

کلید مهندسه شناخت، طراحی و محاسبه

سیستم های فتوولتائیک

(پنل های خورشیدی)



سرشناسه	: نظری، مهرداد - ۱۳۶۹
عنوان و نام پدیدآور	: کلید مهندسی شناخت، طراحی و محاسبه سیستم‌های فتوولتائیک (پنل‌های خورشیدی) - مهرداد نظری - حامد نصرالله پور - محمد اسماعیل حسن زاده خانکهدانی
مشخصات نشر	: تهران: سها دانش: نبض دانش، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	: ۱۲۸ ص: مصور؛ ۱۵×۲۱/۵ س م.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۱۳۵-۷
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبای مختصر
شناسه افزوده	: نصرالله پور، حامد، ۱۳۶۴-
شناسه افزوده	: حسن‌زاده‌خانکهدانی، محمد اسماعیل، ۱۳۶۸-
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۷۶۲۳۷

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



تلفن و دورنگار: ۳-۶۶۵۶۹۸۸۱ همراه: ۰۹۱۲۷۸۵۶۵۱۵
 ۶۶۹۲۳۲۳۲

مرکز پخش میدان انقلاب - اول کارگر جنوبی - کوچه رشتچی - بن بست یکم - پلاک ۴

عنوان..... کلید مهندسی شناخت، طراحی و محاسبه سیستم‌های فتوولتائیک (پنل‌های خورشیدی)
 مؤلفین مهرداد نظری - حامد نصرالله پور - محمد اسماعیل حسن زاده خانکهدانی
 ناشر سها دانش (عضو انجمن ناشران دانشگاهی)
 ناشر همکار نبض دانش
 سال چاپ..... ۱۳۹۶
 نوبت چاپ..... دوم
 تیراژ ۲۰۰ جلد
 قیمت..... ۱۲۵۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۱۳۵-۷ ISBN: 978-600-181-135-7

فروشگاه شماره ۱: میدان انقلاب-بازار بزرگ کتاب- طبقه زیرین- پلاک ۲ - کتابفروشی سخنکده
 www.ajansketab.com ارسال انواع کتاب به تمام نقاط ایران تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۰۸۰۰۰ (خط ۱۰)
 فروشگاه شماره ۲: میدان انقلاب - ضلع جنوب شرقی - پلاک ۹ - کتابفروشی راه اندیشه - تلفن: ۶۶۴۷۵۷۹۸



فهرست مطالب

فصل اول : کلیات سیستم های فتوولتائیک	۱۰	(۱)
۱-۱) آشنایی با سیستم های خورشیدی (فتوولتائیک)	۱۰	
۱-۱-۱) تعریف سیستم های برق خورشیدی (فتوولتائیک)	۱۳	
۲-۱-۱) ماژول یا پنل های خورشیدی	۱۴	
۲-۱) تکنولوژی های تولید	۱۸	
۱-۲-۱) کاربردها و چگونگی بکارگیری سیستم های فتوولتائیک	۲۵	
۳-۱) هزینه قسمت های مختلف سیستم های خورشیدی	۲۷	
۴-۱) روش های کاربرد سیستم های برق خورشیدی	۲۸	
۱-۴-۱) متصل به شبکه سراسری برق (Grid Connected)	۲۸	
۵-۱) اینورترهای متصل به شبکه (GRID TIE INVERTER):	۳۰	
۱-۵-۱) مستقل از شبکه سراسری برق (Stand Alone)	۳۳	
فصل ۲ : روند طراحی سیستم های جدا از شبکه	۳۷	(۲)
۱-۲) مقدمه	۳۷	
۲-۲) یک سیستم یخچال بحرانی	۳۹	
۱-۲-۲) مشخصات طراحی	۳۹	
۲-۲-۲) پیاده سازی طرح	۳۹	
۳-۲) تعیین بار	۴۰	
۴-۲) روش کلی تعیین متوسط بار روزانه سیستم فتوولتائیک (PV)	۴۱	



- ۴۳ (۵-۲) انتخاب باتری
- ۵۰ (۶-۲) روش کلی انتخاب باتری
- ۵۲ (۷-۲) تعیین اندازه و زاویه آرایه
- ۵۷ (۸-۲) روش کلی تعیین زاویه و اندازه آرایه PV
- ۶۰ (۳) فصل ۳: مثال هایی برای سیستم‌های PV
- ۶۰ (۱-۳) مقدمه
- ۶۱ (۲-۳) مثال ۱: راه‌اندازی یک فن ساده بوسیله PV
- ۶۳ (۱-۲-۳) مازول و فن همراه با باتری پشتیبان
- ۶۸ (۳-۳) مثال ۲: راه‌اندازی یک پمپ آب بوسیله PV با تقویت‌کننده جریان خطی (LCB)
- ۶۸ (۱-۳-۳) تعیین اجزا موردنیاز سیستم
- ۷۲ (۲-۳-۳) یک سیستم پمپاژ آب ساده
- ۷۶ (۴-۳) مثال ۳: طراحی یک سیستم روشنایی
- ۷۶ (۱-۴-۳) تعیین بار روشنایی
- ۷۸ (۲-۴-۳) یک سیستم روشنایی خارجی
- ۸۱ (۵-۳) مثال ۴: طراحی یک کلبه بوسیله PV
- ۸۴ (۶-۳) مثال ۵: یک سیستم مرکب یا هیبرید
- ۹۰ (۴) فصل ۴: اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی محلی
- ۹۰ (۱-۴) ۴مقدمه



- ۲-۴) آشکارسازی ولتاژ و فرکانس ۹۲
- ۳-۴) نرخ تغییرات فرکانس (RATE OF CHANGE OF FREQUENCY) ۹۷
- ۴-۴) جابه‌جایی ولتاژ نقطه خنثی (NEUTRAL VOLTAGE DISPLACEMENT) ۹۸
- ۵-۴) آشکارسازی جهش فاز ولتاژ (جابه‌جایی بردار ولتاژ) (VOLTAGE PHASE) ۱۰۰
- (DETECTION) ۱۰۰
- ۵) فصل ۵: سیستم‌های خورشیدی متصل به شبکه ۱۰۴
- ۱-۵) مقدمه ۱۰۴
- ۲-۵) اجزاء اصلی سیستم‌های خورشیدی متصل به شبکه: ۱۰۵
- ۳-۵) اصول عملکرد سیستم‌های خورشیدی متصل به شبکه ۱۰۶
- ۴-۵) شرایط لازم برای اتصال به شبکه ۱۰۷
- ۵-۵) مزایای استفاده از واحدهای کوچک به جای استفاده از یک تک واحد
بزرگ ۱۰۸
- ۶-۵) محاسبه مقدار انرژی تحویلی یک سیستم PV به شبکه ۱۰۹
- ۷-۵) طراحی یک سیستم متصل به شبکه ۱۰۹
- ۸-۵) تعیین اندازه و مشخصات سیستم ۱۱۲
- ۹-۵) انرژی تولیدشده سالیانه ۱۱۴
- ۱۰-۵) انواع آرایش اینورترها ۱۱۶
- ۱-۱۰-۵) یک اینورتر برای کل نیروگاه خورشیدی (نیروگاه با یک
اینورتر مرکزی) ۱۱۶
- ۲-۱۰-۵) نیروگاه با یک اینورتر برای هر رشته ۱۱۸



کلیدمهندسی شناخت، طراحی و محاسبه سیستم‌های فتوولتائیک

- ۱۱۹ یک اینورتر برای چند رشته (۳-۱۰-۵)
- ۱۲۲ معرفی نرم‌افزار هومر (HOMER) (۶)
- ۱۲۲ شبیه‌سازی سیستم هیبریدی (۱-۱-۶)
- ۱۲۸ منابع (۲-۶)

بسمه تعالی

سخن ناشر

توسعه به دانش و علم‌آموزی در تعالیم بزرگان جایگاه ویژه‌ای دارد.
"رسول اکرم (ص): طلب دانش بر هر مسلمانی فرض است. به راستی خدا
جویندگان دانش را دوست دارد"

یکی از مهم‌ترین ابزار علم‌آموزی در تمامی اعصار کتاب بوده است. در حال حاضر
با توجه به کمبود کتب کاربردی در زمینه علوم مهندسی و نظر به مشکلات اساتید
محترم و دانشجویان در مسیر کسب اطلاعات تخصصی، انتشارات سها دانش بر آن
شد تا با تکیه بر دو دهه فعالیت در زمینه فوق و استفاده از اساتید برتر دانشگاه و
صنعت اقدام به چاپ کتاب‌هایی در قالب "کلید مهندسی" نماید. این مجموعه
کتاب را می‌توان به‌عنوان پلی بین دانشگاه و صنعت معرفی کرد.
یکی از بارزترین مشخصات کتب کلید مهندسی بیان مفاهیم اصلی و به دور از
پرداختن به جزئیات و چاپ کتاب در قطع کوچک به‌منظور حمل آسان آن است که
این دو ویژگی کمک می‌کند تا مهندسیین عزیز بتوانند به سادگی و در محیط کار از
نقشه‌ها و مطالب کاربردی آن بهره کامل را ببرند.
از خوانندگان محترم خواهشمندیم پیشنهادها و انتقادات خود را در جهت بهبود
مسیر تولید به ایمیل manager@sohadanesh.ir ارسال نمایند.

با احترام

مدیریت انتشارات سها دانش

ناصر قرایی



مقدمه:

رشد علم و صنعت و فن‌آوری در جهان امروز، روش‌های مختلف استفاده از انرژی را که در دوران قبل از انقلاب صنعتی معمول بود دگرگون کرده، و شناخت منابع انرژی‌های جدید، تحولی عظیم در توسعه صنعتی و تکامل اجتماعی بشر به وجود آورده است. از جمله این انرژی‌ها، انرژی خورشید می‌باشد.

خورشید بعنوان منبع انرژی و سرآغاز حیات و منشأ تمام انرژی‌های دیگر شناخته شده است. طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و در هر ثانیه $4/2$ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. بنابراین با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است؛ این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد.

خورشید عامل و منشأ انرژی‌های گوناگونی است که در طبیعت موجود است از جمله: سوخت‌های فسیلی که در اعماق زمین ذخیره شده‌اند، انرژی آبشارها و باد، رشد گیاهان که بیشتر حیوانات و انسان برای بقای خود از آن‌ها استفاده می‌کنند، مواد آلی که قابل تبدیل به انرژی حرارتی و مکانیکی هستند، امواج دریاها، قدرت جزر و مد که بر اساس جاذبه و حرکت زمین به دور خورشید و ماه حاصل می‌شود، این‌ها همه نمادهایی از انرژی خورشیدی هستند. انرژی هسته‌ای را می‌توان یک استثناء کلی دانست، با اینکه امروز یکی از منابع مهم تولیدی انرژی در جهان شناخته شده است. انرژی اتمی احتیاج به فن‌آوری بسیار



پیشرفته و پرهزینه دارد که در موقع استفاده از آن، خطرات احتمالی و مضرات آن را نیز باید مدنظر داشت.

استفاده از قدرت باد در آسیاب‌ها و توربین‌ها، و کشتیرانی و بکارگیری انرژی آب در چرخ‌های و توربین‌های آبی، پس از گسترش معلومات علمی و فن‌آوری بشر امکان‌پذیر شد. دستیابی به قوانین فیزیکی و اصول علمی انرژی‌های مختلف و نحوه استفاده‌های گوناگون از آن‌ها، زندگی بشر را راحت‌تر و طرز فکر او را متوجه مادیات ساخت.

وابستگی شدید جوامع صنعتی به منابع انرژی بخصوص سوخت‌های نفتی و بکارگیری و مصرف بی‌رویه آن‌ها، منابع عظیمی را که طی قرون متمادی در لایه‌های زیرین زمین تشکیل شده است تخلیه می‌نماید. با توجه به اینکه منبع انرژی زیرزمینی با سرعت فوق‌العاده مصرف می‌شوند و در آینده‌ای نه چندان دور چیزی از آن‌ها باقی نخواهد ماند، نسل فعلی وظیفه دارد به آن دسته از منابع انرژی که دارای عمر و توان زیادی هستند روی آورده و دانش خود را برای بهره‌برداری از آن‌ها گسترش دهد.

خورشید یکی از دو منبع مهم انرژی است که باید به آن روی آورده زیرا به فن‌آوری‌های پیشرفته و پرهزینه نیاز نداشته و می‌تواند بعنوان یک منبع مفید و تأمین‌کننده انرژی در اکثر نقاط جهان به کار گرفته شود. بعلاوه استفاده از آن برخلاف انرژی هسته‌ای، خطر و اثرات نامطلوبی از خود باقی نمی‌گذارد و برای کشورهایی که فاقد منابع انرژی زیرزمینی هستند، مناسب‌ترین راه برای دستیابی به نیرو و رشد و توسعه اقتصادی می‌باشد.



فن‌آوری ساده، آلوده نشدن هوا و محیط زیست و از همه مهم‌تر ذخیره شدن سوخت‌های فسیلی برای آیندگان یا تبدیل آن‌ها به مواد و مصنوعات پر ارزش با استفاده از تکنیک پتروشیمی، از عمده دلایلی هستند که لزوم استفاده از انرژی خورشیدی را برای کشور ما آشکار می‌سازند.

امروزه استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای گرم کردن منازل، از لحاظ فن‌آوری امکان‌پذیر می‌باشد. از نظر اقتصادی نیز به علت افزایش روزافزون قیمت سوخت‌های فسیلی و سایر منابع انرژی و تلاش متخصصین در کاهش هزینه مواد اولیه و لوازم موردنیاز برای جمع‌آوری حرارت و پرتوهای خورشیدی محققین و دانشمندان را در جهت مطالعه و بهینه‌سازی سیستم‌های خورشیدی تشویق نموده و به پیشرفت‌های مهمی دست یافته‌اند.

(۱) فصل اول: کلیات سیستم‌های فتوولتائیک

(۱-۱) آشنایی با سیستم‌های خورشیدی (فتوولتائیک)

تولید نیروی برق یکی از پایه‌های قدرت اقتصادی یک کشور می‌باشد، به همین دلیل نیز افزایش تولید الکتریسیته و ارزش افزوده آن در چند دهه اخیر مورد توجه بوده است. در این میان با روی آوردی و دستیابی به تکنولوژی‌های پیشرفته، بکارگیری و استفاده از انرژی‌های پاک و سیستم‌های تجدید پذیر در تأمین انرژی موردنیاز بشر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. سهولت در