

شکل ۷۹-۸

۸- ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله ۳ چه تغییری دارد؟ شرح دهید.

۹- آیا ظرفیت خازن معادل اندازه گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

۱۰- سه خازن $10\mu F$ را مطابق شکل ۷۹-۸ به صورت موازی اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

$C_{AB} =$ μf (اندازه گیری)

۱۱- مقدار ظرفیت معادل را از رابطه $C_T = \frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

$C_{AB} =$ μf (محاسبه)

۱۲- از مقادیر به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

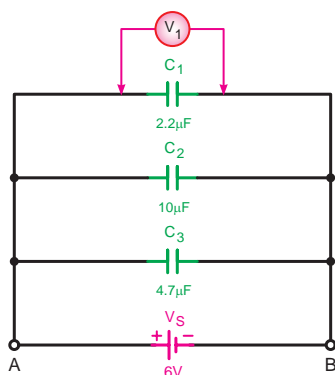
پاسخ سؤال



۱۲-



الف- شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۸۰-۸

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ خازن

۱- مدار شکل ۸۰-۸ را روی بردبرد ببندید.

تذکر: از ولت متر عقربه ای یا دیجیتالی با حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید. (شکل ۸۰-۸)

۲- کلید منبع تغذیه را وصل کرده و پس از سپری شدن مدت زمان ده ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید.

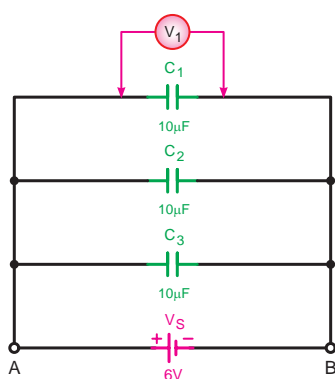
$V_{C_1} =$ V (محاسبه)

پاسخ سؤال‌های

-۴

-۵

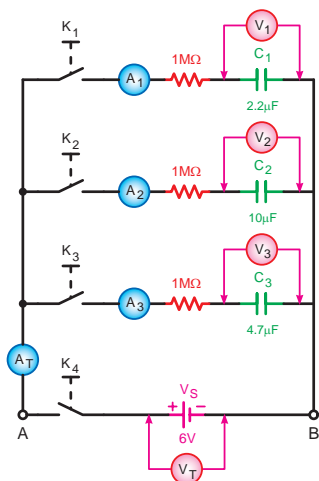
-۶



شکل ۸-۸۱

پاسخ سؤال

-۸



شکل ۸-۸۲

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت متر را

یکبار در دو سر خازن C_p و بار دیگر در دو سر خازن C_p اتصال دهید سپس با وصل کلید منبع تغذیه ولتاژ دو سر هر یک را مشابه مرحله ۲ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

۴- از مقایسه مقادیر بدست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه

نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۵- با توجه به مقادیر معلوم آیا ولتاژ دو سر هر خازن را

می توانید محاسبه کنید؟ شرح دهید.

۶- در صورت محاسبه ولتاژ خازن ها آیا مقادیر محاسبه

شده با مقادیر اندازه گیری شده مطابق دارد؟ شرح دهید.

۷- سه خازن $10\mu\text{f}$ را مطابق شکل ۸-۸۱ به صورت

موازی اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

۸- از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟

شرح دهید.

پ مشاهده و اندازه گیری جریان در مدارهای dc خازنی

۱- در ابتدا همه خازن‌ها را به کمک یک قطعه سیم

دشارژ کنید.

۲- مدار شکل ۸-۸۲ را روی بردبرد ببندید و کلید K_p را

در حالت وصل قرار دهید.

جدول ۸-۹

		۶ ثانیه	۱۲ ثانیه	۱۸ ثانیه	۲۴ ثانیه	۳۰ ثانیه	۳۶ ثانیه	۴۲ ثانیه
وصل کلید K_1	V_1							
	A_1							
وصل کلید K_2	V_2							
	A_2							
وصل کلید K_3	V_3							
	A_3							
وصل کلید K_4								

۳- با وصل کلید K_1 جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن $C_1 = 2/2 \mu f$ را پس از گذشت هر ۶ ثانیه اندازه بگیرید و این مرحله را تا ۴۲ ثانیه ادامه دهید. (۷ مرحله)

۴- مقادیر ولتاژ و جریان هر مرحله را اندازه بگیرید و در جدول ۸-۹ یادداشت کنید.

۵- مراحل فوق را به طور جداگانه و با وصل کلیدهای K_2 و K_3 از ابتدا تکرار کنید و مقادیر اندازه گیری شده را در جدول ۸-۹ ثبت کنید.

۶- منبع تغذیه و همه کلیدها را قطع نموده و خازن ها را از مدار جدا کرده و دشارژ کنید و سپس آن ها را در جای خود قرار دهید.

۷- مطابق شکل ۸-۸۲ آمپر متر A_T را در مسیر جریان کل مدار و ولت متر V_T را به دو سر منبع تغذیه وصل کنید.

۸- کلیدهای K_1 و K_2 و K_3 را در حالت وصل قرار دهید.

۹- با وصل کلید * و در اختیار داشتن یک کرومتر پس از گذشت هر ۶ ثانیه مقادیر ولتاژ کل (V_T) و جریان کل (A_T) مدار را اندازه گیری نموده و در جدول ۸-۹ یادداشت کنید.

۱۰- از مقایسه مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟

۱۱- مقدار بار کل مدار را از رابطه $Q_T = C_T \cdot V_T$ محاسبه کنید.

۱۲- آیا نتایج اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابق دارد؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال های



۱۰-

۱۱-

۱۲-

۱۳-

۳-۱۱-۸- اتصال ترکیبی خازن ها:

به مدارهایی که نحوه اتصال خازن ها ترکیبی از اتصالات سری و موازی است مدار «ترکیبی» یا «مختلط» گفته می شود. برای حل این مدارها با توجه به نوع مدارها باید برای هر قسمت به طور جداگانه روابط سری یا موازی را بکار برد.

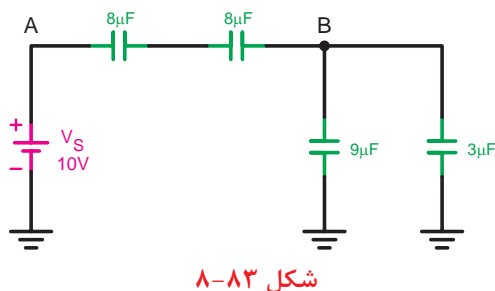
مثال: ظرفیت خازن معادل مدار شکل ۸-۸۳ را حساب

کنید.

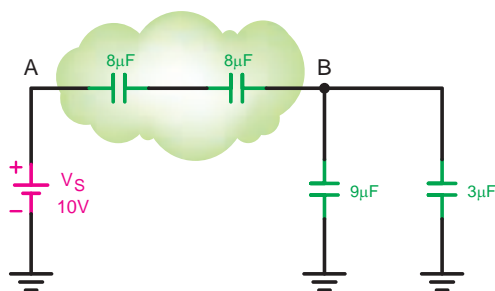
حال: خازن های موجود بین گروه های A و B به صورت

سری و خازن های بین گره های B و C به شکل موازی قرار دارند که در نهایت مجموعه خازن های بین گره های A و B با خازن های بین گره های B و C به صورت سری با یکدیگر قرار می گیرند.

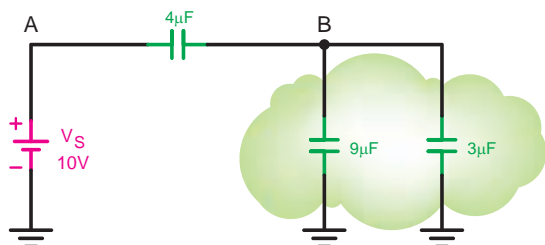
$$C_{TAB} = \frac{C}{n} = \frac{8}{2} = 4\mu f$$



شکل ۸-۸۳

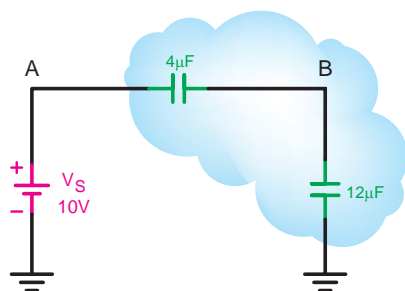


شکل ۸-۸۴



شکل ۸-۸۵

$$C_{TBG} = 9 + 3 = 12\mu f$$



شکل ۸-۸۶

$$C_T = \frac{C_{TAB} \times C_{TBG}}{C_{TAB} + C_{TBG}}$$

$$C_T = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = \frac{48}{16} = 3\mu f$$

مثال:

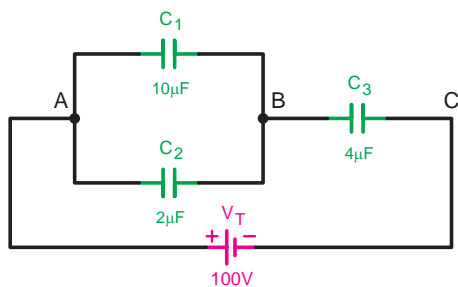
در مدار شکل ۸-۸۷ مطلوب است:

الف - ظرفیت خازن معادل

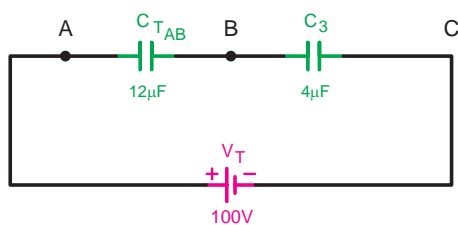
ب - بار الکتریکی ذخیره شده در هر خازن

ج - ولتاژ دو سر هر خازن

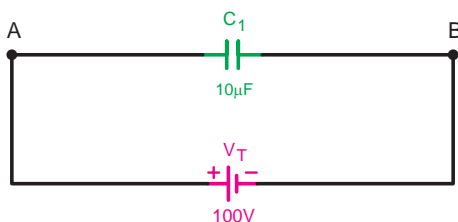
حل:



شکل ۸-۸۷



شکل ۸-۸۹



شکل ۸-۹۰

$$C_{TAB} = 10 + 2 = 12 \mu f$$

$$C_T = \frac{C_{TAB} \times C_r}{C_{TAB} + C_r} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = \frac{48}{16} = 3 \mu f$$

$$Q_T = V_T \cdot C_T = 100 \times 3 = 300 \mu C$$

$$Q_T = Q_r = 300 \mu C$$

$$V_{BC} = V_r = \frac{Q_r}{C_r} = \frac{300}{4} = 75 V$$

$$V_T = V_{AB} + V_{BC} \Rightarrow V_{AB} = V_T - V_{BC}$$

$$V_{AB} = V_1 = V_r = 100 - 75 = 25 V$$

$$Q_1 = V_1 C_1 = 25 \times 10 = 250 \mu C$$

$$Q_r = V_r C_r = 75 \times 4 = 300 \mu C$$

عملیات کارگاهی (کار عملی ۹)



ساعت آموزشی		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳- آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴- بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵- LC متر	۱ عدد
۶- مقاومت $R = 1M\Omega (1W)$	۱ عدد
۷- خازن‌ها	<div> $C_1 = 2/2\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت $C_2 = 10\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت $C_3 = 4/7\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت </div>
۸- باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹- سیم چین	۱ عدد
۱۰- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱- سیم تلفنی	۰/۵ متر

تذکر: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحل که با علامت (*) مشخص شده اند خودداری کنید.



برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آووتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپرمتري به طور جداگانه استفاده کنید.



توجه

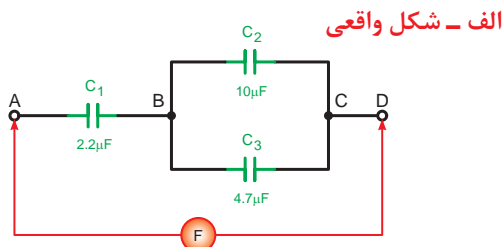


الف محاسبه و اندازه گیری ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش:

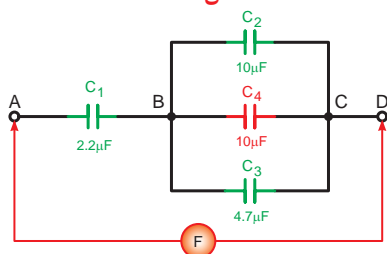
۱- مدار شکل ۸-۹۱ را روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از متر ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$$C_{AD} = \boxed{} \mu f$$



ب - شکل مداری

شکل ۸-۹۱



شکل ۸-۹۲

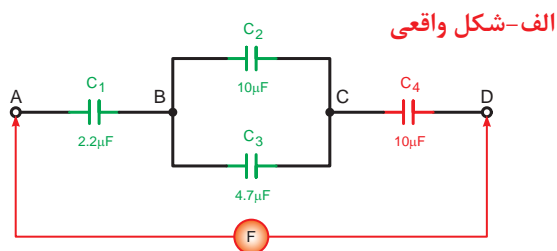
۲- خازن $C_F = 10 \mu f$ را بین دو نقطه C و B قرار دهید و ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید. (شکل ۸-۹۲)

$$C_{AD} = \boxed{} \mu f$$



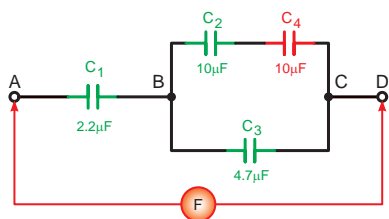
۳- خازن $C_F = 10 \mu f$ را طبق شکل ۸-۹۳ بین دو نقطه C و D قرار دهید و ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$$C_{AD} = \boxed{} \mu f$$

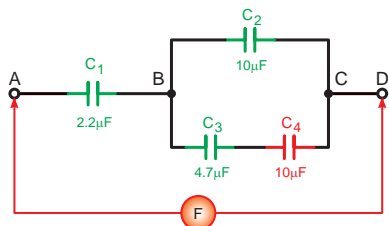


ب- شکل مداری

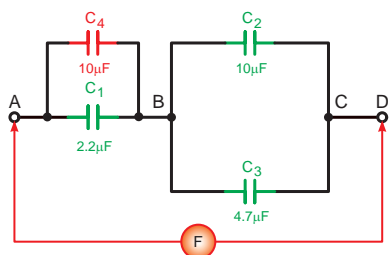
شکل ۸-۹۳



شکل ۸-۹۴



شکل ۸-۹۵



شکل ۸-۹۶

۴- خازن C_4 را یکبار سری با خازن C_3 و بار دیگر سری با خازن C_3 قرار دهید و ظرفیت خازن معادل را به تفکیک اندازه بگیرید. (شکل ۸-۹۴ و ۸-۹۵)

$$C_{AD} = \boxed{} \mu f$$

$$C_{AD} = \boxed{} \mu f$$

۵- خازن C_4 را مطابق شکل ۸-۹۶ موازی با خازن C_1 قرار دهید و ظرفیت شکل ۸-۹۵ خازن معادل را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.

$$C_{AD} = \boxed{} \mu f$$

پاسخ سؤال‌های

۶-

۶- از مقادیر به دست آمده آزمایش‌های فوق چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۷-

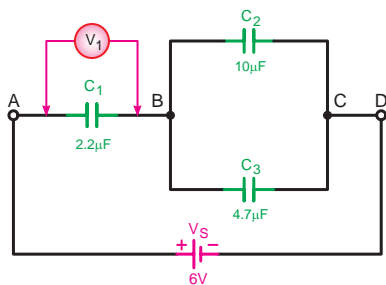
۷- ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و D شکل‌های مراحل ۴ تا ۵ را محاسبه کنید.

۸-

۸- آیا نتایج آزمایش‌ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۹-

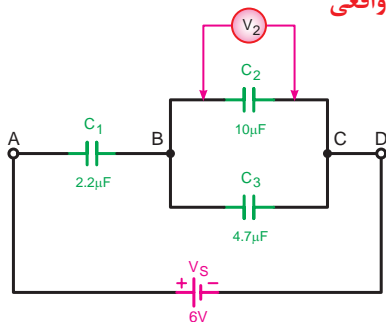
۹- آیا رابطه کلی برای تعیین ظرفیت معادل مدارهای سری - موازی خازنی می‌توان ارائه کرد؟ چرا؟



شکل ۸-۹۷



الف- شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۸-۹۸

پاسخ سؤال‌های



۴-

۶-

۷-

ب

محاسبه و اندازه‌گیری ولتاژ

۱- مدار شکل ۸-۹۷ را روی بردبرد اتصال دهید.

۲- به کمک یک ولت متر دیجیتالی که روی حداقل حوزه کار ۵ ولت قرار دارد ولتاژ دو سر خازن C_1 را مطابق شکل ۸-۹۵ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

۳- محل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شکل ۸-۹۸ به دو نقطه B و C انتقال دهید و ولتاژ دو سر خازن‌های C_2 و C_3 را اندازه‌گیری کنید.

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

۴- مقدار ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌ها را با کمک روابط محاسبه کنید.

۵- با استفاده از رابطه $Q = C.V$ مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در هر یک از خازن‌های C_1 و C_2 و C_3 را حساب کنید.

۶- از آزمایش‌های انجام شده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۷- آیا مقادیر به دست آمده در آزمایش‌ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ تحقیق کنید.

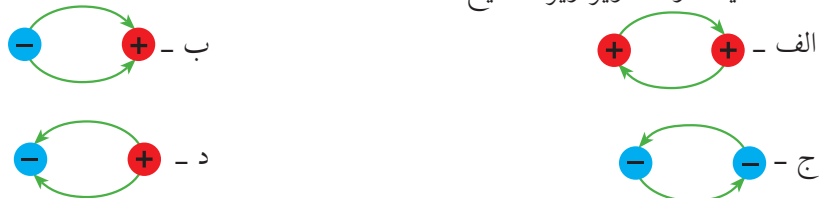


آزمون پایانی (۸)

۱- مفهوم میدان الکتریکی برای بررسی فضای اطراف یک جسم مفید است.

الف - باردار ب - مغناطیسی ج - نارسانا د - رسانا

۲- کدامیک از تصاویر زیر صحیح است؟



۳- در میدان الکتریکی یکنواخت میدان بین دو صفحه چگونه است؟

الف - در تمام جهات دوران دارد. ب - در تمام نقاط ثابت است.
ج - به سطح صفحات بستگی دارد. د - به فاصله بین صفحات وابسته است.
۴- از خازن برای استفاده می شود.

الف - ایجاد میدان مغناطیسی ب - دفع بارهای الکتریکی
ج - ذخیره بار الکتریکی د - جذب بارهای الکتریکی

۵- ذخیره بار الکتریکی در خازن به این معنی است که بار:

الف - در آن حرکت می کند. ب - پس از قطع برق از بین می رود.
ج - در صفحات آن تخلیه می شود. د - پس از قطع برق باقی می ماند

۶- ظرفیت یک خازن عبارت است از:

الف - توانایی مقدار باری که خازن می تواند ذخیره کند. ب - میزان سطح مشترک صفحات خازن
ج - توانایی عمل مقدار ولتاژی که به خازن وصل می شو د - میزان جریانی که از خازن عبول می کند.
۷- کدام یک از روابط زیر صحیح می باشد؟

الف - $V = \frac{C}{Q}$ ب - $Q = \frac{V}{C}$ ج - $V = \frac{Q}{C}$ د - $Q = \frac{C}{V}$

۸- خازن 100 pf معادل چند میکروفارو است؟

الف - 10^8 ب - 10^{-5} ج - 10^{10} د - 10^{-4}

۹- دشارژ کردن خازن یعنی:

الف - قطع و وصل کلید موجود در مدار خازن ب - اتصال کوتاه کردن دو پایه خازن
ج - اعمال ولتاژ به دو سر خازن د - تخلیه میدان مغناطیسی صفحات خازن



۱۰- اگر ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ منبع تغذیه برابر شود یعنی خازن و جریان مدار است.

الف - شارژ شده - حداکثر ب - دشارژ شده - حداکثر

ج - شارژ شده - صفر د - دشارژ شده - صفر

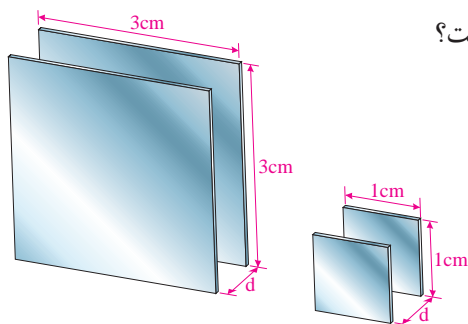
۱۱- در شکل ۸-۹۷ ظرفیت خازن (الف) چند برابر خازن (ب) است؟

ب - ۳

الف - $\frac{1}{3}$

د - $\frac{1}{2}$

ج - ۹



شکل ۸-۹۹

۱۲- نسبت ظرفیت خازن (ب) نسبت به ظرفیت خازن (الف) شکل ۸-۹۹ در صورتی که سطح صفحات برابر و جنس

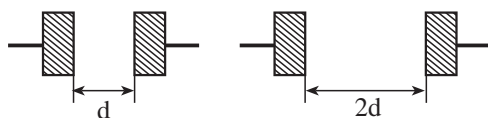
دی الکتریک یکسان باشد چقدر است؟

ب - $\frac{1}{2}$

الف - ۱۶

د - ۲

ج - ۴



شکل ۸-۱۰۰

۱۳- هرچه ضریب دی الکتریک ماده عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد ظرفیت خازن

الف - کمتر می شود. ب - زیادتر می شود.

ج - تغییر نمی کند. د - با توان دو تغییر می کند.

۱۴- سرعت حرکت الکترون ها برای مدار خازنی در لحظه اول وصل کلید می باشد.

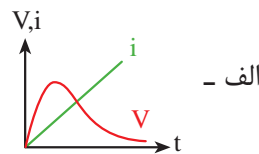
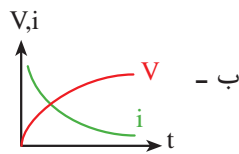
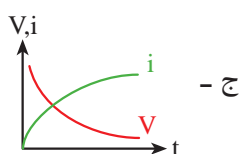
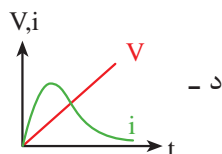
الف - سریع ب - آهسته ج - متوسط د - اول آهسته و سپس سریع

۱۵- علت استفاده از مقاومت سری در مسیر خازن ها به خاطر:

الف - افزایش زمان تناوب ب - کاهش زمان لازم برای بروز خاصیت عایقی

ج - کاهش زمان تناوب د - افزایش زمان شارژ و دشارژ خازن

۱۶- منحنی تغییرات ولتاژ و جریان مدار خازنی در حالت شارژ خازن کدام مورد است؟



۱۷- مقاومت نشتی خازن باعث می شود تا:

الف - ظرفیت واقعی خازن از ظرفیت نامی آن بیشتر باشد

ب - ظرفیت واقعی خازن از ظرفیت نامی آن کم تر باشد

ج - ظرفیت واقعی خازن با ظرفیت نامی آن برابر باشد.

د - تحمل ولتاژ کار خازن افزایش یابد.



۱۸- از تانتالیوم در کدامیک از خازن های زیر استفاده می شود؟

الف - کاغذی ب - سرامیکی ج - میکا د الکترولیتی

۱۹- از محلول مومی شکل فنولیک در کدامیک از خازن های زیر استفاده می شود؟

الف - کاغذی ب - سرامیکی ج - میکا د الکترولیتی

الف - الکترولیتی ب - میکا ج - سرامیکی د - کاغذی

۲۰- جنس صفحات کدامیک از خازن های زیر از جنس آلومینیومی نمی باشد؟

الف - کاغذی ب - میکا ج - سرامیکی د الکترولیتی

۲۱- خازن های شکل ۸-۱۰۰ از چه نوعی است؟

الف - کاغذی ب - میکا

ج - الکترولیتی د - متغیر

۲۲- خازن یک خازن متغیری است که با پیچ گوشتی ظرفیتش تغییر می کند.

الف - واریابل ب - کاغذی ج - میکا د تریمر

۲۳- حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه سانتیگراد را گویند.

الف - تلرانس ب - ظرفیت ج - ضریب حرارتی د واریابل

۲۴- کدامیک از موارد زیر در انتخاب یک خازن مؤثر نیست؟

الف - شکل ظاهری ب - ظرفیت ج - ولتاژ کار د ضریب حرارتی

۲۵- ظرفیت خازن معادل سه خازن مساوی موازی ظرفیت هر یک از خازن های مدار است.

الف - $\frac{1}{3}$ ب - ۳ برابر ج - $\sqrt{3}$ برابر د $\frac{1}{\sqrt{3}}$

۲۶- مشخصات خازن شکل ۸-۱۰۱ کدام است؟

الف - $3/9\text{kpf} \pm 10\%$ ب - $3/9\text{kpf} \pm 5\%$

ج - $390\text{kpf} \pm 10\%$ د - $390\text{kpf} \pm 5\%$

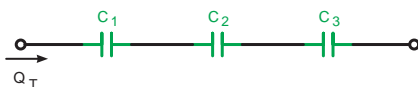


شکل ۸-۱۰۱

۲۷- کدام یک از روابط زیر بار الکتریکی خازن های C_1 و C_2 و C_3 را نشان می دهد؟

الف - $Q_1 > Q_2 > Q_3$ ب - $Q_1 < Q_2 < Q_3$

ج - $Q_1 = Q_2 = Q_3$ د - $Q_1 > Q_2, Q_2 < Q_3$

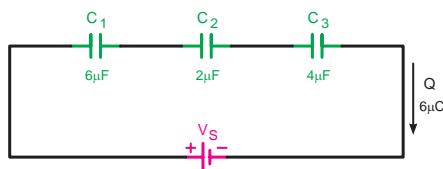


شکل ۸-۱۰۲

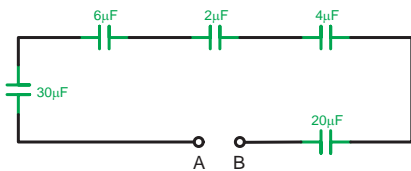
۲۸- ولتاژ دو سر خازن C_2 در مدار شکل ۸-۱۰۳ چند ولت است؟

الف - ۲۴ ب - ۰/۷

ج - ۱/۵ د - ۱/۲



شکل ۸-۱۰۳



شکل ۸-۱۰۴

۲۹- ظرفیت خازن معادل C_T شکل ۸-۱۰۴ چند میکروفاراد است؟

الف - $\frac{1}{90}$

ب - $\frac{1}{3}$

ج - $\frac{1}{90}$

د - $\frac{1}{3}$

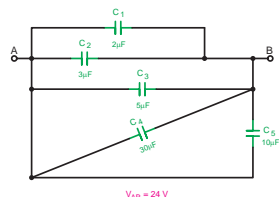
۳۰- مقدار بار الکتریکی خازن C_p در شکل ۸-۱۰۵ چند میکروکولن است؟

الف - ۷۲

ب - $\frac{0}{5}$

ج - ۱۸

د - ۲



شکل ۸-۱۰۵

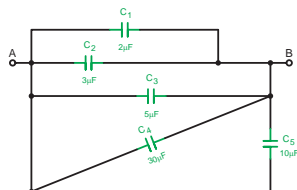
۳۱- ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و B شکل ۸-۱۰۶ چند میکروفاراد است؟

الف - ۱۵۰

ب - ۵۰

ج - ۸۰

د - ۲۰



شکل ۸-۱۰۶

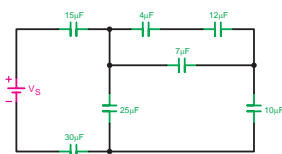
۳۲- ظرفیت خازن معادل شکل ۸-۱۰۷ چند میکروفاراد است؟

الف - $\frac{7}{5}$

ب - ۱۵

ج - ۳۰

د - $\frac{4}{5}$



شکل ۸-۱۰۷

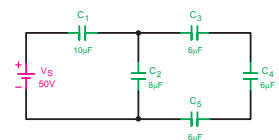
۳۳- ولتاژ دو سر خازن C_p شکل ۸-۱۰۸ چند ولت است؟

الف - $\frac{14}{5}$

ب - ۲۵

ج - ۱۲

د - ۱۷



شکل ۸-۱۰۸

۳۴- از خازن در مدارهای الکتریکی برای ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می شود. ☐ صحیح ☐ غلط

۳۵- ظرفیت یک خازن با فاصله بین صفحات آن رابطه مستقیم دارد. ☐ صحیح ☐ غلط

۳۶- با افزایش سطح صفحات خازن مقاومت نشستی آن نیز افزایش می یابد. ☐ صحیح ☐ غلط

۳۷- حداکثر ولتاژی که می توان به طور دائم به خازن اعمال کرد را ولتاژ ذخیره شده گویند. ☐ صحیح ☐ غلط

۳۸- ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن های موجود در مدار است.

۳۹- مقدار ظرفیت واقعی خازن معمولاً از ظرفیت اسمی آن است.

۴۰- مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از رابطه به دست می آید.



مطالب مربوط به سئوالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل نهم: جریان متناوب

هدف کلی

شناسایی خصوصیات جریان متناوب و انجام محاسبات ساده در مدارهای جریان متناوب شامل سلف، خازن و مقاومت اهمی

هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- جریان مستقیم و متناوب را تعریف کند.
- ۲- شکل موج را تعریف کند و انواع شکل موج های ac و dc را رسم کند.
- ۳- اجزای یک مولد ساده ac و عوامل مؤثر در ولتاژ القایی را نام ببرد.
- ۴- نحوه تولید جریان متناوب توسط ژنراتور را شرح دهد.
- ۵- قانون دست راست در ژنراتورها را شرح دهد.
- ۶- چگونگی به وجود آمدن موج سینوسی را شرح دهد.
- ۷- مشخصات یک موج سینوسی را توضیح دهد.
- ۸- مدارهای اهمی، سلفی، خازنی خالص را از نظر رابطه فازی بین ولتاژ جریان و توان مصرفی توضیح دهد.
- ۹- روابط اندوکتانس و راکتانس کل در مدارهای سلفی سری و موازی را به دست آورد.
- ۱۰- بردار را تعریف کرده و نحوه نمایش کمیت های برداری در مدارهای مختلف را توضیح دهد.
- ۱۱- مدارهای RLC, LC, RC, LR سری و موازی را از نظر امپدانس، ضرایب قدرت، ضریب کیفیت، زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان، دیاگرام های برداری را تجزیه کند.
- ۱۲- حالت رزونانس را در مدارهای LC و RLC بررسی کند.
- ۱۳- انواع توان در جریان متناوب را با ذکر روابط توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲۰	۱۲	۳۲



۱- ظرفیت خازن به کدام یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟

- الف - فاصله بین صفحات
ب - جنس عایق
ج - جنس صفحات
د - سطح صفحات

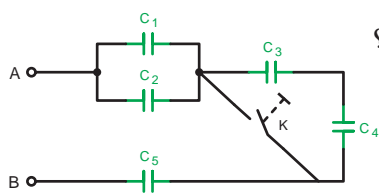
۲- کار یک خازن عبارت است از:

- الف - متوقف ساختن عبور جریان برق AC
ب - کمک به عبور جریان برق DC
ج - ذخیره سازی انرژی الکتریکی
د - ذخیره ساختن گرما

۳- راکتانس خازنی یک خازن 7900Ω است اگر ظرفیت خازن $0.1 \mu f$ باشد فرکانس مدار چقدر است؟

- الف - 50 HZ
ب - 3 HZ
ج - 100 HZ
د - 200 HZ

۴- در شکل ۹-۱ با بسته شدن کلید K ظرفیت خازن معادل چه تغییری می کند؟



- الف - افزایش می یابد.
ب - کاهش می یابد.
ج - نصف می شود.
د - دو برابر می شود.

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5$$

شکل ۹-۱

۵- جریانی که در سیم های برق شهری جاری است از چه نوع جریانی است؟

- الف - DC
ب - AC
ج - DC ضرباندار
د - AC ضرباندار

۶- وضعیت جریان عبوری از مدار یک خازن در شرایط شارژ کامل چگونه است؟

- الف - حداکثر
ب - صفر
ج - دو برابر
د - حداقل

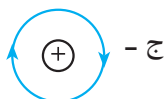
۷- ولتاژ AC بر چه اساسی به وجود می آید؟

- الف - القا
ب - مالش
ج - شیمیایی
د - حرارت

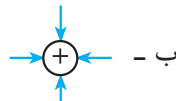
۸- جهت خطوط نیروی الکتریکی ذره باردار مثبت (+Q) کدام یک از موارد زیر است؟



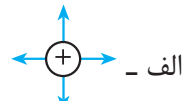
د -



ج -



ب -



الف -

۹- ظرفیت خازن شکل ۹-۲ کدام گزینه است؟

- الف - $122 \mu f$
ب - $22 \mu f$

ج - $1/22 \text{ Pf}$

د - 1200 Pf

۱۰- فرکانس برق شبکه ایران چند هرتز است؟

- الف - 50
ب - 100

ج - 0.1

د - 0.2

122

۹-۲

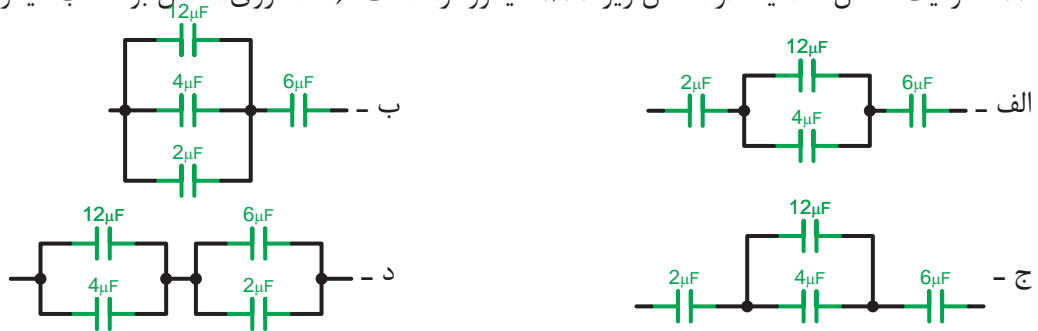
۱۱- ظرفیت خازن $100\mu F$ معادل چند پیکوفاراد است؟

- الف - 10^{-3} ب - 10^5 ج - 10^8 د - 10^{-8}

۱۲- اگر ده خازن 10 میکروفارادی را به صورت سری ببندیم ظرفیت معادل چند میکروفاراد است؟

- الف - 1 ب - 100 ج - 10 د - 0.1

۱۳- ظرفیت معادل کدامیک از اشکال زیر $1/37$ میکروفاراد است؟ (اعداد روی اشکال بر حسب میکروفاراد)



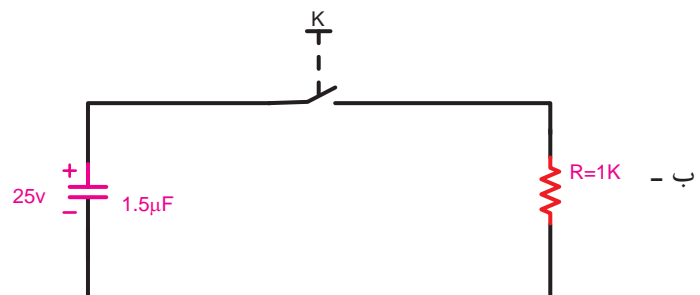
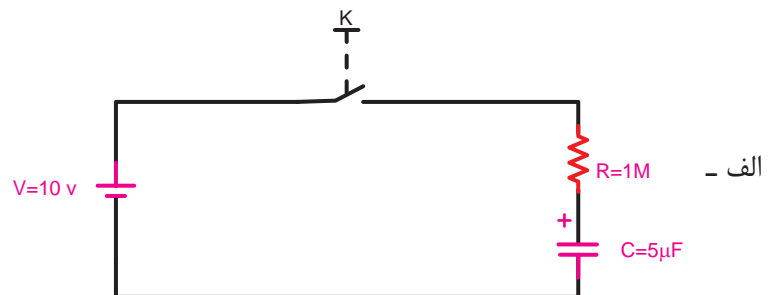
۱۴- مدار معادل سیم پیچ‌های یک موتور الکتریکی معادل کدام گزینه است؟



۱۵- توانی که مربوط به مصرف کننده‌های اهمی می‌باشد چه نام دارد؟

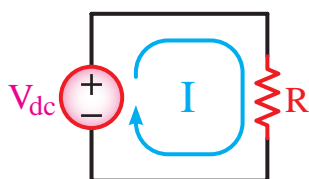
- الف - ظاهری ب - اکتیو ج - راکتیو د - غیر حقیقی

۱۶- ثابت زمانی و مدت زمان شارژ و دشارژ کامل هر یک از مدارهای مقابل چند ثانیه است؟



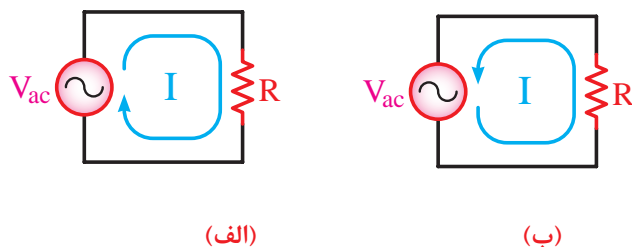
۹-۱- جریان متناوب چیست؟

در هر مدار الکتریکی که ولتاژ وجود داشته باشد جریان الکتریکی نیز جاری خواهد شد. اگر قطب های ولتاژ مدار هرگز تغییر نکند جهت جریان ثابت می ماند، در غیر این صورت به آن «جریان مستقیم یا dc»^۱ می گویند. (شکل ۹-۳)



شکل ۹-۳

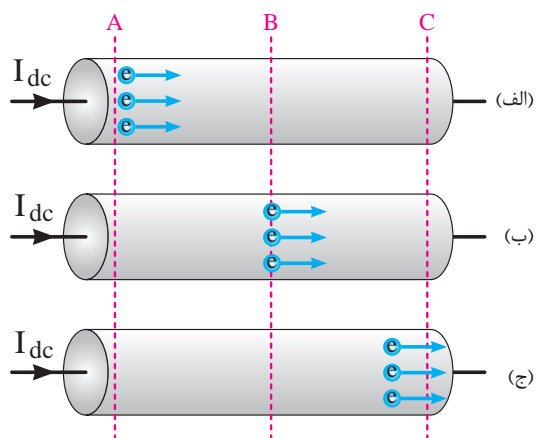
جریان الکتریکی دیگری نیز وجود دارد که همیشه در یک جهت نیست یعنی ابتدا در یک جهت جریان می یابد. سپس جهت خود را عوض می کند و در خلاف جهت حالت قبل جاری می شود. به این نوع جریان اصطلاحاً «جریان متناوب یا AC»^۲ می گویند. (شکل ۹-۴)



شکل ۹-۴

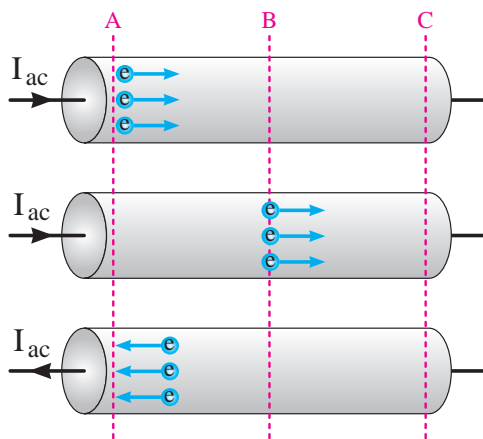
۹-۲- مقایسه جریان مستقیم و جریان متناوب در یک سیم

اگر جریان dc از قطعه سیمی عبور کند، جریان از قطب مثبت شروع شده و به قطب منفی ختم می شود و در این حالت یک تعداد الکترون به قطب منفی منتقل می شوند. (شکل ۹-۵)



شکل ۹-۵

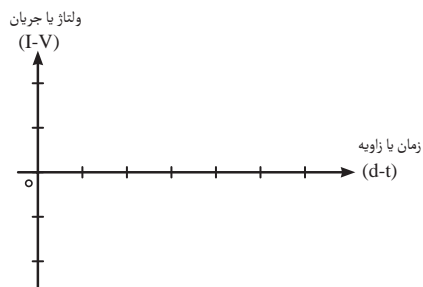
حال چنانچه جریان ac از قطعه سیم عبور کند در یک مدت زمان معین ابتدا جریان در یک مسیر حرکت می کند سپس جهت جریان عوض شده و الکترون ها در مسیر طی شده اول باز می گردند. شکل ۹-۶ نحوه حرکت الکترون ها را در جریان AC نشان می دهد.



شکل ۹-۶

1 - Direct Current - DC

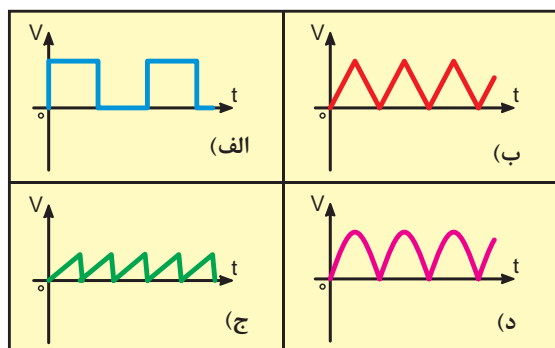
2 - Alternativ Current-AC



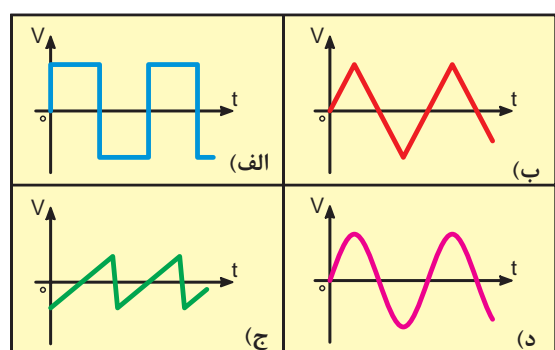
شکل ۷-۹



شکل ۸-۹



شکل ۹-۹- انواع شکل موج های dc



شکل ۱۰-۹- انواع شکل موج های ac

۳-۹- شکل موج ها در جریان متناوب

تغییرات ولتاژ یا جریان در مدارهای الکتریکی را به صورت «شکل موج»^۱ نشان می دهند. برای رسم شکل موج محورهای مختصاتی مطابق شکل ۷-۹ نیاز داریم. محور عمودی بیانگر اندازه ولتاژ یا جریان و محور افقی معرف زمان یا زاویه است. بالای محور افقی را قسمت مثبت موج و پایین محور افقی را قسمت منفی موج می گویند.

برای مشاهده و اندازه گیری شکل موج های ولتاژ و جریان از وسیله های به نام «اسیلوسکوپ»^۲ استفاده می کنند. (شکل ۸-۹) دو نمونه اسیلوسکوپ را نشان می دهد. اسیلوسکوپ به معنای نوسان نما یا نشان دهنده شکل موج است.

از انواع شکل موج ها می توان شکل موج مربعی، مثلثی، دنداناره ای و سینوسی را نام برد. در جریان متناوب معمولاً شکل موج سینوسی از سایر انواع موج ها متداولتر است. یادآوری می شود که همه شکل موج ها قابل تبدیل به شکل موج سینوسی هستند.

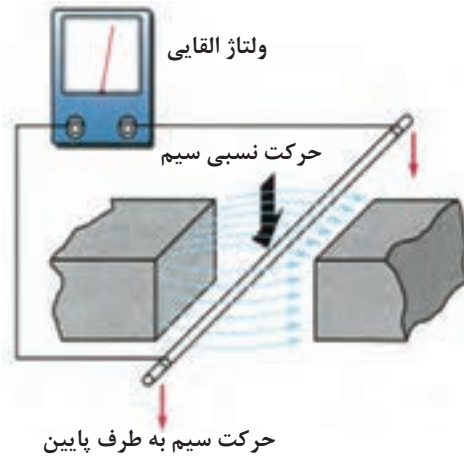
بطور کلی جریان های ac و dc دارای شکل موج هستند. آن دسته از شکل موج ها را که دارای قسمت منفی نیستند موج dc و آن گروه از شکل موج ها که دارای قسمت مثبت و منفی هستند را موج ac می گویند. شکل ۹-۹ نمونه هایی از امواج dc و شکل ۹-۱۰ نمونه هایی از امواج AC را نشان می دهد.

1 - Wave form

2 - Osiloscope

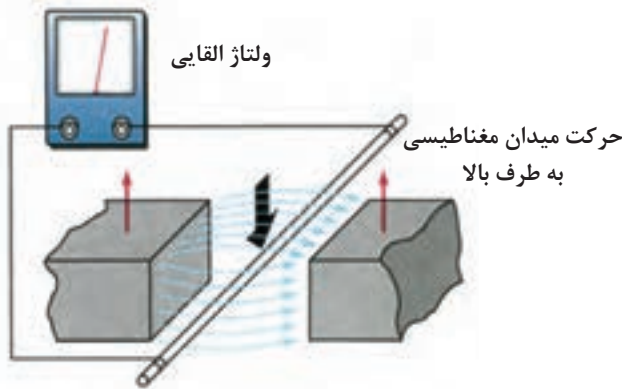
۹-۴- تولید جریان متناوب توسط ژنراتور

فاراده تحقیقاتی را در زمینه تولید ولتاژ انجام داد که بعدها به عنوان قانون مطرح شد. وی دریافته بود که هرگاه سیمی در مسیر حرکت خود خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند ولتاژی در دو سر آن به وجود می آید. (شکل ۹-۱۱)



شکل ۹-۱۱- نحوه تولید جریان متناوب (حرکت سیم)

همچنین در صورتی که سیم ثابت باشد و میدان مغناطیسی به گونه ای حرکت کند و خطوط قوای مغناطیسی توسط سیم قطع شود مانند حالت قبل ولتاژ به وجود می آید. (شکل ۹-۱۲) به این ولتاژ در اصطلاح «ولتاژ القایی» می گویند.

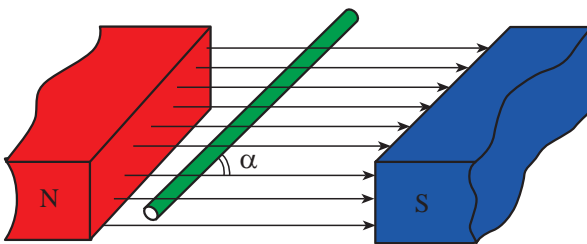


شکل ۹-۱۲- نحوه تولید جریان متناوب (حرکت میدان مغناطیسی)

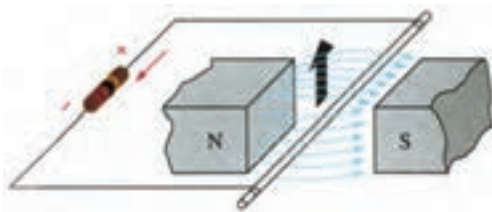
مقدار این ولتاژ به عوامل مختلفی به شرح زیر بستگی دارد:

- الف - اندوکسیون میدان مغناطیسی (B)
- ب - سرعت حرکت سیم یا سرعت حرکت میدان مغناطیسی (V)
- ج - طول مؤثر سیم (طولی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می گیرد. (L)
- د - زاویه سیم با میدان مغناطیسی (α)

هر قدر خطوط قوا بیشتر باشد، سیم سریعتر حرکت کند، طول مؤثر سیم بیشتر باشد، زاویه سیم نسبت به میدان مغناطیسی عمود باشد، مقدار ولتاژ القایی بیشتر خواهد شد. (شکل ۹-۱۳)

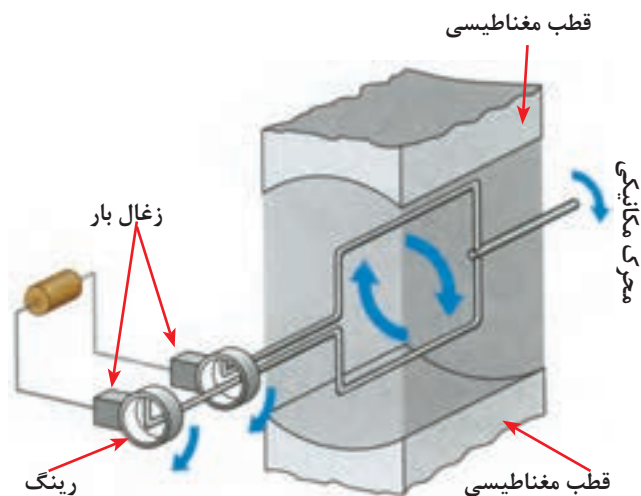


شکل ۹-۱۳- وضعیت قرار گرفتن سیم با میدان مغناطیسی



شکل ۹-۱۴- اگر مدار سیم متحرک بسته شود جریان القایی در مدار مصرف کننده جاری می شود.

اگر مدار الکتریکی سیمی که در داخل میدان مغناطیسی حرکت می کند بسته شود جریان القایی در سیم جاری خواهد شد. (شکل ۹-۱۴)



در ژنراتورها برای اینکه تمام فضای داخلی مولد برای تولید ولتاژ مورد استفاده قرار گیرد، معمولاً به جای سیم، یک قاب سیمی یا یک کلاف سیمی که دارای چند دور است به کار می رود. مجموعه تولید کننده انرژی را «مولد» می نامند.

اجزای یک مولد ساده ac به شرح زیر است:

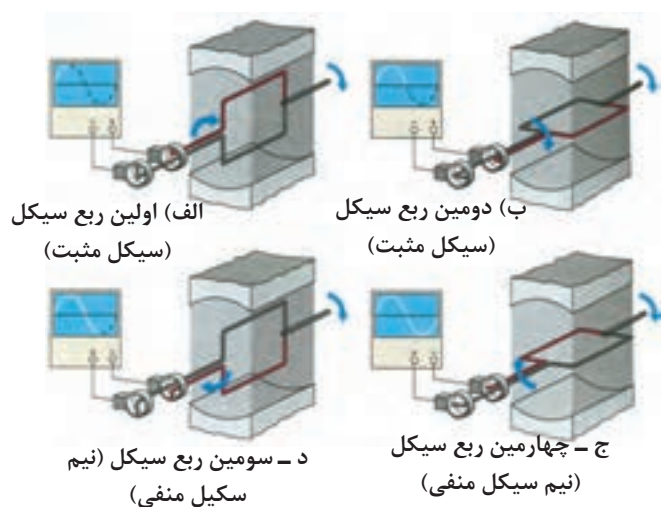
۱- قطب های مغناطیسی

۲- کلاف سیم

۳- رینگ ها^۱ (حلقه های لغزنده)

۴- زغال ها^۲

شکل ۹-۱۵- شکل ساده یک مولد جریان متناوب به همراه بار

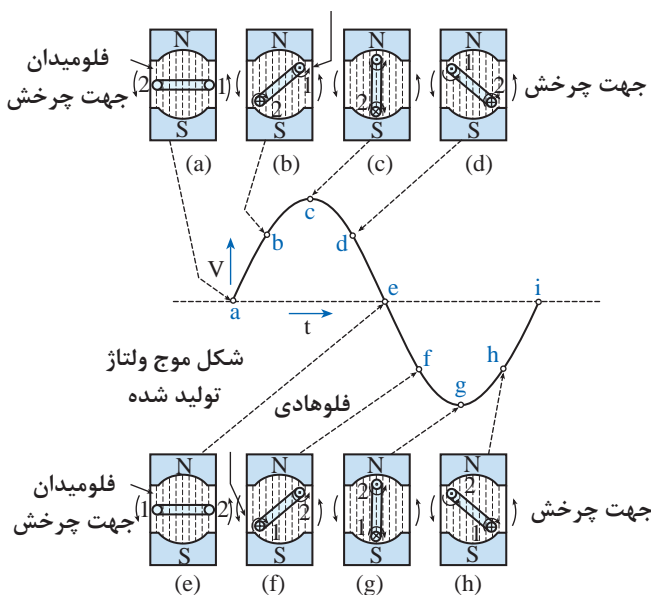


شکل ۹-۱۵ ساختمان ساده ای از مولد ac را نشان می دهد.

حرکت کلاف در داخل میان مغناطیسی به صورت دایره ای و متناسب با سینوس زاویه کلاف با میدان مغناطیسی است لذا شکل موجی که روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر می شود بصورت سینوسی خواهد بود.

شکل ۹-۱۶ وضعیت کلاف و شکل موج خروجی را در

لحظاتی که کلاف در زاویه ها 90° ، 180° ، 270° ، 360° چرخش قرار دارد نشان می دهد.



وضعیت کلاف، میدان مغناطیسی و مقدار ولتاژ روی

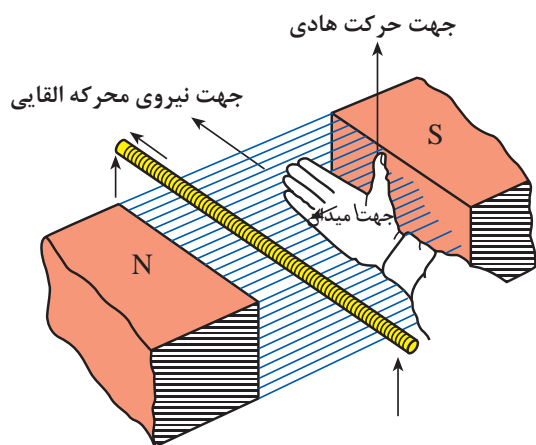
شکل موج سینوسی در لحظات مختلف روی شکل ۹-۱۷ نشان داده شده است.

1 - Slip rings

2 - Brushes

شکل ۹-۱۷

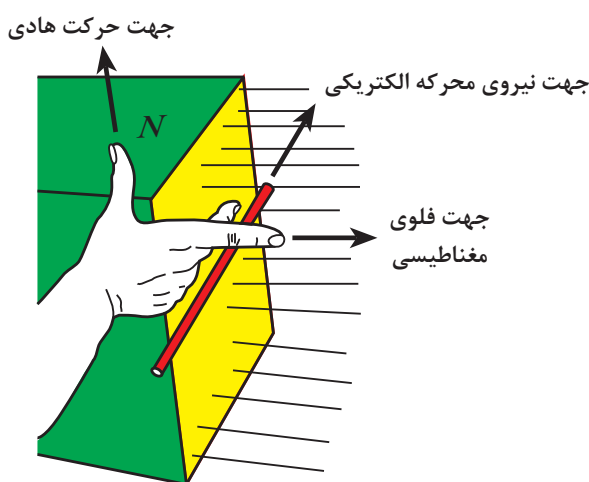
۹-۵- قانون دست راست در مورد ژنراتورها



شکل ۹-۱۸- قانون دست راست (کف دست باز)

برای نشان دادن جهت جریان القایی جاری شده در سیم از قانون دست راست به دو طریق زیر می توانیم استفاده کنیم:

الف - هرگاه دست راست خود را طوری در داخل میدان مغناطیسی قرار دهیم که فوران مغناطیسی از قطب شمال به کف دست راست وارد شود و انگشت شست باز شده جهت حرکت هادی را نشان دهد، امتداد چهار انگشت کشیده شده جهت جریان القایی را نشان خواهد داد. (شکل ۹-۱۸)



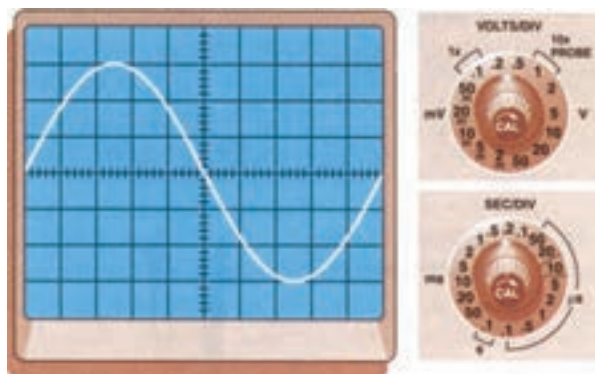
شکل ۹-۱۹- قانون دست راست (به صورت سه انگشت)

ب - اگر دست راست خود را طوری در داخل میدان مغناطیسی بگیرید که انگشت شست، سبابه (اشاره) و میانی بر هم عمود باشند در این حالت انگشت سبابه جهت فلوئ مغناطیسی و انگشت شست جهت حرکت سیم را نشان دهد، انگشت میانی جهت جریان جاری شده را مشخص می کند. (شکل ۹-۱۹)

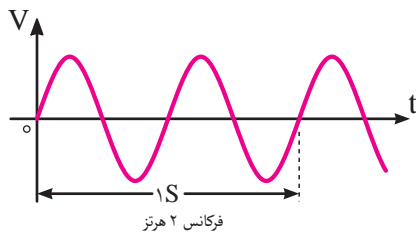
۹-۶- مشخصات جریان متناوب

۹-۶-۱- سیکل: شکل موجی که در اثر گردش

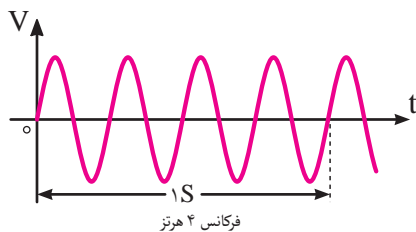
یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی به وجود می آید را یک «سیکل» می گویند. (شکل ۹-۲۰)



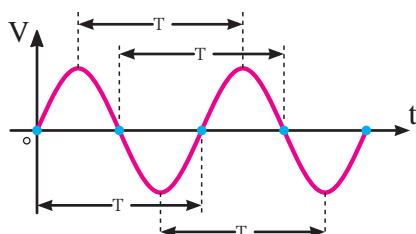
شکل ۹-۲۰- تصویر یک سیکل روی صفحه اسیلوسکوپ



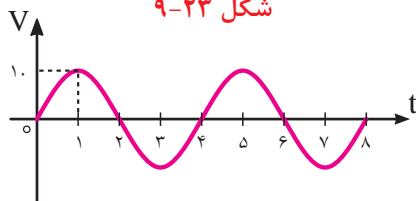
شکل ۹-۲۱



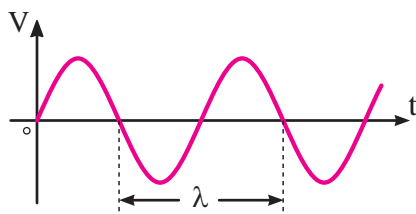
شکل ۹-۲۲



شکل ۹-۲۳



شکل ۹-۲۴



شکل ۹-۲۵

۹-۶-۲- فرکانس (f): به تعداد سیکل‌ها

(نوسانات) در مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» می‌گویند. (شکل ۹-۲۱)

واحد فرکانس $\frac{1}{s}$ یا هرتز (Hz) است. فرکانس برق ایران ۵۰ هرتز است.

مثال: فرکانس شکل موج داده شده در شکل ۹-۲۲ چند هرتز است؟

حل: چون چهار سیکل در مدت زمان یک ثانیه طی می‌شود پس فرکانس برابر با $f = 4\text{Hz}$ است.

۹-۶-۳- زمان تناوب (T): مدت زمانی

که طول می‌کشد تا یک سیکل کامل طی شود را «زمان تناوب» یا «پریود» می‌گویند.

واحد زمان تناوب هرتز یا ثانیه (s) است. پریود و فرکانس عکس یکدیگرند.

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{یا} \quad f = \frac{1}{T}$$

مثال: زمان تناوب شکل ۹-۲۴ چه قدر است؟

حل: مدت زمان یک سیکل روی شکل برابر با: $T = 4\text{ms}$ است زیرا برای کامل شدن سیکل ۴ میلی ثانیه طی می‌شود.

۹-۶-۴- طول موج (λ): مسافتی را که یک

موج در یک سیکل کامل طی کند «طول موج» می‌نامند. واحد طول موج بر حسب متر (m) است. سرعت طول موج بستگی به محیطی که در آن منتشر می‌شود دارد. طول موج را از رابطه زیر می‌توان به دست آورد.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{سرعت نور}}{\text{فرکانس}} = \frac{3000000}{f}$$

۵-۶-۹- سرعت زاویه ای (ω امگا):

سرعت زاویه ای عبارت است از زاویه ای که شعاع مربوط به متحرک نسبت به شعاع مبنا در عرض یک ثانیه طی می کند. شکل ۹-۲۶ واحد سرعت زاویه ای رادیان بر ثانیه است. چون یک دور چرخش داخل دایره برابر 2π رادیان است لذا اگر متحرکی در هر ثانیه f دور بزند خواهیم داشت:

$$\omega = 2\pi f$$

مثال: سرعت زاویه ای متحرکی با فرکانس ۱۰۰ هرتز چقدر

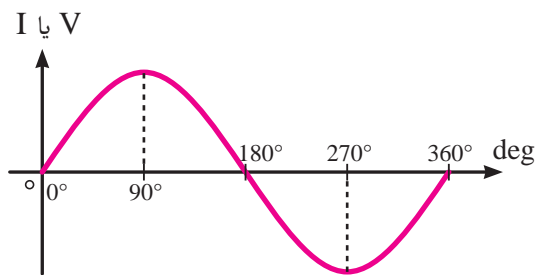
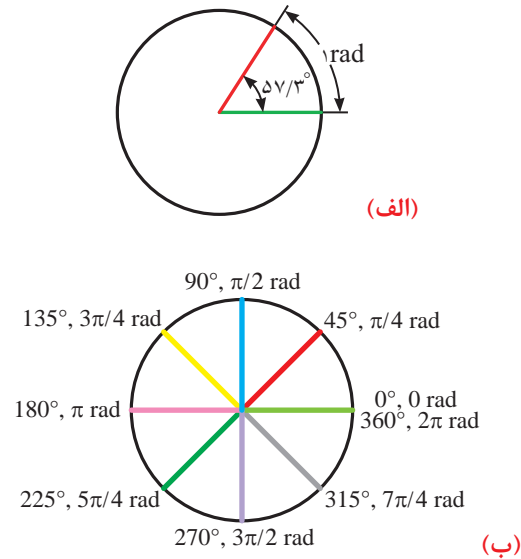
است؟

حل:

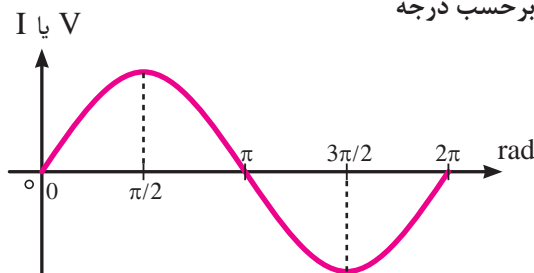
$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 2 \times 3.14 \times 100 = 628 \text{ Rad/s}$$

شکل های ۹-۲۶ ج و ۹-۲۶ د نحوه تقسیم بندی محور افقی

شکل موج سینوسی بر حسب درجه و رادیان را نشان می دهند.



(ج) بر حسب درجه

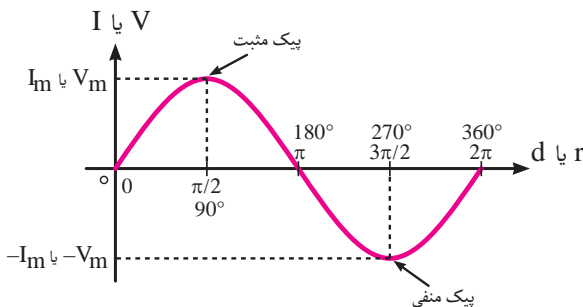


(د) بر حسب رادیان

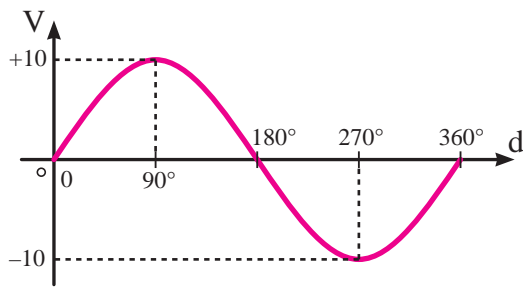
شکل ۹-۲۶

۶-۶-۹- مقدار پیک یا ماکزیمم (max-peak)

حداکثر مقداری که ولتاژ یا جریان سینوسی در هر نیم سیکل دارد را مقدار ماکزیمم می گویند. در شکل ۹-۲۷ نقاط پیک مثبت و منفی نشان داده شده است.



شکل ۹-۲۷



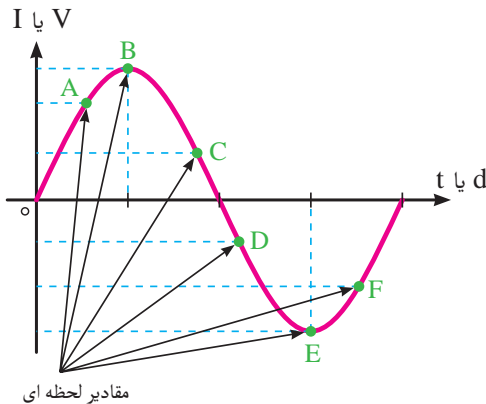
شکل ۹-۲۸

مثال: مقدار پیک شکل موج ۹-۲۸ چند ولت است و در چه زاویه ای قرار دارد؟
 حل: مقدار ماکزیمم $\theta = 270^\circ$ ولت و در زاویه ای $\theta = 90^\circ$ و $\theta = 270^\circ$ قرار دارد.

۹-۶-۷- دامنه: مقدار موج در هر لحظه از زمان

را اصطلاحاً دامنه یا «مقدار لحظه ای» می گویند.

در شکل ۹-۲۹ دامنه لحظه ای در نقاط A, B, C, D, E, F نشان داده شده است.



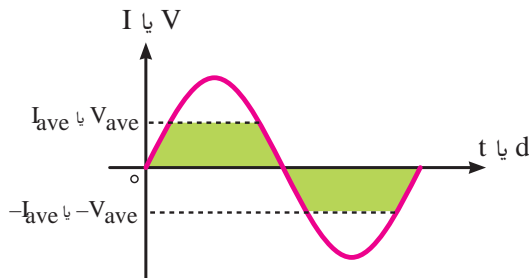
شکل ۹-۲۹

۹-۶-۸- مقدار متوسط (ave):

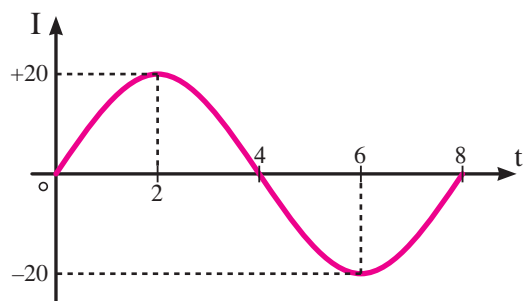
به میانگین مقادیر لحظه ای موج سینوسی در یک نیم سیکل اصطلاحاً متوسط موج می گویند. (شکل ۹-۳۰) چون در هر نیم سیکل موج سینوسی از صفر شروع شده به مقدار حداکثر (ماکزیمم) می رسد و مجدداً به صفر برمی گردد لذا مقدار میانگین یک نیم سیکل نیز چیزی بین صفر و مقدار ماکزیمم می باشد. مقدار متوسط برای نیم سیکل موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$V_{ave} = \frac{2}{\pi} \times V_m = 0.637 \times V_m$$

$$I_{ave} = \frac{2}{\pi} \times I_m = 0.637 \times I_m$$



شکل ۹-۳۰



شکل ۹-۳۱

از آنجایی که هر دو نیم سیکل موج سینوسی مشابه یک-دیگر هستند و فقط در علامت مثبت و منفی تفاوت دارند به همین دلیل مقدار متوسط در یک سیکل برابر صفر است.
 مثال: مقدار متوسط نیم سیکل موج نشان داده شده در شکل ۹-۳۱ چند آمپر است؟

حل:

$$I_{ave} = \frac{2}{\pi} \times I_m = 0.637 \times I_m$$

$$I_{ave} = 0.637 \times 20$$

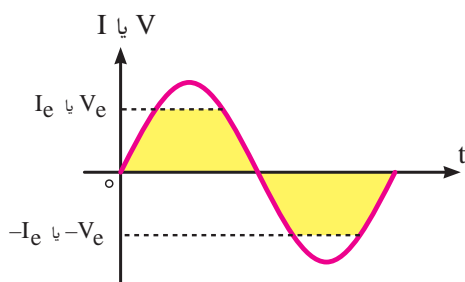
$$I_{ave} = 12.74 \text{ A}$$

۹-۶-۹ مقدار مؤثر (e-eff):

مقدار مؤثر یک ولتاژ AC عبارت است از مقدار ولتاژی که در یک مدار اهمی خالص (مانند اتوی برقی) همان مقدار گرمایی را تولید می کند که یک جریان DC با همان مقدار دامنه تولید می کند. (شکل ۹-۳۲)



شکل ۹-۳۲



شکل ۹-۳۳

مقدار مؤثر یک موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه

است:

$$V_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times V_m = 0.707 \times V_m$$

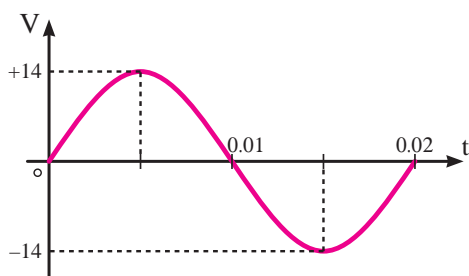
$$I_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times I_m = 0.707 \times I_m$$

مقدار مؤثر یک موج سینوسی را با اندیس r_{ms} نیز

نشان می دهند.

$$V_e = V_{rms} = 0.707 \times V_m$$

$$I_e = I_{rms} = 0.707 \times I_m$$



شکل ۹-۳۴

مثال: مقدار مؤثر شکل موج ولتاژ نشان داده شده در

شکل ۹-۳۴ چه قدر است؟

حل:

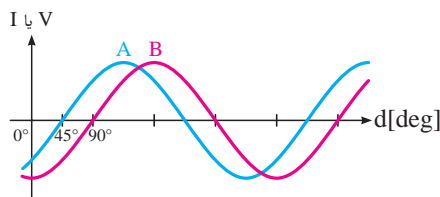
$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 \times V_m$$

$$V_e = 0.707 \times 14$$

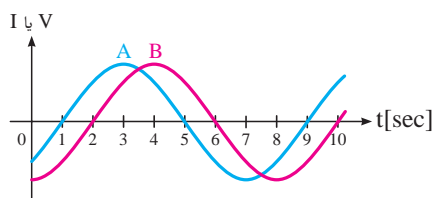
$$V_e = 9.898V$$

۱۰-۹-۶- فاز: کلمه یا اصطلاحی است که ارتباط

زمانی یا مکانی بین دو یا چند موج را بیان می کند.
از این کلمه بیشتر به صورت پسوند برای بیان فاصله بین دو موج استفاده می شود.

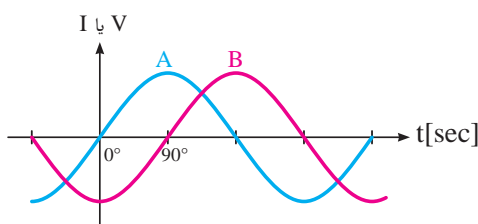


الف - موج A با B باندازه ۴۵ درجه فاصله دارد. (۴۵ درجه اختلاف فاز دارند)

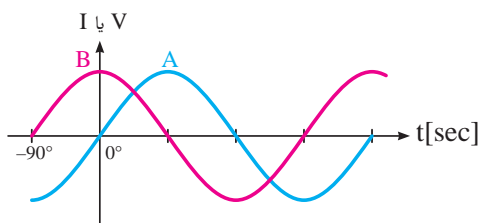


ب - موج A با B باندازه ۱ ثانیه فاصله دارد.

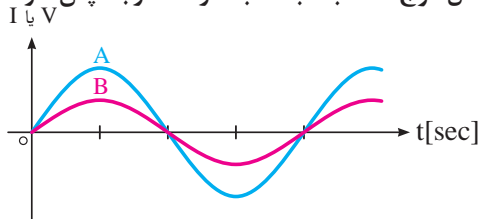
شکل ۹-۳۵



الف - شکل موج A نسبت به B باندازه ۹۰ درجه پس فاز است.



ب - شکل موج * نسبت به A باندازه B درجه پس فاز است.



ج - شکل موج A و B با هم هم فاز هستند.

شکل ۹-۳۶

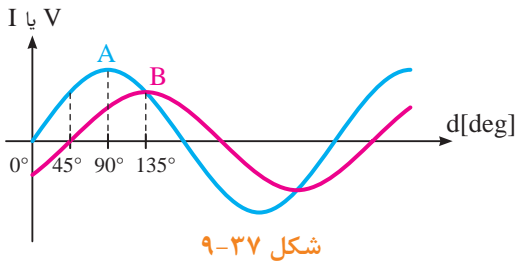
۱۱-۹-۶- اختلاف فاز: برای تعیین میزان

اختلاف فاز بین دو شکل موج ابتدا دو نقطه مشابه (نقطه صفر - نقطه ماکزیمم یا نقطه مینیمم) از شکل موج ها را بر حسب کمیت محور افقی با یکدیگر مقایسه می کنیم و سپس مقدار آن را با ذکر کلمه پسوند «فاز» می نویسیم. مثلاً در صورتی که شکل موجی از موج دیگر جلوتر (زودتر) شروع شده باشد اصطلاح «پیش فاز»^۲ و در صورتی که عقب - تر (دیرتر) شروع شده باشد کلمه «پس فاز»^۳ و چنانچه دو شکل کاملاً مشابه باشند کلمه «هم فاز» را به کار می بریم.
شکل (۹-۳۶)

1 - Phase

2 - Leads

3 - Lags



مثال: ارتباط فازی بین دو شکل موج A و B در شکل

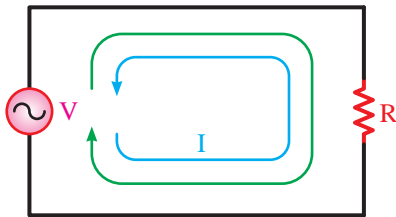
۹-۳۷ چگونه است؟

حل: شکل موج A نسبت به B به اندازه ۴۵ درجه

پیش فاز یا به عبارت دیگر شکل موج B نسبت به A به اندازه ۴۵ درجه پس فاز است.

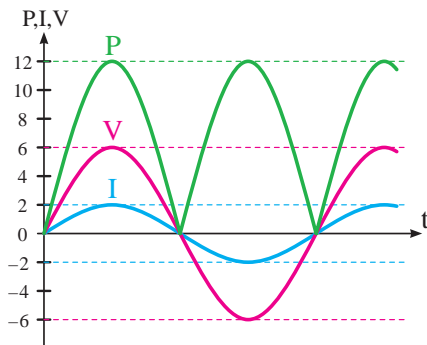
۹-۷- مدارهای جریان متناوب

۹-۷-۱- مدارهای اهمی خالص:



مدارهایی مانند شکل ۹-۳۸ را مدارهای «اهمی خالص»

می گویند. در این نوع مدارها هیچ گونه اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان وجود ندارد و تغییراتشان مشابه یکدیگر است یعنی با هم در یک نقطه به حداقل، حداکثر و صفر می رسند.



همان طوری که می دانید توان از رابطه $P = V \cdot I$ به

دست می آید. شکل موج های ولتاژ و جریان و توان این مدارها را در شکل ۹-۳۹ مشاهده می کنید.

در محاسبات مدارهای جریان متناوب چون با مقدار مؤثر

ولتاژ و جریان سروکار داریم برای توان مصرفی می توانیم بنویسیم:

$$P = V_e \cdot I_e \quad \text{یا} \quad P = R \cdot I_e^2 \quad \text{یا} \quad P = \frac{V_e^2}{R}$$

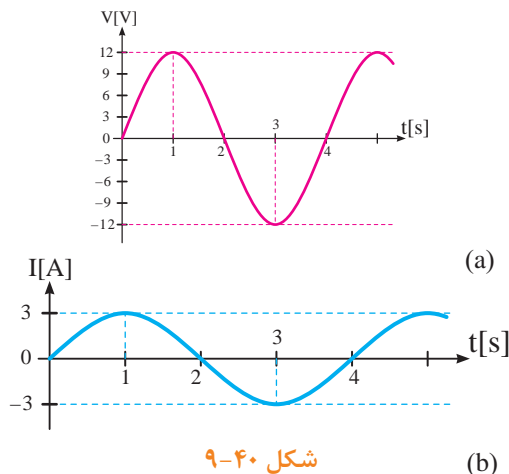
مثال: اگر ولتاژی با مقدار ماکزیمم ۱۲ ولت را به یک

مقاومت اهمی اتصال دهیم در این صورت جریان ماکزیممی برابر با ۳ آمپر از آن عبور می کند. شکل ۹-۴۰ توان مصرفی مقاومت را حساب کنید.

$$P = V_e \cdot I_e$$

حل:

$$P = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{12}{\sqrt{2}} \times \frac{3}{\sqrt{2}} = \frac{36}{2} = 18 \text{ W}$$



۹-۷-۲- مدارهای خازنی خالص:

مدارهایی که در آنها فقط از خازن استفاده شود را مدارهای «خازنی خالص» می‌گویند. (شکل ۹-۴۱) در این مدارها به خاطر وجود خاصیت خازنی، بین ولتاژ و جریان مدار ۹۰ درجه اختلاف فاز به وجود می‌آید. این اختلاف فاز به گونه‌ای است که در این مدارها در لحظاتی که جریان یا ولتاژ صفر است توان صفر خواهد شد. در زمان‌هایی که ولتاژ یا جریان منفی است توان نیز منفی است. توان منفی یا مثبت به این معنی است که در یک سیکل خازن مقداری انرژی از شبکه می‌گیرد و در خود ذخیره می‌کند و در زمانی دیگر به شبکه باز می‌گرداند. به عبارت دیگر خازن توانی را مصرف نمی‌کند. (شکل ۹-۴۲)

مقدار انرژی ذخیره شده در یک خازن را از رابطه زیر

$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

می‌توان به دست آورد.

خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی را نشان می‌دهد که اصطلاحاً به آن «راکتانس خازنی» می‌گویند. واحد آن بر حسب اهم است و از رابطه زیر به دست می‌آید.

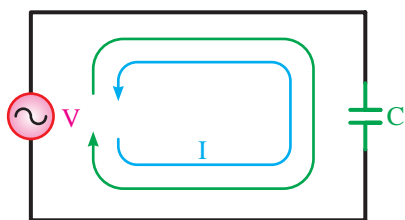
$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

خاصیت مقاومتی خازن در مقابل عبور جریان از خود

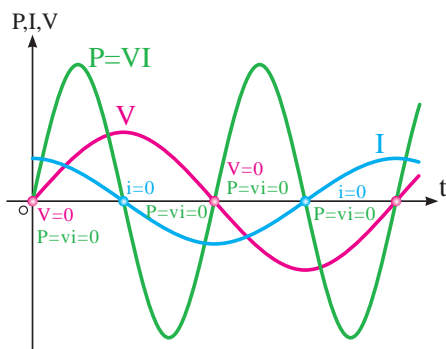
مخالفت نشان می‌دهد.

۹-۷-۳- مدارهای سلفی خالص:

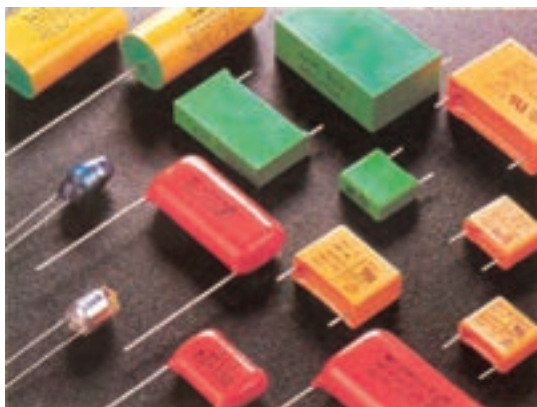
مدارهایی که مشابه شکل ۹-۴۴ هستند و از سیم پیچ (سلف) تشکیل شده‌اند باعث می‌شوند تا جریان به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ عقب (پس فاز) بیفتد.



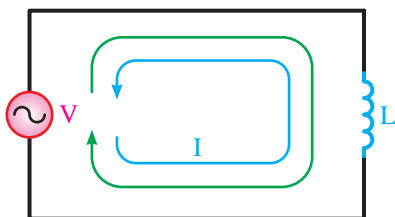
شکل ۹-۴۱- مدار خازنی خالص



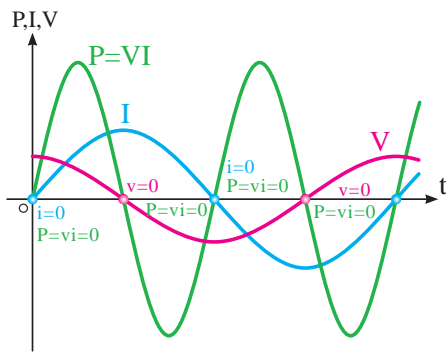
شکل ۹-۴۲



شکل ۹-۴۳- تصاویری از انواع خازن‌ها



شکل ۹-۴۴- مدار سلفی خالص



شکل ۹-۴۵- منحنی ولتاژ و جریان و توان در مدار خازنی خالص

خاصیت سلفی (اندوکتانسی) یک سیم پیچ را با حرف L نشان می دهند و آن را بر حسب هانری H می سنجند. سلف از نظر توان مصرفی مشابه خازن است چرا که مقدار انرژی دریافت شده و داده شده به شبکه آن در هر سیکل برابر است و در واقع عملاً سلف در شبکه متناوب توانی را مصرف نمی کند. (شکل ۹-۴۶)

مقدار انرژی ذخیره شده یک سلف را از رابطه زیر می توان

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

محاسبه کرد.

سلف نیز مانند خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی

نشان می دهد که آن را «راکتانس سلفی» می نامند. راکتانس سلفی را با (X_L) نمایش می دهند. واحد راکتانس سلفی اهم است و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

شکل ۹-۴۶- تصاویری از انواع سلف ها را نشان می دهد.

برای به دست آوردن اندوکتانس خالص در مدارها، سلف ها را به صورت سری و موازی به کار می برند. روابط حاکم بر هر یک از حالت فوق به شرح زیر است.

اتصال سری سلف ها:

هرگاه با دو n سلف مطابق شکل ۹-۴۷ به یکدیگر اتصال

یابند سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت های

اهمی و با استفاده از روابط زیر به دست می آید.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$X_T \cdot I_T = X_{L_1} \cdot I_1 + X_{L_2} \cdot I_2 + X_{L_3} \cdot I_3 + \dots + X_n \cdot I_n$$

$$X_T \cdot I_T = I_T (X_{L_1} + X_{L_2} + \dots + X_n)$$

$$X_T = X_{L_1} + X_{L_2} + \dots + X_{L_n}$$

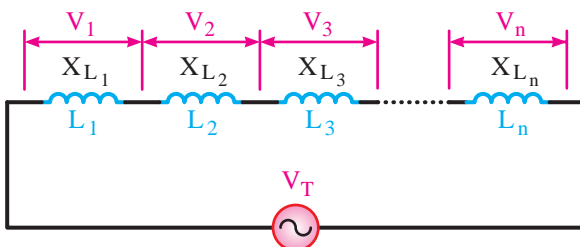
اگر به جای X_L ها مقادیر معادل آن ها را قرار دهیم

خواهیم داشت:

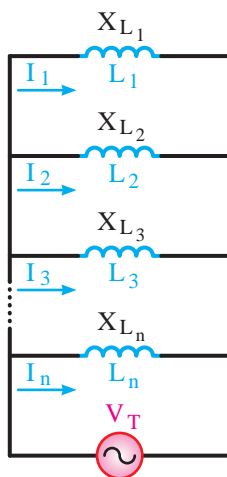
$$L_T \omega = L_1 \omega + L_2 \omega + L_3 \omega + \dots + L_n \omega$$



شکل ۹-۴۶- تصاویری از انواع سلف ها



شکل ۹-۴۷



شکل ۹-۴۸

چون ω ثابت است پس:

$$L_T \cdot \omega = \omega(L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n)$$

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

اتصال موازی سلف ها:

اگر دو یا n سلف مطابق شکل ۹-۴۸ به یکدیگر اتصال داده شوند، سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت های اهمی و با استفاده از روابط زیر به دست می آید.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$\frac{V_T}{X_{L_T}} = \frac{V_T}{X_{L_1}} + \frac{V_T}{X_{L_2}} + \frac{V_T}{X_{L_3}} + \dots + \frac{V_T}{X_{L_n}}$$

$$X_T \frac{1}{X_{L_T}} = X_T \left(\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \dots + \frac{1}{X_{L_n}} \right)$$

$$\frac{1}{X_{L_T}} = \frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \dots + \frac{1}{X_{L_n}}$$

اگر به جای هر X_{L_i} مقدار معادل آن یعنی $L_i \cdot \omega$ را قرار

داریم:

$$\frac{1}{L_T \cdot \omega} = \frac{1}{L_1 \cdot \omega} + \frac{1}{L_2 \cdot \omega} + \frac{1}{L_3 \cdot \omega} + \dots + \frac{1}{L_n \cdot \omega}$$

$$\frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{L_T} = \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n} \right)$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

در شرایط مساوی بودن سلف ها $L_T = \frac{L}{n}$

در شرایطی که دو سلف نامساوی باشند. $L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$

تذکره ۲: در صورتی که سلف ها به

صورت سری - موازی اتصال یابند برای

به دست آوردن سلف معادل می بایست

هر قسمت را با استفاده از قواعد سری یا موازی

مربوط به آن حل کنیم.



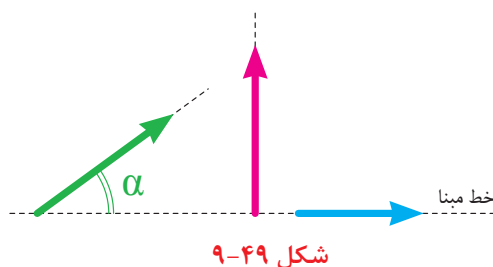
تذکره ۱: حالات خاصی که برای

مقاومت های سری و موازی بیان شد برای

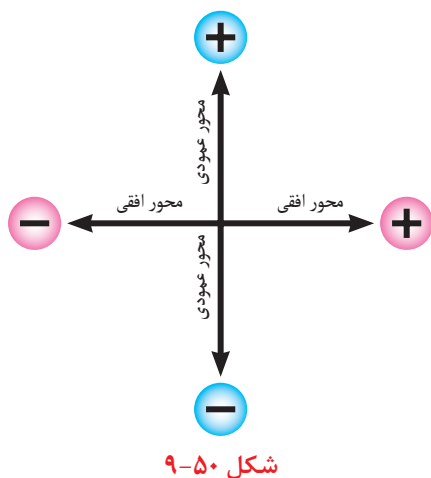
سلف ها نیز صادق است.



۹-۷-۴ بردار:



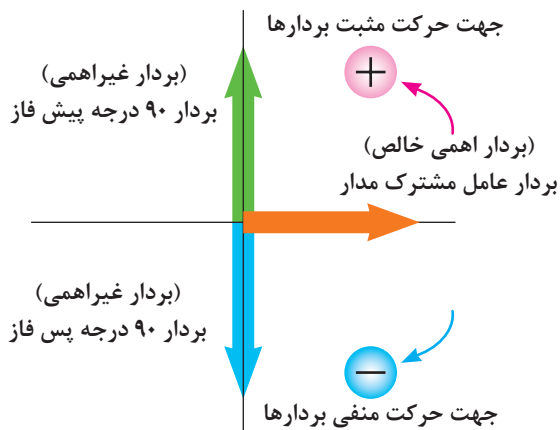
بردار پاره خطی است که دارای اندازه (طول) و جهت (فلش) است. از بردار در مدارهای الکتریکی به عنوان وسیله ای جهت نمایش و محاسبه کمیت های مختلف الکتریکی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و توان استفاده می شود. (شکل ۹-۴۹)



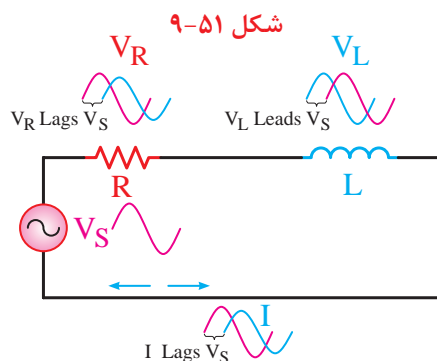
در مدارهای الکتریکی برای رسم بردار مربوط به کمیت های الکتریکی قواعد زیر را به کار می برند. برای رسم بردارها از محورهای مختصات استفاده می شود. (شکل ۹-۵۰)

کمیت های مختلف مربوط به عناصر اهمی خالص روی محور افقی و در جهت مثبت رسم می شوند.

کمیت های مختلف مربوط به عناصر غیراهمی خالص روی محور عمودی رسم می شوند.



در مدارهای ترکیبی ac برای رسم بردارها نخست بردار عامل مشترک مدار را روی محور افقی (جهت مثبت) رسم می شود و سپس بقیه عوامل غیرمشترک نسبت به آن رسم می شوند مثلاً برای ترسیم ۹۰ درجه پیش فازی باید بردار روی محور عمودی مثبت یا برای ترسیم ۹۰ درجه پس فازی باید بردار روی محور عمودی منفی قرار گیرد. (شکل ۹-۵۱)

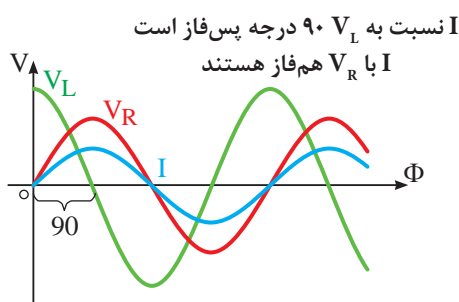


شکل ۹-۵۲- مدار RL سری

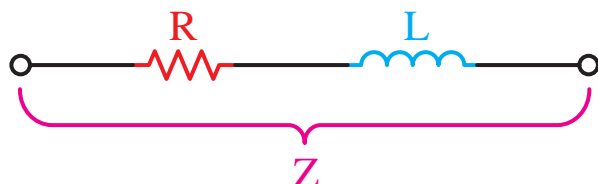
۹-۷-۵ مدارهای ترکیبی جریان متناوب:

الف مدار RL سری:

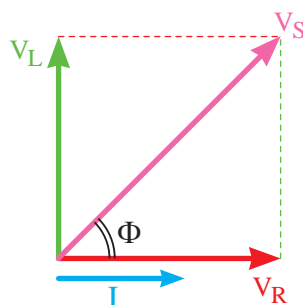
این مدارها که از مقاومت اهمی و سلفی تشکیل شده اند دارای خاصیتی هستند که در برگرنده هر دو عامل است. (شکل ۹-۵۲)



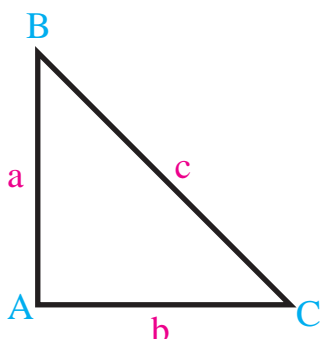
شکل ۹-۵۳- شکل موج های ولتاژ جریان مدار RL سری



شکل ۹-۵۴- مقاومت معادل (امپدانس)



شکل ۹-۵۵



شکل ۹-۵۶- مثلث قائم الزاویه

در این مدارها اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان کل مدار وجود دارد. (شکل ۹-۵۳)

میزان زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می تواند بین صفر تا ۹۰ درجه باشد.

به طور کلی مقاومت معادل در مدارهای جریان متناوب را «امپدانس» می گویند. امپدانس مدارهای RL سری ترکیبی از خاصیت اهمی و راکتانس سلفی است.

می دانیم مدار سری است و عامل مشترک مدار جریان است و از طرف دیگر ولتاژ و جریان در عناصر اهمی هم فاز و در عناصر سلفی ولتاژ به اندازه ۹۰ درجه از جریان جلوتر است. با توجه به موارد فوق دیاگرام برداری ولتاژها در این مدار مطابق شکل ۹-۵۵ ترسیم می شود.

همانگونه که در شکل ۹-۵۵ مشاهده می شود برای به دست آوردن ولتاژ کل مدار سری باید ولتاژهای دو سر مقاومت و سلف را با هم جمع کنیم. در مدارهای اهمی جمع جبری (ساده) قابل قبول است ولی در مدار ترکیبی سلف و مقاومت باید جمع برداری انجام شود.

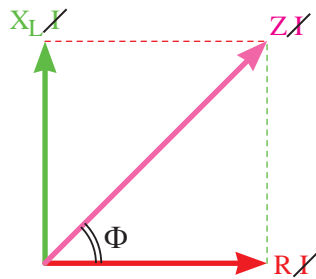
به همین خاطر شکل به دست آمده به صورت یک مثلث قائم الزاویه درآمده است

در مباحث ریاضی سال های گذشته قضیه فیثاغورث را فرا گرفته اید. در این قضیه ارتباط بین اضلاع یک مثلث قائم الزاویه بیان می شود که خلاصه آن چنین است. بنابر قضیه فیثاغورث در هر مثلث قائم الزاویه (شکل ۹-۵۶) مجذور وتر مثلث برابر با حاصل جمع مربع دو ضلع دیگر مثلث است یعنی:

$$\begin{aligned} (\text{ضلع افقی})^2 + (\text{ضلع عمودی})^2 &= (\text{وتر})^2 \\ (BC)^2 &= (AB)^2 + (AC)^2 \\ c^2 &= a^2 + b^2 \end{aligned}$$

بر همین اساس و طبق رابطه فیثاغورث برای دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RL سری در شکل ۹-۵۵ می توانیم بنویسیم:

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$



شکل ۹-۵۷

$$\sin \Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$\cos \Phi = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$$

$$\text{tg} \Phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}$$

در دیاگرام برداری ولتاژها اگر بجای ولتاژها معادل آن‌ها را قرار دهیم و سپس عامل مشترک (جریان) را حذف کنیم. دیاگرام برداری امپدانس به دست می‌آید. (شکل ۹-۵۷) امپدانس را بر حسب اهم و با استفاده از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

در مثلث تشکیل شده شکل ۹-۵۷ برای زاویه Φ نسبت‌های مثلثاتی \sin و tg را می‌توانیم به صورت مقابل بنویسیم:

در مدار RL سری برای ضرایب فوق روابط مقابل را می‌توان نوشت:

نسبت‌های مثلثاتی $\sin \Phi$ و $\cos \Phi$ را تحت عناوین زیر می‌شناسیم.
 $\sin \Phi$ - ضریب قدرت دواته، غیرحقیقی، غیرمفید، غیرمؤثر
 $\cos \Phi$ - ضریب قدرت واته، حقیقی، مفید، مؤثر

در مدارهای ترکیبی جریان متناوب پارامتر دیگری تحت عنوان «ضریب کیفیت»^۱ مطرح است که با حرف Q نشان می‌دهیم. ضریب کیفیت را در حالت کلی به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$Q = 2\pi \times \frac{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}{\text{انرژی مصرفی کل در هر سیکل}}$$

انرژی ذخیره شده در مدارها مربوط به مقاومت‌های سلفی و خازنی است در صورتی که انرژی مصرفی را براساس مقاومت اهمی به دست می‌آوریم مقدار ضریب کیفیت Q در مدارهای RC و RL با مقدار $\text{tg} \Phi$ برابر است.

در مدار RL سری هر قدر فرکانس افزایش یابد، امپدانس بیشتر می‌شود. هم‌چنین از طرف دیگر زاویه

اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار نیز افزایش می یابد.
(شکل ۹-۵۸)

تغییرات امپدانس موجب تغییر در مقدار جریان مدار

می شود زیرا:

$$I = \frac{V_s}{Z}$$

از مدار RL سری برای نشان دادن مدار معادل

ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی استفاده می شود.

مثال: در مدار شکل ۹-۵۹ مقابل مطلوب است:

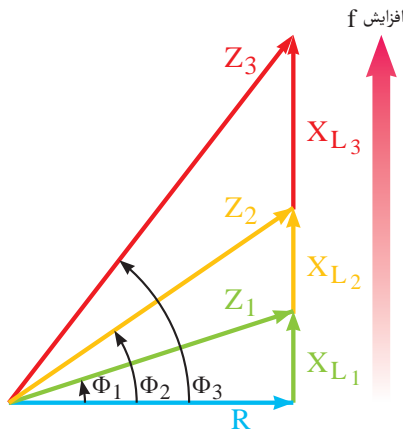
الف - امپدانس مدار

ب - افت ولتاژ دو سر هر عنصر

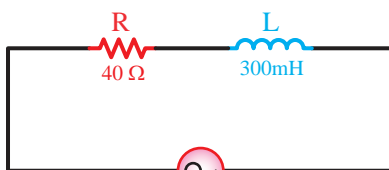
ج - ضریب کیفیت و ضریب توان دوواته

حل: مقادیر خواسته شده را براساس روابط مدارهای

RL سری به صورت مقابل به دست آورد.



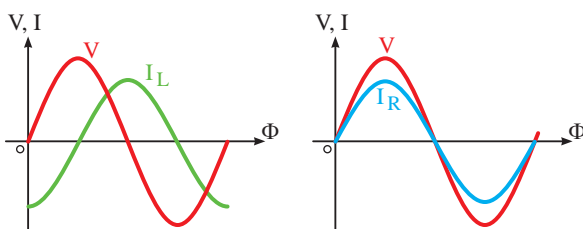
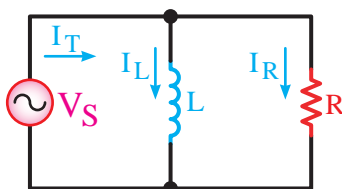
شکل ۹-۵۸- دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



$$V = 100V$$

$$\omega = 100\text{rad/s}$$

شکل ۹-۵۹



شکل ۹-۶۰- مدار RL موازی

$$X_L = 2\pi f.L = \omega.L$$

$$X_L = 100 \times 300 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 30\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{(40)^2 + (30)^2}$$

$$Z = 50\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{50} = 2A$$

$$V_R = R.I_e = 40 \times 2 = 80V$$

$$V_L = X_L.I_e = 30 \times 2 = 60V$$

$$\sin \Phi = \frac{X_L}{Z} = \frac{30}{50} = .6$$

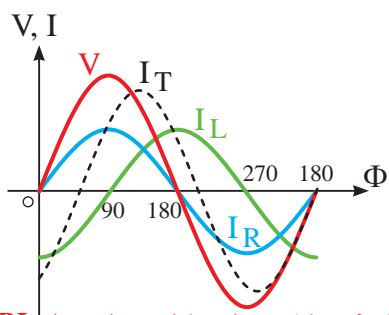
ب مدار RL موازی:

در این مدارها مقاومت اهمی و سلف به صورت موازی

وصل شده اند. عامل مشترک در مدارهای موازی ولتاژ

است و جریان بین عناصر موجود در مدار به نسبت عکس

مقاومت ها تقسیم می شود. (شکل ۹-۶۰)



شکل ۹-۶۱- شکل موجهای ولتاژ جریان مدار RL موازی

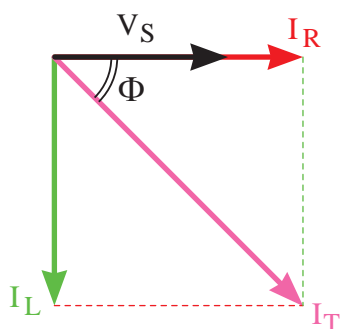
در شاخه اهمی ولتاژ و جریان با هم هم فاز است و در شاخه سلفی ولتاژ و جریان نسبت به هم ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند در نتیجه در این مدارها جریان کل نسبت به ولتاژ کل به اندازه Φ درجه $(0 \leq \Phi \leq 90)$ پس فاز خواهند شد. (شکل ۹-۶۱)

دیاگرام برداری جریان ها در این مدار به صورت شکل ۹-۶۲ است. براساس دیاگرام جریان ها رابطه زیر را می توانیم

بنویسیم:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

مانند مدارهای سری اگر به جای جریان ها معادل آن ها را قرار دهیم شکل دیگری از دیاگرام های مدار RL موازی را خواهیم داشت که اصطلاحاً به آن دیاگرام «ادمیتانس» یا عکس امپدانس گویند. (شکل ۹-۶۲)



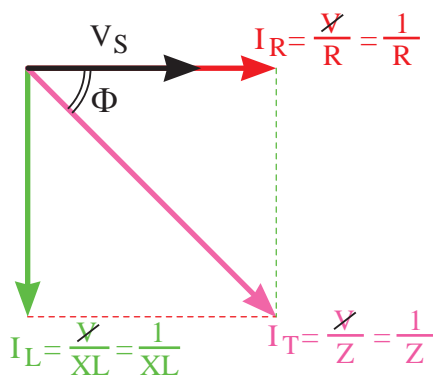
شکل ۹-۶۲- دیاگرام برداری جریان ها

رابطه امپدانس مدارهای RL موازی به صورت زیر قابل محاسبه است:

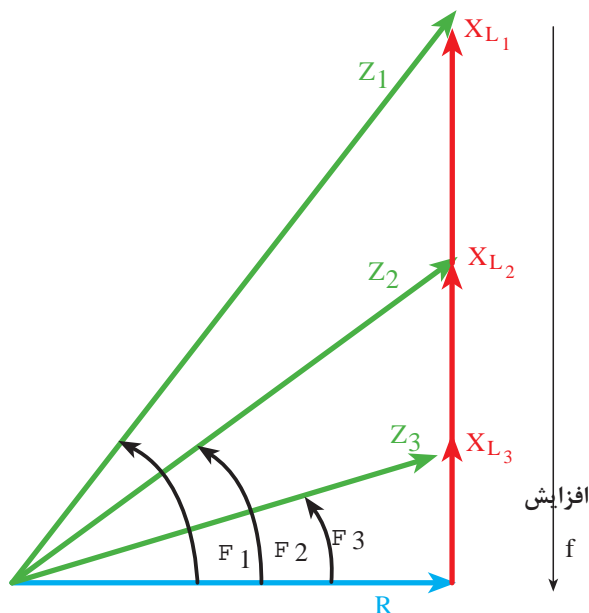
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{X_L}$$

و پس از ساده شدن رابطه می توان نوشت:

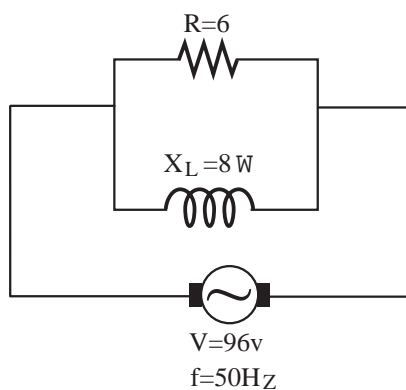
$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$



شکل ۹-۶۳- دیاگرام برداری جریان ها



شکل ۹-۶۴- دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



شکل ۹-۶۵

$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$Z = \frac{6 \times 8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = \frac{48}{10} = 4.8 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{96}{4.8} = 20 A$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{96}{6} = 16 A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{96}{8} = 12 A$$

$$\cos \Phi = \frac{Z}{R} = \frac{4.8}{6} = .8$$

با توجه به دیاگرام های برداری جریان ها و ادمیتانس ها برای ضرایب قدرت می توانیم بنویسیم:

$$\sin \Phi = \frac{I_L}{I_T} = \frac{\frac{V}{X_L}}{\frac{V}{Z}} = \frac{Z}{X_L}$$

$$\cos \Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{V}{R}}{\frac{V}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

$$\tan \Phi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{\frac{V}{X_L}}{\frac{V}{R}} = \frac{R}{X_L}$$

در این مدارها با افزایش فرکانس خاصیت راکتانس سلفی افزایش می یابد و جریان عبوری از سلف کم می شود. در این حالت زاویه اختلاف فاز کم شده و مدار به سمت خاصیت اهمی بیشتر میل می کند. در شکل ۹-۶۴ کاهش زاویه اختلاف فاز را به خوبی می توان مشاهده کرد.

$$(\phi_3 < \phi_2 < \phi_1)$$

مثال: در مدار شکل ۹-۶۵ مطلوب است:

الف - امپدانس مدار

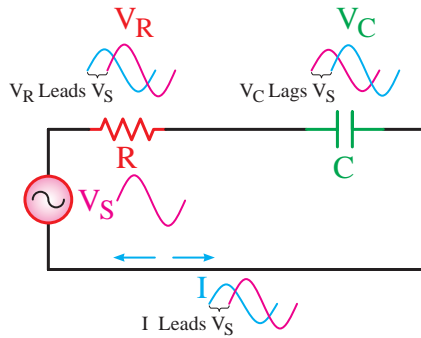
ب - جریان کل مدار

ج - جریان هر شاخه

د - ضریب قدرت وات

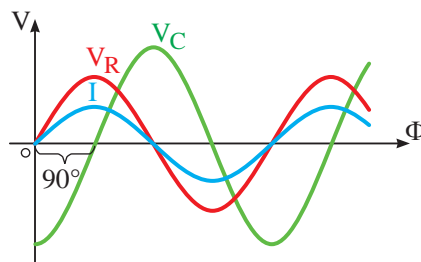
حل: مقادیر خواسته شده را به صورت مقابل محاسبه

می کنیم:



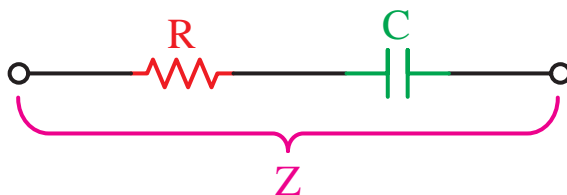
شکل ۹-۶۶- مدار RC سری

شکل ۹-۶۶ نمونه ای از این مدارها را نشان می دهد. از نظر فازی رابطه ی که بین ولتاژ و جریان وجود دارد شامل خصوصیات هر دو عنصر مدار است.



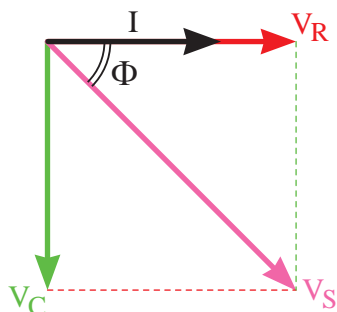
شکل ۹-۶۷- شکل موج های ولتاژی و جریانی مدار RC سری

اندازه زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار بین صفر تا ۹۰ درجه است. (شکل ۹-۶۷)



شکل ۹-۶۸- دیاگرام برداری امپدانس

مقاومت معادل این مدار را تحت عنوان «امپدانس» می نامیم که در برگیرنده هر دو خاصیت اهمی و خازنی مدار است. (شکل ۹-۶۸)



شکل ۹-۶۹- دیاگرام برداری ولتاژها

در یک مدار سری جریانی تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ بین اجزای مدار و به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود. در مقاومت اهمی ولتاژ و جریان هم فاز ولی در خازن جریانی به اندازه ۹۰ درجه پیش فاز است. بر همین اساس دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RC سری مطابق شکل ۹-۶۹ خواهد شد. مقدار * از رابطه زیر به دست می آید:

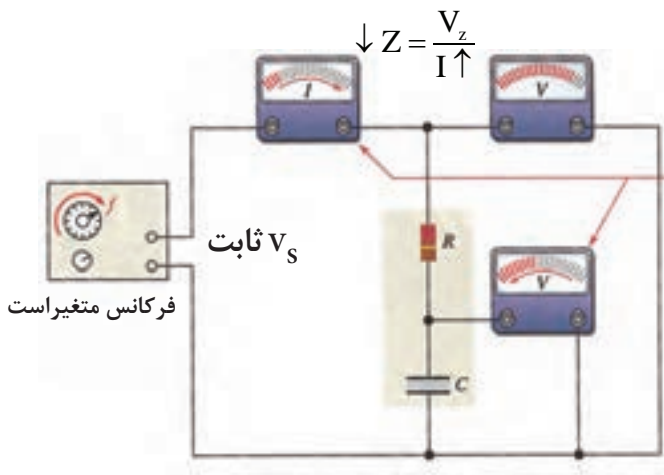
$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

مشابه مدار RL سری اگر بجای ولتاژهای V_R و V_C و V_S معادل هایشان را قرار دهیم و بعد عامل مشترک I را حذف کنیم دیاگرام امپدانس ها به دست می آید. (شکل ۹-۷۰)

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

شکل ۹-۷۰- دیاگرام برداری امپدانس

از روی دیاگرام‌های برداری ولتاژها و امپدانس می‌توان ضرایب قدرت و ضریب کیفیت را به صورت زیر نوشت:



شکل ۹-۷۱

$$\sin \Phi = \frac{V_C}{V_S} = \frac{X_C}{Z}$$

$$\cos \Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

$$\tan \Phi = \frac{V_C}{V_R} = \frac{X_C}{R}$$

با افزایش فرکانس در مدار RC سری مقدار راکتانس خازنی کاهش می‌یابد. در این حالت افت ولتاژ دو سر خازن کم می‌شود و زاویه اختلاف فاز آن کاهش می‌یابد و مدار به سمت مقاومت اهمی میل می‌نماید. شکل ۹-۷۱ وضعیت مدار و شکل ۹-۷۲ دیاگرام برداری امپدانس را در فرکانس‌های مختلف نشان می‌دهد.

مثال: در مدار شکل ۹-۷۳ از یک مقاومت اهمی و یک خازن تشکیل شده است مطلوب است:

الف - امپدانس مدار

ب - جریان مدار

ج - ولتاژ دو سر هر عنصر

د - مقدار $\tan \Phi$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

حل:

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 265.39 \times 10^{-6}} = 12 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(16)^2 + (12)^2} = 20 \Omega$$

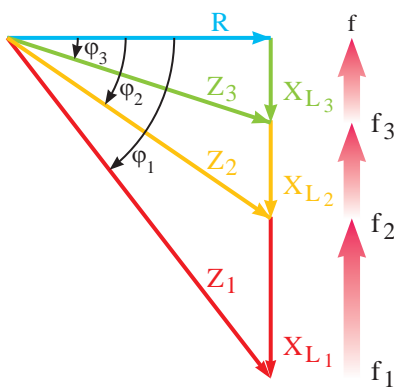
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{20} = 5A$$

$$V_R = R \cdot I = 16 \times 5 = 80V$$

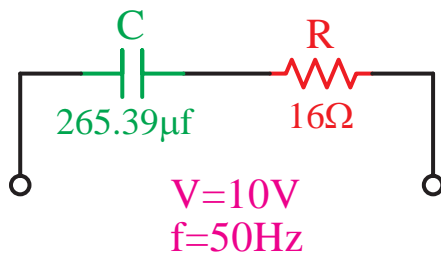
$$V_C = X_C \cdot I = 12 \times 5 = 60V$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{16}{20} = 0.8$$

$$\tan \Phi = \frac{X_C}{R} = \frac{12}{16} = 0.75$$



شکل ۹-۷۲- دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس‌های مختلف



شکل ۹-۷۳

ت

مدار RC موازی:

در این مدارها یک مقاومت و یک خازن به صورت موازی

قرار می گیرند. (شکل ۹-۷۴)

عامل مشترک در این مدارها مانند سایر مدارهای موازی، ولتاژ است در صورتی که جریان کل در بین شاخه ها به نسبت عکس مقدار مقاومت های مدار تقسیم می شود. جریان در شاخه اهمی با ولتاژ هم فاز است و جریان در شاخه خازنی به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر (پیش فاز) است.

مجموع (برآیند) زوایای اختلاف فاز ایجاد شده در دو شاخه مدار، جریان کل مدار I_T را نسبت به ولتاژ کل V_S صفر تا ۹۰ درجه پیش فاز می کند. (شکل ۹-۷۵) همانگونه که می دانید مقاومت معادل بین دو شاخه موازی را امپدانس می نامند. مقدار امپدانس از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

دیagram برداری جریان های مدار مطابق شکل ۹-۷۶

رسم می شود و رابطه نهایی جریان کل به صورت زیر است:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

در صورت جایگزینی معادل جریان ها در diagram

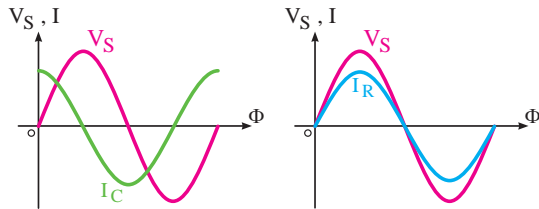
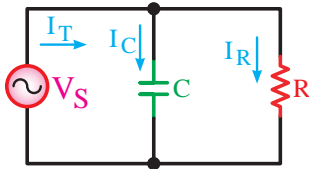
شکل ۹-۷۶ diagram برداری admittances ها به دست می آید.

شکل ۹-۷۷ مقدار امپدانس که عکس admittances است با

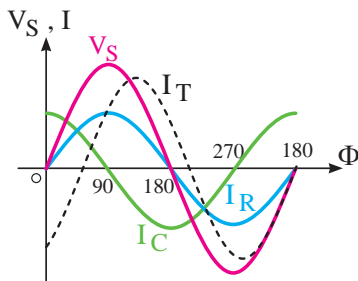
توجه به بردارهای مدار از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}$$

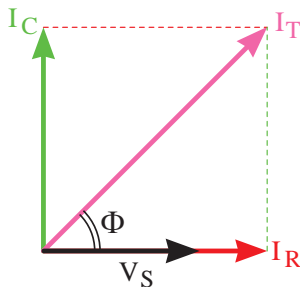
(طبق رابطه فیثاغورث)



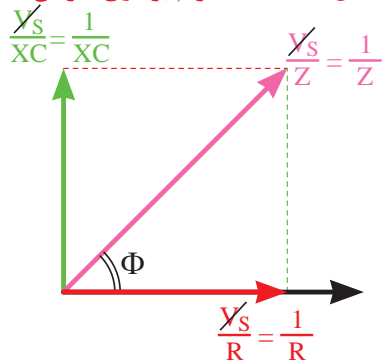
شکل ۹-۷۴- مدار RC موازی



شکل ۹-۷۵- شکل موج های ولتاژ و جریان مدار RC موازی



شکل ۹-۷۶- diagram برداری جریان ها

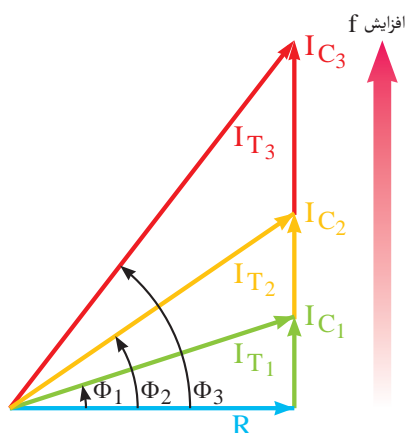


شکل ۹-۷۷- diagram برداری امپدانس (admittances)

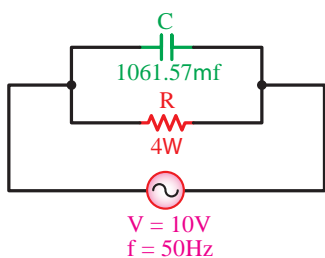
$$\sin \Phi = \frac{I_C}{I_T} = \frac{\frac{1}{X_C}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{X_C}$$

$$\cos \Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

$$\tan \Phi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{\frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}} = \frac{R}{X_C}$$



شکل ۹-۷۸- دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



شکل ۹-۷۹- مدار L_C سری

پس از مخرج مشترک گرفتن و ساده کردن رابطه

امپدانس چنین به دست می آید.

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

برای محاسبه روابط ضرایب قدرت می توان از دیاگرام های برداری جریان ها و امپدانس ها استفاده کرد و روابط مقابل را به دست آورد.

افزایش فرکانس در این مدارها باعث می شود تا X_C کاهش یابد و جریان شاخه خازنی زیاد شود. در این حالت:

$$\downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \Rightarrow \uparrow I_C = \frac{V_s}{X_C} \downarrow$$

خاصیت خازنی مدار بیشتر شده و در نتیجه زاویه اختلاف فاز مدار افزایش می یابد. (شکل ۹-۷۸)

مثال: خازنی به ظرفیت $1061.57 \mu F$ با یک مقاومت ۴ اهمی به طور موازی به ولتاژ متناوب ۱۲۰ ولتی با فرکانس ۵۰ هرتز اتصال داده شده است. مطلوب است:

الف - جریان هر یک از عناصر

ب - جریان کل مدار

ج - امپدانس مدار

د - ضریب قدرت واته و دواته مدار

حل: با توجه به توضیحات فوق شکل مدار را به صورت

شکل ۹-۷۹ می توان رسم کرد:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 1061.57 \times 10^{-6}} = 3\Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{120}{4} = 30A$$

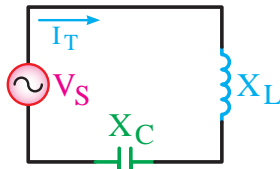
$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{120}{3} = 40A$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{(30)^2 + (40)^2} = 50A$$

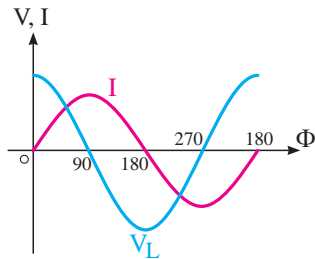
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{120}{50} = 2.4\Omega$$

$$\cos \phi = \frac{Z}{R} = \frac{2.4}{4} = 0.6$$

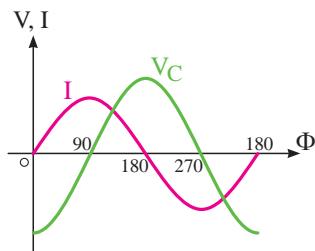
$$\sin \phi = \frac{Z}{X_C} = \frac{2.4}{3} = 0.8$$



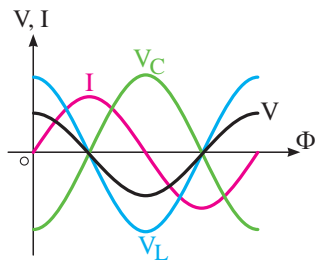
شکل ۹-۸۰- مدار L_C سری



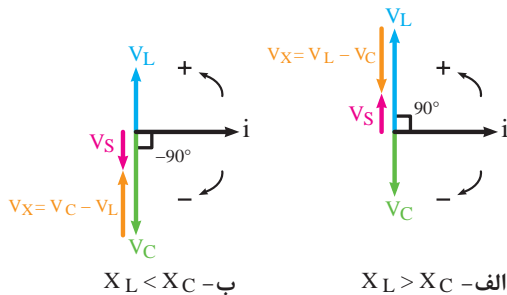
شکل ۹-۸۱- شکل موج ولتاژ و جریان سلف



شکل ۹-۸۲- شکل موج ولتاژ و جریان خازن



شکل ۹-۸۳- شکل موج ولتاژ و جریان مدار CL سری
در حالت $X_L > X_C$



شکل ۹-۸۴- دیاگرام برداری ولتاژها در حالت های مختلف

در شکل ۹-۸۰ تصویر مدار LC سری را ملاحظه می کنید. در این مدار جریان عبوری برای سلف و خازن ثابت است (عامل مشترک) ولی ولتاژ کل در بین عناصر سلفی و خازنی تقسیم می شود.

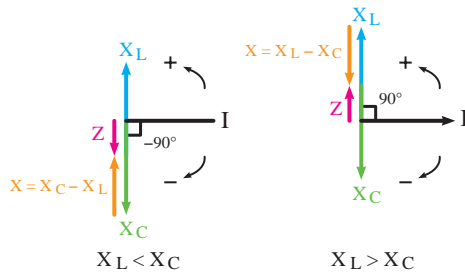
شکل ۹-۸۱ رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در سلف را نشان می دهد.

در شکل ۹-۸۲ رابطه فازی بین ولتاژ و جریان خازن را مشاهده می کنید.

رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در کل مدار را برای حالتی که $X_L > X_C$ است در شکل ۹-۸۳ نشان داده شده است. چون عملکرد خازن و سلف عکس یکدیگر است اثرات یکدیگر را خنثی می کنند. بنابراین در حالتی که $X_L > X_C$ است مدار دارای خاصیت سلفی می شود. در صورتی که $X_C > X_L$ باشد مدار دارای خاصیت خازنی خواهد بود.

دیاگرام برداری ولتاژها و امپدانس در اینگونه مدارها را می توان در دو حالت $X_L < X_C$, $X_L > X_C$ رسم کرد. در شکل ۹-۸۴ دیاگرام های ولتاژ را مشاهده می کنید.

در شکل ۹-۸۵ دیاگرام برداری امپدانس ها در دو حالت $X_C > X_L$ ترسیم شده است.



شکل ۹-۸۵- دیاگرام برداری امپدانس ها در حالت های مختلف

$$V_s = V_L - V_C \quad X_L > X_C$$

$$V_s = V_C - V_L \quad X_L < X_C$$

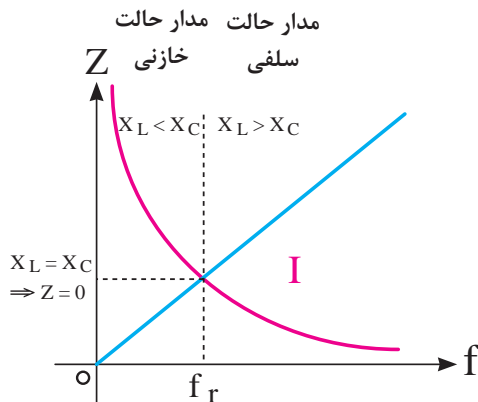
$$Z = X_L - X_C \quad X_L > X_C$$

$$Z = X_C - X_L \quad X_L < X_C$$

$$\cos(90^\circ) = 0 \quad \cos(-90^\circ) = 0$$

$$\text{tg}(90^\circ) = \text{نامشخص} \quad \text{tg}(-90^\circ) = \text{نامشخص}$$

$$\sin(90^\circ) = 1 \quad \sin(-90^\circ) = -1$$



شکل ۹-۸۶- منحنی های تغییرات LX و CX به ازای تغییرات فرکانس

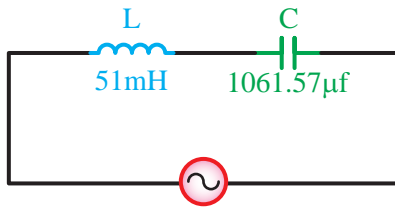
چون بردارها با هم 180° درجه اختلاف فاز دارند لذا می توان آن ها به صورت خطی با هم جمع برداری (تفریق) کرد. بنابراین روابط ولتاژ کل و امپدانس به صورت مقابل در می آید.

در مدارهای LC سری زاویه بین ولتاژ V_s و جریان I برابر با $(+90^\circ)$ درجه یا (-90°) درجه است. بنابراین در این مدارها ضرایب \cos و tg را نمیتوان مطرح کرد زیرا: ضریب $\sin\phi$ در این مدارها برابر با $(+1)$ یا (-1) است. تغییر فرکانس بر روی هر دو عامل X_L و X_C مؤثر است. زیرا اگر f زیاد شود X_L زیاد و X_C کم می شود

$$\uparrow X_L = 2\pi f \uparrow L \quad \downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f \uparrow C}$$

به همین دلیل در مدارهای LC نقطه خاصی وجود دارد که آن را نقطه «رزنانس»^۱ می نامند. نقطه رزنانس نقطه ای است که در آن نقطه، خازن موجود در مدار اثر سلف را خنثی می کند. منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکانس در این مدارها مشابه شکل ۹-۸۶ است. با توجه به شکل در نقطه ای که $X_L = X_C$ است حالت رزنانس به وجود می آید. فرکانس رزنانس از رابطه زیر محاسبه می شود.

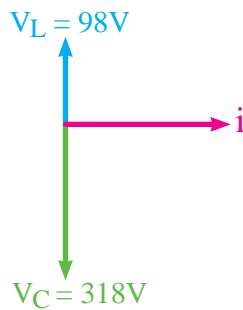
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



$$V = 220V$$

$$f = 50Hz$$

شکل ۹-۸۷ مدار LC سری



شکل ۹-۸۸ دیاگرام برداری ولتاژهای مدار LC سری

چون در حالت رزونانس $X_L = X_C$ است. بنابراین جریان کل مدار در حالت رزونانس خیلی زیاد (بی نهایت ∞) می شود.

مثال: جریان مدار شکل ۹-۸۷ چند آمپر است؟

حل:

$$X_L = 2\pi f.L$$

$$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 51 \times 10^{-3} = 16\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f.C}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 1061.57 \times 10^{-6}} = 3\Omega$$

چون مقدار X_L بزرگتر از مقدار X_C است و مدار خاصیت سلفی دارد لذا رابطه امپدانس را به صورت زیر به کار می بریم.

$$Z = X_L - X_C$$

$$Z = 16 - 3 = 13\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{13} = 16.9A$$

مثال: دیاگرام برداری یک مدار LC سری مطابق شکل

۹-۸۸ است در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۳۱۸ اهم باشد مقدار راکتانس سلف و ولتاژ کل مدار چقدر است؟

حل:

$$V_s = V_C - V_L$$

$$V_s = 318 - 98 = 220V$$

$$V_C = X_C.I \Rightarrow I = \frac{V_C}{X_C}$$

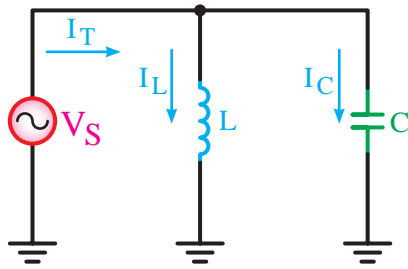
$$I = \frac{318}{318} = 1A$$

$$V_L = X_L.I \Rightarrow I = \frac{V_L}{X_L}$$

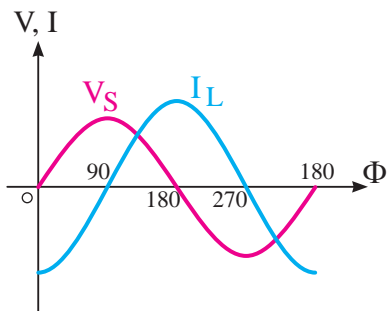
$$X_L = \frac{98}{1} = 98\Omega$$

$$X_L = 2\pi f.L \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{98}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.31h$$

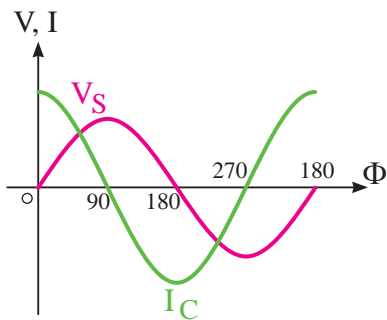
ج مدار LC موازی:



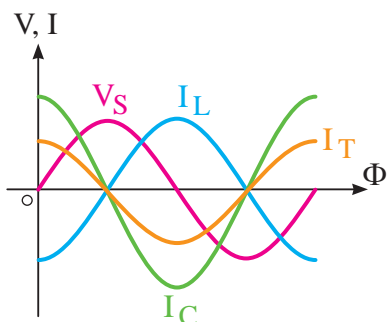
شکل ۹-۸۹- مدار LC موازی



شکل ۹-۹۰- شکل موج ولتاژ و جریان سلف



شکل ۹-۹۱- شکل موج ولتاژ و جریان خازن



شکل ۹-۹۲- شکل موجهای ولتاژ و
جریان مدار LC موازی در حالت $X_L > X_C$

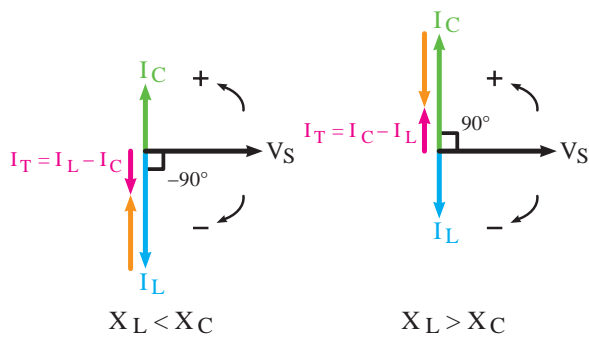
شکل ۹-۸۹ تصویر مدار LC موازی را نشان می دهد. ولتاژ (V_S) برای هر دو عنصر مدار یکسان است و جریان کل (I_T) این دو شاخه به نسبت عکس راکتانس ها تقسیم می شود.

در شاخه خازنی جریان I_C نسبت به ولتاژ V_S به اندازه 90° درجه جلوتر و در شاخه سلفی جریان (I_L) نسبت به ولتاژ (V_S) به اندازه 90° درجه عقبتر.

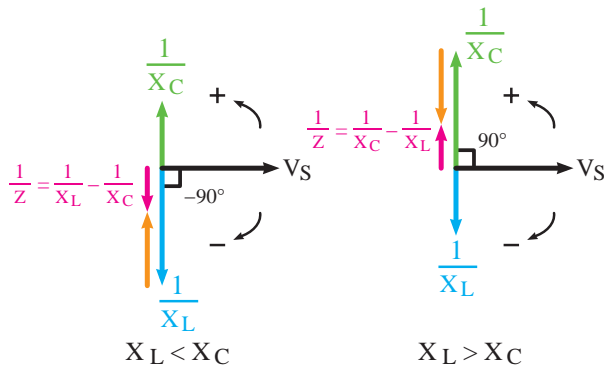
شکل ۹-۹۰ رابطه فازی جریان و ولتاژ شاخه سلفی و

شکل ۹-۹۱ رابطه فازی جریان و ولتاژ شاخه خازنی را نشان می دهند.

این مدار می تواند یکی از دو حالت $X_C > X_L$ یا $X_L > X_C$ را داشته باشد. بنابراین شکل مربوط به رابطه فازی ولتاژ و جریان را می توان برای هر دو حالت فوق رسم کرده. در شکل ۹-۹۲ فقط حالت $X_L > X_C$ رسم شده است.



شکل ۹-۹۳- دیاگرام برداری جریان I_L در حالت های مختلف



شکل ۹-۹۴- دیاگرام برداری عکس امپدانس ها (ادمیتانس ها) در حالت های مختلف

دیاگرام برداری جریان های مدار در دو حالت $X_L > X_C$ و $X_C > X_L$ در شکل ۹-۹۳ نشان داده شده است.

می توانیم به جای جریان ها از معادل آن ها یعنی: $\frac{V_S}{I_T}$ و $\frac{V_S}{I_C}$ استفاده کنیم و دیاگرام برداری ادمیتانس ها (Y) را طبق شکل ۹-۹۴ به دست آوریم.

بردار برآیند جریان ها و ادمیتانس ها در مدار LC موازی نیز مشابه مدار I_C سری به صورت جبری (خطی) با هم جمع می شوند. یعنی:

$$\begin{array}{ll} I_T = I_C - I_L & X_L > X_C \\ I_T = I_L - I_C & X_C > X_L \end{array}$$

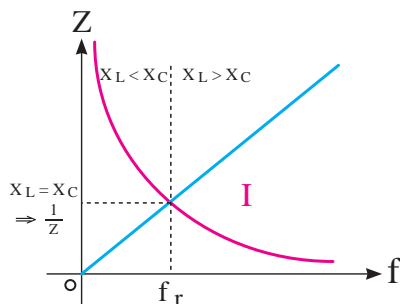
$$\begin{array}{ll} \frac{1}{Z} = \frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} & X_L > X_C \\ \frac{1}{Z} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} & X_C > X_L \end{array}$$

در مدارهای LC موازی - مشابه مدارهای سری بین ولتاژ و جریان یک اختلاف فاز ۹۰ درجه وجود دارد. ضرایب قدرت به شرح زیر است:

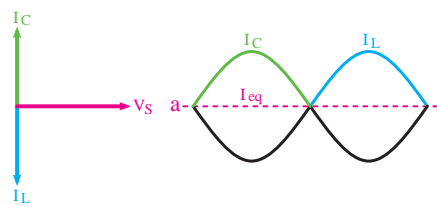
$$\begin{array}{ll} \cos(90^\circ) = 0 & \cos(-90^\circ) = 0 \\ \sin(90^\circ) = 1 & \sin(-90^\circ) = -1 \\ \text{tg}(90^\circ) = \text{نامشخص} & \text{tg}(-90^\circ) = \text{نامشخص} \end{array}$$

متناسب با تغییرات فرکانس، مدار در یکی از حالت های سلفی، خازنی و یا رزنانس منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکانس در شکل ۹-۹۵ ترسیم شده است. مقدار فرکانس رزنانس مدار از رابطه زیر به دست می آید.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

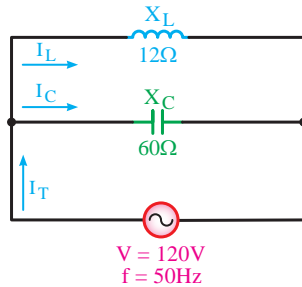


شکل ۹-۹۵- منحنی تغییرات X_L و X_C به ازای تغییرات فرکانس

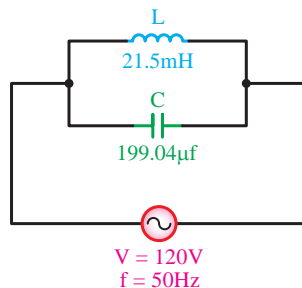


شکل ۹-۹۶- وضعیت بردارها در حالت رزونانس

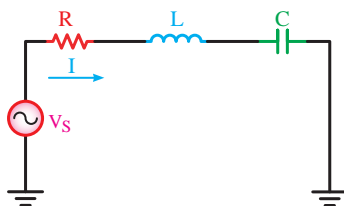
به علت مخالفت سلف با خازن اگر I_C با I_L مساوی باشد جریان کل مدار در حالت رزونانس برابر با صفر است. (شکل ۹-۹۶)



شکل ۹-۹۷- مدار LC موازی



شکل ۹-۹۸



شکل ۹-۹۹- مدار RLC سری

مثال: جریان کل و جریان هر شاخه شکل ۹-۹۷ را به

دست آورید.

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{120}{12} = 10A$$

حل:

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{120}{60} = 2A$$

$$I_T = I_L - I_C = 10 - 2 = 8A$$

مدار حالت سلفی دارد.

مثال: در مدار شکل ۹-۹۸ مطلوب است:

الف - امپدانس مدار

ب - جریان کل مدار

ج - فرکانس رزونانس

حل:

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 21.5 \times 10^{-3} = 8\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 199.04 \times 10^{-6}} = 16\Omega$$

$$Z = \frac{X_C \cdot X_L}{X_C - X_L} = \frac{16 \times 8}{16 - 8} = \frac{128}{8} = 16\Omega$$

$$I = \frac{V_s}{Z} = \frac{120}{16} = 7.5A$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{21.5 \times 10^{-3} \times 199.04 \times 10^{-6}}}$$

$$f_r = 76.97Hz$$

چ مدار RLC سری:

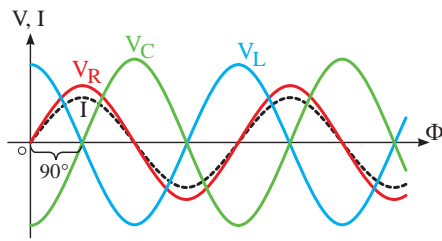
در شکل ۹-۹۹ تصویر مدار RLC سری نشان داده شده

است. در این مدار چون خازن، مقاومت و سلف با هم وجود

دارد. سه نوع اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان می آید. در مدار

سری، جریان در تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ V_s بین

اجزای مدار به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود.



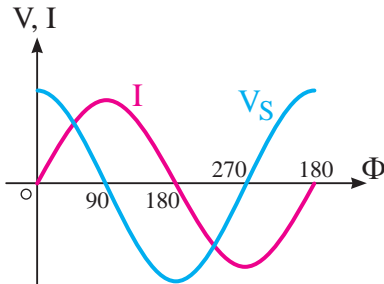
شکل ۹-۱۰۰- شکل موج های ولتاژ و جریان عناصر مدار RLC سری

همانگونه که در شکل ۹-۱۰۰ مشاهده می شود روابط فازی بین ولتاژها و جریان کل مدار به شرح زیر است:

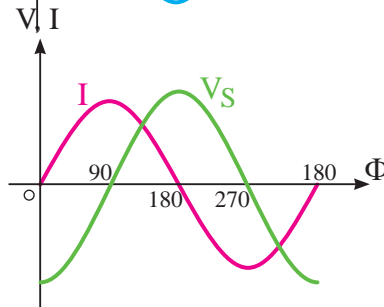
۱- V_L نسبت به I ، 90° درجه پیش فاز می شود.

۲- V_C 90° درجه نسبت به I پس فاز است.

۳- V_R با جریان I هم فاز است.



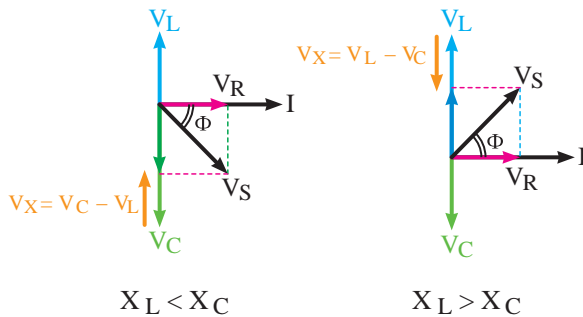
الف - حالت سلفی



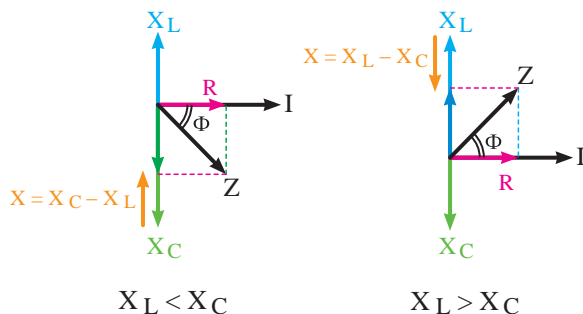
ب - حالت خازنی

شکل ۹-۱۰۱- شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در حالت های سلفی و خازنی

با توجه به روابط فازی اشاره شده می توان نتیجه گرفت بین ولتاژ و جریان کل مدار با توجه به مقادیر مقاومت ها می تواند یک زاویه اختلاف فاز در محدوده 90° تا $90^\circ +$ درجه به وجود آید. در ازاء افزایش راکتانس سلفی مدار (X_L) مدار حالت سلفی پیدا می کند و اختلاف فاز به $90^\circ +$ درجه نزدیک می شود (شکل ۹-۱۰۱-الف) و چنانچه راکتانس خازنی مدار (X_C) نسبت به راکتانس سلفی (X_L) افزایش یابد مدار خاصیت خازنی پیدا می کند و زاویه اختلاف فاز به $90^\circ -$ درجه نزدیک می شود. (شکل ۹-۱۰۱-ب)



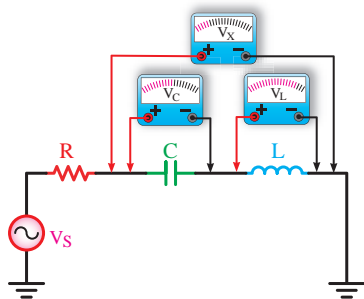
شکل ۹-۱۰۲- دیاگرام برداری ولتاژها در حالت های مختلف



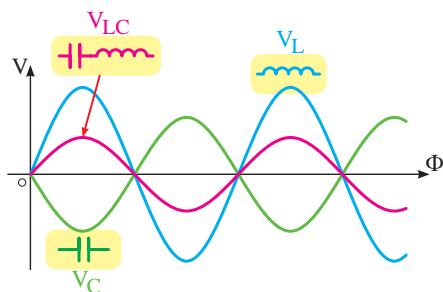
شکل ۹-۱۰۳- دیاگرام برداری امپدانس ها در حالت های مختلف

دیاگرام برداری ولتاژها را در دو حالت $X_L > X_C$ ، $X_C > X_L$ می توان رسم کرد.

شکل ۹-۱۰۲ دیاگرام برداری ولتاژها و شکل ۹-۱۰۳ دیاگرام برداری امپدانس ها را نشان می دهد.



الف- وضعیت مداری عناصر



ب) شکل موج دو سر عناصر

شکل ۹-۱۰۴- شکل موج های ولتاژ، سلف، خازن و ترکیب آن ها به همراه وضعیت مداری

مانند مدارهای سری قبل برای مثلث های تشکیل شده در دیاگرام های برداری می توان رابطه فیثاغورث را به شرح زیر نوشت. شکل موج ولتاژهای دو سر سلف، خازن و ترکیب آن ها را در شکل ۹-۱۰۴ مشاهده می کنید.

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \quad V_L > V_C$$

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2} \quad V_C > V_L$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad X_L > X_C$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad X_C > X_L$$

ضریب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC

براساس روابط زیر قابل محاسبه است.

$$\cos \Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

$$\sin \Phi = \frac{V_X}{V_S} = \frac{X^{(i)}}{Z}$$

$$\text{tg} \Phi = \frac{V_X}{V_R} = \frac{X}{R}$$

در این مدارها افزایش فرکانس روی X_L و X_C مؤثر است به طوری که سبب افزایش X_L و کاهش X_C می شود.

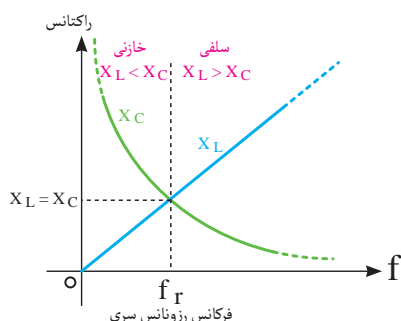
$$\downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f \uparrow \cdot C} \quad \uparrow X_L = 2\pi f \uparrow \cdot L$$

در مدارهای RCL به ازای تغییر فرکانس نقطه ای به وجود می آید که در آن نقطه مقدار X_L با X_C برابر می شود.

این حالت را در اصطلاح «رزنانس یا تشدید» می نامند.

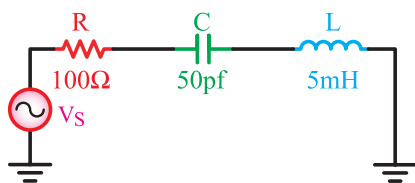
فرکانس آن را با (f_r) نمایش می دهند. (شکل ۹-۱۰۵)

شکل ۹-۱۰۵- منحنی تغییرات X_L و X_C را نسبت به تغییر فرکانس نشان می دهد. با توجه به این که در



شکل ۹-۱۰۵- منحنی تغییرات X_L و X_C به ازای تغییرات فرکانس

۱- منظور از X راکتانس معادل بین X_L و X_C مدار است.



شکل ۹-۱۰۶- شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{(5\text{mH})(50\text{pf})}}$$

$$f_r = \frac{1}{6.28 \sqrt{5 \times 10^{-7} \times 50 \times 10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{6.28 \sqrt{25 \times 10^{-19}}}$$

$$f_r = \frac{1}{6.28 \times 5 \times 10^{-10}} = \frac{10^9}{3.14} = 318000 \text{ Hz}$$

$$= 318 \text{ kHz}$$

لحظه رزونانس خاصیت های سلفی و خازنی یکدیگر را خنثی می کنند امپدانس مدار برابر با $Z = R$ خواهد شد. فرکانس رزونانس مدار را به صورت زیر می توان محاسبه کرد.

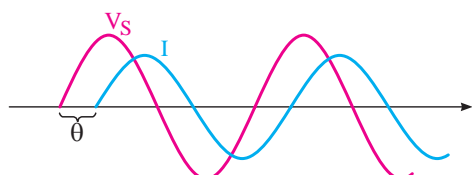
در حالت رزونانس $X_L = X_C$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

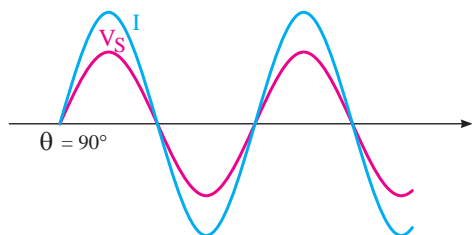
$$f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

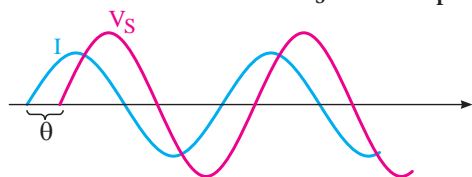
مثال: فرکانس رزونانس مدار شکل ۹-۱۰۶ چقدر است؟
حل: با استفاده از رابطه f_r داریم:



الف - بالاتر از f_r ، I عقب تر از V_s



ب - برابر f_r ، I هم فاز V_s



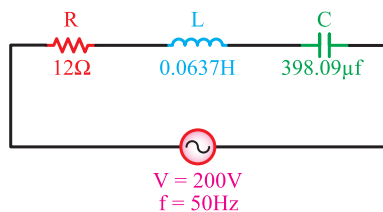
ج - زیر f_r ، I جلوتر از V_s

از مجموعه مطالب فوق می توان نتیجه گرفت که در فرکانس های کمتر از فرکانس رزونانس X_C زیاد است و مدار حالت خازنی دارد به عبارت دیگر جریان مدار (I) نسبت به ولتاژ کل (V_s) به اندازه θ درجه جلوتر است. در شرایطی که فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزونانس باشد مقدار (X_L) زیادتر می شود و جریان I اندازه θ درجه از ولتاژ (V_s) عقب می ماند. بنابراین در حالت رزونانس مدار فقط خاصیت اهمی دارد و ولتاژ (V_s) با جریان I هم فاز است. در شکل ۹-۱۰۷ این مطلب نشان داده شده است.

شکل ۹-۱۰۷- شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

مثال: با در نظر گرفتن مدار شکل ۹-۱۰۸ مطلوب

است:



شکل ۹-۱۰۸

الف - امپدانس مدار

ب - جریان مدار

ج - ولتاژ دو سر عناصر مدار

د- ضریب قدرت و اته و دو اته

هـ - ضریب کیفیت مدار

و - فرکانس رزونانس

حل:

$$X_L = 2\pi f.L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.0637 = 20\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f.C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 398.09 \times 10^{-6}} = 8\Omega$$

چون $X_L > X_C$ است پس مدار خاصیت سلفی دارد و

در نتیجه:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(12)^2 + (20 - 8)^2} = 20\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{20} = 10A$$

$$V_R = R.I = 12 \times 10 = 120V$$

$$V_L = X_L.I = 20 \times 10 = 200V$$

$$V_C = X_C.I = 8 \times 10 = 80V$$

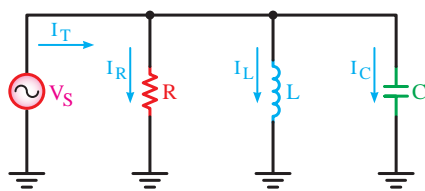
$$\cos \Phi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{20} = 0.6$$

$$\sin \Phi = \frac{X}{Z} = \frac{20 - 8}{20} = 0.6$$

$$Q = \tan \Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{20 - 8}{12} = 1$$

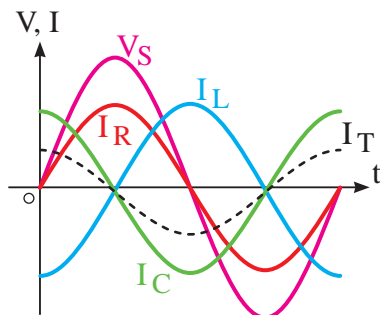
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{0.0637 \times 398.09 \times 10^{-6}}} = 31.62Hz$$

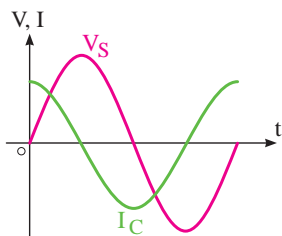


شکل ۹-۱۰۹- مدار RLC موازی

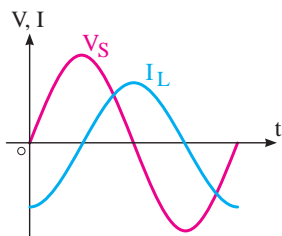
هرگاه سه عنصر مقاومت، سلف و خازن طبق شکل ۹-۱۰۹ اتصال یابند، این اتصال را اتصال موازی می گویند. ولتاژ در این مدارها برای همه عناصر و جریان بین شاخه ها به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود.



شکل ۹-۱۱۰- شکل موج های ولتاژ و جریان در مدار ۸ موازی



شکل ۹-۱۱۱- شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه I و V خازنی



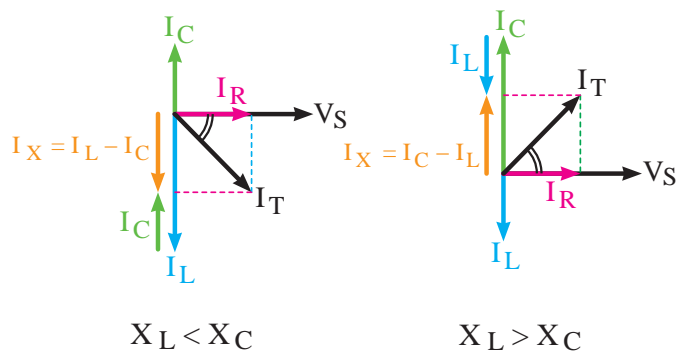
شکل ۹-۱۱۲- شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه سلفی

روابط فازی بین ولتاژ و جریانها به صورت شکل ۹-۱۱۰ است. در این مدار جریان I_C به اندازه 90° درجه از ولتاژ V_S جلوتر، جریان I_L به اندازه 90° درجه از ولتاژ V_S عقبتر و جریان I_R با ولتاژ V_S هم فاز است.

چون جریان شاخه خازنی 90° درجه جلوتر و جریان شاخه سلفی 90° درجه عقبتر از ولتاژ است لذا جریان های سلفی و خازنی با یکدیگر به اندازه 180° درجه اختلاف فاز دارند، بنابراین دو جریان در دو جهت برآیند بین این دو (I_X) از تفاضل آن ها به دست می آید. شکل ۹-۱۱۱ و شکل ۹-۱۱۲ شکل موج های جریان های I_C و I_L را نسبت به ولتاژ نشان می دهد.

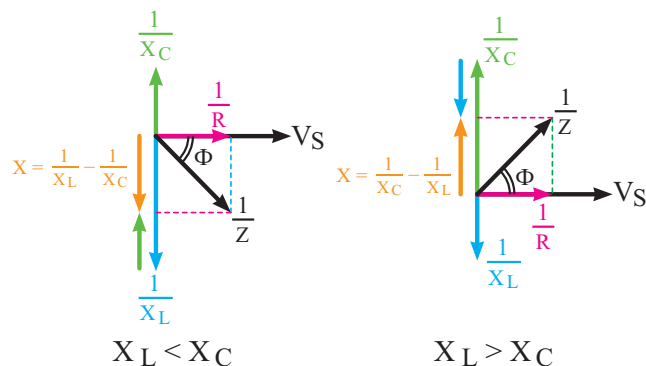
در مدارهای رزونانس با اضافه شدن X_L جریان شاخه سلفی کم می شود و مدار خاصیت خازنی بیشتری پیدا می کند در این حالت زاویه اختلاف فاز بین V_S و I_T در محدوده صفر و 90° درجه در حالت خازنی قرار می گیرد. در صورتی که X_C افزایش یابد شرایط عکس اتفاق می افتد و مدار سلفی می شود.

دیگرام های برداری جریان ها و امپدانس برای دو حالت $X_C > X_L$ و $X_L > X_C$ قابل ترسیم است.



شکل ۹-۱۱۳ دیاگرام جریان ها را در دو حالت و شکل ۹-۱۱۴ دیاگرام عکس امپدانس ها را در دو حالت نشان می دهد.

شکل ۹-۱۱۳- دیاگرام برداری جریان ها در حالت های مختلف

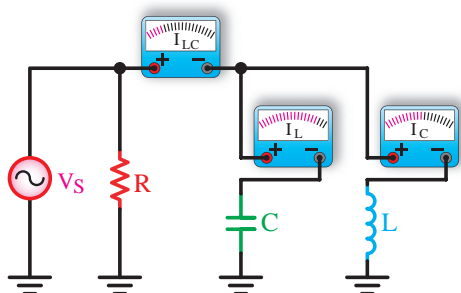


شکل ۹-۱۱۴- دیاگرام برداری عکس امپدانس (ادمیتانس) در حالت های مختلف

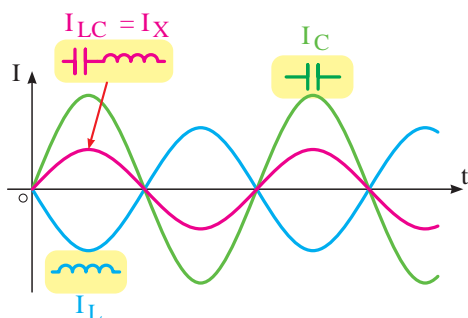
با استفاده از دیاگرام های برداری و رابطه فیثاغورث برای جریان ها می توانیم بنویسیم:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} \quad X_C > X_L$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} \quad X_L > X_C$$



الف - وضعیت مداری عناصر



ب - شکل موج دو سر عناصر

برای محاسبه امپدانس باید ابتدا راکتانس معادل بین سلف و خازن مدار را مانند یک مدار موازی از رابطه $X = \frac{X_L \cdot X_C}{X_L - X_C}$ به دست آورد و سپس Z را از روابط زیر به دست آورد. (شکل ۹-۱۱۵)

$$Z = \frac{R \cdot X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad X_C > X_L$$

$$Z = \frac{R \cdot X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad X_L > X_C$$

شکل ۹-۱۱۵- شکل موج های جریان سلف، خازن و ترکیب آن ها به همراه وضعیت مداری

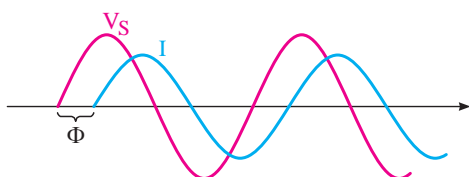
۱- منظور از X راکتانس معادل بین X_C و X_L مدار است.

ضرایب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC موازی
از روابط زیر به دست می آید.

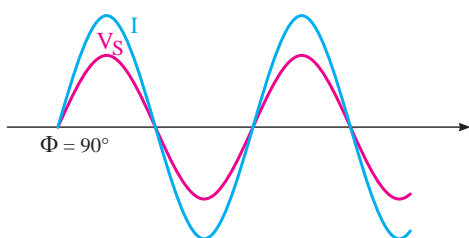
$$\cos \Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{V}{R}}{\frac{V}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

$$\sin \Phi = \frac{I_X}{I_T} = \frac{\frac{V}{X}}{\frac{V}{Z}} = \frac{Z}{X}$$

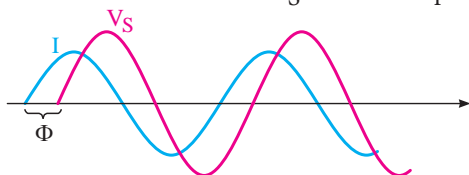
$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{\frac{V}{X}}{\frac{V}{R}} = \frac{R}{X}$$



الف - پایین تر از f_r ، I عقب تر V_S (پس فاز)



ب - برابر f_r ، I هم فاز با V_S است (هم فاز)



ج - بالاتر از فرکانس f_r ، I جلوتر از V_S (پیش فاز)

شکل ۹-۱۱۶- شکل موج های ولتاژ و
جریان کل مدار در شرایط مختلف

در حالت رزونانس $\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_C}$ (برابر شدن ادmittانس ها)
می شود و می توانیم بنویسیم $X_L = X_C$ است.

چگونگی محاسبه فرکانس رزونانس (f_r) مانند مدارهای
RLC سری است.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

در لحظه رزونانس امپدانس مدار برابر خواهد شد با:

$$X_L = X_C \Rightarrow Z = R$$

در حالت تشدید حداقل جریان از مدار عبور می کند.

$$I_T = \frac{V_S}{Z} \Rightarrow I = \frac{V_S}{R}$$

در صورت تغییر فرکانس، مدار در سه حالت می تواند
قرار گیرد.

۱- به ازای فرکانس های کمتر از فرکانس رزونانس مدار
سلفی تر می شود.

۲- در صورت افزایش فرکانس به مقداری بیشتر از f_r
مدار دارای خاصیت خازنی می شود.

۳- در شرایط رزونانس مدار اهمی خالص است. شکل
۹-۱۱۶ منحنی های ولتاژ و جریان را در سه حالت نشان
می دهد.

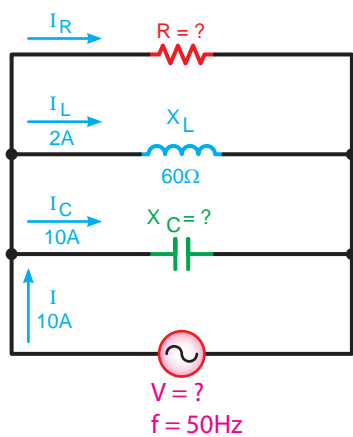
تذکر مهم:

شرط $X_L = X_C$ برای حالت
رزونانس را فقط برای مدارهای
LC و RLC سری و RLC، LC
موازی می توان در نظر گرفت
و فرکانس رزونانس را براساس آن به صورت زیر
محاسبه کرد:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



مثال: در مدار شکل ۹-۱۱۷ ۹-مطلوب است:



شکل ۹-۱۱۷

الف - جریان I_R

ب - ولتاژ مدار

ج - امپدانس

د - مقدار R ، X_C

هـ - ضریب کیفیت

و - فرکانس رزونانس مدار

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$I_R = \sqrt{I_T^2 - (I_C - I_L)^2} = \sqrt{(10)^2 - (10 - 2)^2}$$

$$I_R = 6A$$

$$V = X_L \cdot I_L = 60 \times 2 = 120V$$

$$R = \frac{V}{I_R} = \frac{120}{6} = 20\Omega$$

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{120}{10} = 12\Omega$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{120}{10} = 12\Omega$$

$$Q = \tan \Phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{10 - 2}{6} = \frac{8}{6} = 1.33$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{60}{2 \times 3.14 \times 50} = 190\mu H$$

$$C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 12} = 2.65 \times 10^{-4} F$$

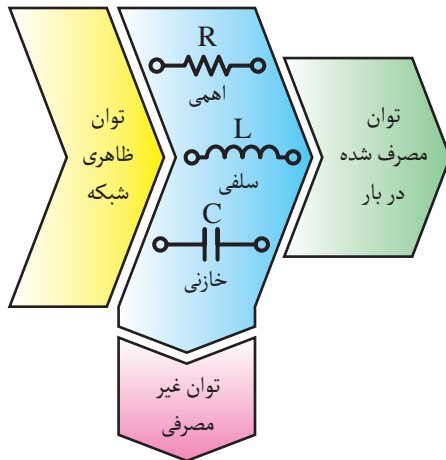
$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$f_r = 22.4 Hz$$

حل: برای محاسبه مقادیر مجهول مطابق روابط مقابل

می توان عمل کرد:

۸-۹- انواع توان در جریان متناوب تکفاز



شکل ۹-۱۱۸- بلوک دیاگرام توان ها در جریان متناوب



شکل ۹-۱۱۹- بار اهمی خالص که توان حقیقی مصرف می کند.

در مدارهای جریان متناوب از عناصر اهمی - سلفی و خازنی به صورت مستقل و یا ترکیبی استفاده می شود. این عناصر انرژی الکتریکی دریافتی از شبکه را به صورت های گوناگون ظاهر می کنند.

گروهی از عناصر توان الکتریکی را مورد مصرف قرار داده و گروهی دیگر به صورت انرژی ذخیره می کنند. به همین خاطر در شبکه های متناوب سه نوع توان خواهیم داشت. (شکل ۹-۱۱۸)

۱- توان «ظاهری» (S):

طبق تعریف به حاصل ضرب ولتاژ و جریان مؤثر توان ظاهری گفته می شود و به صورت زیر می توان به دست آورد.

$$S = V_e \cdot I_e$$

واحد توان ظاهری «ولت آمپر (V.A)» است.

۲- توان حقیقی - مفید - اکتیو^۱ (P):

توانی که از طرف بار الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته و کار مؤثر انجام می دهد را توان حقیقی (اکتیو - مفید) می گویند. این توان مربوط به مصرف کننده های اهمی (R) بوده (شکل ۹-۱۱۹) و از روابط زیر محاسبه می شود.

$$P = V_e \cdot I_e \cdot \cos \Phi$$

$$P = R \cdot I_e^2$$

$$P = \frac{V_e^2}{R}$$

واحد توان حقیقی بر حسب (وات W) است.



شکل ۹-۱۲۰

۳- توان «غیرحقیقی - غیرمفید - راکتیو»:

مقدار توانی که در مقاوت‌های سلفی و خازنی ظاهر می‌شود ولی نمی‌تواند به کار مفید تبدیل گردد را توان غیرحقیقی (غیرمفید - راکتیو) مینامند. (شکل ۹-۱۲۰) این توان به صورت تناوبی بین مصرف کننده و شبکه رفت و برگشت می‌شود.

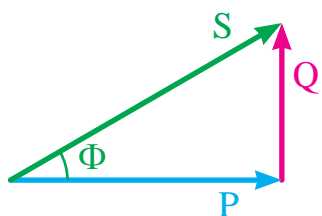
توان غیرمفید را بر حسب «وار - (VAR)» محاسبه می‌کنند. در محاسبات مربوط به توان راکتیو معمولاً بارهای سلفی را با علامت مثبت و بارهای خازنی را با علامت منفی در روابط نشان می‌دهند.

$$Q = \pm (V_e \cdot I_e \cdot \sin \Phi)$$

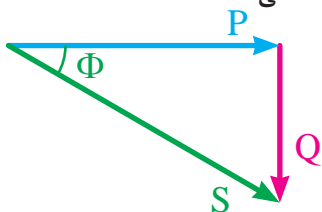
$$Q = \pm (X \cdot I_e^2)$$

$$Q = \pm \left(\frac{V_e^2}{X} \right)$$

در روابط فوق X معرف راکتانس معادل X_L و X_C مدار است.



الف - در حالت سلفی



ب - در حالت خازنی

شکل ۹-۱۲۱- دیاگرام برداری مثلث توان‌ها در حالت‌های مختلف

توضیح

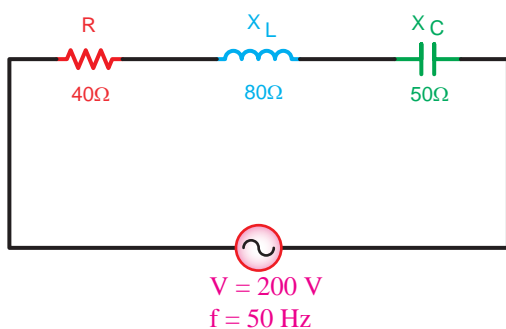
حاصل جمع توان‌های

داده شده و گرفته شده (توان

ظاهری) به صورت برداری

است و از رابطه $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ محاسبه

می‌شود. (شکل ۹-۱۲۱)



شکل ۹-۱۲۲- مدار RLC سری

مثال: در شکل ۹-۱۲۲ مطلوب است:

الف - توان های ظاهری، اکتیو و راکتیو مدار

ب - ضریب قدرت دواته

حل:

ابتدا امپدانس را به دست می آوریم تا بتوان براساس آن

توان ها و ضریب کیفیت را محاسبه کرد.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(40)^2 + (80 - 50)^2}$$

$$Z = 50\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$$

$$S = Z.I^2 = 50 \times (4)^2 = 800VA$$

$$P = R.I^2 = 40 \times (4)^2 = 640W$$

$$Q = X.I^2 = (80 - 50) \times (4)^2 = 480VAR$$

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z} = \frac{80 - 50}{50} = \frac{30}{50} = 0.6$$

مثال:

در مدار شکل ۹-۱۲۳ مطلوب است:

الف - ضریب قدرت واته مدار

ب - توان ظاهری مدار

ج - توان اکتیو و راکتیو مدار

حل:

$$V = I_R \cdot R = 12 \times 20 = 240V$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{12} = 20A$$

$$I_L = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$I_T = \sqrt{(12)^2 + (20 - 4)^2} \Rightarrow I_T = 20A$$

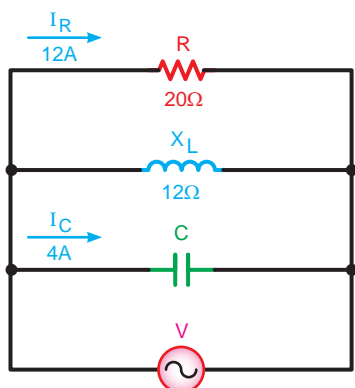
$$\cos \Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{12}{20} = 0.6$$

$$\sin \Phi = \frac{I_X}{I_T} = \frac{20 - 4}{20} = \frac{16}{20} = 0.8$$

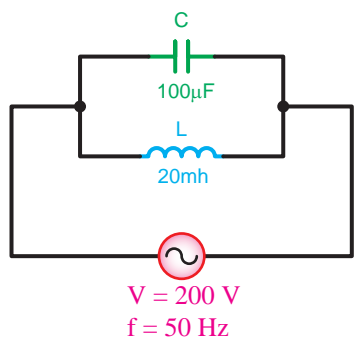
$$S = V_e \cdot I_e = 240 \times 20 = 4800VA$$

$$P = V_e \cdot I_e \cdot \cos \Phi = 4800 \times 0.6 = 2880W$$

$$Q = V_e \cdot I_e \cdot \sin \Phi = 4800 \times 0.8 = 3840VAR$$



شکل ۹-۱۲۳- مدار RLC موازی



شکل ۹-۱۲۴

$$X_L = 2\pi f.L$$

$$X_L = 2 \times 3/14 \times 50 \times 20 \times 10^{-3} = 6/28 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f.C}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3/14 \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31/8 \Omega$$

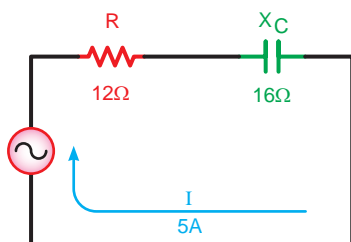
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} = \frac{X_C - X_L}{X_L \cdot X_C}$$

$$Z = \frac{X_C \cdot X_L}{X_C - X_L} = \frac{31/8 \times 6/28}{31/8 - 6/28} = 7/82 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{7/82} = 12/78 A$$

$$P = 0$$

$$Q = S = V_e \cdot I_e = 100 \times 12/78 = 1278 VA$$



شکل ۹-۱۲۵

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$Z = \sqrt{(12)^2 + (16)^2} = 20 \Omega$$

$$V = IZ$$

$$V = 5 \times 20 = 100 V$$

$$\cos \Phi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{20} = .6$$

$$\sin \Phi = \frac{X_C}{Z} = \frac{16}{20} = .8$$

$$S = V.I = 100 \times 5 = 500 VA$$

$$P = S \cdot \cos \Phi = 500 \times .6 = 300 W$$

$$Q = S \cdot \sin \Phi = 500 \times .8 = 400 VAR$$

چون جریان شاخه سلفی بیشتر از شاخه خازنی است لذا

توان راکتیو سلفی است و با علامت مثبت نشان می دهیم.

مثال: یک سلف به خودالقایی ۲۰ میلی هانری بایک

خازن به ظرفیت ۱۰۰ میکروفاراد مطابق شکل ۹-۱۲۴ به

صورت موازی به ولتاژ مؤثر ۱۰۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز

متصل شده اند، مطلوب است:

الف - جریان مدار

ب - توان های اکتیو، راکتیو و ظاهری

حل: مقادیر مجهول به کمک روابط مقابل چنین به

دست می آید.

چون مصرف کننده اهمی نداریم توان مصرفی مدار صفر

است.

مثال: در مدار شکل ۹-۱۲۵ مطلوب است:

الف - ولتاژ کل مدار

ب - ضرایب وات و دواته مدار

ج - توان اکتیو و راکتیو و ظاهری

حل: براساس روابط مدارهای RC سری مقادیر خواسته

شده به صورت مقابل به دست می آید.

عملیات کارگاهی (کار عملی ۱۰)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری در جریان

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱- سیگنال ژنراتور ۱ دستگاه

۲- مولتی متر دیجیتالی ۱ دستگاه

۳- LC متر ۱ دستگاه

۴- بردبرد آزمایشگاهی ۱ عدد

۵- خازن ها

۱ عدد $C_1 = 22\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت

۲ عدد $C_2 = 8\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت

۱ عدد $C_3 = 47\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت

۶- سیم تلفنی ۰/۵ متر

۷- سیم چین ۱ عدد

۸- سیم لخت کن ۱ عدد



توجه

برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپر متری بطور جداگانه استفاده کنید.

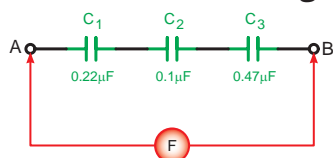


مراحل اجرای آزمایش

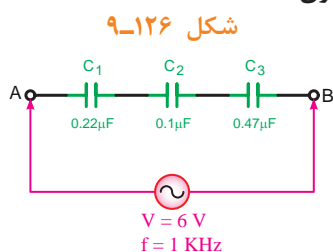
۱- سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۹-۱۲۶ روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار در نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$$C_{AB} = \boxed{} \mu f$$

الف - شکل واقعی



ب - شکل مداری



شکل ۹-۱۲۶

۲- سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل ۹-۱۲۷ به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.

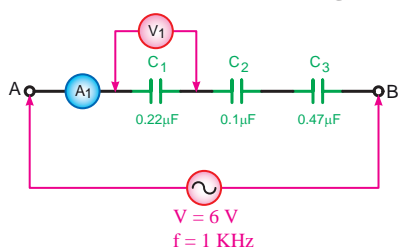


۳- با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دوسر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹-۱۲۸)

$$V_{C_1} = \boxed{} V$$

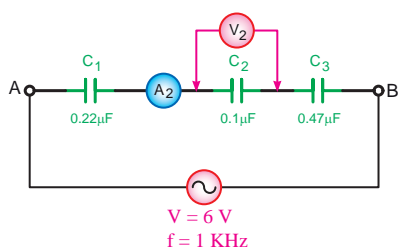
$$I_{C_1} = \boxed{} mA$$

الف - شکل واقعی

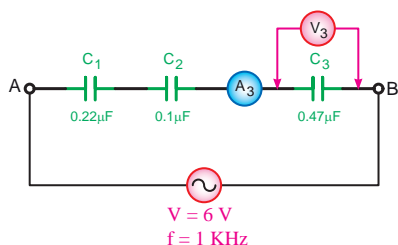


ب - شکل مداری

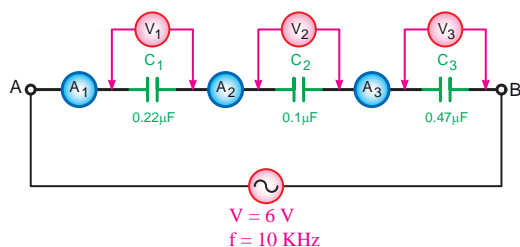
شکل ۹-۱۲۸



شکل ۹-۱۲۹



شکل ۹-۱۳۰



شکل ۹-۱۳۱

۴- به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن های C_1 و C_2 را طبق شکل های ۹-۱۲۹ و ۹-۱۳۰ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \text{ } V$$

$$V_{C_2} = \text{ } V$$

$$I_{C_1} = \text{ } mA$$

$$I_{C_2} = \text{ } mA$$

۵- آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مساوی را نشان می دهند؟ چرا؟

۶- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$V_{C_1} = X_{C_1} \cdot I_T \quad \text{و} \quad I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}} \quad \text{و} \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

محاسبه کنید. $V_{C_2} = X_{C_2} \cdot I_T$ ، $V_{C_3} = X_{C_3} \cdot I_T$

$$V_{C_1} = \text{ } V$$

$$V_{C_2} = \text{ } V$$

$$V_{C_3} = \text{ } V$$

$$I_{C_1} = \text{ } mA$$

$$I_{C_2} = \text{ } mA$$

$$I_{C_3} = \text{ } mA$$

۷- فرکانس سیگنال ژنراتور را به ۱۰ kHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \text{ } V$$

$$V_{C_2} = \text{ } V$$

$$V_{C_3} = \text{ } V$$

$$I_{C_1} = \text{ } mA$$

$$I_{C_2} = \text{ } mA$$

$$I_{C_3} = \text{ } mA$$

پاسخ سؤال

۱۰-

۸- آیا مقادیر اندازه گیری شده ولتاژ و جریان خازن ها در فرکانس ۱ kHz با فرکانس ۱۰ kHz مساوی هستند؟ چرا؟

۹- مقادیر جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$V_{C_1} = X_{C_1} \cdot I_T \quad \text{و} \quad I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}} \quad \text{و} \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

محاسبه کنید. $V_{C_T} = X_{C_T} \cdot I_T$

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

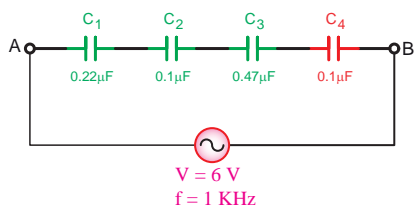
$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

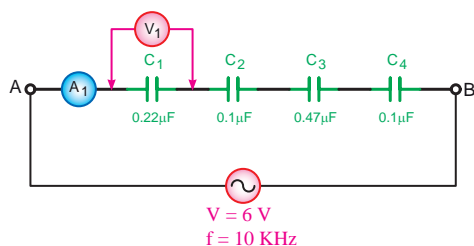
$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

۱۰- از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۹-۱۳۲

۱۱- یک خازن $0.1 \mu\text{F}$ را مطابق شکل ۹-۱۳۲ به صورت سری به مدار اضافه کنید.



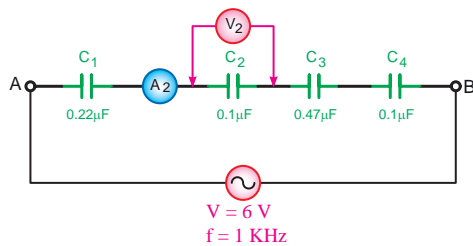
شکل ۹-۱۳۳

۱۲- ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹-۱۳۲ به مدار اتصال دهید.

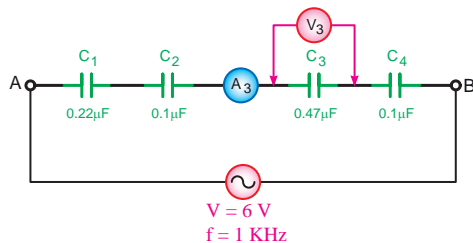
۱۳- با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل ۹-۱۳۳ ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

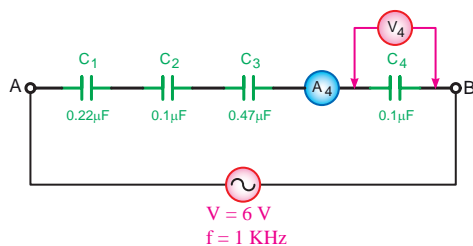
$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$



شکل ۹-۱۳۴



شکل ۹-۱۳۵



شکل ۹-۱۳۶

۱۴- با تغییر دادن محل قرار گرفتن مولتی متر جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن های C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل های ۹-۱۳۴ و ۹-۱۳۵ و ۹-۱۳۶ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

۱۵- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$V_{C_1} = X_{C_1} \cdot I_T \quad \text{و} \quad I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}} \quad \text{و} \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

محاسبه کنید. $V_{C_2} = X_{C_2} \cdot I_T$ ، $V_{C_3} = X_{C_3} \cdot I_T$

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_4} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_4} = \boxed{} \text{ mA}$$

پاسخ سؤال



۱۶-

۱۶- از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۷- براساس مقادیر به دست آمده از آزمایش های انجام شده

ظرفیت واقعی هر یک از خازن های C_1 تا C_4 را به کمک روابط

$$I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}, \quad X_{C_T} = \frac{V}{I}$$

محاسبه کنید.

$X_{C_1} = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	V		$C_1 = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	μf
$X_{C_2} = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	V		$C_2 = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	μf
$X_{C_3} = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	V		$C_3 = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	μf
$X_{C_4} = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	V		$C_4 = $ <input style="width: 100px;" type="text"/>	μf

۱۸- با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی

آن ها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

محاسبه کنید.

$W_{C_1} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = $	<input style="width: 150px;" type="text"/>
$W_{C_2} = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = $	<input style="width: 150px;" type="text"/>
$W_{C_3} = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = $	<input style="width: 150px;" type="text"/>
$W_{C_4} = \frac{1}{2} C_4 V_4^2 = $	<input style="width: 150px;" type="text"/>

پاسخ سؤال

-۱۹

۱۹- آیا نتایج به دست آمده از آزمایش ، با مطالب محاسباتی

مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

عملیات کارگاهی (کار عملی ۱۱)



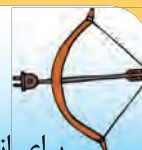
ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی موازی در جریان متناوب

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱- سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲- مولتی متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳- LC متر	۱ دستگاه
۴- بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵- خازن ها	
$C_1 = 22\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = 10\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = 47\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶- سیم تلفنی	۵/۰ متر
۷- سیم چین	۱ عدد
۸- سیم لخت کن	۱ عدد

توجه

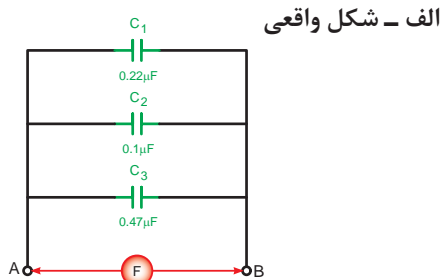


برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت متری و بار دیگر به صورت آمپر متری بطور جداگانه استفاده کنید.



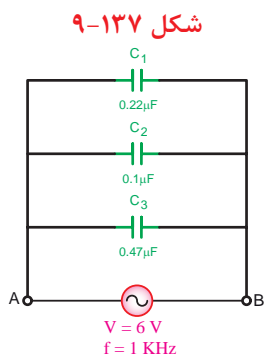
مراحل اجرای آزمایش

۱- سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۹-۱۳۷ روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل در نقطه A و B را اندازه گیری کنید.



$$C_{AB} = \boxed{} \mu f$$

ب - شکل مداری

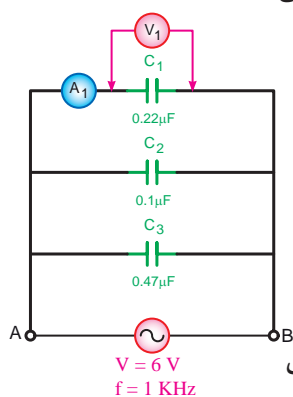


۲- سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل ۹-۱۳۸ به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.

شکل ۹-۱۳۸



الف - شکل واقعی



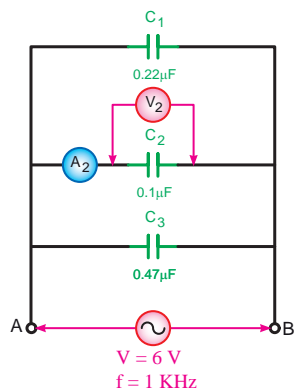
ب - شکل مداری

شکل ۹-۱۳۹

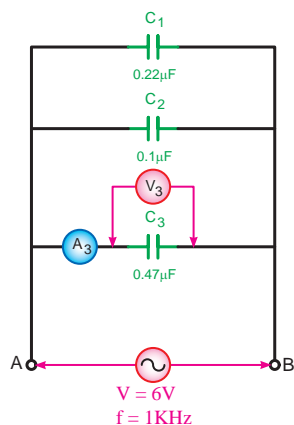
۳- با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹-۱۳۹)

$$V_{C_1} = \boxed{} V$$

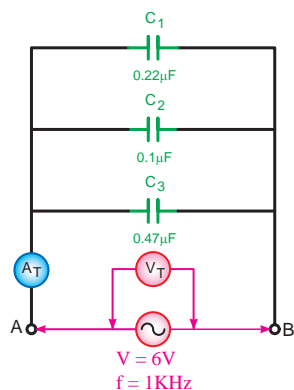
$$I_{C_1} = \boxed{} mA$$



شکل ۹-۱۴۰



شکل ۹-۱۴۱



شکل ۹-۱۴۲

۴- به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن های C_1 و C_2 را طبق شکل های ۹-۱۴۰، ۹-۱۴۱ و ۹-۱۴۲ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_T = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_T = \boxed{} \text{ mA}$$

۵- آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مساوی را نشان می دهند؟ چرا؟

۶- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$I_{C_1} = \frac{V_{C_1}}{X_{C_1}} \quad \text{و} \quad V_C = X_C \cdot I_C \quad \text{و} \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

$$I_{C_T} = \frac{V_{C_T}}{X_{C_T}} \quad \text{محاسبه کنید.}$$

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

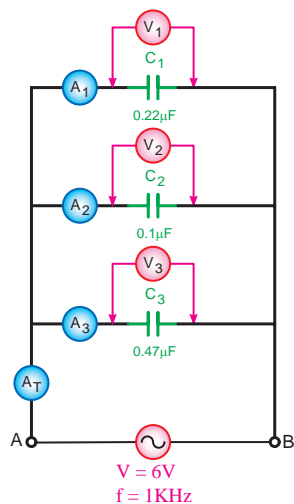
$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_T} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_T} = \boxed{} \text{ mA}$$



شکل ۹-۱۴۳

۷- فرکانس سیگنال ژنراتور را مطابق شکل ۹-۱۴۳ به 10 kHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

۸- آیا مقادیر اندازه گیری شده ولتاژ و جریان خازن ها در فرکانس 1 kHz با فرکانس 10 kHz مساوی هستند؟ چرا؟

۹- مقادیر جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$V_{C_1} = X_{C_1} \cdot I_T \quad \text{و} \quad I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}} \quad \text{و} \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

$V_{C_2} = X_{C_2} \cdot I_T$ و $V_{C_3} = X_{C_3} \cdot I_T$ محاسبه کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

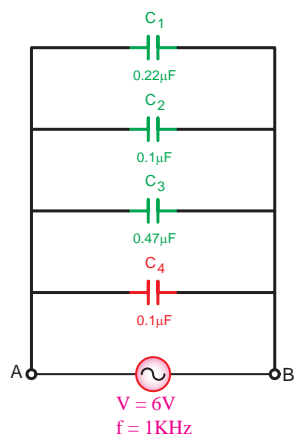
$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

۱۰- از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱- یک خازن $0.1\mu\text{F}$ را مطابق شکل ۹-۱۴۴ به صورت

موازی به مدار اضافه کنید.



شکل ۹-۱۴۴

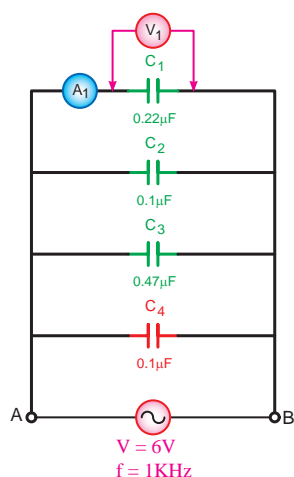
پاسخ سؤال



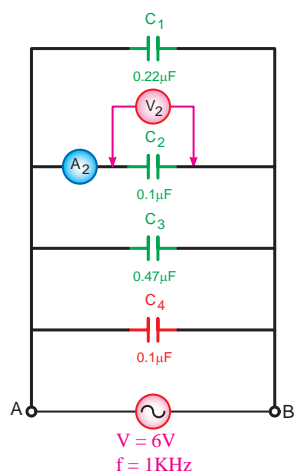
۸-

۱۰-

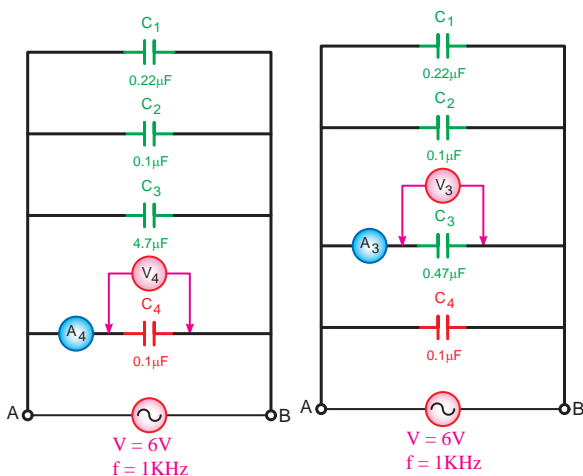
۱۲- ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹-۱۴۴ به مدار اتصال دهید.



شکل ۹-۱۴۵



شکل ۹-۱۴۶



شکل ۹-۱۴۸

شکل ۹-۱۴۷

۱۳- با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل ۹-۱۴۵ ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

۱۴- با تغییر دادن محل قرار گرفتن مولتی متر جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن های C_2 و C_3 و C_4 را مطابق شکل های ۹-۱۴۶ و ۹-۱۴۷ و ۹-۱۴۸ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

۱۵- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط

$$I_{C_1} = \frac{V_{C_1}}{X_{C_1}} \text{ و } V_C = X_C \cdot I_C \text{ و } X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

$$I_{C_T} = \frac{V_{C_T}}{X_{C_T}} \text{ محاسبه کنید.}$$

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V}$$

$$I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$I_{C_4} = \boxed{} \text{ mA}$$

پاسخ سؤال



۱۶- از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۷- براساس مقادیر بدست آمده از آزمایش های انجام شده، ظرفیت واقعی هر یک از خازن های C_1 تا C_4 را به کمک روابط $X_C = \frac{V}{I}$ و $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$ محاسبه کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \Omega$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \Omega$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \Omega$$

$$V_{C_4} = \boxed{} \Omega$$

$$C_1 = \boxed{} \mu f$$

$$C_2 = \boxed{} \mu f$$

$$C_3 = \boxed{} \mu f$$

$$C_4 = \boxed{} \mu f$$

پاسخ سؤال



۱۹-

۱۸- با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آن ها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه $W = \frac{1}{2} CV^2$ محاسبه کنید.

$$W_{C_1} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \boxed{}$$

$$W_{C_2} = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \boxed{}$$

$$W_{C_3} = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = \boxed{}$$

$$W_{C_4} = \frac{1}{2} C_4 V_4^2 = \boxed{}$$

۱۹- آیا نتایج به دست آمده از آزمایش ها با مطالب محاسباتی مطابقت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

عملیات کارگاهی (کار عملی ۱۲)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱/۵	۱/۵

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری - موازی در جریان متناوب

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱- سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲- مولتی متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳- LC متر	۱ دستگاه
۴- بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵- خازن ها	
$C_1 = 0.22\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = 0.1\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = 0.47\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶- سیم تلفنی	۵/۰ متر
۷- سیم چین	۱ عدد
۸- سیم لخت کن	۱ عدد

تذکر مهم: در صورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحل که با علامت (*) مشخص شده اند خودداری کنید .



توجه



برای اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولتمتری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

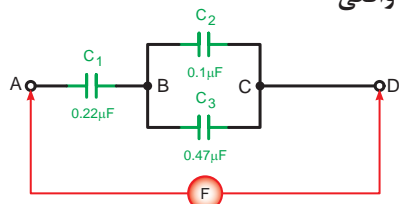


مراحل اجرای آزمایش

۱- مدار شکل ۹-۱۴۹ را روی بردبرد اتصال دهید و با LC متر ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

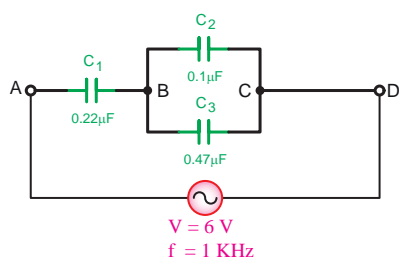
$$C_{TAD} = \boxed{} \mu f$$

الف - شکل واقعی



ب - شکل مداری

شکل ۹-۱۴۹



شکل ۹-۱۵۰

۲- سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز kHz تنظیم کنید و طبق شکل ۹-۱۵۰ به دو نقطه A و D مدار وصل کنید.

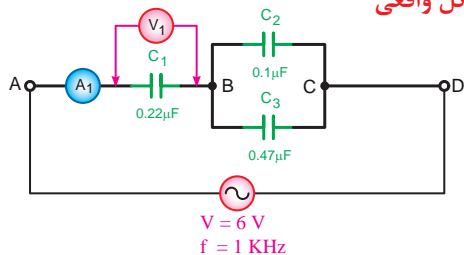


۳- با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹-۱۵۱)

$$V_{C_1} = \boxed{} V$$

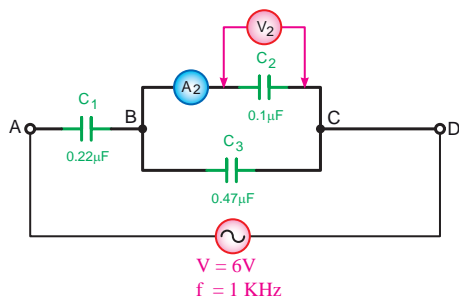
$$I_{C_1} = \boxed{} mA$$

الف - شکل واقعی



ب - شکل مداری

شکل ۹-۱۵۱



شکل ۹-۱۵۲

۴- به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن های C_2 و C_3 را طبق شکل های ۹-۱۵۲ و ۹-۱۵۳ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

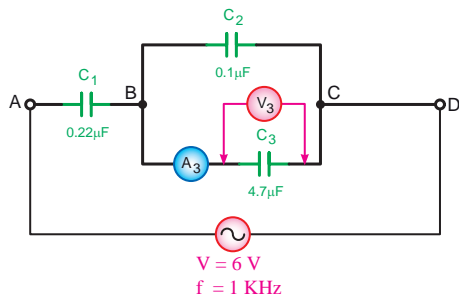
$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

پاسخ سؤال



۵-

۵- آیا آمپر مترها و ولت مترها مقادیر مساوی را نشان می دهند؟ چرا؟



شکل ۹-۱۵۳

۶- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

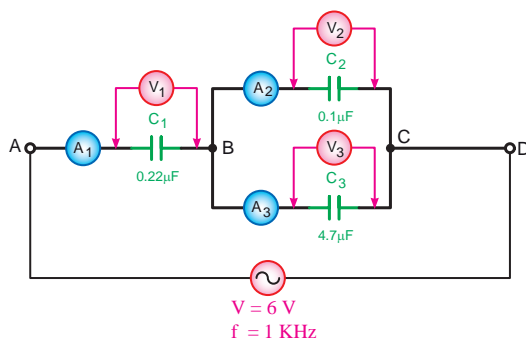
$$V_C = X_C \cdot I \quad \text{و} \quad I_C = \frac{V_C}{X_C} \quad \text{و} \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_T}$$

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_f} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_f} = \boxed{} \text{ mA}$$



شکل ۹-۱۵۴

۷- فرکانس سیگنال ژنراتور را مطابق شکل ۹-۱۵۴ به ۱۰ KHz

تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

پاسخ سؤال

-۸

۸- آیا مقادیر اندازه گیری شده ولتاژ و جریان ولتاژی در فرکانس ۱ kHz با فرکانس ۱۰ kHz مساوی هستند؟ چرا؟

پاسخ سؤال

-۱۰

۹- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$V_C = X_C \cdot I_C \quad \text{و} \quad I_C = \frac{V_C}{X_C}, \quad X_{C_T} = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

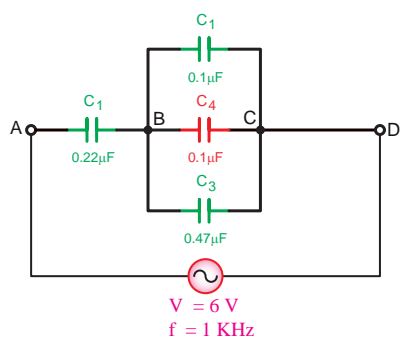
$$V_{C_1} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_1} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_2} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_2} = \boxed{} \text{ mA}$$

$$V_{C_3} = \boxed{} \text{ V} \quad I_{C_3} = \boxed{} \text{ mA}$$

۱۰- از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و

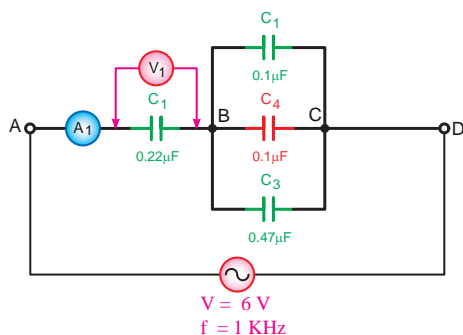
جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



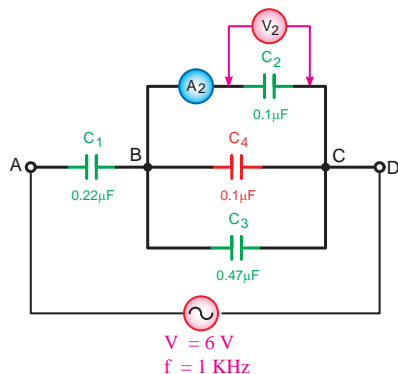
شکل ۹-۱۵۵

۱۱- یک خازن ۰/۱ μf را مطابق شکل ۹-۱۵۵ بین دو نقطه B

و C مدار قرار دهید.



شکل ۹-۱۵۶



شکل ۹-۱۵۷

۱۲- ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹-۱۵۶ به مدار اتصال دهید.

۱۳- با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل های ۹-۱۵۶ تا ۹-۱۵۹ ولتاژ و جریان خازن C_1 تا C_4 را اندازه گیری کنید.

$V_{C_1} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_1} =$	<input type="text"/>	mA
$V_{C_2} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_2} =$	<input type="text"/>	mA
$V_{C_3} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_3} =$	<input type="text"/>	mA
$V_{C_4} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_4} =$	<input type="text"/>	mA

۱۴- مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط:

$$V_C = X_C \cdot I_C \quad \text{و} \quad I_C = \frac{V_C}{X_C}, \quad X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

$V_{C_1} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_1} =$	<input type="text"/>	mA
$V_{C_2} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_2} =$	<input type="text"/>	mA
$V_{C_3} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_3} =$	<input type="text"/>	mA
$V_{C_4} =$	<input type="text"/>	V	$I_{C_4} =$	<input type="text"/>	mA

۱۵- از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۱۳ و ۱۴ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۶- با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آن ها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه

$$W = \frac{1}{2} C V^2 \quad \text{محاسبه کنید.}$$

$$W_{C_1} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \text{ } \text{ mJ}$$

$$W_{C_2} = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \text{ } \text{ mJ}$$

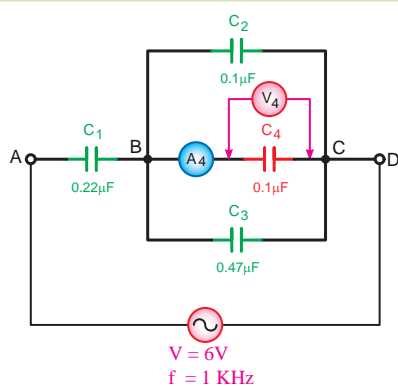
$$W_{C_3} = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = \text{ } \text{ mJ}$$

$$W_{C_4} = \frac{1}{2} C_4 V_4^2 = \text{ } \text{ mJ}$$

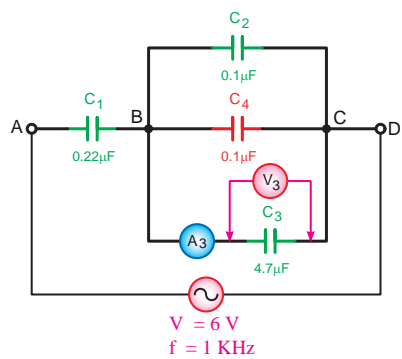
پاسخ سؤال



-۱۵



شکل ۹-۱۵۸



شکل ۱۵۹-۹

۱۷- از مقایسه نتایج مراحل ۱۰ و ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال



۱۷-



آزمون پایانی (۹)

۱- جریانی که جهت آن همیشه ثابت است چه نوع جریانی است؟

الف - متناوب ب - مستقیم ج - مربعی د - سینوسی

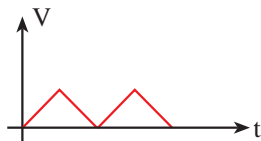
۲- هنگام نشان دادن شکل موج، محور عمودی مختصات نشان دهنده چیست؟

الف - زاویه ب - زمان ج - اندازه د - جهت

۳- شکل موج ۹-۱۶۰ چه ولتاژی است؟

الف - AC ب - DC

ج - AC متغیر د - DC متغیر



شکل ۹-۱۶۰

۴- هرگاه سیمی در داخل میدان مغناطیسی حرکت کند در دو سر آن به وجود می آید.

الف - ولتاژ ب - جریان ج - مقاومت د - میدان مغناطیسی

۵- کدام مورد از عوامل زیر در ولتاژ القایی مؤثر نیست؟

الف - میدان مغناطیسی ب - سطح مقطع سیم ج - زاویه سیم د - سرعت حرکت

۶- در چه صورت جریان القایی در سیم جاری خواهد شد؟

الف - حرکت سیم ب - وجود میدان مغناطیسی

ج - بسته شدن مدار سیم متحرک د - عمود بودن زاویه سیم با میدان

۷- کدام مورد از اجزای مولد AC نیست؟

الف - فلوی مغناطیسی ب - زغالها ج - کموتاتور د - سیم تحرک (کلاف)

۸- در لحظه ای که کلاف در داخل میدان مغناطیسی ۱۸۰ درجه چرخیده ولتاژ القایی چه وضعیتی دارد؟

الف - حداقل ب - حداکثر ج - صفر د - نصف

۹- انگشت شست در قانون دست راست باز چه عاملی را نشان می دهد؟

الف - جهت حرکت سیم ب - جهت جریان القایی

ج - جهت میدان مغناطیسی د - جهت نیروی محرکه القایی

۱۰- انگشت اشاره در قانون دست راست سه انگشت عمود بر هم نشان دهنده کدام کمیت است؟

الف - جهت حرکت میدان ب - جهت نیروی محرکه

ج - جهت حرکت هادی د - جهت فلوی مغناطیسی

۱۱- فرکانس عبارت است از:

الف - تعداد زمان تناوبها در هر ثانیه

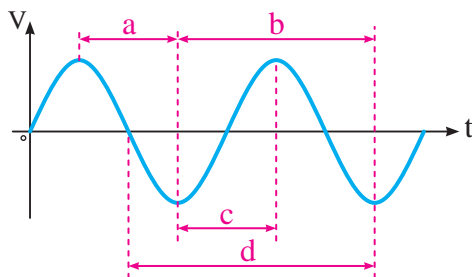
ب - تعداد سیکل های زده شده در هر ثانیه

ج - مسافت طی شده در یک ثانیه

د - مدت زمان طی شده یک سیکل



۱۲- در شکل ۹-۱۶۱ کدامیک از موارد زیر شکل صحیح زمان تناوب را نشان می دهد؟



شکل ۹-۱۶۱

الف - a

ب - b

د - d

ج - c

۱۳- کدام رابطه شکل صحیح فرمول طول موج را نشان می دهد؟

د - $\lambda = 2\pi f$

ج - $\lambda = \frac{C}{q}$

الف - $\lambda = \frac{C}{f}$

ب - $\lambda = \frac{f}{C}$

۱۴- سرعت زاویه ای عبارت است از:

الف - سرعت متحرک در داخل میدان مغناطیسی

ب - زاویه چرخش متحرک در مسیر دایره‌ای به شعاع 2π

ج - سرعت چرخش متحرک در مسیر دایره‌ای

د - زاویه چرخش متحرک نسبت به شعاع مبنا در عرض یک ثانیه

۱۵- رابطه مقدار متوسط و مؤثر یک موج را نشان می دهد؟

ب - $V_{av} = 0.637 \times V_m$

$V_e = 0.637 \times V_m$

د - $V_{av} = 0.707 \times V_m$

$V_e = 0.637 \times V_m$

الف - $V_{av} = 0.707 \times V_m$

$V_e = 0.707 \times V_m$

ج - $V_{av} = 0.637 \times V_m$

$V_e = 0.707 \times V_m$

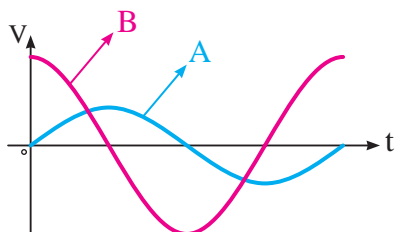
۱۶- معیار سنجش مقدار مؤثر موج متناوب چیست؟

الف - برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان مستقیم

ب - برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدار اهمی خالص جریان مستقیم

ج - برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان متناوب

د - برابری مقدار گرمای ایجاد شده اهمی جریان متناوب



شکل ۹-۱۶۲

۱۷- با توجه به شکل ۹-۱۶۲ کدام مورد صحیح است؟

الف - موج B نسبت به موج A پیشفاز است.

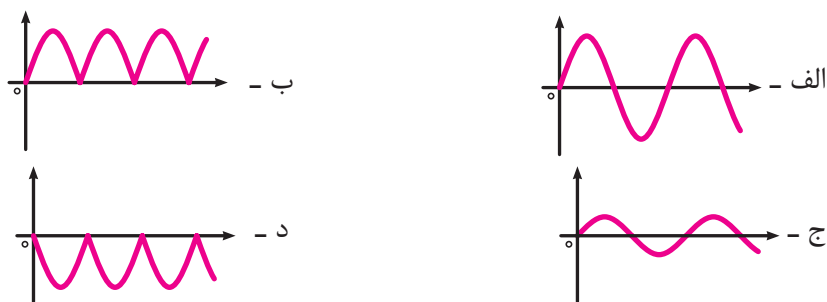
ب - موج A نسبت به موج B پیشفاز است.

ج - موج A نسبت به موج B همفاز است.

د - دو موج ارتباطی با هم ندارند.



۱۸- شکل موج توان در مدار اهمی خالص کدام است؟



۱۹- جریان در یک مدار خازنی خالص نسبت به ولتاژ چگونه است؟

- الف - ۹۰ درجه پس فاز
ب - ۹۰ درجه پیش فاز
ج - ۴۵ درجه پس فاز
د - ۴۵ درجه پیش فاز

۲۰- عملکرد خازن در مدارهای جریان متناوب بدین صورت است که

الف - از شبکه انرژی می گیرد و مصرف می کند.

ب - از شبکه انرژی می گیرد و به حرارت تبدیل می کند.

ج - از شبکه انرژی می گیرد و در خود ذخیره می کند.

د - از شبکه انرژی می گیرد و در خود ذخیره و سپس باز می گرداند.

۲۱- جریان در یک مدار سلفی نسبت به ولتاژ مدار چه وضعیتی دارد؟

- الف - ۹۰ درجه پس فاز
ب - ۹۰ درجه پیش فاز
ج - هم فاز
د - ۴۵ درجه پس فاز

۲۲- خاصیت مقاومتی سلف در جریان متناوب را سلفی گویند.

- الف - اندوکتانس ب - راکتانس ج - رزیستانس د - کاپاسیتانس

۲۳- کدام یک از گزینه های زیر در مورد یک مدار سلفی سری صحیح است؟

الف - $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$ ب - $X_{L_T} = \frac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}}}$

$L_T = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$

ج - $X_{L_T} = \frac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}}}$ د - $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$

$L_T = L_1 + L_2$

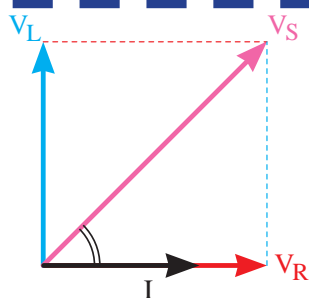
$L_T = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$

۲۴- بردار کمیت های اهمی خالص و غیراهمی خالص به ترتیب روی محورهای و رسم می شوند.

الف - افقی مثبت - افقی منفی ب - افقی منفی - عمودی مثبت و منفی

ج - افقی مثبت - عمودی مثبت و منفی د - افقی منفی - عمودی منفی

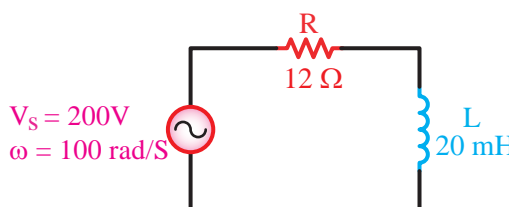




شکل ۹-۱۶۳

۲۵- دیاگرام برداری شکل ۹-۱۶۳ مربوط به چه مداری است؟

- الف - RL موازی
ب - RL سری
ج - RC موازی
د - RC سری



شکل ۹-۱۶۴

۲۶- در مدار شکل ۹-۱۶۴ ضریب قدرت مدار چه قدر است؟

- الف - ۰/۸
ب - ۰/۷
ج - ۰/۶
د - ۰/۵

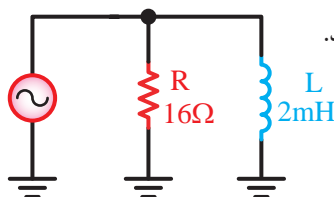
۲۷- افزایش فرکانس در مدار RL سری موجب می شود تا مدار خاصیت پیدا کند.

- الف - اهمی تر
ب - سلفی تر

د - تغییر فرکانس تأثیری در مدار ندارد.

- ج - اهمی و سلفی

$V_S = 48V$
 $f = 1KHz$
 $\pi = 3$



شکل ۹-۱۶۵

۲۸- جریان کل مدار شکل ۹-۱۶۵ چند است؟

- الف - ۱۰
ب - ۴/۸
ج - ۳/۲
د - ۵

۲۹- در صورت کاهش فرکانس در یک مدار RL موازی زاویه اختلاف فاز مدار

- الف - افزایش می یابد.
ب - کاهش می یابد.

د - ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

- ج - تغییری نمی کند.

۳۰- در مدار RL سری به نسبت با مقاومت ها بین اجزا مدار مستقیم می شود.

- الف - ولتاژها - مستقیم
ب - ولتاژها - معکوس

د - جریان ها - معکوس

- ج - جریان ها - مستقیم

۳۱- کدام رابطه شکل صحیح فرمول ضریب قدرت در مدارهای RC سری را نشان می دهد؟

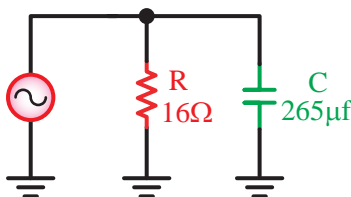
- الف - $\frac{X_C}{R}$
ب - $\frac{X_C}{Z}$
ج - $\frac{R}{Z}$
د - $\frac{R}{Z}$

۳۲- امپدانس مدار شکل ۹-۱۶۶ چند اهم است؟

- الف - ۲۸
ب - ۱۹۲
ج - ۲۰
د - ۹/۶

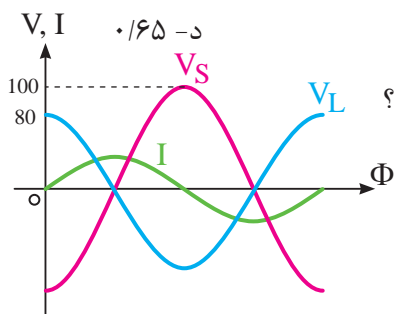


$f = 50Hz$



شکل ۹-۱۶۶

۳۳- مقدار ضریب قدرت غیر حقیقی مدار شکل ۹-۱۶۷ چقدر است؟



الف - ۰/۸

ب - ۰/۷۵

ج - ۰/۷

د - ۰/۶۵

۳۴- با توجه به شکل موج های شکل ۹-۱۶۷ مدار در چه حالتی است؟

الف - $X_L < X_C$

ب - $X_C < X_L$

ج - $X_L = X_C$

د - $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$

۳۵- امپدانس در مدارهای LC سری در شرایطی چقدر است؟

الف - $Z = 0$

ب - $Z = Z_{max}$

ج - $Z = R$

د - $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

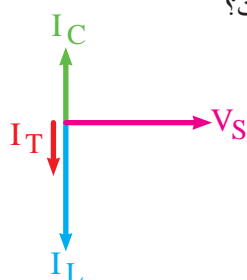
۳۶- دیاگرام برداری شکل ۹-۱۶۸ مربوط به کدام مدار و در چه شرایطی است؟

الف - LC سری $X_L > X_C$

ب - LC سری $X_C > X_L$

ج - LC موازی $X_L > X_C$

د - LC موازی $X_C > X_L$



شکل ۹-۱۶۸

۳۷- در یک مدار LC موازی اگر فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزونانس شود، وضعیت مدار چگونه است؟

الف - حالت خازنی $X_L > X_C$

ب - حالت خازنی $X_C > X_L$

ج - حالت خازنی $X_L > X_C$

د - حالت خازنی $X_C > X_L$

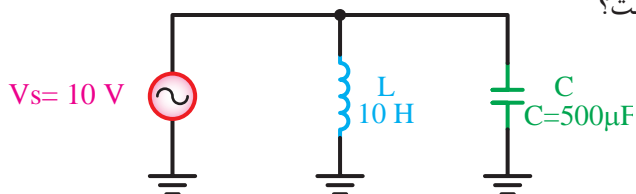
۳۸- فرکانس رزونانس مدار شکل ۹-۱۶۹ چند کیلوهرتز است؟

الف - ۳/۱

ب - ۷/۰۷

ج - ۲/۲

د - ۱۴



شکل ۹-۱۶۹

۳۹- اگر راکتانس خازنی مدار RC سری افزایش یابد زاویه اختلاف فاز به نزدیک می شود.

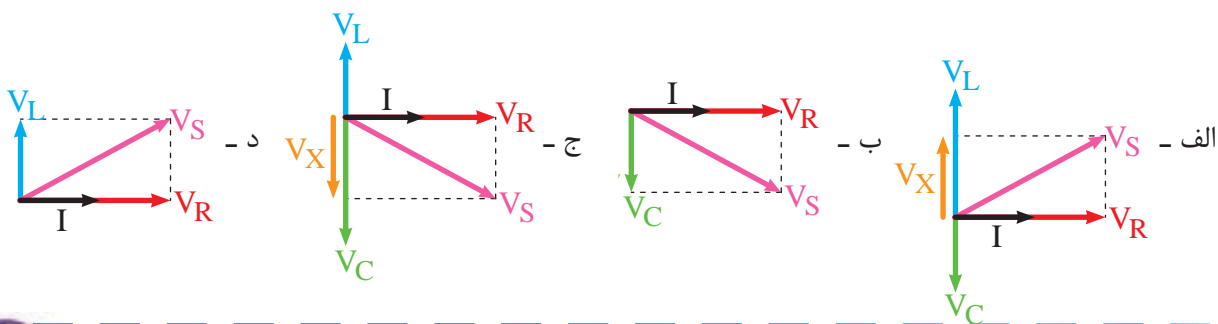
الف - ۹۰+ درجه

ب - ۹۰- درجه

ج - صفر

د - ۴۵+ درجه

۴۰- کدامیک از دیاگرام های برداری ولتاژها در حالت مدار RLC سری را نشان می دهد؟



۴۱- در حالت رزونانس مدار RLC سری امپدانس مدار برابر است با:

د- ۰/۶۵

ج- ۰/۷

ب- ۰/۷۵

الف- ۰/۸

د- X_L

ج- X_C

ب- $\frac{1}{R}$

الف- R

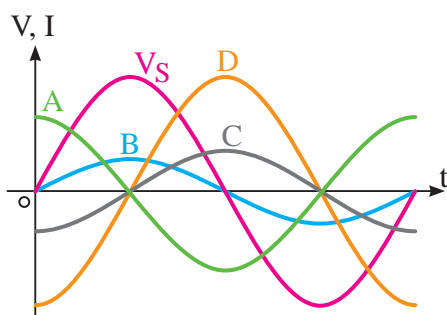
۴۲- در فرکانس های کمتر از f_r مدارهای RLC سری جریان (I) از V_S است و مدار در حالت قرار دارد.

د- عقبتر - سلفی

ج- جلوتر - خازنی

ب- عقبتر - خازنی

الف- جلوتر - سلفی



شکل ۹-۱۷۰

۴۳- در شکل ۹-۱۷۰ که مربوط به مدار RLC موازی است

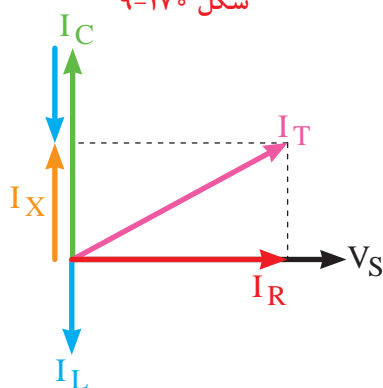
کدام شکل موج نشان دهنده جریان I_L است؟

ب- B

الف- A

د- D

ج- C



شکل ۹-۱۷۱

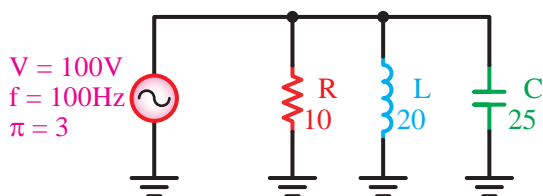
۴۴- دیاگرام برداری شکل ۹-۱۷۱ مربوط به چه مداری است؟

ب- RL موازی

الف- RLC موازی

د- RL سری

ج- RLC سری



شکل ۹-۱۷۲

۴۵- ضریب قدر مدار شکل ۹-۱۷۲ چقدر است؟

ب- ۰/۹

الف- ۰/۴

د- ۰/۶

ج- ۰/۸

۴۶- توانی را که از طرف تولید کننده به مدار فرستاده می شود را توان گویند.

د- اکتیو (Q)

ج- ظاهری (S)

ب- اکتیو (S)

الف- ظاهری (Q)

۴۷- کدامیک از روابط زیر غلط است؟

د- $S = \frac{V_e}{I_e}$

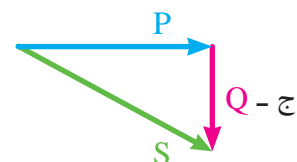
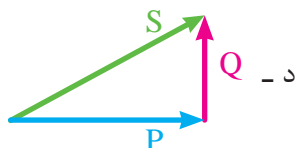
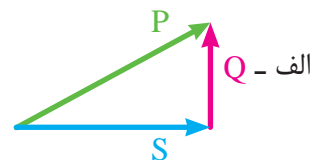
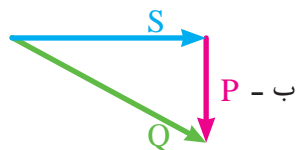
ج- $P = \frac{V_e}{R}$

ب- $Q = X \cdot I_e$

الف- $P = \sqrt{S^2 + Q^2}$



۴۸- کدام یک از گزینه های زیر شکل صحیح مثلث توان ها را در حالت سلفی نشان می دهد؟



۴۹- اگر شکل موجی از موج دیگر زودتر شروع شود، در اصطلاح به آن موج می گویند.

۵۰- مقاومتی که سلف از خود در جریان متناوب نشان میدهد، راکتانس سلفی نامند. ☐ صحیح ☐ غلط

۵۱- در مدارهای سلفی ولتاژ مدار نسبت به جریان ۹۰ درجه است.

۵۲- در مدارهای RLC به ازاء تغییرات فرکانس هیچ گاه مقادیر X_L و X_C برابر نخواهند شد. صحیح ☐ غلط ☐

۵۳- در محاسبات توان، توان راکتیو سلفی را با علامت و توان راکتیو خازنی را با علامت نشان می دهند.

۵۴- در مدارهای RLC موازی و در حالت رزونانس جریان کل مدار حداکثر است. صحیح ☐ غلط ☐

۵۵- سلف معادل چند سلف موازی از مقدار هر یک از سلف های مدار است.



توجه

مطالب مربوط به سوالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.



واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل دهم: اصول کار مولدهای جریان مستقیم

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای جریان مستقیم



هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نام ببرد.
- ۲- تفاوت کموتاتورهای ac و dc را بیان کند.
- ۳- اصول کار و چگونگی به وجود آمدن شکل موج خروجی مولدهای dc را با رسم شکل توضیح دهد.
- ۴- اثر افزایش تعداد دور و گروه کلاف ها و تیغه های کلکتور را توضیح دهد.



ساعت

نظری	عملی	جمع
۴	-	۴



۱- در داخل دستگاه های جوش ممکن است کدام یک از وسایل زیر استفاده نشود؟

الف - ترانس ب - مولد dc ج - سیم مسی د - الکتروود

۲- ولتاژ تولید شده توسط باتری قلمی مشابه کدام یک از موارد زیر نیست؟

الف - مولد ac ب - مولد dc ج - باتری کتابی د - باتری ماشین

۳- برای شارژ باتری اتومبیل کدام یک از وسایل زیر استفاده می شود؟

الف - باتری ب - دلكو ج - آفتمات د - دینام

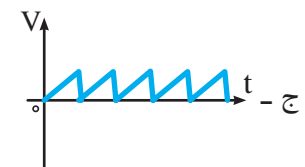
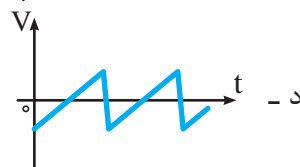
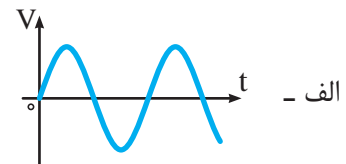
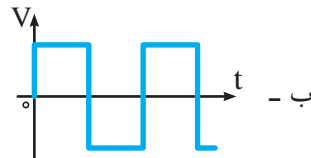
۴- کدامیک از موارد زیر از اجزای یک دینام دوچرخه نیست؟

الف - آرمیچر ب - هرزگرد ج - آهنربا د - سیم پیچ قطب های N و S

۵- در کدام وسیله زیر زغال (جاروبک) به کار نمی رود؟

الف - دریل ب - جارو برقی ج - همزن د - موتور کولر

۶- کدامیک از امواج زیر dc است؟



۷- انگشت شست در قانون دست راست ژنراتورها نشان دهنده کدام کمیت است؟

الف - جهت حرکت هادی ب - جهت نیروی محرکه

ج - جهت میدان مغناطیسی د - جهت قطب ها

۸- فرکانس موجی با زمان متناوب ۵ میلی ثانیه بر هرتز است؟

الف - ۱۰۰ ب - ۲۰۰ ج - ۲۰ د - ۰/۰۰۵

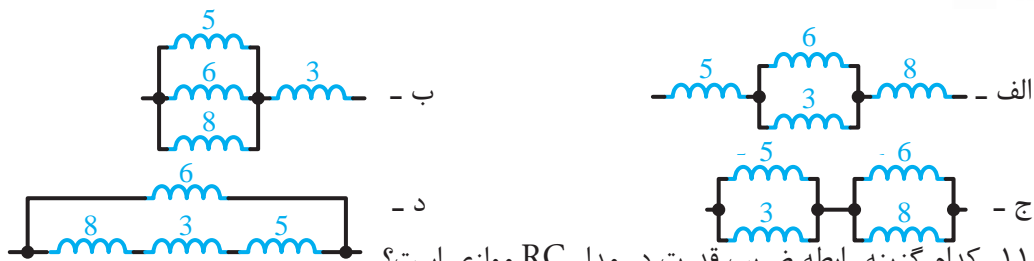
۹- مقدار مؤثر یک موج سینوسی با ماکزیمم دامنه ۱۰ ولت چقدر است؟

الف - ۱۲/۷۴ ب - ۷/۰۷ ج - ۱۴/۱۴ د - ۰/۶۳۶





۱۰- راکتانس معادل کدام یک از اشکال زیر برابر با 15Ω است؟



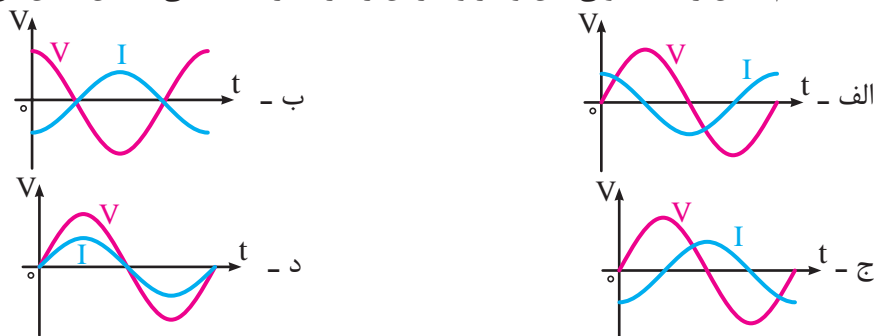
۱۱- کدام گزینه رابطه ضریب قدرت در مدار RC موازی است؟

الف - $\frac{R}{Z}$ ب - $\frac{X_c}{R}$ ج - $\frac{Z}{X_c}$ د - $\frac{Z}{R}$

۱۲- در مدار RLC موازی با افزایش اندوکتانس، مدار حالت پیدا می کند.

الف - اهمی - سلفی ب - اهمی - خازنی ج - سلفی د - سلفی - خازنی

۱۳- کدام شکل رابطه قانونی بین ولتاژ و جریان را در مدارهای سلفی خالص نشان می دهد؟



۱۴- اگر توان ظاهری یک مصرف کننده $500VA$ و توان اکتیو $400W$ باشد، ضریب قدرت آن چقدر است؟

الف - $1/25$ ب - $0/75$ ج - $0/6$ د - $0/8$

۱۵- مقدار فرکانس رزونانس یک مدار RLC سری با مشخصات $R = 100\Omega$ ، $C = 0.4\mu f$ چند هرتز است؟ ($\pi=3$)

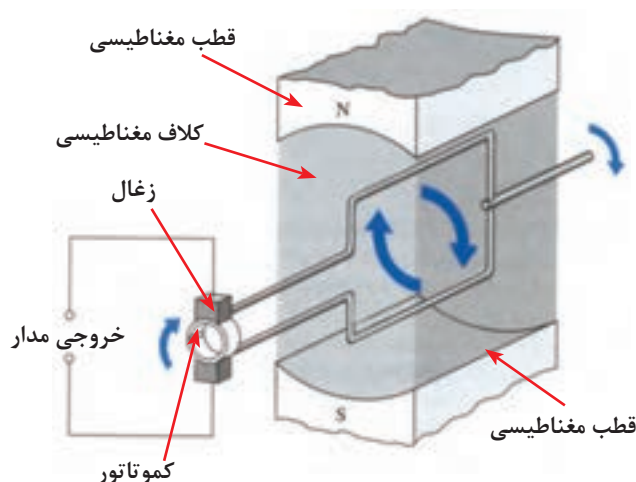
الف - 396 ب - 372 ج - 340 د - 335



۱-۱۰-۱- شناسایی اصول کار مولد جریان مستقیم

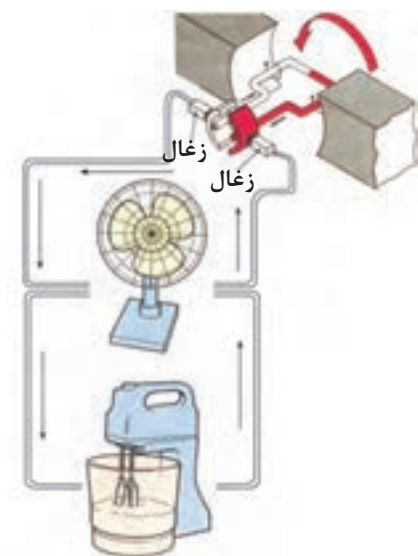
یک ماشین جریان مستقیم ساده طبق شکل ۱-۱۰-۱ از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است.

- ۱- میدان مغناطیسی (قطب ها)
- ۲- حلقه القا شونده (کلاف سیم)
- ۳- کموتاتور (حلقه های لغزنده)
- ۴- جاروبک ها (زغال ها)



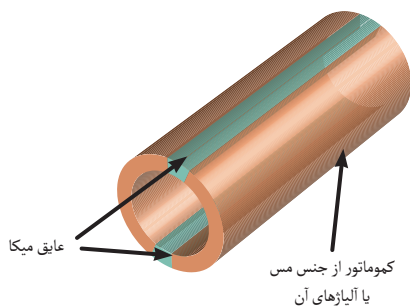
شکل ۱-۱۰-۱

نحوه تولید ولتاژ در مولدهای dc نیز مشابه مولدهای ac است یعنی با حرکت درآوردن کلاف در میان مغناطیسی ولتاژی در دو سر آن القا می شود که از طریق حلقه های لغزنده به زغال ها و در نهایت به مصرف کننده انتقال می یابد. (شکل ۱۰-۲)

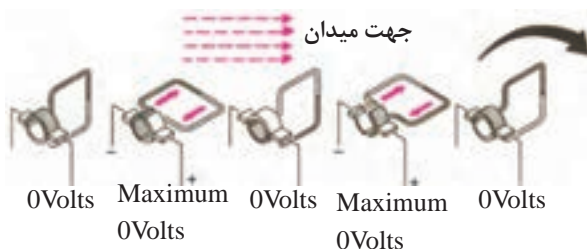


شکل ۱۰-۲

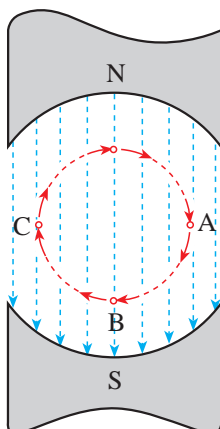
تفاوت اصلی مولدهای dc و ac در شکل کموتاتور استفاده شده در آن است. زیرا در جریان dc این حلقه ها دو تکه است و توسط یک عایق از یکدیگر جدا می شوند. (شکل ۱۰-۳)



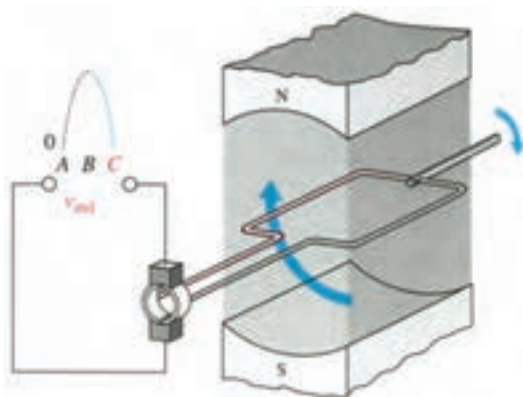
شکل ۱۰-۳



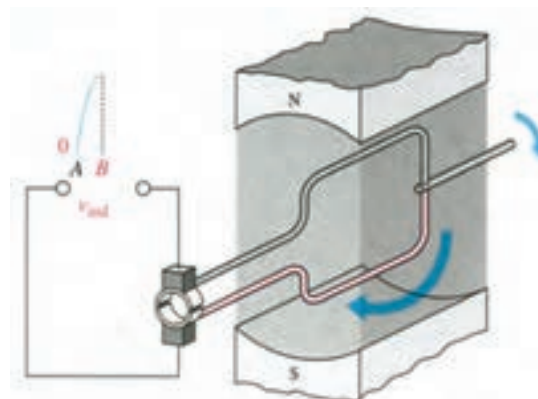
شکل ۴-۱۰



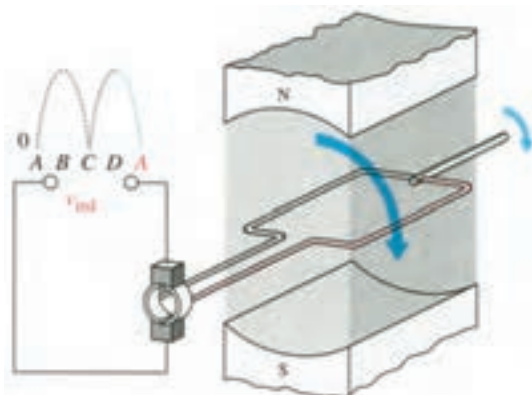
شکل ۵-۱۰



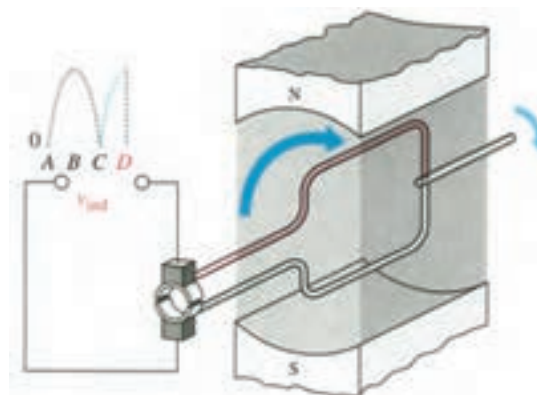
حالت ب - حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ صفر است.



حالت الف - حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ حداکثر می باشد.



حالت د - حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ صفر می باشد.



حالت ج - حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ حداکثر می باشد.

شکل ۶-۱۰

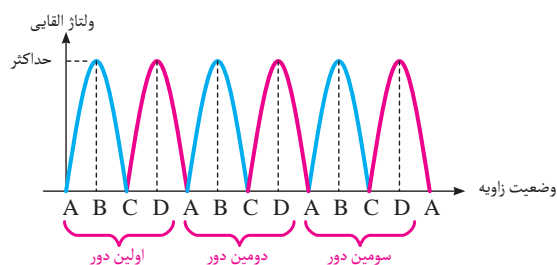
دو تکه بودن کموتاتور سبب می شود تا بازویی که به آن متصل است در زمانی که کلاف نیم دور میزند و به زیر قطب مخالف برود. در این حالت جهت جریان در سیم عوض نمی شود و به همان صورت باقی بماند. (شکل ۴-۱۰)

اگر فضای گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی را برای هر ۹۰ درجه به صورت شکل ۵-۱۰ نامگذاری کنیم با گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی هر ۱۸۰ درجه ولتاژ یکبار به حداکثر میرسد و مجدداً صفر می شود.

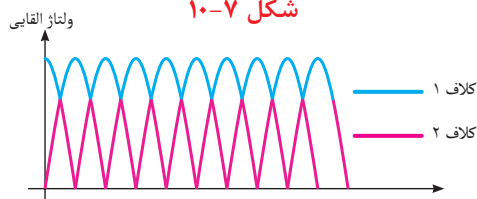
بنابراین در یک دور گردش کلاف در میدان مغناطیسی دو نیم سیکل سینوسی به وجود می آید.

در شکل ۶-۱۰ از تصویر الف تا د مراحل مختلف و چگونگی به وجود آمدن ولتاژ را نشان می دهد.

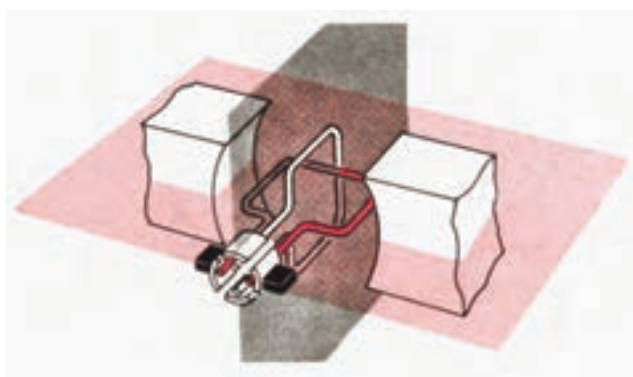
برای درک بهتر چگونگی تولید ولتاژ القایی dc در هر ۹۰ درجه چرخش به زیرنویس تصاویر توجه کنید.



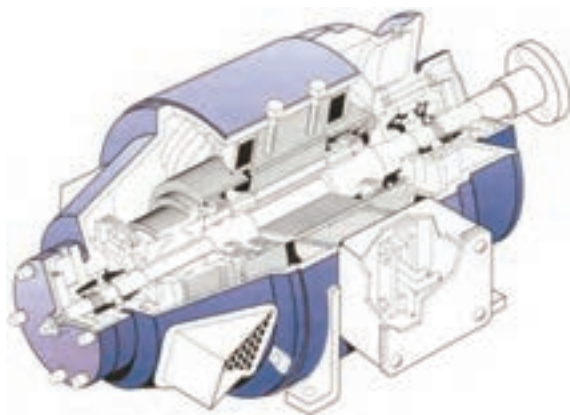
شکل ۱۰-۷



شکل ۱۰-۸



شکل ۱۰-۹



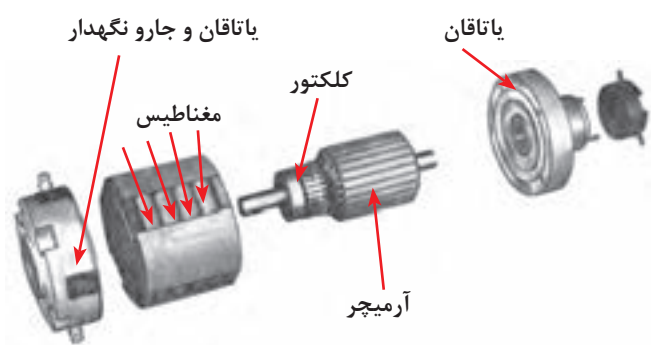
شکل ۱۰-۱۰

شکل موج خروجی مولد در طی چرخش های متوالی کلاف در داخل میدان به صورت شکل ۱۰-۷ می شود.

در صورتی که تعداد کلاف های موجود داخل میدان مغناطیسی را به دو کلاف یا بیشتر افزایش دهیم فاصله بین نقاط ماکزیمم ولتاژ خروجی کمتر می شود و شکل موج خروجی به صورت شکل ۱۰-۸ درمی آید.

یادآور می شود که با اضافه شدن هر کلاف تعداد تقسیم های تیغه های کلکتور بیشتر می شود و برای سرهای اضافه شده دو تیغه جدید جهت اتصال لازم است (شکل ۱۰-۹)

شکل ۱۰-۱۰ تصویر برش خورده یک مولد dc را نشان می دهد.



شکل ۱۱-۱۰

در عمل اجزای یک مولد dc با نام های دیگری معرفی می کنند. شکل ۱۱-۱۰ تصویری از اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نشان می دهد.



شکل ۱۲-۱۰

از جمله مولدهای dc ساده می توان دینام یک دوچرخه و یا دینام یک ماشین را نام برد. نیروی محرک این مولدها به ترتیب حرکت دوچرخه و اتومبیل است و اساس کار آن ها نیز چرخش کلاف سیم در داخل میدان مغناطیسی و القا ولتاژ است. در شکل ۱۲-۱۰ تصویر یک نمونه دینام دوچرخه را مشاهده می کنید.



آزمون پایانی (۱۰)

۱- کموتاتور نام دیگر کدامیک از موارد زیر است؟

الف - حلقه القا شونده ب - زغال ها ج - قطب ها د - حلقه های لغزنده

۲- ولتاژ القایی توسط کدام مورد به مصرف کننده اتصال می یابد؟

الف - جاروبک ها ب - قطب ها ج - سیم های رابط د - حلقه القا شونده

۳- نقش اصلی حلقه های لغزنده در مولدهای * چیست؟

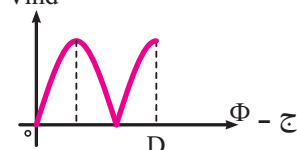
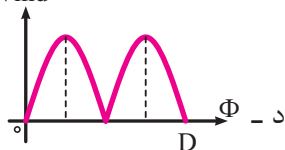
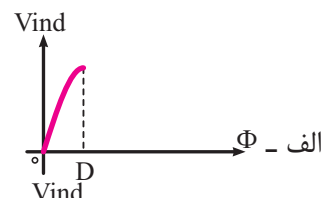
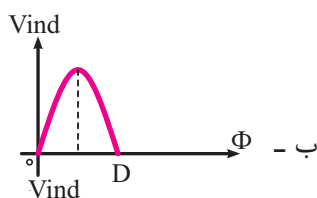
الف - چرخاندن کلاف سیم ب - یکسوسازی جریان

ج - رساندن جریان به مصرف کننده د - ارتباط بین زغال و مصرف کننده

۴- در کدامیک از زوایای میدان مغناطیسی داده شده زیر ولتاژ القای ماکزیمم است؟

الف - ۹۰ و ۱۸۰ درجه ب - ۱۸۰ و ۳۶۰ درجه ج - ۹۰ و ۲۷۰ درجه د - ۰ و ۱۸۰ درجه

۵- با توجه به شکل ۱۳-۱۰ در صورتی که از نقطه * حرکت کنیم شکل موج خروجی فاصله * تا * کدام است؟



۶- شکل موج خروجی مولد دو قطب شکل ۱۴-۱۰ در فاصله A تا G به ازای چرخش چند دور کلاف در میدان

مغناطیسی به دست آمده است؟

الف - $1\frac{1}{2}$ ب - $2\frac{1}{2}$ ج - ۳ د - ۶

۷- چگونه می توان شکل موج خروجی مولد را صافتر کرد؟

الف - افزایش تعداد زغال ها ب - افزایش تعداد کلاف ها

ج - کاهش تعداد قطب ها د - کاهش سرعت محرک مکانیکی

۸- کدام یک از موارد زیر از اجزای اصلی الکتریکی یک مولد dc نیست؟

الف - جاروبک ها ب - حلقه های لغزنده ج - یاتاقان ها د - حلقه القا شونده



۹- در صورت افزایش تعداد کلاف های موجود در داخل میدان مغناطیسی فاصله بین نقاط ماکزیمم در ولتاژ خروجی بیشتر خواهد شد.

☐ غلط ☐ صحیح

۱۰- اصول کار تولید ولتاژ در مولدهای dc به حرکت درآوردن کلاف در میدان مغناطیسی است.

☐ غلط ☐ صحیح

۱۱- دو تکه بودن کموتاتور در تعویض جهت جریان در سیم مؤثر است. صحیح غلط

۱۲- در هر ۹۰ درجه گردش کلاف جریان یک بار به حداکثر رسیده و مجدداً صفر می شود.

☐ غلط ☐ صحیح

۱۳- تفاوت اصلی مولدهای dc با ac در استفاده شده آن ها است.

۱۴- یک ماشین جریان مستقیم از قطب ها، کلاف سیم، کموتاتور و تشکیل شده است.

۱۵- اضافه شدن هر کلاف باعث افزایش خواهد شد.



مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.



واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل یازدهم: اصول کار آلترناتورهای سه فاز

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای متناوب سه فاز



هدف های رفتاری: در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- وجود تشابه و تفاوت کار مولدهای تک فاز و سه فاز را بیان کند.
- ۲- چگونگی بوجود آمدن شکل موج سه فاز را با رسم شکل توضیح دهد.
- ۳- اتصال ستاره و مثلث در آلترناتورها را به همراه نحوه نامگذاری کلافهای سه فاز توضیح دهد.
- ۴- مقادیر خطی و فازی را تعریف کند.
- ۵- ارتباط جریانهها و ولتاژهای خطی و فازی در اتصالات ستاره و مثلث را بیان کند.
- ۶- انواع توان در مدارهای سه فاز را با ذکر روابط بیان کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۳	-	۳



۱- اختلاف فاز بین دو فاز در ولتاژهای سه فاز چند درجه است؟

الف - ۹۰ ب - ۶۰ ج - ۱۸۰ د - ۱۲۰

۲- اغلب موتورهای صنعتی به کار رفته در صنایع از نوع است.

الف - یک فاز ب - دو فاز ج - سه فاز د - شش فاز

۳- آیا از سیم نول در شبکه های سه فاز، استفاده می شود؟

الف - همیشه ب - هیچ وقت

ج - در برخی از موارد د - فقط در اتصال مثلث

۴- ولتاژ بین دو فاز در شبکه سه فاز ایران چند ولت است؟

الف - ۱۱۰ ب - ۲۲۰ ج - ۱۸۰ د - ۳۸۰

۵- آیا در شبکه های سه فازه تمامی توان تولید شده توسط مول در مصرف کننده مصرف می شود؟

الف - بلی ب - خیر

ج - به نوع مولد بستگی دارد. د - به نوع اتصال مدار بستگی دارد.

۶- جنس عایق بین تیغه های کموتور از چیست؟

الف - مواد نفتی ب - لاستیک ج - آلیاژ د - میکا

۷- اگر یک مولد دارای چهار کلاف باشد چند تیغه کلکتور دارد؟

الف - ۲ ب - ۴ ج - ۸ د - ۱۶

۸- در کدام یک از زوایای زیر ولتاژ مولد در حال افزایش است؟

الف - صفر ب - 180° ج - بین صفر تا 90° د - بین 90° تا 180°

۹- کدام یک از موارد زیر به عنوان محرک و تأمین کننده انرژی در مولدهای برق به کار نمی رود؟

الف - آب ب - باد ج - خاک د - خورشید

۱۰- کدام یک از حروف اختصاری زیر برای نشان دادن فازها در شبکه سه فاز به کار می رود؟

الف - PH ب - L2 ج - N د - MP

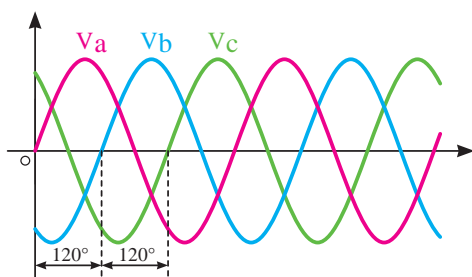
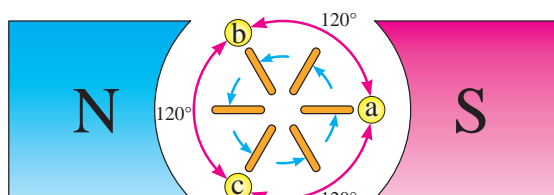




شکل ۱۱-۱

۱۱-۱- اتصالات آلترناتور سه فاز

اساس کار آلترناتورهای سه فاز مشابه مولدهای تک فاز است در این مولدها با حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی یا با حرکت میدان مغناطیسی در مقابل کلاف ولتاژ القایی تولید می شود. شکل ۱۱-۱ تفاوت اصلی این مولدها در ساختمان داخلی آن ها است.



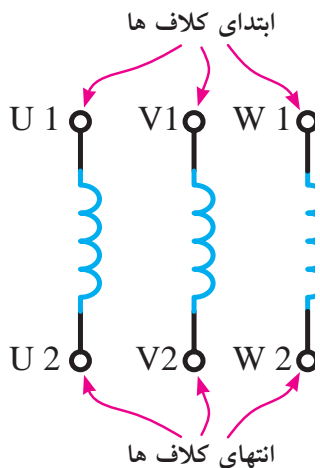
(الف)

هر مولد سه فاز دارای سه دسته سیم پیچی است که در فضای دایره های شکل با زاویه مکانی 120° نسبت به هم قرار می گیرند. با قطع خطوط قوا توسط این سیم پیچ ها سه نوع جریان القایی متقارن با اختلاف فاز مکانی 120° به وجود می آید، به این نوع جریان «سه فاز» می گویند.

شکل ۱۱-۲ وضعیت سیم پیچ های داخل میدان مغناطیسی و شکل موج های تولید شده توسط آن ها را نشان می دهد.

شکل ۱۱-۲

(ب)



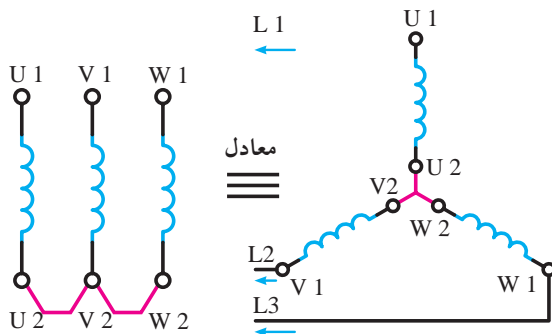
شکل ۱۱-۳

شکل ۱۱-۳ سه سیم پیچ مولد را به همراه حروف اختصاری در استاندارد IEC را نشان می دهد که معرف سه گروه کلاف در مولدهای سه فاز است.

۱۱-۱-۱- اتصال کلاف ها: کلاف ها به دو

صورت به هم اتصال داده می شوند.

- **اتصال ستاره:** اگر انتهای کلاف های اول و دوم و سوم به یکدیگر اتصال یابند و از ابتدای کلاف جریان دریافت شود این نوع اتصال را «اتصال ستاره» می گویند و آن را با علامت (Y) نشان می دهند. در شکل ۱۱-۴ نحوه اتصال کلاف های مولد به حالت ستاره را مشاهده می کنید.



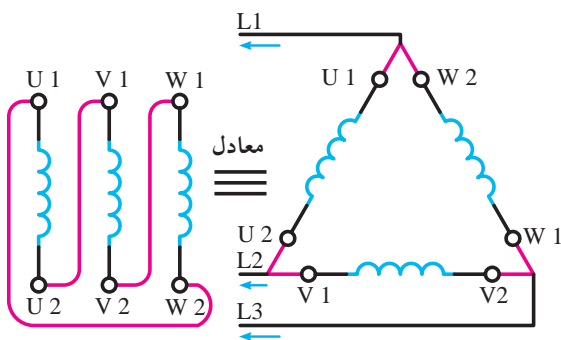
شکل ۱۱-۴

- **اتصال مثلث:** هرگاه انتهای کلاف اول به ابتدای کلاف

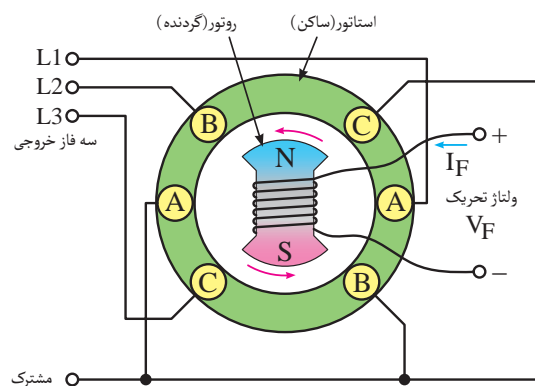
دوم، انتهای کلاف دوم به ابتدای کلاف سوم، انتهای کلاف سوم، به ابتدای کلاف اول متصل شود و ابتدای کلاف ها جریان دریافت شود این نوع اتصال را اتصال مثلث می گویند و آن را با علامت (Δ) نشان می دهند.

نحوه اتصال کلاف های مولد به حالت مثلث در شکل

۱۱-۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۵



شکل ۱۱-۶

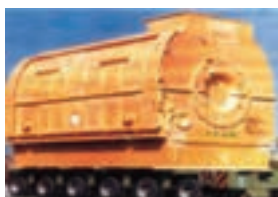
شکل (۱۱-۶) تصویر یک مولد را نشان می دهد که سیم

پیچ های آن به صورت (Y) وصل شده است. از محل اتصال انتهای کلاف ها در اتصال ستاره معمولاً سیمی خارج می شود که آن را «سیم مشترک» یا «سیم نول یا صفر» می نامند.

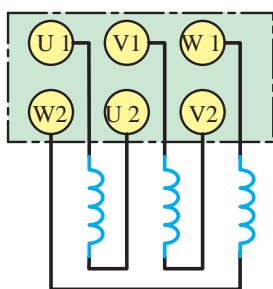


در شکل ۱۱-۷ قسمت الف تصویری از روتور، قسمت ب

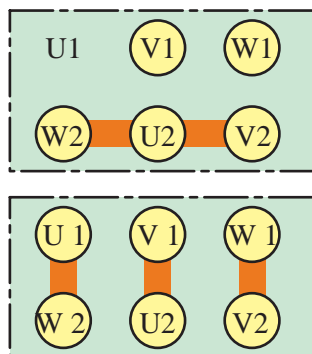
بخشی از سیم بندی استاتور و قسمت ج شکل ظاهری یک مولد ac واقعی که در نیروگاه ها برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می شوند را نشان داده شده است.



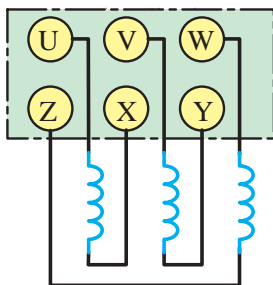
شکل ۱۱-۷



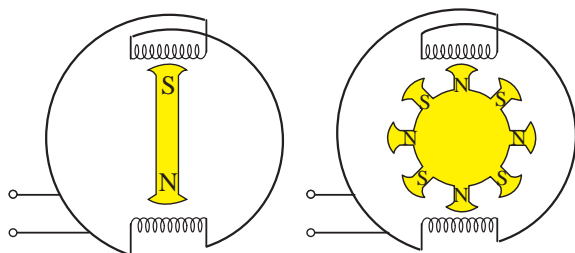
شکل ۸-۱۱



شکل ۹-۱۱



شکل ۱۰-۱۱



شکل ۱۱-۱۱- در صورتی که سرعت چرخش هر دو مولد مساوی باشد فرکانس مولد شکل ب چهار برابر فرکانس مولد شکل الف است.

- **ترمینال اتصال (تخته کلم):** نحوه قرار گرفتن سر و ته کلاف های مولد روی ترمینال اتصال (تخته کلم) جهت اتصال به مدار مطابق شکل ۸-۱۱ است.

برای اتصال کلاف ها به صورت ستاره یا مثلث از تیغه های مسی در روی ترمینال اتصال استفاده می شود. در شکل ۹-۱۱ چگونگی اتصال تیغه های مسی در زیر پیچ های تخته کلم برای ایجاد اتصالات ستاره و مثلث را نشان داده شده است.

توضیح: در برخی کتب طبق استاندارد VDE آلمان حروف U₁، V₁، W₁ به ترتیب با حروف V، U، W و حروف ته کلاف ها U₂، V₂، W₂ به ترتیب با حروف * مشخص می کنند. در شکل ۱۰-۱۱ این مطلب نشان داده شده است.

۱۱-۲- فرکانس خروجی آلترناتور

فرکانس مولدهای سه فاز از رابطه زیر به دست

می آید:

$$f = \frac{n.p}{60}$$

که در این رابطه:

n - تعداد دور روتور بر حسب دور بر دقیقه

p - تعداد زوج قطب های استاتور است.

همان طوری که از رابطه فوق مشخص است فرکانس مولد با دو عامل دور و تعداد زوج قطب ها رابطه مستقیم دارد. یعنی هر قدر تعداد قطب ها و یا سرعت محرک مکانیکی مولد بیشتر شود فرکانس نیز افزایش می یابد. در هر دو حالت با چرخش یک دور روتور، تعداد قطب ها با فوران بیشتری قطع می شود. فرکانس مولدهای برق شهر ۵۰ HZ است. در شکل ۱۱-۱۱ تصویر دو مولد ۲ قطب و ۸ قطب نشان داده شده است.

۱۱-۳-۱۱-۳- جریانه و ولتاژها در اتصالات ستاره مثلث متعادل

قبل از بررسی روابط و خصوصیات اتصالات Δ و Δ لازم است با چهار مفهوم در مدارهای سه فاز آشنا شویم:

الف - جریان خطی (I_L): جریانی که از خطوط خارجی مولد برای مصرف کننده ها فرستاده می شود، را «جریان خطی» گویند.

ب - جریان فازی (I_P): جریانی که از داخل هر یک از سیم پیچ های مولد سه فاز عبور می کنند را «جریان فازی» می گویند.

شکل ۱۱-۱۲ جریان I_P و I_L اتصالهای ستاره و مثلث را نشان می دهد.

ج - ولتاژ خطی (V_L): ولتاژ بین دو فاز از فازهای خروجی یک مولد سه فاز را «ولتاژ خطی» گویند.

د - ولتاژ فازی (V_P): ولتاژ در دو سر هر یک از سیم پیچ های مولد را «ولتاژ فازی» گویند.

در شکل ۱۱-۱۳ ولتاژهای خطی و فازی اتصالهای ستاره و مثلث نشان داده شده است.

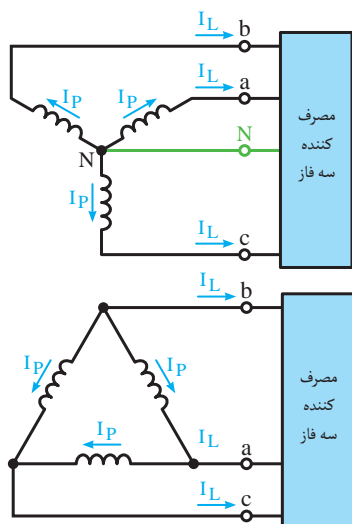
توضیح: در مدارهای سه فاز هر یک از فازها را با حروف اختصاری * نشان می دهند. (شکل ۱۱-۱۴)

۱۱-۳-۱- مقدار ولتاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث:

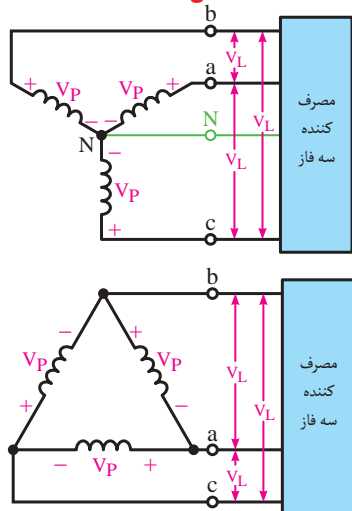
در شکل ۱۱-۱۵ وضعیت سیم پیچ ها در اتصال ستاره و مقدار ولتاژها و جریان های فازی و خطی را مشاهده می کنید. در این اتصال روابط زیر در مدار برقرار است:

$$I_L = I_P$$

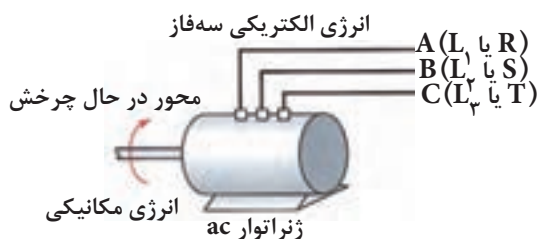
$$V_L = \sqrt{3} V_P$$



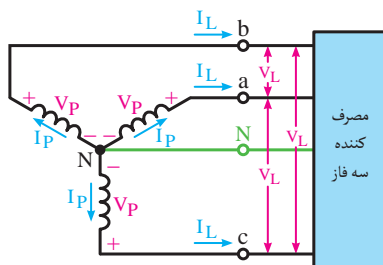
شکل ۱۱-۱۲



شکل ۱۱-۱۳



شکل ۱۱-۱۴



شکل ۱۱-۱۵

توضیح:

از محل اتصال مشترک انتهای کلاف‌ها معمولاً سیم خارجی می‌شود که آن را «سیم نول» یا «صفر» می‌نامند. شکل ۱۱-۱۶ وضعیت سیم پیچ‌ها ولتاژها و جریان‌های خطی و فازي مولد سه فاز را در اتصال مثلث نشان می‌دهد. در این اتصال روابط زیر برقرار است.

$$V_L = V_P$$

$$I_L = \sqrt{3} I_P$$

دیagramهای برداری ولتاژهای خطی و فازي در مدارهای

سه فاز به صورت شکل ۱۱-۱۷ ترسیم می‌شود.

برای اینکه مصرف کننده‌های سه فاز بتوانند از مولد سه فاز استفاده کنند، در داخل آن‌ها مانند مولدها از سه دسته سیم پیچ استفاده شده است. نحوه اتصال سیم پیچ‌ها به صورت اتصال ستاره (Y) و یا اتصال مثلث (Δ) می‌باشد.

در شکل ۱۱-۱۸ یک مصرف کننده با اتصال ستاره

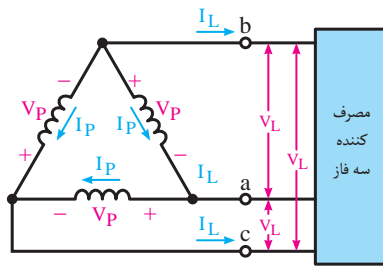
(Y) و در شکل ۱۱-۱۹ مصرف کننده‌ای با اتصال مثلث

(Δ) نشان داده شده که به مولدهای سه فازهای با اتصال

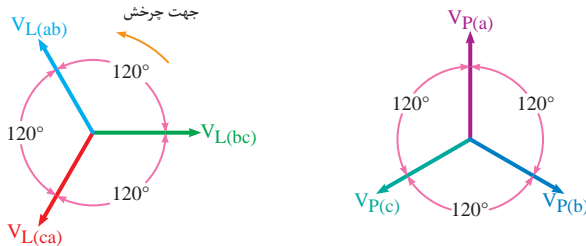
ستاره (Y) و مثلث (Δ) متصل شده‌اند.

در شکل ۱۱-۲۰ تصویر یک نیروگاه جریان متناوب

واقعی را مشاهده می‌کنید.

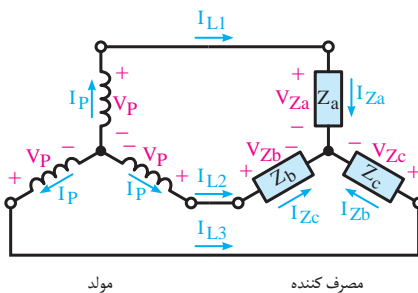


شکل ۱۱-۱۶

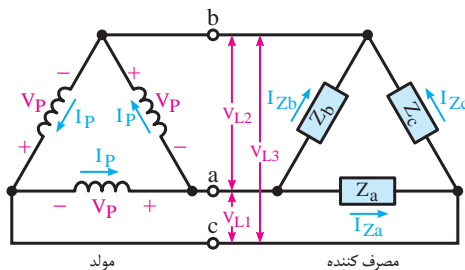


الف - Diagramهای ولتاژهای فازي ب - Diagramهای ولتاژهای خطی

شکل ۱۱-۱۷



شکل ۱۱-۱۸



شکل ۱۱-۱۹



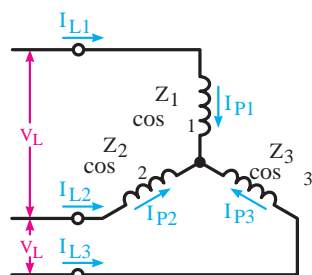
شکل ۱۱-۲۰

۲-۳-۱۱- بار متعادل و نامتعادل:

قبل از بررسی توان‌ها در مدارهای سه فاز می‌بایست با اصطلاحات متعادل و نامتعادل آشنا شویم.

- وضعیت متعادل: هرگاه تمامی مشخصات سیم

پیچ‌های مصرف کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس‌ها، جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند، آن مدار سه فاز را در «حالت متعادل» می‌گویند.



شکل ۱۱-۲۱

شکل ۱۱-۲۱ اتصال سیم پیچ‌های بار در حالت متعادل

را نشان می‌دهد.

در این حالت روابط متقابل برقرار است:

مشابه شرایط و تعاریف فوق را برای اتصال مثلث (Δ)

نیز می‌توان بیان کرد.

$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$

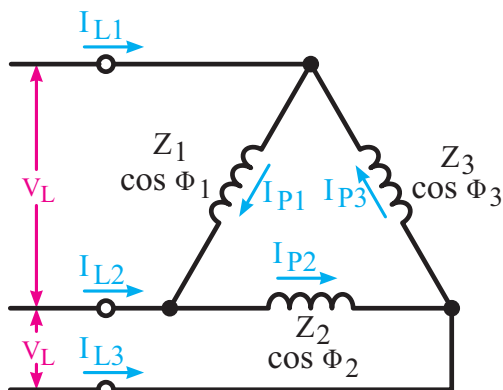
$$I_{P1} = I_{P2} = I_{P3}$$

$$I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}$$

$$\cos \Phi_1 = \cos \Phi_2 = \cos \Phi_3$$

- وضعیت نامتعادل: اگر یکی از مشخصه‌های مصرف

کننده یا مدار سه فاز از قبیل امپدانس، جریان‌ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر نباشند آن مدار سه فاز را در «حالت نامتعادل» می‌گویند.



شکل ۱۱-۲۲

پس در این حالت رابطه تساوی بین همه مشخصه‌ها

وجود ندارد. شکل ۱۱-۲۲ اتصال سیم پیچ‌های بار در حالت

مثلث نامتعادل را نشان می‌دهد.

وضعیت نامتعادل به همراه شرایط آن در اتصال ستاره

(\star) نیز به وجود می‌آید.

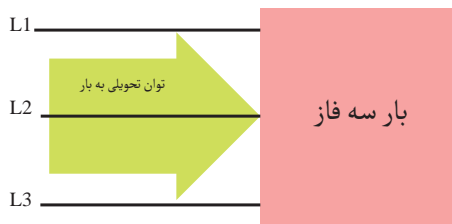
۴-۱۱- انواع توان در مدارات سه فاز

توان‌هایی که در شبکه‌های سه فاز مطرح می‌شوند

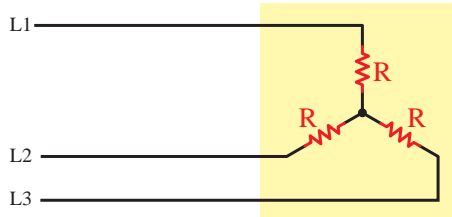
مشابه مدارهای تک فاز و شامل (توان ظاهری، توان اکتیو

و توان راکتیو) است. چگونگی محاسبه توان‌ها در شبکه سه

فاز با تک فاز تفاوت دارد. روابط توان‌ها در مدارهای سه فاز



(الف)

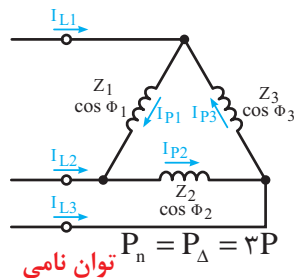
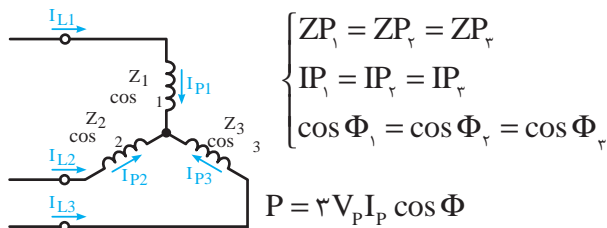


ب - مصرف کننده اهمی خالص توان دریافتی را مصرف می کند.



ج - مصرف کننده غیر اهمی (سلفی - خازنی) توان را مصرف نمی کند.

شکل ۱۱-۲۳ - بارهای سه فاز



شکل ۱۱-۲۴ - اتصالات ستاره و مثلث

به صورت زیر است:

$$S = \sqrt{3} V_L I_L \quad [\text{V.A}]$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi \quad [\text{W}]$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \sin \phi \quad [\text{VAR}]$$

در تصاویر شکل ۱۱-۲۳ مصرف کننده های اهمی و غیر اهمی نشان داده شده است.

اگر روابط فوق را بر حسب مقادیر فازی بخواهیم می توانیم به صورت زیر نوشت:

$$S = 3 V_p I_p \quad [\text{V.A}]$$

$$P = 3 V_L I_L \cos \phi \quad [\text{W}]$$

$$P = 3 V_L I_L \sin \phi \quad [\text{VAR}]$$

ϕ - زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان

اگر یک مصرف کننده سه فاز را بتوان به صورت ستاره مثلث راه اندازی کرد، توان نامی در اتصال ستاره متعادل آن $\frac{1}{3}$ توان نامی در اتصال مثلث متعادل است. به همین دلیل از این اتصالات به عنوان روش راه اندازی مصرف کننده های سه فاز با قدرت زیاد استفاده می شود چرا که به خاطر کم شدن توان، جریان راه اندازی آنها کاهش می یابد.

$$P_\Delta = \frac{1}{3} P$$

در تصاویر شکل ۱۱-۲۴ اتصالات ستاره و مثلث را به همراه پارامترهای آن مشاهده می کنید.



آزمون پایانی (۱۱)

- ۱- علت قرار گرفتن کلاف‌های آلترناتور با اختلاف فاز ۲۰ درجه چیست؟
 الف - برای ایجاد تقارن در جریان‌ها
 ب - به علت دو قسمتی بودن هر کلاف
 ج - برای افزایش ولتاژ القایی
 د - به علت کاهش تعداد قطب‌ها
- ۲- انتهای گروه کلاف دوم آلترناتور سه فاز را با حرف نشان می‌دهند.
 الف - W_2
 ب - V_2
 ج - V_1
 د - U_2
- ۳- برای ایجاد اتصال مثلث به ترتیب ته کلاف اول و سوم مولد را به کدام سرها باید اتصال داد؟
 الف - $W_1 - V_1$
 ب - $W_1 - U_1$
 ج - $V_1 - U_1$
 د - $U_1 - V_1$
- ۴- فرکانس یک مولد شش قطب با سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه می‌چرخد چند هرتز است؟
 الف - ۵۰
 ب - ۳۰۰
 ج - ۱۵۰
 د - ۷۵
- ۵- جریانی که به طرف مصرف کننده جاری می‌شود را با حروف نشان می‌دهند.
 الف - I_p
 ب - I_z
 ج - I_L
 د - I_T
- ۶- کدام رابطه ولتاژی در اتصال () صحیح است؟
 الف - $V_p = V_L$
 ب - $V_p = \sqrt{3} V_L$
 ج - $V_L = \sqrt{3} V_p$
 د - $V_L = \frac{V_p}{3}$
- ۷- کدامیک از روابط زیر رابطه صحیح جریان‌ها در اتصال مثلث است؟
 الف - $I_L = \frac{I_p}{\sqrt{3}}$
 ب - $I_p = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$
 ج - $I_L = I_p$
 د - $I_L = 3 I_p$
- ۸- در دیاگرام برداری ولتاژهای شکل ۲۴-۱۱ بردارهای X و Y به ترتیب چه ولتاژی هستند؟
 الف - ab و ca
 ب - cb و ca
 ج - ab و cb
 د - cb و ab
- ۹- کدامیک از موارد زیر روابط توان اکتیو را نشان می‌دهد؟
 الف - $\sqrt{3} V_L I_L$
 ب - $3 V_p I_p \cos \phi$
 ج - $3 V_p I_p \sin \phi$
 د - $ab \sqrt{3} V_L I_L \sin \phi$
- ۱۰- کدامیک از روابط زیر صحیح است؟
 الف - $P = \frac{1}{3} P_\Delta$
 ب - $P_\Delta = \frac{1}{3} P_\lambda$
 ج - $P_\lambda = \frac{2}{3} P_\Delta$
 د - $P_\lambda = \frac{3}{2} P_\Delta$
- ۱۱- در اتصال ستاره انتهای کلاف‌های اول و دوم و سوم به یکدیگر متصل است. صحیح ☐ غلط ☐
- ۱۲- فرکانس خروجی مولد از رابطه $f = \frac{P \times 60}{n_s}$ به دست می‌آید. صحیح ☐ غلط ☐
- ۱۳- جریانی که از خطوط خارجی مولد در مصرف کننده‌ها جاری می‌شود را از جریان فازی می‌گویند. صحیح ☐ غلط ☐



- ۱۴- در اتصال ستاره جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فازی است. ☐ صحیح ☐ غلط
- ۱۵- توان راکتیو یک شبکه سه فاز از رابطه محاسبه می‌شود.
- ۱۶- سیمی که از محل اتصال انتهای کلاف‌ها در اتصال ستاره خارج می‌شود، را می‌گویند.
- ۱۷- ولتاژ دو سر هر یک از سیم پیچ‌های مولد را می‌گویند.
- ۱۸- فرکانس مولدهای سه فاز با دو عامل و رابطه مستقیم دارد.
- ۱۹- منظور از بار متعادل و نامتعادل چیست؟
- ۲۰- اتصالات ستاره و مثلث را روی تخته کلم (ترمینال اتصال) مولد براساس استاندارد IEC رسم کنید.

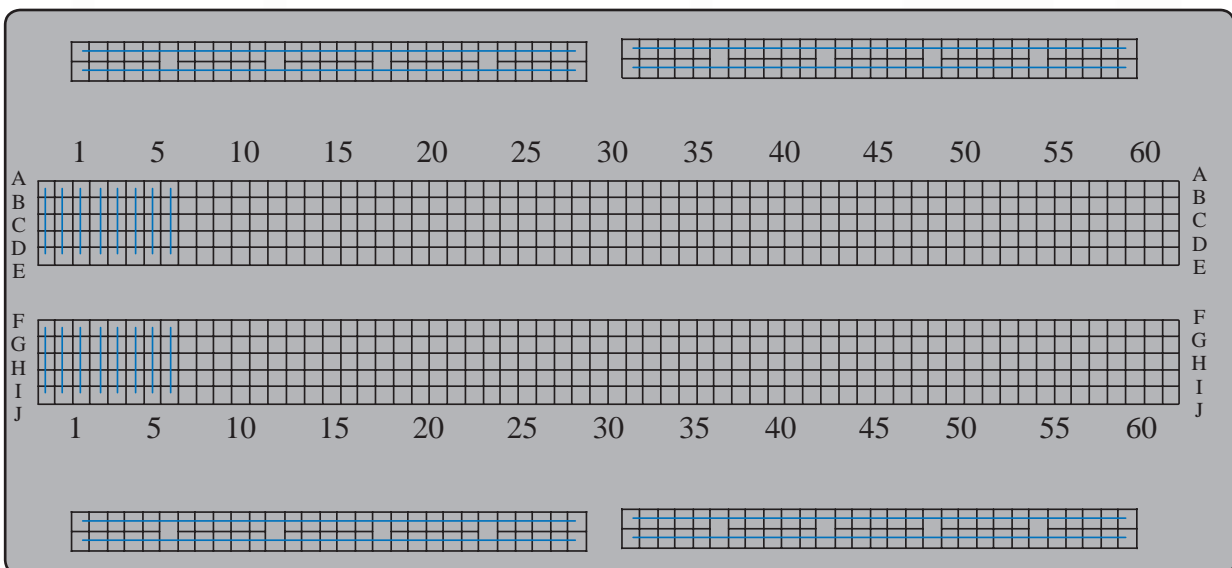
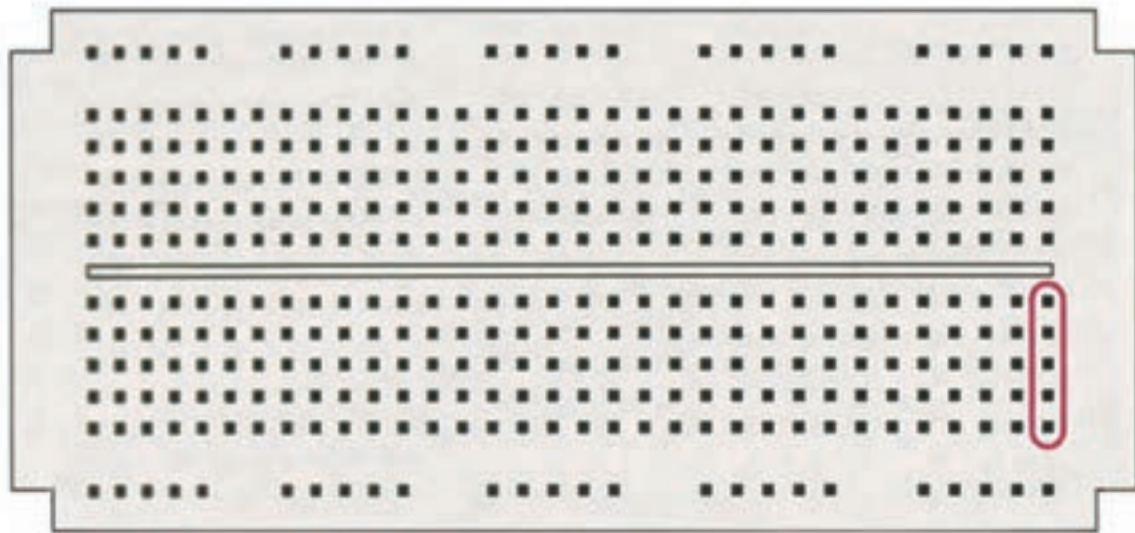
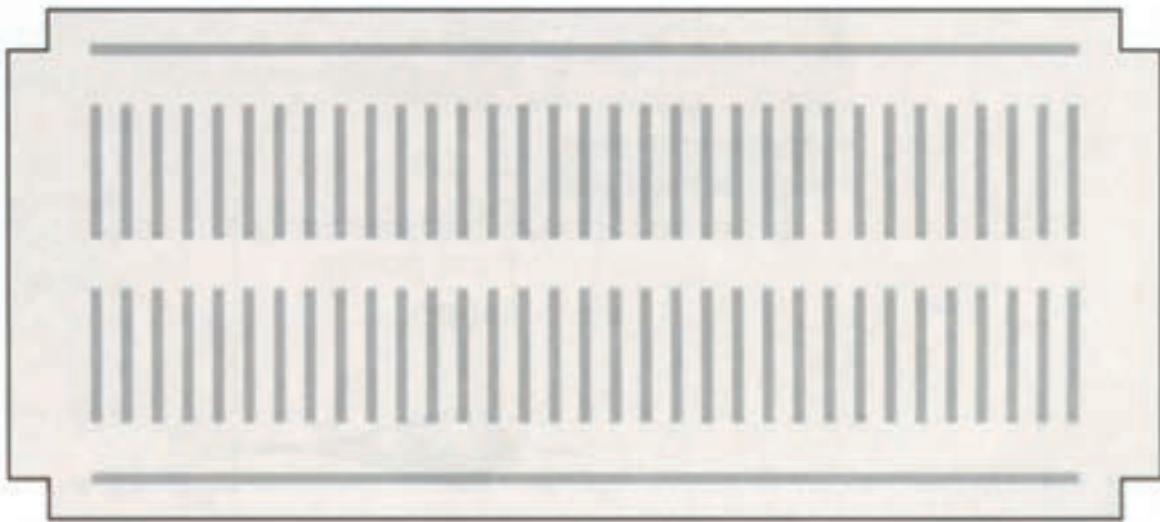


مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.



ضمیمه

تصویر واقعی و اتصالات صفحه برد برد



پاسخ سؤالات فصل ۱

پیش آزمون ۱

- | | | | | |
|------|--------|--------|------|-------|
| ۱- د | ۳- الف | ۵- ج | ۷- ب | ۹- ج |
| ۲- ج | ۴- ج | ۶- الف | ۸- ب | ۱۰- د |

آزمون پایانی (۱)

- | | | | | |
|--------|------|--------|---------|---|
| ۱- د | ۴- ب | ۷- الف | ۱۰- الف | ۱۳- ظرفیت |
| ۲- الف | ۵- ب | ۸- د | ۱۱- ب | ۱۴- غلط <input checked="" type="checkbox"/> |
| ۳- د | ۶- ج | ۹- ج | ۱۲- د | ۱۵- غلط <input checked="" type="checkbox"/> |

پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

- الف - شیء پلاستیکی باردار ذرات نمک را جذب می‌کند.
 ب- شیء پلاستیکی باردار توپ پینگ پنگ را جذب می‌کند.
 ج- شیء پلاستیکی باردار رشته نخ نایلونی را جذب می‌کند.
 د - شیء پلاستیکی باردار آب جاری با فشار کم را جذب می‌کند.

- ۲- برخی مواد تحت تأثیر نیروی میدان حاصل از بارهای الکتریکی قرار می‌گیرند و در نتیجه به طرف آن‌ها جذب و یا از آن‌ها دور می‌شوند و برخی از مواد دیگر نسبت به مواد باردار هیچ عکس‌العملی ندارند.

پاسخ سؤالات فصل ۲

پیش آزمون ۲

۱- ب	۳- الف	۵- ب	۷- الف	۹- ج
۲- الف	۴- د	۶- ب	۸- د	۱۰- ج

آزمون پایانی (۲)

۱- ب	۵- ج	۹- ج	۱۳- الف	۱۷- ج
۲- د	۶- ب	۱۰- ب	۱۴- ب	۱۸- اشتراکی
۳- الف	۷- ب	۱۱- ج	۱۵- د	۱۹- صحیح <input checked="" type="checkbox"/>
۴- د	۸- الف	۱۲- د	۱۶- ج	۲۰- صحیح <input checked="" type="checkbox"/>

پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

- الف - چون هادی است لامپ روشن می شود.
 ب- چون عایق است لامپ روشن نمی شود.
 ج- چون عایق است لامپ روشن نمی شود.
 د- چون هادی است لامپ روشن می شود.
 ه- چون هادی است لامپ روشن می شود.
 و - چون عایق است لامپ روشن نمی شود.
 ز- چون عایق است لامپ روشن نمی شود.

پاسخ سؤالات فصل ۳

پیش آزمون ۳

- | | | | | |
|------|--------|--------|------|---------|
| ۱- ب | ۳- د | ۵- الف | ۷- د | ۹- ب |
| ۲- ب | ۴- الف | ۶- ب | ۸- د | ۱۰- الف |

آزمون پایانی (۳)

- | | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| ۱- د | ۴- د | ۷- د | ۱۰- د |
| ۲- الف | ۵- الف | ۸- ج | ۱۱- ج |
| ۳- ب | ۶- ب | ۹- الف | ۱۲- ب |

سؤال تشریحی

۱۳-

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| الف- $27\Omega \pm 10\%$ | د- $6/8k\Omega \pm 10\%$ |
| ب- $100\Omega \pm 10\%$ | ه- $33\Omega \pm 10\%$ |
| ج- $560k\Omega \pm 5\%$ | و- $47k\Omega \pm 20\%$ |

۱۴-

- | | | | | |
|--------|------|------|------|------|
| الف) b | ب) d | ج) l | د) f | ه) a |
|--------|------|------|------|------|

- | | | | |
|------------|---|--|--|
| ۱۵- ب | ۲۰- واریستور (VDR) | ۲۵- غلط <input checked="" type="checkbox"/> | ۳۰- صحیح <input checked="" type="checkbox"/> |
| ۱۶- د | ۲۱- کرم نیکل | ۲۶- غلط <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ۱۷- د | ۲۲- سبز، آبی، قرمز، طلایی | ۲۷- صحیح <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ۱۸- رئوستا | ۲۳- کربن، لایه فلز | ۲۸- صحیح <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ۱۹- PTC | ۲۴- غلط <input checked="" type="checkbox"/> | ۲۹- غلط <input checked="" type="checkbox"/> | |

پاسخ سؤالات فصل ۴

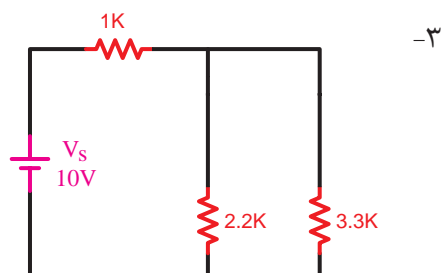
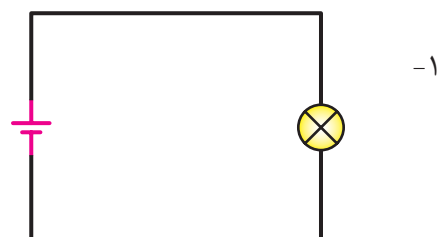
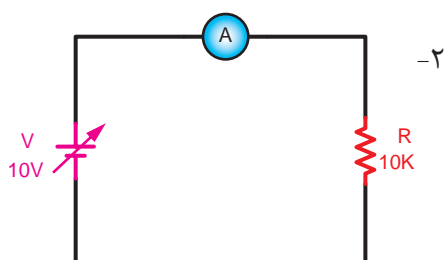
پیش آزمون ۴

- | | | | | |
|-------|-----|-----|--------|------|
| ج-۱ | ب-۴ | ج-۷ | ب-۱۰ | ب-۱۳ |
| ج-۲ | ج-۵ | ب-۸ | الف-۱۱ | د-۱۴ |
| ج-الف | د-۶ | د-۹ | ب-۱۲ | ج-۱۵ |

آزمون پایانی (۴)

- | | | | | |
|-----|--------|---------------------------------------|---|--|
| ج-۱ | ب-۶ | د-۱۱ | ۱۶- فیوز | ۱۹- غلط <input checked="" type="checkbox"/> |
| ب-۲ | ج-۷ | ۱۲- منبع تغذیه | ۱۷- مستقیم | ۲۰- صحیح <input checked="" type="checkbox"/> |
| د-۳ | الف-۸ | ۱۳- منبع تغذیه | ۱۸- غلط <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ج-۴ | د-۹ | ۱۴- $I(R_1 + R_2)$ یا $R_1 I + R_2 I$ | | |
| د-۵ | الف-۱۰ | ۱۵- KVL یا ولتاژهای کیرشهف | | |

پاسخ خودآزمایی عملی



پاسخ سؤالات فصل ۵

پیش آزمون ۵

د-۱	ج-۴	الف-۷	د-۱۰	ب-۱۳
ج-۲	الف-۵	الف-۸	ج-۱۱	د-۱۴
ب-۳	الف-۶	الف-۹	ج-۱۲	ج-۱۵

آزمون پایانی (۵)

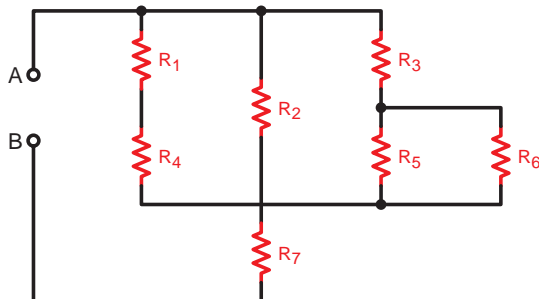
د-۱	ب-۶	ب-۱۱	الف-۱۶	ج-۲۱
ج-۲	الف-۷	الف-۱۲	ب-۱۷	
الف-۳	الف-۸	ج-۱۳	ب-۱۸	
ب-۴	ج-۹	ب-۱۴	ب-۱۹	
د-۵	ب-۱۰	د-۱۵	د-۲۰	

۲۲- خیر چون ولتاژ کل برابر ۲۴ ولت است پس در این شرایط می‌بایست مقاومت R_p قطع و یا مقاومت R_1 اتصال کوتاه شده باشد تا ولت‌متر بتواند این مقدار را نشان دهد.

۲۳- الف: دوشاخه مدار موازی $pin_1 || pin_4$ (شامل مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 و R_4 و R_{11} و R_{12})

$pin_2 || pin_3$ (شامل مقاومت‌های R_5 و R_6 و R_7 و R_8 و R_9 و R_{10})

۲۳- ب: شکل مدار به صورت سری موازی است.



۲۸- غلط ☒

۲۶- اهم‌متر

۲۴- صفر

۲۹- غلط ☒

۲۷- صحیح ☒

۲۵- مقاومت کل (مقاومت معادل)

پاسخ سؤالات فصل ۶

پیش آزمون ۶

ب-۱	ج-۴	ج-۷	د-۱۰	ب-۱۳
ج-۲	ب-۵	ج-۸	ب-۱۱	ج-۱۴
الف-۳	الف-۶	الف-۹	د-۱۲	ب-۱۵

آزمون پایانی (۶)

ج-۱	د-۴	ب-۷	الف-۱۰	۱۳-زیادتر(بیشتر)
د-۲	ب-۵	ج-۸	۱۱-توان تلف شده	۱۴- صحیح <input checked="" type="checkbox"/>
ج-۳	ب-۶	ب-۹	۱۲-وات متر	۱۵- غلط <input checked="" type="checkbox"/>

پاسخ سؤالات فصل ۷

پیش آزمون ۷

ج-۱	د-۴	ج-۷	د-۱۰	الف-۱۳
د-۲	ج-۵	ب-۸	د-۱۱	ج-۱۴
ب-۳	ب-۶	ب-۹	د-۱۲	ب-۱۵

آزمون پایانی (۷)

د-۱	ج-۸	ج-۱۵	الف-۲۲	۲۹- نرم
ج-۲	الف-۹	ج-۱۶	ج-۲۳	۳۰- نیروی محرکه مغناطیسی
الف-۳	الف-۱۰	ج-۱۷	الف-۲۴	۳۱- میدان مغناطیسی
ب-۴	ب-۱۱	د-۱۸	د-۲۵	۳۲- غلط <input checked="" type="checkbox"/>
ب-۵	ج-۱۲	الف-۱۹	ب-۲۶	۳۳- غلط <input checked="" type="checkbox"/>
الف-۶	د-۱۳	ج-۲۰	ج-۲۷	۳۴- صحیح <input checked="" type="checkbox"/>
ب-۷	ج-۱۴	ب-۲۱	جذب-۲۸	۳۵- صحیح <input checked="" type="checkbox"/>

پاسخ سوالات فصل ۸

پیش آزمون ۸

ج-۱	۴- الف	۷- ج	۱۰- ج	۱۳- د
۲- ج	۵- ب	۸- د	۱۱- الف	۱۴- د
۳- ب	۶- ب	۹- الف	۱۲- ب	۱۵- الف

آزمون پایانی (۸)

۱- الف	۹- ب	۱۷- الف	۲۵- ب	۳۳- ب
۲- د	۱۰- ج	۱۸- د	۲۶- ب	۳۴- صحیح
۳- ب	۱۱- ب	۱۹- ج	۲۷- ج	۳۵- غلط
۴- ج	۱۲- ب	۲۰- ب	۲۸- ج	۳۶- غلط
۵- د	۱۳- ب	۲۱- ج	۲۹- ب	۳۷- غلط
۶- الف	۱۴- الف	۲۲- د	۳۰- الف	۳۸- کمتر
۷- ج	۱۵- د	۲۳- ج	۳۱- ب	۳۹- بیشتر یا کمتر
۸- د	۱۶- ب	۲۴- الف	۳۲- الف	۴۰- $Q = C.V$

پاسخ سوالات فصل ۹

پیش آزمون ۹

ج-۱	۴- الف	۷- الف	۱۰- الف	۱۳- ب
ج-۲	۵- ب	۸- الف	۱۱- ج	۱۴- د
د-۳	۶- د	۹- د	۱۲- الف	۱۵- ب

آزمون پایانی (۹)

ب-۱	۱۲- ب	۲۳- د	۳۴- الف	۴۵- ب
ج-۲	۱۳- الف	۲۴- ج	۳۵- الف	۴۶- ج
د-۳	۱۴- د	۲۵- ب	۳۶- د	۴۷- الف
۴- الف	۱۵- ج	۲۶- ج	۳۷- الف	۴۸- د
۵- ب	۱۶- ب	۲۷- ب	۳۸- ج	۴۹- پیش‌فاز
۶- ج	۱۷- الف	۲۸- د	۳۹- ب	۵۰- راکتانس سلفی
۷- الف	۱۸- ب	۲۹- الف	۴۰- الف	۵۱- جلوتر
۸- ج	۱۹- ب	۳۰- الف	۴۱- الف	۵۲- غلط <input checked="" type="checkbox"/>
۹- الف	۲۰- د	۳۱- ج	۴۲- ج	۵۳- مثبت - منفی
۱۰- د	۲۱- الف	۳۲- د	۴۳- د	۵۴- غلط <input checked="" type="checkbox"/>
۱۱- ب	۲۲- ب	۳۳- الف	۴۴- الف	۵۵- کوچکتر (کمتر)

پاسخ سؤالات فصل ۱۰

پیش آزمون ۱۰

۱- د	۴- الف	۷- الف	۱۰- الف	۱۳- ب
۲- الف	۵- ب	۸- الف	۱۱- ج	۱۴- د
۳- د	۶- د	۹- د	۱۲- الف	۱۵- ب

آزمون پایانی (۱۰)

۱- د	۴- ج	۷- ب	۱۰- صحیح <input checked="" type="checkbox"/>	۱۳- حلقه‌های لغزنده
۲- الف	۵- ج	۸- ج	۱۱- غلط <input checked="" type="checkbox"/>	۱۴- جاروبک‌های ازغال‌ها
۳- ب	۶- الف	۹- غلط <input checked="" type="checkbox"/>	۱۲- غلط <input checked="" type="checkbox"/>	۱۵- تعداد تیغه‌های کلکتور

پاسخ سؤالات فصل ۱۱

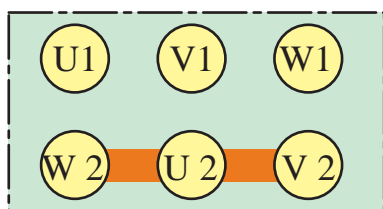
پیش آزمون ۱۱

- | | | | | |
|--------|------|------|------|-------|
| ۱- د | ۳- ج | ۵- ب | ۷- ج | ۹- ج |
| ۲- الف | ۴- د | ۶- د | ۸- ج | ۱۰- ب |

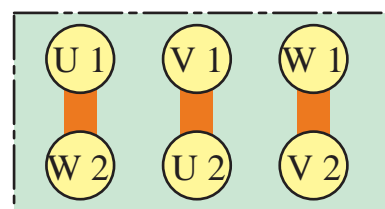
آزمون پایانی (۱۱)

- | | | | | |
|--------|--------|--|---|-------------------------|
| ۱- الف | ۵- ج | ۹- ج | ۱۳- <input checked="" type="checkbox"/> غلط | ۱۷- ولتاژ فازی |
| ۲- ب | ۶- ج | ۱۰- الف | ۱۴- <input checked="" type="checkbox"/> غلط | ۱۸- دور - تعداد زوج قطب |
| ۳- د | ۷- ب | ۱۱- <input checked="" type="checkbox"/> صحیح | ۱۵- $\sqrt{3} V_L \sin \phi$ | |
| ۴- د | ۸- الف | ۱۲- <input checked="" type="checkbox"/> غلط | ۱۶- سیم تول | |

۱۹- هرگاه تمام مشخصات سیم پیچی‌های مصرف‌کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس‌ها، جریان‌ها، ولتاژهای خطی، فازی و زاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند آن مدار را متعادل گویند.



اتصال (Y)



اتصال مثلث (Δ)

۲۰-

منابع و مآخذ

- | | |
|---|-------------------|
| 1- Principles Of Electric Circuits | by: Thomasl.Floyd |
| 2- Electric Circuits | by: David.Bell |
| 3- safe and Simple Electrical Experiments | by:Rudolff.Graf |
| 4-Click Flash Buzz Whirr | by:Simon Schvster |

ترجمه: مهندس عین الله احمدی - مهندس حسین مظفری
مؤلفین: مهندسین شهرام نصیری سواد کوهی - شهرام خدادادی
ترجمه : مهندس عین الله احمدی - حسین مظفری - فریدون قیطرانی
مؤلف: مهندس غلامعلی سرابی
ترجمه: مهندس محمود ربیع زاده

۵- موتورهای الکتریکی
۶- الکترونیک کاربردی
۷- مبانی برق
۸- اصول مقدماتی الکتریسیته
۹- الکتروتکنیک آزمایشگاهی

