

ریز شبکه‌ها و شبکه‌های

توزیع فعال

تألیف:

اس. چاودوری. پی. پی. چاودوری و پی. کراسلی

مترجمان:

دکتر محمود جورابیان: استاد دانشگاه شهید چمران اهواز
(استاد نمونه کشوری سال ۱۳۸۱)

دکتر گئورگ قره پتیان: استاد دانشگاه صنعتی ابرکبی
(استاد نمونه کشوری سال ۱۳۸۷)

مهندس حسین قاسمی: کارشناس ارشد مهندسی برق

۱۳۹۲

ریز شبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال.

مترجم: دکتر محمود جورابیان.

اعضای شورای کمیسیون تخصصی علوم پایه، فنی و مهندسی: دکتر ناهید پوررضا، دکتر غلیل رنجبر، دکتر مهرداد نامداری، دکتر چینی پرداز، دکتر نصراله کلاتری، دکتر مرتضی رزاز، دکتر محمد فروغمند، دکتر هوشنگ پورکاسب، دکتر حبیب‌الله عصاره.

ویراستار علمی: دکتر سیدسعید... مروتی.

ویراستار ادبی: دکتر محمود رضائی دست‌اروئه.

ناشرین: دانشگاه شهید چمران اهواز - مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری و پایگاه استنادی علوم

جهان اسلام (ISC)

چاپ اول - تعداد: ۱۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی چاپ و صحافی: پردیس و دنیا (شیراز)

پرستشنامه	: چودری، سونترا Chowdhury, S. (Sunetra)
عنوان و نام پدیدآور	: ریز شبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال / تألیف اس. چاودوری، اس. پی. چاودوری، پی. کراسلی
مشخصات نشر	: مترجمان محمود جورابیان، گنورگ قره‌پتیان، حسین قاسمی.
مشخصات ناشری	: اهواز: دانشگاه شهید چمران، ۱۳۹۲.
روست	: ن، ۴۵۷ ص: مصور، نمودار.
شابک	: انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز: ۶۱۴.
وضعیت فهرست‌بندی	: ۳-۱۲۴-۱۴۱-۶۰-۹۷۸
یادداشت	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی: Microgrids and active distribution networks, 2009
یادداشت	: کتاب حاضر در سال ۱۳۹۰ توسط انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب یا ترجمه حیدرعلی شایانفر و علی شمشیریان به چاپ رسیده است.
یادداشت	: واژه
یادداشت	: برنامه.
موضوع	: بر - - - - -
شناسه افزوده	: چودری، اس. پی.
شناسه افزوده	: Chowdhury, S. P.
شناسه افزوده	: کراسلی، پی.
شناسه افزوده	: Crossley, P.
شناسه افزوده	: جورابیان، محمود، ۱۳۴۰ - مترجم
شناسه افزوده	: قره‌پتیان، گنورگ، ۱۳۴۱ - مترجم
شناسه افزوده	: قاسمی، حسین، ۱۳۶۶ - مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه شهید چمران اهواز
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۲ ج/۹۹ TK1۰۰۶
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۱۵۴۷۳۴

مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری (RICeST) و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)

روابط عمومی: ۰۷۱۱-۶۴۶۸۴۳۱ انتشارات: ۰۷۱۱-۶۴۶۸۴۵۲ نامبر: ۰۷۱۱-۶۴۶۸۴۵۲

صفحه خانگی: www.isc.gov.ir و www.ricest.ac.ir

پست الکترونیک: publication@ricest.ac.ir

توزیع کتاب: انتشارات مرکز منطقه‌ای و ISC ۰۷۱۱-۶۴۶۸۴۵۲

اعضای شورای علمی مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
 دکتر جعفر مهران (رئیس شورا)، دکتر کرامت‌اله ایزدیناه، دکتر شعله ارسطوپور، دکتر شاهرخ جم، دکتر
 عزت‌الله رئیس، دکتر علیرضا سپاسخواه، دکتر هاجر ستوده، دکتر علی‌اکبر صفوی، دکتر حمید علیزاده،
 دکتر محمدمهدی علیشاهی، دکتر محمدرضا قانع، دکتر علی‌گزی، دکتر جلیل مقدسی، دکتر محمد نمازی.

قیمت ۱۲۵,۰۰۰ ریال کلبه حقوق برای ناشرین محفوظ است

به نام خدا

نظر به اهمیت نقش اطلاع‌رسانی در زمینه‌های مختلف علوم و تکنولوژی، به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای محققان و کارشناسان، و ارائه تازه‌ترین اطلاعات علمی و فنی در کوتاه‌ترین زمان، مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری براساس تفاهم‌نامه منعقد شده بین وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و فرهنگستان علوم جهان سوم در سال ۱۳۷۰ دایر و تأسیس آن در سال ۱۳۷۵ از تصویب مجلس شورای اسلامی و شورای نگهبان گذشت. این مرکز در چهارچوب ضوابط و مقررات آموزش عالی جمهوری اسلامی ایران فعالیت می‌نماید.

مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری از طریق توزیع آخرین اطلاعات علمی و فنی و نیز کمک به تأمین منابع علمی مورد نیاز دانشگاهها، سازمان‌ها و نهادهای تحقیقاتی و متخصصان داخلی و منطقه‌ای برای ارتقاء سطح علمی جمهوری اسلامی ایران و سایر کشورهای منطقه فعالیت می‌نماید.

کتاب «ریزشبکه‌ها و شبکه‌های توزیع مال» راستای تحقق اهداف فوق تهیه شده و مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری انتشار دارد که هفتاد و چهارمین اثر خود را که حاصل تلاش فکری جناب آقای دکتر محمود جویباریان، دکتر گنورگ قره‌پنیان و مهندس حسین قاسمی است به زیور طبع بیاراید و تقدیم جامعه علمی و فنی نماید.

امید است اقداماتی از این قبیل موجبات رضایت هر یک از دستورات جامعه علمی و فنی ایران را فراهم آورده و در راستای هدف ما که نشر و اشاعه اطلاعات علمی و فنی است موثر واقع گردد.

دکتر جعفر مهراد

رئیس مرکز منطقه‌ای اطلاع‌رسانی علوم و فناوری

و سرپرست پایگاه استادی علوم جهان اسلام

مسائلی که بدلیل سطح فعلی تفکر ما بوجود می آیند، نمی توانند با همان سطح تفکر حل گردند.

پیشگفتار مترجمان

توسعه سیستم های قدرت به عنوان بزرگ ترین و پیچیده ترین صنعت موجود جهان بسر شگفت انگیز است. اما در حال حاضر شبکه های الکتریکی در ابتدای یک دوران تحول اساسی هستند. در این میان در ده سال اخیر، ریز شبکه های هوشمند و شبکه های توزیع با، مورد توجه خاص پژوهشگران بوده اند به طوری که همایش ها و بودجه های تحقیقاتی زیادی به این موضوع جدید اختصاص داده شده است. در واقع ریز شبکه ها به عنوان شبکه های ولتاژ پایین و ولتاژ متوسط، با داشتن مزایا و توانایی های موجود می توانند مسائلی از قبیل کلان و عمده را برای شبکه توزیع سراسری با بهبود بازده انرژی، کیفیت توان و قابلیت اطمینان برای رضایت مشتریان فراهم کنند.

در دسترس نبودن کتاب مناسب برای مطالعه ریز شبکه و شبکه های توزیع فعال مترجمین را بر آن داشت تا کتابی را در این زمینه برای دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری و استادان گرامی و پژوهشگران در شاخه برق به خصوص در گرایش قدرت و همچنین محققین حوزه های صنعت در طراحی و نصب سیستم های جدید یا به روز رسانی واحدهای موجود، تهیه و به تعارف آن بپردازند. این کتاب اولین کتاب در نوع خود است و صرف نظر از اعتبار قابل توجه مضمون آن یکی از کتب درسی معتبر در دانشگاه های آمریکا، کانادا و برخی کشورهای پیشرفته به حساب می آید.

این کتاب به جنبه های فن آوری انرژی های تجدید پذیر و مسائل زیست محیطی می پردازد. تاکید بیشتر این کتاب بر ریز شبکه ها و فن آوری هایی که می تواند شبکه توزیع برق متداول غیر فعال را به شبکه فعال مرسوم در آینده تبدیل و همچنین یکپارچه سازی جدید در منابع تولید پراکنده و سیستم های تولید متمرکز و فن آوری جدید صنعت برق، تولید پراکنده، جنبه های اقتصادی، تجاری، کنترل و قابلیت سوددهی اقتصادی می باشد.

در اینجا لازم است از همه‌ی دوستانی که ما را در مراحل مختلف چاپ و ترجمه این کتاب یاری نمودند، صمیمانه تشکر نماییم. اینجانبان سعی کردیم که در عین امانتداری در ترجمه، مفاهیم کتاب را حتی‌المقدور ساده و روان بیان نماییم. در انتها امیدواریم کتاب حاضر مورد توجه و استفاده خوانندگان محترم قرار گیرد. اما بی‌شک چنین کتاب پر حجم و جدیدی خالی از اشکال نیست، لذا از کلیه صاحب‌نظران، اساتید و متخصصان صنعت و دانشگاه که با نظرات و پیشنهادهای خود ما را در پیراسته‌تر شدن این اثر و اصلاح چاپ‌های بعدی یاری می‌نمایند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

امید آنکه توانسته باشیم، با ترجمه این کتاب، خدمت ناچیزی را به جامعه علمی و صنعت کشور عرضه کرده باشیم.

صاحب‌نظران محترم می‌توانند نظرات خود را به ایمیل‌های زیر ارسال نمایند:

mjoorabian@scu.ac.ir, grptian@aut.ac.ir, hosein_ghaseri80@yahoo.com

دکتر محمود جوریان - دکتر گئورگ قره پتیان - مهندس حسین قاسمی

۱۳۹۲

پیش‌گفتار

کتاب دیگری در زمینه تولید پراکنده؟ اخیراً در زمینه منابع انرژی تجدیدپذیر و شبکه‌های توزیع فعال مطالب زیادی منتشر شده است و همچنین کنفرانس‌های متعددی به این موضوع اختصاص داده شده است. بودجه برنامه‌های تحقیقاتی و بازانه‌های تحت نظارت دولت موجب ایجاد انگیزه سرمایه‌گذاری در این حوزه جدید شده است. موارد یاد شده سبب استقبال از کتاب مذکور شده است.

موضوع به علاقه مشترک و تجربه مکمل یکدیگر، سانترا چاودوری^۱، اس. پی. چاودوری^۲ و پیتر کراسلی^۳ اقدام به جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی بسیاری از پیشرفت‌های ایجاد شده در مورد تولید پراکنده در طی ده سال گذشته کرده‌اند. کتاب آنها یک جانشین مناسب برای کتاب تولید پراکنده نوشته نیک جنکینز و همکارانش و همچنین انتشارات IET در سال ۲۰۰۸ است و بدون بازگو کردن مطالب تکراری، کتاب جدید فناوری به روز را به دست می‌آورد.

نویسندگان از جنبه‌های فن‌آوری‌های نو که باعث می‌شود تا تولید پراکنده از نظر چشم‌اندازهای زیست محیطی جذاب‌تر داشته باشد، غافل نبوده‌اند. هر چند، تأکید کتاب بر روی پشتیبانی از فناوری‌هایی است که می‌توانند شبکه‌های توزیع برق متداول غیر فعال را به شبکه‌های فعال مرسوم در آینده تبدیل کنند. تمرکز این کتاب بر روی یکپارچه‌سازی جدید در منابع پراکنده و سیستم‌های تولید متمرکز و همچنین اجازه دادن به فن‌آوری‌های جدید است، تا بتوانند به صورت انعطاف‌پذیری در سیستم‌های ایزوله انجام وظیفه نمایند.

الکترونیک مخابرات، ارتباطات و حفاظت، مفهوم "هوشمند" را در شبکه‌های آینده معرفی می‌کنند. این نکته که شبکه‌های هوشمند نمی‌توانند به هر اندازه‌ای دسین هوشمندی که طراحی و اجرای این شبکه‌ها را برعهده دارند باشند، معمولاً نادیده گرفته می‌شود.

1 - Sunetra Chowdhury

2 - P.S. Chowdhury

3 - Peter Crossley

جزئیات این فناوری در این کتاب به روشنی بیان شده که به عنوان یک مرجع ارزشمند برای تحقیق دانشجویان و مهندسين در گير در برنامه ريزی، طراحی و نصب سیستم های جدید یا بروز رسانی واحدهای موجود در حال حاضر است.

اما این کتاب فقط برای متخصصان فنی نیست، زیرا فناوری به تنهایی، به ندرت نتیجه بخش است. طراحی های خوب در بستر مناسب با موفقیت انجام شده و به نتیجه رسیده اند. بنابراین این کتاب همچنین به ارائه جنبه های اقتصادی و تجاری سیستم های مال و تولید پراکنده می پردازد که جهت تکمیل تخصص فنی مهندسان مورد نیاز است.

سخن آخر اینکه، این کتاب در زمانی بحرانی از تحول زیست محیطی و اقتصادی در صنعت برق منتشر شده است. برای بسیاری از افراد حاضر در صنعت و دانشجویان که به این حوزه وارد خواهند شد، آینده متفاوت، گیج کننده، چالش برانگیز و مهیج خواهد بود. کمک درست از موارد این کتاب به اشخاص و سازمان ها برای سازگاری با تغییرات کمک خواهد کرد. بله، این کتاب، کتابی متوازن، مرتبط با تولید پراکنده و خواندن آسان و دسترسی مناسب به جا انتشار یافته است.

رئیس CT GUANT

دانشگاه کیپ تاون¹

مقدمه

مهندسان انرژی و برق، دانشگاهیان، پژوهشگران و سهامداران، مشکلات مربوط به کاهش منابع سوخت فسیلی، بازده انرژی پایین و آلودگی‌های زیست محیطی را در همه موارد سنجش و ارزیابی قرار می‌دهند. بنابراین یک گرایش جدید تولید محلی انرژی در سطوح ولتاژ توزیع و در مقیاس کوچک و با کربن پایین، منابع انرژی تجدیدپذیر و یا غیر متمرکز از طیفی، بیوگاز، نیروی بادی، فتوولتائیک خورشیدی، سلول سوختی، میکرو توربین، موتورهای استرلینگ و غیره و یکپارچه‌سازی این منابع در داخل یک شبکه توزیع عمومی است. این موضوع عنوان تولید توزیع شده یا تولید پراکنده^۱ (DG) نامیده شد و مولد به عنوان منابع انرژی توزیع شده^۲ (DERS) یا ریزمنابع نامیده شده‌اند.

در اواخر سال ۱۹۹۰، مسائل عمده‌ای مربوط به تولید پراکنده به وسیله‌ی گروه‌های کاری CIGRE و CIRED مطرح و گزارشات آنها به‌طور گسترده و فراگیر مورد بررسی قرار گرفت. به‌عنوان مثال بخشی از پروژة کیوتو^۳، بسیاری از کشورها را ملزم به برنامه ریزی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (محصولات فرعی نیتروژن و کربن) برای مقابله با تغییرات آب و هوایی و گرمای زمین کرد. این جهت بسیاری از دولت‌ها در حال فعالیت بر روی تولید انرژی از منابع جدید و به کارگیری سیاست‌هایی برای حمایت مناسب و به کارگیری از فن‌آوری با تولید دی‌اکسید کربن پایین هستند. شبکه‌های الکتریکی مرسوم در حال حاضر در دوران تحول اساسی از شبکه‌های توزیع غیرفعال با انتقال انرژی تک جهته به شبکه‌های توزیع فعال با انتقال انرژی دوجته هستند.

1-Distributed Generation (DG)

2 -Distributed Energy Resources (DERS)

3-Kyoto

شبکه‌های توزیع فعال نیازمند سیستم‌هایی با ترکیب انعطاف‌پذیر و کنترل هوشمند به‌منظور بهره‌برداری از انرژی پاک شبکه‌های توزیع فعال تجدیدپذیر هستند. همچنین باید فناوری شبکه‌های آینده مانند شبکه هوشمند (smart grid) یا ریزشبکه‌ها (Microgrids) را برای یکپارچه‌سازی و ادغام منابع انرژی توزیع شده (DERs) به‌کار گیرند. در حال حاضر باید راهبرد "اتصال بی‌نظارت" (fit-and-forget) آرایش منابع تولید پراکنده در مدیریت شبکه فعال برای انطباق با نفوذ زیاد تولیدات پراکنده تغییر یابد. برای اینکه به‌کارگیری شبکه‌های توزیع فعال و ریزشبکه‌ها در سطح تجاری عملی شود، تحقیقات گسترده‌ای نیاز است، اما تحقیقات فقط محدود به نواحی زیر نیست.

- (۱) مدل فعال ناحیه گسترده
- (۲) کنترل و حفاظت تطبیقی
- (۳) ادغام مدیریت شبکه
- (۴) شبکه برای زمان واقعی شبکه
- (۵) اندازه‌گیری و سنسورهای پیشرفته
- (۶) ارتباط فراگیر توزیع شده
- (۷) کسب آگاهی به‌وسیله روش‌های هوشمند
- (۸) طراحی جدید سیستم‌های توزیع و انتقال

برای آگاهی بهتر، باید دانست که این اولین کتاب در نوع خود است که با فنون تکنیک‌های مختلف و جنبه‌های اقتصادی و مسائل مربوط به ریزشبکه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال سروکار دارد. ریزشبکه‌ها، به‌عنوان شبکه‌های ولتاژ متوسط و ولتاژ پایین، با داشتن مزایا و پتانسیل‌های موجود می‌توانند یک سری از مزایای گران و عمده را برای شبکه توزیع سراسری اصلی با بهبود بازده انرژی، کیفیت توان و قابلیت اطمینان برای رضایت مشتریان فراهم کنند.

البته، در تعداد زیادی از مسائل تنظیمی و فنی نیاز به نظارت دستی، قبل از اجرای آنهاست. این کتاب با مفاهیم بنیادی، فناوری‌های تولیدی، چالش‌ها، عملکردها، جنبه‌های مدیریت و کنترل و قابلیت سوددهی اقتصادی (برگشت سرمایه) و مسائل

مشارکت تجاری ریزشبكة‌ها و شبکه‌های توزیع فعال در یک چشم‌انداز گسترده سرو کار دارد.

فصل یک مفاهیم اساسی ریزشبكة‌ها و شبکه‌های توزیع فعال، نیازمندی‌های آن‌ها، چالش‌ها و مزایای فنی، تأثیرات اقتصادی و مدیریت‌های جداگانه و مسائل عملکردی را مطرح می‌کند.

فصل دو اصول اساسی عملکرد فناوری‌های مختلف منابع انرژی توزیع شده (DER) را که به‌طور معمول در ریزشبكة و شبکه‌های توزیع فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد شرح می‌کند.

فصل سه اثرات فنی، اقتصادی، محیطی از مفاهیم ریزشبكة را مطرح می‌کند. ریزشبكة تأثیرات زیادی بر عملکرد شبکه اصلی و مشتریان آنها دارند. این فصل جنبه‌های تولید حامل الکتریکی (برق) و بهره‌برداری، فرایند بهینه‌سازی و اصلاحات بازار انرژی را برای تطبیق ریزشبكة‌ها با مزایای بالقوه محیطی پوشش می‌دهد. مسائل عمده مثل اصلاح بازار، تأثیرات بر سیستم توزیع، کاهش انتشار گازها، نیازمندی زیرساخت‌های ارتباطی، سرویس‌های فرعی، هماهنگی حفاظت و غیره همراه با جزئیات در این فصل مطرح شده است.

در فصل چهار ویژگی‌های فنی سیستم‌های مدیریت شبکه‌های توزیع فعال و ریزشبكة‌ها و قابلیت اجرا را در بهره‌برداری یکپارچه ریزشبكة با شبکه توزیع اصلی مطرح می‌کند. این فصل همچنین جزئیات چگونگی و وسعت عملیاتی را که ممکن است با استفاده از کنترل‌کننده‌های مرکزی ریزشبكة و کنترل‌کننده‌های منابع مورد نیاز باشد بررسی می‌کند. در فصل پنج جزئیات سیستم‌های حفاظت ریزشبكة‌ها، نیازمندی‌های حفاظتی کاملاً متفاوت را در مقایسه با سیستم‌های توزیع رسوم و واحدهای مستقل DER نصب شده، مطرح می‌کند.

در فصل شش پیشرفت مبدل‌های الکترونیک قدرت برای ریزشبكة‌ها، منابع و کنترل‌کننده‌های آنها را مطرح می‌کند. واسطه‌های الکترونیک قدرت در حال حاضر برای ریزشبكة‌ها و شبکه‌های توزیع فعال به‌طور مستقیم وابسته به پیشرفت سیستم کنترل

نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات¹ (SCADA) و زیرساخت‌های مخابراتی در یک ناحیه یکسان هستند.

فصل هفت مخابرات و SCADA را در مدیریت ریزشبکه مطرح می‌کند.
در فصل هشت مسائل مربوط به کیفیت توان و قابلیت اطمینان ریزشبکه و سیستم‌های توزیع فعال بیان می‌شود.
در فصل نه و ده به ترتیب تأثیرات اقتصادی و بازار مشارکت در ریزشبکه‌ها بررسی می‌شود.

فهرست مطالب

فصل ۱/ تولید پراکنده و مفهوم ریزشبکه

- ۱-۱ تولید پراکنده ۱
- ۲-۱ چرا یکپارچه سازی تولید پراکنده؟ ۲
- ۳-۱ شبکه توزیع فعال ۴
- ۴-۱ مفهوم ریزشبکه ۶
- ۵-۱ پیکربندی یک ریزشبکه نمونه ۸
- ۶-۱ پیوستگی ریزشبکه ۱۵
- ۷-۱ مزایای اقتصادی و فنی ریزشبکه ۱۶
- ۸-۱ چالش ها و معایب توسعه ریزشبکه ۱۸
- ۹-۱ مسائل مدیریت و عملکرد یک ریزشبکه ۲۰
- ۱۰-۱ اثرات متقابل دینامیکی ریزشبکه با شبکه اصلی ۲۱
- ۱۱-۱ نتیجه گیری ۲۲

فصل ۲/ منابع انرژی توزیع شده

- ۱-۲ مقدمه ۲۵
- ۲-۲ سیستم های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) ۲۶
- ۱-۲-۲ سیستم های ریزمنابع CHP ۲۷
- ۱-۱-۲-۲ موتورهای احتراق داخلی (IC) ۲۸
- ۲-۱-۲-۲ موتورهای استرلینگ ۳۰
- ۳-۱-۲-۲ میکروتوربین ها ۳۲

۳۷	۴-۱-۲-۲ پیل های سوختی
۴۶	۳-۲ سیستم های تبدیل انرژی بادی (WECS)
۴۷	۱-۳-۲ سیستم های کاربردی توربین بادی
۴۷	۱-۱-۲-۲ توربین های بادی سرعت ثابت
۴۹	۲-۱-۳-۲ سیستم های توربین بادی سرعت متغیر
۵۰	۴-۲ سیستم های سلول خورشیدی یا فتوولتائیک (PV)
۵۲	۱-۴-۲ انواع سلول خورشیدی
۵۲	۱-۴-۲-۱ سلول های تک بلورین
۵۲	۲-۱-۴-۲ سلول های چند بلورین
۵۳	۳-۱-۴-۲ سلول های لایه نازک
۵۴	۴-۱-۴-۲ مرکب
۵۶	۵-۲ تولید برق هیدروالکتریک - آبشار کوچک
۵۷	۶-۲ منابع دیگر انرژی تجدیدپذیر
۵۸	۷-۲ تجهیزات ذخیره سازی
۵۸	۸-۲ نتیجه گیری

فصل ۳/ تأثیرات ریز شبکه ها

۵۹	۱-۳ مقدمه
۶۱	۲-۳ تأثیر بر بهره برداری از حرارت
۶۲	۱-۲-۳ تأمین انرژی حرارتی
۶۴	۲-۲-۳ چیلرهای جذبی

۳-۲-۳ خشک کن های رطوبت گیر	۶۵
۴-۲-۳ ذخیره انرژی حرارتی (TES)	۶۶
۳-۳-۳ تأثیر بر روی بهینه سازی فرآیند	۶۷
۳-۳-۱ بهینه سازی سیستم گرمایش تهویه هوای مطبوع	۶۷
۲-۱-۳ کیفیت توان	۷۱
۳-۳-۳ ملاحظات هندسی توان	۷۲
۴-۳-۳ مبنای ترانزیکانت انتقال	۷۳
۵-۳-۳ ملاحظات سازه ریز شبکه اصلی	۷۳
۴-۳-۳ تأثیر بر بازار	۷۴
۱-۴-۳ امکانات در بازار برق	۷۵
۲-۴-۳ بازار گاز و مشکلات آن	۷۶
۳-۴-۳ اصلاحات مورد نیاز بازار	۷۷
۵-۳-۳ تأثیر بر محیط زیست	۷۶
۱-۵-۳ حداقل کردن رسوب آلاینده ها	۷۹
۶-۳-۳ تأثیر روی سیستم توزیع	۸۲
۱-۶-۳ خدمات جانبی	۸۳
۱-۱-۶-۳ کنترل ولتاژ و توان راکتیو	۸۵
۲-۱-۶-۳ تأمین رزرو	۸۶
۳-۱-۶-۳ تنظیم و ردیابی بار (پیروی بار)	۸۷
۴-۱-۶-۳ خدمات جانبی دیگر	۸۸
۲-۶-۳ مسائل سیستم توزیع ریز شبکه	۸۹

۷-۳ تأثیر بر استانداردهای مخابراتی و پروتکل‌ها.....	۹۰
۱-۷-۳ پروتکل‌ها، روندهای ارتباطی و دروازه‌ها.....	۹۱
۲-۷-۳ مخابرات جایگزین.....	۹۲
۸-۳ نتیجه‌گیری.....	۹۴

فصل ۷ / سیستم مدیریت شبکه‌ی توزیع فعال و ریزشبکه

۱-۴ مقدمه.....	۹۷
۲-۴ نیازهای مدیریت شبکه‌ای ریزشبکه.....	۹۸
۱-۲-۴ کنترل تولید ریزمنبع.....	۹۹
۲-۲-۴ کنترل فرآیند خانگی.....	۱۰۰
۳-۲-۴ ذخیره‌سازی انرژی.....	۱۰۱
۴-۲-۴ تنظیم و جابجایی بار.....	۱۰۲
۵-۲-۴ خدمات جانبی.....	۱۰۴
۳-۴ کنترل‌کننده‌ی ریز منبع.....	۱۰۵
۱-۳-۴ عملکردهای کنترلی کنترل‌کننده‌ی ریزمنبع.....	۱۰۶
۱-۱-۳-۴ کنترل توان حقیقی و راکتیو.....	۱۰۶
۲-۱-۳-۴ کنترل ولتاژ.....	۱۰۸
۳-۱-۳-۴ لزوم ذخیره‌ساز برای دنباله‌روی سریع از بار.....	۱۰۹
۴-۱-۳-۴ تقسیم بار از طریق کنترل P-F.....	۱۰۹
۴-۴ کنترل‌کننده‌ی مرکزی.....	۱۱۱
۱-۴-۴ ماژول مدیریت انرژی (EMM).....	۱۱۱

- ۱-۱-۴-۴ عملکردهای اساسی کنترل ریز منبع ۱۱۱
- ۲-۱-۴-۴ عملکرد ماژول مدیریت انرژی در یک ریز شبکه نمونه ۱۱۴
- ۳-۱-۴-۴ کنترل بارهای گرمایی ۱۱۵
- ۴-۱-۴-۴ بهینه سازی انرژی با حداکثر راندمان ۱۱۵
- ۵-۱-۴-۴ مدیریت ذخیره انرژی ۱۱۶
- ۶-۱-۴-۴ انواع کنترل اختیاری برای ماژول مدیریت انرژی هوشمند ۱۱۶
- ۲-۴-۴ ماژول هماهنگ حفاظت (PCM) ۱۱۸
- ۱-۲-۴-۴ طرح حفاظت و سرعت متصل به شبکه ۱۱۸
- ۲-۲-۴-۴ طرح حفاظت برای حالت مستقل ۱۲۱
- ۳-۴-۴ اطلاعات مورد نیاز برای عملیات کنترل کننده مرکزی ۱۲۳
- ۱-۳-۴-۴ تعرفه، قیمت و اطلاعات قیمتی ۱۲۳
- ۲-۳-۴-۴ کارایی ریز منبع و نظارت ۱۲۴
- ۳-۳-۴-۴ پیش بینی های آب و هوا ۱۲۴
- ۴-۳-۴-۴ پیش بینی های بار ۱۲۵
- ۵-۳-۴-۴ سرویس دهی نا همگن ۱۲۵
- ۴-۴-۴ استراتژی های کنترل برای طراحی کنترل کننده مرکزی ۱۲۸
- ۱-۴-۴-۴ بهینه سازی زمان واقعی ۱۲۹
- ۲-۴-۴-۴ سیستم های خبره ۱۳۰
- ۳-۴-۴-۴ کنترل نامتمرکز و سلسله مراتبی ۱۳۱
- ۵-۴-۴ نتیجه گیری ۱۳۲

فصل ۵/ مسائل حفاظتی برای ریزشکبه‌ها

۱-۵	مقدمه.....	۱۳۳
۲-۵	جزیره‌ای شدن: جدا شدن از شبکه برق.....	۱۳۶
۱-۱-۲-۵	جداسازی سریع از یک فیدر دارای خطا.....	۱۳۸
۲-۱-۲-۵	جداسازی بی مورد.....	۱۴۰
۳-۲-۵	جداسازی در شرایط بدون خطا.....	۱۴۲
۴-۱-۲-۵	جداسازی ریزشکبه صادرکننده توان.....	۱۴۴
۵-۱-۲-۵	تغذیه کردن مجدد.....	۱۴۴
۳-۵	مسائل حفاظتی مهم در ریزشکبه جدا از شبکه.....	۱۴۵
۱-۳-۵	حفاظت سیستم توزیع ریزشکبه.....	۱۴۵
۱-۱-۳-۵	حفاظت سیستم اتصالات توسط ریزشکبه.....	۱۴۵
۲-۱-۳-۵	نیازمندی‌های رفع خطای ولتاژ پایین.....	۱۴۹
۳-۱-۳-۵	حضور منابع انرژی پراکنده در یک ریزشکبه.....	۱۵۱
۲-۳-۵	حفاظت ریزمنابع.....	۱۵۲
۱-۲-۳-۵	اصلاح محدوده‌های ولتاژ و فرکانس.....	۱۵۲
۲-۲-۳-۵	ضد جزیره‌ای.....	۱۵۳
۳-۲-۳-۵	قطع بار مدیریت سمت تقاضا.....	۱۵۳
۳-۳-۵	الزامات NEC برای حفاظت ترانسفورماتور توزیع.....	۱۵۶
۴-۳-۵	نیازمندی‌های زمین کردن نقطه ختشی.....	۱۵۶
۱-۴-۳-۵	روش‌های مختلف اتصال ترانسفورماتور میانی.....	۱۵۷

۱۶۳.....	۲-۴-۳-۵ انتخاب سیستم زمین کردن
۱۶۳.....	۴-۵ نتیجه گیری

فصل هشتم / رابط‌های الکترونیک قدرت

۱۶۷.....	۶-۱ مقدمه
۱۶۸.....	۶-۲ پیش زمینه
۱۶۹.....	۶-۲-۱ مبنای آمپلیتود استاندارد
۱۷۰.....	۶-۲-۲ یکپارچه سازی با مقیاس خیلی بزرگ (VLSI)
۱۷۰.....	۶-۳ گرایش‌های مبدل قدرت
۱۷۱.....	۶-۳-۱ تولید و طراحی سمدارشی
۱۷۱.....	۶-۳-۲ بسته بندی اجزاء و یکپارچه گر توان
۱۷۲.....	۶-۳-۳ بلوک‌های سازنده الکترونیک قدرت (PEP)
۱۷۳.....	۶-۳-۴ طراحی چارچوب بسته بندی
۱۷۳.....	۶-۴ چارچوب بلوک‌ها - باس‌ها - نرم افزارها (BBS)
۱۷۴.....	۶-۴-۱ بلوک‌ها به عنوان اجزای مدولار
۱۷۵.....	۶-۴-۱-۱ بلوک سوئیچینگ توان
۱۷۶.....	۶-۴-۱-۲ بلوک تثبیت کننده ولتاژ
۱۷۶.....	۶-۴-۱-۳ بلوک ترانسفورماتور
۱۷۷.....	۶-۴-۱-۴ بلوک کنترل
۱۷۷.....	۶-۴-۱-۵ بلوک سنسوری
۱۷۸.....	۶-۴-۱-۶ بلوک عمومی کمکی

۱۷۸	۷-۱-۴-۶ بلوک ورودی / خروجی
۱۷۸	۲-۴-۶ باس ها به عنوان لینک های رابط
۱۷۹	۱-۲-۴-۶ باس توان
۱۷۹	۲-۲-۴-۶ باس حرارتی
۱۷۹	۳-۲-۴-۶ باس کنترل
۱۸۰	۴-۲-۴-۶ باس ساختاری
۱۸۰	۳-۴-۶ محیط طراحی نرم افزار سطح بالا
۱۸۱	۵-۴-۶ مسائل مربوط به چارچوب BBS
۱۸۲	۱-۵-۶ مدل سازی بودن
۱۸۲	۲-۵-۶ نسبت ابعاد
۱۸۳	۳-۵-۶ اندوکتانس پراکنده
۱۸۳	۱-۴-۵-۶ تداخل الکترومغناطیسی
۱۸۴	۲-۴-۵-۶ تداخل حرارتی
۱۸۴	۶-۶ نتیجه گیری

فصل ۷ / سیستم های کنترل نظارتی و اکتساب داده ها (SCADA) و شبکه های توزیع فعال

۱۸۷	۱-۷ مقدمه
۱۸۸	۲-۷ سیستم های SCADA اپراتورهای شبکه توزیع موجود
۱۸۹	۳-۷ کنترل سیستم های SCADA مبتنی بر اپراتورهای شبکه توزیع
۱۹۰	۱-۳-۷ سیستم های SCADA متمرکز

۷-۳-۲ سیستم‌های SCADA توزیع شده.....	۱۹۱
۷-۴ سیستم‌های SCADA در ریز شبکه‌ها.....	۱۹۱
۷-۵ رابط کاربر- ماشین (HMI).....	۱۹۳
۷-۶ قطعات سخت افزاری.....	۱۹۴
۷-۱-۱ واحد پایانه دوردست (RTU).....	۱۹۵
۷-۲-۲ کنترل کننده منطقی برنامه‌پذیر (PLC).....	۱۹۷
۷-۶-۳ کامپیوترهای رابط کاربر- ماشین و ایستگاه اصلی.....	۱۹۹
۷-۶-۴ زیرساخت امنیتی سیستم‌های SCADA.....	۲۰۰
۷-۷-۷ گرایش‌های مخرب در سیستم‌های SCADA.....	۲۰۱
۷-۸ سیستم کنترل توزیع شده (DCS).....	۲۰۳
۷-۹ استانداردسازی مخابرات پست.....	۲۰۵
۷-۱۰ معماری کنترل و مخابرات سیستم‌های SCADA.....	۲۰۷
۷-۱۱ ادوات مخابراتی.....	۲۰۷
۷-۱۲ ملاحظات در مورد سیستم‌های SCADA مخابراتی.....	۲۰۹
۷-۱۳ نتیجه گیری.....	۲۱۴
فصل ۸/ تأثیر یکپارچه‌سازی تولید پراکنده بر کیفیت توان و قابلیت اعتماد سیستم	
۸-۱ مقدمه.....	۲۱۷
۸-۱-۱ اختلالات کیفیت توان.....	۲۱۹
۸-۲-۱ حالات گذرا.....	۲۲۰
۸-۲-۲ فرورفتگی و برآمدگی ولتاژ.....	۲۲۱

۲۲۱.....	۸-۲-۳ اضافه و کاهش ولتاژها.....	۲۲۱
۲۲۲.....	۸-۲-۴ قطع برق.....	۲۲۲
۲۲۳.....	۸-۲-۵ اعوجاج هارمونیکي.....	۲۲۳
۲۲۴.....	۸-۲-۶ شکاف ولتاژ.....	۲۲۴
۲۲۵.....	۸-۲-۷ فلیکر.....	۲۲۵
۲۲۶.....	۸-۲-۸ تلال الکتریکی.....	۲۲۶
۲۲۷.....	۸-۲-۳ مصدات کننده گان حساس به کیفیت توان.....	۲۲۷
۲۲۹.....	۸-۴-۴ فناوری های موجود در زمینه بهبود کیفیت توان.....	۲۲۹
۲۳۱.....	۸-۴-۱ فناوری های منابع تغذیه جایگزین.....	۲۳۱
۲۳۲.....	۸-۴-۲ فناوری های بهسازی توان.....	۲۳۲
۲۳۸.....	۸-۵-۵ اثر یکپارچه سازی منابع تولید پراکنده.....	۲۳۸
۲۳۹.....	۸-۵-۱ طرح تولید جانشین ساده.....	۲۳۹
۲۴۰.....	۸-۵-۲ سیستم تولید پراکنده ثانویه پشتیبان کیفیت توان.....	۲۴۰
۲۴۲.....	۸-۵-۳ سیستم تولید پراکنده اولیه با پشتیبانی کیفیت توان برای بارهای حساس.....	۲۴۲
۲۴۳.....	۸-۵-۴ تولید پراکنده اتصال نرم به شبکه با پشتیبانی کیفیت توان برای بارهای حساس.....	۲۴۳
۲۴۳.....	۸-۵-۵ تولید پراکنده حاوی سلول خورشیدی فتوولتائیک برای محیط های دارای کیفیت توان بالا.....	۲۴۳
۲۴۴.....	۸-۵-۶ تولید پراکنده همراه با ژنراتور بادی با کاربرد دوره ای برای محیط های دارای کیفیت توان بالا.....	۲۴۴
۲۴۵.....	۸-۵-۷ طرح دارای قابلیت اطمینان بالا با استفاده از اتصال شین DC دوگانه.....	۲۴۵

۶-۸ مسایل کیفیت توان در یکپارچه‌سازی تولید پراکنده.....	۲۴۶
۷-۸ نتیجه گیری.....	۲۴۸

فصل نهم: اقتصاد ریز شبکه‌ها

۹- مقدمه.....	۲۵۱
۹-۲ موضوعات اصلی اقتصاد ریز شبکه‌ها.....	۲۵۲
۹-۳ اقتصاد ریز شبکه‌ها: سیستم قدرت سنتی.....	۲۵۳
۹-۳-۱ بهینه‌سازی زمان منابع توان الکتریکی و حرارتی.....	۲۵۵
۹-۳-۲ بهینه‌سازی همزمان عرضه و تقاضا.....	۲۵۵
۹-۴ موضوعات اقتصادی ضروری در ریز شبکه‌ها.....	۲۵۶
۹-۵ اقتصاد بین ریز شبکه‌ها و سیستم‌های بزرگ قدرت.....	۲۵۷
۹-۶ اقتصاد ریز شبکه‌ها: برنامه انگلستان.....	۲۵۸
۹-۶-۱ ریز منابع تولید.....	۲۵۹
۹-۶-۱-۱ هزینه‌های اتصال.....	۲۵۹
۹-۶-۱-۲ برخی موضوعات مهم اقتصادی.....	۲۶۱
۹-۶-۱-۳ درآمد اپراتورهای شبکه توزیع.....	۲۶۲
۹-۶-۱-۴ موضوعات بالقوه بازار ریز منابع CHP.....	۲۶۳
۹-۶-۲ موضوعات تنظیمی و فعالیت‌های تنظیم.....	۲۶۳
۹-۶-۳ فن‌آوری‌های ریز منابع: چشم‌اندازهای اقتصادی در انگلستان.....	۲۶۴
۹-۶-۴ مزایای بالقوه اقتصاد ریز شبکه‌ها.....	۲۶۵

۲۶۶.....	۵-۶-۹ آینده تحولات اقتصادی در ریز شبکه‌ها
۲۶۸.....	۷-۹ نتیجه‌گیری

فصل دهم/مشارکت بازار ریز شبکه‌ها

۲۷۱.....	۱-۱۰ مقدمه
۲۷۳.....	۲-۱۰ مدل‌ها در حال تجدید ساختار
۲۷۳.....	۲-۱۰ مدل سرمایه اشتراکی
۲۷۵.....	۲-۱۰ مدل قرار ادعای دوجانبه
۲۷۶.....	۳-۲-۱۰ مدل پیرید
۲۷۷.....	۳-۱۰ اپراتور مستقل سیستم
۲۷۷.....	۱-۳-۱۰ پیش زمینه
۲۷۹.....	۲-۳-۱۰ نقش اپراتور مستقل (ISO)
۲۸۱.....	۴-۱۰ تبادل توان (PX)
۲۸۲.....	۵-۱۰ قیمت تسویه بازار (MCP)
۲۸۳.....	۶-۱۰ بازارهای روز بعد و ساعت بعد
۲۸۵.....	۷-۱۰ بازارهای قابل انعطاف و بازارهای غیرقابل انعطاف
۲۸۵.....	۸-۱۰ بازار قدرت توان
۲۸۶.....	۱-۸-۱۰ قدرت بازار با ساختار عمودی
۲۸۶.....	۲-۸-۱۰ قدرت بازار با ساختار افقی
۲۸۷.....	۹-۱۰ هزینه‌های سرگردان
۲۸۸.....	۱۰-۱۰ قیمت گذاری انتقال

۱۰-۱۰-۱	روش قراردادی	۲۸۹
۱۰-۱۰-۲	روش مگاوات در مایل	۲۸۹
۱۱-۱۱	مدیریت پرشدگی	۲۹۰
۱۱-۱۱-۱	قیمت گذاری پرشدگی	۲۹۲
۱۰-۱-۲	حقوق انتقال	۲۹۳
۱۰-۱-۳	مدیریت اخلا ناحیه و پرشدگی های داخل ناحیه	۲۹۴
۱۰-۱۲	نقد ریزش در رقابت بازار توان	۲۹۵
۱۰-۱۲-۱	خرده فروشی	۲۹۵
۱۰-۱۲-۲	خدمات جانبی	۲۹۷
۱۰-۱۲-۳	نقش انبوه سازان	۲۹۹
۱۰-۱۳	نتیجه گیری	۳۰۳

ضمایم

ضمیمه (الف): مدل سازی و تجزیه و تحلیل میکروتوربین در حالت های مستقل و متصل		
به شبکه		۳۰۵
ضمیمه (ب): مدل سازی دینامیکی و تجزیه و تحلیل عملکرد یک سیستم مدل انرژی بادی ژنراتور القایی دو سوء تغذیه با سرعت متغیر (DFIG)		
۳۲۱		
ضمیمه (پ): شبیه سازی نرم افزاری برای تحلیل عملکرد دینامیک سیستم پیل سوخت		
۳۳۹		
غشایی تبادل پروتون		
۳۵۹		
ضمیمه (ت): کاربرد پیل سوختی اکسید جامد در تولید پراکنده		

ضمیمه (ث): مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد نیروگاه فتوولتائیک مستقل (PV) با ردیابی حداکثر نقطه توان (MPPT).....	۳۷۵
ضمیمه (ج): تنظیم قیمت تسویه بازار (MCP) در سناریوی برق ریزشیکه.....	۳۹۳
ضمیمه (چ): بهره‌برداری جزیره‌ای از تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع فعال - مطالعات شبیه‌سازی.....	۴۱۱
مباحث.....	۴۳۱
فهرست نام.....	۴۴۹