

# KHẢO SÁT VIỆC CHỌN QUI LUẬT ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỂ ĐẠT TỐC ĐỘ CAO NHẤT

Lê Khánh Điền

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

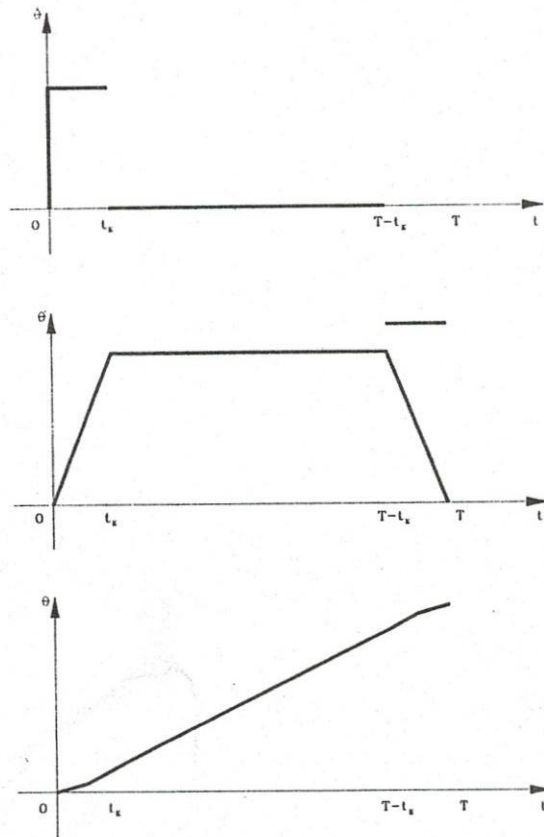
**TÓM TẮT:** Bài viết này khảo sát một vài kiểu điều khiển tốc độ động cơ điện thường dùng, đặc biệt là kiểu điều khiển Hàm tuyến tính trộn parabol (LFPB) và kiểu thời gian ngắn nhất (MT). Bài viết này cũng chứng minh rằng kiểu điều khiển Hàm tuyến tính trộn parabol (LFPB) sẽ vượt trội hơn kiểu điều khiển trong một số điều kiện động cơ và hệ thống động lực nhất định.

## 1. TỔNG QUÁT

Bài báo này khảo sát vài cách điều khiển động cơ điện một chiều trong robot hay các quá trình cần độ chính xác về tốc độ và nâng cao tốc độ đặc biệt là kiểu điều khiển tuyến tính trộn parabol LFPB và điều khiển theo thời gian bé nhất (MT). Các kiểu điều khiển này đã được trình bày như kinh điển trong các tài liệu như [1], [2]... và nhiều sách chuyên ngành về Robot khác. Tuy nhiên bài báo cũng đưa ra một chứng minh rằng việc dùng điều khiển LFPB kết hợp với việc áp dụng thời gian khởi động và dừng bé nhất sẽ đạt được tốc độ cao hơn kiểu điều khiển theo thời gian bé nhất (MT).

## 2. KHẢO SÁT VÀI KIỂU ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ HIỆN ĐANG DÙNG

### 2.1. Điều khiển LFPB



Hình 1

Hình 1 biểu thị quy luật gia tốc kiểu tuyến tính pha trộn parabol LFPB qua 3 đồ thị từ trên xuống dưới là đồ thị Gia tốc, Vận tốc và Chuyển vị trong đó:

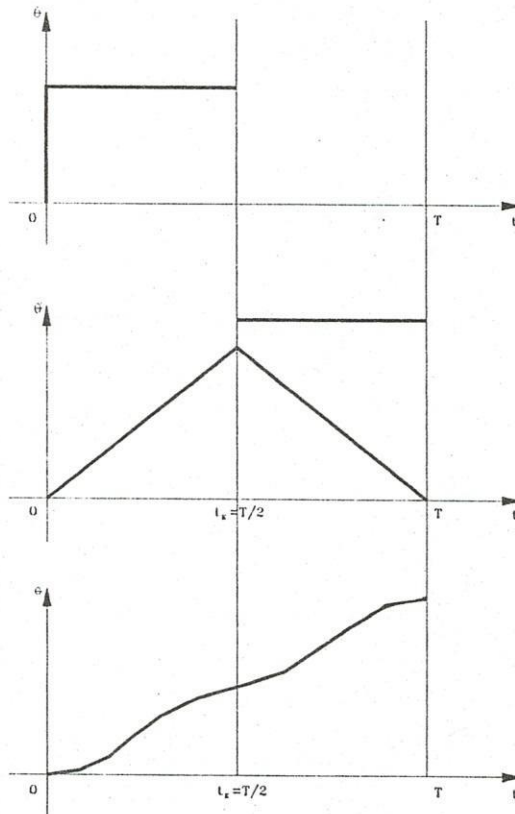
T: thời gian thực hiện

$t_K$ : thời gian khởi động giả sử bằng thời gian dừng

Đây là dạng thường trình bày trong các tài liệu về robot, các giai đoạn khởi động và dừng thì cùng thời gian  $t_K$  gia tốc tuyến tính, chuyển vị dạng parabol còn giữa có gia tốc hằng và chuyển vị tuyến tính. Đây là dạng mà bài báo sẽ chọn để điều khiển động cơ điện.

## 2.2. Điều khiển theo thời gian ngắn nhất (Minimum Time trajectory control)

Theo tài liệu [1] thì điều khiển LFPB nói trên không phải là dạng điều khiển tốc độ nhanh nhất mà để điều khiển tốc độ với thời gian bé nhất (MT) người ta thường dùng dạng vận tốc biến thiên theo quy luật gia tốc tam giác cân, tốc độ đạt lớn nhất tại giữa thời gian T theo hình 2 sau đây:



Hình 2: Điều khiển gia tốc theo thời gian ngắn nhất

Theo các tài liệu [1], [2] ... thì đây là dạng điều khiển vận tốc đạt được tốc độ nhanh nhất. Ta nhận thấy điều khiển theo thời gian ngắn nhất (MT) là một dạng đặc biệt của LFPB đã trình bày ở trên với thời gian khởi động và dừng  $t_K = T/2$ , lúc đó thời gian động cơ đạt tốc độ lớn nhất bằng 0.

Theo nhận xét riêng thì với dạng điều khiển trên, động cơ chỉ mới đạt vận tốc cực đại ngay giữa hành trình tại T/2 thì đã phải giảm tốc ngay để có thể dừng ngay tại cuối giai đoạn ở thời điểm T. Như vậy chưa tận dụng được khả năng của động cơ và dùng hết công suất. Sau đây là một chứng minh việc điều khiển tốc độ động cơ để đạt tốc độ cao nhất trong điều kiện sử dụng hết công suất của động cơ áp dụng LFPB.

### 3. ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DỰA TRÊN ĐỒ THỊ LFPB ĐỂ ĐẠT TỐC ĐỘ CAO NHẤT

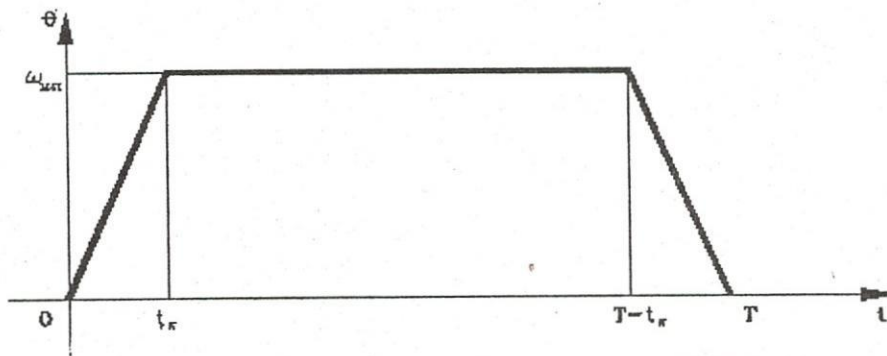
#### 3.1. Khảo sát

Mục đích của bài viết này là đề nghị một dạng điều khiển động cơ đạt được tốc độ cao nhất trong điều kiện tận dụng hết công suất và các tính năng của động cơ DC .

Gọi:

- $\theta$  là góc hành trình mà động cơ phải thực hiện, giá trị này được cho trước do yêu cầu thực tế.
- $T$  là thời gian thực hiện hành trình trên đây là giá trị cần biện luận để động cơ có thể đạt được tốc độ cao nhất có thể có.
- $\omega_{MAX}$  là tốc độ cao nhất mà động cơ có thể cung cấp trong điều cấu tạo nội tại và động lực học của hệ thống, giá trị này không thể điều khiển được vì phụ thuộc tính chất của động cơ và tải của hệ thống.
- $t_K$  là thời gian khởi động từ vận tốc 0 để đạt đến tốc độ cao nhất  $\omega_{MAX}$  giả sử  $t_K$  cũng là thời gian ngừng động cơ.  $\omega_{MAX}$  và  $t_K$  phụ thuộc cấu tạo động cơ và hệ thống động lực học.

Dùng phương pháp giải tích để biểu diễn phương trình vận tốc động cơ trong 3 giai đoạn khởi động, chạy đều với tốc độ nhanh nhất và ngừng theo như hình 3 :



Hình 3 Điều khiển vận tốc động cơ theo LFPB

Phương trình vận tốc động cơ trong 3 giai đoạn:

[1].  $t \in [0, t_K]$

Phương trình vận tốc có dạng  $\theta' = at + b$

Tại  $t=0$ ,  $\theta'=0 \Rightarrow b=0$

Tại  $t=t_K$ ,  $\theta' = \omega_{MAX} \Rightarrow a = \omega_{MAX}/t_K$

Vậy  $\theta' = \frac{\omega_{MAX}}{t_K} t$

[2].  $t \in [t_K, T-t_K]$

Phương trình  $\theta' = \omega_{MAX}$

[3].  $t \in [T-t_K, T]$

Phương trình có dạng  $\theta' = ct + d$

Tại  $t = T-t_K \Rightarrow \theta' = \omega_{MAX} = c(T-t_K) + d$

tại  $t=T \Rightarrow \theta' = 0 = cT + d$

$\Rightarrow c = -\frac{\omega_{MAX}}{t_K}$

$d = \frac{\omega_{MAX}}{t_K} T$



$$\text{Phương trình } \theta' = -\frac{\omega_{MAX}}{t_K}t + \frac{\omega_{MAX}}{t_K}T$$

Gọi  $\theta$  là góc quay mà động cơ thực hiện trong thời gian T, ta có:

$$\begin{aligned} \theta &= \int_0^T \theta' dt = \int_0^{t_K} \frac{\omega_{MAX}}{t_K} t dt + \int_{t_K}^{T-t_K} \omega_{MAX} dt + \int_{T-t_K}^T \left(-\frac{\omega_{MAX}}{t_K}t + \frac{\omega_{MAX}}{t_K}T\right) dt \\ &= \frac{\omega_{MAX}}{2t_K} [t^2]_0^{t_K} + \omega_{MAX} [t]_{t_K}^{T-t_K} + \frac{\omega_{MAX}}{t_K} \left[-\frac{t^2}{2} + Tt\right]_{T-t_K}^T \end{aligned} \tag{1}$$

$$\Rightarrow \theta = \omega_{MAX}(T - t_K)$$

Ngược lại ta có thể tính được thời gian T để thực hiện hành trình  $\theta$  như sau:

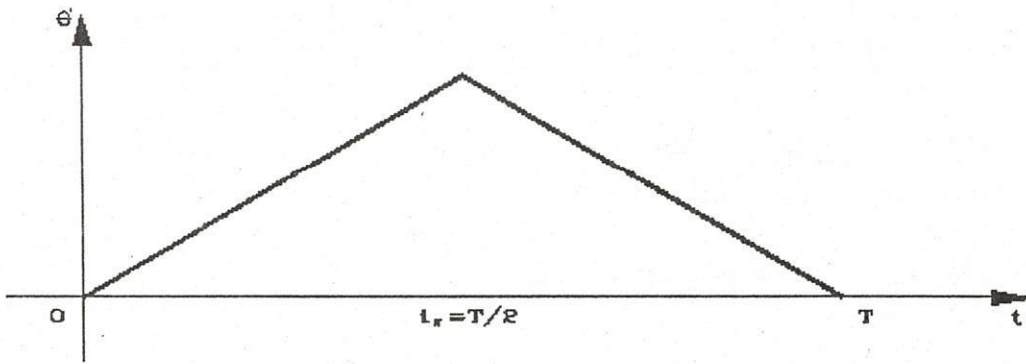
$$\text{Vậy } T = \theta / \omega_{MAX} + t_K$$

$$\text{Đặt } T_{LFPB} = \theta / \omega_{MAX} + t_K \tag{2}$$

Ta thấy với hành trình cho trước  $\theta$ , tốc độ tối đa của động cơ có thể cung cấp  $\omega_{MAX}$ , để đạt tốc độ nhanh nhất thì thời gian khởi động hay dừng  $t_K$  phải càng bé càng tốt tương ứng với gia tốc khởi động  $a = \omega_{MAX} / t_K$  càng lớn càng tốt, điều này cũng phù hợp với thực tế vì cấu tạo động cơ và kết cấu của hệ thống quyết định.

### 3.2. So sánh với điều khiển tốc độ theo thời gian ngắn nhất

Sau đây ta hãy so sánh với việc điều khiển tốc độ theo thời gian ngắn nhất (MT) theo dạng tam giác:



Hình 4 Điều khiển động cơ với thời gian ngắn nhất

Đặc điểm điều khiển này là thời gian khởi động bằng phân nửa thời gian quay hết hành trình  $t_K = T/2$

Phương trình vận tốc trong 2 giai đoạn:

$$[1]. t \in [0, T/2]$$

Phương trình vận tốc có dạng  $\theta' = at + b$

$$\text{Tại } t=0, \theta'=0 \Rightarrow b=0$$

$$\text{Tại } t=T/2, \theta' = \omega_{MAX} \Rightarrow a = 2\omega_{MAX}/T$$

$$\text{Vậy } \theta' = \frac{2\omega_{MAX}}{T}t$$

[2].  $t \in [T/2, T]$

Phương trình có dạng  $\theta' = c.t+d$

Tại  $t = T/2$ ,  $\theta' = \omega_{MAX} = c.T/2 + d$

Tại  $t = T$ ,  $\theta' = 0 = c.T + d$

$$\Rightarrow c = -2\omega_{MAX}/T$$

$$\Rightarrow d = 2\omega_{MAX}$$

Phương trình  $\theta' = \frac{-2\omega_{MAX}}{T}t + 2\omega_{MAX}$

Góc quay  $\theta$  mà động cơ có thể thực hiện được trong thời gian  $T$  là:

$$\begin{aligned} \theta &= \int_0^T \theta' dt = \int_0^{T/2} \frac{2\omega_{MAX}}{T} t dt + \int_{T/2}^T \left( -\frac{2\omega_{MAX}}{T} t + 2\omega_{MAX} \right) dt \\ &= \frac{\omega_{MAX}}{T} \left[ t^2 \right]_0^{T/2} + \left[ -\frac{\omega_{MAX}}{T} t^2 + 2\omega_{MAX} t \right]_{T/2}^T \\ \Rightarrow \theta &= \frac{\omega_{MAX} T}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

Vậy thời gian  $T$  để quay góc  $\theta$  là:

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\theta}{\omega_{MAX}} \\ \text{đặt } T_{MT} &= \frac{2\theta}{\omega_{MAX}} \end{aligned} \quad (4)$$

So sánh giữa (2) và (4) ta có các thời gian để thực hiện cùng góc quay  $\theta$  theo 2 kiểu điều khiển là:

$$\text{Điều khiển LFPB} \quad T_{LFPB} = \frac{\theta}{\omega_{MAX}} + t_K \quad (2)$$

$$\text{Điều khiển theo MT} \quad T_{MT} = \frac{2\theta}{\omega_{MAX}} \quad (4)$$

Nhận xét ta thấy:

- Công thức (2) là trường hợp tổng quát mà ta đã chứng minh ở phần II, nếu thời gian khởi động  $t_K$  trong (2) bằng phân nửa thời gian thực hiện góc quay  $T$  thì ta được (4).

-  $T_{LFPB}$  luôn bé hơn  $T_{MT}$ . Thí dụ nếu thời gian khởi động  $t_K$  bằng  $1/4$  thời gian hành trình thì theo điều khiển theo LFPB trong (2) ta có:  $T_{LFPB} = \frac{4}{3} \frac{\theta}{\omega_{MAX}}$  vẫn bé hơn

$T_{ST}$  trong công thức (4)

#### 4. KẾT LUẬN

Vậy việc chọn điều khiển động cơ theo LFPB với thời gian khởi động và dừng  $t_K$  ngắn nhất trong điều kiện cụ thể của động cơ thì sẽ có thể đạt được tốc độ nhanh nhất.

## RESEARCH ON THE SELECTION OF CONTROLLING ELECTRICAL SERVO-MOTOR IN ROBOT CONTROL FOR ACHIEVEMENT THE HIGHEST VELOCITY

Le Khanh Dien

University of Technology, Vietnam National University Ho Chi Minh City.

**ABSTRACT:** *This paper examines some current controllings of velocity of electrical motor that are popular in technical books especially for Linear Functions with Parabolic Blends trajectory control (LFPB) and Minimum-Time trajectory control (MT). This paper also proves that the LFPB with shortest starting time is suitable with a concrete motor and dynamic system. This version of controlling seems prevail over the Minimum-Time Control that are mentioned in some professional technical books.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. F.L Lewis , C.T. Abdallah, D.M. Dawson: *Control of Robot manipulators Macmiland,1993.*
- [2]. Saeed B Niku : *Introduction to Robotics, Analysis system, Application Prentice Hall, 2001.*
- [3]. Peter I. Coke: *Visual Control of robots – High performance Visual Servoing Research Studies Press, 1996.*
- [4]. Francis H. Raven: *Automatic Cotrol Engineering Mc Graw-Hill, 1995.*