

شبکه‌های توزیع هوشمند

تالیف:

سعد شکرانی

www.ketab.ir

سرشناسه: شکرانی، سعید، ۱۳۶۸-

عنوان و نام پدیدآور: شبکه‌های توزیع هوشمند/تالیف سعید شکرانی.

مشخصات نشر: تهران: سروش برتر، ۱۳۹۹.

مشخصات ظاهری: ۲۱۷ص: مصور (رنگی).

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۲۹۱۴۸-۴

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: شبکه‌های هوشمند توزیع برق

موضوع: Smart power grids

موضوع: برق شهر -- ویریم -- خودکاری

موضوع: Automation -- Elect power distribution

رده بندی کنگره: ۶۰۰۱TK

رده بندی دیویی: ۳۱۹/۶۲۱

شماره کتابشناسی ملی: ۷۲۸۱۹۹۸

شبکه‌های توزیع هوشمند

مؤلف: سعید شکرانی

ناشر: سروش برتر

چاپ اول: ۱۳۹۹

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۲۹۱۴۸-۴

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۳۰۰۰۰ تومان

۱	پیشگفتار
	فصل اول: مقدمه ای بر شبکه های هوشمند الکتریکی
۴	۱-۱- آشنایی با شبکه های توزیع برق هوشمند
۷	۲-۱- شبکه های الکتریکی سستی
۸	۳-۱- ساختار شبکه های هوشمند
۱۲	۴-۱- کنترل و پایش و ارتباطات شبکه
۱۳	۵-۱- برنامه ریزی سیستم های الکتریکی
۱۴	۶-۱- تولیدات پراکنده
۱۶	۷-۱- شبکه های الکتریکی در زمان بحران
۱۶	۸-۱- شبکه های الکتریکی هوشمند
۱۸	۹-۱- اجزا و فناوری های شبکه هوشمند
۲۰	۱۰-۱- ویژگی ها، کاربرد و اهداف شبکه های هوشمند
۲۰	۱-۱۰-۱- سطوح هوشمندسازی شبکه های الکتریکی
۲۲	۲-۱۰-۱- ویژگی های شبکه الکتریکی هوشمند
۲۶	۳-۱۰-۱- مزایای شبکه های هوشمند توزیع برق
۳۲	۴-۱۰-۱- مشخصه های اصلی شبکه های هوشمند
۳۲	۱-۱۰-۱-۴- مشارکت آگاهانه و فعالانه مصرف کنندگان در شبکه های برق هوشمند
۳۳	۱-۱۰-۱-۲-۴- اصلاح تولید و میزان ذخیره
۳۳	۱-۱۰-۱-۳-۴- فراهم آوردن کیفیت توان مورد نیاز

- ۱-۱۰-۴- انعطاف پذیری در قبال اختلالات و بلایای طبیعی ۳۴
- ۱-۱۰-۵- محصولات جدید، خدمات جدید و بازار جدید ۳۴
- ۱-۱۰-۶- کاربرد شبکه‌های هوشمند در راستای بهینه سازی استفاده از تجهیزات و راندمان بالاتر عملکرد ۳۴
- ۱-۱۰-۵- کاربری‌های شبکه‌های برق هوشمند ۳۵
- ۱-۱۰-۱- قابلیت خودکار دستگاه‌های اندازه گیری / زیرساخت‌های اندازه‌گیری پیشرفته (AMI /AMI) ۳۶
- ۱-۱۰-۲- پاسخ به تقاضای مدیریت سمت تقاضا ۳۷
- ۱-۱۰-۳- منابع تولید پراکنده ۳۸
- ۱-۱۰-۴- اتوماسیون توزیع (DS) ۳۸
- ۱-۱۰-۵- آگاهی فراگیر از موقعیت منابع ۳۹
- ۱-۱۰-۶- حمل و نقل الکتریکی ۴۰
- ۱-۱۱- تجربیات کشورهای پیشرو در زمینه شبکه های هوشمند ۴۸
- ۱-۱۲- مشکلات شبکه های هوشمند ۴۹
- ۱-۱۲-۱- عدم کارایی شبکه برق در مدیریت حداکثر تقاضا ۴۹
- ۱-۱۲-۲- عدم توانایی شبکه در تبادل اطلاعات قابل اطمینان ۵۰
- ۱-۱۲-۳- قابلیت محدود شبکه‌ی برق غیر هوشمند در استفاده از منابع تولید پراکنده و منابع انرژی تجدیدپذیر ۵۰
- ۱-۱۲-۴- ناکارآمدی شبکه با گسترش خودروهای الکتریکی و هیبرید الکتریکی (EVs و PHEVs) ۵۱
- ۱-۱۲-۵- مستعد بودن شبکه‌ی غیرهوشمند برای بروز خاموشی و اختلال کیفیت توان ۵۱

۵۲	۱-۱۲-۶- آسیب پذیری شبکه‌های موجود بر اثر بلاهای طبیعی
۵۳	۱-۱۲-۷- قدیمی و منسوخ بودن شبکه برق
فصل دوم: شبکه هوشمند؛ نظامی نوین در صنعت برق	
۵۴	۱-۲-۱- مقدمه
۵۸	۲-۲-۱- انتظارات از شبکه هوشمند
۵۹	۲-۲-۱-۱- دستیابی به بازدهی بالاتر
۵۹	۲-۲-۲- قابلیت خود اصلاحی سیستم
۶۰	۲-۲-۳- گسترش سیستم های کنترلی و مخابراتی شبکه قدرت
۶۱	۲-۲-۴- افزایش قابلیت اطمینان سیستم قدرت
۶۱	۲-۲-۵- پذیرش تردد تردد های پراکنده سستی و تجدیدپذیر
۶۲	۲-۲-۶- فعالسازی مصرف کنندگان
۶۴	۲-۳-۱- شبکه توزیع هوشمند
۶۵	۲-۳-۱-۱- اتوماسیون توزیع
۶۵	۲-۳-۱-۱-۱- زیرساخت ها و کارکردهای اتوماسیون توزیع
۶۶	۲-۳-۱-۲- کارکردهای اتوماسیون در سطح پست و فیوز
۶۸	۲-۳-۱-۳- کارکردهای اتوماسیون در سطح مشترک
۶۹	۲-۳-۱-۴- منافع حاصل از اجرای اتوماسیون
۷۰	۲-۳-۱-۵- بهبود قابلیت اطمینان سیستم از طریق اتوماسیون توزیع
۷۱	۲-۳-۱-۶- اتوماسیون توزیع پیشرفته در شبکه هوشمند
۷۲	۲-۳-۲- سامانه اندازه گیری پیشرفته
۷۵	۲-۳-۳- برنامه های پاسخگویی بار

۷۸	۲-۳-۴- خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه
۸۳	۲-۳-۵- تولیدات پراکنده تجدیدپذیر
۸۵	۲-۴-۱- سیستم های مخابراتی و امنیت اطلاعات در شبکه های هوشمند
۸۶	۲-۴-۱- نقش مخابرات در توسعه شبکه های هوشمند
۸۸	۲-۴-۲- شبکه های مخابرات و امنیت اطلاعات در شبکه های هوشمند
۸۹	۲-۴-۱- ارتباطات بین شبکه ای
۹۰	۲-۴-۲- رده های امنیتی
۹۱	۲-۴-۳- بهره وری و مقیاس پذیری
۹۱	۲-۴-۳- تفاوت های امنیتی در شبکه سازی و شبکه هوشمند برق
۹۳	۲-۵- جمع بندی

فصل سوم: فناوری های مرتبط با شبکه های الکتریکی هوشمند

۹۵	۳-۱- سیستم های SCADA و WAMS
۹۹	۳-۲- اتوماسیون توزیع
۱۰۰	۳-۳- زیرساخت های مخابراتی
۱۰۰	۳-۴- سیستم AMI
۱۱۰	۳-۵- اتوماسیون ساختمان
۱۱۱	۳-۶- سیستم پایش مصرف خانگی
۱۱۴	۳-۷- خودروهای هیبریدی قابل اتصال به شبکه
۱۱۵	۳-۸- برنامه های پاسخگویی بار

فصل چهارم: پاسخگویی بار در شبکه های هوشمند

۱۱۸	۴-۱- مقدمه
-----	------------

- ۱۲۱-۲-۴- شبکه های برق فعلی
- ۱۲۳-۳-۴- شبکه های هوشمند
- ۱۲۵-۴-۴- دلایل تمایل به هوشمندسازی شبکه
- ۱۲۸-۴-۴-۱- انتقال اطلاعات شبکه به طور گسترده به مرکز کنترل
- ۱۲۸-۴-۴-۲- پاسخگویی بار
- ۱۲۹-۴-۴-۳- ذخیره سازی برق
- ۱۲۹-۴-۴-۴- عمل و نقل الکتریکی
- ۱۳۱-۴-۵- تجهیزات اندازه گیری هوشمند
- ۱۳۶-۴-۶- انواع برنامه های پاسخگویی بار
- ۱۴۰-۴-۷- نقش شبکه های هوشمند و اتوماسیون خانگی در برنامه های پاسخگویی بار
- ۱۴۰-۴-۸- اهمیت پاسخگویی بار
- ۱۴۲-۴-۹- مدل های قابل اجرای برنامه های پاسخگویی بار در شبکه هوشمند ایران
- ۱۴۳-۴-۹-۱- برنامه های پاسخگویی زمان استفاده (TOU)
- ۱۴۴-۴-۹-۲- برنامه های قیمت گذاری زمان واقعی (CTP)
- ۱۴۵-۴-۹-۳- برنامه های قیمت گذاری زمان پیک بحرانی (C/P)
- ۱۴۶-۴-۹-۴- قطع/کاهش بار (C/I)
- ۱۴۷-۴-۹-۵- برنامه های فروش دیماند/بازخرید (DB)
- ۱۴۷-۴-۹-۶- برنامه های پاسخگویی بار اضطراری (EDRP)
- ۱۴۸-۴-۹-۷- برنامه های بازار ظرفیت (CAP)
- ۱۴۸-۴-۹-۸- برنامه های خدمات جانبی (S/A)

فصل پنجم: ریزش شبکه‌ها

۱۵۰	۱-۵- مقدمه
۱۵۱	۲-۵- تعریف ریزش شبکه‌ها
۱۵۴	۳-۵- منابع تولید پراکنده: کاربردها و موارد مربوطه
۱۵۹	۴-۵- اجزای ریزش شبکه
۱۶۲	۵-۵- لزوم استفاده از میکروگریدها یا ریزش شبکه‌ها
۱۶۵	۶-۵- تفاوت ریزش شبکه‌ها با نیروگاه‌های مرسوم
۱۶۶	۷-۵- ساختار ریزش شبکه
۱۶۸	۸-۵- موضوعات مهم ریزش شبکه‌ها
۱۶۸	۱-۸-۵- کنترل ولتاژ و فرکانس
۱۶۸	۲-۸-۵- تعادل میان تولید و مصرف
۱۶۹	۳-۸-۵- کیفیت توان
۱۶۹	۴-۸-۵- مخابرات بین المان‌های ریزش شبکه
۱۶۹	۵-۸-۵- پایداری ریزش شبکه حین وقوع اتفاقات در حالت کار حریرهای
۱۷۱	۹-۵- کاربردهای ریزش شبکه
۱۷۳	۱۰-۵- مدهای کاری ریزش شبکه
۱۷۵	۱۱-۵- ضرورت وجود وسایل ذخیره سازی انرژی در ریزش شبکه‌ها
۱۷۵	۱۲-۵- ضرورت پیشبرد ریزش شبکه‌ها در ایران
۱۷۶	۱۳-۵- مدیریت انرژی در ریزش شبکه‌ها
۱۷۸	۱-۱۳-۵- تابع هدف‌های مختلف به دست آمده در مقالات برای مدیریت انرژی
۱۸۹	۲-۱۳-۵- محدودیت‌ها در مساله‌ی مدیریت انرژی

پیشگفتار

با توجه به اهتمام عمومی کشورهای مختلف دنیا در مدرن سازی شبکه های الکتریکی و حرکت به سمت شبکه های هوشمند با هدف افزایش بهره وری و کاهش مصرف انرژی الکتریکی و نیز سهولت پایش و کنترل شبکه های برق، پژوهشگران بسیاری در دانشگاه ها و مراکز صنعتی مشغول مطالعه و نظریه پردازی در این زمینه هستند.

همچنین در سال های اخیر کنفرانس ها و گردهمایی های تخصصی بسیاری در نقاط مختلف دنیا با محوریت شبکه های الکتریکی هوشمند برگزار شده که صاحب نظران به ارائه آخرین نتایج تحقیقات خود و تبادل نظر پرداخته اند. در کشور ما نیز از حدود سال ۱۳۸۸ به همت دسئ اندرکران و مسئولین وزارت نیرو و شرکت های تابعه این موضوع مورد توجه جدی کارسندان و محققین قرار گرفته است و دانشگاه های مختلف با تعریف پایان نامه های مختلف در متع تحصیلات تکمیلی و تهیه مقالات و نیز برگزاری چند دوره سمینارهای تخصصی گام های بسیار بلندی در این زمینه برداشته اند.

این کتاب به بررسی اجمالی مبانی شبکه های هوشمند الکتریکی پرداخته است و با هدف آشنایی عزیزانی که ممکن است اطلاعات پایینی در مورد شبکه های هوشمند نداشته باشند تنظیم گردیده است و امید است خوانندگان را سودمند افتد.

این کتاب در پنج فصل تنظیم شده است. در فصل اول؛ مقدمه ای بر شبکه های هوشمند الکتریکی (آشنایی با شبکه های توزیع برق هوشمند، شبکه های اتصالات سستی، ساختار شبکه های هوشمند، کنترل و پایش و ارتباطات شبکه، برنامه ریزی سیستم های الکتریکی، تولیدات پراکنده، شبکه های الکتریکی مدرن، شبکه های الکتریکی هوشمند، اجزا و فناوری های شبکه هوشمند، ویژگی ها، کاربرد و اهداف شبکه های هوشمند، تجربیات کشورهای پیشرو در زمینه شبکه های هوشمند، مشکلات شبکه های هوشمند و ...).

در فصل دوم؛ شبکه هوشمند؛ نظامی نوین در صنعت برق (انتظارات از شبکه هوشمند، دستیابی به بازدهی بالاتر، قابلیت خود اصلاحی سیستم، گسترش سیستم های کنترلی و مخابراتی شبکه قدرت، افزایش قابلیت اطمینان سیستم قدرت، پذیرش تولیدکننده های

پراکنده سنتی و تجدیدپذیر، فعالسازی مصرف کنندگان، اتوماسیون توزیع، زیرساخت ها و کارکردهای اتوماسیون توزیع، کارکردهای اتوماسیون در سطح پست و فیدر، کارکردهای اتوماسیون در سطح مشترک، منافع حاصل از اجرای اتوماسیون، بهبود قابلیت اطمینان سیستم از طریق اتوماسیون توزیع، اتوماسیون توزیع پیشرفته در شبکه هوشمند، سامانه اندازه گیری پیشرفته، برنامه های پاسخگویی بار، خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه، تولیدات پراکنده تجدیدپذیر، سیستم های مخابراتی و امنیت اطلاعات در شبکه های هوشمند و ...).

در فصل سوم؛ فناوری های مرتبط با شبکه های الکتریکی هوشمند (سیستم های SCADA، MS، و اتوماسیون توزیع، زیرساخت های مخابراتی، سیستم AMI، اتوماسیون ساختمان، سیستم پیش مصرف خانگی، خودروهای هیبریدی قابل اتصال به شبکه و برنامه های پاسخگویی بار)

در فصل چهارم؛ پاسخگویی بار در شبکه های هوشمند (شبکه های برق فعلی، دلایل تمایل به هوشمندسازی شبکه، انتقال اطلاعات شبکه به طور گسترده به مرکز کنترل، پاسخگویی بار، ذخیره سازی برق، حمل و نقل الکتریکی، تجهیزات اندازه گیری هوشمند، انواع برنامه های پاسخگویی بار، نقش شبکه های هوشمند و اتوماسیون خانگی در برنامه های پاسخگویی بار، اهمیت پاسخگویی بار و مدل های قابل اجرای برنامه های پاسخگویی بار در شبکه هوشمند ایران).

در فصل پنجم؛ ریزشبکه ها (تعریف ریزشبکه ها، منابع تولید پراکنده: کاربردها و موارد مربوطه، اجزای ریزشبکه، لزوم استفاده از میکروگریدها یا ریزشبکه ها، تفاوت ریز شبکه ها با نیروگاه های مرسوم، ساختار ریزشبکه، موضوعات مهم ریزشبکه ها، کنترل ولتاژ و

فرکانس، تعادل میان تولید و مصرف، کیفیت توان، مخابرات بین المان های ریزشبکه، پایداری ریزشبکه حین وقوع اتفاقات در حالت کار جزیره ای، کاربردهای ریزشبکه، مدهای کاری ریزشبکه، ضرورت وجود وسایل ذخیره سازی انرژی در ریزشبکه ها، ضرورت پیشبرد ریزشبکه ها در ایران، مدیریت انرژی در ریزشبکه ها، تابع هدف های مختلف به دست آمده، محدودیت ها در مساله ی مدیریت انرژی، نحوه ی حل مساله ی بهینه سازی، شبیه سازی های تکاملی، بهینه سازی با استفاده از الگوریتم (psa).

هر چند تلاش اینجانب بر این بوده است که کتاب جامعی درباره شبکه های توزیع هوشمند برای همه ماضیان فراهم کنم، اما مسلم می دانم که این کتاب نمی تواند هر نوع سلیقه و نیازی را پاسخگو باشد. در نهایت از خوانندگان عزیز درخواست می شود با ارائه نظرات خود نویسنده را از هر گونه کاستی در تالیف، مطلع ساخته تا در چاپ های بعدی نسبت به رفع آن اقدام گردد. ضمن آنکه نویسنده از دریافت نظریات تکمیلی نیز استقبال می نماید.

سعید شکرانی

فصل اول: مقدمه ای بر شبکه های هوشمند الکتریکی

۱-۱- آشنایی با شبکه های توزیع برق هوشمند

شبکه هوشمند مجموعه ای از چند مفهوم کلی است ولی روی هم رفته هدف آن هم جهت ساختن اهداف شرکت های برق، مصرف کنندگان و مسئولین حفظ محیط زیست می باشد. با استفاده از شبکه هوشمند، زیربنای فعلی سیستم انتقال و توزیع که به صورت مرکزی کنترل می شود، به شبکه ای پیشرفته تغییر می یابد که قادر به تشخیص بلادرنگ مشکلات شبکه، برقراری ارتباط با سیستم کامپیوتری مربوطه و پیشگیری یا رفع خودکار خطاها و انحرافات می باشد. سایر مزایای شبکه هوشمند عبارتند از: بهره مندی از منابع تولید با قابلیت اطمینان بیشتر، برقراری ارتباط دوجانبه میان تولیدکننده و مصرف کننده و نیز قیمت دهی دقیق تر بر اساس اطلاعات لحظه ای بازار برق.

اخیراً بحث های زیادی بر مبنای این موضوع که سیستم های توزیع در آینده می توانند و باید چگونه باشند وجود دارد. "شبکه های توزیع هوشمند" یکی از مباحث بسیار جذاب مورد بحث می باشد.

شبکه های هوشمند به تکامل و به روز شدن شبکه های موجود نسبت داده می شوند و شامل مونیتورینگ پیشرفته، اتوماسیون و کنترل توان برق، انتقال و توزیع آن هستند. شبکه ی برق هوشمند از سه نقطه نظر قابل تعریف است. برای مصرف کننده Smart Grid بدین معنی است که آن ها می توانند بروی مصرف خود مدیریت هوشمندانه انجام دهند تا در ساعات پیک که قیمت انرژی گران می باشد، هزینه ی کمتری بپردازند.

برای کارشناسان محیط زیست، این شبکه به معنی استفاده از تکنولوژی جهت کمک به حل تغییرات مضر آب و هوایی و اجتناب از تولید گازهای کربن بیش از اندازه می باشد برای همکاران صنعت برق پیک سایه و تصمیم گیری هوشمندانه و ارائه ی اطلاعات دقیق از وضعیت شبکه است (قاسمی، ۱۳۹۱).