

به نام خداوند دانا و عالم بر تمام علوم

نیرودگاه‌های بادی

سیستم‌های قدرت

مؤلف : دکتر مانی خراسانی نژاد

سرشناسه	:	خراسانی نژاد، مانی، ۱۳۶۷ -
عنوان و نام پدیدآور	:	نیروگاه‌های بادی در سیستم‌های قدرت/ مولف مانی خراسانی نژاد.
مشخصات نشر	:	تهران: کاوش نوین ، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	:	۵۸۴ص: مصور.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۹۶۵۲۱-۶-۷
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
موضوع	:	نیروگاه‌های بادی
موضوع	:	Wind power plants
موضوع	:	سیستم‌های تبدیل انرژی باد
موضوع	:	Wind energy conversion systems
موضوع	:	برق -- سیستم‌ها -- کنترل
موضوع	:	Electric power systems -- Control
رده بندی کنگر	:	TK۱۵۴۱
رده بندی دیسی	:	۳۱۲۱۳۶/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۷۶۱۰۵۳

نام کتاب :نیروگاه های بادی در سیستم های قدرت

مؤلف:دکتر مانی خراسانی نژاد

ناشر : انتشارات کاوش نوین

حروفچینی : مریم ستاری

ناظر چاپ:.....مسعود تیرگر

سال نشر : ۱۳۹۸

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۳۰ جلد

قیمت : ۳۰۰۰۰۰ ریال

ISBN : 978-600-96521-6-7

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۶۵۲۱-۶-۷

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.

فهرست مطالب

بخش اول انرژی باد و انواع نیروگاههای بادی	۷ فصل ۱: مقدمه‌ای بر انرژی باد: با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از فعالیت نیروگاه هایی که از سوخت های فسیلی استفاده می کنند، امروزه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر (انرژی های نو) اهمیت ویژه ای یافته است. رویکرد گسترده به انرژی های تجدیدپذیر و حمایت های دولت در این زمینه، باعث شده است که استفاده از فناوری های جدید برای تولید برق در کشور روزبه روز بیشتر شود. یکی از انواع انرژی های تجدیدپذیر، انرژی بادی است که با توجه به بادخیز بودن کشور، دارا بودن مناطق مناسب برای احداث نیروگاه بادی و همچنین قیمت تمام شده مناسب، بیشتر از سایر انواع منابع انرژی تجدیدپذیر مورد توجه قرار گرفته است. ۷ فصل ۲: فناوری های نیروگاههای بادی: امروزه فناوری های بسیار متنوعی در توربین های بادی استفاده می شود. یک نیروگاه بادی شامل صدها توربین می باشد که معمولاً همگی آنها از تکنولوژی مشابهی استفاده می کنند. این فناوری ها از لحاظ قیمت، پیچیدگی، سازگاری، بازدهی استخراج توان با نوع تجهیزات مورد استفاده فرق می کنند. یک توربین بادی نوعی سامانه تبدیل انرژی روتور توپی چرخ برای استخراج توان باد، یک پیشراننده برای افزایش سرعت در سرعت های پایین روتور تا سرعت های بالا برای کنترل ژنراتور و نیز یک ژنراتور القایی به عنوان یک مبدل انرژی الکترومکانیکی می باشد. ۷ فصل ۳: تحلیل عملکرد سامانه های ژنراتور القایی دوسو تغذیه در سیستم تبدیل انرژی: یک سیستم ژنراتور القایی تغذیه دوگانه دارای دارای کلی زیر است: ۱- قسمت آیرودینامیکی که شامل واحد مدلسازی توربین بوده و خروجی آن گشتاور باد است. ۲- قسمت الکتریکی که شامل ژنراتور القایی به همراه مبدل است. ۳- مدل جعبه دنده که ارتباط میان این دو قسمت است. برای شبیه سازی یک واحد ژنراتور القایی تغذیه دوگانه باید همه این بخش ها به درستی مدلسازی شوند. در این فصل به معرفی این واحدها، معادلات حاکم بر اجزای آن و مدلسازی آن پرداخته می شود.
بخش دوم کنترل توان اکتیو-فرکانس و توان راکتیو-ولتاژ در نیروگاههای بادی	۷ فصل ۴: کنترل توان اکتیو - فرکانس در نیروگاههای بادی: کنترل توان اکتیو در نیروگاه های بادی یک قابلیت مهم به شمار می رود. کنترل توان اکتیو مزایای زیادی دارد؛ به ویژه زمانی که باد در حداکثر خود باشد و نیاز به محدود کردن این توان حداکثر وجود داشته باشد. در حال حاضر بیشترین کاربرد کنترل توان اکتیو برای کمک کردن به بهره برداری سیستم در زمان وقوع پیشامدهایی است که ظرفیت سیستم کاهش یافته و شبکه ممکن است دچار اضافه بار شود.

	✓ فصل ۵: کنترل توان راکتیو - ولتاژ در نیروگاههای بادی: برخلاف توان اکتیو، توان راکتیو را نمی توان در مسافت های طولانی انتقال داد و به همین دلیل، نیازمندی های مرتبط با توان راکتیو باید به صورت محلی مورد توجه قرار گیرند. کنترل توان راکتیو معمولاً با کنترل ولتاژ سیستم انتقال و تقاضای توان راکتیو بارها مرتبط است.
بخش سوم الزامات کیفیت توان، حفاظت و مدل سازی نیروگاه بادی به شبکه	✓ فصل ۶: الزامات کیفیت توان نیروگاههای بادی بزرگ به شبکه و بهره برداری از آنها: رویکرد گسترده به انرژی های نو و حمایت های دولت در این زمینه، باعث شده است که استفاده از تکنولوژی های جدید برای تولید برق در کشور روزه روز بیشتر شود. یکی از انواع انرژی های نو، انرژی بادی است که با توجه به بادخیز بودن کشور و دارا بودن منابع مناسب برای احداث نیروگاه بادی و همچنین قیمت مناسب تمام شده، برای تولید برق بسیار به دیگر منابع انرژی نو بیشتر مورد علاقه قرار گرفته است. ✓ فصل ۷: الزامات اتصال نیروگاه بادی به شبکه: در کشورهای صنعتی، بهره بردار شبکه برق با تدوین استاندارد یا دستورالعمل شبکه، قابلیت هایی را برای اتصال به شبکه از نیروگاه های بادی درخواست می کند. برای حصول اطمینان از اینکه یک نیروگاه بادی مطابق با دستورالعملی از پیش تعیین شده عمل می کند، پیش از اتصال به شبکه، باید تست های مرتبه اول با آن دستورالعمل را گذرانده باشد. ✓ فصل ۸: الزامات حفاظت و تحمل خطای نیروگاه بادی به شبکه: در گذشته، نیروگاه های بادی به صورت منابع بریید پراننده مورد استفاده قرار می گرفتند. به دلیل کوچک بودن نیروگاه های بادی و تأثیر کم این نیروگاه ها بر روی شبکه، نصب سیستم های کنترلی و حفاظتی پیچیده صرفه اقتصادی نداشت. ✓ فصل ۹: الزامات حفاظت و عملکرد در حالت خطا برای واحدهای بادی: استفاده از انرژی های نو، به دلیل مسائل زیست محیطی و گرانی سوخت های فسیلی، در سال های اخیر رشد بسیاری نموده است. در میان انواع انرژی های استفاده شده، انرژی باد مورد توجه زیادی قرار گرفته است. از این رو از سال های گذشته تا به امروز، تکنولوژی واحدهای بادی پیشرفت چشم گیری داشته است و همچنان در حال گسترش است.

	✓ فصل ۱۰: الزامات مدل سازی، پایش، کنترل، ارتباطات و ثبت وقایع نیروگاه بادی به شبکه: ارتباطات مزارع بادی با بهره بردار شبکه برای کنترل آن، همانند نیروگاه های سنتی، امری بدیهی است و مالک نیروگاه بادی موظف به تأمین زیرساخت ها و سیگنال های لازم در زمینه فراهم سازی این ارتباطات می باشد تا بتواند اجازه ی اتصال به شبکه را پیدا کند.
بخش سوم دستورالعمل های ثابت بهره بردار و حفاظت شبکه برای اتصال نیروگاه های بادی در ایران	✓ فصل ۱۱: دستورالعمل های ثابت بهره برداری شبکه فشار متوسط: ✓ دستورالعمل های ثابت بهره برداری با هدف تعریف چارچوب اصلی وظائف و نحوه همکاری و هماهنگی عملیات بین مرکز دیسپاچینگ ملی، مراکز دیسپاچینگ مناطق و مسئولین بهره برداری شبکه تولید و انتقال و مشخص نمودن حوزه عملیات و مسئولیت های هر یک از مراکز کنترل تدوین گردیده اند. ✓ فصل ۱۲: دستورالعمل های تعیین حفاظت شبکه های توزیع نیروی برق: حفاظت از سیستم قدرت و تجهیزات بزرگ و کوچک آن یکی از مهم ترین وظایفی است که باید به بهترین صورت انجام پذیرد تا ثبات، پایداری و فعالیت دائم سیستم تضمین شود. این مساله به ویژه در سیستم توزیع انرژی الکتریکی که گسترده ترین بخش در یک سیستم بزرگ قدرت به شمار آید، از اهمیت خاصی برخوردار است.
	✓ فصل ۱۳: پیشنهاد دستورالعمل برای اتصال نیروگاه های بادی در ایران: در دستورالعمل های مختلف، توان محدودکننده و کنترلی متنوعی برای کنترل توان اکتیو نیروگاه های بادی در نظر گرفته می شود. در این مدل، با در نظر گرفتن ضوابط مورد اشاره برای اتصال و بهره برداری نیروگاه های ایران در دستورالعمل اتصال، تغییرات جدیدی در دستورالعمل اتصال مولدهای مقیاس کوچک، پیشنهادهایی برای شبکه ایران ارائه می شود.
بخش چهارم انواع طرح های استفاده از منابع تولید پراکنده در حالت های جدا و متصل به شبکه برق	✓ فصل ۱۴: راهنمای انجام مطالعات فنی جهت طرح اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق: ✓ با توجه به گستردگی گزارشات طرح اتصال و همچنین ضرورت اسناده این مدارها در انجام مطالعات مربوطه ارائه ی راهنما که اولاً اطلاعاتی از قبیل تعارف و داده های مورد نیاز، به طرز کلی در تهیه طرح اتصال مورد نیاز است را جمع بندی کرده و ثانیاً راهبردهای استفاده از نرم افزار و چگونگی تحلیل نتایج هر یک از مطالعات را بیان کند، ضروری به نظر می رسد. ✓ فصل ۱۵: مشخصات فنی تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق: به طور کلی به تجهیزاتی که جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه مورد استفاده قرار می گیرند و امکان بهره برداری صحیح، مطلوب و ایمن از شبکه DG را فراهم می کنند، تجهیزاتی جانبی فنی اطلاق می شود.

فصل ۱۶: الزامات و قیود بهره برداری از منابع تولید پراکنده در حالت‌های جدا و متصل به شبکه: ✓

قابلیت‌های تولید پراکنده در کاهش سرمایه‌گذاری اولیه، کاهش تلفات سیستم، افزایش قابلیت اطمینان شبکه، نزدیکی به مراکز مصرف و عدم نیاز به انتقال انرژی، افزایش ضریب اطمینان در پدافند غیرعامل، افزایش راندمان تولید و امکان جلب مشارکت بخش خصوصی به دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه کمتر از جمله دلایل اصلی تمایل به نصب و بهره‌برداری از این منابع در شبکه به شمار می‌رود.

www.ketab.ir

پیشگفتار مؤلف

با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از فعالیت نیروگاه هایی که از سوخت های فسیلی و یا هسته ای استفاده می کنند، امروزه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر اهمیت ویژه ای یافته است. در این میان، انرژی باد در بین انرژی های تجدیدپذیر یکی از بهترین و اقتصادی ترین منابع های تولید برق می باشد که آلودگی زیست محیطی در پی نداشته و پایان ناپذیر نیز می باشد. بطور کلی با جایگزینی برق تولید شده از انرژی باد به جای برق تولیدی از نیروگاه های سوخت فسیلی می توان از انتشار گازهای گلخانه ای کاست. از طرف دیگر جاذبه های طبیعی و چشم انداز سیستم های انرژی بادی نمادی از انرژی پاک برای مردم تلقی می گردد. امروزه از فناوری های بسیار متنوعی در توربین های بادی استفاده می شود. یک نیروگاه بادی شامل صدها توربین می باشد که معمولاً همگی آنها از فناوری مشابهی استفاده می کنند. این فناوری ها از لحاظ قیمت، پایداری، ساختار، بازدهی استخراج توان با نوع تجهیزات مورد استفاده فرق می کنند.

در این کتاب، با ارائه مفهوم دستورالعمل شبکه به عنوان ضوابطی که شبکه برق کشورها بر مبنای آن اداره می شوند، دستورالعمل کشورهای مختلف چون هند، ایرلند، دانمارک، کانادا، آلمان، انگلستان، آفریقای جنوبی و نیز کشورهای شمال اروپا (Noraic) در زمینه نحوه اتصال نیروگاه های بادی به شبکه و بهره برداری از آنها معرفی و مورد بررسی قرار گرفتند. محورهای کلی این دستورالعمل ها عبارتند از: کنترل توان اکتیو و فرکانس، کنترل توان راکتیو و ولتاژ، الزامات کیفیت توان، الزامات تست اتصال نیروگاه بادی به شبکه، الزامات حفاظت و تحمل خطای نیروگاه های بادی در شبکه، الزامات حفاظت و عملکرد در خطا برای واحدهای بادی، الزامات مدل سازی، پایش، کنترل، ارتباطات و ثبت وقایع نیروگاه بادی به شبکه، دستورالعمل های ثابت بهره برداری شبکه فشار متوسط، دستورالعمل های تعیین معیار حفاظت شبکه های توزیع نیروی برق، پیشنهاد دستورالعمل برای اتصال نیروگاه های بادی در ایران، اسامی انجام مطالعات فنی جهت طرح اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق، مشخصات فنی تجهیزات جانبی مورد نیاز جهت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق، الزامات و قیود بهره برداری از منابع تولید پراکنده در حالت های جدا و متصل به شبکه، طرح شده است. یکی از عوامل مهمی که در بهره برداری بهینه از شبکه تحت پوشش و پایداری آن مؤثر است ارتقاء دانش فنی مهندسان و اپراتور پست های فوق توزیع و انتقال نیرو است. بنابراین از دانشجویان و اساتید محترم انتظار می رود تا با مطالعه دقیق این کتاب نسبت به ارتقاء دانش فنی خود، بهره برداری بهینه و مطمئن، کاهش خطای نیروی انسانی، افزایش

ضریب ایمنی در بهره‌برداری، اجرای صحیح دستورالعمل‌ها و رویه‌های اجرایی در سیستم مدیریت کیفیت و در نهایت کاهش خسارت‌های احتمالی اهتمام ورزند.

لذا نظر به رویکرد تأمین، امنیت پایدار و توسعه صنعت برق و با توجه به سرعت تحولات، تغییرات ساختاری، تحولات اقتصادی، تغییر قوانین و مقررات و تحول در فن‌آوری‌های مورد استفاده در صنعت برق، نیاز به مطالعه در خصوص طراحی و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت به شدت احساس شده تا صنعت برق بتواند در هر شرایطی رسالت خود را به انجام برساند. در این راستا مطالعات و تحقیقات دارای نقشی کلیدی بوده و مراجع معتبر علمی و کاربردی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. بی شک تحقق آرمان صنعت برق با مشارکت و همسویی خانواده صنعت برق ممکن خواهد بود. از این رو این کتاب با عنوان "نیروگاه‌های بادی در سیستم‌های قدرت" با رویکرد ارتقاء علمی و عملی در تولید انرژی‌های پاک و حضور آنها در سیستم‌های قدرت تدوین گردیدیم به بهره‌برداران و پژوهشگران مشتمل بر ۱۶ فصل ارائه گردیده است.

در پایان می‌دانیم هیچ کتاب و اثر ساخته نیست شکر کامل و مطلق و بی نقص نیست (مطلق و کامل فقط خداوند متعال است)، بنابراین از دانش‌پژنان و اداتید ارجمند تقاضا دارم نظرات، پیشنهادات، اشکالات چاپی و علمی کتاب را با شماره تلفن ۷۹۲-۰۹۱۲۲۶۰ و یا ایمیل: Dr_ManiKhorasaninezhad@yahoo.com مس فرمایید. اطلاع بنده برسانند تا در چاپ‌های بعدی آنها را تصحیح نمایم.

دکتر مانی خراسانی نژاد

مدرس دانشگاه