
فهرست مطالب

سخنی با خوانندگان	۷
مقدمه	۹
فصل ۱: تعاریف و قوانین پایه	۱۵
فصل ۲: تجهیزات تاسیسات الکتریکی	۳۱
فصل ۳: سیستم‌های ارتباطی	۶۷
فصل ۴: توزیع انرژی الکتریکی	۷۷
فصل ۵: روشنایی	۸۹
فصل ۶: مدارها و نقشه‌های الکتریکی	۱۰۵
فصل ۷: سیستم اعلام حریق	۱۲۱
فصل ۸: تابلو توزیع انرژی الکتریکی	۱۲۹
فصل ۹: نمایش تک خطی	۱۳۷
فصل ۱۰: سیستم مدیریت هوشمند	۱۴۱
فصل ۱۱: حفاظت کاتدی	۱۴۷
پیوست ۱: استاندارد تجهیزات الکتریکی	۱۵۹
پیوست ۲: نشان‌های الکتریکی پیشنهادی	۱۶۱
پیوست ۳: چک لیست کنترل تاسیسات الکتریکی	۱۶۳
پیوست ۴: ترتیب انجام تاسیسات الکتریکال در ساختمان	۱۶۵
پیوست ۵: روش تهیه دفترچه محاسبات	۱۶۹
منابع فارسی	۱۷۱
منابع لاتین	۱۷۳

نسخه چاپی این کتاب از سایت آموزش برق ساختمان و سیستم های حفاظتی به آدرس

WWW.Amoozesh-bargh.ir

قابل تهیه است. برای تهیه این کتاب روی لینک زیر کلیک کنید

[سایت آموزش برق ساختمان و سیستم های حفاظتی](#)

این کتاب مشمول قانون کپی رایت است. هرگونه کپی برداری از محتوای آن و انتشار در هر نوع

رسانه ممنوع بوده و پیگرد قانونی دارد

سخنی با خوانندگان

از ابتدای شکل‌گیری صنعت ساختمان، یکی از مهمترین و حیاتی‌ترین مسائل در طراحی ساختمان‌ها و محیط‌های صنعتی، محاسبات تاسیسات الکتریکی و اجرای آن‌ها بوده است. با توجه به خطراتی - از قبیل ایجاد آتش سوزی، برق گرفتگی و سوختگی در درجات مختلف - که این سیستم‌ها ایجاد می‌کنند طراحی و پیاده سازی آنان باید به دقت انجام شود. بسیاری از کشورهای صنعتی جهان از مدت‌ها قبل دارای استانداردهای ایمنی بوده‌اند و تمامی مشاوران و پیمانکاران موظف به اجرای آن می‌باشند. به طور مثال در کشور آمریکا از سال ۱۸۹۷ مقررات ملی برق^۱ نوشته شده است و از همان زمان نیز به صورت کاملاً جدی اجرا شده است. در انگلستان برای وسایل برقی مقررات ویژه‌ای در نظر گرفته شده و همین‌طور در آلمان نیز قوانین خاصی نظیر VDE و DIN وضع شده است. در ایران نیز از حدود ۳۵ سال پیش قوانینی توسط اداره ملی استاندارد وضع شد که تولید کنندگان ملزم به رعایت آن شده‌اند ولی متأسفانه در زمینه اصول ایمنی در کاربرد مواد برقی رسانا قوانین خاصی تدوین نشده است.

محاسبات و طراحی این سیستم‌ها (سیستم‌های الکتریکال) با توجه به نوع کاربری (منزل ویلایی، آپارتمانی، برج‌ها، مراکز تجاری، کارخانجات، بیمارستان‌ها، آموزشی و تحقیقاتی) متفاوت است، اما باید توجه داشت که طراحی تاسیسات الکتریکی تمامی مکان‌های قید شده از یک اصول اولیه تبعیت می‌کنند و فقط در جزئیات با هم متفاوتند.

در این کتاب سعی شده است که اصول اولیه محاسبات و طراحی تاسیسات برقی برای دانشجویان رشته مهندسی برق و همین‌طور به صورت عمومی برای

^۱ National Electrical Code(NEC)

دانشجویان رشته مهندسی عمران (از نظر آشنایی با علایم و نشانه‌های الکتریکی) البته به صورت اجرایی بیان گردد.

امیدوارم با توجه به خطراتی که سیستم‌های برقی می‌توانند داشته باشند، تمامی مهندسين این رشته در تمام مراحل طراحی، محاسبات و اجرا تمامی نکات و قوانین را در نظر گرفته تا در آینده هیچ گونه خطری کاربران را تهدید نکند و بتوانیم سیستم پیاده شده را حداقل برای سه تا چهار سال تضمین کنیم و طول عمری حدود ۳۰ سال را برای آن در نظر بگیریم.

لازم است به این نکته اشاره شود نیروی انسانی ماهر و متعهد است که با توجه با دانش بالا و تجربه کافی (هر دو در کنار یکدیگرند) سبب پیشرفت یک مجموعه می‌شود که این را می‌توان در کشورهای صنعتی مانند کشور آلمان، آمریکا، سوئد، ژاپن و ... دید. لذا دیده شده است مهندسی‌نی که مدت زمانی را به صورت پیمانکار کار کرده‌اند و از نزدیک با مشکلات طراحی و اجرا آشنا شده‌اند، هنگامی که در سمت مشاور شروع به فعالیت می‌کنند، نقشه‌های اجرایی دقیق‌تری را ارائه می‌دهند. در آخر باید توجه داشت که تمامی پیمانکاران و مشاورین فعال در این رشته همواره باید دانش و اطلاعات خود را از تکنولوژی‌های پویای دنیا، به روز نگه دارند تا بتوانند خدمات اجرایی بهتری داشته باشند.

امیدوارم که توانسته باشم خوانندگان را با تئوری و اصول اولیه محاسبات، نقشه‌های اجرایی و قطعات مورد نیاز آشنا کرده باشم. همچنین نگارنده مشتاقانه منتظر شنیدن نظرات و انتقادات شما خوانندگان عزیز از طریق آدرس hmehrabani@yahoo.com می‌باشد.

در خاتمه، از آقایان دکتر سعید افشار عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان که از هیچ گونه کمکی دریغ نکرده و بدون هیچ چشم داشتی تمامی اطلاعات مورد نیاز نگارنده را تهیه فرمودند، دکتر محمد ناصر ثابت جهرمی و سرکار خانم سبزواری که در ویرایش این کتاب، حقیر را یاری نمودند و مهندس بهنام نجفی (پیمانکار برق) به خاطر در اختیار گذاشتن تجربه‌های گران قدرشان تشکر می‌نمایم.

مقدمه

با پیدایش برق، زندگی بشر تغییر کرد و او توانست مرزهای بیشماری را پشت سر گذارد و ناشناخته‌های بیشتری را کشف کند و به بسیاری از سوالات پاسخ دهد. اما این انرژی غریب چیست که این گونه باعث تغییرات شده است؟ چه چیزی باعث می‌شود که ما بتوانیم از انرژی الکتریکی استفاده کنیم؟ و بالاخره این انرژی چگونه تولید می‌شود؟

از نگاه یک مصرف کننده‌ی عام یا شهروند عادی در یک ساختمان، سیستم‌های الکتریکی همان کلیدها، پریزها، میکروویو، یخچال و فریزر و هر یک از تجهیزات مصرفی دیگر می‌باشد. برای آن‌ها مهمترین قسمت، همان وسایلی می‌باشد که از آن‌ها استفاده می‌کنند، اما باید توجه داشت که نحوه سیم‌کشی هم، خود بسیار مهم است و می‌توان گفت که یکی از مهمترین بخش‌های جدا ناپذیر از لوازم الکتریکی می‌باشد که همواره از نگاه مصرف کننده پنهان است و تجربه نشان داده که معمولاً توجهی به کیفیت اجرای سیم‌کشی ندارند، و صرف کارکردن سیستم برای آن‌ها کافی است. اگر به کیفیت تاسیسات الکتریکی توجه نشود خطراتی از قبیل برق گرفتگی و آتش سوزی، مصرف کننده‌ها و ساختمان‌ها را تهدید می‌کند.

تجهیزات الکتریکی به دو قسمت عمده تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱. تجهیزات الکتریکی ثابت: مانند چراغ‌ها، کولر و ... که به صورت مستقیم تغذیه می‌شوند و با کلید کنترل می‌شوند.
۲. تجهیزات الکتریکی متحرک: مانند تلویزیون، جاروبرقی، رادیو و ... که توسط پریز تغذیه می‌شوند.

باید توجه داشت که هدف از اجرای تاسیسات الکتریکی در ساختمان آن است که کاربران به راحتی بتوانند تجهیزات ثابت و متحرک را کنترل کنند. انرژی الکتریکی، در واقع حرکت الکترون‌ها از نقطه‌ای که دارای تجمع بیشتری هستند به نقطه‌ای که تجمعشان کمتر است می‌باشد که باعث ایجاد جریان برق می‌شود. هنگامی که این انرژی از نقاطی که دارای مقاومت زیادی هستند عبور می‌کند باعث ایجاد انرژی گرمایی می‌شود که می‌توان به عنوان مثال از آن نور تولید کرد که شکل واضح و ملموس آن ابداع لامپ به وسیله ادیسون است.

انرژی الکتریکی را امروزه به چندین روش مختلف تولید می‌کنند که عبارتند از:

۱. **نیروگاه‌های سوخت‌های فسیلی:** نیروگاه‌های حرارتی - نفت کوره، گاز - عمده ترین منابع تولید انرژی الکتریکی در دنیا می‌باشند.

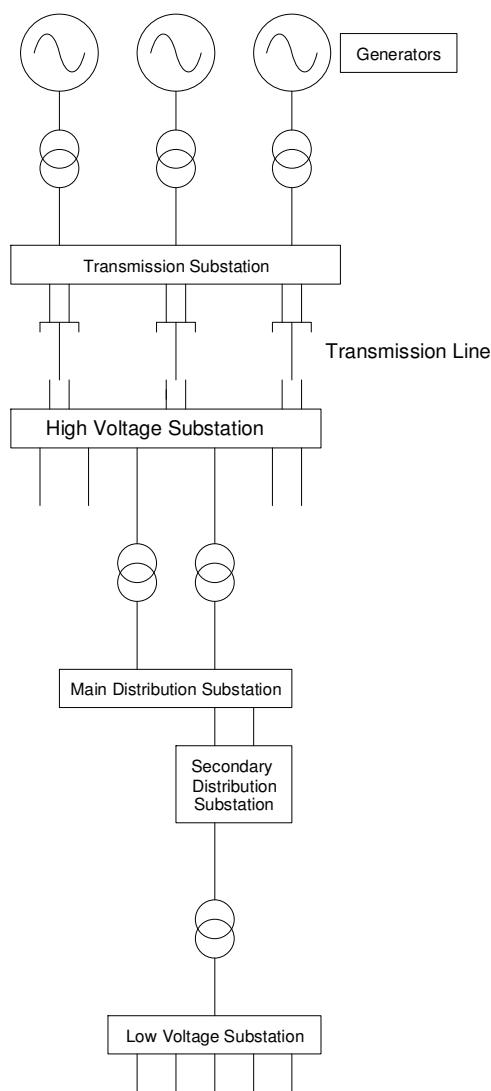
۲. **نیروگاه‌های برق - آبی:** در این سیستم، از قدرت آب برای به حرکت در آوردن توربین‌ها استفاده می‌شود. معمولاً این توربین‌ها در پایین‌ترین قسمت سدها نصب می‌شوند و جریان آب، آن‌ها را به حرکت در می‌آورد. سپس نیروی مکانیکی به الکتریکی تبدیل شده و به نیروگاه فرستاده می‌شود.

۳. **نیروگاه‌های هسته‌ای:** به تأسیساتی صنعتی و نیروگاهی می‌گویند که بر پایه‌ی فناوری هسته‌ای و با کنترل فرآیند شکافت هسته‌ای، از گرمای تولید شده آن اقدام به تولید انرژی الکتریکی می‌کند. کنترل انرژی هسته‌ای با حفظ تعادل در فرآیند شکافت هسته‌ای همراه است که با استفاده از گرمای حاصله، بخار آب (مانند بیشتر نیروگاه‌های گرمایی) تولید می‌شود که باعث چرخش توربین‌های بخار و به دنبال آن ژنراتورها می‌شود.

۴. **نیروگاه‌های بادی:** در این مجموعه از توربین‌های بزرگی استفاده می‌شود که دارای پره‌هایی هستند که روی دکل‌های بلندی نصب شده‌اند و توسط انرژی باد شروع به حرکت می‌کنند. انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل شده و در خازن‌های بزرگی ذخیره می‌شود تا در طول شب و یا در موارد مورد نیاز از این انرژی ذخیره شده استفاده شود.

۵. نیروگاه‌های خورشیدی: با تابیدن نور خورشید به عنوان یک منبع تمام ناشدنی به سلول‌های خورشیدی و حرکت الکترون‌ها، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود که در طول روز در باتری‌ها ذخیره شده و در طول شب می‌توان از آن استفاده کرد. امروزه در کشورهای صنعتی از این سیستم نه تنها در منازل بلکه به صورت نیروگاهی برای تولید برق استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که انرژی خورشیدی برای کشورهایی مقرون به صرفه است که از شدت بالای تابش انرژی خورشید در طول سال بهره‌مند هستند.

شکل ۱، یک نمای کلی از مراحل تولید برق و چگونگی فرستادن آن توسط خطوط انتقال به شهر و منازل را نشان می‌دهد. ژنراتورها همان توربین‌ها و یا هر گونه دستگاه تولید جریان برق می‌باشد. پس از آن این ولتاژ بسیار بالا توسط خطوط انتقال که اصطلاحاً به آن خطوط فشار قوی می‌گویند از نیروگاه به نزدیک شهرها انتقال پیدا می‌کند. سپس توسط ایستگاه‌ها، این برق فشار قوی به فشار متوسط و سپس جهت استفاده مصرف‌کنندگان به فشار ضعیف در داخل شهرها تبدیل می‌شود.



شکل ۱: مراحل تولید برق

معمولا ژنراتورها، برقی به قدرت 20KV تولید می کنند. از آنجا که معمولا فاصله یک نیروگاه تا خطوط اصلی انتقال زیاد است و به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی الکتریکی در هنگام انتقال، با استفاده از ترانس های افزایشده این مقدار به 400KV می رسد. سپس در نزدیکی شهرها توسط ترانس های کاهشده به 63KV تغییر یافته و سپس به 20KV و سرانجام به 220V به منظور استفاده شهری تبدیل می شود.

باید توجه داشت که با توجه به نحوه‌ی انتقال انرژی از نیروگاه به محل مصرف، خطوط انتقال و توزیع به دو بخش عمده تقسیم می‌شوند:

۱. **خطوط هوایی:** در صورتی که کابل‌های انتقال و توزیع از روی دکل‌ها و پایه‌ها عبور کنند به آن شبکه، شبکه هوایی می‌گویند. از این نوع شبکه توزیع برای انتقال نیرو در فواصل دور استفاده می‌شود. این نوع سیستم به دلیل ارزان بودن و توانایی پیدا کردن خطا^۱ در آن، بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. اما باید توجه داشت که دارای معایب زیر می‌باشد:

۱. در برابر صاعقه آسیب پذیرند.
 ۲. نیاز به تجهیزات خاص جهت نصب و راه اندازی می‌باشند.
 ۳. جهت فواصل کوتاه بسیار گرانند.
 ۴. دارای اثرات بعضا مخرب بر روی محیط زیست می‌باشند.
- لازم به یاد آوری است که کابل‌های هوایی به دلیل آنکه در دسترس نیستند، فاقد عایق (روکش پلاستیکی) می‌باشند.

۲. **خطوط زمینی:** در صورتی که کابل‌های انتقال در داخل لوله‌ها و یا کانال‌ها قرار گیرند و از زیر زمین عبور کنند، به این شبکه، شبکه‌ی زمینی گویند. از این نوع سیستم توزیع، جهت انتقال نیروی برق در فواصل کوتاه مانند درون کارخانجات و منازل استفاده می‌شود. مزیت این نوع سیستم آن است که برای انتقال نیروی برق در فواصل کوتاه، بسیار ارزان است. همچنین کابل‌های دفنی در برابر اثرات صاعقه مصون هستند. دیگر مزیت این سیستم آن است که به محیط زیست آسیبی نمی‌رساند. اما این سیستم هم مانند تمامی سیستم‌ها دارای معایبی نیز می‌باشد. معایب‌های این سیستم عبارتند از:

۱. برای انتقال نیرو در فواصل طولانی بسیار گران است.
۲. پیدا کردن خطا بسیار سخت است.

^۱ Fault

فصل

تعاریف و قوانین پایه

در این فصل با مفاهیم پایه‌ای نظیر جریان، ولتاژ، توان، مدار الکتریکی و اجزای آن، قانون اهم و کیرشهف در سیستم‌های الکتریکی توضیح داده می‌شود. جریان: عبارت است از جهت حرکت الکترون‌ها از محلی که تجمع الکترون بیشتر است به سمتی که تجمع الکترون کمتر است در داخل یک رسانا مانند مس، آلومینیوم یا طلا. در واقع می‌توان گفت که جریان عبارت است از نرخ تغییرات شارژ در واحد زمان که می‌توان آن را به صورت زیر بیان کرد:

$$(1) i(t) = dq/dt$$

همانطور که از رابطه بالا مشخص است جریان یک تابعی از زمان است. اگر تغییرات جریان نسبت به واحد زمان ثابت باشد به آن جریان، جریان مستقیم¹ می‌گویند. اگر تغییرات جریان نسبت به واحد زمان تغییر کند به آن، جریان متناوب² می‌گویند.

ولتاژ: عبارت است از نیروی لازم جهت حرکت الکترون‌ها (بارهای الکتریکی) در داخل یک هادی (رسانا) را ولتاژ یا اختلاف پتانسیل می‌نامند. توان: کار انجام شده در واحد زمان را گویند و عبارت است از:

$$(2) P = vi = Ri^2 = \frac{v^2}{R}$$

که واحد آن وات می‌باشد و با w نشان داده می‌شود.

¹ DC(Direct Current)

² AC(Alternating Current)