

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 4 KHẢO SÁT HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ VÀ VỊ TRÍ DÙNG ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

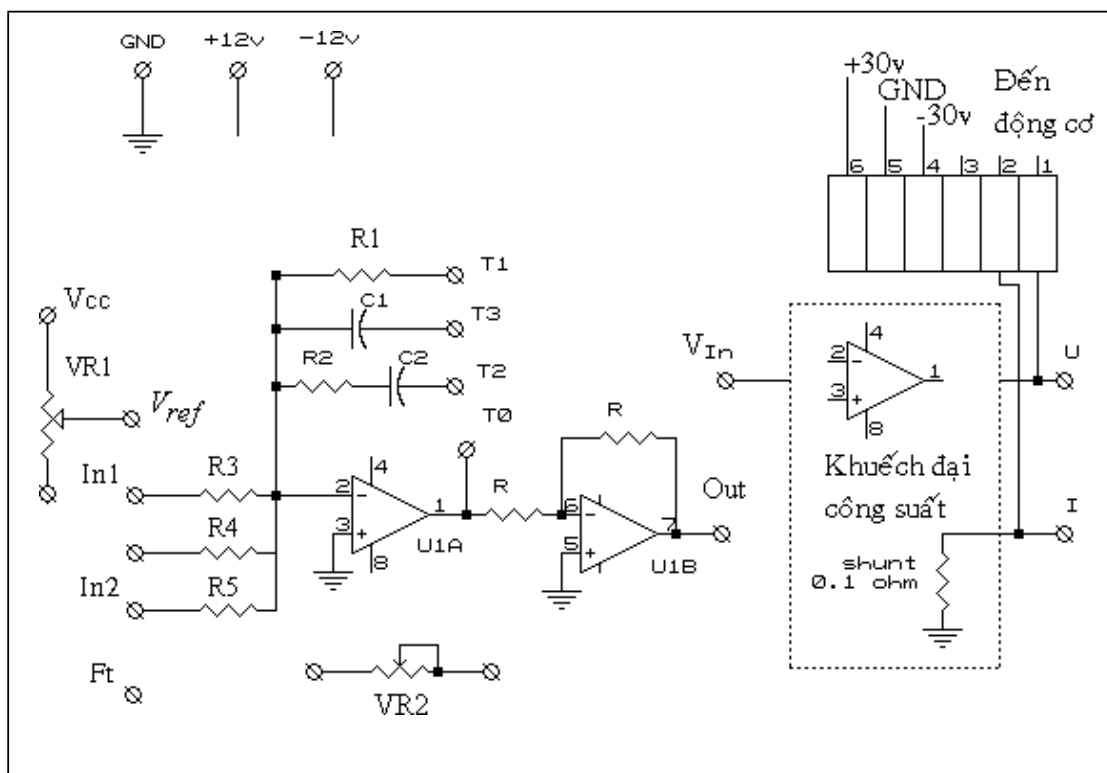
I. MỤC ĐÍCH :

Khảo sát trong chế độ xác lập hệ thống truyền động điện động cơ một chiều kích từ bằng nam châm vĩnh cửu (động cơ chấp hành một chiều) khi:

- Điều khiển tốc độ : đặc tính cơ hệ hở và vòng kín.
 - Điều khiển vị trí : có hay không có phản hồi tốc độ.
- với các bộ hiệu chỉnh khác nhau .

II. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM :

A. Phần điều khiển tốc độ :



Hình 1 : Sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển động cơ chấp hành

1. Bộ điều khiển tốc độ : có sơ đồ nguyên lý như hình 1, gồm :

- Mạch động lực là một bộ khuếch đại một chiều công suất, cấp điện $\pm 30\text{ V}$ từ bên ngoài, ngõ ra nối với động cơ một chiều qua trạm nối **U** và **I**. là các trạm dùng để đo.

- **VR1** là biến trở đặt tín hiệu tốc độ.

- Vì mạch **U1** làm chức năng điều khiển. **U1A** có hai nhiệm vụ : bộ cộng tín hiệu và hiệu chỉnh động học hệ thống. Bằng cách nối **T0** qua **T1** hay **T2**, **T3** , ta có hiệu chỉnh **P**, **PI** hay **I**. **U1B** dùng để đảo tín hiệu ra của **U1A**, làm cho tín hiệu ra bộ điều khiển không còn đảo dấu.

- Ngoài ra còn có đầu ra $\pm 12\text{ V}$ làm tín hiệu đặt.

2. Nhóm động cơ máy phát gồm : (Hình 2)

Thí nghiệm ĐKTĐ

- động cơ một chiều kích từ bằng nam châm vĩnh cửu **DC** là đối tượng điều khiển.

- máy phát một chiều cũng kích từ bằng nam châm vĩnh cửu **MF** là tải của động cơ.

- máy phát tốc **FT** là một máy phát điện một chiều có điện áp ra tỉ lệ với tốc độ quay, nối cùng trục với động cơ **DC**, dùng để lấy tín hiệu phản hồi tốc độ.

- Ở đầu động cơ **DC** còn có bộ phát (tốc) xung – Pulse tachoGenerator **PG** (hay chính xác hơn, là incremental rotary encoder) cho ra 1000 xung ứng với một vòng quay, dùng để lấy tín hiệu tốc độ hay tín hiệu vị trí qua bộ đếm xung - như trong bài thí nghiệm này. **PG** không có vẽ trong hình 2.

Ngoài ra còn có điện trở tải **RT** dùng để làm tải của máy phát **MF**.

Hình 3 cho ta sơ đồ khối bộ điều khiển tốc độ, tín hiệu phản hồi tốc độ lấy từ máy phát tốc **FT**:

wd : đặt tốc độ

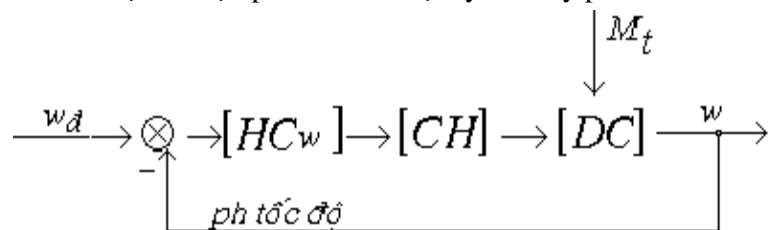
w tốc độ động cơ ;

HC w : khối hiệu chỉnh tốc độ.

CH : khối chấp hành, là mạch khuếch đại công suất.

DC : động cơ có tải - tương ứng

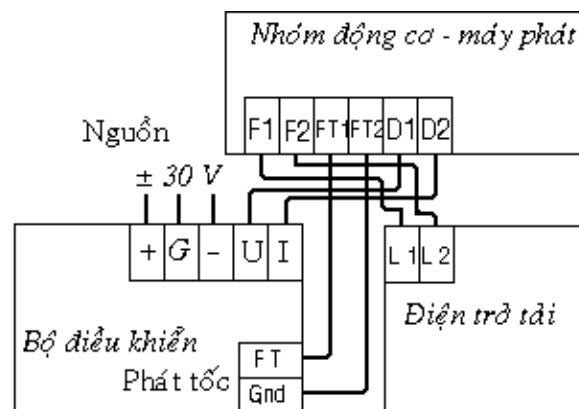
moment cản M_t .



Hình 3 : sơ đồ khối bộ ĐK tốc độ

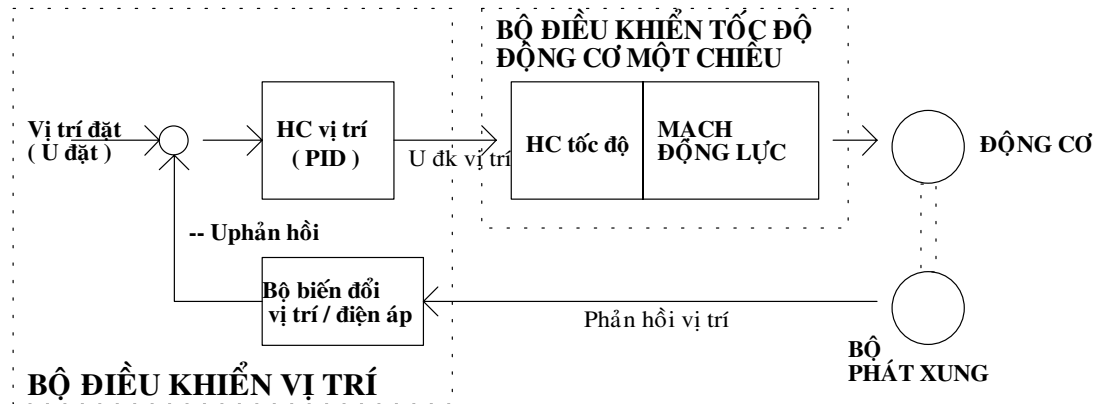
3. Thiết bị đo để khảo sát HT điều khiển tốc độ : gồm bộ chỉ thị số dòng điện, điện áp động cơ trên mặt bộ thí nghiệm và một volt kế số để đo các điện áp cần thiết khác (tín hiệu đặt và phản hồi tốc độ).

Bộ điều khiển tốc độ, động cơ, và tải **đã nối sẵn** theo hình 4 cho cả bài thí nghiệm.



Hình 4 : Nối dây cho thí nghiệm điều khiển tốc độ động cơ.

(C) Huỳnh Văn Kiểm

B. Phần điều khiển vị trí :

Hình 5 : sơ đồ khối bộ điều khiển vị trí.

Để điều khiển vị trí, ta thêm vào phía trước bộ điều khiển tốc độ của phần A bộ điều khiển vị trí như trên hình 5. Bộ điều khiển vị trí xử lý sai lệch vị trí đặt và phản hồi, cho ra tín hiệu điều khiển động cơ sao cho sai lệch này tiến về zero với quá trình quá độ mong muốn.

4. Bộ điều khiển vị trí :

a. *Khối hiệu chỉnh vị trí (PID vị trí) :* là một PID dùng khuếch đại thuật toán (tương tự như khối hiệu chỉnh tốc độ), xử lý sai lệch tín hiệu đặt và phản hồi vị trí.

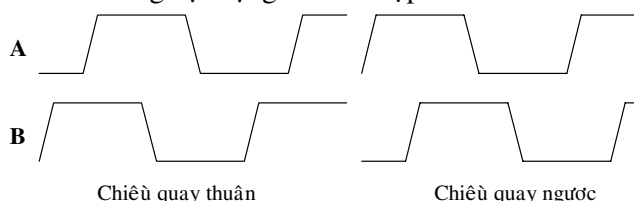
b. *Khối biến đổi vị trí / điện áp : (Hình 6)*



Hình 6 : sơ đồ khối bộ biến đổi xung PG ra áp.

Vì bài thí nghiệm sử dụng khối hiệu chỉnh vị trí loại tương tự (analog) nhưng phản hồi vị trí qua bộ phát xung, ta cần có mạch biến đổi tín hiệu vị trí từ dạng số ra điện áp, có sơ đồ khối ở hình 6. Bộ phát xung PG cho ra hai chuỗi xung A, B có pha thay đổi phụ thuộc chiều quay (hình 7). Qua bộ xử lý chiều quay, các xung này biến thành xung đếm lên hay xuống phụ thuộc chiều để cung cấp cho bộ đếm thuận nghịch dùng vi mạch 74193. Số đếm được nhờ bộ biến đổi số / tương tự AD7520 mắc theo sơ đồ 2 cực tính (bipolar) đổi ra áp tỉ lệ vị trí. Như vậy, bộ đếm tích phân chuỗi xung mang thông tin tốc độ thành số đếm thể hiện vị trí, và hằng số tích phân chính là giá trị đặt ban đầu (preset) của bộ đếm. AD 7520 được phân cực để ngỏ ra bằng 0 volt ở giá trị ban đầu này và cực tính áp ra sẽ cho biết chiều chuyển động của trục so với vị trí ban đầu.

Như vậy, bộ phản hồi vị trí cần RESET để lấy vị trí ban đầu trước khi hoạt động và có giá trị cực đại (MAX > 0) và cực tiểu (MIN < 0), khi hệ thống vượt quá hai giá trị này sẽ điều khiển sai, trong bài thì không đạt trạng thái xác lập.



Hình 7 : Dạng xung ra bộ phát xung PG.

Các thông số bộ phản hồi vị trí :

PG cung cấp 1000 xung / vòng (PPM), bộ đếm 12 bit (4096 xung), biến đổi số tương tự AD 7520 là loại 10 bit được nối với 10 bit cao của bộ đếm, vậy một LSB (bit ít ý nghĩa nhất) của D / A tương ứng 4 xung của PG .

Bộ đếm 12 bit được đặt trước giá trị 800 H tương ứng 0 Volt ở ngõ ra D / A,
 đếm lên giá trị FFF H tương ứng 2.048 V
 đếm xuống 000 H tương ứng - 2.048 V

Như vậy thiết bị phản hồi được + / - 2,048 vòng với hệ số 1 V / vòng. sai số do bộ đếm là 4 phần ngàn vòng. Lưu ý, nếu trục động cơ di chuyển nhiều hơn khoảng cho phép, bộ đếm sẽ tràn, tín hiệu phản hồi trở nên sai và hệ thống không hoạt động được.

5. Thiết bị đo cho thí nghiệm điều khiển vị trí :

- Trục động cơ mang kim chuyển động trước bảng chia 200 vạch / vòng cho phép đánh giá chuyển động thực của hệ thống.

- Trong bài thí nghiệm, ta dùng một volt kế số để đo áp đặt và áp phản hồi để kiểm tra sai số.

Sơ đồ khối bộ điều khiển
 vị trí được cho ở hình 8. trong
 đó

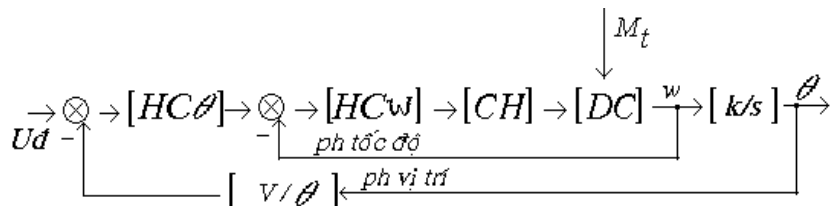
HC θ : bộ hiệu chỉnh vị trí

HC ω : hiệu chỉnh tốc độ

Uđ : tín hiệu đặt

θ : vị trí, là tích phân của tín hiệu tốc độ ω , **V / θ** : khối biến
 khối hệ thống đk vị trí đổi vị trí điện áp.

Các ký hiệu khác xem ở sơ đồ khối phần đk tốc độ (hình 3).



Hình 8 : Sơ đồ

Có 4 trường hợp được khảo sát :

Trường hợp	III.4.1	III.4.2	III.5	
Phản hồi tốc độ	Không có	Không có	đk tỉ lệ P	đk tích phân tỉ lệ PI
Phản hồi vị trí	đk tỉ lệ P	đk tích phân tỉ lệ PI	đk tích phân tỉ lệ PI	đk tích phân tỉ lệ PI

Tốc độ, với tính cách là đạo hàm của vị trí, có thể được sử dụng như một hiệu chỉnh song song để cải thiện đặc tính quá độ. Nhưng trong thí nghiệm này, ta lại sử dụng hiệu chỉnh nhiều vòng, có cả hiệu chỉnh vị trí HC θ và hiệu chỉnh tốc độ HC ω nên còn gọi là hiệu chỉnh tọa độ (xem bài TN 3, phần phụ lục).

III. THÍ NGHIỆM:

Trong bài thí nghiệm, chỉ cần nối dây giữa các khối bộ điều khiển theo sơ đồ kèm theo từng phần, các dây nối bên ngoài thiết bị đã được nối sẵn.

A. TN điều khiển tốc độ :

1. Thí nghiệm hệ hở :

a. Mục đích : Vẽ đặc tính tốc độ $\omega = f(I)$ khi áp đặt vào động cơ không đổi, suy ra các thông số tĩnh của hệ thống.

b. Thí nghiệm :

- Nối nguồn 12 V, GND cho biến trở đặt tốc độ. như hình 9.

- Nối ngõ ra biến trở đặt tốc độ **Vref** đến ngõ vào bộ khuếch đại công suất **Vin**. Chính **Vref = 1.5** volt, đo **U, I** động cơ, điện áp ra máy phát tốc **Uf** trên trạm **FT** khi thay đổi điện trở tải **RT** của máy phát. (Xem phần mô tả thiết bị thí nghiệm).

- Ghi kết quả vào bảng 1 của phần báo cáo. trong đó tốc độ động cơ ω tính bằng rad/giây, suy ra từ tỉ lệ: $\omega = Uf / \gamma$

. γ : hệ số phát tốc tính bằng V / (rad/sec), tính ra từ quan hệ: áp phát tốc **8.2 volt** tương ứng tốc độ quay **1000 vòng /phút**

- Vẽ đặc tính tốc độ $\omega = f(I)$ trong hình 2, ω tính bằng rad /giây. suy ra hệ số

$$C_e = \frac{U}{\omega_0}, \omega_0 : \text{là tốc độ động cơ khi không tải lý tưởng (lúc dòng qua động cơ bằng không)}$$

– tương ứng tung độ giao điểm đặc tính tốc độ với trục tung.

2. Thí nghiệm hệ vòng kín :

a. Mục đích : Khảo sát đặc tính tốc độ hệ thống kín với các khâu hiệu chỉnh khác nhau.

b. Thí nghiệm và báo cáo :

Nối sơ đồ bộ điều khiển tốc độ như hình 10, đặt **Vref = 3** volt, tín hiệu đặt tốc độ này **giữ nguyên** cho đến hết thí nghiệm điều khiển tốc độ hệ kín trong mục 2. này).

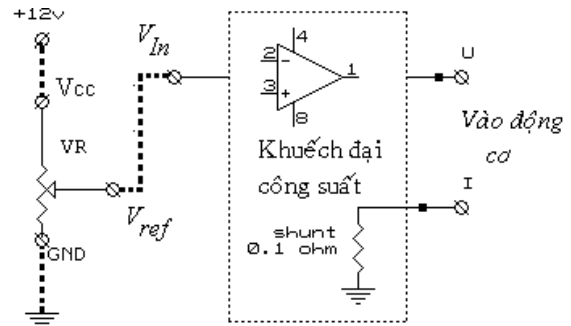
Theo các hướng dẫn từng mục để khảo sát các trường hợp sau :

2.1 Đặc tính tốc độ khi điều khiển tỉ lệ (P) : đặt **Vref = 3** volt

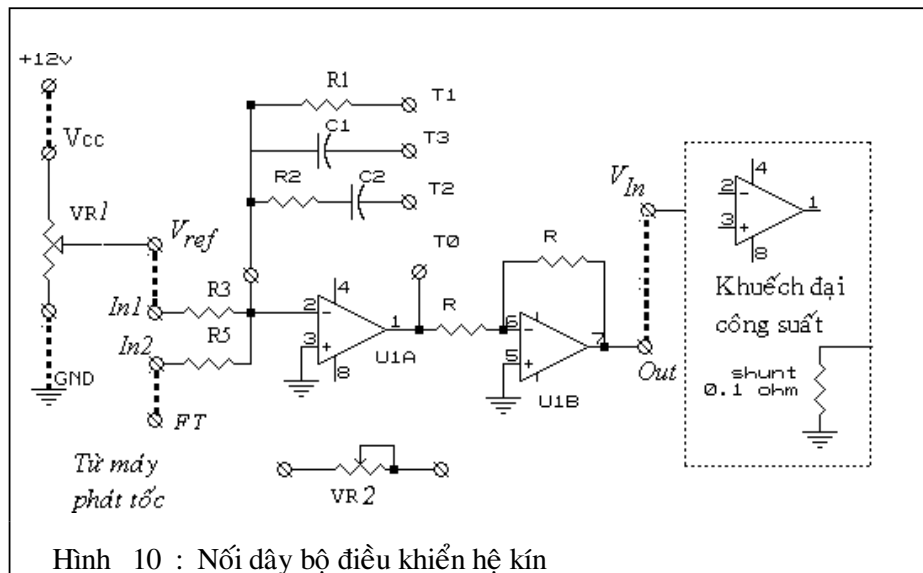
- Nối T1 và T0 để U1A là mạch khuếch đại DC. Thay đổi tải **RT** của máy phát, ghi điện áp, dòng điện của động cơ, điện áp máy phát tốc (đo tại trạm FT) vào bảng 2 trong phần báo cáo.

2.2 Đặc tính của hệ thống khi thay đổi Kp : đặt **Vref = 3** volt

Nối hai đầu biến trở VR 2 vào T1 và T0 để có thể thay đổi hệ số khuếch đại bộ hiệu chỉnh (hệ số Kp). Chỉnh biến trở theo chiều kim đồng hồ đến cuối để có hệ số khuếch đại lớn nhất. Thay đổi tải **RT** của máy phát để lấy số liệu, kết quả ghi vào bảng 3 trong phần báo cáo.



Hình 9 : Nối dây thí nghiệm hệ hở



Hình 10 : Nối dây bộ điều khiển hệ kín

2.3 Đặc tính tốc độ khi điều khiển tích phân tỉ lệ (PI) : đặt $V_{ref} = 3 \text{ volt}$

- Nối T2 và T0 để U1A là một khâu PI. Thay đổi tải **RT** của máy phát để lấy số liệu, kết quả ghi vào bảng 4.

- Vẽ đặc tính tốc độ các khảo sát trong câu 2.1 , 2.1 , 2.3 trên cùng hình 2. Nên sử dụng cùng tỉ lệ để dễ so sánh các trường hợp. Cho nhận xét và giải thích kết quả như yêu cầu trong phần báo cáo.

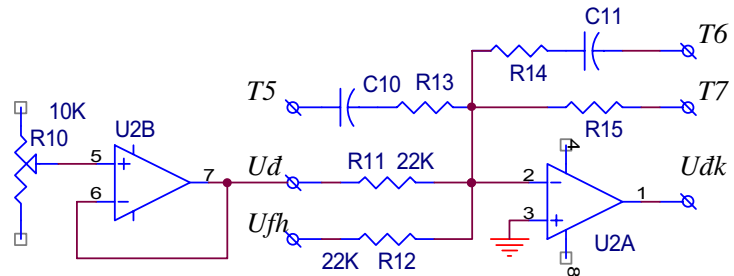
B. TN điều khiển vị trí :

Hình 11 : Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển vị trí

Nối mạch (phần chung):

- Cấp điện 220 VAC cho bộ điều khiển vị trí.

- Hệ thống được khảo sát ở chế độ không tải (các công tắc điện trở tải của máy phát ở vị trí hở mạch)



- Công tắc RESET/RUN ở vị trí RESET, để reset bộ phản hồi vị trí và không cho hệ thống hoạt động. Bộ phát xung **PG** đã được nối sẵn, tại chân U_{TH} có điện áp phản hồi vị trí (phản ánh sai lệch vị trí hiện tại so với vị trí ban đầu - khi RESET hệ thống - xem lại II.4.b giới thiệu đặc tính cảm biến vị trí).

3. Khảo sát đặc tính cảm biến vị trí :

a. *Mục đích* : Đo hệ số phản hồi vị trí (điện áp ở ngõ ra cảm biến vị trí) ứng với một đơn vị góc lệch, giá trị Max, Min (có dấu) của tín hiệu phản hồi.

b. *Nối dây , thí nghiệm* : Chỉ cấp điện cho bộ điều khiển vị trí.

Bật công tắc RESET/RUN sang RESET, dùng tay quay trục động cơ về vị trí zero của khắc độ để reset bộ phản hồi vị trí.

Bật công tắc RESET/RUN sang RUN. Dùng tay quay trục động cơ, quan sát góc lệch của phần quay, và dùng VOM đo điện áp phản hồi vị trí ở chân U_{TH} để trả lời các câu hỏi trong yêu cầu báo cáo.

Để ý khi RESET, điện áp phản hồi tương ứng là zero và điện áp phản hồi vị trí cực đại, cực tiểu sẽ ứng với hai chiều quay khác nhau.

4. Khảo sát hệ thống điều khiển vị trí không có phản hồi tốc độ :

a. *Mục đích* : Khảo sát đặc tính tĩnh và động của hệ thống điều khiển vị trí với các bộ hiệu chỉnh P và PI với ngõ vào là hàm nấc.

b. *Nối dây chung cho mục này* : Sử dụng cả hai bộ điều khiển tốc độ và vị trí. Ngõ ra bộ điều khiển vị trí **U_{dk}** nối ngõ vào phần khuếch đại công suất **V_{In}** của bộ điều khiển tốc độ (không sử dụng khối hiệu chỉnh tốc độ). Nhớ nối chân chung (mass hay GND) của hai bộ điều khiển vị trí và tốc độ với nhau.

c. *Thí nghiệm và báo cáo* :

4.1 Sử dụng hiệu chỉnh P (tỉ lệ) cho bộ điều khiển vị trí:

- Nối chân **T7** vào **U_{dk}** để U 2A là mạch khuếch đại. Chỉ chỉnh biến trở **R10** để thay đổi **U_d** (tín hiệu đặt vị trí), bật công tắc RESET/RUN sang RUN cho hệ thống hoạt động và ghi nhận kết quả, cho nhận xét về độ chính xác điều khiển và động học của hệ thống. Nhớ bật công tắc RESET/RUN sang

RESET trước khi chỉnh **Uđ** và sau đó bật sang RUN cho hoạt động để có thể khảo sát đáp ứng hàm nấc. Khảo sát các trường hợp của bảng 5 của phần báo cáo (dùng volt kế số để đo các điện áp).

Lưu ý: Khi không chỉnh được chính xác các giá trị đặt trong bảng, có thể ghi bổ sung các số lẻ cho giá trị đặt, ví dụ trong bảng yêu cầu đặt 0.5 volt, chỉnh được 0.512 volt thì đổi số liệu trong bảng thành 0.512 volt vì thí nghiệm điều khiển vị trí tương đối chính xác.

4.2 Sử dụng hiệu chỉnh PI (tích phân – tỉ lệ) cho bộ điều khiển vị trí:

- Nối chân **T6** vào **Uđk** để **U** 2A là mạch tích phân tỉ lệ. Chỉnh biến trở **R10** để thay đổi **Uđ** (vị trí đặt), Thực hiện việc lấy số liệu giống như câu 4.1, kết quả ghi vào bảng 6.

Lưu ý: Khi tín hiệu đặt vị trí là hàm nấc, động cơ sẽ dừng khi đạt trạng thái xác lập.

5. Khảo sát hệ thống điều khiển vị trí có phản hồi tốc độ :

a. **Mục đích :** Khảo sát ảnh hưởng của vòng tốc độ đến chất lượng của hệ ĐK vị trí.

b. **Nối dây :** Thí nghiệm tương tự như mục 4. nhưng có thêm vòng phản hồi tốc độ. Ta chỉ *khảo sát vòng vị trí nối theo sơ đồ PI (giống như phần 4.2 : chân T6 nối với Uđk)*, với trường hợp của vòng tốc độ là hiệu chỉnh P.

Nối dây như phần 4.2 nhưng ngõ ra bộ điều khiển vị trí **Uđk** nối ngõ vào bộ điều khiển tốc độ **In1** (thay cho tín hiệu đặt tốc độ **Vref** ở phần A), và ngõ ra **Out** bộ điều khiển tốc độ nối ngõ vào **VIn** bộ khuếch đại công suất. Nhớ mắc tín hiệu phản hồi tốc độ về **In2**.

c. **Thí nghiệm và báo cáo :**

5.1 Sử dụng hiệu chỉnh P (tỉ lệ) cho bộ điều khiển tốc độ.

- Nối chân **T1** vào **T0** để **U** 1A là mạch khuếch đại. Chỉnh biến trở **R10** để thay đổi **Uđ** (vị trí đặt), Thực hiện lấy số liệu giống như câu 4.1, kết quả ghi vào bảng 7.

- Ghi nhận xét và trả lời các câu hỏi cho phần kết luận.

LƯU Ý : Do tầm phản hồi vị trí bị hạn chế ở xấp xỉ 2 V (xem lý thuyết), vọt lố lớn có thể làm sai tín hiệu phản hồi làm HT không hoạt động được ở giá trị đặt lớn, phân biệt với sự mất ổn định của hệ thống .

IV. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN ĐỘNG CƠ DC ĐIỀU CHỈNH ÁP PHẦN ỨNG:

1. Hàm truyền động cơ :

$$U = E + Ri + L \frac{di}{dt}$$

$$M_{dc} - M_t = J \frac{d\omega}{dt}$$

$$M_{dc} = C_e i$$

$$E = C_e \omega$$

Khi bỏ qua phản ứng phần ứng và giả sử các phần tử trong hệ thống là tuyến tính, có các phương trình sau , trong đó :

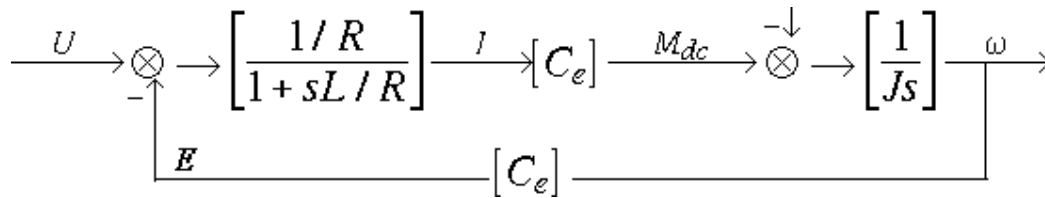
- **U** : điện áp hai đầu phần ứng, **i** : dòng điện qua động cơ.

- **R, L** : điện trở , tự cảm mạch điện phần ứng.

- **E, M_{dc}** : Sức điện động, moment quay của động cơ. Sức điện động tỉ lệ với tốc độ quay ω , moment quay tỉ lệ với dòng điện **i**. theo hằng số **C_e**, xác định bởi cấu tạo động cơ và từ thông khe hở không khí. Khi từ thông cố định (động cơ kích từ độc lập hay bằng nam châm vĩnh cửu) **C_e** là hằng số.

- **J** : moment quán tính của các phần quay và **M_t** là moment cản.

Từ các phương trình trên, có thể suy ra hàm truyền động cơ như hình sau :



Hình 9 : sơ đồ khối động cơ một chiều khi từ thông không đổi.

2. Đặc tính cơ của động cơ :

Trong chế độ xác lập, moment động cơ bằng momen cản, sụt áp qua tự cảm L bằng zero :

$$M_{dc} - M_t = J \frac{d\omega}{dt} = 0, \quad L \frac{dI}{dt} = 0$$

và ta có quan hệ điện áp - tốc độ : $U = C_e \omega + RI$. suy ra $\omega = (U - RI) / C_e$

Quan hệ $\omega = f(I)$ gọi là đặc tính tốc độ. Quan hệ $\omega = f(M)$ gọi là đặc tính cơ của động cơ. Hai kết quả của quan hệ trên :

- để điều chỉnh tốc độ ta có thể thay đổi điện áp đặt vào động cơ.
- khi có tải, động cơ sẽ có sụt tốc độ do sụt áp trên mạch điện phần ứng.

Trong bài thí nghiệm này, để khắc phục sụt tốc ta sử dụng phản hồi âm tốc độ.

Hệ thống kín có dạng như hình 5 vẽ lại ở hình 10:

- K : hàm truyền bộ chấp hành CH, là hằng số.

- w_d là tín hiệu tốc độ đặt, có dạng điện áp.

- γ : hệ số phát tốc .

Xét trường hợp hiệu chỉnh P ,

HC là một bộ khuếch đại một chiều , có hệ số khuếch đại là A .

Xét các quan hệ trong chế độ xác lập :

$$U_{dk} = A(\omega_d - \gamma \omega)$$

$$U = C_e \omega + RI$$

$$U = KU_{dk}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{KA\omega_d - RI}{C_e + KA\gamma}$$

$KA\gamma$: hệ số khuếch đại vòng kín , khi tăng lên sẽ làm sụt tốc giảm, tiến đến giá trị ω_d / γ - tương ứng với sai số e bằng 0 .

3. Hàm truyền của khâu hiệu chỉnh PI trong bài thí nghiệm :

Từ hình 1 có thể tính tín hiệu ra **Out** của khâu điều khiển PI theo hai tín hiệu vào **In1** và **In2** (khi **T0** nối với **T2**).

$$HC(s) = \frac{sR_2C_2 + 1}{sRC_2} (In_1 + \frac{R_5}{R_3} In_2)$$

Để có hiệu số giữa tín hiệu tốc độ đặt ω_d và phản hồi $\gamma \omega$ khi dùng mạch điện trên, ta phải đảo cực tính áp ra của máy phát tốc.