

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

**نام درس: الکترونیک صنعتی**

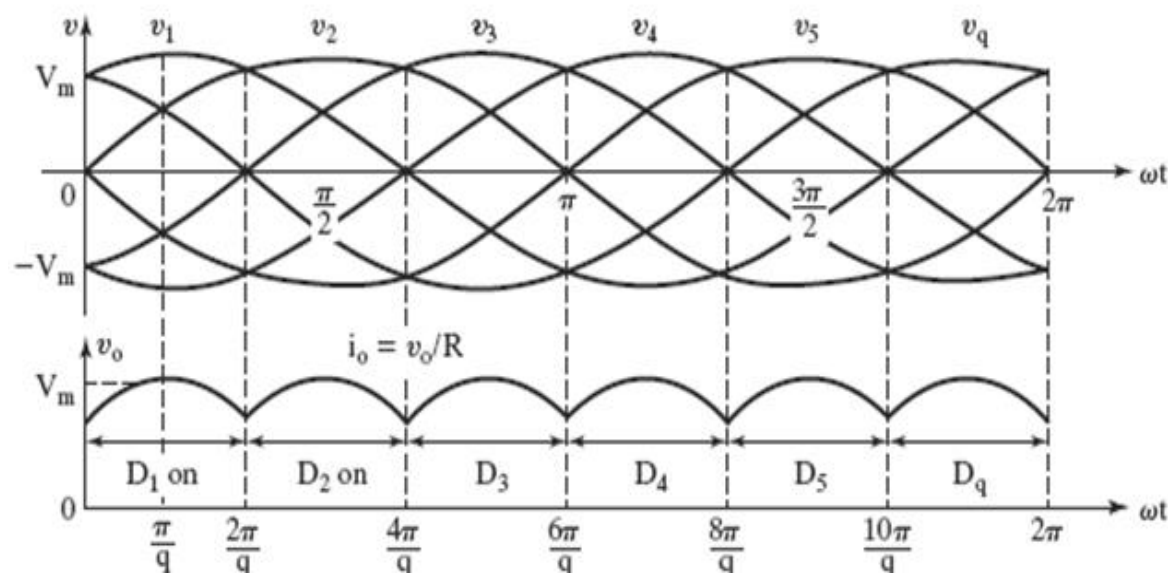
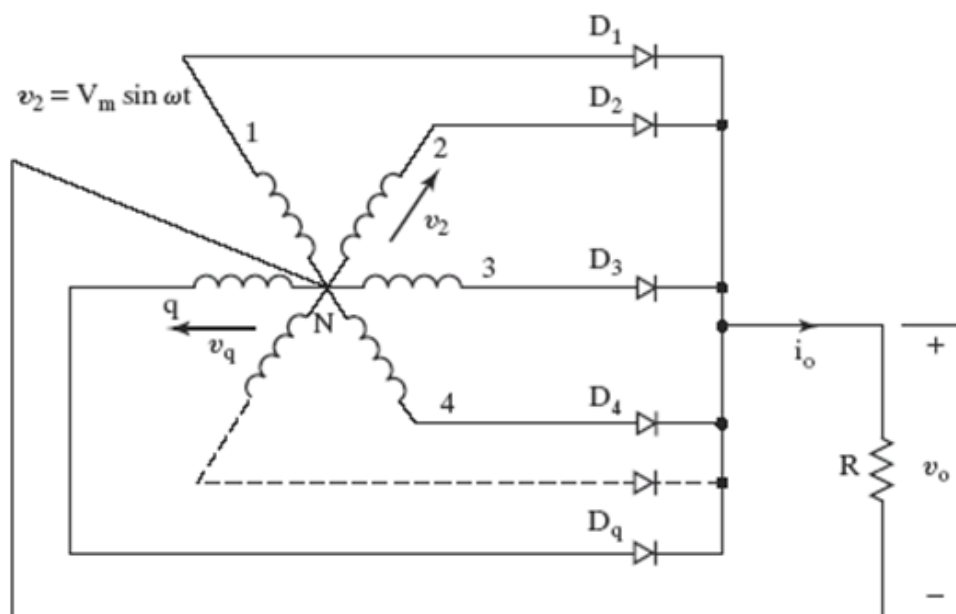
**جلسه ۹: یکسو کننده های تمام موج (ادامه)**

ارائه دهنده: علی دستفان

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## یکسو کننده چند فاز نیم موج دیودی

- یکسو کننده چند فاز دیودی با بار اهمی



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## یکسو کننده شش فاز نیم موج دیودی

- اگر سیستم شش فازه باشد ( $q=6$ )

$$V_{dc} = \frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} V_m \sin \theta d\theta$$

$$V_{dc} = V_m \frac{6}{\pi} \frac{1}{2}$$

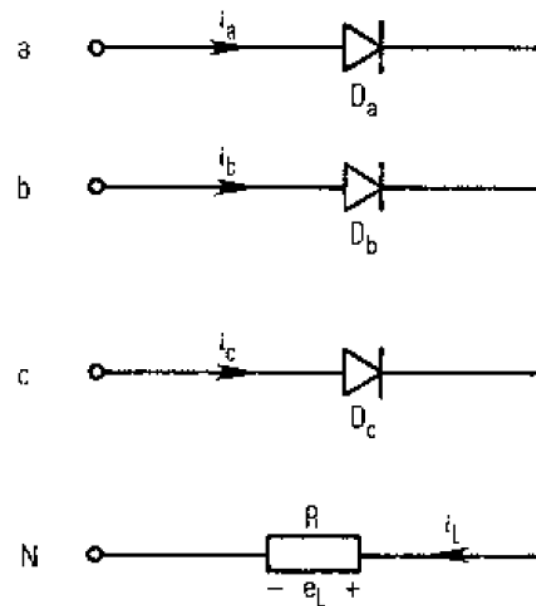
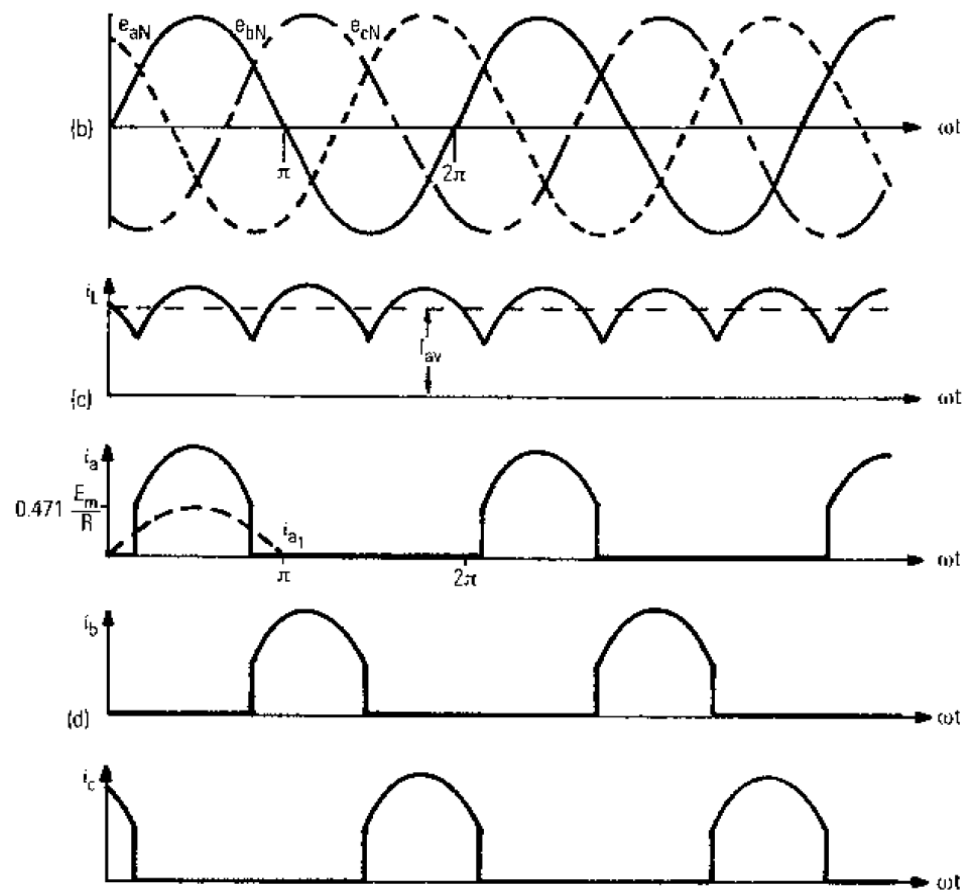
$$I_s = I_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \frac{\pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right)} = 0.39 I_m$$

$$V_L = \sqrt{\frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} (V_m \sin \theta)^2 d\theta} = V_m \sqrt{\frac{6}{2\pi} \left( \frac{\pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right)}$$

- مقدار RMS:

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

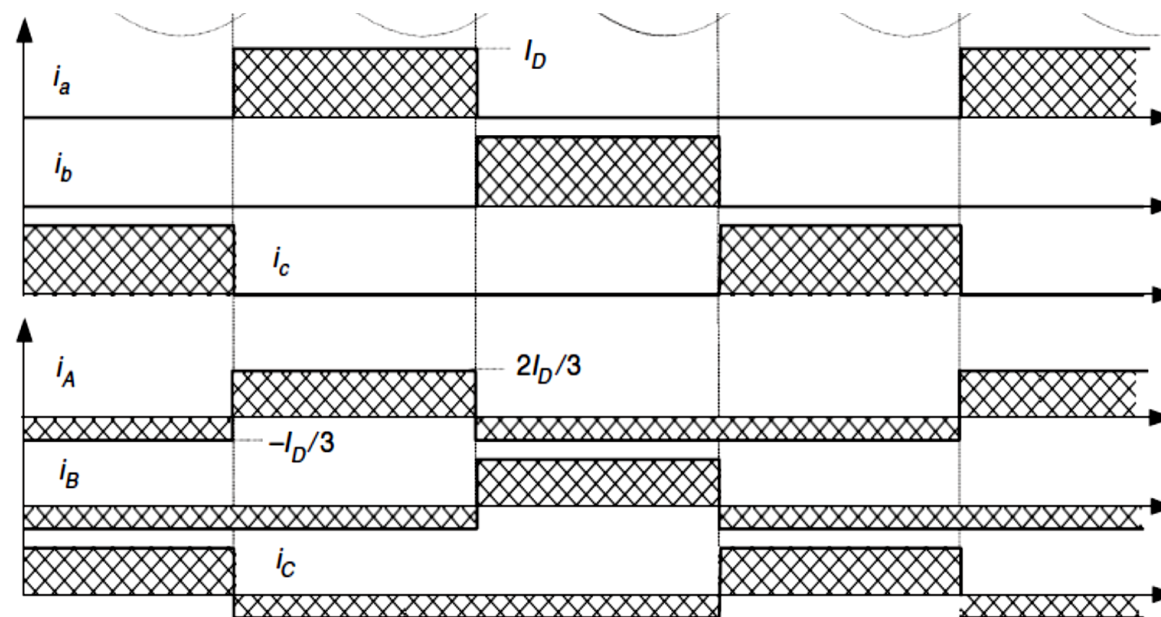
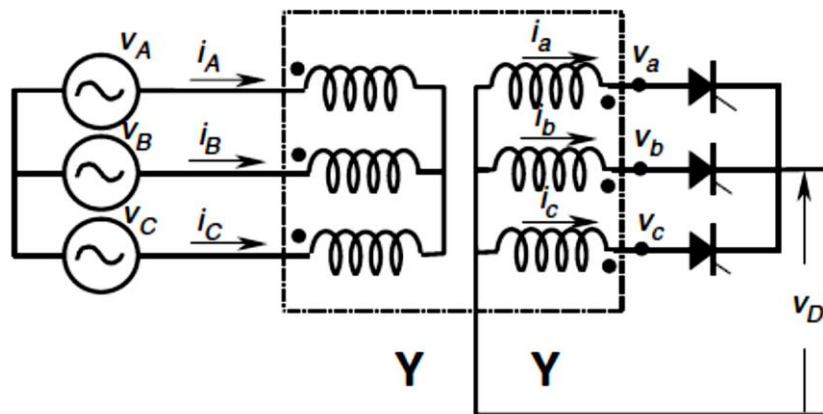
## یکسو کننده نیم موج سه فاز



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## مشکلات مبدل‌های نیم موج

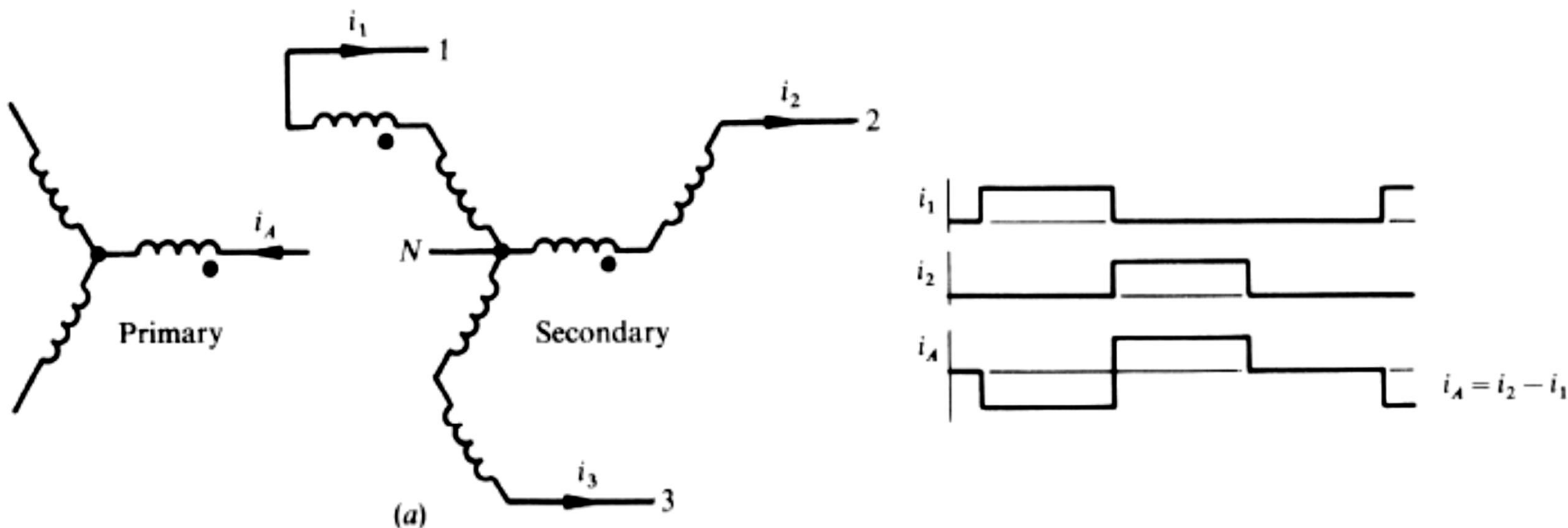
- مشکل اصلی یکسوکننده های نیم موج، وجود جریان DC در ورودی است.
- راه حل استفاده از ترانس در ورودی است.



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

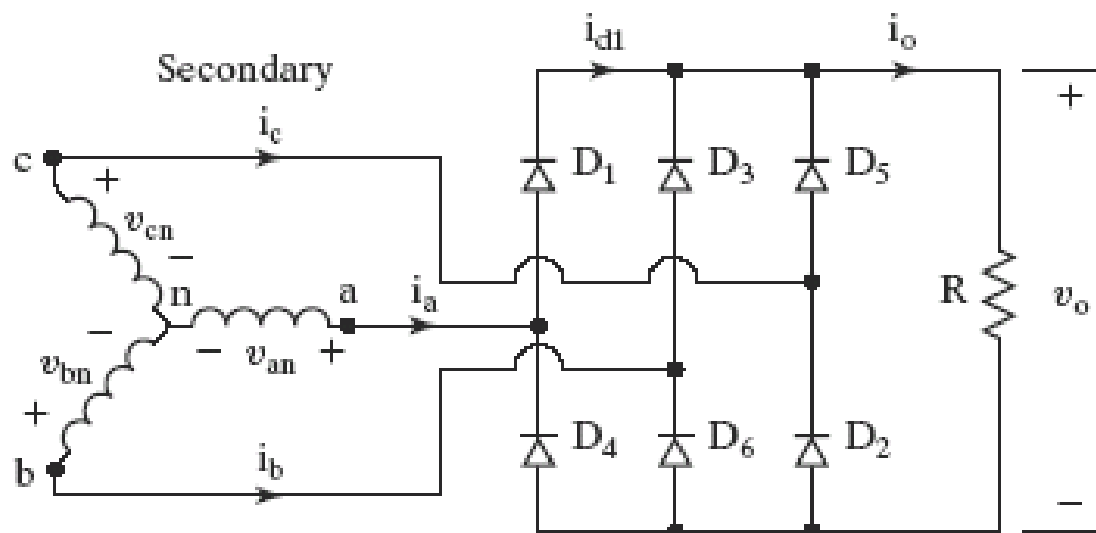
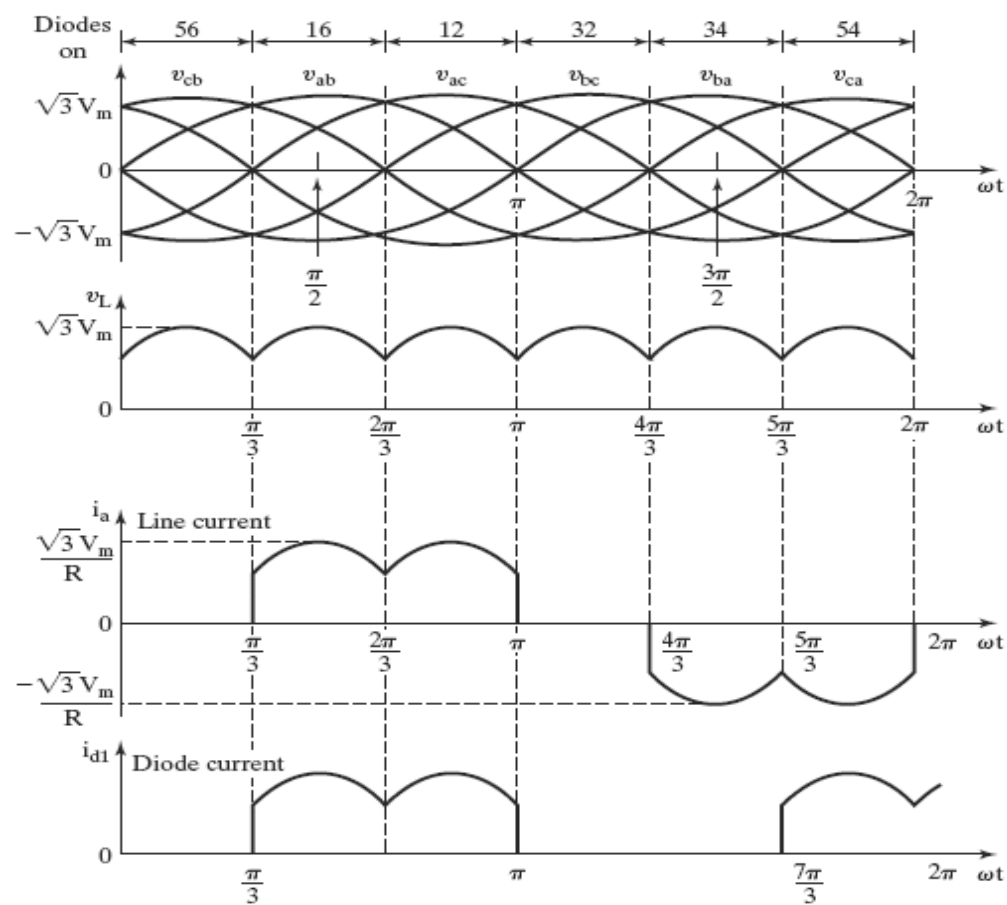
## مشکلات مبدل‌های نیم موج

- یا استفاده از ترانس با اتصال ستاره به زیگزاگ



# دانشگاه صنعتی شاهرود - دانشکده مهندسی برق

## یکسو کننده تمام موج سه فاز - بار اهمی



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

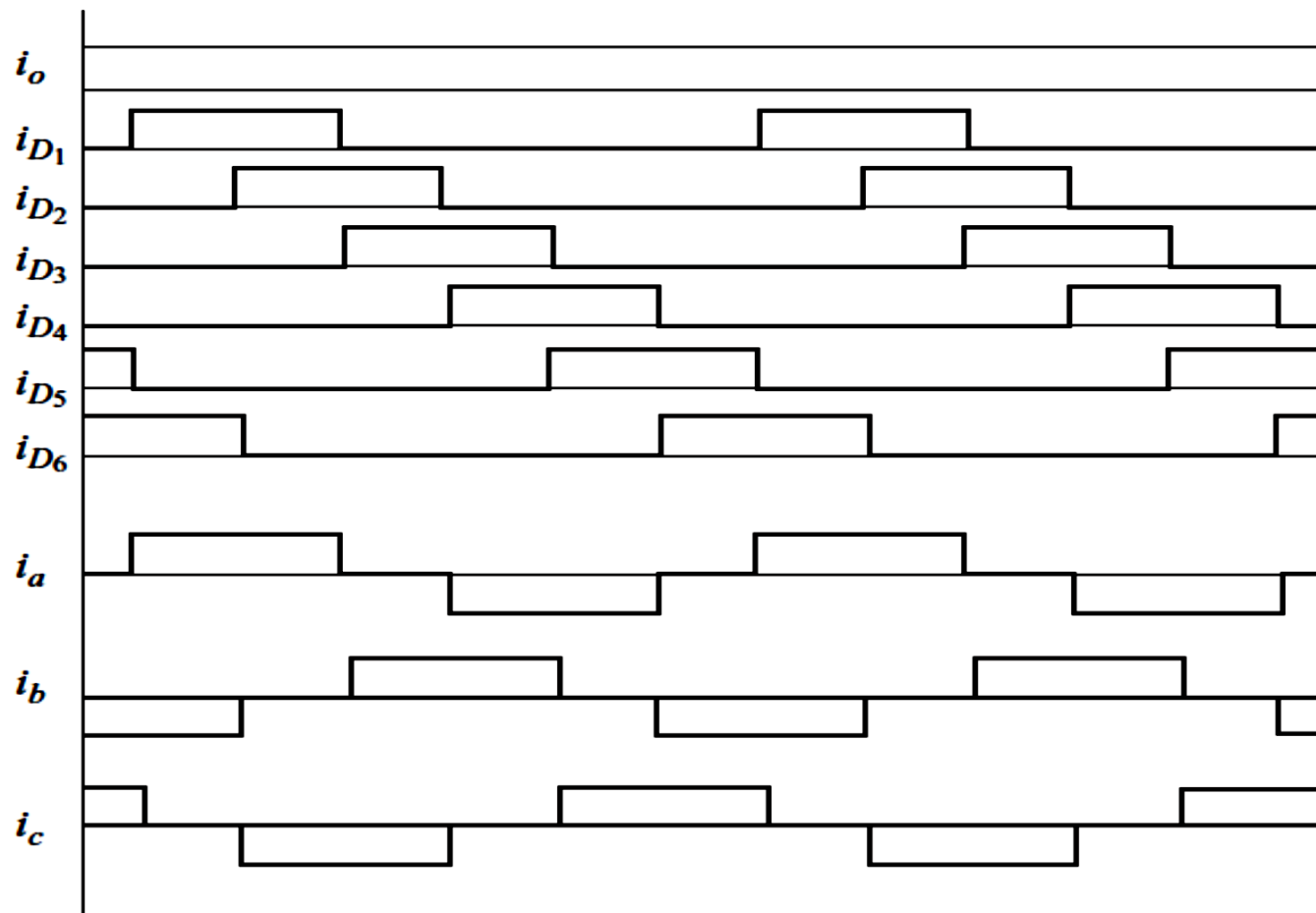
## یکسو کننده تمام موج سه فاز – بار اهمی

$$\begin{aligned}
 i_a &= i_{D_1} - i_{D_4} & I_{D,avg} &= \frac{1}{3} I_{o,avg} & v_o(t) &= V_o + \sum_{n=6,12,18...}^{\infty} V_n \cos(n\omega_0 t + \pi) \\
 i_b &= i_{D_3} - i_{D_6} & I_{D,rms} &= \frac{1}{\sqrt{3}} I_{o,rms} & V_0 &= \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} V_{m,L-L} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3V_{m,L-L}}{\pi} = 0.955V_{m,L-L} \\
 i_c &= i_{D_5} - i_{D_2} & I_{S,rms} &= \sqrt{\frac{2}{3}} I_{o,rms} & V_n &= \frac{6V_{m,L-L}}{\pi(n^2 - 1)} \\
 S &= \sqrt{3} V_{L-L,rms} I_{S,rms} & & & & \\
 i_a(t) &= \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_o \left( \cos \omega_0 t - \frac{1}{5} \cos 5\omega_0 t + \frac{1}{7} \cos 7\omega_0 t - \frac{1}{11} \cos 11\omega_0 t + \frac{1}{13} \cos 13\omega_0 t - \dots \right)
 \end{aligned}$$



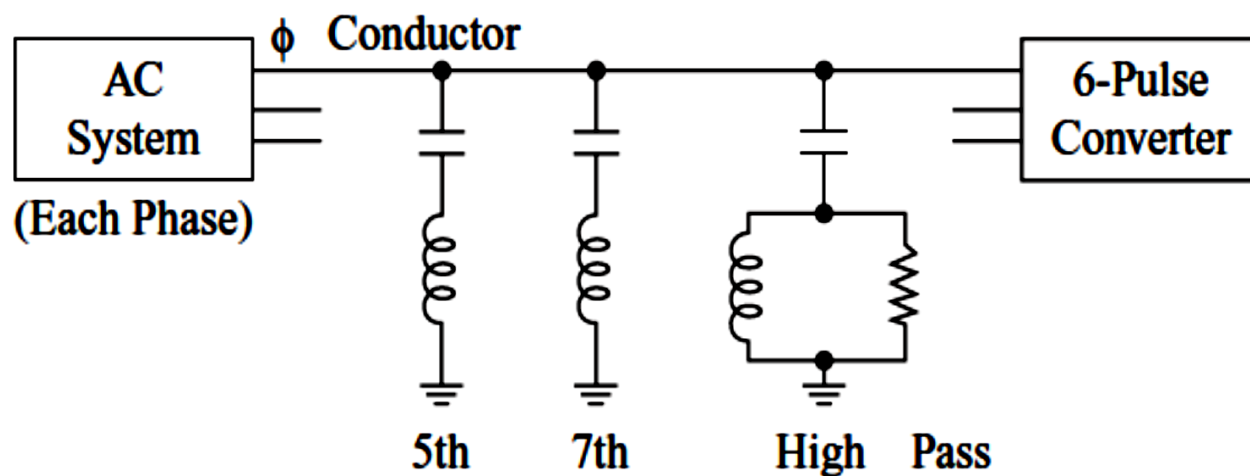
# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## یکسو کننده تمام موج سه فاز – بار کاملاً اندوکتیو



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## فیلتر کردن جریان ورودی



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## یکسوکننده های تمام موج تک فاز تریستوری

یک روش برای کنترل خروجی یکسوساز، استفاده از تریستور به جای دیود می باشد. دو شرط زیر باید برآورده شود تا تریستور هدایت کند:

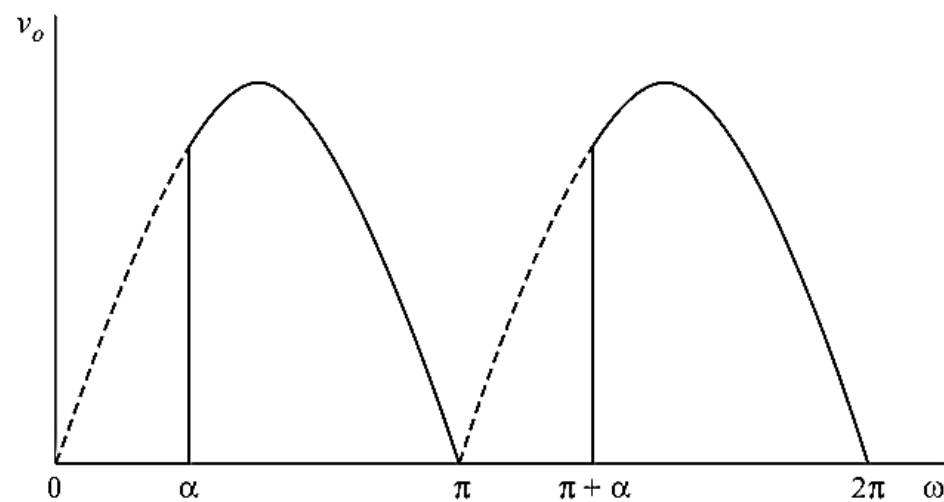
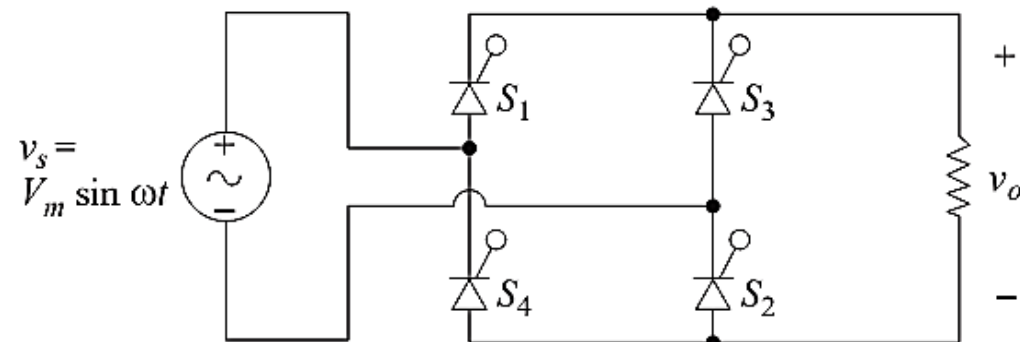
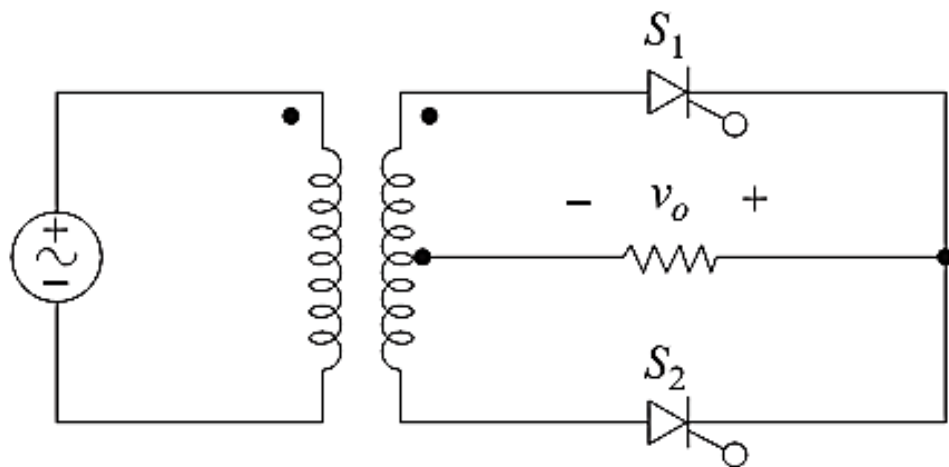
تریستور باید بایاس مستقیم باشد ( $V_{SCR} > 0$ ).

یک جریان باید به گیت تریستور اعمال گردد.

بر خلاف مبدل دیودی، در هنگامی که منبع مثبت شود، تریستور خود به خود شروع به هدایت نمی کند. هدایت هنگامی صورت می گیرد که یک جریان گیت اعمال گردد که این اساس استفاده از تریستور به عنوان یک قطعه کنترل کننده می باشد. هنگامی که تریستور هدایت می کند، جریان گیت را می توان قطع نمود و تریستور روشن می ماند تا زمانی که جریان آن به صفر برسد.

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## بار مقاومتی



$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left( \frac{V_m}{R} \sin \omega t \right)^2 d(\omega t)}$$

$$= \frac{V_m}{R} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{4\pi}}$$

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## مثال ۴

یکسوکننده پل تمام موج کنترل شده تک فاز با بار اهمی دارای ورودی AC با  $120\text{ V rms}$  و فرکانس  $60$  هرتز و مقاومت بار  $20\ \Omega$  می باشد. زاویه تاخیر  $40^\circ$  است. جریان متوسط در بار، توان جذب شده توسط بار، و توان ظاهری در منبع را حساب کنید.

$$V_o = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{\sqrt{2}(120)}{\pi} (1 + \cos 40^\circ) = 95.4\text{ V} \quad I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{95.4}{20} = 4.77\text{ A}$$

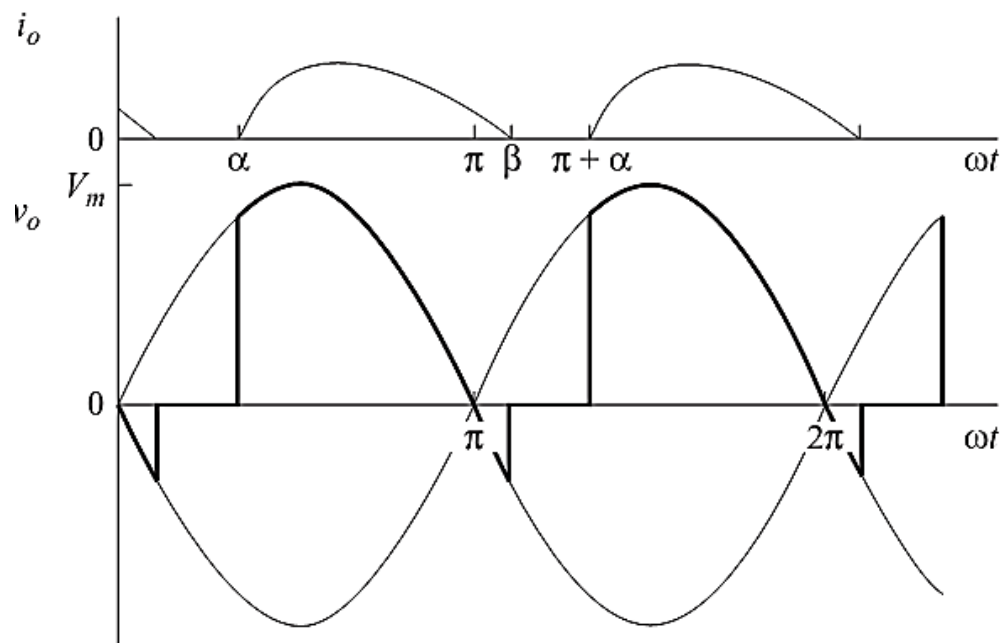
$$I_{rms} = \frac{\sqrt{2}(120)}{20} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{0.698}{2\pi} + \frac{\sin[2(0.698)]}{4\pi}} = 5.80\text{ A}$$

$$P = I_{rms}^2 R = (5.80)^2 (20) = 673\text{ W} \quad S = V_{rms} I_{rms} = (120)(5.80) = 696\text{ VA}$$

$$\text{pf} = \frac{P}{S} = \frac{672}{696} = 0.967$$

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## بار RL با جریان ناپیوسته



$$\beta < \alpha + \pi \rightarrow$$

جریان ناپیوسته

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\omega L}{R} \right)$$

$$i_o(\omega t) = \frac{V_m}{Z} [\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta)e^{-(\omega t - \alpha)/\omega\tau}]$$

$$\alpha \leq \omega t \leq \beta$$

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## مثال ۵

یکسوکننده پل تمام موج کنترل شده شکل ۴-۱۱ (الف) دارای یک منبع با  $V_{rms} = 120$  در فرکانس  $60$  هرتز،  $R = 10 \Omega$ ،  $L = 20 \text{ mH}$  و  $\alpha = 60^\circ$  می باشد. بیابید: (الف) معادله جریان بار

$$V_m = \frac{120}{\sqrt{2}} = 169.7 \text{ V} \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{10^2 + [(377)(0.02)]^2} = 12.5 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) = \tan^{-1}\left[\frac{(377)(0.02)}{10}\right] = 0.646 \text{ rad} \quad \omega \tau = \frac{\omega L}{R} = \frac{(377)(0.02)}{10} = 0.754 \text{ rad}$$

$$i_o(\omega t) = 13.6 \sin(\omega t - 0.646) - 21.2 e^{-\omega t / 0.754}$$

برای بدست آوردن  $\beta$ ، جریان را صفر قرار می دهیم. با حل معادله  $\beta = 3.78$   
 $\pi + \alpha = 4.19$  باید بزرگتر از زاویه  $\beta$  باشد.

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## مثال ۵ (ادامه)

(ب) جریان متوسط بار

$$I_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o(\omega t) d(\omega t) = 7.05 \text{ A}$$

(ج) توان جذب شده توسط بار.

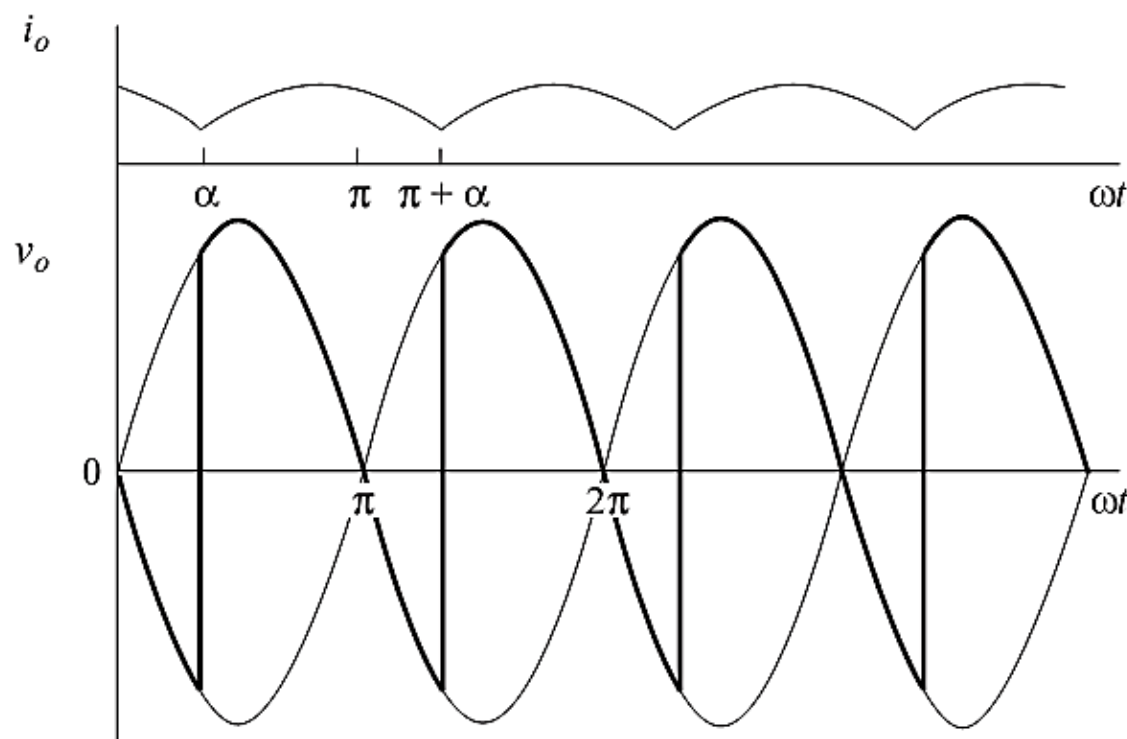
$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2(\omega t) d(\omega t)} = 8.35 \text{ A}$$

$$P = (8.35)^2 (10) = 697 \text{ W}$$



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## بار RL با جریان پیوسته



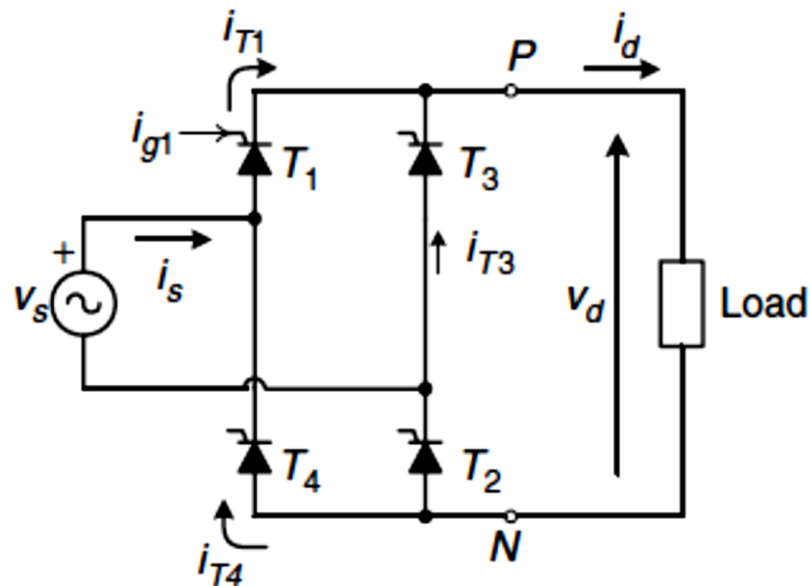
در جریان پیوسته

$$\alpha \leq \tan^{-1} \left( \frac{\omega L}{R} \right)$$

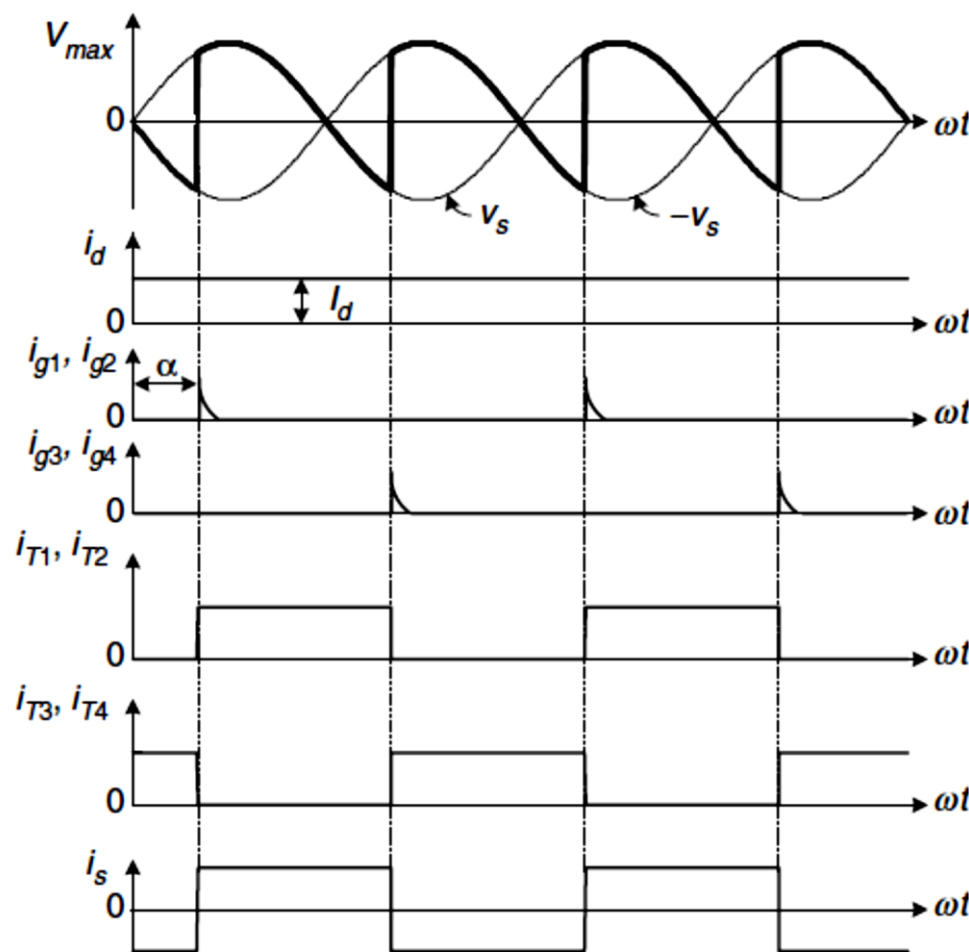
$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha$$

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## بار کاملاً اندوکتیو

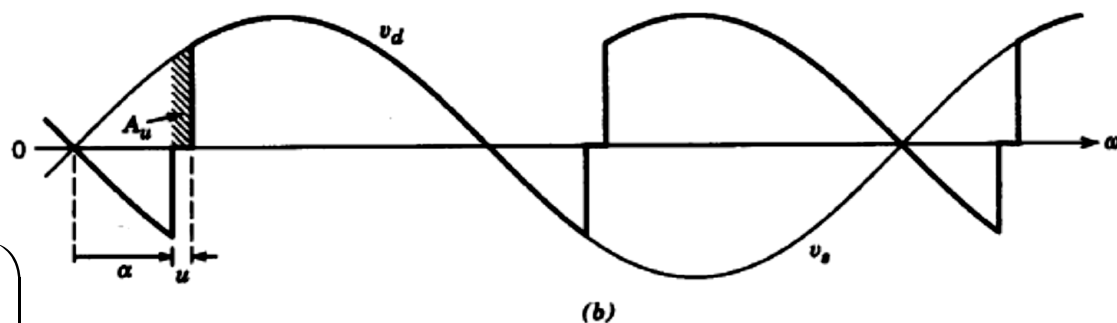
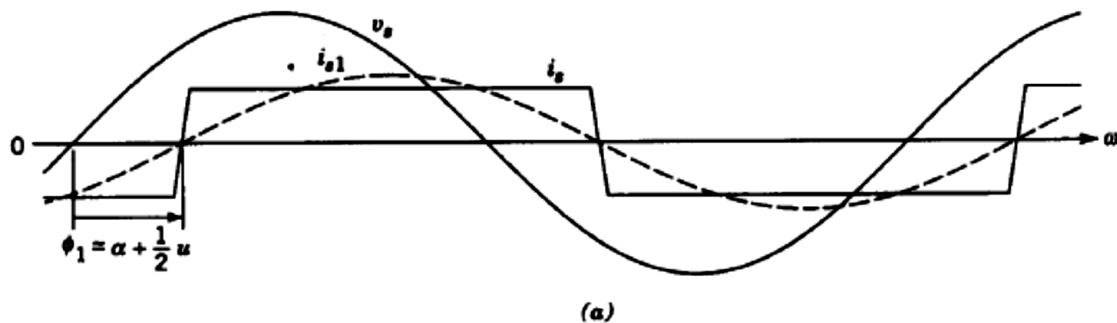
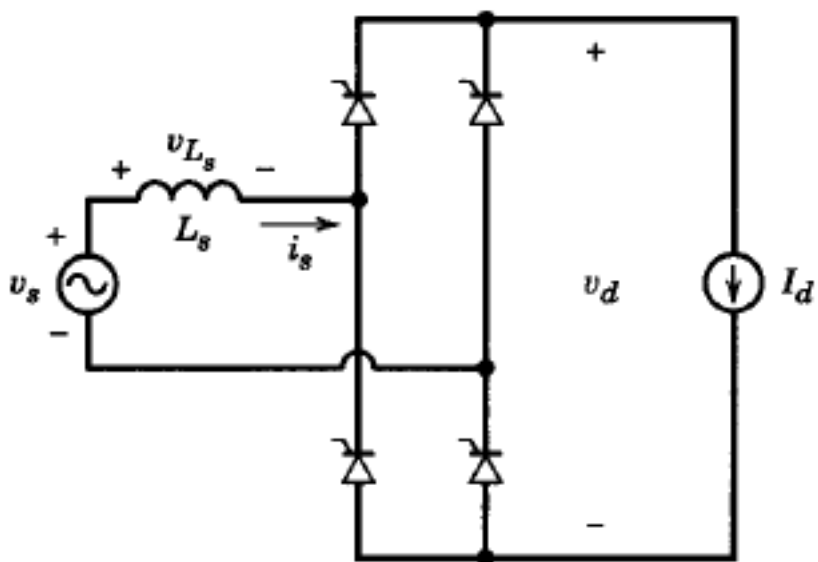


$$V_{dia} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_{max} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_{max}}{\pi} \cos \alpha$$



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## کموتاسیون



$$u = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{2I_o \omega L_s}{V_m} \right) = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{2I_o X_s}{V_m} \right)$$

$$V_o = \frac{2V_m}{\pi} \left( 1 - \frac{I_o X_s}{V_m} \right)$$

$$L \frac{di_s}{dt} = v_s = V_{max} \sin(\omega t)$$

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

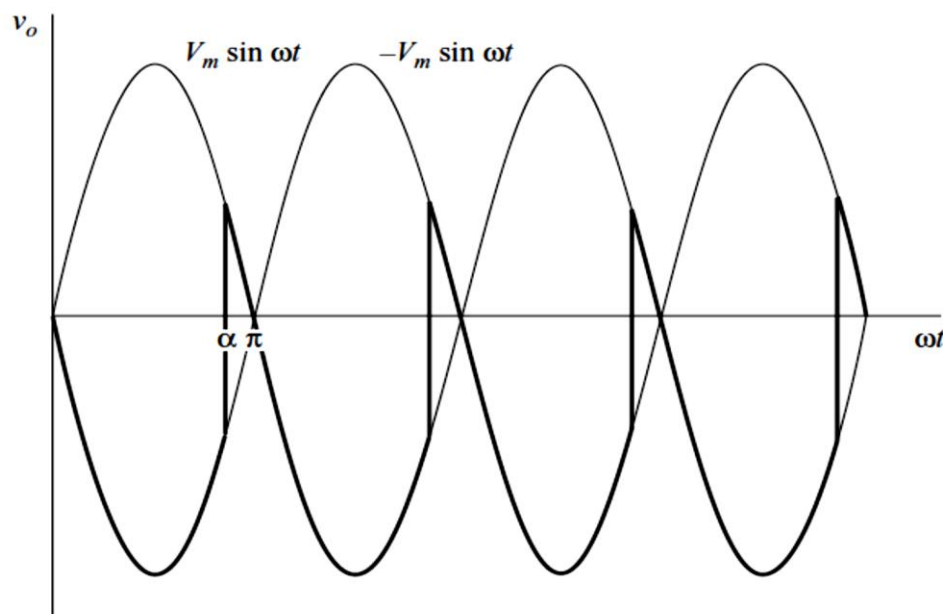
## کارکرد اینورتری

عملکرد یکسوکنندگی

$$0 < \alpha < 90^\circ \rightarrow V_o > 0$$

عملکرد اینورتری

$$90^\circ < \alpha < 180^\circ \rightarrow V_o < 0$$



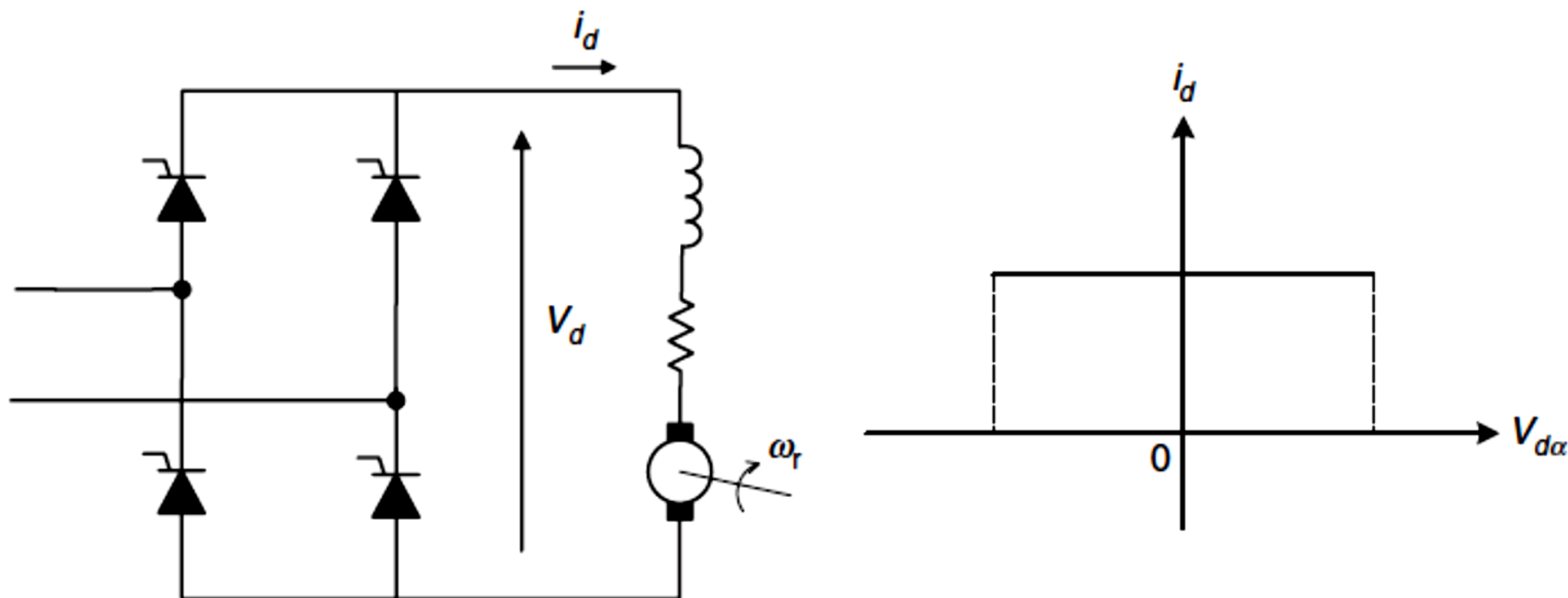
$$P_{bridge} = P_{ac} = -I_o V_o$$

مثلاً برای زاویه آتش ۱۵۰ درجه

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## کارکرد اینورتری

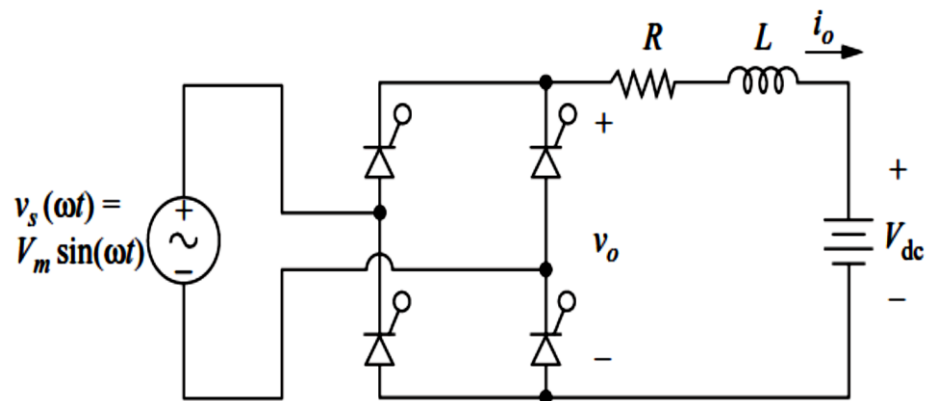
- کارکرد مبدل تک فاز کنترل شده به عنوان یک اینورتر - ماشین DC



# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## مثال ۶

ولتاژ DC در یکسوکننده تریستوری، ولتاژ تولید شده توسط آرایه‌ای از سلول‌های خورشیدی است و مقدار  $110\text{ V}$  را دارد، اتصال بنحوی است که  $V_{dc} = -110\text{ V}$  است. سلول‌های خورشیدی قادر به تولید  $1000$  وات هستند. منبع AC ورودی  $120$  ولت،  $R = 0.5\ \Omega$  و  $L$  به اندازه کافی بزرگ است تا جریان بار DC فرض شود. زاویه تاخیر را طوری تعیین کنید که  $1000$  وات توسط آرایه سلول‌های خورشیدی تامین گردد. توان منتقل شده به سیستم AC و تلفات در مقاومت را بیابید. تریستورها را ایده‌آل فرض نمایید.



$$I_o = \frac{P_{dc}}{V_{dc}} = \frac{1000}{110} = 9.09\text{ A}$$

$$V_o = I_o R + V_{dc} = (9.09)(0.5) + (-110) = -105.5\text{ V}$$

## دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

### مثال ۶ (ادامه)

زاویه تاخیر مورد:

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{V_o \pi}{2V_m} \right) = \cos^{-1} \left[ \frac{-105.5\pi}{2\sqrt{2}(120)} \right] = 165.5^\circ$$

قدرت جذب شده توسط پل و منتقل شده به سیستم AC

$$P_{ac} = -V_o I_o = (-9.09)(-105.5) = 959 \text{ W}$$

قدرت جذب شده توسط مقاومت بار برابر است با:

$$P_R = I_{rms}^2 R \approx I_o^2 R = (9.09)^2 (0.5) = 41 \text{ W}$$

$$V_o = -105.5 - 2 = -107.5 \text{ V}$$

# دانشگاه صنعتی شاهرود – دانشکده مهندسی برق

## مثال ۶ (ادامه)

سپس متوسط جریان بار برابر است با:

$$I_o = \frac{-107.5 - (-110)}{0.5} = 5.0 \text{ A}$$

توان تحویل داده شده به پل به مقدار زیر کاهش می یابد:

$$P_{bridge} = (107.5)(5.0) = 537.5 \text{ W}$$

متوسط جریان در هر تریستور نصف متوسط جریان بار است. توان جذب شده توسط هر تریستور تقریباً برابر است با:

$$P_{SCR} = I_{SCR} V_{SCR} = \frac{1}{2} I_o V_{SCR} = \frac{1}{2} (5)(1) = 2.5 \text{ W}$$

کل توان تلفاتی در پل  $4(2.5) = 10 \text{ W}$  و توان تحویل داده شده به منبع AC برابر با  $537.5 - 10 = 527.5 \text{ W}$  خواهد بود.