

بسمه تعالی

تولید انرژی الکتریکی

مفاهیم، فن آوری های نوین و کاربردها

مؤلفین:

مهدی مظفری لقا (عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی جاوید جیرفت)

روح الله بلوچ شهریاری (مدیرعامل شرکت مینا نیرو قما دین)

محمد مظفری لقا (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات)

سرشناسه	: مظفری‌لقا، مهدی ۱۳۶۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: تولید انرژی الکتریکی مفاهیم، فنآوری های نوین و کاربردها/ مؤلفین مهدی مظفری‌لقا، روح‌الله بلوچ‌شهریاری، محمد مظفری‌لقا.
مشخصات نشر	: تهران : هوشمند تدبیر، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۳۸۰ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۷۸۷۹-۷۹-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
موضوع	: برق -- تولید
موضوع	: برق -- تولید -- نوآوری
موضوع	: نیروگاه‌های برق
شناسه افزوده	: بلوچ شهریاری روح‌الله، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده	: مظفری‌لقا، محمد، ۱۳۷۱ -
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ ت ۶۰۱/ TK
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۹۹۷۵۴۶

عنوان	: تولید انرژی الکتریکی مفاهیم، فنآوری های نوین و کاربردها
مؤلفین	: مهدی مظفری‌لقا - روح‌الله بلوچ‌شهریاری - محمد مظفری‌لقا
ناشر	: هوشمند تدبیر
مدیر مسئول	: محمد قجر
مدیر اجرایی	: حمید باغبانپور
طرح جلد	: حمید باغبانپور
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۷۸۷۹-۷۹-۵
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
سال انتشار	: چاپ اول، پاییز ۱۳۹۴
قیمت	: ۲۸۵۰۰۰ ریال

نشانی ناشر: تهران - خیابان انقلاب - بین خیابان دانشگاه و خیابان ابوریحان - پلاک ۱۱۷۶ طبقه اول
 نشانی دفتر فروش: تهران - خ کارگر شمالی - قبل از پمپ بنزین امیرآباد - جنب بانک پاسارگاد - پلاک ۱۳۰۸
 طبقه سوم - واحد هفتم
 تلفن: ۶۶۹۱۳۱۶۴ - ۶۶۴۷۹۶۷۵ - ۶۶۴۷۹۶۶۵ همراه: ۰۹۱۲۳۸۶۱۲۶۷

سخن ناشر

"يرفع الله الذين امنوا منكم و الذين اوتوا العلم درجات"

خداوند مقام اهل ایمان و دانشمندان عالم را (در دو جهان) رفیع می گرداند.

یکی از راه‌های کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری زیبایی عقل است؛ علمی که انسان خداجو در آن نشانه‌های معبود را می‌جوید و می‌یابد و علمی که هر چه فزون‌تر می‌گردد، دارنده آن را به خدا نزدیکتر می‌کند. انتشارات هوشمند تدبیر در راستای اشاعه‌ی اهداف آموزشی خود و توجه به علم و دانش و تحقیق و نشر سعی بر آن دارد تا با نشر کتاب‌های دانشگاهی در زمینه‌های مختلف قدمی هر چند کوچک در پیشبرد اهداف عالی خود بر دارد و بار رواج اندیشه‌های برجسته و توسعه‌ی دانش در همه‌ی حوزه‌های مهندسی، علوم انسانی، اجتماعی، طبیعی و ... به تمامی بخش‌های جامعه، علی‌الخصوص قشر دانشگاهی و فرهنگی خدمت کند.

از این رو، انتشارات هوشمند تدبیر با همکاری آقایان مهدی مظفری لقا (عضو هیأت علمی موسسه آموزش عالی جاوید جیرفت)، روح الله بلوچ شهریاری (مدیرعامل شرکت مبنا نیرو قما‌دین) و محمد مظفری لقا (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات) اقدام به آماده سازی و چاپ کتاب حاضر نموده است. این کتاب حاصل تلاش‌های علمی و تجارب آموزشی مولف محترم آن بوده، و امید است بتواند چراغ راهی برای مهندسین، دانشجویان، اساتید، و سایر فعالان در این حوزه باشد.

سر بلند و پیروز باشید

مدیر مسئول انتشارات هوشمند تدبیر

محمد قجر

پیشگفتار

انرژی الکتریکی یکی از نیازهای عمده جهان امروز است و یکی از معیارهای سنجش و رشد و توسعه در هر کشور، میزان سرانه و تولید و مصرف انرژی الکتریکی است. در این راستا، انرژی باید با کیفیت مطلوب و به طور مداوم برای مصرف کنندگان فراهم شود. با توجه به توسعه شتابان مصرف انرژی الکتریکی و از آنجایی که اکثر کتاب های موجود در کشور در زمینه تولید انرژی الکتریکی با تکنولوژی روز فاصله دارند، نیاز به یک مرجع فارسی به روز شده بیش از پیش احساس می شود.

تجدید چاپ های مکرر کتاب های قدیمی مویده این امر و مبین وجود خلا بزرگی در این زمینه است که نویسنده را بر آن داشت، کتابی به روز و کاربردی به رشته تحریر در آورد. کتاب حاضر می تواند به عنوان مرجعی جامع مورد استفاده متخصصان و مهندسان صنعت برق و دانشجویان رشته مهندسی برق قرار گیرد. از طرف دیگر، کتاب به گونه ای نوشته شده است که بخش هایی از آن بتواند به عنوان منبعی برای تدریس درس های مرتبط با انرژی های نو، تولیدات پراکنده و ... مورد استفاده قرار گیرد. مطالب این کتاب حاصل تجربه ۶ سال تدریس اینجانب در دانشگاه های جنوب استان کرمان است. کتاب در ۷ فصل نوشته شده است، در فصل اول به معرفی مزایای انرژی الکتریکی و تاریخچه صنعت برق می پردازیم، در فصل دوم سیستم های قدرت الکتریکی بطور کامل بیان می گردد. و سپس به ارزیابی دینامیکی و در فصل سوم به بررسی مفاهیم اصلی انرژی الکتریکی اختصاص می دهیم. فصل چهارم به بررسی مصرف انرژی الکتریکی اختصاص دارد. فصل پنجم نیز به بررسی تکنولوژی سیستم های انتقال قدرت اختصاص دارد. در فصل ششم به بررسی سیستم های توزیع انرژی الکتریکی می پردازیم.

نگارش و تدوین این کتاب بدون همکاری صمیمانه جناب آقای غلامرضا مظفری لقا میسر نمی گردید. بدین وسیله از زحمات ارزشمند ایشان که در مراحل ابتدایی تدوین متن و تهیه آن ما را یاری نموده اند تشکر و قدردانی می نماییم. با تمام سعی و تلاشی که برای هر چه مفید تر بودن مطالب کتاب به عمل آمده است با کمال تواضع اذعان می‌داریم که خالی از خطا و اشتباه نمی باشد و برای رفع نقایص و کاستی های آن امید به یاری دانشجویان و اساتید محترم داریم.

لذا از تمامی خوانندگان بزرگوار و نکته بین تقاضا می شود، نظرات سازنده خود را به مولف از طریق پست الکترونیکی m.mozaffari@javid.ac.ir منتقل نمایند.

با تشکر

مهدی مظفری لقا (عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی جاوید جیرفت)

روح الله بلوچ شهریاری (مدیرعامل شرکت مینا نیرو قماذین)

محمد مظفری لقا (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات)

بایز ۱۳۹۴

فصل اول: مقدمه ای بر تولید متمرکز انرژی الکتریکی

۲۰	۱-۱- تاریخچه صنعت برق در جهان
۲۳	۲-۱- تاریخچه صنعت برق در ایران
۲۵	۳-۱- مروری بر منابع انرژی
۲۸	۴-۱- اهمیت موضوع
۳۲	۵-۱- انواع انرژی
۳۳	۶-۱- اهمیت انرژی های پاک
۳۵	۷-۱- روش های تولید برق متمرکز
۳۵	۷-۱-۱- نیروگاه دیزلی
۳۶	۷-۱-۲- نیروگاه گازی
۳۸	۷-۱-۳- نیروگاه بخاری
۴۰	۷-۱-۴- نیروگاه سیکل ترکیبی
۴۱	۷-۱-۵- نیروگاه آبی
۴۳	۷-۱-۶- نیروگاه هسته ای
۴۵	۷-۱-۷- نیروگاه تلمبه ذخیره ای
۴۶	۷-۱-۸- نیروگاه خورشیدی
۴۸	۸-۱- تولید برق بصورت پراکنده

فصل دوم: مقدمه ای بر تولید پراکنده انرژی الکتریکی

۵۲	۱-۲- مقدمه
۵۳	۲-۲- تولید پراکنده
۵۳	۳-۲- تاریخچه
۵۴	۴-۲- تعاریف تولید پراکنده
۵۶	۴-۲-۱- ظرفیت تولید پراکنده
۵۸	۵-۲- انواع انرژیهای تجدید شونده

- ۵۸-.....-۱-۵-۲- انرژی برق آبی
- ۵۹-.....-۲-۵-۲- انرژی خورشیدی
- ۶۰-.....-۳-۵-۲- بررسی امکان استفاده از انرژی خورشیدی از دیدگاه اقتصادی
- ۶۲-.....-۴-۵-۲- انرژی باد
- ۶۵-.....-۵-۵-۲- انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال)
- ۶۶-.....-۶-۵-۲- انرژی زیست توده
- ۶۷-.....-۷-۵-۲- انرژی های دریایی
- ۶۸-.....-۸-۵-۲- هیدروژن و پیل سوختی
- ۷۱-.....-۶-۲- گروه بندی تکنولوژی های تولید پراکنده
- ۷۱-.....-۱-۶-۲- موتورهای احتراق داخلی
- ۷۳-.....-۲-۶-۲- توربین های گازی
- ۷۶-.....-۳-۶-۲- میکروتوربین ها
- ۸۱-.....-۴-۶-۲- پیل های سوختی
- ۹۰-.....-۵-۷-۲- توربین های بادی (WT)
- ۹۶-.....-۶-۷-۲- سیستم های فتوولتائیک (PV)
- ۹۸-.....-۲-۴-۱- انواع سلول های PV
- ۹۸-.....-۲-۴-۱-۱- سیلیکون تک کریستاله
- ۹۸-.....-۲-۴-۱-۲- سیلیکون چند کریستاله
- ۹۹-.....-۲-۴-۱-۳- سیلیکون با لایه نازک
- ۹۹-.....-۲-۴-۱-۴- هیبرید
- ۱۰۲-.....-۷-۷-۲- بیوماس
- ۱۰۳-.....-۸-۷-۲- زمین گرمایی
- ۱۰۳-.....-۹-۷-۲- وسایل ذخیره انرژی
- ۱۰۴-.....-۱۰-۷-۲- باتریها
- ۱۰۷-.....-۱۱-۷-۲- سیستم های CHP
- ۱۰۹-.....-۱۲-۷-۲- بررسی اثرات استفاده از تولیدات پراکنده
- ۱۱۲-.....-۱۳-۷-۲- کاربردهای تولید پراکنده
- ۱۱۴-.....-۱۴-۷-۲- مقایسه انواع فن آوری های تولید پراکنده

فصل سوم: بررسی فنی و اقتصادی تولیدات پراکنده در سیستم های قدرت

- ۱-۳-۱- مقدمه ----- ۱۲۰
- ۲-۳-۱- نحوه اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ----- ۱۲۳
- ۲-۳-۲-۱- مستقل از شبکه سراسری برق ----- ۱۲۳
- ۲-۳-۲-۲- متصل به شبکه سراسری برق ----- ۱۲۴
- ۳-۳-۱- مزایای اساسی تولید پراکنده ----- ۱۲۵
- ۳-۳-۱-۱- تامین توان ----- ۱۲۵
- ۳-۳-۲-۱- توان اضطراری ----- ۱۲۵
- ۳-۳-۳-۱- توزیع متعادل بار ----- ۱۲۶
- ۳-۳-۴-۱- بهبود کیفیت توان و قابلیت اطمینان ----- ۱۲۶
- ۳-۳-۵-۱- بهبود پروفیل ولتاژ ----- ۱۲۶
- ۳-۳-۶-۱- افزایش طول عمر تجهیزات ----- ۱۲۶
- ۳-۳-۷-۱- کاهش تلفات ----- ۱۲۷
- ۳-۳-۸-۱- تولید پراکنده و مسائل زیست محیطی ----- ۱۲۷
- ۳-۴-۱- مشکلات اتصال DG به شبکه برق ----- ۱۲۸
- ۳-۴-۱-۱- مشکلات قابلیت اطمینان و کیفیت توان ----- ۱۲۹
- ۳-۴-۲-۱- مسئله کنترل ----- ۱۳۲
- ۳-۴-۳-۱- مسئله امنیت ----- ۱۳۲
- ۳-۴-۴-۱- مسائل محیط زیستی ----- ۱۳۳
- ۳-۴-۵-۱- ابعاد اقتصادی ----- ۱۳۳
- ۳-۵-۱- شرایط فنی اتصال تولیدات پراکنده به شبکه برق ----- ۱۳۵
- ۳-۵-۱-۱- تنظیم ولتاژ ----- ۱۳۶
- ۳-۵-۲-۱- هماهنگی با سیستم زمین شبکه توزیع ----- ۱۳۷
- ۳-۶-۱- بررسی اقتصادی تولیدات پراکنده ----- ۱۴۶
- ۳-۷-۱- تقسیم بندی اقلیمی ایران و جهان ----- ۱۵۲
- ۳-۷-۱-۱- مزایای اقتصادی DG از دید مشترکان ----- ۱۵۵
- ۳-۷-۲-۱- مزایای اقتصادی DG از دید شرکت توزیع ----- ۱۵۶
- ۳-۸-۱- امکان سنجی فنی و اقتصادی احداث واحدهای تولید پراکنده ----- ۱۵۸

- ۹-۳- مدلسازی ریاضی سود و هزینه ۱۶۰
- ۳-۹-۱- تعویق در توسعه ظرفیت پست ۱۶۱
- ۳-۹-۲- کاهش هزینه تأمین توان اکتیو ۱۶۲
- ۳-۹-۳- کاهش هزینه تأمین توان راکتیو ۱۶۴
- ۳-۹-۴- بهبود قابلیت اطمینان سیستم ۱۶۵
- ۳-۱۰- هزینه‌ها ۱۶۷
- ۳-۱۰-۱- هزینه احداث واحد تولیدی ۱۶۷
- ۳-۱۰-۲- هزینه تولید توان ۱۶۷
- ۳-۱۰-۳- هزینه تعمیرات و نگهداری ۱۶۸
- ۳-۱۱- بررسی محدودیت‌ها ۱۶۸

فصل چهارم: انرژی بادی

- ۴-۱- مقدمه ۱۷۴
- ۴-۲- منشاء باد ۱۷۶
- ۴-۳- اندازه‌گیری پتانسیل انرژی باد ۱۷۷
- ۴-۴- قدرت باد ۱۷۸
- ۴-۴-۱- روند تحولات تکنولوژی ۱۷۹
- ۴-۵- مزایای بهره‌برداری از انرژی باد ۱۸۰
- ۴-۶- پتانسیل سنجی سطحی انرژی باد ۱۸۱
- ۴-۷- بادسنج‌ها ۱۸۳
- ۴-۸- توربین‌های بادی ۱۸۴
- ۴-۸-۱- تقسیم‌بندی توربین‌های بادی ۱۸۵
- ۴-۸-۲- دسته‌بندی با معیار هندسی ۱۸۵
- ۴-۸-۳- دسته‌بندی با معیار نیرویی ۱۸۸
- ۴-۸-۴- دسته‌بندی با معیار توان خروجی ۱۸۹
- ۴-۹- توربین‌های بادی محور قائم ۱۹۰
- ۴-۹-۱- توربین‌های پسایی ۱۹۱
- ۴-۹-۲- توربین‌های محور قائم برای ۱۹۲
- ۴-۹-۳- توربین‌های محور قائم ترکیبی ۱۹۵

۱۹۷	۱۰-۴- توربین های بادی محور افقی
۱۹۷	۱۰-۴-۱- توربینهای محور افقی پسایی
۱۹۷	۱۰-۴-۲- توربین های محور افقی برآیی
۲۰۱	۴-۱۱- توربین بادی پره ای
۲۰۴	۴-۱۱-۱- برج
۲۰۶	۴-۱۱-۲- کلاهک
۲۰۷	۴-۱۱-۳- پره ها
۲۰۸	۴-۱۲- توربین بادی داریوس
۲۰۹	۴-۱۲-۱- پایه
۲۱۰	۴-۱۲-۲- پره ها و دیرک
۲۱۲	۴-۱۳- بررسی مولدهای توربین های بادی
۲۱۹	۴-۱۴- طراحی توربین بادی محور عمودی
۲۲۱	۴-۱۴-۱- عملکرد توربین بادی محور عمودی
۲۲۴	۴-۱۴-۲- تعیین ابعاد توربین
۲۲۵	۴-۱۴-۳- اجزای توربین بادی محور عمودی
۲۳۵	۴-۱۵- چشم انداز آینده در خصوص انرژی باد
۲۳۶	۴-۱۵-۱- فعالیت های اجرا شده در زمینه انرژی باد
۲۳۸	۴-۱۵-۲- برنامه های آینده در زمینه انرژی باد

فصل پنجم: انرژی خورشیدی

۲۴۲	۵-۱- تاریخچه سلول خورشیدی
۲۴۵	۵-۲- سلول های خورشیدی و تامین انرژی مورد نیاز
۲۴۸	۵-۳- منبع انرژی خورشیدی
۲۴۹	۵-۴- نیازها و محدودیت های انرژی خورشیدی
۲۵۱	۵-۵- صفحات فوتوولتائیک
۲۵۳	۵-۶- سلول خورشیدی
۲۵۶	۵-۷- میانی فیزیکی سلول های خورشیدی
۲۵۹	۵-۷-۱- مواد تشکیل دهنده سلول های خورشیدی
۲۶۰	۵-۷-۲- استفاده از تکنولوژی نانو در پیل های خورشیدی

۲۶۱	۸-۵- پدیده فتوولتائیک
۲۶۴	۸-۵-۱- ارزیابی پنل فتوولتائیک
۲۶۵	۸-۵-۲- اصول عملکرد پنل فتوولتائیک
۲۶۶	۸-۵-۳- مشخصه الکتریکی پنل فتوولتائیک
۲۶۸	۸-۵-۴- پنل فتوولتائیک متحرک
۲۶۸	۸-۵-۵- تأثیر زاویه تابش نور خورشید بر پنل فتوولتائیک
۲۸۴	۹-۵- مدلسازی پنل های فتوولتائیک
۲۸۹	۱۰-۵- سیستم دنبال کننده حداکثر توان (MPPT)
۲۹۰	۱۰-۵-۱- روش P&O (Perturbation & Observation)
۲۹۰	۱۱-۵- برآورد هزینه سیستم های فتوولتائیک
۲۹۲	۱۲-۵- مدل رقابتی سیستم های فتوولتائیک در بازار برق
۲۹۳	۱۲-۵-۱- تقاضا
۲۹۶	۱۲-۵-۲- تساوی
۲۹۸	۱۲-۵-۳- تعادل بین هزینه سیستم و میزان تابش خورشید

فصل ششم: پیل سوختی

۳۰۲	۶-۱- تاریخچه
۳۰۴	۶-۲- شناخت کلی پیل سوختی
۳۰۷	۶-۳- کاربردهای پیل سوختی
۳۰۹	۶-۴- واکنش های پیل سوختی
۳۰۹	۶-۴-۱- کاتالیزور
۳۱۰	۶-۴-۲- مرز سه فازی
۳۱۲	۶-۴-۳- بستر
۳۱۳	۶-۵- اصول اساسی کار
۳۱۵	۶-۶- مزایای پیل سوختی
۳۱۷	۶-۷- معایب پیل سوختی
۳۱۸	۶-۸- انواع عمده پیل های سوختی
۳۲۰	۶-۹- روش های تولید پیل سوختی
۳۲۱	۶-۱۰- طراحی انبار

۳۲۱	۱-۱۰-۶ طرح صفحه ای و استوانه ای
۳۲۳	۲-۱۰-۶ طرح چند مسیره
۳۲۴	۱۱-۶ پیل های سوختی نیروگاهی
۳۲۵	۱-۱۱-۶ بررسی بر مراکز داده و مزارع سرور
۳۲۹	۱۲-۶ مدلسازی دینامیکی سیستم پیل سوختی
۳۳۲	۱-۱۲-۶ مدل دینامیکی الکترولايزر
۳۳۳	۲-۱۲-۶ مدل مبدل توان DC/DC
۳۳۳	۳-۱۲-۶ مدل مبدل توان DC/AC
۳۳۴	۴-۱۲-۶ مدل کنترلرها
۳۳۴	۵-۱۲-۶ بررسی نتایج مدل
۳۳۶	۱۳-۶ عملکرد حرارتی پیل سوختی
۳۳۷	۱-۱۳-۶ آثار عملکرد حرارتی

فصل هفتم: تولید همزمان برق و حرارت (CHP)

۳۴۲	۱-۷ مقدمه
۳۴۵	۲-۷ تولید همزمان برق و حرارت (CHP)
۳۴۸	۳-۷ روشهای تولید همزمان برق و حرارت
۳۴۸	۱-۳-۷ نیروگاه های زیر کشدار
۳۴۹	۲-۳-۷ نیروگاه های پس فشاری
۳۵۱	۳-۳-۷ نیروگاه های گازی
۳۵۲	۴-۳-۷ نیروگاه های سیکل ترکیبی
۳۵۴	۵-۳-۷ نیروگاه های مجهز به موتورهای رفت و برگشتی
۳۵۷	۴-۷ فواید تولید همزمان برق و حرارت
۳۶۰	۵-۷ قیمت تمام شده برق
۳۶۰	۱-۵-۷ موتور ژنراتور گازسوز
۳۶۱	۲-۵-۷ توربین گاز با بویلر بازیافت
۳۶۷	۸-۵ میزان انتشار آلودگی هوا و محدودیت انتشار
۳۶۹	۱-۸-۵ توربین گازی
۳۶۹	۲-۸-۵ موتور ژنراتور گازسوز