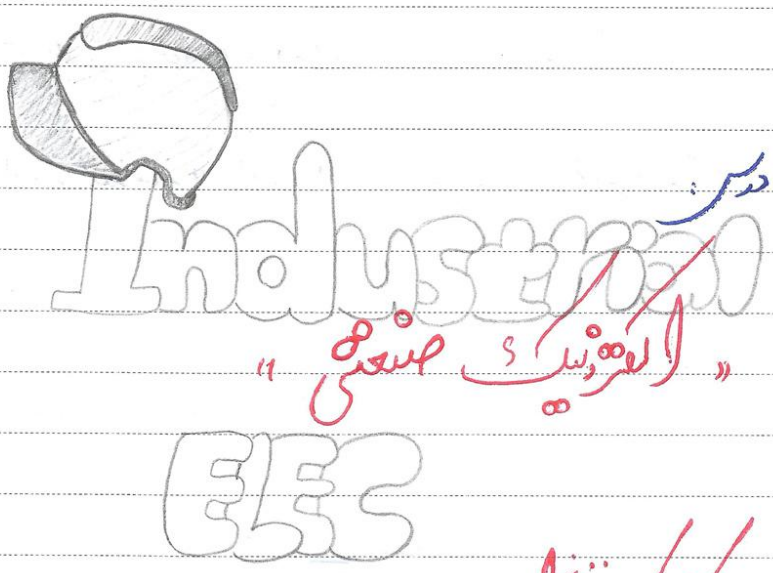
Subject
Date



جزوه درس:

«الکترونیک صنعتی»

مدرس: دکتر کیانی نژاد

Industrial Electronics

By: Dr. Kiani nejad

ترم ۸ - ۱۳۹۴-۱۳۹۲

[redacted]

Subject جلسه اول
Date

هدف از این درس: تبدیل ولتاژ سینوسی به ولتاژ DC در سطوح مختلف است.

- مدارات یکسوساز عادی قابل استفاده در توان های بالا نیستند.

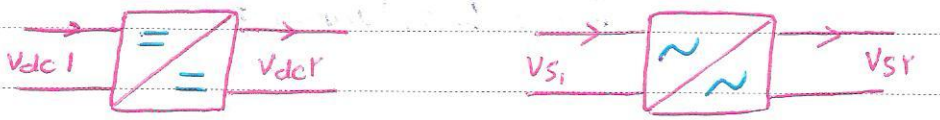
- برای تطبیق امپدانس از ترانس استفاده می شود. ولی ترانس قابلیت تغییر پیوسته سطح ولتاژ را ندارد.

قابلیت

عناوین درس:

یکسوساز ① — اینورتر ②

چاپر ③ — سیکلوکانورتر ④



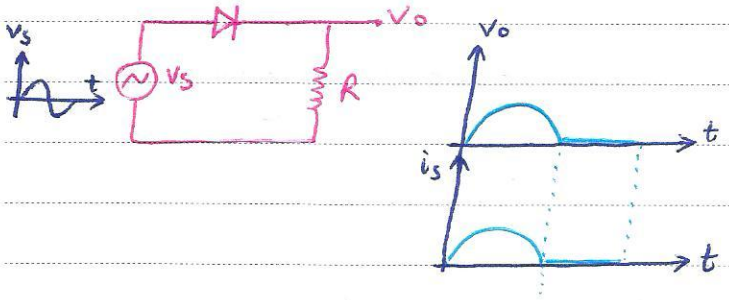
- در این درس یک ولتاژ ac از شبکه دریافت می کنیم و به اشکال مختلف در می آوریم.

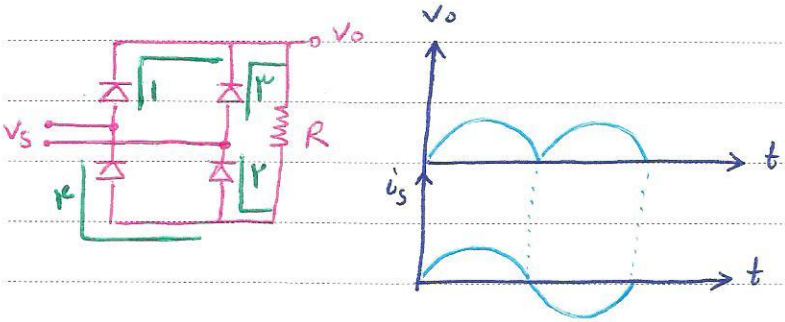
- در این درس علاوه بر دیود و ترانزیستور از ادوات زیر استفاده می کنیم:

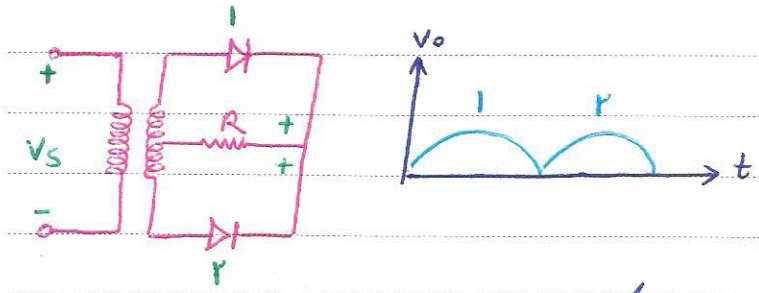
P4PCO

Subject
Date

یکسو سازها :

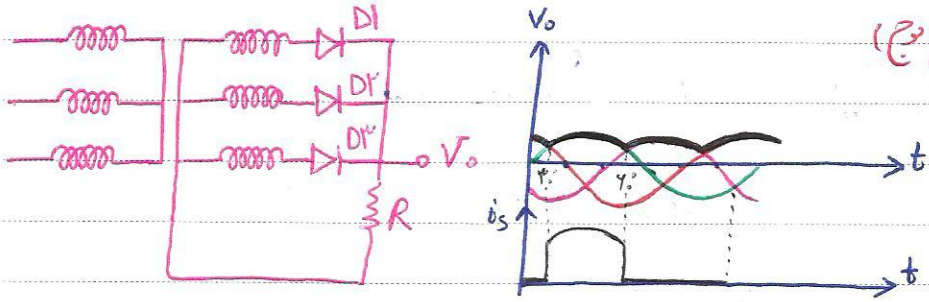






محدودیت مهم یکسو سازهای فوق: در آنها فقط از یک فاز می‌توان استفاده نمود.

یکسو ساز سه فاز (نیم موج)



P4PCO

Subject
Date

از منابع جریان dc کشیده می‌شود که یک مشکل است، چون موجب اشباع ترانس می‌شود

و ساختار نیم موج جریان dc وجود دارد.

یک مدار یکسوساز ۱۰kW و ۲۲۰ ولت ac و ۶۰۰ ولت dc طراحی کنید.

معیار طراحی: V_{dc} ↑ و ولتاژ ac ↓ و توان ظرفیت ترانس.

معیارها (یا پارامترهای) کیفیت یکسوساز:

① P_{dc}, I_{dc}, V_{dc}

$P_{dc} = V_{dc} I_{dc}$

② $\vec{V}_{rms} = \vec{V}_{dc} + \vec{V}_{ac}$

$P_{rms}, I_{rms}, V_{rms}$

P_{ac} $\quad P_{ac} = P_{rms} = I_{rms} V_{rms}$

③ $\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{V_{dc} I_{dc}}{V_{rms} I_{rms}}$ (راندمان یکسوسازی)

④ $V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}$ (موجک - مقدار توی دوص)

⑤ $FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}}$ ضریب شکل (مقدار ایده‌آل = ۱)

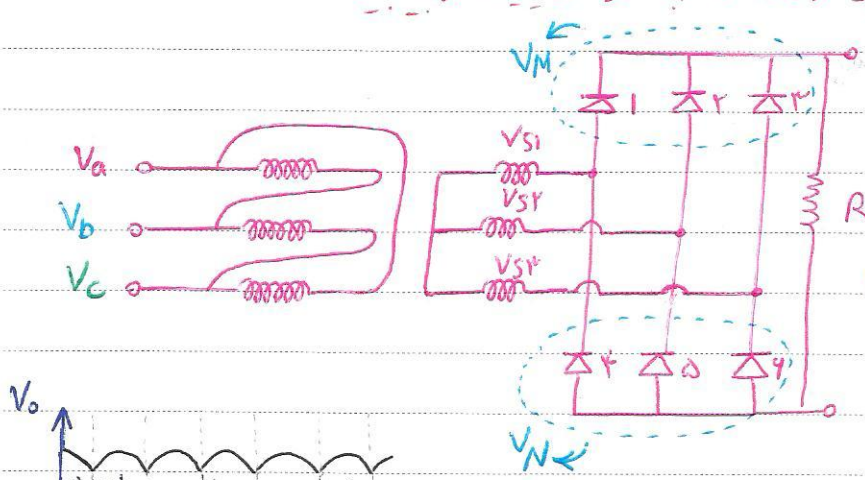
⑥ $RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} \Rightarrow RF = \frac{\sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}}{V_{dc}}$ $\quad RF = \sqrt{FF^2 - 1}$

PAPCO

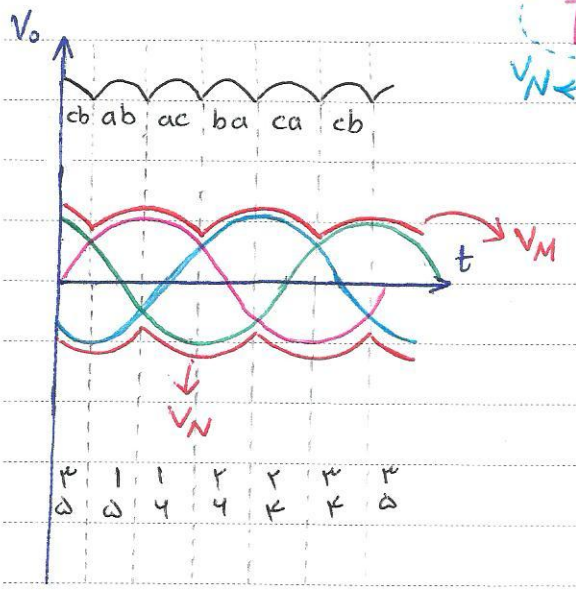
(۷) $TUF = \frac{P_{dc}}{\text{ظرفیت ترانس}}$ ضریب استفاده از ترانسفورماتور

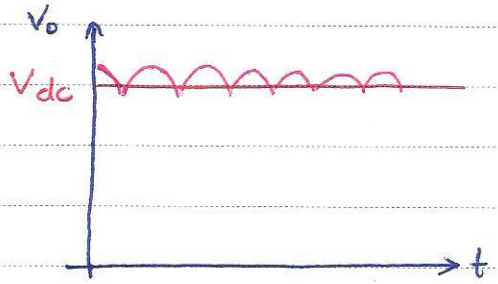
تمرین: برای چهار یکسوساز ذکر شده پارامترهای گفته شده را بیابید.

یکسوساز تمام موج ۳ فاز:



$V_o = V_M - V_N$

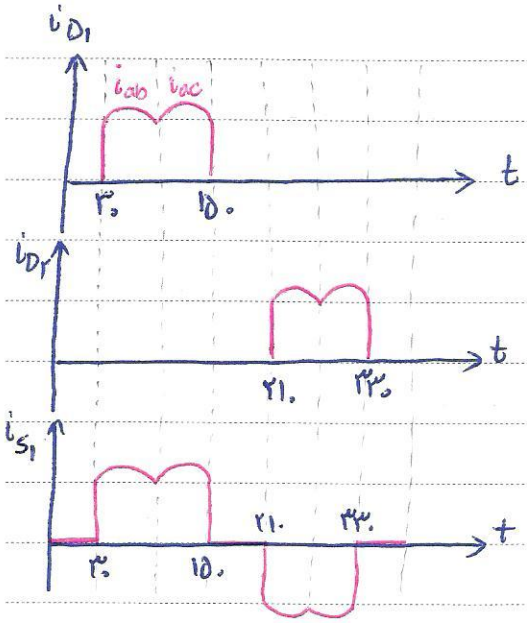




تمرین: شماره گذاری فوق را چگونه انجام دهیم تا توالی بیت برهم نخورد؟

Subject

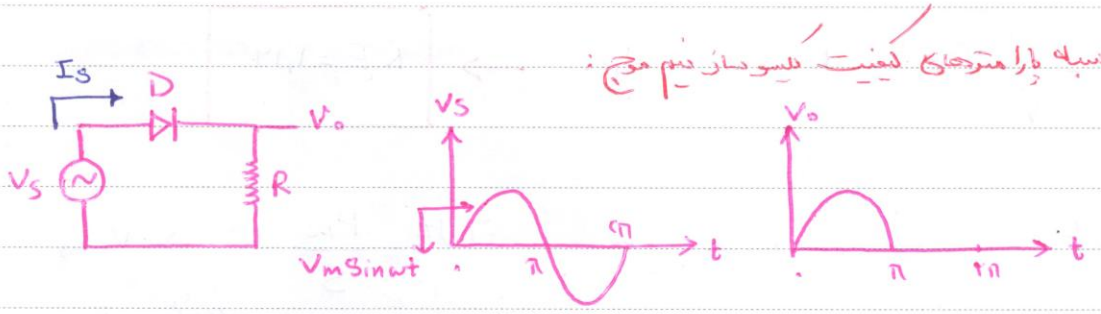
Date



Subject: جلسه سوم - ۱

Year. ۹۲ Month. ۱۲ Date. ۳ ( )

* محاسبه پارامترهای کیفیت یکسو ساز نیم موج:



$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} V_m \sin\omega t \, d\omega t = \frac{-V_m}{2\pi}\cos\omega t\Big|_0^{\pi} = \frac{V_m}{\pi} \rightarrow \boxed{V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}}$$

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R} = \frac{V_m}{\pi R} \rightarrow \boxed{I_{DC} = \frac{V_m}{\pi R}} \qquad V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{T} V_o^2(t)\, dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}(V_m \sin\omega t)^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin^2\omega t \, d(\omega t)} = \frac{V_m}{2}$$

$$\boxed{V_{rms} = \frac{V_m}{2}} \qquad \boxed{I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{V_m}{2R}}$$

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{ac}} = \frac{V_{dc}^2/R}{V_{rms}^2/R} = \left(\frac{V_{dc}}{V_{rms}}\right)^2 = \left(\frac{V_m/\pi}{V_m/2}\right)^2 = 0,405 \rightarrow \boxed{\eta = 40,5\%}$$

ضریب شکل FF = $\frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{\frac{V_m}{2}}{\frac{V_m}{\pi}} = 1,57V \rightarrow \boxed{FF = 1,57V}$

عدد ایده‌آل برای FF یک می‌باشد.

Form Factor : FF

PqPCO

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = 1,14 \rightarrow \boxed{RF = 1,14}$$

TUF : ضریب استفاده از ترانس $\quad TUF = \frac{P_{DC}}{S} \quad S = V_S I_S$

S ← ظرفیت ترانس

V_S ← ولتاژ موثر سر دوم ترانس

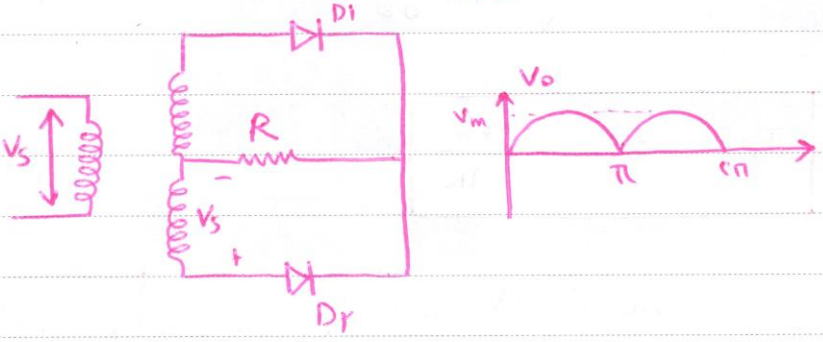
I_S ← جریان موثر سر دوم ترانس

$$V_S = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad , \quad I_S = \frac{V_m/2}{R} = \frac{V_m}{2R}$$

$$\rightarrow S_T = V_S I_S = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_m}{2R} = \frac{V_m^2}{2\sqrt{2}R} \qquad \boxed{S_T = \frac{V_m^2}{2\sqrt{2}R}}$$

$$\rightarrow \boxed{TUF = \frac{2\sqrt{2}}{\pi^2} = 0,286}$$

* محاسبه پارامترهای کیفیت یکسوساز تک فاز تمام موج با ترانس سر وسط :



$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_o \, d(wt) = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m \sin wt \, dwt = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$\rightarrow \boxed{V_{DC} = \frac{2V_m}{\pi}}$$

P4PCO

Subject: جلسه سوم - ۳

Year. Month. Date. ( )

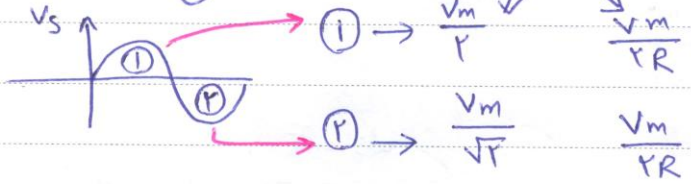
$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \qquad P_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{R} \qquad P_{ac} = \frac{V_{rms}^2}{R}$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{(\frac{2}{\pi}V_m)^2/R}{(\frac{V_m}{\sqrt{2}})^2/R} = 0.81 \rightarrow \boxed{\eta = 81\%}$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{DC}} = \frac{V_m/\sqrt{2}}{2/\pi V_m} = 1.11 \rightarrow \boxed{FF = 1.11}$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = 0.482 \rightarrow \boxed{RF = 0.482}$$

$$TUF = \frac{P_{DC}}{S} \qquad S_T = V_S I_S$$



① + ② = ...

$$S_T = 2\left(\frac{V_m}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{V_m}{2R}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{V_m^2}{R}$$

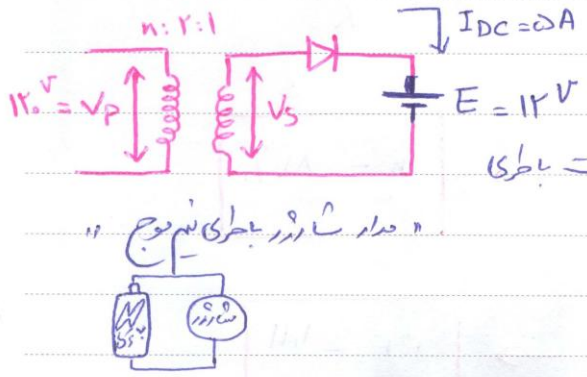
$$TUF = \frac{(\frac{2}{\pi})V_m^2/R}{2(\frac{V_m}{\sqrt{2}})(V_m/2R)} = 0.85 \qquad \boxed{TUF = 0.85}$$

P4PCO

Subject: جلسه سوم - ۴

Year. Month. Date. ( )

مثال / محاسبه پارامترهای کیفیت شکل غیر استاندارد یکسوسازها:



ظرفیت باطری : 100 W-h

مدار شارژر باطری نیم موج

خواسته‌ها:

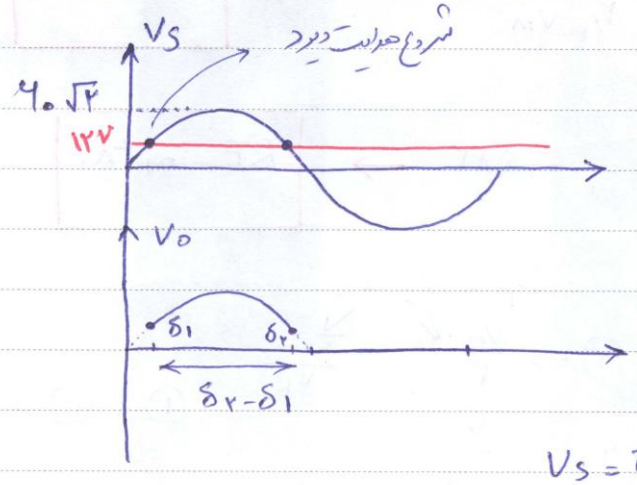
۱- زاویه هدایت دیود

۲- $R=?$

۳- $h=?$ مدت زمان شارژ

۴- $\eta=?$

۵- PIV



$V_s = E$

$۶۰\sqrt{۲}\sin wt = ۱۲ \rightarrow$ δ_1 ✓ , δ_2 ✓

$\delta = \delta_1 - \delta_2$ (زاویه هدایت دیود)

شرط هدایت دیود $\Rightarrow V_s > E \rightarrow V_s = E$

$۶۰\sqrt{۲}\sin wt = ۱۲ \rightarrow (wt)_1 = \delta_1 = ۸,۱۳^\circ$

$(wt)_2 = \delta_2 = ۳,۱۴۸ \text{ rad}$

زاویه خاموشی $\Rightarrow V_s < E$ $\quad \delta_2 = \pi - \delta_1$

$\delta_2 = ۱۷۱,۸۷^\circ$

PdPCO

Subject: جلسه سوم - ۵

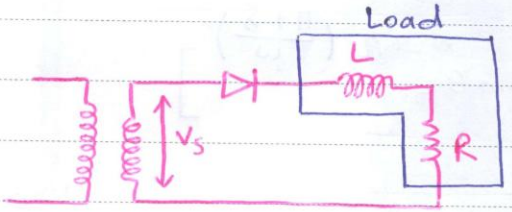
Year. Month. Date. ( )

$\delta =$ زاویه هدایت $= 171,87 - 8,13 = 173,14^\circ$

$$\delta = 173,14^\circ$$

جلسه چهارم - ۱

* یکسوساز دیاز دیم موج:



$V_s = V_m \sin \omega t$

← پاسخ گذرا و پاسخ ماندگار R-L:

$$i(t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \sin(\omega t - \theta) + A e^{-\frac{R}{L}t}, \quad \theta = \tan^{-1}\frac{L\omega}{R}$$

$$A = \begin{cases} t = 0 \\ i(t=0) = 0 \end{cases} \xrightarrow[\text{اولیه}]{\text{شرایط}} 0 = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \sin(-\theta) + A$$

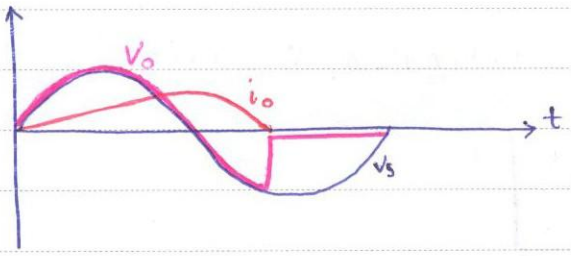
$$\Rightarrow A = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \sin\theta$$

$$\Rightarrow \boxed{i(t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \left[\sin(\omega t - \theta) + e^{-R/L\, t} \right]}$$

PdPCO

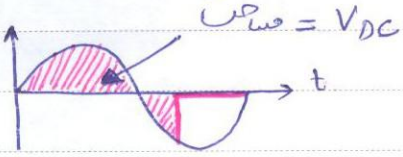
Subject: جلسه چهارم - ۲

Year. Month. Date. ( )



$$\begin{cases} i(\omega t = \pi + \delta) = 0 \\ 0 = \dfrac{V_m}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}} \left[\sin(\pi+\delta-\theta) + \sin\theta\, e^{-R/L\left(\frac{\pi+\delta}{\omega}\right)} \right] \end{cases}$$

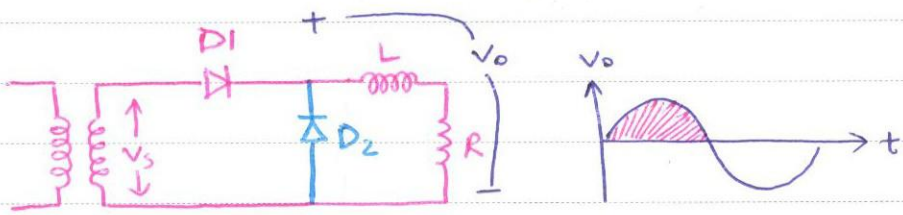
$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi+\delta} V_m \sin(\omega t)\, d\omega t$$



✓ در این حالت V_{DC} کاهش یافت. (نسبت به نیم موج یکسو شده در حالت قبل)

دلیل آن هم وجود سلف و ذخیره انرژی آن می باشد.

✓ برای حذف قسمت منفی ولتاژ در خروجی و افزایش V_{DC} می توان مدار را به شکل زیر تغییر داد:



با قرار دادن دیود D_2، در ولتاژهای ورودی منفی عمل کرده و ولتاژ خروجی را صفر خواهد کرد. اما جریان گذرنده در مدار جدید $\left(\text{L, R} \right)$ برقرار خواهد شد و این مدار LLC نامیده می شود.

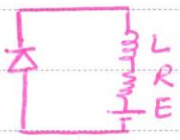
P4PCO

Subject: جلسه چهارم - ۳

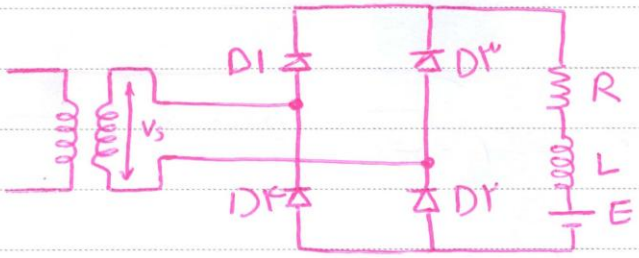
Year. Month. Date. ( )

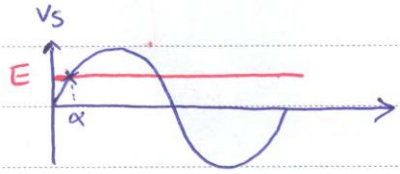
جریان اولیه خواهد بود که باید محاسبه گردد.

① در صورت قرار دادن E (باطری) در i(t) کدام ترم حالت ماندگار نیز اضافه خواهد شد.



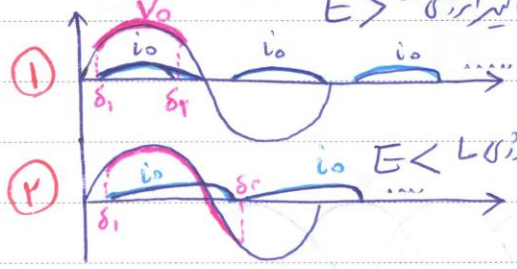
$$i(t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2+(L\omega)^2}}\left[\sin(\omega t-\theta) + e^{-R/L\,t}\right] + \frac{E}{R}$$





$V_S = V_m \sin(\omega t)$

② بسته به اینکه مقدار E (باطری) چقدر باشد، i_o پیوسته یا ناپیوسته خواهد بود.



① جریان ناپیوسته ② جریان پیوسته

$$i_o = \frac{V_m}{\sqrt{R^2+(L\omega)^2}}\sin(\omega t-\theta) + A e^{-R/L\,t} - \frac{E}{R}$$

[در حالت ① : جریان ناپیوسته] ⟹ زمان‌ها در $\omega t=\alpha$ شروع به هدایت می‌کنند

PAPCO

Subject: جلسه چهارم ـ ۴

Year. Month. Date. ( )

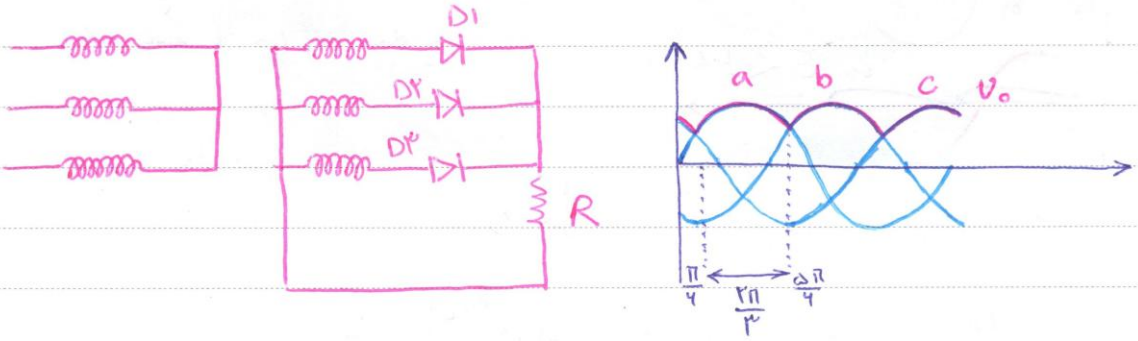
$$\begin{cases} i(\omega t=\alpha)=0 \\ 0=\dfrac{V_m}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\sin(\alpha-\theta)+A e^{-R/L\,\alpha/\omega}-\dfrac{E}{R} \end{cases}$$

$$\Longrightarrow \boxed{A=-e^{+R/L\,\alpha/\omega}\dfrac{V_m}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\sin(\alpha-\theta)+e^{+\frac{R}{L}\frac{\alpha}{\omega}}\dfrac{E}{R}}$$

در $\omega t=\alpha$ دیودها شروع به هدایت $\Longrightarrow$ [در حالت (۲): جریان پیوسته]

$\omega t=\alpha \Longrightarrow i=I_1$ (مقدار اولیه) باشد.

ادامه بررسی پارامترهای کیفیت برای یکسوساز ۳ فاز نیم موج



$$V_{DC}=\frac{1}{T}\int_0^T V_R(t)\,dt=\frac{3}{2\pi}\int_{\pi/4}^{5\pi/4} V_m\sin(\omega t)\,d(\omega t)=\frac{3\sqrt{2}}{2\pi}V_m=0{,}827\,V_m$$

P4PCO

Subject: مجلس بسم ۱ -

Year. ۹۲ Month. ۱۲ Date. ۱۰ ( )

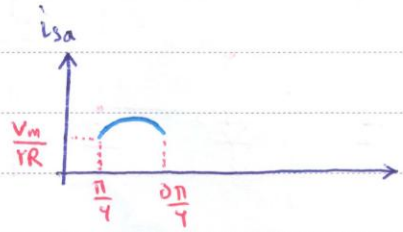
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\frac{3\pi}{4}} \int_{\pi/4}^{5\pi/4} v_m^2 \sin^2 \omega t \; d(\omega t)} = 0.841 \; V_m$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{V_{dc}^2/R}{V_{rms}^2/R} = \left(\frac{0.827}{0.841}\right)^2 = 0.9724 \Rightarrow \eta = 97.77\,\%$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{0.841\, V_m}{0.827\, V_m} = 1.017$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = 0.1827$$

$$TUF = \frac{P_{dc}}{S}$$



$$I_{Sa} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\pi/4}^{5\pi/4} \frac{v_m^2 \sin^2 \omega t}{R^2} \; d(\omega t)}$$

$$= \frac{0.841}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{R} = 0.548 \frac{V_m}{R}$$

$$S_a = 0.345 \frac{V_m^2}{R} \longrightarrow S_T = 3 S_a = 1.02$$

$$TUF = \frac{P_{dc}}{S_T} = \frac{(0.827)^2 \frac{V_m^2}{R}}{1.02 \frac{V_m^2}{R}} = \frac{(0.827)^2}{1.02} = 0.4 \Rightarrow TUF = \%40$$

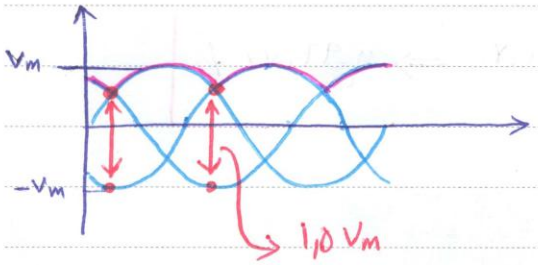
PAPCO

Subject: جلسه پنجم - ۲

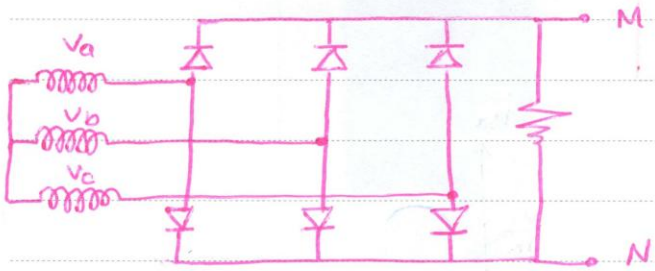
Year. ۹۲ Month. ۱۲ Date. ۱۰ ( )

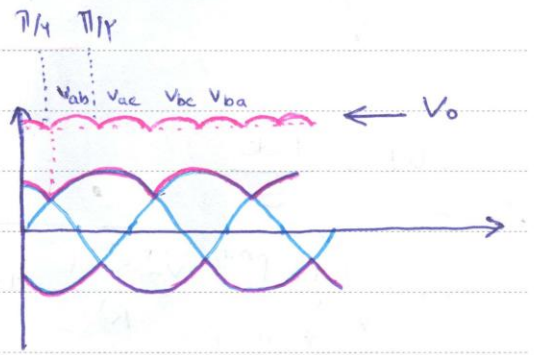
✓ دقت؟ مقاومتی که دیود در این حالت باید تحمل کند در حالت خاموش دشوزد، برابر است با

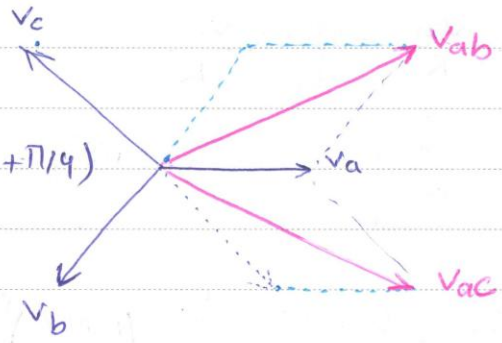
$1,0V_m$ که مقدار بیشتر دیگری نیز هم که برابر است با $\sqrt{3}\,V_m$.



* بررسی پارامترهای کیفیت یکسوساز سه فاز تمام موج:







$$V_{ab} = \sqrt{2}\,V_m \sin(\omega t + \pi/4)$$

$$V_{DC} = \frac{1}{\pi/2}\int_{0}^{\pi/2} \sin(\omega t + \pi/4) + \cos(\omega t)\; d(\omega t)$$

$$V_{DC} = \frac{1}{\pi/2}\int_{\pi/4}^{\pi/2} \sqrt{2}\,V_m \sin(\omega t + \pi/4)\; d(\omega t) = 1,78\sqrt{2}\,V_m$$

PdPCO

Subject: جلسه هشتم - ۱

Year. ۹۲ Month. ۱۲ Date. ۱۱ ( )

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi/4}\int_{\pi/4}^{\pi/2}\left(\sqrt{2}V_m \sin(\omega t+\pi/4)\right)^2 d(\omega t)}$$

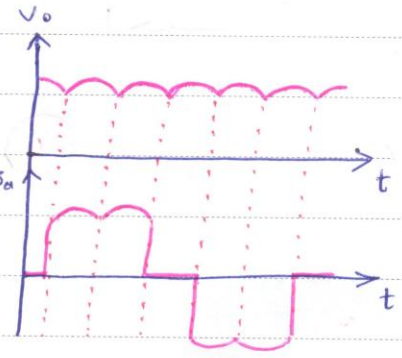
$$\Longrightarrow V_{rms} = 1{,}708\ V_m$$

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{ac}} = \frac{V_{dc}^2/R}{V_{rms}^2/R} = \left(\frac{1{,}705}{1{,}708}\right)^2 = 0{,}994^2 \Rightarrow \eta = 99{,}8\%$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{1{,}708}{1{,}705} = 1{,}0008 = 100{,}8\ \%$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = \sqrt{(1{,}008)^2 - 1} = 0{,}04 = 4\%$$

TUF = ?



$$I_{Sa} = \frac{V_o}{R}\sqrt{\frac{4}{6}} \begin{cases} \longrightarrow \text{۴ قسمت از} \\ \longrightarrow \text{۶ قسمت} \end{cases} \longrightarrow \text{۴ برحسب ۶ برگ}$$

$$S_T = 2\frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{4}{6}} \times \frac{1}{R} \times 1{,}708\ V_m$$

$$S_T = 2\,S_{Ta} = 2V_s I_s$$

$$TUF = \frac{P_{DC}}{S_T} = \frac{V_{dc}^2/R}{2V_{sa}I_{sa}} = \frac{(1{,}702V_m)^2/R}{2\times\frac{V_m}{\sqrt{2}}\times\sqrt{\frac{4}{6}}\times\frac{1}{R}\times 1{,}708\ V_m}$$

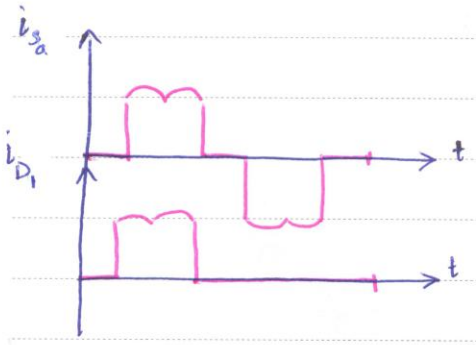
TUF = 0,9842

P4PCO

Subject: جلسه سیستم ۲-۵۰

Year. ۹۴ Month. ۱۲ Date. ۱۱ ( )

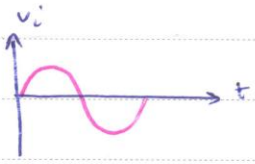
PIV برای دیودها $۴V_m$ می‌باشد.



$[I_{dc/D} = ?]$

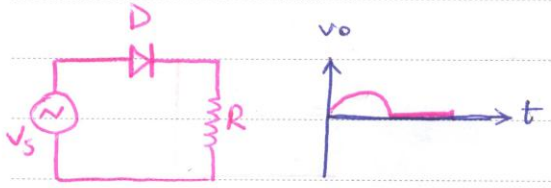
$$I_{dc} = \frac{1,۲۸۲ V_m}{R}$$

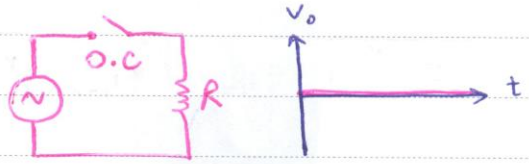
$$I_{dc/D} = \frac{۲}{۹} I_{dc} = \frac{۲}{۲} \times 1,۲۸۲ \frac{V_m}{R}$$

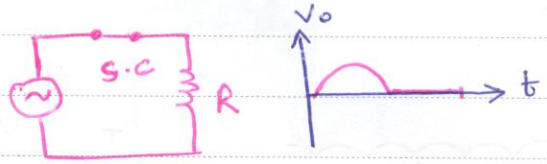


عملکرد یکسوسازها در شرایط بدون خطا بر روی بار دیودها:

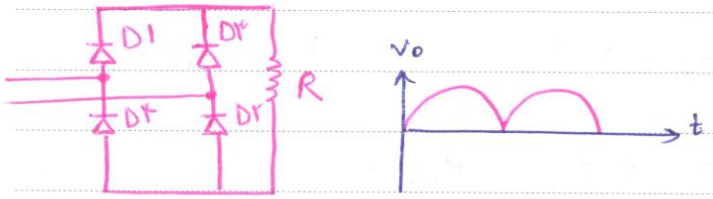
(۱)

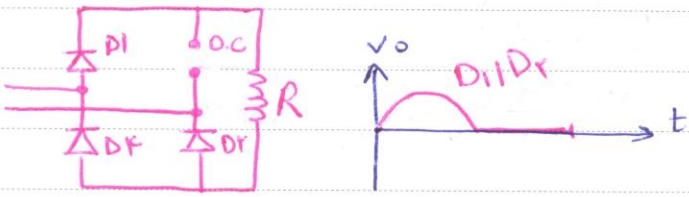






(۲)



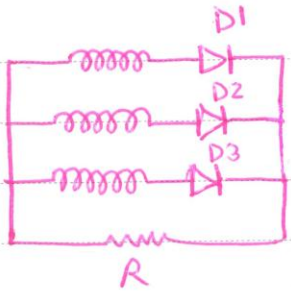


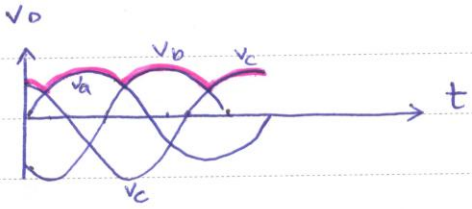
P4PCO

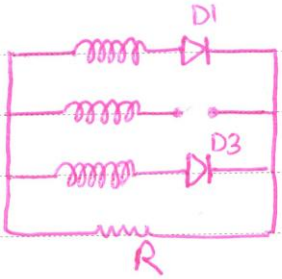
Subject: جلسه سیستم - ۳ C۲

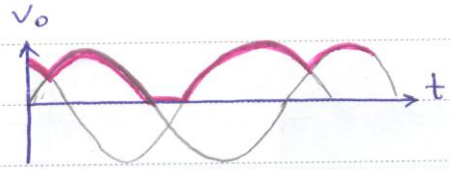
Year. ۹۲ Month. ۱۲ Date. ۱۱ ( )

(۳)

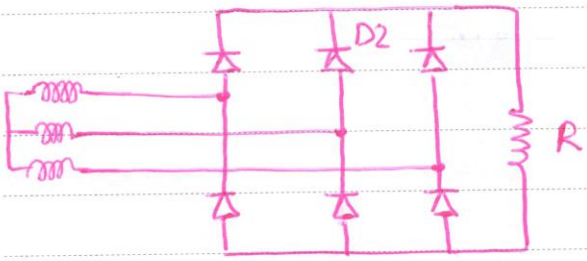








(۴) به عنوان تمرین در صورتی که دیود D۲ ، O.C شود، شکل موج خروجی را رسم کنید.



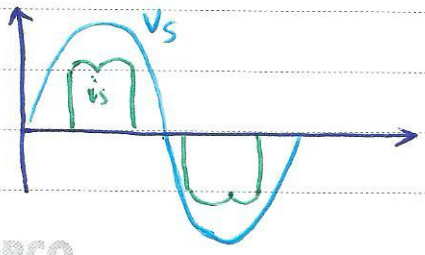
P4PCO

Subject:

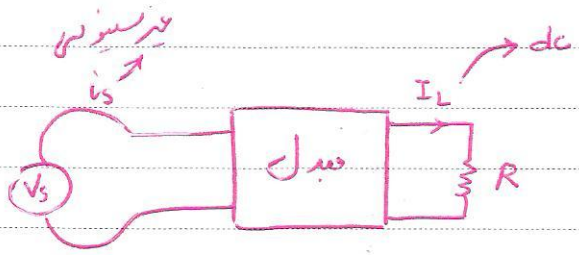
Year. Month. Date. ( )

	تک فاز نیم موج	تک فاز تمام موج	سه فاز نیم موج	سه فاز تمام موج
(۱) V_{dc}	۰٫۳۱۸ V_m	۰٫۶۳۶ V_m	۰٫۸۲۷ V_m	۱٫۶۵۴ V_m
(۲) V_{rms}	۰٫۵ V_m	۰٫۷۰۷ V_m	۰٫۸۴۱ V_m	۱٫۶۵۸ V_m
(۳) $\eta = \frac{P_{dc}}{i^2_{ac}}$	۰٫۴۰۵	۰٫۸۱	۰٫۹۶W	۰٫۹۹۸۳
(۴) RF	۱٫۲۱	۰٫۴۸۲	۰٫۱۸۵	۰٫۰۴
(۵) FF	۱٫۵۷	۱٫۱۱	۱٫۰۱۶	۱٫۰۰۰۸
(۶) TUF	۰٫۲۸۶	۰٫۸۱	۰٫۹۶۴۳	۰٫۹۸۴۲

✓ در کلیدساز ۳ فاز تمام موج برای یافتن اختلاف فازبین t_s و V_s باید از سمت موج جریان که سری فوریه گرفت و هارمونیک غالب آن را یافت که از اختلاف آن با فاز V_s می‌توان اختلاف فاز را یافت.



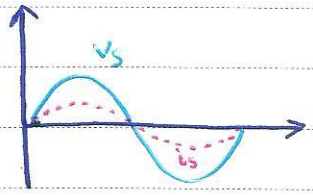
Subject
Date



$$P = V_S I_S \cos\phi \Longrightarrow \cos\phi = \frac{P}{V_S I_S}$$

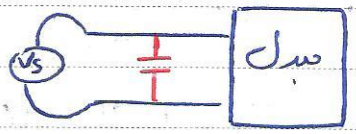
$\cos\phi$ (V)	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	1	0,787	0,952

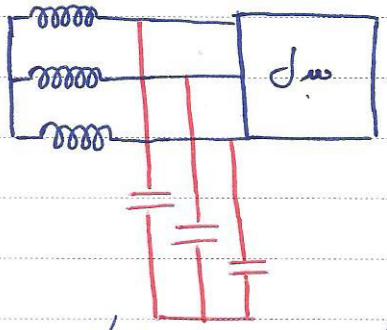
✓ برای یکسوساز تمام موج می دانیم:



$$\Longrightarrow \cos\phi = 1$$

✓ گاهی برای جبران سازی باید از خازن جبران ساز استفاده کنیم.



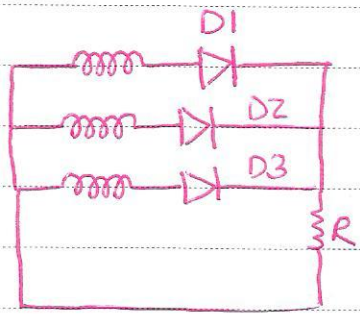


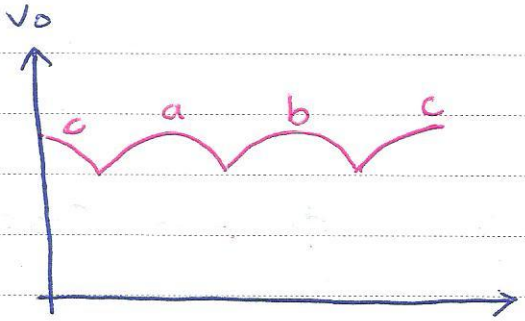
✓ مطلب مهم دیگر در این واری چگونگی محاسبه خازن جبران ساز می باشد.

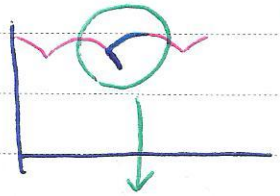
PqPCO

Subject
Date

نحوه روشن شدن دیودها در یکسو کننده‌ها:





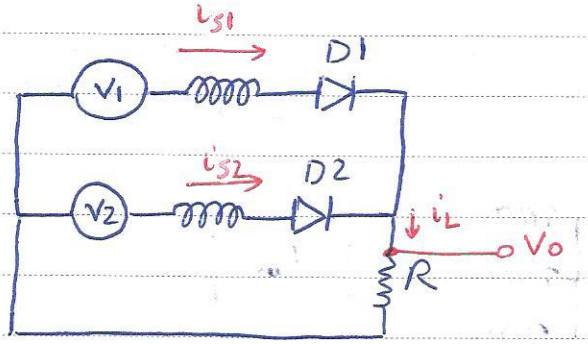


۱- تکلیف شکل موج خروجی؟

۲- سهم هر خازن از جریان بار؟

بنابراین

در لحظه تغییر دیودها، هر ۲ دیود برای لحظاتی روشن خواهند شد.



در فاصله همزمانی جریان:

D_1, D_2 : on

$$I_L = I_{S1} + I_{S2} \quad (1)$$

$$V_o = V_1 - L\frac{di_1}{dt} \quad (2)$$

$$V_o = V_2 - L\frac{di_2}{dt} \quad (3)$$

$$(3)+(2) \Rightarrow 2V_o = V_1 + V_2 - L\left(\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt}\right) \quad (4)$$

PdPCO

$$\Rightarrow (1) \Rightarrow \frac{dI_L}{dt} = \frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt}$$

$$0 = \frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} \quad (5)$$

$$(4), (5) \Rightarrow 2V_o = V_1 + V_2$$

$$\Rightarrow \boxed{V_o = \frac{V_1 + V_2}{2}}$$

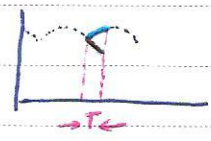
$$(3) - (2) \Rightarrow V_o - V_o = V_2 - V_1 - L\frac{di_2}{dt} + L\frac{di_1}{dt}$$

$$0 = V_2 - V_1 - L\frac{di_c}{dt} - \frac{L di_2}{dt} \quad (5)$$

ولتاژ خطا به خطا $= V_L$

$$\Rightarrow 0 = V_L - 2L\frac{di_2}{dt} \Rightarrow V_L = 2L\frac{di_2}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{di_2}{dt} = \frac{1}{2L} V_L \Rightarrow \boxed{i_2(wt) = \frac{1}{2L}\int \sqrt{2}\, V_m \sin wt \, d(wt)}$$

✓ به این اثر (overlap) اثر همپوشانی () گفته می‌شود.

✓ اولین نتیجه این اثر کاهش V_{dc} خروجی می‌باشد. (۳- اثر همپوشانی بر ولتاژ خروجی؟)