



فن ورز شبکه های توزیع برق

مؤلفین :

محسن قراچه داغی

حین علیزاده

مجید مومن زاده

و با نظارت مهندس محمود شهباز مدیر عامل توزیع نیروی برق شمال استان کرمان

ویراستار:

حسین علیزاده

مجید مومن زاده

از انتشارات

شهریور ۱۳۹۶

فهرست

فن ورز شبکه های توزیع برق

ناشر:

گروه مولفین: محسن قراچه داغی - حسین علیزاده - مجید مومن زاده

مدیر اجرایی: مهندس محمود شهباز

ناظر چاپ: مدیر عامل توزیع نیروی برق شمال استان کرمان

نوبت چاپ:

ویراستار: حسین علیزاده - مجید مومن زاده

تیراژ:

طراحی و صفحه آرایی: زهرا روشن قیاس

طراحی جلد و گرافیک تصاویر: زهرا روشن قیاس

چاپ:

قیمت:

کلیه حقوق قانونی برای ناشر محفوظ می باشد (نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است)

پیشگفتار

در دنیای در حال تغییر کنونی، آموزش و پژوهش در سازمانها و نهادها به دلایل فراوان به عنوان ضرورتی انکار ناپذیر پذیرفته شده است. تغییرات سریع و عمیق علمی سبب شده است که نظریات، تکنیک ها و روشهای جدیدی وارد عرصه زندگی شود. هرچه دانش و مهارت های کارکنان با نیازهای جامعه، پیشرفت های علمی و تغییرات فن آوری هماهنگی و انطباق بیشتری داشته باشد، درجه اطمینان از موفقیت فرد و سازمان بالاتر می رود. از آنجا که حیات و ادامه زندگی سازمان تا حدود زیادی به دانش و مهارت کارکنان آن بستگی دارد، افراد ماهر و آموزش دیده نقش مهمی در کارآمدی و بهره وری سازمانی خواهند داشت. اساس بهبود سازمان، آموزش نیروی انسانی است که به صورت آموزش های حین خدمت در سازمان ها انجام می شود. هدف نظام آموزش، فراهم آوردن زمینه ای است که بر اساس آن توانایی های بالقوه افراد به فعل در آمده و استعداد های آنان شکوفا گردد که این هدف از طریق ایجاد فرصت های آموزشی جهت کارکنان تحقق می یابد. آموزش کارکنان فرآیندی است که انطباق و سازگاری کارکنان را با محیط سازمانی متحول و در نهایت انطباق بهتر سازمان با محیط بیرونی فراهم می آورد. در نتیجه کارکنان آموزش دیده نسبت به کارکنانی که از این شاخص بهره مند نیستند، به تغییرات سازمانی و هم چنین تغییرات جامعه با آگاهی بیشتر واکنش نشان میدهند. از طرف دیگر با افزایش میزان اطلاعات، دانش، مهارت و قابلیت های کارکنان، آنان را برای ایفای وظایف و قبول مسئولیتهای جدید آماده می کند. به طور کلی در سازمانی که به رشد کیفی و کمی دانش و مهارت کارکنان خود می اندیشد و پیوسته فعالیت های آموزشی در آن در جریان است افراد به طور مستمر توانایی های خود را افزایش می دهند و چگونه آموختن و به کار بستن را می آموزند.

بنابراین درخصوص این مهم و با توجه به نیاز شرکت های توزیع نیروی برق و درک بهتر مطالب و مباحث فنی مرتبط جهت دانشجویان و فارغ التحصیلان رشته مهندسی برق، ضرورت وجود مرجعی با درون مایه ای متفاوت و شیوه بیان ساده، روان و کاربردی مورد توجه قرار گرفت. براین اساس شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان در مرداد ماه سال ۱۳۹۴ تصمیم گرفت با همکاری مهندسین؛ آقایان محسن قراچه داغی، حسین علیزاده و مجید مؤمن زاده کتابی تحت عنوان "فن ورز شبکه های توزیع برق" در قالب مجموعه ای کاربردی تهیه و تدوین نماید. دراین راستا با استفاده از مراجع گوناگون، معتبر، متناسب با تکنولوژی روز و بهره گیری از تحقیقات متعدد، سعی بر آن شد تا مطالب ارائه شده حتی الامکان با تصاویر و با طراحی مناسب دراین کتاب قرار گرفته و به مخاطب جهت درک بهتر کمک نماید. همچنین برای ایجاد انگیزه و حوصله بیشتر از درج مباحث و فرمول های تخصصی

اجتناب شده است و مطالب بصورت پیوسته از مفاهیم پایه آغاز و به مباحث فنی و کاربردی برای تمامی علاقمندان صنعت برق به نگارش در آمده است. امید است علاوه بر اشاعه فرهنگ آموزش و پژوهش، گام مؤثری برای افزایش آگاهی مخاطبین و ایجاد مهارت و توانایی های لازم برای کاربرد صحیح مباحث مرتبط با شبکه های توزیع برق برداریم.

با سپاس فراوان

گروه مولفین

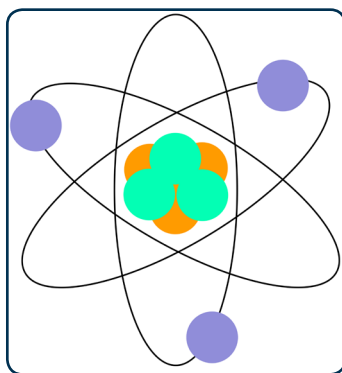
تابستان ۹۶

مقدمه

مقدمه

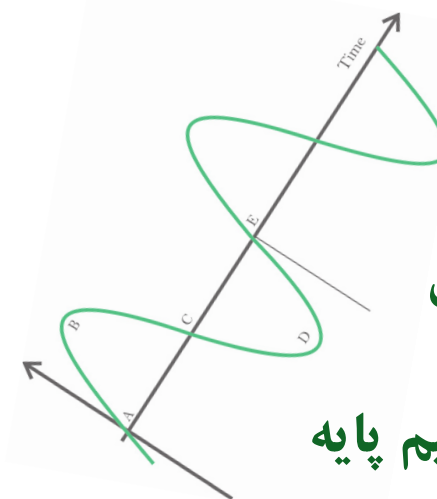
از آنجا که امروزه اهمیت سیستمها و شبکه های الکتریکی اعم از خطوط انتقال، شبکه توزیع هوایی و زمینی در همه جوامع بشری را می توان به سلسله اعصاب آدمی تشبیه نمود؛ چنانچه خللی در قسمتی از سیستم انتقال و یا توزیع در گوشه ای از کشور رخ دهد اثر خود را در تمامی جامعه کم و بیش می گذارد. خصوصاً با پیشرفت جوامع در همه سطوح زندگی لزوم نیاز به وجود سیستم توزیع و انتقال انرژی الکتریکی همگون و منظم افزایش می یابد. از این رو بالابردن کیفیت خطوط انتقال و شبکه های توزیع و دیگر متعلقات آن ایجاد نظم و هماهنگی در کارهای مربوطه و رفع نواقص و کمبودها می تواند شرایط زندگی بهتری را برای جامعه فراهم نماید. در شرایط فعلی جامعه که پیشرفت در امور صنعتی را ایجاب می نماید توسعه بخش انتقال و خصوصاً توزیع انرژی الکتریکی اهمیت بیشتری پیدا کرده است. زیرا در قیاس انواع انرژی ها؛ انرژی الکتریکی بسیار اقتصادی و بدور از هر گونه عوارض و ضایعات جانبی و از همه مهمتر اینکه نسبت به سایر انرژی ها و بطور کلی مانور آن در استفاده های گوناگون در زندگی زیاد می باشد. در این فصل با مفاهیم پایه و نحوه تولید انرژی الکتریکی و نحوه انتقال آن به محل مصرف آشنا خواهیم شد.

الکتریسته چیست؟



شکل (۱-۱)

عناصر از اجزاء کوچکی بنام اتم تشکیل شده اند. اتم کوچکترین جزء یک عنصر است که خواص آن عنصر را داراست. اتم ها از دو قسمت کلی هسته و مدارات (لایه ها) تشکیل شده اند. هسته از پروتون و نوترون تشکیل شده است. پروتون دارای بار مثبت و الکترون ها بار منفی و نوترون ها خنثی هستند. بنابراین اتم ها در حالت عادی خنثی می باشند. روش توزیع الکترون ها در مدارهای خارجی میزان ثبات الکتریکی اتم را تعیین می کند. آخرین لایه یا مدار الکتریکی لایه ظرفیت (لایه والانس) نامیده می شود. برای ثبات الکتریکی اتم، آخرین مدار نیازمند هشت الکترون است. (به استثنای اتمی که فقط یک مدار دارد و حد اکثر دارای دو الکترون است). هر چه لایه والانس عنصری دارای تعداد کمتری الکترون باشد از ثبات کمتری برخوردار است و الکترون ها می توانند آزادانه حرکت کنند. وقتی مثلاً در



$$F = \frac{1}{T}$$

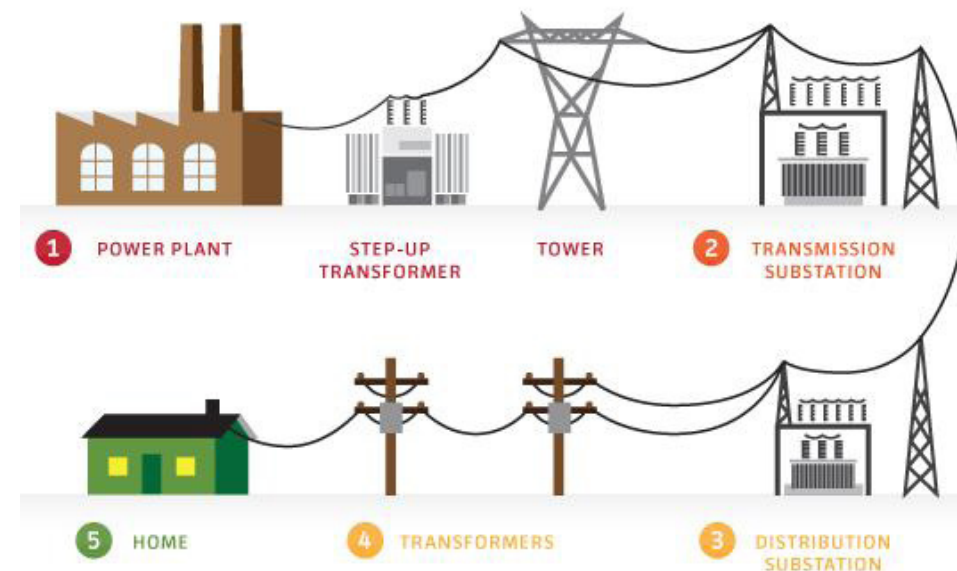
فصل اول

$$V = R \times I$$

آشنایی با مفاهیم پایه

$$F = \frac{1}{T}$$

$$V = R \times I$$



انواع اجسام از نظر رسانایی الکتریکی

هادی ها

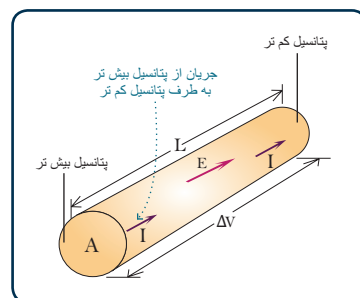
وقتی در جسمی الکترون ها بتوانند به آسانی از یک اتم به اتم دیگری منتقل شوند این جسم را هادی می نامند. هادی ها دارای الکترونهای آزاد فراوانی هستند و در آخرین لایه خود کمتر از 4 الکترون دارند و به خوبی می توانند جریان الکتریکی را از خود عبور دهند. تمامی فلزات هادی می باشند نقره، طلا، مس، آلومینیم و آهن جزء هادی های خوب محسوب می شوند که به ترتیب نقره و طلا در رجه اول و آهن در مرتبه آخر از نظر هدایت الکتریکی قرار دارند.

عایق ها

در لایه والانس اتم عایق ها بیشتر از 4 الکترون وجود دارد و الکترون ها تمایل زیادی به ماندن در مدار خود را دارند. این مواد دارای هیچ الکترون آزادی نیستند. بنابراین جریان الکتریکی را از خود عبور نمی دهند. سرامیک، شیشه، پلاستیک، لاستیک، هوا، میکا و کاغذ جزء اجسام عایق اند که به دی الکتریک معروفند.

نیمه هادی ها

اجسامی هستند که قابلیت هدایت آن از هادی ها کمتر و از عایق ها بیشتر است. این اجسام در لایه والانس خود 4 الکترون دارند و در ساخت دیود ها، ترانزیستور ها، آی سی ها و... مورد استفاده قرار می گیرند. کربن، سیلیکن و ژرمانیوم از عناصر نیمه هادی محسوب می شوند.



شکل (۳-۱)

جریان الکتریکی Electrical Current

هرگاه حاملهای الکتریسیته (الکترونها) در یک هادی بحرکت در آیند جریان الکتریکی ایجاد می شوند. اما هر حرکت الکترونی جریان برق نیست. بلکه این حرکت باید در یک مسیر مشخص باشد. هر چقدر الکترونهای بیشتری در

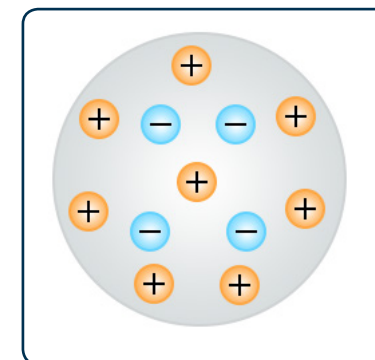
یک سیم مسی تعداد زیادی اتم بطور فشرده در کنار هم قرار دارند الکترون آخرین مدار می تواند از اتمی به اتم دیگر برود اگر سیم را به دو انتهای یک باتری وصل نماییم الکترون های انباشته شده در قطب منفی باتری از طریق حرکت و جابجایی با پروتون های انباشته در قطب مثبت موازنه می گردد. بنابراین چنین می توان گفت که جریان الکتریسته همان جریان الکترون ها در مسیر مشخص است.

چگونه می توان یک ماده خنثی را باردار کرد ؟

هرگاه تعادل بین بارهای مثبت و منفی در یک جسم خنثی بهم بخورد ماده بار دار شده است. به همین منظور کلیه روشهای تولید الکتریسیته کاری نمی کنند جز بهم زدن تعادل بین بارهای الکتریکی مثبت و منفی. میدانیم که الکترون نسبت به پروتون قابلیت جابجایی و حرکت بیشتری دارد. بنابراین می توان با دادن یا گرفتن الکترون ماده را باردار نمود. اگر تعداد الکترونی بیشتر از تعداد پروتونها شود جسم بار منفی و در صورتی که عکس این حالت روی دهد جسم بار مثبت پیدا می کند.

حال می توان الکترون ها را وادار کرد تا از یک اتم به اتم دیگر حرکت کنند. وقتی الکترون ها بین اتم ها حرکت می کنند، جریان الکتریسیته تشکیل می شود.

اما بار مثبت و منفی به الکتریسیته چه ربطی دارد؟



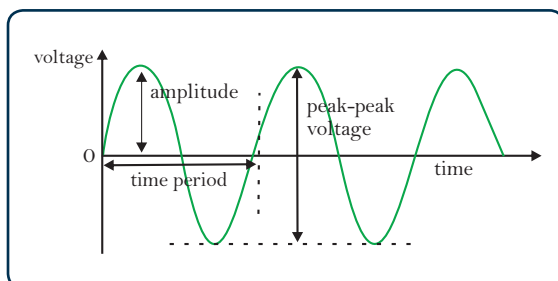
شکل (۲-۱)

دانشمندان و مهندسان چندین راه برای تولید زیاد اتم مثبت و الکترون آزاد پیدا کرده اند. از آن جایی که اتم های مثبت دوست دارند تعادل داشته باشند، الکترون ها را به شدت جذب می کنند. الکترون ها نیز دوست دارند جزئی از یک اتم متعادل باشند، بنابراین آن ها نیز اتم های مثبت را جذب می کنند تا به تعادل برسند.

بنابر این هر چه اتم های مثبت یا الکترون های منفی بیشتری داشته باشید، جاذبه بین آن ها بیشتر است. چون بارهای مثبت و منفی، هم دیگر را جذب می کنند. می توانیم کل جاذبه را «بار» بنامیم.

ولتاژ پیک Peak Voltage

به ماکزیمم ولتاژ متناوب در نیم سیکل،
ولتاژ پیک می گویند.



شکل (۵-۱)

ولتاژ پیک تو پیک Peak - Peak Voltage

به ماکزیمم ولتاژ متناوب بین دو سیکل مثبت و منفی ولتاژ پیک تو پیک می گویند.

مقاومت الکتریکی Electrical Resistance

همه اجسام در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مقاومت نشان می دهند. به این خاصیت، مقاومت الکتریکی گفته می شود. مقاومت الکتریکی را با R نشان می دهند واحد آن اهم است که با نماد Ω (امگا) نمایش داده می شود.

رسانایی الکتریکی Electrical Conductivity

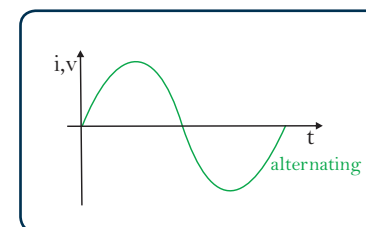
رسانایی الکتریکی به مفهوم اندازه گیری قابلیت هدایت جریان الکتریکی در یک ماده و عکس خاصیت مقاومت الکتریکی بیان می شود. یکای آن در سیستم استاندارد بین المللی واحدها زیمنس است. رسانایی الکتریکی را با نماد G نمایش می دهند.

زمان کمتری در مسیر مشخص حرکت کنند مقدار جریان نیز بیشتر می شود. واحد اندازه گیری شدت جریان الکتریکی به افتخار فیزیکدان فرانسوی، «آندره ماری آمپر»، آمپر نامگذاری شده است و با A نمایش داده می شود.
نکته: تعداد آمپر ها را معمولاً آمپراژ می گویند.

مقدار یک آمپر جریان چقدر است؟

هرگاه از یک هادی تعداد 6.28×10^{18} الکترون در یک ثانیه بگذرد این میزان الکترون در زمان یک ثانیه معرف یک آمپر جریان الکتریکی است.

جریان متناوب (AC) Alternative Current



شکل (۴-۱)

جریان متناوب (AC) جریانی است که مقدار و جهت آن نسبت به زمان دائماً در حال تغییر است. به زبان ساده تر مقدار جریان دائماً کم و زیاد و جهت حرکت الکترون ها عوض می شود (از ماکزیمم به صفر و از صفر به مینیمم میرسد).

جریان مستقیم (Dc) Direct Current

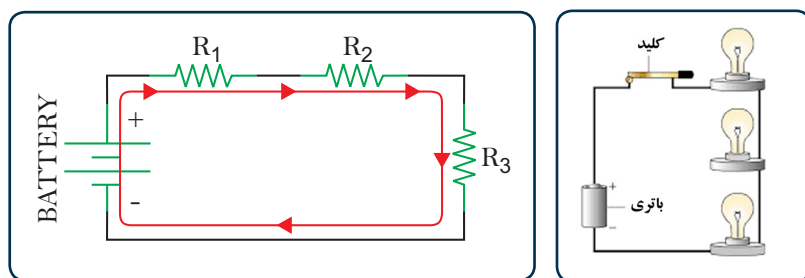
جریان مستقیم DC (یا جریان پیوسته)، عبور پیوسته جریان الکتریسته از یک هادی نظیر یک سیم از پتانسیل بالا به پتانسیل کم است. در جریان مستقیم، بار الکتریکی همواره در یک جهت عبور می کند که این امر جریان مستقیم را از جریان متناوب (AC) متمایز می کند.

ولتاژ الکتریکی Voltage Electrical

به فشار الکتریکی بین دو قطب مثبت و منفی ولتاژ گفته می شود یا به عبارتی ساده تر ولتاژ، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار است که جریان الکتریکی را بین آن دو نقطه برقرار می سازد. ولتاژ الکتریکی را با V نمایش می دهند و واحد آن «ولت» است، که از نام الساندر وولتا یکی از فیزیکدانان ایتالیایی که مخترع اولین باتری است، گرفته شده است.

مدار سری Series Circuit

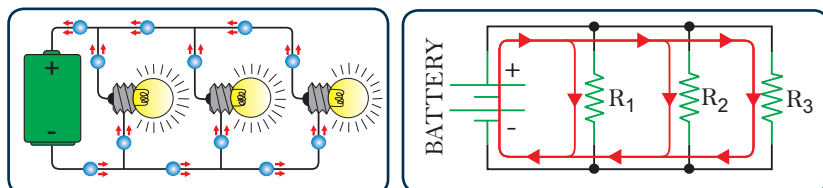
وقتی اجزاء یک مدار به طریقی به هم وصل شوند که یک سر یکی به انتهای دیگری و به همین ترتیب تا آخر مدار ادامه داشته باشد، مدار را سری می گویند.



شکل (۸-۱)

مدار موازی Parallel circuit

هر گاه در مداری مصرف کننده ها طوری متصل شده باشند که گویی هر یک جداگانه به دو سر منبع تغذیه وصل شده اند مدار موازی می باشد. سیم کشی برق منازل و قرار گرفتن مصرف کننده های گوناگون در مدار آن از نوع موازی می باشد.



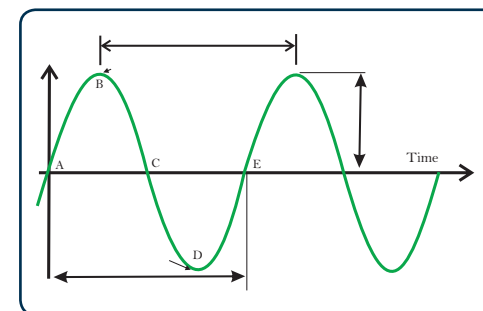
شکل (۹-۱)

فرق (فازونول) با (مثبت ومنفی)

تجمع الکترون ها با بار منفی در یک سر باتری را قطب منفی می نامیم. همچنین سر دیگر باتری که کمبود الکترون دارد قطب مثبت بحساب می آید. و می دانیم که جای آن ها همیشه ثابت است. در جریان متناوب چیزی به اسم سیم مثبت و منفی نداریم چون در هر لحظه جای آن ها عوض می شود. ولی یکی از سیم ها را فاز و دیگری را نول می نامیم چرا؟ به زبانی خیلی ساده باید گفت مسیر جریان و سیمی که از طریق هوا و تیر های برق منتقل می شود فاز و مسیری که از طریق زمین عبور می کند.

فرکانس Frequency

به تعداد سیکل های کامل که در یک ثانیه تولید میشود فرکانس گویند که واحد آن هرترز است.



شکل (۶-۱)

دوره تناوب Periodicity

به فاصله زمانی بین دو قله متوالی موج (یا بین هر دو نقطه متناظر موج در دو تناوب متوالی) گفته می شود. دوره تناوب برابر با عکس فرکانس است و واحد آن ثانیه (S) می باشد.

$$T = \frac{1}{f} \text{ (s)}$$

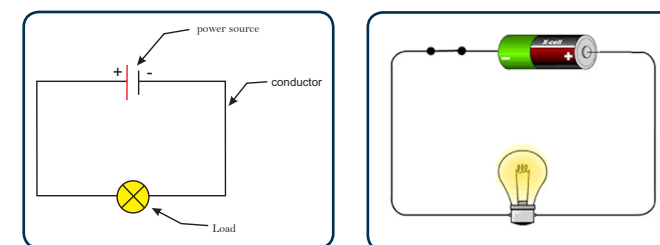
طول موج Wavelength

به فاصله بین دو قله متوالی موج (یا بین هر دو نقطه تکراری موج که شکل یکسان دارند) گفته می شود. و آن را با λ نشان می دهند. برای دو موجی که دارای سرعت یکسان باشند، موجی که دارای فرکانس بالاتری است طول موج کوتاه تر دارد و موجی که فرکانس پایین تری دارد، طول موج بلندتری دارد.

$$\lambda = \frac{v}{f} \text{ (m)}$$

مدار الکتریکی Electrical Circuit

مدار الکتریکی از بهم پیوستن عناصر الکتریکی همچون منبع تغذیه، سیم های رابط، کلیدها و مصرف کننده ها پدید می آید؛ چنانکه دست کم یک مسیر بسته را ایجاد کنند و جریان الکتریکی بتواند در این مسیر بسته جاری شود. مدار ممکن است ساده و یا مرکب از چند مدار ساده باشد.



شکل (۷-۱)

■ مصرف کننده های اکتیو (مقاومتی)

■ مصرف کننده های راکتیو (خازنی یا سلفی)

انواع مختلف مصرف کننده ها در مدارهای الکتریکی رفتارهای متفاوتی از خود بروز می دهند؛ برای مثال مصرف کننده های اکتیو با تبدیل انرژی الکتریکی به شکل دیگری از انرژی، انرژی الکتریکی را مصرف می کنند.

این رفتار در مصرف کننده های راکتیو کمی متفاوت است چرا که این مصرف کننده ها به جای مصرف انرژی الکتریکی این انرژی را ذخیره می کنند. این انرژی ذخیره شده تا زمانی در المان باقی می ماند که المان به وسیله یک جریان یا ولتاژ ثابت از طرف منبع تغذیه شود. با پایان یافتن روند تغذیه، مصرف کننده راکتیو شروع به جبران انرژی کاسته شده می کند بدین صورت که انرژی ذخیره شده خود را دوباره به مدار بازمی گرداند. در مدارهای DC این عملکرد بارهای راکتیو تأثیر زیادی بر روی عملکرد شبکه الکتریکی نمی گذارد اما در یک مدار AC به علت تغییر دائم میزان انرژی وارد شده به مدار بارهای راکتیو می توانند موجب ایجاد اختلال در عملکرد شبکه شوند به این صورت که در آغاز هر سیکل بارهای راکتیو مانند یک مصرف کننده از مدار انرژی دریافت می کنند و این انرژی را تا لحظه ماکسیمم یا پیک موج در خود نگاه می دارند. با کاهش یافتن روند تغذیه بار، این بار انرژی ذخیره شده خود را که با توجه به نوع بار می تواند به صورت ولتاژ یا جریان باشد به مدار بازمی گرداند این بازگشت انرژی تأثیرات خاصی را در مدار به دنبال خواهد داشت.

ضریب توان ($\cos \phi$)

در یک مدار کاملاً مقاومتی شکل موج جریان و ولتاژ با هم هم زمان هستند (یعنی در یک زمان صفر و ماکسیمم می شوند). حال اگر در مدار بار راکتیوی مانند خازن یا القاگر وجود داشته باشد انرژی ذخیره شده در این نوع بارها باعث به وجود آمدن اختلاف بین شکل موج ولتاژ و جریان می شود. این انرژی ذخیره شده به منبع باز خواهد گشت در حالیکه تأثیر مثبتی در عملکرد بار نخواهد داشت. به این ترتیب یک مدار با ضریب توان پایین در مقایسه با یک مدار با ضریب توان بالا نیازمند جریان بیشتری برای ایجاد مقدار ثابتی از توان واقعی است.

مدارهایی که شامل مصرف کننده های کاملاً مقاومتی هستند (مانند لامپ های رشته ای، بخاری های برقی، اجاق های برقی و ...) ضریب توانی برابر 1 دارند در حالی که در مدارهایی که دارای بارهای راکتیو هستند (مانند خازن ها، موتور ها، ترانسفورماتورها و ...) ضریب توان کمتر از یک است. ضریب توان صفر در یک مدار بدین معناست که تمام بار مدار به صورت راکتیو است و

نول نامیده می شود و به همین دلیل است که فاز متر سیم فاز را مشخص می کند چون لامپ فاز متر مصرف کننده ای است که برای روشن شدن به دو سیم فاز و نول احتیاج دارد، حال اگر سر فاز متر به سیم نول گذاشته شود سیم دیگر که از طریق زمین و بدن انسان به ته فاز متر می رسد نیز نول می باشد و در حقیقت هر دو یک سیم به حساب می آید. بنابراین نمی تواند لامپ را روشن کند ولی اگر سر فاز متر به سیم فاز متصل شود چون بدن نول محسوب می شود لذا لامپ فاز متر روشن می شود.

توان Power

توان به معنی سرعت تبدیل انرژی است. در دستگاه هایی که برای تبدیل انرژی به کار می روند، هر چه این سرعت، بیش تر باشد، قدرت دستگاه نیز بیش تر است. مثلاً در ژنراتور، توان بیش تر، نشان دهنده تولید انرژی برقی بیش تر است. در مصرف کننده ها نیز همین موضوع صدق می کند. لامپی که توان بیش تری دارد، نور زیادتری هم تولید می کند.

چگونه توان را محاسبه کنیم ؟

برای هر عنصری که در یک مدار الکتریکی وجود دارد میتوان توان را محاسبه کرد بطور کلی دو نوع توان در یک مدار وجود دارد:

- توان تولیدی که توسط منبع تغذیه تولید میشود.
- توان مصرفی که توسط مصرف کننده ها مصرف میشود.

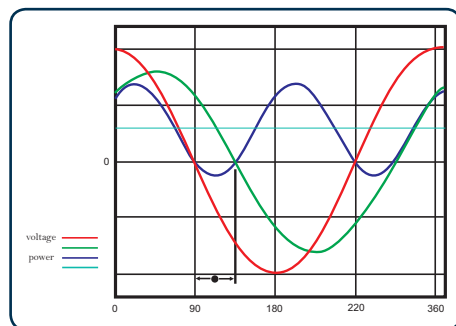
در یک مدار همیشه توان تولیدی با توان مصرفی برابر است (در صورت صرف نظر کردن از تلفات سیمهای رابط) بطور کلی سه فرمول برای توان میتوان نوشت.

$$P = \frac{V^2}{R} (W)$$

$$P = V * I$$

$$P = R * I^2$$

البته این رابطه فقط برای مدارهای DC صدق می کند و در مدارهای AC رابطه دیگری دارد که در زیر به آن می پردازیم. به طور کلی در یک مدار AC می توان مصرف کننده ها را از نظر نوع مصرف انرژی الکتریکی به دو دسته تقسیم کرد:



شکل (۱۲-۱)

شکل موج جریان، ولتاژ، توان و توان متوسط در ضریب توان تقریبی (0.7)

توان AC جاری در یک مصرف کننده سه بعد دارد:

■ توان واقعی: که با P نمایش داده می شود و واحد آن وات (Watt) است.

■ توان ظاهری: که با S نمایش داده می شود و واحد آن ولت آمپر (Volt-Ampere) است.

■ توان راکتیو: که با Q نمایش داده می شود و واحد آن ولت آمپر راکتیو (reactive volt-ampere) است.

حال میزان ضریب توان را می توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$\text{Power factor} = P/S$$

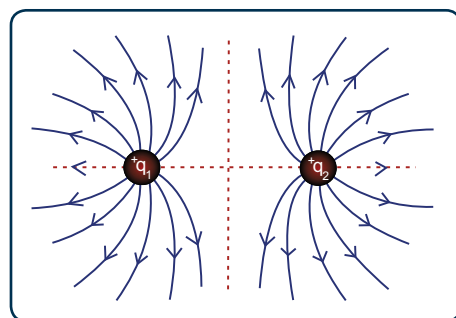
در صورتی که شکل موج ها کاملاً سینوسی باشند، P، Q و S می توانند سه ضلع یک مثلث در نظر گرفته شوند و به این ترتیب می توان به چنین نسبتی در بین توان ها دست یافت:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

در صورتی که ϕ را زاویه بین جریان و ولتاژ در نظر بگیریم، آنگاه برای به دست آوردن ضریب توان یا $(\cos \phi)$ خواهیم داشت:

$$P = S |\cos \phi|$$

میدان الکتریکی Electrical Field



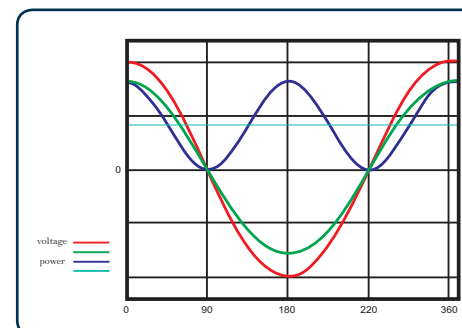
شکل (۱۳-۱)

یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می کند که می تواند بر هر ذره بار دار دیگر تاثیر بگذارد یا نیرو وارد کند که به آن میدان الکتریکی می گویند و میدان بطور کمی بصورت زیر تعریف می شود. نیروی وارد بر یکای بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه، میدان الکتریکی در آن نقطه می نامیم و با E نشان می دهیم.

در هر سیکل انرژی ذخیره شده در بار به منبع باز می گردد در حالیکه زمانیکه ضریب توان 1 است تمام انرژی فرستاده شده به وسیله منبع در بار مصرف می شود. ضریب توان یک بار با توجه به جهت زاویه بین جریان و ولتاژ می تواند پیش فاز یا پس فاز باشد. برای نشان دادن جهت این زاویه از علامت منفی یا مثبت نیز استفاده می شود.

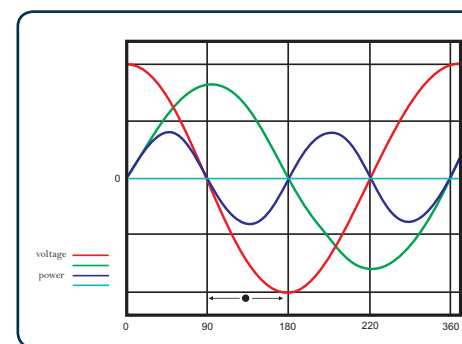
در بارهای القایی مانند موتورهای الکتریکی یا ترانسفورماتورها شکل موج جریان عقب تر از ولتاژ است در حالی که این مورد در بارهای خازنی مانند بانک های خازنی یا کابل های زیر زمینی درست برعکس است به این ترتیب که شکل موج جریان از شکل موج ولتاژ جلوتر است. با این حال هر دو نوع این بارها انرژی را در خود ذخیره می کنند با این تفاوت که در بارهای القایی انرژی به صورت میدان مغناطیسی و در بارهای خازنی انرژی به صورت میدان الکتر و استاتیکی ذخیره می شود.

اهمیت میزان ضریب توان در یک مدار به هزینه های مربوط به آن بازمی گردد. در بسیاری از کشورها مصرف کننده هایی که میزان ضریب توان آنها از میزان استاندارد (این استاندارد برای بیشتر مصرف کننده ها مقداری بین 0.9 تا 0.95 است) کمتر باشد جریمه می شوند. همچنین در مدارهای پر مصرف ضریب توان پایین موجب افزایش جریان در هادی ها شده و هزینه های مربوط به انتخاب هادی را افزایش می دهد این جریان اضافی موجب کاهش طول عمر تجهیزات تامین کننده و توزیع کننده انرژی الکتریکی نیز می شود.



شکل (۱۰-۱)

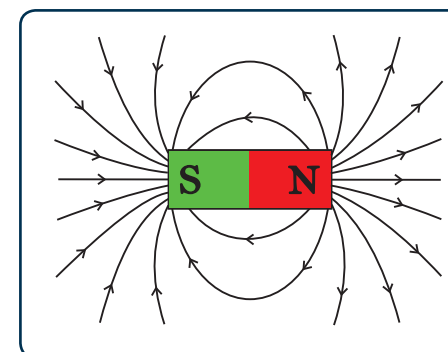
شکل موج جریان، ولتاژ، توان و توان متوسط در ضریب توان (1)



شکل (۱۱-۱)

شکل موج جریان، ولتاژ، توان و توان متوسط در ضریب توان (0)

میدان مغناطیسی Magnetic field



شکل (۱۴-۱)

میدان مغناطیسی میدانی است که توسط یک جسم مغناطیسی یا ذرات، و یا با تغییر میدان الکتریکی، تولید شده است و توسط نیرویی که روی دیگر مواد مغناطیسی و یا حرکت بار الکتریکی اعمال می شود شناسایی می شود. میدان مغناطیسی در هر نقطه داده شده توسط هر دو پارامتر جهت و شدت (یا مقاومت) مشخص می شود، که به عنوان یک میدان برداری شناخته می شود.

تولید الکتریسیته



شکل (۱۵-۱)

تولید الکتریسیته فرآیندی است که طی آن از یک منبع انرژی استفاده می شود تا انرژی الکتریکی تولید شود. در واقع طبق قانون بقای انرژی، انرژی نه تولید می شود و نه مصرف، بلکه از نوعی به نوع دیگر تبدیل می شود.

اصول پایه برای تولید الکتریسیته توسط دانشمند انگلیسی مایکل فارادی در دهه ۱۸۲۰ تا اوایل دهه

۱۸۳۰ میلادی کشف شد. روش پایه او هنوز هم برای تولید الکتریسیته مورد استفاده قرار می گیرد؛ بدین صورت که الکتریسیته با حرکت یک دور سیم یا یک استوانه مسی بین قطب های یک آهنربا تولید می شود.

الکتریسیته معمولاً در نیروگاه توسط ژنراتور ها تولید می شود. ژنراتور ها برای تولید الکتریسیته نیاز به یک محرک مکانیکی دارند؛ این محرک می تواند یک توربین یا یک موتور دیزل باشد ژنراتور های بزرگ بوسیله توربین ها دور می گیرند. بسته به نوع انرژی در دسترس توربینی متناسب با آن طراحی و ساخته می شود. در ادامه با ژنراتور ها و انواع نیروگاه ها آشنا می شوید و اطلاعات بیشتری در زمینه تولید الکتریسیته بدست خواهید آورد.

ژنراتور Electrical Generator



شکل (۱۶-۱)

ژنراتورها یا مولد ها در حقیقت ماشین های الکتریکی هستند که با گرداندن شفت آنها البته با یک سری ملاحظات می توان برق تولید کرد. معمول ترین انواع ژنراتور ژنراتور های سنکرون هستند که در بیشتر انواع نیروگاه ها مورد استفاده قرار می گیرند. ژنراتور سنکرون ماشینی است که باید دور آن با توجه به تعداد قطب ها در محدوده ای معین ثابت نگه داشته شود. در این ژنراتور یک میدان گردان روی سیم پیچ های ژنراتور القا می شود که دور این میدان گردان با دور روتور باید یکسان باشد. و روتور یک مغناطیس یا آهنربای کنترل شده است که به کمک این مغناطیس می توان ولتاژ ژنراتور را کنترل کرد. کابل های خروجی ژنراتور را ترمینال ژنراتور می نامند در ترمینال ژنراتور باید ولتاژ و فرکانس کنترل شده داشته باشیم.

توربین Turbine



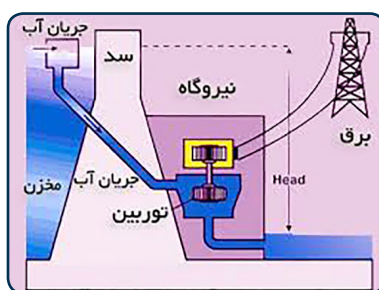
شکل (۱۷-۱)

توربین ها در نیروگاه ها نقشی اساسی دارند به کمک توربین ها انرژی سوخت یا بخار یا آب به ژنراتور منتقل می شود تا تبدیل به انرژی الکتریکی شود. توربین ها تجهیزاتی مکانیکی با دقت ساخت بالا هستند که با توجه به نوع نیروگاه انواع مختلفی دارد.

انواع نیروگاه

تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه های زیر صورت می گیرد:

نیروگاههای بیوماس یا زیست توده - نیروگاههای بخاری
نیروگاههای آبی - نیروگاههای گازی - نیروگاههای سیکل ترکیبی - نیروگاههای اتمی نیروگاههای خورشیدی -
نیروگاههای بادی - نیروگاههای پمپ ذخیره ای - نیروگاههای جذر و مدی دریا - نیروگاههای زمین گرمایی - ژئوترمال
نیروگاههای موجی (موج دریا) نیروگاههای دیزلی -
نیروگاههای مگنتو هیدرو دینامیک MHD



شکل (۱۸-۱)

انتقال انرژی الکتریکی از محل تولید تا مصرف کننده ها توسط خطوط انتقال و فوق توزیع

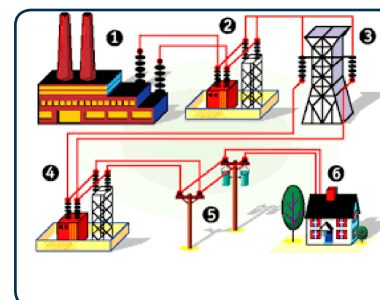


شکل (۱۹-۱)

همانگونه که در مطالب قبل عنوان شد، انرژی الکتریکی که در نیروگاه ها بسته به توان آن نیروگاه تولید می شود، جهت انتقال به محل مصرف و جلوگیری از افت ولتاژ در طول مسیر توسط یک ایستگاه ترانسفورماتور افزایش دهنده بعد از نیروگاه تقویت می شود تا با بازده بالا انتقال یابد. ولتاژهای تولیدی در نیروگاه تا ولتاژهای معمول خط فوق

توزیع یعنی 63000 ولت، 66000 ولت، 132000 ولت، و خط انتقال یعنی 230000 ولت، 400000 ولت، 500000 ولت و 765000 ولت افزایش می یابد. به عنوان یک قاعده کلی، اگر ولتاژ 2 برابر گردد انرژی که میتوان انتقال داد بدون افزایش تلفات خط، چهار برابر می شود.

تلفات خطوط با ولتاژ پایین تر $(Kw) \times \left(\frac{\text{ولتاژ پایین تر}}{\text{ولتاژ بالا تر}} \right)^2 =$ تاثیر تغییر سطح ولتاژ روی تلفات



نکته: ولتاژ خطوط انتقال نیرو در کشور در سطوح 400، 230 و خطوط فوق توزیع در سطوح 66، 132 و 63 کیلوولت می باشد.

شکل (۲۰-۱)

پست انتقال و فوق توزیع



شکل (۲۱-۱)

پست انتقال و فوق توزیع ایستگاهی فرعی است که در مسیر تولید، انتقال یا توزیع انرژی الکتریکی، ولتاژ را به وسیله ترانسفورماتور به مقادیر بالاتر یا پایین تر تغییر می دهد. توان الکتریکی می تواند از میان شمار زیادی پست بین نیروگاه و مصرف کننده (توانگیر) بگذرد و ولتاژ آن در طول مسیر بارها

تغییر کند. پست هایی که از ترانسفورماتورهای افزایش دهنده بهره می گیرند موجب افزایش ولتاژ و به این ترتیب کاهش جریان می شوند، در حالیکه پست هایی که از ترانسفورماتورهای کاهش دهنده بهره می گیرند، ولتاژ را کاهش داده و جریان را افزایش می دهند. پست های انتقال و فوق توزیع ممکن است ساده یا پیچیده باشند. سطح ولتاژ پست های انتقال عموماً شامل مقیاس های 400 و 230 کیلو ولت و پست های فوق توزیع 132 و 63 کیلوولت می باشد.

