

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

فصل چهارم

کنترل کننده‌های ولتاژ متناوب

کلیات

کنترل کننده‌های ولتاژ متناوب به دو دسته:

▪ تکفاز

▪ سه فاز

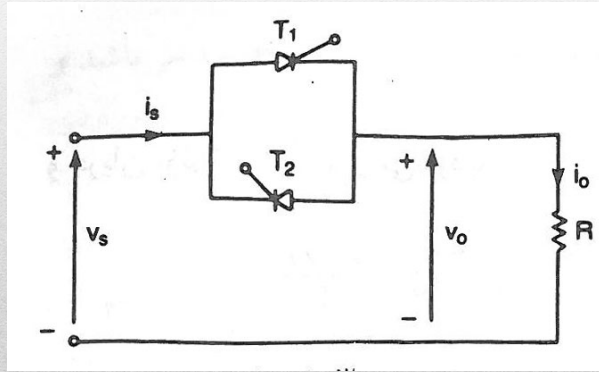
و در دسته بندی دیگر:

▪ نیم موج

▪ تمام موج

• نوع کموتاسیون: کموتاسیون طبیعی

مدار کنترل کننده ولتاژ متناوب تکفاز



3

کنترل کننده ولتاژ متناوب از نظر تکنیک کنترل



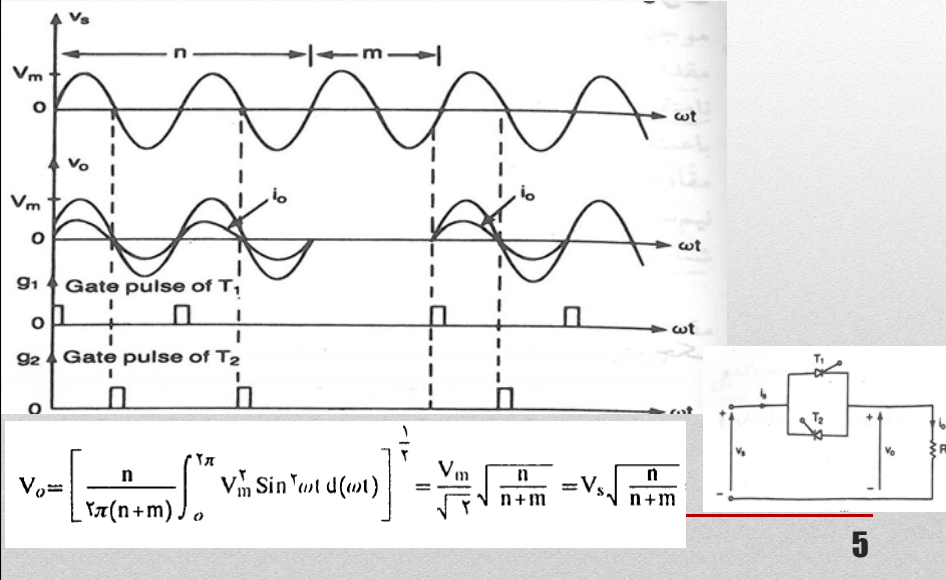
کنترل فاز
Phase Control



کنترل قطع و وصل
on/off Control

4

کنترل قطع و وصل

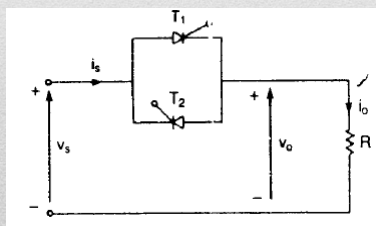


5

کنترل قطع و وصل

مثال:

اگر در کنترل کننده ولتاژ متناوب $R=10 \Omega$ و $V_s=120 \text{ v}$ باشد و سویچ تریستوری در ۲۵ سیکل ورودی روشن و در ۷۵ سیکل خاموش شود، مطلوب است:



الف) مقدار موثر ولتاژ خروجی

ب) توان بار و ضریب توان ورودی

ج) مقدار متوسط و موثر جریان تریستورها

6

کنترل قطع و وصل

حل: $K = n/(n+m) = 25/100 = 0.25$ و $V_m = \sqrt{2} \times 120 = 169.7 \text{ V}$ ، $V_s = 120 \text{ V}$ ، $R = 10 \Omega$ است.
الف) از رابطه ۶-۱، مقدار مؤثر ولتاژ خروجی برابر است با

$$V_o = V_s \sqrt{k} = V_s \sqrt{\frac{n}{m+n}} = 120 \sqrt{\frac{25}{100}} = 60 \text{ V}$$

و مقدار مؤثر جریان بار برابر $I_o = V_o/R = 60/10 = 6.0 \text{ A}$ می‌باشد.
ب) توان بار برابر $P_o = I_o^2 R = 6^2 \times 10 = 360 \text{ W}$ است. از آنجا که جریان ورودی همان جریان بار است، ولت-آمپر ورودی عبارت است از

$$VA = V_s I_s = V_s I_o = 120 \times 6 = 720 \text{ W}$$

و ضریب توان ورودی برابر خواهد بود با

$$\begin{aligned} PF &= \frac{P_o}{VA} = \sqrt{\frac{n}{m+n}} = \sqrt{k} \\ &= \sqrt{0.25} = \frac{360}{720} = 0.5 \text{ (lagging)} \end{aligned}$$

7

کنترل قطع و وصل

ج) جریان پیک تریستور برابر $I_m = V_m/R = 169.7/10 = 16.97 \text{ A}$ و جریان متوسط تریستور برابر است با

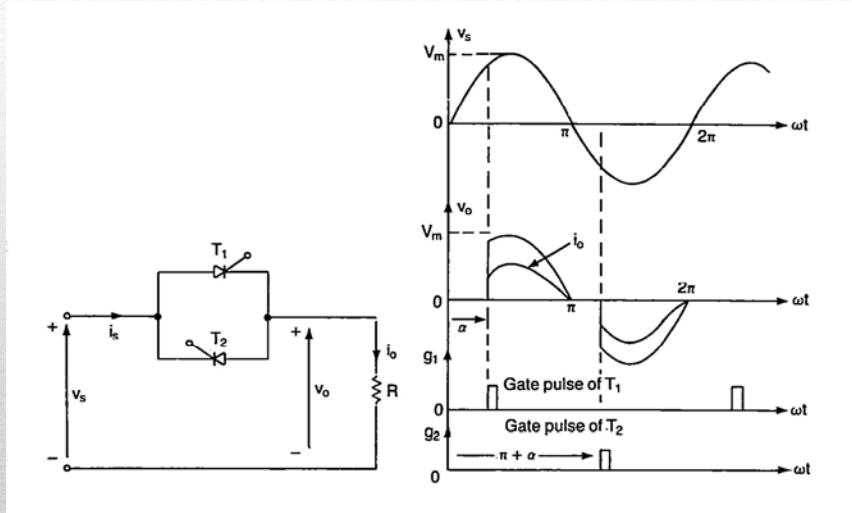
$$\begin{aligned} I_A &= \frac{n}{2\pi(m+n)} \int_0^\pi I_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{I_m n}{\pi(m+n)} = \frac{k I_m}{\pi} \\ &= \frac{16.97}{\pi} \times 0.25 = 1.33 \text{ A} \end{aligned}$$

و جریان مؤثر تریستور برابر می‌شود با

$$\begin{aligned} I_R &= \left[\frac{n}{2\pi(m+n)} \int_0^\pi I_m^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{1/2} = \frac{I_m}{2} \sqrt{\frac{n}{m+n}} = \frac{I_m \sqrt{k}}{2} \\ &= \frac{16.97}{2} \times \sqrt{0.25} = 4.24 \text{ A} \end{aligned}$$

8

کنترل فاز (تمام موج)



9

کنترل فاز (تمام موج)

ولتاژ ورودی:

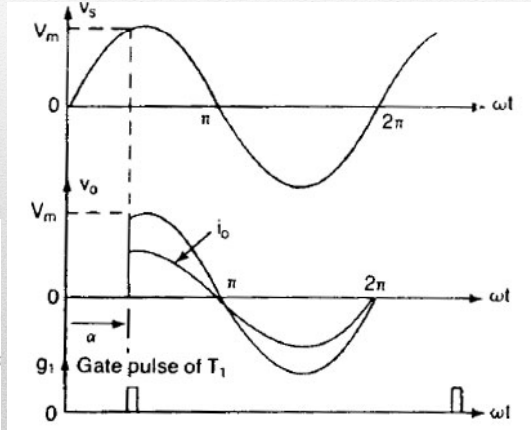
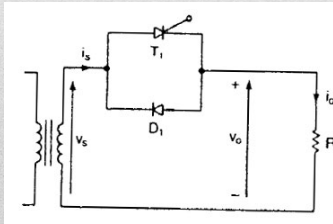
$$V_s = V_m \sin \omega t = \sqrt{2} v_s \sin \omega t$$

مقدار موثر ولتاژ خروجی:

$$V_o = \left[\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} v_s \sin \omega t d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} = V_s \left[\frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

10

کنترل فاز (نیم موج)



11

کنترل فاز (نیم موج)

ولتاژ ورودی:

$$V_s = V_m \sin \omega t = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$$

مقدار موثر ولتاژ خروجی:

$$V_o = \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left[\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left\{ \frac{V_m \sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \left[\int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos \omega t) d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} (1 - \cos \omega t) d(\omega t) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$= V_s \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} (\pi - \alpha + \frac{\sin \pi \alpha}{\sqrt{2}}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

مقدار متوسط ولتاژ خروجی:

$$V_{dc} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left[\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) \right]$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} V_s (\cos \alpha - 1)$$

12

کنترل فاز (تمام موج)

مثال:

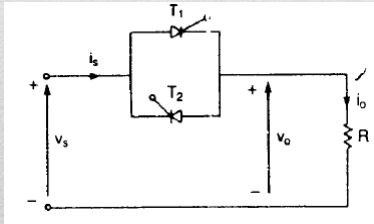
اگر در کنترل کننده ولتاژ متناوب $R=10 \Omega$ و $V_s=120 \text{ v}$ و $f_s=60 \text{ Hz}$ می باشد. زاویه آتش تریستورها برابر $\alpha = \frac{\pi}{2}$ است. مطلوب است:

الف) مقدار موثر ولتاژ خروجی

ب) ضریب توان ورودی

ج) مقدار متوسط جریان تریستورها

د) مقدار موثر جریان تریستورها



13

کنترل فاز (تمام موج)

حل مثال:

الف) مقدار موثر ولتاژ خروجی

$$V_o = 120 \cdot \left[\frac{1}{\pi} \left(\pi - \frac{\pi}{2} + \frac{\sin \pi}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{120}{\sqrt{2}} = 84.85 \text{ V}$$

ب) ضریب توان ورودی

$$I_o = \frac{V_o}{R} = 8.485 \text{ A}$$

$$P_o = R I_o^2 = 10 \times 8.485^2 = 719.95 \text{ W}$$

و ولت آمپر نامی ورودی برابر است با

$$VA = V_s I_s = V_s I_o = 120 \times 8.485 = 1018.2$$

$$PF = \frac{P_o}{VA} = \frac{V_o}{V_s} = \left[\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{719.95}{1018.2} = 0.707$$

پس فاز ۰/۷۰۷

14

کنترل فاز (تمام موج)

ادامه حل مثال:

ج) مقدار متوسط جریان تریستورها

$$I_A = \frac{1}{\sqrt{\pi}R} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} V_s \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2} V_s}{\sqrt{\pi}R} (\cos \alpha + 1) = \sqrt{2} \times \frac{120}{\sqrt{\pi} \times 10} = 2/\sqrt{\pi} \text{ A}$$

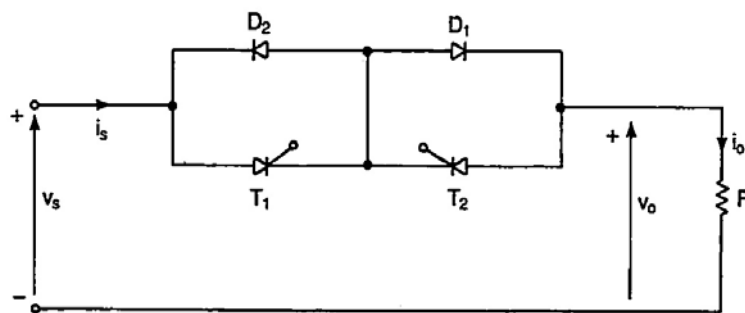
د) مقدار موثر جریان تریستورها

$$I_R = \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}R^2} \int_{\alpha}^{\pi} 2V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{2V_s^2}{\sqrt{\pi}R^2} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{V_s}{\sqrt{2}R} \left[\frac{1}{\pi} (\pi - \alpha) + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{120}{\sqrt{2} \times 10} = 6 \text{ A}$$

15

مدار کنترل کننده تمام موج کاتد مشترک



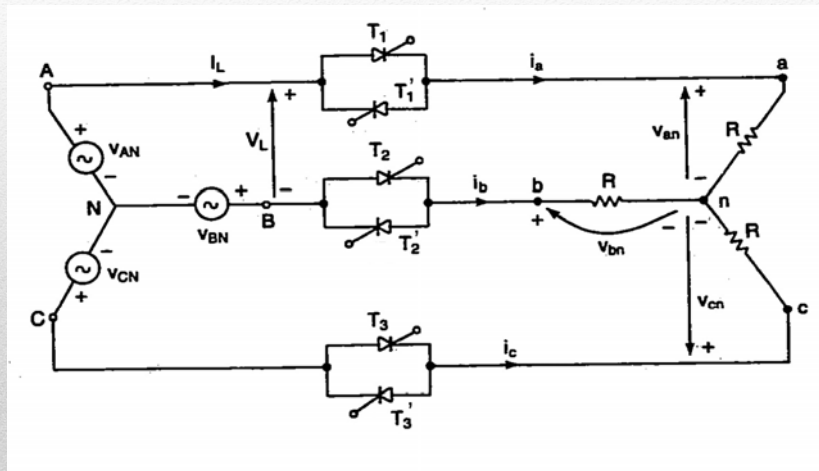
کنترل کننده تک فاز تمام موج با کاتد مشترک

16

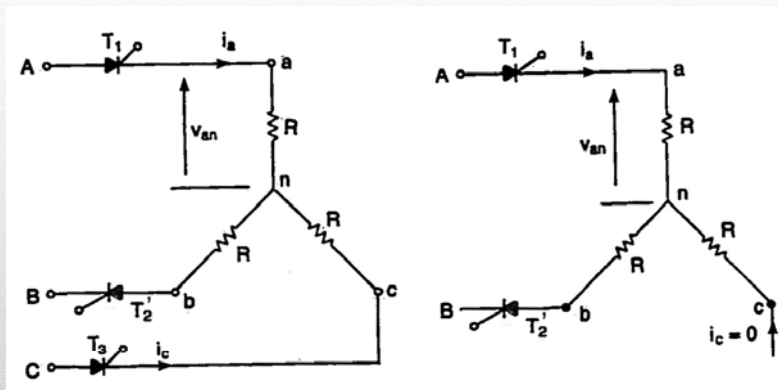
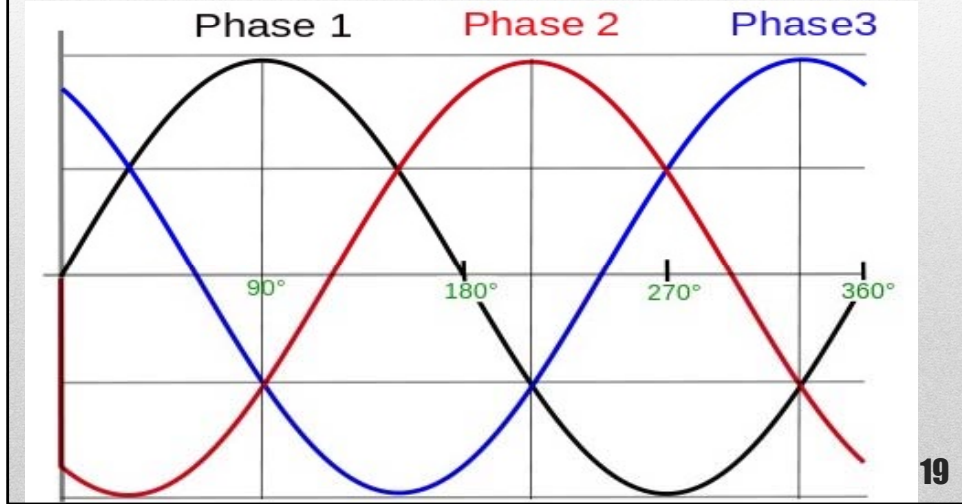
کنترل کننده ولتاژ متناوب سه فاز

17

کنترل کننده ولتاژ متناوب سه فاز

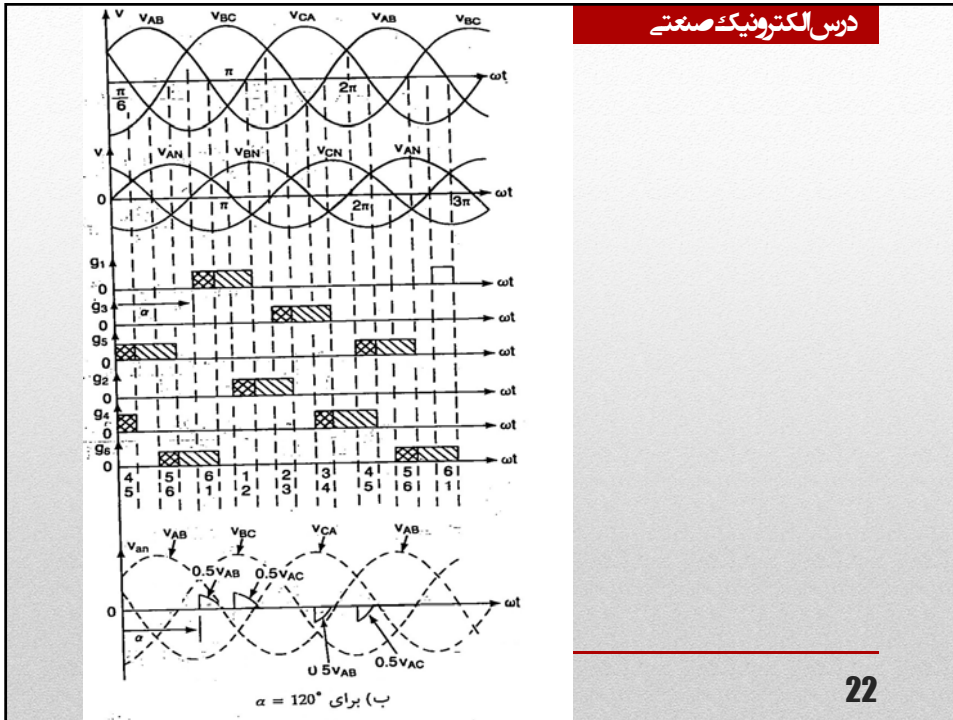
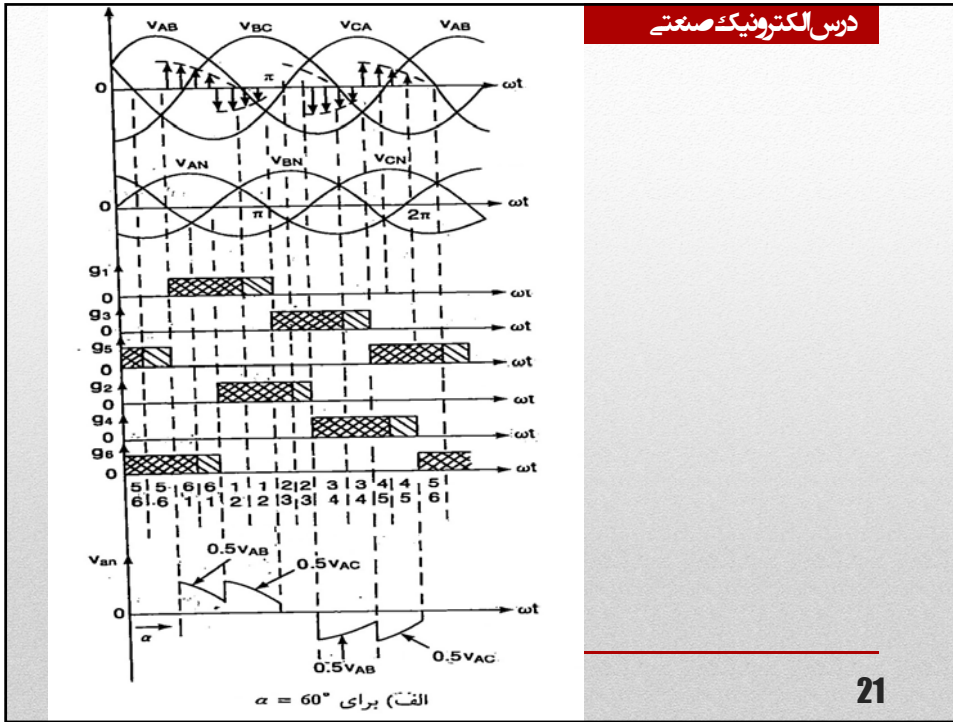


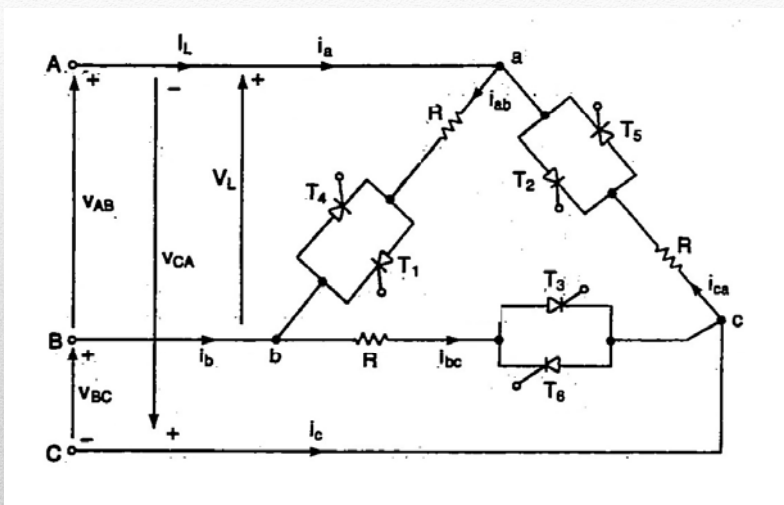
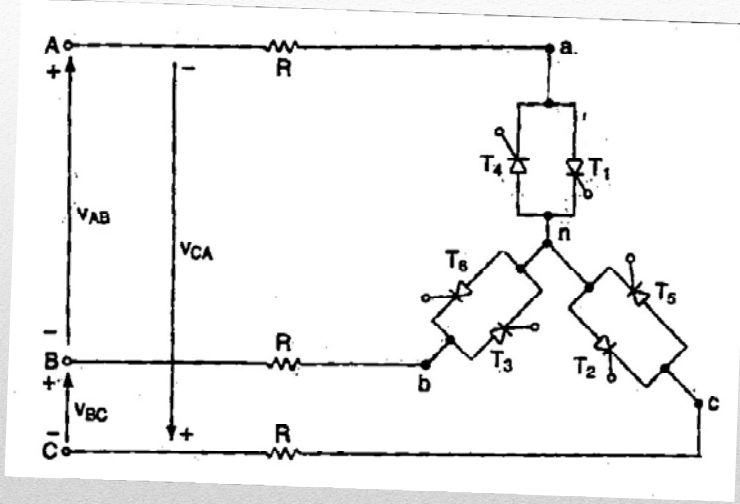
18



رژیم هدایت سه تریستوری

رژیم هدایت دو تریستوری





تکالیف این فصل:

① رسم شکل موج خروجی مبدل ولتاژ متناوب سه فاز تمام موج برای
زوایای آتش:

$$\alpha=15^\circ$$

$$\alpha=45^\circ$$

$$\alpha=60^\circ$$

$$\alpha=75^\circ$$

$$\alpha=105^\circ$$

$$\alpha=120^\circ$$

② مسائل ۱ تا ۷ فصل کنترل کننده‌های ولتاژ متناوب

25

پایان

26