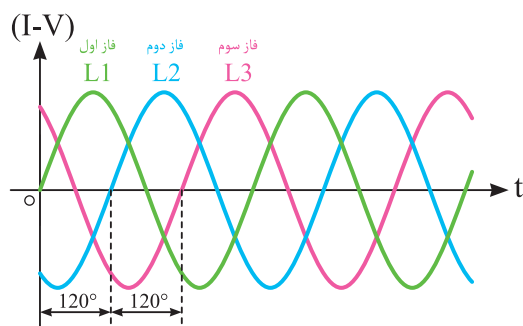
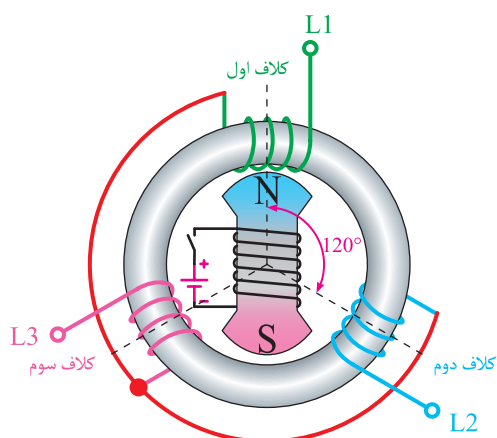


جریان متناوب

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

- ۱- جریان متناوب را تعریف کند.
- ۲- چگونگی تولید جریان متناوب را شرح دهد.
- ۳- مشخصات جریان متناوب را توضیح دهد.
- ۴- چگونگی تولید جریان متناوب سه فاز را با رسم شکل موج مختصراً توضیح دهد.
- ۵- حروف اختصاری فازها و ترتیب قرار گرفتن سیم‌ها در شبکه برق ایران را بیان کند.



سیمای فصل ۵

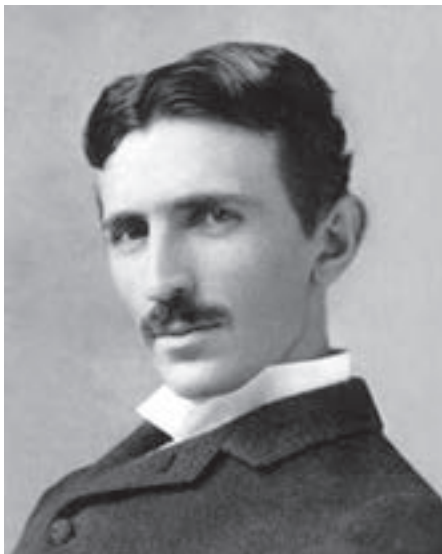
- جریان متناوب
- چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها
- آشنایی با مشخصات جریان متناوب
- جریان متناوب سه فاز و تک فاز



آشنایی با دانشمندان

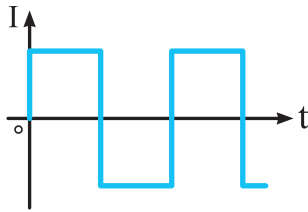
تسلا

(Tesla, Nikola / ۱۸۵۶-۱۹۴۳)



تسلا در کرواسی، که اکنون قسمتی از کشور یوگسلاوی را تشکیل می‌دهد و در زمان او جزء امپراتوری اتریش - 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. رابطه او با ادیسون به علت استبداد رأی ادیسون خیلی زود به هم خورد. تسلا از این که جریان برق متناوب برای اولین بار در صندلی الکتریکی برای اعدام کردن مورد استفاده قرار گرفت شدیداً ناراحت بود. او هم چنین طراح تولید نیروی برق در آبشار نیاگارا بود. به پاس خدمات او یکای شدت میدان مغناطیسی در SI را با تسلا نشان می‌دهند.

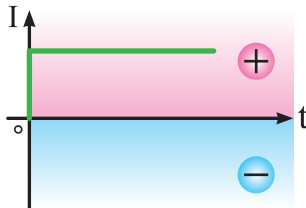
۵- جریان متناوب



ج) موج مربعی

شکل ۵-۲

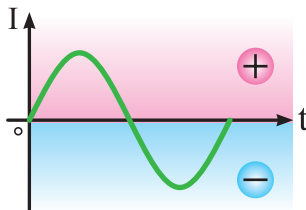
نمودار شکل ۵-۳ جریانی را نشان می‌دهد که اندازه و جهت آن تغییر نمی‌کند به چنین جریانی، جریان مستقیم^۱ می‌گویند.



شکل ۵-۳

بر همین اساس هرگاه جریانی دارای شکل موجی به صورت

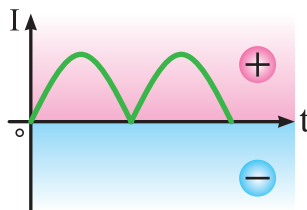
شکل ۵-۴ باشد، که هم تغییر در اندازه و هم تغییر در جهت داشته باشد، به آن جریان متناوب^۲ گفته می‌شود.



شکل ۵-۴

نکته: یک گروه از امواج هستند که مشابه شکل ۵-۵

نسبت به زمان دارای تغییرات اند اما در زیر محور افقی t (قسمت منفی موج) قرار نمی‌گیرند. اصطلاحاً به این امواج دی سی «ضربان دار» گفته می‌شود.



شکل ۵-۵

معمولاً برای نشان دادن چگونگی تغییرات جریان یا ولتاژ از یک نمودار که دارای دو خط عمود بر هم است استفاده می‌شود (شکل ۵-۱).

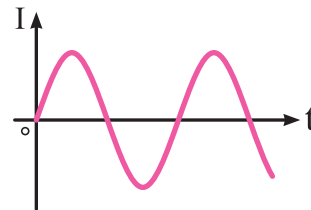
ولتاژ یا جریان
(I-V)



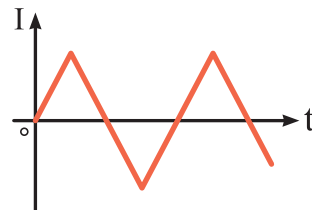
شکل ۵-۱

محور افقی برای نشان دادن تقسیمات زمانی یا مکانی

و محور عمودی برای نشان دادن اندازه ولتاژ یا جریان در نظر گرفته می‌شود. موج جریان رادر شکل‌های مختلف، مانند شکل ۵-۲، می‌توان رسم کرد.



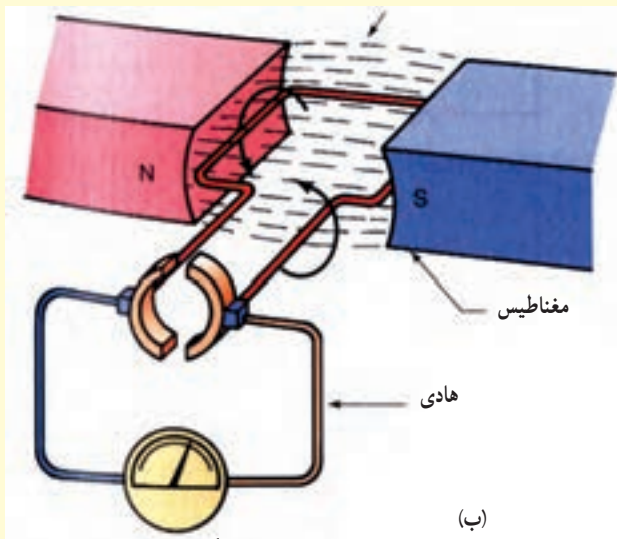
الف) موج سینوسی



ب) موج مثلثی

برهمن اساس اگر به جای یک رشته سیم از یک کلاف با چند رشته سیم در داخل میدان مغناطیسی استفاده کنیم، به طوری که بتوانیم کلاف را مانند شکل ۵-۶ در داخل میدان مغناطیسی به صورت دایره ای بچرخانیم، در واقع توانسته ایم یک مولد ساده بسازیم. از آن جایی که نیروی محرکه القا شده در کلاف سیم به سینوس زاویه کلاف با میدان مغناطیسی بستگی دارد، شکل موج خروجی مولد را سینوسی در نظر می گیرند.

حرکت کلاف در داخل میدان مغناطیسی به صورت دایره ای است که می تواند از صفر تا 360° درجه باشد.



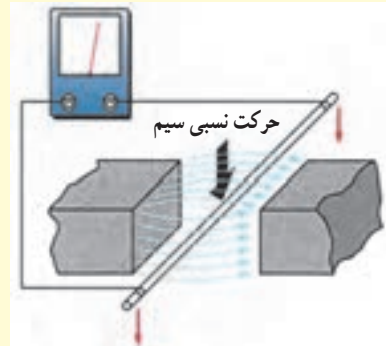
دستگاه اندازه گیر

۵-۶- چگونگی تولید جریان متناوب

۱-۵- چگونگی تولید جریان متناوب در ژنراتورها

طبق آزمایش هایی که فاراده انجام داد به این نتیجه رسید که در اثر حرکت سیم در داخل میدان مغناطیسی نیروی محرکه ای (مطابق شکل ۵-۶- الف) در دو سر سیم القا می شود.

ولتاژ القایی



حرکت سیم به طرف پایین

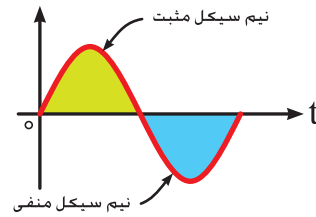
(الف) نحوه تولید جریان متناوب (حرکت سیم)

۵-۲-۵- آشنایی با مشخصات جریان متناوب

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

۵-۲-۱- سیکل^۱: به شکل موجی که در اثر چرخش

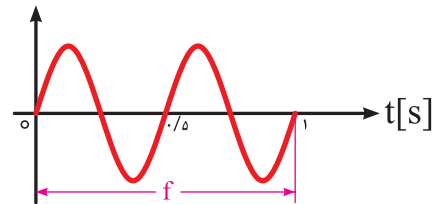
یک دور کلاف در داخل میدان مغناطیسی به وجود می‌آید («سیکل») گفته می‌شود (شکل ۵-۷). به قسمت بالای محور سیکل «نیم سیکل مثبت» و به قسمت پایین محور زمان «نیم سیکل منفی» گفته می‌شود.



شکل ۵-۷

۵-۲-۲- فرکانس (f)^۲: به تعداد سیکل‌های زده

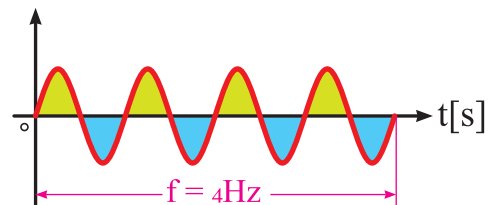
شده در طی مدت زمان یک ثانیه «فرکانس» گفته می‌شود (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸

واحد فرکانس «هرتز - Hz»^۳ است. ضمناً فرکانس شبکه

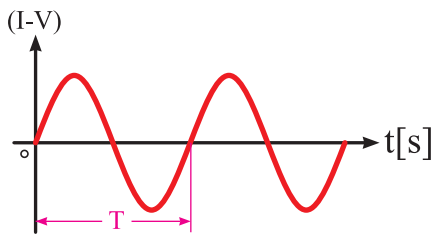
برق رسانی ایران ۵۰ هرتز است. شکل ۵-۹ امواج شبکه‌ای را نشان می‌دهد که فرکانس آن ۴ هرتز است.



شکل ۵-۹

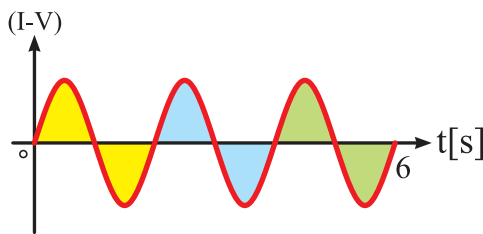
۵-۲-۳- زمان تناوب (T): اصطلاحاً به مدت زمانی

که طول می‌کشد تا یک سیکل موج متناوبی طی شود به آن «زمان تناوب» گفته می‌شود و واحد اصلی آن ثانیه است (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰

مثال: زمان تناوب شکل ۵-۱۱ چند ثانیه است؟



شکل ۵-۱۱

حل: همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود سه سیکل طی ۶ ثانیه به وجود آمده است پس می‌توان زمان تناوب شکل را به صورت زیر محاسبه کرد.

$$T = \frac{6}{3} = 2 \text{ S}$$

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



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

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ S}$$

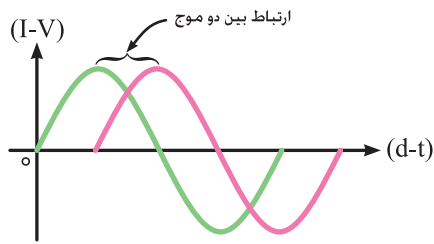
توجه: T و f عکس یک دیگر هستند.

۵-۲-۴- دامنه: مقدار موج در هر لحظه از زمان را

«دامنه» گویند. در شکل ۵-۱۲ مقدار موج در لحظات مختلف

نشان داده شده است.

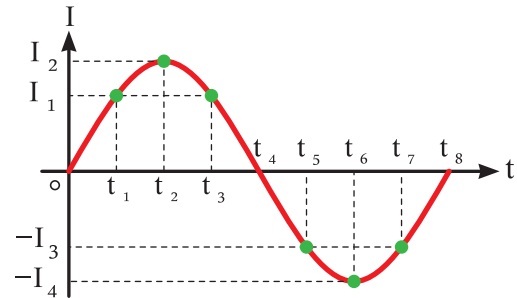
همان طوری که مشاهده می شود برای مثال در لحظه t_1 و t_3 جریان دارای مقدار I_1 یا در لحظه t_2 و t_4 جریان دارای بیشترین مقدار نیم سیکل های مثبت و منفی موج است.



شکل ۵-۱۴

۵-۲-۷- اختلاف فاز: معمولاً برای مشخص کردن

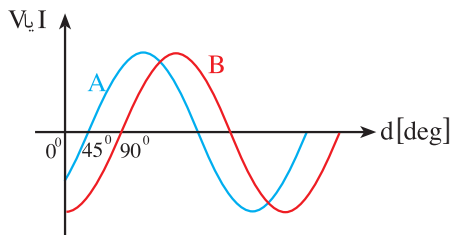
وضعیت دو موج متناوب نسبت به هم لازم است مقدار فاصله بین دو موج که اغلب بر حسب زمانی یا مکانی (درجه) است، بررسی شود. اندازه این فاصله، معمولاً از مقایسه دو نقطه مشابه از روی دو موج نسبت به نقطه صفر مختصات به دست می آید.



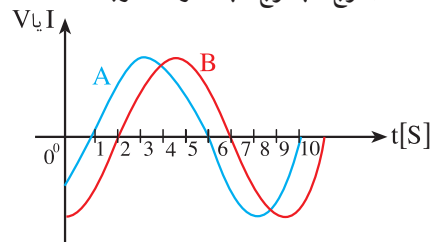
شکل ۵-۱۲

۵-۲-۵- مقدار حداکثر (m): اصطلاحاً به بیشترین

مقدار یک موج در نیم سیکل مثبت «بیک مثبت» یا «حداکثر» و به حداکثر مقدار موج در نیم سیکل منفی «بیک منفی» یا «حداقل» گفته می شود. شکل ۵-۱۳ مقادیر بیک مثبت و منفی را نشان می دهد.

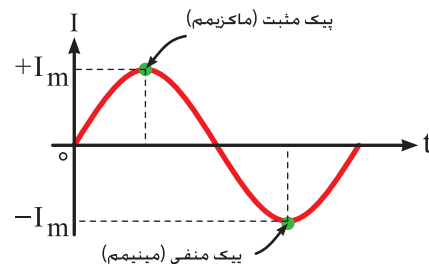


الف) موج A با موج B به اندازه ۹۰ درجه فاصله



ب) موج A با موج B به اندازه ۱ نانویه فاصله

شکل ۵-۱۵



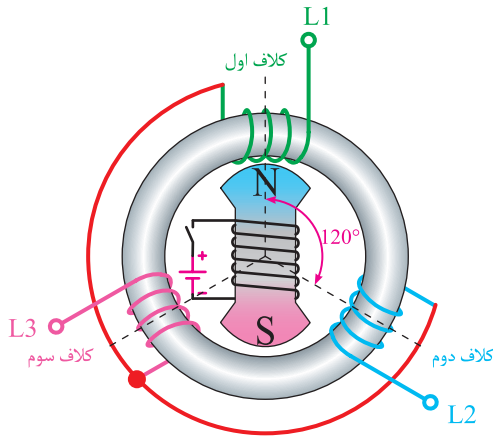
شکل ۵-۱۳

برای این منظور ابتدا باید دو نقطه 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 ۵-۱۶ را در نظر بگیریم. سپس مقدار اختلاف (فاصله) بین دو موج را از روی محور افقی بر حسب زمان (ثانیه) یا مکان (درجه) به دست آوریم (شکل ۵-۱۶).

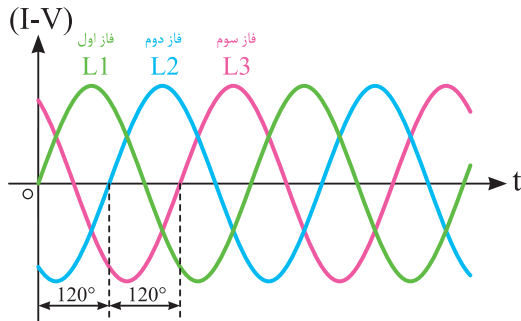
۵-۲-۶- فاز^۲: کلمه فاز اصطلاحی است که برای

نشان دادن رابطه زمانی (t) یا مکانی (درجه - d) بین دو شکل موج یا یک شکل موج متناوب نسبت به نقطه مبدأ (صفر) به کار می رود (شکل ۵-۱۴).

در این مولد از سه گروه کلاف که با یکدیگر اختلاف فاز مکانی 120° درجه دارند در فضای داخلی و مسیردایره‌ای مطابق شکل ۵-۱۸ استفاده می‌شود. این مولد 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 به وجود می‌آورد که به تولید شکل موج‌هایی به صورت شکل ۵-۱۹ در خروجی مولد می‌انجامد.

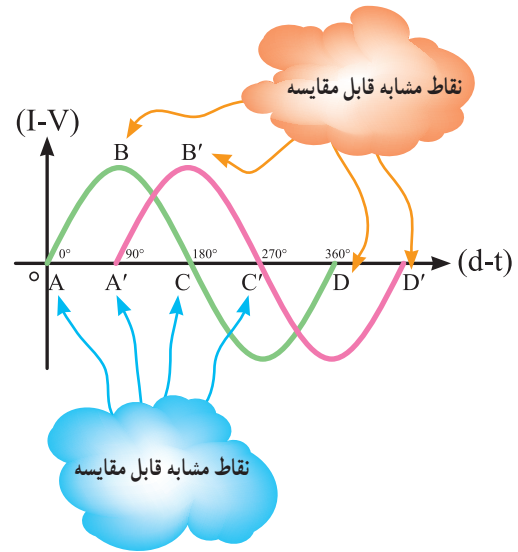


شکل ۵-۱۸



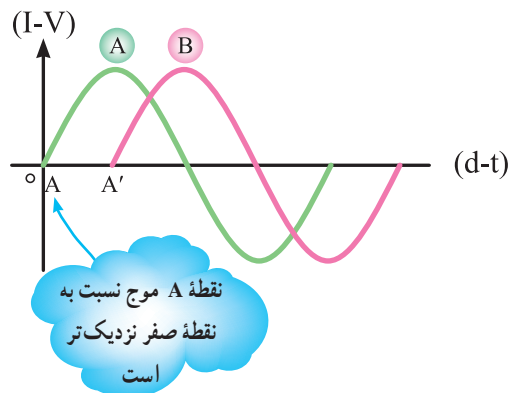
شکل ۵-۱۹

سه گروه سیم پیچی مولد از داخل به صورت شکل ۵-۲۰ به یکدیگر متصل شده‌اند و از محل اتصال آن‌ها نیز سیمی خارج می‌شود. اصطلاحاً به سر سیم پیچ‌ها «فاز» گفته می‌شود. به سیمی که از محل اشتراک سیم پیچ‌ها خارج می‌شود سیم «نول» گفته می‌شود.



شکل ۵-۱۶

در نهایت دو نقطه A و A' را نسبت به نقطه صفر محور مختصات بررسی و مشخص می‌کنیم که کدام نقطه به نقطه صفر نزدیک‌تر است. در شکل ۵-۱۷ موج A نسبت به موج B پیش فاز است. موج B نسبت به موج A پس فاز است. اگر فاصله A و A' از نقطه صفر برابر باشد دو موج را هم فاز می‌گویند.



شکل ۵-۱۷

۵-۳- جریان متناوب سه فاز و تک فاز

ولتاژ تولیدی جریان متناوب که بر پایه اصول الکترومغناطیس در مولدها (ژنراتورها) تولید می‌شود اغلب به صورت سه فاز است.



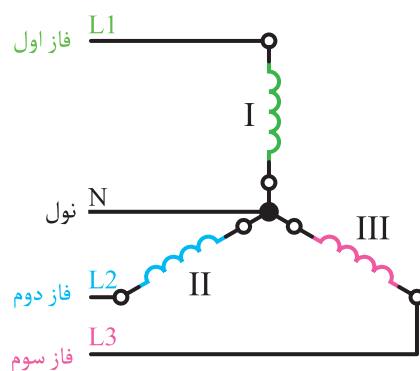
شکل ۵-۲۲

شکل ۵-۲۳ تصویر یک نمونه موتور نصب شده روی مشعل را نشان می دهد.



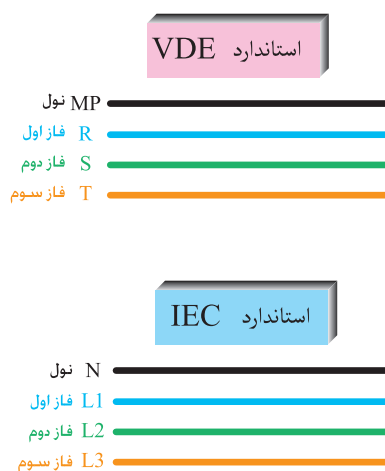
شکل ۵-۲۳

در نقشه های الکتریکی، اغلب شبکه اصلی برق رسانی به همراه مشخصات آن ها و مطابق شکل ۵-۲۴ نشان داده می شود. 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 شبکه برق رسانی ایران اختلاف پتانسیل یا ولتاژ خطی 400° ولت ولتاژ و فازی 230° ولت است. شکل ۵-۲۵ نحوه اندازه گیری ولتاژهای خطی و فازی را نشان می دهد.



شکل ۵-۲۰

در شکل ۵-۲۱ ترتیب قرار گرفتن سیم های یک شبکه الکتریکی و حروف اختصاری هر یک از آن ها در دو استاندارد IEC^۱ و VDE^۲ نشان داده شده است.

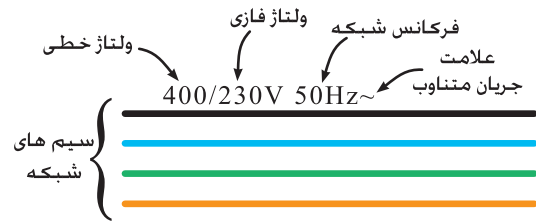


شکل ۵-۲۱

برای برق رسانی به یک مصرف کننده سه فاز مانند موتور یک سیستم موتورخانه مشابه شکل ۵-۲۲، فقط از سه سیم فازها یعنی L_1 , L_2 , L_3 استفاده می شود. در صورتی که بخواهیم به مصرف کننده های تک فاز مانند موتور مشعل برق رسانی کنیم باید از یکی از سیم های فاز L_1 یا L_2 یا L_3 به همراه سیم نول استفاده کنیم.

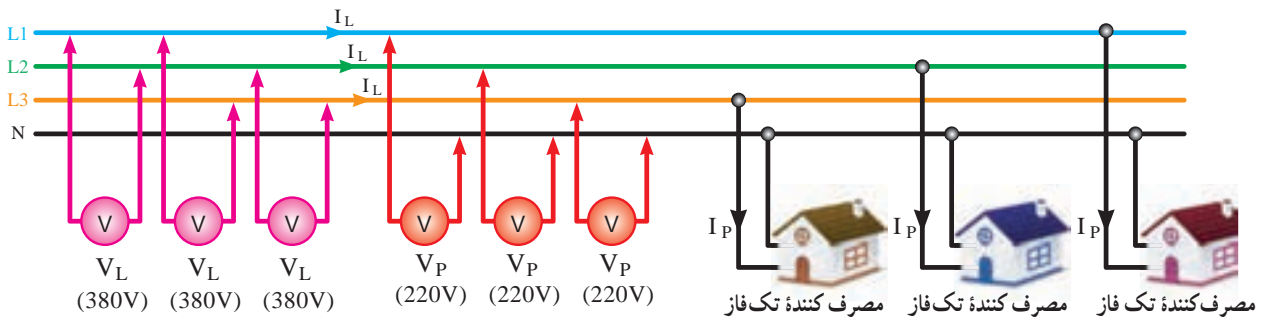
۱- IEC- International Electrotechnical commission.

۲- VDE- Verband Deutscher Electrotechniker.



شکل ۵-۲۴

همان طوری که در شکل ۵-۲۵ مشاهده می شود به جریانی که از خطوط شبکه جاری است جریان خطی (I_L) و به مقدار جریانی که هر یک از مصرف کننده ها از شبکه دریافت می کنند و از مسیر سیم پیچ های آن ها عبور می کند جریان فازی (I_P) گفته می شود.

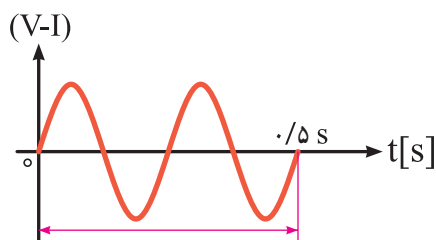


شکل ۵-۲۵

◀ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- 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
- ۲- به شکل موجی که در اثر چرخش یک دور کلاف (سیم‌پیچ) در داخل میدان مغناطیسی به وجود می‌آید می‌گویند.

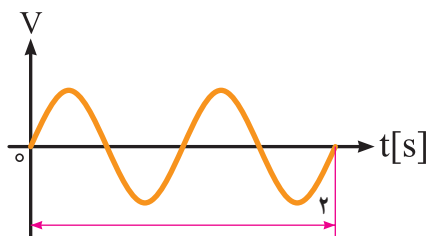
- الف) فرکانس ب) دامنه ج) فاز د) سیکل
- ۳- زمان تناوب یک موجی که شش سیکل را در سه ثانیه می‌پیماید چند ثانیه است؟
 الف) ۲ ب) ۰/۵ ج) ۱۸ د) ۳
- ۴- فرکانس شکل موج در شکل ۵-۲۶ چند هرتز است؟
 الف) ۰/۲۵ ب) ۴ ج) ۲ د) ۰/۵



شکل ۵-۲۶

◀ پرسش‌های پُرکردنی

- ۵- جریان متناوب جریانی است که در آن و تغییر می‌کند.
- ۶- به تعداد سیکل‌های زده شده یک کلاف در میدان مغناطیسی در طی مدت زمان یک ثانیه، می‌گویند.
- ۷- مدت زمانی را که طول می‌کشد تا در یک سیکل موج متناوب به وجود آید می‌گویند.
- ۸- فرکانس شکل موج نشان داده شده در شکل ۵-۲۷ برابر هرتز است.



شکل ۵-۲۷

◀ پرسش‌های درست و نادرست

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

درست نادرست

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

درست نادرست

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

درست نادرست

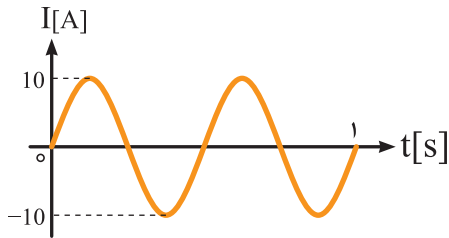
◀ پرسش‌های تشریحی

۱۲- بر روی شکل موج شکل ۵-۲۸ کمیت‌های فرکانس، زمان تناوب مقدار حداکثر (ماکزیمم) را نشان دهید.

پاسخ: 2 Hz ، 0.5 s

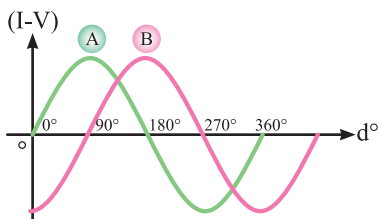
۱۳- جریان متناوب را تعریف کنید.

۱۴- مشخصات جریان متناوب را توضیح دهید.

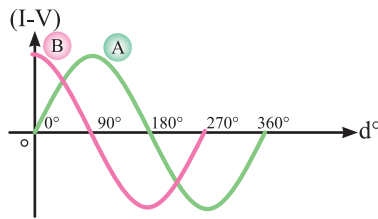


شکل ۵-۲۸

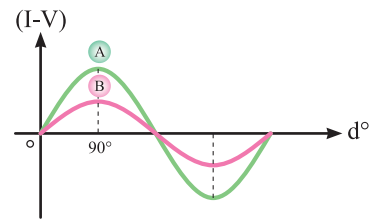
۱۵- اختلاف فاز شکل موج B نسبت به شکل موج A در تصاویر شکل ۵-۲۹ را تعیین کنید.



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۵-۲۹

پاسخ: الف) شکل موج B نسبت به A، 90° درجه پس فاز است.

ب) شکل موج B نسبت به A، 90° درجه پیش فاز است.

ج) شکل موج B نسبت به A هم فاز است.