فصل ۵

جریان متناوب

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

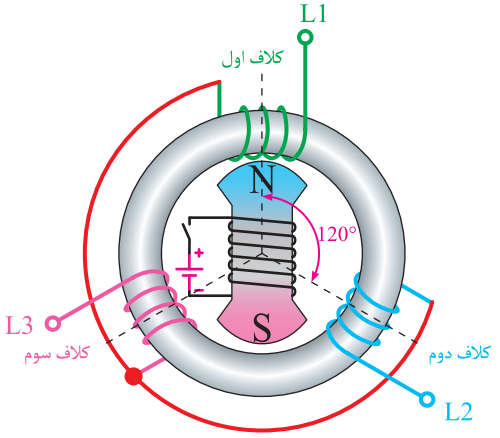
۱ــ جریان متناوب را تعریف کند.

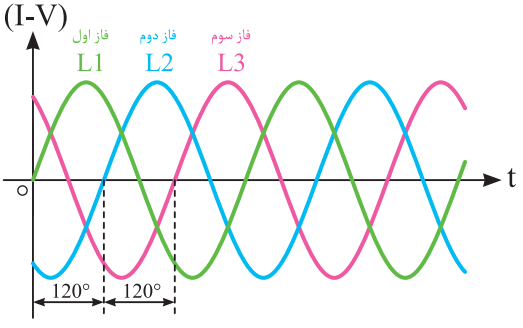
۲ــ چگونگی تولید جریان متناوب را شرح دهد.

۳ــ مشخصات جریان متناوب را توضیح دهد.

۴ــ چگونگی تولید جریان متناوب سه فاز را با رسم شکل موج مختصراً توضیح دهد.

۵ــ حروف اختصاری فازها و ترتیب قرارگرفتن سیم‌ها در شبکهٔ برق ایران را بیان کند.





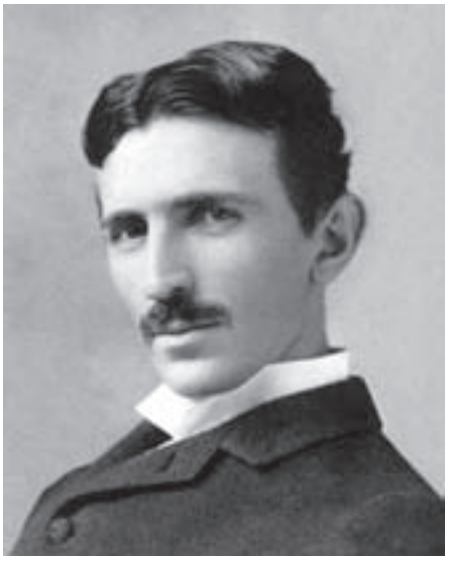
سیمای فصل ۵

ـ جریان متناوب
ـ چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها
ـ آشنایی با مشخصات جریان متناوب
ـ جریان متناوب سه فاز و تک‌فاز

آشنایی با دانشمندان

تِسلا

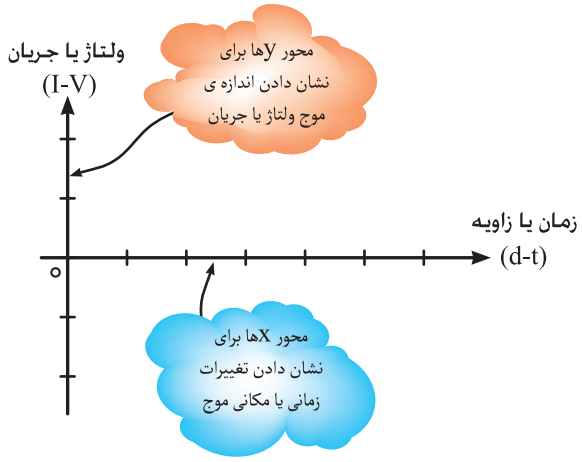
(Tesla, Nikola/ ۱۹۴۳ــ۱۸۵۶)



تسلا در کرواسی، که اکنون قسمتی از کشور یوگسلاوی را تشکیل می‌دهد و در زمان او جزء امپراتوری اتریش ــ هنگری بود، به دنیا آمد. بعداً او به آمریکا مهاجرت کرد و مدتی با ادیسون همکاری نمود. ادیسون همواره با جریان برق مستقیم کار می‌کرد ولی تسلا کارکردن با جریان برق متناوب و دارای ولتاژ زیاد را عملی ساخت. رابطهٔ او با ادیسون به علت استبداد رأی ادیسون خیلی زود به هم خورد. تسلا از این‌که جریان برق متناوب برای اولین بار در صندلی الکتریکی برای اعدام کردن مورد استفاده قرار گرفت شدیداً ناراحت بود. او هم‌چنین طراح تولید نیروی برق در آبشار نیاگارا بود. به پاس خدمات او یکای شدت میدان مغناطیسی در SI را با تسلا نشان می‌دهند.

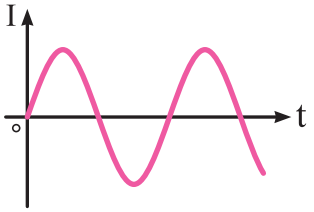
۵ــ جریان متناوب

معمولاً برای نشان دادن چگونگی تغییرات جریان یا ولتاژ از یک نمودار که دارای دو خط عمود بر هم است استفاده می‌شود (شکل ۱ــ۵).

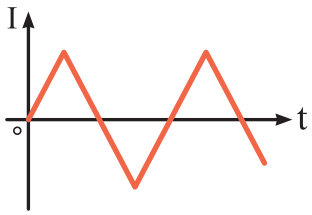


شکل ۱ــ۵

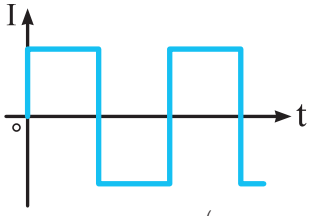
محور افقی برای نشان دادن تقسیمات زمانی یا مکانی و محور عمودی برای نشان دادن اندازهٔ ولتاژ یا جریان در نظر گرفته می‌شود. موج جریان رادر شکل‌های مختلف، مانند شکل ۲ــ۵، می‌توان رسم کرد.



الف) موج سینوسی



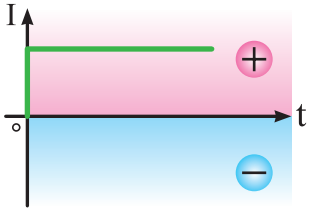
ب) موج مثلثی



ج) موج مربعی

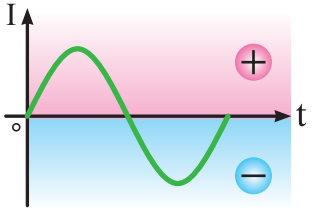
شکل ۲ــ۵

نمودار شکل ۳ــ۵ جریانی را نشان می‌دهد که اندازه و جهت آن تغییر نمی‌کند به چنین جریانی، جریان مستقیم[۱] می‌گویند.



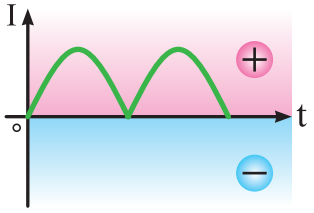
شکل۳ــ۵

برهمین اساس هرگاه جریانی دارای شکل موجی به‌صورت شکل ۴ــ۵ باشد، که هم تغییر در اندازه و هم تغییر در جهت داشته باشد، به آن جریان متناوب[۲] گفته می‌شود.



شکل۴ــ۵

نکته : یک گروه از امواج هستند که مشابه شکل ۵ــ۵ نسبت به زمان دارای تغییرات‌اند اما در زیر محور افقی t (قسمت منفی موج) قرار نمی‌گیرند. اصطلاحاً به این امواج دی سی «ضربان‌دار» گفته می‌شود.



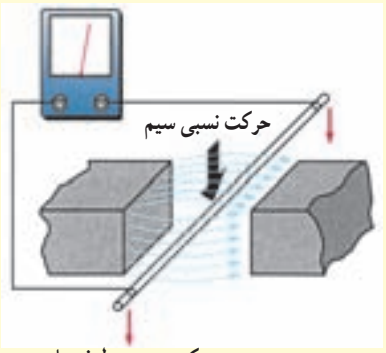
شکل۵ــ۵

۱- DC - Direct current

۲- AC- Alternative current

۱ــ۵ــ چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها

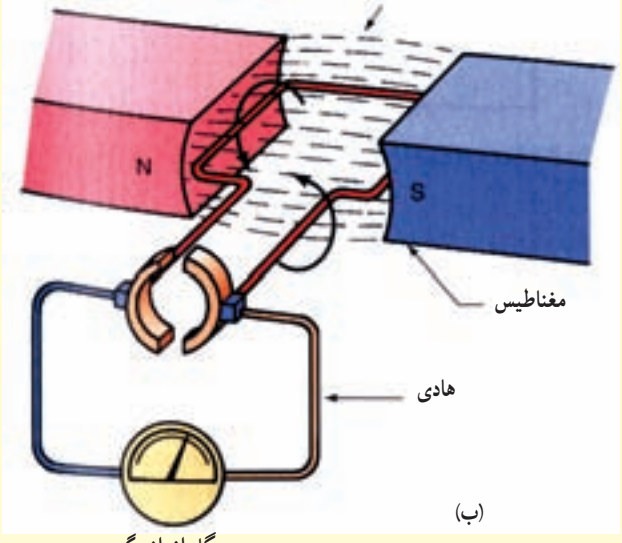
طبق آزمایش‌هایی که فاراده انجام داد به این نتیجه رسید که در اثر حرکت سیم در داخل میدان مغناطیسی نیروی محرکه‌ای (مطابق شکل ۶ ــ ۵ ــ الف) در دو سر سیم القا می‌شود.



(الف) نحوهٔ تولید جریان متناوب (حرکت سیم)

برهمین اساس اگر به‌جای یک رشته سیم از یک کلاف با چند رشته سیم در داخل میدان مغناطیسی استفاده کنیم، به‌طوری که بتوانیم کلاف را مانند شکل ۶ــ۵ در داخل میدان مغناطیسی به‌صورت دایره‌ای بچرخانیم، در واقع توانسته‌ایم یک مولّد ساده بسازیم. از آن‌جایی که نیروی محرکهٔ القا شده در کلاف سیم به سینوس زاویهٔ کلاف با میدان مغناطیسی بستگی دارد، شکل موج خروجی مولّد را سینوسی درنظر می‌گیرند.

حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی به‌صورت دایره‌ای است که می‌تواند از صفر تا ۳۶۰ درجه باشد.



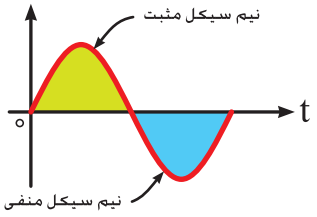
دستگاه اندازه گیر

۶ ــ ۵ ــ چگونگی تولید جریان متناوب

۲ــ۵ــ آشنایی با مشخصات جریان متناوب

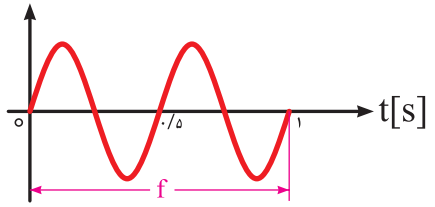
شکل موج جریان متناوب دارای یک‌سری مشخصات است که به بررسی هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

۱ــ۲ــ۵ــ سیکل[۱] : به شکل موجی که در اثر چرخش یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید «سیکل» گفته می‌شود (شکل ۷ــ۵). به قسمت بالای محور سیکل «نیم سیکل مثبت» و به قسمت پایین محور زمان «نیم سیکل منفی» گفته می‌شود.



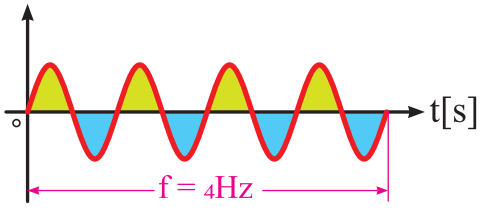
شکل ۷ــ۵

۲ــ۲ــ۵ــ فرکانس (f)[۲] : به تعداد سیکل‌های زده شده در طی مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» گفته می‌شود (شکل ۸ــ۵).



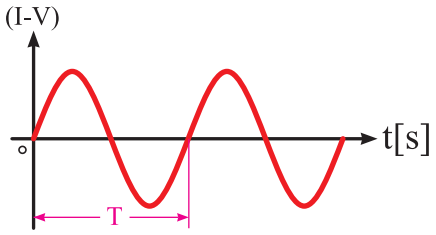
شکل ۸ــ۵

واحد فرکانس «هرتز ــ Hz[۳]» است. ضمناً فرکانس شبکهٔ برق رسانی ایران ۵۰ هرتز است. شکل ۹ــ۵ امواج شبکه‌ای را نشان می‌دهد که فرکانس آن ۴ هرتز است.



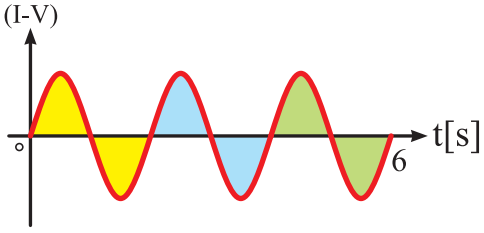
شکل ۹ــ۵

۳ــ۲ــ۵ــ زمان تناوب (T) : اصطلاحاً به مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک سیکل موج متناوبی طی شود به آن «زمان تناوب» گفته می‌شود و واحد اصلی آن ثانیه است (شکل ۱۰ــ۵).



شکل ۱۰ــ۵

مثال : زمان تناوب شکل ۱۱ــ۵ چند ثانیه است؟



شکل ۱۱ــ۵

حل : همان‌طوری که درشکل مشاهده می‌شود سه سیکل طی ۶ ثانیه به‌وجود آمده است پس می‌توان زمان تناوب شکل را به صورت زیر محاسبه کرد.

$$T = \frac{۶}{۳} = ۲\,S$$

مثال : زمان تناوب برق شهر کشور ایران چند ثانیه است؟

حل :چون فرکانس برق شهر در کشور ایران ۵۰Hz است، لذا زمان تناوب آن معادل خواهد شد با :

$$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۵۰} = ۰/۰۲\,S$$

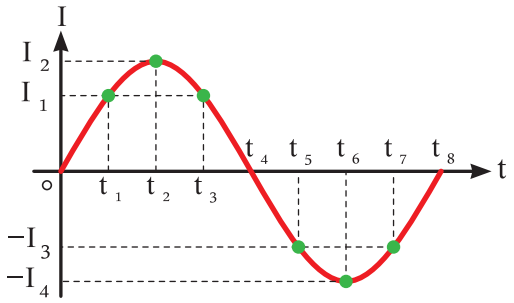
توجه : T و f عکس یک‌دیگر هستند.

۴ــ۲ــ۵ــ دامنه : مقدار موج در هر لحظه از زمان را «دامنه» گویند. در شکل ۱۲ــ۵ مقدار موج در لحظات مختلف

۱– Cycle ۲– Frequence ۳– Hertz

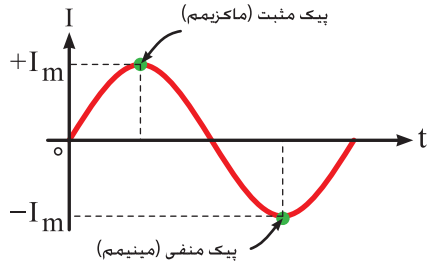
نشان داده شده است.

همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود برای مثال در لحظهٔ t_1 و t_3 جریان دارای مقدار I_1 یا درلحظهٔ t_2 و t_6 جریان دارای بیش‌ترین مقدار نیم سیکل‌های مثبت و منفی موج است.



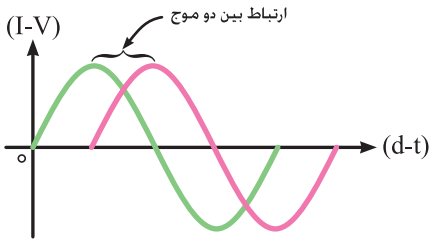
شکل ۱۲ــ۵

۵ــ۲ــ۵ــ مقدار حداکثر (m)[1] : اصطلاحاً به بیش‌ترین مقدار یک موج در نیم سیکل مثبت «پیک مثبت» یا «حداکثر» و به حداکثر مقدار موج در نیم سیکل منفی «پیک منفی» یا «حداقل» گفته می‌شود. شکل ۱۳ــ۵ مقادیر پیک مثبت و منفی را نشان می‌دهد.



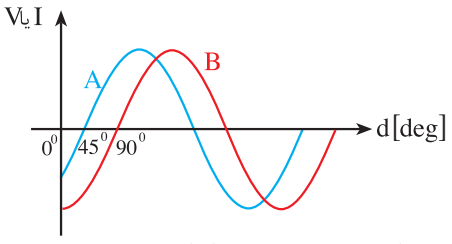
شکل ۱۳ــ۵

۶ــ۲ــ۵ــ فاز[2] : کلمهٔ فاز اصطلاحی است که برای نشان دادن رابطهٔ زمانی (t) یا مکانی (درجه ــ d) بین دو شکل موج یا یک شکل موج متناوب نسبت به نقطهٔ مبدأ (صفر) به‌کار می‌رود (شکل ۱۴ــ۵).

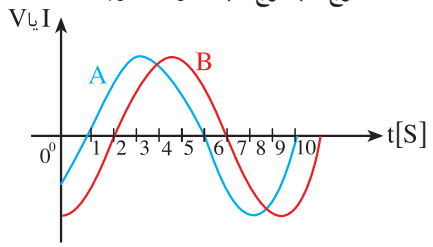


شکل ۱۴ــ۵

۷ــ۲ــ۵ــ اختلاف فاز : معمولاً برای مشخص کردن وضعیت دو موج متناوب نسبت به هم لازم است مقدار فاصلهٔ بین دو موج که اغلب برحسب زمانی یا مکانی (درجه) است، بررسی شود. اندازهٔ این فاصله، معمولاً از مقایسهٔ دو نقطه مشابه از روی دو موج نسبت به نقطهٔ صفر مختصات به‌دست می‌آید.



الف) موج A با موج B به‌اندازهٔ ۹۰ درجه فاصله



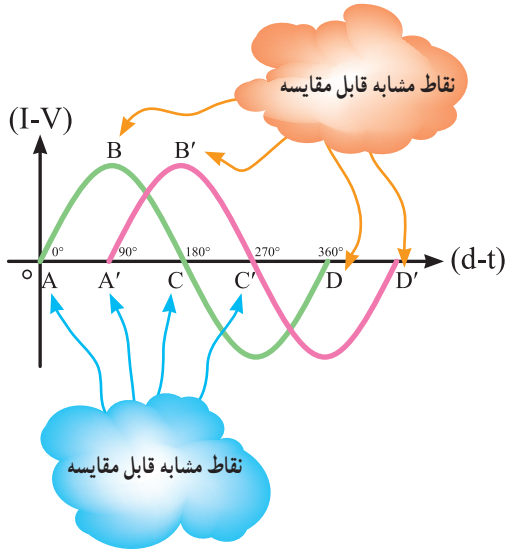
ب) موج A با موج B به اندازهٔ ۱ ثانیه فاصله

شکل ۱۵ــ۵

برای این منظور ابتدا باید دو نقطهٔ مشابه را از روی هر دو موج مانند نقاط A و A′ (صفر مثبت) یا B و B′ (ماکزیمم مثبت) یا C و C′ (صفر منفی) یا D و D′ (ماکزیمم منفی) شکل ۱۶ــ۵ را درنظر بگیریم. سپس مقدار اختلاف (فاصله) بین دو موج را از روی محور افقی بر حسب زمان (ثانیه) یا مکان (درجه) به‌دست آوریم (شکل ۱۶ــ۵).

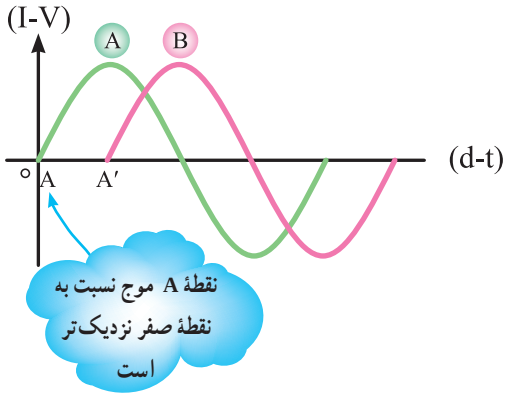
۱ــ m- maximum

۲ــ phase



شکل ۵ــ۱۶

در نهایت دو نقطهٔ A و A′ را نسبت به نقطهٔ صفر محور مختصات بررسی و مشخص می‌کنیم که کدام نقطه به نقطهٔ صفر نزدیک‌تر است. در شکل ۵ــ۱۷ موج A نسبت به موج B پیش‌فاز است. موج B نسبت به موج A پس‌فاز است. اگر فاصلهٔ A و A′ از نقطه صفر برابر باشد دو موج را هم‌فاز می‌گویند.

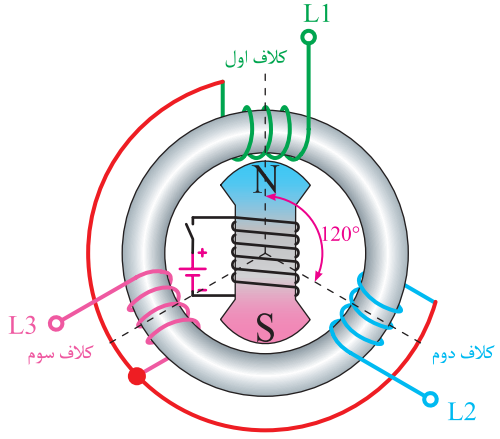


شکل ۵ــ۱۷

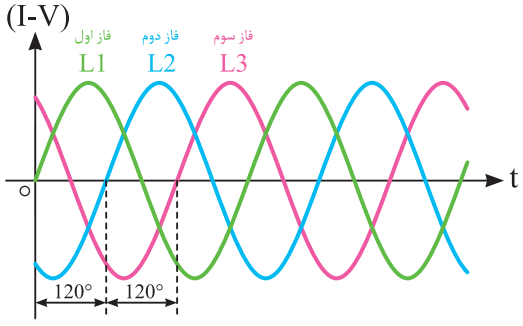
۵ــ۳ــ جریان متناوب سه‌فاز و تک‌فاز

ولتاژ تولیدی جریان متناوب که برپایه اصول الکترومغناطیس در مولّدها (ژنراتورها) تولید می‌شود اغلب به‌صورت سه‌فاز است.

در این مولّد از سه‌گروه کلاف که با یکدیگر اختلاف فاز مکانی ۱۲۰° درجه دارند در فضای داخلی و مسیردایره‌ای مطابق شکل ۵ــ۱۸ استفاده می‌شود. این مولّد با چرخش میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ گردان، در هر لحظه که قطب N مقابل هر سیم پیچ ثابت قرار می‌گیرد ولتاژی در دو سر آن‌ها به‌وجود می‌آورد که به تولید شکل موج‌هایی به‌صورت شکل ۵ــ۱۹ در خروجی مولّد می‌انجامد.

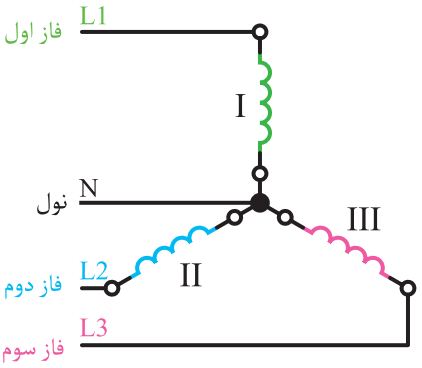


شکل ۵ــ۱۸



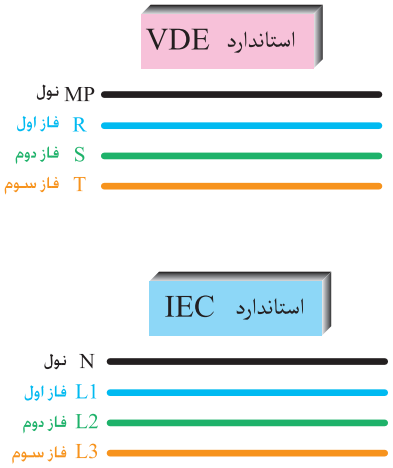
شکل ۵ــ۱۹

سه گروه سیم پیچی مولّد از داخل به‌صورت شکل ۵ــ۲۰ به یکدیگر متصل شده‌اند و از محل اتصال آن‌ها نیز سیمی خارج می‌شود. اصطلاحاً به سر سیم‌پیچ‌ها «فاز» گفته می‌شود. به سیمی که از محل اشتراک سیم‌پیچ‌ها خارج می‌شود سیم «نول» گفته می‌شود.



شکل ۲۰ــ۵

در شکل۲۱ــ۵ ترتیب قرارگرفتن سیم‌های یک شبکهٔ الکتریکی و حروف اختصاری هر یک از آن‌ها در دو استاندارد IEC[1] و VDE[2] نشان داده شده است.



شکل ۲۱ــ۵

برای برق رسانی به یک مصرف کنندهٔ سه فاز مانند موتور یک سیستم موتورخانه مشابه شکل ۲۲ــ۵، فقط از سه سیم فازها یعنی L_1, L_2, L_3 استفاده می‌شود. در صورتی که بخواهیم به مصرف‌کننده‌های تک‌فاز مانند موتور مشعل برق‌رسانی کنیم باید از یکی از سیم‌های فاز L_1 یا L_2 یا L_3 به همراه سیم نول استفاده کنیم.

شکل ۲۲ــ۵

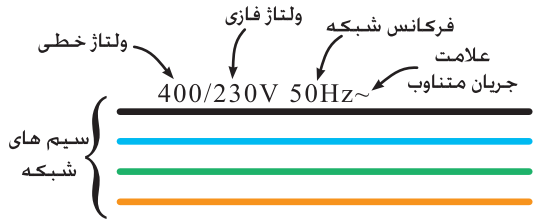
شکل ۲۳ــ۵ تصویر یک نمونه موتور نصب شده روی مشعل را نشان می دهد.

شکل ۲۳ــ۵

در نقشه‌های الکتریکی، اغلب شبکهٔ اصلی برق‌رسانی به‌همراه مشخصات آن‌ها و مطابق شکل۲۴ــ۵ نشان داده می‌شود. منظور از ولتاژ خطی (V_L) مقدار ولتاژ بین دو سیم فاز و ولتاژ فازی (V_P) مقدار ولتاژ بین هر فاز و سیم نول است. در شبکهٔ برق رسانی ایران اختلاف پتانسیل یا ولتاژ خطی ۴۰۰ ولت ولتاژ و فازی ۲۳۰ ولت است. شکل ۲۵ــ۵ نحوهٔ اندازه‌گیری ولتاژهای خطی و فازی را نشان می‌دهد.

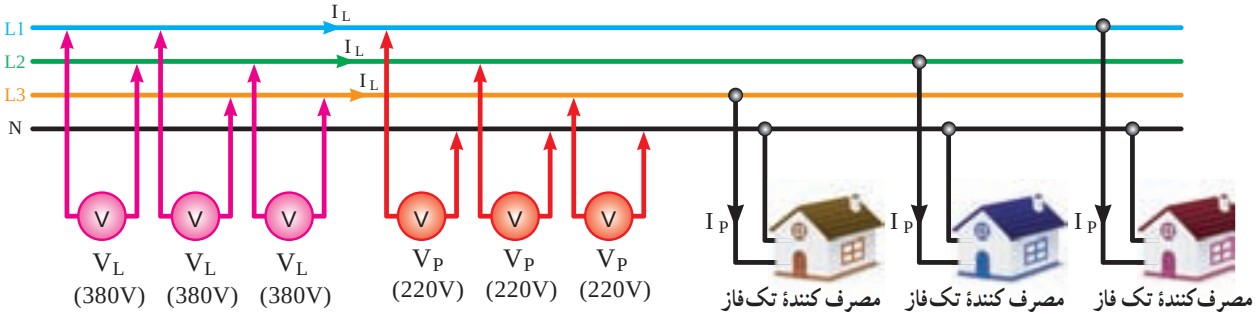
۱– IEC- International Electrotechnical commission.

۲– VDE- Verband Deutscher Electrotechniker.



شکل ۲۴ــ۵

همان‌طوری که در شکل ۲۵ــ۵ مشاهده می‌شود به جریانی که از خطوط شبکه جاری است جریان خطی (I_L) و به مقدار جریانی که هر یک از مصرف کننده‌ها از شبکه دریافت می‌کنند و از مسیر سیم‌پیچ‌های آن‌ها عبور می‌کند جریان فازی (I_P) گفته می‌شود.



شکل ۲۵ــ۵

پرسش‌های فصل پنجم

◄پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱ــ در جریان مستقیم و در طی مدت زمان معین اندازه و جهت جریان چگونه تغییر می‌کند؟

الف) ثابت می‌ماند ب) افزایش می‌یابد ج) کاهش می‌یابد د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد

۲ــ به شکل موجی که در اثر چرخش یک دور کلاف (سیم‌پیچ) در داخل میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آید ..... می‌گویند.

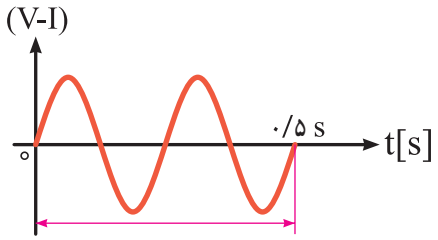
الف) فرکانس ب) دامنه ج) فاز د) سیکل

۳ــ زمان تناوب یک موجی که شش سیکل را در سه ثانیه می‌پیماید چند ثانیه است؟

الف)۲ ب) ۰/۵ ج) ۱۸ د)۳

۴ــ فرکانس شکل موج در شکل ۲۶ــ۵ چند هرتز است؟

الف) ۰/۲۵ ب) ۴ ج) ۲ د)۰/۵



شکل ۲۶ــ۵

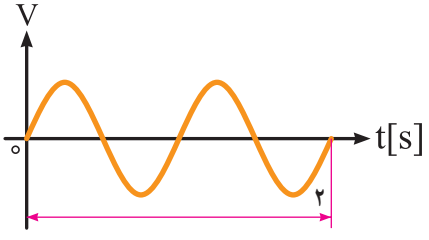
◄پرسش‌های پُرکردنی

۵ــ جریان متناوب جریانی است که در آن ..... و ..... تغییر می‌کند.

۶ــ به تعداد سیکل‌های زده شدهٔ یک کلاف در میدان مغناطیسی در طی مدت زمان یک ثانیه، ..... می‌گویند.

۷ــ مدت زمانی را که طول می‌کشد تا در یک سیکل موج متناوب به‌وجود آید ..... می‌گویند.

۸ــ فرکانس شکل موج نشان داده شده در شکل ۲۷ــ۵ برابر ..... هرتز است.



شکل ۲۷ــ۵

◀پرسش‌های درست و نادرست

۹ــ در اثر حرکت سیم در داخل میدان مغناطیسی، نیروی محرکه‌ای در دو سر سیم القا می‌شود.

درست ☐ نادرست ☐

۱۰ــ مفهوم «فاز» برای نشان دادن رابطهٔ زمانی یا مکانی بین دو شکل موج به کار می‌رود.

درست ☐ نادرست ☐

۱۱ــ زمان تناوب برق شهر در کشور ایران ۵۰ ثانیه است.

درست ☐ نادرست ☐

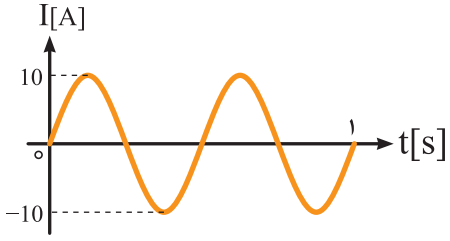
◀پرسش‌های تشریحی

۱۲ــ برروی شکل موج شکل ۲۸ــ۵ کمیّت‌های فرکانس، زمان تناوب مقدار حداکثر (ماکزیمم) را نشان دهید.

پاسخ : ۲Hz ، ۰/۵s

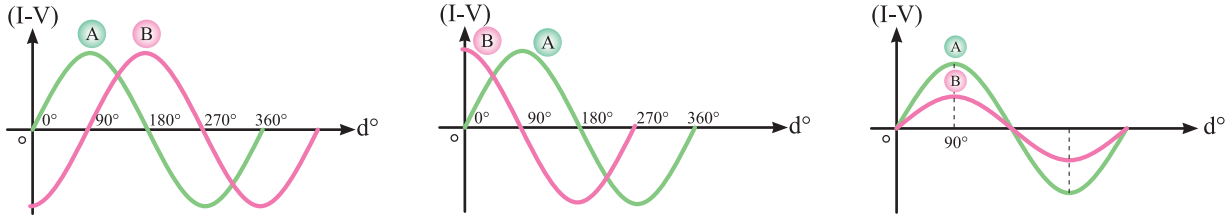
۱۳ــ جریان متناوب را تعریف کنید.

۱۴ــ مشخصات جریان متناوب را توضیح دهید.



شکل ۲۸ــ۵

۱۵ــ اختلاف فاز شکل موج B نسبت به شکل موج A در تصاویر شکل ۲۹ــ۵ را تعیین کنید.



شکل ۲۹ــ۵

پاسخ : الف) شکل موج B نسبت به A، ۹۰ درجهٔ پس فاز است.

ب) شکل موج B نسبت به A، ۹۰ درجهٔ پیش فاز است.

ج) شکل موج B نسبت به A هم‌فاز است.