

BÀI THÍ NGHIỆM 6 : ĐIỀU KHIỂN SỐ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

I. MỤC ĐÍCH :

- Làm quen với hệ thống sử dụng máy tính số (PC) để điều khiển vòng kín một đối tượng cụ thể - trong bài là động cơ một chiều.

- Khảo sát ảnh hưởng của các thành phần điều khiển PID trên đặc tính tĩnh và động của hệ thống điều khiển tốc độ động cơ một chiều bằng cách quan sát ảnh hưởng của từng thông số trên quá trình quá độ của hệ thống với đầu vào hàm bậc.

Khi làm thí nghiệm, sinh viên quan sát các quá trình quá độ trên màn hình để đánh giá chất lượng điều khiển, từ đó chọn ra quá trình quá độ thích hợp cùng thông số bộ hiệu chỉnh tương ứng.

II. BỘ THÍ NGHIỆM :

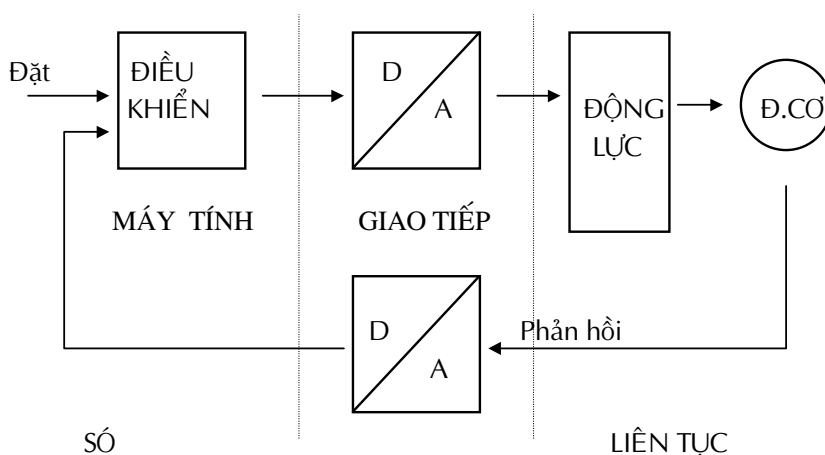
Bộ thí nghiệm bao gồm (Sơ đồ khối hình 1) :

- Bộ điều khiển bao gồm mạch giao tiếp, máy tính và mạch động lực.

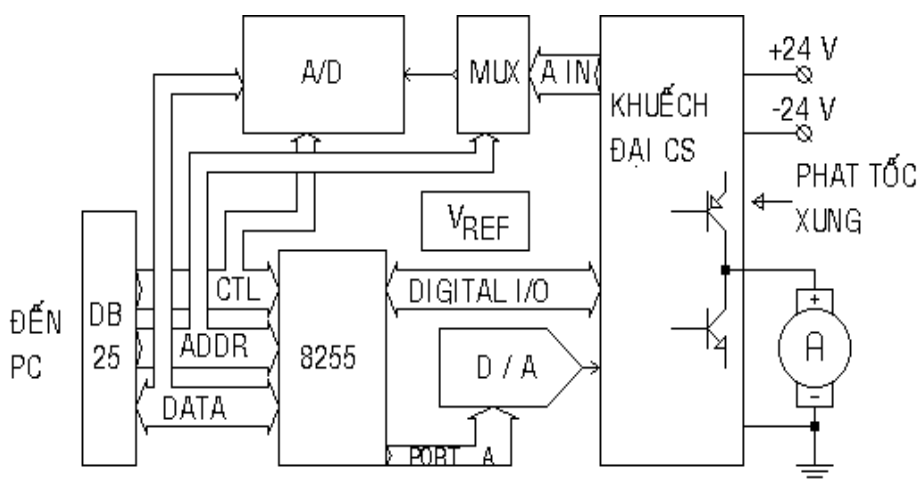
- Động cơ một chiều có bộ phát tốc xung.

- Bộ cấp điện một chiều ± 24 V.

- Chương trình điều khiển.



Hình 1 : Sơ đồ khối bài thí nghiệm



Hình 2 : Sơ đồ khối bộ điều khiển động cơ .

2. Bộ điều khiển :

Bộ điều khiển động cơ chứa trong hộp riêng , có sơ đồ khối như hình 2 , bao gồm:

- CARD giao tiếp tương tự và số gồm có:

Bộ chuyển đổi tương tự - số (ADC) 8 bit ADC 0809 cho phép máy tính thu thập và tính toán số liệu điều khiển động cơ. Trong thí nghiệm này, tốc độ, dòng điện và điện áp động cơ được đọc về máy tính số. Máy tính cũng ghi lại và trình bày đồ thị quá trình quá độ để ta phân tích đặc tính hệ thống.

Chuyển đổi số – tương tự (DAC) 8 bit AD 7520 nối port A của PIA 8255, biến đổi tín hiệu điều khiển từ số ra điện áp, giữ nguyên trong chu kỳ lấy mẫu làm thành bộ giữ bậc 0 (ZOH).

- Máy tính AT có CARD giao tiếp PROTOTYPE ADAPTER (TK - 1), địa chỉ \$300 - \$31F, nối CARD giao tiếp tương tự – số qua đầu nối DB 25.

- Bộ khuếch đại công suất có mạch bảo vệ dòng điện, sử dụng nguồn ± 24 V khuếch đại tín hiệu điều khiển (từ ngõ ra DAC) để cung cấp cho động cơ DC.

3. Động cơ một chiều :

Là loại có kích từ sử dụng nam châm vĩnh cửu, có gắn phát tốc xung (Pulse tacho Generator) ở đầu trục cho ra tín hiệu tốc độ ở dạng tần số được biến đổi thành điện áp để đọc vào máy tính qua CARD giao tiếp.

4. Chương trình điều khiển :

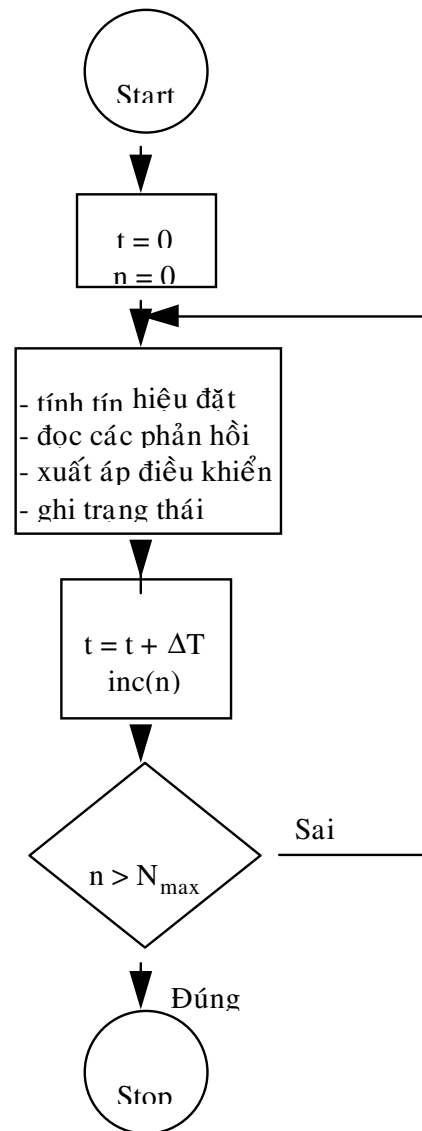
Toàn bộ thí nghiệm được thực hiện trên môi trường thử nghiệm (IDE) của Turbo Pascal. Chương trình gồm file thí nghiệm TNDC.PAS và các unit được dịch thành TPU, trong TNDC.PAS có chương trình con PID để tính hàm hiệu chỉnh và chương trình chính quản lý MENU thí nghiệm.

Hoạt động của hệ thống điều khiển động cơ theo sơ đồ tiến trình hình 3, bao gồm vòng đọc tín hiệu phản hồi - tính hàm điều khiển - xuất tín hiệu điều khiển. Chu kỳ lấy mẫu và điều khiển hệ thống do một bộ dao động có chu kỳ khoảng 220 HZ tạo ra để đảm bảo không phụ thuộc vào máy tính.

Các tín hiệu đo lường được thu thập vào một dãy (ARRAY) chỉ số n bằng ngắt cứng số 9, được kích hoạt bằng tín hiệu EOC (kết thúc chu trình đổi tương tự / số) của ADC 0809. Cũng chính ngắt này sẽ phát tiếp tục lệnh START cho ADC, tạo thành một chu trình ADC hoạt động độc lập với chương trình chính, cho phép ta đạt tốc độ đọc các tín hiệu vào máy tính cao nhất có thể. Khi n bằng N_{max} (đầy buffer data) chương trình tự động dừng.

III. THÍ NGHIỆM VÀ BÁO CÁO :

Từ thư mục gốc đĩa C gọi TP.BAT để chạy TNDC.exe và thực hiện theo chỉ dẫn của MENU để hoàn thành các yêu cầu thí nghiệm.



Hình 3 : Lưu đồ điều khiển

1 Thí nghiệm khảo sát hệ hở :

a. Mục đích : Xác định thông số hàm truyền động cơ từ đồ thị quá trình quá độ hệ hở với đầu vào hàm nấc .

Một cách gần đúng , có thể giả thuyết động cơ một chiều có hàm truyền là khâu bậc nhất có hàm truyền như dưới đây .

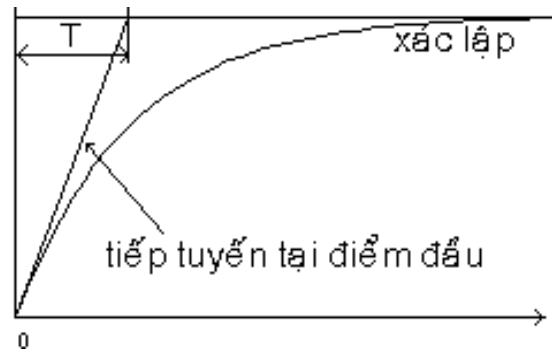
$$U_{dk} \rightarrow \left[\frac{K}{Ts+1} \right] \rightarrow w_{dco}$$

Trong đó K : hệ số biểu diễn quan hệ vào ra : **$K = w_{dco} / U_{dk}$**

U_{dk} : tín hiệu điều khiển.

w_{dco} : tốc độ xác lập của động cơ tính bằng vòng phút (RPM).

T : thời hằng, là giao điểm đường tiệm cận và tiếp tuyến tại điểm đầu của đường cong QTQĐ hệ thống quán tính bậc nhất có đầu vào hàm nấc (xem hình bên) .

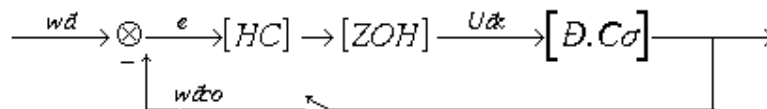


b. Thí nghiệm : Chọn **khảo sát hệ hở** trong MENU điều khiển, nhập **$U_{dk} = 80$ ở đầu vào hàm nấc**, ghi tốc độ xác lập **w_{dco}** và ước lượng **thời hằng T** từ đồ thị quá trình quá độ khi xem đường cong có dạng quá độ bậc nhất (bỏ qua đoạn cong cận gốc tọa độ). Báo cáo w_{dco} , T, K.

2 Thí nghiệm hệ vòng kín 1 (Không có phản hồi dòng điện) :

a. Mục đích : Khảo sát ảnh hưởng của các thành phần của hiệu chỉnh PID, thử nghiệm một algorit để xác định các thông số hiệu chỉnh bằng cách khảo sát hệ thống lần lượt với hiệu chỉnh P . PI , PID .

Sơ đồ khối HT suy ra từ sơ đồ khối tổng quát khi bỏ vòng dòng điện, trở thành hình sau :



HC : khâu hiệu chỉnh , là P (tỉ lệ), PI (tích phân tỉ lệ) hay PID (vi tích phân tỉ lệ).

ZOH : giữ bậc không và khâu lấy mẫu trên đường phản hồi thực hiện bằng mạch A / D .

b. Thí nghiệm và báo cáo:

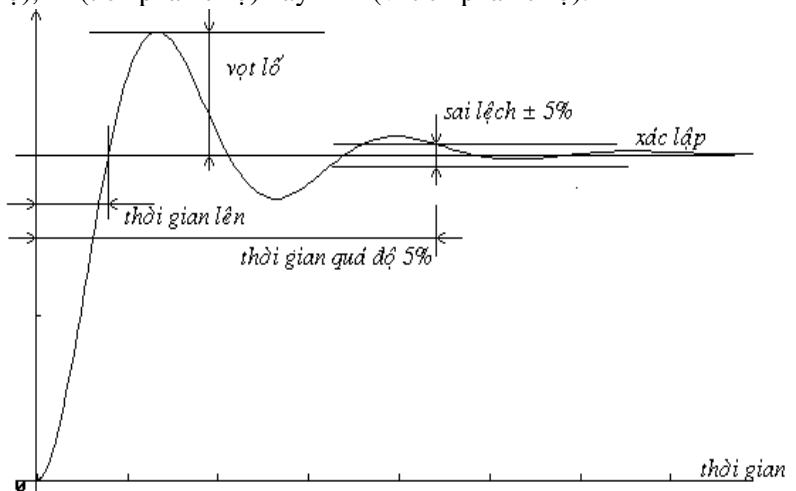
Chọn **hệ thống vòng kín 1** của MENU điều khiển, nhập các thông số cần thiết để thực hiện các thí nghiệm sau :

2.1 Điều khiển P (tỉ lệ)

:

- Khảo sát với tốc độ đặt

w_d là **1500 vòng / phút (RPM)**, bội số chu kỳ lấy mẫu **$K_n = 1$** (giữ nguyên trong suốt thí



nghiệm trừ phần khảo sát ảnh hưởng của nó). Thay đổi **Kp** (Cho **Ki** = **Kd** = 0) quan sát quá trình quá độ **hàm nấc** và ghi nhận từ đồ thị quá độ : giá trị tốc độ xác lập , thời gian quá độ, phần trăm vọt lố (POT) , thời gian lên .

LƯU Ý : HT chỉ có thời gian lên khi có vọt lố. Dòng khởi động xem ở đồ thị QTQĐ.

Kết quả ghi vào bảng 1 phần báo cáo.

2.2 Điều khiển PI (tích phân tỉ lệ) : Đặt tốc độ là 1000 RPM

2.2.a Với **Kp = 800** , thay đổi **Ki** , quan sát quá trình quá độ hàm nấc .

Ghi KQ thí nghiệm theo bảng 2 phần báo cáo.

2.2.b Với **Ki = 200** , thay đổi **Kp** , quan sát quá trình quá độ hàm nấc .

Ghi KQ thí nghiệm theo bảng 3 phần báo cáo.

2.2.c Chọn cặp thông số Kp, Ki từ bảng 2 (hay 3) để HT có QTQĐ mà anh/chi cho là tốt. Vẽ các QTQĐ tốc độ **w_{dc}**, dòng điện động cơ **I_{dc}** với thông số Kp, Ki đã chọn vào hình 1 (đầu vào hàm nấc **wd** = 1000 RPM).

Cần giải thích ngắn gọn lý do chọn các thông số này.

2.3 Điều khiển PID (vi tích phân tỉ lệ) : Đặt tốc độ là 1000 RPM

Vẫn ở **hệ thống vòng kín 1** của MENU điều khiển, chọn một bộ giá trị của Ki , Kp trong các bảng 2 và 3 để có POT từ 30 đến 40 % để làm thí nghiệm. Thay đổi Kd , quan sát quá trình quá độ hàm nấc. Ghi số liệu vào bảng 4, cho nhận xét theo yêu cầu trong phần báo cáo.

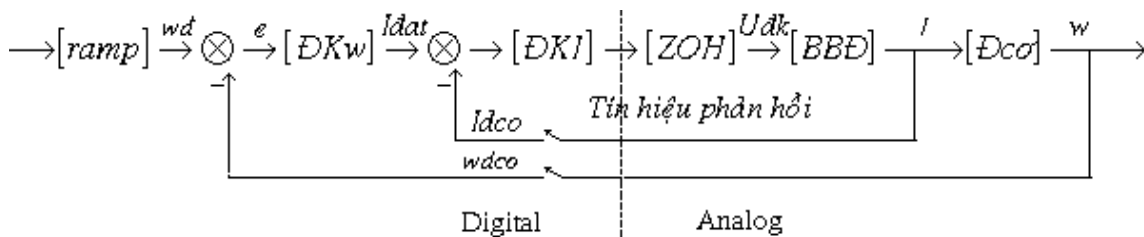
4. Ảnh hưởng của chu kỳ lấy mẫu :

a. Mục đích : Khảo sát ảnh hưởng của chu kỳ lấy mẫu trên chất lượng hệ thống điều khiển bằng máy tính.

b. Thí nghiệm : Vẫn ở MENU hệ điều khiển **vòng kín 1** , sử dụng **điều khiển P** : Kp = 1000, Ki = Kd = 0 , đặt tốc độ là 1500 RPM. Thay đổi bội số chu kỳ lấy mẫu Kn , quan sát quá trình quá độ hàm nấc. Chu kỳ lấy mẫu đọc từ thông báo trên màn hình. Ghi kết quả vào bảng 5, cho nhận xét theo yêu cầu trong phần báo cáo.

IV. SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ :

Hệ thống sử dụng sơ đồ điều khiển 2 vòng (Hình 4) : vòng tốc độ , dòng điện. Sơ đồ này còn gọi là điều khiển tọa độ vì dòng điện và tốc độ là hai biến trạng thái của động cơ một chiều, thường được dùng làm trục tọa độ khi khảo sát mặt phẳng pha hệ thống điều khiển tốc độ (Trong thí nghiệm này ta không khảo sát vòng dòng điện). Ngoài ra ta còn có khối RAMP tạo hàm dốc cho tín hiệu đặt.



Hình 4 : Sơ đồ khối HT đk động cơ

1. **Khối RAMP (bộ tạo hàm dốc):** Cho phép tăng tín hiệu đặt tốc độ **wd** của hệ thống lên theo hàm dốc (Hình 5) .

Việc tăng tín hiệu đặt dần theo thời gian ngoài tác dụng hạn chế gia tốc chuyển động còn cho phép hạn chế dòng điện khởi động của động cơ và độ vọt lố của ngõ ra, do HT luôn giữ được sai số điều khiển bé.

2. Khối DKw (ngõ ra Idat) và DKI (ngõ ra Udk) :

DKw là khối điều khiển tốc xử lý tín hiệu đặt tốc độ (wd) và phản hồi tốc độ (wdco), cho ra tín hiệu đặt dòng Idat sao cho tốc độ ngõ ra được giữ ở giá trị mong muốn.

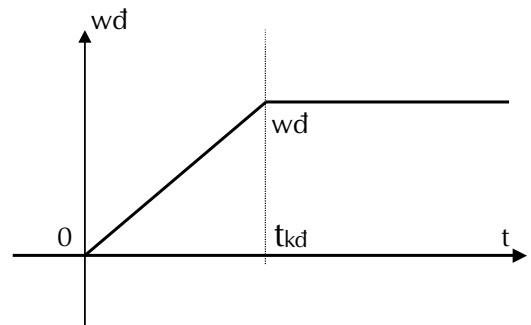
Khối điều khiển dòng điện DKI xử lý tín hiệu đặt dòng Idat và phản hồi dòng Idco cho ra tín hiệu Udk cung cấp cho bộ khuếch đại công suất, có nhiệm vụ điều khiển dòng điện qua động cơ đạt giá trị cần thiết (do bộ điều khiển tốc độ ĐKw yêu cầu). Khi $wd > wdco$, Idat tăng lên làm cho Idco tăng, dẫn đến momen động cơ tăng và động cơ tăng tốc làm giảm sai lệch tốc độ.

Trong quá trình khởi động hàm nấc, khi có sai lệch lớn giữa tín hiệu đặt wd và phản hồi wdco, DKw bị bão hòa, tín hiệu đặt dòng Idat đạt giá trị giới hạn nên dòng khởi động sẽ được hạn chế ở giá trị cho phép.

DKw và DKI có hàm truyền dạng PID (Vi tích phân tỉ lệ) :

$$H(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Trong đó các hệ số có thể bằng 0 tương ứng với các sơ đồ điều khiển khác nhau, ví dụ điều khiển P ($K_i, K_d = 0$), PI ($K_d = 0$), PD ($K_i = 0$).



Hình 5 : tín hiệu đặt hàm RAMP

3. ZOH : Bộ lấy mẫu và giữ bậc 0, Là mạch D / A dùng AD7520 với sơ đồ hai cực tính, cho phép đảo chiều động cơ theo tín hiệu điều khiển. Mạch D / A có đầu vào là port A của 8255, chỉ thay đổi ở mỗi đầu chu kỳ lấy mẫu.

4. Bộ Biến Đổi (BBD) :

Bộ biến đổi là mạch khuếch đại công suất, xem như một hệ số khuếch đại K cung cấp điện áp thay đổi cho động cơ DC theo tín hiệu điều khiển Udk.

5. Đơơ : Động cơ sử dụng ở đây là loại một chiều kích từ bằng nam châm vĩnh cửu, có hàm truyền bậc hai, gồm mômen quán tính và quán tính điện từ của phần ứng (xem bài 4, 3). Trong phần thí nghiệm hệ hở, nó được xấp xỉ với hệ thống bậc nhất.

Thuật toán tính hiệu chỉnh PID :

Hàm truyền liên tục PID có dạng :
$$H(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

trong đó u : ngõ ra, e : ngõ vào của bộ hiệu chỉnh

Thuật toán PID có thể nhận được khi sai phân hàm truyền trên, tương ứng phương trình vi tích phân sau :

$$K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} = u(t)$$

Gián đoạn hóa :

* Khâu vi phân (dùng định nghĩa sai phân) :
$$K_d \frac{de}{dt} = \frac{K_d}{T} (e[n] - e[n-1])$$

* Khâu tích phân (theo nguyên tắc hình thang):

$$\int e(t)dt = \frac{T}{2} \sum_{k=1}^n (e[k] + e[k-1]) \text{ với } e[0] = 0$$

suy ra

$$u[n] = K_p e[n] + \frac{K_d}{T} (e[n] - e[n-1]) + \frac{T}{2} \sum_{k=1}^n (e[k] + e[k-1]) \text{ với } e[0] = 0$$

thay $u[n]$ bằng $u[n-1]$ và trừ vào phương trình trên, nhận được công thức cho phép ta tính $u[n]$ từ $u[n-1]$ và các giá trị liên tiếp của $e[n]$ như sau :

$$u[n] - u[n-1] = A_0 e[n] + A_1 e[n-1] + A_2 e[n-2]$$

$$\text{với } A_0 = (K_p + K_i T/2 + K_d/T)$$

$$A_1 = K_i T/2 - K_p - 2K_d/T$$

$$A_2 = K_d/T$$

Trong đó T là chu kỳ lấy mẫu.

Để thể hiện các sơ đồ điều khiển PI, P có thể cho K_d hay K_i bằng không.

Trong bài thí nghiệm, thuật toán điều khiển sử dụng các phép toán số nguyên, kết quả tính toán được sẽ chia cho một hệ số tỉ lệ a (trong bài là 640), điều này tương đương với các hệ số thực tế nhỏ hơn a lần, là các phân số.

Ngoài ra, chu kỳ lấy mẫu T cũng được tính gộp vào các hệ số, nghĩa là $K_i \Leftarrow K_i T$ và $K_p \Leftarrow K_p/T$. Như vậy K_i và K_p của chương trình điều khiển cần giảm đi và tăng lên $1/T$ lần so với giá trị thực.

V. GIỚI THIỆU CÁCH SỬ DỤNG CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN:

Chương trình điều khiển sử dụng MENU loại PULL DOWN, dùng phím UP / DOWN để di chuyển CON TRỎ, ENTER để chọn (có phím tắt là các số thứ tự đầu dòng) và ESCAPE để thoát ra menu cao hơn.

MENU chính :

1. KHẢO SÁT HỆ HỒ.
2. KHẢO SÁT HỆ VÒNG KÍN 1 (không có phản hồi tốc độ – ĐK một vòng).
3. KHẢO SÁT HỆ VÒNG KÍN 2 (có phản hồi tốc độ - ĐK hai vòng).
4. XEM QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ.
5. THOÁT.

MENU con để KHẢO SÁT hệ thống:	MENU con XEM QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ:
1. ĐẶT THÔNG SỐ.	1. XEM QTQĐ.
2. KHẢO SÁT.	2. SAVE PICs
3. THOÁT	3. THOÁT

Tài liệu tham khảo :

[TK -1] AT – Technical Reference Guide.

[TK -2] Cơ sở Tự động học - LUÔNG VĂN LĂNG ĐHBK TP HCM 1995