

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۱۷۱۸۵۲

۱۴۰۰، ۹، ۲

طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در شبکه هوشمند برق

تألیف:

دکتر علی کیهانی

ترجمه:

دکتر حسین ترکمن

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی

دکتر محمد احمدیان

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی

تابستان ۱۴۰۰

سرشناسه	کیهانی، علی، ۱۳۲۱ -
عنوان و نام پدیدآور	طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در شبکه هوشمند برق / تألیف علی کیهانی؛ [ویراستار علی کیهانی]؛ ترجمه حسین ترکمن، محمد احمدیان.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	۵۹۵ ص.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۱۲-۱
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Design of Smart Power Grid Renewable Energy Systems, 3 rd , c2019
یادداشت	ویراست قبلی کتاب حاضر با عنوان "طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در شبکه قدرت هوشمند" و ترجمه حسن براتی، محمد نصیر توسط دانش‌شناس، ۱۳۹۹ (۵۹۰ ص.) منتشر شده است.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
عنوان دیگر	طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در شبکه قدرت هوشمند.
موضوع	شبکه‌های هوشمند توزیع برق - طرح و ساختمان..
موضوع	Smart power grids - Design and construction
موضوع	برق - سیستم‌ها - کنترل خودکار.
موضوع	Electric power systems - Automatic control
موضوع	برق - تولید غیرمتمرکز - شبیه‌سازی کامپیوتری.
موضوع	Distributed generation of electric power - Computer simulation
موضوع	انرژی‌های پایان‌پذیر.
موضوع	Renewable energy sources
شناسه افزوده	ترکمن، حسین، ۱۳۶۲ - مترجم.
شناسه افزوده	احمدیان، محمد، ۱۳۳۵ - مترجم.
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر.
شناسه افزوده	Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Publishing : Center.
رده‌بندی کنگره	TK ۱۰۰۷
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۹۱
شماره کتابشناسی ملی	۷۴۳۲۴۰۴

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۹/۰۳/۱۱ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در شبکه هوشمند برق -
تألیف	علی کیهانی
ترجمه	حسین ترکمن، محمد احمدیان
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	تابستان ۱۴۰۰
قیمت	۱۲۰۰۰۰ تومان
تیراژ	۱۰۰
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۱۲-۱
	ISBN : 978-964-463-812-1

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه.....
مقدمه نویسنده.....	۱
مقدمه مترجم.....	۱
فصل ۱: پدیده‌ی گرمایش جهانی و ضرورت کاهش آن.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۱-۲- سوخت فسیلی.....	۲
۱-۳- مصرف انرژی و صنعتی شدن.....	۲
۱-۴- انرژی هسته‌ای.....	۳
۱-۵- گرمایش جهانی.....	۴
۱-۶- برآورد مقدار CO_2 در آینده.....	۷
۱-۷- منابع انرژی سبز و تجدیدپذیر.....	۱۰
۱-۷-۱- انرژی هیدروژن.....	۱۱
۱-۷-۲- انرژی خورشیدی فتوولتائیک.....	۱۱
۱-۷-۳- انرژی بادی.....	۱۳
۱-۷-۴- انرژی زمین گرمایی.....	۱۳
۱-۷-۵- انرژی زیست توده.....	۱۳
۱-۷-۶- انرژی اتانول.....	۱۴
۱-۸- واحدهای انرژی و تبدیل‌ها.....	۱۴
۱-۹- برآورد هزینه‌ی انرژی.....	۱۹
۱-۱۰- جمع بندی.....	۲۲
۱-۱۱- تمرین.....	۲۳
فصل ۲: طراحی نیروگاه فتوولتائیک برای یک ریزشکه.....	۲۷
۲-۱- مقدمه.....	۲۷
۲-۲- تبدیل توان فتوولتائیک.....	۳۳
۲-۳- سلول‌های فتوولتائیک.....	۳۵
۲-۴- مشخصه‌های فتوولتائیک.....	۳۶
۲-۵- بازدهی فتوولتائیک.....	۴۰
۲-۶- نیروگاه فتوولتائیک.....	۴۰
۲-۷- طراحی شبکه‌های فتوولتائیک.....	۴۵

۴۸	۲-۷-۱- توان سه فاز
۴۹	۲-۸- نمونه‌هایی از طراحی‌های نیروگاه فتوولتائیک
۷۶	۲-۹- مدل‌سازی مازول فتوولتائیک
۷۷	۲-۱۰- سنجش عملکرد مازول فتوولتائیک
۷۸	۲-۱۱- نقطه‌ی حداکثر توان در نیروگاه فتوولتائیک
۸۱	۲-۱۲- کنترل نقطه‌ی حداکثر توان در نیروگاه‌های فتوولتائیک
۸۶	۲-۱۳- سیستم‌های ذخیره‌ی باتری
۸۸	۲-۱۴- سیستم‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر باتری‌های تک یلی
۹۷	۲-۱۵- بازدهی انرژی مازول فتوولتائیک و زاویه‌ی تابش
۹۷	۲-۱۶- فن‌آوری تولید فتوولتائیک
۹۹	۲-۱۷- برآورد بارهای مدل مازول فتوولتائیک
۱۰۱	۲-۱۸- جمع‌بندی
۱۰۲	۲-۱۹- تمرین
۱۱۱	فصل ۳: اصول تحلیل مبدل‌های الکتریکی در ریز شبکه‌ها
۱۱۱	۳-۱- مقدمه
۱۱۲	۳-۲- مبدل‌های دی-سی به دی-سی پایه در ریز شبکه‌ها
۱۱۳	۳-۳- مبدل 'فراينده'
۱۱۷	۳-۴- مبدل کاهنده
۱۲۲	۳-۵- مبدل کاهنده-افزاینده
۱۲۶	۳-۶- مبدل‌های چند ورودی
۱۳۱	۳-۷- مبدل‌ها در ریز شبکه‌های برق خورشیدی و بادی
۱۳۲	۳-۸- اینورترهای تک فاز
۱۴۲	۳-۸-۱- اینورتر تک فاز چهار کلیدی با روش کلیدزنی دوقطبی
۱۴۸	۳-۸-۲- مدولاسیون پهنای پالس در اینورتر تک فاز
۱۵۱	۳-۹- اینورترهای سه فاز
۱۵۹	۳-۱۰- بکارگیری مبدل‌ها در ریز شبکه‌ها
۱۶۱	۳-۱۱- تعیین اندازه‌ی مبدل برای ریز شبکه
۱۶۴	۳-۱۲- جمع‌بندی
۱۶۵	۳-۱۳- تمرین
۱۷۱	فصل ۴: دستگاه‌های هوشمند و سیستم‌های پایش بازدهی انرژی
۱۷۱	۴-۱- مقدمه

۱۷۲	۲-۴- روش‌های اندازه‌گیری
۱۷۲	۴-۲-۱- اندازه‌گیری انرژی
۱۷۳	۴-۲-۲- اندازه‌گیری ولتاژ و جریان
۱۷۴	۴-۲-۳- اندازه‌گیری توان
۱۷۵	۴-۲-۴- مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال
۱۷۵	۴-۲-۵- دستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار موثر
۱۷۶	۴-۳- سیستم‌های پایش انرژی
۱۷۷	۴-۴- کنتورهای هوشمند: مفاهیم، مشخصات، و نقش آن‌ها در شبکه‌های هوشمند
۱۷۷	۴-۴-۱- پایش توان و زمان بندی
۱۷۹	۴-۴-۲- سیستم‌های ارتباطی
۱۸۲	۴-۴-۳- امنیت و نرم افزار شبکه
۱۸۶	۴-۴-۴- برنامه‌های کاربردی تلفن هوشمند
۱۸۷	۴-۵- جمع بندی
۱۸۹	۴-۶- تمرین
۱۹۱	فصل ۵: برآورد و طبقه‌بندی بار
۱۹۱	۵-۱- مقدمه
۱۹۱	۵-۲- برآورد بار برای بارهای مسکونی
۲۱۰	۵-۳- اندازه‌گیری و فیدرها
۲۱۴	۵-۴- صرفه جویی انرژی با بهره‌گیری از لامپهای LED
۲۱۹	۵-۴-۱- بازگشت سرمایه در استفاده از لامپهای LED
۲۱۹	۵-۴-۲- میزان انتشار سالانه‌ی کربن
۲۲۰	۵-۵- جمع بندی
۲۲۱	۵-۶- تمرین
۲۲۳	فصل ۶: تحلیل توان در ریز شبکه ها
۲۲۳	۶-۱- مقدمه
۲۲۳	۶-۲- مروری بر تجهیزات اصلی شبکه
۲۲۳	۶-۲-۱- ژنراتور AC سه فاز
۲۲۹	۶-۲-۲- شبکه‌های برق سه فاز
۲۳۱	۶-۲-۳- محاسبه‌ی مصرف توان
۲۳۲	۶-۲-۴- نمودار تک خطی شبکه‌های برق سه فاز
۲۳۳	۶-۲-۵- مدل‌های بار

مقدمه نویسنده

تولید انرژی پایدار و بهره‌برداری کارآمد از منابع انرژی موجود و در نتیجه کاهش یا حذف میزان انتشار کربن^۱ یکی از بزرگترین چالش‌های قرن بیست و یکم است و یکی از موضوعات ویژه برای مهندسين برق به شمار می‌آید. این کتاب به این موضوع مهم یعنی تولید انرژی پایدار از منابع تجدیدپذیر به عنوان بخشی از طراحی شبکه‌های هوشمند برق^۲ و ریزشبکه‌ها^۳ می‌پردازد. امروزه منابع گسترده‌ای برای دانشجویان مهندسی در اینترنت یافت می‌شود؛ وظیفه‌ی ما به عنوان مدرس این است که مسیر یادگیری مشخصی را برای استفاده از این منابع فراهم نماییم. همچنین باید دانشجویان خود را با مسائلی که باعث شکوفائی و بروز خلاقیت‌های آنان می‌شود به چالش یکشیم. این موضوع در این کتاب با ارائه‌ی رویکردی سیستمی برای کاربرد کلی مفاهیم مطرح شده در تولید انرژی سبز پایدار و همچنین استفاده از ابزارهای تحلیلی در طراحی ریزشبکه‌های تجدیدپذیر، مورد توجه قرار گرفته است. در هر فصل موضوع مهندسی مهمی مطرح و در ابتدا روابط لازم برای بیان مدل ریاضی آن بیان می‌شود. سپس شبیه‌سازی و حل این نوع مسائل در نرم افزار متلب، آورده شده‌اند. در ادامه مثال‌هایی به همراه راه‌حل ارائه و مسائلی نیز برای تمرین دانشجویان طراحی شده است. همچنین مراجع مرتبط نیز در پایان هر فصل معرفی شده‌اند.

تارنمای انتشارات کتاب^۴ شامل حل مسائل و پاورپوینت با انیمیشن می‌باشد که مدرسین می‌توانند در صورت لزوم از آن استفاده نمایند. پیش نیاز این کتاب، آشنایی پایه‌ای با مدارهای الکتریکی و سیستم‌های قدرت است. سه حوزه‌ی مهندسی برق در این کتاب گردهم آمده و ارائه می‌شوند: طراحی هوشمند و کارآمد نیروگاه‌های فتوولتائیک^۵، نحوه‌ی محاسبه‌ی بازدهی انرژی در مازول‌های فتوولتائیک و زاویه‌ی شیب^۶ مازول‌ها با توجه به موقعیت آن‌ها نسبت به خورشید برای دستیابی به حداکثر بازدهی انرژی، و همچنین ریزشبکه‌های بادی. شالوده‌ی این کتاب بر پایه‌ی طراحی سیستم تولید پراکنده و طراحی نیروگاه‌های فتوولتائیک از طریق طراحی کارآمد ریزشبکه‌ی فتوولتائیک هوشمند مسکونی شامل سیستم‌های پایش انرژی، دستگاه‌های هوشمند، برآورد بار ساختمان، طبقه‌بندی بار و قیمت‌گذاری^۷ (لحظه‌ای) بنا شده است. مفاهیم پایه‌ای بارها، چارپرها، اینورترها و یکسو کننده‌ها در این کتاب ارائه شده است که همگی در طراحی ریزشبکه‌های انرژی تجدیدپذیر به عنوان بخشی از شبکه‌های برق بزرگ و به هم

1. carbon footprint

2. smart power grid renewable energy systems

3. microgrid

4. www.wiley.com/go/smartpowergrid2e

5. photovoltaic

6. angle of inclination

7. real-time pricing

پیوسته، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. تمرکز اصلی بر روی استفاده از اینورترها به عنوان مبدل‌هایی با سه ترمینال در سیستم‌های قدرت برای یکپارچه سازی منابع انرژی تجدیدپذیر می‌باشد که در این راستا شبیه‌سازی متلب برای مبدل‌ها نیز ارائه شده است. موضوعات مورد بحث عبارتند از مفاهیم پایه‌ای و سیستمی سنجش^۱، اندازه‌گیری، ارتباطات یکپارچه، و کنترلهای هوشمند؛ قیمت گذاری لحظه‌ای، کنترل سایبری شبکه‌های هوشمند؛ نفوذ انرژی‌های سبز در شبکه‌های برق بزرگ و به هم پیوسته؛ منابع تولید تناوبی؛ بازار برق و مدل‌سازی پایه‌ای و بهره‌برداری از ژنراتور سنکرون، محدوده‌ی بخش بار در خطوط انتقال، مشکلات پخش بار، محاسبات ضریب بار و تاثیر آنها بر عملکرد شبکه‌های هوشمند، قیمت‌گذاری لحظه‌ای، و ریزشبکه‌ها، و همچنین تحلیل پخش بار ریزشبکه‌ها به عنوان بخشی از سیستم‌های قدرت بزرگ و به هم پیوسته. در بخش پایانی کتاب، روش‌های نیوتن، نیوتن-رافسون، و روش‌های مجزا و سریع برای مطالعات پخش بار و محاسبات اتصال کوتاه ارائه شده‌اند. به طور کلی این کتاب به مفاهیم پایه‌ای یکپارچه‌سازی شبکه‌ی برق با ریزشبکه‌هایی که از منابع انرژی سبز استفاده می‌کنند و در نقشه‌ی راه فن‌آوری تقریباً تمام کشورها وجود دارند، می‌پردازد. طراحی ریزشبکه‌های هوشمند، محرک اصلی نوسازی^۲ زیرساخت‌های تامین برق با استفاده از منابع انرژی سبز، فن‌آوری حسگرها، فن‌آوری رایانه و سیستم‌های ارتباطی مخابراتی است.

تقدیر و تشکر:

در طول سالهای تالیف این کتاب، بسیاری از دانشجویان و فارغ التحصیلان در تهیه مطالب این کتاب همکاری داشته‌اند: کریس زوکارلی، ابیر چاترجی، و احسان داداش‌نیااهی از دانشگاه ایالتی اوهایو امریکا، پالوما سودی از هند، وفا کاراکاسلی از دانشگاه فنی استانبول، و عادل الشهات لطفی احمد از دانشگاه جنوبی جورجی. در اینجا مشتاقم از همکاری آقای دکتر حسین ترکمن دانشیار دانشگاه شهید بهشتی و محمدرضا عربشاهی، آقای ادوین لیم در دانشگاه اوهایو تقدیر نمایم. همچنین از آقای برت کورزمن، آقای الیشا بنیامین و آمودهارپیا سیوامورتی در تولید و چاپ کتاب در انتشارات وایلی تشکر نمایم.

علی کیهانی

دانشگاه اوهایو امریکا