

اصول و طراحی شبکه‌های هوشمند برق

مؤلف: جیمز موموه

ترجمه و تالیف:

مجتبی ناظمیان علایی

حسین رحیمیان

سرشناسه	مومو، جیمز ا.، ۱۹۵۰ م. Momoh, James A.
عنوان و نام پدیدآور	اصول و طراحی شبکه‌های هوشمند برق/ جیمز مومو؛ ترجمه و تالیف مجتبی نازلمیان‌علایی، حسین رحیمیان.
مشخصات نشر	سمنان: آبرخ، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۳۲۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۷۵۹۹-۶۸-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Smart grid : fundamentals of design and analysis. ۲۰۱۲.
یادداشت	کتاب حاضر تحت عنوان "اصول طراحی و تحلیل شبکه‌های هوشمند" با ترجمه محمد اداق زینلی توسط نشر نون در سال ۱۳۹۴ منتشر شده است.
یادداشت	کتابخانه
عنوان دیگر	اصول طراحی و تحلیل شبکه‌های هوشمند.
موضوع	برق نیرو - تورم - خودکاری
موضوع	شبکه‌های هوشمند توزیع برق
شناسه افزوده	ناظمیان‌علایی، مجتبی، ۱۳۶۵، مترجم
شناسه افزوده	رحیمیان، حسین، ۱۳۶۲، مترجم
رده بندی کنگره	TK۳۲۶الف۱۳۹۴ الف۶/۴
رده بندی دیویی	۷۹۳۲/۳۳۳
شماره کتابشناسی ملی	۴۰۶۷۲۱۲



انتشارات آبرخ

اصول و طراحی شبکه‌های هوشمند برق

تالیف: جیمز مومو

ترجمه و تالیف: مجتبی نازلمیان‌علایی، حسین رحیمیان

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ نخست: ۱۳۹۵، چاپ: پارسه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۷۵۹۹-۶۸-۹

ISBN: 978-964-7599-68-9

انتشارات آبرخ، سمنان، صندوق پستی ۳۵۱۳۵-۴۶۵

فهرست مطالب

۱۵	پیشگفتار
	فصل اول : طراحی معماری شبکه هوشمند
۱۹	مقدمه
۲۱	شبکه برق امروزی در مقابل شبکه‌های هوشمند
۲۱	ساختار اصلی شبکه‌های هوشمند
۲۲	دیدگاه کالوین بران یک سیستم هوشمند
۲۳	ابزارهای موثر در استفاده از انرژی هوشمند
۲۴	معیار طراحی
۲۴	روند رسیدن به سیستم قدرت کامل
۲۴	ارزیابی پیگیرندگی سیستم قدرت کامل
۲۵	ساختمان سیستم قدرت یکپارچه
۲۶	مزایای سیستم قدرت کامل و پتانسیل‌های نوآوری
۲۷	سیستم‌های دارای ساختار قدرت یکپارچه
۲۷	مزایای یک ساختمان با سیستم قدرت یکپارچه و پتانسیل‌های نوآوری مرتبط
۲۸	سیستم‌های قدرت پراکنده
۲۸	مزایای سیستم قدرت پراکنده و پتانسیل‌های نوآوری مرتبط
۲۹	سیستم قدرت کاملاً یکپارچه در شبکه توزیع هوشمند
۳۰	شبکه هوشمند از دید پاسخ به تقاضا و سیستم‌های انرژی دینامیک
۳۱	سیستم‌های کنترلی پیشرفته
۳۳	هوش محاسباتی
۳۴	ارتباطات مغایرات و استانداردهای مرتبط با آن
۳۵	محیط زیست و شرایط اقتصادی آن اقتصاد
۳۸	موسسات تحقیقاتی
۴۰	تعریف کار مبتنی بر اندازه‌گیری عملکردها در شبکه هوشمند
۴۲	معرفی بخش معماری

- ۴۲ عملکرد اجزای شبکه های هوشمند
- ۴۳ اجزا واسط بین دستگاه هوشمند
- ۴۴ اجزای زیر سیستم شبکه توزیع هوشمند

فصل دوم : ارتباطات و تکنولوژی اندازه گیری

- ۴۹ اندازه گیری هوشمند
- ۵۰ برنامه های سنجش هوشمند
- ۵۱ زیر ساخت ، اندازه گیری هوشمند
- ۵۳ مزایای زیر ساخت ، اندازه گیری هوشمند
- ۵۴ تکنولوژی های زیر ساخت اندازه گیری پیشرفته
- ۵۴ کنتور های هوشمند
- ۵۸ مانیتور کردن ، PMU ، ابزار های هوشمند تکنولوژی اندازه گیری
- ۵۹ سیستم های نظارت بر مناطق گسترده
- ۶۰ واحدهای اندازه گیری فازور (PMU)
- ۶۱ ابزار های هوشمند
- ۶۲ زیر ساخت اندازه گیری پیشرفته AMI
- ۶۳ سیستم اطلاعات جغرافیایی و گوگل ابزار نقشه برداری
- ۶۴ فناوری سیستم چند عاملی
- ۶۶ سیستم چند عاملی برای پیاده سازی شبکه هوشمند
- ۶۶ مشخصات چند عاملی multi-agent
- ۶۸ تکنیک چند عاملی
- ۶۹ شبکه های کوچک در مقایسه با شبکه های هوشمند

فصل سوم : ابزار آنالیز عملکرد طراحی شبکه های هوشمند

- ۷۳ مقدمه مطالعات پخش بار
- ۷۳ چالش مساله پخش بار در شبکه های هوشمند و معایب روش پخش بار ارایه شده

۷۵	بخش بار پیشرفته و جدید: کلاسیک - فرمولاسیون گسترده و الگوریتم
۷۶	روش گوسی - سایدل
۷۷	مدل نیوتن - رافسون
۷۸	روش بخش بار مجزا سریع
۷۸	روش‌های توزیع جریان بار الکتریکی
۸۳	اثر مدیریت تراکم
۸۴	بخش بار برای طراحی شبکه هوشمند
۸۷	حالتی برای تحلیلهای دینامیکی بهینه جریان برق (DSOPF)
۸۸	کاربردهای DSOPF در شبکه هوشمند
۸۹	ارزیابی امنیت استاتیک (SSA) و احتمالات مرتبط به آن
۹۴	شاخص‌های عملکردی
۹۶	روش مبتنی بر حساسیت
۹۷	مطالعات‌های احتمالی برای شبکه‌های هوشمند

فصل چهارم: ابزارهای تحلیل پایداری شبکه هوشمند

۱۰۱	مقدمه‌ای بر پایداری
۱۰۱	نقاط قوت و ضعف ابزارهای تحلیل پایداری و تناژ موجود
۱۰۲	ابزارها و تکنیک‌های مناسب دیگر شامل موارد زیر می باشد
۱۰۷	ارزیابی پایداری و تناژ
۱۰۹	پایداری و افت و تناژ
۱۱۱	طبقه‌بندی پایداری و تناژ
۱۱۲	پایداری ایستا (استاتیک) (ناپایداری نوع ۱)
۱۱۳	تکنیک‌های تحلیل مطالعات پایداری و تناژ دینامیکی
۱۱۴	طبقه بندی ناپایداری های و تناژ
۱۱۵	تکنیک‌های ارزیابی پایداری و تناژ

۱۱۶ تکنیک‌های ارزیابی بایرداری و لتاز

۱۱۸ شماره موقعیت ماتریس زاگوین

۱۱۹ شاخص گذاری بایرداری و لتاز

۱۲۳ تکنیک‌های تحلیل برای مطالعات بایرداری و لتاز وضعیت ثابت

۱۲۴ روش‌های مستقیم برای یافتن نقاط افت و لتاز

۱۲۶ طرح استفاده و پیاده‌سازی بایرداری و لتاز

۱۲۷ بهینه‌سازی الزام بایرداری از طریق کنترل باز داده بایرداری و لتاز

۱۲۹ ارزیابی بایرداری زامه

۱۳۲ بایرداری ناپایدا

۱۳۴ کاربرد بایرداری برای سیستم توان برقی قابل استفاده

۱۳۵ مرحله منطقه بایرداری

۱۳۸ الگوریتم برای یافتن کنترل UEP

۱۴۰ برآورد وضعیت (SE)

۱۴۵ فرمول بندی ریاضی برای برآورد مجذور کوچکترین میزان

۱۴۸ تحلیل پیش از برآورد

۱۵۱ تحلیل پس از برآورد

۱۵۳ برآورد وضعیت قوی

۱۶۲ برآورد وضعیت دینامیک

فصل پنجم: ابزارهای محاسباتی برای طراحی شبکه هوشمند

۱۶۵ ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری (DS)

۱۶۷ برنامه‌نویسی سلسله مراتبی تحلیلی (AHP)

۱۶۸ تکنیک‌های بهینه‌سازی

۱۶۸ روش بهینه‌سازی کلاسیک

۱۶۸ برنامه‌ریزی خطی

۱۷۰ برنامه‌ریزی غیرخطی

۱۷۱	برنامه‌نویسی اعداد صحیح
۱۷۳	برنامه‌نویسی دینامیکی
۱۷۳	برنامه‌نویسی تصادفی و برنامه‌نویسی محدود به شانس (CCP)
۱۷۵	بهینه‌سازی ابتکاری
۱۷۶	شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)
۱۷۹	سیستم خبره (ES)
۱۸۰	تکنیک‌های محاسباتی تکاملی
۱۸۱	الگوریتم ژنتیک (GA)
۱۸۱	بهینه‌سازی مجموعه ذرات (PSO)
۱۸۲	الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان
۱۸۴	تکنیک‌های برنامه‌نویسی دینامیک و قابل‌سازگاری
۱۸۷	روش Paret
۱۸۸	پیوند دادن تکنیک‌های بهینه‌سازی و برنامه‌های ۱۲ برده‌ای در شبکه‌های هوشمند
۱۸۹	موضوعات و چالش‌های محاسباتی

فصل ششم: راه و روش‌های طراحی شبکه هوشمند

۱۹۵	معرفی روش‌های طراحی شبکه هوشمند
۱۹۶	موانع، راه حل‌ها
۱۹۷	برنامه‌ریزی سیستم و سطح حفاظت
۱۹۷	سطح به مزایده‌گذاری انرژی
۱۹۹	اتوماتیک‌سازی سطح عمومی
۲۰۰	قابلیت اطمینان
۲۰۱	ارسال اقتصادی
۲۰۵	تحلیل امنیتی
۲۰۷	پیش‌نیاز خودکارسازی سیستم توزیع در شبکه قدرت
۲۰۷	کنترل وار / ولتاژ

۲۰۹	کیفیت توان
۲۱۱	بیکربندی دوباره شبکه
۲۱۳	در خواست‌هایی جهت کنترل انطباقی و بهینه سازی
۲۱۵	خلاصه

فصل هفتم: استراژی، راه‌اندازی و بهره‌وری در شبکه هوشمند

۲۱۷	لزوم توجه به راندمان و بهره‌وری در شبکه‌های هوشمند
۲۱۸	راندمان در استراتژی‌های ملی
۲۱۹	موانع موجود برای بازسازی راندمان بیشتر
۲۲۱	کسب قیمت‌های بیشتر
۲۲۳	روش‌های تدبیر بازده انرژی
۲۲۵	مصرف برق در نیروگاه
۲۲۸	ایجاد فضای مطلوب و گرمایشی از آلودگی در نیروگاه‌ها
۲۳۰	استانداردهای راندمان ترانسفورماتورهای جدید
۲۳۱	تکنولوژی ترانسفورماتور پیشرفته
۲۳۱	اتوماسیون پیشرفته

فصل هشتم: انرژی تجدیدپذیر و نحوه بهره‌سازی

۲۳۷	خدمت تولید تجدیدپذیر
۲۳۸	مدیریت مصرف مشترکین
۲۳۸	بشتیبانی و لتاز
۲۳۹	تکنولوژی‌های ذخیره انرژی
۲۴۱	تکامل باتری‌ها
۲۴۲	باتری شارژی
۲۴۳	پیل سوختی و الکترولیز گر هیدروژن
۲۴۳	سوپر سانا
۲۴۴	سوپر خازن‌ها

۲۴۴	تلمبه ذخیره ای
۲۴۵	انرژی خورشیدی
۲۴۵	تکنولوژی نیروی خورشیدی
۲۴۶	مدلسازی سیستم‌های PV
۲۴۸	سیستم‌های توربین بادی
۲۵۰	پیل سوختی
۲۵۳	پمپ‌های گرمایی زمین حرارتی
۲۵۳	مسائل نفوذ و تغییر پذیری وابسته به تکنولوژی انرژی ادامه یافتنی
۲۵۵	مسائل تأثیر تقاضا
۲۵۶	وسایل الکتریکی و دوازه‌های متصل به برق
۲۵۷	تکنولوژی PHEV
۲۵۸	تأثیر PHV بر شبکه
۲۵۹	تکنولوژی‌های ذخیره سازی
۲۶۲	شارژ خودروهای برقی و هیبریدی
۲۶۲	تأثیر خودروهای هیبریدی بر شبکه توزیع

فصل نهم: امنیت سایبری شبکه هوشمند

۲۶۵	امنیت سایبری شبکه هوشمند
۲۶۵	بیشرفته‌ترین امنیت سایبری
۲۶۷	استراتژی امنیتی شبکه‌های هوشمند
۲۶۹	بکارگیری ساختارهای کنترل ایمنی در شبکه هوشمند
۲۷۱	مدیریت و ساماندهی بحران در سرتاسر شبکه هوشمند
۲۷۴	امنیت اینترنتی شبکه هوشمند
۲۷۵	بتانسیل خطر در شبکه‌های هوشمند
۲۷۶	عملکرد شبکه هوشمند در اتوماسیون توزیع چیست؟

۲۸۷	استانداردها
۲۸۰	رویکرد استانداردهای برهم عمل پذیری شبکه هوشمند
۲۸۲	نگرانی‌های امنیت سایبری در رابطه با AMI
۲۸۳	شیوه کاهش خطرات امنیت سایبری
۲۸۵	امنیت سایبری و عملکرد ممکن جهت اصلاح اصول برای دیگر کاربران

فصل دهم : تحقیقات ، آموزش به منظور شبکه هوشمند

۲۸۹	چرخه‌ها، پژوهش توسعه شبکه هوشمند
۲۹۱	اقدامات پژوهش در مورد شبکه هوشمند
۲۹۲	آموزش شبکه هوشمند
۲۹۶	آموزش و توسعه حرفه‌ای
۲۹۷	خلاصه

فصل یازدهم : بررسی مورد وبسترهای آزمایشی شبکه هوشمند

۳۰۱	پروژه‌های استدلالی
۳۰۲	ریز شبکه به همراه انرژی تجدید پذیر
۳۱۲	مورد یکپارچه سازی (منابع انرژی تجدید پذیر) RER
۳۱۴	شیوه‌ای به منظور کاربردهای شبکه هوشمند
۳۱۵	اوج قیمت گذاری سنجشگر: (CPP)
۳۱۵	بسته‌های آزمایش و سیستم‌های معیار
۳۱۶	مزایای انتقال هوشمند
۳۱۶	خلاصه هوشمند

امروزه صنعت برق را می‌توان یکی از پایه‌های اصلی اقتصادی و صنعتی هر کشوری دانست. نیاز به انرژی الکتریکی با پیشرفت و رشد فناوری، صنایع و جمعیت، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. شبکه برق فعلی از جنبه‌های مختلفی نیازمند بهبود می‌باشد، بسیاری از مشکلات این سامانه را می‌توان به وسیله هوشمندسازی برطرف کرد. هر سامانه قدرتی تنها یک هدف نهایی را دنبال می‌کند و آن تأمین و تحویل انرژی با کیفیت و قابلیت اطمینان مطلوب به مشتریان می‌باشد. در واقع، جلوگیری از قطع برق مشترکین، فاکتور اصلی رضایتمندی آنهاست. در این کتاب به طور مفصل و جامع به بررسی شبکه‌های هوشمند الکتریکی اصول طراحی و عملکردی این شبکه‌ها پرداخته می‌شود. سپس خودترمیمی به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم شبکه‌های هوشمند در وجود قابلیت اطمینان بررسی می‌شود. یکی از مهمترین موضوعات در سامانه‌های قدرت مسأله خازنی‌ها در سامانه است که به علت ضعف در زیرساخت‌ها و یا وقوع خطاهای انسانی یا طبیعی می‌تواند قدرت پدید می‌آید. مسأله حذف کامل خاموشی‌ها در سامانه قدرت به دلیل وجود خدش‌ها یا منشاء طبیعی یا غیرقابل پیش‌بینی، کاملاً بعید به نظر می‌رسد، مگر با پیشرفت فناوری در آینده، سامانه را به گونه‌ای طراحی کرد که از در معرض خطا قرارگرفتن به طور کامل دور باشد. در این حاکمیت، می‌توان در جهت کاهش میزان زمان وقفه‌ها در سامانه‌های قدرت مانور داد و با استفاده از فناوری‌ها و روش‌های جدید در جهت نیل به این هدف گام برداشت. البته در برخی از شرایط می‌توان با پیش‌بینی شرایط موجود در سامانه حتی از وقوع خاموشی جلوگیری کرد.

نیاز به انرژی الکتریکی با پیشرفت و رشد فناوری، صنایع و جمعیت، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. صنعت برق، نه تنها با فراهم کردن منابع جهت برآورد انرژی مورد نیاز صنایع مواجه است، بلکه از طرفی حداقل‌سازی و کاهش اثراتی که بشر بر محیط در ارتباط با تولید این انرژی دارد نیز یکی دیگر از موارد مورد توجه می‌باشد. شبکه هوشمند راه‌حلی برای این چالش است که سود و بازده بسیار زیادی دارد. شبکه‌های توزیع از دیرباز همواره به صورت شعاعی مورد بهره‌برداری قرارگرفته‌اند و همیشه توجه متخصصان بیشتر متوجه بخش‌های تولید و انتقال بوده است. از اینرو مشکلات بخش‌های تولید و انتقال تا حدود زیادی حل شده است اما به دلیل کم‌توجهی به شبکه توزیع، این بخش از سامانه در طی سالیان تغییرات چندانی را در ساختار و بهره‌برداری خود شاهد نبوده است. همواره توسعه شبکه‌های توزیع تنها برحسب نیاز بوده و کمتر برنامه توسعه بلندمدت و حساب شده‌ای برای گسترش و توسعه‌ی آن در نظر گرفته شده است. به بیان دیگر بهره‌برداران شبکه توزیع متناسب با رشد بار

و تقاضای مصرف‌کنندگان جدید، تصمیم به گسترش شبکه توزیع و ایجاد انشعابات جدید می‌گیرند. پیاده‌سازی یک شبکه توزیع امن، قابل اطمینان و کارا بر روی شبکه فعلی نیازمند یک برنامه‌ریزی منسجم است که مسیر حرکت از وضعیت موجود به شبکه هوشمند آینده در آن ارایه شده باشد. شبکه‌های هوشمند توزیع انرژی الکتریکی یکی از جدیدترین فناوری‌های روز دنیا و حاصل سعی و تلاش متخصصین جهت مدرنیزه نمودن شبکه‌های توزیع و ورود به عصر دیجیتال است. اصلی‌ترین هدف، تأمین برق مطمئن و پاسخگویی به نیازهای روبه رشد مشتریان با کمترین خسارت به محیط زیست است. لذا بر آن شدیم که کتابی جامع با عنوان "اصول و طراحی شبکه‌های هوشمند برق" ارایه دهیم تا بتوانیم در ادامه سیر رو به پیشرفت این علم نقشی مهم را ایفا کنیم.

کتاب پیش روی شما در ۱۱ فصل تدوین شده است که تمامی مباحث تحت عنوان اصول طراحی آنالیز شبکه‌های هوشمند را در قالبی ساده و روان پوشش داده شده است. در فصل اول پس از مقایسه شبکه‌های سنتی و هوشمند به نیاز برای ایجاد یک شبکه هوشمند، تعریف شبکه هوشمند و معماری شبکه هوشمند و مزایای این شبکه پرداخته شده است. در ادامه به ساختار ارتباطات و تکنولوژی اندازه‌گیری و مزایای زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند پرداخته شده است. در فصل سوم در مورد اندازه‌گیری عملکرد طراحی شبکه‌های هوشمند و بررسی بخش بار برای طراحی شبکه هوشمند پرداخته شده است. در فصل‌های ادامه به طور جامع و مفصل در مورد نقاط قوت و ضعف ابزارهای تحلیل بار، ولتاژ و ارزیابی پایداری و ناپایداری ولتاژ و نقاط قوت و ضعف ابزارهای تحلیل پایداری، ولتاژ، فرکانس، رانندازی و بهره‌وری در شبکه هوشمند، انرژی تجدیدپذیر و نحوه ذخیره‌سازی، امنیت شبکه‌های هوشمند پرداخته شده است.

در اینجا لازم می‌دانیم از مدیریت محترم عامل شرکت برق استان سمنان جناب آقای مهندس سیدعلی اکبر صباغ و معاونت بهره‌برداری مهندس حمیدرضا ترحمی و کارشناسان برق منطقه ای سمنان آقایان دکتر میثم همتی و مهندس جواد رختی دشت بیاض و جناب آقای مهندس محسن ناظمیان علایی کارشناس امور برق و انرژی‌های نو سازمان صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران و همچنین اساتید محترم دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه سمنان که در این امر بسیار اینجانب را مورد لطف و مساعدت خود قرار دادند قدردانی و سپاسگزاری کنیم.

با سپاس

مجتبی ناظمیان علایی - حسین رحیمیان