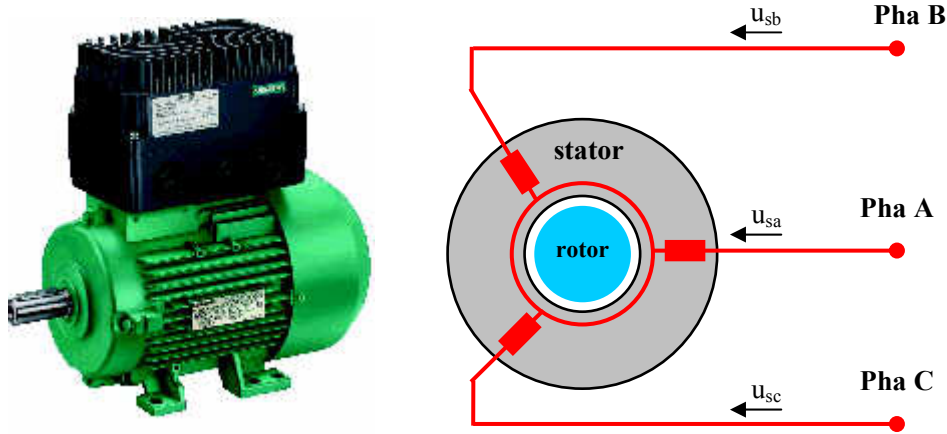


Chương 1: VECTOR KHÔNG GIAN VÀ BỘ NGHỊCH LƯU BA PHA

I. Vector không gian

I.1. Biểu diễn vector không gian cho các đại lượng ba pha

Động cơ không đồng bộ (ĐCKĐB) ba pha có ba (hay bội số của ba) cuộn dây stator bố trí trong không gian như hình vẽ sau:



Hình 1.1: Sơ đồ đầu dây và điện áp stator của ĐCKĐB ba pha.

(Ba trục của ba cuộn dây lệch nhau một góc 120° trong không gian)

Ba điện áp cấp cho ba đầu dây của động cơ từ lưới ba pha hay từ bộ nghịch lưu, biến tần; ba điện áp này thỏa mãn phương trình:

$$u_{sa}(t) + u_{sb}(t) + u_{sc}(t) = 0 \quad (1.1)$$

Trong đó:

$$\begin{cases} u_{sa}(t) = |u_s| \cos(\omega_s t) & (1.2a) \\ u_{sb}(t) = |u_s| \cos(\omega_s t - 120^\circ) & (1.2b) \\ u_{sc}(t) = |u_s| \cos(\omega_s t + 120^\circ) & (1.2c) \end{cases}$$

Với $\omega_s = 2\pi f_s$; f_s là tần số của mạch stator; $|u_s|$ là biên độ của điện áp pha, có thể thay đổi.

(điện áp pha là các số thực)

Vector không gian của điện áp stator được định nghĩa như sau:

$$\vec{u}_s(t) = \frac{2}{3} [\vec{u}_{sa}(t) + \vec{u}_{sb}(t) + \vec{u}_{sc}(t)] \quad (1.3)$$

$$\vec{u}_s(t) = \frac{2}{3} [u_{sa}(t)e^{j0^\circ} + u_{sb}(t)e^{j120^\circ} + u_{sc}(t)e^{j240^\circ}]$$

(mặt phẳng ba chiều với 3 vector đơn vị)

$$\vec{u}_s(t) = \frac{2}{3} [u_{sa}(t) + u_{sb}(t)e^{j120^\circ} + u_{sc}(t)e^{j240^\circ}] \quad (1.4)$$

(tương tự như vector trong mặt phẳng phức hai chiều với 2 vector đơn vị)

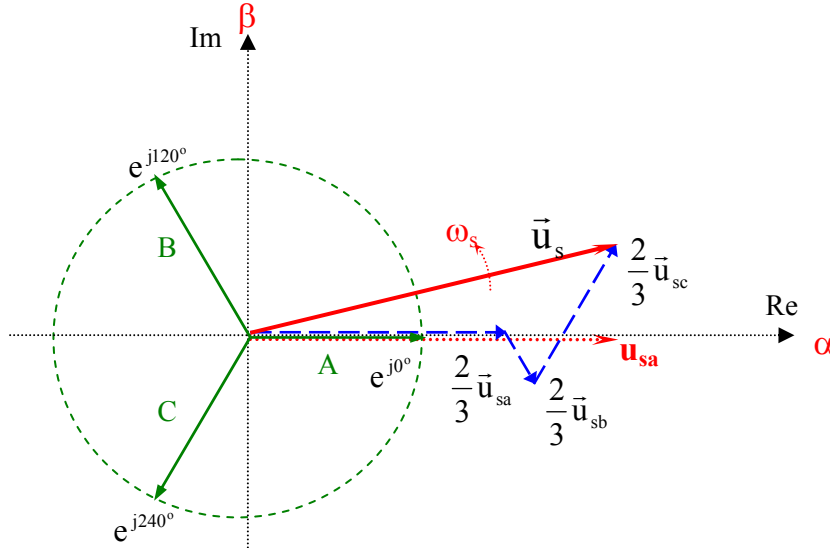
$$\vec{u}_s(t) = \frac{2}{3} [u_{sa}(t) + a \cdot u_{sb}(t) + a^2 \cdot u_{sc}(t)] \quad \text{với } a = e^{j120^\circ}$$

$$[1 + a + a^2] = [e^{j0^\circ} + e^{j120^\circ} + e^{j240^\circ}] = 0$$

Ví dụ 1.1: Chứng minh?

$$a) \quad \vec{u}_s(t) = |u_s| e^{j\omega_s t} = |u_s| \angle(\omega_s t) = |u_s| [\cos(\omega_s t) + j \sin(\omega_s t)] \quad (1.6)$$

$$b) \quad u_s = \frac{2}{3} \left([u_{as} - 0,5u_{bs} - 0,5u_{cs}] + j \left[\frac{\sqrt{3}}{2} u_{bs} - \frac{\sqrt{3}}{2} u_{cs} \right] \right) \quad (1.5)$$

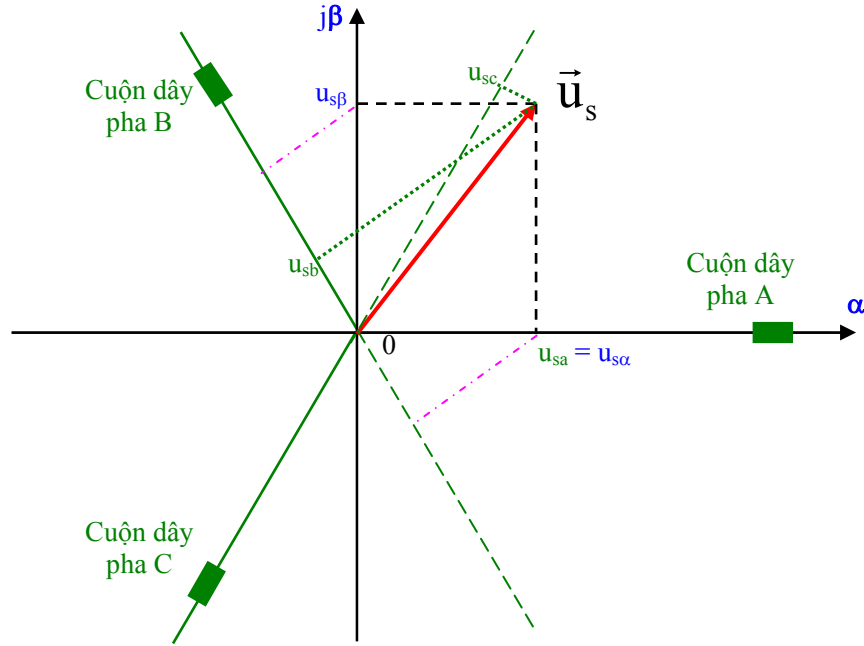


Hình 1.2: Vector không gian điện áp stator trong hệ tọa độ $\alpha\beta$.

Theo hình vẽ trên, điện áp của từng pha chính là hình chiếu của vector điện áp stator \vec{u}_s lên trục của cuộn dây tương ứng. Đối với các đại lượng khác của động cơ: dòng điện stator, dòng rotor, từ thông stator và từ thông rotor đều có thể xây dựng các vector không gian tương ứng như đối với điện áp stator ở trên.

1.2. Hệ tọa độ cố định stator

Vector không gian điện áp stator là một vector có modul xác định ($|u_s|$) quay trên mặt phẳng phức với tốc độ góc ω_s và tạo với trục thực (trùng với cuộn dây pha A) một góc $\omega_s t$. Đặt tên cho trục thực là α và trục ảo là β , vector không gian (điện áp stator) có thể được mô tả thông qua hai giá trị thực ($u_{s\alpha}$) và ảo ($u_{s\beta}$) là hai thành phần của vector. Hệ tọa độ này là hệ tọa độ stator cố định, gọi tắt là **hệ tọa độ $\alpha\beta$** .



Hình 1.3: Vector không gian điện áp stator \vec{u}_s và các điện áp pha.

Bằng cách tính hình chiếu các thành phần của vector không gian điện áp stator $(u_{s\alpha}, u_{s\beta})$ lên trục pha A, B (trên hình 1.3), có thể xác định các thành phần theo phương pháp hình học:

$$\begin{cases} u_{sa} = u_{s\alpha} \\ u_{sb} = -\frac{1}{2}u_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2}u_{s\beta} \end{cases} \quad (1.7a)$$

$$(1.7b)$$

suy ra

$$\begin{cases} u_{s\alpha} = u_{sa} \\ u_{s\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}}(u_{sa} + 2u_{sb}) \end{cases} \quad (1.8a)$$

$$(1.8b)$$

Theo phương trình (1.1), và dựa trên hình 1.3 thì chỉ cần xác định hai trong số ba điện áp pha stator là có thể tính được vector \vec{u}_s .

Hay từ phương trình (1.5)

$$u_s = \frac{2}{3} \left([u_{as} - 0,5u_{bs} - 0,5u_{cs}] + j \left[\frac{\sqrt{3}}{2}u_{bs} - \frac{\sqrt{3}}{2}u_{cs} \right] \right) \quad (1.9)$$

có thể xác định ma trận chuyển đổi $abc \rightarrow \alpha\beta$ theo phương pháp đại số:

$$\begin{bmatrix} u_{s\alpha} \\ u_{s\beta} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{as} \\ u_{bs} \\ u_{cs} \end{bmatrix} \quad (1.10)$$

Ví dụ 1.2: Chứng minh ma trận chuyển đổi hệ tọa độ $\alpha\beta \rightarrow abc$?

$$\begin{bmatrix} u_{as} \\ u_{bs} \\ u_{cs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{s\alpha}^s \\ u_{s\beta}^s \end{bmatrix} \quad (1.11)$$

Ví dụ 1.3: Chứng minh:

$$v_{\alpha s} = \sqrt{2}V \cos \omega t \equiv v_a$$

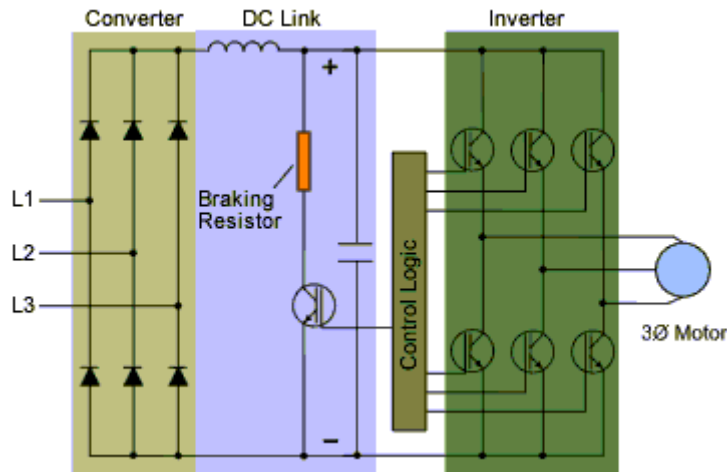
$$v_{\beta s} = \sqrt{2}V \sin \omega t$$

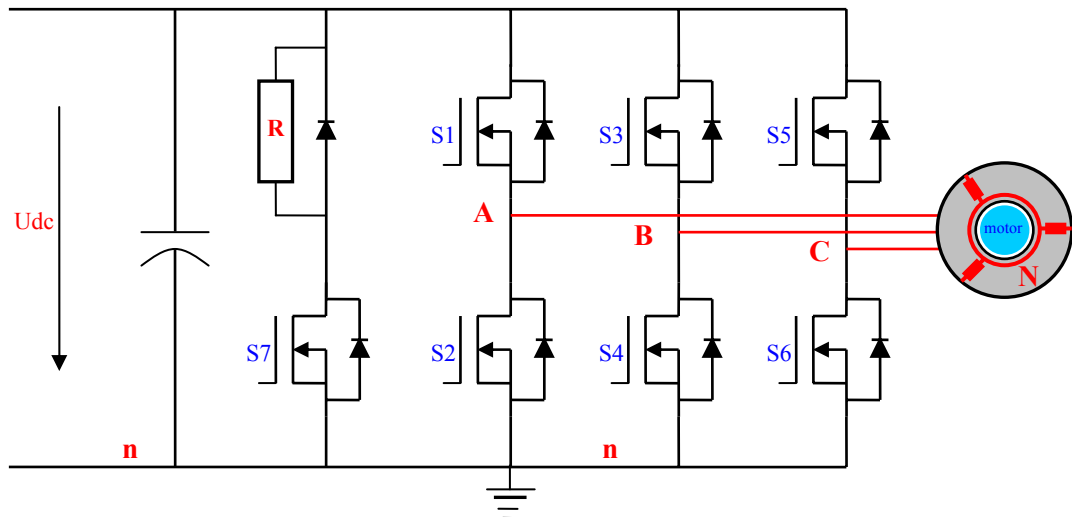
Bằng cách tương tự như đối với vector không gian điện áp stator, các vector không gian dòng điện stator, dòng điện rotor, từ thông stator và từ thông rotor đều có thể được biểu diễn trong hệ tọa độ stator cố định (*hệ tọa độ $\alpha\beta$*) như sau:

$$\begin{cases} \vec{u}_s = u_{s\alpha} + j u_{s\beta} & (1.12a) \\ \vec{i}_s = i_{s\alpha} + j i_{s\beta} & (1.12b) \\ \vec{i}_r = i_{r\alpha} + j i_{r\beta} & (1.12c) \\ \vec{\psi}_s = \psi_{s\alpha} + j \psi_{s\beta} & (1.12d) \\ \vec{\psi}_r = \psi_{r\alpha} + j \psi_{r\beta} & (1.12e) \end{cases}$$

II. Bộ nghịch lưu ba pha

II.1. Bộ nghịch lưu ba pha





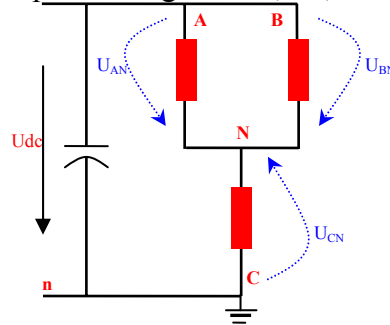
Hình 1.4: Sơ đồ bộ nghịch lưu ba pha cân bằng gồm 6 khoá S1→S6.

Ví dụ 1.4: Chứng minh các phương trình tính điện áp pha?

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad & U_{Nn} = \frac{1}{3}(U_{An} + U_{Bn} + U_{Cn}) \\ \text{b)} \quad & U_{AN} = \frac{2}{3}U_{An} - \frac{1}{3}U_{Bn} - \frac{1}{3}U_{Cn} \end{aligned}$$

Phương pháp tính mạch điện:

Ví dụ 1.5: Tính điện áp các pha ở trạng thái S1, S3, S6 ON và S2, S4, S5 OFF?



Hình 1.5: Trạng thái các khoá S1, S3, S6 ON, và S2, S4, S5 OFF (trạng thái 110).

II.2. Vector không gian điện áp

Đơn vị (U_{dc})

	V_a	V_b	V_c	u_{sa}	u_{sb}	u_{sc}	u_{ab}	u_{bc}	u_{ca}	U	Deg	u_s	
k	S_1	S_3	S_5	U_{AN}	U_{BN}	U_{CN}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}			$u_{s\alpha}$	$u_{s\beta}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	U_0	U_{000}		
1	1	0	0	$2/3$	$-1/3$	$-1/3$	1	0	-1	U_1	0°		
2	1	1	0	$1/3$	$1/3$	$-2/3$	0	1	-1	U_2	60°		
3	0	1	0	$-1/3$	$2/3$	$-1/3$	-1	1	0	U_3	120°		
4	0	1	1	$-2/3$	$1/3$	$1/3$	-1	0	1	U_4	180°		
5	0	0	1	$-1/3$	$-1/3$	$2/3$	0	-1	1	U_5	240°		
6	1	0	1	$1/3$	$-2/3$	$1/3$	1	-1	0	U_6	300°		
7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	U_7	U_{111}		

Bảng 1.1: Các điện áp thành phần tương ứng với 8 trạng thái của bộ nghịch lưu.

Ví dụ 1.6: Tính các điện áp thành phần $u_{s\alpha}$ và $u_{s\beta}$ tương ứng với 8 trạng thái trong bảng 1.1?

❖ Điều chế vector không gian điện áp sử dụng bộ nghịch lưu ba pha

Ví dụ 1.7: Xét bộ nghịch lưu ở trạng thái 110:

Khi đó các điện áp pha $u_{sa}=1/3U_{dc}$, $u_{sb}=1/3U_{dc}$, $u_{sc}=-2/3U_{dc}$.

Phương pháp đại số: theo phương trình (1.4):

$$\vec{u}_{\text{phase}_1} = \frac{2}{3} [u_{sa}(t) + u_{sb}(t)e^{j120^\circ} + u_{sc}(t)e^{j240^\circ}] = \frac{2}{3} \left[\frac{1}{3}U_{dc} + \frac{1}{3}U_{dc}e^{j120^\circ} - \frac{2}{3}U_{dc}e^{j240^\circ} \right]$$

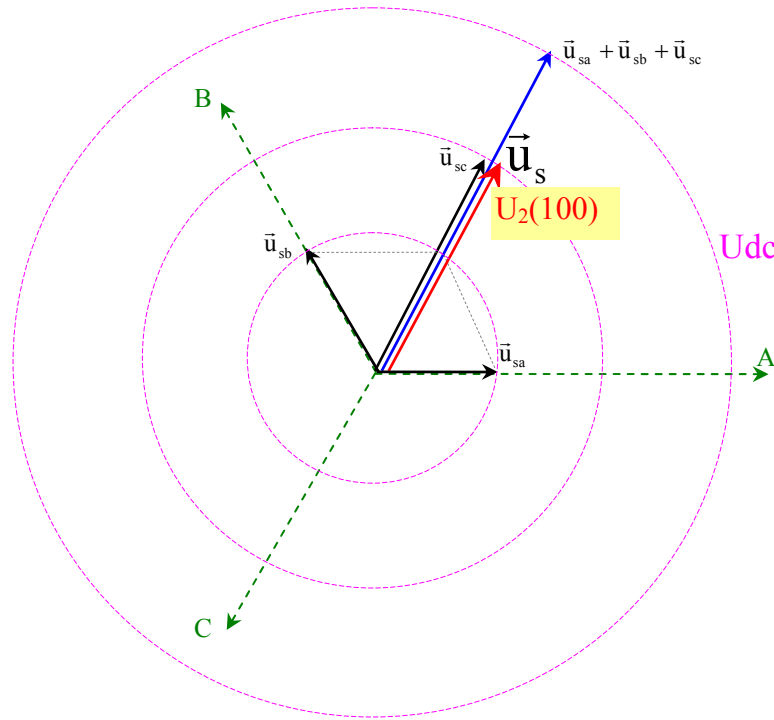
$$\Rightarrow \vec{u}_{\text{phase}_1} = \frac{2}{3} \frac{U_{dc}}{3} [(1 + e^{j120^\circ} + e^{j240^\circ}) - 3e^{j240^\circ}] = -\frac{2}{3}U_{dc}e^{j240^\circ} = \frac{2}{3}U_{dc}e^{j240^\circ}e^{-j180^\circ} = \frac{2}{3}U_{dc}e^{j60^\circ},$$

$$\text{Hay } \vec{u}_{\text{phase}_1} = \frac{2}{3} [u_{sa}(t) + a.u_{sb}(t) + a^2.u_{sc}(t)] = \frac{2}{3} \left[\frac{1}{3}U_{dc} + \frac{1}{3}a.U_{dc} - \frac{2}{3}a^2.U_{dc} \right]$$

$$\text{với } a = e^{j120^\circ}, (1 + a + a^2) = 0$$

$$\Rightarrow \vec{u}_{\text{phase}_1} = \frac{2}{3} \frac{U_{dc}}{3} [(1 + a + a^2) - 3a^2] = -\frac{2}{3}U_{dc}a^2 = -\frac{2}{3}U_{dc}e^{j240^\circ} = \frac{2}{3}U_{dc}e^{j60^\circ}$$

Phương pháp hình học: có hình vẽ



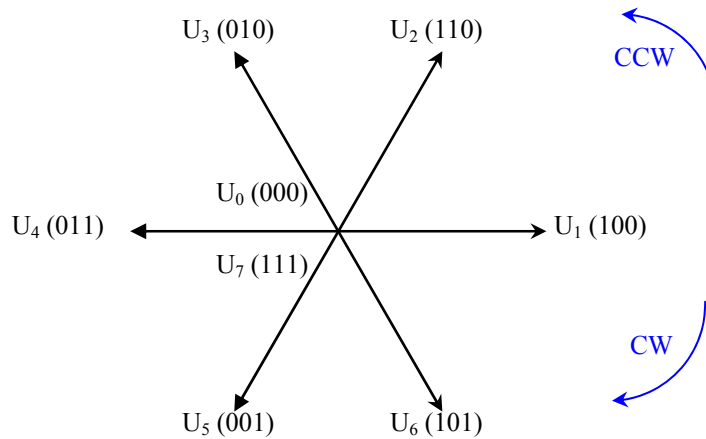
Hình 1.6: Vector không gian điện áp stator \vec{u}_s ứng với trạng thái (110).

Ở trạng thái (110), vector không gian điện áp stator pha \vec{u}_{phase_1} có độ lớn bằng $2/3U_{dc}$ và có góc pha là 60° .

Ví dụ 1.8: Tìm (độ lớn và góc của) vector không gian điện áp stator $\vec{u}_s(t)$ ứng với trạng thái (101)? (Giải theo phương pháp đại số như trên hay theo phương pháp hình học)

➤ Xét tương tự cho các trạng thái còn lại, rút ra được công thức tổng quát

$$U_k = \frac{2}{3} U_{dc} e^{j(k-1)\frac{\pi}{3}} \text{ với } k = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$



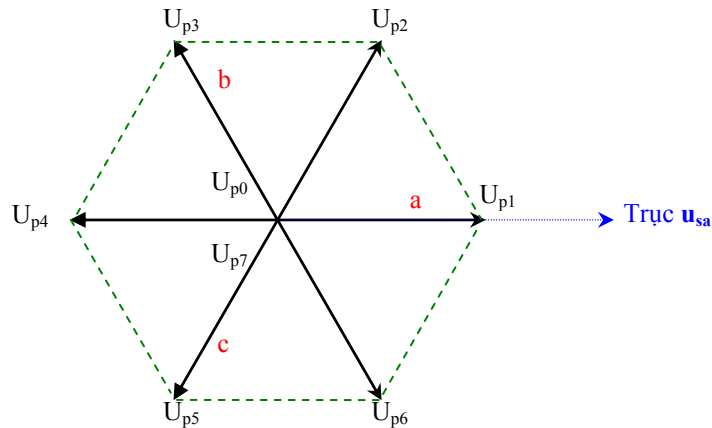
Hình 1.7: 8 vector không gian điện áp stator tương ứng với 8 trạng thái.

$$U_k = \frac{2}{3} U_{dc} e^{j(k-1)\frac{\pi}{3}} \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$

U_0 và U_7 là vector 0.

Các trường hợp xét ở trên là vector không gian **điện áp pha** stator.

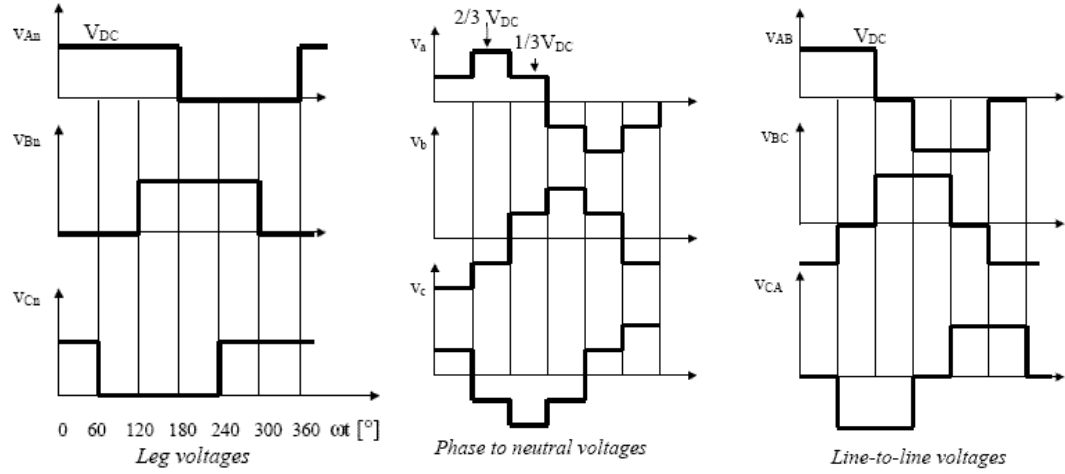


Hình 1.8: Các vector không gian điện áp **pha** stator.

$$U_{\text{phase_}k} = \frac{2}{3} U_{dc} e^{j(k-1)\frac{\pi}{3}} \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Bằng cách điều khiển chuyển đổi trạng thái đóng cắt các khóa của bộ nghịch lưu để dàng điều khiển vector không gian điện áp “quay” thuận nghịch, nhanh chậm. Khi đó dạng điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu có dạng 6 bước (six step).



Hình 1.9: Các điện áp thành phần tương ứng với 6 trạng thái.

Ví dụ 1.9: Chứng minh $u_{\text{phase}_0} = \frac{2}{3} U_{\text{dc}} e^{j0^\circ}$

Xét bộ nghịch lưu ở trạng thái 100:

Khi đó các điện áp pha $u_{sa}=2/3 U_{\text{dc}}$, $u_{sb}=-1/3 U_{\text{dc}}$, $u_{sc}=-1/3 U_{\text{dc}}$.

Phương pháp đại số: theo phương trình (1.3): $\bar{u}_s(t) = \frac{2}{3} [\bar{u}_{sa}(t) + \bar{u}_{sb}(t) + \bar{u}_{sc}(t)]$

hay phương trình (1.4):

$$\bar{u}_{\text{phase}_0} = \frac{2}{3} [u_{sa}(t) + u_{sb}(t)e^{j120^\circ} + u_{sc}(t)e^{j240^\circ}] = \frac{2}{3} \left[\frac{2}{3} U_{\text{dc}} - \frac{1}{3} U_{\text{dc}} e^{j120^\circ} - \frac{1}{3} U_{\text{dc}} e^{j240^\circ} \right]$$

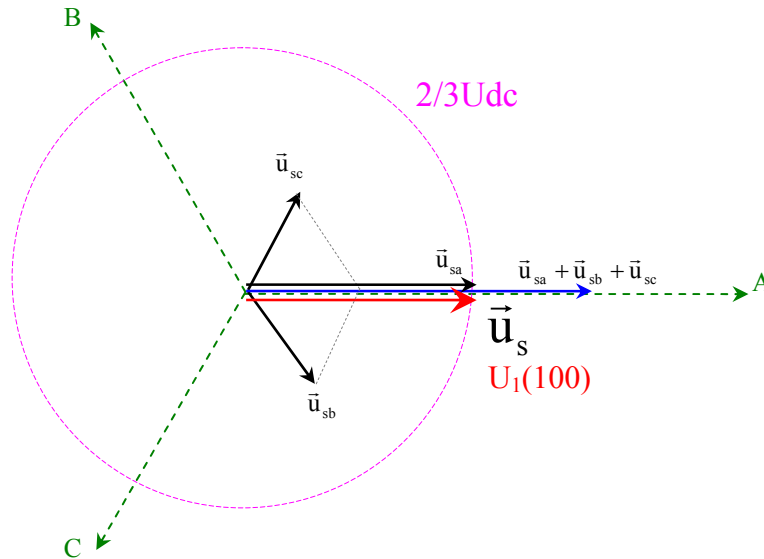
$$\Rightarrow \bar{u}_{\text{phase}_0} = \frac{2}{3} \frac{U_{\text{dc}}}{3} [3 - (1 + e^{j120^\circ} + e^{j240^\circ})] = \frac{2}{3} U_{\text{dc}} = \frac{2}{3} U_{\text{dc}} e^{j0^\circ},$$

$$\text{Hay } \bar{u}_{\text{phase}_0} = \frac{2}{3} [u_{sa}(t) + a.u_{sb}(t) + a^2.u_{sc}(t)] = \frac{2}{3} \left[\frac{2}{3} U_{\text{dc}} - \frac{1}{3} a.U_{\text{dc}} - \frac{1}{3} a^2.U_{\text{dc}} \right]$$

$$\text{với } a = e^{j120^\circ}, (1 + a + a^2) = 0$$

$$\Rightarrow \bar{u}_{\text{phase}_0} = \frac{2}{3} \frac{U_{\text{dc}}}{3} [3 - (1 + a + a^2)] = \frac{2}{3} U_{\text{dc}} = \frac{2}{3} U_{\text{dc}} e^{j0^\circ}$$

Phương pháp hình học: có hình vẽ



Hình 1.10: Vector không gian điện áp stator \vec{u}_s ứng với trạng thái (100).

Ở trạng thái (100), vector không gian điện áp pha stator \vec{u}_{phase_0} có độ lớn bằng $2/3U_{dc}$ và có góc pha trùng với trục pha A.

➤ Trong một số trường hợp, cần xét vector không gian **điện áp dây** của stator.

$$\begin{aligned} \vec{u}_{\text{line}} &= \frac{2}{3} [\vec{u}_{ab}(t) + \vec{u}_{bc}(t) + \vec{u}_{ca}(t)] \\ \text{hay } \vec{u}_{\text{line}} &= \frac{2}{3} [u_{ab}(t) + u_{bc}(t)e^{j120^\circ} + u_{ca}(t)e^{j240^\circ}] \\ \text{hay } \vec{u}_{\text{line}} &= \frac{2}{3} [u_{ab}(t) + a \cdot u_{ba}(t) + a^2 \cdot u_{ca}(t)] \end{aligned} \quad \text{với } a = e^{j120^\circ}$$

Ví dụ 1.10: Xét bộ nghịch lưu ở trạng thái 100:

Khi đó các điện áp pha $u_{ab}=U_{dc}$, $u_{bc}=0$, $u_{ca}=-U_{dc}$.

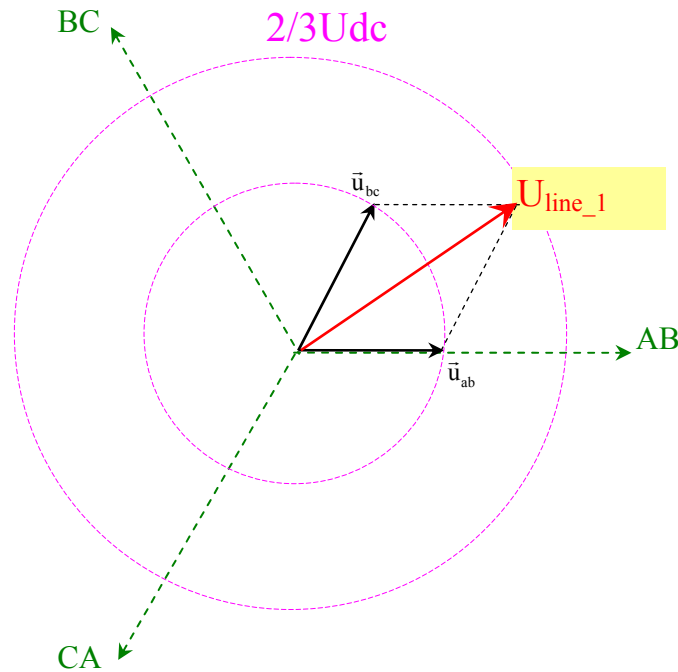
Phương pháp đại số: theo phương trình trên:

$$\vec{u}_{\text{line}_1} = \frac{2}{3} [u_{ab}(t) + u_{bc}(t)e^{j120^\circ} + u_{ca}(t)e^{j240^\circ}] = \frac{2}{3} [U_{dc} - U_{dc}e^{j240^\circ}]$$

$$\vec{u}_{\text{line}_1} = \frac{2}{3} [U_{dc} - U_{dc}e^{j240^\circ}] = \frac{2}{3} U_{dc} (1 - e^{j240^\circ}) = \frac{2}{3} U_{dc} \left[1 - \left(\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ \right) \right]$$

$$\vec{u}_{\text{line}_1} = \frac{2}{3} U_{dc} \left(\frac{3}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{2}{3} \sqrt{3} U_{dc} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2} \right) = \frac{2}{3} \sqrt{3} U_{dc} e^{j30^\circ}$$

Phương pháp hình học: có hình vẽ:



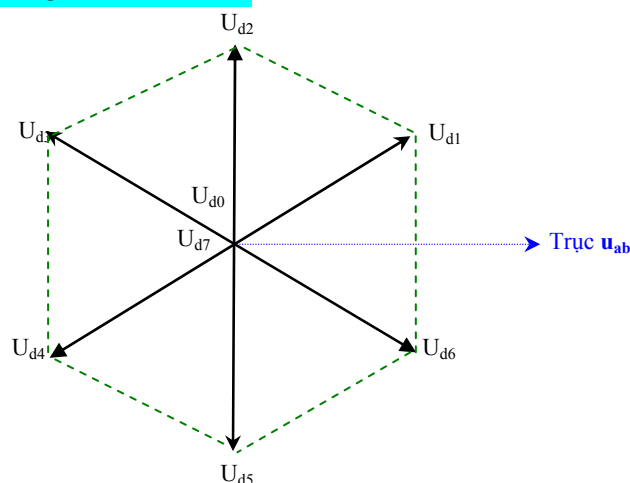
Hình 1.11: Vector không gian điện áp dây stator \bar{u}_{line_1} ứng với trạng thái (100).

Ở trạng thái (100), vector không gian điện áp dây stator \bar{u}_{line_1} có độ lớn bằng $\frac{2}{3}\sqrt{3}U_{dc}$ và có góc pha là 30° .

Ví dụ 1.11: Tìm (độ lớn và góc của) vector không gian điện áp stator \bar{u}_{line} ứng với trạng thái (110), \bar{u}_{line_2} ? (Giải theo phương pháp đại số và phương pháp hình học)

➤ Xét tương tự cho các trạng thái còn lại, rút ra được công thức tổng quát

$$U_{line_k} = \frac{2}{3}\sqrt{3}U_{dc}e^{j(2k-1)\frac{\pi}{6}} \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

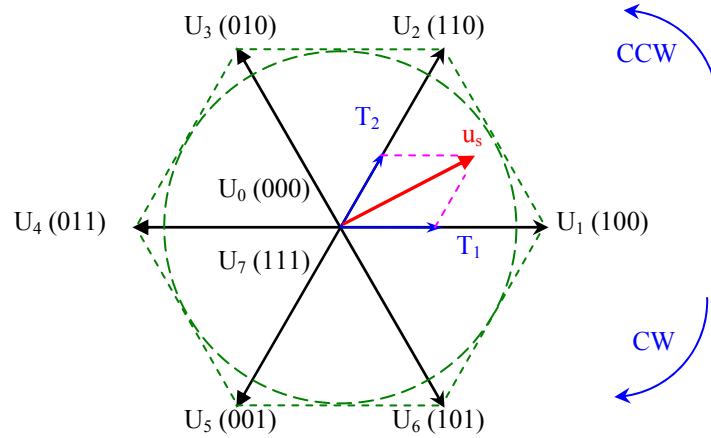


Hình 1.12: Các vector không gian điện áp **dây** stator.

Ví dụ 1.12: Chứng minh các vector điện áp có giá trị như sau:

$$a/ \underline{v}_{6\text{ pha}} = \frac{2}{3}V_{DC}e^{j\frac{5\pi}{3}} \quad b/ \underline{v}_{3\text{ day}} = \frac{2}{3}\sqrt{3}V_{DC}e^{j\frac{5\pi}{6}}$$

❖ Điều chế biên độ và góc vector không gian điện áp dùng bộ nghịch lưu ba pha



Hình 1.13: Điều chế biên độ và góc vector không gian điện áp.

$$\mathbf{u}_s = \frac{T_1}{T_{PWM}} \mathbf{U}_1 + \frac{T_2}{T_{PWM}} \mathbf{U}_2 + \frac{T_0}{T_{PWM}} \mathbf{U}_0 (\mathbf{U}_7)$$

$$\text{hay } \mathbf{u}_s = a \cdot \mathbf{U}_1 + b \cdot \mathbf{U}_2 + c \cdot \mathbf{U}_0 (\mathbf{U}_7)$$

$$a = \frac{3}{2} \frac{\sqrt{2} |\mathbf{u}_s| \sin(\frac{\pi}{3} - \alpha)}{U_{dc} \sin \frac{2\pi}{3}}$$

$$b = \frac{3}{2} \frac{\sqrt{2} |\mathbf{u}_s| \sin \alpha}{U_{dc} \sin \frac{2\pi}{3}}$$

$$c = (a + b) \left(\frac{2U_{dc}}{3|\mathbf{u}_s|} - 1 \right)$$

$$\text{Trong đó: } a + b + c = (a + b) \left(\frac{2U_{dc}}{3|\mathbf{u}_s|} \right) \approx 1$$

$$\Rightarrow T_1 = a \cdot T_{PWM}$$

$$T_2 = b \cdot T_{PWM}$$

$$T_0 = c \cdot T_{PWM}$$

$$\text{với chu kỳ điều rộng xung: } T_{PWM} \approx (T_1 + T_2) + T_0$$

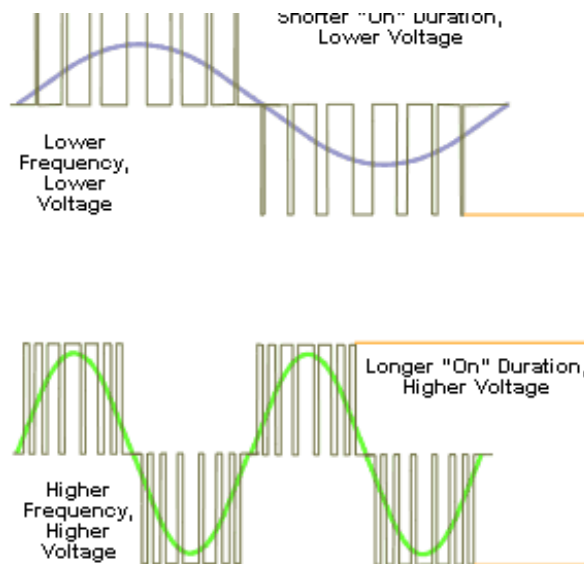
$$\text{hay } T_0 \approx T_{PWM} - (T_1 + T_2)$$

$$\text{với } T_{PWM} \approx \text{const}$$

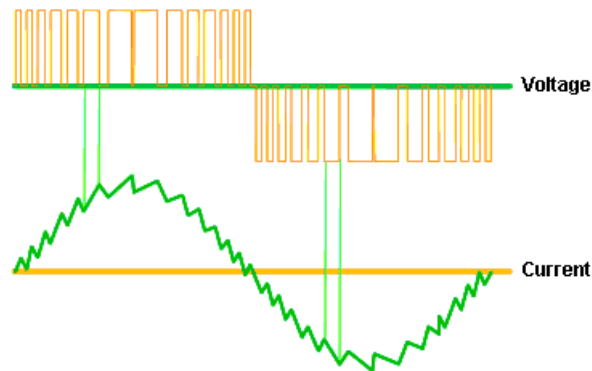
$$\text{Tổng quát: } \mathbf{u}_s = a \cdot \mathbf{U}_x + b \cdot \mathbf{U}_{x+60} + c \cdot \{\mathbf{U}_0, \mathbf{U}_7\}$$

Trong đó, α là góc giữa vector \mathbf{U}_x và vector điện áp \mathbf{u}_s .

Bằng cách điều khiển chuyển đổi trạng thái đóng cắt các khóa của bộ nghịch lưu thông qua T_1 , T_2 và T_0 , dễ dàng điều khiển **độ lớn** và **tốc độ quay** của vector không gian điện áp. Khi đó dạng điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu có dạng PWM sin.



Hình 1.14: Điều chế biên độ và tần số điện áp.



Hình 1.15: Dạng điện áp và dòng điện PWM sin.

Ví dụ 1.13: Chứng minh $|u_s|e^{j\alpha} = T_1\left(\frac{2}{3}U_{dc}\right) + T_2\left(\frac{2}{3}U_{dc}e^{j\frac{\pi}{6}}\right)$

Bài tập 1.1. Chứng minh: $u_{\text{phase}_5} = \frac{2}{3}U_{dc}e^{j\frac{4\pi}{3}}$

Bài tập 1.2. Chứng minh: $u_{\text{line}_4} = \frac{2}{3}\sqrt{3}U_{dc}e^{j\frac{7\pi}{6}}$

Bài tập 1.3. Điện áp ba pha 380V, 50Hz. Tại thời điểm $t = 6\text{ms}$. Tính u_{sa} , u_{sb} , u_{sc} , $u_{s\alpha}$ và $u_{s\beta}$, $|u_s|$? Biết góc pha ban đầu của pha A là $\theta_0 = 0$.

Bài tập 1.4. Điện áp ba pha cấp cho bộ nghịch lưu là 380V, 50Hz. Tính điện áp pha lớn nhất mà bộ nghịch lưu có thể cung cấp cho động cơ nối Y.

Bài tập 1.5. Điện áp một pha cấp cho bộ nghịch lưu là 220V, 50Hz. Tính điện áp dây lớn nhất mà bộ nghịch lưu có thể cung cấp cho động cơ.

Bài tập 1.6. Điện áp ba pha cấp cho bộ nghịch lưu là 380V, 50Hz. Điện áp pha bộ nghịch lưu cấp cho động cơ là 150V và 50Hz. Tại thời điểm $t = 6\text{ms}$. Tính T_1 , T_2 và T_0 ? Biết góc pha ban đầu $\theta_0 = 0$ và tần số điều rộng xung là 20KHz.

- Bài tập 1.7.** Lập bảng và vẽ giản đồ vector các điện áp dây thành phần tương ứng với 8 trạng thái của bộ nghịch lưu.
- Bài tập 1.8.** Nêu các chức năng của khoá S7 và các diode ngược (mắc song song với các khoá đóng cắt S₁–S₆) trong bộ nghịch lưu?
- Bài tập 1.9.** Cho $U_{dc} = 309V$, trạng thái các khoá như sau: S₂, S₃, S₆: ON; và S₁, S₄, S₅: OFF. Tính các điện áp u_{sa} , u_{sb} , u_{sc} , U_{AB} , U_{BC} ?
- Bài tập 1.10.** Khi tăng tần số điều rộng xung (PWM) của bộ nghịch lưu, đánh giá tác động của sóng hài bậc cao lên dòng điện động cơ. Phương pháp điều khiển nào có tần số PWM luôn thay đổi?

Ví dụ 1.1: Chứng minh?

$$a) \quad \vec{u}_s(t) = |u_s| e^{j\omega_s t} = |u_s| \angle(\omega_s t) = |u_s| [\cos(\omega_s t) + j \sin(\omega_s t)] \quad (1.6)$$

$$b) \quad u_s = \frac{2}{3} \left([u_{as} - 0,5u_{bs} - 0,5u_{cs}] + j \left[\frac{\sqrt{3}}{2} u_{bs} - \frac{\sqrt{3}}{2} u_{cs} \right] \right) \quad (1.5)$$

Ví dụ 1.2: Chứng minh ma trận chuyển đổi hệ tọa độ $\alpha\beta \rightarrow abc$?

$$\begin{bmatrix} u_{as} \\ u_{bs} \\ u_{cs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{s\alpha}^s \\ u_{s\beta}^s \end{bmatrix} \quad (1.11)$$

Ví dụ 1.3: Chứng minh:

$$v_{\alpha} = \sqrt{2}V \cos \omega t \equiv v_a$$

$$v_{\beta} = \sqrt{2}V \sin \omega t$$

Ví dụ 1.4: Chứng minh các phương trình tính điện áp pha?

$$a) \quad U_{Nn} = \frac{1}{3} (U_{An} + U_{Bn} + U_{Cn})$$

$$b) \quad U_{AN} = \frac{2}{3} U_{An} - \frac{1}{3} U_{Bn} - \frac{1}{3} U_{Cn}$$

Ví dụ 1.5: Tính điện áp các pha ở trạng thái S1, S3, S6 ON và S2, S4, S5 OFF?

Ví dụ 1.6: Tính các điện áp thành phần $u_{s\alpha}$ và $u_{s\beta}$ tương ứng với 8 trạng thái trong bảng 1.1?

Ví dụ 1.7: Bộ nghịch lưu ở trạng thái 110, chứng minh $\vec{u}_{\text{phase}_1} = \frac{2}{3} U_{dc} e^{j60^\circ}$

Ví dụ 1.8: Tìm (độ lớn và góc của) vector không gian điện áp stator $\vec{u}_s(t)$ ứng với trạng thái (101)? (Giải theo phương pháp đại số như trên hay theo phương pháp hình học)

Ví dụ 1.9: Chứng minh $u_{\text{phase}_0} = \frac{2}{3} U_{dc} e^{j0^\circ}$

Ví dụ 1.10: Bộ nghịch lưu ở trạng thái 100, chứng minh $\vec{u}_{\text{line}_1} = \frac{2}{3} \sqrt{3} U_{dc} e^{j30^\circ}$

Ví dụ 1.11: Tìm (độ lớn và góc của) vector không gian điện áp stator \vec{u}_{line} ứng với trạng thái (110), \vec{u}_{line_2} ? (Giải theo phương pháp đại số và phương pháp hình học)

Ví dụ 1.12: Chứng minh các vector điện áp có giá trị như sau:

$$\text{a/ } \underline{v}_{6\text{ pha}} = \frac{2}{3} V_{DC} e^{j\frac{5\pi}{3}} \qquad \text{b/ } \underline{v}_{3\text{ day}} = \frac{2}{3} \sqrt{3} V_{DC} e^{j\frac{5\pi}{6}}$$

Ví dụ 1.13: Chứng minh $|\underline{u}_s| e^{j\alpha} = T_1 \left(\frac{2}{3} U_{dc} \right) + T_2 \left(\frac{2}{3} U_{dc} e^{j\frac{\pi}{6}} \right)$