

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
Mashad Electric Energy Distribution Co.

سامانه‌های تبدیل انرژی الکتریکی

و الزامات اتصال آنها به شبکه توزیع

گروه مؤلفین:

محمد منعم، ضیایی، سعید علیشاهی و محسن ذبیحی

یراستار:

محمد علی رزائی

صاحب امتیاز:

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

پاییز ۱۳۹۴

عنوان	سامانه‌های تبدیل انرژی اینورتری و الزامات اتصال آنها به شبکه توزیع برق.
گروه مؤلفین	محمد منفرد... (و دیگران)
ویراستار	محمدعلی نورائی
صاحب امتیاز	شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد.
مشخصات نشر	مشهد: تعالی گستر، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۱۲۸ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۴۱۷۱-۴-۸
قیمت	۱۲۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	گروه مؤلفین محمد منفرد، علی ضیایی، سعید علیشاهی، محسن ذبیحی.
یادداشت	واژه‌نامه.
موضوع	برق — سیستم‌های اتصال درونی
موضوع	برق نیرو — توزیع
موضوع	تجهیزات الکتریکی
موضوع	مبدل‌ها
موضوع	برق — سیستم‌ها — پیش‌بینی‌های ایمنی
شناسه افزوده	د، محمد علی - ۱۳۳۹ -
شناسه افزوده	نورائی، محمد علی - ۱۳۳۹ - ویراستار
وده بندی کنگره	TK ۷/ ۱۳۹۴
رده بندی دیویی	۲۱/۳۱۹۱
شماره کتابشناسی ملی	۳۱۷۲۸۸

سامانه‌های تبدیل انرژی اینورتری

والزامات اتصال آنها به شبکه توزیع برق

- صاحب امتیاز: شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
- گروه مؤلفین: محمد منفرد، علی ضیایی، سعید علیشاهی و محسن ذبیحی
- ناشر: انتشارات تعالی گستر
- نوبت چاپ: اول - پاییز ۱۳۹۴
- ویراستار و مدیر اجرایی: محمدعلی نورائی
- تیراژ: ۱۲۰۰ نسخه
- چاپ: چاپ زمرد مشهد
- طراح جلد، صفحه آرا و ناظر فنی چاپ: محمد جواد نورائی
- قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال
- شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۱۷۱-۴-۸

کلیه حقوق قانونی برای صاحب امتیاز محفوظ می‌باشد (نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است)

عنوان	شماره صفحه
پیش گفتار	۱۰
مقدمه	۱۷
مراجع اصلی	۲۰
فصل اول : تعاریف	
۱-۱ تولید پراکنده (DG)	۲۵
۲-۱ منابع پراکنده (DR) یا منابع انرژی پراکنده (DER)	۲۵
۳-۱ شبکه توزیع برق	۲۵
۴-۱ شبکه توزیع برد محلی	۲۵
۵-۱ اتصال داخلی	۲۶
۶-۱ سیستم اتصال داخلی	۲۶
۷-۱ نقطه اتصال مشترک (PCC)	۲۷
۸-۱ جریان مستقیم (DC)	۲۷
۹-۱ جریان متناوب (AC)	۲۷
۱۰-۱ ژنراتور	۲۷
۱۱-۱ اینورتر	۲۷
۱-۱۱-۱ اینورتر مستقل از شبکه	
۲-۱۱-۱ اینورتر متصل به شبکه	
۱۲-۱ سیستم انرژی اینورتری	۲۷
۱۳-۱ جزیره ای شدن	۲۷
۱-۱۳-۱ جزیره ای شدن عمدی	
۲-۱۳-۱ جزیره ای شدن غیر عمدی	
۱۴-۱ حفاظت جزیره ای شدن	۲۸

عنوان	شماره صفحه
۱۵-۱ حفاظت ضد جزیره ای شدن	۲۸
۱۶-۱ وسیله جداسازی	۲۸
۱۷-۱ تداخل الکترومغناطیسی (EMI)	۲۸
۱۸-۱ سیستم تأمین توان پیوسته	۲۹
۱۹-۱ آزمون های اتصال	۲۹
۲۰-۱ آزمون های دوگانه	۲۹
۲۱-۱ برآیند اغتشاش ها و نیک یا اغتشاش هارمونیک کلی (THD)	۲۹
۲۲-۱ شرایط استاندارد برای آزمون (STC)	۲۹
۲۳-۱ انتقال مستقیم تریپ (DIT)	۲۹
فصل دوم: الزامات اتصال به شبکه توزیع برق	
۱-۲ مشخصات کیفی تجهیزات	۳۳
۱-۱-۲ قاب و محفظه	۳۳
۱-۱-۲-۱ پوشش های اضافی و قابل دسترس	۳۴
۱-۱-۲-۲ محفظه های فلز ریخته گری شده	۳۴
۱-۱-۲-۳ محفظه های ورق فلزی	۳۴
۱-۱-۲-۴ دهانه های پوشیده شده به وسیله شیشه	۳۶
۱-۱-۲-۵ دهانه هایی برای تهویه	۳۷
۱-۲-۲ حفاظت در برابر خوردگی	۳۷
۱-۲-۳ مونتاژ بخش های مکانیکی	۳۷
۱-۲-۴ حفاظت نیروهای سرویس و بهره بردار	۳۸
۱-۲-۵ جهت سیلان توان	۳۸

۳۸	۶-۱-۲ کنترل توان اکتیو.....
۳۹	۷-۱-۲ ضریب توان.....
۳۹	۸-۱-۲ جریان‌های هارمونیکی.....
۴۲	۹-۱-۲ نوسانات ولتاژ و فلیکر.....
۴۳	۱۰-۱-۲ خط ضربه.....
۴۴	۱۱-۱-۲ تریپ جریان (DC).....
۴۴	۱۲-۱-۲ حفاظت اضافه جریان.....
۴۵	۱۳-۱-۲ حفاظت اضافه ولتاژ ولت ولتاژ.....
۴۷	۱۴-۱-۲ حفاظت اضافه فرکانس و افت فرکانس.....
۴۹	۱۵-۱-۲ اتصال دوباره بعد از تریپ.....
۴۹	۱۶-۱-۲ تنظیم ولتاژ.....
۵۰	۱۷-۱-۲ نامتعادلی ولتاژ.....
۵۱	۱۸-۱-۲ انتقال انرژی به سیستم توزیع.....
۵۱	۲-۲ تداخل بارله‌گذاری و سیستم حفاظتی و ارائه راه کار.....
۵۴	۳-۲ امکانات و تاثیرات ولتاژی اینورترها.....
۵۵	۱-۳-۲ پشتیبانی دینامیکی شبکه.....
۵۶	۲-۳-۲ پشتیبانی ولتاژ شبکه.....
۵۸	۳-۳-۲ پشتیبانی استاتیکی شبکه با استفاده از کنترل توان راکتیو.....
۵۹	۴-۳-۲ مدیریت انرژی.....
۶۰	۴-۲ جبران سازی هارمونیکی و قابلیت‌های بهبود کیفیت توان.....
۶۰	۵-۲ سنکرون شدن.....
۶۱	۶-۲ سیستم اتصال زمین.....

شماره صفحه	عنوان
۶۲	۷-۲ کابل کشی، سیم‌بندی و اتصالات.....
۶۲	۱-۷-۲ کابل کشی و سیم‌بندی.....
۶۶	۲-۷-۲ اتصال زمین.....
۶۸	۸-۲ تشخیص ضایعات جزیره‌ای شدن و پاسخ به آن.....
۶۹	۹-۲ تأمین انرژی الکتریکی و مغناطیسی.....
۷۰	۱۰-۲ جداسازی، الکترولیت ترانسفورماتور (در صورت استفاده) و تزریق جریان (DC).....
۷۰	۱-۱۰-۲ دستگاه جاسازی (ایزولاسیون).....
۷۰	۲-۱۰-۲ الزامات ترانسفورماتور.....
۷۱	۳-۱۰-۲ تزریق جریان (DC).....
۷۱	۱۱-۲ اندازه‌گیری، مانیتورینگ، مخابرات و ارتباطات.....
۷۱	۱-۱۱-۲ مانیتورینگ.....
۷۲	۲-۱۱-۲ مخابرات و ارتباطات.....

فصل سوم: آزمون‌های تأیید الزامات فنی و کیفی

۷۹	۱-۳ آزمون تعیین ضریب توان.....
۷۹	۱-۱-۳ مشخصات آزمون.....
۸۰	۲-۱-۳ معیار پذیرش.....
۸۰	۲-۳ آزمون تعیین جریان‌های هارمونیکی.....
۸۰	۱-۲-۳ مشخصات آزمون.....
۸۱	۲-۲-۳ معیار پذیرش.....
۸۱	۳-۳ آزمون تعیین جریان (DC).....
۸۱	۱-۳-۳ مشخصات آزمون.....

عنوان	شماره صفحه
۲-۳-۳ معیار پذیرش	۸۲
۴-۳ تعیین فلیکر و نوسانات ولتاژ	۸۲
۳-۵ آزمون تعیین محدوده‌ی تحمل ولتاژ گذرا	۸۲
۳-۵-۱ مشخصات آزمون	۸۲
۳-۵-۲ معیار پذیرش	۸۳
۳-۶ آزمون پاسخ به شرایط غیرعادی ولتاژ و فرکانس شبکه	۸۴
۳-۶-۱ مشخصات آزمون تنظیمات تریپ اضافه و افت ولتاژ و اتصال	۸۴
۳-۶-۱-۱ معیار پذیرش	۸۶
۳-۶-۱-۲ آزمون تنظیمات تریپ اضافه و افت فرکانس و اتصال دوباره	۸۶
۳-۶-۱-۳ معیار پذیرش	۸۷
۳-۷ آزمون حفاظت ضد جزیره‌ای شبکه (آزمون تریپ شبکه)	۸۷
۳-۷-۱ آزمون حفاظت ضد جزیره تحت شرایط باری ۱	۸۹
۳-۷-۲ معیار پذیرش	۹۰
۳-۷-۳ آزمون حفاظت ضد جزیره تحت شرایط باری ۲	۹۰
۳-۷-۴ معیار پذیرش	۹۱
۳-۷-۵ آزمون حفاظت ضد جزیره تحت شرایط باری ۳	۹۲
۳-۷-۶ معیار پذیرش	۹۲

فصل چهارم: چک لیست و آزمون‌های اولیه و ثانویه الزامات اتصال به شبکه توزیع برق

۴-۱ چک لیست و آزمون‌های اولیه	۹۷
۴-۲ چک لیست و آزمون‌های ثانویه	۱۰۹

شاخه های خورشید را درست بکاریم

..... از قدیم گفته اند «یک خار آباد نکنیم و جای دیگر را خراب!»
گویا قصه این کتاب، تأمین فجری این ندرز نیاکان پاک سرشت ماست که همه را با زبان زمانه خویش
به توسعه متوازن فرا خوانده اند.

با توجه به این که هم اکنون شاهدیم که در چند ابرامایا، بالآخره، کشور در مسیر استفاده از منابع خدادادی
همچون باد، خورشید و سایر انرژی های تجدیدپذیر افتاده و خوشبختانه وضع قوانین جدید و سوق دهی کمک
های دولتی برای ایجاد این گرایش نیز مؤثر افتاده و مردم به استفاده وسیع از انرژی خورشیدی اشتیاق
پیدا کرده اند، امید است مسئولان کشور بتوانند پاسخگوی این حرکت باشند و آن شاء الله به زودی
شاهد آن باشیم که میلیونها مشترک برق کشور بر بام خانه های خود «خانه ای از خورشید» را بکارند.

از طرف دیگر، متولیان امر مدیریت شبکه های برق کشور نیز بایستی پیش بینی های فنی لازم برای امکان
«اتصال ایمن و فنی» نیروگاه های خورشیدی (تجدیدپذیر کوچک) که در آینده ای نزدیک در هر کوی و برزن
به شبکه های توزیع برق متصل خواهند شد رابه عمل آورند.

همچنین شرکت های توزیع نیروی برق بایستی از هم اکنون آمادگی لازم برای کنترل پارامترهای مربوط
به کیفیت برق و مباحث ایمنی ناشی از این اتصال اتبوه و پراکنده را کسب نمایند، چرا که در غیر این صورت،
ممکن است در آینده با توسعه روزافزون نیروگاه های خورشیدی (تجدیدپذیر کوچک)، مشکلات فنی برای
مشترکین و شرکت های توزیع به شکل پیش بینی نشده ای اتفاق بیفتد که پایداری، کیفیت برق و ایمنی
شهروندان را دچار اختلال سازد.

کتاب حاضر نیز که از سلسله انتشارات کاربردی شرکت توزیع برق شهرستان مشهد می باشد، با همت جناب آقای دکتر منفرد دانشیار فرهیخته دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد و آقایان مهندس ضیائی، مهندس ذبیحی و مهندس علیشاهی از کارشناسان خبره دانشگاه و این شرکت به زیور تألیف آراسته شده و در صدد ارائه راه حل درخصوص مخاطرات احتمالی ناشی از اتصال نیروگاه های خورشیدی (تجدیدپذیر کوچک) به شبکه های برق فشار ضعیف می باشد.

این کتاب به گونه ای تدوین شده که کاربران و گروه های فنی که وظیفه نصب، تحویل و نگهداری این پروژه ها را برعهده دارند بتوانند با استفاده از مفاهیم آن و به کارگیری چک لیست های مربوطه، «اتصال ایمن» را برای شاخه های خورشید مستقر در پشت بام ها فراهم نمایند.

اینجانب به سهم خود عمر تبریر و تشکر از گروه مؤلفین این کتاب مفید، حمیت حرفه ای آنان راستوده و همچنین از جناب آقای دکتر کتکون وظیفه ویراستاری ادبی و هدایت امور چاپی این کتاب و سایر کتاب های منتشر شده از سوی شرکت را برعهده گرفته اند نیز سپاس گزاری می کنم.

بدیهی است که این گام های مفید و خیرخواهانه، به نام آنان در لوح محفوظ نظام هوشمند هستی پایدار خواهد ماند.

علی سعیدی

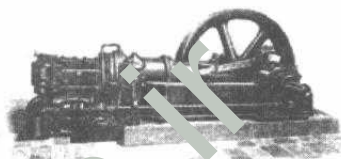
مدیرعامل

مروری بر تاریخچه شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

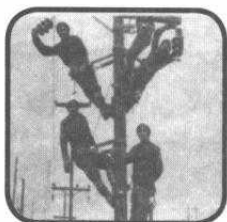


بیش از یک صد سال از زمانی که اولین چراغ برق در شهر مشهد و آن هم در حرم مطهر حضرت رضا (ع) روشن شد، می گذرد. در آن زمان برای اولین بار در ایران از انرژی برق به صورت عمومی استفاده شد.

در سال ۱۳۱۶ شرکت عمومی برق مشهد تأسیس و تا سال ۱۳۴۳ که شرکت های برق منطقه ای راه اندازی شدند، مشغول فعالیت بود و پس از آن در قالب شرکت برق منطقه ای خراسان عهده دار ارائه خدمات به مردم استان خراسان گردید.



قدیمی ترین مولد برق در حرم امام رضا (ع) به قدرت ۱۲ اسب بخار مربوط به سال ۱۳۰۸ (ه. ش)



آموزش نیروهای شبکه



اولین کیوسک ۲۰ کیلوولت منصوبه به خراسان در مشهد



گروه نوسازی در حال زدن سیم شبکه

در سال ۱۳۷۱ با اجرای طرح خصوصی سازی شرکت های تابعه وزارت نیرو، بخش اجرایی توزیع از ساختار سازمانی شرکت برق منطقه ای خراسان منفک گردیده و به عنوان یک شرکت تابعه، فعالیت های خدمات رسانی خود را با نام «شرکت توزیع نیروی برق خراسان» به صورت جدا آغاز نمود.

در سال ۱۳۷۳ با تغییر مجدد ساختار برق منطقه ای خراسان و تشکیل شرکت های تابعه، مدیریت برق مشهد نیز از ساختار شرکت نوپای توزیع نیروی برق استان خراسان منفک شده و اجرای وظایف برق رسانی به بیش از ۵۰۰ هزار مشترک (در آن مقطع زمانی) در محدوده شهرستان های مشهد، چناران، فریمان، سرخس و کلات را تحت عنوان شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد بر عهده گرفت.

پس از تحولات به وجود آمده در نقشه های جغرافیایی و تقسیمات جدید کشوری، در نیمه دوم سال ۱۳۸۲ ادارات برق شهرستان های چناران، فریمان و سرخس و همچنین در اواسط سال ۱۳۸۶ شهرستان کلات از ذیل ساختار سازمانی شرکت توزیع نیروی برق مشهد، به زیر مجموعه شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان رضوی منتقل شدند.



سال ۱۳۴۶ - مهندس جواد شهرستانی در میان کارکنان برق منطقه ای خراسان

سرانجام در سال ۱۳۸۶ باتصویب قانون استقلال شرکت های توزیع نیروی برق در مجلس شورای اسلامی و در راستای پیاده سازی قانون مذکور، از ابتدای نیمه دوم همان سال، شرکت توزیع نیروی برق مشهد از جرگه شرکت های تابعه برق منطقه ای خراسان خارج گردیده و به عنوان شرکتی جدا فصل جدیدی از فعالیت های خود را تحت نظارت مستقیم شرکت توانیر آغاز نمود.

شابان ذکر است این شرکت با گذشت بالغ ۱۸ سال از خدمات رسانی به زائرین و مجاورین بارگاه ملکوتی حضرت رضا (ع) روزبه روز شاهد گسترش سطح فعالیت و رشد چشمگیر توانمندی های کارشناسی خود در عرصه صنعت برق کشور بوده و به خصوص در چند سال اخیر، همواره در ارزیابی های سالانه عملکرد شرکت های توزیع، به عنوان یکی از شرکت های برتر شناخته شده است، به ویژه آن که کلان شهر مشهد مقدس نیز به دلیل وجود مضجع شریف رضوی، انحصاراً به سرایی در جهان اسلام و در نزد شیعیان برخوردار بوده و همه ساله پذیرای میلیون ها مسافر می باشد که نوبه خود، نشان دهنده حساسیت بالای وظایف محوله و مأموریت های سازمانی شرکت توزیع نیروی برق مشهد است.

هم اکنون و در انتهای سال ۹۲، این شرکت به بیش از یک میلیون و سیصد هزار (۱/۳۰۰/۰۰۰) مشترک در کلان شهر مشهد مقدس خدمات رسانی نموده و با عبور از روش های نوین، انجام کار و استفاده از روش های نوین مانند به کارگیری سیستماتیک تعمیرات پیشگیرانه خطوط فشار متوسط به صورت خط گرم فرمان از نزدیک، راه اندازی بزرگترین دیسپاچینگ شبکه های توزیع برق کشور و اتوماسیون جدید ۸۰۰ دستگاه کلید فشار متوسط، استفاده وسیع از کابل های خودنگهدار فشار ضعیف، به کارگیری سیم های روکش دار فشار متوسط در شبکه ها و حرکت به سمت هوشمند سازی شبکه ها و لوازم اندازه گیری در جهت ارتقای جایگاه شرکتی که اسلاف خدمت گزار به خوبی به ما تحویل دادند، به جایگاه برتر در سطح کشورهای منطقه در سال ۱۴۰۵ هـ. ش گام های بلندی برداشته است و مطمئن هستیم که تلاش و بلوغ سازمانی همکاران مان در سایه توجهات خاصه حضرت رضا (ع) ما را به این مهم خواهد رساند. (ان شاء...)

فهرست علائم اختصاری

جریان متناوب	AC (Alternating Current)
ضد جزیره‌ای (رفع جزیره‌ای شدن)	AI (Anti Islanding)
موسسه استاندارد ملی آمریکا	ANSI (American National Standard Institute)
استاندارد ملی استرالیا	AS (Australian Standard)
انجمن انرژی و صنایع آبی (در آلمان)	BDEW (Bundesverband Energie und Wasserwirtschaft)
مدار شکن - کلیدی برای قطع جریان	CB (Circuit Breaker)
استانداردهای ملی کانادا	CSA (Canadian Standards Association)
جریان مستقیم	DC (Direct Current)
تولید پراکنده	DG (Distributed Generation)
منبع پراکنده	DR (Distributed Resource)
تربیب انتقال مستقیم	DTT (Direct Trip Transfer)
مجموعه قوانین انرژی‌های تجدیدپذیر (در آلمان)	EEG (Erneuerbare Energien Gesetz)
تداخل الکترومغناطیسی	EMI (Electromagnetic Interference)

فهرست علائم اختصاری

محدودکننده جریان خطا	FCL (Fault Current Limiter)
الگوریتم تبدیل فوریر سریع	FFT (Fast Fourier Transform)
انجمنی خصوصی با هدف تامین کیفیت ایمنی و فنی	FNN (The Forum Network Technology/Network operation in the VDE (FNN).
کمیته بین‌المللی برق و الکترونیک	IEC (International Electrotechnical Commission)
انجمن مهندسين برق و الکترونیک	IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
نقطه اتصال مشترک	PCC (Point of Common coupling)
تولیدکننده توان خورشیدی - فتوولتائیک	PV (Photovoltaic)
مقدار موثر یک کمیت	RMS (Root Mean Square)
قدرت اتصال کوتاه در شبکه	SSC (System Short Circuit)
شرایط استاندارد آزمایش	STC (Standard Test Conditions)
اعتشاش هارمونیک کلی	THD (Total Harmonic Distortion)
استاندارد ایمنی	UL (Underwriters Laboratories)
سیستم تامین توان پیوسته (بدون وقفه)	UPS (Uninterruptible Power Supply System)

مقدمه

تجدید ساختار، پیشرفت فن آوری، سیاست های حفظ محیط زیست و افزایش تقاضا برای مصرف برق، از جمله عوامل گرایش شرکت های برق به استفاده از منابع تولید پراکنده تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر می باشند. منابع تولید پراکنده، منابع انرژی کوچکی هستند که در کنار مراکز مصرف ساخته می شوند و دارای مزایایی از جمله کاهش سرمایه گذاری در سیستم های تولید و انتقال، نصب سریع و آسان، افزایش قابلیت اطمینان تولید برق و کاهش پیک مصرف می باشد.

با توجه به واقعی تر شدن سیستم انرژی از یک سو و توسعه فن آوری از سویی دیگر و همچنین حمایت ها از گسترش تولید پراکنده^۱، امروزه سیاست های از منازل، مزارع و مجتمع های اداری و صنعتی، در پی نصب و راه اندازی منابع تولید توان الکتریکی (تولید پراکنده) و اتصال آنها به وسیله مبدل های استاتیکی (اینورترها) به شبکه توزیع برق می باشند. منابعی که امروزه بیشتر استفاده می شوند، شامل توربین های بادی کوچک، سیستم های فتوولتائیک^۲، توربین های آبی بسیار کوچک^۳، پیل سوختی^۴ و میکروتوربین ها هستند.

به عنوان نمونه می توان به رشد و توسعه سریع سیستم های فتوولتائیک اشاره کرد که هم اکنون در بسیاری از کشورها از سطوح پایین چند کیلووات تا سطح مگاوات در حال بهره برداری هستند. انگیزه استفاده از این سیستم ها، کاهش هزینه های خرید برق از شبکه و یا حتی بهره مندی از سرمایه برق پاک می باشد.

از سوی دیگر، هر سیستمی که قادر به تولید توان الکتریکی است، به طور بالقوه می تواند خطرناک باشد و احتمال برق گرفتگی و یا آتش سوزی وجود دارد. سیستم های تولید و تزریق توان الکتریکی، اگر به طور مناسب طراحی، نصب، راه اندازی و بهره برداری نشوند، ممکن است باعث آسیب به مالکان، خانواده آنها، همسایه ها و حتی کارکنان شرکت برق شوند.

1 - Distributed Generation

2 - PhotoVoltaic

3 - Micro-Hydro Turbines

4 - Fuel Cell

از سوی دیگر، این منابع توسط مبدل های استاتیکی به شبکه متصل می شوند (آن هم به طور موازی با شبکه توزیع برق که ساختار شعاعی دارد). این مبدل ها، رفتار متفاوت و در عین حال پیچیده تری در مقایسه با ژنراتورهای سنکرون متداول دارند که الزامات متعددی، چه به لحاظ کنترل و حفاظت و چه به لحاظ کیفیت توان به دنبال دارد. به علاوه، این سیستم های الکترونیکی، امکانات فراوانی همچون سرویس های اضافی (نظیر جبران سازی هارمونیکی و تنظیم محلی ولتاژ) و مخابرات و اتوماسیون را در اختیار قرار می دهند که بهره مندی صحیح از آنها در استای اهداف شبکه های هوشمند، سبب افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان شبکه های توزیع برق می گردد.

به همین دلیل، سیستم انرژی اینورتری به منظور اطمینان از عملکرد صحیح، ایمن، کارآ و انتقال پیوسته انرژی الکتریکی به شبکه توزیع برق نیاز به استانداردهایی دارند. لازم به ذکر است که الزامات اتصال به شبکه تأثیر شگرفی بر طراحی و عملکرد اینورترهای موجود در منابع تولید پراکنده دارد. به عنوان نمونه، در بازار برق ایالات متحده، اینورترهای فتوولتئیک، رن د انسفورماتور محبوبیت چندانی ندارند، به گونه ای که شرکت های برق در صدور مجوز نصب برای چنین سیستم های به دلیل وجود برخی قوانین محلی قدیمی محتاط هستند. بنابراین مشاهده می شود که صنعت منابع تولید پراکنده، حتی بر اینورتر، نسبت به الزامات شبکه بسیار حساس است و محصولات این صنعت مطابق با الزامات جدید، طراحی و ساخته می شوند.

سابق بر این، در بسیاری از کشورها برای اتصال منابع تولید پراکنده، قوانین و تنظیمات محلی تصویب شده توسط اپراتورهای شبکه اعمال می شد، ولی تلاش های زیادی در سطح جهانی به منظور تعیین استانداردهایی که توسط کشورهای مختلف قابل اعمال باشند، در حال انجام است که از این منابع می توان به تهیه و تدوین بالغ بر ۲۰۰ استاندارد و دستورالعمل متنوع در کشورهای مختلف اشاره کرد.

همان گونه که پیش تر ذکر شد، استانداردهای بین المللی، کدهای شبکه (نظام نام)، سررات ایمنی متنوعی درباره جنبه های مختلف اتصال اینورترها به شبکه توزیع برق وجود دارند که در این کتاب، مجموعه ای از دستورالعمل ها و راهنمایی های روشن و دقیق درباره الزامات اتصال به شبکه توزیع برق سیستم های انرژی توسط اینورترها در ایران جمع آوری و ارائه شده اند.

بر واضح است که با افزایش بومی سازی استانداردها و دستورالعمل ها در زمینه منابع تولید پراکنده مبتنی بر اینورتر و در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و فنی کشورمان، می توان به تسریع پیشرفت این فن آوری و

بالا رفتن تولید داخلی قطعات و تجهیزات مرتبط کمک شایانی نمود و از ایمنی و کیفیت نفوذ و گسترش منابع تولید پراکنده مبتنی بر مبدل‌های استاتیکی به شبکه‌های برق موجود مطمئن شد. اطلاعات ارائه شده در بخش‌های مختلف کتاب، در قالبی ساده، دقیق و جامع، الزامات و دستورالعمل‌های پیشنهادی برای سازندگان و واردکنندگان اینورترها، طراحان، مشاوران و مجریان، مالکین و بهره‌برداران این سیستم‌ها و به خصوص مدیران و کارشناسان را فراهم می‌کند.

مراجع اصلی

با وجود منابع متعددی که موجود در این زمینه، در تدوین بخش‌های مختلف این کتاب از مراجع زیر استفاده شده است. جدای از دستورالعمل‌های داخلی، اقبال عمومی (در سطح کشورهای پیشرو و در حال توسعه)، کامل و جامع بودن، سابقه بیشتر و اینکه خدای تعالی این منابع، مراجع اصلی بسیاری از فعالیت‌های مشابه شده‌اند را می‌توان از عمده دلایل انتخاب سایر مراجع دانست. در واقع، به نظر می‌رسد که فعالیت‌های مختلف، به نوعی در حال همگرا شدن به سوی این مراجع می‌باشند.

- دستورالعمل اتصال به شبکه مولدین می‌س تر جید - شرکت توانیر - ویرایش: ۱۳۸۷/۰۳/۰۹
- دستورالعمل بهره‌برداری از مولدین تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع برق - معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر - دفتر نظارت بر توزیع
- مجموعه استانداردهای AS (Australian Standard): اتصال به شبکه توزیع نیروی برق از طریق اینورتر (Grid connection of energy systems via inverters) شامل:

- AS 4777.1-2005: قسمت اول - الزامات نصب - تدوین سال ۲۰۰۲ - ویرایش دوم - سال ۲۰۰۵
- AS 4777.2-2005: قسمت دوم - الزامات اینورتر - تدوین سال ۲۰۰۲ - ویرایش دوم - سال ۲۰۰۵
- AS 4777.3-2005: قسمت سوم - الزامات حفاظت شبکه - تدوین سال ۲۰۰۲ - ویرایش دوم - سال ۲۰۰۵

• مجموعه استانداردهای IEEE1547، IEEE1547.1 و IEEE929-2000

– IEEE1547-2003: برای اتصال منابع پراکنده به سیستم های قدرت- کمیته هماهنگی استانداردهای IEEE21-
(IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems-
Standards Coordinating Committee 21)

– IEEE1547.1-2005: روش های آزمون برای اتصال منابع پراکنده به سیستم های قدرت- کمیته هماهنگی
استانداردهای IEEE21

(IEEE Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Re-
sources With Electric Power Systems-IEEE Standards Coordinating Committee 21)

– IEEE929-2000: توصیه ای عملی برای اتصال سیستم های فتوولتائیک به شبکه برق
(Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems)

– UL1741: استاندارد به منظور تضمین: استاندارد برای اینورترها، مبدل ها، کنترل کننده ها و اتصال داخلی
تجهیزات سیستم برای استفاده با منابع انرژی برآمده
(Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Dis-
tributed Energy Resources)

تدوین توسط شرکت Underwriters Laboratories Inc. ایالات متحده آمریکا- ویرایش دوم در سال ۲۰۱۰
• CAN/CSA-C22.2No. 257-06: اتصال منابع تولید پراکنده کوچک مبتنی بر اینورتر به سیستم های توزیع
برق- استاندارد بین المللی کانادا- تدوین در سال ۲۰۰۶

(Interconnecting inverters and micro-distributed resources to distribution systems)

• 1-1- VDE-0126: تشخیص جزیره ای شدن سیستم ها- استاندارد بین المللی تدوین در سال ۲۰۰۶

• German Association for Electrical, Electronic and Information Technologies (in German:
Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik)

• Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem
öffentlichen Niederspannungsnetz

• Die selbsttätig wirkende Freischaltstelle besteht aus zwei voneinander unabhängigen Einrich-
tungen zur Netzüberwachung mit zugeordnete allpoligen Schaltern in Reihe

• E. Troester, "New German Grid Codes for Connecting PV Systems to the Medium Voltage Power Grid," 2nd International Workshop on Concentrating Photovoltaic Power Plant: Optical Design, Production, Grid Connection

• سلمان همتی و جواد ساده، «تعیین مشخصات بهینه محدودکننده جریان خطای ابرسانا به منظور کاهش مشکلات حفاظتی سیستم توزیع دارای واحدهای تولید پراکنده»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، تابستان ۱۳۹۱.

• استاندارد EEG: فائین انژی های تجدیدپذیر در آلمان

(in German: Erneuerbare Energien Gesetz)

• استاندارد FNN: کمیته ای از VDE با اسپانسر خصوصی و دفاتر تجاری با هدف تأمین کیفیت ایمنی و فنی
 • استاندارد و آئین نامه سیم کشی، حتمان های مسکونی، تجاری، صنعتی - مرکز تحقیقات نیرو (متن) - اسفندماه ۱۳۷۵، زیر نظر شرکت توانیر - رسته تحقیقات، وفن آوری - دفتر استانداردها
 محدوده اجرایی

محدوده اجرایی عموم دستورالعمل ها، مطابق با استانداردهای متداول (همچون AS) برای مولدین مقیاس کوچک، حداکثر تا ظرفیت ۱۰ کیلوولت آمپر برای ۱۰-۱۰۰۰ کیلفاز و ۳۰ کیلوولت آمپر برای واحدهای سه فاز می باشد. ولتاژ نامی در نقطه تأمین توان برابر با ۲۳۰ ولت خط به خط و ۴۰۰ ولت خط به خط با خطای مجاز ۱۰٪ و ۶٪ - و نیز فرکانس ۵۰ هرتز می باشد. همچنین، دستورالعمل ها برای بهره برداری از منابع تولید پراکنده مبتنی بر اینورتر می باشند.