

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO



TIỂU LUẬN CUỐI KÌ
ỨNG DỤNG MÁY TÍNH (ĐỘNG CƠ)

ĐỀ TÀI: ỨNG DỤNG SIMSCAPE TRONG MÔ PHỎNG
ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG CHỖI
THAN TRÊN XE MÁY ĐIỆN

SVTH: NGUYỄN KHẮC THÀNH ĐẠT

MSSV: 18145332

SVTH: PHẠM HOÀNG DƯƠNG

MSSV: 19145215

GVHD: Th.S Huỳnh Quốc Việt

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 12 năm 2021

NHIỆM VỤ TIỂU LUẬN

Họ và tên sinh viên: Nguyễn Khắc Thành Đạt **MSSV:** 18145332

Họ và tên sinh viên: Phạm Hoàng Dương **MSSV:** 19145215

Ngành: Công nghệ kỹ thuật ô tô **Lớp:** UDMT ĐC (Thứ 7, t13-15)

Giảng viên hướng dẫn: Th.S Huỳnh Quốc Việt

Ngày nhận đề tài: 11/2021

Ngày nộp: 12/2021

1. **Tên đề tài:** Ứng dụng Simscape trong mô phỏng điều khiển tốc độ động cơ không chổi than trên xe máy điện

2. **Số liệu ban đầu:**

-Thông số động cơ không chổi than

3. **Nội dung thực hiện**

-Tìm hiểu về cơ sở lý thuyết.

-Tìm hiểu về cách điều khiển động cơ không chổi than.

-Mô phỏng điều khiển tốc độ động cơ không chổi than bằng bộ điều khiển PID.

4. **Sản phẩm:** 01 cuốn thuyết minh, 01 file chương trình mô phỏng Simscape, 01 file powerpoint.

TRƯỞNG NGÀNH

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

Họ và tên sinh viên: Nguyễn Khắc Thành Đạt **MSSV:** 18145332

Họ và tên sinh viên: Phạm Hoàng Dương **MSSV:** 19145215

Ngành: Công nghệ Kỹ thuật ô tô

Tên đề tài: Mô phỏng điều khiển PI tốc độ động cơ không chổi than bằng Simscape

Họ và tên Giáo viên hướng dẫn: Huỳnh Quốc Việt

NHẬN XÉT

1. Về nội dung đề tài & khối lượng thực hiện:

.....
.....

2. Ưu điểm:

.....
.....
.....

3. Khuyết điểm

.....
.....
.....

4. Đề nghị cho bảo vệ hay không?

.....

5. Đánh giá loại:

.....

6. Điểm.....(Bằng chữ:.....)

Tp. Hồ Chí Minh, ngày tháng... năm 2021

Giảng viên hướng dẫn

(Ký & ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Em chân thành cảm ơn Thầy Huỳnh Quốc Việt bộ môn Động Cơ, khoa Cơ Khí Động Lực, trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TPHCM đã tận tình truyền đạt kiến thức trong mùa dịch Covid. Với vốn kiến thức được tiếp thu trong quá trình học là nền tảng cho quá trình làm tiểu luận. Em xin cảm ơn Thầy đã cung cấp những tài liệu ứng dụng máy tính trong mô phỏng động cơ cần thiết để em dễ dàng hơn trong việc thực hiện đề tài này.

MỤC LỤC

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN	ii
LỜI CẢM ƠN	iii
MỤC LỤC.....	iv
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	vi
DANH MỤC HÌNH ẢNH	vii
DANH MỤC BẢNG.....	viii
Chương 1	1
MỞ ĐẦU	1
1.1. Giới thiệu về Simscape.....	1
1.2. Giới thiệu về xe máy điện Vinfast Clara S sử dụng Hub motor.....	1
Bảng 1.2. Thông số kỹ thuật	1
Chương 2	2
NỘI DUNG	2
2.1. Cơ sở lý thuyết	2
2.1.1. Giới thiệu tổng quan về động cơ BLDC	2
2.1.2.Cấu tạo của động cơ BLDC	4
2.1.3.Stator	7
2.1.4.Rotor.....	9
2.1.5.Cảm biến vị trí kiểu Hall.....	11
2.1.6. Bộ phận chuyển mạch điện tử.....	13
2.1.7. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC.....	14
2.1.8. Các phương pháp điều khiển.....	14
2.1.9.Bộ điều khiển PID.....	17
2.2. Thực hiện mô phỏng	20
2.2.1.Khởi Brushless DC Motor.....	21

2.2.2. Bộ điều khiển Logic	23
2.2.3. Bộ chuyển mạch	25
2.2.4. Bộ cảm biến Hall	25
2.2.5. Bộ điều khiển PID	27
Chương 3	29
KẾT QUẢ MÔ PHỎNG	29
3.1. Kết quả khi không dùng PID và chưa hiệu chỉnh đúng thông số PID	29
3.2. Kết quả khi hiệu chỉnh đúng thông số PID	31
Chương 4	34
NHẬN XÉT KẾT LUẬN	34
4.1. Về tính phức tạp, tính mới của đề tài	34
4.2. Về tính thực tế của đề tài	34
TÀI LIỆU THAM KHẢO	35
BẢNG PHÂN CÔNG	36

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Nghĩa tiếng Anh	Nghĩa tiếng Việt
BLDC	Brushless DC Motor	Động cơ không chổi than
Rpm	Revolution per minute	Vòng trên phút

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 2.1: BLDC motor	3
Hình 2.1.2a: Cấu tạo BLDC	5
Hình 2.1.2b: Phân loại động cơ BLDC	6
Hình 2.1.2c: Sơ đồ khối bộ điều khiển động cơ BLDC	6
Hình 2.1.3a: Cấu tạo Stator	8
Hình 2.1.3b: Sức phản điện hình thang (trái) và hình sin (phải).....	9
Hình 2.1.4a: Cấu tạo rotor.....	10
Hình 2.1.4b: Phân loại Rotor.....	11
Hình 2.1.5a: Hiệu ứng Hall	12
Hình 2.1.5b: Vị trí cảm biến Hall trên BLDC.....	12
Hình 3.1a: $P=0.5; I=0, D=0$	29
Hình 3.1b: $P=0.5; I=1; D=0$	29
Hình 3.1c: Điều khiển bằng tay (không PID)	30
Hình 4.2a: $P=0.5, I=1, D=4$	31
Hình 4.2b: Đồ thị bước nhảy của động cơ	32
Hình 3.2c: Đồ thị sức phản điện 3 pha khi tốc độ thay đổi.....	33
Hình 3.2d: Tổng hợp kết quả mô phỏng	33

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.2. Thông số kỹ thuật Vinfast Klara S và động cơ không chổi than.....	1
---	---

Chương 1

MỞ ĐẦU

1.1. Giới thiệu về Simscape

Simscape là một phần mềm cho phép người dùng nhanh chóng tạo ra một model vật lý bên trong môi trường của Simulink. Với Simscape, bạn có thể xây dựng các model vật lý bằng các block có sẵn bằng cách kết nối chúng như là một mạch điện. Các model vật lý có sẵn trong Simscape như là motor điện, diode chỉnh lưu, bộ phận công tác thủy lực...

Simscape còn giúp người dùng điều khiển và đo kiểm chương trình. Người dùng có thể tùy chỉnh các thành phần sử dụng trong Matlab dựa trên ngôn ngữ Simscape và sử dụng các biến số, đối số cho việc thiết kế hệ thống vật lý. Để triển khai model trong các môi trường khác, bao gồm HIL systems, Simscape hỗ trợ lập trình ngôn ngữ C.

1.2. Giới thiệu về xe máy điện Vinfast Klara S sử dụng Hub motor

Bảng 1.2. Thông số kỹ thuật

Hạng mục	Số liệu
Bán kính bánh xe	6 inch ~ 0.0254 m
Tốc độ tối đa	50 km/h
Loại động cơ	Không chổi than trong bánh xe sau
Số cặp cực	2
Hệ số tự cảm cuộn dây	$8.5 \cdot 10^{-3}$ (H)
Điện trở trong cuộn dây	0.04 (Ohm)
Moment quán tính	0.01 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

Chương 2

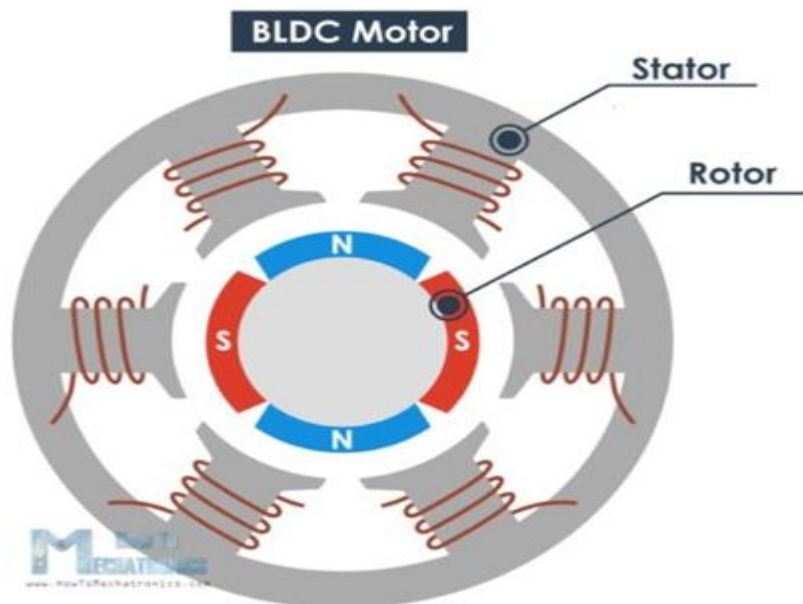
NỘI DUNG

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Giới thiệu tổng quan về động cơ BLDC

Động cơ một chiều không chổi than (Brushless Direct Current- BLDC) là động cơ điện sử dụng cơ chế chuyển mạch bằng điện tử thay vì sử dụng chổi than và cổ góp như ở động cơ điện một chiều.

Động cơ một chiều (ĐCMC) thông thường có hiệu suất cao và các đặc tính của chúng thích hợp với các truyền động servo. Tuy nhiên, hạn chế duy nhất là trong cấu tạo của chúng cần có cổ góp và chổi than, những thứ dễ bị mòn và yêu cầu bảo trì, bảo dưỡng thường xuyên. Để khắc phục nhược điểm này người ta chế tạo loại động cơ không cần bảo dưỡng bằng cách thay thế chức năng của cổ góp và chổi than bởi cách chuyển mạch sử dụng thiết bị bán dẫn (chẳng hạn như biến tần sử dụng transistor công suất chuyển mạch theo vị trí rotor). Những động cơ này được biết đến như là động cơ đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh cửu hay còn gọi là động cơ một chiều không chổi than BLDC (Brushless DC Motor). Do không có cổ góp và chổi than nên động cơ này khắc phục được hầu hết các nhược điểm của động cơ một chiều có vành góp thông thường.



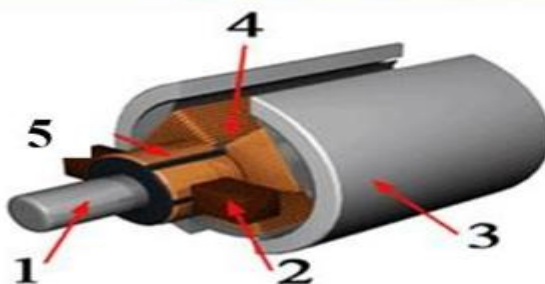
Hình 2.1: BLDC motor

So sánh động cơ BLDC và động cơ thông thường



a, Động cơ BLDC

1. Trục Rotor
2. Nam châm vĩnh cửu
3. Cuộn dây
4. Ổ bi



b, Động cơ DC

1. Trục Rotor
2. Chổi than
3. Nam châm vĩnh cửu
4. Cuộn dây
5. Cổ góp

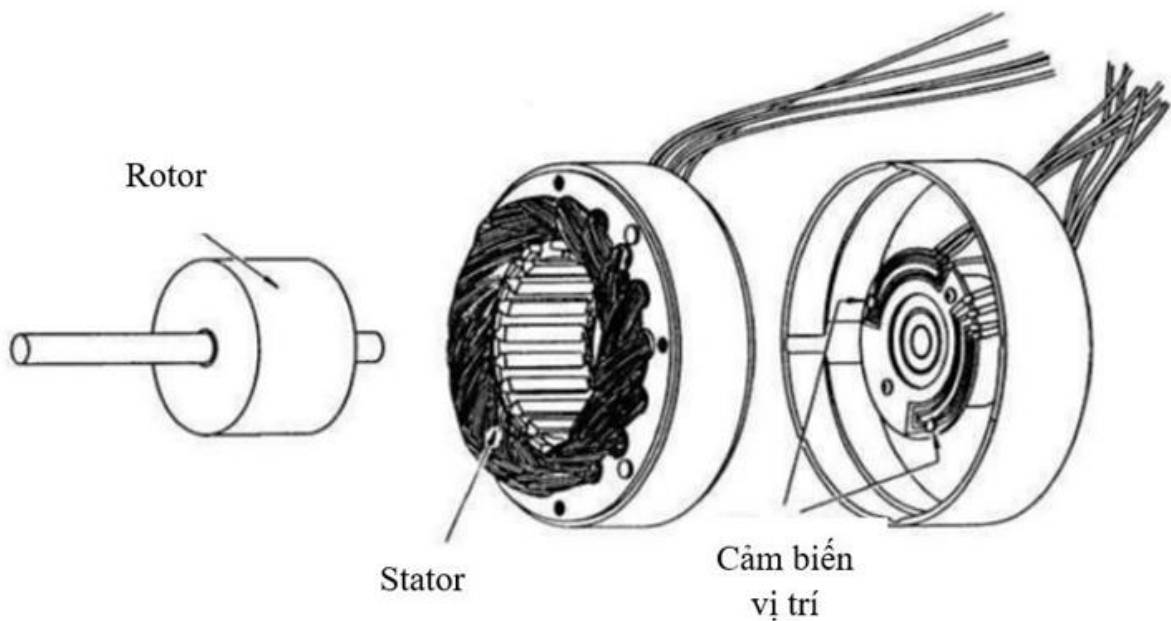
Bảng 2.1.1: So sánh BLDC và động cơ DC thường

Nội dung so sánh	Động cơ BLDC	Động cơ DC
Bộ chuyển mạch	Chuyển mạch điện tử sử dụng thiết bị bán dẫn như transistor, IGBT....	Tiếp xúc cơ khí giữa chổi than và cổ góp
Hiệu suất	Hiệu suất ổn định 70-75%	Hiệu suất cao 85-90%
Phương pháp xác định vị trí Rotor	Sử dụng các cảm biến	Tự động xác định bằng chổi than
Phương pháp đảo chiều	Sắp xếp lại thứ tự của các tín hiệu logic	Đảo chiều điện áp nguồn (cấp cho phần ứng hoặc mạch kích từ)
Dải điều chỉnh tốc độ	Không bị giới hạn về mặt cơ khí do được điều khiển điện tử nên động cơ có dải tốc độ cao	Bị giới hạn tốc độ về mặt cơ khí, do chổi than và cổ góp
Tuổi thọ	Cao vì động cơ BLDC không có chổi than cổ góp	Thấp

Từ bảng trên ta nhận thấy rằng ưu điểm mà động cơ không chổi than mang lại là rất lớn, đảm bảo sự an toàn, đáp ứng được những nhu cầu mà động cơ một chiều thông thường không đáp ứng được.

2.1.2.Cấu tạo của động cơ BLDC

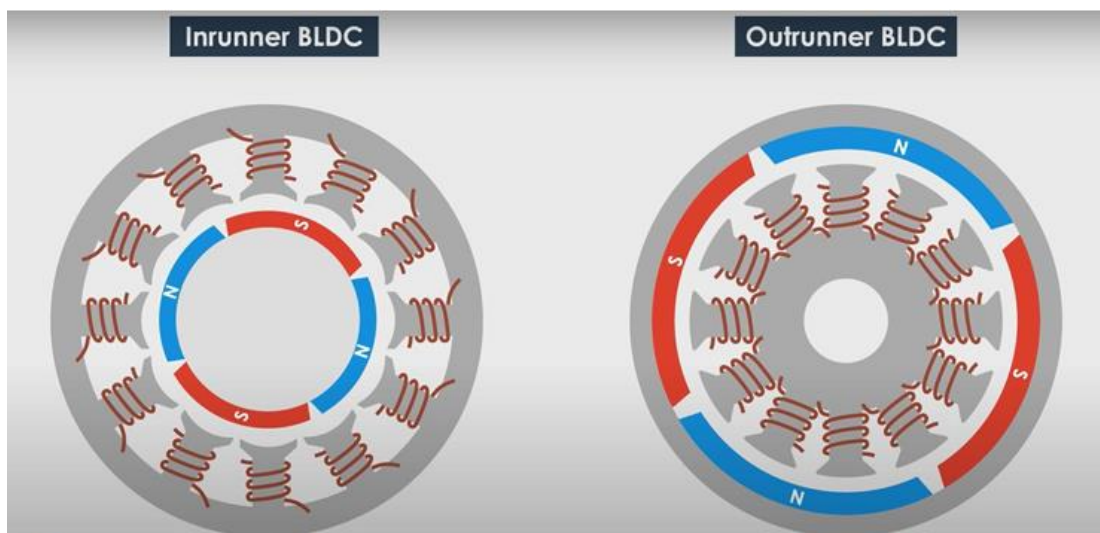
Cấu tạo của động cơ gồm 3 bộ phận chính : Rotor, stator và cảm biến vị trí



Hình 2.1.2a: Cấu tạo BLDC

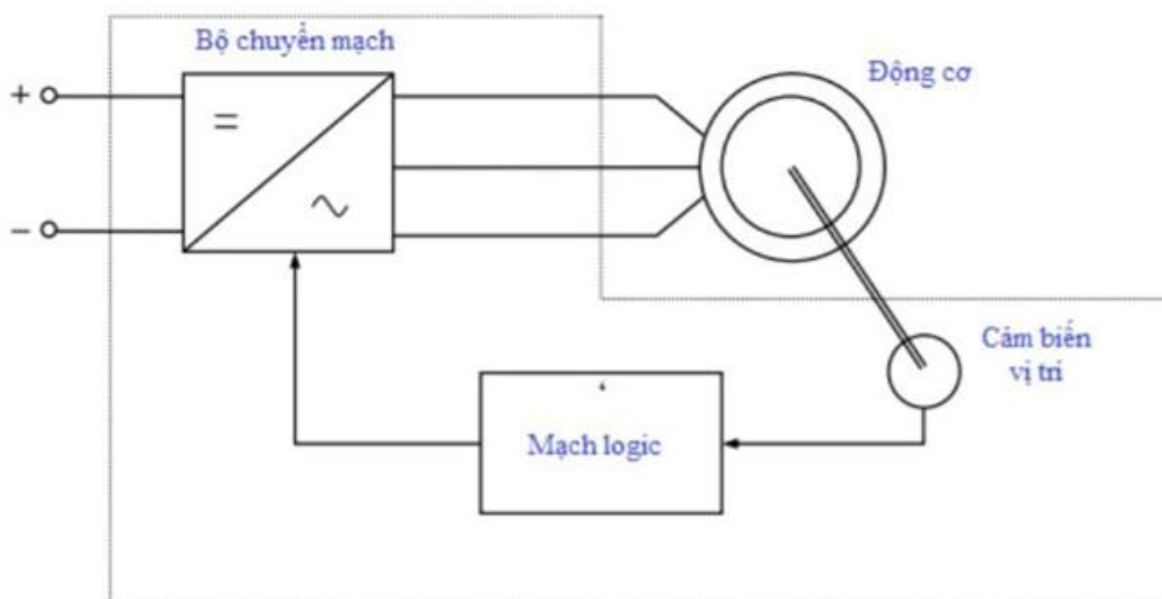
Sự khác biệt so với động cơ DC thông thường là không có cơ cụm cơ khí chổi than và cổ góp để kích từ cho Rotor. Trong động cơ BLDC thành phần được kích từ là Stator, cũng là bộ phận đứng yên.

Hiện nay động cơ BLDC có hai loại cơ bản là Inrunner BLDC và Outrunner BLDC. Về mặt cơ bản chúng có chung nguyên lý hoạt động và khác nhau về cách bố trí. Inrunner BLDC là loại có rotor nằm trong và stator nằm ngoài. Outrunner BLDC loại có rotor nằm ngoài và bao lấy Stator nằm trong.



Hình 2.1.2b: Phân loại động cơ BLDC

Cấu tạo của động cơ một chiều không chổi than rất giống một loại động cơ xoay chiều đó là động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh cửu



Hình 2.1.2c: Sơ đồ khối bộ điều khiển động cơ BLDC

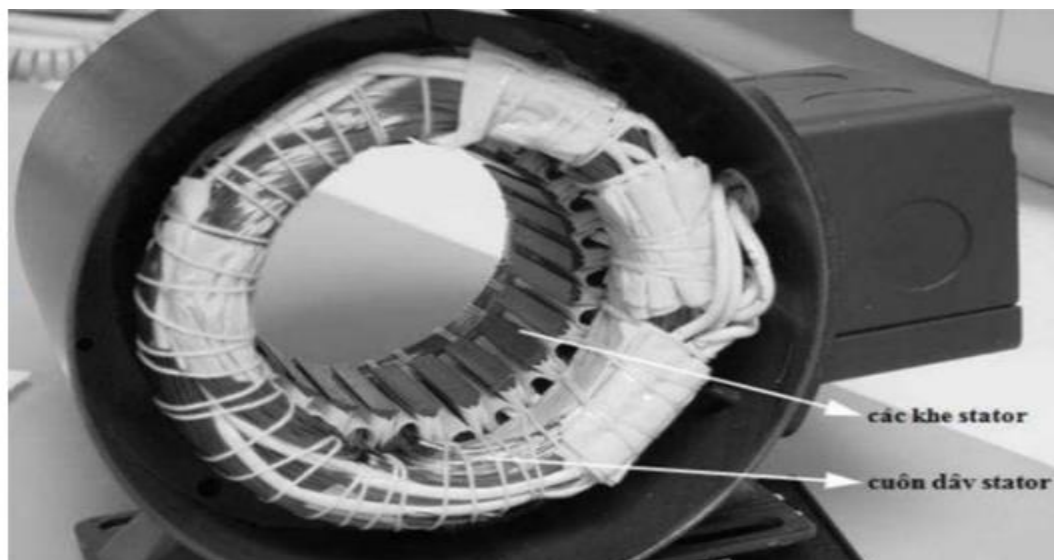
Dây quấn stator tương tự như dây quấn stator của động cơ xoay chiều nhiều pha và rotor bao gồm một hay nhiều nam châm vĩnh cửu. Điểm khác biệt cơ bản của động

cơ một chiều không chổi than so với động cơ xoay chiều đồng bộ là nó kết hợp một vài phương tiện để xác định vị trí của rotor (hay vị trí của cực từ) nhằm tạo ra các tín hiệu điều khiển bộ chuyển mạch điện tử như biểu diễn trên hình. Từ hình trên ta thấy rằng động cơ một chiều không chổi than chính là sự kết hợp của động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích vĩnh cửu và bộ đổi chiều điện tử chuyển mạch theo vị trí rotor.

Việc xác định vị trí rotor được thực hiện thông qua cảm biến vị trí, hầu hết các cảm biến vị trí rotor (cực từ) là phần tử Hall, tuy nhiên cũng có một số động cơ sử dụng cảm biến quang học. Mặc dù hầu hết các động cơ chính thông và có năng suất cao đều là động cơ ba pha, động cơ một chiều không chổi than hai pha cũng được sử dụng khá phổ biến vì cấu tạo và mạch truyền động đơn giản.

2.1.3.Stator

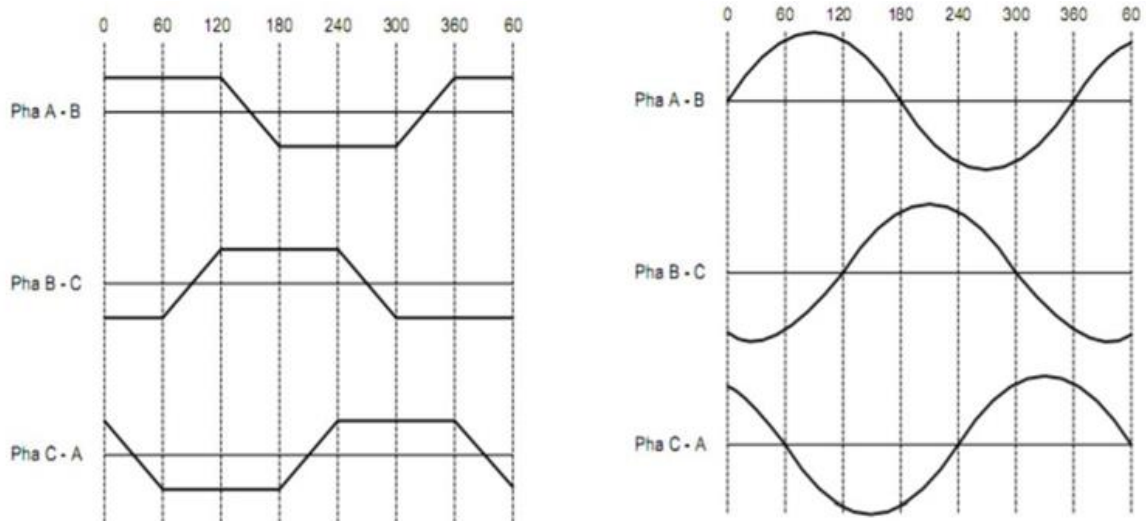
Khác với động cơ một chiều thông thường, stator của động cơ một chiều không chổi than chứa dây quấn phản ứng. Dây quấn phản ứng có thể là hai pha, ba pha hay nhiều pha nhưng thường là dây quấn ba pha . Dây quấn ba pha có hai sơ đồ nối dây, đó là nối theo hình sao Y hoặc hình tam giác Δ



Hình 2.1.3a: Cấu tạo Stator

Mỗi một cuộn dây được cấu tạo bởi một số lượng các bó dây nối liền với nhau. Các bó dây này được đặt trong các khe và chúng được nối liền nhau để tạo nên một cuộn dây. Mỗi một trong các cuộn dây được phân bố trên chu vi của stator theo trình tự thích hợp để tạo nên một số chẵn các cực. Cách bố trí và số rãnh của stator của động cơ khác nhau thì cho chúng ta số cực của động cơ khác nhau.

Sự khác nhau trong cách nối liền các bó dây trong cuộn dây stator tạo nên sự khác nhau của hình dáng sức phản điện động. Động cơ BLDC có 2 dạng sức phản điện động là dạng hình sin và dạng hình thang. Cũng chính vì sự khác nhau này mà tên gọi của động cơ cũng khác nhau, đó là động cơ BLDC hình sin và động cơ BLDC hình thang. Dòng điện pha của động cơ tương ứng cũng có dạng hình sin và hình thang. Điều này làm cho momen của động cơ hình sin phẳng hơn nhưng đắt hơn vì phải có thêm các bó dây 8 mắc liên tục. Còn động cơ hình thang thì rẻ hơn nhưng đặc tính momen lại nhấp nhô do sự thay đổi điện áp của sức phản điện động là lớn hơn.

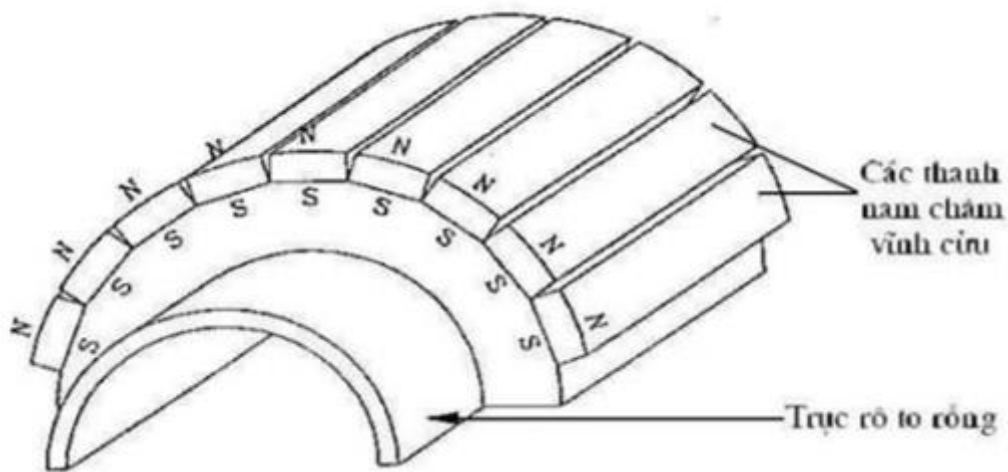


Hình 2.1.3b: Sức phản điện hình thang (trái) và hình sin (phải)

Động cơ một chiều không chổi than thường có các cấu hình 1 pha, 2 pha và 3 pha. Tương ứng với các loại đó thì stator có số cuộn dây là 1, 2 và 3. Phụ thuộc vào khả năng cấp công suất điều khiển, có thể chọn động cơ theo tỷ lệ điện áp. Động cơ nhỏ hơn hoặc bằng 48V được dùng trong máy tự động, robot, các chuyển động nhỏ. Các động cơ trên 100V được dùng trong các thiết bị công nghiệp, tự động hóa và các ứng dụng công nghiệp.

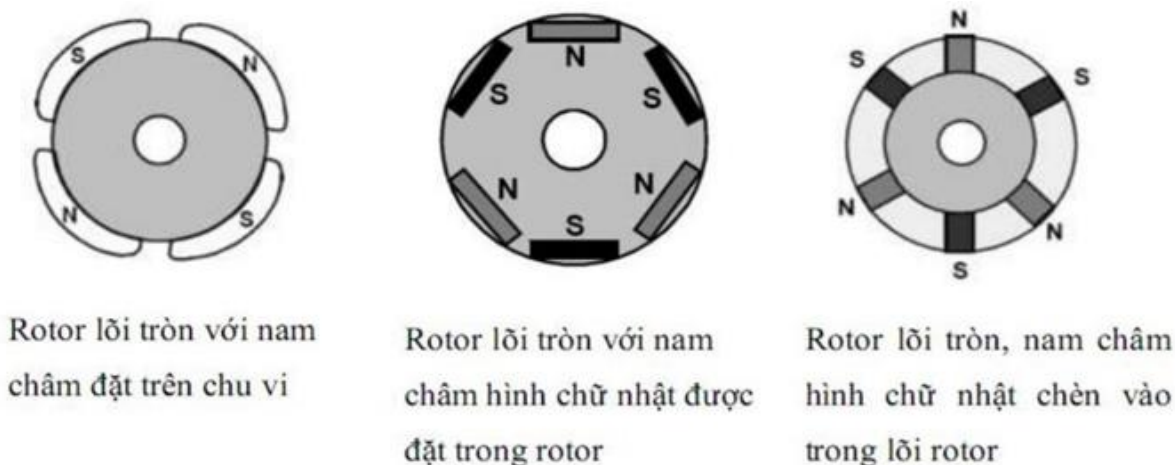
2.1.4. Rotor

Được gắn vào trục động cơ và trên bề mặt rotor có dán các thanh nam châm vĩnh cửu. Ở các động cơ yêu cầu quán tính của rotor nhỏ, người ta thường chế tạo trục của động cơ có dạng hình trụ rỗng. Rotor được cấu tạo từ các nam châm vĩnh cửu. Số lượng đôi cực dao động từ 2 đến 8 với các cực Nam (S) và Bắc (N) xếp xen kẽ nhau.



Hình 2.1.4a: Cấu tạo rotor

Dựa vào yêu cầu về mật độ từ trường trong rotor, chất liệu nam châm thích hợp được chọn tương ứng. Nam châm Ferrite thường được sử dụng. Khi công nghệ phát triển, nam châm làm từ hợp kim ngày càng phổ biến. Nam châm Ferrite rẻ hơn nhưng mật độ thông lượng trên đơn vị thể tích lại thấp. Trong khi đó, vật liệu hợp kim có mật độ từ trên đơn vị thể tích cao và cho phép thu nhỏ kích thước của rotor nhưng vẫn đạt được momen tương tự. Do đó, với cùng thể tích, momen của rotor có nam châm hợp kim luôn lớn hơn rotor nam châm Ferrite



Hình 2.1.4b: Phân loại Rotor

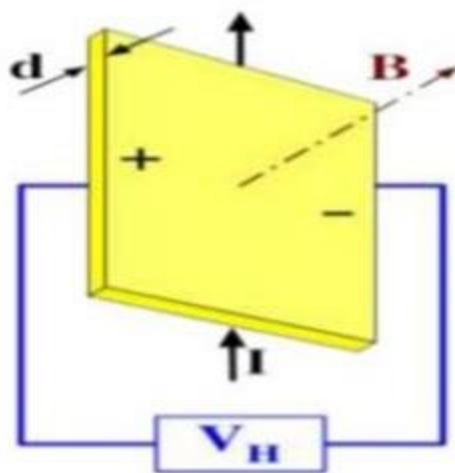
2.1.5. Cảm biến vị trí kiểu Hall

Không giống như động cơ một chiều dùng chổi than, chuyển của động cơ một chiều không chổi than được điều khiển bằng điện tử. Tức là các cuộn dây của stator sẽ được cấp điện nhờ sự chuyển mạch của các van bán dẫn công suất. Để động cơ làm việc, cuộn dây của stator được cấp điện theo thứ tự. Tức là tại một thời điểm thì không ngẫu nhiên cấp điện cho cuộn dây nào cả mà phụ thuộc vào vị trí của rotor động cơ ở đâu để cấp điện cho đúng. Vì vậy điều quan trọng là cần phải biết vị trí của roto để tiến tới biết được cuộn dây stator tiếp theo nào sẽ được cấp điện theo thứ tự cấp điện. Vị trí của rotor được đo bằng các cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall được đặt ẩn trong stator.

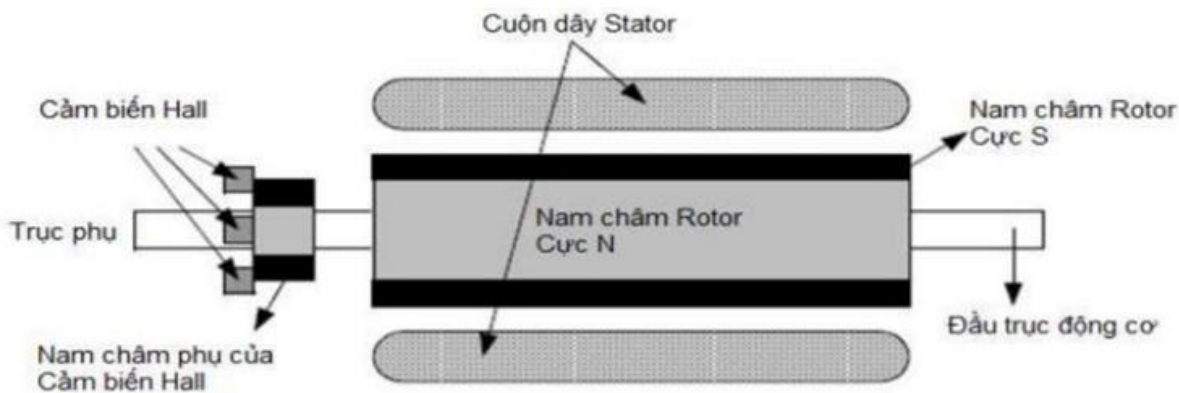
Hầu hết tất cả các động cơ một chiều không chổi than đều có cảm biến Hall đặt ẩn bên trong stato, ở phần đuôi trục (trục phụ) của động cơ. 10 Mỗi khi các cực nam châm của rotor đi qua khu vực gần các cảm biến Hall, các cảm biến sẽ gửi ra tín hiệu cao hoặc thấp ứng với khi cực Bắc hoặc cực Nam đi qua cảm biến.

Dựa vào tổ hợp của các tín hiệu từ 3 cảm biến Hall, thứ tự chuyển mạch chính xác được xác định. Tín hiệu mà các cảm biến Hall nhận được sẽ dựa trên hiệu ứng Hall. Đó là khi có một dòng điện chạy trong một vật dẫn được đặt trong một từ trường, từ trường sẽ tạo ra một lực nằm ngang lên các điện tích di chuyển trong vật dẫn theo

hướng đẩy chúng về một phía của vật dẫn. Số lượng các điện tích bị đẩy về một phía sẽ cân bằng với mức độ ảnh hưởng của từ trường. Điều này dẫn đến xuất hiện một hiệu điện thế giữa 2 mặt của vật dẫn. Sự xuất hiện của hiệu điện thế có khả năng đo được này được gọi là hiệu ứng Hall, lấy tên người tìm ra nó vào năm 1879



Hình 2.1.5a: Hiệu ứng Hall



Hình 2.1.5b: Vị trí cảm biến Hall trên BLDC

Hình trên là mặt cắt ngang của động cơ một chiều không chổi than với rotor có các nam châm vĩnh cửu. Cảm biến Hall được đặt trong phần đứng yên của động cơ. Việc đặt cảm biến Hall trong stator là quá trình phức tạp vì bất cứ một sự mất cân đối sẽ dẫn đến việc tạo ra một sai số trong việc xác định vị trí rotor. Để đơn giản quá trình gắn cảm biến lên stator, một vài động cơ có các nam châm phụ của cảm biến Hall

được gắn trên rotor, thêm vào so với nam châm chính của rotor. Đây là phiên bản thu nhỏ của nam châm trên rotor. Do đó, mỗi khi rotor quay, các nam châm cảm biến rotor đem lại hiệu ứng tương tự như của nam châm chính. Các cảm biến Hall thông thường được gắn trên mạch in và cố định trên nắp đáy động cơ. Điều này cho phép người dùng có thể điều chỉnh hoàn toàn việc lắp ráp các cảm biến Hall để căn chỉnh với nam châm rotor, đem lại khả năng hoạt động tối đa.

Dựa trên vị trí vật lý của cảm biến Hall, có 2 cách đặt cảm biến. Các cảm biến Hall có thể được đặt dịch pha nhau các góc 60 độ hoặc 120 độ tùy thuộc vào số đôi cực. Dựa vào điều này, các nhà sản xuất động cơ định nghĩa các chu trình chuyển mạch mà cần phải thực hiện trong quá trình điều khiển động cơ.

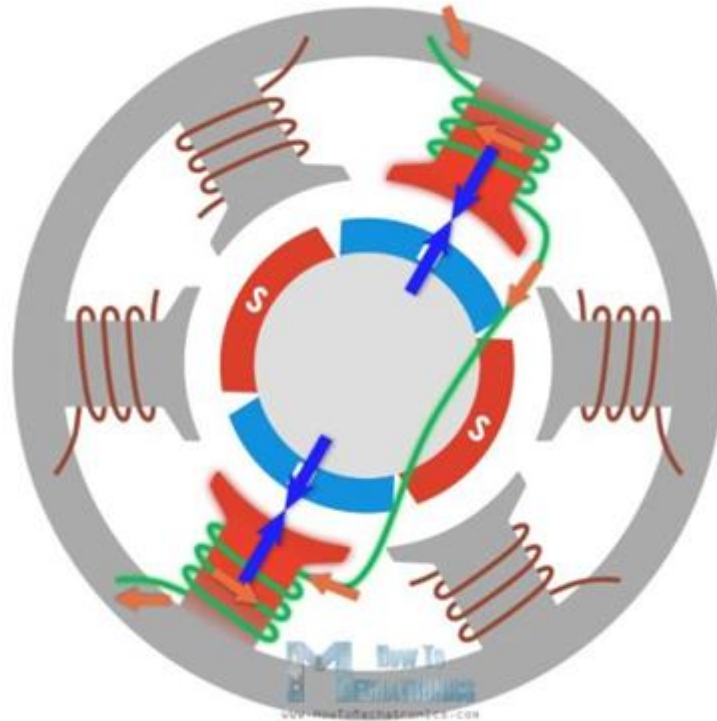
Các cảm biến Hall cần được cấp nguồn. Điện áp cấp có thể từ 4 đến 24V. Yêu cầu dòng từ 5 đến 15mA. Khi thiết kế bộ điều khiển, cần để ý đến đặc điểm kỹ thuật tương ứng của từng loại động cơ để biết được chính xác điện áp và dòng điện của các cảm biến Hall được dùng. Đầu ra của các cảm biến Hall thường là loại open-collector, vì thế, cần có điện trở treo ở phía bộ điều khiển nếu không có điện trở treo thì tín hiệu mà chúng ta có được không phải là tín hiệu xung vuông mà là tín hiệu nhiễu.

2.1.6. Bộ phận chuyển mạch điện tử

Ở động cơ một chiều không chổi than vì dây quấn phần ứng được bố trí trên stator đứng yên nên bộ phận đổi chiều dễ dàng được thay thế bởi bộ đổi chiều điện tử sử dụng transistor công suất chuyển mạch theo vị trí roto.

Do trong cấu trúc của động cơ một chiều không chổi than cần có cảm biến vị trí rotor. Khi đó bộ đổi chiều điện tử có thể đảm bảo sự thay đổi chiều của dòng điện trong dây quấn phần ứng khi rotor quay giống như vành góp và chổi than của động cơ một chiều thông thường.

2.1.7. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC



Rotor các cực trên rotor được làm bằng nam châm vĩnh cửu và được sắp xếp xen kẽ nhau. Khi có dòng điện qua cuộn dây ứng với một phase, cuộn dây sẽ tạo ra từ trường hút nam châm vĩnh cửu. Tiếp tục kích hoạt từng cặp cuộn dây, rotor sẽ tiếp tục quay do lực tương tác giữa nam châm điện và nam châm vĩnh cửu

2.1.8. Các phương pháp điều khiển

Để điều khiển động cơ BLDC có hai phương pháp chính: phương pháp dùng cảm biến Hall (hoặc encoder) và phương pháp điều khiển không cảm biến (sensorless control). Trong đó ta có hai phương pháp điều chế điện áp ra từ bộ điều khiển đó là điện áp dạng sóng hình thang và dạng sóng hình sin. Cả hai phương pháp hình thang và hình sin đều có thể sử dụng cho điều khiển có cảm biến Hall và không cảm biến, trong khi phương pháp không cảm biến chỉ dùng phương pháp điện áp dạng sóng hình thang.

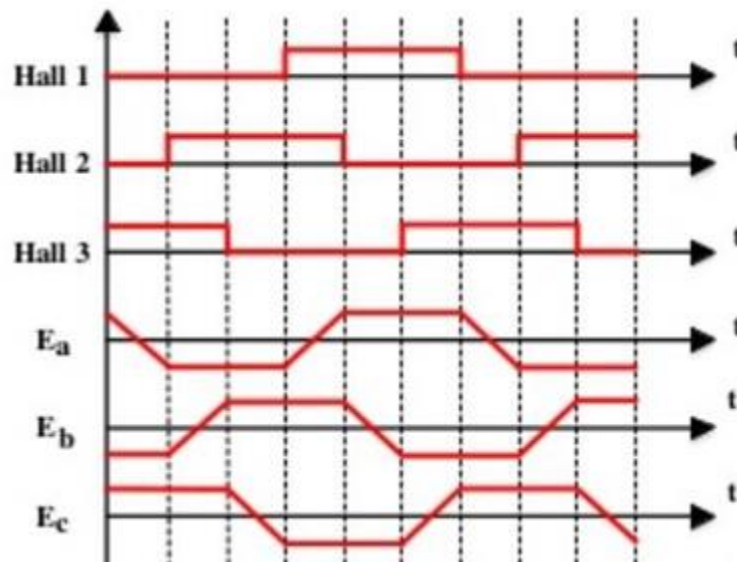
Phương pháp dùng cảm biến Hall

Động cơ BLDC ba phase cần có 3 cảm biến hall để xác định vị trí của Rotor. Dựa trên vị trí phân bố của cảm biến Hall, có 2 loại tín hiệu đầu ra. Hệ tín hiệu đầu ra lệch pha 60^0 và hệ tín hiệu đầu ra cảm biến lệch pha 120^0 . Việc kết hợp tín hiệu từ các cảm biến Hall này có thể cho phép xác định chính xác trình tự chuyển mạch.

Các cảm biến Hall “A” “B” “C” được gá trên stator tương ứng lệch nhau 120^0 . Dây quấn của Stator của động cơ được nối theo dạng hình sao. Ứng với mỗi góc quay 60^0 của Rotor thì một cảm biến Hall trong hệ thay đổi trạng thái. Cần 6 lần chuyển mạch để kết thúc một chu kỳ tín hiệu. Ở chế độ đồng bộ, sự đảo chiều của dòng điện 3 pha được thực hiện sau mỗi 60^0 . Với mỗi bước, một đầu dây quấn Stator được giữ ở mức điện áp cao, một đầu khác giữ ở mức điện áp thấp trong khi đầu dây thứ 3 để treo.

Tuy nhiên, mỗi chu kỳ tín hiệu không tương ứng với một vòng quay của Stator. Số chu kỳ tín hiệu cần thiết để để hoàn tất một vòng quay của Rotor phụ thuộc vào số cặp cực của Rotor.

Đặc tính sức phản điện động của ba cuộn dây lệch nhau 120^0 do các cuộn dây Stator được đặt lệch nhau 120^0 và góc chuyển mạch của sức điện động là 60^0 vì thế trong thời gian này thì không cấp dòng cho cuộn dây Stator tương ứng. Căn cứ vào dòng điện trong 3 pha của động cơ theo vị trí của cảm biến Hall để xác định được sơ đồ mở van cho bộ nghịch lưu. Do một chu kỳ có 6 lần cảm biến Hall thay đổi vị trí nên sẽ có 6 trạng thái mở van.



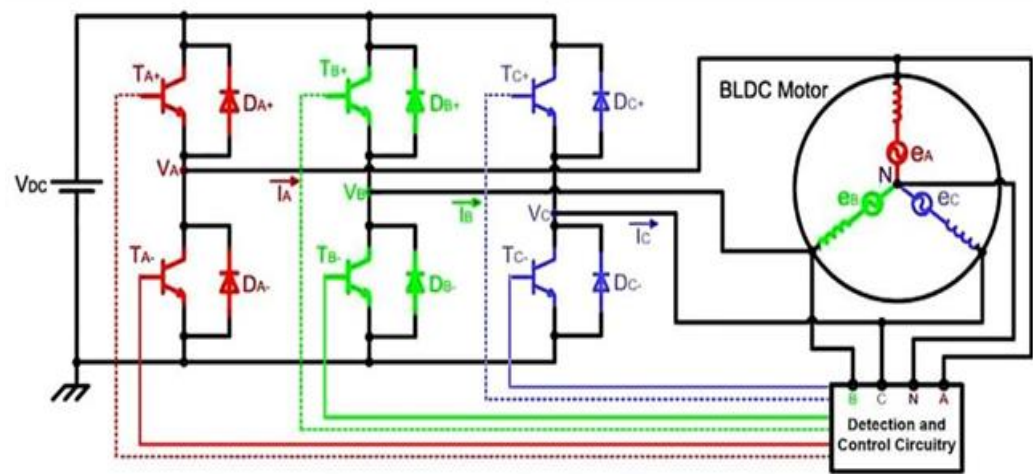
Hình 2.1.8a: Tín hiệu cảm biến Hall và sức phản điện động

Phương pháp không cảm biến

Đây là phương pháp sử dụng các ước lượng từ thông roto để điều khiển các khóa đóng cắt thay cho cảm biến Hall truyền thống. Do đó phương pháp này được gọi là phương pháp điều khiển không cảm biến (sensorless control). Cơ sở chính của điều khiển không cảm biến đối với động cơ BLDC là dựa vào thời điểm qua zezo của sức điện động cảm ứng trên các pha của động cơ. Tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng được phương pháp điện áp hình thang. Về cơ bản có hai kỹ thuật điều khiển không cảm biến:

Một là xác định vị trí roto dựa vào sức điện động của động cơ, phương pháp này đơn giản, dễ dàng thực hiện và giá thành rẻ.

Hai là ước lượng vị trí dùng các tổng số của động cơ, các giá trị điện áp và dòng điện trên động cơ. Phương pháp này tính toán phức tạp, khó điều khiển, giá thành cao.



Hình 2.1.8b: Điều khiển không cảm biến

Phương pháp ước lượng vị trí roto dựa vào thời điểm qua zezo của sức điện động đòi hỏi chúng ta tạo ra một điểm trung tính để có thể đo và bắt điểm qua zezo của sức điện động. Điểm trung tính có thể là trung tính hoặc trung tính ảo.

Điểm trung tính ảo trên lý thuyết có cùng điện thế với trung tính thật của các cuộn dây đấu hình Y. Tuy nhiên điểm trung tính không phải là điểm cố định. Điện áp của điểm trung tính có thể thay đổi từ 0 đến gần điện áp DC của nguồn. Trong khi điều chế PWM, tín hiệu PWM chồng chất lên điện áp trung tính, gây ra nhiễu rất lớn trên tín hiệu cảm biến, điều này gây trì hoãn không cần thiết cho tín hiệu cảm biến.

2.1.9. Bộ điều khiển PID

Một bộ điều khiển vi tích phân tỉ lệ (PID- Proportional Integral Derivative) là một cơ chế phản hồi vòng điều khiển (lý thuyết điều khiển tự động) [bộ điều khiển]] tổng quát được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điều khiển công nghiệp – bộ điều khiển PID là bộ điều khiển được sử dụng nhiều nhất trong các bộ điều khiển phản hồi. Bộ điều khiển PID sẽ tính toán giá trị "sai số" là hiệu số giữa giá trị đo thông số biến đổi và giá trị đặt mong muốn. Bộ điều khiển sẽ thực hiện giảm tối đa sai số bằng cách điều chỉnh giá trị điều khiển đầu vào.

Khâu tỉ lệ (P)

Khâu tỉ lệ (đôi khi còn được gọi là *độ lợi*) làm thay đổi giá trị đầu ra, tỉ lệ với giá trị sai số hiện tại. Đáp ứng tỉ lệ có thể được điều chỉnh bằng cách nhân sai số đó với một hằng số K_p , được gọi là hệ số tỉ lệ.

Khâu tỉ lệ được cho bởi:

$$P_{\text{out}} = K_p e(t)$$

trong đó

P_{out} : thừa số tỉ lệ của đầu ra

K_p : Hệ số tỉ lệ, thông số điều chỉnh

e : sai số = $SP - PV$

t : thời gian hay thời gian tức thời (hiện tại)

Khâu tích phân (I)

Phân phối của khâu tích phân (đôi khi còn gọi là *reset*) tỉ lệ thuận với cả biên độ sai số lẫn quãng thời gian xảy ra sai số. Tổng sai số tức thời theo thời gian (tích phân sai số) cho ta tích lũy bù đã được hiệu chỉnh trước đó. Tích lũy sai số sau đó được nhân với độ lợi tích phân và cộng với tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển. Biên độ phân phối của khâu tích phân trên tất cả tác động điều chỉnh được xác định bởi độ lợi tích phân, Thừa số tích phân được cho bởi:

$$I_{\text{out}} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

trong đó

I_{out} : thừa số tích phân của đầu ra

K_i : độ lợi tích phân, 1 thông số điều chỉnh

e : sai số = $SP - PV$

t : thời gian hoặc thời gian tức thời (hiện tại)

τ : một biến tích phân trung gian

Khâu đạo hàm (D)

Tốc độ thay đổi của sai số qua trình được tính toán bằng cách xác định độ dốc của sai số theo thời gian (tức là đạo hàm bậc một theo thời gian) và nhân tốc độ này với độ lợi tỉ lệ K_d . Biên độ của phân phối khâu vi phân (đôi khi được gọi là *tốc độ*) trên tất cả các hành vi điều khiển được giới hạn bởi độ lợi vi phân

Thừa số vi phân được cho bởi:

$$D_{\text{out}} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

trong đó

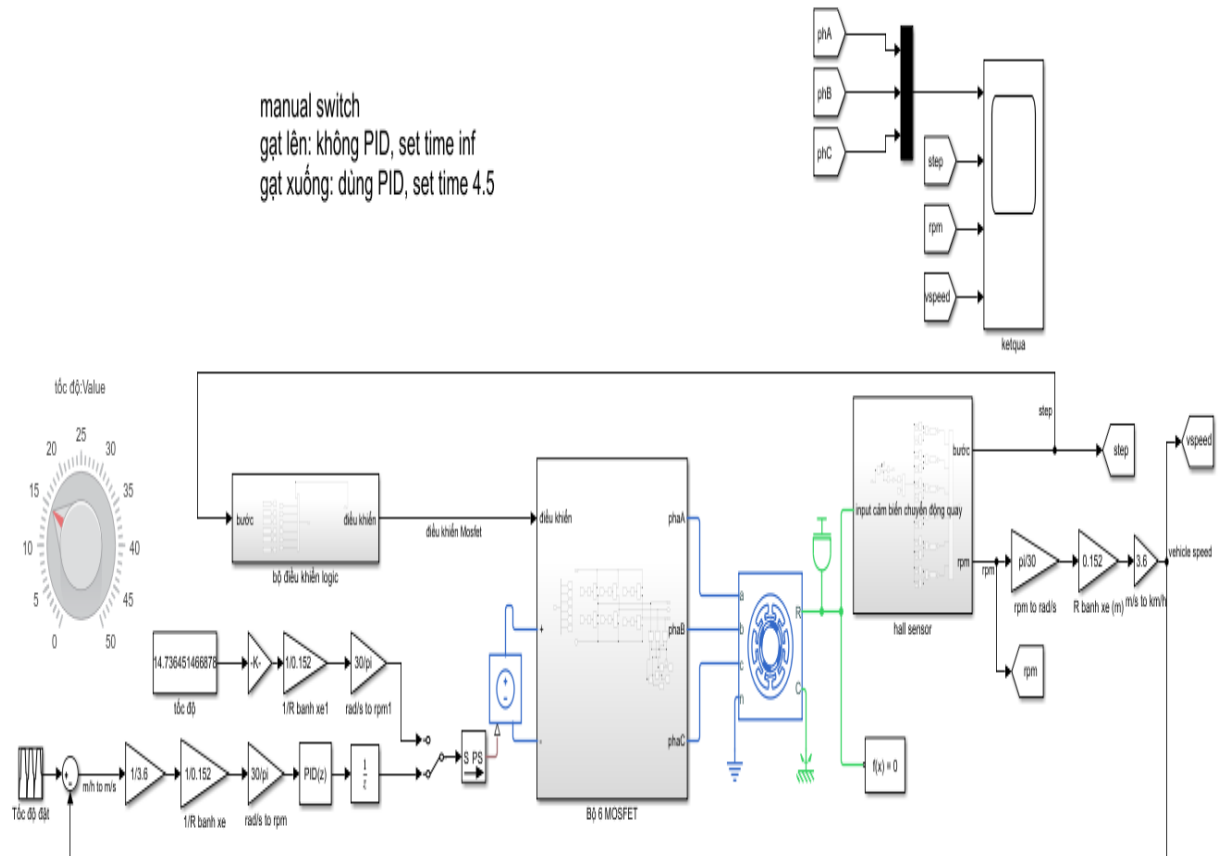
D_{out} : thừa số vi phân của đầu ra

K_d : Độ lợi vi phân, một thông số điều chỉnh

e : Sai số = $SP - PV$

t : thời gian hoặc thời gian tức thời (hiện tại)

.2.2. Thực hiện mô phỏng



Mô hình là một mạch điện gồm có

-BLDC.

-Bộ điều khiển logic.

-Bộ phận chuyển mạch (6 mosfet).

-Bộ cảm biến Hall.

-Bộ điều khiển PI.

2.2.1. Khối Brushless DC Motor

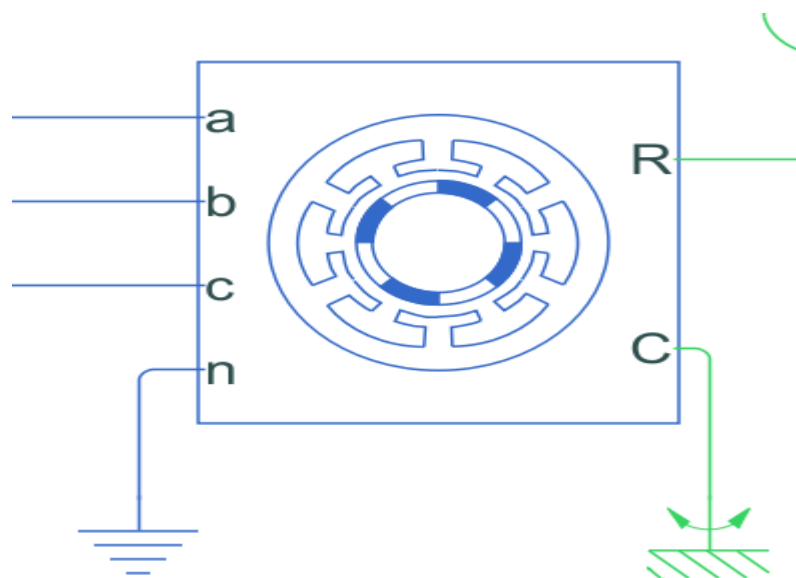
-Chức năng các port:

+a, b, c: Lần lượt nối với 3 pha của BLDC.

+n: Điện áp trung tính (nối mass).

+R: Tín hiệu tốc độ output của động cơ.

+C: Chân tham chiếu mass (vỏ motor).



-Thiết lập thông số của BLDC

Block Parameters: Brushless DC Motor

Brushless DC Motor

This block represents a three-winding brushless DC motor with a trapezoidal back emf profile. Optionally other back emf profiles can be defined using tabulated values.

Right-click on the block and select Simscape block choices to access variant implementations of this block.

Settings

Rotor | Stator | Mechanical | Variables

Back EMF profile: Perfect trapezoid - specify maximum flux linkage

Maximum permanent magnet flux linkage: 1 Wb

Rotor angle over which back emf is constant: 60 deg

Number of pole pairs: 2

Zero sequence: Include

Rotor angle definition: Angle between the a-phase magnetic axis and the d-axis

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Brushless DC Motor

Brushless DC Motor

This block represents a three-winding brushless DC motor with a trapezoidal back emf profile. Optionally other back emf profiles can be defined using tabulated values.

Right-click on the block and select Simscape block choices to access variant implementations of this block.

Settings

Rotor | **Stator** | Mechanical | Variables

Stator parameterization: Specify Ld, Lq, and L0

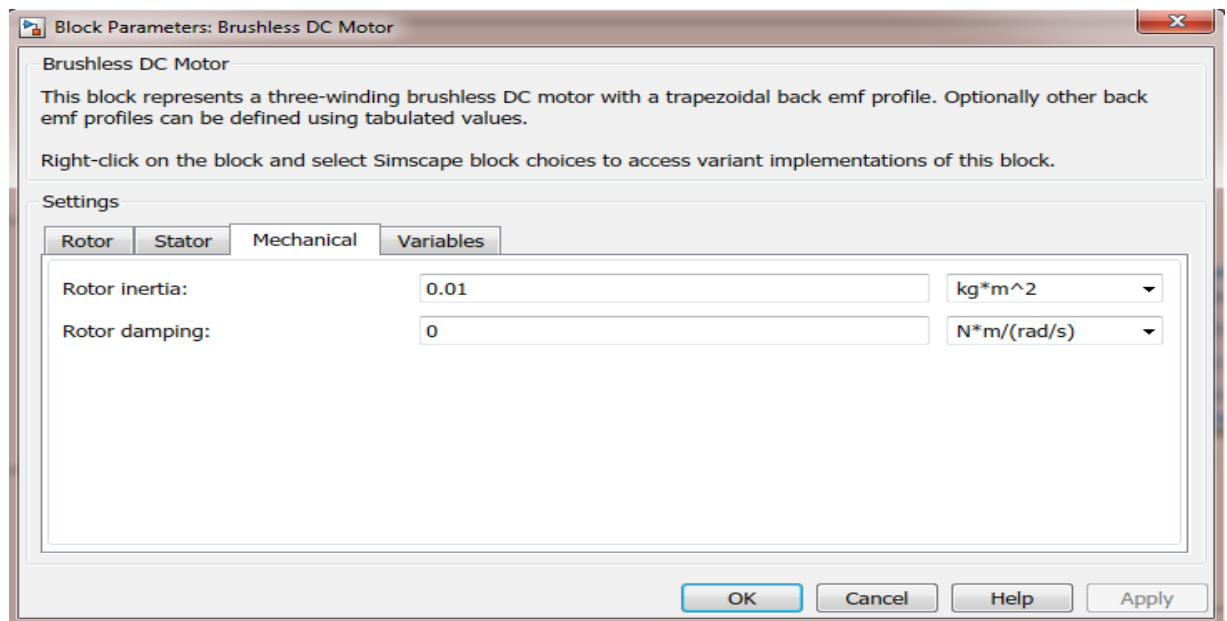
Stator d-axis inductance, Ld: 8.5e-3 H

Stator q-axis inductance, Lq: 8.5e-3 H

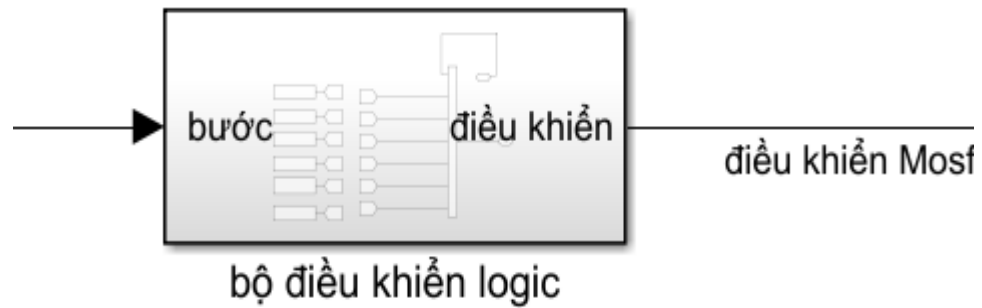
Stator zero-sequence inductance, L0: 0 H

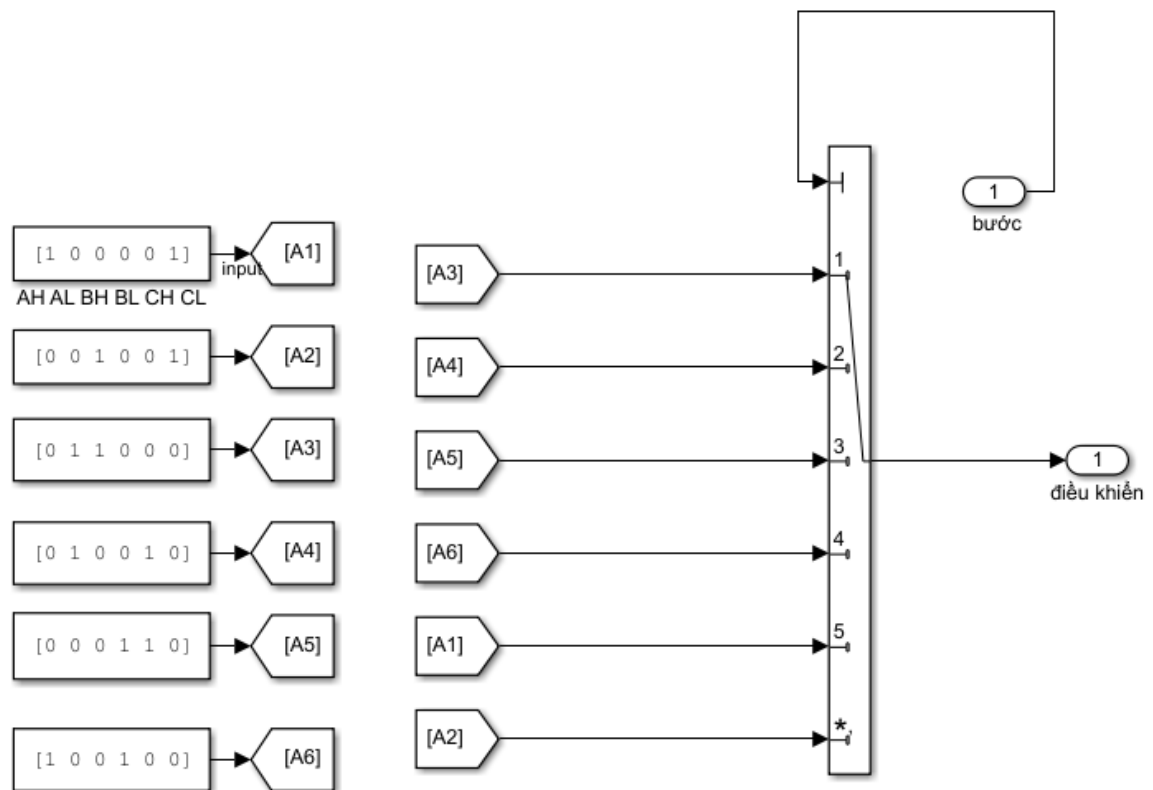
Stator resistance per phase, Rs: 0.04 Ohm

OK Cancel Help Apply



2.2.2. Bộ điều khiển Logic





Bộ điều khiển Logic có chức năng xác định thứ tự đóng mở của bộ mosfet (bộ chuyển mạch) đồng thời xác định chiều quay motor. Trong đó, AH, BH, CH lần lượt là các mosfet ở phía trên và AL, BL, CL là các mosfet phía dưới.

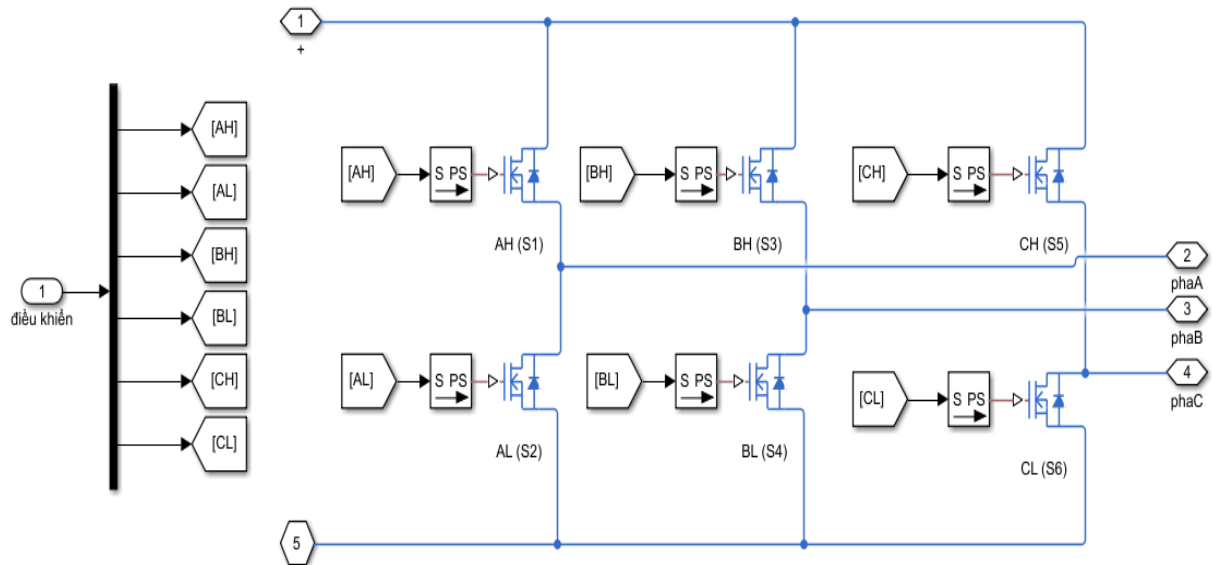
Input của bộ điều khiển được phản hồi về từ bộ cảm biến Hall (khởi input “bước”), từ đó xác định được bước cấp điện tiếp theo cho động cơ.

Output là thứ tự đóng, ngắt các mosfet được qui định bằng các giá trị trong mảng gồm 6 phần tử [AH AL BH BL CH CL]. Mức 1 là ON (đóng) và mức 0 là OFF (ngắt).

STEP	AH	AL	BH	BL	CH	CL
1	0	1	1	0	0	0
2	0	1	0	0	1	0
3	0	0	0	1	1	0
4	1	0	0	1	0	0

5	1	0	0	0	0	1
6	0	0	1	0	0	1

2.2.3. Bộ chuyển mạch

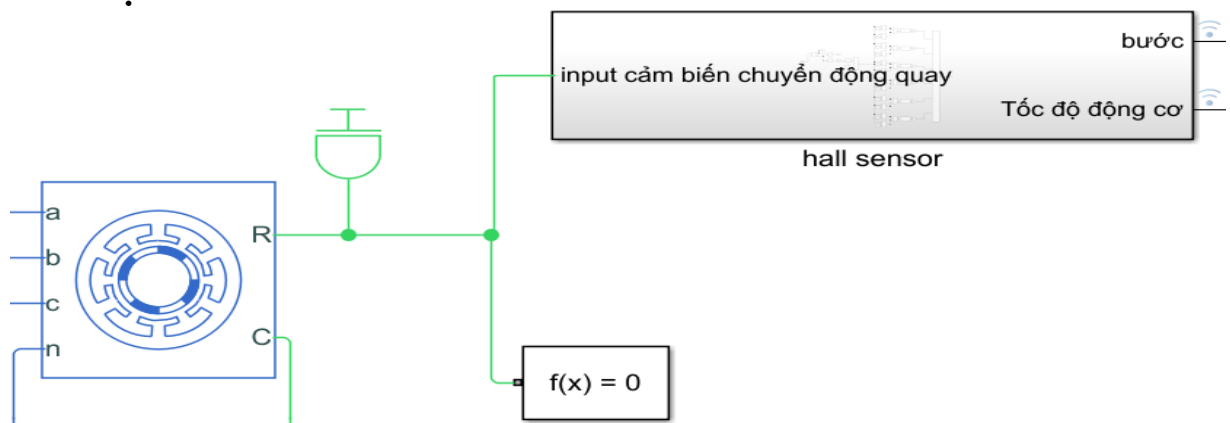


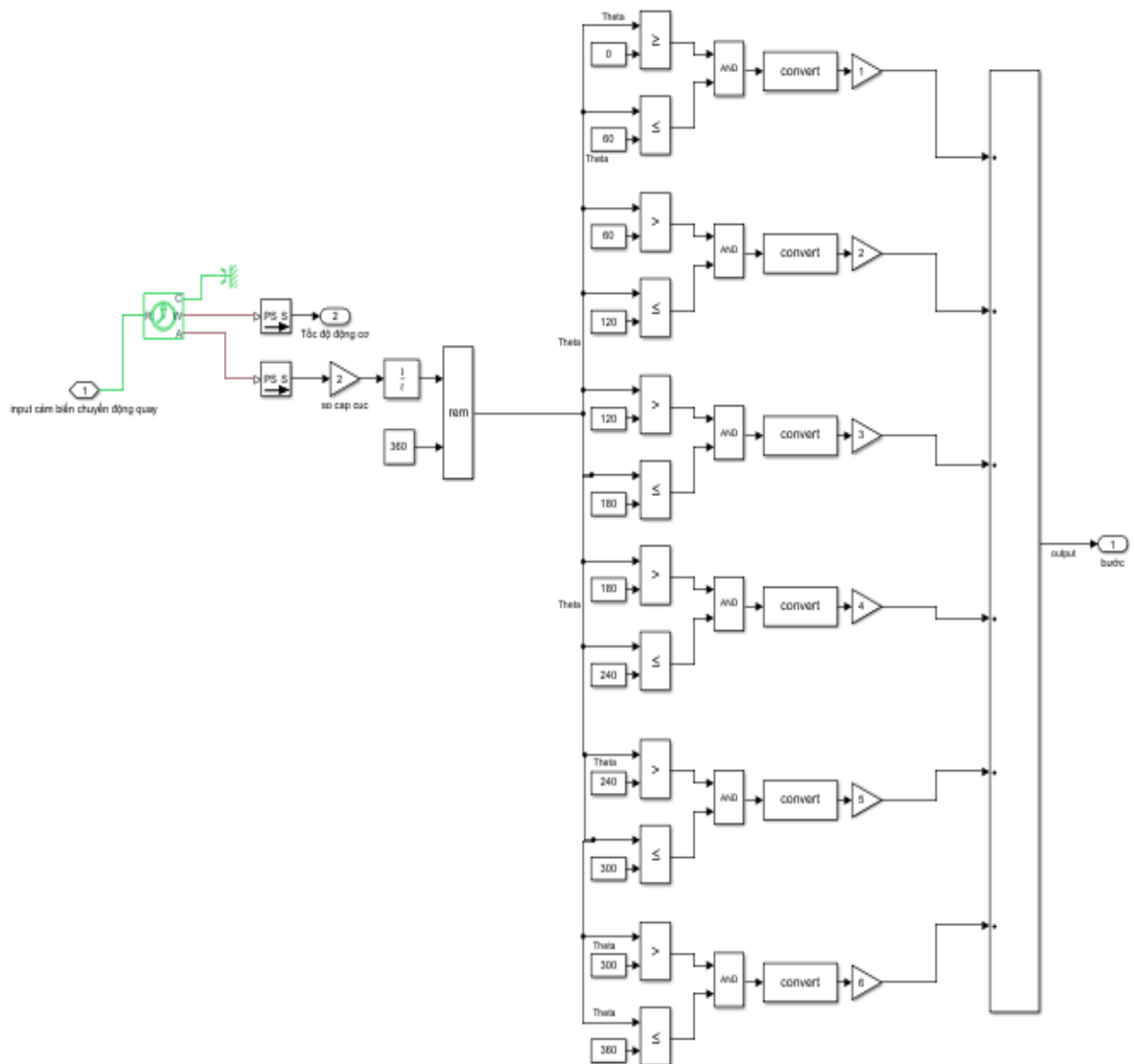
Bộ chuyển mạch nhận input từ bộ điều khiển logic để đóng, cắt 6 mosfet.

Output của bộ chuyển mạch là điện áp của các pha A, B, C ứng với từng bước.

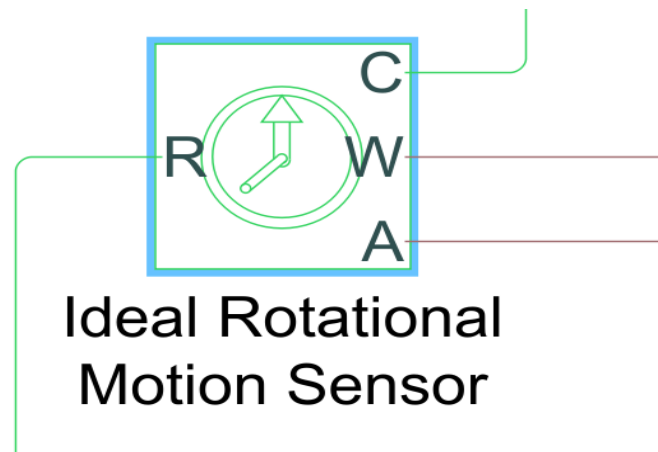
Để chuyển đổi giá trị không thứ nguyên của Simulink sang giá trị vật lý của Simscape, ta sử dụng khối SIMULINK S-PS CONVERTER.

2.2.4. Bộ cảm biến Hall





Input của cảm biến Hall, cũng là input khối IDEAL ROTATIONAL MOTION SENSOR, sẽ là output của BLDC (port R). Output của subsystem cảm biến Hall sẽ trả về cho bộ điều khiển Logic.



Chức năng các port của khối IDEAL ROTATIONAL MOTION SENSOR:

R: Input chuyển động quay.

C: Chân tham chiếu mass (vỏ)

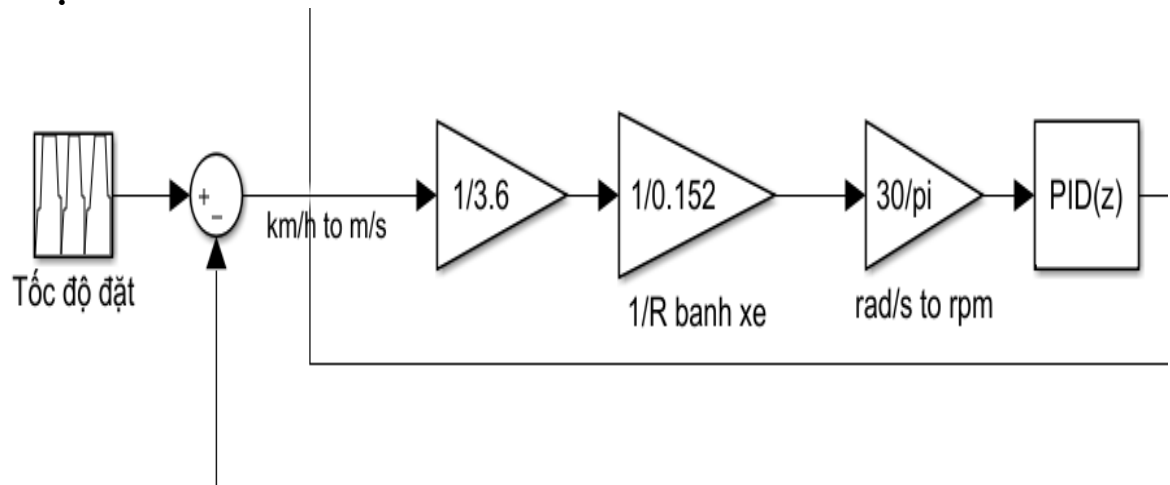
W: Output tốc độ quay. Port này phản hồi tốc độ hiện tại về bộ điều khiển PID để điều khiển tốc độ cho lần tiếp theo.

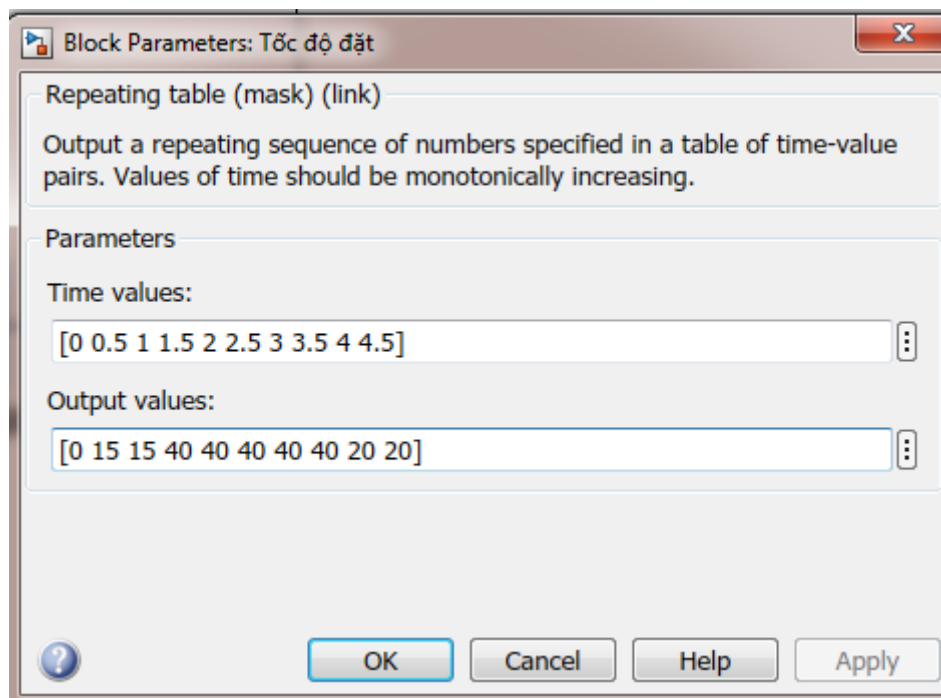
A: Output góc (vị trí).

Mắc nối tiếp port A vào khối REM (chia lấy dư) để thực hiện tính toán góc quay hiện tại của động cơ.

Mắc khối SOLVER CONFIGURATION song song với subsystem cảm biến Hall để Simscape tính toán và đưa ra giá trị tốc độ và góc.

2.2.5. Bộ điều khiển PID





Để điều khiển tốc độ, ta phải thay đổi điện áp đặt vào động cơ.

Khi sử dụng bộ điều khiển PID, ta cần thiết lập giá trị tốc độ xe mong muốn ứng với các thời điểm (ở đây mô phỏng trong 4.5 giây) trong khối REPEAT SEQUENCE.

Đối với việc hiệu chỉnh thông số PID, ta tiến hành thay đổi thông số P cho đến khi đồ thị đạt được giá trị gần với mong muốn, sau đó thay đổi D, I để đồ thị ổn định hơn.

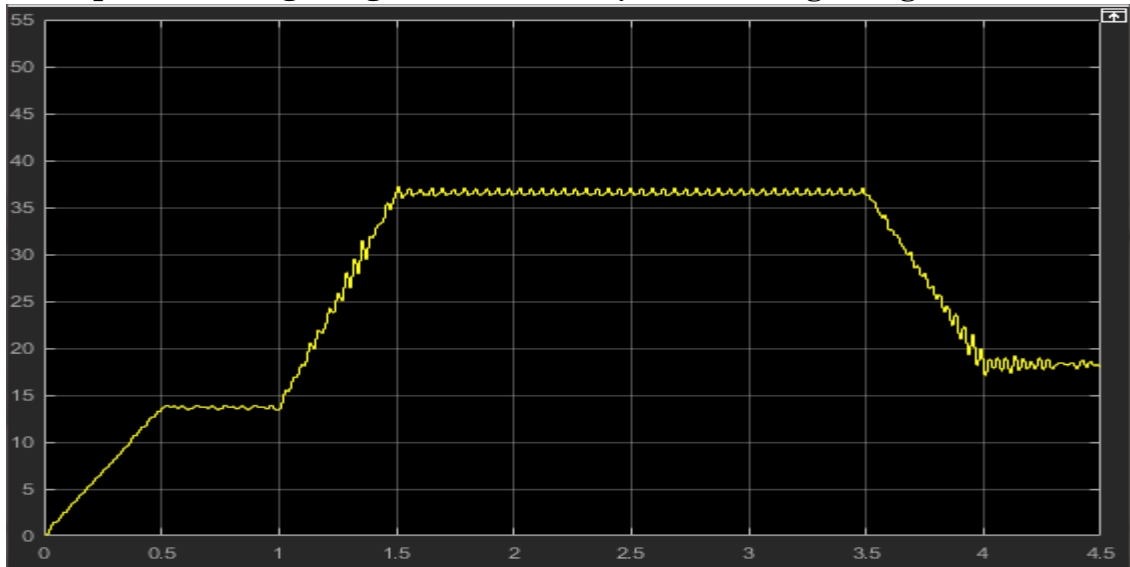
Trước khối PID là hiệu số giữa giá trị mong muốn và giá trị hiện tại do hall sensor trả về (output khối sum).

Một lần nữa, để chuyển đổi giá trị Simulink thành giá trị vật lý Simscape, ta dùng khối SIMULINK S-PS CONVERTER để kết nối với khối CONTROLLED VOLTAGE SOURCE.

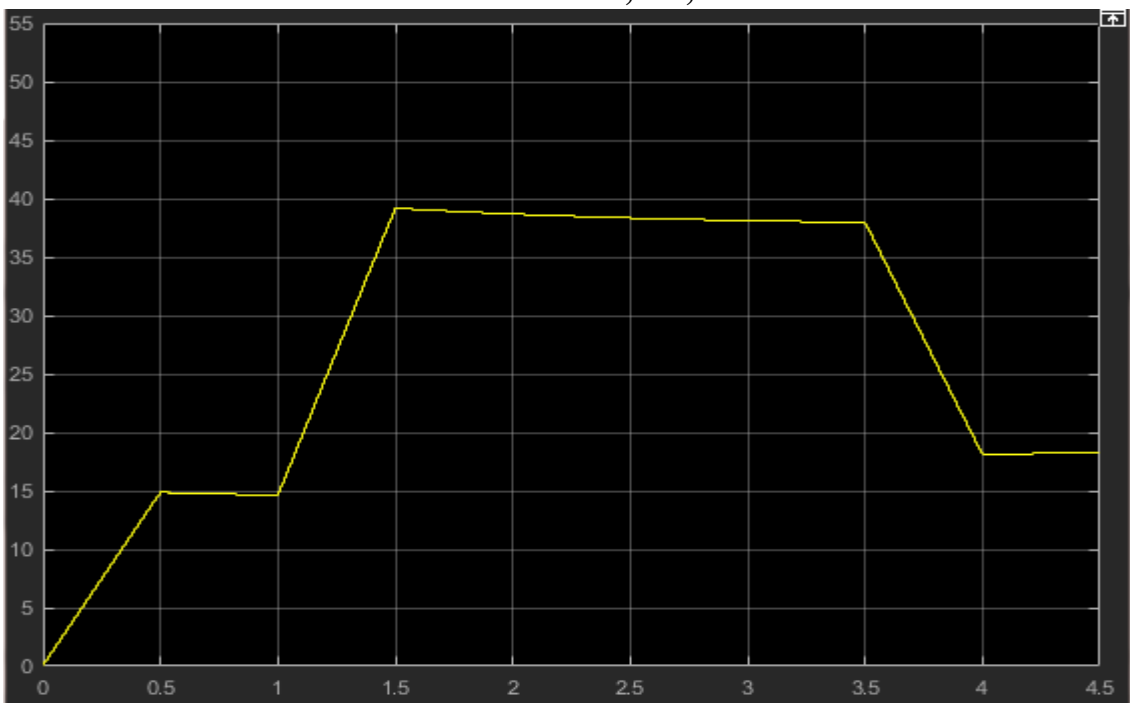
Chương 3

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Kết quả khi không dùng PID và chưa hiệu chỉnh đúng thông số PID



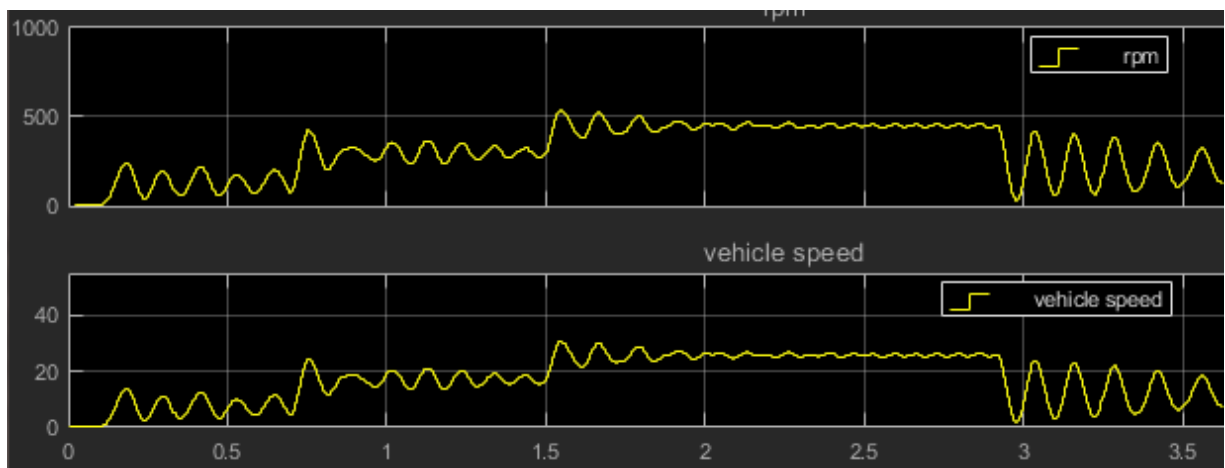
Hình 3.1a: $P=0.5; I=0, D=0$



Hình 3.1b: $P=0.5; I=1; D=0$

Khi $P=0.5$, $I=0, D=0$: Hệ thống bắt đầu có sự hoạt động nhưng vẫn chưa đạt được giá trị mong muốn (ở vẫn chưa đạt được 15km/h, 40 km/h, 20km/h ở lần lượt các khoảng thời gian $t= 0-1$; 1.5-3.5 ; 4-4.5, bên cạnh đó vẫn còn sự nhấp nhô).

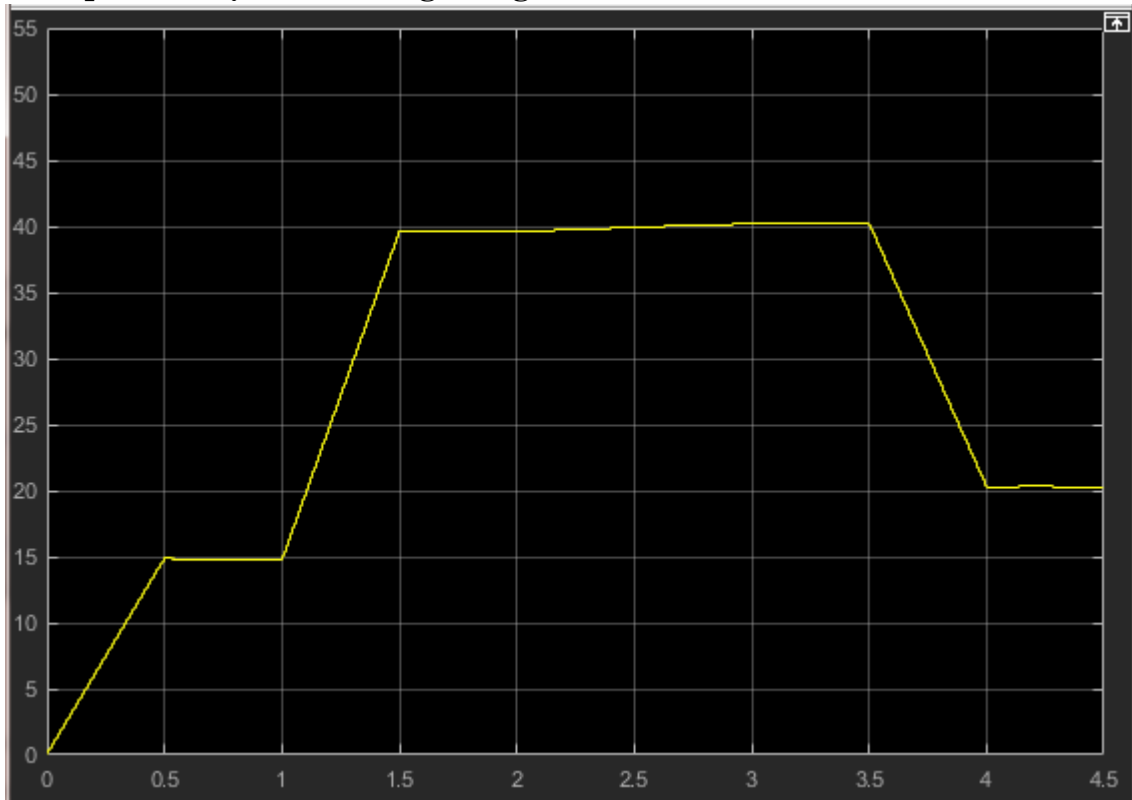
Khi tăng I lên bằng 1, giữ nguyên $P=0.5$: Hệ thống có đáp ứng nhanh hơn nhưng vẫn chưa ổn định ở $t=1.5-3.5$, tốc độ xe chưa đạt được 40km/h và có xu hướng giảm thấp hơn.



Hình 3.1c: Điều khiển bằng tay (không PID)

Mặt khác, khi không sử dụng bộ PID, dù có chỉnh tay đến tốc độ nào thì động cơ vẫn không đáp ứng được (dao động do chuyển trạng thái)

3.2. Kết quả khi hiệu chỉnh đúng thông số PID



Hình 4.2a: $P=0.5$, $I=1$, $D=4$

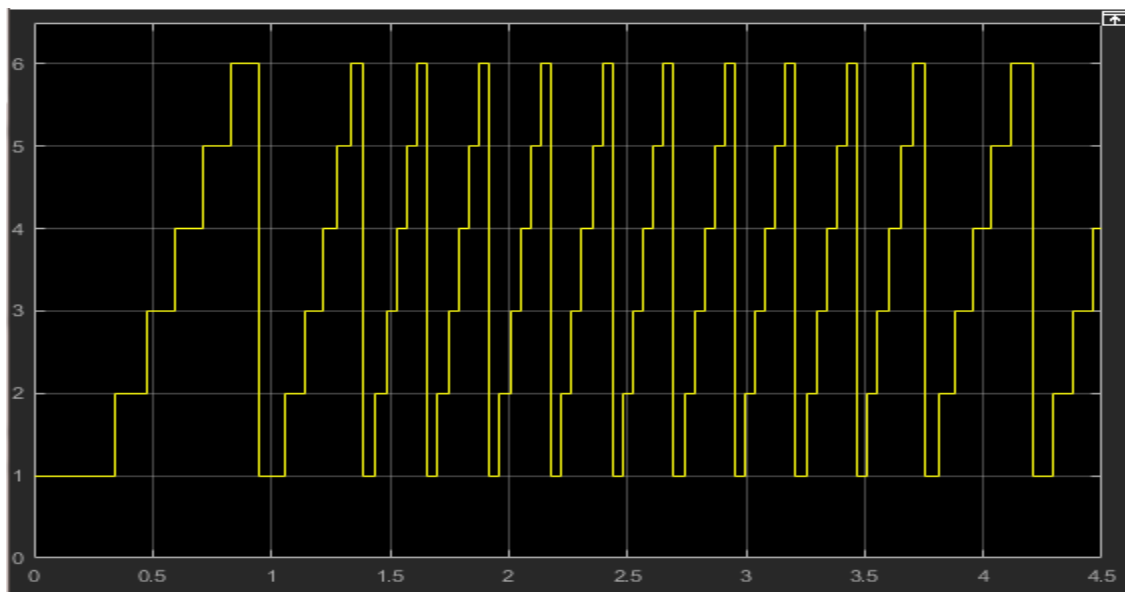
Khi $P=0.5$, $I=1$, $D=4$: Hệ thống đáp ứng được giá trị mong muốn, gần như không có độ trễ và đạt được dải tốc độ mong muốn ở các đoạn thời gian. Ở $t=4-4.5$ có sự vọt lố nhưng đây là kết quả chấp nhận được.

Để bảo đảm rằng động cơ quay đủ 1 vòng, tương đương bước nhảy từ 1 đến 6 và quay trở về 1, ta sử dụng 1 SCOPE để hiển thị bước quay của động cơ từ output cảm biến Hall.

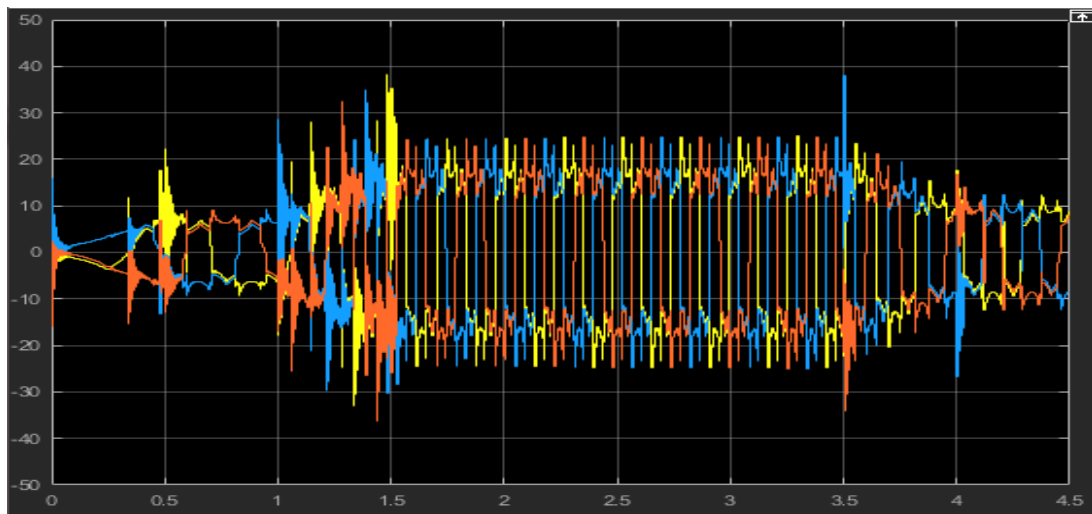
Ở dải tốc độ thấp ($t=0-1.5$ là 15km/h) động cơ đảo trạng thái chậm nhất.

Ở dải tốc độ cao ($t=1.5-3.5$ là 40km/h) động cơ đảo trạng thái nhanh nhất, nên đồ thị bước nhảy sát nhau hơn.

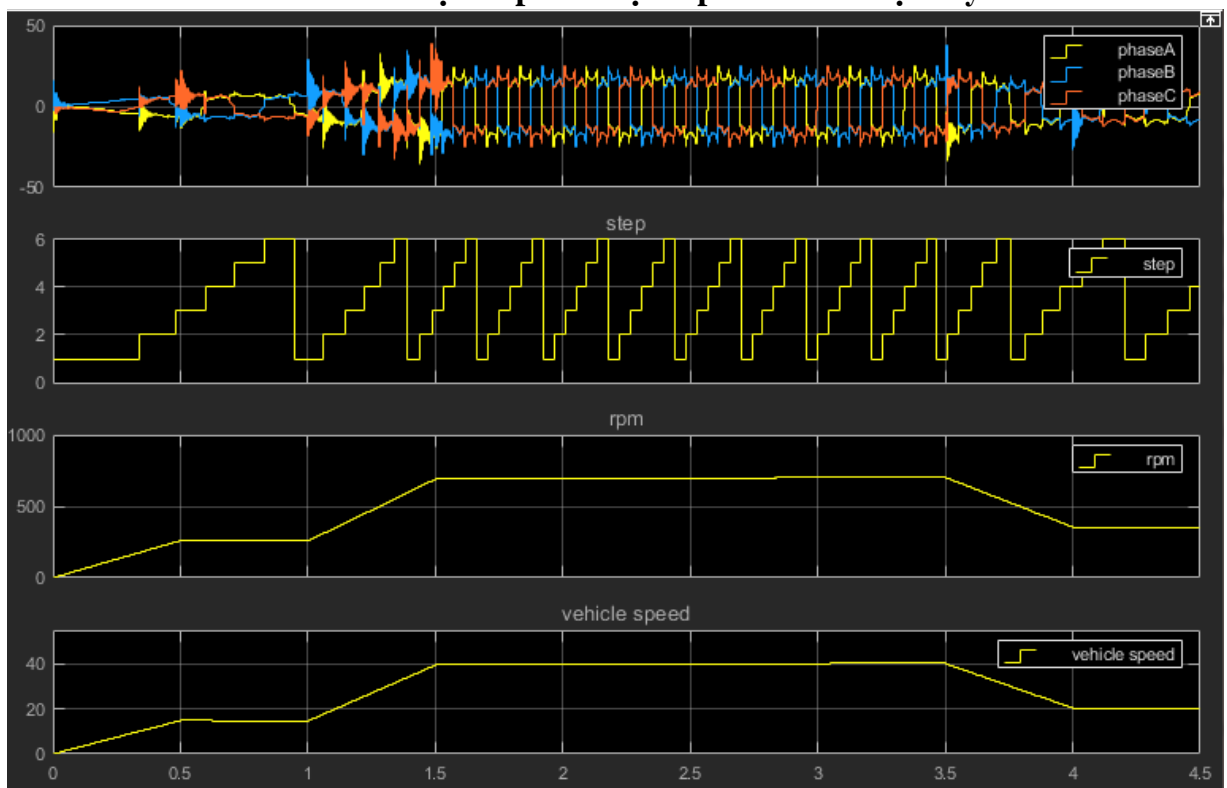
Ở dải tốc độ thấp hơn ($t=3.5-4.5$ là 20km/h) động cơ đảo trạng thái chậm dần nên đồ thị bước nhảy thưa ra hơn.



Hình 4.2b: Đồ thị bước nhảy của động cơ



Hình 2.2c: Đồ thị sức phản điện 3 pha khi tốc độ thay đổi



Hình 3.2d: Tổng hợp kết quả mô phỏng

Chương 4

NHẬN XÉT KẾT LUẬN

4.1. Về tính phức tạp, tính mới của đề tài

+ Đề tài xây dựng chương trình mô phỏng tốc độ cho động cơ không chổi than trên xe máy điện tương đối khó, nhưng không quá phức tạp với điều kiện người làm phải hiểu về mạch điện, điện tử, lý thuyết điều khiển động cơ không chổi than.

+ Về tính mới, đề tài này phát triển thêm bằng cách mô phỏng điều khiển bằng tay tốc độ bánh xe (có gắn kèm động cơ – hub motor) và điều khiển bằng bộ PID để cho ra tốc độ mong muốn chính xác với từng đoạn thời gian.

4.2. Về tính thực tế của đề tài

+ Về tính thực tế, đề tài cung cấp 1 chương trình mô phỏng giúp người dùng chỉ cần chỉnh sửa thông số để thấy được sự đáp ứng tốc độ của xe sử dụng hub motor.

+ Chương trình mô phỏng tuy phức tạp nhưng vẫn đơn giản, tiết kiệm chi phí hơn việc điều khiển động cơ không chổi than bằng lập trình vi điều khiển (Arduino, Raspberry,...). Vì để điều khiển được động cơ không chổi than, ta phải rất am hiểu về ngắt ngoài, bộ so sánh, timer,... để xác định vị trí rotor.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Amr Ali-Eldin (2015), Brushless DC Motor Speed Control using both PI Controller and Fuzzy PI Controller, Egypt.

BẢNG PHÂN CÔNG

Tên thành viên	Nội dung thực hiện + (mức độ hoàn thành)	Điểm
Nguyễn Khắc Thành Đạt	<ul style="list-style-type: none"> -Tìm thông số hub motor của xe Vinfast Klara S. (50%) -Tìm hiểu cơ sở lý thuyết động cơ không chổi than. (90%) -Mạch điện điều khiển động cơ không chổi than thực tế. (100%) -Tìm thứ tự đóng ngắt Mosfet (bộ điều khiển logic) trên Simscape. (100%) -Xây dựng chương trình mô phỏng tốc độ bằng cách chỉnh tay. (70%) -Viết báo cáo. (100%) 	8.5
Phạm Hoàng Dương	<ul style="list-style-type: none"> - Tìm hiểu cơ sở lý thuyết động cơ không chổi than. (50%) -Các phương pháp xác định vị trí rotor (sử dụng cảm biến hall hoặc dựa vào sức phản điện). (80%) -Xây dựng chương trình mô phỏng bằng cách sử dụng PID. (100%) -So sánh kết quả mô phỏng khi thay đổi các hệ số P, I, D. (80%) -Trình bày powerpoint (100%) 	8.2

