



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی

مدرن

برنامه‌ریزی و بهره‌برداری

تألیف:

مسعود علی‌اکبر گلکار (استاد دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

مهدی صدقی (شرکت مدیریت شبکه برق ایران)

علی احمدیان (استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بناب)



شماره ۵۲۱

سرشناسه: علی اکبر گلکار، مسعود، ۱۳۳۳ -
عنوان و نام پدیدآور: شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی مدرن برنامه‌ریزی و بهره‌برداری / تألیف مسعود
علی اکبر گلکار، مهدی صدقی، علی احمدیان.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری: ۳۲۸ ص: مصور (بخشی رنگی)، نمودار.
شابک: 978-622-5234-06-2
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه
موضوع: برق نیرو - توزیع / Electric power distribution/
موضوع: برق - شبکه‌ها / Electric networks/
موضوع: برق - سیستم‌ها - طرح و ساختمان / Electric power systems -- Design and construction/
شناسه افزوده: صدقی، مهدی، ۱۳۶۱ -
شناسه افزوده: احمدیان، علی، ۱۳۶۷ -
رده‌بندی کنگره: TK۳۰۰۱
رده‌بندی دیویی: ۶۲۱ / ۳۱۹
شماره کتابشناسی ملی: ۹۱۰۰۵۷۹

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی مدرن برنامه‌ریزی و بهره‌برداری
مؤلف: دکتر مسعود علی اکبر گلکار، مهندس مهدی صدقی، مهندس علی احمدیان
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: بهمن ۱۴۰۱
شمارگان: ۲۰۰ جلد
چاپ: نقش آفرین
صحافی: گرنامی
قیمت: ۱۳۰,۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی مدرن	۱
۱-۱- شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی سنتی	۲
۱-۲- شبکه‌های توزیع مدرن	۴
فصل دوم: منابع تولید پراکنده انرژی	۱۷
۱-۲- تعریف منابع تولید پراکنده	۱۸
۲-۲- بهره‌برداری از منابع تولید پراکنده	۲۰
۳-۲- مزایای استفاده از منابع تولید پراکنده	۲۰
۴-۲- معایب منابع تولید پراکنده	۲۴
۵-۲- انواع تکنولوژی‌های منابع تولید پراکنده	۲۵
۶-۲- مقایسه انواع تکنولوژی منابع تولید پراکنده	۵۸
۷-۲- اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه	۶۰
فصل سوم: ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی	۶۵
۱-۳- مزایای استفاده از ذخیره‌سازها	۶۶
۲-۳- انواع فناوری‌های ذخیره‌سازی	۶۸
فصل چهارم: خودروهای الکتریکی در شبکه‌های توزیع مدرن	۸۷
۱-۴- دلایل ظهور و اهمیت خودروهای الکتریکی در شبکه‌های توزیع مدرن	۸۸
۲-۴- انواع خودروهای الکتریکی	۹۲
۳-۴- زیرساخت شارژ خودروهای الکتریکی	۹۵
۴-۴- روش‌های اتصال خودروها به شبکه و طریقه شارژ آنها	۹۶
۵-۴- تأثیر متقابل منابع تولید پراکنده تجدیدپذیر و خودروهای الکتریکی بر همدیگر	۱۰۱
۶-۴- اطلاعات موردنیاز برای مدل‌سازی بار خودروهای الکتریکی	۱۰۳
۷-۴- سطوح مختلف شارژ خودروهای الکتریکی	۱۰۵
۸-۴- مدل‌سازی خودروها در شبکه	۱۰۷

۱۱۶	۴-۹- فرسودگی باتری خودروهای الکتریکی
۱۳۱	فصل پنجم: تنظیم ولتاژ و مدیریت توان راکتیو
۱۳۲	۱-۵- مسأله تنظیم ولتاژ
۱۳۶	۲-۵- راهکارهای تنظیم ولتاژ
۱۵۴	۳-۵- مدل سازی قیمت توان راکتیو
۱۵۵	۴-۵- جمع بندی
۱۶۱	فصل ششم: مبدل های الکترونیک قدرت
۱۶۲	۱-۶- انواع مبدل ها
۱۶۷	۲-۶- کنترل مبدل ها
۱۷۹	فصل هفتم: پخش بار در شبکه های توزیع مدرن
۱۸۰	۱-۷- روش های معمول پخش بار
۱۸۲	۲-۷- مدل سازی منابع پراکنده در پخش بار
۱۸۵	۳-۷- روش های پخش بار در شبکه های توزیع مدرن
۲۰۷	۴-۷- پخش بار غیرقطعی
۲۳۳	فصل هشتم: پخش بار بهینه در شبکه های توزیع مدرن
۲۳۴	۱-۸- پخش بار بهینه قطعی
۲۴۸	۲-۸- پخش بار بهینه غیرقطعی
۲۵۳	۳-۸- الگوریتم های ابتکاری
۲۹۹	فصل نهم: برنامه ریزی شبکه های توزیع مدرن
۳۰۰	۱-۹- انواع برنامه ریزی
۳۰۲	۲-۹- تعریف مسأله برنامه ریزی
۳۱۲	۳-۹- روش حل مسأله
۳۱۶	۴-۹- الگوریتم های بهینه سازی فراابتکاری

پیشگفتار

درحالی که تعداد زیادی کتاب در رابطه با تولید و انتقال انرژی الکتریکی نوشته شده است به نظر می‌رسد که بخش توزیع انرژی مورد توجه کمتری قرار گرفته است. این کم توجهی شاید بدین دلیل بوده است که شبکه‌های توزیع در بسیاری از کشورها در ابتدا کوچک و با ظرفیت سرویس‌دهی منطقه کوچکی از شبکه با ظرفیت سرویس‌دهی بالاتری طراحی شده‌اند. با رشد بار و افزایش مصرف در شبکه کم کم احتیاج به طراحی و بهره‌برداری بهینه از شبکه‌های توزیع احساس شد. این رشد باعث جستجوی روش‌های مدرن در طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های توزیع گردید. شبکه‌های توزیع مجبور به بهره‌برداری در راندمان بالاتر با حداقل صرف هزینه شدند. نیاز به طراحی و توسعه شبکه‌های توزیع در این مرحله احساس شد. پس از طراحی بهینه برای بهره‌برداری با راندمان حداکثر از شبکه، روش‌های مدرن بهره‌برداری از شبکه مورد توجه قرار گرفت. با توجه به گستردگی شبکه‌های توزیع و تعداد زیاد پارامترهای آن، استفاده از روش‌های مدرن برای طراحی و بهره‌برداری بهینه ضروری گردید.

شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی در عصر گذار از شبکه‌های توزیع غیرفعال پایدار با انتقال الکتریکی یک طرفه به سمت شبکه‌های توزیع فعال با انتقال الکتریکی دو طرفه هستند. شبکه‌های توزیع بدون هیچ واحد تولید پراکنده غیرفعال هستند؛ زیرا توان الکتریکی توسط سیستم شبکه ملی به‌طور متمرکز تولید و به مشتریان واقع در شبکه‌های توزیع منتقل می‌شود. این شبکه زمانی که واحدهای تولید پراکنده به سیستم توزیع اضافه می‌شوند و منجر به عبور توان دو طرفه در شبکه‌ها شده و آن‌ها تبدیل به شبکه‌های فعال می‌شوند. برای اثر گذاری این انتقال، شرکت‌های توزیع برق بایستی بر توسعه زیرساخت‌های الکتریکی مداوم تأکید داشته باشند و چالش‌های فنی و اقتصادی جهت تغییر عمده در شبکه‌های توزیع را در نظر بگیرند.

شبکه‌های توزیع فعال نیاز به همکاری سیستم‌های انعطاف‌پذیر و کنترل هوشمند با سیستم‌های توزیع هوشمند دارند. برای تولید انرژی پاک از منابع تولید انرژی تجدیدپذیر، شبکه‌های توزیع فعال بایستی تکنولوژی‌های شبکه آینده که منجر به شبکه‌های هوشمند می‌شود را به کار گیرد.

علاوه بر این، تحولات در تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر (که معمولاً منابع تولید نامیده می‌شوند) استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت پیشرفته و برنامه‌های پاسخ بار قابل استفاده با تکنولوژی‌های شبکه‌های هوشمند را فراهم می‌کند و باعث افزایش پیچیدگی در طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های توزیع می‌شود.

موارد فوق از جمله عواملی بود که ما را ترغیب به نوشتن این کتاب نمود. در این کتاب جنبه‌های تئوری و عملی برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی مدرن که

نتیجه بیش از سی سال تدریس و تحقیق در دانشگاه و مراکز تحقیقاتی در داخل و خارج کشور و همکاری با صنعت برق کشور و بعضی از کشورهای دیگر است ارایه شده است.

در این کتاب سعی شده است که آخرین روش‌ها در رابطه با بهره‌برداری و برنامه‌ریزی از شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی مدرن که در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد ارایه گردد. با توجه به تعداد زیاد عناوین مورد مطالعه، سعی شده است که تقریباً تمام موضوعات مطرح در شبکه‌های توزیع مدرن ارایه گردد و مراجع در آخر هر فصل راه را برای مطالعات بیشتر در مورد هر موضوع هموار کرده است.

کتاب حاضر مرجع خوبی برای دانشجویان دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد، و دکتری و مهندسين وزارت نیرو بخصوص در گرایش توزیع انرژی است. در اینجا جا دارد از کلیه همکاران دانشگاهی و صنعت که ما را در نوشتن این کتاب تشویق نمودند و همچنین از همکاری دانشجویان تحصیلات تکمیلی آزمایشگاه مدیریت انرژی و شبکه‌های توزیع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی به‌خصوص آقایان دکتر حمیدرضا جهانگیر، مهندس صالح صادقی، مهندس حنیف طیرانی و مهندس بهزاد وطن‌دوست تشکر نماییم.

مسعود علی اکبرگلکار مهدی صادقی علی احمدیان

www.ketab.ir