

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شماره ده و است

۱۵۹۹۶۲۶

۹۷، ۶، ۲.

شبکه‌های هوشمند و ریز شبکه‌ها

تألیف:

پروفسور گئوری قره‌تیان

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

پروفسور محمد شاهین‌چور

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی ایلینویز (UIUC)

مهندس بهروز ذاکر

دانشجوی دکترای مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

تابستان ۱۳۹۷

سرشناسه	قره‌پتیان، گئورگ، ۱۳۴۱
عنوان و نام پدیدآور	شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها/ تألیف گئورگ قره‌پتیان، محمد شاهیده‌پور، بهروز ذاکر
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۷
مشخصات ظاهری	ص ۶۱۰
شابک	978-964-463-723-0
وضعیت فهرست‌نویسی	فیپا
موضوع	ریزشبکه‌ها (شبکه‌های هوشمند توزیع برق)
موضوع	Microgrids (Smart power grids)
موضوع	برق - - شبکه‌ها
موضوع	Electric networks
شناسه نزوده	شاهیده‌پور، محمد، ۱۳۳۴
شناسه افزوده	ذاکر، بهروز، ۱۳۶۸
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده‌بندی کنگره	TK ۳۱۰۵/ق ۳۹۷
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۵۱
شماره کتابشناسی ملی	۵۱۵۰۸

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۶/۸/۱۴ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها
تألیف	پروفسور گئورگ قره‌پتیان - پروفسور محمد شاهیده‌پور - مهندس بهروز ذاکر
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	تابستان ۱۳۹۷
قیمت	۳۳۰۰۰ تومان
تیراژ	۲۰۰ نسخه
شابک	ISBN: 978-964-463-723-0
	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۷۲۳-۰۰

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.

چکیده و پیش‌گفتار

امروزه در صنعت برق در سطح دنیا با مسائلی همچون افزایش تقاضای انرژی، افزایش رقابت در بازار برق و کمبود منابع مالی مواجه هستیم. با توجه به این شرایط، شبکه قدرت با مشکلات جدیدی مواجه می‌شود و نیاز به یک شبکه برق کارآمدتر در شرایط کنونی حس می‌شود. این رویکرد در مفهوم به‌عنوان "شبکه هوشمند" گنجانده می‌شود.

مفهوم شبکه هوشمند گستره‌ای از سمت تولید و انتقال تا سمت توزیع و مصرف را در برمی‌گیرد. نویسندگان در این عقیده‌اند که دروازه ورود به شبکه‌های هوشمند ریزشبکه‌ها هستند. هوشمندسازی شبکه‌ای توزیع ولتاژ پایین و ولتاژ متوسط تحت عنوان "ریزشبکه‌ها" با داشتن مزایا و توانایی‌های موبایل می‌تواند مجموعه‌ای از مزایای کلان و عمده را برای شبکه‌های توزیع با بهبود بار انرژی، کیفیت توان و قابلیت اطمینان برای رضایت مشتریان فراهم کند.

با عنایت به وابستگی مذکور بین شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها، احساس نیاز به یک مرجع درسی کامل برای آشنایی دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری، استادان گرامی و همچنین پژوهشگران و متخصصین حوزه صنعت برق، مفاهیم مختلف شبکه هوشمند و ریزشبکه‌ها مؤلفین را بر آن داشت تا کتابی در این زمینه تالیف نمایند.

این کتاب به حوزه‌های مختلف شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها از جمله سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند، خانه‌های هوشمند، خودروهای برقی، پاسخگویی تقاضا، منابع تولید پراکنده، انعطاف‌پذیر، کنترل و حفاظت ریزشبکه‌ها و همچنین سیستم‌های خبراتی می‌پردازد. همان‌گونه که ذکر شد به عقیده نویسندگان، تحقق شبکه‌های هوشمند از شبکه‌های توزیع آغاز می‌شود. به همین دلیل در فصول ابتدایی با مفاهیم هوشمندسازی شبکه توزیع از جمله شهر هوشمند، سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند قابل استفاده در سطح توزیع و همچنین خانه هوشمند روبه‌رو می‌شویم. در ادامه نیز از خودروهای برقی هیبریدی صحبت خواهد شد که حوزه اثر آن‌ها در شبکه‌های توزیع هوشمند و ریزشبکه‌ها است. در ادامه به موارد هوشمندسازی شبکه انتقال نیز پرداخته‌ایم.

پس از ارائه این مفاهیم اولیه، در نیمه دوم کتاب مباحث تخصصی‌تری از ریزشبکه‌ها از جمله منابع تولید پراکنده انعطاف‌پذیر، روش‌های مختلف کنترل و حفاظت ریزشبکه و همچنین سیستم‌های مخابراتی کاربردی در ریزشبکه‌ها و شبکه‌های هوشمند بررسی می‌شوند. ترتیب فصول و ارائه مطالب حاصل تجربه چند ساله نویسندگان در تدریس واحد شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها در دوره تحصیلات تکمیلی است.

در اینجا لازم است از تمامی دوستانی که ما را در مراحل مختلف تهیه و چاپ این کتاب یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم. در انتها امیدواریم کتاب حاضر مورد توجه و استفاده خوانندگان محترم قرار گیرد. بدون شک چنین کتاب حجیم و از لحاظ حوزه اثر گسترده، خالی از اشکال نیست؛ بنابراین از کلیه دانشجویان، اساتید، پژوهشگران و صاحب‌نظران دانشگاه و صنعت خواهشمندیم با ارائه نظرات و پیشنهادها خود ما را در پیراسته‌تر شدن این اثر و اصلاح چاپ‌های بعدی یاری نمایند.

صاحب‌نظران محترم می‌توانند پیشنهادهای خود را به آدرس‌های زیر ارسال نمایند:

grptian@aut.ac.ir, ms@iit.edu, zaker.babooz@aut.ac.ir

دکتر گئورگ قره‌پتیان

دکتر محمد شاهیده‌پور

پسند بهروز ذاکر

تهران - ۱۳۹۰

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر شبکه‌های هوشمند	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۱-۱- جهت‌گیری	۱
۱-۱-۲- تعریف شبکه هوشمند	۴
۱-۲-۱- موضوعات راهبردی شبکه برق در آینده	۸
۱-۳-۱- شهر هوشمند و شهر هوشمند انرژی	۸
۱-۳-۱-۱- ویژگی‌های شهر هوشمند	۸
۱-۳-۱-۲- ساختارها، اهداف و قلمرو کاری محورهای شهر هوشمند	۱۱
۱-۳-۱-۳- رایانه‌گذاری در شهر هوشمند	۲۰
۱-۳-۱-۴- ویژگی‌های شهر هوشمند انرژی	۲۱
۱-۳-۱-۵- طرح هوشمندسازی جزیره هرمز	۲۴
۲-۱- چارچوب شبکه‌های هوشمند	۲۸
۲-۱-۱- چارچوب کلی	۲۸
۳-۱- مشخصه‌های اصلی شبکه هوشمند	۲۹
۳-۱-۱- خودترمیمی	۲۹
۳-۱-۲- عوامل اصلی موفقیت خودترمیمی	۳۰
۳-۱-۳-۱- موانع و مشکلات پیش رو جهت نیل به هدف شبکه خودترمیم	۳۰
۳-۱-۳-۲- ساختار کلی سامانه‌ی خودترمیم و حالت‌های کنترلی آن	۳۰
۳-۲-۱- مشارکت مصرف‌کنندگان	۳۲
۳-۳-۱- مقاوم بودن	۳۳
۳-۴-۱- کیفیت توان بالا	۳۳
۵-۳-۱- یکپارچه‌سازی گزینه‌های تولید و ذخیره‌سازی (DER)	۳۴
۶-۳-۱- مؤثرتر شدن بازار برق	۳۴
۳-۶-۱- ساختار فعلی شبکه‌های برق	۳۴
۳-۶-۲- بخش‌های مختلف در ساختار جدید شبکه‌های برق	۳۵
۷-۳-۱- بهینه‌سازی دارایی‌ها و بهره‌برداری مؤثر از تجهیزات	۳۷
۸-۳-۱- امنیت سایبری داده‌ها	۳۸
۹-۳-۱- کاهش آلودگی‌های زیست محیطی	۳۸

۳۸	۴-۱- مقایسه شبکه هوشمند با شبکه عادی قدرت
۴۰	۵-۱- بررسی مزایا و معایب شبکه هوشمند
۴۲	۱-۵-۱- مزایا
۴۴	۲-۵-۱- معایب (چالش‌ها)
۴۴	۶-۱- کاربردهای شبکه هوشمند
۴۵	۷-۱- حوزه اثر فناوری‌های مطرح در شبکه هوشمند
۴۶	۸-۱- نحوه تحقق شبکه هوشمند
۴۶	۱-۸-۱- مراحل پیشنهادی
۴۶	۲-۸-۱- زیرساخت‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی شبکه‌های هوشمند
۴۸	۲-۸-۱- ایمن‌فان
۴۸	۹-۱- جمع‌بندی
۴۹	منابع و مراجع

۵۳	فصل دوم: سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند
۵۳	۱-۲- مقدمه
۵۳	۱-۱-۲- روش‌های هوشمندسازی سیم مصرف
۵۵	۲-۲- روند تحولات در اندازه‌گیری سمت مشترکین
۵۵	۱-۲-۲- سیستم‌های اندازه‌گیری الکترومکانیکی
۵۵	۲-۲-۲- سیستم‌های اندازه‌گیری الکترونیکی
۵۶	۱-۲-۲-۲- خصوصیات AMR
۵۶	۳-۲- سیستم AMI
۵۷	۱-۳-۲- نیازهای عملیاتی
۵۸	۲-۳-۲- تعریف AMI
۵۹	۳-۳-۲- اجزای AMI
۵۹	۴-۳-۲- تفاوت AMR و AMI
۶۱	۵-۳-۲- ساختار کلی
۶۳	۶-۳-۲- قابلیت‌های کنتر هوشمند
۶۴	۷-۳-۲- قابلیت‌های HAN
۶۵	۸-۳-۲- قابلیت‌های سیستم مدیریت داده‌ی کنتر (MDMS)

۶۷	۴-۲- مزایای AMI و معایب آن
۶۷	۱-۴-۲- مزایا برای مصرف کنندگان
۶۷	۲-۴-۲- مزایا برای شرکت‌های ارائه دهنده خدمات
۶۷	۳-۴-۲- مزایای برای شرکت‌های برق
۶۸	۴-۴-۲- مزایا برای اجتماع
۶۹	۵-۴-۲- معایب/ چالش‌ها
۶۹	۵-۲- امنیت سایبری
۷۱	۶-۲- منابع کسب و کار از پیاده‌سازی AMI
۷۱	۲-۲- طرح فرا سامانه هوشمند اندازه‌گیری و مدیریت انرژی
۷۳	۱-۷-۲- پروژه‌های پایلوت
۷۴	۱-۷-۲- ایستگاه‌های پایلوت
۷۶	۲-۷-۲- نواحی پنج‌گانه
۷۷	۱-۷-۲- معیارهای نواحی پنج‌گانه
۷۷	۲-۷-۲- ابعاد و الزامات مورد نیاز پیاده‌سازی طرح فهم
۷۷	۳-۷-۲- مزایای اجرای سیستم اندازه‌گیری هوشمند (AMI) در طرح فهم
۷۹	۸-۲- تفاوت AMI با سیستم اتوماسیون
۸۱	۹-۲- پروژه Open Meter
۸۱	۱-۹-۲- معماری ارائه شده توسط Open meter
۸۲	۲-۹-۲- اجزای پروژه Open Meter
۸۲	۱-۹-۲- کنتور برق/ آب مخابراتی
۸۳	۲-۹-۲- کنتورهای هوشمند برق، آب و گاز
۸۴	۳-۹-۲- تجهیز O&M برای کنتورهای آب و گاز
۸۴	۴-۹-۲- تجهیز انتهایی سمت مشترکین
۸۴	۵-۹-۲- جمع‌کننده داده
۸۵	۶-۹-۲- تجهیز O&M محلی برای DC
۸۵	۷-۹-۲- تجهیزات خارجی موجود در پست توزیع
۸۵	۸-۹-۲- سامانه‌ی مرکزی
۸۵	۹-۹-۲- سامانه‌ی کاربردی
۸۶	۱۰-۲- تجارب استفاده از AMI
۸۷	۱۱-۲- جمع‌بندی

- فصل سوم: خانه‌های هوشمند ----- ۹۱
- ۱-۳-۱- مقدمه ----- ۹۱
- ۲-۳-۲- خانه هوشمند ----- ۹۲
- ۱-۲-۳- تعریف خانه هوشمند ----- ۹۲
- ۲-۲-۳- اهداف ----- ۹۴
- ۳-۳-۳- تکنولوژی‌های موجود برای دامنه‌ی ارتباطی ----- ۹۶
- ۲-۳-۱- پروتکل‌های هوشمندسازی ساختمان ----- ۹۷
- ۳-۴- سطوح هوشمندسازی ساختمان ----- ۱۰۰
- ۳-۴-۱- مدیریت ----- ۱۰۱
- ۳-۴-۲- امنیت ----- ۱۰۲
- ۳-۴-۳- کنترل ----- ۱۰۲
- ۳-۵-۲- توجیه اقتصادی استفاده از سیستم هوشمند ساختمان ----- ۱۰۲
- ۳-۶-۲- گروه‌بندی بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان ----- ۱۰۴
- ۳-۶-۲-۱- شهرسازی و طراحی ----- ۱۰۴
- ۳-۶-۲-۲- طراحی معماری ----- ۱۰۴
- ۳-۶-۲-۳- عناصر و اجزای ساختمان ----- ۱۰۴
- ۳-۶-۲-۴- سیستم‌های تأسیساتی (مکانیکی و الکتریکی) ----- ۱۰۵
- ۳-۶-۲-۵- اجرا ----- ۱۰۵
- ۳-۳- اجزای خانه‌های هوشمند ----- ۱۰۶
- ۳-۳-۱- شبکه داخلی ----- ۱۰۶
- ۳-۳-۲- سیستم کنترل و درگاه هوشمند ----- ۱۰۶
- ۳-۳-۳- وسایل هوشمند ----- ۱۰۷
- ۴-۳- سیستم‌های کامپیوتری مورد استفاده در خانه‌های هوشمند ----- ۱۰۸
- ۴-۳-۱- سیستم مدیریت جامع ساختمان (BMS) ----- ۱۰۸
- ۴-۳-۱-۱- اجزای BMS ----- ۱۰۹
- ۴-۳-۱-۱-۱- حسگرها ----- ۱۰۹
- ۴-۳-۱-۱-۲- کنترلرها ----- ۱۱۰
- ۴-۳-۱-۱-۳- عملگرها ----- ۱۱۱

۱۱۱	۳-۱-۴-۲- نقش سیستم BMS در بهینه‌سازی مصرف انرژی
۱۱۱	۳-۱-۴-۳- مزایای استفاده از BMS
۱۱۴	۳-۱-۴-۴- BMS در کشورهای پیشرفته
۱۱۶	۳-۱-۴-۵- BMS در ایران
۱۱۷	۳-۴-۲- سیستم خودکارسازی خانه
۱۱۷	۳-۴-۱-۲- مزایای خانه‌های خودکار
۱۱۷	۳-۴-۲-۲- بخش‌های قابل کنترل در خانه به‌صورت خودکار
۱۱۸	۳-۱-۳- سیستم مدیریت انرژی خانه
۱۲۰	۳-۴-۳- سیستم پایش مصرف
۱۲۰	۳-۴-۱-۳- سیستم پایش محسوس
۱۲۰	۳-۴-۱-۴- سیستم پایش نامحسوس
۱۲۲	۳-۴-۱-۳- مزایای سیستم پایش نامحسوس
۱۲۲	۳-۴-۲-۲- چالش‌های مربوط به سیستم پایش نامحسوس
۱۲۳	۳-۵- مزایا و چالش‌های پایش هی خانه‌های هوشمند
۱۲۳	۳-۵-۱- مزایای خانه‌های هوشمند
۱۲۴	۳-۵-۲- چالش‌های پایش روی خانه‌های هوشمند
۱۲۴	۳-۶- جمع‌بندی
۱۲۵	منابع و مراجع
۱۲۹	فصل چهارم: خودروهای برقی
۱۲۹	۴-۱- مقدمه
۱۳۰	۴-۲- روند تحولات خودروهای برقی
۱۳۳	۴-۳- انواع خودروهای برقی هیبرید (HEV)
۱۳۹	۴-۳-۱- خودروی برقی هیبرید سری (Series HEV)
۱۴۰	۴-۳-۲- خودروی برقی هیبرید موازی (Parallel HEV)
۱۴۲	۴-۳-۳- خودروی برقی هیبرید سری- موازی (Dual Mode HEV)
۱۴۴	۴-۴- خودروهای برقی هیبرید متصل به شبکه (PHEV)
۱۴۶	۴-۴-۱- حالات عملکردی PHEV
۱۴۷	۴-۴-۲- خودروی برقی هیبرید متصل به شبکه سری
۱۴۸	۴-۴-۳- خودروی برقی هیبرید متصل به شبکه موازی

- ۴-۴-۴- خودروی برقی هیبرید متصل به شبکه سری- موازی ----- ۱۵۰
- ۴-۵- خودروهای هیدروژنی (پیل سوختی FCV) ----- ۱۵۱
- ۴-۶- V2G & G2V ----- ۱۵۳
- ۴-۶-۱- سرویس های V2G ----- ۱۵۶
- ۴-۶-۲- خودروهای برقی و نحوه ی عملکرد آن ها در سیستم قدرت ----- ۱۵۷
- ۴-۶-۳- زیرساخت های مورد نیاز برای پیاده سازی V2G ----- ۱۵۸
- ۴-۶-۱- شبکه ----- ۱۵۹
- ۴-۶-۲- سیم کشی ----- ۱۵۹
- ۴-۶-۳- واسط خودرو و شبکه ----- ۱۶۰
- ۴-۶-۴- شبکه مخابراتی- کنترلی ----- ۱۶۰
- ۴-۶-۵- تجهیزات دیگر خودرو ----- ۱۶۴
- ۴-۶-۴- نقش خودروی برقی بر محیط شبکه هوشمند ----- ۱۶۵
- ۴-۶-۵- پارامترهای SOC ----- ۱۶۷
- ۴-۶-۶- اضافه کردن ابر خازن (Super Capacitor) به باتری ----- ۱۷۰
- ۴-۶-۷- راه حل های موجود برای استفاده از V2G ----- ۱۷۰
- ۴-۷- نحوه ی اتصال خودروهای برقی به شبکه ----- ۱۷۱
- ۴-۷-۱- اتصال فیزیکی به شبکه (اتصال به صورت جامد- جامد) ----- ۱۷۱
- ۴-۷-۲- اتصال بدون سیم به شبکه ----- ۱۷۲
- ۴-۸- کاربردهای خودروی برقی در بهره برداری از سیستم قدرت ----- ۱۷۲
- ۴-۸-۱- تنظیم فرکانس ----- ۱۷۳
- ۴-۸-۲- تنظیم ولتاژ ----- ۱۷۴
- ۴-۸-۳- پیگ سایینگ ----- ۱۷۵
- ۴-۸-۴- هموارسازی پروفیل بار ----- ۱۷۶
- ۴-۸-۵- پشتیبان منبع (Supply Support) ----- ۱۷۶
- ۴-۸-۶- رزرو چرخان شبکه ----- ۱۷۷
- ۴-۸-۷- تولید ایزوله برق ----- ۱۷۸
- ۴-۹- نهاد گردآورنده (Aggregator) ----- ۱۷۸
- ۴-۱۰- جمع بندی ----- ۱۷۹
- ۴-۱۱- منابع و مراجع ----- ۱۸۱

فصل پنجم: پاسخگویی تقاضا	۱۸۵
۱-۵- مقدمه	۱۸۵
۲-۵- مفاهیم و اهداف پاسخگویی تقاضا	۱۸۵
۱-۲-۵- تعریف پاسخگویی تقاضا	۱۸۶
۲-۲-۵- دسته‌بندی مشترکین	۱۸۷
۳-۲-۵- انگیزه‌های اجرای برنامه‌ی پاسخگویی تقاضا	۱۸۹
۴-۱-۵- تفاوت پاسخگویی تقاضا و مدیریت سمت تقاضا	۱۹۱
۵-۱-۵- مزایای پاسخگویی تقاضا	۱۹۳
۱-۵-۱- رایای مصرف‌کنندگان	۱۹۴
۱-۲-۵-۱- مزایای اقتصادی	۱۹۴
۲-۲-۵-۱- مزایای قابلیت اطمینان	۱۹۵
۲-۲-۵-۲- رایای پاسخگویی تقاضا از دید شبکه	۱۹۵
۲-۲-۵-۲- عملکرد سیستم	۱۹۵
۲-۲-۵-۲- بازده بازار	۱۹۷
۲-۲-۵-۳- تأثیرات کوتاه مدت بر بازار	۱۹۷
۲-۲-۵-۴- تأثیرات بلند مدت بر بازار	۱۹۸
۲-۲-۵-۵- مزایای قابلیت اطمینان	۲۰۰
۲-۲-۵-۶- صرفه‌جویی در هزینه‌های حیاتی و سرمایه‌ای	۲۰۱
۲-۲-۵-۳- مزایای اضافی به دست آمده توسط پاسخگویی تقاضا	۲۰۱
۳-۵- انواع روش‌های پاسخگویی تقاضا	۲۰۳
۱-۳-۵- پاسخگویی تقاضا بر مبنای تشویق	۲۰۵
۱-۱-۳-۵- کنترل مستقیم بار	۲۰۷
۲-۱-۳-۵- نرخ‌های قابل قطع/ قابل محدود کردن	۲۰۹
۳-۱-۳-۵- برنامه‌های پاسخگویی تقاضا اضطراری	۲۱۰
۴-۱-۳-۵- برنامه‌های بازار- ظرفیت	۲۱۲
۵-۱-۳-۵- برنامه‌های مناقصه‌ی تقاضا/ خرید قبلی	۲۱۳
۶-۱-۳-۵- برنامه‌های بازار خدمات جانبی	۲۱۴
۲-۳-۵- پاسخگویی تقاضا بر مبنای قیمت (نرخ‌های زمان- مبنا)	۲۱۶
۱-۲-۳-۵- قیمت‌گذاری زمان مصرف	۲۱۸

- ۲۲۰-۵-۳-۲- قیمت گذاری اوج بحرانی -----
- ۲۲۲-۵-۳-۳- قیمت گذاری لحظه‌ای -----
- ۲۲۴-۵-۳-۲-۱- قیمت گذاری لحظه‌ای یک روز قبل (DA-RTP) -----
- ۲۲۴-۵-۳-۲-۲- قیمت گذاری لحظه‌ای دو بخشی -----
- ۲۲۵-۵-۳-۲-۳- قیمت گذاری لحظه‌ای اجباری -----
- ۲۲۷-۵-۴- نقش پاسخگویی تقاضا در بازارهای عمده‌فروشی و خرده‌فروشی -----
- ۲۲۸-۵-۵- هزینه‌های پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۳۰-۵-۶- اندازه‌گیری پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۳۲-۵-۷- معرفی پیاده‌سازی برنامه‌های پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۳۲-۵-۷-۱- نیازهای هوشمندسازی شبکه -----
- ۲۳۳-۵-۷-۲- پیاده‌سازی برنامه پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۳۴-۵-۷-۱- ریز اخت پاسخگویی تقاضا برای خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه -----
- ۲۳۵-۵-۷-۳- توانمندسازی تکنولوژی‌های هوشمند به منظور برنامه پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۳۶-۵-۷-۳-۱- زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته -----
- ۲۳۶-۵-۷-۳-۲- بستر مخابراتی -----
- ۲۳۷-۵-۷-۴- سیستم مخابراتی -----
- ۲۳۷-۵-۷-۴-۱- سیستم مخابراتی بدون سیم -----
- ۲۳۷-۵-۷-۴-۲- سیستم مخابرات باسیم -----
- ۲۳۹-۵-۷-۴-۳- پایگاه‌های داده و سیستم‌های مدیریت اطلاعات -----
- ۲۳۹-۵-۷-۴-۴- سازوکار لازم برای مشارکت سمت مصرف در بازار برق -----
- ۲۳۹-۵-۷-۴-۵- موتور پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۴۰-۵-۷-۵- ادوات کنترلی برای برنامه پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۴۱-۵-۷-۶- نیازهای هوشمندسازی مشترکان -----
- ۲۴۲-۵-۷-۷- مشترکان یا منابع پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۴۳-۵-۷-۸- ارائه‌کنندگان خدمات پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۴۴-۵-۷-۹- نقش سیستم پاسخگویی خودکار تقاضا در پیاده‌سازی شبکه هوشمند -----
- ۲۴۶-۵-۸-۸- چالش‌های پیش روی اجرای برنامه‌های پاسخگویی تقاضا -----
- ۲۴۶-۵-۸-۱- چالش‌های اقتصادی -----
- ۲۴۷-۵-۸-۲- چالش‌های سازمانی -----

۲۴۷	۵-۸-۳- چالش‌های فنی
۲۴۸	۵-۸-۴- پشت سر گذاشتن چالش‌ها
۲۴۸	۵-۹-۹- بررسی برنامه‌های پاسخگویی تقاضا در چند سیستم قدرت جهان
۲۴۹	۵-۹-۱- برنامه‌های پاسخگویی تقاضا در NYISO
۲۴۹	۵-۹-۱-۱- برنامه‌هایی مبتنی بر قابلیت اطمینان
۲۵۰	۵-۹-۱-۲- برنامه‌های اقتصادی
۲۵۰	۵-۹-۲- بررسی پاسخگویی تقاضا در بازار New England
۲۵۱	۵-۹-۲-۱- برنامه‌ی پاسخگویی تقاضای زمان حقیقی
۲۵۱	۵-۹-۲-۲- برنامه‌ی پاسخگویی قیمت حقیقی
۲۵۱	۵-۹-۳- قطع بار
۲۵۱	۵-۱۰-۱- مدل ای قایل اجرای برنامه‌های پاسخگویی تقاضا در شبکه‌ی هوشمند ایران
۲۵۲	
۲۵۲	۵-۱۰-۱- برنامه‌های پاسخگویی زمان استفاده (TOU)
۲۵۳	۵-۱۰-۲- برنامه‌های قیمت‌گذاری لحظه‌ای (RTP)
۲۵۳	۵-۱۰-۳- برنامه‌های قیمت‌گذاری زمان اوج بار (CPP)
۲۵۳	۵-۱۰-۴- قطع بار
۲۵۴	۵-۱۱- جمع‌بندی
۲۵۴	منابع و مراجع
۲۶۱	فصل ششم: واحد اندازه‌گیری فازور (PMU)
۲۶۱	۶-۱- مقدمه
۲۶۳	۶-۲- WAMPAC
۲۶۳	۶-۲-۱- حالات بهره‌برداری سیستم قدرت
۲۶۴	۶-۲-۲- روش‌های کنترل
۲۶۷	۶-۲-۳- تعریف WAMPAC
۲۶۷	۶-۲-۴- اجزاء WAMPAC
۲۶۸	۶-۲-۵- کاربردهای WAMPAC
۲۶۸	۶-۲-۵-۱- پایش شبکه
۲۶۹	۶-۲-۵-۲- کنترل شبکه
۲۶۹	۶-۲-۵-۳- حفاظت شبکه

۲۷۰	۴-۵-۲-۶- تحلیل اغتشاشات توسط WAMPAC
۲۷۰	۵-۵-۲-۶- باز یابی شبکه
۲۷۰	۶-۵-۲-۶- میراسازی نوسانات بین منطقه‌ای
۲۷۰	۶-۲-۶- الزامات امنیتی در WAMPAC
۲۷۲	۳-۶- واحد اندازه‌گیری فازور (PMU)
۲۷۲	۱-۳-۶- مقایسه با سیستم‌های اندازه‌گیری سنتی
۲۷۴	۲-۳-۶- مبانی
۲۷۵	۳-۳-۶- ساختار PMU
۲۷۶	۴-۱-۶- شبکه‌ی Synchrophasor
۲۷۶	۱-۴-۳-۶- PDC
۲۷۷	۱-۴-۱-۶- پروتکل
۲۷۷	۲-۴-۳-۶- ساختار شبکه
۲۷۸	۵-۳-۶- داده‌ی PMU
۲۷۸	۱-۵-۳-۶- ساختار داده‌ی PMU
۲۷۸	۲-۵-۳-۶- جهت انتقال داده
۲۷۹	۳-۵-۳-۶- ذخیره‌سازی
۲۷۹	۴-۶- جمع‌بندی
۲۸۰	منابع و مراجع
۲۸۳	فصل هفتم: تولید پراکنده انعطاف‌پذیر (FDG)
۲۸۳	۱-۷- مقدمه
۲۸۵	۲-۷- مشکلات سیستم‌های توزیع
۲۸۶	۱-۲-۷- از دید شبکه
۲۸۷	۲-۲-۷- از دید مصرف‌کننده
۲۹۲	۳-۲-۷- راه‌حل‌ها
۲۹۳	۳-۷- انواع CUPS
۲۹۴	۱-۳-۷- جبران‌ساز ایستا توزیع شده (D-STATCOM)
۲۹۵	۲-۳-۷- باز یاب ولتاژ بویا (DVR)
۲۹۷	۳-۳-۷- بهساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC)
۲۹۸	۴-۳-۷- کلید ترانسفورمری حالت جامد (SSTS)

۳۰۰	۴-۷ ترکیب تولید پراکنده با مبدل‌ها
۳۰۵	۵-۷ انواع توپولوژی‌های FDG
۳۰۵	۱-۵-۷ اتصال سری
۳۰۶	۲-۵-۷ اتصال موازی
۳۰۷	۳-۵-۷ اتصال سری-موازی
۳۰۸	۶-۷ نحوه عملکرد FDG سری و موازی
۳۰۸	۱-۶-۷ شمای کلی کنترلی یک FDG موازی
۳۱۰	۴-۷-۱-۱ نحوه اجرا در قاب مرجع سنکرون
۳۱۵	۲-۷-۲ شمای کلی کنترلی یک FDG سری
۳۱۶	۴-۷-۱-۲ روش کنترلی
۳۱۸	۷-۷ جمع‌بندی
۳۱۸	منابع و مراجع
۳۲۳	فصل هشتم: مقدمه‌ای بر ریز شبکه
۳۲۳	۱-۸ مقدمه
۳۲۵	۱-۱-۸ تاریخچه تشکیل ریز شبکه
۳۲۷	۲-۸ تعریف ریز شبکه
۳۲۹	۱-۲-۸ ساختار ریز شبکه
۳۲۹	۲-۲-۸ عناصر موجود در یک ریز شبکه
۳۲۹	۱-۲-۲-۸ منابع توان
۳۳۱	۲-۲-۲-۸ منابع ذخیره‌ساز انرژی (ESS)
۳۳۶	۱-۲-۲-۲-۸ انواع رویکرد کاربرد ESS در ریز شبکه
۳۳۶	۲-۲-۲-۲-۸ ذخیره‌ساز ترکیبی (CESS)
۳۳۶	۳-۲-۲-۸ بارهای ریز شبکه
۳۳۹	۳-۲-۸ سیستم‌های کنترلی موجود در ریز شبکه‌ها
۳۳۹	۱-۳-۲-۸ حالت‌های عملکرد ریز شبکه
۳۴۱	۴-۲-۸ تفاوت‌های موجود بین ریز شبکه و شبکه‌های قدیمی
۳۴۲	۵-۲-۸ انواع ریز شبکه
۳۴۴	۶-۲-۸ مزایای ریز شبکه‌ها و مشکلات پیش روی اجرای آن‌ها
۳۴۴	۱-۶-۲-۸ مزایای فنی ریز شبکه

- ۳۴۶----- مزایای اقتصادی ریزشبهه
- ۳۴۸----- ریزشبهه‌ی نمونه
- ۳۴۹----- کنترل کننده‌ی ریز منبع (MC)
- ۳۵۰----- کنترل کننده‌ی مرکزی (CC)
- ۳۵۰----- وظایف CC در حالت متصل به شبکه
- ۳۵۲----- وظایف کنترل کننده‌ی مرکزی در حالت مستقل از شبکه
- ۳۵۳----- مازول‌های کنترل کننده‌های مرکزی
- ۳۵۴----- کارکرد MCها
- ۳۵۵----- روش‌های کنترلی برای تولید پراکنده در ریزشبهه
- ۳۵۶----- استراتژی‌های کنترلی یک ریزشبهه
- ۳۵۶----- روش‌های کنترلی مبدل الکترونیک قدرت
- ۳۵۶----- کنترل توان اکتیو و راکتیو (PQ controller)
- ۳۵۹----- کنترل توان و فرکانس (VSI controller)
- ۳۵۸----- استراتژی‌های کنترلی مدیریت توان بین منابع تولید
- ۳۵۹----- کنترل مازول تحت نظارت مرکز کنترل ریز شبکه
- ۳۶۱----- کنترل غیرمتمرکز
- ۳۶۳----- کنترل بار در ریزشبهه‌ها
- ۳۶۳----- مشکلات و محدودیت‌های ریزشبهه
- ۳۶۵----- Micro- CHP
- ۳۶۷----- کاربردهای Micro-CHP
- ۳۶۷----- فناوری‌های Micro-CHP
- ۳۶۸----- انواع ریزشبهه‌ها
- ۳۷۱----- گرایش‌های خاص و جدید
- ۳۷۱----- ترکیب مبدل منابع
- ۳۷۲----- مبدل‌های چند ورودی MIC
- ۳۷۳----- ریزشبهه‌های ترکیبی و به هم پیوسته
- ۳۷۴----- نمونه‌های اجرا شده
- ۳۷۵----- ریزشبهه UCSD
- ۳۷۵----- ریزشبهه Hachinohe
- ۳۷۶----- ریزشبهه Santa Rita Jail

۳۷۶ ----- ۸-۹- جمع‌بندی

۳۷۷ ----- منابع و مراجع

۳۸۱ ----- فصل نهم: کنترل ریزش‌بکه‌ها

۳۸۱ ----- ۹-۱- مقدمه

۳۸۱ ----- ۹-۱-۱- کنترل متمرکز

۳۸۴ ----- ۹-۱-۲- کنترل نامتمرکز

۳۸۵ ----- ۹-۳- کنترل توزیع شده

۳۸۶ ----- ۹-۱-۳- دسته‌بندی الگوریتم‌های ارتباطی از منظر زیرسیستم‌ها

۳۸۶ ----- ۹-۲- دسته‌بندی الگوریتم‌های ارتباطی از منظر کنترل‌کننده‌ها

۳۸۷ ----- ۹-۱-۳-۱- دسته‌بندی الگوریتم‌های ارتباطی از منظر شاخص عملکرد

۳۸۷ ----- ۹-۱-۴- کنترل سلسله مراتبی

۳۹۰ ----- ۹-۲- کنترل در ریزش‌بکه‌ها

۳۹۰ ----- ۹-۲-۱- استراتژی کنترلی در ریزش‌بکه

۳۹۰ ----- ۹-۲-۲- استراتژی‌های کنترل مدیریت توان منبع

۳۹۱ ----- ۹-۲-۲-۱- کنترل متمرکز تحت نظارت کنترل‌کننده مرکزی ریزش‌بکه

۳۹۱ ----- ۹-۲-۲-۱-۱- لینک مخابراتی

۳۹۲ ----- ۹-۲-۲-۲- دسته‌بندی کنترل‌کننده مرکزی

۳۹۳ ----- ۹-۲-۲-۳- مزایا و چالش‌های روش کنترل مرکزی

۳۹۴ ----- ۹-۲-۲-۲- کنترل غیرمتمرکز ریزش‌بکه

۳۹۶ ----- ۹-۲-۲-۱- مزایا و چالش‌های روش کنترل غیرمتمرکز

۳۹۷ ----- ۹-۲-۲-۳- کنترل سلسله مراتبی ریزش‌بکه

۳۹۸ ----- ۹-۲-۲-۱-۳- کنترل اولیه

۳۹۸ ----- ۹-۲-۲-۲-۳- کنترل ثانویه

۴۰۰ ----- ۹-۲-۲-۳-۳- کنترل اتالشیه

۴۰۲ ----- ۹-۳- جمع‌بندی

۴۰۲ ----- منابع و مراجع فصل

۴۰۵ ----- فصل دهم: حفاظت در ریزش‌بکه‌ها

۴۰۵ ----- ۱۰-۱- مقدمه

- ۱-۱-۱۰- رله‌های پرکاربرد ----- ۴۰۶
- ۱-۱-۲- شاخص‌های یک سیستم حفاظت ----- ۴۰۷
- ۱-۲- ویزگی‌های حفاظت در شبکه‌های سنتی و ریزشبکه‌ها ----- ۴۰۸
- ۱-۳- مشکلات حفاظتی ریزشبکه‌ها ----- ۴۰۸
- ۱-۳-۱- کاهش جریان خطا ----- ۴۰۹
- ۱-۳-۲- حضور DGهای متصل شده به شبکه از طریق اینورتر ----- ۴۱۲
- ۱-۳-۳- تغییر جریان خطا با تغییر مد عملکرد ریزشبکه ----- ۴۱۲
- ۱-۳-۴- کاهش مدت زمان مجاز رفع خطا ----- ۴۱۲
- ۱-۴- قطع شدن اشتباه رله ----- ۴۱۳
- ۱-۴-۶- تغییر توپولوژی ریز شبکه‌ها ----- ۴۱۴
- ۱-۴-۷- کاهش برد رله‌های دیستانس ----- ۴۱۴
- ۱-۴-۸- تغییر توان به جهت بر پروفیل ولتاژ خطا ----- ۴۱۵
- ۱-۴-۹- جزیر ای شدن ریز شبکه‌ها و منابع تولید پراکنده ----- ۴۱۷
- ۱-۴-۹-۱- خازن‌ها و منابع تولید پراکنده ----- ۴۱۷
- ۱-۴- الگوریتم پیشنهادی برای انتخاب واحد تولید پراکنده در ریزشبکه از نظر حفاظتی ----- ۴۲۳
- ۱-۵- طرح‌های حفاظتی در ریزشبکه‌ها ----- ۴۲۳
- ۱-۵-۱- طرح حفاظتی بر مبنای رله‌های جریان ----- ۴۲۵
- ۱-۵-۲- طرح حفاظتی بر مبنای رله‌های ولتاژ ----- ۴۲۸
- ۱-۵-۳- طرح حفاظتی بر مبنای مؤلفه‌های متقارن ----- ۴۲۸
- ۱-۵-۴- طرح حفاظتی بر مبنای سنجش مؤلفه‌های هارمونیک ----- ۴۲۸
- ۱-۵-۵- طرح حفاظتی با استفاده از رله‌های دیستانس ----- ۴۲۹
- ۱-۶- حفاظت تطبیقی ----- ۴۲۹
- ۱-۶-۱- لزوم استفاده از سیستم‌های تطبیقی ----- ۴۳۰
- ۱-۶-۲- روند کلی حفاظت تطبیقی ----- ۴۳۰
- ۱-۶-۳- ناحیه‌بندی شبکه ----- ۴۳۲
- ۱-۶-۴- آنالیز اتصال کوتاه ----- ۴۳۳
- ۱-۶-۵- تشخیص خطا و نوع خطا ----- ۴۳۴
- ۱-۶-۶- تشخیص محل خطا ----- ۴۳۶
- ۱-۶-۷- عملکرد On-Line و Off-Line در حفاظت تطبیقی ----- ۴۳۷

- ۴۳۸----- On-Line عملکرد ۱-۳-۶-۱۰
- ۴۳۹----- Off-Line عملکرد ۲-۳-۶-۱۰
- ۴۴۲----- عملیات قفل جهتی ۳-۳-۶-۱۰
- ۴۴۴----- انواع طرح‌های حفاظتی تطبیقی ۴-۶-۱۰
- ۴۴۵----- سیستم حفاظتی بر مبنای اطلاعات محلی ۱-۴-۶-۱۰
- ۴۴۶----- سیستم حفاظتی غیر محلی بر مبنای شبکه‌های الکتریکی هوشمند ۲-۴-۶-۱۰
- ۴۴۵-----
- ۴۴۶----- بر مبنای ترکیبی از حفاظت‌های محلی و نیز غیر محلی ۳-۴-۶-۱۰
- ۴۴۷----- نمونه‌ای از ساختار حفاظت تطبیقی بر مبنای حفاظت دیفرانسیل ۵-۱۰
- ۴۵۰----- حفاظت سوئیچ ۷-۱۰
- ۴۵۰----- حفاظت ضد جز به‌ای شدن تولید پراکنده ۸-۱۰
- ۴۵۱----- حفاظت ضد جز به‌ای شدن برای تولید پراکنده ۱-۸-۱۰
- ۴۵۲----- رله فازی ۱-۸-۱۰
- ۴۵۳----- نرخ تغییرات فرکانس ۲-۸-۱۰
- ۴۵۴----- رله جابجایی فاز ۳-۸-۱۰
- ۴۵۶----- روش‌های حفاظتی برای حل مسائل افزایش جریان خطا در حضور DG ۹-۱۰
- ۴۵۸----- جمع‌بندی ۱۰-۱۰
- ۴۵۸----- منابع و مراجع
- ۴۶۳----- فصل یازدهم: شبکه‌های مخابراتی
- ۴۶۳----- ۱-۱۱ مقدمه
- ۴۶۴----- ۲-۱۱ شبکه ارتباطی دیجیتال
- ۴۶۴----- ۱-۲-۱۱ رادیو و تلویزیون
- ۴۶۵----- ۲-۲-۱۱ شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت
- ۴۶۶----- ۱-۲-۲-۱۱ شبکه‌های کامپیوتری ساده و شبکه‌های مکتبی به سرور
- ۴۶۷----- ۲-۲-۲-۱۱ انواع شبکه از دیدگاه کانال ارتباطی
- ۴۶۷----- ۳-۲-۲-۱۱ انواع شبکه‌های کامپیوتری بر حسب اندازه‌ی شبکه
- ۴۶۹----- ۴-۲-۲-۱۱ انواع شبکه‌ی ارتباطی از دیدگاه فناوری انتقال
- ۴۷۰----- ۵-۲-۲-۱۱ تکنیک‌های سوئیچینگ
- ۴۷۱----- ۳-۲-۲-۱۱ انواع فناوری‌های نوین مخابراتی

- ۴۷۱-۱-۳-۲-۱۱- فیبر نوری
- ۴۷۲-۲-۳-۲-۱۱- LTE
- ۴۷۲-۳-۳-۲-۱۱- رادیوی شناختگر
- ۴۷۲-۴-۳-۲-۱۱- سرویس‌ها و محاسبات ابری
- ۴۷۳-۵-۳-۲-۱۱- نسخه ششم پروتکل اینترنت (IPv6)
- ۴۷۳-۶-۳-۲-۱۱- فمتوسل
- ۳-۱۱- شبکه مخابراتی برای شبکه هوشمند
- ۴۷۳-۱-۳-۱۱- خصوصیات ایده‌آل برای شبکه مخابراتی مناسب شبکه‌های هوشمند
- ۴۷۴-۲-۳-۱۱- چالش‌های سیستم‌های مخابراتی
- ۴۷۵-۳-۱-۱۱- معیار انتخاب روش ارتباطی
- ۴۷۵-۴-۳-۱۱- انواع شبکه‌ها
- ۴۷۵-۱-۳-۱۱- شبکه‌های دسترسی
- ۴۷۶-۲-۳-۱۱- شبکه‌های توزیع
- ۴۷۶-۳-۴-۳-۱۱- شبکه بی‌سیم گسترده (WAN)
- ۴۷۷-۵-۳-۱۱- تکنولوژی ارتباطی مورد نیاز برای شبکه‌های هوشمند
- ۴۸۰-۱-۵-۳-۱۱- ZigBee
- ۴۸۰-۱-۱-۵-۳-۱۱- مزایا
- ۴۸۱-۲-۱-۵-۳-۱۱- مشکلات
- ۴۸۱-۲-۵-۳-۱۱- Ethernet
- ۴۸۲-۱-۲-۵-۳-۱۱- مزایا و معایب
- ۴۸۲-۳-۵-۳-۱۱- LAN بی‌سیم
- ۴۸۳-۴-۵-۳-۱۱- Bluetooth
- ۴۸۳-۵-۵-۳-۱۱- WiMax
- ۴۸۴-۶-۵-۳-۱۱- ارتباطات سیار
- ۴۸۵-۷-۵-۳-۱۱- MPLS
- ۴۸۶-۸-۵-۳-۱۱- Wireless Mesh
- ۴۸۶-۹-۵-۳-۱۱- ارتباطات شبکه‌ی سلولی
- ۴۸۸-۱-۹-۵-۳-۱۱- مزایا
- ۴۸۹-۲-۹-۵-۳-۱۱- معایب
- ۴۸۹-۱۰-۵-۳-۱۱- PLC
- ۴۹۰-۱-۱۰-۵-۳-۱۱- مزایا

۴۹۰	۱۱-۳-۵-۱۰-۲- معایب
۴۹۱	۱۱-۳-۵-۱۱- DSL
۴۹۱	۱۱-۳-۵-۱۱-۱- مزایا
۴۹۱	۱۱-۳-۵-۱۱-۲- معایب
۴۹۲	۱۱-۳-۶- مقایسه تکنولوژی‌های مخابراتی
۴۹۳	۱۱-۴- فناوری‌های مخابراتی WAN
۴۹۳	۱۱-۴-۱- کاربردها
۴۹۴	۱۱-۴-۲- ادوات WAN
۴۹۴	۱۱-۴-۳- استانداردهای WAN
۴۹۴	۱۱-۵- فناوری‌های LAN
۴۹۵	۱۱-۵-۱- مزایای LAN
۴۹۶	۱۱-۵-۲- چالش‌ها
۴۹۶	۱۱-۶- جمع‌بندی
۴۹۷	منابع و مراجع
۵۰۱	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۵۴۳	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۵۸۳	نمایه