

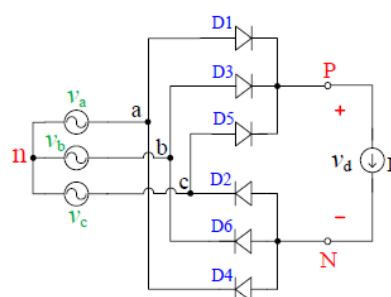
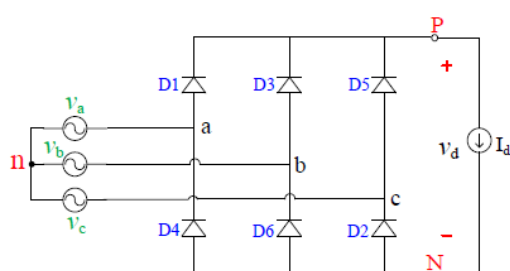
پیش گزارش یکسوساز تمام موج ۳ فاز

محمد تقی زاده

810198373

معرفی

- در کاربردهای صنعتی که دسترسی به برق سه فاز وجود دارد، ترجیح داده میشود از یکسوکندنده های سه فاز استفاده شود تا هارمونیک جریان کمتر، ریپل ولتاژ کوچک تر و قابلیت پردازش توان بیشتر حاصل شود.

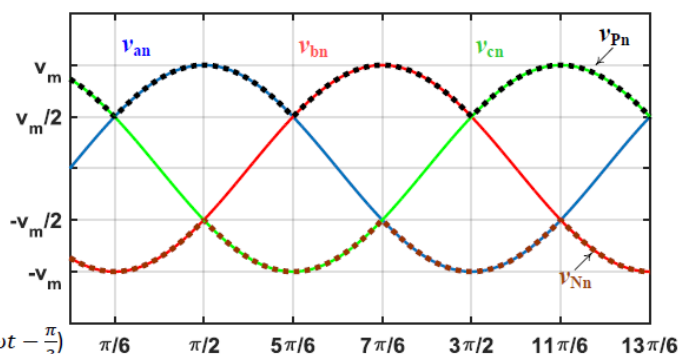
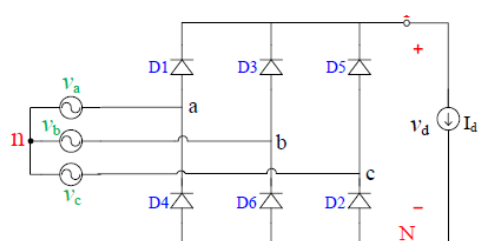


✓ در یکسوساز نشان داده شده، در هر لحظه از زمان، یک دیود از مجموعه دیودهای بالایی و یک دیود از مجموعه دیودهای پایینی شانس هدایت دارد.

✓ از دیودهای بالایی، دیودی شانس هدایت دارد که ولتاژ فاز آن بیشترین باشد و از دیودهای پایینی دیودی شانس هدایت دارد که ولتاژ فاز آن کمترین باشد.

$$v_{Pn} = \max(v_{an}, v_{bn}, v_{cn}) \quad \text{ولتاژ یکسوساز: } v_d = v_{Pn} - v_{Nn}$$

$$v_{Nn} = \min(v_{an}, v_{bn}, v_{cn})$$



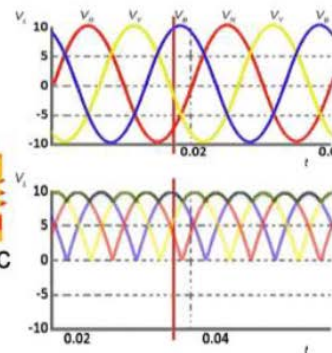
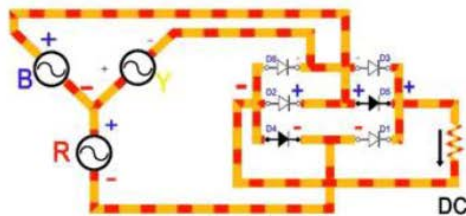
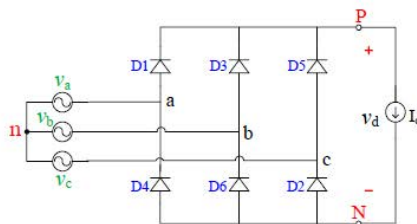
$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} : v_d = v_{an} - v_{bn}$$

$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} : v_d = v_m \sin(\omega t) - v_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

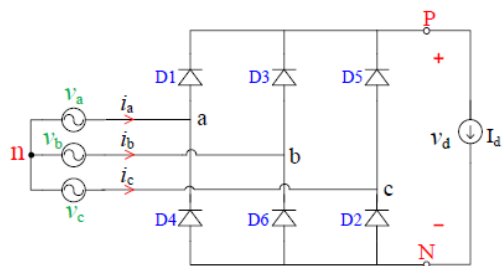
$$v_d = v_m [2 \times \sin(\frac{\pi}{3}) \times \cos(\omega t - \frac{\pi}{3})] = \sqrt{3} v_m \cos(\omega t - \frac{\pi}{3})$$

$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} : v_d = \sqrt{3} v_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

✓ هر ۶۰ درجه ولتاژ v_d ما با ولتاژ خط به خط برابر می شود.



$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} : v_d = \sqrt{3}v_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

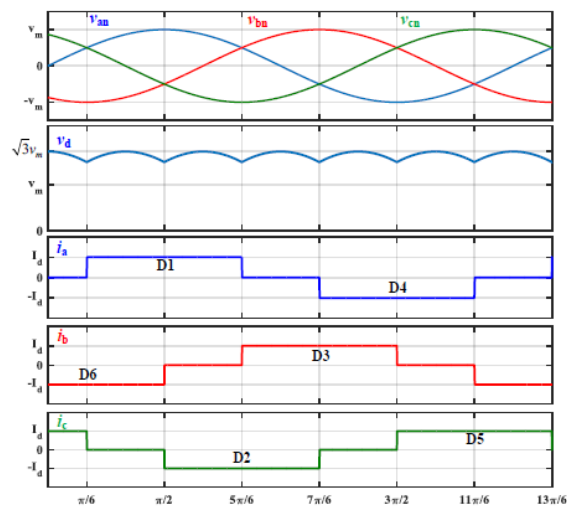


✓ ملاحظه میشود که شکل موج v_d شامل ۶ پالس در یک سیکل برق شهر است. از این رو به این یکسوساز، یکسوساز ۶ پالسه نیز گفته میشود.

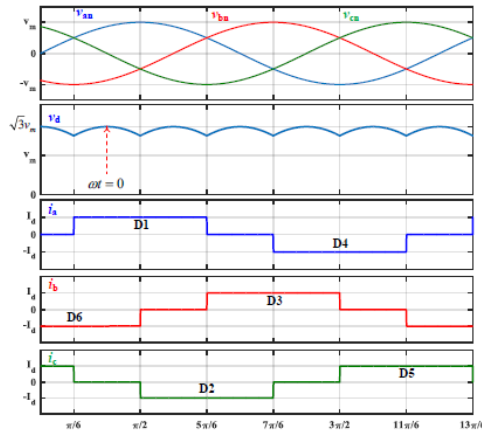
✓ نشان داده شده که دامنه ولتاژ v_d با دامنه ولتاژ خط-به-خط برابر است.

$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} : v_d = \sqrt{3}v_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

✓ هر دیود به میزان ۱۲۰ درجه هدایت میکند و کموتاسیون جریان میان دیودها آنی است چونکه $L_s=0$ فرض شده است.



متوسط ولتاژ خروجی یکسوساز و تحلیل جریان فاز



✓ برای محاسبه متوسط ولتاژ v_d ، صفر زمانی را در زاویه 60° درجه انتخاب میکنیم و با توجه به اینکه دامنه ولتاژ v_d برابر با $\sqrt{3}v_m$ است، برای یک پریود از v_d خواهیم داشت:

با مبدا زمانی جدید:

$$v_d = \sqrt{3}v_m \cos(\omega t), \quad -\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{6}$$

$$\bar{v}_d = V_{do} = \frac{1}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} \sqrt{3}v_m \cos(\omega t) d(\omega t) = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} v_m = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \frac{\sqrt{2}V_{LL}}{\sqrt{3}} \approx 1.35V_{LL}$$

✓ V_m پیک ولتاژ فاز و V_{LL} مقدار موثر ولتاژ خط-به-خط است.

$$i_a = \sum_{n=(2k-1)} \frac{4}{n\pi} I_d \cos(n\frac{\pi}{6}) \sin(n\omega t)$$

$$i_{a1} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_d \sin(\omega t) \rightarrow I_{a1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d$$

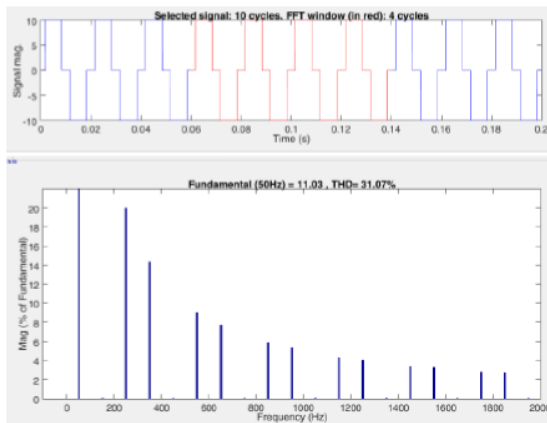
$$I_a = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d$$

$$PF = \frac{I_{a1}}{I_a} \times DPF = \frac{3}{\pi} \approx 0.95$$

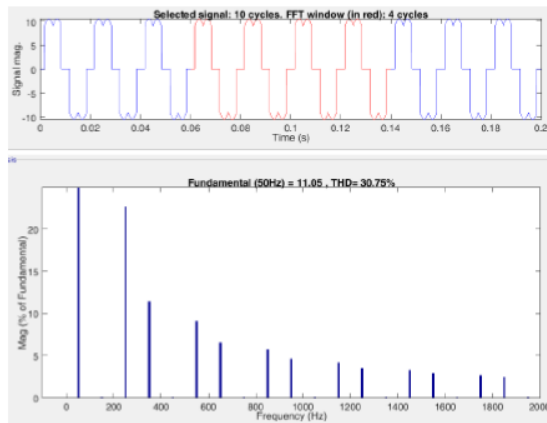
$$THD = 100 \frac{\sqrt{I_a^2 - I_{a1}^2}}{I_{a1}} \approx 31\%$$

✓ هارمونیک های مضرب ۳ در جریان وجود ندارند.
✓ شکل موج ولتاژ v_d مستقل از بار یکسوساز است (بار منبع جریان و مقاومتی، و سلفی-مقاومتی).

طیف هارمونیکی جریان فاز در یکسوساز سه فاز



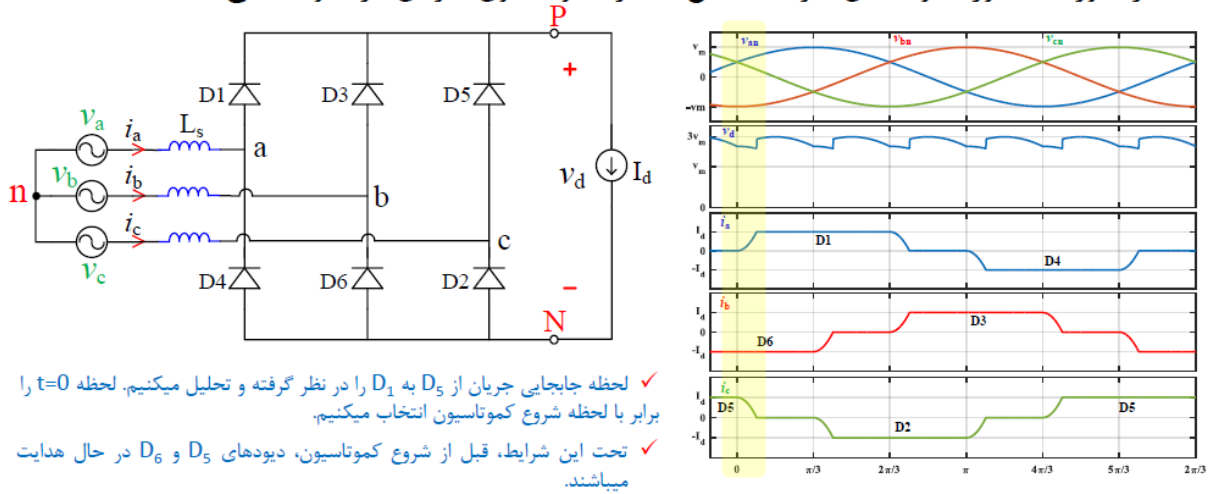
یکسوساز با بار منبع جریانی



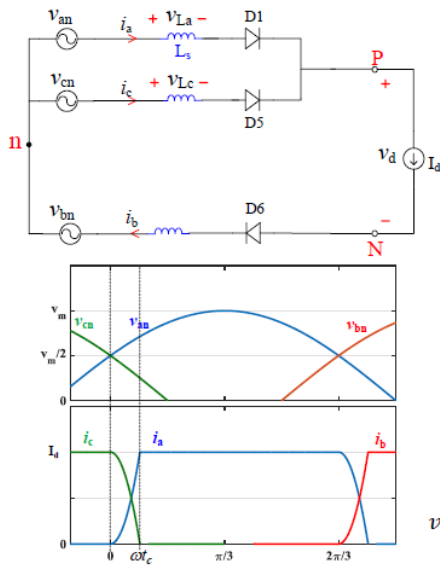
یکسوساز با بار مقاومتی

تأثیر اندوکتانس سری L_s بر روی کموتاسیون جریان در دیودها

- در صورت حضور اندوکتانس سری با منبع، دیگر کموتاسیون جریان در دیودها آنی نمیباشد.



تحلیل کموتاسیون در یکسوساز دیودی سه فاز



- در مدت کموتاسیون، هر دو دیود D_5 و D_1 در حالت وصل هستند.

$$i_a + i_c = I_d \rightarrow \frac{di_a}{dt} = -\frac{di_c}{dt}$$

$$v_{La} = L_s \frac{di_a}{dt}$$

$$v_{Lc} = L_s \frac{di_c}{dt} = -L_s \frac{di_a}{dt} = -v_{La}$$

- ✓ معادله KVL را برای حلقه بالایی در مدت کموتاسیون مینویسیم:

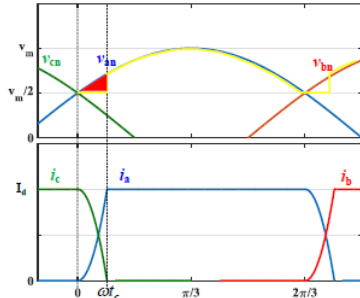
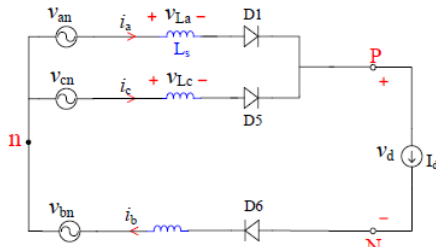
$$v_{an} - v_{cn} = v_{La} - v_{Lc} = 2L_s \frac{di_a}{dt}$$

$$\int_0^{\omega t_c} L_s \frac{di_a}{dt} d(\omega t) = \int_0^{\omega t_c} \frac{v_{an} - v_{cn}}{2} d(\omega t) \rightarrow \omega \int_0^{I_d} L_s di_a = \int_0^{\omega t_c} \frac{v_{an} - v_{cn}}{2} d(\omega t)$$

- ✓ با توجه به میدا زمانی انتخاب شده برای ولتاژ فازها، رابطه زمان کموتاسیون بدست می آید:

$$v_{an} - v_{cn} = \sqrt{3}v_m \sin(\omega t) = \sqrt{2}V_{LL} \sin(\omega t) \rightarrow \omega L_s I_d = \frac{\sqrt{2}}{2} V_{LL} (1 - \cos(\omega t_c))$$

تحلیل کموتاسیون در یکسوساز دیودی سه فاز



• در ادامه افت ولتاژ ناشی از کموتاسیون را محاسبه میکنیم.

$$v_{Pn} = v_{an} - L_s \frac{di_a}{dt} = v_{an} - \frac{v_{an} - v_{cn}}{2} = \frac{v_{an} + v_{cn}}{2}$$

✓ در مدت کموتاسیون، ولتاژ نقطه P برابر با میانگین ولتاژ دو فاز میشود.

✓ همچنین ملاحظه میشود که در مدت کموتاسیون، اختلاف ولتاژ v_{an} و v_{Pn} توسط سلف L_a تحمل میشود. یعنی افت ولتاژ ناشی از کموتاسیون برابر با v_{La} میباشد.

✓ از نکته اخیر میتوان برای تعیین افت ولتاژ خروجی یکسوساز، یعنی سطح از دست رفته در شکل مقابل استفاده کرد.

$$\bar{v}_d = V_d = V_{d0} - \Delta V_d$$

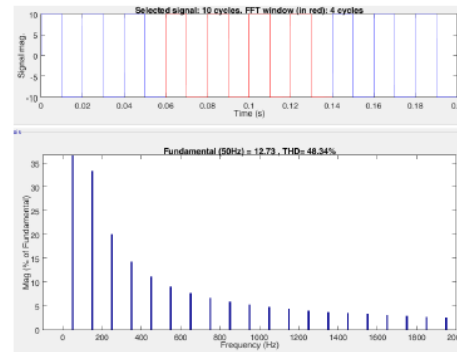
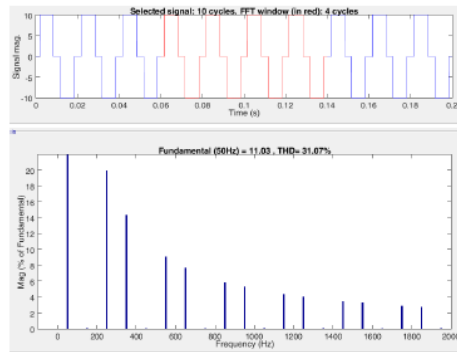
$$\Delta V_d = \frac{1}{\pi/3} \int_0^{\omega t_c} (v_{an} - v_{Pn}) d(\omega t) = \frac{1}{\pi/3} \int_0^{\omega t_c} v_{La} d(\omega t)$$

$$v_{an} - v_{Pn} = L_s \frac{di_a}{dt} \rightarrow \int_0^{\omega t_c} (v_{an} - v_{Pn}) d(\omega t) = L_s \int_0^{\omega t_c} \frac{di_a}{dt} d(\omega t) = \omega L_s I_d$$

$$\Delta V_d = \frac{\omega L_s I_d}{\pi/3} = \frac{3\omega L_s I_d}{\pi}$$

مقایسه یکسوساز تک فاز و سه فاز

✓ جریان فاز در یکسوساز سه فاز دارای اعوجاج کمتری است (THD تقریباً ۵۰ درصد کمتر است و جریان حاوی هارمونیک های مضرب ۳ نمیشود).



✓ ضریب توان یکسوساز تک فاز حدود ۰/۹ و یکسوساز سه فاز ۰/۹۵ میباشد.

✓ ریپل ولتاژ در یکسوساز تک فاز به اندازه v_m و در یکسوساز سه فاز برابر با $\Delta v_d = \sqrt{3}v_m - 1.5v_m \approx 0.23v_m$ است (لذا سایز خازن فیلتر در یکسوساز سه فاز به ازای شرایط کاری یکسان کوچک تر است).

$$\frac{\pi}{6} \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2} : v_d = \sqrt{3}v_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{6}) = \sqrt{3}v_m \sin(\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{6}) = 1.5v_m$$