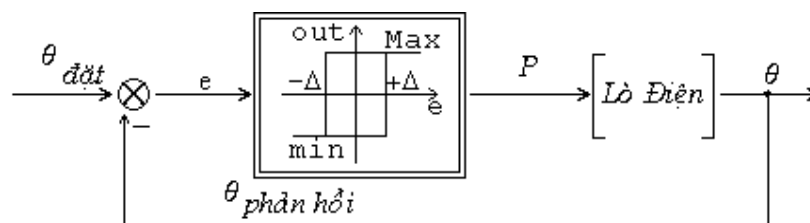
Khi nhiệt độ đầu khác không, K được tính từ độ tăng nhiệt độ ngỏ ra so với môi trường.

Để áp dụng cho hệ tuyến tính, ta lấy khai triển Taylor của e^{-Ls} , hàm truyền trở nên:

$$H(s) = \frac{K}{(Ts+1)(Ls+1)}$$

Tóm lại, Ziegler-Nichols xấp xỉ hàm truyền lò với hệ bậc nhất có trễ hay hệ tuyến tính bậc hai , và cho phép tìm hàm truyền bằng thực nghiệm khi vẽ quá trình quá độ hệ thống với ngỏ vào là hàm nấc .

2. Nguyên lý điều khiển ON -OFF (dùng khâu rơ le có trễ)



Phương pháp điều khiển ON-OFF còn được gọi là phương pháp đóng ngắt hay dùng khâu rơ le có trễ: cơ cấu chấp hành sẽ đóng nguồn để cung cấp cho năng lượng ở mức tối đa cho thiết bị tiêu thụ nhiệt nếu nhiệt độ đặt $\theta_{\text{đặt}}$ lớn hơn nhiệt độ lò $\theta_{\text{phản hồi}}$, ngược lại mạch điều khiển sẽ ngắt mạch cung cấp năng lượng khi nhiệt độ đặt nhỏ hơn nhiệt độ thực của lò .

Một vùng trễ được đưa vào để hạn chế tần số đóng ngắt như sơ đồ khối trên: nguồn chỉ được đóng khi sai lệch nhiệt độ e lớn hơn một lượng Δ và ngắt khi e bé hơn Δ . Như

vậy, nhiệt độ phản hồi $\theta_{phản\ hồi}$ sẽ dao động quanh giá trị đặt $\theta_{đặt}$ và 2Δ còn được gọi là vùng trễ của rơ le.

Khâu rơ le có trễ còn gọi là mạch so sánh Smit trong mạch điện tử, và như vậy Δ là giá trị thêm hay ngưỡng.

Điều khiển ON - OFF có ưu điểm là :

- Thiết bị tin cậy, đơn giản, chắc chắn, hệ thống luôn hoạt động được với mọi tải.
- Tính toán thiết kế ít phức tạp.
- Cân chỉnh dễ dàng.

Nhưng có khuyết điểm là sai số xác lập sẽ lớn do hệ chỉ cân bằng động quanh nhiệt độ đặt và thay đổi theo tải. Khuyết điểm này có thể được hạn chế khi giảm vùng trễ bằng cách dùng phần tử đóng ngắt điện tử ở mạch công suất.

Việc điều khiển nhiệt độ với chất lượng cao có thể thực hiện bằng sơ đồ điều khiển tuyến tính với hàm truyền hiệu chỉnh thích hợp .

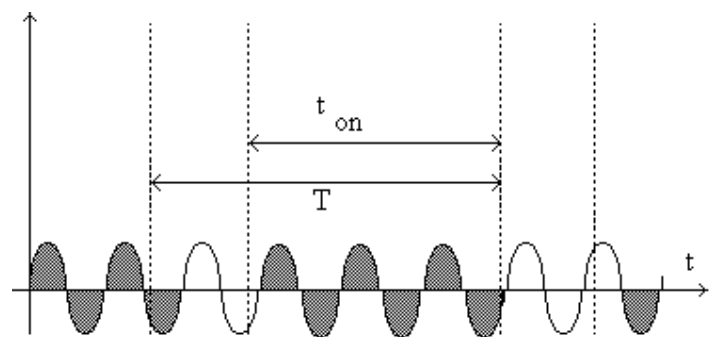
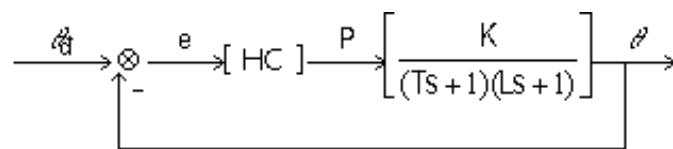
3. Nguyên lý điều khiển tuyến tính :

Khác hẳn với nguyên lý ON- OFF chỉ có hai giá trị công suất ở ngõ ra, sơ đồ điều khiển tuyến tính cung cấp công suất cho tải thay đổi một cách liên tục theo sai lệch giữa nhiệt độ đặt và nhiệt độ thực. Bộ hiệu chỉnh xử lý tín hiệu sai lệch đặt – phản hồi ,cho ra tín hiệu điều khiển làm sai lệch tiến về zero với đặc tính quá độ mong muốn. Như vậy ở chế độ xác lập, nhiệt độ lò và công suất cung cấp cho lò sẽ có một giá trị xác lập, phụ thuộc vào đặc tính hệ thống.

Chất lượng hệ thống như vậy sẽ phụ thuộc vào thông số của sơ đồ hiệu chỉnh. Một trong những nguyên lý hiệu chỉnh thường dùng là PID (vi tích phân tỉ lệ), và trong bài thí nghiệm ta dùng P (điều khiển tỉ lệ) vì không thể thực hiện các thời hằng của mạch vi tích phân (ở đây có trị số khá lớn) bằng mạch analog.

Như vậy, khâu hiệu chỉnh chỉ là mạch khuếch đại có hệ số thích hợp , dung hòa giữa độ chính xác và chất lượng quá độ vì nếu tăng hệ số khuếch đại, sai số sẽ giảm nhưng sẽ xuất hiện dao động và vọt lố ở ngõ ra.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tuyến tính như sau :



t_{on} : thời gian TRIAC đóng

T : chu kỳ điều khiển

HC : hàm truyền bộ hiệu chỉnh , trong thí nghiệm này chỉ là bộ khuếch đại .

Phương pháp điều khiển công suất được dùng là điều rộng xung . Tải sẽ nhận công

suất trong khoảng **Ton** của chu kỳ **T** không đổi. Công suất trên tải có thể điều khiển được bằng cách thay đổi độ rộng xung tương đối **a** :

$$a = \text{ton} / T .$$

và công suất cung cấp cho tải $P = a * P_{\max}$.

$P_{\max}$: công suất cực đại ứng với trường hợp $a = 1$, khi phần tử điều khiển công suất là TRIAC đóng mạch liên tục .

Vì TRIAC chỉ ngắt mạch khi dòng qua nó về zero , chu kỳ **T** phải đủ lớn để cho TRIAC có thể dẫn điện trong nhiều chu kỳ điện áp lưới (tần số lưới điện là 50 Hz) .

Trong bài thí nghiệm , **T** khoảng 1 giây, bộ thí nghiệm có chỉ thị hệ số **a** theo đơn vị % gọi là **% công suất** .

III. THÍ NGHIỆM:

1. Đo quá trình quá độ hệ hở , đầu vào hàm nấc:

a. Mục đích : Vẽ đặc tính quá độ hệ hở, suy ra hàm truyền lò điện theo mô hình Ziegler - Nichol.

b. Thí nghiệm : Đặt chế độ **vòng hở** (công tắc chọn chế độ **HỞ** – **KÍN** bật qua **HỞ**), dùng biến trở đặt chỉnh công suất ra bằng 20%, ghi nhiệt độ lò từng 1 phút trong khoảng 30 phút vào bảng 1, vẽ đặc tính quá độ nhiệt độ ngỏ ra trên hình 1 của báo cáo và trả lời các câu hỏi trong báo cáo. (xem lại phần hướng dẫn).

2. Điều khiển ON -OFF :

a. Mục đích : Khảo sát hệ thống điều khiển nhiệt độ theo nguyên tắc điều khiển ON - OFF.

b. Thí nghiệm : Mở cửa lò, dùng quạt để hạ nhiệt độ trong lò xuống dưới 50 °C, đặt chế độ vòng **KÍN** (công tắc chọn chế độ), chuyển công tắc phương pháp điều khiển sang **ON - OFF**, bật công tắc **ĐO - ĐẶT** sang **ĐẶT**, chỉnh biến trở đặt để có nhiệt độ đặt là $T (^{\circ}\text{C}) = 100^{\circ}\text{C}$. Bật công tắc **ĐO - ĐẶT** sang **ĐO** để thí nghiệm. Đóng điện lò, ghi quá trình tăng nhiệt trong 30 phút.

Kết quả ghi theo bảng 2 và vẽ QTQĐ nhiệt độ lò , % công suất cung cấp trên cùng đồ thị (hình 2 của báo cáo). Sai số nhiệt độ của hệ thống được điều khiển ON - OFF tính bằng sai lệch dương +e1 và âm – e2 (viết ở dạng +e1/-e2) của biên độ đường cong dao động nhiệt độ ngỏ ra so với giá trị đặt khi nhiệt độ ngỏ ra có dao động ổn định, còn gọi là chế độ tựa xác lập. Vùng trễ của bộ điều khiển sẽ tính bằng chênh lệch nhiệt độ giữa hai lần đóng ngắt liên tiếp.

3. Điều khiển tuyến tính :

a. Mục đích : Khảo sát hệ thống điều khiển tuyến tính nhiệt độ với hiệu chỉnh **P** (bộ hiệu chỉnh là bộ khuếch đại tín hiệu sai số nhiệt độ).

b. Thí nghiệm : Mở cửa lò để hạ nhiệt độ xuống dưới 50°C, vẫn giữ nhiệt độ đặt là 100°C, chuyển công tắc phương pháp điều khiển sang tuyến tính (**PI**). Đo như câu 2 trong 30 phút. Báo cáo kết quả ghi theo bảng 3 và vẽ QTQĐ nhiệt độ lò , % công suất cung cấp trên cùng đồ thị (hình 3).