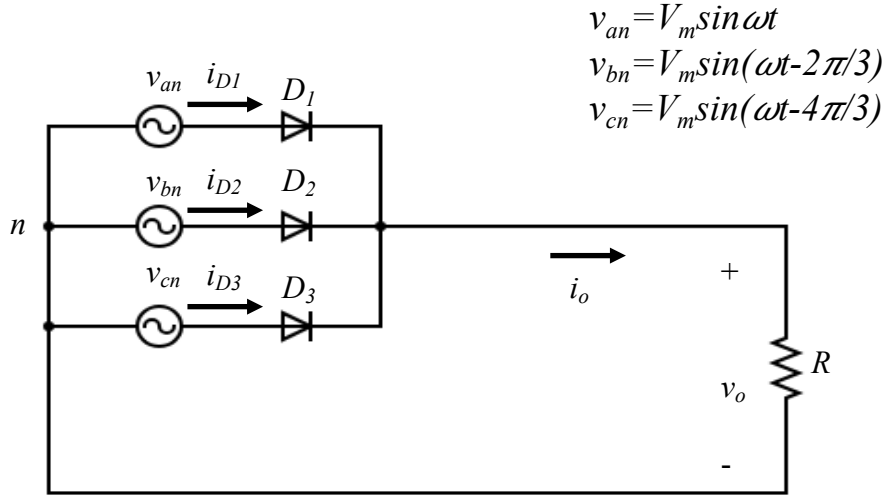


Güç Elektronik

Fatih Evran

3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi



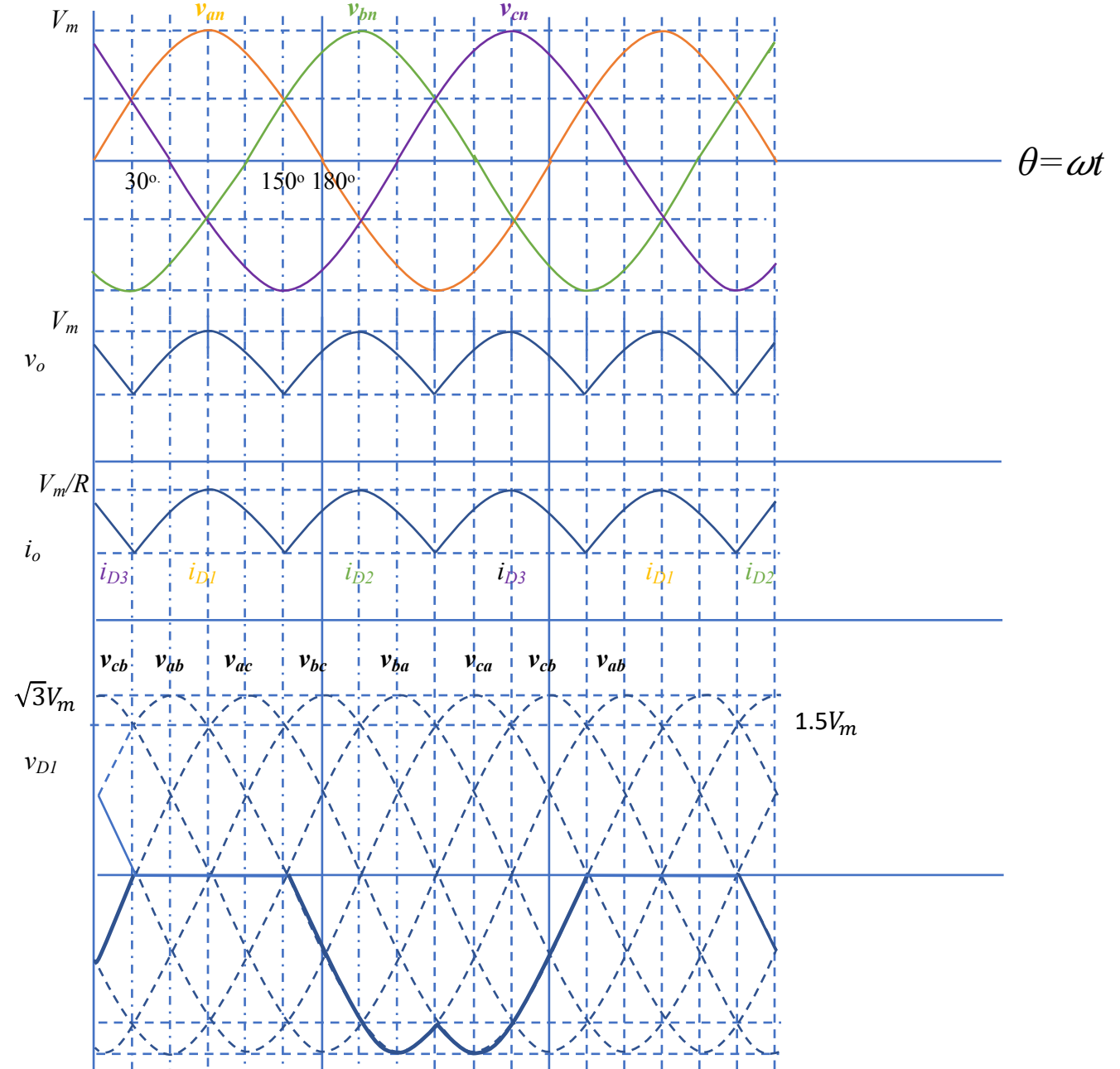
Diyotların katotları ortak olduğundan dolayı, anodu en pozitif olan diyot iletime geçer. 120° sonra başka bir diyot iletim yönünde kutuplanır ve akımı devralır.

Her bir diyot 120° iletimde kalır.

Transformatör sargılarının sekonder tarafında akan akımın bir doğru akım bileşeni vardır.

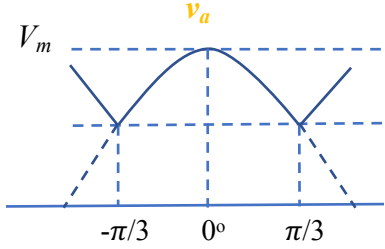
D_2 iletimde iken: $v_{D1} = v_{an} - v_{bn} = v_{ab}$

D_3 iletimde iken: $v_{D1} = v_{an} - v_{cn} = v_{ac}$



3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Çıkış gerilimin incelenmesi:



$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3}^{\pi/3} V_m \cos\theta d\theta = \frac{3V_m}{2\pi} \sin\theta \Big|_{-\pi/3}^{\pi/3} = \frac{3V_m}{\pi} \sin\frac{\pi}{3} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} = 0.827V_m = 1.17V_s$$

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3}^{\pi/3} (V_m \cos\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3}^{\pi/3} \cos^2\theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3}^{\pi/3} \left(\frac{1 + \cos 2\theta}{2}\right) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}\right) \Big|_{-\pi/3}^{\pi/3}} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{3} + \sin\frac{2\pi}{3}\right)} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = 0.84V_m = 1.19V_s \end{aligned}$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Örnek: 3 faz yarım dalga devre için $R=10\ \Omega$ olarak verilmektedir Buna göre V_{dc} , I_{dc} , V_{rms} , I_{rms} , $I_{D1(rms)}$, $I_{D1(dc)}$ ve PF değerini bulunuz.

$$v_{an}=100\sin\omega t \quad v_{bn}=100\sin(\omega t-2\pi/3) \quad v_{cn}=100\sin(\omega t-4\pi/3)$$

$$V_{dc} = 0.827V_m = 0.827 \times 100 = 82.7\ V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{82.7}{10} = 8.27\ A$$

$$V_{rms} = 0.84V_m = 0.84 \times 100 = 84\ V$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{84}{10} = 8.4\ A$$

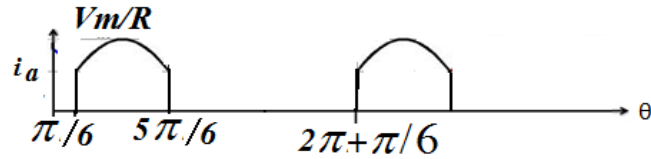
Periyodun yalnızca 1/3'ünde akım var olduğu için:

$$I_s = I_{D1(rms)} = \frac{I_{rms}}{\sqrt{3}} = 4.85\ A \quad I_{D1(dc)} = \frac{I_{dc}}{3} = 2.76\ A$$

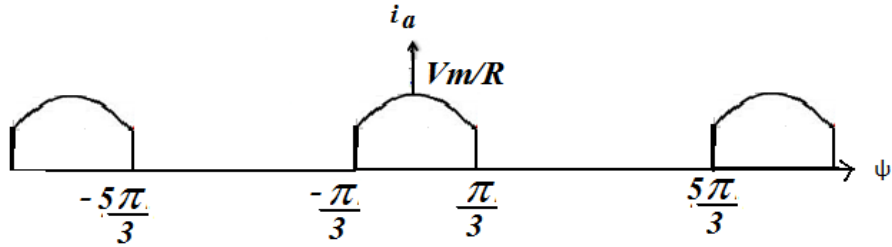
Olmaktadır.

3-Faz Yarıml Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yükl enmesi

Giriş akımının incelenmesi (bir faz için):



$\psi = \theta - \pi/2$ dönüşümü yapıldığında fonksiyon çift olmaktadır.



$$i_a(\psi) = a_o + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\psi + \cancel{b_n \sin n\psi}) = a_o + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\psi \quad a_o = \frac{I_{dc}}{3}$$

=0

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/3} f(\psi) \cos n\psi d\psi = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/3} \frac{V_m}{R} \cos \psi \cos n\psi d\psi$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Ana harmonik için $n=1$ olmaktadır.

$$a_1 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/3} \frac{V_m}{R} \cos \psi \cos \psi d\psi = \frac{2V_m}{\pi R} \int_0^{\pi/3} \cos^2 \psi d\psi = \frac{2V_m}{\pi R} \int_0^{\pi/3} \frac{1 + \cos 2\psi}{2} d\psi = \frac{V_m}{\pi R} \left(\psi + \frac{\sin 2\psi}{2} \right) \Big|_0^{\pi/3} = \frac{V_m}{\pi R} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right)$$

$$i_a(\psi) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\psi = \frac{I_{dc}}{3} + a_1 \cos \psi + \dots$$

$\psi = \theta - \pi/2$ dönüşümü yapılırsa:

$$i_a(t) = \frac{I_{dc}}{3} + a_1 \cos \left(\theta - \frac{\pi}{2} \right) + \dots = \frac{I_{dc}}{3} + a_1 \sin \theta + \dots = \frac{I_{dc}}{3} + a_1 \sin \omega t + \dots$$

$$DF = \cos \phi = \cos 0^\circ = 1 \quad I_1 = \frac{a_1}{\sqrt{2}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}\pi R} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right) \quad PF = \frac{I_1}{I_s} DF = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{2}\pi R} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right)}{\frac{V_{rms}}{R\sqrt{3}}} = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{2}\pi R} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right)}{\frac{0.84V_m}{R\sqrt{3}}} \approx 0.687$$

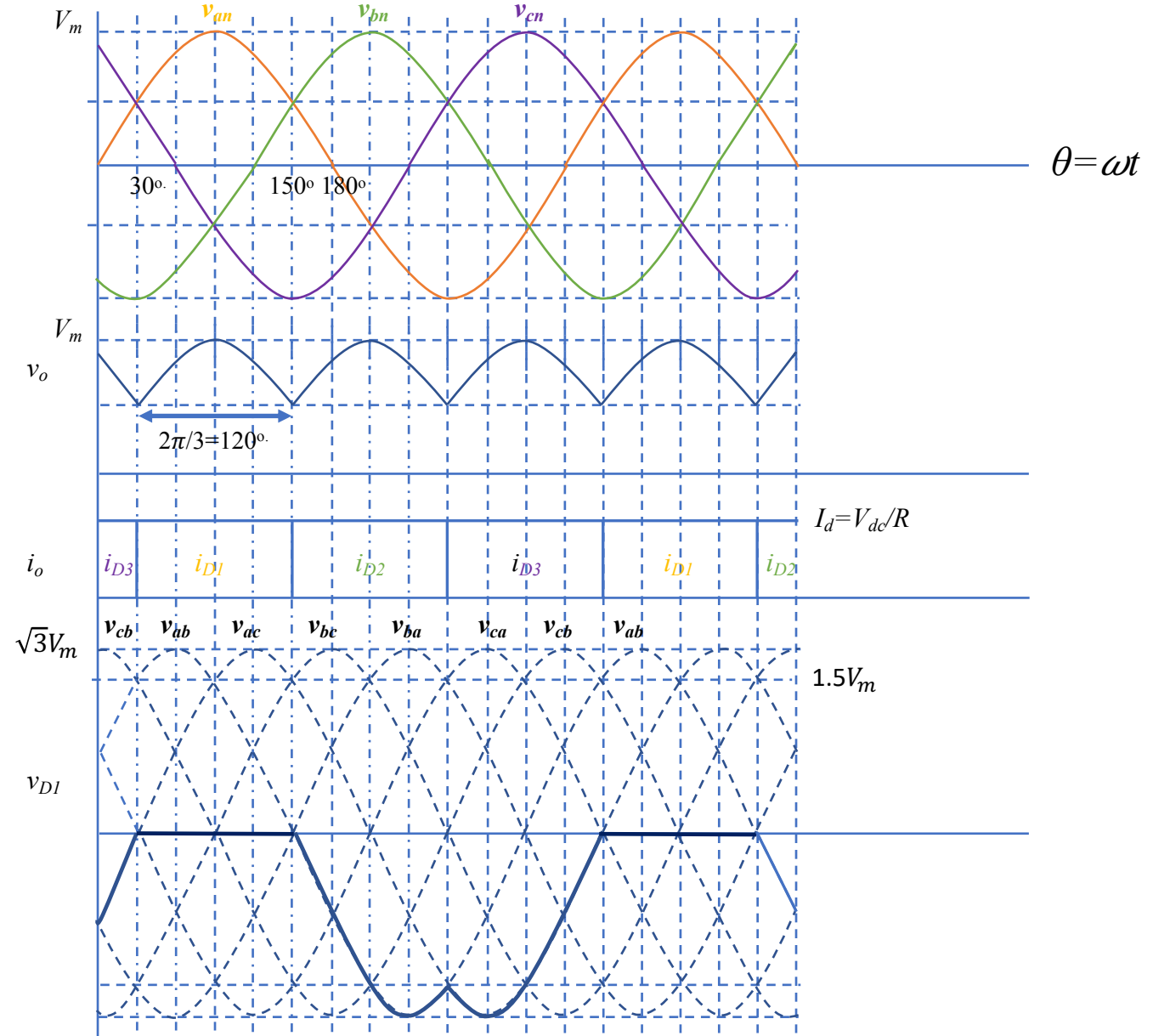
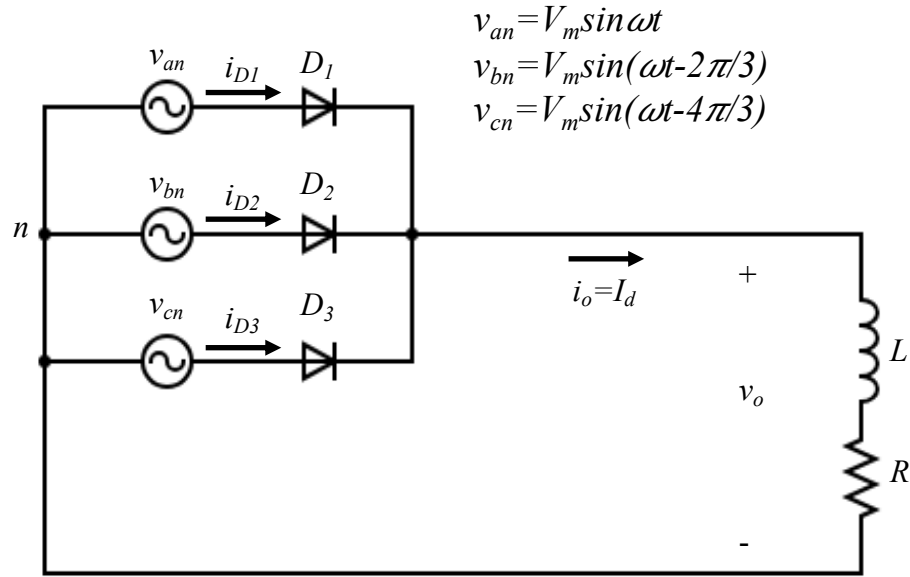
3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

$$PF = \frac{\text{Giriş etkin gücü}}{\text{Giriş görünür gücü}} = \frac{P_{in}}{S} = \frac{V_s I_1 \cos \phi}{V_s I_s} = \frac{I_1 \cos \phi}{I_s}$$

Kayıpsız bir devre için giriş etkin gücü, çıkış etkin güce eşit olmaktadır, yani $P_{in}=P_{out}$ olmaktadır. Bu durumda;

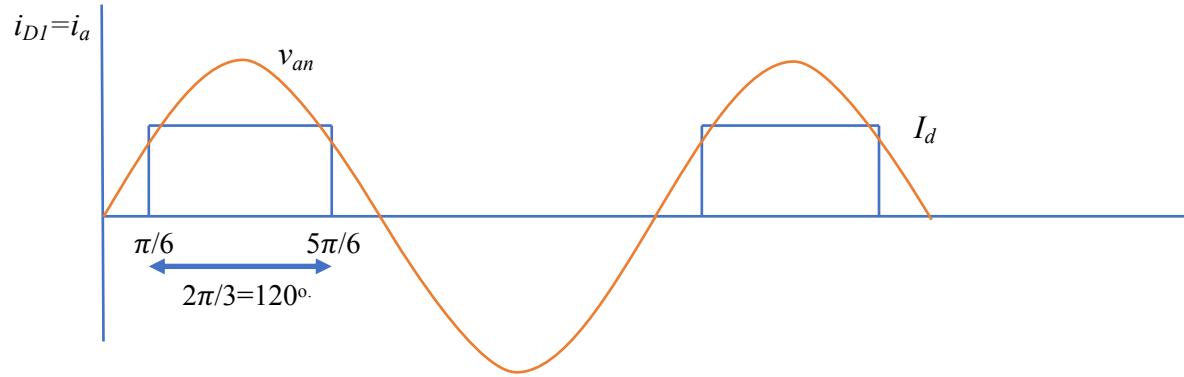
$$PF = \frac{P_{in}}{S} = \frac{P_{out}}{S} = \frac{V_{rms} I_{rms}}{3 V_s I_s} = \frac{0.84 V_m I_{rms}}{3 \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_{rms}}{\sqrt{3}}} = 0.687$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi

Giriş akımının incelenmesi (bir faz için):



$$i_a(t) = a_o + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

$$a_o = \frac{I_d}{3}$$

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta) \cos n\theta d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} I_d \cos n\theta d\theta = \frac{I_d}{n\pi} \sin n\theta \Big|_{\pi/6}^{5\pi/6} = \frac{I_d}{n\pi} \left[\sin \frac{n5\pi}{6} - \sin \frac{n\pi}{6} \right] \\ &= 2 \frac{I_d}{n\pi} \cos \frac{n\pi}{2} \cdot \sin \frac{n\pi}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta) \sin n\theta d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} I_d \sin n\theta d\theta = -\frac{I_d}{n\pi} \cos n\theta \Big|_{\pi/6}^{5\pi/6} = \frac{I_d}{n\pi} \left[\cos \frac{n\pi}{6} - \cos \frac{n5\pi}{6} \right] \\ &= -2 \frac{I_d}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \cdot \sin \left(-\frac{n\pi}{3} \right) = 2 \frac{I_d}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{2} \cdot \sin \frac{n\pi}{3} \end{aligned}$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi

$$i_a(t) = \frac{I_d}{3} + \frac{\sqrt{3}I_d}{\pi} (\sin \omega t - \frac{1}{2} \cos 2\omega t - \frac{1}{4} \cos 4\omega t - \frac{1}{5} \sin 5\omega t - \frac{1}{7} \sin 7\omega t - \frac{1}{8} \cos 8\omega t - \frac{1}{10} \cos 10\omega t + \dots)$$

Giriş akımının 3 ve katlarında harmoniği yoktur. Ana harmonik gerilimle aynı fazdadır.

$$I_s = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad (\text{Periyodun yalnızca } 1/3 \text{'ünde akım vardır})$$

$$DF = \cos \emptyset = \cos 0^\circ = 1 \quad PF = \frac{I_1}{I_s} DF = \frac{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}\pi} I_d}{\frac{I_d}{\sqrt{3}}} = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} = 0.675$$

Transformatör VA değeri:

$$VA = 3V_s I_s = 3 \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} V_m I_d$$

$$TUF = \frac{P_{dc}}{VA} = \frac{V_{dc} I_{dc}}{VA} = \frac{\frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} I_d}{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} V_m I_d} = \frac{3}{\pi\sqrt{2}} = 0.675$$

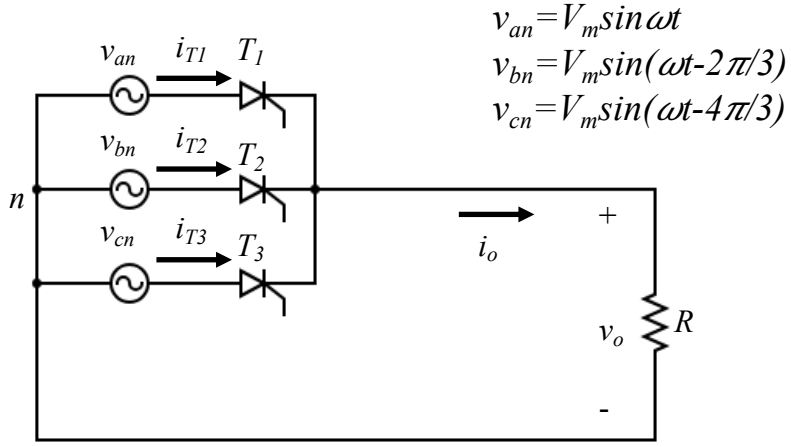
3-Faz Yarım Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi

Örnek: Oldukça endüktif bir yük için ($R=10\Omega$, $L=\infty$) PF=?

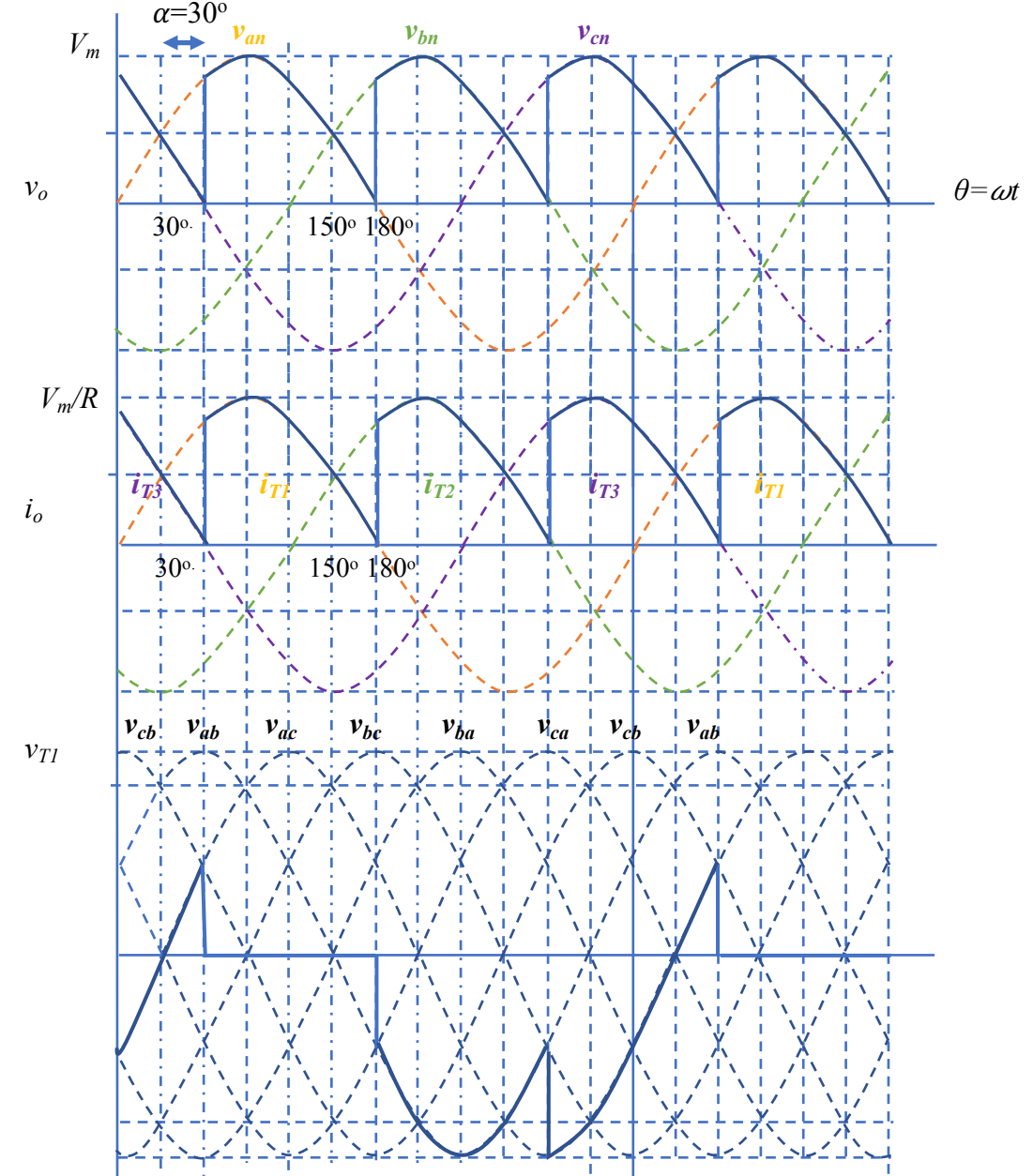
Yük endüktif olduğu için direnç üzerinde harcanan güç, ortalama güce eşit olmaktadır. Yani $P_{out}=P_{dc}$ olmaktadır.

$$PF = \frac{P_{in}}{S} = \frac{P_{dc}}{S} = \frac{V_{dc}I_{dc}}{3V_sI_s} = \frac{0.827V_mI_d}{3 \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_d}{\sqrt{3}}} = 0.675$$

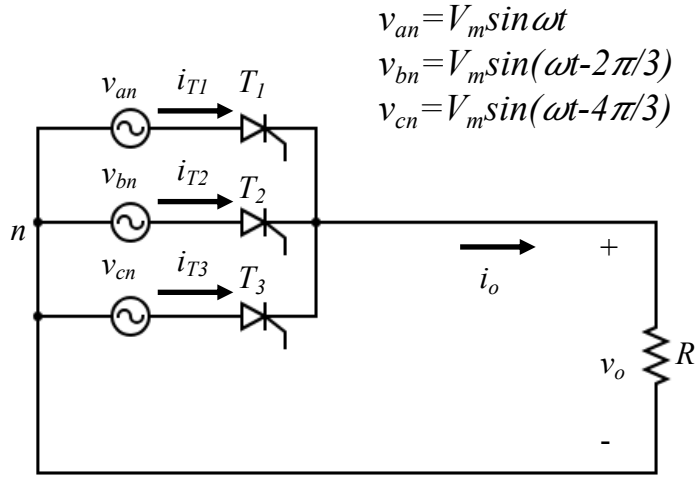
3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi



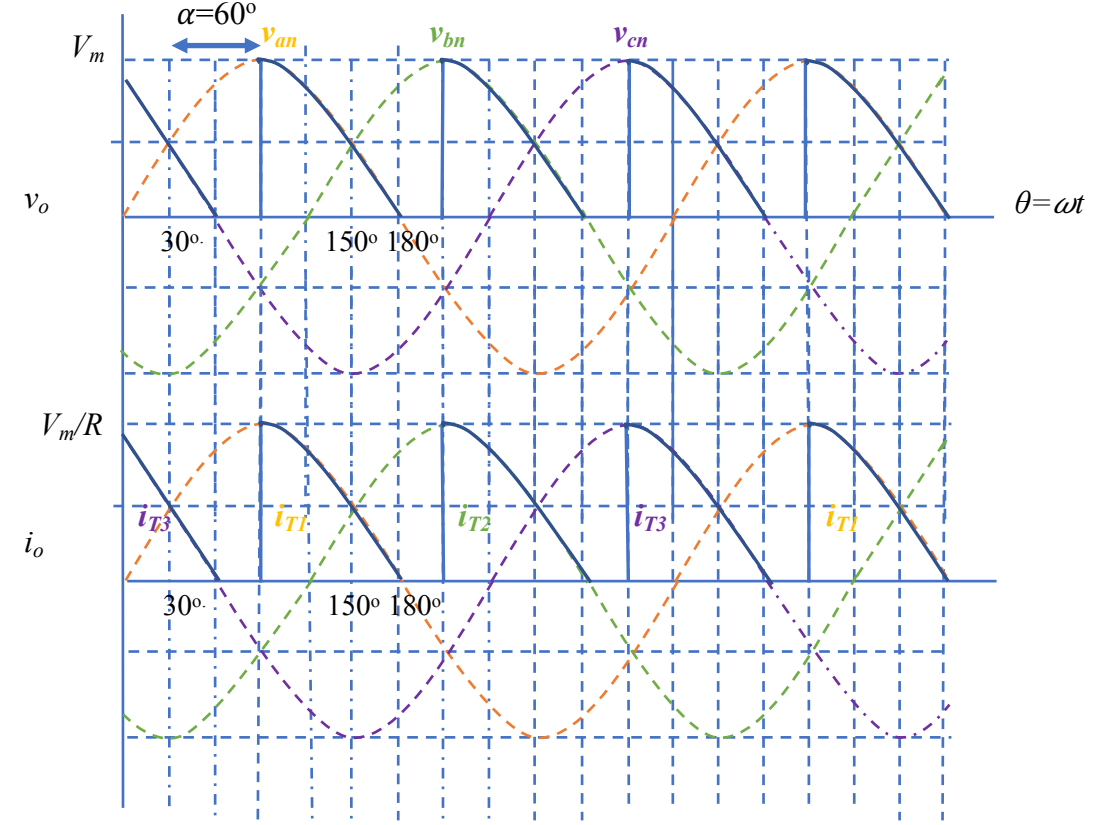
Direnç yükü olması durumunda $\alpha \leq \pi/6$ için sürekli yük akımı oluşmaktadır.



3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

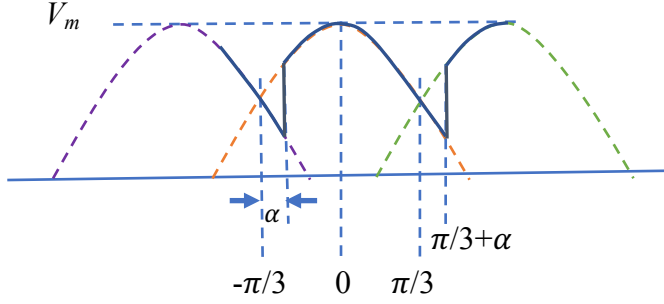


Direnç yükü olması durumunda $\alpha > \pi/6$ için kesintili yük akımı oluşmaktadır.



3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

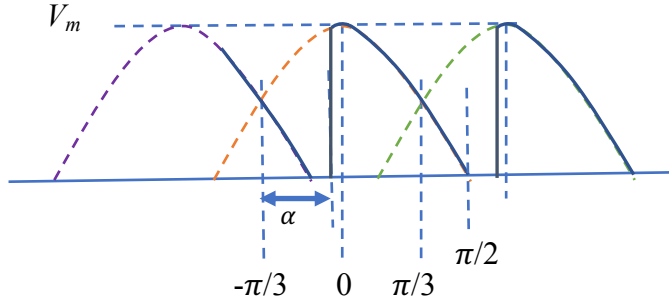
Çıkış gerilimin incelenmesi ($\alpha \leq \pi/6$):



$$\begin{aligned} V_{dc} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} V_m \cos\theta d\theta = \frac{3V_m}{2\pi} \sin\theta \Big|_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} = \frac{3V_m}{2\pi} [\sin(\pi/3 + \alpha) - \sin(-\pi/3 + \alpha)] \\ &= \frac{3V_m}{2\pi} 2\cos\alpha \cdot \sin\frac{\pi}{3} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos\alpha \end{aligned}$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Çıkış gerilimin incelenmesi ($\alpha > \pi/6$):



$$\begin{aligned} V_{dc} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/2} V_m \cos\theta d\theta = \frac{3V_m}{2\pi} \sin\theta \Big|_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/2} = \frac{3V_m}{2\pi} [\sin(\pi/2) - \sin(-\pi/3 + \alpha)] \\ &= \frac{3V_m}{2\pi} \left[1 - \sin\alpha \cdot \cos\frac{\pi}{3} + \cos\alpha \cdot \sin\frac{\pi}{3} \right] = \frac{3V_m}{2\pi} \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\alpha - \frac{1}{2} \sin\alpha \right] = \frac{3V_m}{2\pi} \left[1 + \cos(\alpha + \frac{\pi}{6}) \right] \end{aligned}$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Örnek: 3 faz yarım dalga denetimli devre için $\alpha=\pi/6$, $R=10\ \Omega$ olarak verilmektedir Buna göre V_{dc} , I_{dc} , V_{rms} , I_{rms} , $I_{D1(rms)}$, $I_{D1(dc)}$ ve PF değerini bulunuz.

$$v_{an}=100\sin\omega t \quad v_{bn}=100\sin(\omega t-2\pi/3) \quad v_{cn}=100\sin(\omega t-4\pi/3)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos\alpha = \frac{3\sqrt{3} \times 100}{2\pi} \cos\frac{\pi}{6} \cong 71.62\ V \quad I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{71.62}{10} = 7.162\ A$$

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} (V_m \cos\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} \cos^2\theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} \left(\frac{1+\cos 2\theta}{2}\right) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}\right) \Big|_{-\pi/6}^{\pi/2}} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{\sin \frac{2\pi}{3}}{2}\right)} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4}\right)} \cong 0.7768V_m = 77.68\ V \end{aligned}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{77.68}{10} = 7.768\ A \quad I_s = I_{T1(rms)} = \frac{I_{rms}}{\sqrt{3}} = 4.485\ A \quad PF = \frac{P_{in}}{S} = \frac{P_{out}}{S} = \frac{V_{rms}I_{rms}}{3V_sI_s} = \frac{0.7768V_mI_{rms}}{3\frac{V_m}{\sqrt{2}}\frac{I_{rms}}{\sqrt{3}}} = 0.634$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Örnek: 3 faz yarım dalga denetimli devre için $\alpha=\pi/3$, $R=10\ \Omega$ olarak verilmektedir Buna göre V_{dc} , I_{dc} , V_{rms} , I_{rms} , $I_{D1(rms)}$, $I_{D1(dc)}$ ve PF değerini bulunuz.

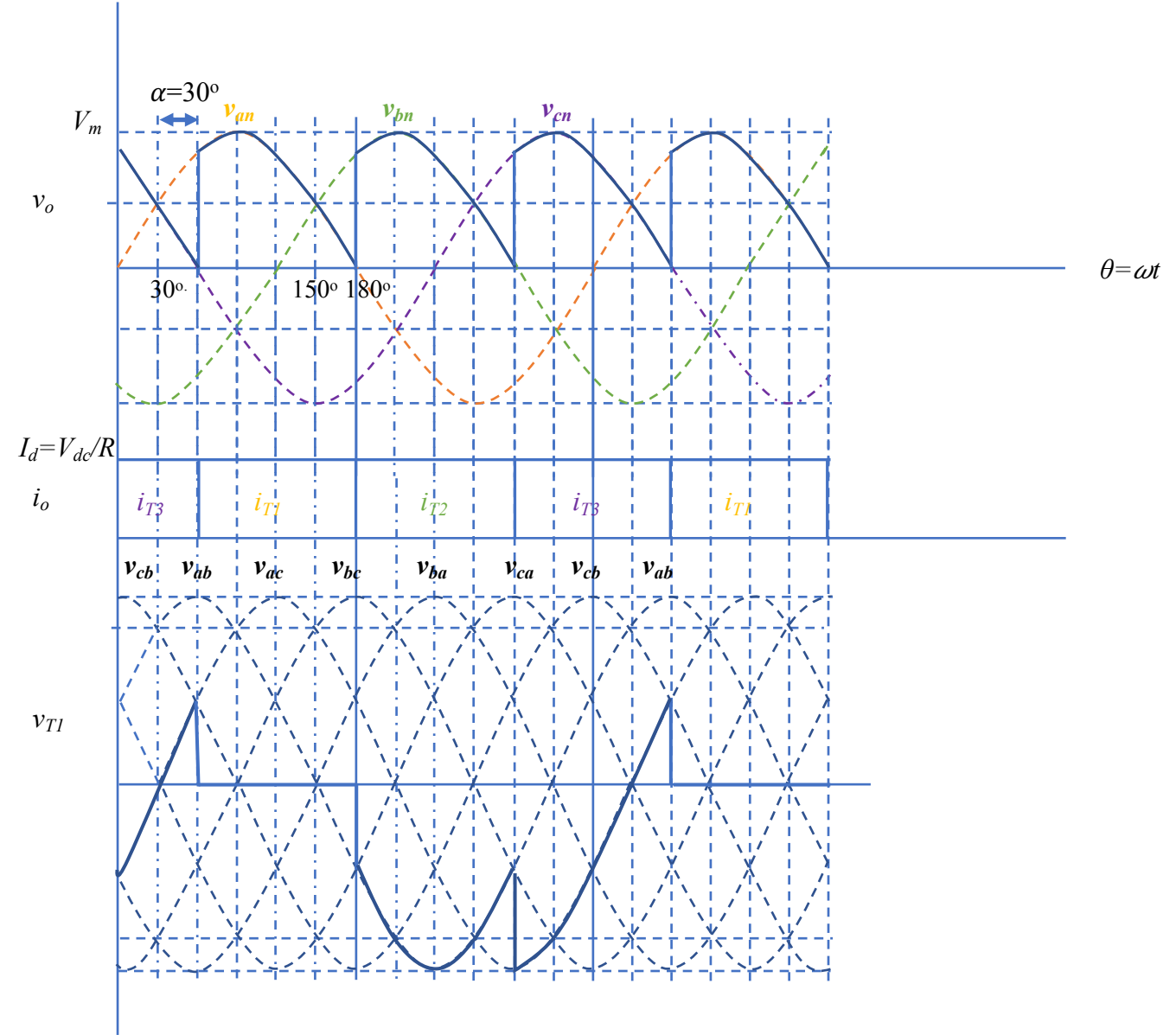
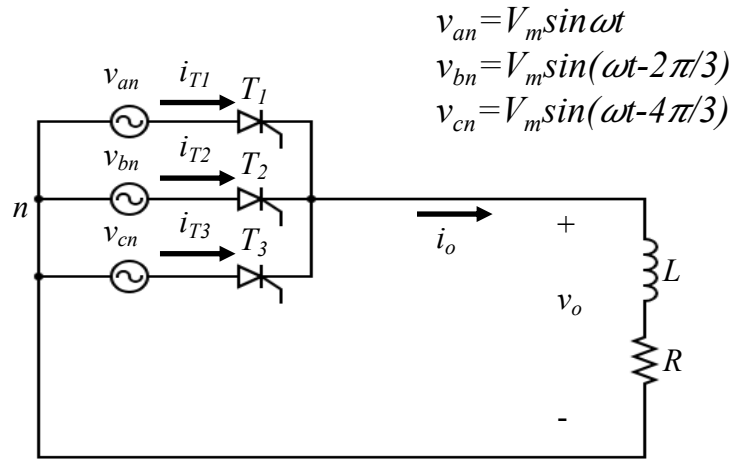
$$v_{an}=100\sin\omega t \quad v_{bn}=100\sin(\omega t-2\pi/3) \quad v_{cn}=100\sin(\omega t-4\pi/3)$$

$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} \left[1 + \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \right] = \frac{3 \times 100}{2\pi} \left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) \right] \cong 47.75\ V \quad I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{47.75}{10} = 4.775\ A$$

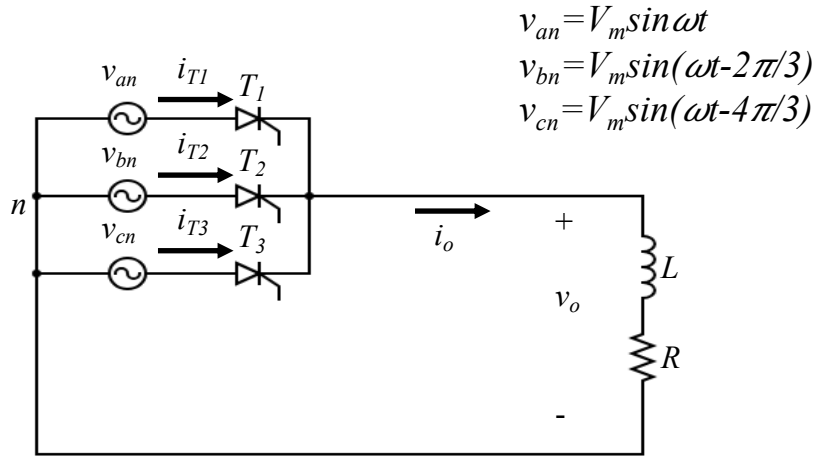
$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/2} (V_m \cos\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/2} \cos^2\theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/2} \left(\frac{1+\cos 2\theta}{2}\right) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}\right) \Big|_0^{\pi/2}} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{\pi}{2}\right)} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{8}} \cong 0.6124V_m = 61.24\ V \end{aligned}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{61.24}{10} = 6.124\ A \quad I_s = I_{T1(rms)} = \frac{I_{rms}}{\sqrt{3}} = 3.536\ A \quad PF = \frac{P_{in}}{S} = \frac{P_{out}}{S} = \frac{V_{rms} I_{rms}}{3V_s I_s} = \frac{0.6124V_m I_{rms}}{3 \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_{rms}}{\sqrt{3}}} = 0.5$$

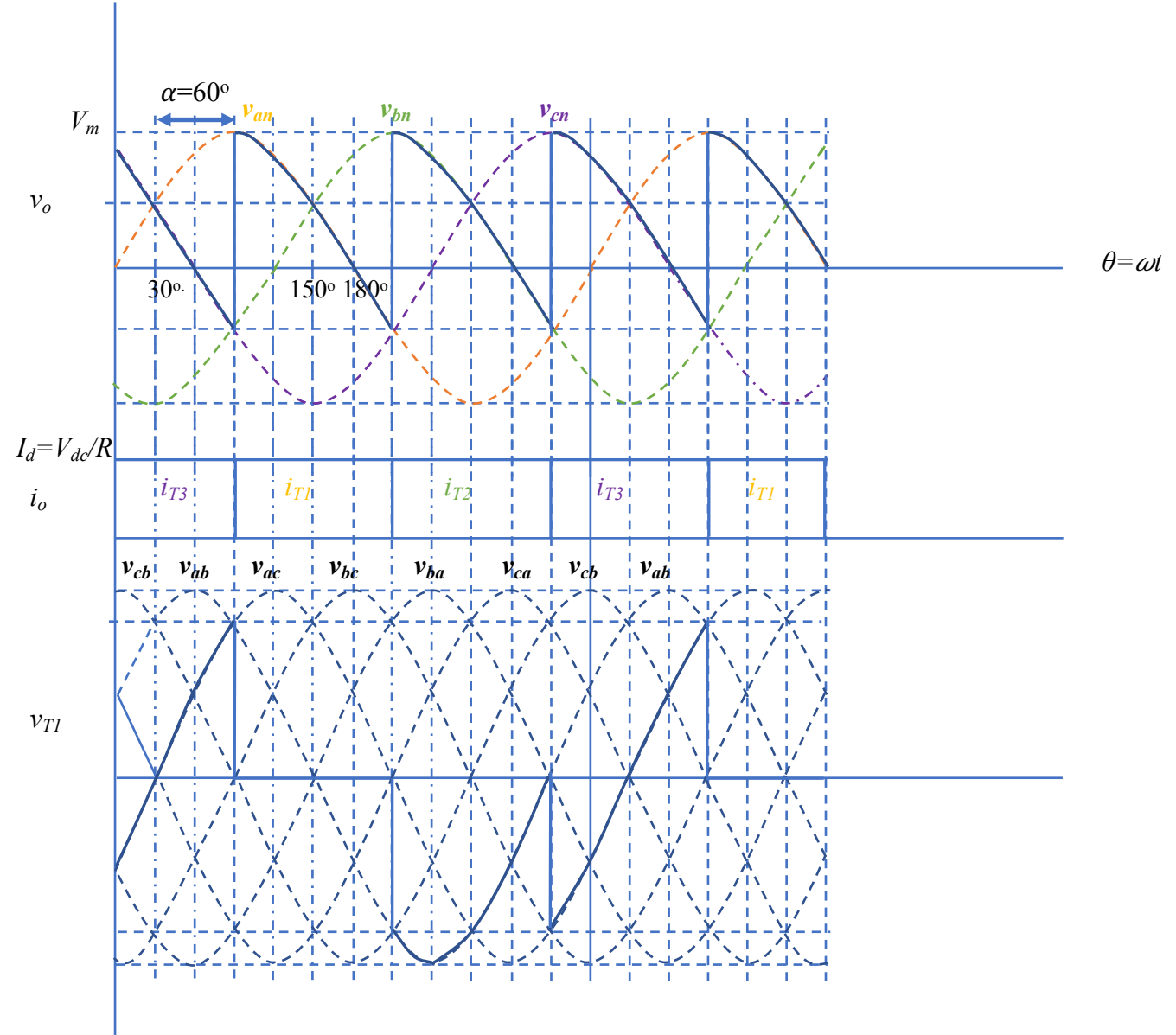
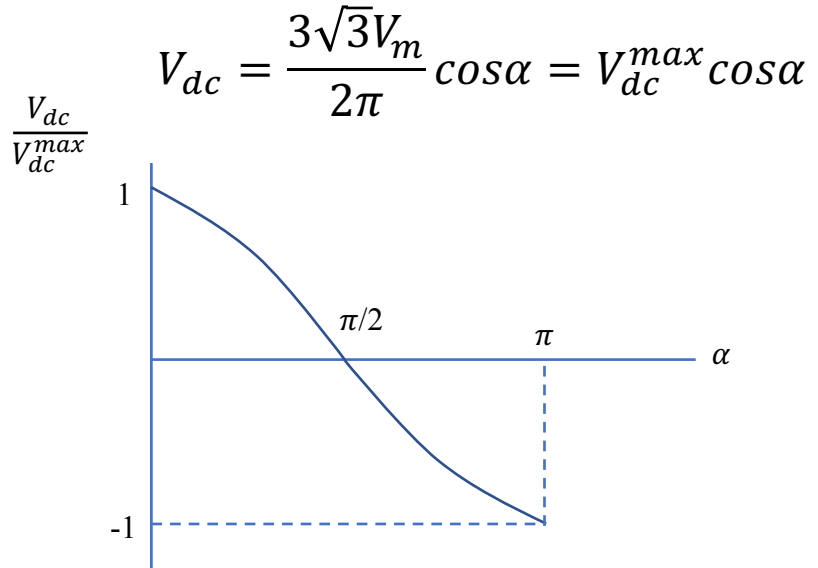
3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



Endüktif yük, sürekli akım durumunda da:



3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi

Örnek: 3 faz yarım dalga denetimli devre için $\alpha=\pi/3$, $R=10\ \Omega$ ve $L=\infty$ olarak verilmektedir Buna göre V_{dc} , I_{dc} , V_{rms} , I_{rms} , $I_{DI(rms)}$, $I_{DI(dc)}$ ve PF değerini bulunuz.
 $v_{an}=100\sin\omega t$ $v_{bn}=100\sin(\omega t-2\pi/3)$ $v_{cn}=100\sin(\omega t-4\pi/3)$

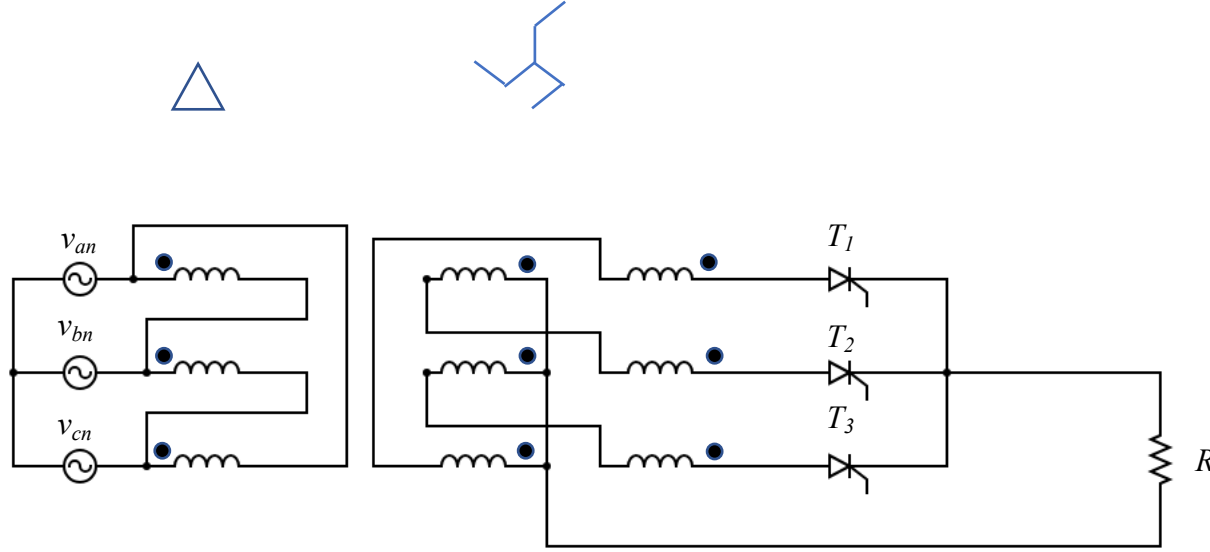
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos\alpha = \frac{3\sqrt{3}\times 100}{2\pi} \cos\frac{\pi}{3} \cong 41.35\ V = 0.4135V_m$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{41.35}{10} = 4.135A$$

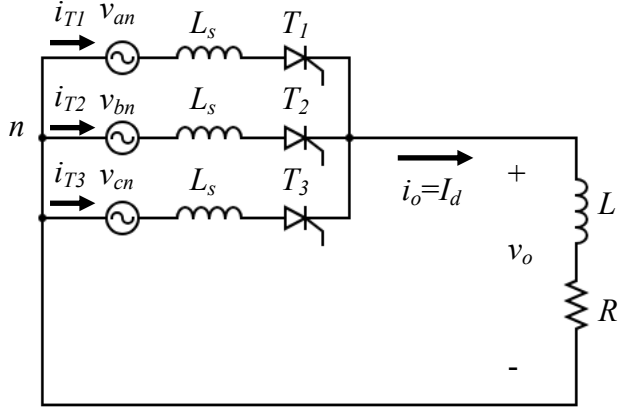
$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} (V_m \cos\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} \cos^2\theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi} \int_{-\pi/3+\alpha}^{\pi/3+\alpha} \left(\frac{1+\cos 2\theta}{2}\right) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}\right) \Big|_0^{2\pi/3}} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{\sin \frac{4\pi}{3}}{2}\right)} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{4\pi} \left(\frac{2\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}\right)} \cong 0.6298V_m = 62.98\ V \end{aligned}$$

$$I_{rms} = I_{dc} = 4.135\ A \quad I_s = I_{T1(rms)} = \frac{I_{dc}}{\sqrt{3}} = 2.387\ A \quad PF = \frac{P_{in}}{S} = \frac{P_{out}}{S} = \frac{V_{dc}I_{dc}}{3V_sI_s} = \frac{0.4135V_mI_{rms}}{3\frac{V_m}{\sqrt{2}}\frac{I_{rms}}{\sqrt{3}}} = 0.337$$

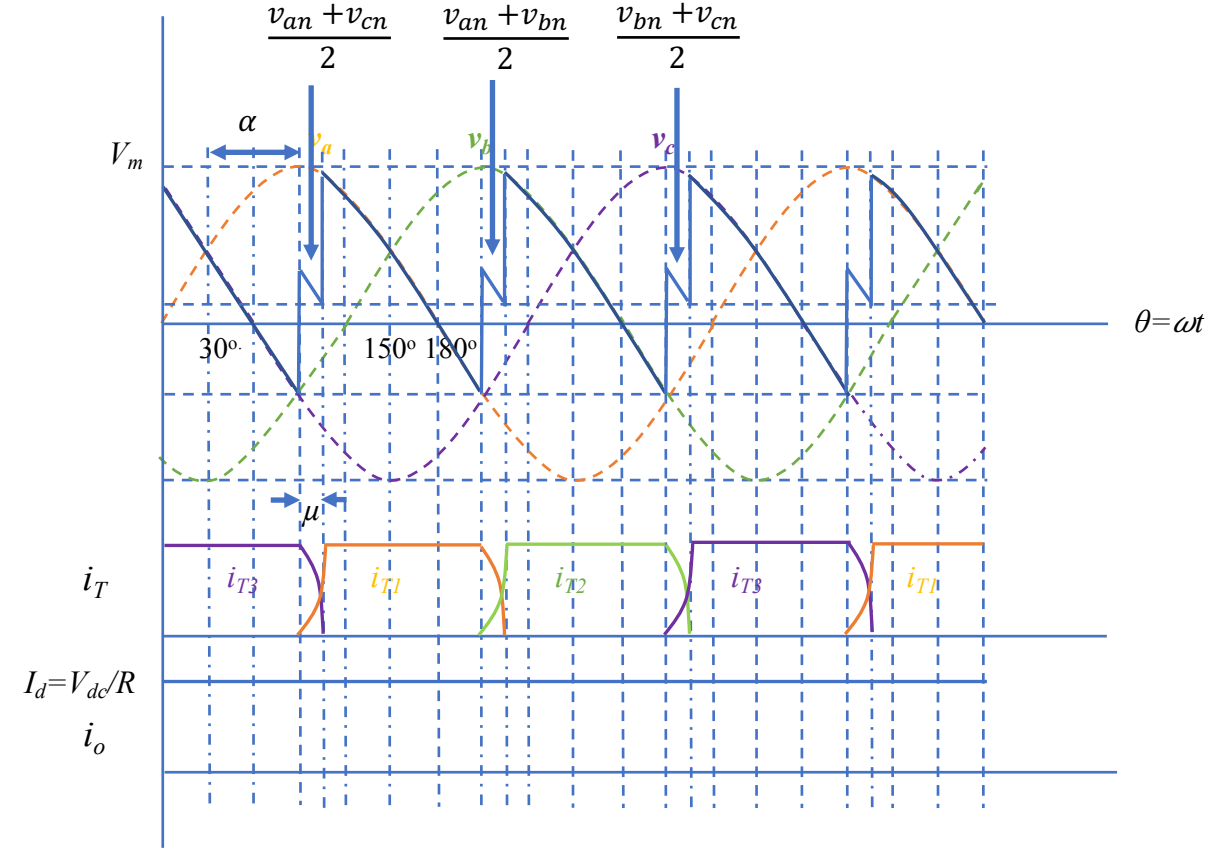
3-Faz Yarım Dalga Doğrultucunun Zig-Zag bağlantısı



3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu



Örtüşme durumu yoksa aynı anda sadece bir tristör iletimdedir. Örtüşme sırasında ise aynı anda iki tristör iletimdedir. Komütasyon süresince yük akımı iletimdeki iki tristörün akımları toplamına eşittir.



3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu

$\pi/6+\alpha \leq \omega t \leq \pi/6+\alpha+\mu$ aralığında T_1 ve T_3 iletimdedir. Dolayısıyla, v_{an} , L_s , T_1 , T_3 , L_s , v_{cn} üzerinden bir çevre denklemi yazalım.

$$v_{an} - L_s \frac{di_{T1}}{dt} + L_s \frac{di_{T3}}{dt} - v_{cn} = 0 \Rightarrow v_{an} - v_{cn} = v_{ac} = L_s \frac{di_{T1}}{dt} - L_s \frac{di_{T3}}{dt} = L_s \left(\frac{di_{T1}}{dt} - \frac{di_{T3}}{dt} \right)$$

$i_{T1}+i_{T3}=I_d$ olduğundan

$$v_{ac} = L_s \left(\frac{di_{T1}}{dt} - \frac{d(I_d - i_{T1})}{dt} \right) = 2L_s \frac{di_{T1}}{dt} \Rightarrow \frac{di_{T1}}{dt} = \frac{v_{ac}}{2L_s} \Rightarrow di_{T1} = \frac{1}{2L_s} V_p \sin \omega t dt$$

$$\omega t = \theta \Rightarrow t = \frac{\theta}{\omega} \Rightarrow dt = \frac{d\theta}{\omega}$$

$$\int_{\alpha}^{\alpha+\mu} \frac{V_p}{2\omega L_s} \sin \theta d\theta = \int_0^{I_d} di_{T1} \Rightarrow \frac{V_p}{2\omega L_s} \cos \theta \Big|_{\alpha}^{\alpha+\mu} = I_d$$

$$\cos(\alpha + \mu) = \cos \alpha - \frac{2\omega L_s I_d}{V_p} = \cos \alpha - \frac{2\omega L_s I_d}{\sqrt{3} V_m}$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu

Çakışma işlemi sırasında yük gerilimi:

$$v_{an} - L_s \frac{di_{T1}}{dt} - v_o = 0 \Rightarrow v_o = v_{an} - L_s \frac{di_{T1}}{dt}$$

$$L_s \frac{di_{T1}}{dt} = \frac{v_{ac}}{2}$$

$$v_o = v_{an} - \frac{v_{ac}}{2} = v_{an} - \frac{v_{an} - v_{cn}}{2} = \frac{v_{an} + v_{cn}}{2}$$

Çakışma işlemi sırasında kaynak endüktansı üzerindeki gerilimin ortalama değeri:

$$\begin{aligned} v_{Ls} = L_s \frac{di_{T1}}{dt} \Rightarrow \langle v_{Ls} \rangle &= \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\alpha}^{\alpha+\mu} v_{Ls}(\theta) d\theta = \frac{3}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\mu} L_s \frac{di_{T1}}{dt} d\theta = \frac{3}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\mu} L_s \frac{di_{T1}}{dt} \omega dt \\ &= \frac{3\omega L_s}{2\pi} \int_0^{I_d} di_{T1} = \frac{3\omega L_s I_d}{2\pi} \end{aligned}$$

3-Faz Yarım Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu

Çıkış gerilimin ortalama değeri:

$$V_{dc} = V_{dc}(\text{ideal}) - \langle v_{Ls} \rangle$$

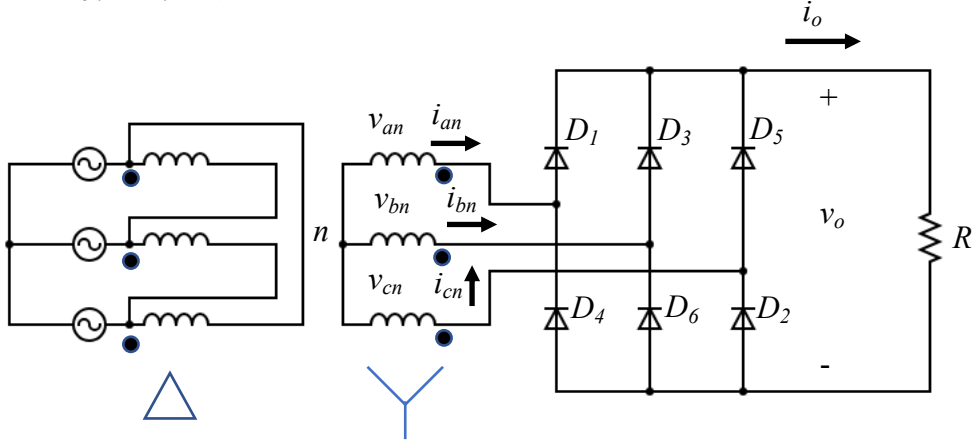
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos\alpha - \frac{3\omega L_s I_d}{2\pi}$$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

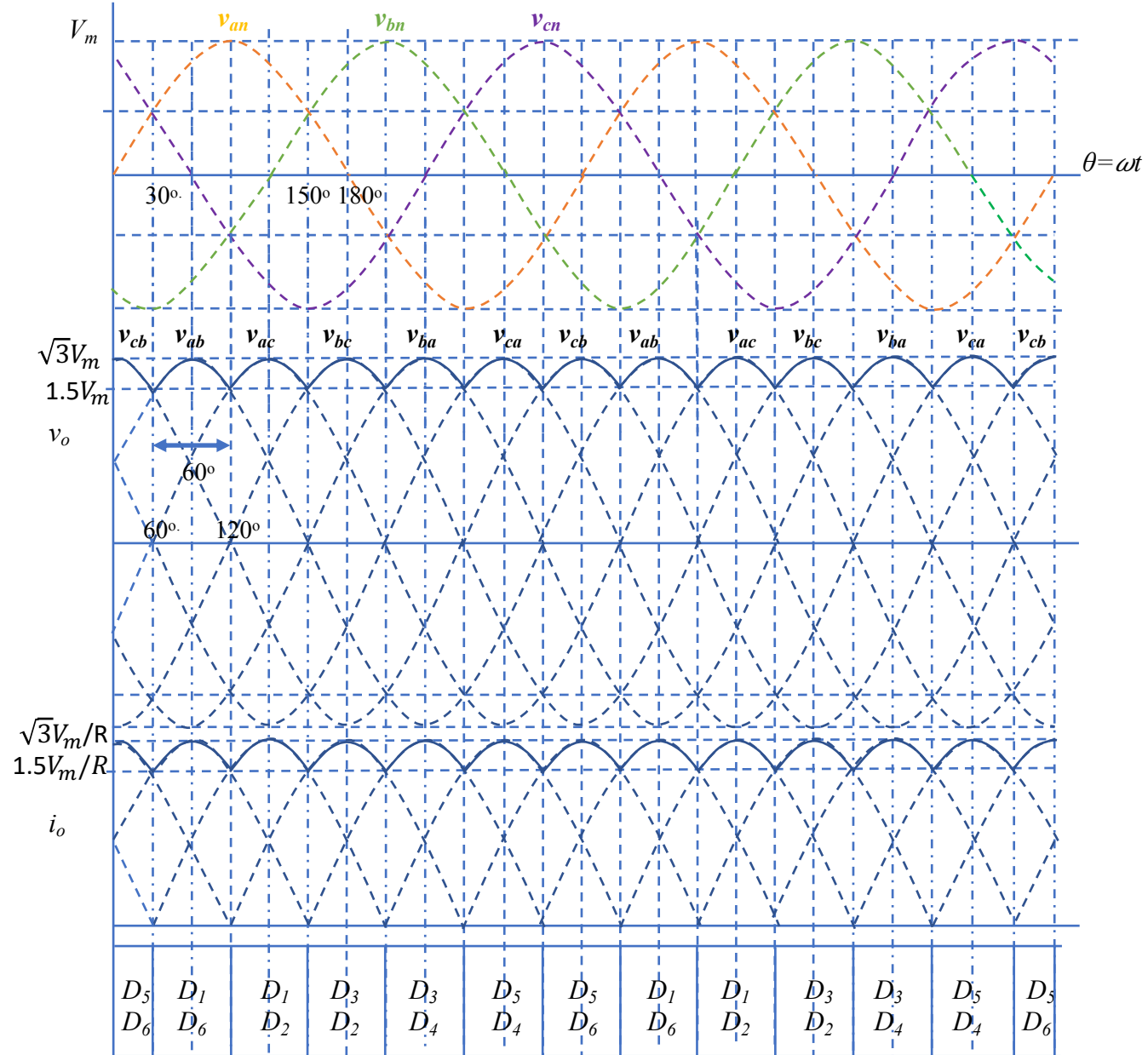
$$v_{an} = V_m \sin \omega t$$

$$v_{bn} = V_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

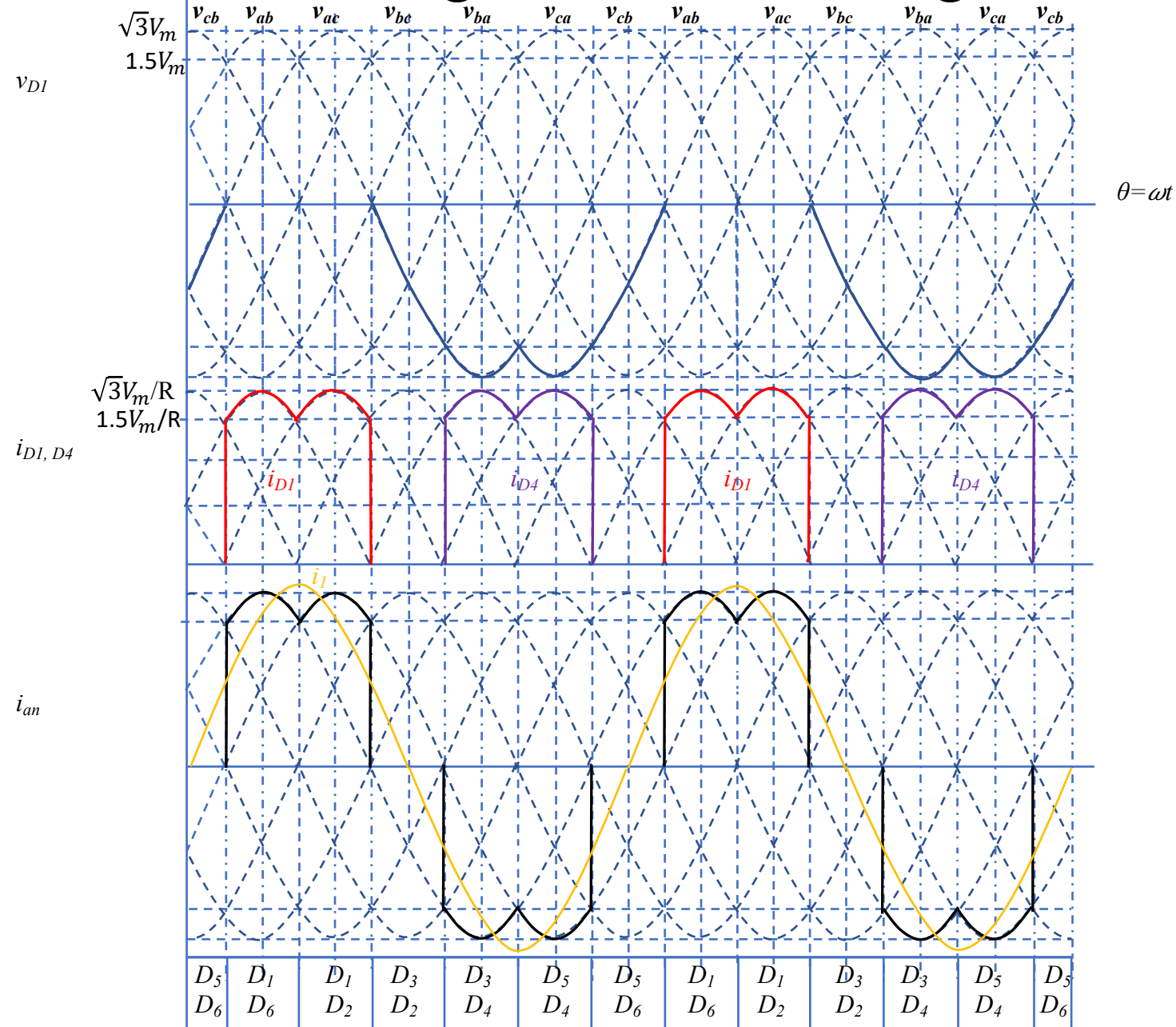
$$v_{cn} = V_m \sin(\omega t - 4\pi/3)$$



Hangi diyot çiftinin bağlı olduğu faz arası gerilim en büyükse, o diyotlar iletir. Ya da; anodu en pozitif olan üst yan diyoduyla katodu en negatif olan alt yan diyodu iletir.



3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

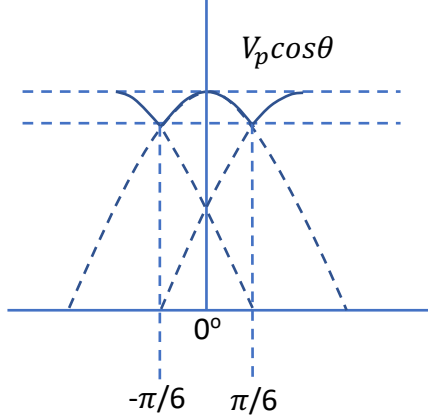


D_3 iletimde iken: $v_{DI} = v_{an} - v_{bn} = v_{ab}$

D_5 iletimde iken: $v_{DI} = v_{an} - v_{cn} = v_{ac}$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Çıkış gerilimin incelenmesi:



$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi/3} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} V_p \cos \theta d\theta = \frac{3V_p}{\pi} \sin \theta \Big|_{-\pi/6}^{\pi/6} = \frac{3V_p}{\pi} 2 \sin \frac{\pi}{6} = \frac{3V_p}{\pi}$$

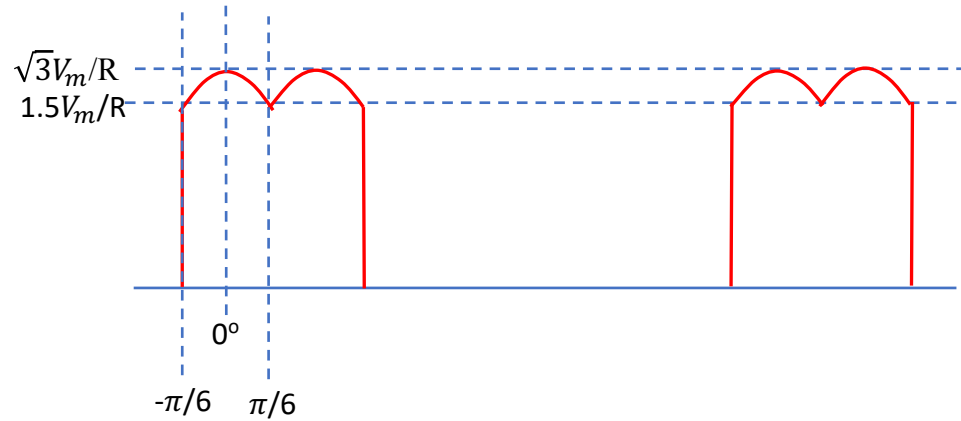
V_p faz arası gerilimin tepe değerine karşılık gelmektedir. $V_p = \sqrt{3}V_m$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} = \frac{3\sqrt{6}V_s}{\pi} = 1.6540V_m = 2.3391V_s$$

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi/3} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} (V_p \cos \theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \cos^2 \theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \left(\frac{1 + \cos 2\theta}{2}\right) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}\right) \Big|_{-\pi/6}^{\pi/6}} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{3} + \sin \frac{\pi}{3}\right)} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = V_p \sqrt{\frac{3}{2\pi} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = 0.9558V_p = 1.6554V_m \\ &= 2.3411V_s \end{aligned}$$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Diyot akımı:



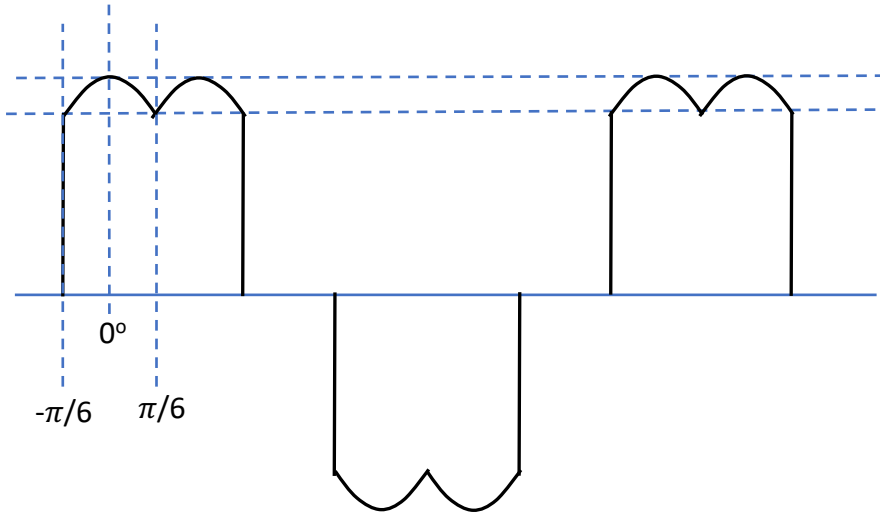
1. alan için yapılan hesap iki ile çarpılarak diyot akımının etkin değeri bulunabilir.

$$\begin{aligned} I_{D(rms)} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_D(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \left(\frac{\sqrt{3}V_m}{R} \cos\theta\right)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{\pi R^2} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \cos^2\theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{\pi R^2} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \left(\frac{1 + \cos 2\theta}{2}\right) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi R^2} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2}\right) \Big|_{-\pi/6}^{\pi/6}} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi R^2} \left(\frac{\pi}{3} + \sin \frac{\pi}{3}\right)} = \sqrt{\frac{3V_m^2}{2\pi R^2} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = 0.9558 \frac{V_m}{R} \end{aligned}$$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Ortalama diyot akımı:

$$I_{D(dc)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_D(\theta) d\theta = \frac{2}{2\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \frac{\sqrt{3}V_m}{R} \cos\theta d\theta = \frac{\sqrt{3}V_m}{\pi R} \sin\theta \Big|_{-\pi/6}^{\pi/6} = \frac{\sqrt{3}V_m}{\pi R} 2\sin\frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}V_m}{\pi R}$$



$$I_{an(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{an}(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{4}{2\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \left(\frac{\sqrt{3}V_m}{R} \cos\theta\right)^2 d\theta} = \sqrt{2} I_{D(rms)} = 1.3517 \frac{V_m}{R}$$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

$$P_{dc} = V_{dc}I_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{R} = \frac{\frac{27}{\pi^2}V_m^2}{R} \quad P_{ac} = V_{rms}I_{rms} = \frac{V_{rms}^2}{R} = 1.6554^2 \frac{V_m^2}{R} \quad \eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = 0.9988 \Rightarrow \%99.88$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = 1.0009 \quad RF = \sqrt{FF^2 - 1} = 0.042 \Rightarrow \%4.2$$

$$TUF = \frac{P_{dc}}{3V_sI_s} = \frac{V_{dc}I_{dc}}{3V_sI_s} = \frac{\frac{\frac{27}{\pi^2}V_m^2}{R}}{3\frac{V_m}{\sqrt{2}}1.3517\frac{V_m}{R}} = 0.9541 \Rightarrow \%95.41$$

$$PIV = \sqrt{3}V_m = \sqrt{3}\sqrt{2}V_s = 2.45V_s$$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Örnek: 3 faz tam dalga denetimli devre için, $R=10\ \Omega$ olarak verilmektedir Buna göre V_{dc} , I_{dc} , V_{rms} , I_{rms} , $I_{D1(rms)}$, $I_{D1(dc)}$, I_s ve PF değerini bulunuz.

$$v_{an}=100\sin\omega t \quad v_{bn}=100\sin(\omega t-2\pi/3) \quad v_{cn}=100\sin(\omega t-4\pi/3)$$

$$V_{dc} = 1.6540V_m = 1.6540 \times 100 = 165.4\ V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{165.4}{10} = 16.54\ A$$

$$V_{rms} = 1.6554V_m = 1.6554 \times 100 = 165.54\ V$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{165.54\ V}{10} = 16.554\ A$$

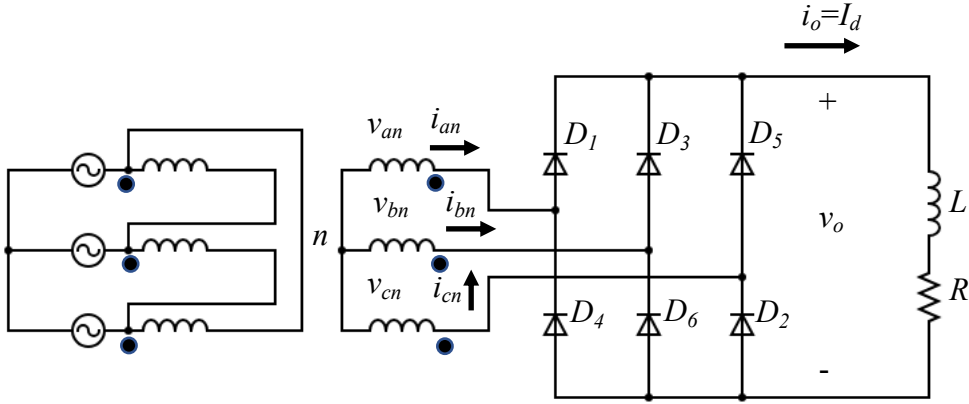
$$I_{D1(rms)} = \frac{I_{rms}}{\sqrt{3}} = 9.558\ A$$

$$I_{D1(dc)} = \frac{I_{dc}}{3} = 5.513\ A$$

$$I_s = \frac{\sqrt{2}I_{rms}}{\sqrt{3}} = 13.516\ A$$

$$PF = \frac{P_{in}}{S} = \frac{P_{out}}{S} = \frac{V_{rms}I_{rms}}{3V_sI_s} = \frac{1.6554V_mI_{rms}}{3\frac{V_m}{\sqrt{2}}\frac{\sqrt{2}I_{rms}}{\sqrt{3}}} = 0.956$$

3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi

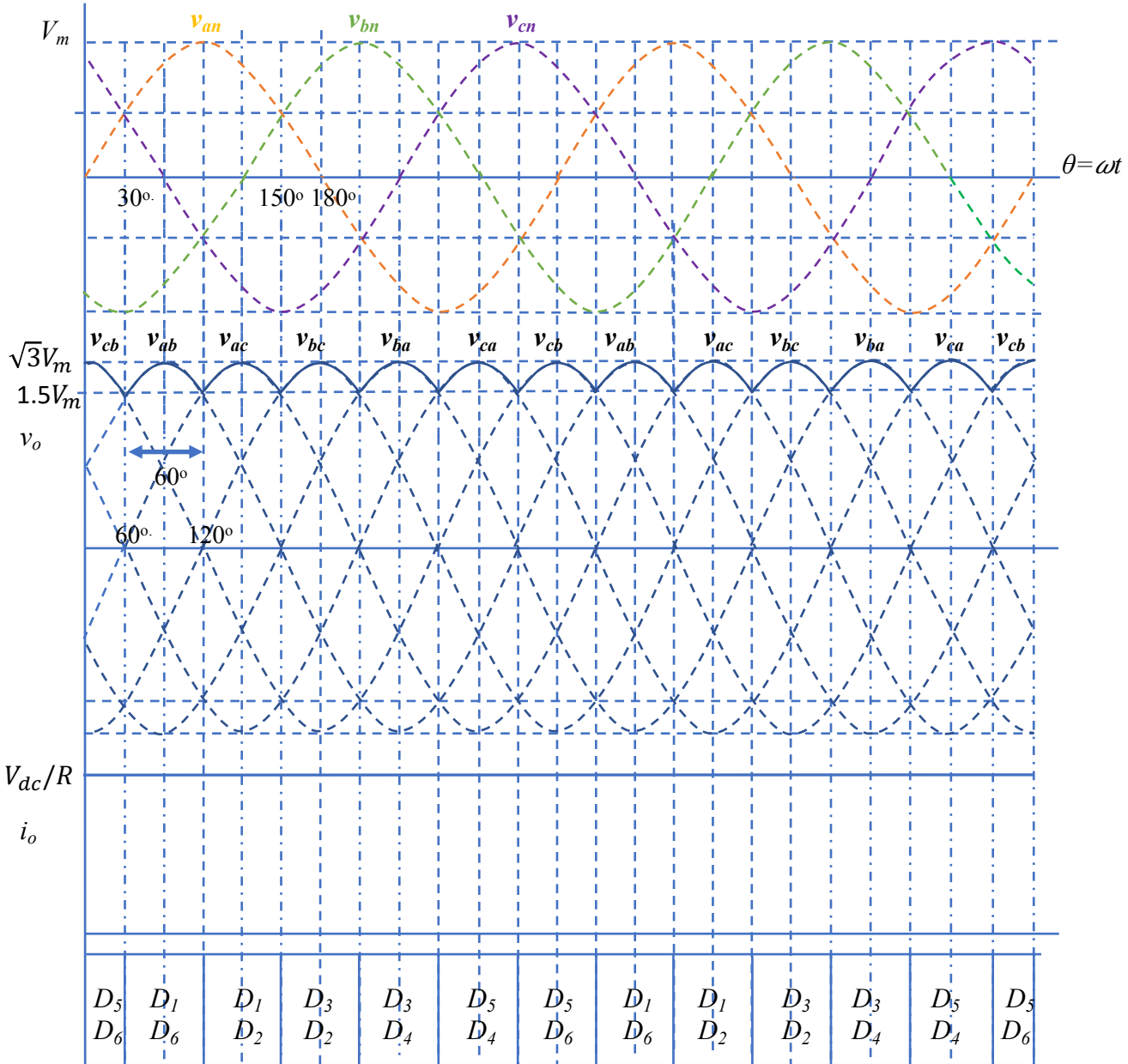


$$v_{an} = V_m \sin \omega t$$

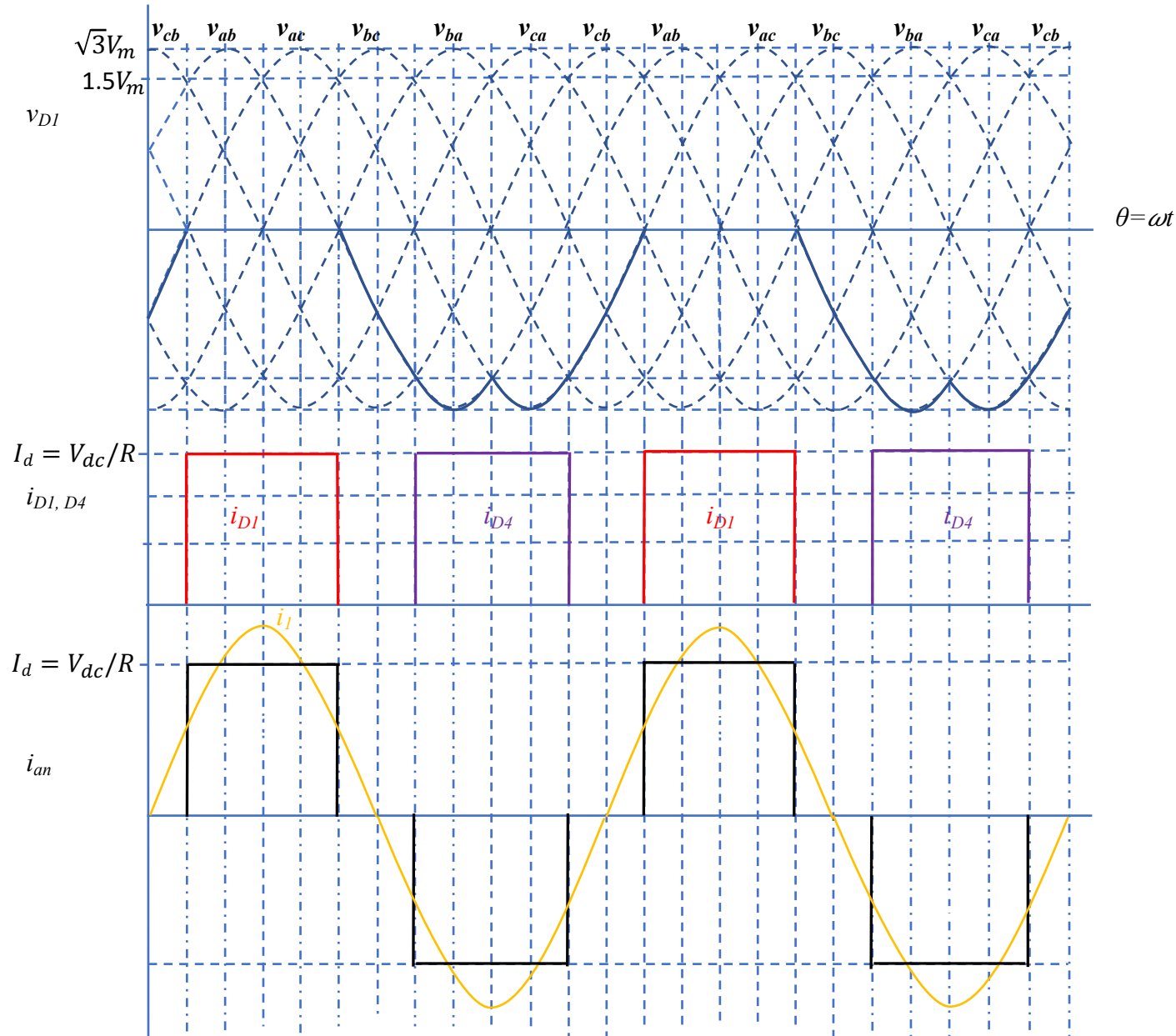
$$v_{bn} = V_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$v_{cn} = V_m \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

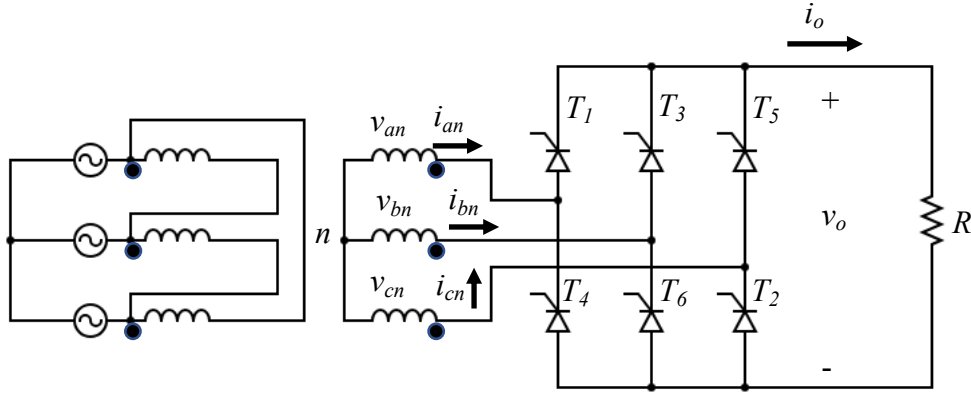
$$I_d = V_{dc}/R$$



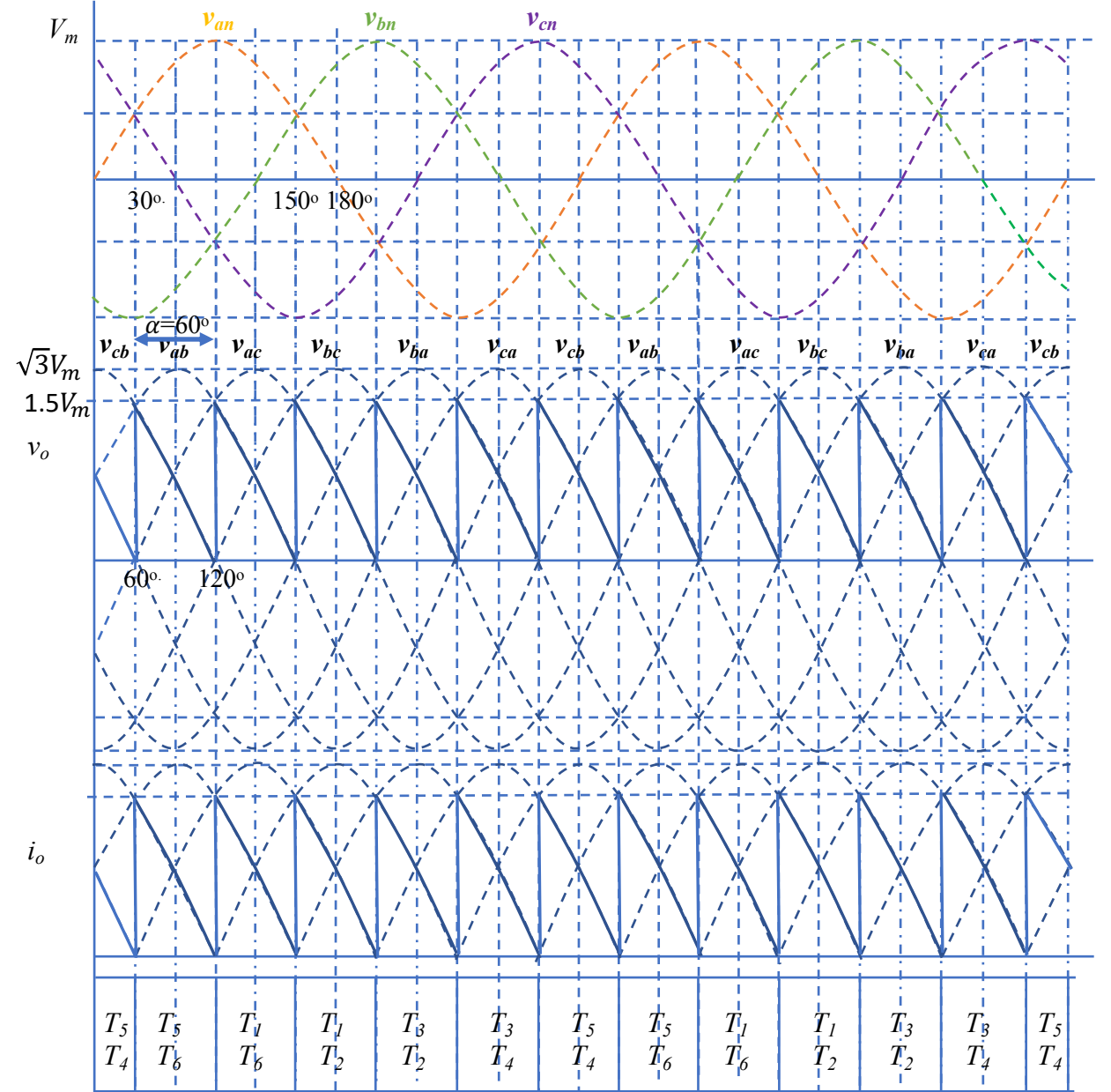
3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



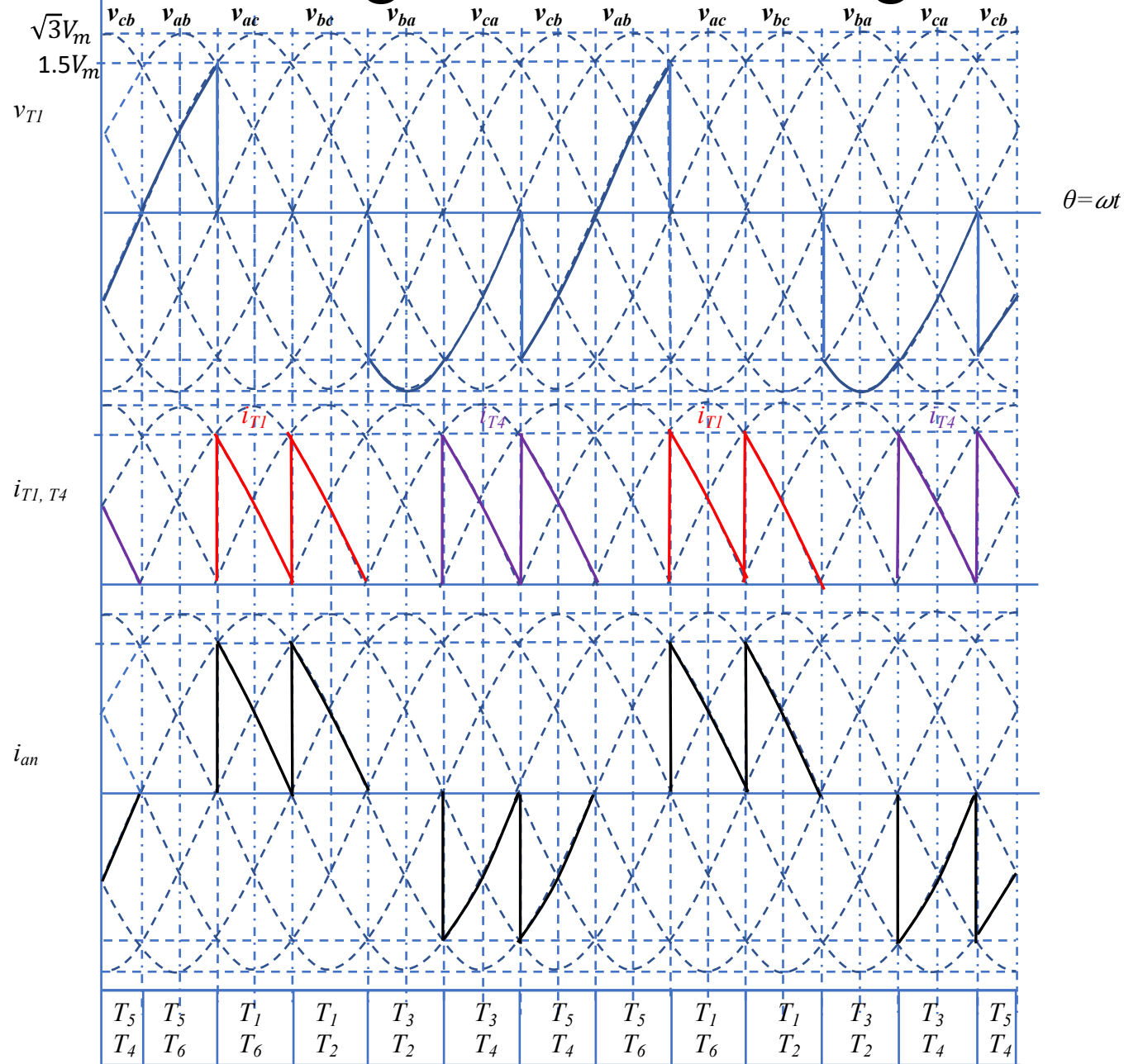
3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi



Yandaki şekiller $\alpha=60^\circ$ için dalga şekillerini göstermektedir. Her tristör 120° iletimde kalır. $\alpha>60^\circ$ ise akım kesintilidir.



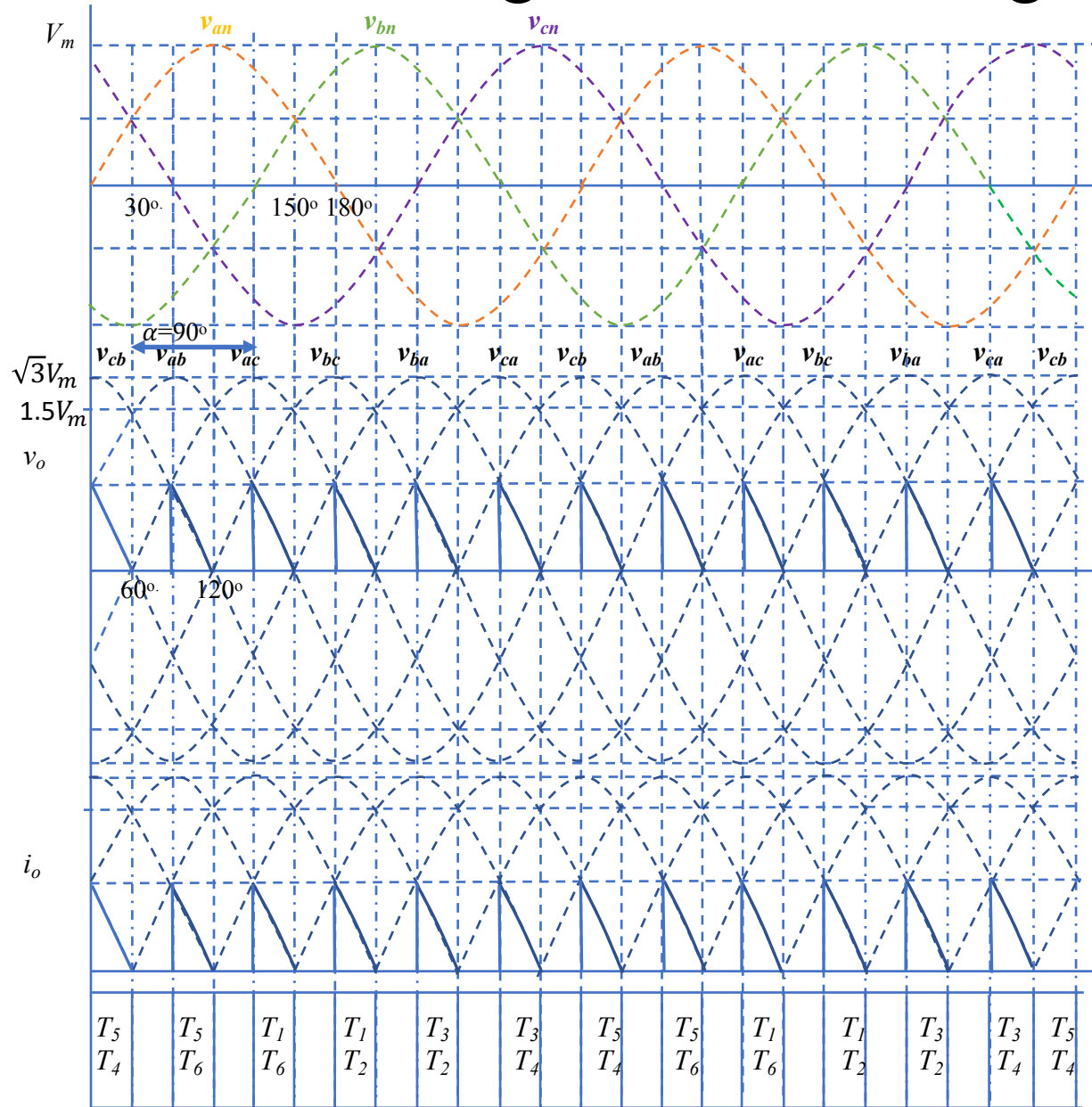
3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi



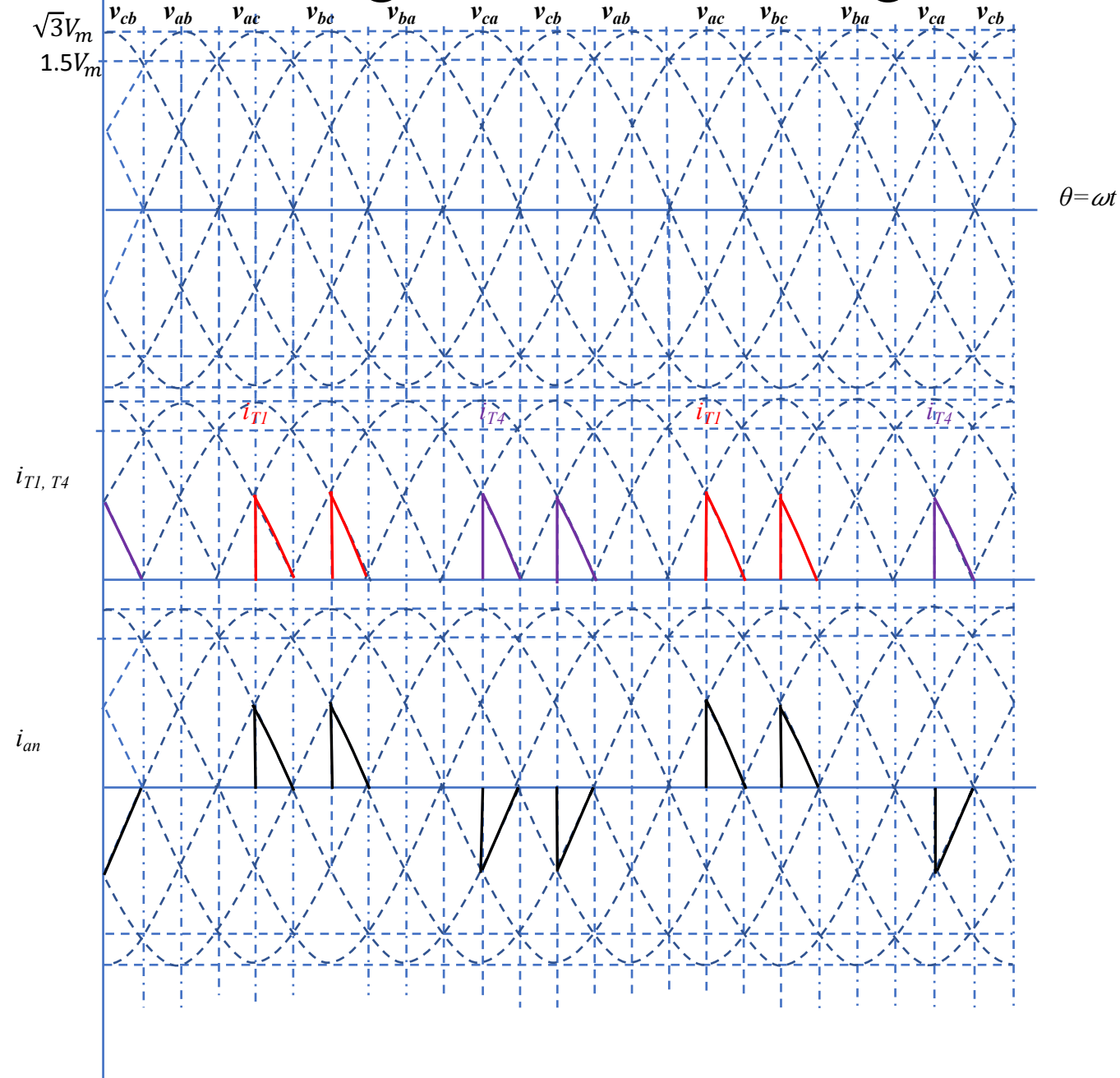
T_3 iletimde iken: $v_{Tl} = v_{an} - v_{bn} = v_{ab}$

T_5 iletimde iken: $v_{Tl} = v_{an} - v_{cn} = v_{ac}$

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi



3-Faz Tam Dalga Denetimsiz Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

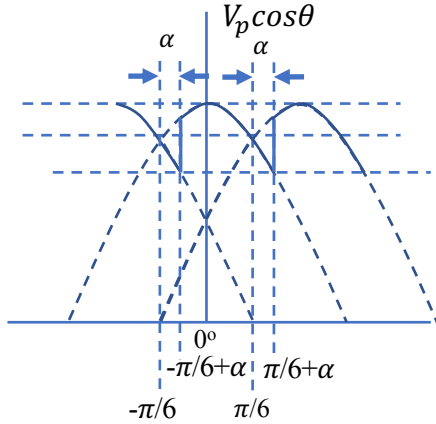


T_3 iletimde iken: $v_{T1} = v_{an} - v_{bn} = v_{ab}$

T_5 iletimde iken: $v_{T1} = v_{an} - v_{cn} = v_{ac}$

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

Çıkış gerilimin incelenmesi ($\alpha \leq \pi/3$):



$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi/3} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha} V_p \cos \theta d\theta = \frac{3V_p}{\pi} \sin \theta \Big|_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha}$$

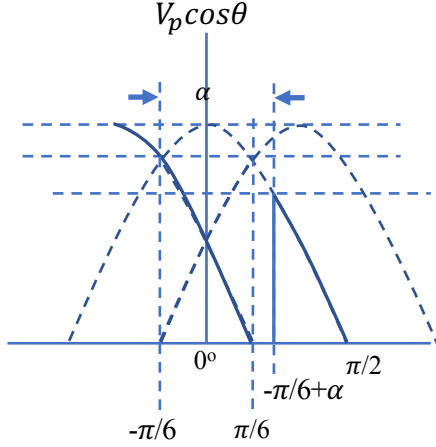
$$= \frac{3V_p}{\pi} \left(\sin \left(\alpha + \frac{\pi}{6} \right) - \sin \left(\alpha - \frac{\pi}{6} \right) \right) = \frac{3V_p}{\pi} 2 \sin \frac{\pi}{6} \cos \alpha = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos \alpha$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi/3} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha} (V_p \cos \theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{\pi} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha} \cos^2 \theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{\pi} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha} \left(\frac{1 + \cos 2\theta}{2} \right) d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2} \right) \Big|_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha}} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2\alpha \right)} = V_p \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha} = \sqrt{3}V_m \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha}$$

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R ile Yüklenmesi

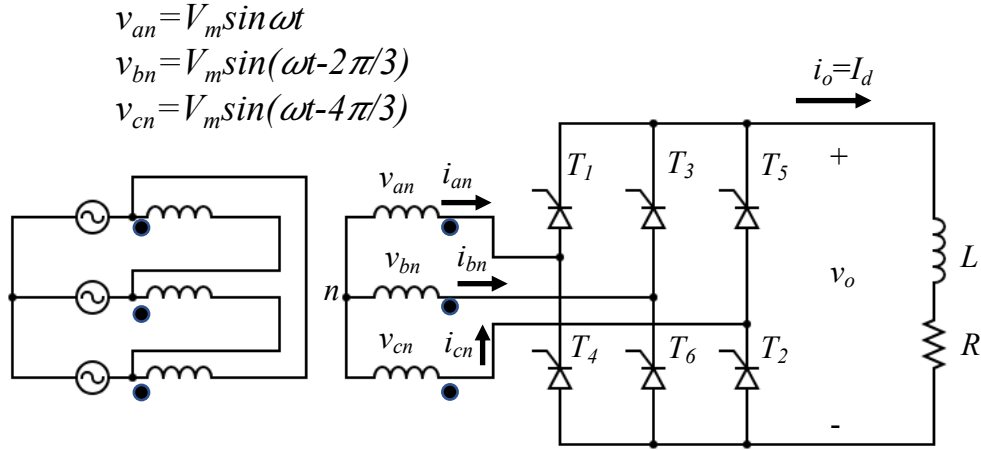
Çıkış gerilimin incelenmesi ($\alpha > \pi/3$):



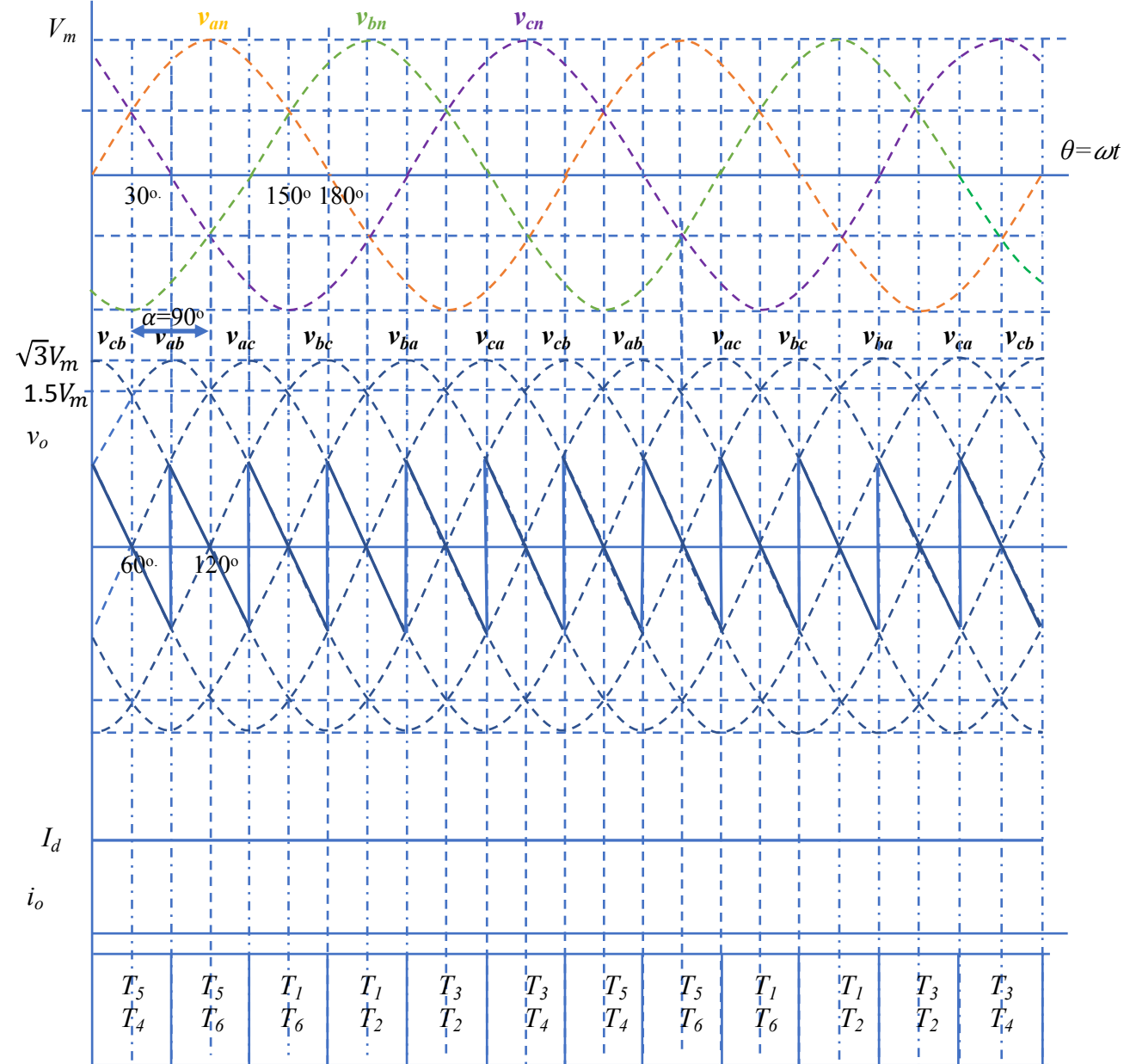
$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi/3} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/2} V_p \cos \theta d\theta = \frac{3V_p}{\pi} \sin \theta \Big|_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/2} \\
 &= \frac{3V_p}{\pi} \left(\sin \frac{\pi}{2} - \sin \left(\alpha - \frac{\pi}{6} \right) \right) = \frac{3V_p}{\pi} \left(1 - \sin \left(\alpha - \frac{\pi}{6} \right) \right) \\
 &= \frac{3V_p}{\pi} \left(1 - \sin \left(- \left(\frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi}{3} + \alpha \right) \right) \right) \right) = \frac{3V_p}{\pi} \left(1 + \cos \left(\frac{\pi}{3} + \alpha \right) \right) \\
 &= \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \left(1 + \cos \left(\frac{\pi}{3} + \alpha \right) \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_o(\theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi/3} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/2} (V_p \cos \theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{\pi} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/2} \cos^2 \theta d\theta} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{\pi} \int_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/2} \left(\frac{1 + \cos 2\theta}{2} \right) d\theta} \\
 &= \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\theta + \frac{\sin 2\theta}{2} \right) \Big|_{-\pi/6+\alpha}^{\pi/2}} = \sqrt{\frac{3V_p^2}{2\pi} \left(\frac{2\pi}{3} - \alpha - \frac{\sin \left(2\alpha - \frac{\pi}{3} \right)}{2} \right)} = V_p \sqrt{1 - \frac{3\alpha}{2\pi} - \frac{3}{4\pi} \sin \left(2\alpha - \frac{\pi}{3} \right)} \\
 &= \sqrt{3}V_m \sqrt{1 - \frac{3\alpha}{2\pi} - \frac{3}{4\pi} \sin \left(2\alpha - \frac{\pi}{3} \right)}
 \end{aligned}$$

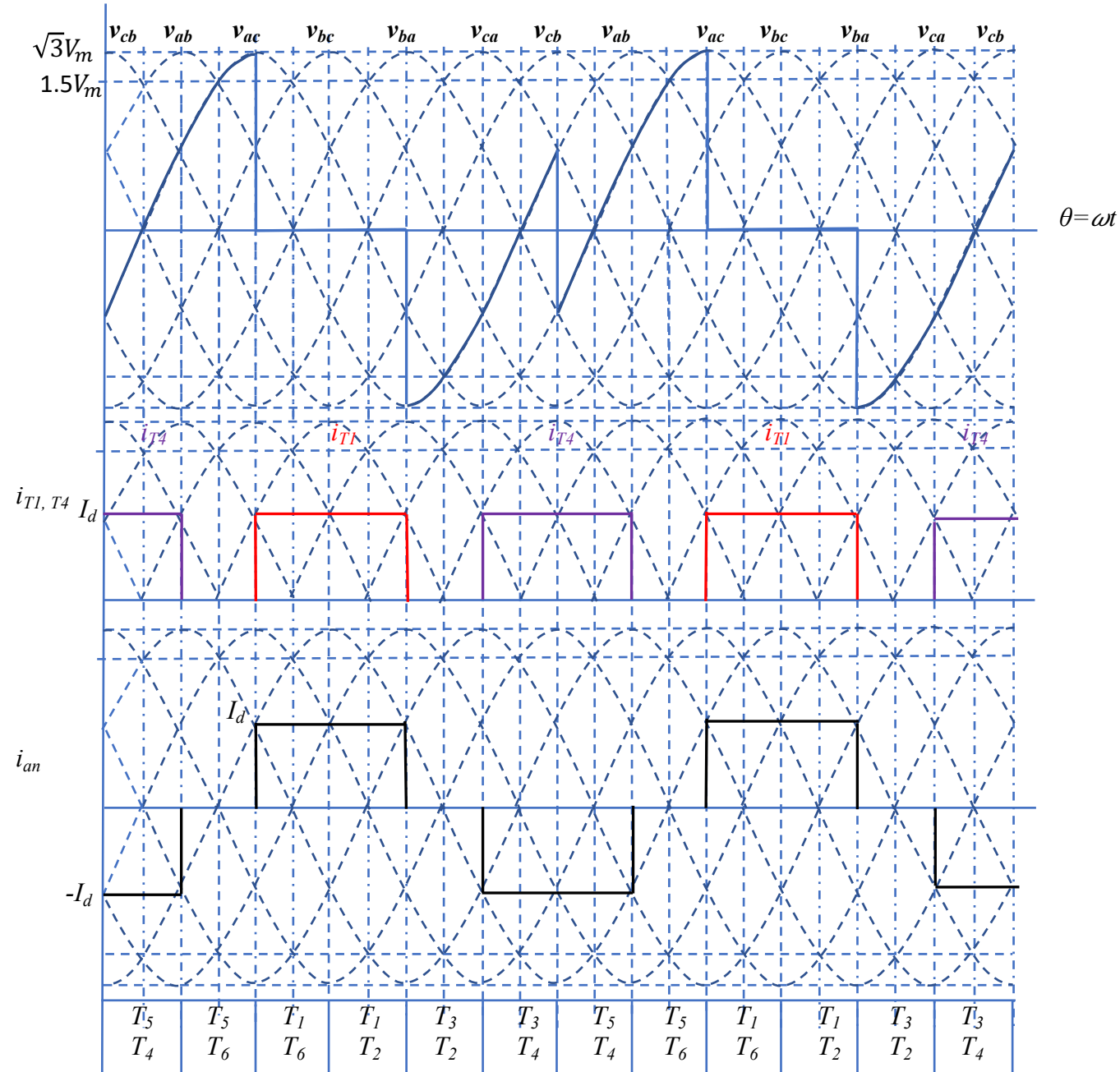
3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



Her tristör çifti 60° iletimde kalır 60° sonra çiftin biri tıkamaya geçer, yerine yenisi iletime sokulur. Yeni tristör tetiklenirken, iletimini sürdürecektir olan tristör de yine tetiklenir. Güvenilir bir çalışma için tristörlere 60° aralıklı iki darbe ya da 60° 'den uygun bir darbe uygulamak gereklidir. Bu özellikle devrenin ilk çalışmaya başlaması sırasında önemlidir.



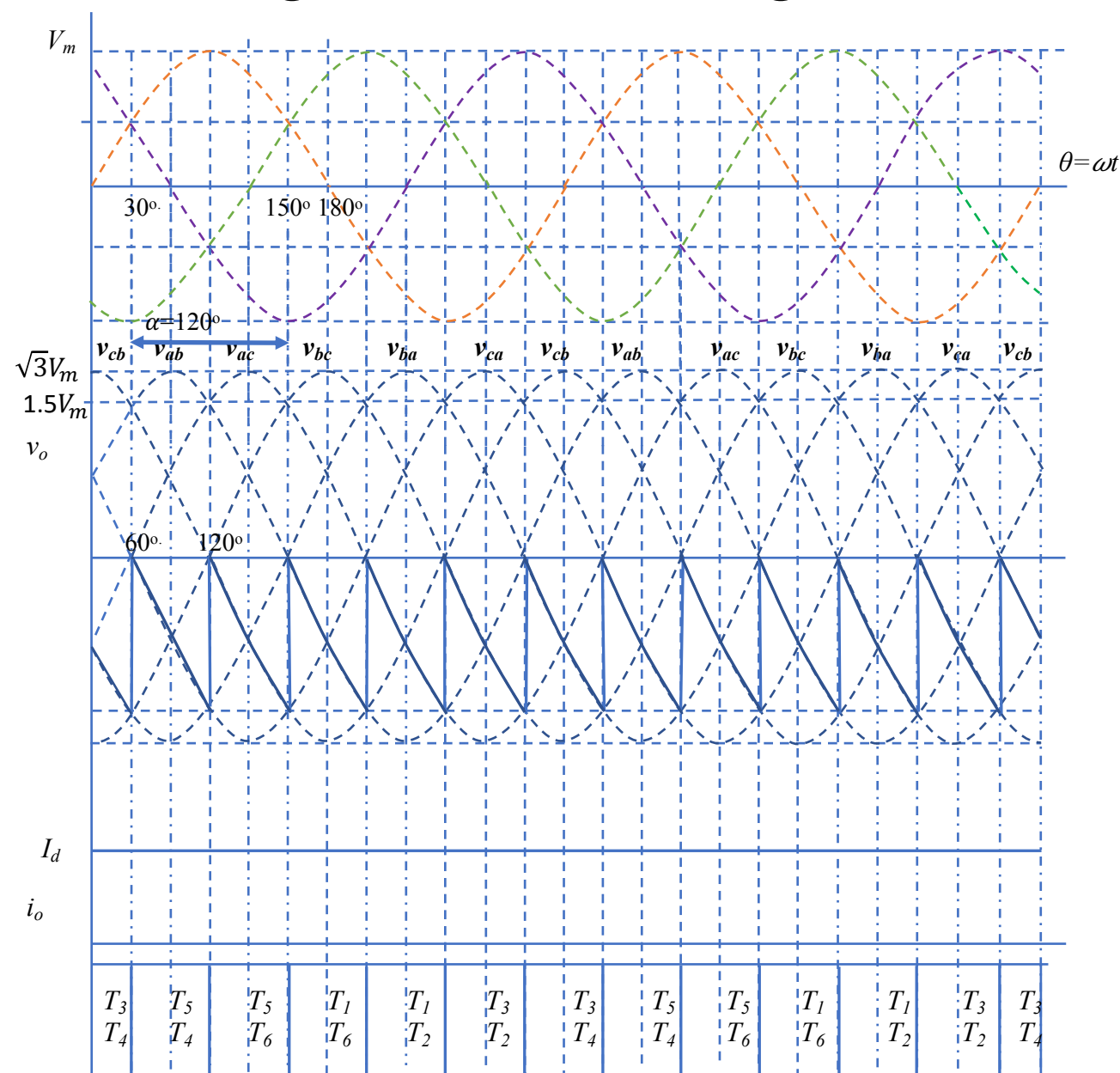
3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



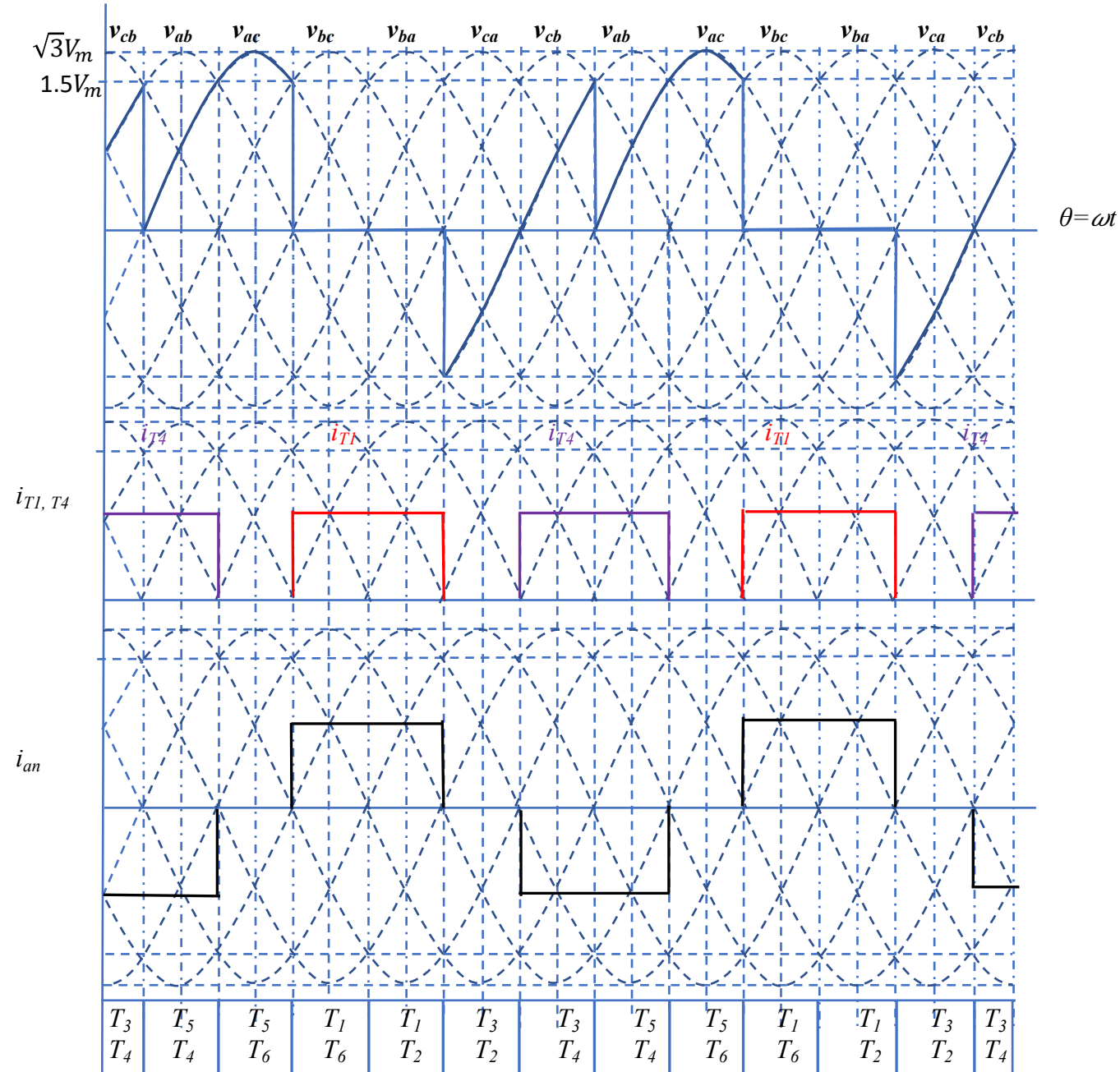
T_3 iletimde iken: $v_{T1} = v_{an} - v_{bn} = v_{ab}$

T_5 iletimde iken: $v_{T1} = v_{an} - v_{cn} = v_{ac}$

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklendiği



3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi



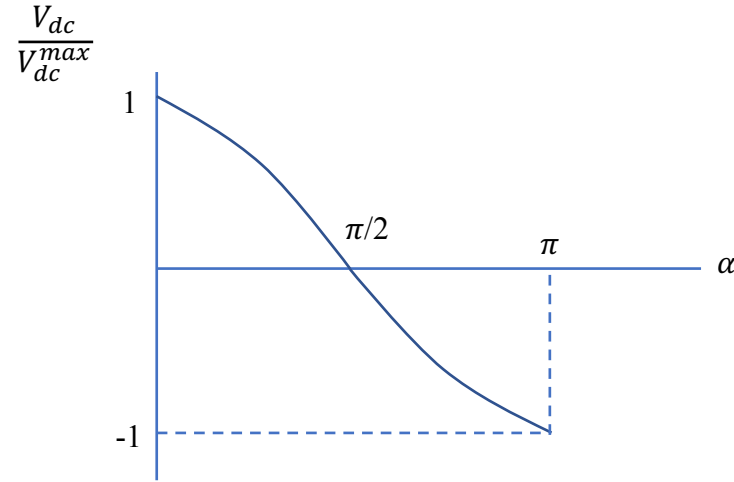
T_3 iletimde iken: $v_{T1} = v_{an} - v_{bn} = v_{ab}$

T_5 iletimde iken: $v_{T1} = v_{an} - v_{cn} = v_{ac}$

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucunun R-L ile Yüklenmesi

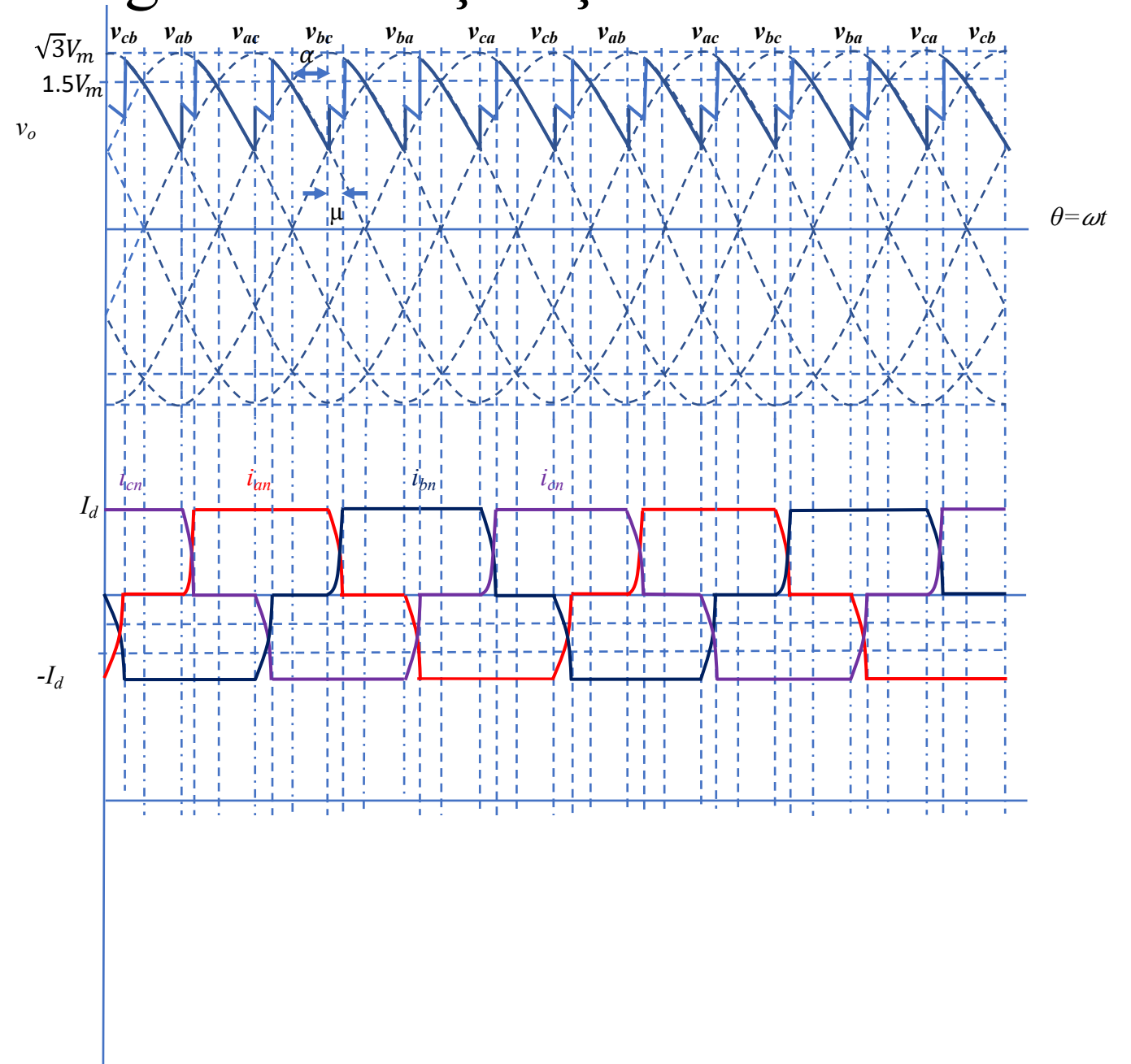
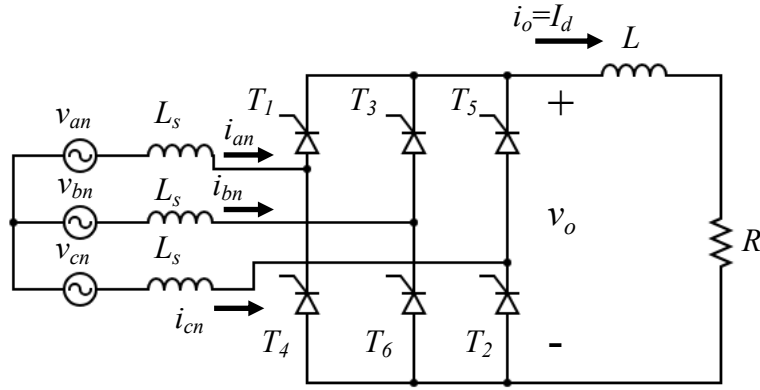
Endüktif yük, sürekli akım durumunda da:

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos\alpha = \frac{3\sqrt{6}V_s}{\pi} \cos\alpha = V_{dc}^{max} \cos\alpha \Rightarrow V_{dc}^{max} = \frac{3\sqrt{6}V_s}{\pi}$$



Çıkış geriliminin ortalama değeri $-\frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}$ ile $\frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}$ arasında değişmektedir

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu



• aaaa

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu

Şimdi, T_1 ve T_3 tristörleri arasındaki akım aktarma işlemini inceleyelim. Başlangıçta T_1 ve T_2 iletmektedir. Şimdi, T_2 - T_3 iletimde olacak, T_3 tetiklendiğinde kısa bir süre için hem T_1 hem de T_3 iletimde olur.

v_{an} , L_s , T_1 , T_3 , L_s , v_{bn} üzerinden bir çevre denklemi yazalım:

$$v_{an} - L_s \frac{di_{an}}{dt} + L_s \frac{di_{bn}}{dt} - v_{bn} = 0 \Rightarrow v_{an} - v_{bn} = v_{ab} = L_s \frac{di_{an}}{dt} - L_s \frac{di_{bn}}{dt} = L_s \left(\frac{di_{an}}{dt} - \frac{di_{bn}}{dt} \right)$$

$i_{an} + i_{bn} = I_d$ olduğundan

$$v_{ab} = L_s \left(\frac{di_{an}}{dt} - \frac{d(I_d - i_{an})}{dt} \right) = 2L_s \frac{di_{an}}{dt} \Rightarrow \frac{di_{an}}{dt} = \frac{v_{ab}}{2L_s}, \frac{di_{bn}}{dt} = -\frac{v_{ab}}{2L_s}$$

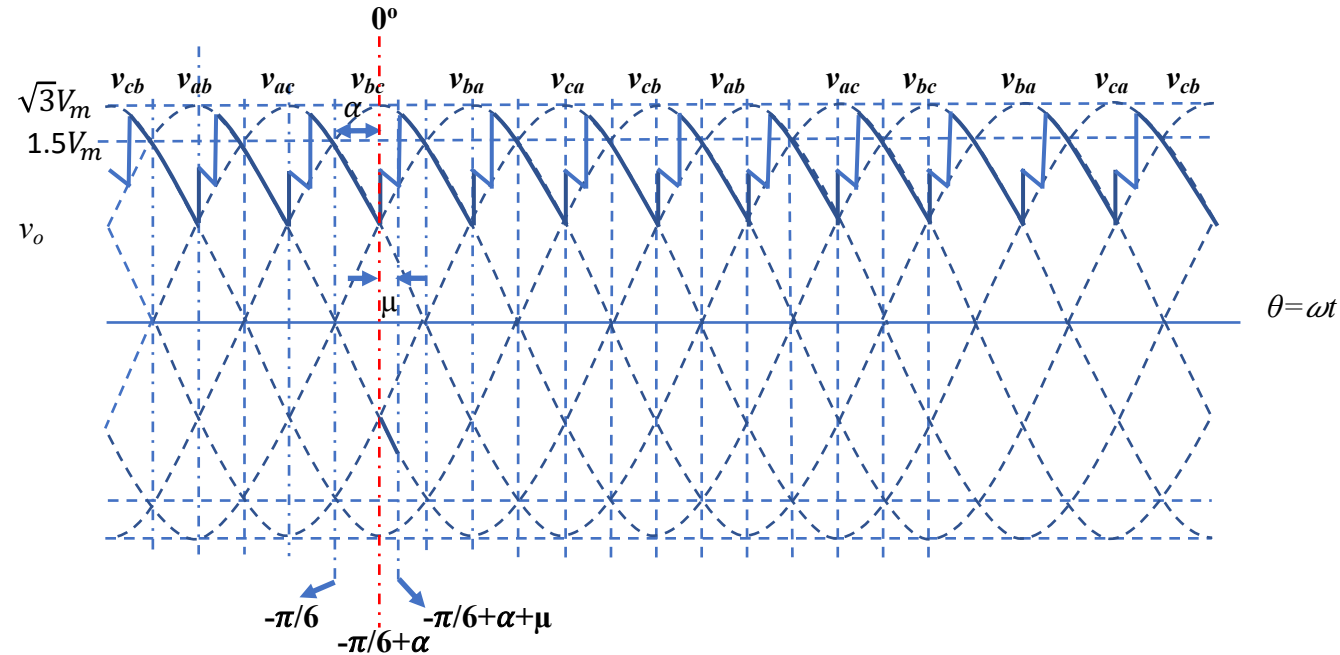
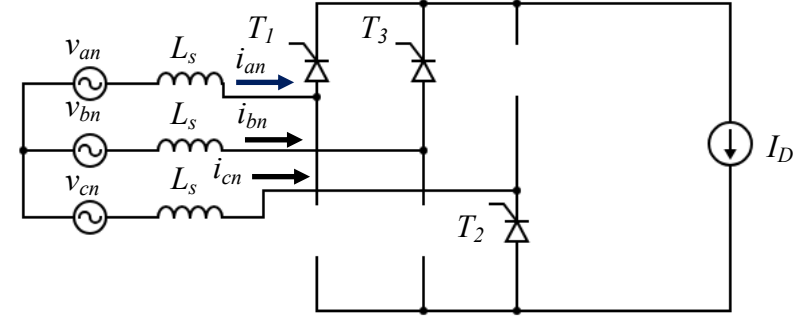
$$di_{an} = \frac{1}{2L_s} V_p \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) dt$$

$$\omega t = \theta \Rightarrow t = \frac{\theta}{\omega} \Rightarrow dt = \frac{d\theta}{\omega}$$

$$\int_{-\frac{\pi}{6}+\alpha}^{-\frac{\pi}{6}+\alpha+\mu} \frac{V_p}{2\omega L_s} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) d\theta = \int_{I_d}^0 di_{an} \Rightarrow \frac{V_p}{2\omega L_s} \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \Big|_{-\frac{\pi}{6}+\alpha}^{-\frac{\pi}{6}+\alpha+\mu} = -I_d$$

$$I_d = -\frac{V_p}{2\omega L_s} \left(\sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha + \mu\right) - \sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) \right) = -\frac{V_p}{2\omega L_s} (\cos(\alpha + \mu) - \cos \alpha) =$$

$$\cos(\alpha + \mu) = \cos \alpha - \frac{2\omega L_s I_d}{V_p} = \cos \alpha - \frac{2\omega L_s I_d}{\sqrt{3}V_m}$$



3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu

Çakışma işlemi sırasında yük gerilimi:

$$\begin{aligned}v_{an} - L_s \frac{di_{an}}{dt} - v_o - v_{cn} &= 0 \Rightarrow v_o = v_{an} - v_{cn} - L_s \frac{di_{an}}{dt} \\L_s \frac{di_{an}}{dt} &= \frac{v_{ab}}{2} \\v_o = v_{an} - v_{cn} - \frac{v_{ab}}{2} &= v_{ac} - \frac{v_{ab}}{2} \Rightarrow v_{ab} + v_{bc} + v_{ca} = 0, \\v_o = v_{ac} + \frac{v_{bc} + v_{ca}}{2} &= \frac{v_{ac} + v_{bc}}{2}\end{aligned}$$

Çakışma işlemi sırasında kaynak endüktansı üzerindeki gerilimin ortalama değeri:

$$\begin{aligned}v_{Ls} = L_s \frac{di_{bn}}{dt} \Rightarrow \langle v_{Ls} \rangle &= \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\mu} v_{Ls}(\theta) d\theta = \frac{3}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\mu} L_s \frac{di_{bn}}{dt} d\theta = \frac{3}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\mu} L_s \frac{di_{bn}}{dt} \omega dt \\&= \frac{3\omega L_s}{\pi} \int_0^{I_d} di_{T1} = \frac{3\omega L_s I_d}{\pi}\end{aligned}$$

3-Faz Tam Dalga Denetimli Doğrultucuda Çakışma Durumu

Çıkış gerilimin ortalama değeri:

$$V_{dc} = V_{dc}(\text{ideal}) - \langle v_{Ls} \rangle$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \cos\alpha - \frac{3\omega L_s I_d}{\pi}$$