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

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

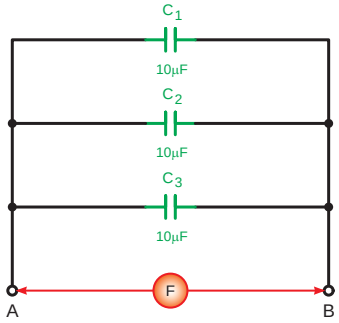
۱۰ـ سـه خازن ۱۰ * را مطابق شـکل ۸ـ۷۹ به صورت موازی اتصـال دهید و ظرفیت خازن معـادل را با LC متر اندازه گیری کنید.

C_{AB}= (اندازه گیری) ☐ μf

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

C_{AB}= (محاسبه) ☐ μf

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

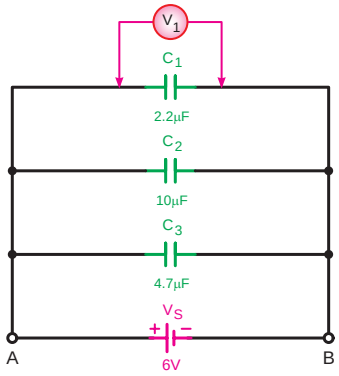


شکل ۸ـ۷۹

پاسخ سؤال

۱۲-

الف- شکل واقعی



ب- شکل مداری

شکل ۸ـ۸۰

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ خازن

۱ـ مدار شکل ۸ـ۸۰ را روی بردبرد ببندید.

تذکـر: از ولت متـر عقربه ای یا دیجیتالی بـا حوزه کار حداقل ۵ ولت استفاده کنید. (شکل ۸ـ۸۰)

۲ـ کلید منبع تغذیه را وصل کرده و پس از سپری شدن مدت زمان ده ثانیه ولتاژ دو سـر خـازن C_1 را اندازه گیری کنید.

V_{C_1}(محاسبه) = ☐ V

۳ـ منبـع تغذیـه را خاموش کنید و سـپس ولت متر را یکبار در دو سـر خازن $C_۲$ و بار دیگر در دو سـر خازن $C_۳$ اتصال دهید سپس با وصل کلید منبع تغذیه ولتاژ دو سر هر یک را مشابه مرحله ۲ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

۴ـ از مقایسه مقادیر بدست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۵ـ با توجه به مقادیر معلوم آیا ولتاژ دو سـر هر خازن را می توانید محاسبه کنید؟ شرح دهید.

۶ـ در صورت محاسبه ولتاژ خازن ها آیا مقادیر محاسبه شده با مقادیر اندازه گیری شده مطابق دارد؟ شرح دهید.

۷ـ سـه خازن ۱۰μf را مطابق شـکل ۸ـ۸۱ به صورت موازی اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

۸ـ از مقادیر اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پ مشـاهده و اندازه گیـری جریان در مدارهای dc خازنی

۱ـ در ابتـدا همه خازنهـا را به کمک یک قطعه سـیم دشارژ کنید.

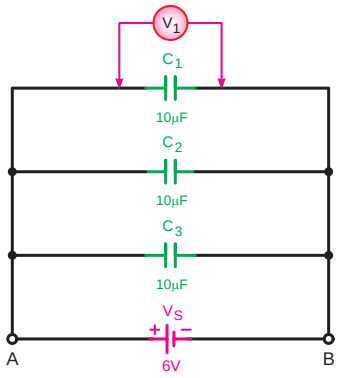
۲ـ مدار شکل ۸ـ۸۲ را روی بردبرد ببندید و کلید $K_۴$ را در حالت وصل قرار دهید.

پاسخ سؤال‌های

۴ـ

۵ـ

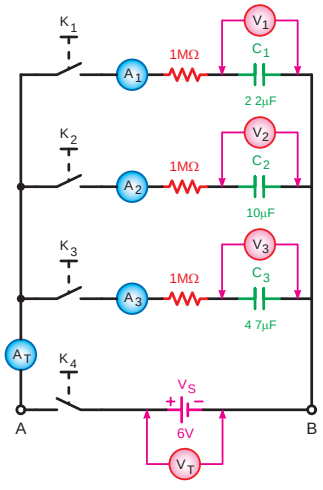
۶ـ



شکل ۸ـ۸۱

پاسخ سؤال

۸ـ



شکل ۸ـ۸۲

۳ـ 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)

۴ـ مقادیر ولتاژ و جریان هر مرحله را اندازه بگیرید و در جدول ۹ـ۸ یادداشت کنید.

جدول ۹-۸

		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								

۵ـ 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 ۹ـ۸ ثبت کنید.

۶ـ 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.

۷ـ مطابق شکل ۸ـ۸۲ آمپرمتر A_T را در مسیر جریان کل مدار و ولت متر V_T را به دو سر منبع تغذیه وصل کنید.

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

۹ـ با وصل کلید * و در اختیار داشتن یک کرونومتر پس از گذشت هر ۶ ثانیه مقادیر ولتاژ کل (V_T) و جریان کل (A_T) مدار را اندازه گیری نموده و در جدول ۹ـ۸ یادداشت کنید.

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

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

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

پاسخ سؤال‌های

۱۰-

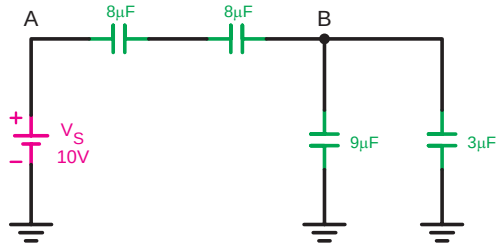
۱۱

۱۲-

۱۳-

۳ـ۱۱ـ۸ـ اتصال ترکیبی خازن ها:

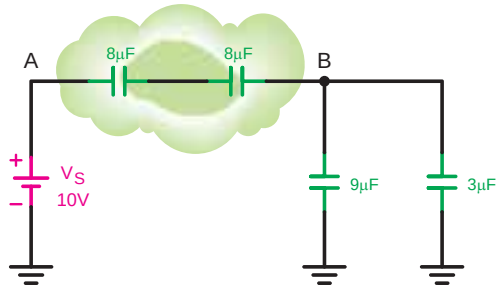
بـه مدارهایـی که نحـوه اتصـال خازن هـا ترکیبی از اتصالات سـری و موازی است مدار «ترکیبی» یا «مختلط» گفته می شـود. برای حل این مدارها با توجه به نوع مدارها باید برای هر قسـمت به طور جداگانه روابط سری یا موازی را بکار برد.



شکل ۸-۸۳

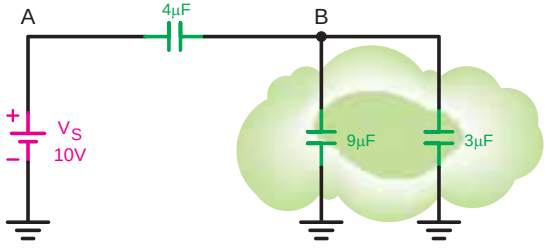
مثال: ظرفیت خازن معادل مدار شـکل ۸ـ۸۳ را حساب کنید.

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.



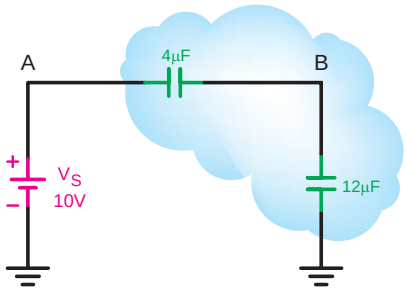
شکل ۸-۸۴

$$C_{T_{AB}} = \frac{C}{n} = \frac{۸}{۲} = ۴\mu f$$



شکل ۸-۸۵

$$C_{T_{BG}} = ۹ + ۳ = ۱۲\mu f$$



شکل ۸-۸۶

$$C_T = \frac{C_{T_{AB}} \times C_{T_{BG}}}{C_{T_{AB}} + C_{T_{BG}}}$$

$$C_T = \frac{۴ \times ۱۲}{۴ + ۱۲} = \frac{۴۸}{۱۶} = ۳\mu f$$

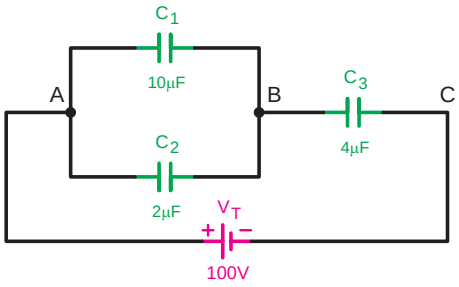
مثال:

در مدار شکل ۸ـ۸۷ مطلوب است:

الف ـ ظرفیت خازن معادل

ب ـ بار الکتریکی ذخیره شده در هر خازن

ج ـ ولتاژ دو سر هر خازن



شکل ۸-۸۷

حل:

$$C_{T_{AB}} = ۱۰ + ۲ = ۱۲\mu f$$

$$C_T = \frac{C_{T_{AB}} \times C_۳}{C_{T_{AB}} + C_۳} = \frac{۱۲ \times ۴}{۱۲ + ۴} = \frac{۴۸}{۱۶} = ۳\mu f$$

$$Q_T = V_T . C_T = ۱۰۰ \times ۳ = ۳۰۰\mu C$$

$$Q_T = Q_۳ = ۳۰۰\mu C$$

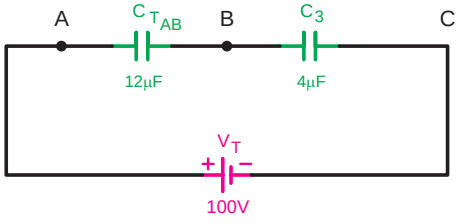
$$V_{BC} = V_۳ = \frac{Q_۳}{C_۳} = \frac{۳۰۰}{۴} = ۷۵v$$

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

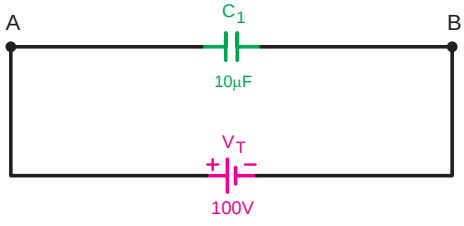
$$V_{AB} = V_۱ = V_۲ = ۱۰۰ - ۷۵ = ۲۵v$$

$$Q_۱ = V_۱ C_۱ = ۲۵ \times ۱۰ = ۲۵۰\mu C$$

$$Q_۲ = V_۲ C_۲ = ۲۵ \times ۲ = ۵۰\mu C$$



شکل ۸-۸۹



شکل ۸-۹۰

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)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ آوومتر عقربه ای	۱ دستگاه
۳ـ آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ LC متر	۱ عدد
۶ـ مقاومت $R = ۱M\Omega\,(۱W)$	۱ عدد
۷ـ خازن‌ها	
$C_۱ = ۲/۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
$C_۲ = ۱۰\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۳ عدد
$C_۳ = ۴/۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	۱ عدد
۸ـ باتری ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر

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

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

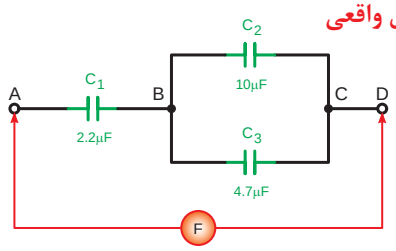
الف محاسبه و اندازه گیری ظرفیت خازن معادل

مراحل اجرای آزمایش:

۱ـ مدار شـکل ۹۱ـ۸ را روی بردبرد اتصال دهید و با اسـتفاده از LC متر ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$C_{AD}=$ ☐ μf

الف ـ شکل واقعی

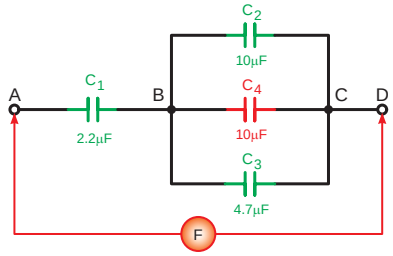


ب ـ شکل مداری

شکل ۹۱ـ۸

۲ـ خـازن $C_4=10\mu f$ را بین دو نقطـه C و B قرار دهیـد و ظرفیـت خازن معـادل بین دو نقطـه A و D را اندازه گیری کنید. (شکل ۹۲ـ۸)

$C_{AD}=$ ☐ μf

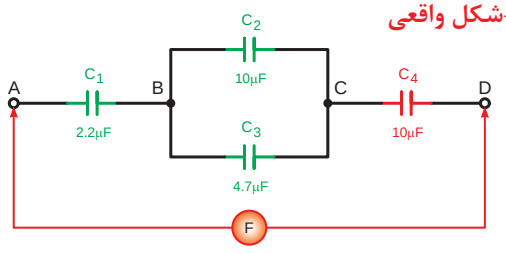


شکل ۹۲ـ۸

۳ـ خـازن $C_4=10\mu f$ را طبق شـکل ۹۳ـ۸ بین دو نقطـه C و D قرار دهیـد و ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$C_{AD}=$ ☐ μf

الف–شکل واقعی



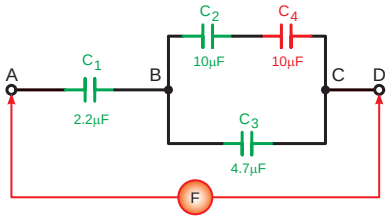
ب– شکل مداری

شکل ۹۳ـ۸

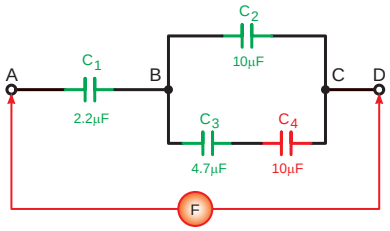
❋۴ـ خازن C_4 را یکبار سری با خازن C_2 و بار دیگر سری با خازن C_3 قرار دهید و ظرفیت خازن معادل را به تفکیک اندازه بگیرید. (شکل ۸ـ۹۴ و ۸ـ۹۵)

$C_{AD}=$ ☐ μf

$C_{AD}=$ ☐ μf

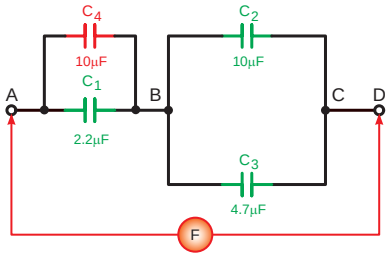


شکل ۸ـ۹۴



شکل ۸ـ۹۵

۵ـ خازن C_4 را مطابق شکل ۸ـ۹۶ موازی با خازن C_1 قرار دهید و ظرفیت شکل ۸ـ۹۵ خازن معادل را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.



شکل ۸ـ۹۶

$C_{AD}=$ ☐ μf

۶ـ از مقادیر به دست آمده آزمایش های فوق چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۷ـ ظرفیت خازن معادل از دو نقطه A و D شکل های مراحل ۴ تا۵ را محاسبه کنید.

۸ـ آیا نتایج آزمایش ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟

۹ـ ایا رابطه کلی برای تعیین ظرفیت معادل مدارهای سری ـ موازی خازنی می توان ارائه کرد؟ چرا؟

پاسخ سؤال‌های

۶ـ

۷ـ

۸ـ

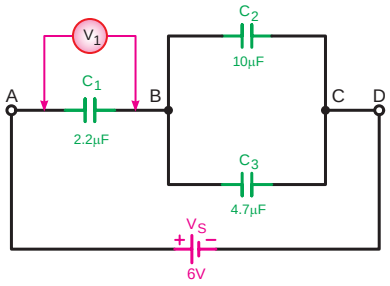
۹ـ

ب محاسبه و اندازه گیری ولتاژ

۱ـ مدار شکل ۸ـ۹۷ را روی بردبرد اتصال دهید.

۲ـ به کمک یک ولت متر دیجیتالی که روی حداقل حوزه کار ۵ ولت قرار دارد ولتاژ دو سر خازن C_1 را مطابق شکل ۸ـ۹۵ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{C_1} =$ ☐ V



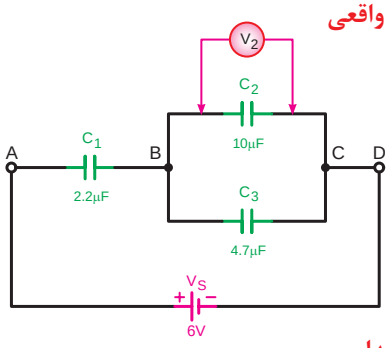
شکل ۸ـ۹۷

۳ـ محل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شکل ۸ـ۹۸ به دو نقطه B و C انتقال دهید و ولتاژ دو سر خازن های C_2 و C_3 را اندازه گیری کنید.

الف- شکل واقعی

$V_{C_2} =$ ☐ V

$V_{C_3} =$ ☐ V



ب- شکل مداری

شکل ۸ـ۹۸

۴ـ مقدار ولتاژ دو سر هر یک از خازن ها را با کمک روابط محاسبه کنید.

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

۶ـ از آزمایش های انجام شده چه نتیجه ای می گیرید؟

۷ـ آیا مقادیر به دست آمده در آزمایش ها با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ تحقیق کنید.

پاسخ سؤال‌های

۴-

۶

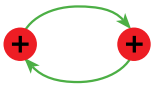
۷-

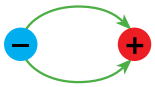
آزمون پایانی (۸)

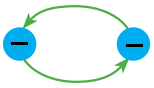
۱ـ مفهوم میدان الکتریکی برای بررسی فضای اطراف یک جسم ..... مفید است.

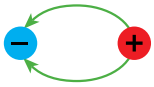
الف ـ باردار　　ب ـ مغناطیسی　　ج ـ نارسانا　　د ـ رسانا

۲ـ کدامیک از تصاویر زیر صحیح است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

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

الف ـ در تمام جهات دوران دارد.　　ب ـ در تمام نقاط ثابت است.

ج ـ به سطح صفحات بستگی دارد.　　د ـ به فاصله بین صفحات وابسته است.

٤ـ از خازن برای ..... استفاده می شود.

الف ـ ایجاد میدان مغناطیسی　　ب ـ دفع بارهای الکتریکی

ج ـ ذخیره بار الکتریکی　　د ـ جذب بارهای الکتریکی

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

الف ـ در آن حرکت می کند.　　ب ـ پس از قطع برق از بین می رود.

ج ـ در صفحات آن تخلیه می شود.　　د ـ پس از قطع برق باقی می ماند

٦ـ ظرفیت یک خازن عبارت است از:

الف ـ توانایی مقدار باری که خازن می تواند ذخیره کند.　　ب ـ میزان سطح مشترک صفحات خازن

ج ـ توانایی عمل مقدار ولتاژی که به خازن وصل می شو　　د ـ میزان جریانی که از خازن عبول می کند.

۷ـ کدام یک از روابط زیر صحیح می باشد؟

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

۸ـ خازن ۱۰۰pf معادل چند میکروفارو است؟

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

۹ـ دشارژ کردن خازن یعنی:

الف ـ قطع و وصل کلید موجود در مدار خازن　　ب ـ اتصال کوتاه کردن دو پایه خازن

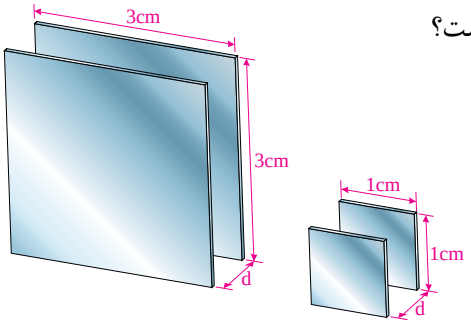
ج ـ اعمال ولتاژ به دو سر خازن　　د ـ تخلیه میدان مغناطیسی صفحات خازن

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

الف ـ شارژ شده ـ حداکثر
ب ـ دشارژ شده ـ حداکثر
ج ـ شارژ شده ـ صفر
د ـ دشارژ شده ـ صفر

۱۱ـ در شکل ۹۷ـ۸ ظرفیت خازن (الف) چند برابر خازن (ب۹ است؟

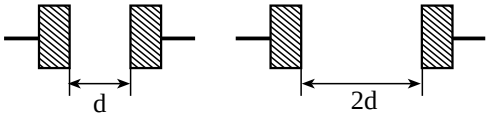
الف ـ $\frac{۱}{۳}$
ب ـ ۳
ج ـ ۹
د ـ $\frac{۱}{۲}$



شکل ۹۹ـ۸

۱۲ـ نسبت ظرفیت خازن (ب) نسبت به ظرفیت خازن (الف) شکل ۹۹ـ۸ در صورتی که سطح صفحات برابر و جنس دی الکتریک یکسان باشد چقدر است؟

الف ـ ۱۶
ب ـ $\frac{۱}{۲}$
ج ـ ۴
د ـ ۲



شکل ۱۰۰ـ۸

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

الف ـ کمتر می شود.
ب ـ زیادتر می شود.
ج ـ تغییر نمی کند.
د ـ با توان دو تغییر می کند.

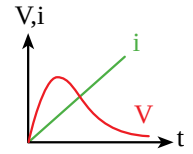
۱۴ـ سرعت حرکت الکترون ها برای مدار خازنی در لحظه اول وصل کلید ..... می باشد.

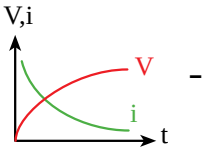
الف ـ سریع
ب ـ آهسته
ج ـ متوسط
د ـ اول آهسته و سپس سریع

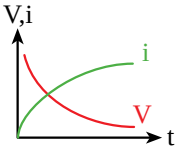
۱۵ـ علت استفاده از مقاومت سری در مسیر خازن ها به خاطر:

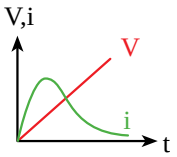
الف ـ افزایش زمان تناوب
ب ـ کاهش زمان لازم برای بروز خاصیت عایقی
ج ـ کاهش زمان تناوب
د ـ افزایش زمان شارژ و دشارژ خازن

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

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۱۷ـ مقاومت نشتی خازن باعث می شود تا:

الف ـ ظرفیت واقعی خازن از ظرفیت نامی آن بیشتر باشد
ب ـ ظرفیت واقعی خازن از ظرفیت نامی آن کم متر باشد
ج ـ ظرفیت واقعی خازن با ظرفیت نامی آن برابر باشد.
د ـ تحمل ولتاژ کار خازن افزایش یابد.

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

الف ـ کاغذی　　ب ـ سرامیکی　　ج ـ میکا　　د الکترولیتی

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

الف ـ کاغذی　　ب ـ سرامیکی　　ج ـ میکا　　د الکترولیتی

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

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

الف ـ کاغذی　　ب ـ میکا　　ج ـ سرامیکی　　د الکترولیتی

۲۱ـ خازن های شکل ۸ـ۱۰۰ از چه نوعی است؟

الف ـ کاغذی　　ب ـ میکا

ج ـ الکترولیتی　　د ـ متغیر

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

الف ـ واریابل　　ب ـ کاغذی　　ج ـ میکا　　د تریمر

۲۳ـ حداکثر میزان تغییر ظرفیت خازن به ازای تغییر یک درجه سانتیگرد را ..... گویند.

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

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

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

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

الف ـ $\frac{۱}{۳}$　　ب ـ ۳ برابر　　ج ـ $\sqrt{۳}$ برابر　　د $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$

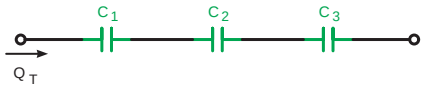
۲۶ـ مشخصات خازن شکل ۸ـ۱۰۱ کدام است؟

شکل ۸ـ۱۰۱

الف ـ $۳/۹kpf \pm ٪۱۰$　　ب ـ $۳/۹kpf \pm ٪۵$

ج ـ $۳۹۰۰kpf \pm ٪۱۰$　　د ـ $۳۹۰۰kpf \pm ٪۵$

۲۷ـ کدام یک از روابط زیر بار الکتریکی خازن های $C_۱$ و $C_۲$ و $C_۳$ را نشان می دهد؟

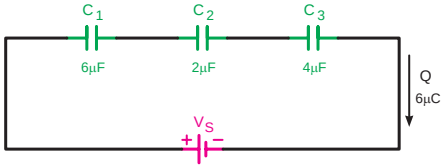


شکل ۸ـ۱۰۲

الف ـ $Q_۱ > Q_۲ > Q_۳$　　ب ـ $Q_۱ < Q_۲ < Q_۳$

ج ـ $Q_۱ = Q_۲ = Q_۳$　　د ـ $Q_۱ > Q_۲, Q_۲ < Q_۳$

۲۸ـ ولتاژ دو سر خازن $C_۳$ در مدار شکل ۸ـ۱۰۳ چند ولت است؟

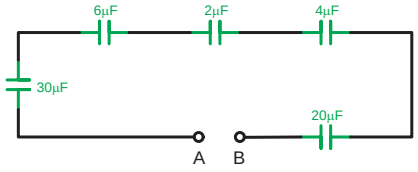


شکل ۸ـ۱۰۳

الف ـ ۲۴　　ب ـ ۰/۷

ج ـ ۱/۵　　د ـ ۱/۲

۲۹ـ ظرفیت خازن معادل C_T شکل ۸ـ۱۰۴ چند میکروفاراد است؟

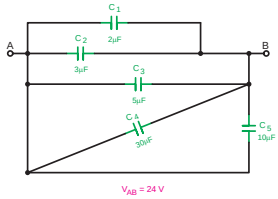


شکل ۸-۱۰۴

الف ـ $\frac{۱}{۹۰}$ ب ـ ۳

ج ـ ۹۰ د ـ $\frac{۱}{۳}$

۳۰ـ مقدار بار الکتریکی خازن $C_۲$ در شکل ۸ـ۱۰۵ چند میکروکولن است؟

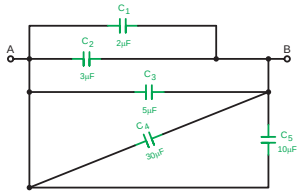


شکل ۸-۱۰۵

الف ـ ۷۲ ب ـ ۰/۵

ج ـ ۱۸ د ـ ۲

۳۱ـ ظرفیت خازن معادل دو نقطه A و B شکل ۸ـ۱۰۶ چند میکروفاراد است؟

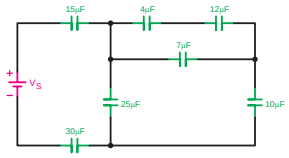


شکل ۸-۱۰۶

الف ـ ۱۵۰ ب ـ ۵۰

ج ـ ۸۰ د ـ ۲۰

۳۲ـ ظرفیت خازن معادل شکل ۸ـ۱۰۷ چند میکروفاراد است؟

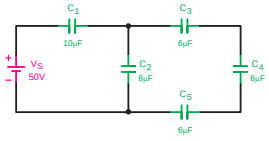


شکل ۸-۱۰۷

الف ـ ۷/۵ ب ـ ۱۵

ج ـ ۳۰ د ـ ۴/۵

۳۳ـ ولتاژ دو سر خازن $C_۲$ شکل ۸ـ۱۰۸ چند ولت است؟



شکل ۸-۱۰۸

الف ـ ۱۴/۵ ب ـ ۲۵

ج ـ ۱۲ د ـ ۱۷

۳۴ـ از خازن در مدارهای الکتریکی برای ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می شود. ❐ صحیح ❐ غلط

۳۵ـ ظرفیت یک خازن با فاصله بین صفحات آن رابطه مستقیم دارد. ❐ صحیح ❐ غلط

۳۶ـ با افزایش سطح صفحات خازن مقاومت نشتی آن نیز افزایش می یابد. ❐ صحیح ❐ غلط

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

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

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

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

توجه

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:

۱ـ جریان مستقیم و متناوب را تعریف کند.

۲ـ شکل موج را تعریف کند و انواع شکل موج های ac و dc را رسم کند.

۳ـ اجزای یک مولد ساده ac و عوامل مؤثر در ولتاژ القایی را نام ببرد.

۴ـ نحوه تولید جریان متناوب توسط ژنراتور را شرح دهد.

۵ـ قانون دست راست در ژنراتورها را شرح دهد.

۶ـ چگونگی به وجود آمدن موج سینوسی را شرح دهد.

۷ـ مشخصات یک موج سینوسی را توضیح دهد.

۸ـ مدارهای اهمی، سلفی، خازنی خالص را از نظر رابطه فازی بین ولتاژ جریان و توان مصرفی توضیح دهد.

۹ـ روابط اندوکتانس و راکتانس کل در مدارهای سلفی سری و موازی را به دست آورد.

۱۰ـ بردار را تعریف کرده و نحوه نمایش کمیت های برداری در مدارهای مختلف را توضیح دهد.

۱۱ـ مدارهای RLC,LC,RC,LR سری و موازی را از نظر امپدانس، ضرایب قدرت، ضرب کیفیت، زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان، دیاگرام های برداری را تجزیه کند.

۱۲ـ حالت رزنانس را در مدارهای LC و RLC بررسی کند.

۱۳ـ انواع توان در جریان متناوب را با ذکر روابط توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲۰	۱۲	۳۲

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

الف ـ فاصله بین صفحات　　ب ـ جنس عایق

ج ـ جنس صفحات　　د ـ سطح صفحات

۲ـ کار یک خازن عبارت است از:

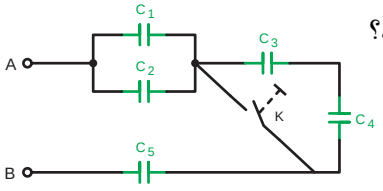
الف ـ متوقف ساختن عبور جریان برق AC　　ب ـ کمک به عبور جریان برق DC

ج ـ ذخیره سازی انرژی الکتریکی　　د ـ ذخیره ساختن گرما

۳ـ راکتانس خازنی یک خازن $7900\ \Omega$ است اگر ظرفیت خازن $0/1\mu f$ باشد فرکانس مدار چقدر است؟

الف ـ ۵۰HZ　　ب ـ ۶۰HZ۳　　ج ـ ۱۰۰HZ　　د ـ ۲۰۰HZ

۴ـ در شکل ۱ـ۹ با بسته شدن کلید K ظرفیت خازن معادل چه تغییری می کند؟



$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5$

شکل ۱ـ۹

الف ـ افزایش می یابد.　　ب ـ کاهش می یابد.

ج ـ نصف می شود.　　د ـ دو برابر می شود.

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

الف ـ DC　　ب ـ AC　　ج ـ DC ضرباندار　　د ـ AC ضرباندار

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

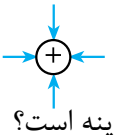
الف ـ حداکثر　　ب ـ صفر　　ج ـ دو برابر　　د ـ حداقل

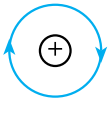
۷ـ ولتاژ AC بر چه اساسی به وجود می آید؟

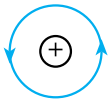
الف ـ القا　　ب ـ مالش　　ج ـ شیمیایی　　د ـ حرارت

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

الف ـ

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۹ـ ظرفیت خازن شکل ۲ـ۹ کدام گزینه است؟

۹ـ۲

الف ـ $122\mu f$　　ب ـ $22\mu f$　　ج ـ $1/22Pf$　　د ـ $1200Pf$

۱۰ـ فرکانس برق شبکه ایران چند هرتز است؟

الف ـ ۵۰　　ب ـ ۱۰۰　　ج ـ ۰/۰۱　　د ـ ۰/۰۲

۱۱ـ ظرفیت خازن ۱۰۰μf معادل چند پیکوفاراد است؟

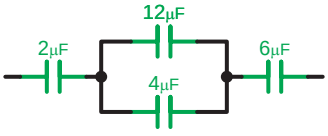
الف ـ 10^{-3} ب ـ 10^{5} ج ـ 10^{8} د ـ 10^{-8}

۱۲ـ اگر ده خازن ۱۰ میکروفارادی را به صورت سری ببندیم ظرفیت معادل چند میکروفاراد است؟

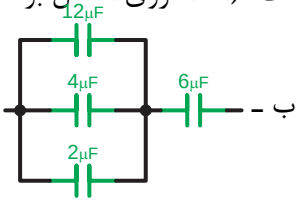
الف ـ ۱ ب ـ ۱۰۰ ج ـ ۱۰ د ـ ۰/۱

۱۳ـ ظرفیت معادل کدامیک از اشکال زیر ۱/۳۷ میکروفاراد است؟ (اعداد روی اشکال بر حسب میکروفاراد)

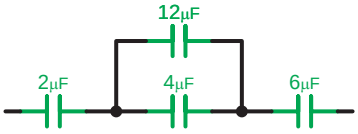
الف ـ



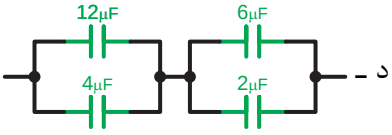
ب ـ



ج ـ



د ـ



۱۴ـ مدار معادل سیم پیچ های یک موتور الکتریکی معادل کدام گزینه است؟

الف ـ

ب ـ

ج ـ

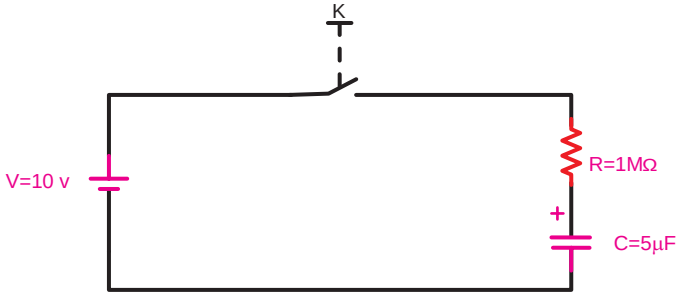
د ـ

۱۵ ـ توانی که مربوط به مصرف کننده های اهمی می باشد چه نام دارد؟

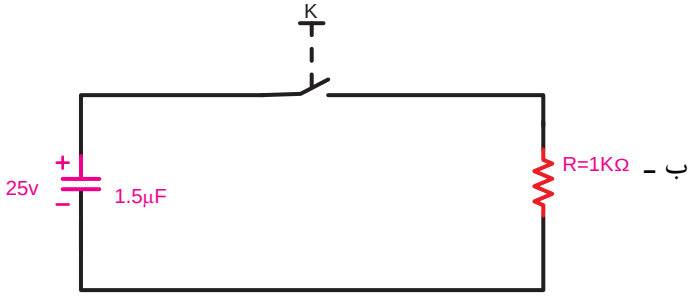
الف ـ ظاهری ب ـ اکتیو ج ـ راکتیو د ـ غیرحقیقی

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

الف ـ

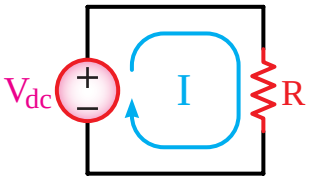


ب ـ



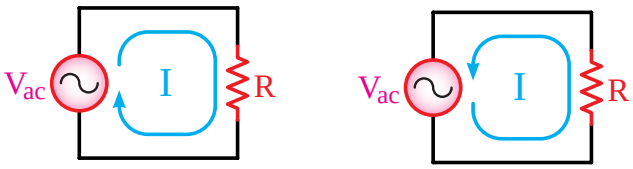
۱ـ۹ـ جریان متناوب چیست؟

در هر مدار الکتریکی که ولتاژ وجود داشته باشد جریان الکتریکی نیز جاری خواهد شـد. اگـر قطب های ولتاژ مدار هرگـز تغییر نکند جهت جریان ثابـت می ماند، در غیر این صورت به آن «جریان مسـتقیم یا dc»[1] می گویند. (شـکل ۳ـ۹)



شکل ۳-۹

جریان الکتریکی دیگری نیز وجود دارد که همیشـه در یک جهت نیسـت یعنی ابتدا دریـک جهت جریان می یابد. سپس جهت خود را عوض می کند و در خلاف جهت حالت قبل جاری می شـود. به این نوع جریـان اصطلاحاً «جریان متناوب یا AC»[2] می گویند. (شکل ۴ـ۹)

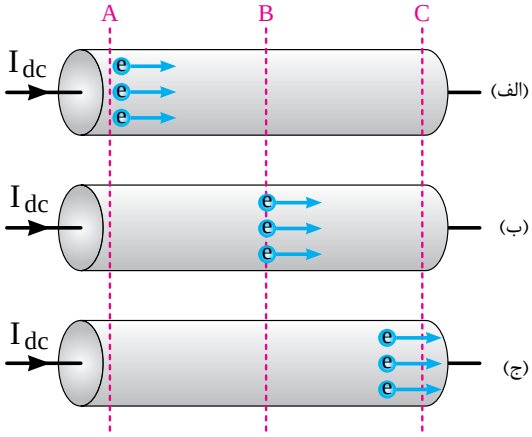


(الف) (ب)

شکل ۴-۹

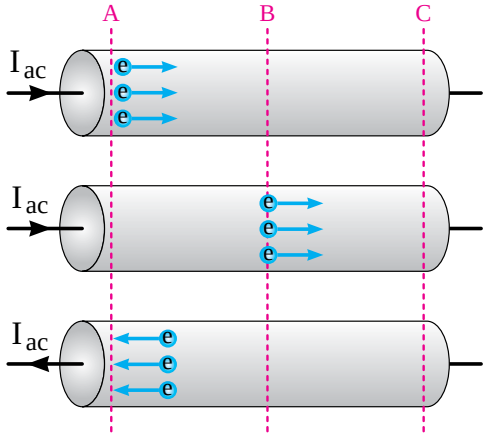
۲ـ۹ـ مقایسـه جریان مسـتقیم و جریان متناوب در یک سیم

اگر جریان dc از قطعه سیمی عبور کند، جریان از قطب مثبت شـروع شده و به قطب منفی ختم می شود و در این حالـت یک تعداد الکترون به قطب منفی منتقل می شـوند. (شکل ۵ـ۹)



شکل ۵-۹

حال چنانچه جریان ac از قطعه سـیم عبور کند در یک مدت زمان معین ابتدا جریان در یک مسـیر حرکت می کند سـپس جهت جریان عوض شده و الکترون ها در مسیر طی شـده اول باز می گردند. شکل ۶ـ۹ نحوه حرکت الکترون ها را در جریان AC نشان می دهد.



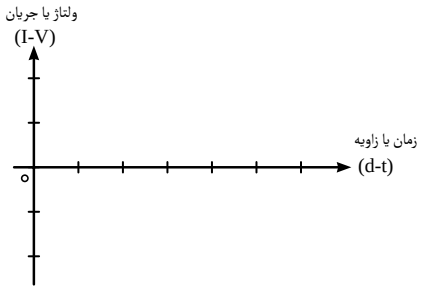
شکل ۶-۹

1 - Direct Current - DC

2 - Alternativ Current-AC

۳ـ۹ـ شکل موج ها در جریان متناوب

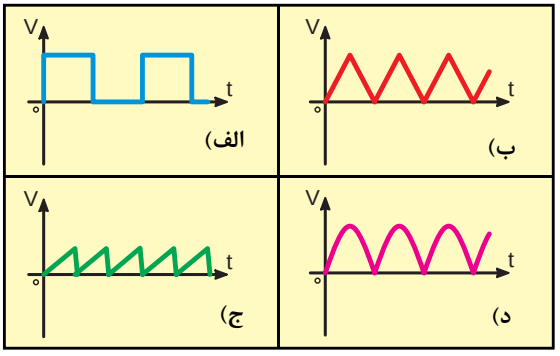
تغییـرات ولتاژ یا جریـان در مدارهـای الکتریکی را به صورت «شکل موج»[1] نشان می دهند. برای رسم شکل موج محورهای مختصاتی مطابق شـکل ۷ـ۹ نیـاز داریم. محور عمـودی بیانگر انـدازه ولتاژ یا جریان و محـور افقی معرف زمان یا زاویه اسـت. بالای محور افقی را قسمت مثبت موج و پایین محور افقی را قسمت منفی موج می گویند.



شکل ۷-۹

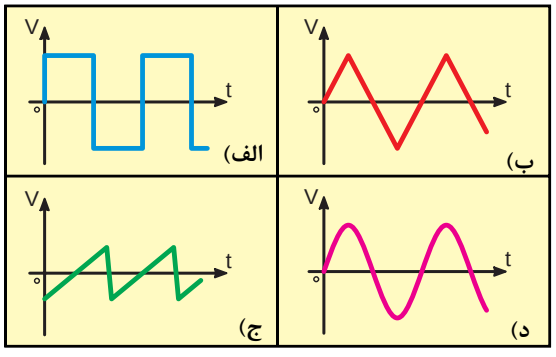
شکل ۸-۹

برای مشاهده و اندازه گیری شکل موج های ولتاژ و جریان از وسیله‌های به نام «اسیلوسکوپ»[2] استفاده می کنند. (شکل ۸ـ۹) دو نمونه اسیلوسـکوپ را نشان می دهد. اسیلوسکوپ به معنای نوسان نما یا نشان دهنده شکل موج است.



شکل ۹ـ۹ـ انواع شکل موج های dc

از انواع شکل موج ها می توان شکل موج مربعی، مثلثی، دندانه اره‌ای و سینوسی را نام برد. در جریان متناوب معمولاً شـکل موج سینوسـی از سـایر انواع موج ها متداولتر است. یادآوری می شود که همه شکل موج ها قابل تبدیل به شکل موج سینوسی هستند.



شکل ۱۰ـ۹ـ انواع شکل موج های ac

بطور کلی جریان‌های 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 شـکل موج ها که دارای قسمت مثبت و منفی هستند را موج ac می گویند. شکل ۹ـ۹ نمونه هایی از امواج dc و شکل ۱۰ـ۹ نمونه هایی از امواج AC را نشان می دهد.

1 - Wave form

2 - Osiloscope

۴ـ۹ـ 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 ۱۱ـ۹)

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 ۱۲ـ۹) به این ولتاژ در اصطلاح «ولتاژ القایی» می گویند.

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

الف ـ اندوکسیون میدان مغناطیسی (B)

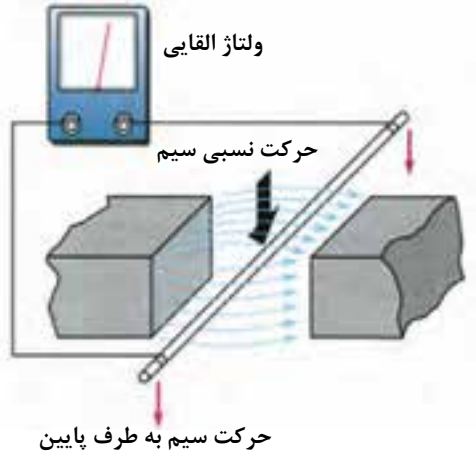
ب ـ سرعت حرکت سیم یا سرعت حرکت میدان مغناطیسی (V)

ج ـ طول مؤثر سیم (طولی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می گیرد. (L)

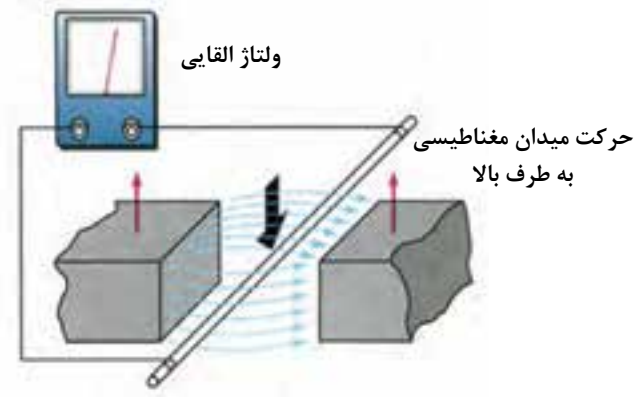
د ـ زاویه سیم با میدان مغناطیسی (α)

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 خوهد شد. (شکل ۱۳ـ۹)

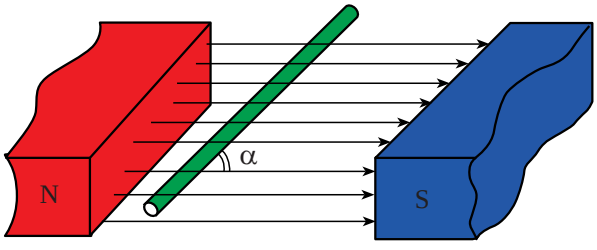
اگر مدار الکتریکی سیمی که در داخل میدان مغناطیسی حرکت می کند بسته شود جریان القایی در سیم جاری خواهد شد. (شکل ۱۴ـ۹)



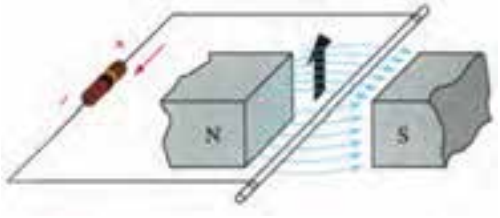
شکل ۱۱ـ۹ـ نحوه تولید جریان متناوب (حرکت سیم)



شکل ۱۲ـ۹ـ نحوه تولید جریان متناوب
(حرکت میدان مغناطیسی)



شکل ۱۳ـ۹ـ وضعیت قرار گرفتن سیم با میدان مغناطیسی



شکل ۱۴ـ۹ـ اگر مدار سیم متحرک بسته شود جریان القایی
در مدار مصرف کننده جاری می شود.

در ژنراتورهـــا برای اینکه تمام فضـــای داخلی مولد برای تولید ولتاژ مورد اســـتفاده قرار گیرد، معمولاً به جای ســـیم، یک قاب ســـیمی یا یک کلاف ســـیمی کـــه دارای چند دور اســـت به کار می رود. مجموعه تولید کننده انرژی را «مولد» می نامند.

اجزای یک مولد ساده ac به شرح زیر است:

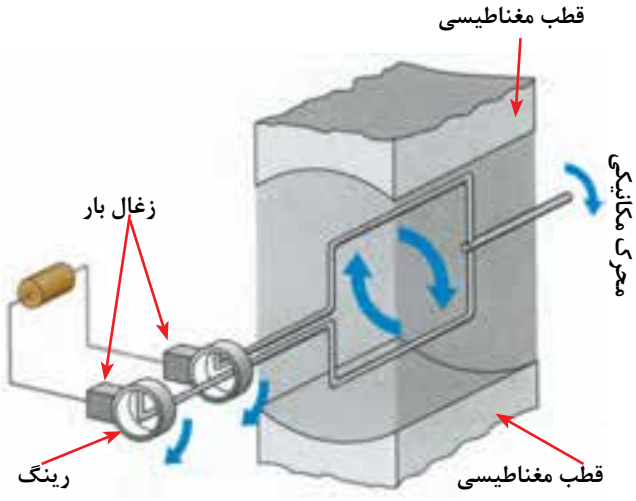
۱ـ قطب های مغناطیسی

۲ـ کلاف سیم

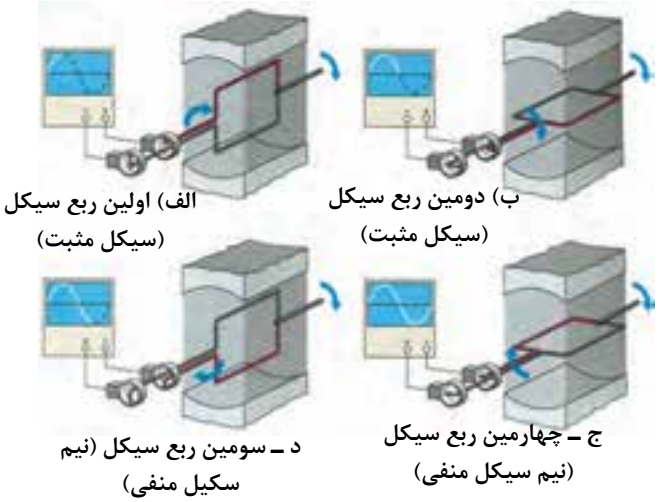
۳ـ رینگ ها[1] (حلقه های لغزنده)

۴ـ زغال ها[2]

شکل ۱۵ـ۹ ساختمان ساده‌ای 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.



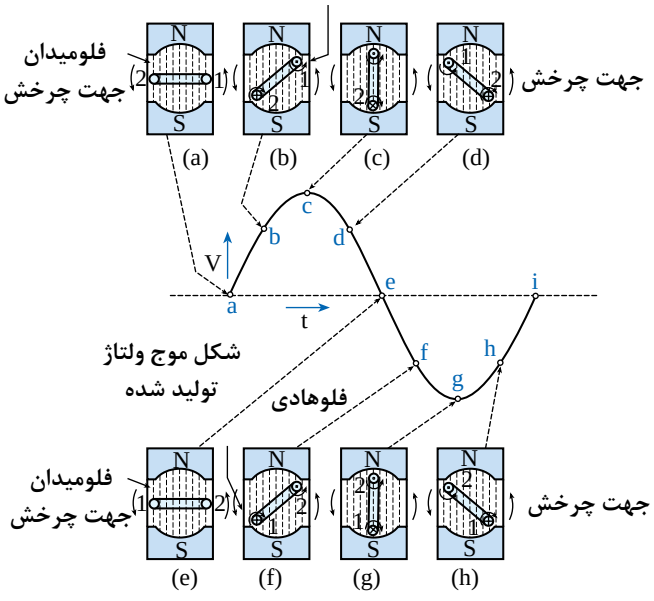
شکل ۱۵ـ۹ـ شکل ساده یک مولد جریان متناوب به همراه بار



شکل ۱۶ـ۹ـ وضعیت قرار گرفتن کلاف سیم

شـــکل ۱۶ـ۹ وضعیت کلاف و شکل موج خروجی را در لحظاتـــی که کلاف در زاویه ها ۹۰°، ۱۸۰°، ۲۷۰°، ۳۶۰° چرخش قرار دارد نشان می دهد.

وضعیت کلاف، میدان مغناطیســـی و مقـــدار ولتاژ روی شـــکل موج سینوســـی در لحظات مختلف روی شکل ۱۷ـ۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۷ـ۹

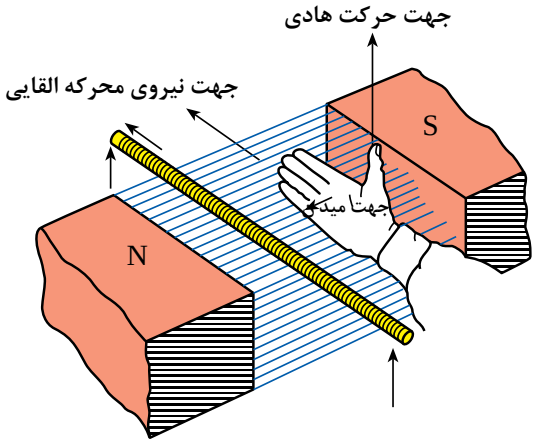
1 - Slip rings

2 - Brushes

۵ـ۹ـ قانون دست راست در مورد ژنراتورها

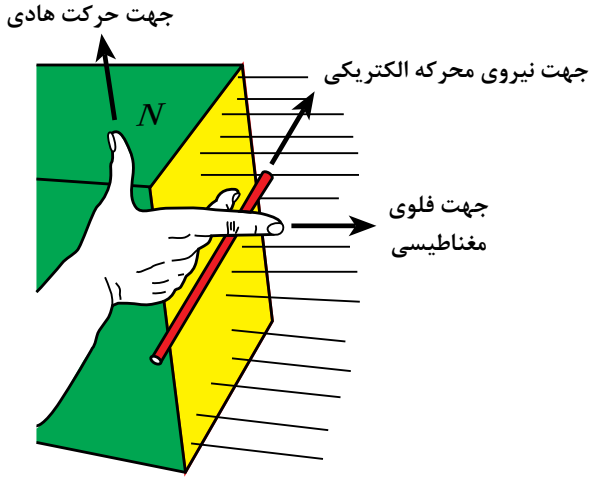
برای نشـان دادن جهت جریان القایی جاری شـده در سیم از قانون دسـت راسـت به دو طریق زیر می توانیم استفاده کنیم:

الف ـ هرگاه دست راست خود را طوری در داخل میدان مغناطیسـی 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 ۱۸ـ۹)



شکل ۱۸ـ۹ـ قانون دست راست (کف دست باز)

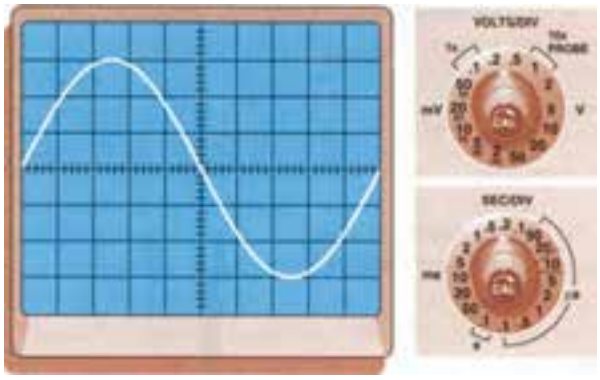
ب ـ اگر دسـت راسـت خود را طـوری در داخل میدان مغناطیسی بگیرید که انگشت شست، سبابه (اشاره) و میانی بر هم عمود باشـند در این حالت انگشت سبابه جهت فلوی مغناطیسـی و انگشـت شست جهت حرکت سـیم را نشان دهد، انگشـت میانی جهت جریان جاری شـده را مشخص می کند. (شکل ۱۹ـ۹)



شکل ۱۹ـ۹ـ قانون دست راست (به صورت سه انگشت)

۶ـ۹ـ مشخصات جریان متناوب

۱ـ۶ـ۹ـ سیکل: شکل موجی که در اثر گردش یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی به وجود می آید را یک «سیکل» می گویند. (شکل ۲۰ـ۹)



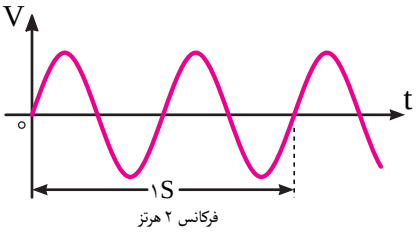
شکل ۲۰ـ۹ـ تصویر یک سیکل روی صفحه اسیلوسکوپ

۲ـ۶ـ۹ـ فرکانس (f): به تعداد سیکل‌ها (نوسانات) در مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» می گویند. (شکل ۲۱ـ۹)

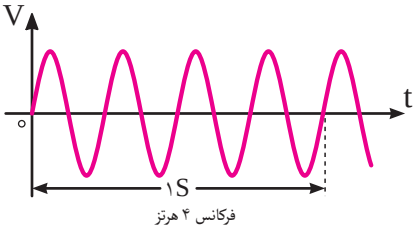
واحد فرکانس $\frac{۱}{S}$ یا هرتز (HZ) است. فرکانس برق ایران ۵۰ هرتز است.

مثال: فرکانس شکل موج داده شده در شکل ۲۲ـ۹ چند هرتز است؟

حل: چون چهار سیکل در مدت زمان یک ثانیه طی می‌شود پس فرکانس برابر با $f = ۴H_Z$ است.



شکل ۲۱ـ۹

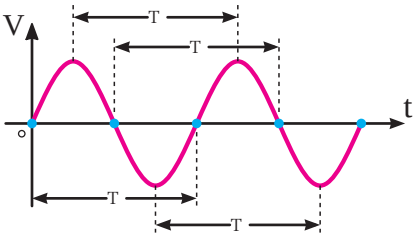


شکل ۲۲ـ۹

۳ـ۶ـ۹ـ زمان تناوب (T): مدت زمانی که طول می کشد تا یک سیکل کامل طی شود را «زمان تناوب» یا «پریود» می گویند.

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

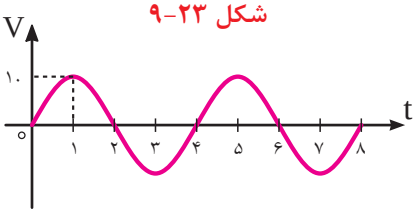
$$T = \frac{۱}{f} \quad \text{یا} \quad f = \frac{۱}{T}$$



شکل ۲۳ـ۹

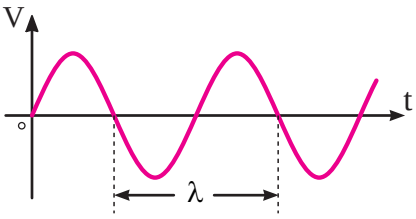
مثال: زمان تناوب شکل ۲۴ـ۹ چه قدر است؟

حل: مدت زمان یک سیکل روی شکل برابر با: $T=۴ms$ است زیرا برای کامل شدن سیکل ۴ میلی ثانیه طی می شود.



شکل ۲۴ـ۹

۴ـ۶ـ۹ـ طول موج (λ): مسافتی را که یک موج در یک سیکل کامل طی کند «طول موج» می نامند. واحد طول موج بر حسب متر(m) است. سرعت طول موج بستگی به محیطی که در آن منتشر می شود دارد. طول موج را از رابطه زیر می توان به دست آورد.



شکل ۲۵ـ۹

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{سرعت نور}}{\text{فرکانس}} = \frac{۳۰۰۰۰۰۰۰}{f}$$

۵ـ۶ـ۹ـ سرعت زاویه ای (ω[1] امگا):

سـرعت زاویه ای عبارت اسـت از زاویه ای که شعاع مربوط به متحرک نسـبت به شـعاع مبنا در عرض یک ثانیه طی می کند. شکل ۲۶ـ۹ واحد سرعت زاویه ای رادیان بر ثانیه است. چون یک دور چرخش داخل دایره برابر ۲π رادیان اسـت لذا اگر متحرکی در هر ثانیه f دور بزند خواهیم داشت:

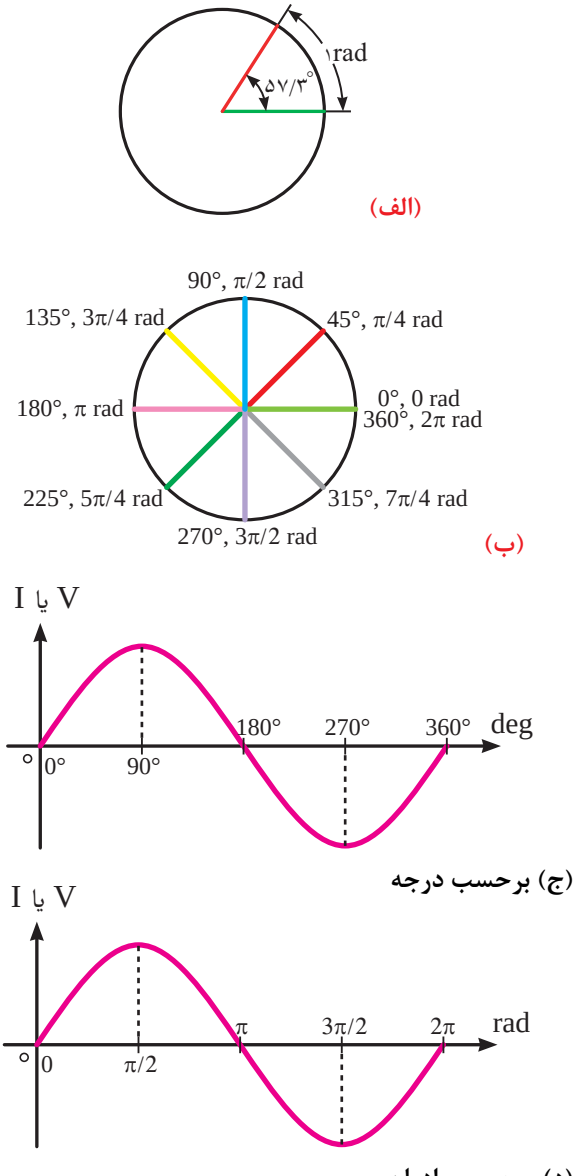
$$\omega = 2\pi f$$

مثال: سـرعت زاویه ای متحرکی بـا فرکانس ۱۰۰ هرتز چقدر است؟

حل:

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 2\times 3/14\times 100 = 628\ {}^{Rad}/_{s}$$

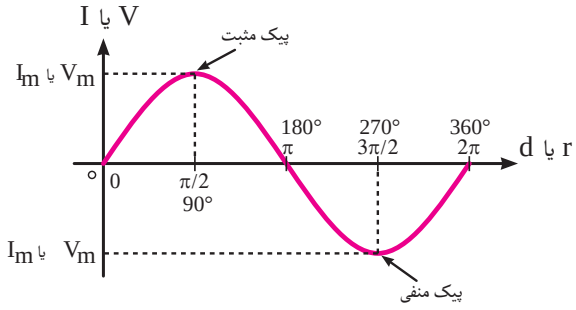
شکل های ۲۶ـ۹ـ ج و ۲۶ـ۹ـ د نحوه تقسیم بندی محور افقی شکل موج سینوسی بر حسب درجه و رادیان را نشان می دهند.



شکل ۲۶-۹

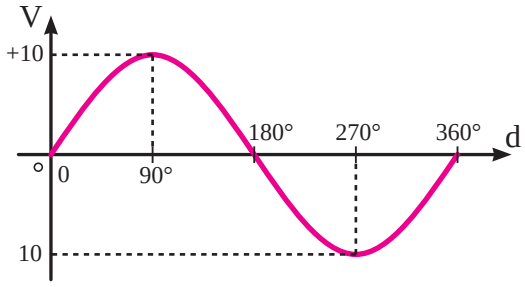
۶ـ۶ـ۹ـ مقدار پیک یا ماکزیمم (max-peak)

حداکثر مقداری که ولتاژ یا جریان سینوسـی در هر نیم سـیکل دارد را مقدار ماکزیمم می گویند. در شکل ۲۷ـ۹ نقاط پیک مثبت و منفی نشان داده شده است.



شکل ۲۷-۹

۱ ـ ω (امگا) یکی از حروف یونانی است.



شکل ۹-۲۸

مثال: مقدار پیک شـــکل موج ۹ـ۲۸ چند ولت است ودر چه زاویه ای قرار دارد؟

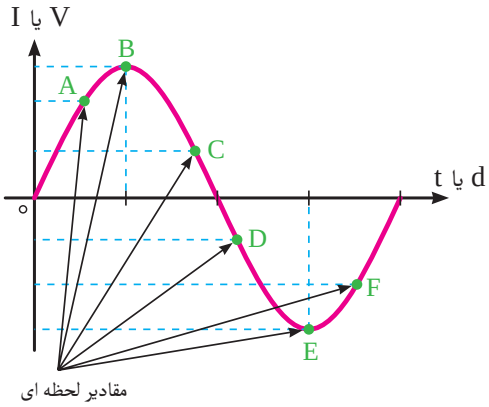
حل: مقـــدار ماکزیمم ولـــت و در زاویه ای $\theta = ۲۷۰$ قرار دارد.

$\theta = ۹۰$ و $\theta = ۲۷۰$

۷ـ۶ـ۹ـ دامنه:

مقدار موج در هر لحظه از زمان را اصطلاحاً دامنه یا «مقدار لحظه ای» می گویند.

در شکل ۹ـ۲۹ دامنه لحظه ای در نقاط F,E,D,C,B,A نشان داده شده است.



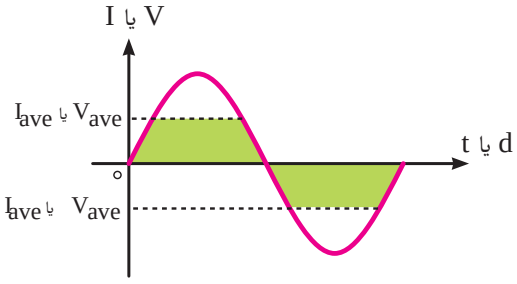
شکل ۹-۲۹

۸ـ۶ـ۹ـ مقدار متوسط (ave)[1]:

به میانگین مقادیر لحظه ای موج سینوســـی در یک نیم سیکل اصطلاحاً متوسط موج می گویند. (شکل ۹ـ۳۰) چون در هر نیم سیکل موج سینوسی از صفر شروع شده به مقدار حداکثر (ماکزیمم) می رســـد و مجدداً بـــه صفر برمی گردد لـــذا مقدار میانگین یک نیم ســـیکل نیـــز چیزی بین صفر و مقدار ماکزیمم می باشد. مقدار متوسط برای نیم سیکل موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$V_{ave} = \frac{۲}{\pi} \times V_m = ۰/۶۳۷ \times V_m$$

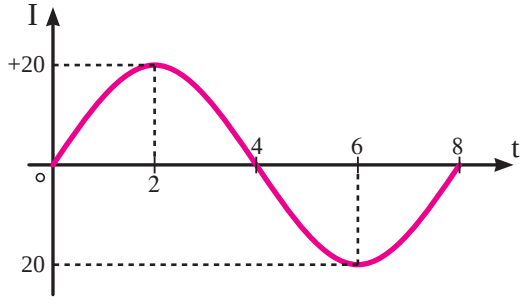
$$I_{ave} = \frac{۲}{\pi} \times I_m = ۰/۶۳۷ \times I_m$$



شکل ۹-۳۰

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 ۹ـ۳۱ چند آمپر است؟



شکل ۹-۳۱

حل:

$$I_{ave} = \frac{۲}{\pi} \times I_m = ./۶۳۷ \times I_m$$

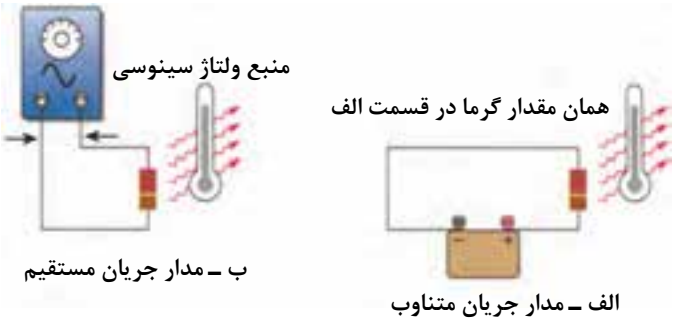
$$I_{ave} = ./۶۳۷ \times ۲۰$$

$$I_{ave} = ۱۲/۷۴A$$

1 - Average Values

۹ـ۶ـ۹ـ مقدار مؤثر (e-eff)[1]:

مقدار مؤثر یک ولتاژ AC عبارت اســت 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 ۹ـ۳۲)

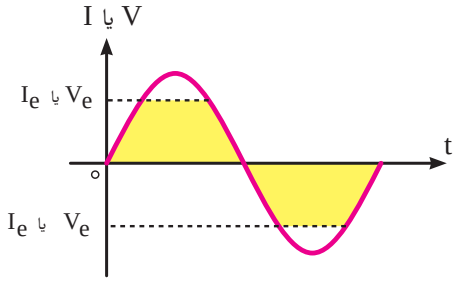


شکل ۹ـ۳۲

مقدار مؤثر یک موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$V_e = \frac{۱}{\sqrt{۲}} \times V_m = ./۷۰۷ \times Vm$$

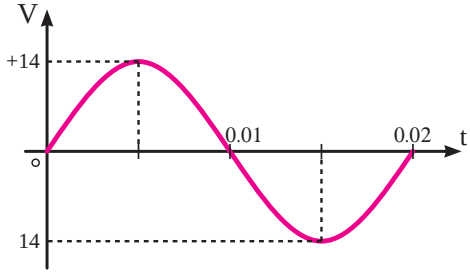
$$I_e = \frac{۱}{\sqrt{۲}} \times I_m = ./۷۰۷ \times Im$$



شکل ۹-۳۳

مقــدار مؤثر یک موج سینوســی را بــا اندیس $_{rms}$ ۲ نیز نشان می دهند.

$$V_e = V_{rms} = ۰/۷۰۷ \times V_m$$
$$I_e = I_{rms} = ۰/۷۰۷ \times I_m$$



شکل ۹-۳۴

مثال: مقدار مؤثر شــکل موج ولتاژ نشــان داده شده در شکل ۹ـ۳۴ چه قدر است؟

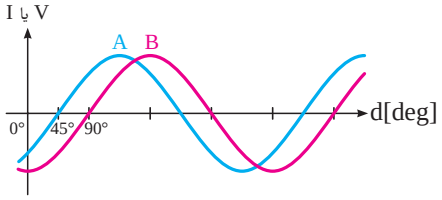
حل:

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} = ./۷۰۷ \times Vm$$
$$V_e = ./۷۰۷ \times ۱۴$$
$$V_e = ۹/۸۹۸V$$

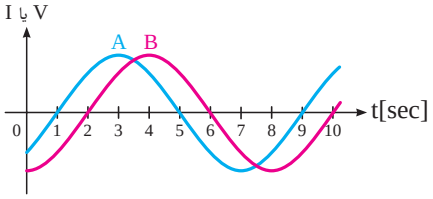
1 - Effective Values

۱۰ـ۶ـ۹ـ فاز[1]: 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.



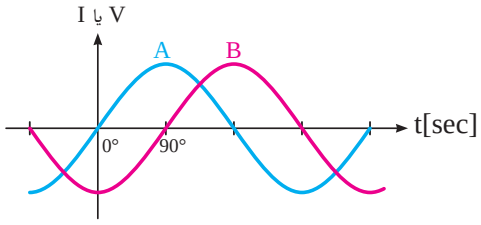
الف ـ موج A با B باندازه ۴۵ درجه فاصله دارد. (۴۵ درجه اختلاف فاز دارند)



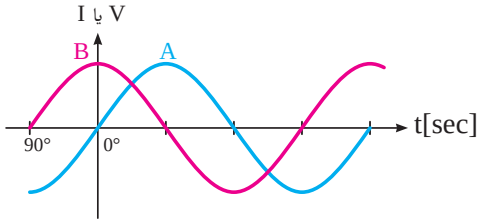
ب ـ موج A با B باندازه ۱ ثانیه فاصله دارد.

شکل ۳۵ـ۹

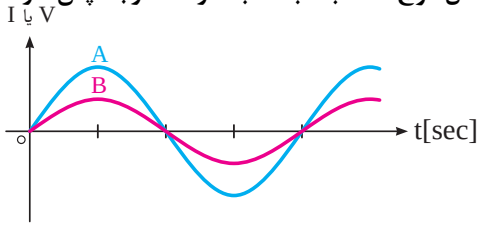
۱۱ـ۶ـ۹ـ اختلاف فاز: برای تعیین میزان اختلاف فاز بین دو شکل موج ابتدا دو نقطه مشابه (نقطه صفر ـ نقطه ماکزیمم یا نقطه مینیمم) از شکل موج ها را بر حسب کمیت محور افقی با یکدیگر مقایسه می کنیم و سپس مقدار آن را با ذکر کلمه پسوند «فاز» می نویسیم. مثلاً در صورتی که شکل موجی از موج دیگر جلوتر (زودتر) شروع شده باشد اصطلاح «پیش فاز»[2] و در صورتی که عقب-تر (دیرتر) شروع شده باشد کلمه «پس فاز»[3] و چنانچه دو شکل کاملاً مشابه باشند کلمه «هم فاز» را به کار می بریم. شکل (۳۶ـ۹)



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



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



ج ـ شکل موج A و B با هم هم‌فاز هستند.

شکل ۳۶ـ۹

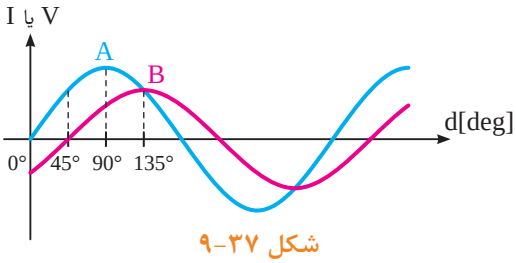
1 - Phase

2 - Leads

3 - Lags

مثال: ارتباط فازی بین دو شـکل موج A و B در شکل ۹ـ۳۷ چگونه است؟

حل: شـکل موج A نسـبت بـه B به انـدازه ۴۵ درجه پیش فـاز یا به عبارت دیگر شـکل موج B نسـبت به A به اندازه ۴۵ درجه پس فاز است.

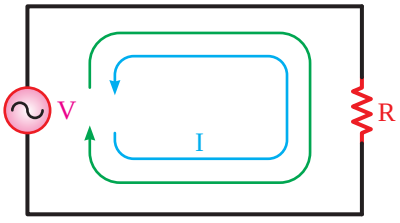


شکل ۹-۳۷

۹ـ۷ـ مدارهای جریان متناوب

۹ـ۷ـ۱ـ مدارهای اهمی خالص:

مدارهایی مانند شکل ۹ـ۳۸ را مدارهای «اهمی خالص» می گویند. در این نـوع مدارها هیچ گونه اختلاف فازی بین ولتـاژ و جریان وجود ندارد و تغییراتشـان مشـابه یکدیگر اسـت یعنی با هم در یک نقطه بـه حداقل، حداکثر و صفر می رسند.

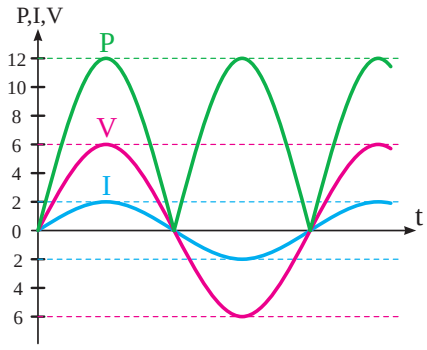


شکل ۹-۳۸

همان طـوری که می دانید تـوان از رابطه $P = V.I$ به دسـت می آید. شـکل موج های ولتاژ و جریـان و توان این مدارها را در شکل ۹ـ۳۹ مشاهده می کنید.

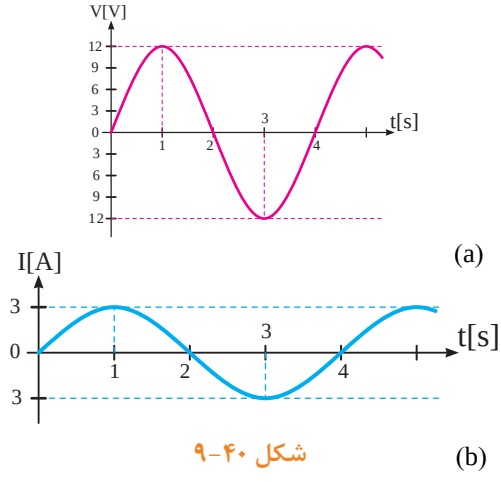
در محاسبات مدارهای جریان متناوب چون با مقدار مؤثر ولتاژ و جریان سـروکار داریم بـرای توان مصرفی می توانیم بنویسیم.

$$P = V_e.I_e \quad \text{یا} \quad P = R.Ie^{۲} \quad \text{یا} \quad P = \frac{Ve^{۲}}{R}$$



شکل ۹-۳۹

مثـال: اگر ولتاژی با مقـدار 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 ۹ـ۴۰ توان مصرفی مقاومت را حساب کنید.



شکل ۹-۴۰

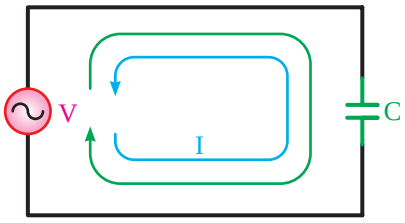
حل:

$$P = V_e.I_e$$

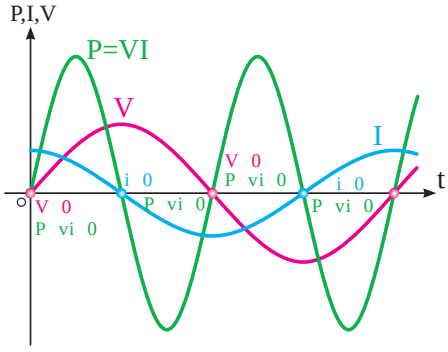
$$P = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} \times \frac{I_m}{\sqrt{۲}} = \frac{۱۲}{\sqrt{۲}} \times \frac{۳}{\sqrt{۲}} = \frac{۳۶}{۲} = ۱۸w$$

۲ـ۷ـ۹ـ مدارهای خازنی خالص:

مدارهایی که در آنها فقط از خازن استفاده شود را مدارهای «خازنی خالص» می گویند. (شکل ۴۱ـ۹) در این مدارها به خاطر وجود خاصیت خازنی، بین ولتاژ و جریان مدار ۹۰ درجه اختلاف فاز به وجود می آید. این اختلاف فاز به گونه ای است که در این مدارها در لحظاتی که جریان یا ولتاژ صفر است توان صفر خواهد شد. در زمان هایی 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 می گیرد و در خود ذخیره می کند و در زمانی دیگر به شبکه بازمی گرداند. به عبارت دیگر خازن توانی را مصرف نمی کند. (شکل ۴۲ـ۹)



شکل ۴۱-۹-مدار خازنی خالص



شکل ۴۲-۹

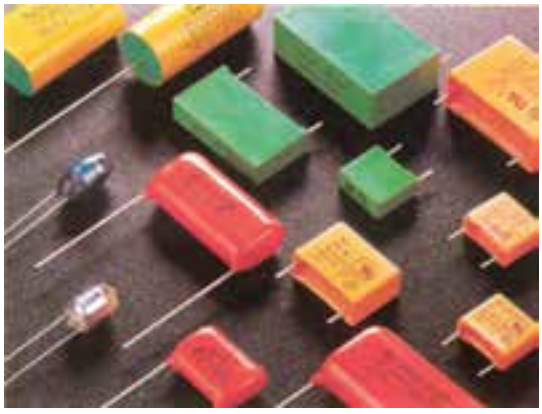
مقدار انرژی ذخیره شده در یک خازن را از رابطه زیر می توان به دست آورد.

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

خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی را نشان می دهد که اصطلاحاً به آن «راکتانس خازنی» می گویند. واحد آن برحسب اهم است و از رابطه زیر به دست می آید.

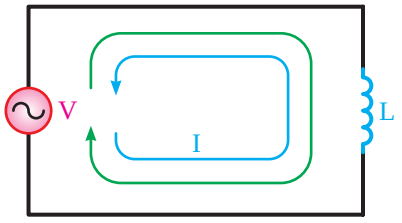
$$Xc = \frac{1}{\omega.c} = \frac{1}{2\pi fc}$$

خاصیت مقاومتی خازن در مقابل عبور جریان از خود مخالفت نشان می دهد.


شکل ۴۳ـ۹ـ تصاویری از انواع خازن ها

۳ـ۷ـ۹ـ مدارهای سلفی خالص:

مدارهایی که مشابه شکل ۴۴ـ۹ هستند و از سیم پیچ (سلف) تشکیل شده اند باعث می شوند تا جریان به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ عقب (پس فاز) بیفتد.

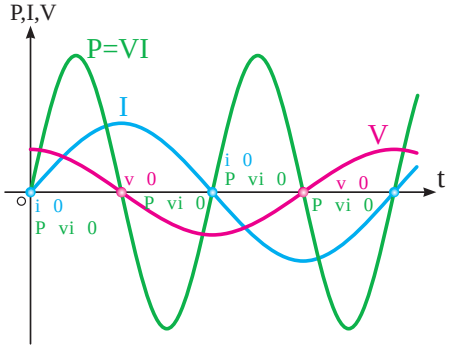


شکل ۴۴ـ۹ـ مدار سلفی خالص

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 ۴۶ـ۹)

مقدار انرژی ذخیره شده یک سلف ر از رابطه زیر می توان محاسبه کرد.

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



شکل ۴۵ـ۹ـ منحنی ولتاژ و جریان و توان در مدار خازنی خالص

سلف نیز مانند خازن در جریان متناوب از خود مقاومتی نشان می دهد که آن را «رکتانس‌سلفی» می نامند. راکتانس سلفی را با (X_L) نمایش می دهند. واحد راکتانس سلفی اهم است و از رابطه زیر محاسبه می شود:

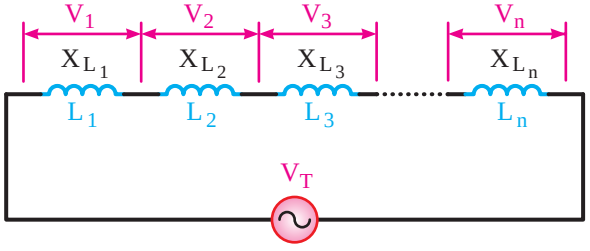
$$X_L = \omega.L = 2\pi f.L$$

شکل ۴۶ـ۹ـ تصاویری از انواع سلف ها

شکل ۴۶ـ۹ 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 ۴۷ـ۹ به یکدیگر اتصال یابند سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت های اهمی و با استفاده از روابط زیر به دست می آید.



شکل ۴۷-۹

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n$$

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

$$X_T.I_T = I_T(X_{L_1} + X_{L_2} + ... + X_n)$$

$$X_T = X_{L_1} + X_{L_2} + V_{L_3} ..... + X_{L_n})$$

اگر به جای X_L ها مقادیر معادل آن ها را قرار دهیم خواهیم داشت:

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

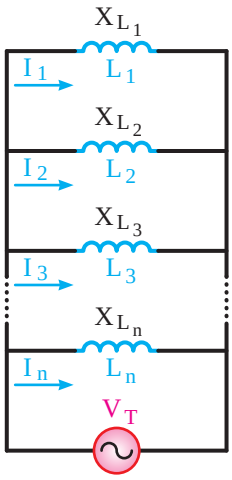
چون ω ثابت است پس:

$$L_T.\omega = \omega(L_1 + L_2 + L_3 + \ldots\ldots + L_n)$$

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

اتصال موازی سلف ها:

اگر دو یا n سلف مطابق شکل ۴۸ـ۹ به یکدیگر اتصال داده شوند، سلف معادل و راکتانس معادل مانند مقاومت های اهمی و با استفاده از روابط زیر به دست می آید.



شکل ۴۸-۹

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

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

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

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

اگر به جای هر X_L مقدار معادل آن یعنی $L.\omega$ را قرار داریم:

$$\frac{1}{L_T.\omega} = \frac{1}{L_1.\omega} + \frac{1}{L_2.\omega} + \frac{1}{L_3.\omega} + \ldots\ldots + \frac{1}{L_n.\omega}$$

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

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

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

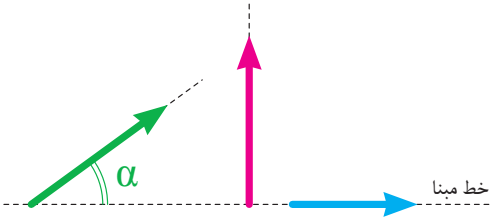
در شرایطی که دو سلف نامساوی باشند. $L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$

تذکر ۱: حالات خاصی که برای مقاومت های سری و موازی بیان شد برای سلف ها نیز صادق است.

تذکر ۲: در صورتی که سلف ها به صورت سری ـ 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.

۴ـ۷ـ۹ـ بردار:

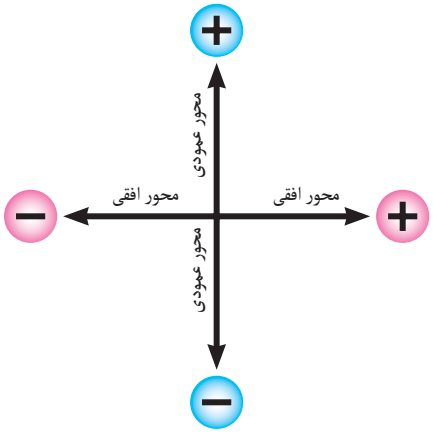
بردار پاره خطی است که دارای اندازه (طول) و جهت (فلش) اســت. از بردار در مدارهای الکتریکی به عنوان وسیله ای جهت نمایش و محاســبه کمیت های مختلف الکتریکــی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و توان استفاده می شود. (شکل ۴۹ـ۹)



شکل ۴۹-۹

در مدارهای الکتریکی برای رسم بردار مربوط به کمیت های الکتریکی قواعد زیر را به کار می برند.

برای رســم بردارهــا از محورهــای مختصات اســتفاده می شود. (شکل ۵۰ـ۹)

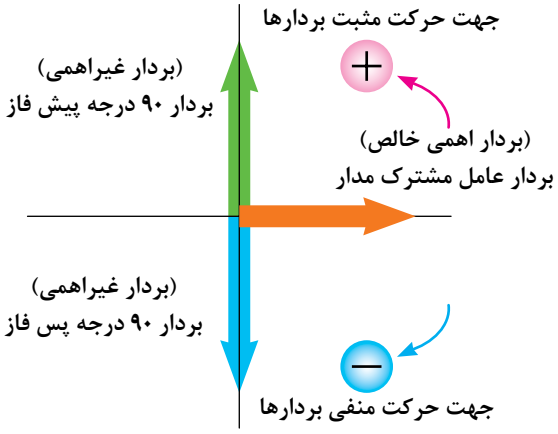


شکل ۵۰-۹

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

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

در مدارهای ترکیبی ac برای رسم بردارها نخست بردار عامل مشــترک مــدار را روی محور افقی (جهت مثبت) رســم می شود و ســپس بقیه عوامل غیرمشترک نســبت به آن رسم می شوند مثلاً برای ترسیم ۹۰ درجه پیش فازی باید بردار روی محــور عمودی مثبت یا برای ترســیم ۹۰ درجه پس فازی باید بردار روی محور عمودی منفی قرار گیرد. (شکل ۵۱ـ۹)

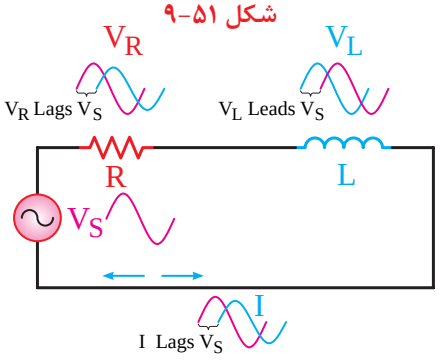


شکل ۵۱-۹

۵ـ۷ـ۹ـ مدارهای ترکیبی جریان متناوب:

الف مدار RLسری:

این مدارها که از مقاومت اهمی و ســلفی تشــکیل شده اند دارای خاصیتــی هســتند کــه در برگیرنده هر دو عامل اســت. (شکل ۵۲ـ۹)



شکل ۵۲ـ۹ـ مدار RL سری

در این مدارها اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان کل مدار وجود دارد. (شکل ۹ـ۵۳)

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»[1] 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 ۹ـ۵۵ ترسیم می شود.

همانگونه که در شکل ۹ـ۵۵ 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 ۹ـ۵۶) مجذور وتر مثلث برابر با حاصل جمع مربع دو ضلع دیگر مثلث است یعنی:

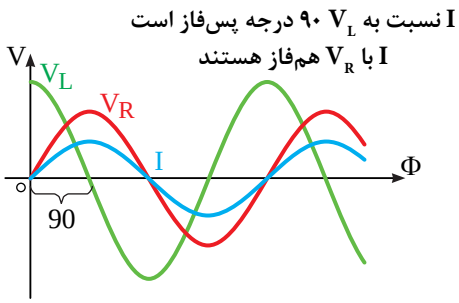
(وتر)^2=(ضلع عمودی)^2+(ضلع افقی)^2

$$(BC)^2=(AB)^2+(AC)^2$$

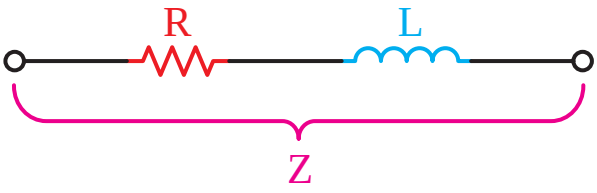
$$c^2=a^2+b^2$$

بر همین اساس و طبق رابطه فیثاغورث برای دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RL سری در شکل ۹ـ۵۵ می توانیم بنویسیم.

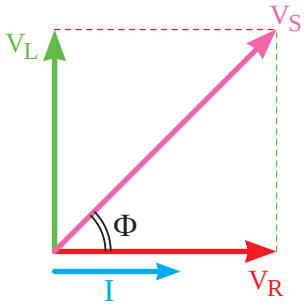
$$V_S=\sqrt{V_R^2+V_L^2}$$



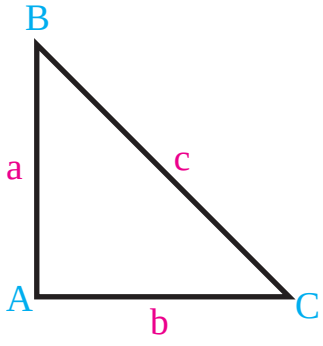
شکل ۹ـ۵۳ـ شکل موج های ولتاژ جریان مدار RL سری



شکل ۹-۵۴-مقاومت معادل (امپدانس)



شکل ۹-۵۵



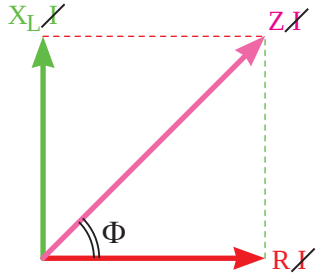
شکل ۹ـ۵۶ـ مثلث قائم الزاویه

1 - Impedance

در دیاگرام برداری ولتاژها اگر بجای ولتاژها معادل آن ها را قرار دهیم و سپس عامل مشترک (جریان) را حذف کنیم. دیاگرام برداری امپدانس به دست می آید. (شکل ۵۷ـ۹)

امپدانس را بر حسب اهم و با استفاده از رابطه زیر می توان محاسبه کرد.

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



شکل ۵۷-۹

در مثلث تشکیل شده شکل ۵۷ـ۹ برای زاویه Φ نسبت های مثلثاتی sin و tg را می توانیم به صورت مقابل بنویسیم:

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

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

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

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

نسبت های مثلثاتی $\sin\Phi$ و $\cos\Phi$ را تحت عناوین زیر می شناسیم.

$\sin\Phi$ ـ ضریب قدرت دواته، غیرحقیقی، غیرمفید، غیرمؤثر

$\cos\Phi$ ـ ضریب قدرت واته، حقیقی، مفید، مؤثر

$$\sin\Phi = \frac{V_L}{V_S} = \frac{X_L}{Z}$$

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

$$tg\Phi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R}$$

در مدارهای ترکیبی جریان متناوب پارامتر دیگری تحت عنوان «ضریب کیفیت»[1] مطرح است که با حرف Q نشان می دهیم. ضریب کیفیت را در حالت کلی به صورت زیر تعریف می کنیم.

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

انرژی ذخیره شده در مدارها مربوط به مقاومت های سلفی و خازنی است در صورتی که انرژی مصرفی را براساس مقاومت اهمی به دست می آوریم مقدار ضریب کیفیت Q در مدارهای RC و RL با مقدار tgφ برابر است.

در مدار RL سری هر قدر فرکانس افزایش یابد، امپدانس بیشتر می شود. هم چنین از طرف دیگر زاویه

1-Quality Factor

اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار نیز افزایش می یابد. (شکل ۵۸ـ۹)

تغییـــرات امپدانس موجب تغییـــر در مقدار جریان مدار می شود زیرا:

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

از مـــدار RL ســـری بـــرای نشـــان دادن مـــدار معـــادل ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی استفاده می شود.

مثال: در مدار شکل ۵۹ـ۹ مقابل مطلوب است:

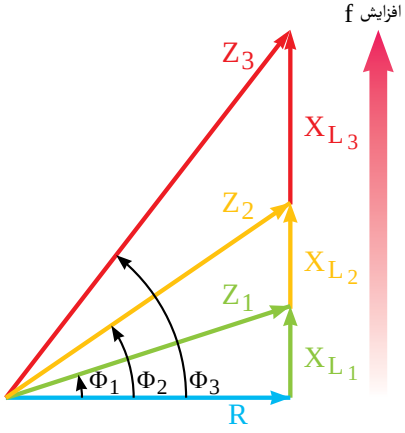
الف ـ امپدانس مدار

ب ـ افت ولتاژ دو سر هر عنصر

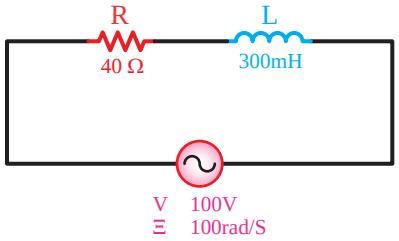
ج ـ ضریب کیفیت و ضریب توان دوواته

حل: مقادیر خواســـته شده را براســـاس روابط مدارهای RL سری به صورت مقابل به دست آورد.

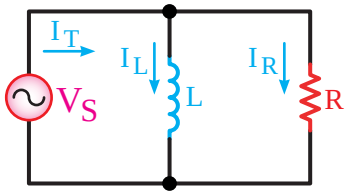
$$X_L = ۲\pi f.L = \omega.L$$
$$X_L = ۱۰۰ \times ۳۰۰ \times ۱۰^{-۳}$$
$$X_L = ۳۰\Omega$$
$$Z = \sqrt{R^۲ + X_L^۲}$$
$$Z = \sqrt{(۴۰)^۲ + (۳۰)^۲}$$
$$Z = ۵۰\Omega$$
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۵۰} = ۲A$$
$$V_R = R.I_e = ۴۰ \times ۲ = ۸۰v$$
$$V_L = X_L.I_e = ۳۰ \times ۲ = ۶۰v$$
$$\sin \Phi = \frac{X_L}{Z} = \frac{۳۰}{۵۰} = ./۶$$

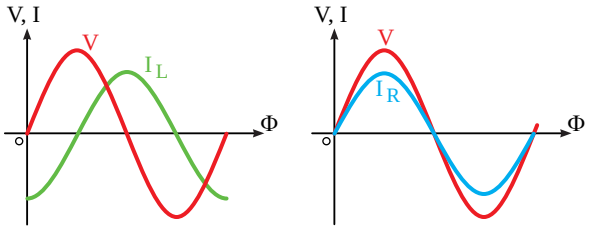


شکل ۵۸ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



شکل ۵۹ـ۹



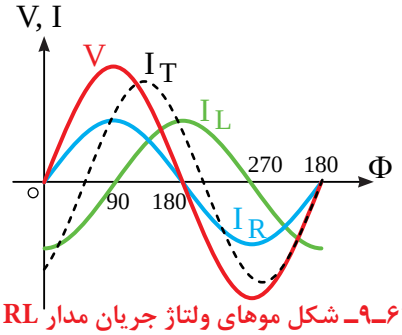


شکل ۶۰ـ۹ـ مدار RL موازی

ب مدار RL موازی:

در ایـــن مدارها مقاومت اهمی و ســـلف به صورت موازی وصـــل شـــده اند. عامل مشـــترک در مدارهای مـــوازی ولتاژ اســـت و جریان بین عناصر موجود در مدار به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود. (شکل ۶۰ـ۹)

در شـــاخه اهمی ولتاژ و جریان با هم هم فاز اســـت و در شـــاخه 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 ($۰ \leq \phi \leq ۹۰$) پس فاز خواهند شـــد. (شکل ۶۱ـ۹)

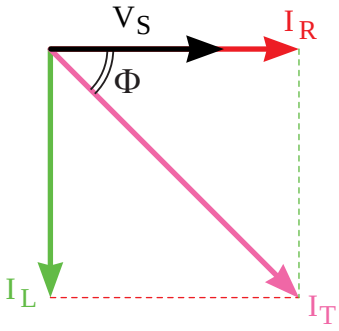


شکل ۶۱ـ۹ـ شکل موهای ولتاژ جریان مدار RL موازی

دیاگرام برداری جریان ها در این مدار به صورت شـــکل ۶۲ـ۹ است. براساس دیاگرام جریان ها رابطه زیر را می توانیم بنویسیم:

$$I_T = \sqrt{I_R^{۲} + I_L^{۲}}$$

مانند مدارهای سری اگر به جای جریان ها معادل آن ها را قرار دهیم شـــکل دیگری از دیاگرام های مدار RL موازی را خواهیم داشت که اصطلاحاً به آن دیاگرام «ادمیتانس» یا عکس امپدانس گویند.(شکل ۶۲ـ۹)



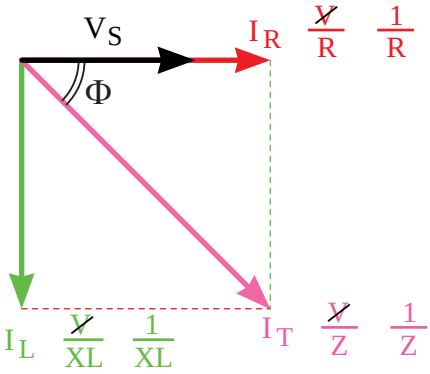
شکل ۶۲ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها

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

$$\frac{۱}{Z^{۲}} = \frac{۱}{R^{۲}} + \frac{۱}{X_L^{۲}}$$

و پس از ساده شدن رابطه می توان نوشت:

$$Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^{۲} + X_L^{۲}}}$$



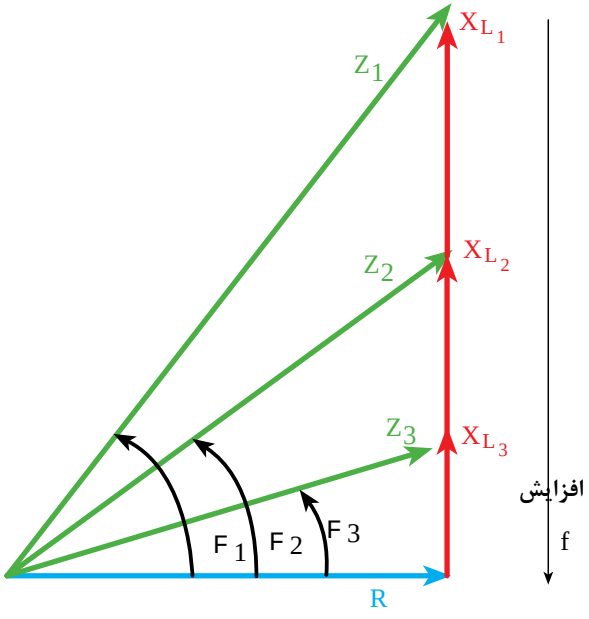
شکل ۶۳-۹-دیاگرام برداری جریان ها

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

$$\sin\Phi = \frac{I_L}{I_T} = \frac{\frac{1}{X_L}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{X_L}$$

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

$$tg\Phi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{\frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}} = \frac{R}{X_L}$$

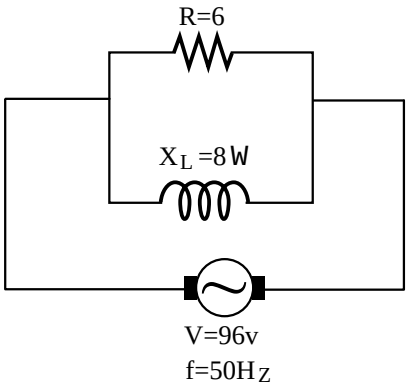


شکل ۶۴ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف

در ایـن مدارها بـا افزایش فرکانس خاصیـت راکتانس سلفی افزایش می یابد و جریان عبوری از سلف کم می شود. در این حالت زاویه اختلاف فاز کم شـده و مدار به سـمت خاصیت اهمی بیشتر میل می کند.

در شـکل ۶۴ـ۹ کاهـش زاویه اختلاف فـاز را به خوبی می توان مشاهده کرد.

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



شکل ۶۵-۹

مثال: در مدار شکل ۶۵ـ۹ مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ جریان هر شاخه

د ـ ضریب قدرت واته

حل: مقادیر خواسـته شـده را به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

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

$$Z = \frac{۶ \times ۸}{\sqrt{(۶)^2 + (۸)^2}} = \frac{۴۸}{۱۰} = ۴/۸\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۹۶}{۴/۸} = ۲۰A$$

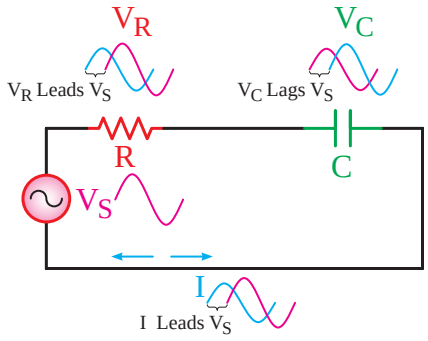
$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{۹۶}{۶} = ۱۶A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۹۶}{۸} = ۱۲A$$

$$\cos\Phi = \frac{Z}{R} = \frac{۴/۸}{Z} = ./۸$$

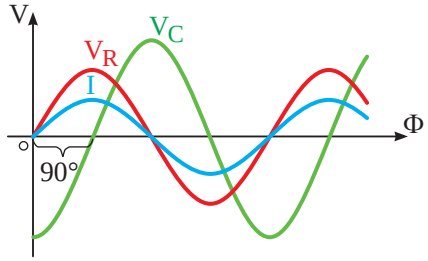
پ مدار RC سری:

شـــکل ۶۶ـ۹ نمونه‌ای از این مدارها را نشان می دهد. از نظر فازی رابطه ی که بین ولتاژ و جریان وجود دارد شـــامل خصوصیات هر دو عنصر مدار است.



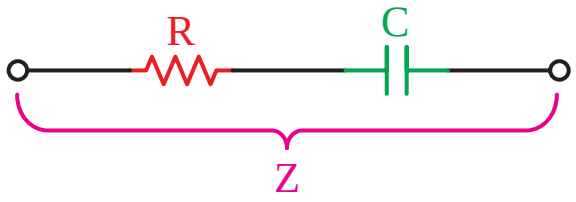
شکل ۶۶ـ۹ـ مدار RC سری

اندازه زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان کل مدار بین صفر تا ۹۰ درجه است. (شکل ۶۷ـ۹)



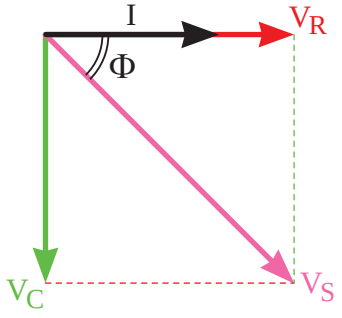
شکل ۶۷ـ۹ـ شکل موج های ولتاژی و جریان مدار RC سری

مقاومـــت معادل این مـــدار را تحت عنـــوان «امپدانس» می نامیم کـــه در برگیرنده هر دو خاصیـــت اهمی و خازنی مدار است. (شکل ۶۸ـ۹)



شکل ۶۸ـ۹- دیاگرام برداری امپدانس

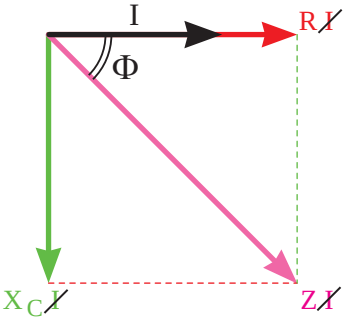
در یک مدار ســـری جریان تمامی عناصر یکسان است و ولتاژ بین اجزای مدار و به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود. در مقاومت اهمی ولتاژ و جریان هم‌فاز ولی در خازن جریان به اندازه ۹۰ درجه پیش‌فاز اســـت. بر همین اساس دیاگرام برداری ولتاژهای مدار RC سری مطابق شکل ۶۹ـ۹ خواهد شد. مقدار * از رابطه زیر به دست می آید:



شکل ۶۹ـ۹ـ دیاگرام برداری ولتاژها

$$V_S = \sqrt{V_R^{۲} + V_C^{۲}}$$

مشـــابه مدار RL سری اگر بجای ولتاژهای VR و V_C و V_S معادل‌هایشان را قرار دهیم و بعد عامل مشترک I را حذف کنیم دیاگرام امپدانس ها به دست می آید. (شکل ۷۰ـ۹)



شکل ۷۰ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس

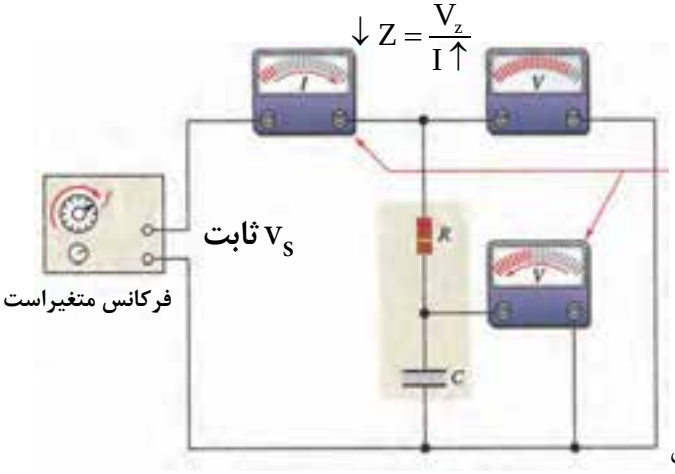
$$Z = \sqrt{R^{۲} + X_C^{۲}}$$

از روی دیاگرام هـای برداری ولتاژها و امپدانس می توان ضرایب قدرت و ضریب کیفیت را به صور زیر نوشت:

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

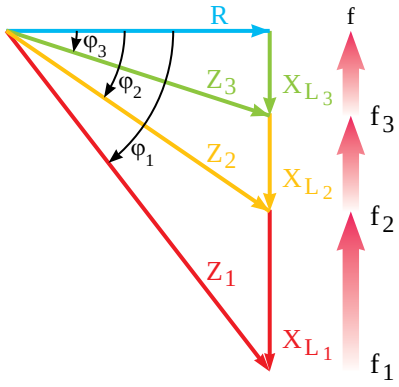
$$\cos\Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$

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



شکل ۹-۷۱

بـا افزایش فرکانس در مدار RC سـری مقدار راکتانس خازنـی کاهـش می یابد. در ایـن حالت افت ولتاژ دو سـر خازن کم می شـود و زاویه اختلاف فـاز آن کاهش می یابد و مدار به سـمت مقاومت اهمی میل می نماید. شکل ۹ـ۷۱ وضعیت مدار و شـکل ۹ـ۷۲ دیاگرام برداری امپدانس را در فرکانس های مختلف نشان می دهد.



شکل ۹ـ۷۲ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف

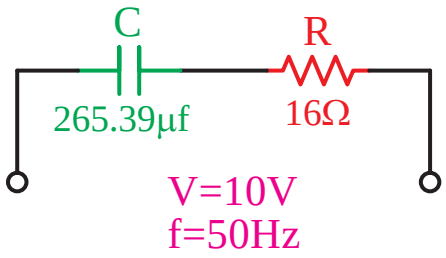
مثال: در مدار شـکل ۹ـ۷۳ از یک مقاومت اهمی و یک خازن تشکیل شده است مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان مدار

ج ـ ولتاژ دو سر هر عنصر

د ـ مقدار $tg\Phi$



شکل ۹-۷۳

حل:

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.c}$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\times۳/۱۴\times۵۰\times۲۶۵/۳۹\times۱۰^{-۶}} = ۱۲\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^۲ + X_C^{\ ۲}} = \sqrt{(۱۶)^۲ + (۱۲)^۲} = ۲۰\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵A$$

$$V_R = R.I = ۱۶\times۵ = ۸۰v$$

$$V_C = X_C.I = ۱۲\times۵ = ۶۰۷$$

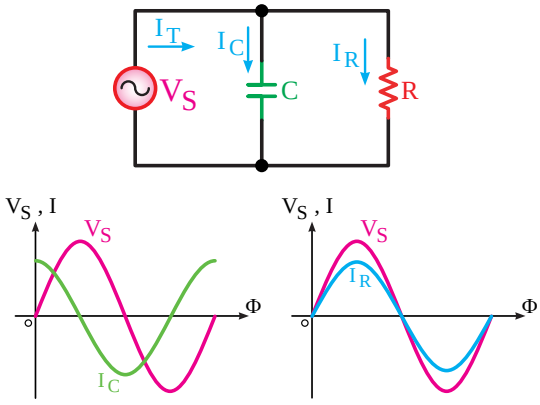
$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۶}{۲۰} = ۰/۸$$

$$tg\Phi = \frac{X_C}{R} = \frac{۱۲}{۱۶} = ./۷۵$$

ت مدار RC موازی:

در این مدارها یک مقاومت و یک خازن به صورت موازی قرار می گیرند. (شکل ۷۴ـ۹)

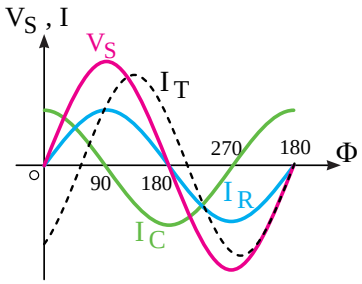
عامل مشترک در این مدارها مانندسایرمدارهای موازی، ولتاژ است در صورتی که جریان کل در بین شاخه ها به نسبت عکس مقدار مقاومت های مدار تقسیم می شود. جریان در شاخه اهمی با ولتاژ هم فاز است و جریان در شاخه خازنی به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر (پیش فاز) است.



شکل ۷۴ـ۹ـ مدار RC موازی

مجموع (برآیند) زوایای اختلاف فاز ایجاد شده در دو شاخه مدار، جریان کل مدار I_T را نسبت به ولتاژ کل SV صفر تا ۹۰ درجه پیش فاز می کند. (شکل ۷۵ـ۹) همانگونه که می دانید مقاومت معادل بین دو شاخه موازی را امپدانس می نامند. مقدار امپدانس از رابطه زیر محاسبه می شود:

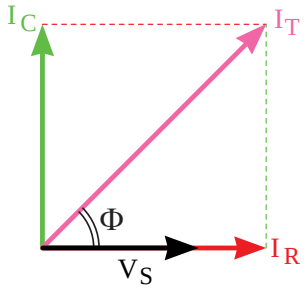
$$Z = \frac{R.X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



شکل ۷۵ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان مدار RC موازی

دیاگرام برداری جریان های مدار مطابق شکل ۷۶ـ۹ رسم می شود و رابطه نهایی جریان کل به صورت زیر است:

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

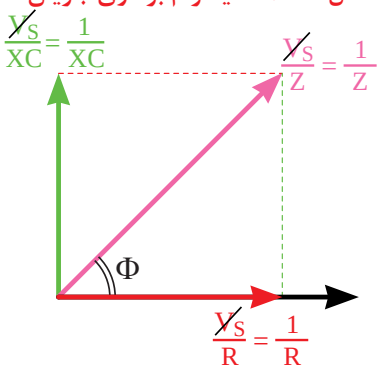


شکل ۷۶ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها

در صورت جایگزینی معادل جریان ها در دیاگرام شکل ۷۶ـ۹ دیاگرام برداری ادمیتانس ها به دست می آید. شکل ۷۷ـ۹ مقدار امپدانس که عکس ادمیتانس است با توجه به بردارهای مدار از رابطه زیر محاسبه می شود.

(طبق رابطه فیثاغورث)

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



شکل ۷۷ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس (ادمیتانس)

پـــس از مخرج مشـــترک گرفتن و ســـاده کـــردن رابطه امپدانس چنین به دست می آید.

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

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

افزایش فرکانـــس در این مدارها باعث می شـــود تا Xc کاهش یابد و جریان شاخه خازنی زیاد شود. در این حالت:

$$\downarrow X_C=\frac{1}{2\pi f.c}\Rightarrow\uparrow I_C=\frac{V_S}{X_C\downarrow}$$

خاصیـــت خازنی مدار بیشـــتر شـــده و در نتیجـــه زاویه اختلاف فاز مدار افزایش می یابد. (شکل ۷۸ـ۹)

مثـــال: خازنی به ظرفیت ۱۰۶۱/۵۷μf با یک مقاومت ۴ اهمـــی به طور موازی به ولتاژ متناوب ۱۲۰ ولتی با فرکانس ۵۰ هرتز اتصال داده شده است. مطلوب است:

الف ـ جریان هر یک از عناصر

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ امپدانس مدار

د ـ ضریب قدرت واته و دواته مدار

حل: با توجه به توضیحات فوق شـــکل مدار را به صورت شکل ۷۹ـ۹ می توان رسم کرد:

$$X_C=\frac{1}{2\pi f.c}=\frac{1}{2\times3/14\times50\times1061/57\times10^{-6}}$$

$$=3\Omega$$

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

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

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

$$Z=\frac{V}{I}=\frac{120}{50}=2/4\Omega$$

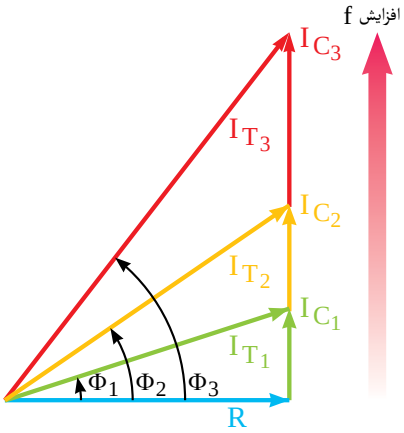
$$\cos\varphi=\frac{Z}{R}=\frac{2/4}{4}=0/6$$

$$\sin\varphi=\frac{Z}{X_C}=\frac{2/4}{3}=0/8$$

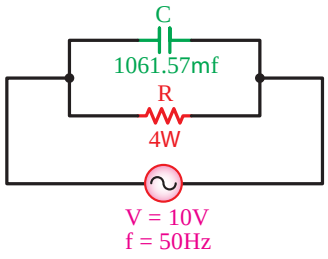
$$\sin\Phi=\frac{I_C}{I_T}=\frac{1/X_C}{1/Z}=\frac{Z}{X_C}$$

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

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



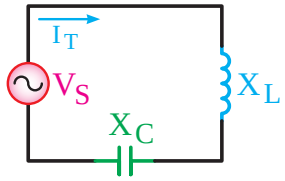
شکل ۷۸ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس در ازای فرکانس های مختلف



شکل ۷۹ـ۹ـ مدار L_C سری

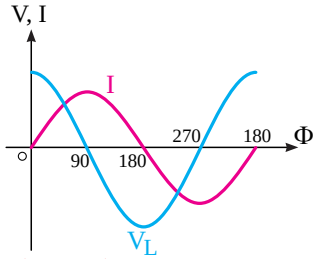
ث مدار LC سری:

در شکل ۹ـ۸۰ 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.



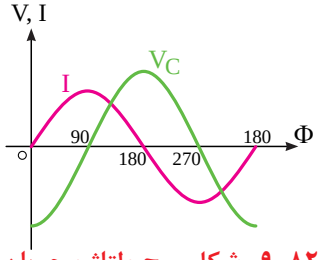
شکل ۹ـ۸۰ـ مدار L_C سری

شکل ۹ـ۸۱ رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در سلف را نشان می دهد.



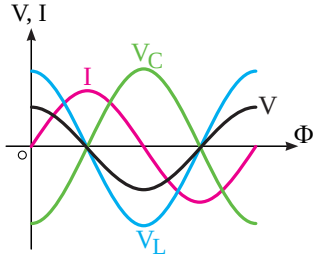
شکل ۹ـ۸۱ـ شکل موج ولتاژ و جریان سلف

در شکل ۹ـ۸۲ رابطه فازی بین ولتاژ و جریان خازن را مشاهده می کنید.



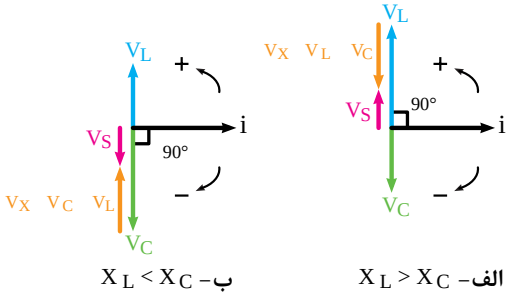
شکل ۹ـ۸۲ـ شکل موج ولتاژ و جریان خازن

رابطه فازی بین ولتاژ و جریان در کل مدار را برای حالتی که $X_L \rangle X_C$ است در شکل ۹ـ۸۳ نشان داده شده است. چون عملکرد خازن و سلف عکس یکدیگر است اثرات یکدیگر را خنثی می کنند. بنابراین در حالتی که $X_L \rangle X_C$ است مدار دارای خاصیت سلفی می شود. در صورتی که $X_C > X_L$ باشد مدار دارای خاصیت خازنی خواهد بود.



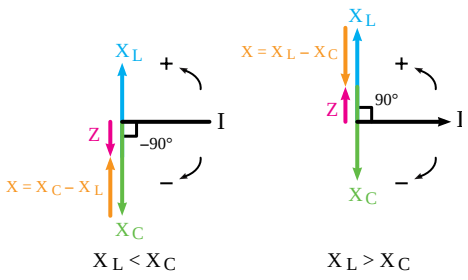
شکل ۹ـ۸۳ـ شکل موج ولتاژ و جریان مدار CL سری در حالت $X_L \rangle X_C$

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 ۹ـ۸۴ دیاگرام های ولتاژ را مشاهده می کنید.



شکل ۹ـ۸۴ـ دیاگرام برداری ولتاژها در حالت های مختلف

در شکل ۸۵ـ۹ دیاگرام برداری امپدانس ها در دو حالت $X_C > X_L$ ترسیم شده است.



شکل ۸۵ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس ها در حالت های مختلف

چون بردارها با هم ۱۸۰ 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.

$$V_S = V_L - V_C \quad X_L > X_C$$
یا
$$V_S = V_C - V_L \quad X_L < X_C$$

در مدارهای LC سری زاویه بین ولتاژ V_S و جریان I برابر با (+۹۰) درجه یا (-۹۰) درجه است. بنابراین در این مدارها ضرایب cos و tg را نمیتوان مطرح کرد زیرا:

ضریب sinφ در این مدارها برابر با (+۱) یا (-۱) 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

$$\uparrow X_L = 2\pi f \uparrow L \qquad \downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f \uparrow c}$$

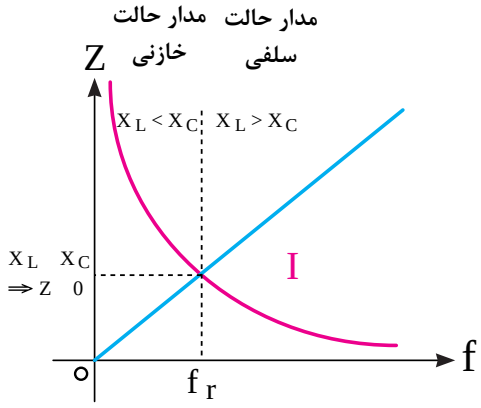
$$Z = X_L - X_C \quad X_L \rangle X_C$$
یا
$$Z = X_C - X_L \quad X_L \langle X_C$$

$$\cos(90) = 0 \qquad \cos(-90) = 0$$
$$tg(90) = \text{نامشخص} \qquad tg(-90) = \text{نامشخص}$$

$$\sin(90) = 1 \qquad \sin(-90) = -1$$

به همین دلیل در مدارهای LC نقطه خاصی وجود دارد که آن را نقطه «رزنانس»[1] 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 ۸۶ـ۹ 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.

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



شکل ۸۶ـ۹ـ منحنی های تغییرات CX و LX به ازای تغییرات فرکانس

1 - Resonance

چـون در حالـت رزنانـس $X_L = X_C$ اسـت. بنابراین جریـان کل مدار در حالت رزنانس خیلی زیاد (بی نهایت∞) می شود.

مثال: جریان مدار شکل ۸۷ـ۹ چند آمپر است؟

حل:

$$X_L = ۲\pi f.L$$

$$X_L = ۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۵۱\times ۱۰^{-۳} = ۱۶\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.c}$$

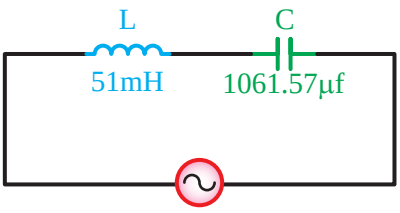
$$X_C = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۱۰۱۶/۵۷\times ۱۰^{-۶}} = ۳\Omega$$

چـون مقـدار X_L بزرگتـر از مقـدار X_C اسـت و مدار خاصیت سـلفی دارد لذا رابطه امپدانس را به صورت زیر به کار می بریم.

$$Z = X_L - X_C$$

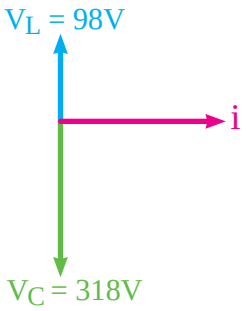
$$Z = ۱۶ - ۳ = ۱۳\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۲۲۰}{۱۳} = ۱۶/۹A$$



شکل ۸۷ـ۹ـ مدار LC سری

مثال: دیاگرام برداری یک مدار LC سـری مطابق شکل ۸۸ـ۹ اسـت در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۳۱۸ اهم باشد مقدار راکتانس سلف و ولتاژ کل مدار چقدر است؟



شکل ۸۸ـ۹ـ دیاگرام برداری ولتاژهای مدار LC سری

حل:

$$V_S = V_C - V_L$$

$$V_S = ۳۱۸ - ۹۸ = ۲۲۰v$$

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

$$I = \frac{۳۱۸}{۳۱۸} = ۱A$$

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

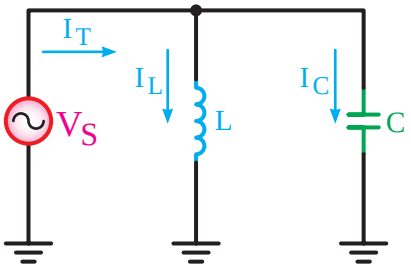
$$X_L = \frac{۹۸}{۱} = ۹۸\Omega$$

$$X_L = ۲\pi f.L \Rightarrow L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۹۸}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰} = ۰/۳۱h$$

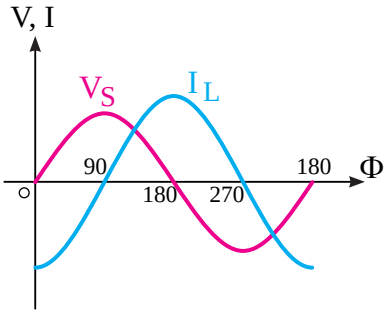
ج مدار LC موازی:

شـکل ۸۹ـ۹ تصویر مدار LC موازی را نشـان می دهد. ولتاژ (V_S) برای هر دو عنصر مدار یکسـان اسـت و جریان کل (I_T) این دو شـاخه به نسبت عکس راکتانس ها تقسیم می شود.

در شـاخه خازنی جریان I_C نسبت به ولتاژ V_S به اندازه ۹۰ درجه جلوتر و در شـاخه سـلفی جریان (I_L) نسبت به ولتاژ (V_S) به اندازه ۹۰ درجه عقبتر.

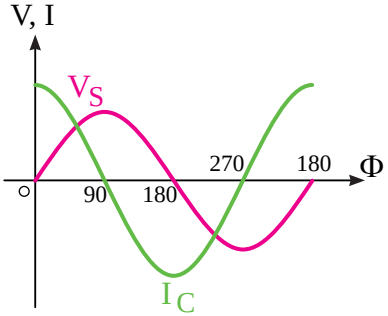


شکل ۸۹ـ۹ـ مدار LC موازی



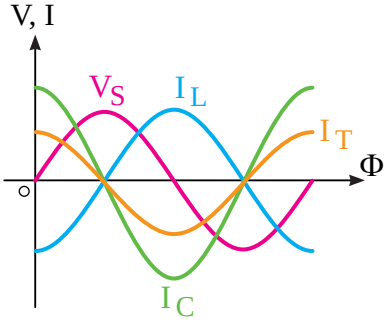
شکل ۹۰ـ۹ـ شکل موج ولتاژ و جریان سلف

شـکل ۹۰ـ۹ رابطه فازی جریان و ولتاژ شـاخه سلفی و شکل ۹۱ـ۹ رابطه فازی جریان و ولتاژ شاخه خازنی را نشان می دهند.



شکل ۹۱ـ۹ـ شکل موج ولتاژ و جریان خازن

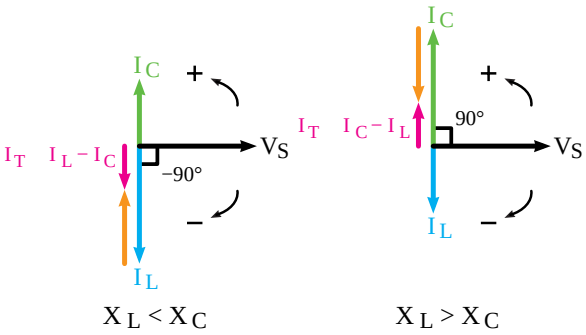
این مـدار می تواند یکـی از دو حالـت $X_C \rangle X_L$ یا $X_L \rangle X_C$ را داشـته باشـد. بنابراین شـکل مربوط به رابطه فـازی ولتـاژ و جریـان را می توان برای هـر دو حالت فوق رسم کرده. در شکل ۹۲ـ۹ فقط حالت $X_L \rangle X_C$ رسم شده است.



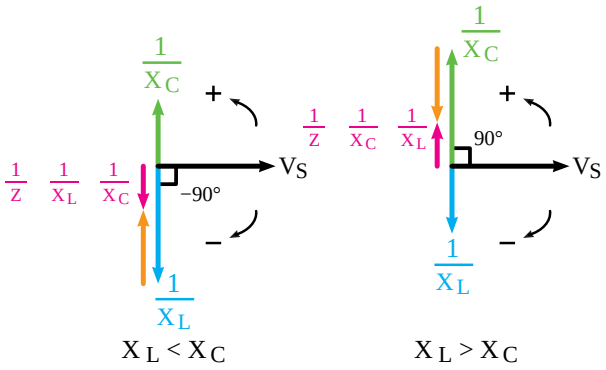
شکل ۹۲ـ۹ـ شکل موجهای ولتاژ و جریان مدار LC موازی در حالت $X_L \rangle X_C$

دیاگـرام برداری جریان های مدار در دو حالت $X_L \rangle X_C$ و $X_C \rangle X_L$ درشکل ۹۳ـ۹ نشان داده شده است.

می توانیم به جای جریان ها از معادل آن ها یعنی: $\frac{V_S}{I_T}$ و $\frac{V_S}{I_L}$ و $\frac{V_S}{I_C}$ استفاده کنیم و دیاگرام برداری ادمیتانس ها (Y) را طبق شکل ۹۴ـ۹ به دست آوریم.



شکل ۹۳ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان I_L در حالت های مختلف



شکل ۹۴ـ۹ـ دیاگرام برداری عکس امپدانس ها (ادمیتانس ها) در حالت های مختلف

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

$$I_T = I_C - I_L \quad X_L \rangle X_C$$
$$I_T = I_L - I_C \quad X_C \rangle X_L$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \quad X_L \rangle X_C$$
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \quad X_C \rangle X_L$$

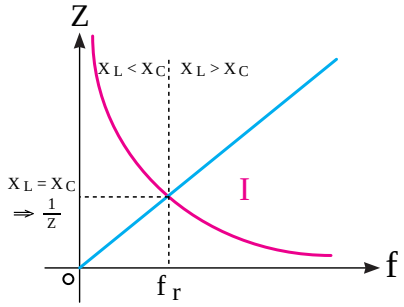
در مدارهای LC موازی ـ مشـابه مدارهای سـری بین ولتاژ و جریان یک اختلاف فاز ۹۰ درجه وجود دارد. ضرایب قدرت به شرح زیر است:

$\cos(90) = 0$ $\quad \cos(-90) = 0$
$\sin(90) = 1$ $\quad \sin(-90) = -1$
$tg(90) =$ نامشخص $\quad tg(-90) =$ نامشخص

متناسب با تغییرات فرکانس، مدار در یکی از حالت های سلفی، خازنی و یا رزنانس منحنی تغییرات امپدانس نسبت به فرکاس در شکل ۹۵ـ۹ ترسیم شده است.

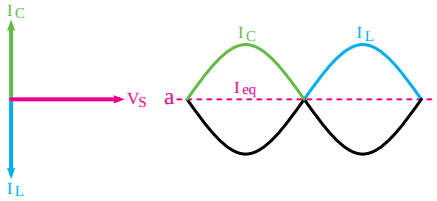
مقـدار فرکانـس رزنانس مـدار از رابطه زیر به دسـت می آید.

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



شکل ۹۵ـ۹ـ منحنی تغییرات X_L و X_C به ازای تغییرات فرکانس

به علت مخالفت سلف با خازن اگر I_C با I_L مساوی باشد جریان کل مدار در حالت رزنانس برابر با صفر است. (شکل ۹۶ـ۹)



شکل ۹۶ـ۹ـ وضعیت بردارها در حالت رزنانس

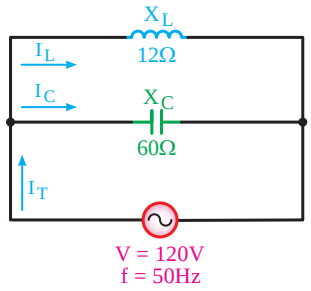
مثال: جریان کل و جریان هر شاخه شکل ۹۷ـ۹ را به دست آورید.

حل:

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۱۲۰}{۱۲} = ۱۰A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲A$$

$$I_T = I_L - I_C = ۱۰ - ۲ = ۸A$$



شکل ۹۷ـ۹ـ مدار LC موازی

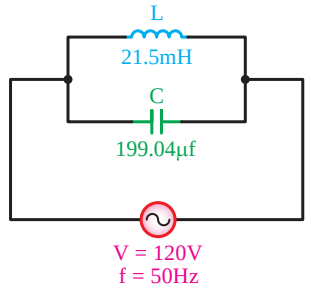
مدار حالت سلفی دارد.

مثال: در مدار شکل ۹۸ـ۹ مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

ب ـ جریان کل مدار

ج ـ فرکانس رزنانس



شکل ۹۸ـ۹

حل:

$$X_L = ۲\pi fL = ۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۲۱/۵\times ۱۰^{-۳} = ۸\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.c} = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۱۹۹/۰۴\times ۱۰^{-۶}} = ۱۶\Omega$$

$$Z = \frac{X_C.X_L}{X_C - X_L} = \frac{۱۶\times ۸}{۱۶-۸} = \frac{۱۲۸}{۸} = ۱۶\Omega$$

$$I = \frac{V_S}{Z} = \frac{۱۰۰}{۱۶} = ۶/۲۵A$$

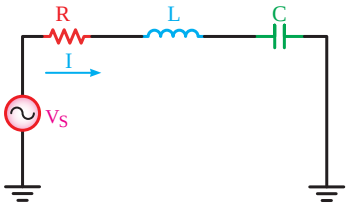
$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times \sqrt{۲۱/۵\times ۱۰^{-۳}\times ۱۹۹/۰۴\times ۱۰^{-۶}}}$$

$$f_r = ۷۶/۹۷H_Z$$

ج مدار RLC سری:

در شکل ۹۹ـ۹ 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.



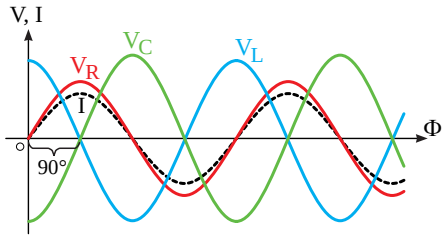
شکل ۹۹ـ۹ـ مدار RLC سری

همانگونه که در شـــکل ۱۰۰ـ۹ مشاهده می شود روابط فازی بین ولتاژها و جریان کل مدار به شرح زیر است:

۱ـ V_L نسبت به I ، ۹۰ درجه پیش فاز می شود.

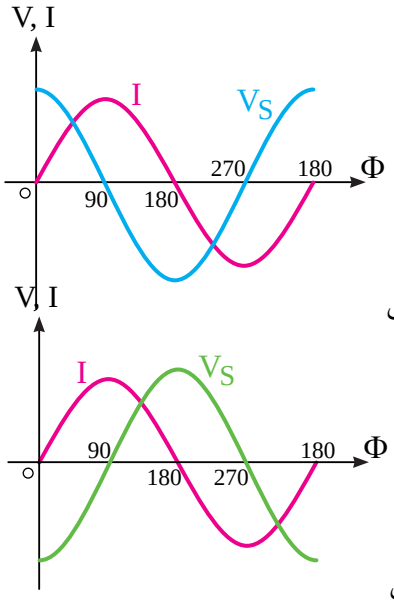
۲ـ V_C ۹۰ درجه نسبت به I پس فاز است.

۳ـ V_R با جریان I هم فاز است.



شکل ۱۰۰ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان عناصر مدار RLC سری

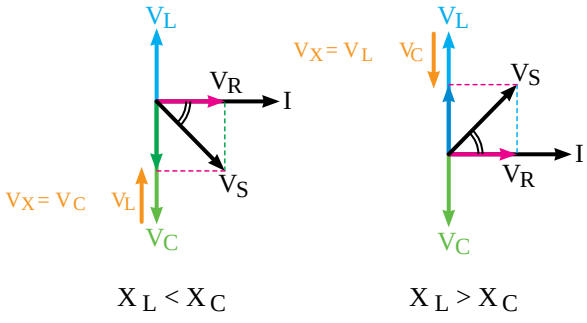
با توجه به روابط فازی اشاره شده می توان نتیجه گرفت بیـــن ولتاژ و جریان کل مدار با توجـــه به مقادیر مقاومت ها می توانـــد یک زاویه اختلاف فاز در محـــدوده ۹۰- درجه تا ۹۰+ درجـــه به وجـــود آید. در ازاء افزایش راکتانس ســـلفی مدار (X_L) مدار حالت سلفی پیدا می کند و اختلاف فاز به ۹۰+ درجه نزدیک می شـــود (شکل ۱۰۱ـ۹ـ 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 ۹۰- درجه نزدیک می شود. (شکل ۱۰۱ـ۹ـ ب)



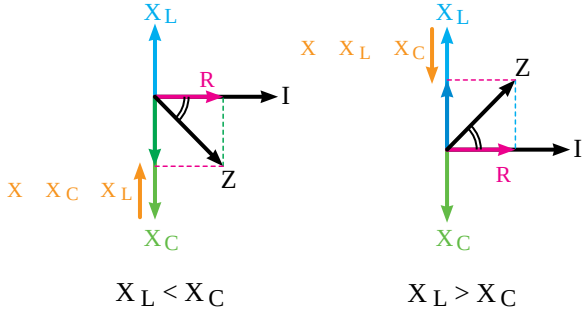
شکل ۱۰۱ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در حالت های سلفی و خازنی

دیاگـــرام بـــرداری ولتاژهـــا را در دو حالـــت $X_L \rangle X_C$ ، $X_C \rangle X_L$ می توان رسم کرد.

شـــکل ۱۰۲ـ۹ دیاگرام برداری ولتاژها و شـــکل ۱۰۳ـ۹ دیاگرام برداری امپدانس ها را نشان می دهد.



شکل ۱۰۲ـ۹ـ دیاگرام برداری ولتاژها در حالت های مختلف



شکل ۱۰۳ـ۹ـ دیاگرام برداری امپدانس ها در حالت های مختلف

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 ۱۰۴ـ۹ مشاهده می کنید.

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

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

ضریب قدرت و ضریب کیفیت در مدارهای RLC براساس روابط زیر قابل محاسبه است.

$$\cos\Phi = \frac{V_R}{V_S} = \frac{R}{Z}$$
$$\sin\Phi = \frac{V_X}{V_S} = \frac{X^{(1)}}{Z}$$
$$tg\Phi = \frac{V_X}{V_R} = \frac{X}{R}$$

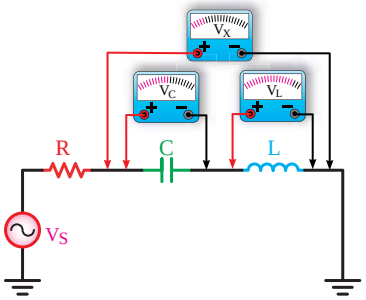
در این مدارها افزایش فرکانس روی X_L و X_C مؤثر است به طوری که سبب افزایش X_L و کاهش X_C می شود. زیرا:

$$\uparrow X_L = 2\pi f \uparrow .L \qquad \downarrow X_C = \frac{1}{2\pi f \uparrow .c}$$

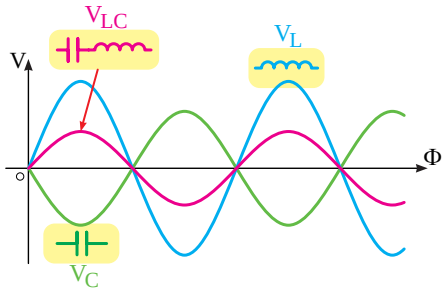
در مدارهای RCL به ازای تغییر فرکانس نقطه ای به وجود می آید که در آن نقطه مقدار X_L با X_C برابر می شود.

این حالت را در اصطلاح «رزنانس یا تشدید» می نامند. فرکانس آن را با (fr) نمایش می دهند. (شکل ۱۰۵ـ۹)

شکل ۱۰۵ـ۹ منحنی تغییرات X_L و X_C را نسبت به تغییر فرکانس نشان می دهد. با توجه به این که در

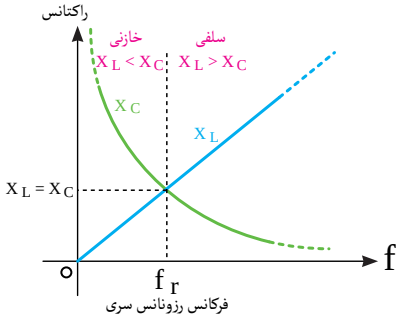


الف-وضعیت مداری عناصر



ب)شکل موج دو سر عناصر

شکل ۱۰۴ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ، سلف، خازن و ترکیب آن ها به همراه وضعیت مداری



شکل ۱۰۵ـ۹ـ منحنی تغییرات X_C و X_L به ازای تغییرات فرکانس

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

لحظه رزنانس خاصیت های سلفی و خازنی یکدیگر را خنثی می کنند امپدانس مدار برابر با $Z = R$ خواهد شد.

فرکانس رزنانس مدار را به صورت زیر می توان محاسبه کرد.

در حالت رزنانس $X_L = X_C$

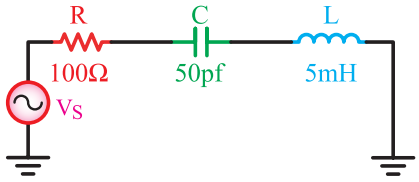
$$۲\pi f_r L = \frac{۱}{۲\pi fr.C}$$

$$f_r^{۲} = \frac{۱}{۴\pi^{۲} LC}$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

مثال: فرکانس رزنانس مدار شکل ۱۰۶ـ۹ چقدر است؟

حل: با استفاده از رابطه fr داریم:



شکل ۱۰۶ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}} = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times\sqrt{(۵mh)(۵۰pf)}}$$

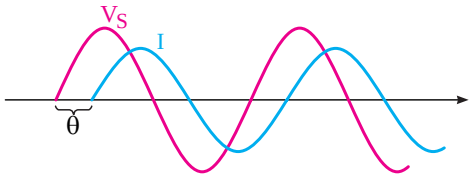
$$f_r = \frac{۱}{۶/۲۸\sqrt{۵\times۱۰^{-۳}\times۵۰\times۱۰^{-۱۲}}}$$

$$= \frac{۱}{۶/۲۸\sqrt{۲۵\times۱۰^{-۱۴}}}$$

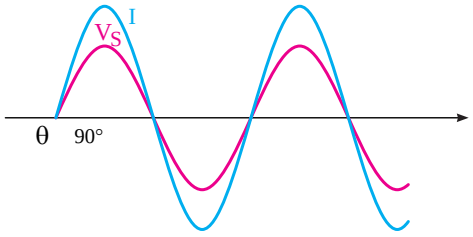
$$f_r = \frac{۱}{۶/۲۸\times۵\times۱۰^{-۷}} = \frac{۱۰^{۷}}{۳/۱۴} = ۳۱۸۰۰۰Hz$$

$$= ۳۱۸kHz$$

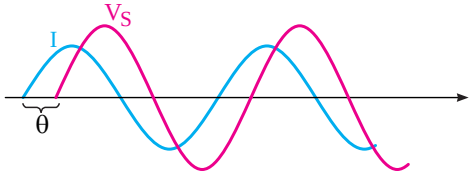
از مجموعــه مطالب فوق می توان نتیجــه گرفت که در فرکانس های کمتر از فرکانس رزنانس X_C زیاد است و مدار حالت خازنی دارد به عبارت دیگر جریان مدار (I) نسبت به ولتاژ کل (V_S) به اندازه θ درجه جلوتر اســت. در شرایطی که فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزنانس باشد مقدار (X_L) زیادتر می شود و جریان I اندازه θ درجه از ولتاژ (V_S) عقب می ماند. بنابراین در حالت رزنانس مدار فقط خاصیت اهمی دارد و ولتاژ (V_S) با جریان I هم فاز است. در شکل ۱۰۷ـ۹ این مطلب نشان داده شده است.



الف ـ بالاتر از f_r، I عقب‌تر از V_S



ب ـ برابر f_r، I هم فاز V_S



ج ـ زیر f_r ، Iجلوتر از V_S

شکل ۱۰۷ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

مثـال: بـا در نظر گرفتـن مدار شـکل ۱۰۸ـ۹ مطلوب است:

الف ـ امپدانس مدار

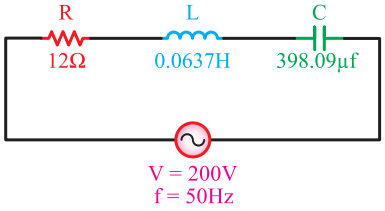
ب ـ جریان مدار

ج ـ ولتاژ دو سر عناصر مدار

د-ضریب قدرت و اته و دو اته

هـ ـ ضریب کیفیت مدار

و ـ فرکانس رزنانس



شکل ۱۰۸-۹

حل:

$$X_L = ۲\pi f.L = ۲\times ۳/۱۴\times ./۰۶۳۷\times ۵۰ = ۲۰\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.C} = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۳۹۸/۰۹\times ۱۰^{-۶}}$$

$$= ۸\Omega$$

چون $X_L \rangle X_C$ اسـت پس مدار خاصیت سلفی دارد و در نتیجه:

$$Z = \sqrt{R^۲ + (X_L - X_C)^۲} = \sqrt{(۱۲)^۲ + (۲۰-۸)}$$

$$= ۲۰\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۲۰۰}{۲۰} = ۱۰A$$

$$V_R = R.I = ۱۲\times ۱۰ = ۱۲۰v$$

$$V_L = X_L.I = ۲۰\times ۱۰ = ۲۰۰v$$

$$V_C = X_C.I = ۸\times ۱۰ = ۸۰v$$

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۲}{۲۰} = ./۶$$

$$\sin\Phi = \frac{X}{Z} = \frac{۲۰-۸}{۲۰} = ./۸$$

$$Q = tg\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{۲۰-۸}{۱۲} = ۱$$

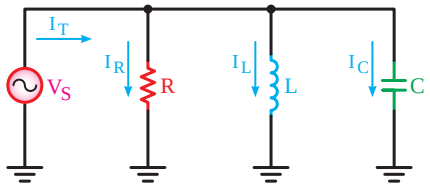
$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times \sqrt{./۰۶۳۷\times ۳۹۸/۰۹\times ۱۰^{-۶}}}$$

$$= ۳۱/۶۲Hz$$

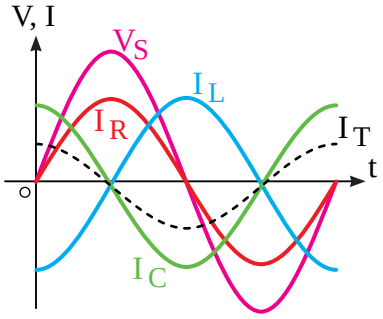
ح مدار RLC موازی:

هرگاه سه عنصر مقاومت، سلف و خازن طبق شکل ۹ـ۱۰۹ 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.



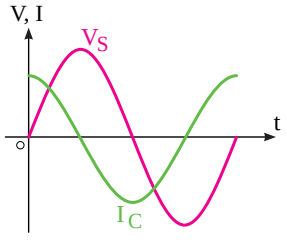
شکل ۹ـ۱۰۹ـ مدار RLCموازی

روابط فازی بین ولتاژ و جریانها به صورت شکل ۹ـ۱۱۰ است. در این مدار جریان I_C به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ V_S جلوتر، جریان I_L به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ V_Sعقب‌تر و جریان I_R با ولتاژ V_S هم فاز است.



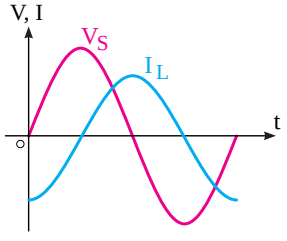
شکل ۹ـ۱۱۰ـ شکل موج های ولتاژ و جریان در مدار ۸ موازی

چون جریان شاخه خازنی ۹۰ درجه جلوتر و جریان شاخه سلفی ۹۰ درجه عقبتر از ولتاژ است لذا جریان های سلفی و خازنی با یکدیگر به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند، بنابراین دو جریان در دو جهت برآیند بین این دو (I_X) از تفاصل آن ها به دست می آید. شکل ۹ـ۱۱۱ و شکل ۹ـ۱۱۲ شکل موج های جریان های I_C و I_L را نسبت به ولتاژ نشان می دهد.



شکل ۹ـ۱۱۱ـ شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه I و V خازنی

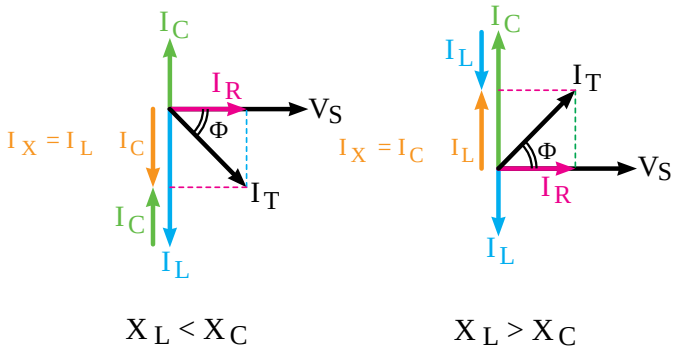
در مدارهای رزنانس با اضافه شدن X_L جریان شاخه سلفی کم می شود و مدار خاصیت خازنی بیشتری پیدا می کند در این حالت زاویه اختلاف فاز بین I_T و V_S در محدوده صفر و ۹۰ درجه در حالت خازنی قرار می‌گیرد. در صورتی که X_C افزایش یابد شرایط عکس اتفاق می افتد و مدار سلفی می شود.



شکل ۹ـ۱۱۲ـ شکل موج ولتاژ و جریان در شاخه سلفی

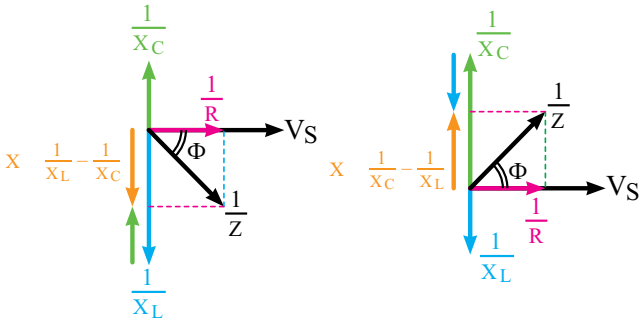
دیاگرام های برداری جریان ها و امپدانس برای دو حالت $X_L \rangle X_C$ و $X_C \rangle X_L$ قابل ترسیم است.

شـــکل ۱۱۳ـ۹ دیاگرام جریان ها را در دو حالت و شکل ۱۱۴ـ۹ دیاگـــرام عکـــس امپدانس ها را در دو حالت نشـــان می دهد.



$X_L < X_C$ $X_L > X_C$

شکل ۱۱۳ـ۹ـ دیاگرام برداری جریان ها در حالت های مختلف



$X_L < X_C$ $X_L > X_C$

شکل ۱۱۴ـ۹ـ دیاگرام برداری عکس امپدانس (ادمیتانس) در حالت های مختلف

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

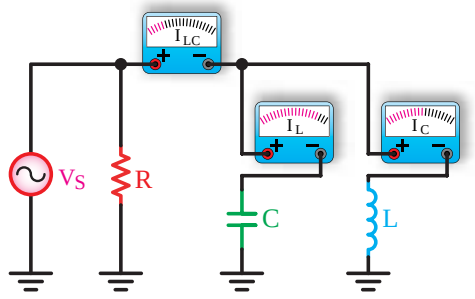
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} \qquad X_C \rangle X_L$$

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

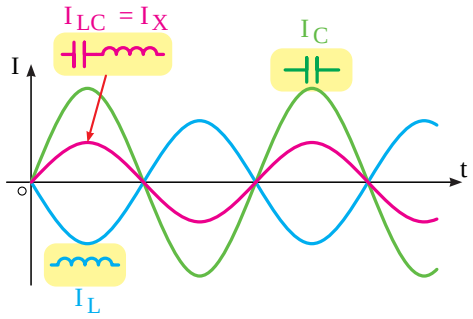
بـــرای محاســـبه امپدانس بایـــد ابتدا راکتانـــس معادل بین ســـلف و خازن مدار را مانند یک مـــدار موازی از رابطه $X = \left|\frac{X_L . X_C}{X_L - X_C}\right|$ [1] به دســـت آورد و ســـپس Z را از روابط زیر به دست آورد. (شکل ۱۱۵ـ۹)

$$Z = \frac{R.X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad X_C \rangle X_L$$

$$Z = \frac{R.X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad X_L \rangle X_C$$



الف ـ وضعیت مداری عناصر



ب ـ شکل موج دو سر عناصر

شکل ۱۱۵ـ۹ـ شکل موج های جریان سلف ، خازن و ترکیب آن ها به همراه وضعیت مداری

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

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

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

$$\sin\Phi = \frac{I_X}{I_T} = \frac{\frac{1}{X}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{X}$$

$$tg\Phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{\frac{1}{X}}{\frac{1}{R}} = \frac{R}{X}$$

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

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

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

در لحظه رزنانس امپدانس مدار برابر خواهد شد با:

$$X_L = X_C \Rightarrow \boxed{Z = R}$$

در حالت تشدید حداقل جریان از مدار عبور می کند.

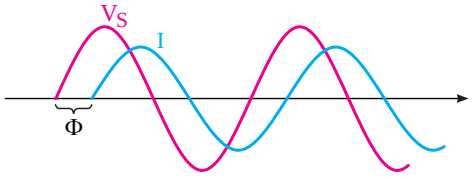
$$I_T = \frac{V_S}{Z} \Rightarrow \boxed{I = \frac{V_S}{R}}$$

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

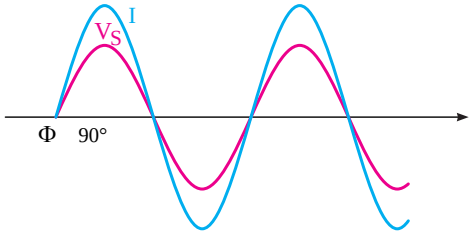
۱ـ به ازای فرکانس های کمتر از فرکانس رزنانس مدار سلفی‌تر می شود.

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

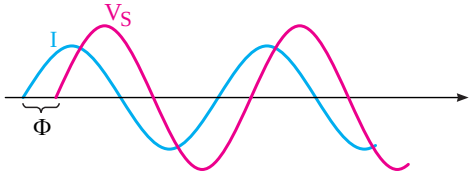
۳ـ در شرایط رزنانس مدار اهمی خالص است. شکل ۹ـ۱۱۶ منحنی های ولتاژ و جریان را در سه حالت نشان می دهد.



الف ـ پایین‌تر از f_r، I عقب‌تر V_S (پس فاز)



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



ج ـ بالاتر از فرکانس f_r، Iجلوتر از V_S (پیش فاز)

شکل ۱۱۶ـ۹ـ شکل موج های ولتاژ و جریان کل مدار در شرایط مختلف

تذکر مهم:

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

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

مثال: در مدار شکل ۱۱۷ـ۹ مطلوب است:

الف ـ جریان I_R

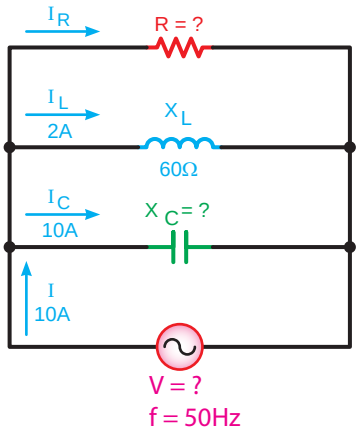
ب ـ ولتاژ مدار

ج ـ امپدانس

د ـ مقدار R ، X_C

هـ ـ ضریب کیفیت

و ـ فرکانس رزنانس مدار



شکل ۱۱۷-۹

حل: برای محاسبه مقادیر مجهول مطابق روابط مقابل می توان عمل کرد:

$$I_T = \sqrt{I_R^{۲} + (I_C - I_L)^{۲}}$$

$$I_R = \sqrt{I_T^{۲} - (I_C - I_L)^{۲}} = \sqrt{(۱۰)^{۲} - (۱۰-۲)^{۲}}$$

$$I_R = ۶A$$

$$V = X_L . I_L = ۶۰ \times ۲ = ۱۲۰v$$

$$R = \frac{V}{I_R} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲\Omega$$

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{۱۲۰}{۱۰} = ۱۲\Omega$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{۱۲۰}{۱۰} = ۱۲\Omega$$

$$Q = tg\Phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{۱۰-۲}{۶} = \frac{۸}{۶} = ۱/۳$$

$$L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۶۰}{۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰} = ./۱۹\Omega$$

$$C = \frac{۱}{۲\pi f . xc} = \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times ۵۰ \times ۱۲}$$

$$= ۲/۵۶ \times ۱۰^{-۴} f$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

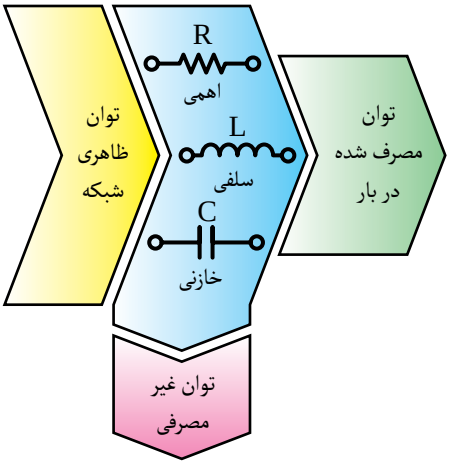
$$= \frac{۱}{۲ \times ۳/۱۴ \times \sqrt{./۱۹ \times ۲/۶۵ \times ۱۰^{-۴}}}$$

$$f_r = ۲۲/۴H_z$$

۸ـ۹ـ انواع توان در جریان متناوب تکفاز

در مدارهـای جریان متناوب از عناصر اهمی ـ سـلفی و خازنی به صورت مستقل و یا ترکیبی استفاده می شود. این عناصر انرژی الکتریکی دریافتی از شـبکه را به صورت های گوناگون ظاهر می کنند.

گروهی از عناصر توان الکتریکی را مورد مصرف قرار داده و گروهی دیگر بـه صورت انرژی ذخیره می کنند. به همین خاطر در شـبکه های متناوب سـه نوع توان خواهیم داشت. (شکل ۱۱۸ـ۹)



شکل ۱۱۸ـ۹ـ بلوک دیاگرام توان ها در جریان متناوب

۱- توان «ظاهری» (S):

طبـق تعریف به حاصلضرب ولتـاژ و جریان مؤثر توان ظاهـری گفته می شـود و به صورت زیر می توان به دسـت آورد.

$$S = V_e.I_e$$

واحد توان ظاهری «ولت آمپر (V.A)» است.

شکل ۱۱۹ـ۹ـ بار اهمی خالص که توان حقیقی مصرف می کند.

۲ـ توان حقیقی ـ مفید ـ اکتیو[1] (P):

توانی که از طرف بار الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته و کار مؤثـر انجـام می دهد را توان حقیقـی (اکتیو ـ مفید) می گویند. این توان مربوط به مصرف کننده های اهمی (R) بوده (شکل ۱۱۹ـ۹) و از روابط زیر محاسبه می شود.

$$P = V_e.I_e.\cos\Phi$$
$$P = R.I_e^{2}$$
$$P = \frac{V_e^{2}}{R}$$

واحد توان حقیقی بر حسب (وات W) است.

1- Active

۳ـ توان «غیرحقیقی ـ غیرمفید ـ راکتیو[1]»:

مقـدار توانی کـه در مقاومت های سـلفی و خازنی ظاهر می شـود ولـی نمی تواند به کار مفید تبدیـل گردد را توان غیرحقیقی (غیرمفید ـ راکتیو) مینامند. (شکل ۱۲۰ـ۹)

ایـن توان به صورت تناوبی بین مصرف کننده و شـبکه رفت و برگشت می شود.

توان غیرمفید را بر حسـب «وار ـ (VAR)» محاسـبه می کنند. در محاسبات مربوط به توان راکتیو معمولاً بارهای سلفی را با علامت مثبت و بارهای خازنی را با علامت منفی در روابط نشان می دهند.

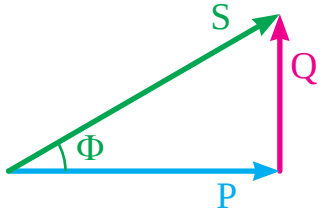
شکل ۱۲۰-۹

$$Q = \pm\left(V_e.I_e.\sin\Phi\right)$$
$$Q = \pm\left(X.I_e^{۲}\right)$$
$$Q = \pm\left(\frac{V_e^{۲}}{X}\right)$$

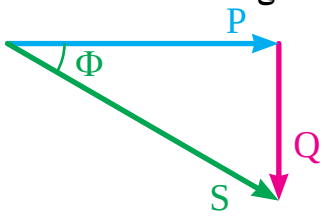
در روابط فوق X معرف راکتانس معادل X_L و X_C مدار است.

توضیح

حاصـل جمـع توان هـای داده شده و گرفته شده (توان ظاهری) بـه صورت بـرداری اسـت و از رابطه $S = \sqrt{P^{۲} + Q^{۲}}$ محاسـبه می شود. (شکل ۱۲۱ـ۹)



الف ـ در حالت سلفی



ب ـ در حالت خازنی

شکل ۱۲۱ـ۹ـ دیاگرام برداری مثلث توان ها در حالت های مختلف

1 - Reactive

مثال: در شکل ۱۲۲ـ۹ مطلوب است:

الف ـ توان های ظاهری، اکتیو و راکتیو مدار

ب ـ ضریب قدرت دواته

حل:

ابتدا امپدانس را به دست می آوریم تا بتوان براساس آن توان ها و ضریب کیفیت را محاسبه کرد.

$$Z=\sqrt{R^{۲}+(X_L-X_C)^{۲}}=\sqrt{(۴۰)^{۲}=(۸۰-۵۰)^{۲}}$$

$$Z=۵۰\Omega$$

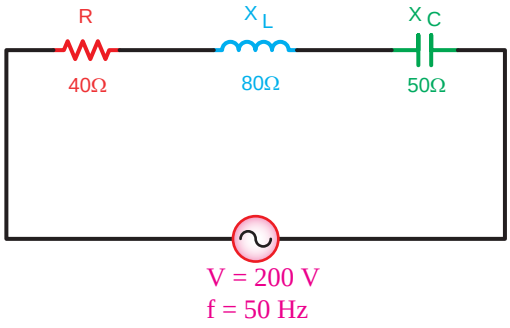
$$I=\frac{V}{Z}=\frac{۲۰۰}{۵۰}=۴A$$

$$S=Z.I^{۲}=۵۰\times(۴)^{۲}=۸۰۰VA$$

$$P=R.I^{۲}=۴۰\times(۴)^{۲}=۶۴۰w$$

$$Q=X.I^{۲}=(۸۰-۵۰)\times(۴)^{۲}=۴۸۰VAR$$

$$\sin\varphi=\frac{X}{Z}=\frac{۸۰-۵۰}{۵۰}=\frac{۳۰}{۵۰}=۰/۶$$



شکل ۱۲۲ـ۹ـ مدار RLC سری

مثال:

در مدار شکل ۱۲۳ـ۹ مطلوب است:

الف ـ ضریب قدرت واته مدار

ب ـ توان ظاهری مدار

ج ـ توان اکتیو و راکتیو مدار

حل:

$$V=I_R.R=۱۲\times۲۰=۲۴۰V$$

$$I_L=\frac{V}{X_L}=\frac{۲۴۰}{۱۲}=۲۰A$$

$$I_L=\sqrt{I_R{}^{۲}+(I_L-I_C)^{۲}}$$

$$I_T=\sqrt{(۱۲)^{۲}+(۲۰-۴)^{۲}}\Rightarrow I_T=۲۰A$$

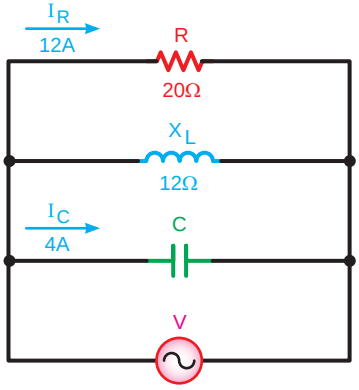
$$\cos\Phi=\frac{I_R}{I_T}=\frac{۱۲}{۲۰}=./۶$$

$$\sin\Phi=\frac{I_X}{I_T}=\frac{۲۰-۴}{۲۰}=\frac{۱۶}{۲۰}=./۸$$

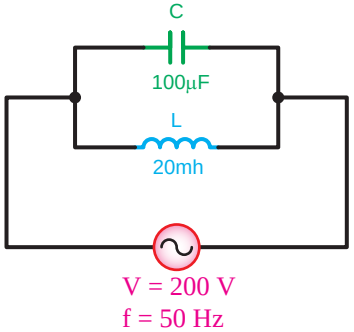
$$S=V_e.I_e=۲۴۰\times۲۰=۴۸۰۰V.A$$

$$P=V_e.I_e.\cos\Phi=۴۸۰۰\times./۶=۲۸۸۰W$$

$$Q=V_e.I_e.\sin\Phi=۴۸۰۰\times./۸=۳۸۴۰VAR$$



شکل ۱۲۳ـ۹ـ مدار RLC موازی



شکل ۱۲۴ـ۹

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 ۱۲۴ـ۹ به صورت موازی به ولتاژ مؤثر ۱۰۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز متصل شده اند، مطلوب است:

الف ـ جریان مدار

ب ـ 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.

$$X_L = ۲\pi f.L$$

$$X_L = ۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۲۰\times ۱۰^{-۳} = ۶/۲۸\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi f.C}$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰\times ۱۰۰\times ۱۰^{-۶}} = ۳۱/۸\Omega$$

$$\frac{۱}{Z} = \frac{۱}{X_L} - \frac{۱}{X_C} = \frac{X_C - X_L}{X_L.X_C}$$

$$Z = \frac{X_C.X_L}{X_C - X_L} = \frac{۳۱/۸\times ۶/۲۸}{۳۱/۸ - ۶/۲۸} = ۷/۸۲\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{۱۰۰}{۷/۸۲} = ۱۲/۷۸A$$

$$P = ۰$$

$$Q = S = V_e.I_e = ۱۰۰\times ۱۲/۷۸ = ۱۲۷۸VA$$

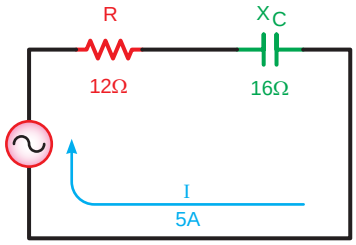
مثال: در مدار شکل ۱۲۵ـ۹ مطلوب است:

الف ـ ولتاژ کل مدار

ب ـ ضرایب واته و دواته مدار

ج ـ توان اکتیو و راکتیو و ظاهری

حل: براساس روابط مدارهای RC سری مقادیر خواسته شده به صورت مقابل به دست می آید.



شکل ۱۲۵-۹

$$Z = \sqrt{R^۲ + X^۲_C}$$

$$Z = \sqrt{(۱۲)^۲ + (۱۶)^۲} = ۲۰\Omega$$

$$V = I.Z$$

$$V = ۵\times ۲۰ = ۱۰۰V$$

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{۱۲}{۲۰} = ./۶$$

$$\sin\Phi = \frac{X_C}{Z} = \frac{۱۶}{۲۰} = ./۸$$

$$S = V.I = ۱۰۰\times ۵ = ۵۰۰V.A$$

$$P = S.\cos\Phi = ۵۰۰\times ./۶ = ۳۰۰W$$

$$Q = S.\sin\Phi = ۵۰۰\times ./۸ = ۴۰۰VAR$$

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۱۰)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی سری د رجریان

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ سیکنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ـ مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ـ LC متر	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ خازن‌ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = ۰/۱\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = ۰/۴۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

توجه

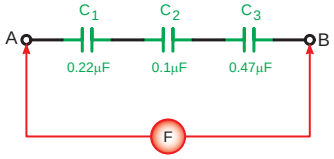
برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت‌متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۹ـ۱۲۶ روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل مدار در نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf

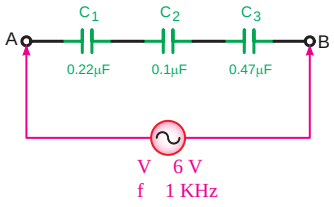
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۲۶

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل ۹ـ۱۲۷ به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.



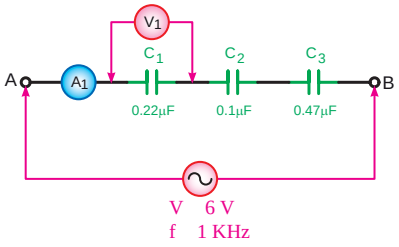
شکل ۹-۱۲۷

۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دوسر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹ـ۱۲۸)

$V_{C_1}=$ ☐ V

$I_{C_1}=$ ☐ mA

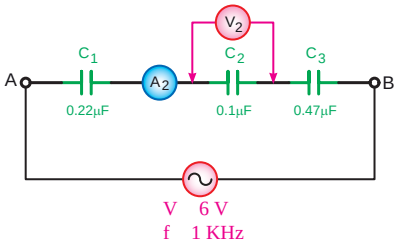
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۲۸

۴ـ بـه طور جداگانـه جریان و ولتاژ دو سـر خازن های $C_۲$ و $C_۳$ را طبق شکل های ۱۲۹ـ۹ و ۱۳۰ـ۹ اندازه گیری کنید.



شکل ۱۲۹ـ۹

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

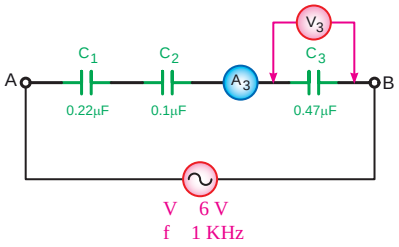
$I_{C_۳}$ = ☐ mA

۵ـ آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مسـاوی را نشـان می دهند؟ چرا؟

۶ـ مقـدار جریان و ولتـاژ هر خازن را بـا کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ و $V_{C_۱} = X_{C_۱}.I_T$،

$V_{C_۲} = X_{C_۲}.I_T$ ، $V_{C_۳} = X_{C_۳}.I_T$ محاسبه کنید.



شکل ۱۳۰ـ۹

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

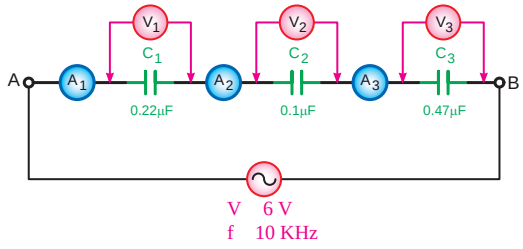
$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

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



شکل ۱۳۱ـ۹

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

۸ـ آیا مقادیر اندازه گیری شـده ولتاژ و جریان خازن ها در فرکانس ۱kHz با فرکانس ۱۰kHz مسـاوی هستند؟ چرا؟

۹ـ مقادیـر جریـان و ولتاژ هر خـازن را با کمک روابط:

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

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

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

۱۰ـ از مقادیر محاسـبه شـده و اندازه گیری شده برای ولتـاژ و جریان هر خازن طی مراحـل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μf را مطابق شکل ۹ـ۱۳۲ به صورت سری به مدار اضافه کنید.

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹ـ۱۳۲ به مدار اتصال دهید.

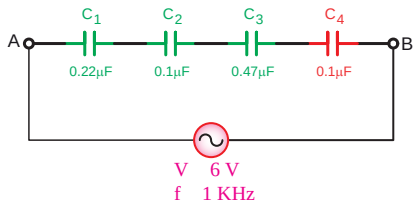
۱۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل ۹ـ۱۳۳ ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

V_{C_1} = ☐ V

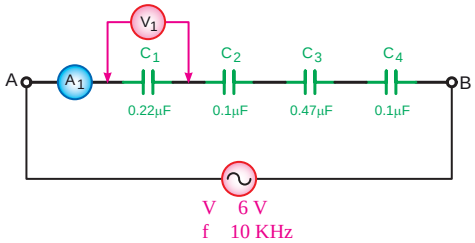
I_{C_1} = ☐ mA

پاسخ سؤال

۱۰-

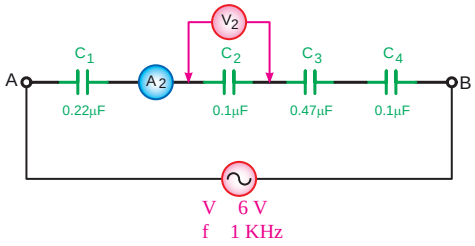


شکل ۹ـ۱۳۲

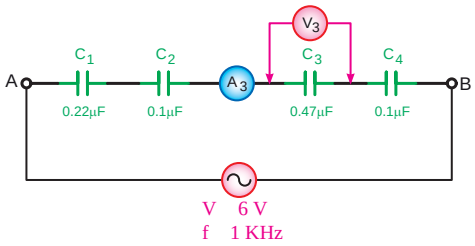


شکل ۹ـ۱۳۳

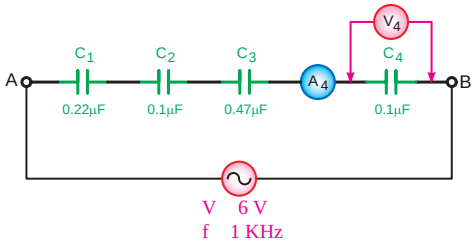
۱۴ـ با تغییر دادن محـل قرار گرفتن مولتی متر جریان عبوری و ولتاژ دو سـر خازن هـای $C_۲$ و $C_۳$ و $C_۴$ را مطابق شکل های ۱۳۴ـ۹ و ۱۳۵ـ۹ و ۱۳۶ـ۹ اندازه گیری کنید.



شکل ۱۳۴-۹



شکل ۱۳۵-۹



شکل ۱۳۶-۹

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$V_{C_۴}$ = ☐ V

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

$I_{C_۴}$ = ☐ mA

۱۵ـ مقـدار جریان و ولتاژ هر خـازن را با کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ و $V_{C_۱} = X_{C_۱}.I_T$،

$V_{C_۲} = X_{C_۲}.I_T$ ، $V_{C_۳} = X_{C_۳}.I_T$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V

$V_{C_۲}$ = ☐ V

$V_{C_۳}$ = ☐ V

$V_{C_۴}$ = ☐ V

$I_{C_۱}$ = ☐ mA

$I_{C_۲}$ = ☐ mA

$I_{C_۳}$ = ☐ mA

$I_{C_۴}$ = ☐ mA

۱۶ـ از مقادیر محاسـبه شـده و اندازه گیری شده برای ولتـاژ جریـان هر خازن طـی مراحـل ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ سؤال

۱۶-

۱۷ـ 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 $X_{C_T} = \frac{V}{I}$ ، $I_T = \frac{V_T}{X_{C_T}}$ محاسبه کنید.

$X_{C_1} =$ ☐ V $C_1 =$ ☐ μf

$X_{C_2} =$ ☐ V $C_2 =$ ☐ μf

$X_{C_3} =$ ☐ V $C_3 =$ ☐ μf

$X_{C_4} =$ ☐ V $C_4 =$ ☐ μf

۱۸ـ 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.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2 =$ ☐

$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2 =$ ☐

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2 =$ ☐

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2 =$ ☐

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

پاسخ سؤال

-۱۹

عملیات کارگاهی
(کار عملی ۱۱)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای خازنی موازی د رجریان متناوب

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ـ مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ـ LC متر	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ خازن‌ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = ۰/۱\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = ۰/۴۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

توجه

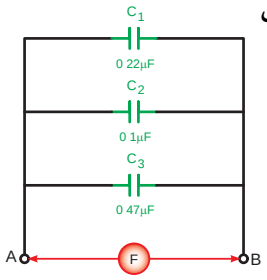
برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتر دیجیتالی یکبار به صورت ولت‌متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ سه خازن C_1 و C_2 و C_3 را مطابق شکل ۹ـ۱۳۷ روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از دستگاه LC متر ظرفیت خازن معادل در نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$C_{AB}=$ ☐ μf

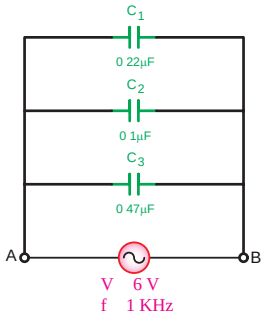
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۳۷

۲ـ سیگنال ژنراتور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسی با فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و طبق شکل ۹ـ۱۳۸ به دو نقطه A و B مدار وصل کنید.



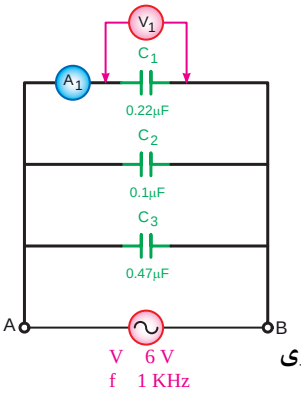
شکل ۹ـ۱۳۸

۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹ـ۱۳۹)

$V_{C_1}=$ ☐ V

$I_{C_1}=$ ☐ mA

الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۳۹

۴ـ بـه طور جداگانـه جریان و ولتاژ دو سـر خازن های $C_۲$ و $C_۳$ را طبـق شـکل های ۹ـ۱۴۰، ۹ـ۱۴۱ و ۹ـ۱۴۲ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۲} =$ ☐ V

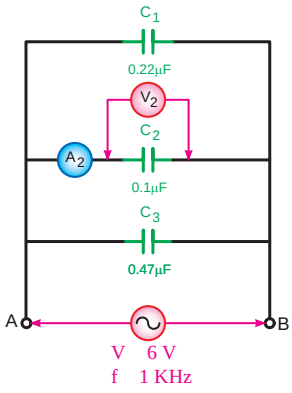
$V_{C_۳} =$ ☐ V

$V_T =$ ☐ V

$I_{C_۲} =$ ☐ mA

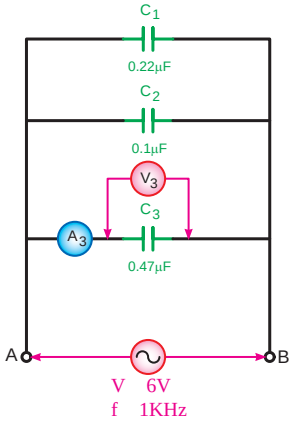
$I_{C_۳} =$ ☐ mA

$I_T =$ ☐ mA



شکل ۹ـ۱۴۰

۵ـ آیا آمپرمترها و ولت مترها مقادیر مسـاوی را نشـان می دهند؟ چرا؟



شکل ۹ـ۱۴۱

۶ـ مقـدار جریان و ولتـاژ هر خازن را بـا کمک روابط:

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $V_C = X_C.I_C$ و $I_{C_۱} = \frac{V_{C_۱}}{X_{C_۱}}$ و $I_{C_۳} = \frac{V_{C_۳}}{X_{C_۳}}$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱} =$ ☐ V

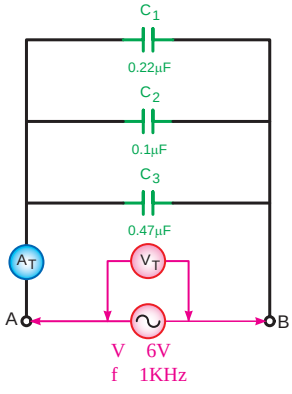
$V_{C_۲} =$ ☐ V

$V_{C_۳} =$ ☐ V

$I_{C_۱} =$ ☐ mA

$I_{C_۲} =$ ☐ mA

$I_{C_۳} =$ ☐ mA



شکل ۹ـ۱۴۲

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور را مطابق شکل ۹ـ۱۴۳ به ۱۰kHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

V_{C_1} = ☐ V

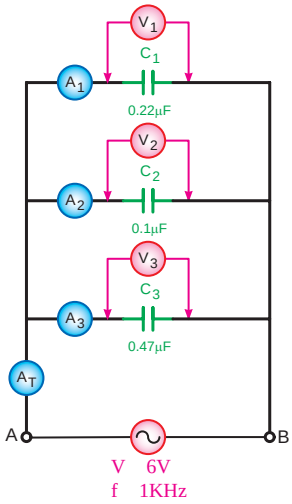
V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA



شکل ۹ـ۱۴۳

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

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

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

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

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

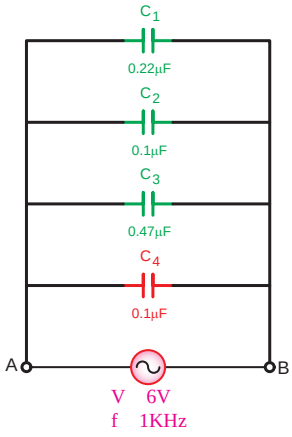
۱۰ـ از مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان هر خازن طی مراحل ۲ تا ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μf را مطابق شکل ۹ـ۱۴۴ به صورت موازی به مدار اضافه کنید.

پاسخ سؤال

۸ـ

۱۰ـ



۹ـ۱۴۴

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز kHz تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۹ـ۱۴۴ به مدار اتصال دهید.

۱۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل ۹ـ۱۴۵ ولتاژ و جریان خازن C_1 را اندازه بگیرید.

V_{C_1} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

۱۴ـ 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 ۹ـ۱۴۶ و ۹ـ۱۴۷ و ۹ـ۱۴۸ اندازه گیری کنید.

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

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

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

$I_{C_2} = \frac{V_{C_3}}{X_{C_2}}$ محاسبه کنید.

V_{C_1} = ☐ V

V_{C_2} = ☐ V

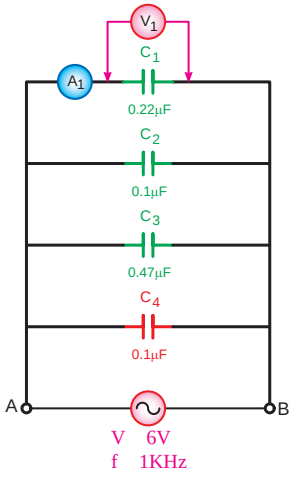
V_{C_3} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

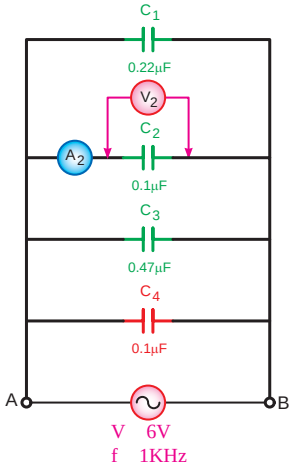
I_{C_2} = ☐ mA

I_{C_3} = ☐ mA

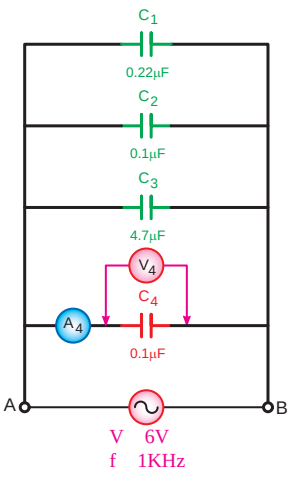
I_{C_4} = ☐ mA



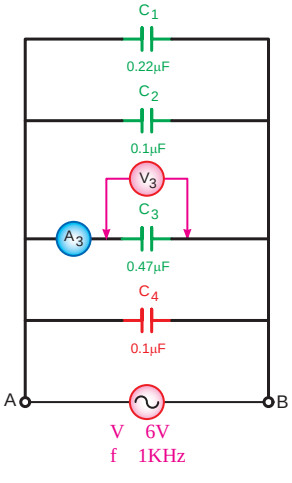
شکل ۹ـ۱۴۵



شکل ۹ـ۱۴۶



شکل ۹ـ۱۴۸



شکل ۹ـ۱۴۷

۱۶ـ 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.

پاسخ سؤال

۱۷ـ 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} = ☐ Ω

V_{C_2} = ☐ Ω

V_{C_3} = ☐ Ω

V_{C_4} = ☐ Ω

C_1 = ☐ μf

C_2 = ☐ μf

C_3 = ☐ μf

C_4 = ☐ μf

۱۸ـ 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.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2 =$ ☐

$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2 =$ ☐

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2 =$ ☐

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2 =$ ☐

پاسخ سؤال

۱۹-

۱۹ـ 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 د رجریان متناوب

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۲ـ مولتی‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳ـ LC متر	۱ دستگاه
۴ـ بردبرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۵ـ خازن‌ها	
$C_1 = ۰/۲۲\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
$C_2 = ۰/۱\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۲ عدد
$C_3 = ۰/۴۷\mu f$ با حداقل ولتاژ کار ۱۰ ولت	۱ عدد
۶ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۷ـ سیم چین	۱ عدد
۸ـ سیم لخت کن	۱ عدد

تذکر مهم: درصورت کم بودن زمان اجرای آزمایش و یا تجهیزات آزمایشگاهی از انجام مراحلی که با علامت (*) مشخص شده‌اند خودداری کنید .

توجه

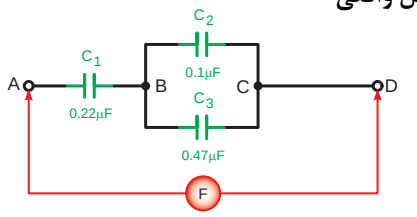
بـرای اندازه‌گیری ولتاژ و جریـان عناصر مدار می‌توانید از یک آوومتـر دیجیتالی یکبار به صورت ولت‌متری و بار دیگر به صورت آمپرمتری بطور جداگانه استفاده کنید.

مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مـدار شـکل ۹ـ۱۴۹ را روی بردبـرد اتصال دهید و بـا LC متر ظرفیت خازن معادل بیـن دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$C_{T_{AD}}$ = ☐ μf

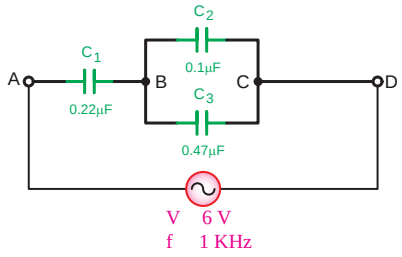
الف ـ شکل واقعی



ب ـ شکل مداری

شکل ۹ـ۱۴۹

۲ـ سـیگنال ژنراتـور را روی ولتاژ ۶ ولت سینوسـی با فرکانس ۱ کیلوهرتز kHz تنظیم کنید و طبق شکل ۹ـ۱۵۰ به دو نقطه A و D مدار وصل کنید.



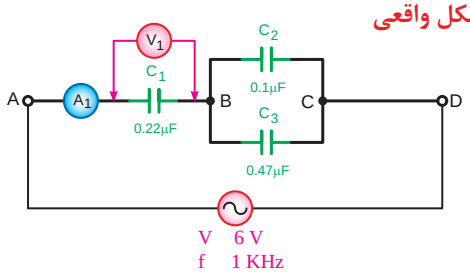
شکل ۹ـ۱۵۰

۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی جریان عبوری و ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه گیری کنید. (شکل ۹ـ۱۵۱)

V_{C_1} = ☐ V

I_{C_1} = ☐ mA

الف- شکل واقعی



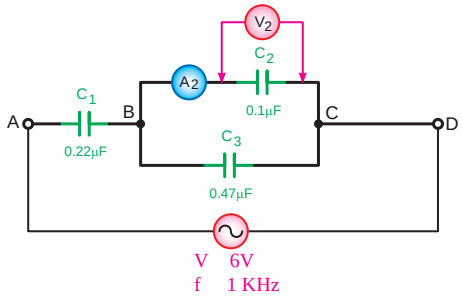
ب- شکل مداری

شکل ۹ـ۱۵۱

۴ـ به طور جداگانه جریان و ولتاژ دو سر خازن های $C_۲$ و $C_۳$ را طبق شکل های ۱۵۲ـ۹ و ۱۵۳ـ۹ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA



شکل ۱۵۲-۹

پاسخ سؤال

۵-

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

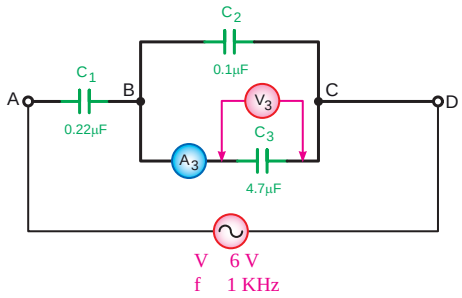
۶ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط: $X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C_T}$ و $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C.I$ محاسبه کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V $I_{C_۱}$ = ☐ mA

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA

$V_{C_۴}$ = ☐ V $I_{C_۴}$ = ☐ mA



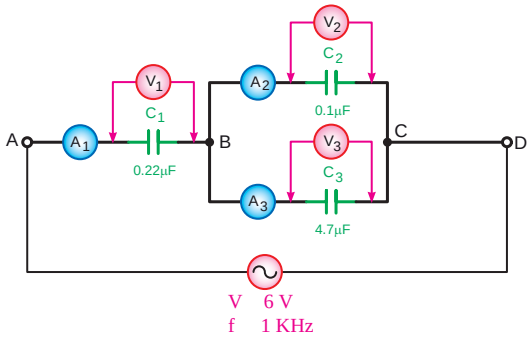
شکل ۱۵۳-۹

۷ـ فرکانس سیگنال ژنراتور را مطابق شکل ۱۵۴ـ۹ به ۱۰KHz تغییر دهید و سپس جریان و ولتاژ هر خازن را به طور جداگانه مطابق مراحل ۳ و ۴ اندازه گیری کنید.

$V_{C_۱}$ = ☐ V $I_{C_۱}$ = ☐ mA

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA



شکل ۱۵۴-۹

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

پاسخ سؤال

۸

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

$X_{C_T} = \frac{۱}{۲\pi f.C}$ ، $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C.I_C$ محاسبه کنید.

پاسخ سؤال

۱۰

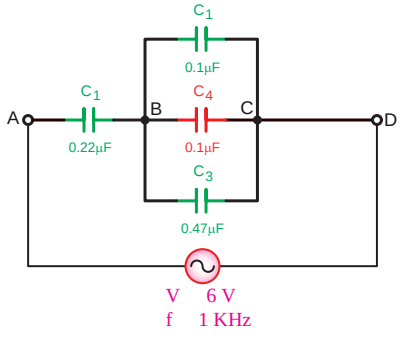
$V_{C_۱}$ = ☐ V $I_{C_۱}$ = ☐ mA

$V_{C_۲}$ = ☐ V $I_{C_۲}$ = ☐ mA

$V_{C_۳}$ = ☐ V $I_{C_۳}$ = ☐ mA

۱۰ـ 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.

۱۱ـ یک خازن ۰/۱μf را مطابق شکل ۹ـ۱۵۵ بین دو نقطه B و C مدار قرار دهید.



شکل ۹-۱۵۵

۱۲ـ ولتاژ و فرکانس سیگنال ژنراتور را به ترتیب روی ۶ ولت و ۱ کیلوهرتز (kHz) تنظیم کنید و سپس طبق شکل ۱۵۶ـ۹ به مدار اتصال دهید.

۱۳ـ با استفاده از یک مولتی متر دیجیتالی و طبق شکل های ۱۵۶ـ۹ تا ۱۵۹ـ۹ ولتاژ و جریان خازن C_1 تا C_4 را اندازه گیری کنید.

V_{C_1} = ☐ V I_{C_1} = ☐ mA

V_{C_2} = ☐ V I_{C_2} = ☐ mA

V_{C_3} = ☐ V I_{C_3} = ☐ mA

V_{C_4} = ☐ V I_{C_4} = ☐ mA

۱۴ـ مقدار جریان و ولتاژ هر خازن را با کمک روابط: $X_C = \frac{1}{2\pi f.C}$ ، $I_C = \frac{V_C}{X_C}$ و $V_C = X_C.I_C$ محاسبه کنید.

V_{C_1} = ☐ V I_{C_1} = ☐ mA

V_{C_2} = ☐ V I_{C_2} = ☐ mA

V_{C_3} = ☐ V I_{C_3} = ☐ mA

V_{C_4} = ☐ V I_{C_4} = ☐ mA

۱۵ـ 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.

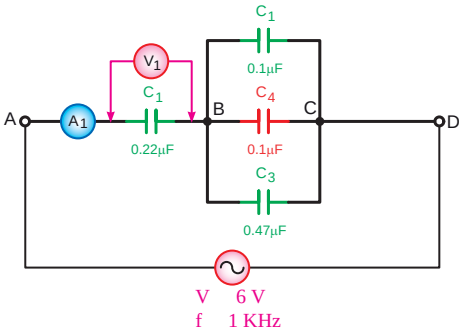
۱۶ـ با در نظر گرفتن ولتاژ دو سر هر خازن و ظرفیت واقعی آن ها مقدار انرژی ذخیره شده در هر خازن را طبق رابطه $W = \frac{1}{2}CV^2$ محاسبه کنید.

$W_{C_1} = \frac{1}{2}C_1V_1^2$ = ☐ mj

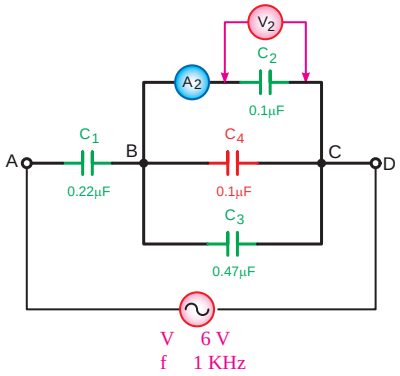
$W_{C_2} = \frac{1}{2}C_2V_2^2$ = ☐ mj

$W_{C_3} = \frac{1}{2}C_3V_3^2$ = ☐ mj

$W_{C_4} = \frac{1}{2}C_4V_4^2$ = ☐ mj



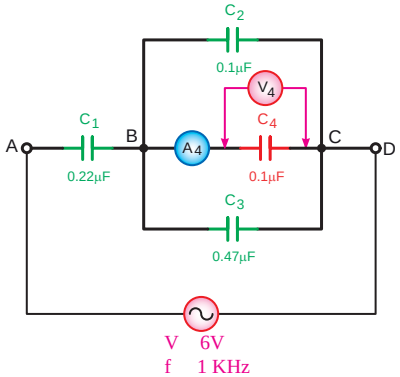
شکل ۱۵۶ـ۹



شکل ۱۵۷ـ۹

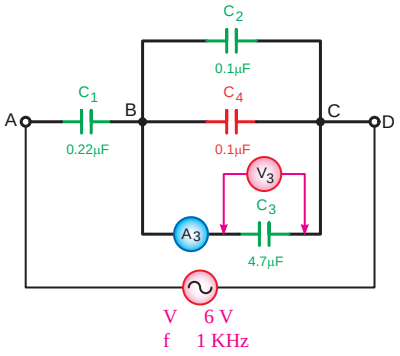
پاسخ سؤال

۱۵ـ



شکل ۱۵۸ـ۹

۱۷ـ از مقایسه نتایج مراحل ۱۰ و ۱۵ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۹-۱۵۹

پاسخ سؤال

-۱۷

آزمون پایانی (۹)

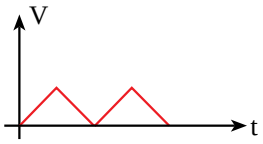
۱ـ جریانی که جهت آن همیشه ثابت است چه نوع جریانی است؟

الف ـ متناوب　　ب ـ مستقیم　　ج ـ مربعی　　د ـ سینوسی

۲ـ هنگام نشان دادن شکل موج، محور عمودی مختصات نشان دهنده چیست؟

الف ـ زاویه　　ب ـ زمان　　ج ـ اندازه　　د ـ جهت

۳ـ شکل موج ۹ـ۱۶۰ چه ولتاژی است؟



شکل ۹ـ۱۶۰

الف ـ AC　　ب ـ DC

ج ـ AC متغیر　　د ـ DC متغیر

۴ـ هرگاه سیمی در داخل میدان مغناطیسی حرکت کند در دو سر آن..... به وجود می آید.

الف ـ ولتاژ　　ب ـ جریان　　ج ـ مقاومت　　د ـ میدان مغناطیسی

۵ـ کدام مورد از عوامل زیر در ولتاژ القایی مؤثر نیست؟

الف ـ میدان مغناطیسی　　ب ـ سطح مقطع سیم　　ج ـ زاویه سیم　　د ـ سرعت حرکت

۶ـ در چه صورت جریان القایی در سیم جاری خواهد شد؟

الف ـ حرکت سیم　　ب ـ وجود میدان مغناطیسی

ج ـ بسته شدن مدار سیم متحرک　　د ـ عمود بودن زاویه سیم با میدان

۷ـ کدام مورد از اجزای مولد AC نیست؟

الف ـ فلوی مغناطیسی　　ب ـ زغالها　　ج ـ کموتاتور　　د ـ سیم تحرک (کلاف)

۸ـ در لحظه‌ای که کلاف در داخل میدان مغناطیسی ۱۸۰ درجه چرخیده ولتاژ القایی چه وضعیتی دارد؟

الف ـ حداقل　　ب ـ حداکثر　　ج ـ صفر　　د ـ نصف

۹ـ انگشت شست در قانون دست راست باز چه عاملی را نشان می دهد؟

الف ـ جهت حرکت سیم　　ب ـ جهت جریان القایی

ج ـ جهت میدان مغناطیسی　　د ـ جهت نیروی محرکه القایی

۱۰ـ انگشت اشاره در قانون دست راست سه انگشت عمود بر هم نشان دهنده کدام کمیت است؟

الف ـ جهت حرکت میدان　　ب ـ جهت نیروی محرکه

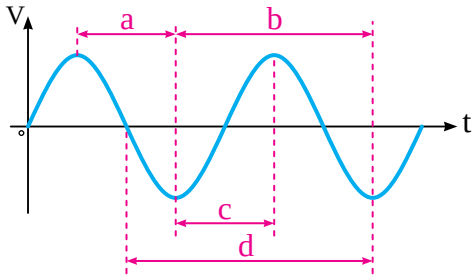
ج ـ جهت حرکت هادی　　د ـ جهت فلوی مغناطیسی

۱۱ـ فرکانس عبارت است از:

الف ـ تعداد زمان تناوب‌ها در هر ثانیه　　ب ـ تعداد سیکل های زده شده در هر ثانیه

ج ـ مسافت طی شده در یک ثانیه　　د ـ مدت زمان طی شده یک سیکل

۱۲ـ در شکل ۱۶۱ـ۹ کدامیک از موارد زیر شکل صحیح زمان تناوب را نشان می دهد؟



شکل ۱۶۱-۹

الف ـ a　　ب ـ b

ج ـ c　　د ـ d

۱۳ـ کدام رابطه شکل صحیح فرمول طول موج را نشان می دهد؟

الف ـ $\lambda = \frac{C}{f}$　　ب ـ $\lambda = \frac{f}{C}$　　ج ـ $\lambda = \frac{C}{q}$　　د ـ $\lambda = ۲\pi f$

۱۴ـ سرعت زاویه ای عبارت است از:

الف ـ سرعت متحرک در داخل میدان مغناطیسی

ب ـ زاویه چرخش متحرک در مسیر دایرهای به شعاع ۲π

ج ـ سرعت چرخش متحرک در مسیر دایرهای

د ـ زاویه چرخش متحرک نسبت به شعاع مبنا در عرض یک ثانیه

۱۵ـ رابطه مقدار متوسط و مؤثر یک موج را نشان می دهد؟

الف ـ $Vav = ۰/۷۰۷ \times Vm$　　$Ve = ۰/۷۰۷ \times Vm$

ب ـ $Vav = ۰/۶۳۷ \times Vm$　　$Ve = ۰/۶۳۷ \times Vm$

ج ـ $Vav = ۰/۶۳۷ \times Vm$　　$Ve = ۰/۷۰۷ \times Vm$

د ـ $Vav = ۰/۷۰۷ \times Vm$　　$Ve = ۰/۶۳۷ \times Vm$

۱۶ـ معیار سنجش مقدار مؤثر موج متناوب چست؟

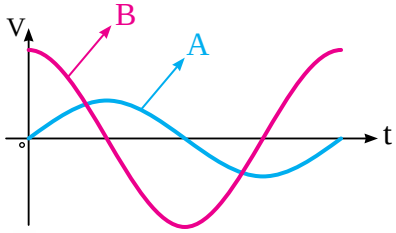
الف ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان مستقیم

ب ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدار اهمی خالص جریان مستقیم

ج ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده در مدارات جریان متناوب

د ـ برابری مقدار گرمای ایجاد شده اهمی جریان متناوب

۱۷ـ با توجه به شکل ۱۶۲ـ۹ کدام مورد صحیح است؟



شکل ۱۶۲-۹

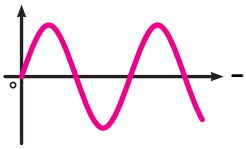
الف ـ موج B نسبت به موج A پیشفاز است.

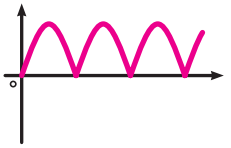
ب ـ موج A نسبت به موج B پیشفاز است.

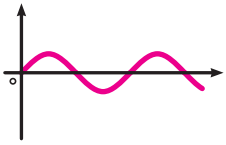
ج ـ موج A نسبت به موج B همفاز است.

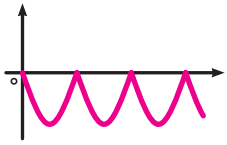
د ـ دو موج ارتباطی با هم ندارند.

۱۸ـ شکل موج توان در مدار اهمی خالص کدام است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۱۹ـ جریان در یک مدار خازنی خالص نسبت به ولتاژ چگونه است؟

الف ـ ۹۰ درجه پس‌فاز

ب ـ ۹۰ درجه پیش‌فاز

ج ـ ۴۵ درجه پس‌فاز

د ـ ۴۵ درجه پیش‌فاز

۲۰ـ عملکرد خازن در مدارهای جریان متناوب بدین صورت است که .....

الف ـ از شبکه انرژی می گیرد و مصرف می کند.

ب ـ از شبکه انرژی می گیرد و به حرارت تبدیل می کند.

ج ـ از شبکه انرژی می گیرد و در خود ذخیره می کند.

د ـ از شبکه انرژی می گیرد و در خود ذخیره و سپس باز می گرداند.

۲۱ـ جریان در یک مدار سلفی نسبت به ولتاژ مدار چه وضعیتی دارد؟

الف ـ ۹۰ درجه پس‌فاز

ب ـ ۹۰ درجه پیش‌فاز

ج ـ همفاز

د ـ ۴۵ درجه پس‌فاز

۲۲ـ خاصیت مقاومتی سلف در جریان متناوب را ..... سلفی گویند.

الف ـ اندوکتانس ب ـ راکتانس ج ـ رزیستانس د ـ کاپاسیتانس

۲۳ـ کدام یک از گزینه های زیر در مورد یک مدار سلفی سری صحیح است؟

الف ـ $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$

$L_T = \dfrac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$

ب ـ $X_{L_T} = \dfrac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}}}$

$L_T = L_1 + L_2$

ج ـ $X_{L_T} = \dfrac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}}}$

$L_T = \dfrac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$

د ـ $X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2}$

$L_T = L_1 + L_2$

۲۴ـ بردار کمیت های اهمی خالص و غیراهمی خالص به ترتیب روی محورهای ..... و ..... رسم می شوند.

الف ـ افقی مثبت ـ افقی منفی

ب ـ افقی منفی ـ عمودی مثبت و منفی

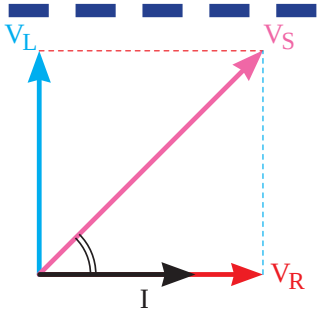
ج ـ افقی مثبت ـ عمودی مثبت و منفی

د ـ افقی منفی ـ عمودی منفی

۲۵ـ دیاگرام برداری شکل ۱۶۳ـ۹ مربوط به چه مداری است؟

الف ـ RL موازی　　ب ـ RL سری

ج ـ RC موازی　　د ـ RC سری

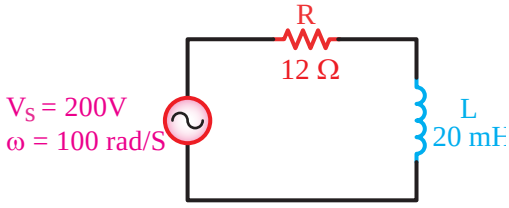


شکل ۱۶۳ـ۹

۲۶ـ در مدار شکل ۱۶۴ـ۹ ضریب قدرت مدار چه قدر است؟

الف ـ ۰/۸　　ب ـ ۰/۷

ج ـ ۰/۶　　د ـ ۰/۵



شکل ۱۶۴ـ۹

۲۷ـ افزایش فرکانس در مدار RL سری موجب می شود تا مدار خاصیت ..... پیدا کند.

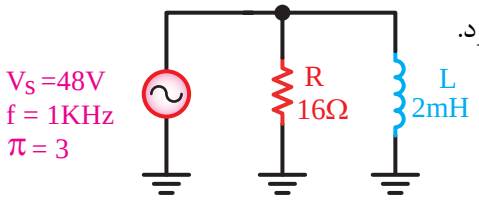
الف ـ اهمی‌تر　　ب ـ سلفی‌تر

ج ـ اهمی و سلفی　　د ـ تغییر فرکانس تأثیری در مدار ندارد.

۲۸ـ جریان کل مدار شکل ۱۶۵ـ۹ چند است؟

الف ـ ۱۰　　ب ـ ۴/۸

ج ـ ۳/۲　　د ـ ۵



شکل ۱۶۵ـ۹

۲۹ـ در صورت کاهش فرکانس در یک مدار RL موازی زاویه اختلاف فاز مدار .....

الف ـ افزایش می یابد.　　ب ـ کاهش می یابد.

ج ـ تغییری نمی کند.　　د ـ ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

۳۰ـ در مدار RL سری ..... به نسبت ..... با مقاومت ها بین اجزا مدار مستقیم می شود.

الف ـ ولتاژها ـ مستقیم　　ب ـ ولتاژها ـ معکوس

ج ـ جریان ها ـ مستقیم　　د ـ جریان ها ـ معکوس

۳۱ـ کدام رابطه شکل صحیح فرمول ضریب قدرت در مدارهای RC سری را نشان می دهد؟

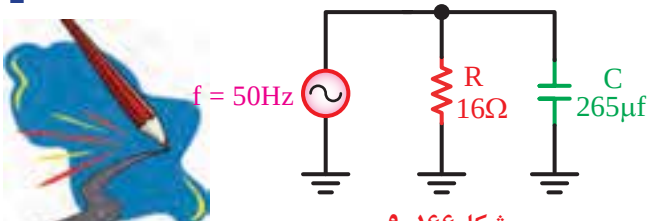
الف ـ $\frac{X_C}{R}$　　ب ـ $\frac{X_C}{Z}$

ج ـ $\frac{R}{Z}$　　د ـ $\frac{Z}{R}$

۳۲ـ امپدانس مدار شکل ۱۶۶ـ۹ چند اهم است؟

الف ـ ۲۸　　ب ـ ۱۹۲

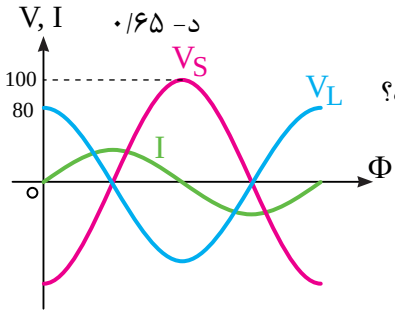
ج ـ ۲۰　　د ـ ۹/۶



شکل ۱۶۶ـ۹

۳۳ـ مقدار ضریب قدرت غیرحقیقی مدار شکل ۱۶۷ـ۹ چقدر است؟

الف ـ ۰/۸ ب ـ ۰/۷۵ ج ـ ۰/۷ د ـ ۰/۶۵



شکل ۱۶۷ـ۹

۳۴ـ با توجه به شکل موج های شکل ۱۶۷ـ۹ مدار در چه حالتی است؟

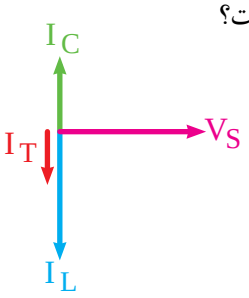
الف ـ $X_L \langle X_C$ ب ـ $X_C \langle X_L$

ج ـ $X_L = X_C$ د ـ $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$

۳۵ـ امپدانس در مدارهای LC سری در شرای رزنانس چقدر است؟

الف ـ $Z = 0$ ب ـ $Z = Z\max$ ج ـ $Z = R$ د ـ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

۳۶ـ دیاگرام برداری شکل ۱۶۸ـ۹ مربوط به کدام مدار و در چه شرایطی است؟



شکل ۱۶۸ـ۹

الف ـ LC سری $X_L \rangle X_C$ ب ـ LC سری $X_C \rangle X_L$

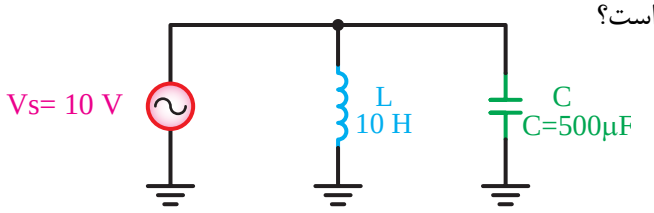
ج ـ LC موازی $X_L \rangle X_C$ د ـ LC موازی $X_C \rangle X_L$

۳۷ـ در یک مدار LC موازی اگر فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزنانس شود، وضعیت مدار چگونه است؟

الف ـ حالت خازنی $X_L \rangle X_C$ ب ـ حالت خازنی $X_C \rangle X_L$

ج ـ حالت خازنی $X_L \rangle X_C$ د ـ حالت خازنی $X_C \rangle X_L$

۳۸ـ فرکانس رزنانس مدار شکل ۱۶۹ـ چند کیلوهرتز است؟



شکل ۱۶۹ـ۹

الف ـ ۳/۱ ب ـ ۷/۰۷

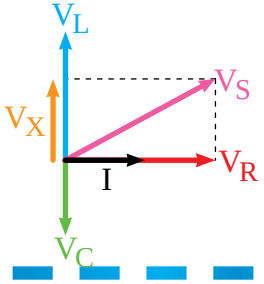
ج ـ ۲/۲ د ـ ۱۴

۳۹ـ اگر راکتانس خازنی مدار RC سری افزایش یابد زاویه اختلاف فاز به ..... نزدیک می شود.

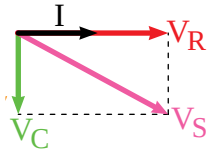
الف ۹۰+ درجه ب ـ ۹۰- درجه ج ـ صفر د ـ ۴۵+ درجه

۴۰ـ کدامیک از دیاگرام های برداری ولتاژها در حالت مدار RLC سری را نشان می دهد؟

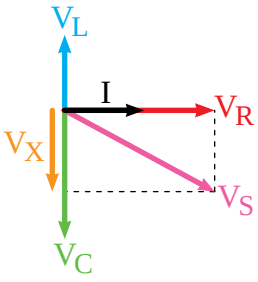
الف ـ



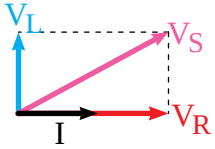
ب ـ



ج ـ



د ـ



۴۱ـ در حالت رزنانس مدار RLC سری امپدانس مدار برابر است با:

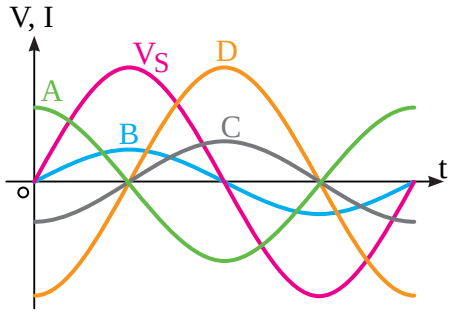
الف ـ ۰/۸ ب ـ ۰/۷۵ ج ـ ۰/۷ د- ۰/۶۵

الف ـ R ب ـ $\frac{۱}{R}$ ج ـ X_C د ـ X_L

۴۲ـ در فرکانس هـای کمتر از fr مدارهای RLC سـری جریان (I) ..... از V_S اسـت و مـدار در حالت ..... قرار دارد.

الف ـجلوتر ـ سلفی ب ـ عقبتر ـ خازنی ج ـ جلوتر ـ خازنی د- عقبتر ـ سلفی

۴۳ـ درشکل ۹ـ۱۷۰ که مربوط به مدار RLC موازی است کدام شکل موج نشان دهنده جریان I_L است؟

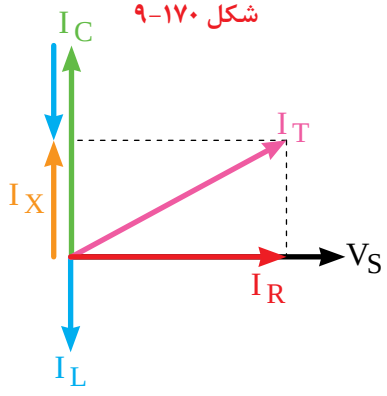


شکل ۹-۱۷۰

الف ـ A ب ـ B

ج ـ C د ـ D

۴۴ـ دیاگرام برداری شکل ۹ـ۱۷۱ مربوط به چه مداری است؟

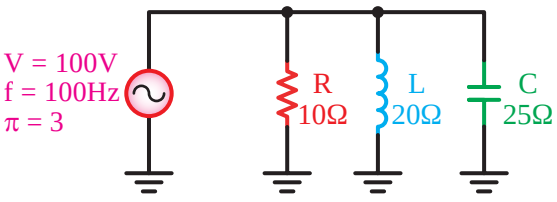


شکل ۹-۱۷۱

الف ـ RLC موازی ب ـ RL موازی

ج ـ RLCسری د ـ RL سری

۴۵ـ ضریب قدر مدار شکل ۹ـ۱۷۲ چقدر است؟



شکل ۹-۱۷۲

الف ـ ۰/۴ ب ـ ۰/۹

ج ـ ۰/۸ د ـ ۰/۶

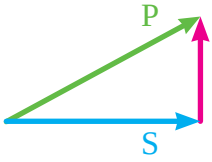
۴۶ـ توانی را که از طرف تولید کننده به مدار فرستاده می شود را توان ..... گویند.

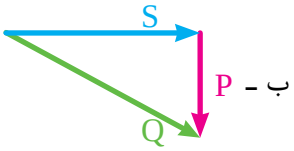
الف - ظاهری (Q) ب ـ اکتیو (S) ج ـ ظاهری (S) د- اکتیو (Q)

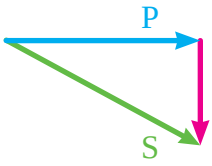
۴۷ـ کدامیک از روابط زیر غلط است؟

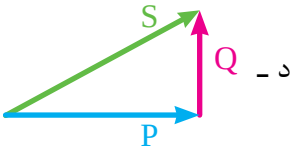
الف - $P=\sqrt{S^۲+Q^۲}$ ب ـ $Q=X.Ie^۲$ ج ـ $P=\frac{Ve^۲}{R}$ د ـ $S=\frac{Ve}{Ie}$

۴۸ـ کدام یک از گزینه های زیر شکل صحیح مثلث توان ها را در حالت سلفی نشان می دهد؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۴۹ـ اگر شکل موجی از موج دیگر زودتر شروع شود، در اصطلاح به آن موج ..... می گویند.

۵۰ـ مقاومتی که سلف از خود در جریان متناوب نشان میدهد، راکتانس سلفی نامند. صحیح ❑ غلط ❑

۵۱ـ در مدارهای سلفی ولتاژ مدار نسبت به جریان ۹۰ درجه ..... است.

۵۲ـ در مدارهای RLC به ازاء تغییرات فرکانس هیچ گاه مقادیر X_L و X_C برابر نخواهند شد. صحیح ❑ غلط ❑

۵۳ـ در محاسبات توان، توان راکتیو سلفی را با علامت ..... و توان راکتیو خازنی را با علامت ..... نشان می دهند.

۵۴ـ در مدارهای RLC موازی و در حالت رزنانس جریان کل مدار حداکثر است. صحیح ❑ غلط ❑

۵۵ـ سلف معادل چند سلف موازی از مقدار هر یک ازسلف های مدار ..... است.

توجه

مطالب مربوط به سوالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجددا 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:

۱ـ اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نام ببرد.

۲ـ تفاوت کموتاتورهای ac و dc را بیان کند.

۳ـ اصول کار و چگونگی به وجود آمدن شکل موج خروجی مولدهای dc را با رسم شکل توضیح دهد.

۴ـ اثر افزایش تعداد دور و گروه کلاف ها و تیغه های کلکتور را توضیح دهد.

ساعت

نظری	عملی	جمع
۴	-	۴

۱ـ در داخل دستگاه های جوش ممکن است کدام یک از وسایل زیر استفاده نشود؟

الف - ترانس ب ـ مولد dc ج ـ سیم مسی د- الکترود

۲ـ ولتاژ تولید شده توسط باتری قلمی مشابه کدام یک از موارد زیر نیست؟

الف - مولد ac ب ـ مولد dc ج ـ باتری کتابی د- باتری ماشین

۳ـ برای شارژ باتری اتومبیل کدام یک از وسایل زیر استفاده می شود؟

الف - باتری ب ـ دلکو ج ـ آفتامات د- دینام

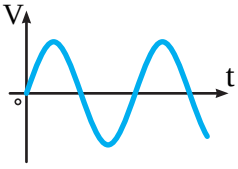
۴ـ کدامیک از موارد زیر از اجزای یک دینام دوچرخه نیست؟

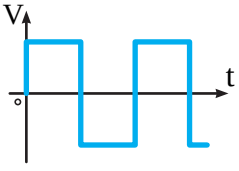
الف - آرمیچر ب ـ هرزگرد ج ـ آهنربا د- سیم پیچ قطب های N و S

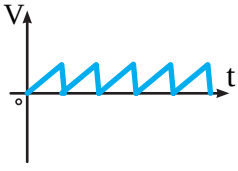
۵ـ در کدام وسیله زیر زغال (جاروبک) به کار نمی رود؟

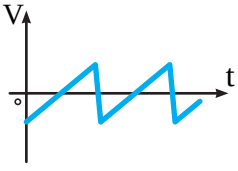
الف - دریل ب ـ جارو برقی ج ـ همزن د- موتور کولر

۶ـ کدامیک از امواج زیر dc است؟

الف ـ


ب ـ


ج ـ


د ـ


۷ـ انگشت شست در قانون دست راست ژنراتورها نشان دهنده کدام کمیت است؟

الف ـ جهت حرکت هادی ب ـ جهت نیروی محرکه

ج ـ جهت میدان مغناطیسی د ـ جهت قطب ها

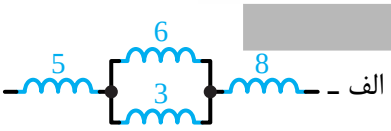
۸ـ فرکانس موجی با زمان متناوب ۵ میلی ثانیه بر هرتز است؟

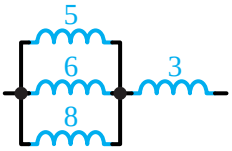
الف - ۱۰۰ ب ـ ۲۰۰ ج ـ ۲۰ د- ۰/۰۰۵

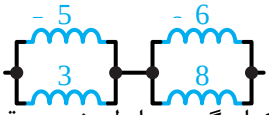
۹ـ مقدار مؤثر یک موج سینوسی با ماکزیمم دامنه ۱۰ ولت چقدر است؟

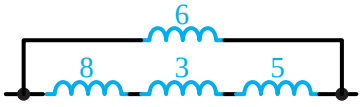
الف - ۱۲/۷۴ ب ـ ۷/۰۷ ج ـ ۱۴/۱۴ د- ۰/۶۳۶

۱۰ـ راکتانس معادل کدام یک از اشکال زیر برابر با ۱۵Ω است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

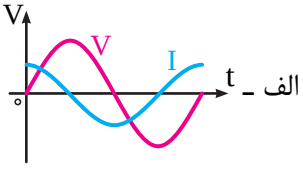
۱۱ـ کدام گزینه رابطه ضریب قدرت در مدار RC موازی است؟

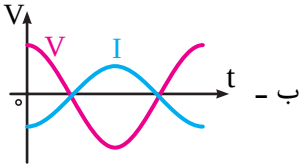
الف ـ $\frac{R}{Z}$ ب ـ $\frac{Xc}{R}$ ج ـ $\frac{Z}{Xc}$ د ـ $\frac{Z}{R}$

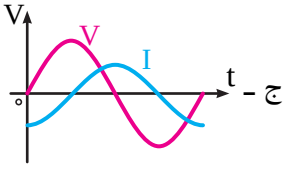
۱۲ـ در مدار RLC موازی با افزایش اندوکتانس، مدار حالت ..... پیدا می کند.

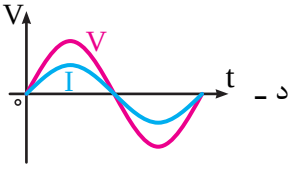
الف ـ اهمی ـ سلفی ب ـ اهمی ـ خازنی ج ـ سلفی د ـ سلفی ـ خازنی

۱۳ـ کدام شکل رابطه قانونی بین ولتاژ و جریان را در مدارهای سلفی خالص نشان می دهد؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۱۴ـ اگر توان ظاهری یک مصرف کننده ۵۰۰VA و توان اکتیو ۴۰۰W باشد، ضریب قدرت آن چقدر است؟

الف ـ ۱/۲۵ ب ـ ۰/۷۵ ج ـ ۰/۶ د ـ ۰/۸

۱۵ـ مقدار فرکانس رزنانس یک مدار RLC سری با مشخصات $R=۱۰۰\Omega$ ، $C=۰/۴\mu f$ چند هرتز است؟ ($\pi=۳$)

الف ـ ۳۹۶ ب ـ ۳۷۲ ج ـ ۳۴۰ د ـ ۳۳۵

۱ـ۱۰ـ شناسایی اصول کار مولد جریان مستقیم

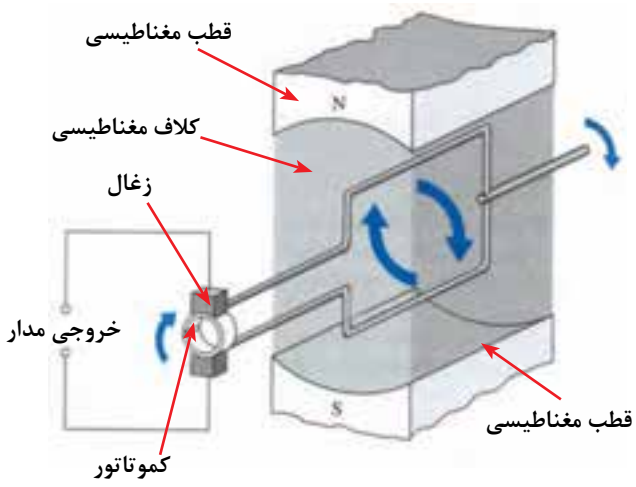
یک ماشین جریان مستقیم ساده طبق شکل ۱ـ۱۰ از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است.

۱ـ میدان مغناطیسی (قطب ها)

۲ـ حلقه القا شونده (کلاف سیم)

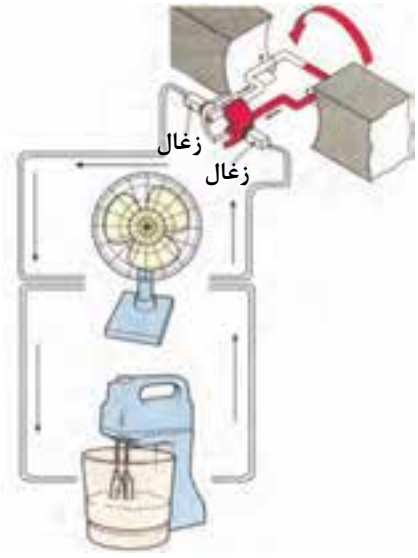
۳ـ کموتاتور (حلقه های لغزنده)

۴ـ جاروبک ها (زغال ها)



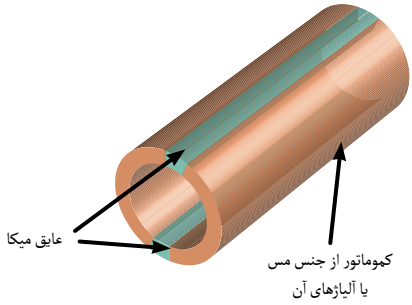
شکل ۱ـ۱۰

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 ۲ـ۱۰)



شکل ۲ـ۱۰

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 ۳ـ۱۰)



شکل ۳ـ۱۰

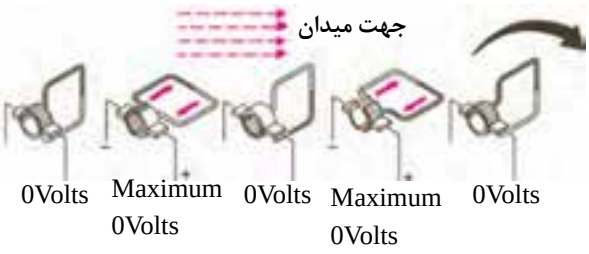
دو تکه بودن کموتاتور سبب می شود تا بازویی که به آن متصل است در زمانی که کلاف نیم دور میزند و به زیر قطب مخالف برود. در این حالت جهت جریان در سیم عوض نمی شود و به همان صورت باقی بماند. (شکل ۴ـ۱۰)

اگر فضای گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی را برای هر ۹۰ درجه به صورت شکل ۵ـ۱۰ نامگذاری کنیم با گردش کلاف در داخل میدان مغناطیسی هر ۱۸۰ درجه ولتاژ یکبار به حداکثر میرسد و مجدداً صفر می شود.

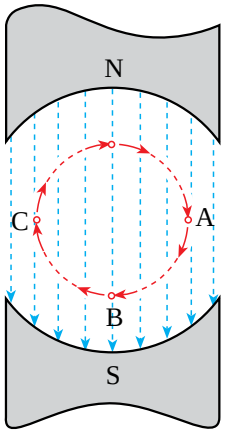
بنابراین در یک دور گردش کلاف در میدان مغناطیسی دو نیم سیکل سینوسی به وجود می آید.

در شکل ۶ـ۱۰ از تصویر الف تا د مراحل مختلف و چگونگی به وجود آمدن ولتاژ را نشان می دهد.

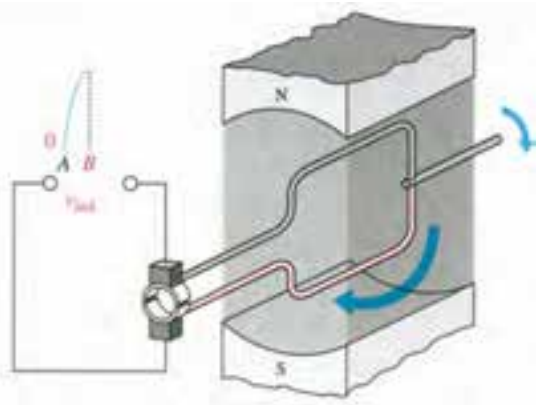
برای درک بهتر چگونگی تولید ولتاژ القایی dc در هر ۹۰ درجه چرخش به زیرنویس تصاویر توجه کنید.



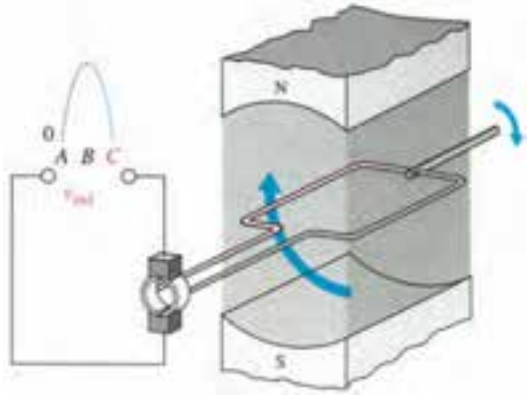
شکل ۴ـ۱۰



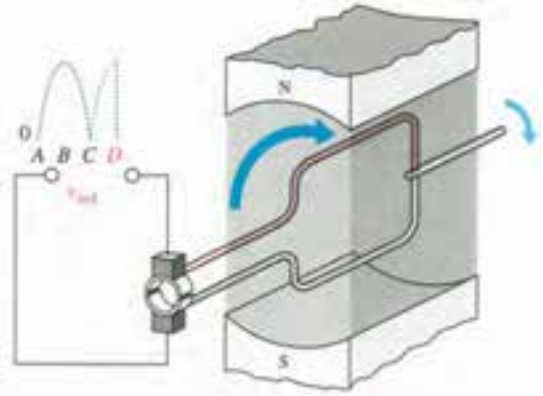
شکل ۵ـ۱۰



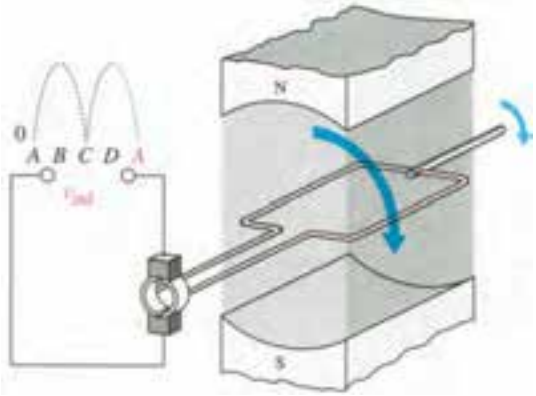
حالت الف ـ حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ حداکثر می باشد.



حالت ب ـ حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ صفر است.



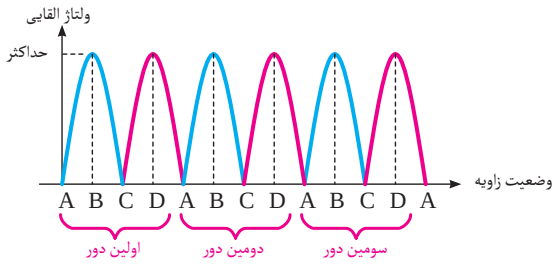
حالت ج ـ حلقه به طور عمودی به طرف خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ حداکثر می باشد.



حالت د ـ حلقه به موازات خطوط شار حرکت می کند و ولتاژ صفر می باشد.

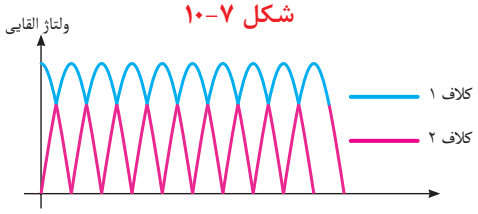
شکل ۶ـ۱۰

شـــکل موج خروجی مولد در طـــی چرخش های متوالی کلاف در داخل میدان به صورت شکل ۷ـ۱۰ می شود.



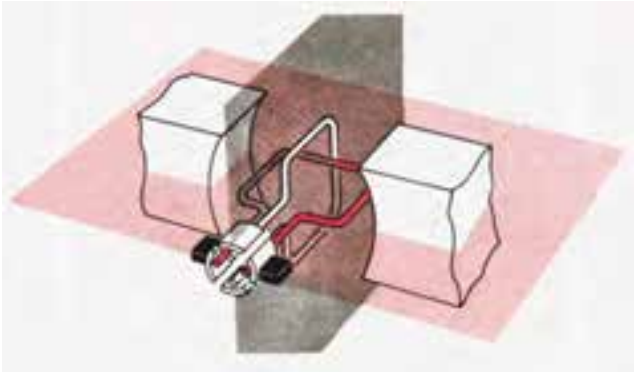
شکل ۷ـ۱۰

در صورتی کـــه تعداد کلاف های موجـــود داخل میدان مغناطیســـی را به دو کلاف یا بیشـــتر افزایـــش دهیم فاصله بین نقاط ماکزیمم ولتاژ خروجی کمتر می شود و شکل موج خروجی به صورت شکل ۸ـ۱۰ درمی آید.



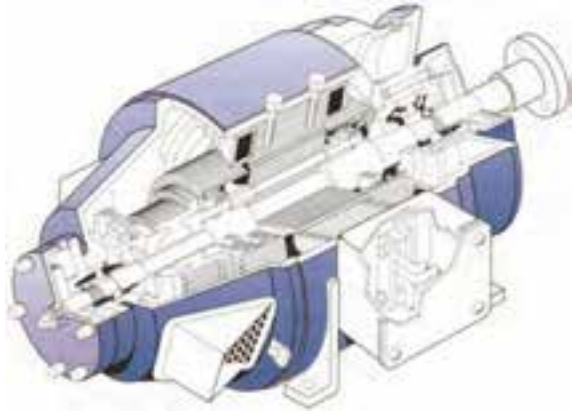
شکل ۸ـ۱۰

یـــادآور می شـــود کـــه با اضافه شـــدن هـــر کلاف تعداد تقســـیم های تیغه هـــای کلکتـــور بیشـــتر می شـــود و برای ســـرهای اضافه شـــده دو تیغه جدید جهت اتصال لازم است (شکل۹ـ۱۰)



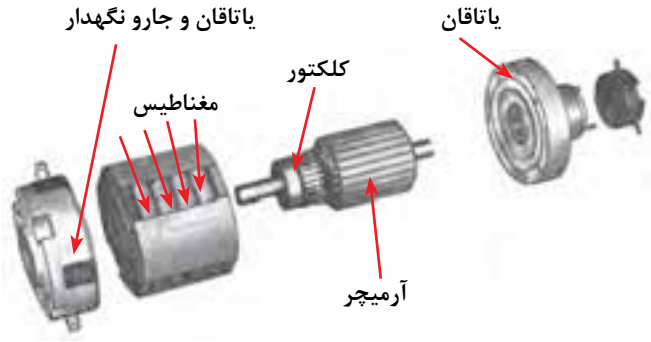
شکل ۹ـ۱۰

شکل ۱۰ـ۱۰ تصویر برش خورده یک مولد dc را نشان می دهد.



شکل ۱۰ـ۱۰

در عمل اجـزای یک مولد dc با نام های دیگری معرفی می کنند. شکل ۱۱ـ۱۰ تصویری از اجزای اصلی و فرعی یک مولد dc را نشان می دهد.



شکل ۱۱-۱۰

از جمله مولدهای dc ساده می توان دینام یک دوچرخه و یا دینام یک ماشـین را نام برد. نیروی محرک این مولدها بـه ترتیب حرکت دوچرخه و اتومبیل اسـت و اسـاس کار آن ها نیز چرخش کلاف سـیم در داخل میدان مغناطیسی و القا ولتاژ اسـت. در شکل ۱۲ـ۱۰ تصویر یک نمونه دینام دوچرخه را مشاهده می کنید.

شکل ۱۲-۱۰

آزمون پایانی (۱۰)

۱ـ کموتاتور نام دیگر کدامیک از موارد زیر است؟

الف - حلقه القا شونده　　ب ـ زغال ها　　ج ـ قطب ها　　د- حلقه های لغزنده

۲ـ ولتاژ القایی توسط کدام مورد به مصرف کننده اتصال می یابد؟

الف - جاروبک ها　　ب ـ قطب ها　　ج ـ سیم های رابط　　د- حلقه القا شونده

۳ـ نقش اصلی حلقه های لغزنده در مولدهای * چیست؟

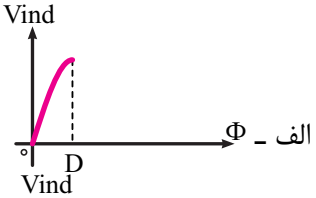
الف ـ چرخاندن کلاف سیم　　ب ـ یکسوسازی جریان

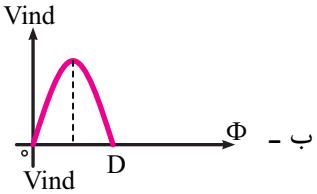
ج ـ رساندن جریان به مصرف کننده　　د ـ ارتباط بین زغال و مصرف کننده

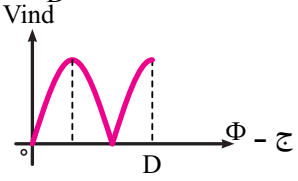
۴ـ در کدامیک از زوایای میدان مغناطیسی داده شده زیر ولتاژ القای ماکزیمم است؟

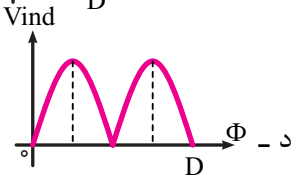
الف ـ ۹۰ و ۱۸۰ درجه　ب ـ ۱۸۰ و ۳۶۰ درجه　ج ـ ۹۰ و ۲۷۰ درجه　د ـ ۰ و ۱۸۰ درجه

۵ـ با توجه به شکل ۱۳ـ۱۰ در صورتی که از نقطه * حرکت کنیم شکل موج خروجی فاصله * تا * کدام است؟

الف ـ


ب ـ


ج ـ


د ـ


۶ـ شکل موج خروجی مولد دو قطب شکل ۱۴ـ۱۰ در فاصله A تا G به ازای چرخش چند دور کلاف در میدان مغناطیسی به دست آمده است؟

الف - $1\frac{1}{2}$　　ب ـ $2\frac{1}{2}$　　ج ـ ۳　　د- ۶

۷ـ چگونه می توان شکل موج خروجی مولد را صافتر کرد؟

الف ـ افزایش تعداد زغال ها　　ب ـ افزایش تعداد کلاف ها

ج ـ کاهش تعداد قطب ها　　د ـ کاهش سرعت محرک مکانیکی

۸ـ کدام یک از موارد زیر از اجزای اصلی الکتریکی یک مولد dc نیست؟

الف - جاروبک ها　　ب ـحلقه های لغزنده　　ج ـ یاتاقان ها　　د- حلقه القا شونده

۹ـ در صورت افزایش تعداد کلاف های موجود در داخل میدان مغناطیسی فاصله بین نقاط ماکزیمم در ولتاژ خروجی بیشتر خواهد شد. ❑ صحیح ❑ غلط

۱۰ـ اصول کار تولید ولتاژ در مولدهای dc به حرکت درآوردن کلاف در میدان مغناطیسی است.

❑ صحیح ❑ غلط

۱۱ـ دو تکه بودن کموتاتور در تعویض جهت جریان در سیم مؤثر است. صحیح غلط

۱۲ـ در هر ۹۰ درجه گردش کلاف جریان یک بار به حداکثر رسیده و مجدداً صفر می شود.

❑ صحیح ❑ غلط

۱۳ـ تفاوت اصلی مولدهای dc با ac در ..... استفاده شده آن ها است.

۱۴ـ یک ماشین جریان مستقیم از قطب ها، کلاف سیم، کموتاتور و ..... تشکیل شده است.

۱۵ـ اضافه شدن هر کلاف باعث افزایش ..... خواهد شد.

توجه

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

واحد کار مبانی الکتریسیته

فصل یازدهم: اصول کار آلترناتورهای سه‌فاز

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و اصول کار مولدهای متناوب سه‌فاز

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

۱ـ وجود تشابه و تفاوت کار مولدهای تک فاز و سه فاز را بیان کند.

۲ـ چگونگی بوجود آمدن شکل موج سه فاز را با رسم شکل توضیح دهد.

۳ـ اتصال ستاره و مثلث در آلترناتورها را به همراه نحوه نامگذاری کلافهای سه فاز توضیح دهد.

۴ـ مقادیر خطی و فازی را تعریف کند.

۵ـ ارتباط جریانها و ولتاژهای خطی و فازی در اتصالات ستاره و مثلث را بیان کند.

۶ـ انواع توان در مدارهای سه فاز را با ذکر روابط بیان کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۳	-	۳

۱ـ اختلاف فاز بین دو فاز در ولتاژهای سه فاز چند درجه است؟

الف - ۹۰ ب ـ ۶۰ ج ـ ۱۸۰ د- ۱۲۰

۲ـ اغلب موتورهای صنعتی به کار رفته در صنایع از نوع ..... است.

الف - یک فاز ب - دو فاز ج ـ سه فاز د- شش فاز

۳ـ آیا از سیم نول در شبکه های سه فاز، استفاده می شود؟

الف ـ همیشه ب ـ هیچ وقت

ج ـ در برخی از موارد د ـ فقط در اتصال مثلث

۴ـ ولتاژ بین دو فاز در شبکه سه فاز ایران چند ولت است؟

الف - ۱۱۰ ب - ۲۲۰ ج ـ ۱۸۰ د- ۳۸۰

۵ـ آیا در شبکه های سه فازه تمامی توان تولید شده توسط مول در مصرف کننده مصرف می شود؟

الف ـ بلی ب ـ خیر

ج ـ به نوع مولد بستگی دارد. د ـ به نوع اتصال مدار بستگی دارد.

۶ـ جنس عایق بین تیغه های کموتور از چیست؟

الف - مواد نفتی ب ـ لاستیک ج ـ آلیاژ د- میکا

۷ـ اگر یک مولد دارای چهار کلاف باشد چند تیغه کلکتور دارد؟

الف - ۲ ب- ۴ ج ـ ۸ د- ۱۶

۸ـ در کدام یک از زوایای زیر ولتاژ مولد در حال افزایش است؟

الف - صفر ب ـ ۱۸۰° ج ـ بین صفر تا ۹۰° د- بین ۹۰° تا ۱۸۰°

۹ـ کدام یک از موارد زیر به عنوان محرک و تأمین کننده انرژی در مولدهای برق به کار نمی رود؟

الف - آب ب - باد ج ـ خاک د- خورشید

۱۰ـ کدام یک از حروف اختصاری زیر برای نشان دادن فازها در شبکه سه فاز به کار می رود؟

الف - PH ب - L2 ج ـ N د- MP

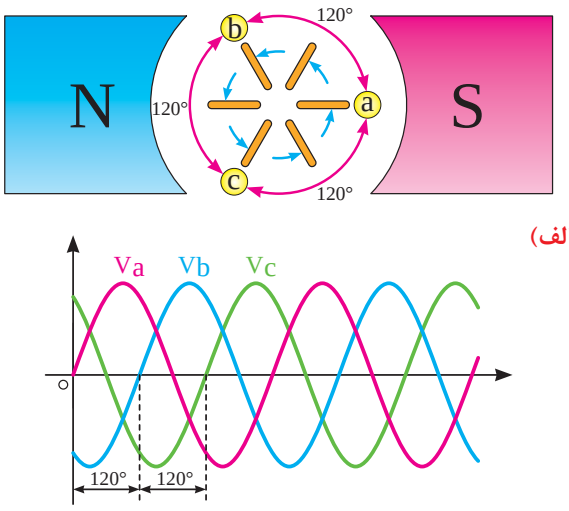
۱ـ۱۱ـ اتصالات آلترناتور سه فاز

اســاس کار آلترناتورهای ســه فاز مشــابه مولدهای تک فــاز اســت در این مولدها با حرکــت کلاف در داخل میدان مغناطیســی یا با حرکت میدان مغناطیسی در مقابل کلاف ولتاژ القایی تولید می شــود. شــکل ۱ـ۱۱ تفاوت اصلی این مولدها در ساختمان داخلی آن ها است.

شکل ۱-۱۱

هر مولد سه فاز دارای سه دسته سیم پیچی است که در فضای دایرهای شکل با زاویه مکانی ۱۲۰° نسبت به هم قرار می گیرند. با قطع خطوط قوا توسط این سیم پیچ ها سه نوع جریــان القایی متقارن با اختلاف فــاز مکانی ۱۲۰° به وجود می آید، به این نوع جریان «سه فاز» می گویند.

شــکل ۲ـ۱۱ وضعیــت ســیم پیچ های داخــل میدان مغناطیســی و شــکل موج های تولید شــده توسط آن ها را نشان می دهد.

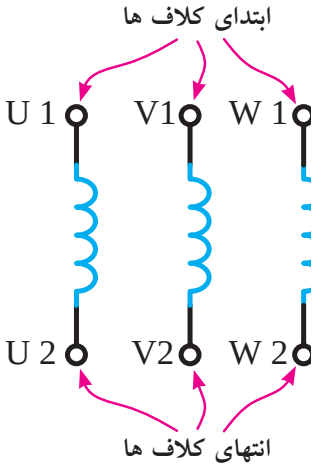


(الف)

(ب)

شکل ۲-۱۱

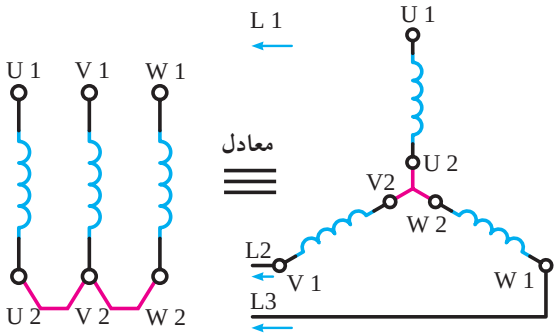
شــکل ۳ـ۱۱ ســه ســیم پیچ مولد را به همــراه حروف اختصاری در استاندارد IEC را نشان می دهد که معرف سه گروه کلاف در مولدهای سه فازه است.



شکل ۳-۱۱

۱ـ۱ـ۱۱ـ اتصال کلاف ها: کلاف ها به دو صورت به هم اتصال داده می شوند.

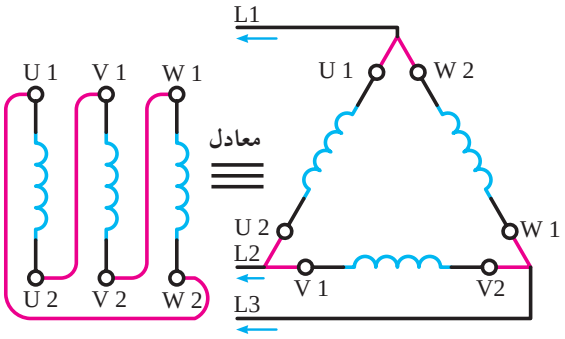
ـ اتصال ستاره: اگر انتهای کلاف های اول و دوم و سوم به یکدیگر اتصال یابند و از ابتدای کلاف جریان دریافت شود این نوع اتصال را «اتصال ستاره» می گویند و آن را با علامت ( ) نشان می دهند. در شکل ۴ـ۱۱ نحوه اتصال کلاف های مولد به حالت ستاره را مشاهده می کنید.



شکل ۴ـ۱۱

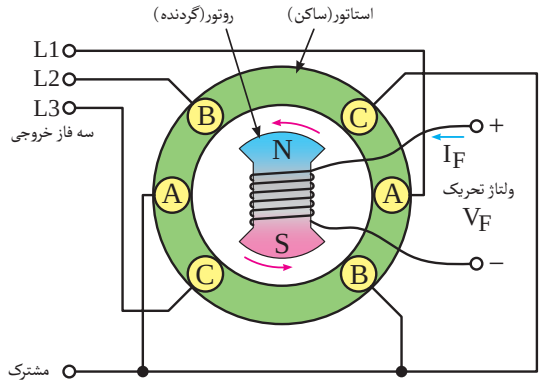
ـ اتصال مثلث: هرگاه انتهای کلاف اول به ابتدای کلاف دوم، انتهای کلاف دوم به ابتدای کلاف سوم، انتهای کلاف سوم، به ابتدای کلاف اول متصل شود و ابتدای کلاف ها جریان دریافت شود این نوع اتصال را اتصال مثلث می گویند و آن را با علامت (Δ) نشان می دهند.

نحوه اتصال کلاف های مولد به حالت مثلث در شکل ۵ـ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۵ـ۱۱

شکل (۶ـ۱۱) تصویر یک مولد را نشان می دهد که سیم پیچ های آن به صورت ( ) وصل شده است. از محل اتصال انتهای کلاف ها در اتصال ستاره معمولاً سمی خارج می شود که آن را «سیم مشترک» یا «سیم نول یا صفر» می نامند.



شکل ۶ـ۱۱

در شکل ۷ـ۱۱ 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 ۷ـ۱۱

ـ ترمینال اتصال (تخته کلم): نحوه قرار گرفتن سر و ته کلاف های مولد روی ترمینال اتصال (تخته کلم) جهت اتصال به مدار مطابق شکل ۸ـ۱۱ است.

برای اتصال کلاف ها به صورت ستاره یا مثلث از تیغه های مسی در روی ترمینال اتصال استفاده می شود. در شکل ۹ـ۱۱ 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 U۱ ، V۱ ، W۱ به ترتیب با حروف U ، V ، W و حروف ته کلاف ها U۲ ، V۲ ، W۲ به ترتیب با حروف * مشخص می کنند. در شکل ۱۰ـ۱۱ این مطلب نشان داده شده است.

۲ـ۱۱ـ فرکانس خروجی آلترناتور

فرکانس مولدهای سه فازه از رابطه زیر به دست می آید:

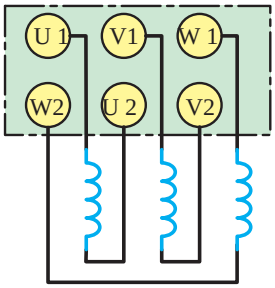
$$f = \frac{n.p}{۶۰}$$

که در این رابطه:

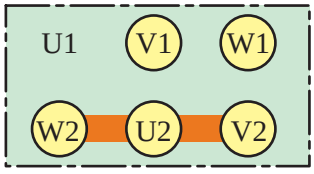
n ـ تعداد دور روتور بر حسب دور بر دقیقه

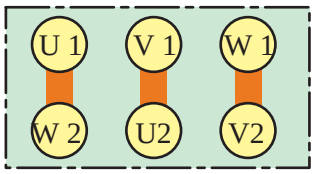
p ـ تعداد زوج قطب های استاتور است.

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 ۵۰HZ است. در شکل ۱۱ـ۱۱ تصویر دو مولد ۲ قطب و ۸ قطب نشان داده شده است.

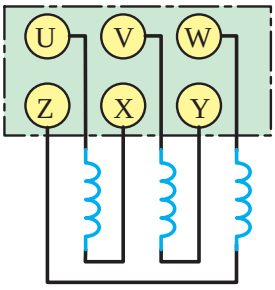


شکل ۸-۱۱

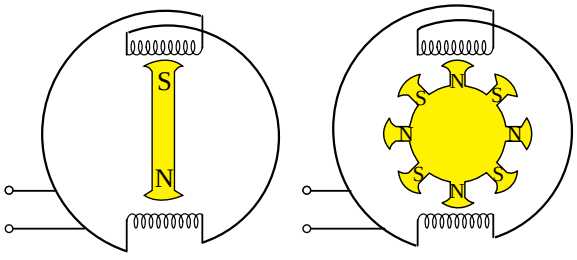




شکل ۹-۱۱



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.

۳ـ۱۱ـ جریان هـا و ولتاژها در اتصالات ستاره مثلث متعادل

قبل از بررسـی روابط و خصوصیـات اتصالات $\curlyvee$ و Δ لازم است با چهار مفهوم در مدارهای سه فازه آشنا شویم:

الف ـ جریان خطی (I_L): جریانی که از خطوط خارجی مولد برای مصرف کننده ها فرسـتاده می شـود، را «جریان خطی» گویند.

ب ـ جریان فازی (I_P): جریانی که از داخل هر یک از سیم پیچ های مولد سه فازه عبور می کنند را «جریان فازی» می گویند.

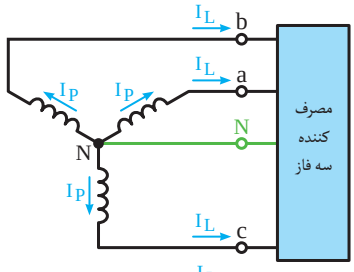
شـکل ۱۲-۱۱ جریان I_L و I_P) اتصالهای ستاره و مثلث را نشان می دهد.

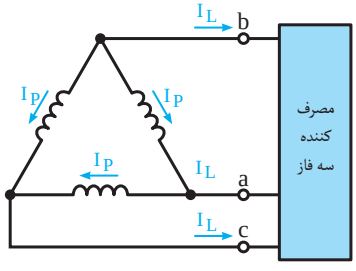
ج ـ ولتـاژ خطـی (VL): ولتاژ بین دو فـاز از فازهای خروجی یک مولد سه فازه را «ولتاژ خطی» گویند.

د ـ ولتـاژ فـازی (V_P): ولتاژ در دو سـر هـر یک از سیم‌پیچ‌های مولد را «ولتاژ فازی» گویند.

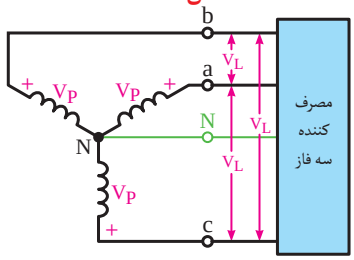
در شـکل ۱۳ـ۱۱ ولتاژهای خطی و فـازی اتصال‌های ستاره و مثلث نشان داده شده است.

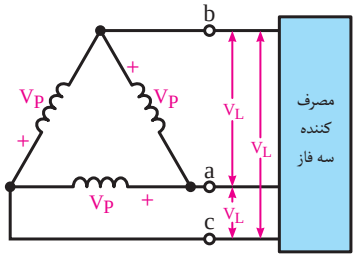
توضیح: در مدارهای سه فاز هر یک از فازها را با حروف اختصاری * نشان می دهند. (شکل ۱۴ـ۱۱)





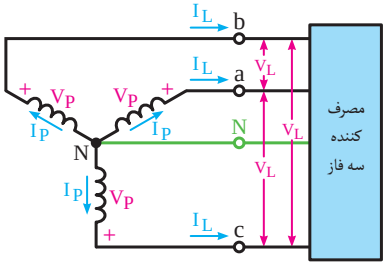
شکل ۱۲-۱۱





شکل ۱۳-۱۱

شکل ۱۴-۱۱



شکل ۱۵-۱۱

۱-۳-۱۱- مقـدار ولتـاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث:

در شکل ۱۵ـ۱۱ وضعیت سـیم پیچ ها در اتصال ستاره و مقـدار ولتاژهـا و جریان هـای فازی و خطی را مشـاهده می کنید. در این اتصال روابط زیر در مدار برقرار است:

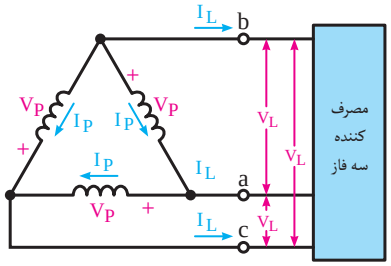
$$I_L = I_P$$
$$V_L = \sqrt{3} V_P$$

توضیح:

از محل اتصال مشترک انتهای کلاف ها معمولاً سیم خارجی می شود که آن را «سیم نول» یا «صفر» می نامند. شکل ۱۶ـ۱۱ وضعیت سیم پیچ ها ولتاژها و جریان های خطی و فازی مولد سه فازه را در اتصال مثلث نشان می دهد.

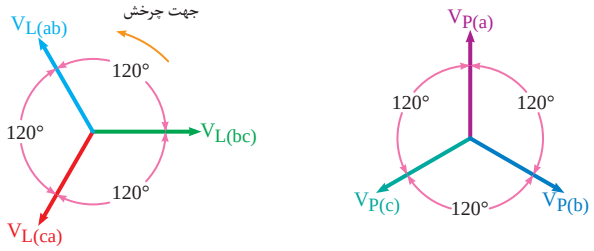
در این اتصال روابط زیر برقرار است.

$$V_L = V_P$$
$$I_L = \sqrt{3} I_P$$



شکل ۱۶-۱۱

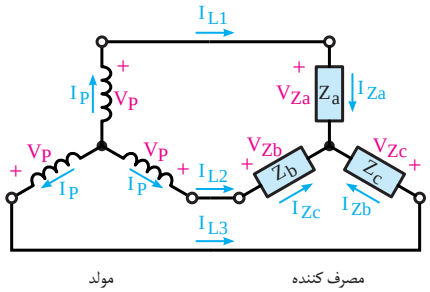
دیاگرام های برداری ولتاژهای خطی و فازی در مدارهای سه فازه به صورت شکل ۱۷ـ۱۱ ترسیم می شود.



الف ـ دیاگرام ولتاژهای فازی ب ـ دیاگرام ولتاژهای خطی

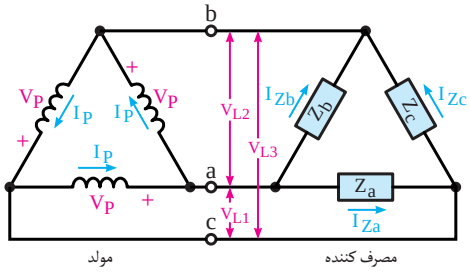
شکل ۱۷ـ۱۱

برای اینکه مصرف کننده های سه فازه بتوانند از مولد سه فازه استفاده کند، در داخل آن ها مانند مولدها از سه دسته سیم پیچ استفاده شده است. نحوه اتصال سیم پیچ ها به صورت اتصال ستاره (Y) و یا اتصال مثلث (Δ) می باشد.



شکل ۱۸-۱۱

در شکل ۱۸ـ۱۱ یک مصرف کننده با اتصال ستاره (Y) و در شکل ۱۹ـ۱۱ مصرف کننده‌ای با اتصال مثلث (Δ) نشان داده شده که به مولدهای سه فازهای با اتصال ستاره (Y) و مثلث (Δ)متصل شده اند.



شکل ۱۹-۱۱

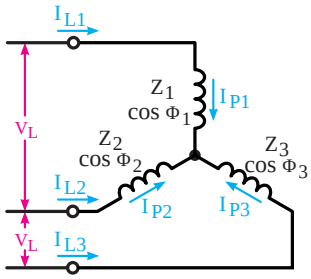
در شکل ۲۰ـ۱۱ تصویر یک نیروگاه جریان متناوب واقعی را مشاهده می کنید.

شکل ۲۰-۱۱

۲ـ۳ـ۱۱ـ بار متعادل و نامتعادل:

قبل از بررسی توان ها در مدارهای سه فازه می بایست با اصطلاحات متعادل و نامتعادل آشنا شویم.

ـ وضعیت متعادل: هرگاه تمامی مشخصات سیم پیچ های مصرف کننده و یا مولد سه فاز از قبیل امپدانس ها، جریان ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر باشند، آن مدار سه فازه را در «حالت متعادل» می گویند.



شکل ۲۱ـ۱۱

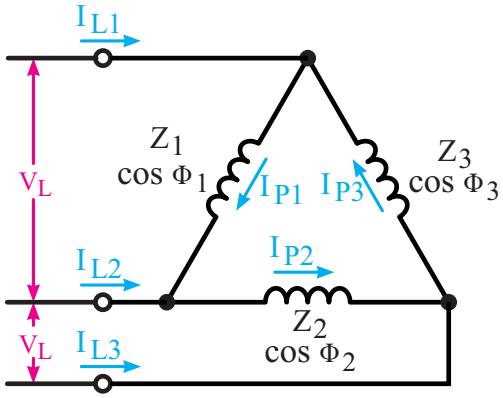
شکل ۲۱ـ۱۱ اتصال سیم پیچ های بار در حالت متعادل را نشان می دهد.

در این حالت روابط متقابل برقرار است:

$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$
$$I_{P_1} = I_{P_2} = I_{P_3}$$
$$I_{L_1} = I_{L_2} = I_{L_3}$$
$$\cos\Phi_1 = \cos\Phi_2 = \cos\Phi_3$$

مشابه شرایط و تعاریف فوق را برای اتصال مثلث (△) نیز می توان بیان کرد.

ـ وضعیت نامتعادل: اگر یکی از مشخصه های مصرف کننده یا مدار سه فاز از قبیل امپدانس، جریان ها و ولتاژهای خطی و فازی، زاویه اختلاف فاز با هم برابر نباشند آن مدار سه فازه را در «حالت نامتعادل» می گویند.



شکل ۲۲ـ۱۱

پس در این حالت رابطه تساوی بین همه مشخصه ها وجود ندارد. شکل ۲۲ـ۱۱ اتصال سیم پیچ های بار در حالت مثلث نامتعادل را نشان می دهد.

وضعیت نامتعادل به همراه شرایط آن در اتصال ستاره (⅄) نیز به وجود می آید.

۴ـ۱۱ـ انواع توان در مدارات سه فاز

توان هایی که در شبکه های سه فازه مطرح می شوند مشابه مدارهای تک فازه و شامل (توان ظاهری، توان اکتیو و توان راکتیو) است. چگونگی محاسبه توانها در شبکه سه فاز با تک فاز تفاوت دارد. روابط توان ها در مدارهای سه فازه

به صورت زیر است:

$$\text{توان ظاهری}\quad S=\sqrt{3}V_L I_L \quad [V.A]$$
$$\text{توان اکتیو}\quad P=\sqrt{3}V_L I_L \cos\phi \quad [W]$$
$$\text{توان راکتیو}\quad P=\sqrt{3}V_L I_L \sin\phi \quad [VAR]$$

در تصاویر شکل ۲۳ـ۱۱ مصرف کننده‌های اهمی و غیراهمی نشان داده شده است.

اگر روابط فوق را بر حسب مقادیر فازی بخواهیم می‌توانیم به صورت زیر نوشت:

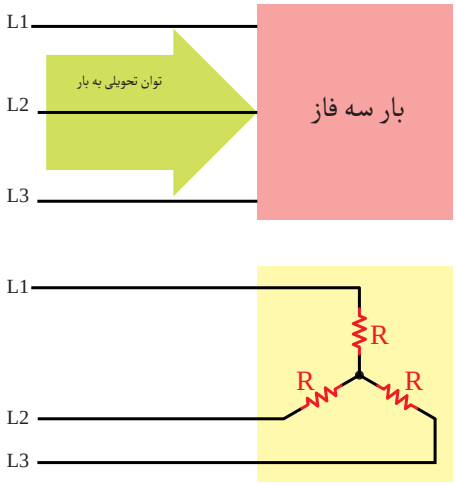
$$S=3V_p I_p \quad [V.A]$$
$$P=3V_L I_L \cos\phi \quad [W]$$
$$P=3V_L I_L \sin\phi \quad [VAR]$$

ϕ ـ زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان

اگر یک مصرف کننده سه فاز را بتوان به صورت ستاره مثلث راهاندازی کرد، توان نامی در اتصال ستاره متعادل آن $\frac{1}{3}$ توان نامی در اتصال مثلث متعادل است. به همین دلیل ازاین اتصالات به عنوان روش راهاندازی مصرف کنندههای سه فاز با قدرت زیاد استفاده می‌شود چرا که به خاطر کم شدن توان، جریان راهاندازی آنها کاهش می‌یابد.

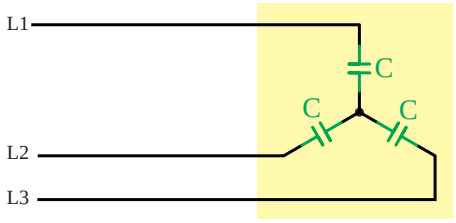
$$P_{\curlywedge}=\frac{1}{3}P_{\Delta}$$

در تصاویر شکل ۲۴ـ۱۱ اتصالات ستاره و مثلث را به همراه پارامترهای آن مشاهده میکنید.



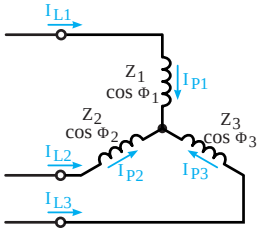
(الف)

ب ـ مصرف کننده اهمی خالص توان دریافتی را مصرف می کند.



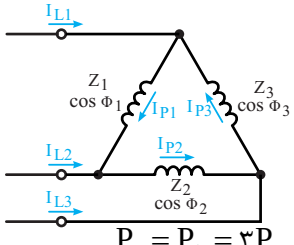
ج ـ مصرف کننده غیر اهمی (سلفی ـ خازنی) توان را مصرف نمی کند.

شکل ۲۳ـ۱۱ـ بارهای سه فاز



$$\begin{cases} ZP_1 = ZP_2 = ZP_3 \\ IP_1 = IP_2 = IP_3 \\ \cos\Phi_1 = \cos\Phi_2 = \cos\Phi_3 \end{cases}$$

$$P=3V_P I_P \cos\Phi$$



شکل ۲۴ـ۱۱ـ اتصالات ستاره و مثلث

آزمون پایانی (۱۱)

۱ـ علت قرار گرفتن کلاف‌های آلترناتور با اختلاف فاز ۲۰ درجه چیست؟

الف ـ برای ایجاد تقارن در جریان‌ها　　ب ـ به علت دو قسمتی بودن هر کلاف

ج ـ برای افزایش ولتاژ القایی　　د ـ به علت کاهش تعداد قطب‌ها

۲ـ انتهای گروه کلاف دوم آلترناتور سه فاز را با حرف ..... نشان میدهند.

الف - W۲　　ب - V۲　　ج ـ V۱　　د- U۲

۳ـ برای ایجاد اتصال مثلث به ترتیب ته کلاف اول و سوم مولد را به کدام سرها باید اتصال داد؟

الف - W۱ - V۱　　ب - W۱ - U۱　　ج ـ V۱ - U۱　　د- U۱ - V۱

۴ـ فرکانس یک مولد شش قطب با سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه میچرخد چند هرتز است؟

الف - ۵۰　　ب - ۳۰۰　　ج ـ ۱۵۰　　د- ۷۵

۵ـ جریانی که به طرف مصرف کننده جاری میشود را با حروف ..... نشان میدهند.

الف - I_P　　ب - I_Z　　ج ـ I_L　　د- I_T

۶ـ کدام رابطه ولتاژی در اتصال (⅄) صحیح است؟

الف ـ $V_P = V_L$　　ب - $V_P = \sqrt{۳}V_L$　　ج - $V_L = \sqrt{۳}V_P$　　د - $V_L = \frac{V_P}{۳}$

۷ـ کدامیک از روابط زیر رابطه صحیح جریانها در اتصال مثلث است؟

الف - $I_L = \frac{I_P}{\sqrt{۳}}$　　ب - $I_P = \frac{I_L}{\sqrt{۳}}$　　ج - $I_L = I_P$　　د- $I_L = ۳I_P$

۸ـ در دیاگرام برداری ولتاژهای شکل ۲۵ـ۱۱ بردارهای X و Y به ترتیب چچه ولتاژی هستند؟

الف - ab وca　　ب - cb و ca　　ج ـ ab و cb　　د- cb و ab

۹ـ کدامیک از موارد زیر روابط توان اکتیو را نشان میدهد؟

الف - $\sqrt{۳}V_L I_L$　　ب - $۳V_P I_P \cos\phi$　　ج ـ $۳V_P I_P \sin\phi$　　د- $ab\sqrt{۳}V_L I_L \sin\phi$

۱۰ـ کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

الف - $P = \frac{۱}{۳}P_\Delta$　　ب - $P_\Delta = \frac{۱}{۳}P_\lambda$　　ج - $P_\lambda = \frac{۲}{۳}P_\Delta$　　د- $P_\lambda = \frac{۳}{۲}P_\Delta$

۱۱ـ در اتصال ستاره انتهای کلاف‌های اول و دوم و سوم به یکدیگر متصل است. ❑صحیح ❑غلط

۱۲ـ فرکانس خروجی مولد از رابطه $f = \frac{P \times ۶۰}{n_S}$ به دست میآید. ❑صحیح ❑غلط

۱۳ـ جریانی که از خطوط خارجی مولد در مصرف کنندهها جاری میشود را از جریان فازی می‌گویند. ❑صحیح ❑غلط

۱۴ـ در اتصال ستاره جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فازی است. صحیح ❑ غلط ❑

۱۵ـ توان راکتیو یک شبکه سه فازه از رابطه ..... محاسبه می‌شود.

۱۶ـ سیمی که از محل اتصال انتهای کلاف‌ها در اتصال ستاره خارج میشود، را ..... می‌گویند.

۱۷ـ ولتاژ دو سر هر یک از سیم پیچ‌های مولد را ..... می‌گویند.

۱۸ـ فرکانس مولدهای سه فاز با دو عامل ..... و ..... رابطه مستقیم دارد.

۱۹ـ منظور از بار متعادل و نامتعادل چیست؟

۲۰ـ اتصالات ستاره و مثلث را روی تخته کلم (ترمینال اتصال) مولد براساس استاندارد IEC رسم کنید.

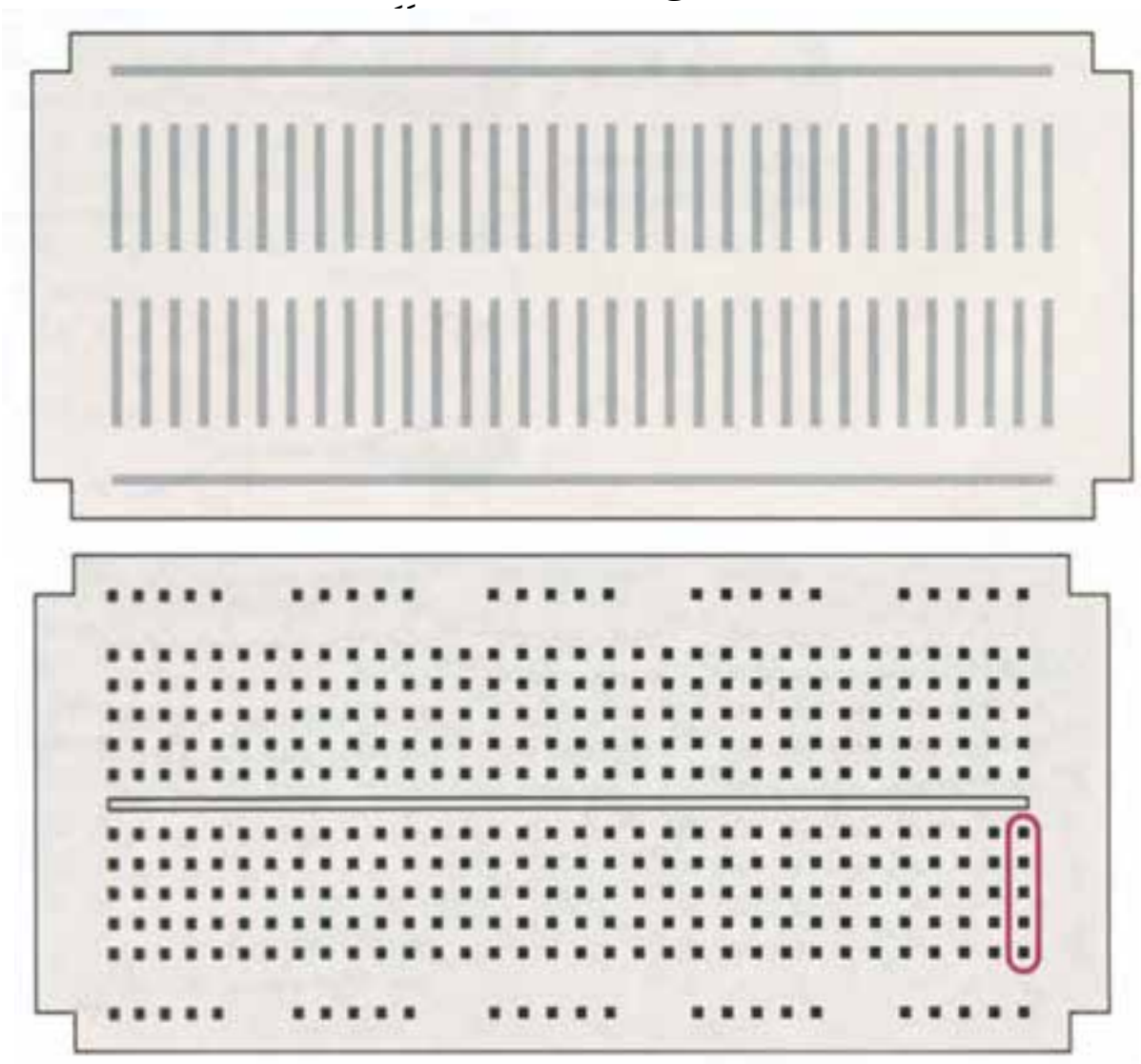
توجه: مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

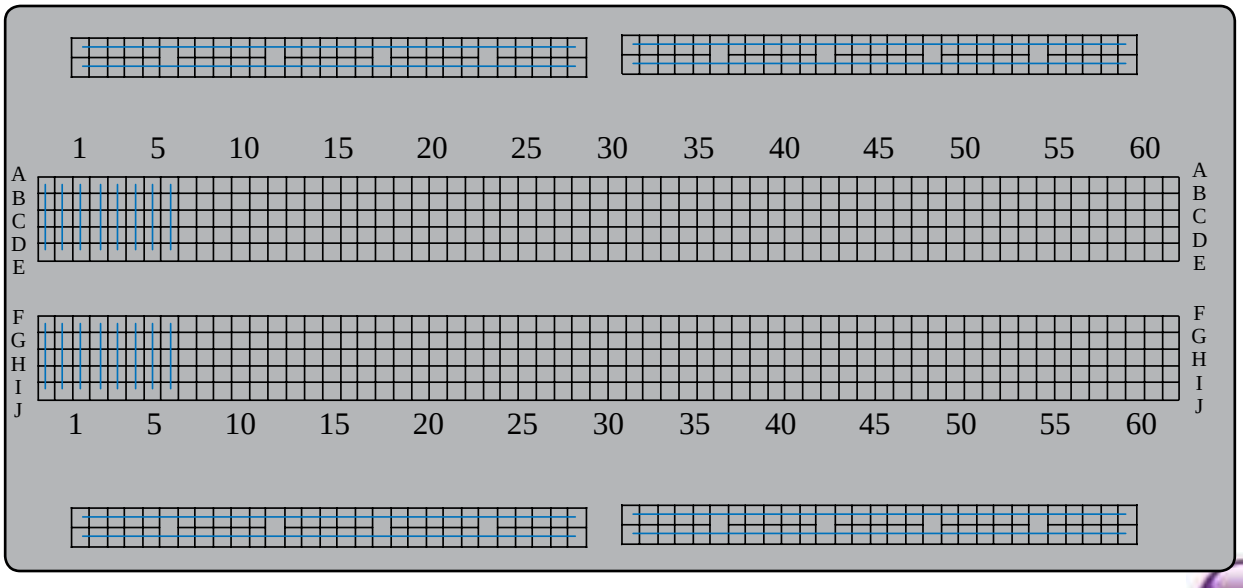
توجه

مطالب مربوط به سوالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجددا مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

ضمیمه

تصویر واقعی و اتصالات صفحه بِرِد بُرد





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 ☒
۳- د	۶- ج	۹- ج	۱۲- د	۱۵- غلط ☒

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 ☒
۴- د	۸- الف	۱۲- د	۱۶- ج	۲۰- صحیح ☒

پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

الف - چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

ب- چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

ج- چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

د- چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

هـ - چون هادی است لامپ روشن می‌شود.

و - چون عایق است لامپ روشن نمی شود.

ز- چون عایق است لامپ روشن نمی‌شود.

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- $۲۷\Omega \pm ٪۱۰$ د- $۶/۸k\Omega \pm ٪۱۰$
ب- $۱۰۰\Omega \pm ٪۱۰$ هـ- $۳۳\Omega \pm ٪۱۰$
ج- $۵۶۰k\Omega \pm ٪۵$ و - $۴۷k\Omega \pm ٪۲۰$

۱۴-
الف) b ب) d ج) l د) f هـ) a

۱۵- ب ۲۰- واریستور(VDR) ۲۵- غلط ☒ ۳۰- صحیح ☒
۱۶- د ۲۱- کرم نیکل ۲۶- غلط ☒
۱۷- د ۲۲- سبز، آبی ، قرمز، طلایی ۲۷-صحیح ☒
۱۸- رئوستا ۲۳- کربن، لایه فلز ۲۸-صحیح ☒
۱۹- PTC ۲۴- غلط ☒ ۲۹- غلط ☒

پاسخ سؤالات فصل ۴

پیش آزمون ۴

۱- ج	۴- ب	۷- ج	۱۰- ب	۱۳- ب
۲- ج	۵- ج	۸- ب	۱۱- الف	۱۴- د
۳- الف	۶- د	۹- د	۱۲- ب	۱۵- ج

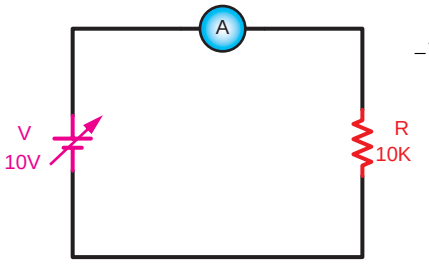
آزمون پایانی (۴)

۱- ج	۶- ب	۱۱- د	۱۶- فیوز	۱۹- غلط ☒
۲- ب	۷- ج	۱۲- منبع تغذیه	۱۷- مستقیم	۲۰- صحیح ☒
۳- د	۸- الف	۱۳- منبع تغذیه	۱۸- غلط ☒	
۴- ج	۹- د	۱۴- $I(R_1+R_4)$ یا R_1I+R_4I		
۵- د	۱۰- الف	۱۵- KVL یا ولتاژهای کیرشهف		

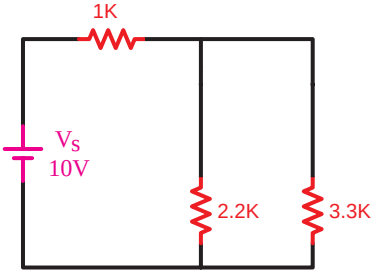
پاسخ خودآزمایی عملی

۱-

۲-



۳-



پاسخ سؤالات فصل ۵

پیش آزمون ۵

۱- د	۴- ج	۷- الف	۱۰- د	۱۳- ب
۲- ج	۵- الف	۸- الف	۱۱- ج	۱۴- د
۳- ب	۶- الف	۹- الف	۱۲- ج	۱۵- ج

آزمون پایانی (۵)

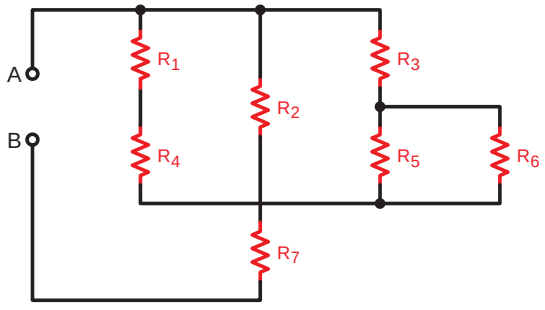
۱- د	۶- ب	۱۱- ب	۱۶- الف	۲۱- ج
۲- الف	۷- الف	۱۲- الف	۱۷- ب	
۳- الف	۸- الف	۱۳- ج	۱۸- ب	
۴- ب	۹- ج	۱۴- ب	۱۹- ب	
۵- د	۱۰- ب	۱۵- د	۲۰- د	

۲۲- خیر چون ولتاژ کل برابر ۲۴ ولت است پس در این شرایط می‌بایست مقاومت R_2 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.



۲۴- صفر

۲۵- مقاومت کل (مقاومت معادل)

۲۶- اهم‌متر

۲۷- صحیح ☒

۲۸- غلط ☒

۲۹- غلط ☒

پاسخ سؤالات فصل ۶

پیش آزمون ۶

۱- ب	۴- ج	۷- ج	۱۰- د	۱۳- ب
۲- ج	۵- ب	۸- ج	۱۱- ب	۱۴- ج
۳- الف	۶- الف	۹- الف	۱۲- د	۱۵- ب

آزمون پایانی (۶)

۱- ج	۴- د	۷- ب	۱۰- الف	۱۳-زیادتر(بیشتر)
۲- د	۵- ب	۸- ج	۱۱- توان‌تلف‌شده	۱۴- صحیح ☒
۳- ج	۶- ب	۹- ب	۱۲- وات‌متر	۱۵- غلط ☒

پاسخ سؤالات فصل ۷

پیش آزمون ۷

۱- ج
۲- د
۳- ب
۴- د
۵- ج
۶- ب
۷- ج
۸- ب
۹- ب
۱۰- د
۱۱- د
۱۲- د
۱۳- الف
۱۴- ج
۱۵- ب

آزمون پایانی (۷)

۱- د
۲- ج
۳- الف
۴- ب
۵- ب
۶- الف
۷- ب
۸- ج
۹- الف
۱۰- الف
۱۱- ب
۱۲- ج
۱۳- د
۱۴- ج
۱۵- ج
۱۶- ج
۱۷- ج
۱۸- د
۱۹- الف
۲۰- ج
۲۱- ب
۲۲- الف
۲۳- ج
۲۴- الف
۲۵- د
۲۶- ب
۲۷- ج
۲۸- جذب
۲۹- نرم
۳۰- نیروی محرکه مغناطیسی
۳۱- میدان مغناطیسی
۳۲- غلط ☒
۳۳- غلط ☒
۳۴- صحیح ☒
۳۵- صحیح ☒

پاسخ سؤالات فصل ۸

پیش آزمون ۸

۱- ج	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 سؤالات فصل ۹

پیش آزمون ۹

۱- ج
۲- ج
۳- د
۴- الف
۵- ب
۶- د
۷- الف
۸- الف
۹- د
۱۰- الف
۱۱- ج
۱۲- الف
۱۳- ب
۱۴- د
۱۵- ب

آزمون پایانی (۹)

۱- ب
۲- ج
۳- د
۴- الف
۵- ب
۶- ج
۷- الف
۸- ج
۹- الف
۱۰- د
۱۱- ب
۱۲- ب
۱۳- الف
۱۴- د
۱۵- ج
۱۶- ب
۱۷- الف
۱۸- ب
۱۹- ب
۲۰- د
۲۱- الف
۲۲- ب
۲۳- د
۲۴- ج
۲۵- ب
۲۶- ج
۲۷- ب
۲۸- د
۲۹- الف
۳۰- الف
۳۱- ج
۳۲- د
۳۳- الف
۳۴- الف
۳۵- الف
۳۶- د
۳۷- الف
۳۸- ج
۳۹- ب
۴۰- الف
۴۱- الف
۴۲- ج
۴۳- د
۴۴- الف
۴۵- ب
۴۶- ج
۴۷- الف
۴۸- د
۴۹- پیش‌قاز
۵۰- راکتانس سلفی
۵۱- جلوتر
۵۲- غلط ☒
۵۳- مثبت - منفی
۵۴- غلط ☒
۵۵- کوچکتر(کمتر)

پاسخ سؤالات فصل ۱۰

پیش آزمون ۱۰

۱- د
۲- الف
۳- د
۴- الف
۵- ب
۶- د
۷- الف
۸- الف
۹- د
۱۰- الف
۱۱- ج
۱۲- الف
۱۳- ب
۱۴- د
۱۵- ب

آزمون پایانی (۱۰)

۱- د
۲- الف
۳- ب
۴- ج
۵- ج
۶- الف
۷- ب
۸- ج
۹- غلط ☒
۱۰- صحیح ☒
۱۱- غلط ☒
۱۲- غلط ☒
۱۳- حلقه‌های لغزنده
۱۴-جاروبک‌هایازغال‌ها
۱۵- تعداد تیغه‌های کلکتور

پاسخ سؤالات فصل ۱۱

پیش آزمون ۱۱

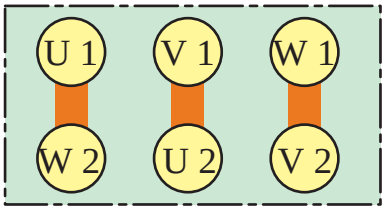
۱- د
۲- الف
۳- ج
۴- د
۵- ب
۶- د
۷- ج
۸- ج
۹- ج
۱۰- ب

آزمون پایانی (۱۱)

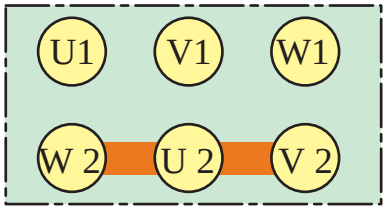
۱- الف
۲- ب
۳- د
۴- د
۵- ج
۶- ج
۷- ب
۸- الف
۹- ج
۱۰- الف
۱۱- صحیح ☒
۱۲- غلط ☒
۱۳- غلط ☒
۱۴- غلط ☒
۱۵- $\sqrt{۳}V_L \sin\phi$
۱۶- سیم تول
۱۷- ولتاژ فازی
۱۸- دور - تعداد زوج قطب

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.

۲۰-



اتصال مثلث (△)



اتصال (Y)

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

۵- موتورهای الکتریکی ترجمه: مهندس عین‌الله احمدی - مهندس حسین مظفری
۶- الکترونیک کاربردی مؤلفین: مهندسین شهرام نصیری سواد کوهی - شهرام خدادادی
۷- مبانی برق ترجمه : مهندس عین الله احمدی - حسین مظفری - فریدون قیطرانی
۸- اصول مقدماتی الکتریسیته مؤلف: مهندس غلامعلی سرابی
۹- الکتروتکنیک آزمایشگاهی ترجمه: مهندس محمود ربیع زاده