فصل دوازدهم

اتّصال پیل ها

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ اتّصال سری ــ موازی پیل‌ها را توضیح دهد.

۲ــ پیل‌ها را به طور سری، موازی و مختلط به یک‌دیگر اتّصال دهد.

۳ــ کاربرد پیل‌ها را به‌طور سری و موازی و مختلط توضیح دهد.

۴ــ مقاومت داخلی و اثرات آن را بیان کند.

۵ــ پلاریته‌ی نقاط مختلف را در اتّصال سری ــ موازی و مختلط مشخص کند.

۶ــ اتّصال متقابل را توضیح دهد.

۷ــ باتری‌ها را از نظر توان (آمپر ساعت) با هم مقایسه کند.

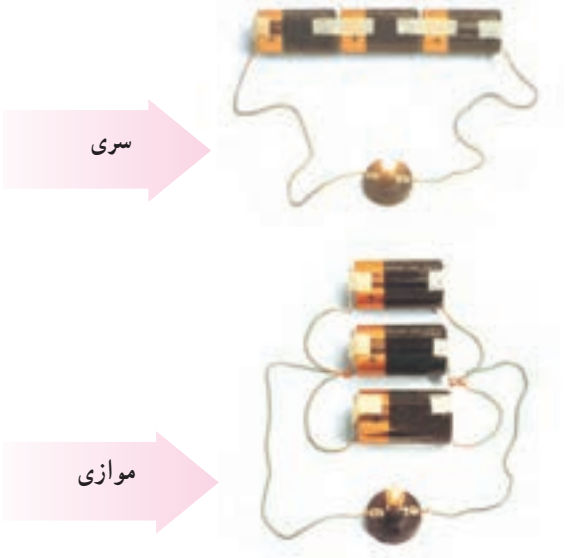
۱ــ۱۲ــ اتّصال باتری‌ها

یکی از منابع تأمین انرژی الکتریکی باتری‌ها هستند. باتری‌ها انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. نمونه‌ای از باتری‌ها، پیل‌های خشک و تر هستند که در چراغ قوه و اتومبیل به کار می‌روند.

واژه‌ی باتری و پیل را معمولاً به جای یک‌دیگر به کار می‌برند اما این دو از نظر تکنیکی با هم تفاوت دارند. باتری از دو یا چند پیل تشکیل می‌شود که به طور سری یا موازی به هم وصل شده‌اند. به عبارت دیگر، پیل‌ها واحد تشکیل دهنده‌ی باتری‌ها هستند. نمای مداری یک پیل به صورت دو خط موازی است که یکی بزرگ‌تر و دیگری کوچک‌تر می‌باشد (شکل ۱ــ۱۲).

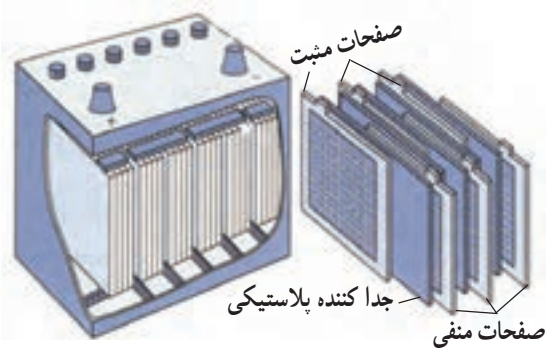
شکل ۱ــ۱۲ــ نمای مداری یک پیل

خط بزرگ‌تر را معمولاً قطب مثبت و خط کوچک‌تر را قطب منفی در نظر می‌گیرند. در شکل ۲ــ۱۲ اتصال سری و موازی پیل‌ها را مشاهده می‌کنید.



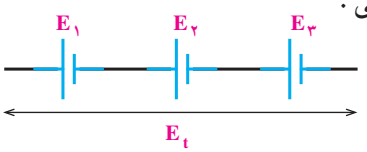
شکل ۲ــ۱۲ــ اتصال سری و موازی پیل‌ها

پیل‌های خشک در دو نوع قابل شارژ و غیر قابل شارژ تولید می‌شوند که بر روی آن‌ها حتماً مشخص می‌شود. در صورتی که پیل‌های تر معمولاً قابل شارژ هستند. در شکل‌های ۳ــ۱۲ یک نمونه پیل تر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳ــ۱۲ــ یک نمونه باتری تر

برای به دست آوردن ولتاژهای بیش‌تر، چند پیل را با هم سری می‌کنند برای سری کردن پیل‌ها باید قطب مثبت هر پیل به قطب منفی پیل دیگر اتصال یابد. ولتاژ کل یک باتری در صورت اتصال صحیح با مجموع ولتاژ تک‌تک پیل‌های سری شده برابر است ؛ یعنی :



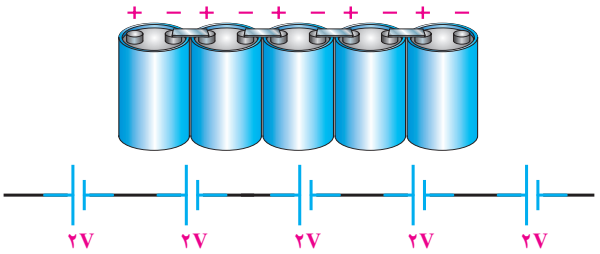
$$E_t = E_1 + E_2 + E_3$$

رابطه‌ی ولتاژ کل n پیل سری شده به صورت زیر است :

$$E_t = E_1 + E_2 + \cdots + E_n$$

لازم به ذکر است در اتصال سری پیل‌های سری جریان عبوری از مدار یکسان است.

در شکل ۴ــ۱۲اتصال سری چند پیل را می‌بینید.



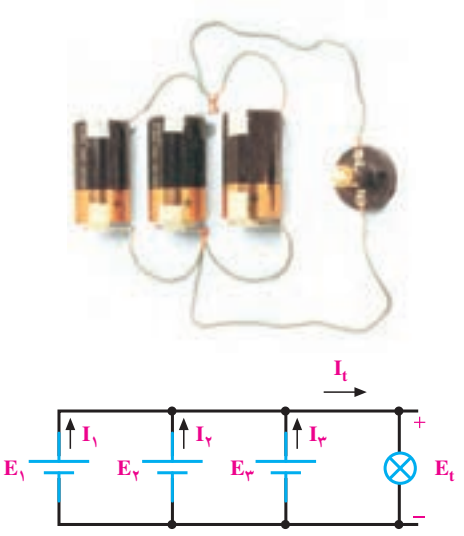
شکل ۴ــ۱۲ــ اتصال سری پیل‌ها

برای بالا بردن جریان‌دهی باتری، پیل‌ها به طور موازی بسته می‌شوند. برای موازی کردن پیل‌ها باید قطب مثبت پیل‌ها را به یکدیگر و قطب منفی آن‌ها را به یکدیگر اتصال داد. در شکل‌های ۵ ــ۱۲چند پیل موازی به صورت نمای الکتریکی و ظاهری نشان داده شده است.

لازم به توضیح است که در مدار شکل ۵ــ۱۲ ولتاژ دو سر پیل‌ها باید با هم برابر باشد امّا ظرفیّت جریان‌دهی، متناسب با تعداد پیل‌ها افزایش می‌یابد ؛ یعنی :

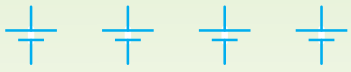
$$E_t = E_1 = E_2 = E_3$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$



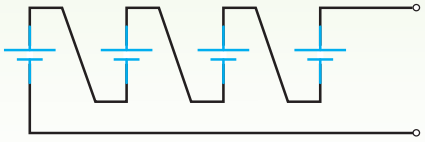
شکل ۵ــ۱۲ــ نمای ظاهری و مداری چند پیل موازی

مثال ۱: پیل‌های شکل ۶ــ۱۲ را طوری وصل کنید که حداکثر ولتاژ از آن‌ها به دست آید.



شکل ۶ــ۱۲

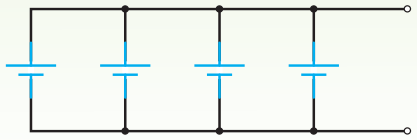
راه حل:



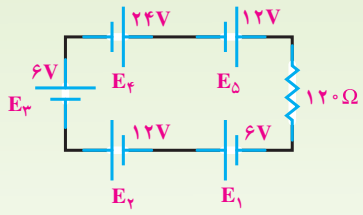
مثال ۲: پیل‌های شکل ۷ــ۱۲ را برای به دست آوردن حداکثر ظرفیّت جریان به یک‌دیگر اتّصال دهید.

شکل ۷ــ۱۲

راه حل:



مثال ۳: در مدار شکل ۸ــ۱۲ ولتاژ و جریان دو سر مصرف کننده چه‌قدر است؟



شکل ۸ــ۱۲

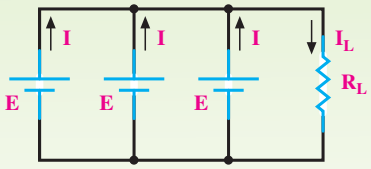
راه حل:

$$E_t = E_۱ + E_۲ + E_۳ + E_۴ + E_۵$$

$$E_t = ۶V + ۱۲V + ۶V + ۲۴V + ۱۲V = ۶۰V$$

$$I = \frac{E_t}{۱۲۰\Omega} = \frac{۶۰V}{۱۲۰\Omega} = ۰/۵A$$

مثال ۴: در مدار شکل ۹ــ۱۲ ولتاژ و جریان دو سر بار چه‌قدر است :



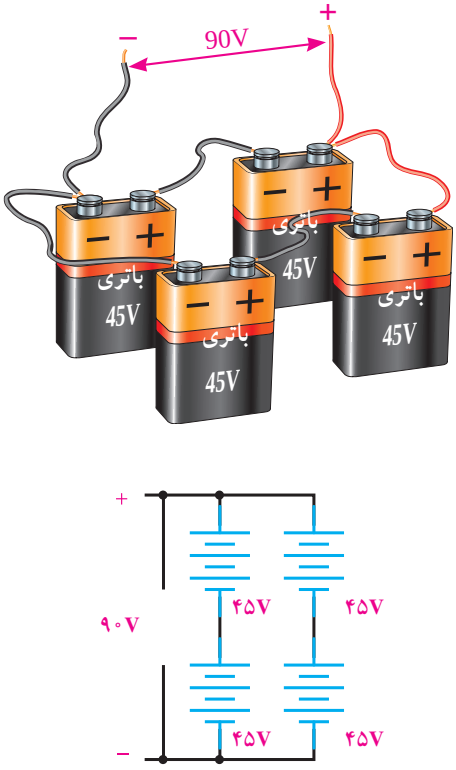
شکل ۹ــ۱۲

راه حل:

$$U_L = E_t = E$$

$$I_L = I + I + I = ۳I$$

اگر بخواهند ولتاژ باتری و جریان‌دهی را افزایش دهند، پیل‌های تشکیل دهنده‌ی باتری را به طور سری ــ موازی به هم وصل می‌کنند (شکل ۱۰ــ۱۲).



شکل ۱۰ــ۱۲ــ اتّصال ترکیبی باتری‌ها

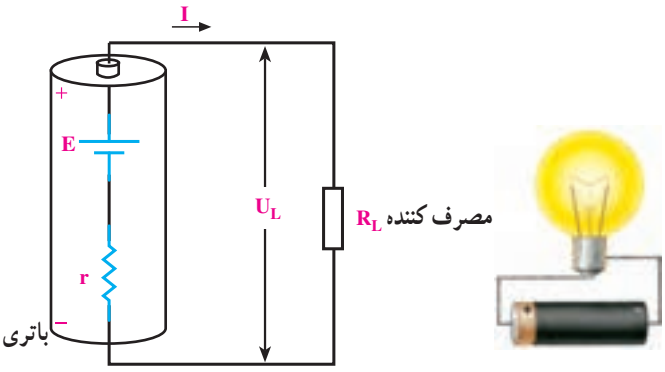
باتری‌ها را نیز می‌توان با یک‌دیگر به‌طور سری یا موازی بست. در صورتی که بخواهیم ولتاژ کل را بالا ببریم، باتری‌ها را سری می‌بندیم (ولتاژ باتری‌ها می‌تواند مساوی یا نامساوی باشد).

در صورتی که بخواهیم ظرفیّت جریان را بالا ببریم، باتری‌ها را موازی می‌بندیم اگر ولتاژ باتری‌ها مساوی باشد، هر باتری در افزایش ظرفیّت جریان کل شریک است امّا اگر ولتاژ یک یا چند باتری از ولتاژ سایر باتری‌ها کم‌تر باشد، باتری‌های با ولتاژ کم‌تر مانند مصرف‌کننده عمل می‌کنند و علاوه بر این که در تولید جریان همکاری ندارند، جریان نیز دریافت می‌کنند.

۲ــ۱۲ــ مقاومت داخلی پیل‌ها (باتری)

یک مولّد (باتری) را در نظر می‌گیریم ؛ ابتدا به کمک ولت‌متر، ولتاژ دو سر باتری را اندازه‌گیری کرده مقدار آن را

یادداشت می‌کنیم. سپس باتری را به دو سر یک مقاومت می‌بندیم. بار دیگر ولتاژ دوسر باتری را اندازه می‌گیریم و یادداشت می‌کنیم. از مقایسه‌ی ولتاژها، متوجه می‌شویم که ولتاژ اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی دوم از ولتاژ اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی اوّل کم‌تر است ؛ در صورتی که انتظار می‌رفت، ولتاژ اندازه‌گیری شده در هر دو مرحله برابر باشد. از این‌رو اختلاف ولتاژ اندازه‌گیری شده را این گونه تعبیر می‌کنیم که باید حتماً در داخل مولد (باتری)، مقاومتی وجود داشته باشد که با عبور جریان از آن و افت مقداری از ولتاژ باتری در دو سر مقاومت ، ولتاژ باتری کاهش یافته است. این مقاومت را مقاومت داخلی مولد (باتری) گویند. مقاومت داخلی هر باتری از نظر مصرف مانند مقاومتی است که با باتری سری شده است. شکل ۱۱ــ۱۲ یک باتری را با مقاومت داخلی نشان می‌دهد. مقاومت داخلی باتری را با حرف r نمایش می‌دهند که همیشه با مصرف کننده سری می‌شود.



شکل ۱۱ــ۱۲ــ مقاومت داخلی باتری

هرچه مقاومت داخلی باتری کوچک‌تر باشد، افت ولتاژ دو سر آن کوچک‌تر است و می‌توان آن را نادیده گرفت. با ضعیف شدن باتری، مقاومت داخلی آن زیاد می‌شود و در نتیجه، ولتاژ و شدّت جریان تولیدی باتری را کاهش می‌دهد.

علّت کاهش ولتاژ دوسر باتری ــ همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد ــ این است که مقداری از ولتاژ باتری در دو سر مقاومت داخلی افت می‌کند و بقیه‌ی ولتاژ آن به مصرف کننده می‌رسد. در مورد کاهش جریان باتری، چون مقاومت داخلی باتری به مقاومت کل مدار اضافه می‌شود، شدّت جریان کاهش می‌یابد، مثلاً برای مدار شکل ۱۱ــ۱۲ ولتاژ و جریانی که به مصرف‌کننده می‌رسد برابر است با :

$$R_t = r + R_L$$

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{E}{r + R_L}$$

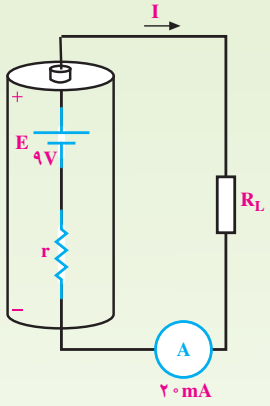
$$U_L = E - U_r = E - I.r$$

E ولتاژ باتری، U_r افت ولتاژ دو سر مقاومت داخلی و U_L افت ولتاژ دو سر بار یا مصرف کننده است.

از روابط گفته شده چنین برمی‌آید که ولتاژی که به مصرف‌کننده می‌رسد، همیشه به اندازه‌ی افت ولتاژ دو سر مقاومت داخلی از ولتاژ باتری کم‌تر است.

مثال ۵: در مدار شکل ۱۲ــ ۱۲

الف : مقدار r و ولتاژی که به بار می‌رسد وقتی که $R_L = ۳۰۰\Omega$ باشد، چه‌قدر است؟



شکل ۱۲ــ۱۲

ب : اگر R_L را به ۳۴۵۰ اهم افزایش دهیم، ولتاژ دو سر بار و شدّت جریان مدار چه‌قدر می‌شود؟

راه حل: الف ــ $R_L = ۳۰۰\Omega$

مقاومت معادل با استفاده از قانون اهم

$$R_t = \frac{E}{I} = \frac{۹V}{۲۰mA} = ۴۵۰\Omega$$

$$R_t = r + R_L$$

$$r = R_t - R_L = ۴۵۰ - ۳۰۰ = ۱۵۰\Omega$$

$$U_L = IR_L = ۲۰mA \times ۳۰۰\Omega = ۶V$$

در بار $R_L = ۳۰۰\Omega$ از ولتاژ باتری فقط ۶ ولت به بار می‌رسد و ۳ ولت دو سر مقاومت داخلی افت می‌کند.

ب ـ $R_L = ۳۴۵۰\Omega$

با معلوم شدن مقاومت داخلی، مقاومت کل برابر است با

$$R_t = r + R_L = ۱۵۰\Omega + ۳۴۵۰\Omega = ۳۶۰۰\Omega$$

شدّت جریانی که در این حالت از مدار می‌گذرد، برابر است با $I = \frac{E}{R_t}$

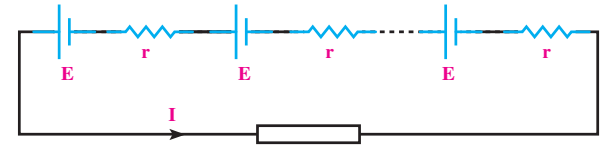
$$I = \frac{۹V}{۳۶۰۰\Omega} = ۲/۵mA$$

$$U_L = I.R_L = ۲/۵mA \times ۳۴۵۰\Omega = ۸/۶۲۵V$$

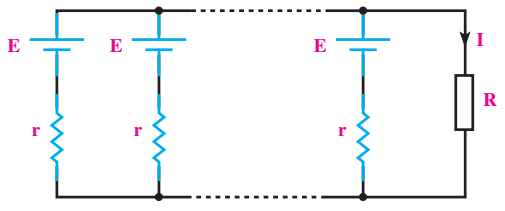
در این حالت، با اضافه شدن R_L ولتاژ بیش‌تری به بار می‌رسد (۸/۶۲۵V) و ولتاژ کم‌تری در دوسر مقاومت داخلی افت می‌کند (۰/۳۷۵V).

نتیجه: اگر مقاومت مصرف‌کننده نسبت به مقاومت داخلی مولّد خیلی بزرگ باشد، از مقاومت داخلی می‌توان صرف‌نظر کرد.

در صورتی که چند باتری کاملاً مشابه با مقاومت داخلی معین را با مصرف کننده (مطابق شکل ۱۳ـ۱۲) سری یا موازی ببندیم، شدت جریان کل مدار به ترتیب از روابط زیر به‌دست می‌آید.



$$I = \frac{nE}{nr + R}$$

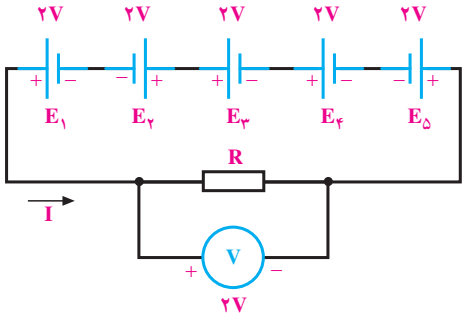


$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R}$$

شکل ۱۳ـ۱۲ــ اتّصال باتری‌ها با مقاومت داخلی به صورت سری و موازی

۳ـ۱۲ــ اتّصال متقابل پیل‌ها

در صورتی که دو یا چند پیل، مطابق شکل ۱۴ـ۱۲ به هم اتّصال داده شوند، به آن **اتصال متقابل** می‌گویند. در این حالت، ولتاژ کل کاهش می‌یابد؛ زیرا پیل‌هایی که قطب‌هایشان به صورت مخالف با بقیه بسته شده است، مانند مصرف کننده عمل می‌کنند. رابطه‌ی ولتاژ کل در این مدار برابر است با تفاوت بین ولتاژهای مخالف و موافق؛ یعنی:

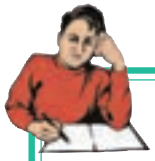


شکل ۱۴ـ۱۲ــ اتصال متقابل پیل‌ها

$$E_t = E_۱ - E_۲ + E_۳ + E_۴ - E_۵$$
$$E_t = ۲ - ۲ + ۲ + ۲ - ۲ = ۲V$$

رابطه‌ی فوق برای پیل‌های با ولتاژ نابرابر در مدار سری نیز صادق است.

معمولاً پیل‌هایی را که ولتاژ متفاوت دارند، به صورت موازی و متقابل به یک‌دیگر اتّصال نمی‌دهند؛ زیرا انرژی الکتریکی پیل‌های با ولتاژ بالاتر در پیل‌های با ولتاژ کم‌تر تخلیه می‌شوند. اگر باتری‌ها قابل شارژ باشند باتری ضعیف‌تر شارژ می‌شود و اگر باتری‌ها غیر قابل شارژ باشند انرژی الکتریکی در باتری ضعیف‌تر به حرارت تبدیل می‌شوند.



پرسش

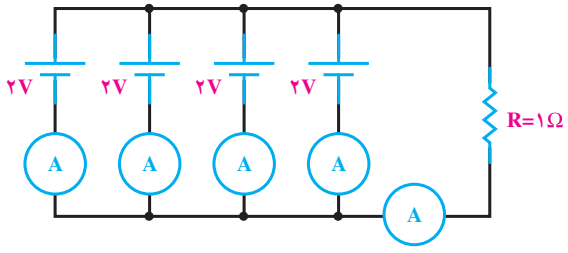
۱ــ پیل را تعریف کنید.
۲ــ باتری را تعریف کنید.
۳ــ چند پیل تر و خشک را نام ببرید.
۴ــ اتّصال چند پیل سری را از لحاظ پلاریته (قطب‌های مثبت و منفی) بررسی کنید.
۵ــ در اتّصال موازی، شدّت جریان کل چگونه تغییر می‌کند؟
۶ــ برای افزایش ولتاژ و تأمین ولتاژ مورد نیاز، پیل‌ها را چگونه اتّصال می‌دهند؟
۷ــ مقاومت داخلی پیل چیست و چه تأثیری در مدار دارد؟
۸ــ اتّصال متقابل پیل‌ها یعنی چه؟

تمرین

۱ــ برای تأمین ولتاژ ۹ ولت حداقل از چند باتری ۱/۵ ولتی و به چه صورت استفاده می‌کنیم؟
(جواب : ۶ ــ سری)

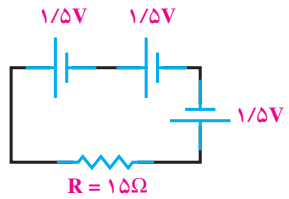
۲ــ برای افزایش میزان جریان‌دهی یک باتری به ۵ برابر، چند باتری مشابه دیگر را و به چه صورت باید به مدار اضافه کنیم؟
(جواب : ۴ــ موازی)

۳ــ در مدار شکل ۱۲ــ۱۵ شدّت جریان هر پیل و شدّت جریان کل را به دست آورید.
(جواب : ۰/۵A ، ۲A)



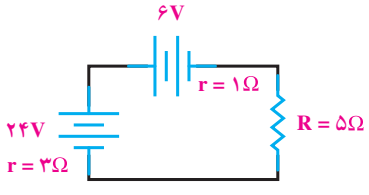
شکل ۱۲ــ۱۵

۴ــ در مدار شکل ۱۲ــ۱۶ ولتاژ و جریان کل چه‌قدر است؟
(جواب : ۱/۵V ، ۱۰۰mA)



شکل ۱۲ــ۱۶

۵ــ در مدار شکل ۱۲ــ۱۷ شدّت جریان مدار چه‌قدر است؟
(جواب : ۲A)



شکل ۱۲ــ۱۷

فصل سیزدهم

جریان متناوب

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ جریان متناوب را تعریف کند.

۲ــ انواع جریان متناوب را شرح دهد.

۳ــ نحوه‌ی تولید جریان متناوب سینوسی را بیان کند.

۴ــ دامنه‌ی موج را تعریف کند.

۵ــ فرکانس و دوره‌ی تناوب موج سینوسی را توضیح دهد و آن‌ها را محاسبه کند.

۶ــ ماکزیمم دامنه‌ی موج را شرح دهد.

۷ــ مقدار مؤثّر دامنه‌ی موج را توضیح دهد و آن را حساب کند.

۸ــ مقدار متوسط دامنه‌ی موج را شرح دهد و آن‌را حساب کند.

۹ــ اختلاف فاز دو موج سینوسی را بیان کند.

۱۰ــ معادلات زمانی جریان و ولتاژی را که دارای شکل موج متناوب سینوسی هستند بنویسد.

قبلاً در مورد جریانی که فقط در یک جهت جاری بود و مقدار و جهت آن در طول زمان تغییر نمی‌کرد، با عنوان جریان مستقیم یا جریان DC صحبت کردیم، در این‌جا جریانی را که مقدار و جهت آن در طول زمان تغییر می‌کند، با عنوان جریان متناوب[۱] یا جریان AC مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱ــ۱۳ــ تعریف جریان متناوب

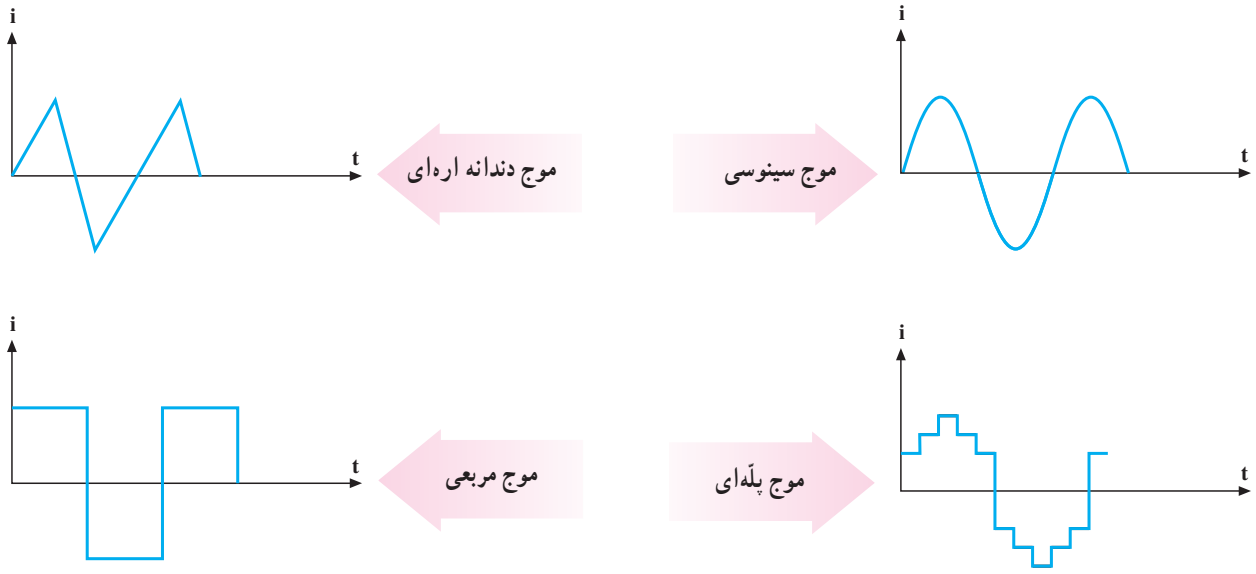
جریان متناوب جریانی است که جهت آن طی زمان تغییر می‌کند و دامنه‌ی آن نیز نسبت به زمان، از صفر تا حداکثر مثبت و از حداکثر مثبت تا صفر و از صفر تا حداکثر منفی و از حداکثر منفی تا صفر تغییر می‌کند.

همان‌طور که می‌دانید، ولتاژ تولید شده توسط یک باتری، ولتاژ مستقیم است که باعث عبور جریان مستقیم می‌شود. به این ترتیب، جریان همیشه در یک جهت جاری است ؛ بنابراین، جریان مستقیم یک جهتی است. جریان متناوب دو جهتی است ؛ یعنی، الکترون‌ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت دیگر ــ مخالف جهت قبل ــ جاری می‌شوند. اگر بتوانیم قطب‌های یک باتری را در یک زمان معین به طور دائم تغییر دهیم، جریانی دو جهتی و در نتیجه، جریانی متناوب خواهیم داشت.

۲ــ۱۳ــ انواع جریان متناوب

برای نشان دادن چگونگی تغییر جریان در زمان از شکل

۱ ــ Alternative currnet



شکل ۱ــ۱۳ــ چند نمونه از شکل موج‌های جریان متناوب

موج استفاده می‌کنیم. در شکل ۱ــ۱۳ چند نمونه شکل موج را مشاهده می‌کنید. یکی از انواع شکل موج‌ها، شکل موجِ جریان متناوب سینوسی است. هر نیمه از شکل موج جریان متناوب سینوسی قرینه‌ی نیمه دیگر آن با قطب معکوس است.

جریان سینوسی معمول‌ترین نوع جریان متناوب است. به این ترتیب، وقتی درباره‌ی جریان متناوب فکر می‌کنیم، اغلب همان موج سینوسی مورد نظر ماست.

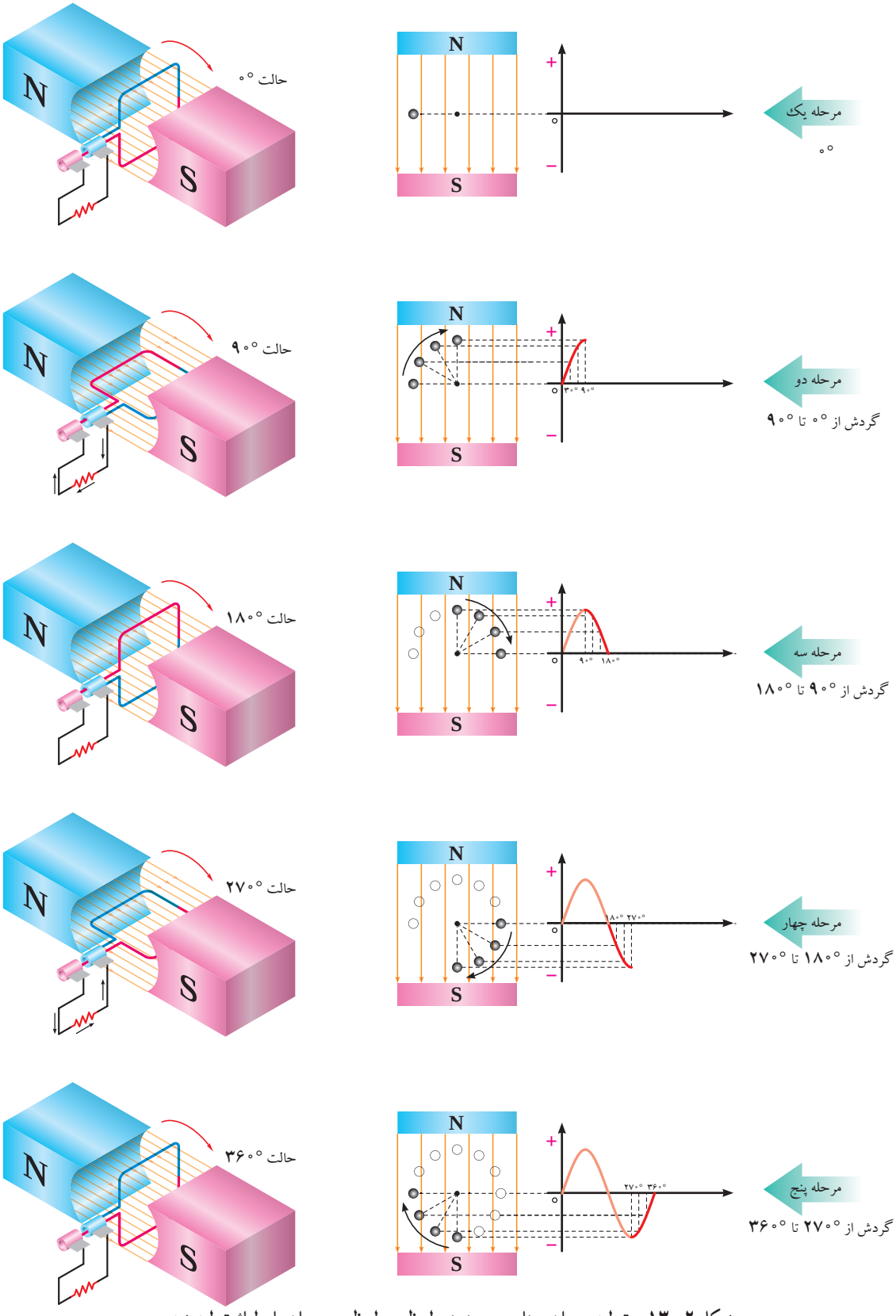
۳ــ۱۳ــ تولید جریان متناوب

با شناخته شدن جریان متناوب و تولید و انتقال آسان آن، روزبه‌روز بر اهمیّت آن نیز افزوده شده است. برای تولید جریان متناوب، می‌توان از یک ژنراتور ساده AC استفاده کرد. در ژنراتور AC از ترکیب اصول فیزیکی و مغناطیسی استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب که اگر دو قطب یک آهن‌ربا در نزدیکی یک‌دیگر قرار داشته باشند، همواره فلوی مغناطیسی (خطوط قوا) از قطب شمال آهن‌ربا خارج و به قطب جنوب آن وارد می‌شود. چنان‌چه در مسیر خطوط قوا سیم‌پیچی دوران کند، خطوط قوا توسط سیم‌پیچ قطع می‌شود. هرگاه این عمل به‌طور مستمر انجام گیرد، جریان متناوب از مولّد جریان متناوب به‌وجود می‌آید.

شکل ۲ــ۱۳ نمای یک ژنراتور ساده و چگونگی حرکت سیم‌پیچ و تولید لحظه به لحظه‌ی شکل موج جریان یا ولتاژ متناوب را نشان می‌دهد.

در مرحله‌ی ۱ خطوط قوای مغناطیسی به وسیله‌ی سیم‌پیچ قطع نمی‌شود (سیم‌پیچ با خطوط قوا موازی است). در نتیجه، ولتاژ در این مرحله صفر است. چنان‌چه سیم‌پیچ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخد، (مرحله‌ی ۲) قطع خطوط قوا به‌وسیله‌ی سیم‌پیچ افزایش می‌یابد. در نتیجه، ولتاژ تولید شده، رفته‌رفته زیاد می‌شود و پس از پیمودن ۹۰ درجه به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد. در مرحله‌ی ۳، با ادامه‌ی دوران سیم‌پیچ تا ۱۸۰ درجه قطع خطوط قوا کاهش می‌یابد در نتیجه ولتاژ تولید شده نیز کاهش می‌یابد و در ۱۸۰ درجه از گردش، دوباره به مقدار صفر می‌رسد.

از این لحظه به بعد، جهت ولتاژ تولیدی عوض می‌شود و در مرحله‌ی ۴ تا ۲۷۰ درجه، مقدار آن دوباره افزایش می‌یابد تا در جهت عکس، به نقطه‌ی ماکزیمم خود می‌رسد. در مرحله‌ی۵ با ادامه‌ی گردش تا ۳۶۰ درجه، مقدار ولتاژ تولید شده کاهش می‌یابد و دوباره به صفر می‌رسد. تا این‌جا سیم‌پیچ، یک دور کامل زده است. با ادامه‌ی هر گردش سیم‌پیچ، ولتاژ تولید شده تغییرات مشابهی را طی می‌کند. در همه‌ی این حالت‌ها جریان در مصرف‌ــ کننده هم تغییراتی مانند ولتاژ دارد و مقدار آن به طور مرتب صفر، ماکزیمم، صفر، ماکزیمم در جهت عکس و بالاخره صفر می‌شود.

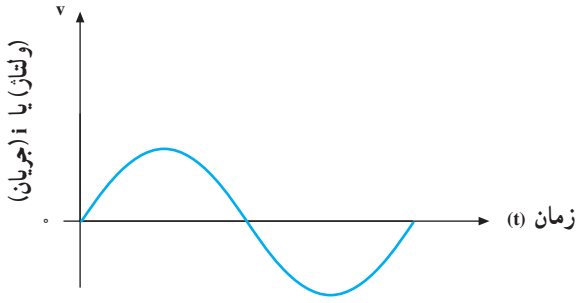


شکل ۲ــ۱۳ــ تولید جریان متناوب و منحنی لحظه به لحظه‌ی جریان یا ولتاژ تولید شده

تذکر: در شکل ۲ــ۱۳ دو سر مقاومت‌ها به دو حلقه (رینگ)ی مجزا از هم وصل است و قطبین حلقه‌ها در اثر حرکت سیم‌پیچ عوض می‌شوند.

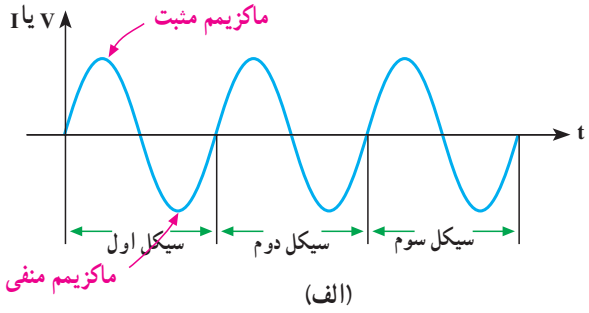
۴ــ۱۳ــ مشخصات جریان متناوب

در بررسی برخی مدارهای جریان متناوب (AC) با موج سینوسی سروکار داریم. در این مدارها ولتاژ و جریان، هر دو متناسب و به شکل موج سینوسی هستند. شکل ۳ــ۱۳ یک موج سینوسی را نشان می‌دهد که بیانگر جریان یا ولتاژ سینوسی است.



شکل ۳ــ۱۳ــ موج سینوسی

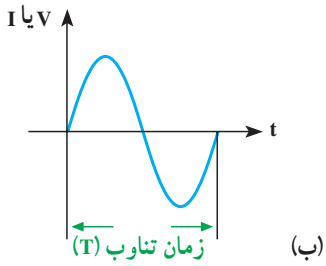
همان‌طور که می‌بینید، مقدار و جهت ولتاژ یا جریان با زمان تغییر می‌کند؛ یعنی از صفر شروع می‌شود و به مقدار پیک یا ماکزیمم مثبت می‌رسد. آن‌گاه دوباره صفر می‌شود و سپس به پیک یا ماکزیمم منفی می‌رسد و باز صفر می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، هنگامی که موج سینوسی از صفر می‌گذرد، پلاریته‌ی خود را عوض می‌کند. به عبارت ساده‌تر، موج سینوسی بین مقادیر مثبت و منفی تناوب می‌کند. مجموعه‌ی یک تناوب مثبت و منفی را یک **سیکل** گویند (شکل ۴ــ۱۳ــ الف).



(الف)

۵ــ۱۳ــ زمان تناوب

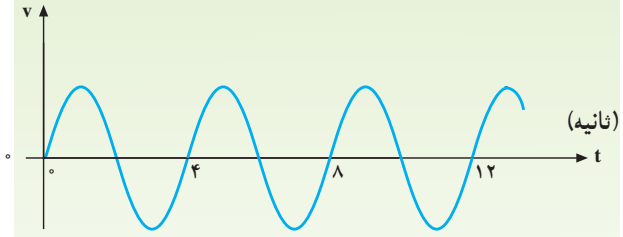
همان‌طور که دیدید، موج سینوسی با زمان (t) تغییر می‌کند. بنا به تعریف، مدت زمانی را که طول می‌کشد تا یک سیکل کامل به‌وجود آید، **زمان تناوب** یا **پریود** می‌گویند و آن را با حرف T نمایش می‌دهند (شکل ۴ــ۱۳ ــ ب).



(ب)

شکل ۴ــ۱۳ــ دوره‌ی تناوب یک موج سینوسی

مثال ۱: در شکل ۵ــ۱۳ زمان تناوب موج سینوسی را به دست آورید.

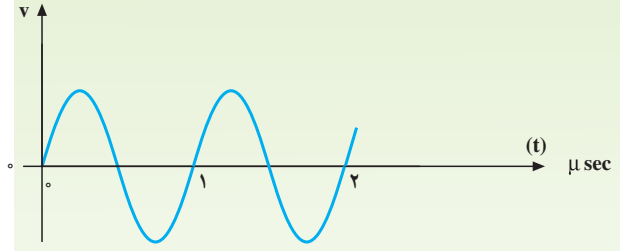


شکل ۵ــ۱۳

راه حل: یک سیکل کامل را مشخص می‌کنیم زمان انجام آن را از روی محور زمان به‌دست می‌آوریم.

$T = ۴$ ثانیه

مثال ۲: در شکل ۶ــ۱۳ سه روش برای اندازه‌گیری زمان تناوب پیدا کنید.



شکل ۶ــ۱۳

راه حل:

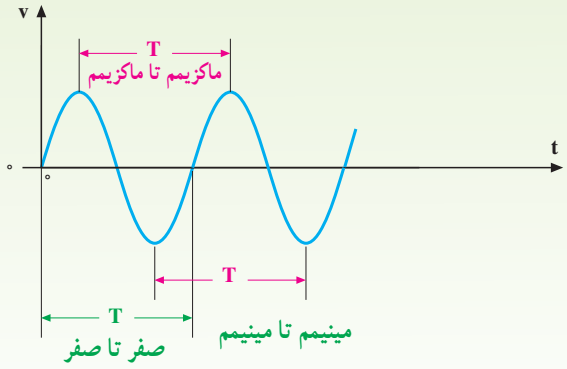
روش اوّل ــ زمان تناوب را می‌توان از یکی از صفرها در سیکل اول تا صفر مشابه در سیکل دوم اندازه گرفت.

روش دوم ــ زمان تناوب را می‌توان بین دو پیک

(ماکزیمم) مثبتِ متوالی اندازه گرفت.

روش سوم ــ زمان تناوب را می‌توان بین دو پیک (ماکزیمم) منفیِ متوالی اندازه گرفت.

شکل ۷ــ۱۳ سه روش اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

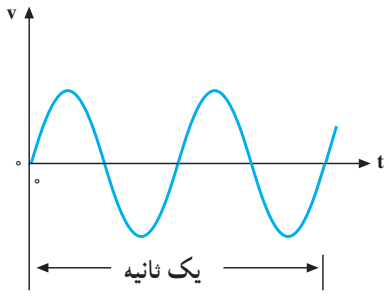


شکل ۷ــ۱۳

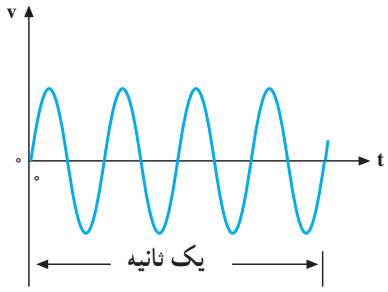
۶ــ۱۳ــ فرکانس

بنا به تعریف، تعداد سیکل‌هایی را که در یک ثانیه پیموده می‌شود، **فرکانس** گویند و آن را با حرف f نشان می‌دهند.

واحد فرکانس را **سیکل بر ثانیه** (cps)[1] یا اصطلاحاً **هرتز** (Hz) می‌نامند. هرچه تعداد سیکل‌ها در ثانیه بیش‌تر باشد، فرکانس بیش‌تر است. شکل ۸ــ۱۳ دو موج سینوسی را نشان می‌دهد که موج (الف) دو سیکل و موج (ب) چهار سیکل را در ثانیه طی می‌کنند ؛ یعنی، فرکانس موج (الف) ۲ هرتز و فرکانس موج (ب) چهار هرتز است.



(الف) فرکانس کم‌تر



(ب) فرکانس بیش‌تر

شکل ۸ــ۱۳ــ نمایش فرکانس

مقدار فرکانس با توجه به کاربرد آن مقادیر خاصی دارد ؛ مثلاً فرکانس برق شهر در ایران ۵۰ هرتز یا ۵۰cps است. یعنی برق شهر در ایران ۵۰ سیکل کامل را در یک ثانیه طی می‌کند. فرکانس برق در بعضی از کشورها ۶۰ هرتز (۶۰cps) است فرکانس جریان یا ولتاژ متناوب را می‌توان با فرکانس متر (دستگاه اندازه‌گیری فرکانس) یا اسیلوسکوپ (دستگاه نمایش شکل موج) اندازه گرفت. با توجه به مطالب گفته شده، رابطه‌ی بین فرکانس و زمان تناوب را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{هرتز}$$

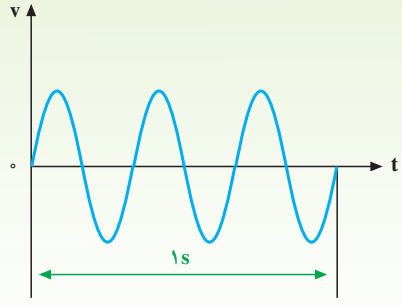
$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ثانیه}$$

با توجه به این روابط، هرقدر فرکانس زیادتر شود، به همان اندازه زمان تناوب کاهش پیدا می‌کند ؛ مثلاً اگر زمان تناوب یک موج، یک ثانیه باشد فرکانس آن یک هرتز و اگر زمان تناوب، ۲ ثانیه شود، فرکانس آن نصف خواهد شد.

مثال ۳: با توجه به شکل ۹ــ۱۳

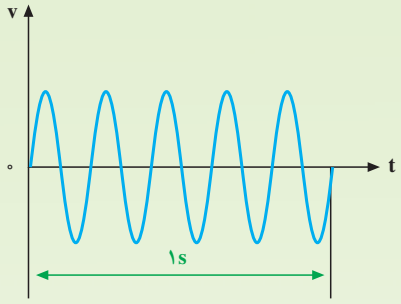
الف ــ فرکانس کدام موج بیش‌تر است؟

ب ــ مقادیر زمان تناوب و فرکانس را حساب کنید.



(الف)

۱ ــ cps مخفف کلمات cycle per second و به معنای سیکل بر ثانیه است.



(ب)

شکل ۹ــ۱۳

راه حل: موج الف ۳ سیکل و موج ب ۵ سیکل را در ثانیه طی کرده‌اند. پس فرکانس موج ب بیش‌تر است.

موج الف: ثانیه $T=\frac{۱}{۳}\cong ۰/۳۳$ و $f=۳Hz$

موج ب: ثانیه $T=\frac{۱}{۵}=۰/۲$ و $f=۵Hz$

در صنعت برای زمان تناوب از واحدهای کوچک‌تر و برای فرکانس از واحدهای بزرگ‌تر استفاده می‌کنند. این واحدها به صورت زیر نوشته می‌شوند.

$$T\begin{cases}\text{یک میلی ثانیه}\ (۱ms)=۱۰^{-۳}s\\ \text{یک میکرو ثانیه}\ (۱\mu s)=۱۰^{-۶}s\\ \text{یک نانوثانیه}\ (۱ns)=۱۰^{-۹}s\end{cases}$$

$$f\begin{cases}\text{یک کیلوهرتز}\ (۱kHz)=۱۰^{۳}Hz\\ \text{یک مگا هرتز}\ (۱MHz)=۱۰^{۶}Hz\\ \text{یک گیگاهرتز}\ (۱GHz)=۱۰^{۹}Hz\end{cases}$$

مثال ۴: اگر زمان تناوب یک موج سینوسی ۱۰ میلی ثانیه باشد، فرکانس آن‌چه‌قدر است؟

حل: $f=\frac{۱}{T}=\frac{۱}{۱۰\times۱۰^{-۳}(s)}=۱۰۰Hz$

مثال ۵: فرکانس یک موج سینوسی ۶۰ هرتز است. زمان تناوب آن چه‌قدر است؟

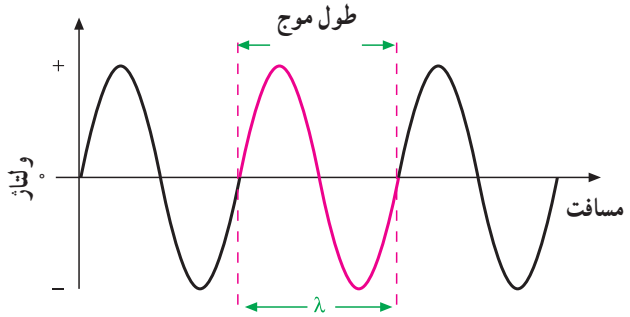
حل: $T=\frac{۱}{f}=\frac{۱}{۶۰Hz}=۱۶/۶۷(ms)$

۷ــ۱۳ــ طول موج

وقتی تغییرات ولتاژ به جای زمان برحسب مسافت بررسی می‌شود، یک سیکل شامل یک طول موج خواهد بود. به تعبیر دیگر، مسافتی را که یک موج در یک سیکل کامل طی می‌کند، **طول موج** گویند (شکل ۱۰ــ۱۳). طول موج به سرعت انتشار موج و تغییرات فرکانس بستگی دارد. بدین ترتیب که با سرعت انتشار موج، نسبت مستقیم و با تغییرات فرکانس، نسبت عکس دارد. طول موج را با حرف λ (لاندا) نمایش می‌دهند و رابطه‌ی آن به صورت زیر است.

$$\lambda=\frac{v}{f}=\frac{c}{f}$$

$C=\upsilon$ سرعت نور یا امواج الکترومغناطیسی، یعنی ۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه و f فرکانس بر حسب هرتز و λ برحسب متر است.



شکل ۱۰ــ۱۳ــ نمایش طول موج در یک موج سینوسی

مثال ۶: طول موج یک صدا با فرکانس ۱۰۰Hz که به وسیله‌ی بلندگویی پخش می‌شود، چه‌قدر است؟ (سرعت صوت ۳۴۰m/sec فرض شود.)

حل:

$V=۳/۴\times۱۰^{۲}$ متر/ ثانیه

$f=۱۰۰Hz$

$$\lambda=\frac{V}{f}=\frac{۳/۴\times۱۰^{۲}}{۱۰۰}=۳/۴\ (m)$$

مثال ۷: طول موج یک موج رادیویی با فرکانس ۳ گیگاهرتز چه‌قدر است؟

$$c = ۳\times۱۰^{۸} \quad m/s$$

$$f = ۳\times۱۰^{۹} \quad Hz$$

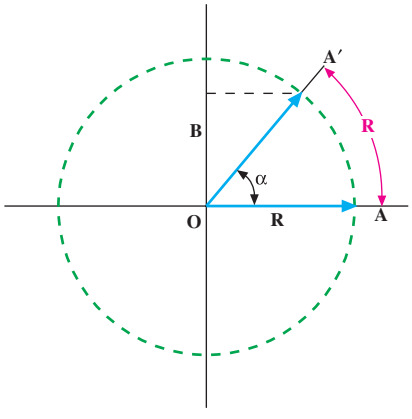
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{۳\times۱۰^{۸}}{۳\times۱۰^{۹}} = ۰/۱m = ۱۰(cm)$$

۸ــ۱۳ــ سرعت زاویه‌ای

سرعت را با مقدار مسافتی که یک متحرک در واحد زمان طی می‌کند، می‌سنجند؛ مثلاً وقتی می‌گویند سرعت یک اتومبیل ۸۰ کیلومتر برساعت است، یعنی این وسیله‌ی نقلیه در هر ساعت ۸۰ کیلومتر راه می‌رود. اگر سرعت ثابت باشد، رابطه‌ی سرعت و مسافت طی شده در واحد زمان به صورت $V = \frac{x}{t}$ است که در آن V سرعت، x مسافت طی شده و t زمان می‌باشد.

حال اگر این مسافت به صورت خط مستقیم نباشد و پیرامون یک مسیر دایره شکل باشد، برای بیان سرعت از اصطلاح سرعت زاویه‌ای استفاده می‌کنند و آن را با اُمگا (ω) نشان می‌دهند.

برای محاسبه‌ی سرعت زاویه‌ای (ω)، شکل ۱۱ــ۱۳ را ــ که دایره‌ای به شعاع R است ــ در نظر می‌گیریم. در این شکل، متحرک A′ از نقطه‌ی A روی محیط دایره حرکت می‌کند. هرگاه مسافتی از محیط دایره ــ که به اندازه‌ی شعاع (R) است ــ پیموده شود، یک رادیان پیموده شده است.



شکل ۱۱ــ۱۳ــ نمایش سرعت زاویه‌ای و مسافت طی شده نسبت به زمان

زاویه‌ای را که متحرک از A تا A′ پیموده است، با α نمایش می‌دهند. در صورتی که AA′ برابر R باشد، مقدار زاویه‌ی α برابر یک رادیان یا ۵۷/۳° خواهد بود.

زاویه‌ای را که در واحد زمان طی شود، با ω نشان می‌دهند و آن را سرعت زاویه‌ای می‌خوانند؛ بنابراین اگر سرعت زاویه‌ای ثابت باشد، رابطه‌ی زیر را برای سرعت زاویه‌ای می‌توان نوشت.

$$\omega = \frac{\alpha}{t}$$

این رابطه عیناً شبیه رابطه‌ی $V = \frac{x}{t}$ است که x و α مسافت‌های پیموده شده برحسب متر و رادیان می‌باشند.

زاویه‌ی پیموده شده در یک دور کامل ــ یعنی در زمان یک پریود ــ برابر ۳۶۰ درجه یا ۲π رادیان است. در این صورت، رابطه‌ی سرعت زاویه‌ای برابر است با

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{۲\pi(Rad)}{T(sec)}$$

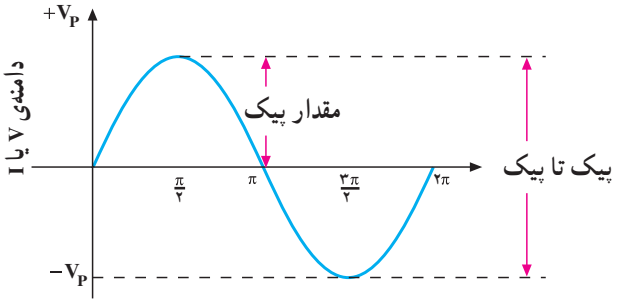
از طرفی، می‌دانیم، $T = \frac{۱}{f}$. پس

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = ۲\pi f$$

۹ــ۱۳ــ مقادیر ماکزیمم ولتاژ و جریان موج سینوسی

دامنه‌ی ولتاژ مستقیم (DC) همواره ثابت است. ولی در ولتاژ متناوب (AC) در هر لحظه دامنه و جهت ولتاژ در حال تغییر است.

در ولتاژ AC اوّلین موضوعی که باید مورد ملاحظه قرار گیرد، مقدار پیک ولتاژ یا دامنه‌ی ماکزیمم آن است. فاصله‌ی بین صفر (محور افقی زمان) تا مثبت‌ترین (بالاترین) نقطه‌ی شکل موج یا فاصله‌ی بین صفر تا منفی‌ترین (پایین‌ترین) نقطه‌ی شکل موج، **پیک** نامیده می‌شود. در شکل ۱۲ــ۱۳ ولتاژ متناوب (AC) نشان داده شده شامل پیک مثبت و پیک منفی است. مقدار پیک تا پیک ولتاژ AC عبارت از فاصله‌ی بالاترین نقطه‌ی پیک مثبت و پایین‌ترین نقطه‌ی پیک منفیِ شکل موج است. در موج سینوسی مقدار پیک برابر $\frac{۱}{۲}$ پیک تا پیک است. با استفاده از اسیلوسکوپ می‌توان مقادیر پیک و پیک تا پیک را اندازه گرفت.

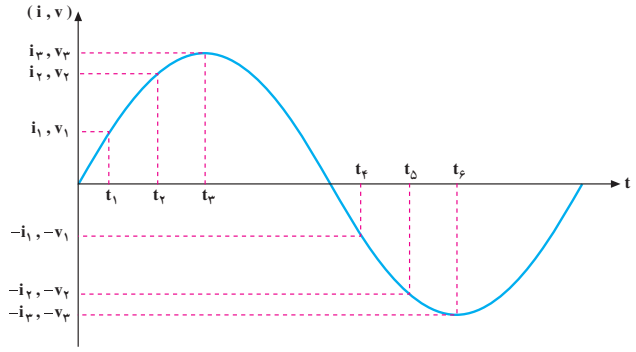


شکل ۱۲ــ۱۳

۱۰ــ۱۳ــ مقادیر لحظه‌ای

طبق شکل موج نشان داده شده در شکل ۱۳ــ۱۳ ولتاژ یا جریان، در هر زمان مقادیر خاص خود را دارند که به آن‌ها **مقادیر لحظه‌ای** یا **دامنه** می‌گویند. بدیهی است که در تناوب مثبت، مقادیر لحظه‌ای مثبت و در تناوب منفی، مقادیر لحظه‌ای منفی خواهد بود.

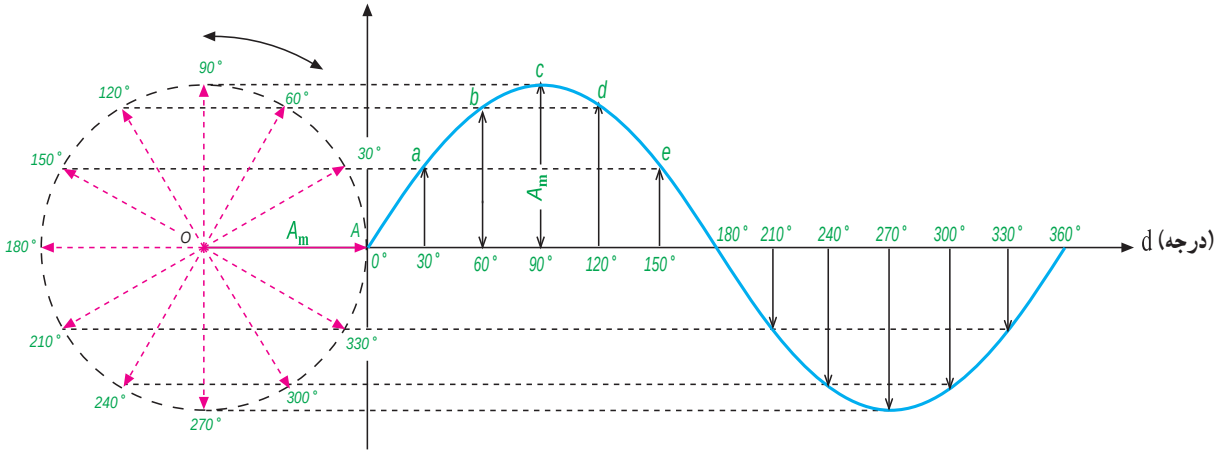
مقادیر لحظه‌ای را با حروف کوچک v و i نشان می‌دهند. گاهی ممکن است که به دانستن مقدار لحظه‌ای یک ولتاژ یا جریان نیاز داشته باشیم. در اغلب موارد هیچ کدام از مقادیر پیک تا پیک یا لحظه‌ای قادر نیستند اندازه‌ی واقعی ولتاژ یا جریان را بیان کنند و به جای آن‌ها اغلب از دو مقدار دیگر به نام‌های مقدار متوسّط (Average) و مقدار مؤثر (Effective) استفاده می‌کنند.



شکل ۱۳ــ۱۳ــ نمایش مقادیر لحظه‌ای

۱۱ــ۱۳ــ معادله‌ی زمانی جریان یا ولتاژ سینوسی

همان‌گونه که آموختید در اثر گردش یک سیم‌پیچ با قاب مستطیل شکل در میدان مغناطیسی آهن‌ربای دائم، ولتاژی روی سیم‌پیچ القا یا تولید می‌شود. شکل موج این ولتاژ در لحظات مختلف در شکل ۱۴ــ۱۳ ترسیم شده است.



شکل ۱۴ــ۱۳ــ نمایش موج سینوسی ولتاژ

شعاع دایره یعنی OA با ماکزیمم دامنه‌ی موج ایجاد شده برابر است. با گردش سیم‌پیچی OA و طی ۳۰ درجه، ولتاژ القا شده دامنه‌ای برابر a تا محور افقی دارد و در ۶۰ درجه، دامنه‌ی ولتاژ برابر b تا محور افقی خواهد بود. پس با توجه به زاویه‌ی چرخش $\alpha = 30^\circ$ و دامنه‌ی ولتاژ القا شده (a) می‌توان نوشت :

$$\sin\alpha = \frac{a}{A_m}$$

a دامنه‌ی ولتاژ لحظه‌ای (U) و A_m دامنه‌ی ولتاژ ماکزیمم (U_{max}) است ؛ بنابراین، ولتاژ القا شده در هر لحظه برابر است با حداکثر دامنه‌ی موج در سینوس زاویه‌ی آن، یعنی :

$$a = A_m \sin\alpha$$

$$U = U_{max} \sin\alpha \quad \text{یا}$$

$$\alpha = \omega t \quad \text{قبلاً دانستیم که}$$

$$U = U_{max} \sin\omega t \quad \text{پس}$$

معادله‌ی جریان نیز به همین صورت اثبات می‌شود ؛ یعنی :

$$i = I_{max} \sin\omega t$$

$$i = I_{max} \sin\alpha \quad \text{یا}$$

مثال ۸ : معادله‌ی ولتاژ متناوبی را بنویسید که فرکانس آن ۶۰ هرتز و ماکزیمم ولتاژ آن ۱۵۶ ولت باشد.

حل: سرعت زاویه‌ای ω برابر با $2\pi f$ است. پس :

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3/14 \times 60$$

$$\omega = 376/8 \text{Rad/sec} \cong 377 \text{Rad/sec}$$

$$U_{max} = 156V$$

$$U = U_{max} \sin\omega t$$

$$U = 156 \sin 377t$$

مثال ۹ : مقدار لحظه‌ای ولتاژ مثال شماره‌ی ۸ را در پایان $t = 0/002$ ثانیه به دست آورید.

حل:

$$U = 156 \sin 377t$$

$$t = 0/002 \text{sec}$$

$$U = 156 \sin 377 \times 0/002$$

$$U = 156 \sin 0/754$$

چون ωt بر حسب رادیان و هر رادیان برابر ۵۷/۳ درجه است، پس

$$U = 156 \sin(0/754 \times 57/3^\circ)$$

$$U = 156 \sin 43/2^\circ$$

با استفاده از جدول مثلثاتی

$$\sin 43/2^\circ \cong 0/685$$

$$U = 156 \times 0/685 \cong 107 \quad \text{ولت}$$

۱۲ــ۱۳ــ مقدار متوسط (Average) موج سینوسی

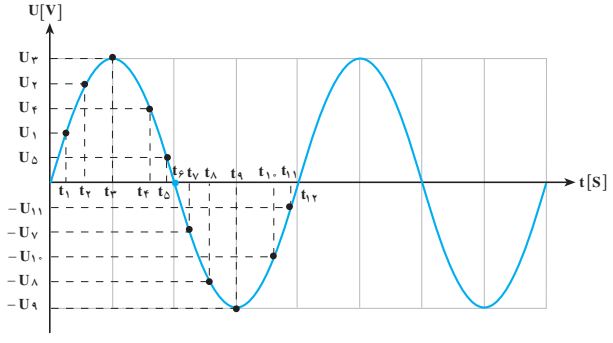
مقدار متوسط یک ولتاژ یا جریان متناوب ؛ میانگین مقادیر لحظه‌ای آن موج در یک دوره تناوب است.

به‌طور کلی برای محاسبه میانگین هر کمیتی باید حاصل جمع مقادیر آن نقاط مختلف را بر تعداد نقاط تقسیم کرد.

مثلاً برای محاسبه میانگین حداقل و حداکثر دمای یک اتاق باید حاصل جمع حداقل دما با حداکثر دمای محیط را جمع و بر۲ تقسیم کرد و یا برای محاسبه میانگین بین سه عدد ۱۰، ۱۸ و ۱۷ به صورت زیر عمل کرد.

$$\text{میانگین سه عدد (معدل)} = \frac{10+18+17}{3} = \frac{45}{3} = 15$$

بر همین اساس برای محاسبه دقیق مقدار متوسط یک موج باید مقادیر موج در هر لحظه را با هم جمع و بر تعداد نمونه‌های برداشته شده تقسیم کرد. شکل ۱۵ــ۱۳ یک موج سینوسی ولتاژ متناوب را نشان می‌دهد که در هر نیم سیکل به ۶ قسمت تقسیم شده است و مقدار متوسط آن در هر نیم سیکل حساب شده است.



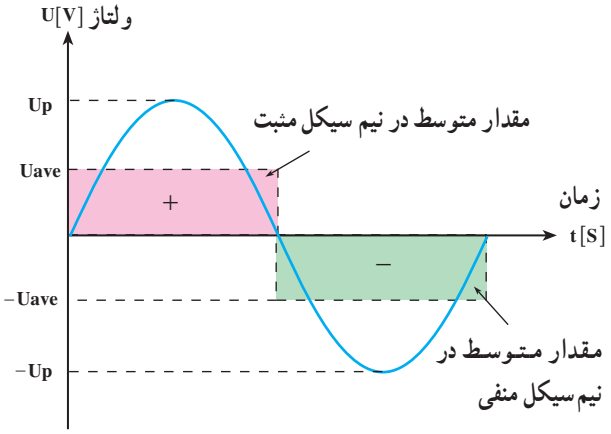
شکل ۱۵ــ۱۳

نکته: هر قدر تعداد نقاط بیش‌تر باشد، مقدار میانگین محاسبه شده دقیق‌تر است.

$$U_{av}^{+} = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6}{6}$$ (میانگین مقادیر لحظه‌ای نیم سیکل مثبت)

$$U_{av}^{-} = \frac{(-U_7) + (-U_8) + (-U_9) + (-U_{10}) + (-U_{11}) + (-U_{12})}{6}$$ (میانگین مقادیر لحظه‌ای نیم سیکل منفی)

مقدار متوسط هر یک از نیم سیکل‌های یک موج سینوسی در شکل ۱۶ــ۱۳ نشان داده شده است مساحت زیر هر نیم‌سیکل با مساحت مقدار متوسط در همان نیم سیکل برابر است.

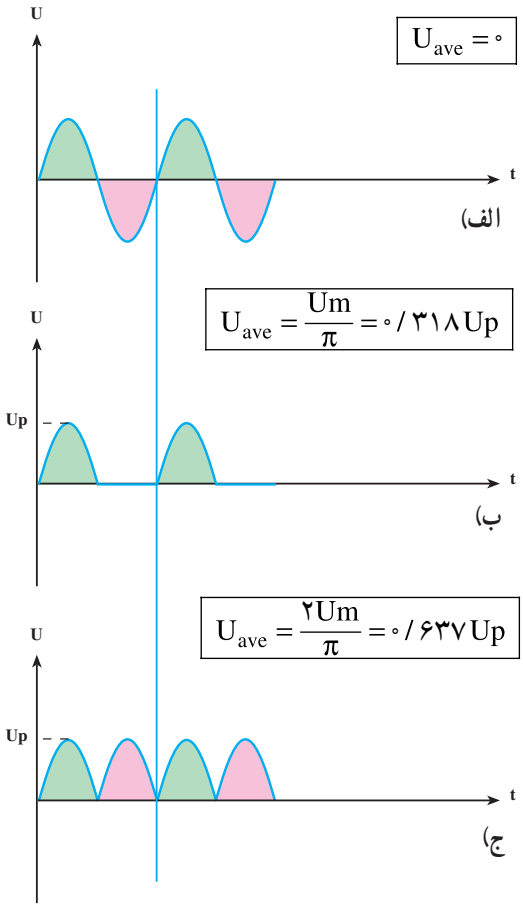


شکل ۱۶ــ۱۳

همان‌طوری که از شکل ۱۶ــ۳ مشخص است مقدار متوسط در یک سیکل کامل که از جمع دو نیم‌سیکل به‌دست می‌آید که مقدار آن مساوی صفر می‌شود.

$$U_{ave} = U_{ave}^{+} + U_{ave}^{-} = 0$$

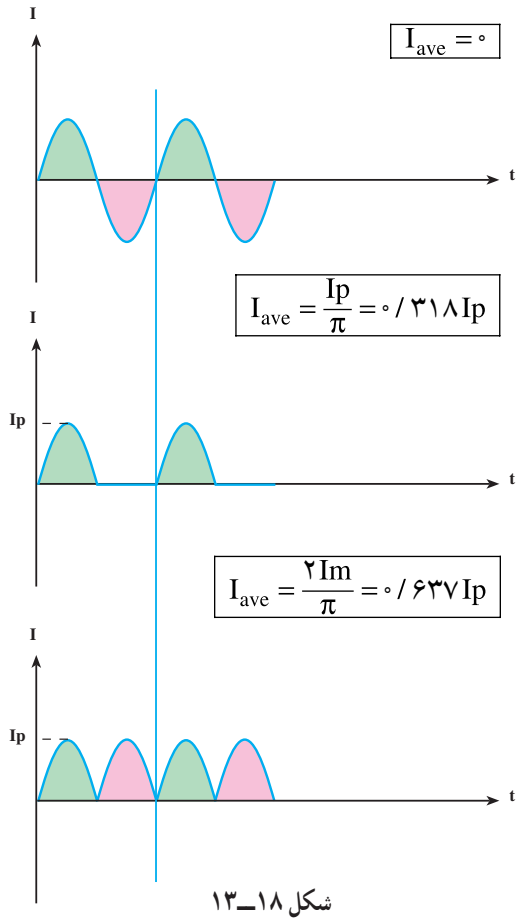
هرگاه شکل موج‌هایی به صورت امواج نشان داده شده در شکل ۱۷ــ۱۳ داشته باشیم و بخواهیم مقدار متوسط هر یک از آن‌ها را حساب کنیم می‌توانیم از روابط نوشته شده در مقابل آن‌ها استفاده کنیم[1].



شکل ۱۷ــ۱۳

لازم به ذکر است برای محاسبه مقدار متوسط شکل موج جریان نیز به همین ترتیب و بر پایه این روابط می‌توان عمل کرد یعنی :

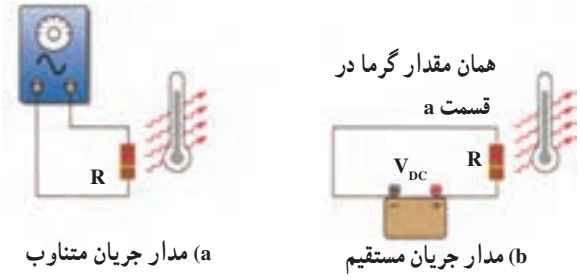
۱ــ با چگونگی محاسبه و زمینه کاربرد مقدار متوسط در مباحث الکتریکی و الکترونیکی سال‌های بعد آشنا خواهید شد.



شکل ۱۸ــ۱۳

۱۳ــ۱۳ــ مقدار مؤثّر (Rms[1]) موج سینوسی

مقدار مؤثّر هر ولتاژ متناوب، برابر است با مقدار ولتاژ مستقیم یا DC که در یک مصرف کننده‌ی معین ؛ همان مقدار کار یا حرارت تولید می‌کند. به عبارت دیگر، مقدار جریان مستقیمی را که اثر حرارتی آن در یک مدت معین در یک مصرف‌کننده برابر اثر حرارتی جریان AC مورد نظر باشد، مقدار مؤثر (Effective) آن جریان AC می‌گویند.

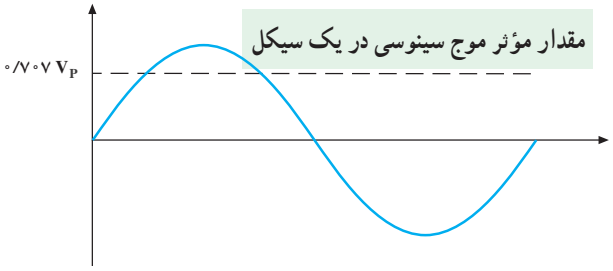


a) مدار جریان متناوب

b) مدار جریان مستقیم

شکل ۱۹ــ۱۳

ولتاژ مؤثّر در یک موج سینوسی برابر ۰/۷۰۷ یا $\frac{1}{\sqrt{2}}$ مقدار ماکزیمم است (شکل ۲۰ــ۱۳).



شکل ۲۰ــ۱۳ــ مقدار مؤثّر (Rms) یک موج سینوسی کامل ۰/۷۰۷ مقدار پیک موج است.

$$U_{مؤثر}=U_{rms}=U_{eff}=U_e=\frac{1}{\sqrt{2}}U_p\cong 0/707U_P$$

$$I_{مؤثر}=I_{rms}=I_{eff}=I_e=\frac{1}{\sqrt{2}}I_p\cong 0/707I_P$$

مثال ۱۰: مقدار مؤثّر ۲۰ ولت پیک تا پیک را به دست آورید.

راه حل: ابتدا آن را بر ۲ تقسیم کرده و سپس در ۰/۷۰۷ ضرب می‌کنیم. بنابراین :

$$U_p=\frac{1}{2}U_{p-p}=\frac{1}{2}\times 20=10V$$

$$U_e=10U_P\times 0/707=7/07 \quad \text{ولت}$$

در محاسبه‌ها، فرمول کلی را به صورت :

$$U_p=\sqrt{2}U_e \quad \text{یا} \quad U_e=\frac{U_P}{\sqrt{2}}=\frac{U_P}{1/41}$$

می‌نویسند. چنان‌چه فرمول U_e برحسب ولتاژ پیک تا پیک نوشته شود، مقدار آن برابر با $U_{P-P}=2/828V_{rms}$ خواهد بود.

مثال ۱۱: مقدار پیک تا پیک ولتاژ ۲۲۰ ولت (برق شهر) چند ولت است؟

راه حل:

$$U_e=\frac{U_P}{\sqrt{2}}$$

۱ــ Rms مخفف کلمات Root mean Square به معنای جذر میانگین مربّعات است.

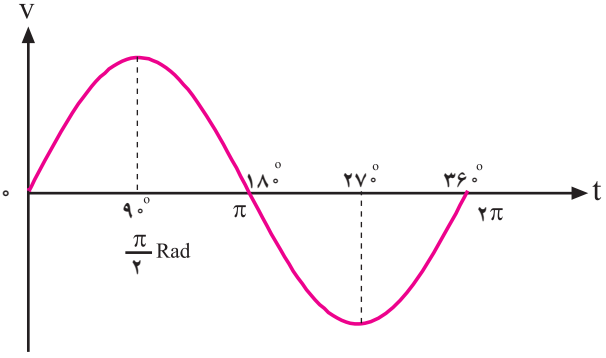
$U_P = U_e \cdot \sqrt{2} = ۲۲۰ \times ۱/۴۱ = ۳۱۱$ ولت

$U_{P-P} = ۲U_P = ۲ \times ۳۱۱ = ۶۲۲$ ولت

۱۴ــ۱۳ــ اختلاف فاز و زاویه فاز در امواج سینوسی[۱]

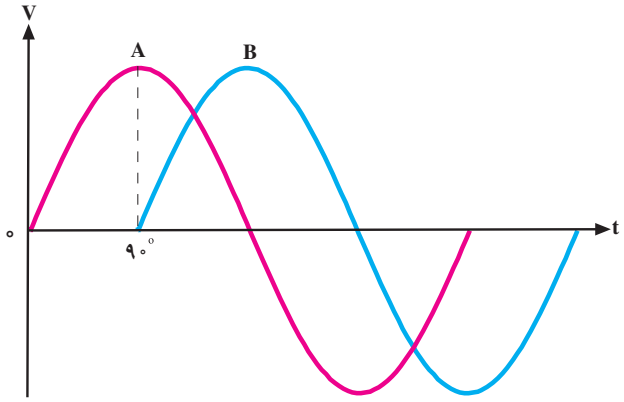
در الکتریسیته موقعیت زمانی یک کمیت الکتریکی را نسبت به یک مبدأ فاز (phase) می‌گویند.

فاز یک موج سینوسی، مقدار زاویه‌ای است که موقعیت یک موج سینوسی را نسبت به مبدأ مشخص می‌کند. در شکل ۲۱ ــ۱۳، یک سیکل کامل از یک موج سینوسی نشان داده شده است. در شکل موج نشان داده شده، نقطه O مبدأ حرکت و نقطه ۹۰ درجه نقطه ماکزیمم دامنه‌ی شکل موج در جهت مثبت است. در نقطه ۱۸۰ درجه مقدار دامنه به صفر می‌رسد در نقطه ۲۷۰ درجه مقدار ولتاژ در جهت منفی ماکزیمم می‌شود و در زاویه ۳۶۰ درجه یا ۲π رادیان مقدار دامنه به صفر می‌رسد. وقتی شکل موج سینوسی نسبت به شکل موج مبدأ به سمت چپ یا راست جابه جا شود، فاز به وجود می‌آید.



شکل ۲۱ــ۱۳ ــ یک سیکل کامل از موج سینوسی

در شکل ۲۲ــ۱۳ شکل موج سینوسی B به اندازه ۹۰ درجه یا $\frac{\pi}{۲}$ رادیان نسبت به شکل ولتاژ مبدأ به سمت راست جابه‌جا شده است. بنابراین بین شکل موج A و شکل موج B یک زاویه فاز یا اختلاف فاز ۹۰ درجه به وجود آمده است.

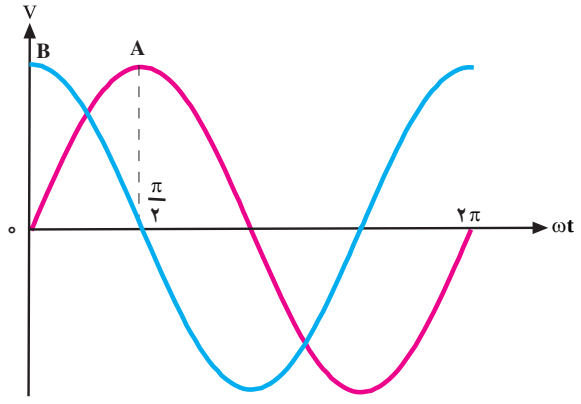


شکل ۲۲ــ۱۳ ــ بین شکل موج A و شکل موج B، $\frac{\pi}{۲}$ رادیان یا ۹۰° اختلاف فاز وجود دارد.

در این شکل موج چون پیک ولتاژ (حداکثر دامنه ولتاژ) موج سینوسی B، بعد از پیک ولتاژ شکل موج سینوسی A به‌وجود آمده است لذا می‌توان گفت که شکل موج سینوسی B، نسبت به شکل موج سینوسی A ۹۰ درجه تأخیر فاز (پس فاز) دارد یا شکل موج A نسبت به B، ۹۰ درجه تقدم فاز (پیش فاز) دارد.

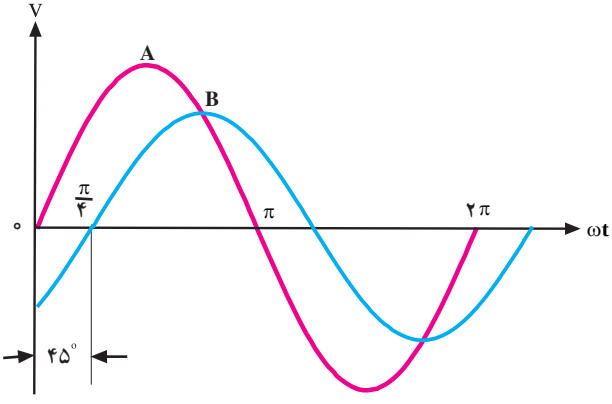
در شکل۲۳ــ۱۳ شکل موج سینوسی B، به اندازه ۹۰ درجه ($\frac{\pi}{۲}$ رادیان) به سمت چپ شیفت پیدا کرده و دامنه‌ی شکل موج سینوسی B، زودتر از دامنه‌ی شکل موج سینوسی A به ماکزیمم رسیده است، لذا شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A به اندازه ۹۰ درجه یا $\frac{\pi}{۲}$ رادیان تقدم فاز دارد یا شکل موج سینوسی A نسبت به شکل موج سینوسی B، ۹۰ درجه تأخیر فاز دارد به مقدار فاز بین دو شکل موج سینوسی **اختلاف فاز** نیز می‌گویند.

۱ ــ Phase sine wave



شکل ۲۳ــ۱۳ ــ شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A تقدم فاز دارد (جلوتر است).

در شکل ۲۴ــ۱۳ اختلاف فاز بین دو شکل موج سینوسی، ۴۵ درجه است.

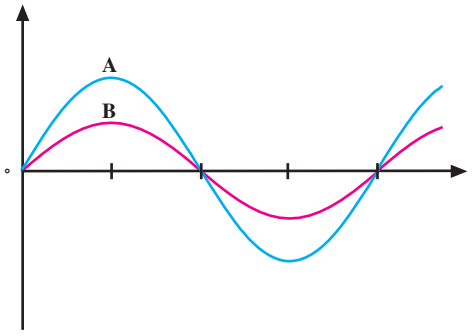


شکل ۲۴ــ۱۳ ــ اختلاف فاز بین دو شکل موج A و B برابر ۴۵ درجه است.

از دو شکل موج A و B، هر دو می‌توانند ولتاژ، هر دو جریان و یا یک شکل موج مربوط به ولتاژ و دیگری مربوط به جریان باشد.

چنان‌چه دو شکل موج از نظر فاز کاملاً مشابه باشند از کلمه هم‌زمان (هم‌فاز) برای بیان وضعیت دو موج نسبت به هم استفاده می‌شود.

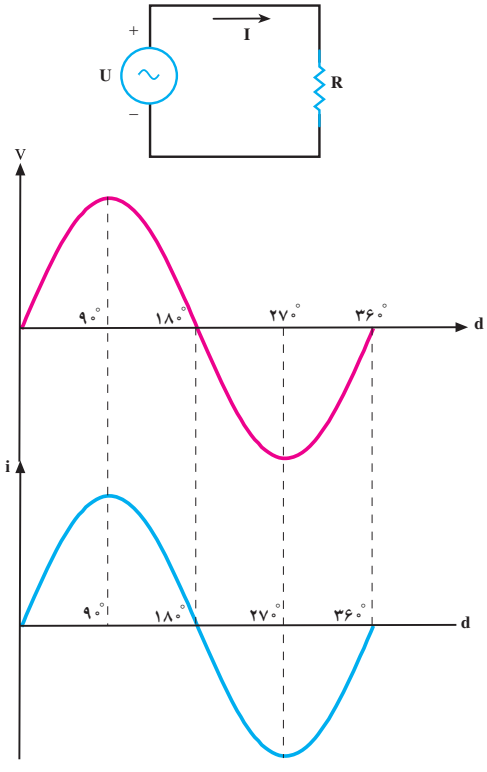
شکل ۲۵ــ۱۳ دو موج A و B را نشان می‌دهد که نسبت به هم اختلاف فاز ندارند و یا به عبارتی دیگر دو موج A و B هم‌فاز هستند.



شکل ۲۵ــ۱۳ ــ شکل موج A و B با هم هم فاز هستند.

۱۵ــ۱۳ــ منحنی ولتاژ و جریان در یک مقاومت اهمی

همان‌طوری که اشاره شد مقاومت اهمی عنصری است که فقط از خود مخالفت (مقاومت) در برابر عبور جریان الکتریکی نشان می‌دهد. به همین دلیل اثری روی ایجاد فاصله زمانی یا مکانی بین دو موج ولتاژ اعمال شده و جریان عبوری از آن ندارد. در یک مدار اهمی خالص مانند شکل ۲۶ــ۱۳ بین شکل موج ولتاژ و شکل موج جریان هیچ‌گونه اختلاف فازی وجود ندارد یا به عبارتی دیگر هم‌فاز هستند.



شکل ۲۶ــ۱۳

پرسش

۱ــ هر یک از مفاهیم زیر را تعریف کنید.

ولتاژ ثابت، ولتاژ متناوب، فرکانس، زمان تناوب، مقدار مؤثر و متوسط یک موج سینوسی

۲ــ دو سیکل کامل یک موج دندانه ارّه‌ای و مربّعی را که دارای مقدار پیک تا پیک ۴۰ ولت است، رسم کنید.

۳ــ مقدار ولتاژ پیکِ یک موج سینوسی برابر با یک ولت است مقدار مؤثر، متوسط، پیک تا پیک ولتاژ را به دست آورید.

۴ــ با رسم سه موج سینوسی، اختلاف زاویه‌ی آن‌ها را که اوّلی نسبت به دومی ۳۰ درجه جلوتر و دومی نسبت به سومی ۴۵ درجه جلوتر است، نشان دهید.

۵ــ مقدار ولتاژ لحظه‌ای برق شهر را که دارای فرکانس ۵۰ هرتز و مقدار مؤثر ۲۲۰ ولت است، در زاویه‌های صفر، ۳۰، ۴۵، ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰، ۳۶۰ درجه پیدا کنید.

۶ــ زاویه‌ی فاز 90° برابر با چند رادیان است؟

۷ــ منبع ولتاژ ۲۲۰ ولت AC را به یک مقاومت ۲۰ اهمی اتّصال داده‌ایم ؛

الف) مقدار جریان rms در مقاومت را محاسبه کنید.

ب) فرکانس جریان برق چه‌قدر است؟ اگر $\omega = 100$ رادیان بر ثانیه باشد.

پ) مقدار اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان را تعیین کنید.

ت) چه مقدار ولتاژ (dc) مورد نیاز است تا معادل ولتاژ مؤثّر در این مقاومت حرارت تولید شود؟

۸ــ فرکانس امواج (AC) زیر چه‌قدر است؟

الف ــ ده سیکل در یک ثانیه

ب ــ یک سیکل در $\frac{1}{10}$ ثانیه

پ ــ ۵۰ سیکل در یک ثانیه

ت ــ ۵۰ سیکل در ۵ ثانیه

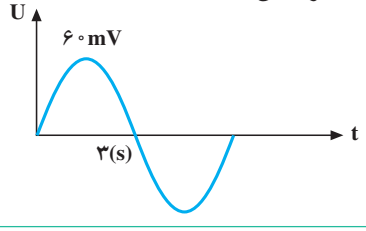
۹ــ پریود T را برای فرکانس‌های زیر محاسبه کنید.

الف ــ ۵۰۰ هرتز (Hz)

ب ــ ۵ مگا هرتز (MHz)

پ ــ ۵ گیگاهرتز (GHz)

۱۰ــ در شکل ۲۷ــ۱۳ مقادیر U_{rms} ، پریود (T) و فرکانس را محاسبه کنید.



شکل ۲۷ــ۱۳

تمرین

۱ــ جریان متناوبی دارای ماکزیمم مقدار ۲۰A است، معادله‌ی زمانی آن‌را بنویسید و مقدار لحظه‌ای آن را در موقعی که زاویه‌ی α برابر با 18°، 67°، 136°، 242° و 326° درجه باشد، مشخص کنید.

۲ــ مقدار لحظه‌ای نیروی محرّکه‌ی جریان متناوبی در 17° برابر با ۳۴/۲ ولت است. مقدار ماکزیمم آن چه‌قدر است؟

(جواب : ۱۱۶/۹۷ ولت)

۳ــ مقدار لحظه‌ای نیروی محرکه‌ی متناوبی در ۳۳۴/۴ درجه برابر با ۱۹۰− ولت است. مقدار ماکزیمم آن را به دست آورید.

(جواب : ۴۳۹/۸ ولت)

۴ــ مقدار لحظه‌ای ولتاژ متناوب سینوسی را در 2π رادیان به دست آورید ؛ در صورتی که مقدار ماکزیمم ولتاژ آن ۱۶۵ ولت باشد.

(جواب : صفر)

۵ــ سیم‌پیچی در داخل میدان مغناطیسی دارای حرکت دورانی است. در چه زاویه‌ای مقدار ولتاژ لحظه‌ای ۰/۷ برابر مقدار ماکزیمم خواهد بود؟

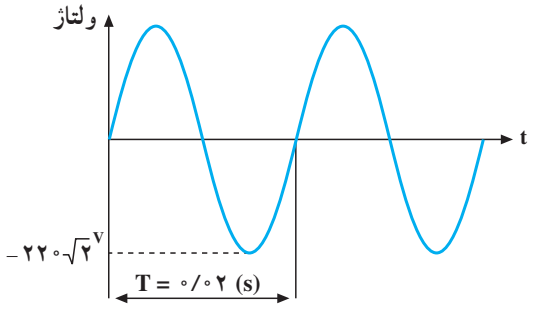
(جواب : تقریباً 45°)

۶ــ جریانی به معادله‌ی $i = 10\sin\omega t$ از یک مقاومت ۱۰ اهمی عبور می‌کند. معادله‌ی ولتاژ آن را بنویسید.

(جواب : $v = 100\sin\omega t$)

۷ــ مقدار ولتاژ منحنی شکل ۲۸ــ۱۳ را در $\frac{T}{2}$ حساب کنید. فرکانس و مقدار مؤثر آن چه‌قدر است؟

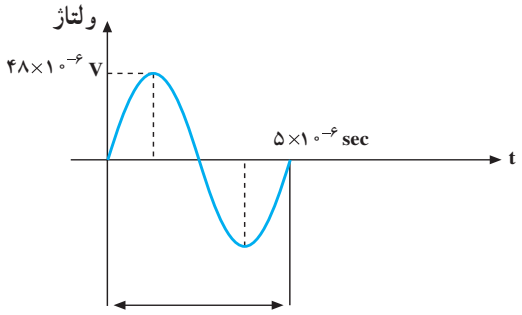
(جواب: ۰V ، ۵۰ هرتز ، ۲۲۰ ولت)



شکل ۲۸ــ۱۳

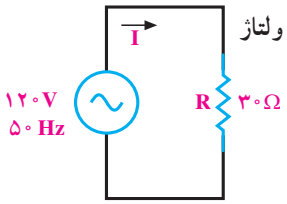
۸ــ مطلوب است محاسبه‌ی مقادیر مؤثر، زمان تناوب، فرکانس و دامنه P-P شکل ۲۹ــ۱۳.

(جواب : $33/9\mu V$ − 5×10^{-6} se − ۲۰۰KHz − $96\mu V$)



شکل ۲۹ــ۱۳

۹ــ در مدار شکل ۳۰ــ۱۳ شکل موج منبع سینوسی است. مقادیر I_t ، V_{max} ، V_{P-P} ، V_{ave} ، I_{max} ، I_{P-P} ، I_{ave} و توان (P) را در مقاومت R به‌دست آورید.



شکل ۳۰ــ۱۳