



معرفی سیستم‌های قدرت الکتريکی به زبان ساده

مترجم: مصطفی صدیقی‌زاده

حمید باقری

سها دانش

سرشناسه	معرفی سیستم‌های قدرت الکتریکی به زبان ساده - مصطفی صدیقی‌زاده ۱۳۵۲
عنوان و نام پدیدآور:	مصطفی صدیقی‌زاده - حمید باقری
مشخصات نشر:	سها دانش - ۱۳۹۲
مشخصات ظاهری:	۲۲۴ ص - وزیری
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۰۹۰-۹
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا
یادداشت:	Electric power system basics for the nonelectrical professional
موضوع:	برق -- سیستم‌ها
رده بندی کنگره:	TK۱۰۰۱/ب۶م۱۳۹۲
رده بندی دیویی:	۶۲۱/۳۱
شماره کتابشناسی ملی:	۳۲۸۷۶۰۸

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر و یا پخش کند مورد پیگیری قانونی قرار خواهد گرفت.



سها دانش

تلفن و فکس: ۳-۶۶۵۶۹۸۸۱

۶۶۵۶۲۹۳۳ - ۶۶۵۶۳۱۷۷ - ۶۶۵۶۲۸۹۸

همراه: ۰۹۱۲۱۲۶۱۴۱۹

مرکز پخش: میدان انقلاب - اول کارگر جنوبی - کوچه رشتچی - روبروی دانشگاه علمی کاربردی - پلاک ۹

عنوان	معرفی سیستم‌های قدرت الکتریکی به زبان ساده
ناشر	سها دانش
مؤلف	مصطفی صدیقی‌زاده - حمید باقری
تایپ و صفحه‌آرایی	سیده صغری حیات الغیبی
سال چاپ	۱۳۹۲
نوبت چاپ	اول
قیمت	۱۲۰۰۰۰ ریال
تیراژ	۱۰۰۰ جلد

ISBN: 978-600-181-090-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۰۹۰-۹

پست الکترونیکی info@sohadanesh.com

فروشگاه اینترنتی شماره ۱: www.sohadanesh.ir

فروشگاه اینترنتی شماره ۲: www.books.eeshop.ir

مقدمه مولف

درباره کتاب

این کتاب، بمنظور ایجاد یک نگرش کلی در افراد حرفه‌ای غیربرقی در زمینه سیستم‌های الکتریکی به هم پیوسته و بزرگ و با در نظر گرفتن اصطلاحات و مفاهیم برقی، ملاحظات طراحی، روش‌های ساخت، استانداردهای صنعتی، عملکردهای اتاق کنترل در شرایط عادی و شرایط اضطراری، تعمیر و نگهداری، مصرف، ارتباطات از راه دور و ایمنی، ارائه گردیده است. چندین مثال کاربردی، به همراه نقشه‌ها، تصاویر و عکس‌های متعددی جهت کمک به ایجاد این نگرش کلی نیز آورده شده است. هدف این کتاب ایجاد درک عمیق برای افراد حرفه‌ای غیر برقی از نحوه کارکرد سیستم‌های قدرت، از تولید برق گرفته تا سیم‌کشی خانگی و مصرف آن توسط لوازم متصل می‌باشد.

این کتاب با معرفی مفاهیم اولیه و اصطلاحات الکتریکی مورد استفاده در صنعت، آغاز می‌گردد، و سپس با معرفی تولید، انتقال و توزیع توان الکتریکی ادامه می‌یابد. خواننده این کتاب از جنبه‌های مهم یک سیستم قدرت به هم پیوسته آگاه می‌شود. موضوعات دیگر این کتاب شامل مدیریت انرژی، حفاظت از انرژی الکتریکی، ویژگی‌های مصرف، و جنبه‌های نظارتی می‌باشد که به خوانندگان کمک می‌کند تا در زمینه سیستم‌های قدرت الکتریکی مدرن جهت برقراری ارتباط موثر با مهندسين، تولیدکنندگان تجهیزات، پرسنل این حوزه، مقامات ناظر، لایه‌ها، سیاستمداران، وکلا و تمامی افرادی که در صنعت برق فعالیت می‌کنند، شناخت مناسبی داشته باشند.

خلاصه فصل‌ها

در این جا مرور مختصری از فصل‌ها ارائه شده است چراکه دانستن مکان موضوعات خاص و نحوه سازماندهی مطالب، به خواننده در درک مفاهیم کمک خواهد کرد. طرز بیان بکار گرفته شده در این کتاب، اصطلاحات واقعی صنعت را باز می‌تاباند.

فصل یک، بحث مختصر و در عین حال آموزنده‌ای از تاریخچه سیستم قدرتی که امروز می‌شناسیم، ارائه می‌دهد. سپس نموداری کلی از سیستم به همراه توضیح مختصری در خصوص بخش‌های عمده یک سیستم قدرت الکتریکی آورده شده است. تعاریف کلی و اصطلاحات رایج مانند ولتاژ، جریان، توان و انرژی نیز مورد بحث قرار گرفته است. مفاهیم اساسی از قبیل جریان مستقیم و متناوب، تولید تکفاز و سه فاز، انواع بارها، و راندمان سیستم قدرت نیز بمنظور تعیین مراحل جهت یادگیری پیشرفته، مطرح گردیده است. برخی از فرمول‌های الکتریکی بسیار اساسی، در فصل اول و نقاط مختلف کتاب ارائه شده است. این فرمول‌ها بمنظور توضیح بهتر اصطلاحات و مفاهیم مربوط به سیستم‌های قدرت الکتریکی آورده شده‌اند. خواننده نباید نگران این فرمول‌های ریاضی باشد چراکه این فرمول‌ها تنها برای توضیح و توصیف روابط می‌باشند.

مفاهیم عمومی تولید، در فصل دوم ارائه گردیده است. این مفاهیم شامل قوانین فیزیکی است که موتورها و ژنراتورها را قادر به کار می‌سازد، و نیز محرک‌های اولیه‌ای که باعث چرخش روتور انواع ژنراتورها می‌گردد و همچنین تجهیزات اصلی مربوط به تولید توان الکتریکی است. قوانین فیزیکی که در این فصل بحث شده، بعنوان قوانین پایه در تمامی سیستم‌های قدرت الکتریکی بکار می‌رود. اصول

الکتریکی که در این فصل بیان شده، جهت معرفی یک سیستم قدرت الکتریکی جامع، در سرتاسر کتاب استفاده شده است. در هنگام توصیف اصول تولید، انواع محرک‌های اولیه که برای چرخاندن محور ژنراتور مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز شرح داده شده است. محرک‌های اولیه‌ای که در این کتاب آمده شامل توربین‌های بخار، توربین‌های آبی و توربین‌های بادی می‌باشد. برخی از منابع انرژی الکتریکی غیرچرخان از قبیل سیستم‌های خورشیدی نیز توضیح داده شده‌اند. مسائل اساسی زیست‌محیطی مربوط به هر یک از محرک‌های اولیه نیز ذکر گردیده است.

تجهیزات اصلی مربوط به هر یک از انواع نیروگاه‌ها، مانند بویلرها، برج‌های خنک‌کننده، پمپ‌های تغذیه بویلرها، و سیستم‌های کم‌فشار و پرفشار نیز شرح داده شده است. در این فصل خواننده باید فهم اساسی از اصول نیروگاه که مربوط به بخش تولید سیستم قدرت الکتریکی است، بدست آورد.

دلایل استفاده از خطوط توان ولتاژ بالا نسبت به خطوط توان ولتاژ پایین، در فصل سوم توضیح داده شده است. اجزا اساسی خطوط انتقال از قبیل هادی‌ها، عایق‌ها، فواصل هوایی و محافظ‌ها نیز در همین فصل بحث شده است. هم‌چنین هر یک از خطوط انتقال جریان مستقیم و خطوط انتقال جریان متناوب در حالت انتقال هوایی و یا زیرزمینی، مقایسه شده‌اند. در این فصل خواننده باید درک درستی از پارامترهای طراحی خطوط انتقال و مزایای استفاده از خطوط انتقال ولتاژ بالا برای انتقال کارآمد توان الکتریکی، کسب نماید.

فصل چهارم، تجهیزات مورد استفاده در پست‌ها را پوشش می‌دهد که انرژی الکتریکی ولتاژ بالا را به انرژی قابل استفاده برای توزیع و مصرف تبدیل می‌کنند. خود تجهیزات (یعنی ترانسفورماتورها، کلیدهای قدرت، کلیدهای قطع‌کننده، تنظیم‌کننده‌ها و غیره) و ارتباط آن‌ها با حفاظت سیستم، عملکردهای تعمیر و نگهداری، عملکردهای کنترل سیستم، نیز توضیح داده خواهد شد.

فصل پنجم، سیستم‌های توزیع اولیه به شکل‌های هوایی و زیرزمینی را از لحاظ نحوه طراحی، عملکرد و استفاده برای تامین مصارف خانگی، تجاری و صنعتی مورد بحث قرار می‌دهد، و بر روی سیستم توزیع بین پست و دستک مصرف‌کننده (یعنی تجهیزات ورودی سرویس مصرف‌کننده) تمرکز می‌نماید. پیکربندی خطوط انتقال زیرزمینی و هوایی به همراه دسته‌بندی ولتاژها و تجهیزات معمول مورد استفاده در سیستم‌های توزیع نیز توضیح داده شده است. در پایان این فصل، خواننده نسبت به نحوه طراحی و ساخت سیستم‌های توزیع که توان الکتریکی قابل اطمینان را برای مصرف‌کنندگان فراهم می‌نمایند، آگاه خواهد شد.

تجهیزاتی که بین بارهای واقعی (یعنی وسایل مصرفی) و تجهیزات ورودی سرویس مصرف‌کنندگان (یعنی دستک مصرف‌کننده) قرار می‌گیرند نیز در فصل ششم مورد بحث قرار گرفته است. هم‌چنین تجهیزاتی که بمنظور اتصال بارهای خانگی، تجاری و صنعتی بکار می‌روند، شرح داده شده است. تولید اضطراری و سیستم‌های تامین برق اضطراری به همراه مشکلات و مسائل و راه‌حل‌های آن، که به مصرف‌کنندگان بزرگ مربوط می‌شود نیز مطرح گردیده است.

تفاوت بین "حفاظت سیستم" و "حفاظت فردی" (یعنی ایمنی) در ابتدای فصل هفتم شرح داده شده است که در ادامه اختصاصاً به مبحث "حفاظت سیستم" پرداخته شده است: نحوه حفاظت سیستم‌های قدرت الکتریکی در مقابل خطاهای ایجاد شده در تجهیزات، برخورد صاعقه، عملکردهای سهوی، و سایر اتفاقاتی که باعث ایجاد اختلال در سیستم می‌شود. "حفاظت فردی" در فصل دهم توضیح داده شده

است. سرویس قابل اطمینان به طراحی مناسب و بازدید دوره‌ای از سیستم‌های حفاظت رله‌ای بستگی دارد. این سیستم‌ها و رله‌های حفاظتی آن‌ها، برای خطوط انتقال، پست‌ها و خطوط توزیع تعریف می‌شوند. در این کتاب خواننده در خصوص نحوه طراحی سیستم قدرت الکتریکی جهت حفاظت از خودش، آگاه می‌گردد.

فصل هشتم با توضیحی در خصوص سه شبکه اصلی قدرت در شمال آمریکا و نحوه تقسیمات جغرافیایی این شبکه‌ها و چگونگی عملکرد، کنترل و تنظیم آن‌ها، آغاز می‌گردد. تاکید این فصل بر روی نحوه اتصال شرکت‌های برق شخصی جهت بهبود عملکرد، قابلیت اطمینان، پایداری و امنیت شبکه قدرت می‌باشد. مباحث دیگر شامل تعادل بین تولید و مصرف، طراحی منابع و محدودیت‌های عملیاتی در شرایط عادی و شرایط اضطراری می‌باشد. در نهایت، مفاهیم خاموشی، حذف بار، و سایر مسائل مربوط به قابلیت اطمینان، بعنوان راهکاری جهت حداقل کردن خاموشی‌ها، شرح داده شده است.

مراکز کنترل سیستم، در فصل نهم، بعنوان موضوعی مهم در عملکرد روزانه سیستم‌های قدرت الکتریکی مورد بحث قرار گرفته است. این فصل در مورد عملکردهای مرکز کنترل سیستم، پایش و استفاده از برنامه‌های کامپیوتری پیشرفته و سیستم‌های الکتریکی کنترل از راه دور جهت کنترل تجهیزات واقع در پست‌ها، خطوط قدرت و موقعیت‌های بارهای واقعی، بحث می‌کند. این تجهیزات، سیستم قدرت را قادر می‌سازد تا بصورت اقتصادی توزیع بار نموده و تقاضای انرژی را پاسخ‌گو باشد و تجهیزات را طی عملکردهای تعمیر و نگهداری اضطراری و شرایط نرمال، کنترل نماید. توضیحات و کاربرد "کنترل نظارتی و اکتساب داده‌ها" و "سیستم‌های مدیریت انرژی" نیز در این فصل آورده شده است. قابلیت‌ها و مزایای انواع مختلف سیستم‌های ارتباطی که برای برقراری ارتباط بین مراکز کنترل و واحدهای کنترل از راه دور بکار می‌روند، شرح داده شده است. این سیستم‌های ارتباطی شامل فیبرهای نوری، میکروویو، سیستم مخابراتی بین پست‌ها، مدارات رادیویی و مدارات خطوط مسی می‌باشد. روش‌های مورد استفاده جهت ارائه حفاظت رله‌ای با سرعت عملکرد بالا، مراکز خدمات مصرف‌کننده، و سرویس‌های ارتباطی صوتی/تصویری/دیجیتالی نیز بطور اساسی توضیح داده شده است.

این کتاب با فصل ده به پایان می‌رسد که این فصل به ایمنی الکتریکی اختصاص داده شده است: حفاظت فردی و طرز کار بر روی سیستم قدرت الکتریکی. تجهیزات حفاظت فردی از قبیل پوشش‌های عایق لاستیکی و تجهیزات لازم برای زمین‌کردن، به همراه روش‌های متداول ایمنی، نیز شرح داده شده است. شناخت و درک "افزایش پتانسیل زمین"، "ولتاژ تماس" و "ولتاژ گام" پیام مهمی را در مورد اقدامات احتیاطی لازم الاجرا در اطراف خطوط قدرت، پست‌ها و حتی در اطراف مناطق مسکونی می‌رساند. لطفا توجه نمایید که در بعضی قسمت‌ها در فصل‌های مختلف، با ارائه توضیحات اضافی، برخی مفاهیم با جزئیات کامل توضیح داده شده‌اند. این قسمت‌ها با عنوان "مطالعات تکمیلی اختیاری" در کتاب مشخص شده‌اند و البته برخی مطالب نیز بدون این که ارزش متن کاهش یابد در این کتاب دیده نشده‌اند.

استیون دبلو بلوم - کارلسبد، کالیفرنیا - می ۲۰۰۷

سپاسگزاری مولف

شخصاً دوست دارم تا از افرادی که سهمی در موفقیت‌م در زندگی شغلی و در تالیف این کتاب داشته‌اند تشکر و قدردانی نمایم. از همسر ماری که بیش از چهل سال حامی من بوده است بابت راهنمایی، درک، تشویق و بسیاری چیزهای دیگر تقدیر و تشکر می‌نمایم. میشل‌وین بدلیل جدیت، مهارت و ایده‌های خلاقانه‌اش واقعا قابل قدردانی است. از بیل آکرمن که از بهترین اشخاص جهت پاسخ‌گویی به سوالات فنی است و همواره شخصیتی حرفه‌ای و مسئولیت‌پذیر می‌باشد سپاسگزارم. در نهایت از جان مک‌دونالد بدلیل شناخت، بینش و تشویق‌هایش تشکر می‌نمایم.

استیون دلبیو بلوم

مقدمه مترجمان

کتاب حاضر ترجمه‌ای است از کتاب Electric Power System Basics (for the nonelectrical profession) نوشته استیون دبلیوبلوم که با توجه به ویژگی‌های جالب و جذاب آن توسط مترجمین به فارسی برگردانده شده است. شاید یکی از مهمترین دلایل ترجمه این کتاب مولف آن باشد. مولف این کتاب یکی از شخصیت‌های برجسته بین‌المللی در زمینه آموزش مهندسی برق می‌باشد و سخنرانی‌ها، کارگاه‌های آموزشی و کلاس‌های مختلفی برای تدریس و معرفی مهندسی برق به خصوص برای افراد غیرحرفه‌ای در سراسر جهان برگزار نموده است. در این کتاب مهندسی سیستم‌های قدرت در ده فصل با زبان بسیار ساده معرفی شده و برای دانشجویان سال‌های ابتدایی رشته مهندسی برق-قدرت و سایر گرایش‌های مهندسی برق و نیز دانشجویان غیرمهندسی برق که می‌خواهند در یک کتاب خودآموز و ساده با مفاهیم و اصطلاحات مهندسی سیستم‌های قدرت آشنا شوند بسیار مفید می‌باشد.

سازمان‌دهی فصول این کتاب بدین‌گونه است که ابتدا در فصل اول مفاهیم بنیادی مهندسی برق نظیر مفاهیم ولتاژ، جریان و ... معرفی شده است سپس در فصل دوم مفهوم تولید برق بیان شده است. در فصل سوم انتقال توان الکتریکی به زبان ساده شرح داده شده و بعد از آن در فصل چهارم پست‌های برق توصیف شده‌اند. در فصل پنجم توزیع انرژی الکتریکی و در فصل ششم مفاهیم مصرف انرژی الکتریکی معرفی شده است. فصل هفتم به حفاظت سیستم‌های قدرت و فصل هشتم به توصیف سیستم‌های قدرت به هم پیوسته پرداخته است. در نهایت در فصل نهم مراکز کنترل سیستم‌های قدرت و ارتباطات مخابراتی سیستم‌های قدرت شرح و بسط داده شده و سرانجام در فصل دهم حفاظت فردی در برابر برق‌گرفتگی معرفی شده است.

قطعا هر کاری دارای نواقصی می‌باشد و ترجمه این کتاب نیز خالی از اشکال و نقص نخواهد بود، باعث امتنان خواهد بود که این نواقص از طریق پست الکترونیکی به اینجانبان اطلاع داده شود تا انشاءالله در چاپ‌های بعدی مدنظر قرار گیرد.

در خاتمه از دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین بابت بازخوانی متن و ارائه نقطه نظرات مفید در این رابطه کمال تشکر را داریم. حمایت‌های مالی و تشویق‌های آقای قرایی مدیر محترم انتشارات سها دانش در به ثمر نشستن این کار انکارناپذیر است که در اینجا از ایشان تشکر ویژه می‌شود. همچنین جا دارد که از خانواده‌هایمان بابت صبر و شکیبایی‌شان در هنگام تهیه این اثر سپاسگزاری نماییم.

حمید باقری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق

قدرت دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه

بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین

hamid.bagheri4030@gmail.com

مصطفی صدیقی‌زاده

استادیار گروه قدرت

دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی

M_sedighi@sbu.ac.ir



تقدیم به:

ساحت مقدس آخرین ذخیره الهی، امام عصر (عج)

ای نقطه شروع شفق، و ای مجری حق،
وجودت، قصیده بی‌پایانی است که تنها خدا بیت آخرش را می‌داند؛ بیا و حُسن ختام زمان باش.
مصطفی صدیقی‌زاده

تقدیم به:

مادر مهربانم

یاد تو آرامشی است بر جان من.

حمید باقری

فهرست

صفحه	عنوان
۱۳	فصل اول: بررسی اجمالی اصطلاحات فنی و مفاهیم اساسی
۱۳	اهداف فصل
۱۴	تاریخچه توان الکتریکی
۱۵	بررسی اجمالی سیستم
۱۶	اصطلاحات فنی و مفاهیم اساسی
۲۵	فصل دوم: تولید
۲۵	اهداف فصل
۲۶	تولید ولتاژ متناوب
۲۷	ژنراتور ولتاژ متناوب سه‌فاز
۳۱	تولید زمان واقعی
۳۲	اتصالات ژنراتور
۳۲	اتصالات ستاره و مثلث استاتور
۳۳	نیروگاه‌ها و محرک‌های اولیه
۵۷	فصل سوم: خطوط انتقال
۵۷	اهداف فصل
۵۸	خطوط انتقال
۶۰	هادی‌ها
۶۵	پارامترهای طراحی خط انتقال (مطالعه تکمیلی اختیاری)
۶۶	انتقال زیرزمینی (مطالعه تکمیلی اختیاری)
۶۷	سیستم‌های انتقال جریان مستقیم (مطالعه تکمیلی اختیاری)
۶۹	فصل چهارم: پست‌های برق

اهداف فصل	۶۹
تجهیزات پست	۷۰
ترانسفورماتورها	۷۰
رگولاتورها یا تنظیم کننده ها	۷۸
کلیدهای قدرت	۸۳
باز و بست کننده های مجدد (ریکلوزرها)	۸۸
سوئیچ های قطع	۸۹
برق گیرهای صاعقه	۹۲
باس (شین) الکتریکی	۹۳
بانک های خازنی	۹۵
راکتورها	۹۷
جبران کننده های توان راکتیو ساکن	۹۷
ساختمان کنترل	۹۸
عمیر و نگهداری پیشگیرانه	۹۹
فصل پنجم: توزیع:	۱۰۱
اهداف فصل	۱۰۱
سیستم های توزیع	۱۰۲
اتصالات ترانسفورماتور (مطالعه تکمیلی اختیاری)	۱۰۴
فیوزها و کت اوتها	۱۱۷
بالا برنده یا تیرک عمیق	۱۱۸
سرویس زیرزمینی	۱۱۹
فصل ششم: مصرف	۱۲۵

اهداف فصل	۱۲۵
مصرف انرژی الکتریکی	۱۲۶
بازده سیستم قدرت	۱۳۰
ضریب توان	۱۳۰
عرضه و تقاضا	۱۳۱
اندازه‌گیری	۱۳۲
نرخ‌های مبتنی بر عملکرد	۱۳۵
تجهیزات ورودی سرویس	۱۴۳
فصل هفتم: حفاظت سیستم	۱۴۹
اهداف فصل	۱۴۹
دو نوع حفاظت	۱۵۰
مفاهیم و تجهیزات حفاظت از سیستم	۱۵۰
حفاظت توزیع	۱۵۴
حفاظت انتقال	۱۵۷
حفاظت پست	۱۵۹
حفاظت ژنراتور	۱۶۰
سنکرون‌سازی ژنراتور	۱۶۲
حفاظت کل انتقال	۱۶۴
فصل هشتم: سیستم‌های قدرت به هم پیوسته	۱۶۵
اهداف فصل	۱۶۵
سیستم‌های قدرت به هم پیوسته	۱۶۶
شبکه‌های قدرت امریکای شمالی	۱۶۶
محیط تنظیم‌کنندگی	۱۶۷

۱۷۰	مرجع ایجاد تعادل
۱۷۲	عملیات‌های سیستم به‌هم پیوسته
۱۷۷	تقاضای سیستم و بارگذاری ژنراتور
۱۸۱	عملیات‌های شبکه مطمئن
۱۸۷	فصل نهم: مراکز کنترل سیستم و ارتباطات راه دور
۱۸۷	اهداف فصل
۱۸۸	مراکز کنترل سیستم الکتریکی
۱۸۹	کنترل نظارتی و اکتساب داده
۱۹۲	سیستم‌های مدیریت انرژی
۱۹۵	ارتباطات از راه دور
۲۰۳	فصل دهم: حفاظت فردی (ایمنی)
۲۰۳	اهداف فصل
۲۰۴	ایمنی الکتریکی
۲۰۴	حفاظت فردی
۲۱۳	پیوست
۲۱۳	پیوست (الف) محاسبه جذر میانگین مربعات
۲۱۴	پیوست (ب) تحلیل گرافیکی ضریب قدرت