



1

**Giới thiệu**

---

❑ **Bộ nghịch lưu (inverter)**

- ✓ Ngõ vào: Điện áp DC
- ✓ Ngõ ra: Điện áp / dòng điện AC thay đổi được tần số và biên độ
- ✓ Sử dụng linh kiện bán dẫn công suất

❑ **Phân loại theo cấu hình:**

- ✓ Nghịch lưu nguồn áp
- ✓ Nghịch lưu nguồn dòng

❑ **Phân loại theo tín hiệu điều khiển:**

- ✓ Điều khiển kiểu sóng vuông
- ✓ Điều khiển kiểu điều rộng xung (PWM)

❑ **Ứng dụng:**

- ✓ Truyền động điện động cơ xoay chiều
- ✓ Trong lĩnh vực gia nhiệt cảm ứng (máy hàn điện, lò nung cao tần, ...)
- ✓ Trong lĩnh vực truyền tải điện, chiếu sáng, v.v...

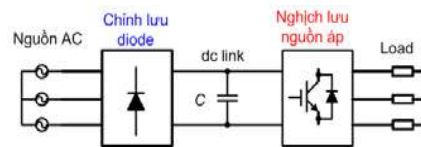
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

2

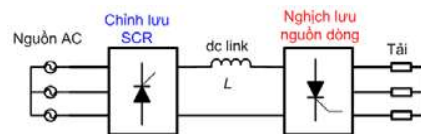
2

## Giới thiệu

- **Nghịch lưu nguồn áp** (Voltage Source Inverter – VSI): Bộ nghịch lưu được cấp nguồn từ nguồn điện áp. Điện áp ra được điều khiển bởi tín hiệu kích (điều khiển) bộ nghịch lưu, dòng ra phụ thuộc vào tải. Bộ nghịch lưu kiểu này phù hợp với tải có tính cảm kháng.



- **Nghịch lưu nguồn dòng** (Current Source Inverter – CSI): Bộ nghịch lưu được cấp nguồn từ nguồn dòng điện. Dòng điện ở ngõ ra được điều khiển bởi tín hiệu kích (điều khiển) bộ nghịch lưu, điện áp ra phụ thuộc vào tải. Bộ nghịch lưu kiểu này phù hợp với tải có tính dung kháng.

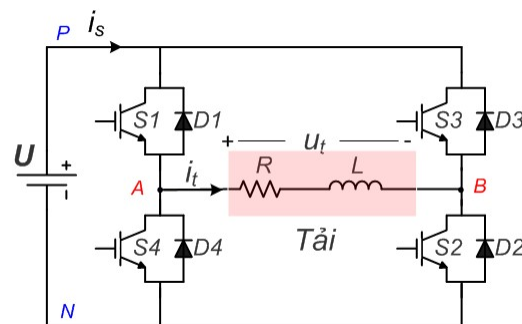


BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

3

3

## Bộ nghịch lưu áp một pha



Cấu hình bộ nghịch lưu áp một pha

### Nguyên tắc kích:

- ✓ Hai công tắc bán dẫn trên cùng một nhánh cầu (S1 & S4, S3 & S2) được kích đối nghịch nhau.
- ✓ Không có trường hợp hai công tắc trên cùng một nhánh cầu cùng dẫn hoặc cùng tắt.

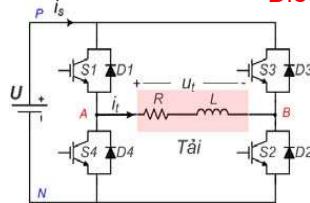
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

4

4

## Bộ nghịch lưu áp một pha

### Điều khiển sóng vuông

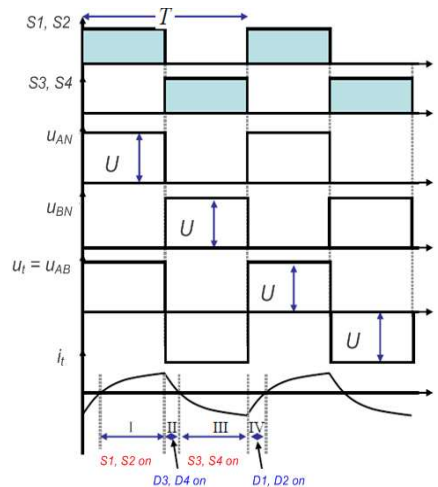


Khoảng I: S1, S2 được kích, dòng điện đi theo chiều:  $U+ \rightarrow S1 \rightarrow \text{Tải} \rightarrow S2 \rightarrow U-$

Khoảng II: S3, S4 được kích dòng điện đi theo chiều:  $U- \rightarrow D4 \rightarrow \text{Tải} \rightarrow D3 \rightarrow U+$

Khoảng III: S3, S4 được kích dòng điện đi theo chiều:  $U+ \rightarrow S3 \rightarrow \text{Tải} \rightarrow S4 \rightarrow U-$

Khoảng IV: S1, S2 được kích, dòng điện đi theo chiều:  $U- \rightarrow D2 \rightarrow \text{Tải} \rightarrow D1 \rightarrow U+$



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

5

5

## Bộ nghịch lưu áp một pha

### Nghịch lưu áp một pha điều khiển đơn giản:

Có thể chứng minh được dòng tải trong một chu kỳ hoạt động được biểu diễn như sau:

$$i_t = \begin{cases} \frac{U}{R} + \left( I_{\min} - \frac{U}{R} \right) e^{-\frac{t}{2\tau}} & 0 \leq t < T/2 \\ -\frac{U}{R} + \left( I_{\max} + \frac{U}{R} \right) e^{-\frac{t-T/2}{2\tau}} & T/2 \leq t < T \end{cases}$$

Ở chế độ xác lập:  $I_{\max} = -I_{\min}$ .

Áp dụng quan hệ trên vào các hệ thức I, ta thu được

$$I_{\max} = -I_{\min} = \frac{U}{R} \left[ \frac{1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} \right]$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

6

6

## Bộ nghịch lưu áp một pha

Điều khiển kiểu sóng vuông:

Phân tích Fourier của điện áp ngõ ra dạng xung vuông:

$$u_t(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{n\pi} \cdot \sin(n\omega t)$$

Áp tải chỉ chứa các thành phần hài bậc lẻ.

Độ méo dạng điện áp được tính theo hệ thức sau:

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_{t(n)}^2}}{U_{t(1)}} = \frac{\sqrt{U_t^2 - U_{t(1)}^2}}{U_{t(1)}}$$

Suy ra hệ số méo dạng của nghịch lưu cầu 1 pha dạng xung vuông:

$$THD_U = \frac{\sqrt{U_t^2 - U_{t(1)}^2}}{U_{t(1)}} = \frac{\sqrt{U^2 - \left(\frac{4}{\pi\sqrt{2}}U\right)^2}}{\frac{4}{\pi\sqrt{2}}U} = 0,483 = 48,3\% ; U_t = U$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

7

7

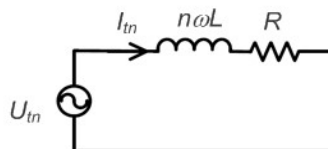
## Bộ nghịch lưu áp một pha

Điều khiển kiểu sóng vuông:

Với tải RL, dòng tải có thể tính theo công thức sau:

$$i_t(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{n\pi\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n)$$

Trong đó:  $\theta_n = \arctan(n\omega L/R)$ :



Mạch tương đương của tải R + L với sóng hài bậc n

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

8

8

## Bộ nghịch lưu áp một pha

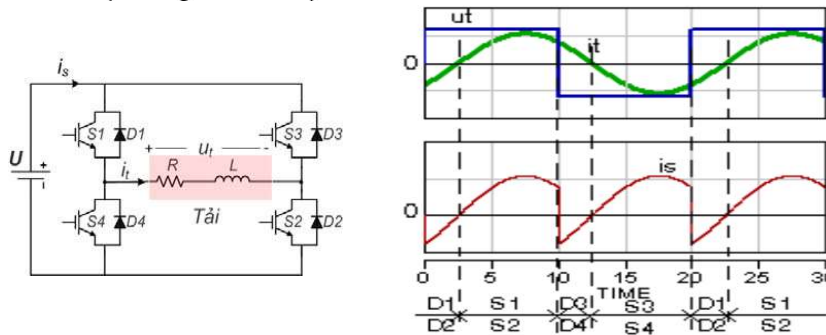
### Ví dụ 5.5:

Cho bộ nghịch lưu áp dạng cầu một pha với dạng sóng điện áp cho trên hình.

Giả thiết dòng điện qua tải có dạng  $i_t = 540 \sin(\omega t - \pi/4)$ .

Nguồn DC có độ lớn 300V.

- Vẽ dạng sóng dòng tải và dòng qua nguồn và xác định khoảng dẫn của từng linh kiện.
- Xác định trị trung bình dòng qua nguồn và công suất do nguồn cung cấp.
- Xác định công suất tiêu thụ của tải.



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

9

9

## Bộ nghịch lưu áp một pha

- Dạng sóng dòng tải và dòng nguồn vẽ trên hình
- Dòng trung bình qua nguồn:

$$I_{sAV} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} 540 \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{4}) \cdot d(\omega t) = 243,1A$$

Công suất nguồn cung cấp:

$$P_s = 300 \cdot 243,1 = 72.930W = 72,93kW$$

- Trị hiệu dụng thành phần hài cơ bản áp ra:

$$U_{t(1)} = \frac{4U}{\pi\sqrt{2}} = \frac{400 \cdot 300}{\pi\sqrt{2}} = 270,14V$$

$$P_t = U_{t(1)} \cdot I_{t(1)} \cdot \cos \varphi_1 = 270,14 \cdot \frac{540}{\sqrt{2}} \cdot \cos \frac{\pi}{4} = 72.930W = 72,93kW$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

10

10

## Bộ nghịch lưu áp một pha

### Ví dụ 5.6:

Bộ nghịch lưu áp một pha mắc vào nguồn một chiều  $U$ .

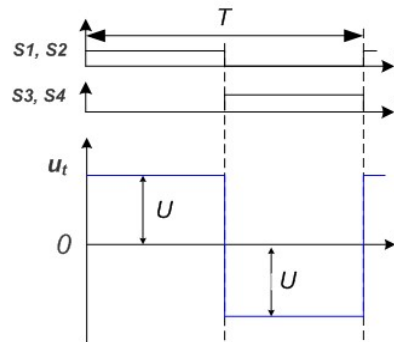
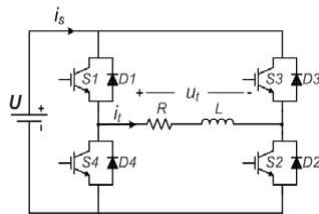
Tải  $R = 10\Omega$ ,  $L = 0,01H$ .

Bộ nghịch lưu áp được điều khiển theo phương pháp điều biên.

a- Tính độ lớn nguồn  $U$  để trị hiệu dụng áp tải  $U_t = 100V$ .

b- Với áp nguồn xác định ở câu a. Tính trị hiệu dụng hài cơ bản của điện áp ngõ ra.

c- Tính trị hiệu dụng dòng tải.



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

11

11

## Bộ nghịch lưu áp một pha

### Giải:

a. Trị hiệu dụng áp tải:  $U_{\text{trms}} = U = 100V$

Vậy cần có áp nguồn  $U = 100V$

b. Áp dụng phân tích Fourier cho áp tải  $u_t$ , biên độ của sóng hài bậc  $n$  của áp ra:

$$U_n = \frac{4U}{n\pi}, n = 1, 3, 5, 7 \dots$$

Trị hiệu dụng sóng hài cơ bản ( $n=1$ ) của áp tải:

$$U_{t(1)} = \frac{U_1}{\sqrt{2}} = \frac{4U}{\pi \cdot \sqrt{2}} = 90,03[V]$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

12

12

## Bộ nghịch lưu áp một pha

c. Trị hiệu dụng dòng điện tải có thể tính theo hệ thức:  $I_t = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_t^2 dx}$

Để không phải giải phương trình xác định dòng  $i_t$ , ta có thể áp dụng công thức sau:

$$I_t = \left( \sum_{j=1}^{\infty} i_{t(j)}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Với } I_{t(n)} = \frac{U_{t(n)}}{Z_{(n)}} = \frac{\frac{4U}{n\pi\sqrt{2}}}{\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}}$$

Ta thấy bậc  $n$  của sóng hài càng cao, trị hiệu dụng của dòng điện tương ứng càng thấp. Do đó, ta có thể tính  $I_t$  gần đúng thông qua vài hài bậc thấp. Ví dụ chọn  $n=1,3,5,\dots$

$U_{t(k)}$	$U_{t(1)}$ [A]	$U_{t(3)}$	$U_{t(5)}$	$U_{t(7)}$	$U_{t(9)}$	$U_{t(11)}$
[V]	87,828	29,27	17,56	12,54	9,75	7,98
$I_{t(n)}$	$I_{t(1)}$ [A]	$I_{t(3)}$	$I_{t(5)}$	$I_{t(7)}$	$I_{t(9)}$	$I_{t(11)}$
[A]	8,37	2,13	0,94	0,51	0,325	0,22

Tính gần đúng  $I_t$  qua hài dòng bậc 1, 3, 5:

$$I_t \approx \left( I_{t(1)}^2 + I_{t(3)}^2 + I_{t(5)}^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 8,72 \text{ [A]}$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

13

13

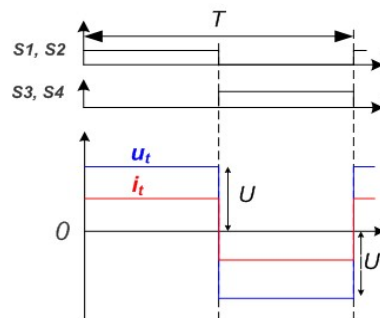
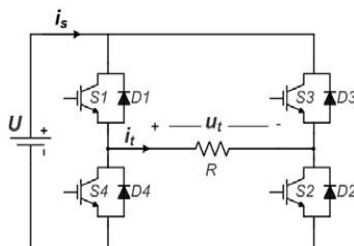
## Bộ nghịch lưu áp một pha

### Ví dụ 5.8:

Cho bộ nghịch lưu áp một pha dạng mạch cầu.

Tải thuần trở  $R = 2,4\Omega$ ; điện áp nguồn một chiều  $U = 48V$ .

- Tính trị hiệu dụng hài cơ bản của áp ra.
- Tính công suất trung bình của tải.
- Tính trị trung bình và trị tức thời lớn nhất của dòng điện qua transistor.
- Xác định điện áp khóa lớn nhất đặt lên transistor.
- Tính hệ số méo dạng của áp ra.



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

14

14

### Bộ nghịch lưu áp một pha

Giải:

$$a. U_{t(1)} = \frac{4U}{\pi\sqrt{2}} = \frac{4 \cdot 48}{\pi\sqrt{2}} = 43,2[V]$$

b. Công suất trung bình của tải:

$$P_t = \frac{U_t^2}{R} = \frac{\left( \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_t^2 dx \right)^{\frac{1}{2}}}{R} = \frac{U^2}{R} = \frac{48^2}{2,4} = 960 [W]$$

c. Trị trung bình dòng qua transistor:

$$I_{TAV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \frac{U}{R} dx = \frac{U}{2R} = 10[A]$$

Trị tức thời lớn nhất của dòng qua transistor:

$$i_{Tmax} = \frac{U}{R} = \frac{48}{2,4} = 20[A]$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

15

15

### Bộ nghịch lưu áp một pha

d. Điện áp khóa lớn nhất đặt lên transistor xảy ra khi transistor cùng nhánh dẫn ví dụ khi S4 dẫn ( $U_{T4}=0$ ):

$$u_{T1} = U - u_{T4} = U = 48[V]$$

e. Hệ số méo dạng của áp ra:

$$THD_U = \frac{\left( \sum_{k=2}^{\infty} U_{t(K)}^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{U_{t(1)}} = \frac{(U_t^2 - U_{t(1)}^2)^{\frac{1}{2}}}{U_{t(1)}}$$

với  $U_t = 48 [V]$ ,  $U_{t(1)} = 43,2 [V]$ , ta được:

$$THD_U = \frac{(48^2 - 43,2^2)^{\frac{1}{2}}}{43,2} = 0,484$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

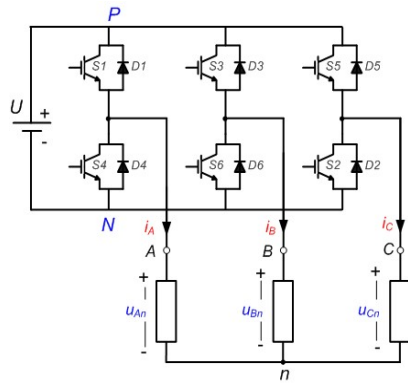
16

16

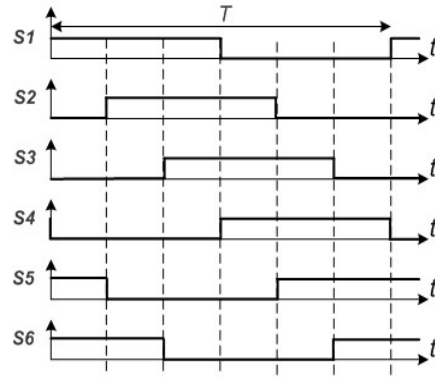


## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):



Cấu hình bộ nghịch lưu ba pha



Dạng xung điều khiển kiểu sóng vuông

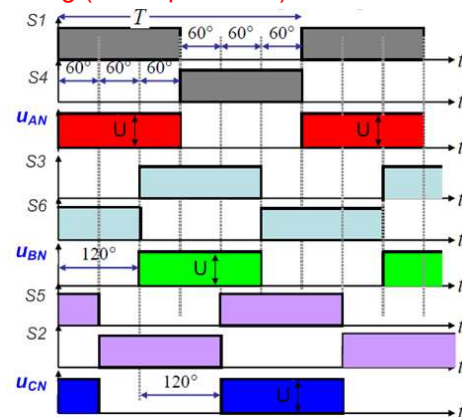
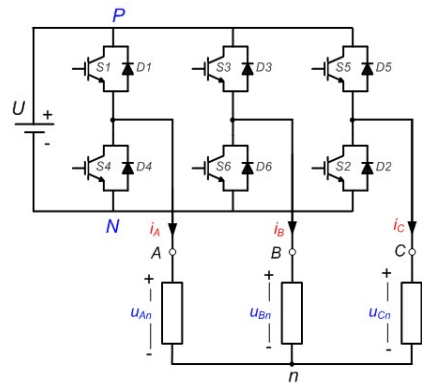
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

17

17

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):



Dạng điện áp điều khiển và điện áp tại các ngõ ra (so với điểm N của nguồn U)

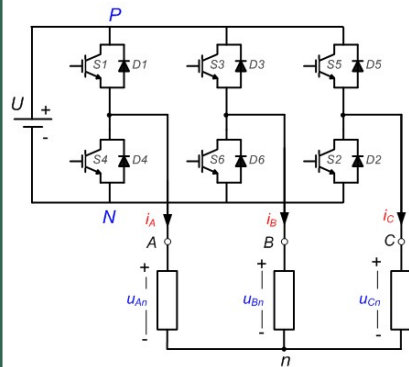
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

18

18

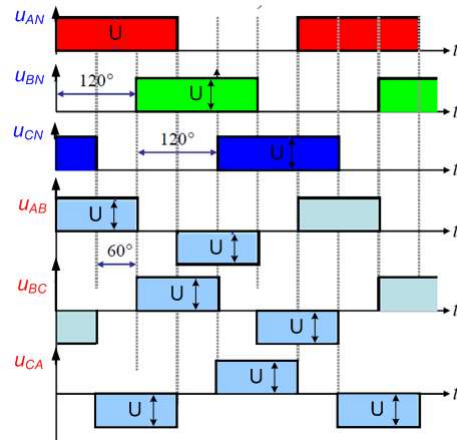
## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):



**Lưu ý:**

- $u_{AB} = u_{AN} - u_{BN}$
- $u_{BC} = u_{BN} - u_{CN}$
- $u_{CA} = u_{CN} - u_{AN}$



Dạng điện áp dây tại ngõ ra của bộ nghịch lưu

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

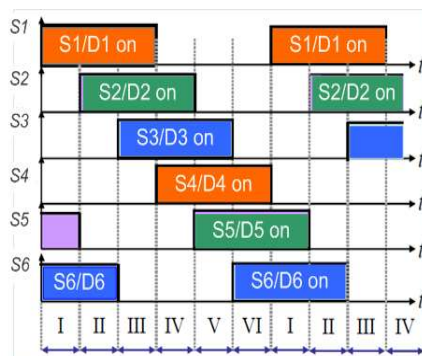
19

19

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

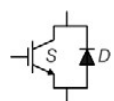
Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):

Xét trường hợp tải đấu sao (Y)



**Lưu ý:**

- Khoảng I: S1/D1, S5/D5 và S6/D6 dẫn
- Khoảng II: S1/D1, S2/D2 và S6/D6 dẫn
- Khoảng III: S1/D1, S2/D2 và S3/D3 dẫn
- Khoảng IV: S2/D2, S3/D3 và S4/D4 dẫn
- Khoảng V: S3/D3, S4/D4 và S5/D5 dẫn
- Khoảng VI: S4/D4, S5/D5 và S6/D6 dẫn



= khi S được kích dẫn, mạch tương đương khóa bán dẫn cho phép dòng chạy qua theo cả 2 chiều.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

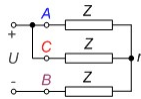
20

20

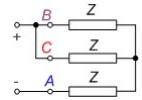
## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):

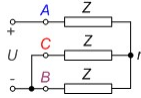
Xét trường hợp tải đấu sao (Y)



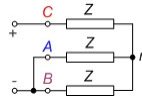
**Khoảng I:** S1, S5 và S6 được kích  
 $u_{An} = u_{Cn} = (1/3)U$ ;  $u_{Bn} = (-2/3)U$



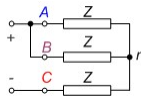
**Khoảng V:** S3, S4 và S5 được kích  
 $u_{An} = (-2/3)U$ ;  $u_{Bn} = u_{Cn} = (1/3)U$



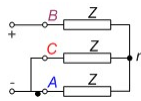
**Khoảng II:** S1, S2 và S6 được kích  
 $u_{An} = (2/3)U$ ;  $u_{Bn} = u_{Cn} = (-1/3)U$



**Khoảng VI:** S4, S5 và S6 được kích  
 $u_{An} = u_{Bn} = (-1/3)U$ ;  $u_{Cn} = (2/3)U$



**Khoảng III:** S1, S2 và S3 được kích  
 $u_{An} = u_{Bn} = (1/3)U$ ;  $u_{Cn} = (-2/3)U$



**Khoảng IV:** S2, S3 và S4 được kích  
 $u_{An} = u_{Cn} = (-1/3)U$ ;  $u_{Bn} = (2/3)U$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

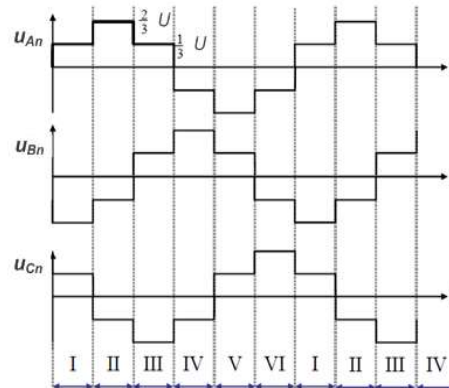
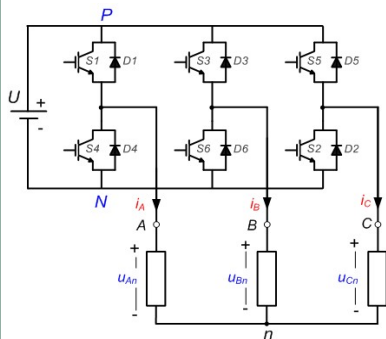
21

21

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):

Xét trường hợp tải đấu sao (Y)



Dạng điện áp pha trên tải

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

22

22

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):

Xét trường hợp tải đấu sao (Y)

### Phân tích sóng hài điện áp:

Phân tích Fourier của điện áp pha ( $u_{An}=u_{t1}$ ,  $u_{Bn}=u_{t2}$ ,  $u_{Cn}=u_{t3}$ ):

$$u_{t1}(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{\sqrt{3}n\pi} \sin \frac{n\pi}{3} \sin n\omega t$$

$$u_{t2}(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{\sqrt{3}n\pi} \sin \frac{n\pi}{3} \sin n(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$u_{t3}(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{\sqrt{3}n\pi} \sin \frac{n\pi}{3} \sin n(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

Áp tải chỉ chứa các hài bậc lẻ

Trị hiệu dụng áp pha tải:  $U_{t,rmz} = \frac{\sqrt{2}}{3} U$

Biên độ sóng hài bậc n của áp pha tải:  $U_n = \frac{4U}{\sqrt{3}n\pi} \sin \frac{n\pi}{3}$

Với  $n=1$ , biên độ hài cơ bản (hài bậc 1) của áp pha tải:  $U_{1m} = \frac{2}{\pi} U$

Trị hiệu dụng của hài bậc 1 của áp pha tải:  $U_{1,rmz} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

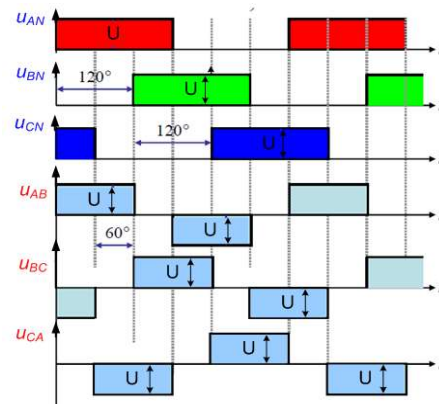
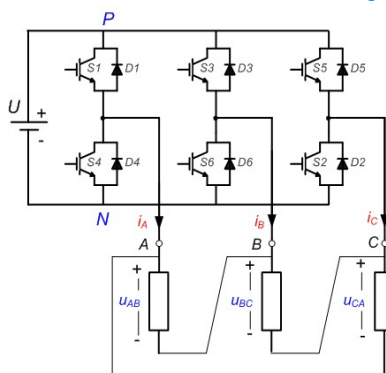
23

23

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):

Xét trường hợp tải đấu tam giác ( $\Delta$ )



Dạng điện áp dây tại ngõ ra của bộ nghịch lưu  
(Cũng là điện áp pha trên tải)

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

24

24

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter):

Xét trường hợp tải đầu tam giác ( $\Delta$ )

Phân tích Fourier của điện áp trên mỗi pha của tải ( $u_{AB}=u_{t1}, u_{BC}=u_{t2}, u_{CA}=u_{t3}$ ), đây cũng là điện áp dây tại ngõ ra của bộ nghịch lưu:

$$u_{t1}(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{3} \sin \left( n\omega t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$u_{t2}(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{3} \sin \left( n\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$u_{t3}(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{3} \sin \left( n\omega t + \frac{7\pi}{6} \right)$$

Áp tải chỉ chứa các hài bậc lẻ

Trị hiệu dụng áp pha tải (áp dây của bộ nghịch lưu):  $U_{t,ymz} = \sqrt{\frac{2}{3}} U$

Biên độ sóng hài bậc n của áp pha tải:  $U_n = \frac{4U}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{3}$

Với  $n=1$ , biên độ hài cơ bản (hài bậc 1) của áp pha tải:  $U_{1m} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} U$

Trị hiệu dụng của hài bậc 1 của áp pha tải:  $U_{1,ymz} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} U$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

25

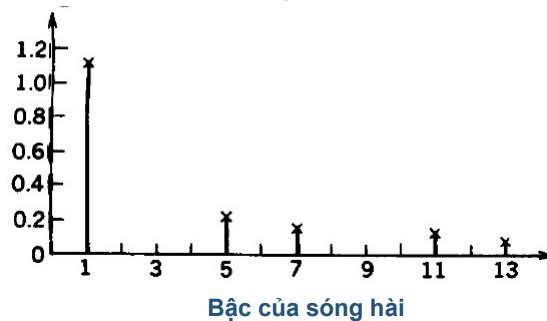
25

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

Điều khiển kiểu sóng vuông (six step inverter)

$U_{Ln}/U$

$U_{Ln}$ : Trị hiệu dụng sóng hài bậc n trong điện áp dây (pha-pha)  
 $U$ : Điện áp nguồn DC



Phổ tần sóng hài trong điện áp dây – điều khiển kiểu 6 bước

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

26

26

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

### Ví dụ 5.9:

Bộ nghịch lưu áp ba pha điều khiển kiểu 6 bước (six-step)

Tải thuần trở ba pha đối xứng đầu thành dạng sao.

Độ lớn điện trở mỗi pha  $R = 10\Omega$ .

Tần số làm việc của bộ nghịch lưu áp  $f = 50\text{Hz}$ .

Điện áp nguồn một chiều  $U = 220\text{V}$ .

- Xác định trị hiệu dụng điện áp ra ;
- Viết phương trình sóng hài bậc 1 của điện áp tải và dòng tải ;
- Tính công suất tải ;
- Tính hệ số biến dạng của áp ra .
- Tính trị trung bình dòng điện qua transistor .

## Bộ nghịch lưu áp ba pha

### Giải:

- a. Trị hiệu dụng áp pha:

$$U_t = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot U = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot 220 = 103,7[\text{V}]$$

- b. Biên độ sóng hài bậc 1 của áp:

$$U_{t(1)m} = \frac{4U}{\sqrt{3}\pi} \sin \frac{\pi}{3} = \frac{4}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,6366 \cdot U = 0,6366 \cdot 220 = 140[\text{V}]$$

Phương trình sóng hài bậc một của áp tải – pha A

$$u_{At(1)} = 140 \cdot \sin(314t)$$

Phương trình sóng hài bậc một của dòng tải – pha A

$$i_{At(1)} = (140/R) \cdot \sin(314t) = 14 \cdot \sin 314t$$

### Bộ nghịch lưu áp ba pha

c. Vì tải thuần trở nên công suất tải cho bởi hệ thức:

$$P_t = 3 \cdot \frac{U_t^2}{R} = 3 \cdot \frac{103,7^2}{10} = 3226,1 [W]$$

d. Hệ số méo dạng của áp:

$$THD_U = \frac{(U_t^2 - U_{t(1)}^2)^{\frac{1}{2}}}{U_{t(1)}} = \frac{\left(103,7^2 - \left(\frac{140}{\sqrt{2}}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{140}{\sqrt{2}}\right)} = 0,312$$

e. Trị trung bình dòng điện ngõ vào bộ nghịch lưu:

$$I_C = \frac{P_t}{U} = \frac{3226,1}{220} = 14,664 [A]$$

Các diode đối song với transistor không dẫn điện.

Mỗi transistor dẫn điện trong 1/3 chu kỳ với trị trung bình dòng điện qua nó bằng:

$$I_{TAV} = \frac{I_C}{3} = \frac{14,664}{3} = 4,888 [A]$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

29

29

## CHƯƠNG 5 Bộ nghịch lưu Phần 2

Bộ môn Cung Cấp Điện



30

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

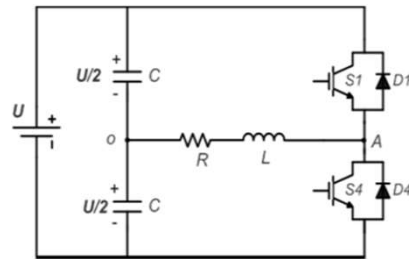
#### Nghịch lưu một pha kiểu bán cầu (Half bridge inverter)

Xét mạch nghịch lưu một pha kiểu bán cầu như hình.

Giả thiết hai tụ lọc C đủ lớn để điện áp trên mỗi tụ là  $U/2$  được giữ không đổi trong quá trình bộ nghịch lưu hoạt động.

Việc điều khiển các khoá bán dẫn S1 và S4 thực hiện bằng cách so sánh giữa **sóng điều khiển** (hoặc tín hiệu điều chế - modulating signal)  $u_{control}$  dạng sin và **sóng mang** (carrier signal)  $u_{tri}$  dạng tam giác:

$$\begin{aligned} u_{control} > u_{tri} & \quad S1 \text{ ON} & \quad u_{Ao} = \frac{1}{2}U \\ u_{control} < u_{tri} & \quad S4 \text{ ON} & \quad u_{Ao} = -\frac{1}{2}U \end{aligned}$$



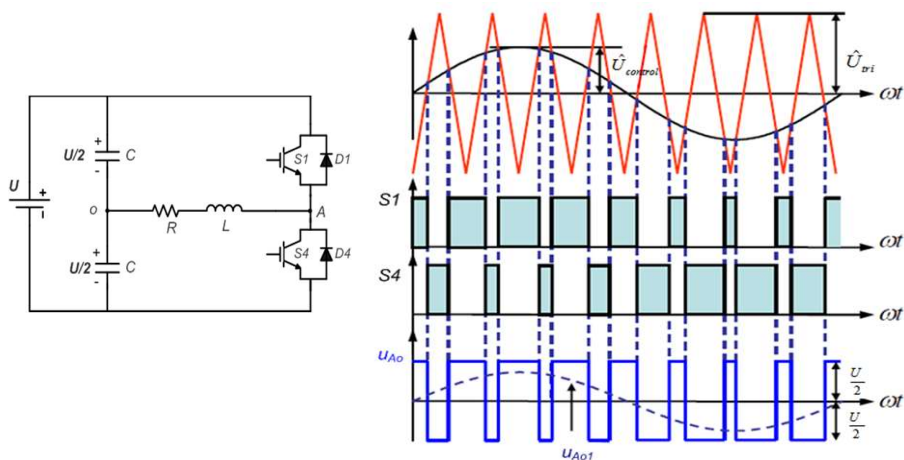
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

31

31

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

32

32



## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

Tỉ số điều chế biên độ (Amplitude modulation ratio)  $m_a$  được định nghĩa:

$$m_a = \frac{\hat{U}_{control}}{\hat{U}_{tri}}$$

Trong đó:  $\hat{U}_{control}$ : biên độ sóng điều khiển  $u_{control}$

$\hat{U}_{tri}$ : biên độ sóng mang  $u_{tri}$

Tỉ số điều chế tần số (Frequency modulation ratio)  $m_f$  được định nghĩa:

$$m_f = f_s / f_1$$

Trong đó:

$f_s$ : tần số sóng mang  $u_{tri}$  hoặc còn gọi là tần số đóng cắt (switching frequency)

$f_1$ : tần số sóng điều khiển  $u_{control}$

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

Với cách đóng ngắt các khoá bán dẫn như đề cập ở trên, dạng sóng điện áp ngõ ra  $u_{Ao}$  thay đổi giữa 2 giá trị:  $U/2$  và  $-U/2$

Xét trong một chu kỳ  $T_s$  ( $T_s = 1/f_s$ ) của sóng mang, nếu sóng điều khiển  $u_{control}$  biến thiên chậm hơn nhiều so với sóng mang  $u_{tri}$  thì có thể xem  $u_{control}$  là không đổi trong khoảng thời gian này.

Như vậy, giá trị trung bình của điện áp ngõ ra  $U_{Ao}$  trong một chu kỳ  $T_s$  sẽ là:

$$U_{Ao} = \frac{u_{control}}{\hat{U}_{tri}} \frac{U}{2} \quad (u_{control} \leq \hat{U}_{tri})$$

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

Từ đây, nếu chọn sóng điều khiển có dạng:

$$u_{control} = \hat{U}_{control} \sin \omega t \quad (\hat{U}_{control} \leq \hat{U}_{tri})$$

Thì có thể suy ra thành phần hài cơ bản (bậc 1)  $(u_{Ao})_1$  của điện áp ngõ ra  $u_{Ao}$  sẽ có biểu thức là:

$$(u_{Ao})_1 = \frac{\hat{U}_{control}}{\hat{U}_{tri}} \frac{\sin \omega t}{2} \frac{U}{2} = m_a \frac{U}{2} \sin \omega t \quad (m_a = \frac{\hat{U}_{control}}{\hat{U}_{tri}} \leq 1)$$

Như vậy, **biên độ hài cơ bản** của điện áp ngõ ra  $u_{Ao}$  xác định bởi:

$$(\hat{U}_{Ao})_1 = m_a \frac{U}{2}$$

**Tần số của hài cơ bản** của điện áp ngõ ra  $u_{Ao}$  = tần số sóng điều khiển  $u_{control}$ .

Với phương pháp điều rộng xung sin (sinusoidal PWM), **biên độ và tần số của hài cơ bản của điện áp ngõ ra có thể được điều khiển qua biên độ và tần số của sóng điều khiển  $u_{control}$** . Ngoài ra, khi  $m_a \leq 1$ , **biên độ hài cơ bản của điện áp ngõ ra tỉ lệ tuyến tính với  $m_a$** .

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

35

35

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

#### Sóng hài:

Gọi  $f_1$  là tần số của sóng điều khiển  $u_{control}$ . Đây cũng là tần số của hài cơ bản của  $u_{Ao}$ .

Với  $m_a \leq 1$ , có thể chứng minh được các **hài bậc cao** trong điện áp  $u_{Ao}$  xuất hiện quanh các tần số  $m_f \cdot f_1, 2m_f \cdot f_1, 3m_f \cdot f_1, \dots$ . Ngoài ra, với  $m_f \geq 9$ , **biên độ sóng hài hầu như không phụ thuộc vào tỉ số điều chế tần số  $m_f$  mà chỉ phụ thuộc vào tỉ số điều chế biên độ  $m_a$** .

Một cách tổng quát, sóng hài xuất hiện ở các tần số:

$$f_h = (j \cdot m_f \pm k) \cdot f_1$$

Nghĩa là với tỉ số điều chế tần số  $m_f$  đã biết, bậc của sóng hài  $h$  tính bởi công thức:

$$h = j \cdot m_f \pm k$$

Trong đó, nếu  $j$  là số lẻ thì  $k$  là số chẵn và ngược lại. Ví dụ, nếu  $j = 1$  thì  $k = \pm 2, \pm 4, \dots$ , và nếu  $j = 2$  thì  $k = \pm 1, \pm 3, \dots$ .

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

36

36

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

**Bảng 4.1: Bộ nghịch lưu kiểu bán cầu**

Biên độ một số giá trị sóng hài (tính bằng  $(\hat{U}_{Ao})_h / \frac{1}{2}U$ ) theo  $m_a$  (giả thiết là  $m_f \geq 9$ ):

$h \backslash m_a$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
<b>Hài cơ bản (bậc 1)</b>	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$m_f$	1.242	1.15	1.006	0.818	0.601
$m_f \pm 2$	0.016	0.061	0.131	0.220	0.318
$m_f \pm 4$					0.018
$2m_f \pm 1$	0.190	0.326	0.370	0.314	0.181
$2m_f \pm 3$		0.024	0.071	0.139	0.212
$2m_f \pm 5$				0.013	0.033

Trong đó:  $(\hat{U}_{Ao})_h$  là biên độ sóng hài bậc  $h$  trong điện áp  $u_{Ao}$ .

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

37

37

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

**Bảng 4.1: Bộ nghịch lưu kiểu bán cầu (t-t)**

Biên độ một số giá trị sóng hài (tính bằng  $(\hat{U}_{Ao})_h / \frac{1}{2}U$ ) theo  $m_a$  (giả thiết là  $m_f \geq 9$ ):

$h \backslash m_a$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$3m_f$	0.335	0.123	0.083	0.171	0.113
$3m_f \pm 2$	0.044	0.139	0.203	0.176	0.062
$3m_f \pm 4$		0.012	0.047	0.104	0.157
$3m_f \pm 6$				0.016	0.044
$4m_f \pm 1$	0.163	0.157	0.008	0.105	0.068
$4m_f \pm 3$	0.012	0.070	0.132	0.115	0.009
$4m_f \pm 5$			0.034	0.084	0.119
$4m_f \pm 7$				0.017	0.050

Trong đó:  $(\hat{U}_{Ao})_h$  là biên độ sóng hài bậc  $h$  trong điện áp  $u_{Ao}$ .

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

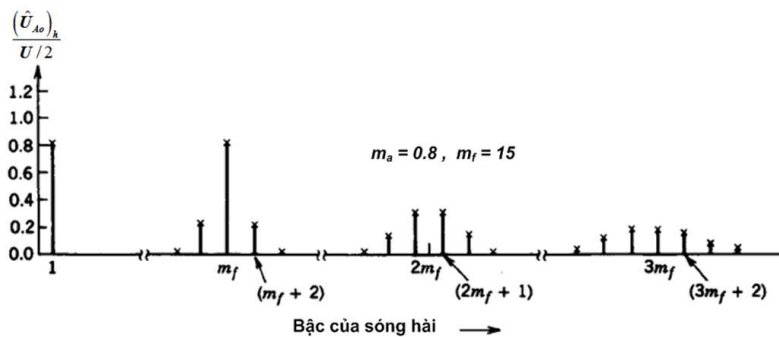
37

38

38

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu



Tăng  $m_f \rightarrow$  tăng giá trị tần số các sóng hài  $\rightarrow$  dễ lọc các sóng hài hơn.  
Điểm bất lợi của việc tăng tần số sóng mang là vấn đề tổn hao do đóng ngắt lớn.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

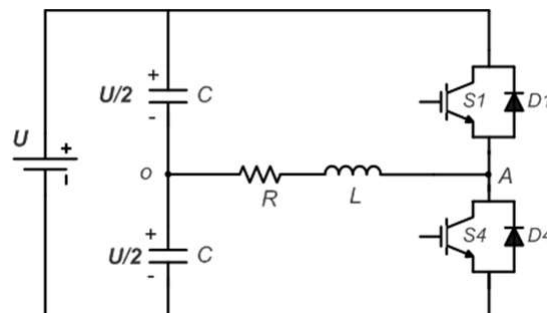
39

39

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

**Ví dụ:** Xét mạch nghịch lưu như hình. Biết  $U = 300V$ ,  $m_a = 0.8$ ,  $m_f = 39$ , tần số sóng điều khiển là  $f_1 = 50Hz$ . Tính giá trị hiệu dụng hài cơ bản và các sóng hài chính trong điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu.



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

40

40

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

**Giải:**

Từ bảng đã cho, suy ra cách tính giá trị hiệu dụng của sóng hài bậc h là:

$$(U_{Ao})_h = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{U}{2} \frac{(\hat{U}_{Ao})_h}{U/2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{300}{2} \frac{(\hat{U}_{Ao})_h}{U/2} = 106.07 \frac{(\hat{U}_{Ao})_h}{U/2}$$

Tra bảng, ta tính được trị hiệu dụng một số sóng hài là:

$(U_{Ao})_1 = 106.7 \times 0.8 = 84.86V$	tại 50Hz
$(U_{Ao})_{37} = 106.7 \times 0.22 = 23.33V$	tại 1850Hz
$(U_{Ao})_{39} = 106.7 \times 0.818 = 86.76V$	tại 1950Hz
$(U_{Ao})_{41} = 106.7 \times 0.22 = 23.33V$	tại 2050Hz
$(U_{Ao})_{77} = 106.7 \times 0.314 = 33.31V$	tại 3850Hz
$(U_{Ao})_{79} = 106.7 \times 0.314 = 33.31V$	tại 3950Hz

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

41

41

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

**Một số lưu ý khác:**

- $m_f$  nên chọn là số lẻ → chỉ tồn tại các sóng hài bậc lẻ trong điện áp ngõ ra.
- Với  $m_f \leq 21$ , cần thiết phải đồng bộ giữa sóng điều khiển  $u_{control}$  và sóng mang  $u_{tri}$ , nghĩa là tần số sóng mang  $f_s$  phải là bội số nguyên của tần số sóng điều khiển  $f_1$  để tránh xuất hiện các sóng hài tần số thấp (subharmonics) không có lợi trong hầu hết các ứng dụng. Ví dụ, nếu  $f_1 = 20.5\text{Hz}$  và  $m_f = 15$ , tần số của sóng điều chế cần thiết là  $f_s = 20.5 \times 15 = 307.5\text{Hz}$ .
- Với giá trị  $m_f$  lớn ( $m_f > 21$ ), giá trị các họa tần bậc thấp không đáng kể, nên có thể không cần đồng bộ giữa sóng điều khiển  $u_{control}$  và sóng mang  $u_{tri}$ . Tuy nhiên, trong những ứng dụng điều khiển động cơ xoay chiều, sóng hài tần số rất thấp (gần zero) có thể gây ra dòng lớn ngay cả khi có biên độ rất nhỏ. Vì vậy, nên **tránh điều chế không đồng bộ** giữa sóng điều khiển và sóng mang.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

42

42

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

### Vấn đề quá điều chế (Overmodulation):

- Quá điều chế xảy ra khi  $m_a > 1$ , lúc này quan hệ giữa  $m_a$  và biên độ sóng hài bậc 1 của điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu sẽ không còn tuyến tính nữa, và sẽ xuất hiện các sóng hài bậc thấp: 3, 5, 7 v.v...
- Tùy theo giá trị của  $m_a$ , biên độ sóng hài bậc 1 của áp ra nghịch lưu biến thiên trong khoảng:

$$\frac{U}{2} \leq (\hat{U}_{Ao})_1 \leq \frac{4U}{\pi} = \frac{2U}{\pi} \quad m_a > 1$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

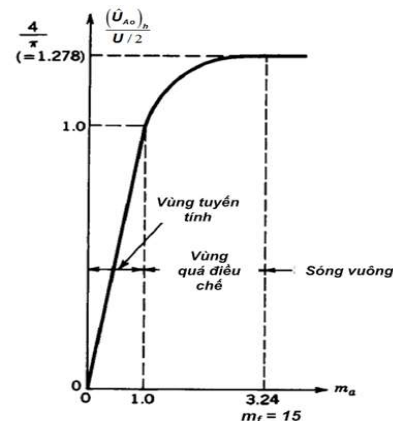
43

43

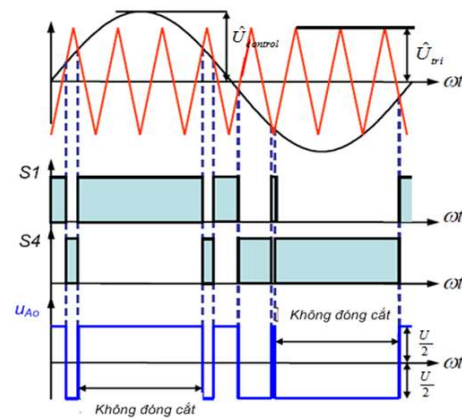
## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu

### Vấn đề quá điều chế (Overmodulation):



Quan hệ giữa hài bậc 1 điện áp ngõ ra và tỉ số điều chế biên độ  $m_a$



Dạng sóng trong trường hợp quá điều chế

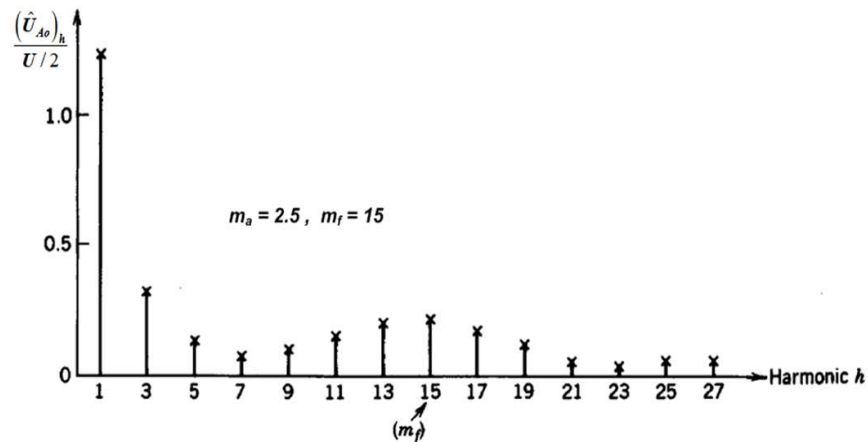
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

44

44

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu bán cầu



Phổ tần sóng hài của điện áp ngõ ra trong trường hợp quá điều chế

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

45

45

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

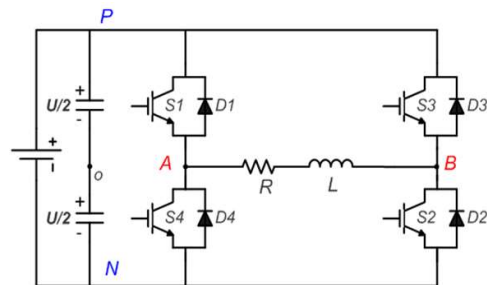
### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu

Bộ nghịch lưu một pha kiểu cầu có sơ đồ như hình.

Nếu gọi điểm O là điểm giữa của nguồn một chiều U (điểm này có thể không tồn tại thực tế, chỉ sử dụng cho việc phân tích mạch), có thể xem là bộ nghịch lưu cầu được tạo bởi hai bộ nghịch lưu kiểu bán cầu với điện áp ngõ ra lần lượt là  $u_{A0}$  và  $u_{B0}$ .

Điện áp ngõ ra  $u_o$  của bộ nghịch lưu:

$$u_o = u_{A0} - u_{B0}$$



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

46

46

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu

Có hai cách điều chế cho bộ nghịch lưu một pha kiểu cầu:

- PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực (Bipolar Voltage witching)
- PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực (Unipolar Voltage Switching)

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

47

47

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu–PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực

Với kiểu điều chế này, một sóng điều khiển  $u_{\text{control}}$  được sử dụng để so sánh với sóng mang  $u_{\text{tri}}$ .

Các khoá bán dẫn được đóng ngắt theo từng cặp: (S1, S2) và (S3, S4), và ngược pha nhau:

$$\begin{array}{lll} u_{\text{control}} > u_{\text{tri}} & \text{S1, S2 ON} & \text{S3, S4 OFF} \\ u_{\text{control}} < u_{\text{tri}} & \text{S1, S2 OFF} & \text{S3, S4 ON} \end{array}$$

Do đó:  $u_{A0} = u_{B0}$

Điện áp ngõ ra  $u_0$  của bộ nghịch lưu:  $u_0 = u_{A0} - u_{B0} = 2u_{A0}$

Như vậy, có thể áp dụng các phân tích nêu trong phần mạch nghịch lưu kiểu bán cầu để phân tích dạng sóng điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu cầu. Theo biểu thức trên, điện áp hài bậc 1 và các hài bậc cao hơn trong trường hợp này sẽ có giá trị gấp đôi so với kết quả đã nêu trong phần mạch nghịch lưu kiểu bán cầu:

$$\hat{U}_{o1} = 2(\hat{U}_{A0})_1 = m_a U \quad (m_a \leq 1)$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

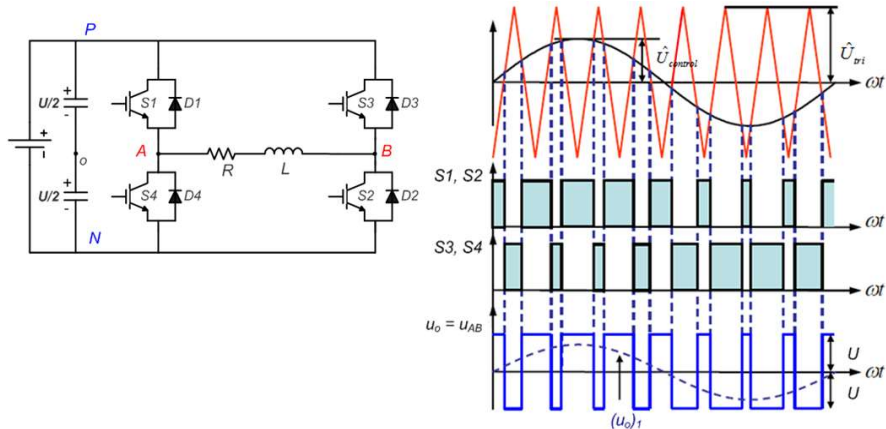
48

48



## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu-PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực



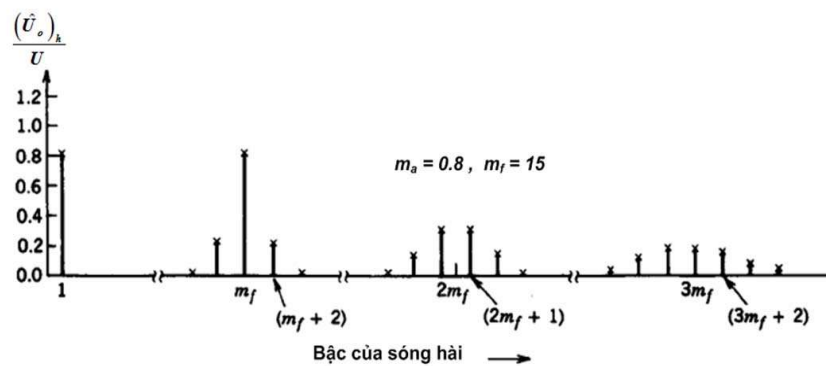
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

49

49

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu-PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực



Phổ tần sóng hài của điện áp ngõ ra

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

50

50

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu–PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực

**Bảng 4.2: Bộ nghịch lưu kiểu cầu**

Biên độ một số giá trị sóng hài (tính bằng  $(\hat{U}_o)_h / U$ ) theo  $m_a$  (giả thiết là  $m_f \geq 9$ ):

$m_a \backslash h$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
<b>Hài cơ bản (bậc 1)</b>	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$m_f$	1.242	1.15	1.006	0.818	0.601
$m_f \pm 2$	0.016	0.061	0.131	0.220	0.318
$m_f \pm 4$					0.018
$2m_f \pm 1$	0.190	0.326	0.370	0.314	0.181
$2m_f \pm 3$		0.024	0.071	0.139	0.212
$2m_f \pm 5$				0.013	0.033

Trong đó:  $(\hat{U}_o)_h$  là biên độ sóng hài bậc  $h$  trong điện áp ngõ ra  $u_o$ .

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

51

51

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu–PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực

**Bảng 4.2: Bộ nghịch lưu kiểu cầu (t-t)**

Biên độ một số giá trị sóng hài (tính bằng  $(\hat{U}_o)_h / U$ ) theo  $m_a$  (giả thiết là  $m_f \geq 9$ ):

$m_a \backslash h$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$3m_f$	0.335	0.123	0.083	0.171	0.113
$3m_f \pm 2$	0.044	0.139	0.203	0.176	0.062
$3m_f \pm 4$		0.012	0.047	0.104	0.157
$3m_f \pm 6$				0.016	0.044
$4m_f \pm 1$	0.163	0.157	0.008	0.105	0.068
$4m_f \pm 3$	0.012	0.070	0.132	0.115	0.009
$4m_f \pm 5$			0.034	0.084	0.119
$4m_f \pm 7$				0.017	0.050

Trong đó:  $(\hat{U}_o)_h$  là biên độ sóng hài bậc  $h$  trong điện áp ngõ ra  $u_o$ .

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

52

52

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu–PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực

Biên độ hài bậc 1 trong vùng điều chế tuyến tính ( $m_a \leq 1$ ):

$$\hat{U}_{o1} = m_a U$$

Biên độ hài bậc 1 trong vùng quá điều chế ( $m_a > 1$ ):

$$U \leq \hat{U}_{o1} \leq \frac{4}{\pi} U$$

Điện áp ngõ ra  $u_o$  thay đổi giữa hai mức  $+U$  và  $-U$ . Đây là lý do khiến tên gọi của phương pháp điều khiển là điều chế PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực.

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu–PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực

**Ví dụ:** Xét mạch nghịch lưu một pha cầu như hình, điều khiển theo phương pháp PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực. Biết  $U = 300V$ ,  $m_a = 0.8$ ,  $m_f = 39$ , tần số sóng điều khiển là  $50Hz$ . Tính giá trị hiệu dụng hài cơ bản và các sóng hài chính trong điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu.

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu-PWM với điện áp đóng ngắt lưỡng cực

Giải:

Xem bảng 4.2, có thể suy ra biểu thức tính trị hiệu dụng các sóng hài của điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu như sau:

$$(U_o)_h = \frac{1}{\sqrt{2}} U \frac{(\hat{U}_o)_h}{U} = \frac{1}{\sqrt{2}} 300 \frac{(\hat{U}_o)_h}{U} = 212.14 \frac{(\hat{U}_o)_h}{U}$$

Tra bảng, ta tính được trị hiệu dụng sóng hài cơ bản và một số sóng hài chính là:

$(U_o)_1 = 212.14 \times 0.8 = 169.7V$	tại 50Hz
$(U_o)_{37} = 212.14 \times 0.22 = 46.67V$	tại 1850Hz
$(U_o)_{39} = 212.14 \times 0.818 = 173.527V$	tại 1950Hz
$(U_o)_{41} = 212.14 \times 0.22 = 46.67V$	tại 2050Hz
$(U_o)_{77} = 212.14 \times 0.314 = 66.62V$	tại 3850Hz
$(U_o)_{79} = 212.14 \times 0.314 = 66.62V$	tại 3950Hz

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

55

55

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực

Với phương pháp điều chế này, hai nhánh cầu của bộ nghịch lưu sẽ được điều khiển riêng biệt.

Nhánh A sẽ được đóng cắt bằng cách so sánh điện áp điều khiển  $u_{\text{control}}$  với sóng mang  $u_{\text{tri}}$ , và nhánh B sẽ được đóng cắt bằng cách so sánh điện áp điều khiển  $-u_{\text{control}}$  với sóng mang  $u_{\text{tri}}$ :

	$u_{\text{control}} > u_{\text{tri}}$	S1 ON	S4 OFF
	$u_{\text{control}} < u_{\text{tri}}$	S1 OFF	S4 ON
Tương tự:	$-u_{\text{control}} > u_{\text{tri}}$	S3 ON	S2 OFF
	$-u_{\text{control}} < u_{\text{tri}}$	S3 OFF	S2 ON

Dạng sóng điện áp ngõ ra như hình.

Điện áp ngõ ra  $u_o$  của bộ nghịch lưu:  $u_o = u_{A0} - u_{B0}$

Điện áp ngõ ra  $u_o$  đóng ngắt quanh giá trị  $U$  và  $0$  hoặc  $-U$  và  $0$ , kết quả là tần số đóng ngắt của điện áp ra  $u_o$  có thể xem là **gấp đôi tần số đóng ngắt của mỗi nhánh cầu.**

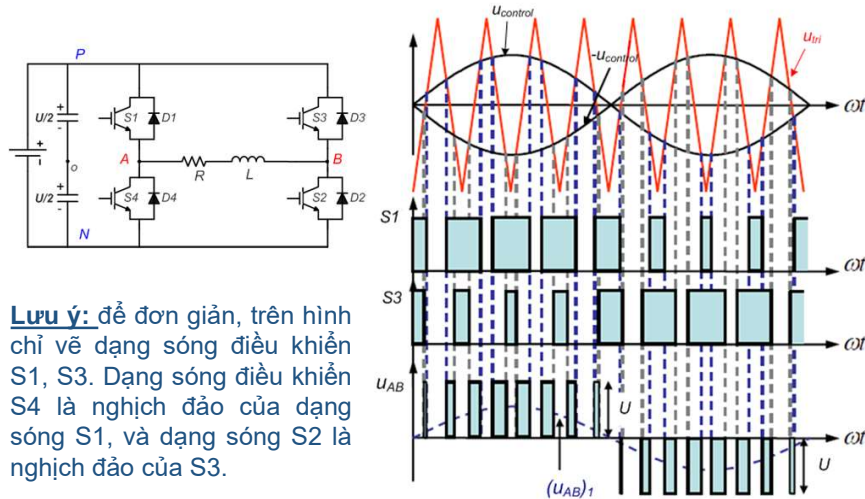
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

56

56

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực



**Lưu ý:** để đơn giản, trên hình chỉ vẽ dạng sóng điều khiển S1, S3. Dạng sóng điều khiển S4 là nghịch đảo của dạng sóng S1, và dạng sóng S2 là nghịch đảo của S3.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

57

57

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực

Nếu ta chọn tỉ số điều chế tần số  $m_f$  là **số chẵn**, bậc  $h$  của sóng hài tại lân cận tần số  $m_f$  và bội số lẻ của  $m_f$  sẽ là **số chẵn** vì:

$$h = j \cdot m_f \pm k \quad (j \text{ lẻ và } k \text{ chẵn} \rightarrow h \text{ chẵn})$$

Do sóng điều khiển cho nhánh A và nhánh B ngược pha nhau nên với hài bậc  $h$ , ta có:

$$(u_{Ao})_h = \hat{U}_h \sin(h\omega_1 t)$$

$$(u_{Bo})_h = \hat{U}_h \sin(h\omega_1 t - \pi)$$

Khi  $h$  là số chẵn, các sóng hài bậc  $h$  trong điện áp  $u_{Ao}$  và  $u_{Bo}$  sẽ đồng pha với nhau. Do đó, trong điện áp ngõ ra  $u_0 = u_{Ao} - u_{Bo}$ , các sóng hài này sẽ triệt tiêu nhau.

Như vậy, khi chọn  $m_f$  là số chẵn các sóng hài lân cận tần số  $m_f$  và bội số lẻ của  $m_f$  sẽ triệt tiêu, và **sóng hài sẽ chỉ xuất hiện ở lân cận các tần số  $2f_s, 4f_s, \dots$**

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

58

58

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực

Lưu ý là điện áp ngõ ra  $u_o$  đóng ngắt quanh giá trị  $U_d$  và 0 hoặc  $-U_d$  và 0, kết quả là tần số đóng ngắt của điện áp ra  $u_o$  có thể xem là gấp đôi tần số đóng ngắt của mỗi nhánh cầu.

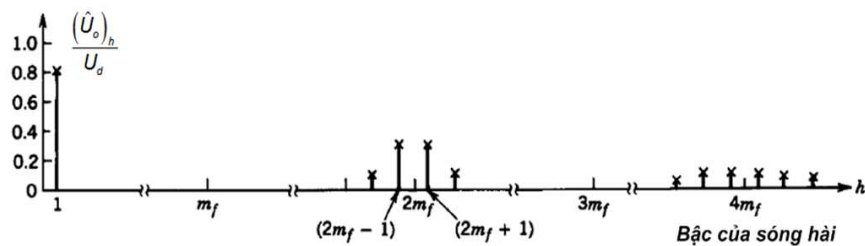
Nếu ta chọn tỉ số điều chế tần số  $m_f$  là **số chẵn**, các sóng hài tại lân cận tần số  $m_f$  và bội số lẻ của  $m_f$  sẽ đồng pha với nhau, vì:

$$h = j.m_f \pm k \quad (j \text{ lẻ và } k \text{ chẵn} \rightarrow h \text{ chẵn}) \rightarrow (\Phi_{AN} - \Phi_{BN} = 180^\circ \times h = 0^\circ).$$

Do đó, các trong điện áp ngõ ra  $u_o = u_{AN} - u_{BN}$ , các sóng hài tại lân cận tần số  $m_f$  và bội số lẻ của  $m_f$  sẽ triệt tiêu, như vậy sóng hài sẽ chỉ xuất hiện ở lân cận các tần số  $2f_s, 4f_s$  v.v...

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực



Phổ tần sóng hài của điện áp ngõ ra

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực

Do sóng điều khiển cho nhánh A và nhánh B ngược pha nhau nên với hài bậc 1 ở ngõ ra, ta có:

$$(u_{Ao})_1 = -(u_{Bo})_1$$

Và:

$$u_{o1} = (u_{Ao})_1 - (u_{Bo})_1 = 2 \cdot (u_{Ao})_1$$

Do đó, biên độ hài bậc 1 trong vùng điều chế tuyến tính ( $m_a \leq 1$ ):

$$\hat{U}_{o1} = m_a U$$

Biên độ hài bậc 1 trong vùng quá điều chế ( $m_a > 1$ ):

$$U \leq \hat{U}_{o1} \leq \frac{4}{\pi} U$$

Lưu ý là với phương pháp điều chế lưỡng cực đề cập ở trên, với cùng một giá trị của  $m_a$ , phương pháp điều chế đơn cực cho cùng một giá trị của hài bậc 1, nhưng các sóng hài có tần số cao gấp đôi so với phương pháp điều chế lưỡng cực đề cập ở trên → Dễ dàng lọc các sóng hài này.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

61

61

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

### Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực

**Ví dụ:** Xét mạch nghịch lưu cầu như hình, điều khiển theo phương pháp PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực. Biết  $U = 300V$ ,  $m_a = 0.8$ ,  $m_f = 38$ , tần số sóng điều khiển là 50Hz. Tính giá trị hiệu dụng hài cơ bản và các sóng hài chính trong điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

62

62

## Bộ nghịch lưu 1 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 1 pha kiểu cầu – PWM với điện áp đóng ngắt đơn cực

Giải:

Biểu thức tính trị hiệu dụng các sóng hài của điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu có thể suy ra từ bảng 4.2 như sau:

$$(U_o)_h = \frac{1}{\sqrt{2}} U \frac{(\hat{U}_o)_h}{U} = \frac{1}{\sqrt{2}} 300 \frac{(\hat{U}_o)_h}{U} = 212.14 \frac{(\hat{U}_o)_h}{U}$$

Ngoài ra, do  $m_f$  chẵn ( $m_f = 38$ ), sóng hài chỉ xuất hiện tại lân cận  $2m_f$ ,  $4m_f$  như phân tích ở trên.

Từ đó, ta tính được trị hiệu dụng hài cơ bản và một số sóng hài chính là:

Tại $h=1$ :	$(U_o)_1 = 212.14 \times 0.8 = 169.7V$	(50 Hz)
Tại $h=2m_f-1=75$ :	$(U_o)_{75} = 212.14 \times 0.314 = 66.62V$	(3750 Hz)
Tại $h=2m_f+1=77$ :	$(U_o)_{77} = 212.14 \times 0.314 = 66.62V$	(3750 Hz)

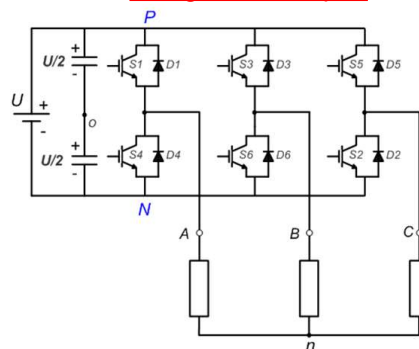
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

63

63

## Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

Bộ nghịch lưu 3 pha



Cấu hình bộ nghịch lưu áp ba pha thường gặp như hình, trong đó **điểm O là điểm giữa của nguồn một chiều U** có thể không tồn tại thực tế và chỉ sử dụng cho việc phân tích mạch.

Có thể xem bộ nghịch lưu này bao gồm 3 nhánh nghịch lưu cơ bản đã khảo sát ở phần trên.

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

64

64



### Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

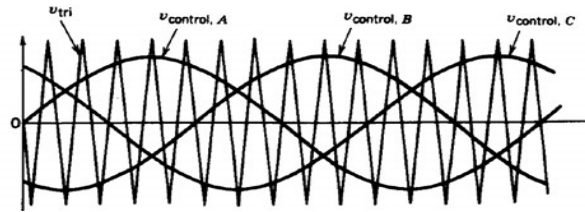
Để ngõ ra là 3 pha cân bằng, 3 sóng điều khiển  $u_{\text{control},A}$ ,  $u_{\text{control},B}$  và  $u_{\text{control},C}$  được so sánh với cùng một sóng điều chế  $u_{\text{tri}}$  để tạo ra xung kích tương ứng cho từng nhánh nghịch lưu A, B và C tương ứng. Trong trường hợp các sóng điều khiển có dạng sine, kiểu điều chế này gọi là sine-PWM.

Với nhánh A:

$$\begin{aligned} u_{\text{control},A} > u_{\text{tri}} & \quad S1 \text{ ON} \quad S4 \text{ OFF} \\ u_{\text{control},A} < u_{\text{tri}} & \quad S1 \text{ OFF} \quad S4 \text{ ON} \end{aligned}$$

Tương tự với các nhánh còn lại.

Điện áp ra của mỗi nhánh cầu, do đó, chỉ phụ thuộc vào sóng điều khiển tương ứng cho nhánh đó mà không phụ thuộc vào các nhánh còn lại.

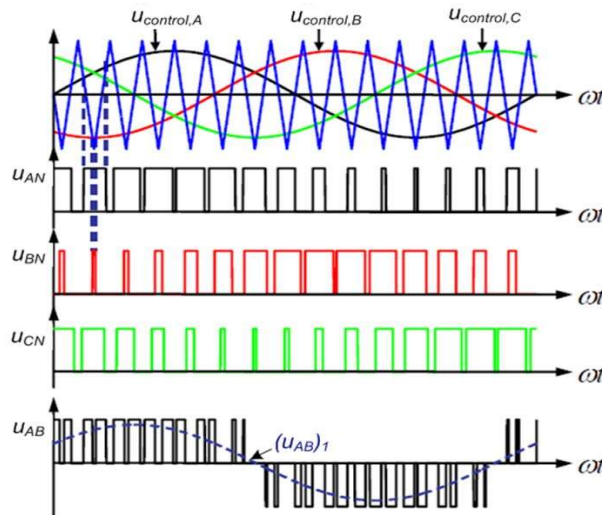


BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

65

65

### Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM



Dạng điện áp ngõ ra của bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

66

66

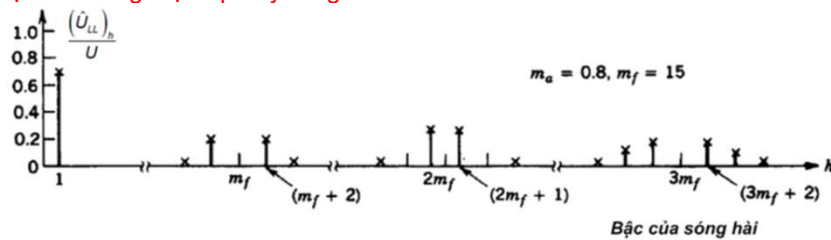
## Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

Trong hầu hết các ứng dụng của nghịch lưu áp 3 pha, tải của bộ nghịch lưu là loại 3 pha / 3 dây, do đó, chỉ có điện áp dây và sóng hài trong điện áp dây (line-to-line voltages) là cần tính đến.

Xét điện áp dây ngõ ra của bộ nghịch lưu, ví dụ  $u_{AB}$ , ta có

$$u_{AB} = u_{Ao} - u_{Bo}$$

Lưu ý là do sóng điều khiển  $u_{\text{control}}$  của 3 pha lệch nhau  $120^\circ$ , sóng hài bậc  $h$  trong  $u_{Ao}$  và  $u_{Bo}$  sẽ lệch nhau một góc:  $(120 \cdot h)^\circ$ . Do đó, nếu chọn  $m_f$  là số lẻ và là bội của 3, các sóng hài bậc  $m_f$  và bội của  $m_f$  sẽ trùng pha nhau và sẽ triệt tiêu trong điện áp dây ở ngõ ra.



Phổ sóng hài của điện áp dây ngõ ra cầu nghịch lưu 3 pha

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

67

67

## Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

Với  $m_a < 1$ :

Hài bậc 1 (hài cơ bản):

Biên độ hài bậc 1 ngõ ra một nhánh cầu nghịch lưu:

$$(\hat{U}_{Ao})_1 = m_a \frac{U}{2}$$

Biên độ hài bậc 1 của điện áp dây ngõ ra bộ nghịch lưu:

$$\hat{U}_{LL} = \sqrt{3} (\hat{U}_{Ao})_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} m_a U$$

Trị hiệu dụng hài bậc 1 của điện áp dây ngõ ra bộ nghịch lưu:

$$U_{LL,rms} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} (\hat{U}_{Ao})_1 = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} m_a U = 0.612 m_a U \quad (m_a \leq 1)$$

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

68

68

## Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

Với  $m_a < 1$  (t-t):

Các sóng hài khác:

**Bảng 4.3:** Trị hiệu dụng một số giá trị sóng hài của áp dây  $U_{LL}$  (tính bằng  $(U_{LL})_{rms}/U$ ) với các giá trị khác nhau của  $m_a$  (giả thiết là  $m_f$  có giá trị lớn và là bội của 3):

$h$ \ $m_a$	0.2	0.4	0.6	0.8	1
<b>Hài cơ bản (bậc 1)</b>	0.122	0.245	0.367	0.49	0.612
$m_f \pm 2$	0.010	0.037	0.080	0.135	0.195
$m_f \pm 4$				0.005	0.011
$2m_f \pm 1$	0.116	0.200	0.227	0.192	0.111
$2m_f \pm 5$				0.008	0.020
$3m_f \pm 2$	0.027	0.085	0.124	0.108	0.038
$3m_f \pm 4$		0.007	0.029	0.064	0.096
$4m_f \pm 1$	0.100	0.096	0.005	0.064	0.042
$4m_f \pm 5$			0.021	0.051	0.073
$4m_f \pm 7$				0.010	0.030

BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

69

69

## Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

Với  $m_a > 1$ :

Bộ nghịch lưu làm việc trong vùng quá điều chế.

Với giá trị  $m_a$  đủ lớn, có thể xem như bộ nghịch lưu được điều chế theo kiểu sóng vuông (bộ nghịch lưu kiểu 6 bước). Như đã nêu trong phần trước, với bộ nghịch lưu kiểu 6 bước, trị hiệu dụng hài bậc 1 của điện áp dây ngõ ra bộ nghịch lưu:

$$U_{LL1,rms} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} U = 0.78U$$

Vậy, trị hiệu dụng hài bậc 1 của điện áp dây ngõ ra bộ nghịch lưu khi biến thiên trong khoảng

$$0.612U \leq U_{LL,rms} \leq 0.78U \quad (m_a > 1)$$

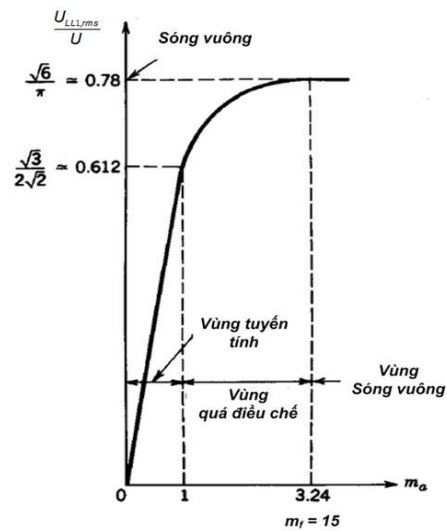
BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

70

70

## Bộ nghịch lưu 3 pha điều khiển kiểu PWM

Quan hệ giữa hài bậc 1 của áp dây và tỉ số điều chế  $m_a$



BÀI GIẢNG CƠ SỞ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

71

71

# Thank You !

Bộ môn Cung Cấp Điện



72