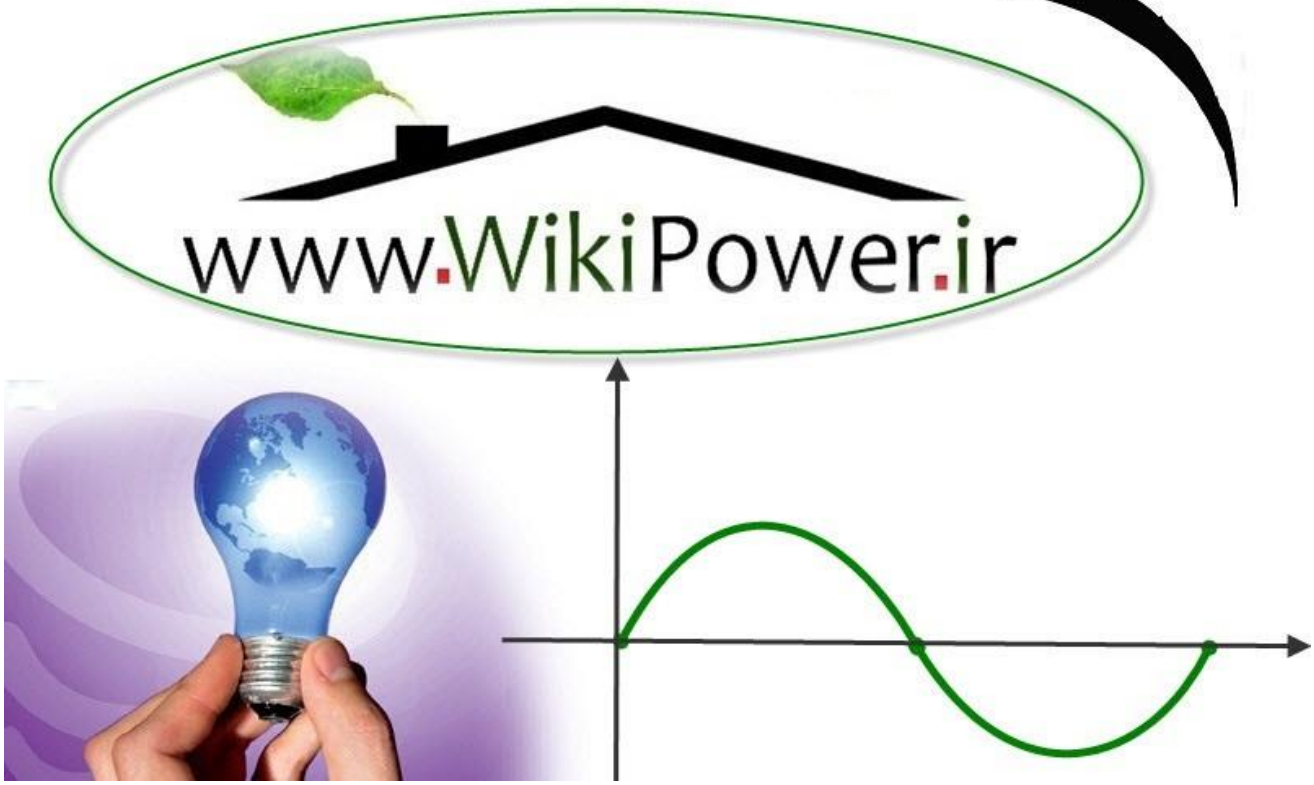
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

کنترل ولتاژ ریزشبکه DC

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۲۸۳)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست جدول‌ها ..... Error! Bookmark not defined.
فهرست شکل‌ها ۷

فصل ۱- مقدمه ۷

۱-۱- شبکه توزیع ومشخصه‌های آن ۱۱
۱-۱-۱- معرفی شبکه توزیع ۱۱
۱-۱-۲- تولیدتوان ۱۲
۱-۱-۳- جمع‌بندی ۱۲
۱-۲- عوامل موثربرشبکه توزیع ۱۲
۱-۲-۱- تجدیدساختار ۱۳
۱-۲-۲- قوانین محیطزیست ۱۳
۱-۲-۳- امنیت ملی ۱۳
۱-۲-۴- پیریت جهیزات ۱۴
۱-۳- محرک‌های فناورانه شبکه توزیع ۱۴
۱-۳-۱- فناوری اطلاعات ۱۴
۱-۳-۲- ذخیره‌سازهای انرژی ۱۵
۱-۳-۳- تجهیزات الکترونیک قدرت ۱۵
۱-۳-۴- منابع تولیدپراکنده ۱۶
۱-۳-۵- مدیریت سمت مصرف ۱۶
۱-۴- آینده شبکه توزیع ۱۷

فصل ۲- آشنایی باتولیدات پراکنده وانواع آن ۲۲
۲-۱- تولیدات پراکنده وسیستمهای قدرت تجدیدساختاریافته ۲۲
۲-۲- تعریف تولیدپراکنده ۲۲
۲-۳- خواص عمومی تولیدات پراکنده ۲۳
۲-۴- انگیزههای استفاده ازنیروگاههای تولیدپراکنده ۲۳

۲-۵- اهداف وکاربردهای تولیدات پراکنده ۲۳
۲-۵-۱- تولیدبرق اضطراری ۲۳
۲-۵-۲- تولیدهمزمان برق وحرارت(CHP) ۲۴
۲-۵-۳- تغذیه پشتیبان ۲۴
۲-۵-۴ مصرف انرژی درپیک بار ۲۴
۲-۵-۵ پشتیبانی شبکه ۲۵
۲-۵-۶ تعویق هزینه هایاحداث وتوسعه شبکه ۲۵
۲-۵-۷ تامین خدمات جانبی موردنیازجهت بهرهبرداری شبکه ۲۵
۲-۵-۸ بهبودوکیفیت برق رسانی ۲۵
۲-۶- مکان نصب تولیدات پراکنده ۲۶
۲-۷- انواع تکنولوژی تولیدات پراکنده ۲۶
۲-۷-۱- میکروتوربینها ۲۶
۲-۷-۲- پیل سوختی ۲۷
۲-۷-۳- منابع تجدیدشدنی ۲۸
۲-۷-۳-۱- فتوولتائیک(PV) ۲۹
۲-۷-۳-۲- نیروگاه بادی ۳۰
۲-۷-۴- تکنولوژی های ذخیره سازی ۳۱
۲-۷-۴-۱- تکنولوژی بازیافت گرمایی ۳۲
۲-۷-۴-۲- ترکیب گرماونیروی برق(CHCP) ۳۲
فصل ۳- ریزشبکه‌ها ۳۴
۳-۱- ریزشبکه‌های استفاده شده درجهان ۳۵
۳-۱-۱- شهرهوشمنددرمالاگای اسپانیا ۳۶
۳-۱-۲- ریزشبکه ارتش امریکا ۳۶
۳-۱-۳- ریزشبکهHailutoفنلاند ۳۷
۳-۱-۴- میدانتست Mannheimآلمان ۳۷
۳-۲- ریزشبکه کره‌جنوبی ۳۸
۳-۳- ساختارریزشبکه ۳۸
۳-۳-۱- منابع تولیدپراکنده ۳۹
۳-۳-۲- ذخیره‌سازانرژی ۳۹

۳-۳-۳- مبدل‌های الکترونیک قدرت ۴۰
۳-۳-۳-۱- کنترل مبدل به صورت PQ ۴۱
۳-۳-۳-۲- کنترل مبدل به صورت منبع ولتاژ ۴۲
۳-۳-۳-۳- کنترل مبدل‌هادرحالت گذرا ۴۳
۳-۴- اتصال ریزشبکه به شبکه اصلی برق ۴۳
۳-۵- ریزشبکه‌هایDC ۴۴
۳-۵-۱- سیستم‌های تجاری وصنعتیDC ۴۵
۳-۵-۲- دلایل استفاده ازشبکه‌هایDC ۴۵
۳-۶- ریزشبکه‌هایAC-DC ۴۷
۳-۷- تحقیقات انجام شده برروی ریزشبکه‌ها ۴۸
۳-۸- روش‌های کنترلی ریزشبکه‌ها ۴۹
۳-۸-۱- کنترل متمرکز ۵۰
۳-۸-۱-۱- روش‌های کنترل ریزشبکه درحالت جزیره‌ای ۵۱
۳-۸-۲- کنترل غیرمتمرکز ۵۳
۳-۸-۲-۱- بررسی پایداری کنترلرهای غیرمتمرکزدرریزشبکه‌ها ۵۴
۳-۸-۳- کنترل سلسله مراتبی ۵۶
۳-۸-۳-۱- کنترل اولیه ۵۶
۳-۸-۳-۲- کنترل ثانویه ۵۷
۳-۸-۳-۳- کنترل ثالثیه ۵۷
۳-۸-۴- روش‌های کنترل چندعامله ۵۸
۳-۸-۵- کنترل براساس دینامیک ریزشبکه ۶۰
۳-۸-۶- کنترل براساس روش‌های کنترل بهینه والگوریتم‌های بهینه‌سازی ۶۱
فصل ۴- شبیه‌سازیریزشبکهDC ۶۲
4-1- مشخصات میکروگریدDC ۶۲
۴-۲- واحدهای مختلف وروشهای کنترلی آن‌ها ۶۳
۴-۲-۱- واحدیکسوساز ۶۳
۴-۲-۲- واحدباتری نوع دوم ۶۴
۴-۲-۳- واحدخازن دولایهالکتریکی ۶۵
۴-۲-۴- واحدسلول خورشیدی ۶۶
۴-۲-۵- واحدتولیدموتور-گازهمزمان ۶۶

۴-۲-۶- نمای کلی ازریزشبکه درحالت اتصال وعدم اتصال به شبکه اصلی ۶۶
۴-۳- نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری ۶۹
۴-۳-۱- شبیه‌سازی مورد۱... ..... ۷۱
۴-۳-۲- شبیه‌سازی مورد2 .. .. ۷۵.
فصل ۵- پیوست ۱ –واحدیکسوساز ۷۹
۵-۱- روابط ریاضی موردنیازجهت کنترل این واحد ۸۰
۵-۲- اساس کنترل واحدیکسوساز ۸۵
۵-۲-۱ بلوکPWM ۸۶
۵-۲-۲- بلوکDecoupled controller ۸۷
فهرست مراجع ۹۵

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

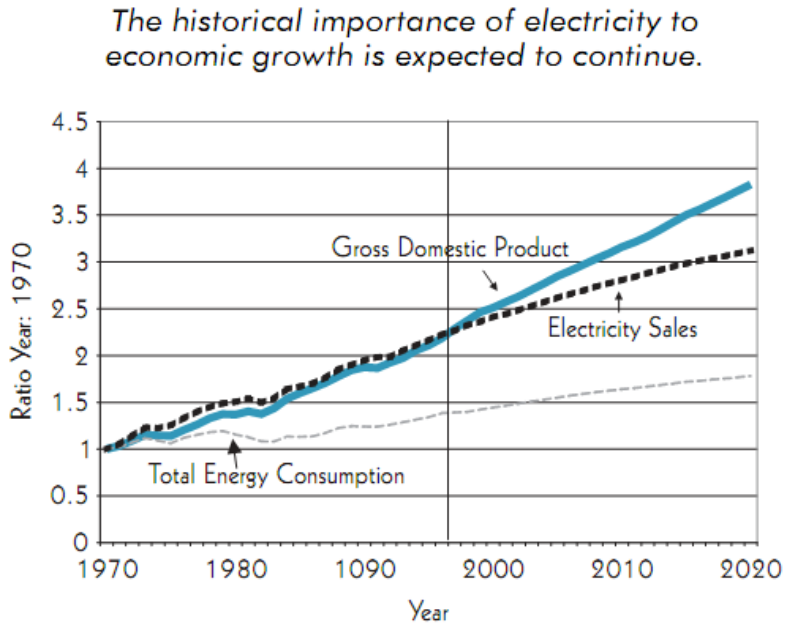
شکل ۱ رشدتولیدناخالص داخلی آمریکا ۱۰
شکل ۲ساختارشبکه ملی ۱۸
شکل ۳ ساختارشبکه منطقه‌ای ۱۸
شکل ۴ ریزشبکه‌هاوشبکه‌های هوشمند ۱۹
شکل ۵ نمونه‌ای از ریزشبکه ۲۰
شکل ۶مراحل عملکرد میکروتوربین‌ها ۲۷
شکل ۷ نمونه صنعتی یکپیلسوختی ۲۸
شکل ۸ نحوه عملکردسیستم‌های فتوولتایئک ۳۰
شکل ۹ اجزای توربین بادی ۳۱
شکل ۱۰ ساختارریزشبکه پایه ۳۸
شکل ۱۱ ریزشبکه پایه موردنظر اتحادی هاروپا [] ۳۹
شکل ۱۲ اتصال تولیدپراکنده به ریزشبکه ۴۰
شکل ۱۳ سیستم کنترلی مبدل به صورتPQ ۴۱
شکل ۱۴ کنترل مبدل منبع ولتاژ ۴۲
شکل ۱۵ منحنی کنترلی تواناکتیو-فرکانس ۴۲
شکل ۱۶ الف) بارالکترونیکی ب) بارالکترونیکی به همراهPFC ۴۶
شکل ۱۷ منطق کنترلی مرکزی ۵۱
شکل ۱۸ کنترل ریزشبکه به صورتSMO ۵۲
شکل ۱۹ کنترل ریزشبکه به صورتMMO ۵۲
شکل ۲۰ منطق کنترلی توزیع شده ۵۳
شکل ۲۱ساختارکنترل سلسه مراتبی ۵۶
شکل ۲۲کنترل اولیه ۵۷
شکل ۲۳کنترل ثانویه ۵۷

شکل ۲۴ کنترل ثالثیه ۵۸
شکل ۲۵منطق کنترلی چندعامله ۵۹
شکل ۲۶ نمای کلی ریزشبکهDC ۶۳
شکل ۲۷ انواع مدل یکسوسازها ۶۴
شکل ۲۸ واحد باطری به همراه کنترلر آن ۶۵
شکل ۲۹ واحدخازن دولایه الکتریکی به همراه کنترلرهای چاپر آن ۶۶
شکل ۳۰ مد عملیاتی متصل به شبکه ۶۷
شکل ۳۱ مدعدم اتصال به شبکه اصلی ۶۷
شکل ۳۲ فلوچارت حالت جداشدن ازشبکه اصلی ۶۸
شکل ۳۳ فلوچارت حالت اتصال مجددبه شبکه اصلی ۶۹
شکل ۳۴ مدارشبیه‌سازی شده ۷۰
شکل ۳۵ پارامترهای اصلی ریزشبکه ۷۰
شکل ۳۶ ولتاژبعدازترانس- ولتاژشبکه محلیac ۷۱
شکل ۳۷ جریان شبکه اصلی درنقطه اتصال به ریزشبکه ۷۱
شکل ۳۸ جریان ورودی به یکسوکننده ۷۲
شکل ۳۹ ولتاژیکسوشده توسط یکسوساز ۷۲
شکل ۴۰ جریانDC یکسو ساز ۷۲
شکل ۴۱ توانراکتیو ورودی یکسوساز ۷۳
شکل ۴۲ توان اکتیو ورودی یکسوساز ۷۳
شکل ۴۳ توان اکتیوو راکتی وبعدیک سوساز ۷۳
شکل ۴۴ ولتاژباطری وولتاژDCخروجی آن ۷۴
شکل ۴۵ توان اکتیوخروجی باطری ۷۴
شکل ۴۶ ولتاژوتوان اکتیوخازن دولایه الکتریکی ۷۴
شکل ۴۷ ولتاژبعدازترانس- ولتاژشبکه محلیac ۷۵
شکل ۴۸ جریان شبکه اصلی درنقطه اتصال به ریزشبکه ۷۵
شکل ۴۹ جریان ورودی به یکسوکننده ۷۶
شکل ۵۰ ولتاژیکسوشده توسط یکسو ساز ۷۶
شکل ۵۱ جریانDCیکسو ساز ۷۶

شکل ۵۲ توان راکتیووردی یکسوساز ۷۷
شکل ۵۳ توان اکتیووردی یکسوساز ۷۷
شکل ۵۴ توان اکتیوواکتیو بعد یکسوساز ۷۷
شکل ۵۵ ولتاژوتوان باطری وولتاژDCخروجی آن ۷۸
شکل ۵۶ تواناکت یوخروجی باطری ۷۸
شکل ۵۷ ولتاژ و توان اکتیوخازن دولایه الکتریکی ۷۸
شکل ۵۸ واحد یکسوساز ۷۹
شکل ۵۹ روابط فازوری ۷۹
شکل ۶۰ مدل اولیه کنترل یکسوساز ۸۲
شکل ۶۱ وضعیت ولتاژلینکDC ۸۴
شکل ۶۲ ماکزیمم ولتاژمرجع موجسینوسی ۸۵
شکل ۶۳ نمایی ازروندکنترل یکسوساز ۸۶
شکل ۶۴ عملکرد بلوکPWM ۸۶
شکل ۶۵ منطق بلوکPWM ۸۷
شکل ۶۶ current and dc-link voltage controller ۸۷
شکل ۶۷ طراحیPI ۸۸
شکل ۶۸ کنترل جریانDecoupled controller ۸۸
شکل ۶۹ بلوک دیاگرام کنترل جریان ۹۰
شکل ۷۰ انتقال انرژی ۹۱
شکل ۷۱ حلقه کنترل ولتاژ ۹۲
شکل ۷۲ حلقه کنترل ولتاژ ۹۳
شکل ۷۳ قسمت کنترلی بلوک یکسوساز ۹۴

مقدمه

انرژی برق برای جامعه امروز از اهمیت بالایی برخوردار است. موفقیت‌های اقتصادی، امنیت ملی، سلامت عمومی بدون آن غیر قابل دسترس خواهند بود. در دسترس نبودن این انرژی حتی برای مدت کوتاهی، جامعه را با مشکلات فراوانی مواجه می‌کند. زیرا استفاده از انرژی برق در زندگی روزمره یک نیاز حیاتی محسوب می‌شود. به طور مثال در سال ۱۹۴۰ در آمریکا تنها ۱۰٪ انرژی مصرفی به صورت انرژی الکتریکی بوده است اما در سال ۲۰۰۵ به مقدار ۴۰٪ افزایش یافته است. شکل ۱ نسبت افزایش مصرف برق را به رشد و توسعه اقتصادی کشور آمریکا را نشان می‌دهد.



شکل ۱ تولید ناخالص آمریکا

شرایط و نیازهای کنونی صنعت برق با توجه به توسعه فناوری و تجدید ساختار تغییرات فراوانی کرده است. در حال حاضر توجه اصلی بر روی شبکه توزیع معطوف شده است. برنامه‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی بر اساس افق شبکه توزیع تبیین می‌شوند. برای آنکه بتوان برنامه توسعه آینده شبکه توزیع، مورد مطالعه قرار گیرد لازم است تا شرایط فعلی و مشکلات آینده این صنعت مورد بررسی قرار گیرد. [۱و۲] اگر شرایط فعلی ادامه پیدا کند، صنعت برق با مشکلات زیر مواجه خواهد شد.

- بازده تجهیزات برق‌رسانی از جمله نیروگاهی، انتقال و توزیعبه مرور زمان به علت پدیده پیر شدگی، کاهش می‌یابد.

- خطوط شبکه توزیع با توجه به افزایش روز افزون مصرف برق و روند کنونی بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری در این صنعت، با پدیدهپرشدگی[۱] مواجه هستند.
- افزایش بی‌سابقه سطح ریسک و عدم‌قطعیت در صنعت برق، نگرانی‌های تامین انرژی در آینده را افزایش داده است.

با توجه به فناوری‌های جدید و کاهش قیمت آن‌ها، مشکلاتی که در بالا اشاره شد، قابل حل یا کاهش هستند. این فناوری‌ها می‌توانند در قسمت‌های مختلف صنعت برق از جمله تولید، انتقال، توزیع و بازار برق مورد استفاده قرار گرفته تا مشکلات بهره‌برداری و برنامه‌ریزی را حل کنند.از سوی دیگر پیش‌بینی‌ها حکایت از آن دارند که سرمایه‌گذاری در تجهیزات سیستم قدرت در دهه‌های آینده بسیار افزایش خواهد یافت، بنابراین این سرمایه‌گذاری باید هدفمند و بر روی تجهیزات مدرن با قابلیت اطمینان و طول عمر بالا، بازده و امنیت مناسب باشد. در ادامه به چند نمونه از این فناوری‌ها اشاره شده است:

- هادی‌های کامپوزیتی دما بالا
- سیستم‌های پیشرفته ذخیره‌ساز انرژیشامل چرخ گردان[۲]، باتری‌ها
- استفاده از ریزشبکه و شبکه توزیعهوشمند به همراه کنترل‌های هوشمند
- استفاده گسترده از مبدل‌های AC-DC برای تبدیل انرژی
- استفاده از تولید پراکنده[۳]و انرژی پاک[۴] (هسته‌ای و تجدیدپذیر)
- استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت برای افزایش توان عبوری از خطوط، کاهش پدیده پرشدگی خطوط و کاهش سرمایه‌گذاری برای نصب خطوط

در ادامه لازم است تا شرایط کنونی شبکه برق رسانی و به طور خاص شبکه توزیع مورد مطالعه قرار گرفته تا بر اساس آن روند تحقیقاتی تعریف شود.

۱-۱- شبکه توزیع و مشخصه‌های آن

۱-۱-۱- معرفی شبکه توزیع

شبکه توزیع از پست‌های فوق توزیع آغاز شده و به کنتور مصرف‌کننده ختم می‌شود. وظیفه این شبکه تامین برق مصرف‌کنندگان و پاسخگویی سریع به تغییر نیاز آن‌ها به انرژی برق است. برای بررسی شرایط کنونی شبکه توزیعلازم است شرایط تولید، مصرف و انتقال (توزیع) مورد بررسی قرار گیرند.

---

[۱] Congestion

[۲] Flywheel

[۳] Distributed Generation

[۴] Cleaner power generation

۱-۱-۲- تولید توان

در شبکه توزیع نیروگاهی وجود ندارد بلکه توان شبکه توزیع از طریق خطوط انتقال تامین می‌شود. در واقع نیروگاه‌های بزرگ توان را تولید کرده و این توان از طریق خطوط انتقال به شبکه‌های توزیع تحویل داده می‌شود. با توجه به فرسوده شدن نیروگاه‌ها و رشد روزافزون مصرف انرژی برق، نیاز به منابع تولید جدید افزایش یافته است. اما خصوصی‌سازی صنعت برق که موجب تغییر وضعیت نیروگاه‌ها از حالت تنظیمی[۱] به حالت رقابتی[۲] شده از یک سو و توسعه فناوری نیروگاه‌های کوچک (تولیدات پاک و نیروگاه‌هایی با بازده بالاتر) از سوی دیگر شرایط را تغییر داده است. از جمله این نیروگاه‌ها می‌توان به نیروگاه‌های بادی، CHP[۳]، سوخت‌های زیستی[۴] اشاره نمود. البته شرایط بازارهای انرژی و شرایط جغرافیایی به طور کامل انتخاب نیروگاه‌ها را به سرمایه‌گذار دیکته می‌کنند.

۱-۱-۳- جمع‌بندی

می‌توان از موضوعاتی که در بالا اشاره شده به جمع‌بندی زیر رسید کهدر حال حاضر بسیاری از نقاط شبکه توزیع با تراکم مواجه است. از سوی دیگر با کاهش سرمایه‌گذاری در بخش تولید و افزایش تقاضای توان الکتریکی، قیمت برق با جهش چشمگیری مواجه خواهد شد.

هدف صنعت برق تامین انرژی پاک، ایمن و قابل اتکایی برای شهروندان و مشاغل است، بنابراین لازم است بر روی فناوری‌های جدید که سیستم برق رسانی حاضر را بهبود بخشیدهو انقلابی در این صنعت ایجاد می‌کنند، سرمایه‌گذاری نمود. این کار میسر نبوده مگر آن که ساختار شبکه توزیع و سیستم کنترل آن تغییر اساسی کنند.

۱-۲- عوامل موثر بر شبکه توزیع

عوامل زیادی آینده شبکه توزیع را در ۳۰ سال آینده دستخوش تغییر خواهند کرد. در ادامه به مهمترین آن‌ها اشاره می‌شود.

---

[۱] Regulated

[۲] Competitive

[۳] Combine Heat and Power

[۴] Biomass

۱-۲-۱- تجدیدساختار[۱]

یکی از مهمترین محرک‌های عمومی صنعت برق تجدیدساختار است.تمامی قوانین صنعت برق در این مسیر دست‌خوش تغییر شده است. به این خاطر نوع توسعه تجهیزات و سرمایه‌گذاری در صنعت برق با تغییرات فراوانی مواجه شده است.

از سوی دیگر محرک‌های بازاری[۲] نیز در ساخت آینده صنعت برق موثر هستند. افزایش رقابت در صنعت برق تجدیدساختار شده، شرکت‌های جدید با نیازهای متفاوت و اهداف گوناگون و حتی در شرایطی متضاد ایجاد خواهد کرد. شبکه توزیع نیز مستثنی از این تجدیدساختار نبوده و نهادهایی مانند بهره‌بردار توزیع (DSO[۳])، بهره‌بردار بازار (MO[۴]) و شرکت‌هایی مانند خرده‌فروشان ایجاد می‌شود. که با یکدیگر تعامل داشته و وظیفه تامین برق مصرف‌کنندگان را برعهده دارند.

۱-۲-۲- قوانین محیط زیست[۵]

آلودگی هوا، گازهای گلخانه‌ای، اثرات نامطلوبی بر آب و خاک کره زمین خواهد داشت.بنابراین در فضای کنونی جهان محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار شده است. نیروگاه‌های موجود در صنعت برق یکی از منابع اصلی تولید گاز گلخانه‌ای محسوب می‌شوند پیدا کردن راه‌کارهایی برای کاهش اثرات مخرب تجهیزات قدیمی و جدید بر محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار شده است.

۱-۲-۳- امنیت ملی[۶]

حفظ امنیت ملی و سیستم برق ایمن رابطه‌ای نزدیک دارند. بنابراین داشتن منابع جایگزین برای حفظ سیستم قدرت در برابر حملات احتمالی از اهمیت بالایی برخوردار است. برای نمونه حفظ تعداد کمی نیروگاه بزرگ در برابر حملات از حفظ تعداد زیادی نیروگاه کوچک توزیع شده در مناطق مختلف، بسیار سخت‌تراست.

---

[۱] Restructuring
[۲] Market drivers
[۳] Distribiution System Operator
[۴] Market Operator
[۵] Environmental regulation
[۶] National security

مسئله دیگری کهشبکه توزیع را از نظر امنیتی دستخوش تهدید می‌کنداتفاقات داخل شبکه است. بنابراین تشخیص اتفاقات و بازیابی سریع شبکه از اهمیت بالایی برخوردار است. در غیر این صورت خسارات وارده بسیار سنگین خواهد بود. (مانند اتفاقی که برای آمریکا در سال ۲۰۰۳ رخ داده است [۳].)

۱-۲-٤- پیری[۱] تجهیزات

در حال حاضر میزان زیادی از تجهیزات شبکه توزیع به مرز پیری رسیده و بازده آن‌ها به شدت کاهش یافته است. افزایش توان مصرفی، نیاز به سرمایه‌گذاری‌های کلان برای مناسب‌سازی تجهیزات و بخش سیم‌داری را لازم کرده است.

۱-۳- محرک‌هایفناورانه شبکه توزیع

۱-۳-۱- فناوری اطلاعات

طی چند دهه اخیر جامعه با انقلابی در فناوری اطلاعات مواجه شده است؛ و تغییرات عظیمی در مخابرات، سیستم‌های ارتباطی، بانکداری و صنایع دیگر ایجاد شده است. صنعت برق نیز از این ماجرا مستثنی نبوده است. در حال حاضر صنعت برق یک بازار بزرگ برای سیستم‌های فناوری اطلاعات محسوب می‌شود. از جمله این فناوری‌ها می‌توان بهکنتورهای هوشمند، خدمات صورت حساب، بهره‌برداری انتقال و توزیع، بازیابی سریع سیستم اشاره کرد.

ورود فناوری اطلاعات به صنعت برق، انقلاب عظیمی در تجارت توزیع ایجاد خواهد کرد. به طور مثال قابلیت پایش مصرف و تغییر آن، این امکان را به بهره‌بردار توزیع می‌دهد تا تولید و مصرف را ساده‌تر با هم متعادل کند، کیفیت خدمات را افزایش داده و حتی قیمت برق را کاهش دهد. با افزایش منابع تولید پراکنده و گسترش برنامه‌های مدیریت سمت مصرف (DSM[۲])، این امکان برای مشترکین نیز ایجاد گشته تا سود و سطح زندگی خود را ارتقاء دهند. افزایش فناوری اطلاعات، کامپیوترها و تجهیزات الکترونیکی در شبکه توزیع، میزان خاموشی‌ها و نوسانات ولتاژ و فرکانس مصرف‌کنندگان را کاهش خواهد داد.

[۱] Aging

[۲] Demand side management

از سوی دیگر با توجه به فناوری اطلاعات امکان بهره‌برداری زمان حقیقی[۱] و اجرای سیستم‌های کنترلی سریع ایجاد شده است. در واقع ایجاد دستگاه‌های هوشمند[۲] را امکان‌پذیر می‌سازد. تمامی مزایای گفته شده در مورد فناوری اطلاعات در صورتی قابل استفاده است که ساختار این شبکه تغییر کند.

۱-۳-۲- ذخیره‌سازهای انرژی[۳]

مشخصه قابل تمایز برق با دیگر کالاها، تولید و مصرف به صورت لحظه‌ای آن است. به این معنی که برای انرژی تولیدشده باید مصرف‌کننده‌ای وجود داشته باشد در غیر این صورت شبکه قدرت با مشکلات اساسی مواجه خواهد شد. اما اگر بتوان انرژی الکتریکی را ذخیره کرد و در ساعات پیک از آن استفاده نمود، بسیاری از مشکلات فنی قابل حل هستند. این روش برای کاهش بار پیک[۴]، بهبود پایداری سیستم[۵] در برابر اغتشاش‌ها[۶] و بهبود کیفیت توان[۷] استفاده نمود.

پیشرفت فناوری امکان ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی به میزان زیاد و با صرفه اقتصادی را امکان‌پذیر نموده است. افزایش سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی در آینده می‌تواند تحولی بزرگ در سیستم قدرت ایجاد کند. این تجهیزات می‌توانند در کنار مراکز تولید (نیروگاه‌ها)، خطوط انتقال و توزیع و حتی در خانه مصرف‌کنندگان استفاده شوند.

۱-۳-۳- تجهیزات الکترونیک قدرت

ساخت کلیدهایی با قابلیت تحمل جریان-ولتاژ بالا و قیمت کم موجب شده تا میزان استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت در صنعت برق افزایش پیدا کند. این سیستم‌ها می‌توانند در مبدل‌های AC-DC، ادوات FACT[۸]، بهبود دهنده کنترل توان عبوری از خطوط، کنترل سیستم قدرت مورد استفاده قرار گیرند.

---

۱ Real-time
۲ Smart devices
۳ Electricity storage
۴ Peak load
۵ Stability
۶ Disturbance
۷ Power quality
۸ Flexible Alternating Current Transmission System

۱-۳-٤- منابع تولید پراکنده

پیشرفت‌ها برای بهبود منابع انرژی تولید پراکنده و ترکیب آن‌ها با سیستم‌های گرمایی برای بهبود بازده موجب افزایش نصب این نوع از تولیدات در واحدهای صنعتی[۱] و تجاری[۲] شده است. انواع دیگر از تولیدات پراکنده نیز در واحدهای خانگی[۳] استفاده می‌شوند.

از این تولیدات برای بهبود کیفیت توان، افزایش قابلیت اطمینان، کنترل قیمت برق نیز استفاده می‌شود. از طرفی با توجه به افزایش نصب این نیروگاه‌ها، نیاز به نصب نیروگاه‌های بزرگ در بالا دست و توسعه سیستم توزیع و انتقال کاهش پیدا خواهد کرد. زیرا این تولیدات در شبکه توزیع موجب کاهش تلفات، پرشدگی خطوط می‌شوند.

۱-۳-۵- مدیریت سمت مصرف

آژانس بین‌المللی انرژی IEA[۴] تعریف جامعی از مدیریت مصرف به شرح زیر دارد:

مدیریت سمت مصرف عبارتست از اجرای فعالیت‌های طراحی شده توسط شرکت‌های برق، به منظور تأثیر بر مصرف برق مشترکین، به‌گونه‌ای که تغییرات مورد نظر شرکت برق در الگوی بار مورد تقاضا ایجاد شود [۴].

اصولاً برنامه‌های مدیریت مصرف در پی دست‌یابی به اهداف مختلفی می‌باشد. مهمترین این اهداف به شرح زیر می‌باشند [۶,۵]:

- بهبود کارایی سیستم‌های انرژی از طریق بهبود کارآیی تجهیزات تولید برق و افزایش ضریب بار
- کاهش نیاز به سرمایه‌گذاری برای ساخت تأسیسات جدید نیروگاهی به‌واسطه کاهش اوج‌بار
- بهبود قابلیت اطمینان، کیفیت برق، پایداری و تنوع خدمات
- بهبود شرایط اقتصادی
- ایجاد فرهنگ صرفه‌جویی

روش‌هایی که برای کاهش بار پیک استفاده می‌شوند، شامل قیمت‌گذاری چند تعرفه‌ای[۱]، مدیریت بار[۲]، بار[۲]، جابجایی بار[۳] مانند استفاده از ذخیره‌سازها، حذف پیک[۴] با استفاده از تولیدات پراکنده اشاره کرد.

---

[۱] Industrial

[۲] Commercial

[۳] Residential

[۴] International Energy Agency

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-٤- آیندهشبکه توزیع

افق آینده صنعت برق بر اساس ساختار کنونی بنا می‌شود. با توجه به مشکلاتی از جمله قابلیت اطمینان پایین، کمبود توان، پیری تجهیزات که در شبکه توزیع فعلی وجود دارد، نیاز به تغییر اساسی در این شبکه احساس می‌شود. از سوی دیگر محرک‌های خوبی نظیر تولیدپراکنده، ذخیره‌سازها، مدیریت مصرف، ادوات الکترونیک قدرت در دسترس قرار گرفته است. با توجه به این محرک‌ها، مفهومی به نام ریزشبکه ایجاد شده است که می‌تواند تمامی نیازهای بالا را در خود جمع کند.

ریزشبکه به صورت زیر تعریف می‌شود:

"به مجموعه‌ای از بارها و منابع پراکنده که به یکدیگر متصل بوده و محدودیت‌های هر کدام به صورت کامل مشخص می‌باشد و توسط یک نهاد متمرکز کنترل می‌شود. همچنین قابلیت عملکرد متصل و جدا از شبکه را دارا می‌باشد."

ساختار شبکه برق رسانی به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

۱- شبکه ملی[۵]
۲- اتصالات منطقه‌ای[۶] به شبکه ملی
۳- شبکه توزیع محلی به همراه ریزشبکه‌ها

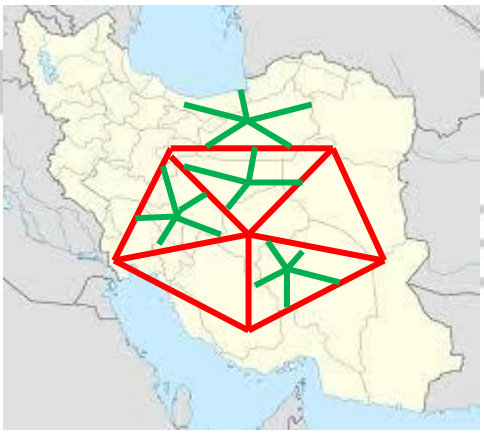
خطوط انتقال با ظرفیت بالا، شبکه ملی را تشکیل می‌دهند. این شبکه مناطق اصلی کشور را به هم متصل کرده و تمامی مصرف‌کنندگان فارغ از اینکه در چه فاصله‌ای از تولید قرار گرفته‌اند برق دریافت می‌کنند (شکل ۲). این شبکه از فناوری‌های نظیر، ابررسانا با امپدانس کم، سیستم انتقال ولتاژ بالای DC استفاده می‌کند.

---

[۱] Time-of-use
[۲] Load management
[۳] Load shifting
[۴] Peak-eliminating
[۵] National electricity
[۶] Regional interconnection

شکل ۲ ساختار شبکه ملی

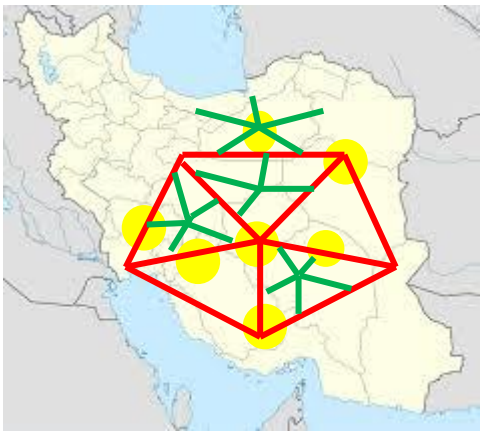
در اتصال شبکه‌های منطقه (شکل۲) به شبکه اصلی می‌توان از خطوط ولتاژ بالایDC استفاده کرد تا شبکه‌هایی که با یکدیگر سنکرون نیستند مشکلی در پایداری شبکه ایجاد نکنند. سیستم‌های تولیدی در این شبکه می‌توانند از سیستم کنترلی مرکزی و یا توزیع شده استفاده کنند. توسعه و افزایش استفاده از ذخیره‌سازها موجب می‌شود تا نامتعادلی‌های[۱] بار به راحتی جبران شوند.



شکل ۳ ساختار شبکه منطقه‌ای

شبکه توزیع به شبکه منطقه‌ای متصل شده و از آن توان دریافت می‌کند(شکل۳). با ورود ریزشبکه و شبکه‌های هوشمند، مصرف‌کنندگان به گونه‌ای تولیدات خود را تنظیم می‌کنند تا قیمت برق مصرفی و قابلیت اطمینان مورد نیاز خود را به صورت فردی به دست آورند. همچنین قابلیت تبادل توان بین ریزشبکه و شبکه اصلی ایجاد شده است. علاوه بر آن سیستم‌های کنترلی با استفاده از سنسورها، تجهیزات داخل خانه‌ها را کنترل کرده و خودروهای برقی نیز به صورت گسترده قابلیت استفاده خواهند داشت.

[۱] imbalance



شکل ۴ ریزشبکه‌ها و شبکه‌های هوشمند

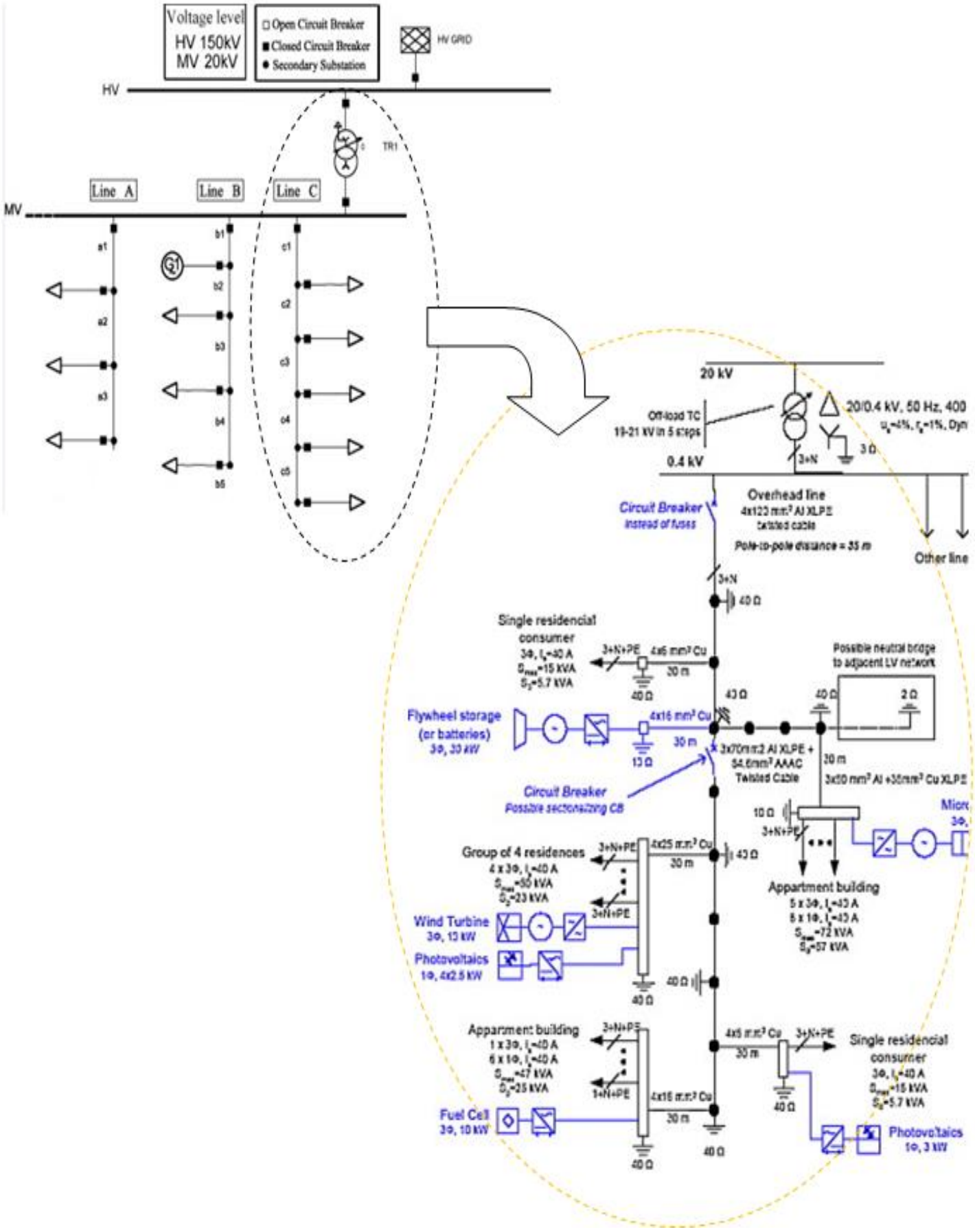
ریزشبکه موجب افزایش بازده، بهبود کیفیت توان و افزایش امنیت شبکه شده و حفاظت شبکه را بسیار هوشمندتر خواهد کرد. ریزشبکه می‌تواند تمامی مصرف‌کنندگان و گره‌های[۱] شبکه را کنترل و پایش[۲] نماید(شکل ۴). همچنین امکان جابجایی دو سویه توان[۳] بین ریزشبکه وشبکه اصلی وجود خواهد داشت. ریزشبکه با توجه به سیستم‌های ارتباطی کامل خود، این امکان را ایجاد می‌کند تا مبادلات زمان واقعی بازار برق نیز امکان برقراری داشته باشند.

در ریزشبکه‌ها،فناوری ابررسانایی می‌تواند به صورت کامل مشکل پرشدگی خطوط را برای مناطق مختلف حل کند. همچنین توسعه ذخیره‌ساز انرژی و مدیریت سمت مصرف می‌تواند بار پیک را از بین ببرد. با توجه به موضوعات گفته شده، مصرف‌کنندگان توانی با کیفیت و قابلیت اطمینان بالا دریافت خواهند کرد.

[۱] Node
[۲] Monitor
[۳] Tow-way flow

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵نمونه‌ای از ریزشبکه

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به طور خلاصه، ریزشبکه‌ها دارای مزایای زیر هستند:

- ریزشبکه و شبکه‌های هوشمند موانع صنعت برق در برابر توسعه اقتصادی را از بین برده و مبادلات بازار برق را افزایش داده و تجارت جدیدی در سطح توزیع ایجاد خواهد نمود.
- این شبکه‌ها امکان اتصال منابع تولید پراکنده از جمله باد، خورشید، زمین گرمایی و ... را تسهیلنموده و موجب کاهش آلودگی هوا (کاهش سوخت مصرفی نیروگاه) می‌شود. توسعه تولیدات پراکنده و قابلیت کار جزیره‌ای و متصل به شبکه ریزشبکه‌ها، قابلیت اطمینان شبکه توزیع را افزایش می‌دهد.
- تشخیص سریع خطاها و بازیابی سریع سیستم، امنیت شبکه را افزایش خواهد داد.

WikiPower.ir

فصل ۲- آشنایی با تولیدات‌پراکنده [۱] و انواع آن

۲-۱- تولیدات‌پراکنده و سیستم های قدرت تجدید ساختاریافته

در ساختار قدیم صنعت برق در کشورهای پیشرفته و وضعیت موجود بسیاری از کشورها وظایف تولید، انتقال و توزیع بر عهده شرکت‌های برق مجتمع بود. افزایش میزان تقاضای توان در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها موجب شد که این شرکت‌ها نتوانند به صورت موثر، جوابگوی این میزان تقاضای زیاد باشند، در نتیجه خاموشی، قطع برق و معیوب شدن تجهیزات و... در بسیاری از کشورها – به ویژه آمریکا – صورت گرفت و به تبع آن قیمت‌ها در دوره پیک به شدت بالا رفت. این در حالی بود که همراه با رشد اقتصادی کشورها،که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آن‌ها بود، مساله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز اهمیت پیدا نمود.

با تدوین جدید ساختار در صنعت برق، وظایف توزیع و انتقال از وظیفه تولید جدا شده و به شرکت‌های توزیع و انتقال محول گردید. تجدید ساختار صنعت برق به منظور دستیابی مصرف‌کنندگان به منابع توان رقابتی و دادن اجازه انتخاب به مصرف کنندگان از میان منابع صورت گرفت که نتیجه آن، بازار رقابتی برای منابع تولید توان، به ویژه منابع تولید پراکنده گردید.

موسسه تحقیقات نیروی برق EPRI [۲]میزان مشارکت این منابع تا سال ۲۰۱۰ را ۲۵٪ تخمین زده است. که نشان دهنده رشد روزافزون بکارگیری این تولیدات در تامین انرژی مورد نیاز در کشورهای مختلف می‌باشد.

بکارگیری و حضور این واحدهای تولیدی تاثیری مثبت گوناگونی را در آنالیز و ارزیابی فنی و اقتصادی شبکه به همراه دارد. این واحدها بدون بررسی تاثیرات آنها در شبکه باعث کاهش اثرات مثبت، بروز مشکلات بعدی در بهره برداری و کاهش کارایی و بهره‌وری از این تولیدات در شبکه می‌گردد.

۲-۲- تعریف تولید پراکنده

تعاریفمختلفیبرایتولیداتپراکندهبکاررفتهاستولیتعریفجامعوبدونمحدودیتآنعبارتاستاز

"منبعانرژیالکتریکیکهمستقیماًبهشبکهتوزیعویاسمتمصرفکنندهوصلمی-

گردد."مقادیرنامیاینتولیداتمتفاوتاستولیمعمولاًظرفیتتولیدآنهااز چندکیلوواتتاحدود ۱۰ مگاواتمی‌باشد .

[۱] Distributed generation

[۲] Electric Power Research Institute

اینواحدهادرپست‌هاودرفیدرهایتوزیعدرنزدیکیبارهاقرارمی‌گیرند.

مولدهایتولیدپراکندهصرفنظرازنحوهتولیدتوانآن‌هانسبتاًکوچکبودهوظرفیتآنهامعمولا کوچکتر از ۳۰۰MW می باشند و مستقیما به شبکه توزیع وصل می‌شوند.

۲-۳- خواص عمومی تولیدات پراکنده

- اندازه کوچک
- استفاده از چندین منبع انرژی اولیه
- استفاده به طور مستقل به شبکه
- استفاده در نقاط دور از شبکه سراسری برق

۲-٤- انگیزه‌های استفاده از نیروگاه‌های تولید پراکنده

- تلفات کمتر نسبت به نیروگاه‌های بزرگ
- جاگذاری و نصب آسان‌تر
- قابلیت اطمینان [۱] و امکان دسترسی بیشتر
- جاگذاری نزدیک مصرف کننده

۲-۵- اهداف و کاربردهای تولیدات پراکنده

هدف اصلی از به کارگیری واحدهای تولید پراکنده تامین توان اکتیو مورد نیاز بارهای شبکه می‌باشد. براساس این تعریف نیازی به تامین توان راکتیو و مورد نیاز از طریق این تولیدات نمی‌باشد هر چند برخی از واحدهای تولید پراکنده قادر به تولید توان راکتیو می‌باشند و بخشی از توان راکتیو بارها را نیز تامین می نمایند. همچنین جهت تامین نیازمندی‌های بار و شبکه و با توجه به نوع تولید پراکنده کاربردهای مختلفی را برای این تولیدات در نظر گرفته‌اند که عبارتند از:

۲-۵-۱- تولید برق اضطراری

مهم‌ترین کاربرد DG استفاده از آن برای تولید برق اضطراری برای مصرف‌کنندگان خاص مانند بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و حتی هتل‌ها می‌باشد که برای آنها مسائل اقتصادی در مقابل مسائلی چون عدم قطعی برق در درجهٔ دوم قرار دارد.

[۱] Ralability

۲-۵-۲- تولید همزمان برق و حرارت(CHP[۱])

انرژی حرارتی بسیاری در فرایند تبدیل سوخت به انرژی الکتریکی تولید می‌گردد به طور متوسط دو سوم انرژی تولیدی در طی فرایند تبدیل به انرژی حرارتی می‌گردد این حرارت قابلیت استفاده توسط مصرف کننده در صورتی‌که در نزدیکی مراکز مصرف باشد را دارد. علاوه بر مزیت فوق استفاده از این تکنولوژی باعث کاهش آلودگی های زیست محیطی نیز می‌گردد.

با استفاده از پدیده تولید همزمان برق و حرارت و یا سرما [۲]در میکروتوربین‌ها راندمان DG از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی نیز بالاتر رفته و به حدود ۹۰-۸۰ درصد انرژی شیمیایی سوخت می‌رسد.

افزایش قابل توجه راندمان در کشورهایی که انرژی (برق و سوخت) دارای قیمت واقعی می‌باشد، بسیار قابل توجه است و انگیزه‌ای است بسیار قوی برای استقرار واحدهای DG در محل مصرف. اضافه کردن مبدل حرارتی به واحد مولد برق، قیمت مجموعه را بالا می‌برد اما در عوض همراه با هر کیلووات انرژی الکتریکی تولیدی، حدود دو کیلووات انرژی حرارتی برای مصارف گرمایشی و سرمایشی برداشت می‌شود و این خود هزینهٔ سرمایه‌گذاری و نیز هزینهٔ سوخت و نگهداری واحدهای سنتی تأسیسات حرارتی و تهویهٔ مطبوع را کاهش می‌دهد. ضمناً همراه با گازهای خروجی از میکروتوربین‌ها مقداری گرما و گاز CO_2 نیز به محیط زیست آزاد می‌شود که می‌توان CO_2 موجود را به طور مستقیم وارد گلخانه‌ها کرده و از گاز تولیدی توسط این مولدها نیز استفاده نمود.

۲-۵-۳- تغذیه پشتیبان

تولید پراکنده می‌تواند در شبکه توزیع و در برخی مواقع که یکی از بخش‌های شبکه دچار مشکل شده‌اند به طور اضطراری بار مورد نیاز برخی مصرف‌کنندگان که دارای هزینه خاموشی هنگفتی باشند را تامین نمایند.

۲-۵-٤- مصرف انرژی در پیک بار

هزینه‌های تولید توان الکتریکی ساعت‌به ساعت، بسته به میزان تقاضا و ظرفیت دردسترس در حال تغییر است. شرکت‌های برق‌معمولا قادر به مشاهده این تغییرات هستند، اما برای مصرف‌کنندگان، چنین امکانی‌فراهم نیست. برخی از مصرف‌کنندگان بزرگ‌براساس‌زمانهای‌استفاده از انرژی‌الکتریکی، ممکن است هزینه‌های مختلفی‌را به همین دلیل پرداخت کنند.مصرف‌کنندگانی که در ساعات

[۱]Combined heat and power

[۲]Congeneration

نسبتا پرهزینه‌اوج بار اقدام به تولید انرژی الکتریکی‌می‌کنند، اصطلاحا اصلاح‌کننده پیک‌نامیده می‌شوند. مصرف‌کنندگانی که در مواقع‌اوج بار شبکه از این روش استفاده می‌کنند به‌طور قابل ملاحظه‌ای هزینه‌های صرف شده‌برای خرید انرژی الکتریکی را کاهش‌می‌دهند. در ضمن این قبیل مصرف‌کنندگان‌قادر خواهند بود در صورت نیاز شبکه، ظرفیت‌مازاد تولیدی خود را در اختیار شبکه قرار دهندو درآمد حاصل از فروش انرژی الکتریکی رابرای کاهش هزینه‌های خود ذخیره کنند.

۲-۵-۵- پشتیبانی شبکه

- استفاده از تولید پراکنده قابلیت کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در سایر بخش‌ها از جمله تقویت ولتاژ شبکه، کاهش تلفات خطوط، کنترل توان راکتیو، آزادسازی ظرفیت خطوط انتقال و افزایش ظرفیت اضطراری شبکه را دارا می‌باشد.
- تغذیه بارها بصورت جدا از شبکه برای مناطقی که هزینه اتصال آنها به شبکه به دلیل موانع طبیعی بالا بوده و صرفه اقتصادی ندارد.

۲-۵-۶- تعویق هزینه‌های احداث و توسعه شبکه

- در این حالت با آنالیز و بررسی تولیدات پراکنده و هزینه‌ها در طول دوره بهره‌برداری و مقایسه با توسعه شبکه روش مناسب جهت توسعه شبکه انتخاب می‌گردد.
- کاهش آلودگی زیست‌محیطی با استفاده از تولیدات مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و بالا بردن راندمان و آلودگی کمتر در تولیداتی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند.

۲-۵-۷- تامین خدمات جانبی مورد نیاز جهت بهره‌برداری شبکه

در شبکه‌های قدرت تجدید ساختاریافته قابلیت ارائه خدماتی همچون ذخیره چرخان، ذخیره جایگزین و راه اندازی دوباره شبکه را دارا می‌باشد.

۲-۵-۸- بهبود وکیفیت برق رسانی

حضور منابع تولید پراکنده در نزدیکی مراکز مصرف می‌تواند تاثیرات مثبتی بر روی قابلیت اطمینان و کاهش تعداد و تداوم مدت زمان خاموشی‌های مصرف‌کنندگان و همچنین افزایش کیفیت برق رسانی به مراکز بار با بهبود پرفیل ولتاژ در نقاط مصرف داشته و بعنوان یک روش مقرون به صرفه از لحاظ اقتصادی در نظر گرفته شود.

۲-۶- مکان نصب تولدات پراکنده

عموما تولیات پراکنده در شبکه‌های توزیع و در نزدیکی مصرف‌کنندگان نصب می‌شود با توجه به توان مصرفی بارهای شبکه توزیع، واحدهای تولید پراکنده با ظرفیت تولید متناسب با این شبکه‌ها در مکان مناسب به کار گرفته می‌شوند.

۲-۷- انواع تکنولوژی تولیدات پراکنده

این بخش به توضیح برخی تکنولوژی‌های رشد یافته که میکروشبکه‌ها را شکل خواهند داد می‌پردازد.

امروزه کلیه واحدهای تولید انرژی که به صورت غیرمتمرکز وپراکنده در شبکه توزیع نصب شده و دارای توان نسبتا پایین می‌باشند را در زمره تولیدات پراکنده قرار می‌دهند. با پیشرفت تکنولوژی ساخت این تولیدات، تنوع منابع تولید پراکنده بسیار گسترده‌تر شده است. در کل می‌توان این تولیدات را با توجه به تکنولوژی تولید به دو دسته تولیدات سنتی و غیر سنتی تقسیم‌بندی نمود. البته روش‌های دیگری نیز در دسته بندی تولیدات پراکنده وجود دارد.

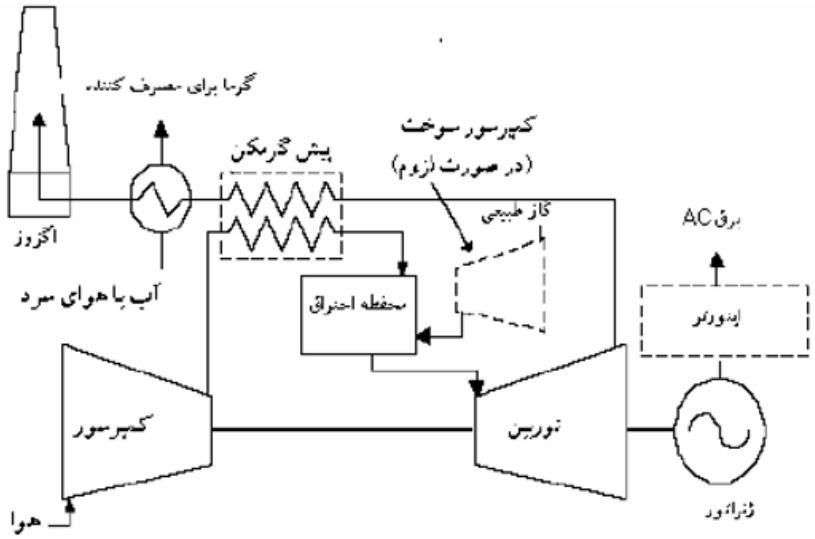
بدین صورت که می‌توان این تولیدات را با توجه به انرژی اولیه مصرفی به سه دسته تقسیم نمود:

۱- تکنولوژی‌هایی که براساس سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند (موتوراحتراقی، میکروتوربین و دیزل ژنراتورها)
۲- تکنولوژی‌هایی که براساس استفاده از انرژی‌های نو استوارند (توربین‌های بادی، سلول‌های خورشیدی وزیست توده)
۳- تکنولوژی‌هایی که براساس ذخیرسازی انرژی استوارند (باتری‌ها و چرخ‌های طیار)

۲-۷-۱- میکروتوربین‌ها

تکنولوژی بکار رفته در میکروتوربین‌ها[1] از سیستم‌های تغذیه داخلی فضاپیما، توربو شارژرهای موتور دیزل و طرح‌های اتومبیلگرفته شده است. در حال حاضر تعدادی از کمپانی‌های تولیدی مشغول امتحان و آزمایش مدل‌های آزمایشگاهی این واحدها در شبکه‌های بسیار کوچک توزیع در حد ۳۰ تا ۵۰۰ کیلو واتی هستند یک میکروتوربین ساده شامل یک کمپرسور، محفظه احتراق توربین و ژنراتور است. اغلب طرح‌های موجود در این زمینه از نوع تک محور هستند که از یک ژنراتور آهنربای دائم با دور زیاد جهت تولید برق متناوب با فرکانس متغیر استفاده می‌کند. از یک اینورتر برای تولید فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز استفاده می‌شود.

[1] Microturbine



شکل ۶مراحل عملکرد میکروتوربین‌ها

۲-۷-۲- پیل سوختی[۱]

پیل سوختی وسیله‌ای است که برای تولید توان الکتریکی و تأمین انرژی حرارتی از طریق جریان‌های الکتروشیمیایی استفاده می‌شود. پیل سوختی را می توان به عنوان یک باطری تأمین کننده انرژی الکتریکی تصور کرد که تا زمانی‌که سوخت آن تأمین شود می تواند انرژی الکتریکی تولید نماید.

بر خلاف باطری‌ها، FC ها تا زمانیکه مواد سوختی آن‌ها به طور پیوسته تأمین شود نیازی به شارژ شدن در طول فرآیند الکتروشیمیایی ندارند. ظرفیت پیل‌های سوختی از کیلووات تا مگاوات برای دستگاه‌های قابل حمل و ثابت تغییر می‌کند.

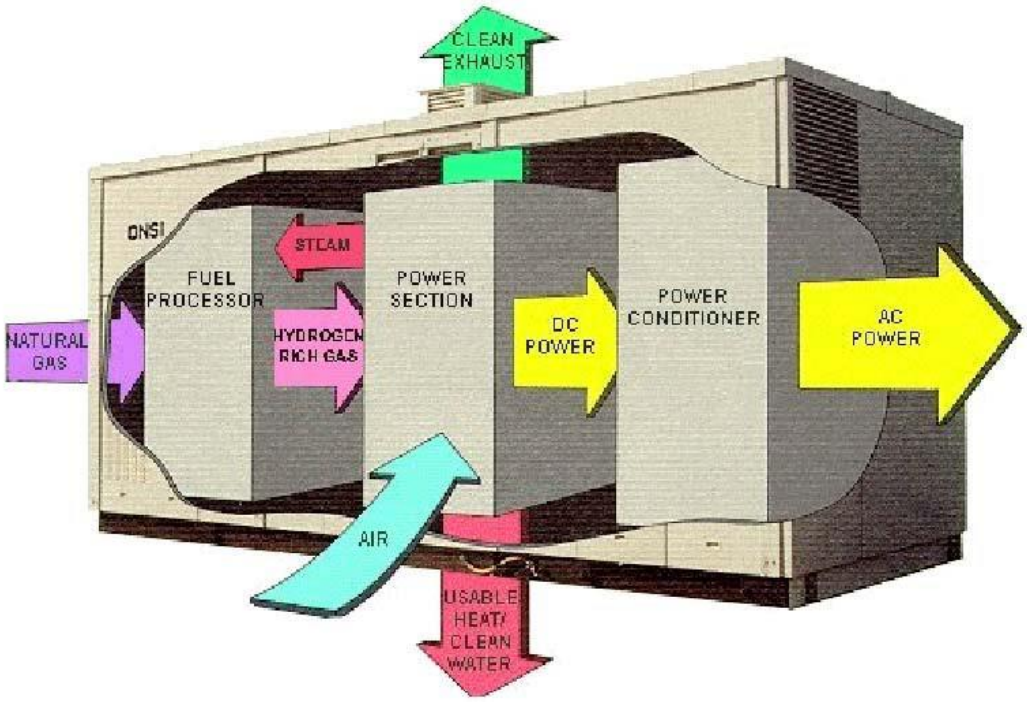
پیل سوختی با سوخت‌های گازی و مایع قادر به تولید توان پاک و گرما برای کاربردهای متعدد می‌باشد. عملکرد یک پیل سوختی که دارای دو الکترود اکسید کننده که به وسیله یک الکترولیت از هم جدا شده-اند می‌باشد، نشان داده می‌شود.

اکسیژن به عنوان یک اکسیدکننده از طریق یک الکترود (کاتد) عبور می‌کند. هیدروژن به عنوان سوخت از طریق الکترود دیگر (آند) عبور می‌کند. تکنولوژی FC مبتنی بر یک پروسه الکتروشیمیایی است که در

[۱] Fuel cell

آن اکسیژن و هیدروژن بدون احتراق باهم ترکیب شده و برق تولید می‌کنند. البته برق تولیدی توسط پیل‌های سوختی نیز مانند فتوولتائیک dc می‌باشد و برای اتصال به شبکه باید به برق ac تبدیل شود.

از معایب سلول‌های سوختی می توان به زمان استارت بالای آن‌ها اشاره کرد.یکی از علل عمده استفاده از این نوع به دلیل تولید هیدروژن در فرآیند می‌باشد که این عمل برای جلوگیری از آلودگی بسیار موثر است.



شکل ۷نمونهصنعتییکپیلسوختی

۲-۷-۳- منابع تجدیدشدنی[۱]

منابع تجدیدشدنی می‌توانند در ریزشبکه‌ها استفاده شوند مثل سیستم های PV یا توربین‌های بادی. میکروتوربین‌های سوخت‌زیستی نیز یک احتمال بشمار می‌آیند، از نظر محیطی، سلول‌های سوختی و بیشتر منابع قابل تجدید یک پیشرفت اساسی نسبت به موتورهای احتراق معمولی دارند.

[۱] Renewable resources

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۷-۳-۱- فتوولتائیک(PV[۱])

انرژی نور خورشید الکترون‌های سلول‌های فتوولتائیک [۲]را وادار به حرکت می‌کند. هر سلول، ۲ تا ۴ آمپر را با توجه به اندازه سلول [۳]با ولتاژ خروجی ۰,۵ ولت تامین می‌کند. البته محدودیت‌های فتوولتائیک بیشتر از سایر مولدهاست.

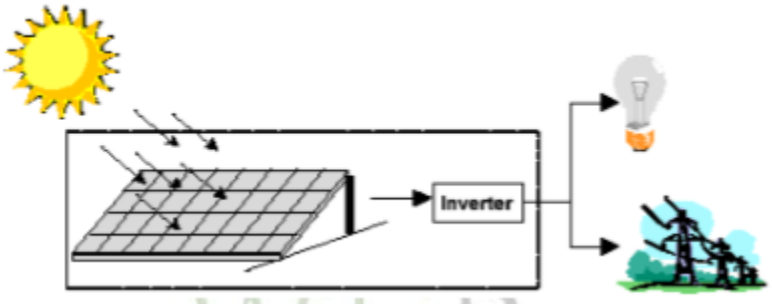
توان خروجی نسبتاً پایین، قیمت بالای سلول‌های فتوولتائیک، مشخصات جغرافیایی و آب‌وهوایی خاص برای تولید توان از جمله‌ی این محدودیت‌ها می‌باشند. با این حال با توجه به پاکی انرژی تولیدی، تولید برق توسط فتوولتائیک مورد توجه است.در فناوری فتوولتائیک، از سلول‌های نیمه‌هادی که هر کدام از یک دیودP-N بزرگ تشکیل شده‌اند،استفاده می‌شود.

به این صورت که با تابش نوربر روی هر سلول،ولتاژ و جریان DG تولید می‌شود.چندین سلول با هم ترکیب شده و یک ماژول را برای تولید جریان و ولتاژ موردنظر ایجاد می‌کند.جریان خروجی تابعی از تابش،دما،سرعت بادوضرایب مخصوص برای فناوری سلول‌هااست.امروزه اینگونه سلول‌ها عموما از ماده سیلسیم تهیه می‌شوند و سلسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود.

این سیستم‌ها به طور کلی به سه بخش تقسیم می‌شوند.

- پنل‌های خورشیدی
- تولید توان مطلوب یا بخش کنترل
- مصرف کننده یا بار الکتریکی

[۱] potovoltaice
[۲] photovoltaic Arrays
[۳] cell



شکل ۸ نحوه عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک

۲-۷-۳-۲- نیروگاه بادی[۱]

انرژی باد از جمله انرژی‌های متغیر با زمان و مکان است. چگالی توان تولیدی بر حسب وات بر واحد سطح، یک تابع درجه سوم از سرعت باد است. در اینصورت یک افزایش کوچک در سرعت باد، افزایش زیادی در انرژی آن‌را در برخواهد داشت. بادها به دسته‌های خوب، عالی و شدید تقسیم‌بندی می‌شوند که معادل با سرعت های ۱۶،۱۳ و۱۹ مایل بر ساعت است.

توسط توربین‌های بادی (ایرو توربین) حرکت رانشی باد به انرژی مکانیکی دورانی تبدیل می‌شود که آن نیز به نوبه خود توسط یک ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

مزایای توربین‌های بادی [۲]

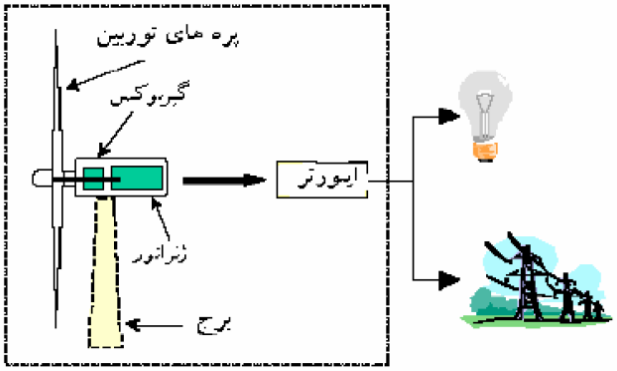
- به پاکیزگی هوا (بدون هیچ آلودگی) کمک می‌کنند. برخلاف سوخت‌های فسیلی که موجب باران‌های اسیدی (از دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن ایجاد می‌شوند) و گرم شدن زمین (از گاز کربنیک بوجود می‌آید) می-شوند.
- برخلاف برق هسته‌ای (از لحاظ زباله‌های رادیواکتیو) انرژی باد به ایمنی عمومی کمک می‌کند.
- یک سوخت پایان‌ناپذیر است.
- هزینه سوخت‌های سنتی با گذشت زمان افزایش می‌یابد، ولی هزینه بهره‌برداری از انرژی بادی با مرور زمان کاهش می‌یابد.

اگرچه انرژی باد به انرژی برق اثرات زیست‌محیطی حداقل دارد ولی ساختارهای بزرگ انها مقداری نیز تولید نموده و از لحاظ زیباسازی هم مشکل‌ساز خواهد بود. با مکان‌یابی سیستم های باد، تا حد امکان دور از مراکز مسکونی، این اثرات حداقل می‌گردد.

---

[۱] Wind Power

[۲] Wind turbine



شکل ۹ اجزای توربین بادی

۲-۷-٤- تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی[۱]

این وسایل با ذخیره انرژی در ساعات خاصوسپس پس‌دادن انرژی در ساعات تعیین شده به عنوان منبع توان تولید پراکنده در شبکه توزیع شناخته شده‌اند. وسایل ذخیره انرژی شامل باتری، سوپر خازن ها، سدهای ذخیره آب می‌باشند. این وسایل معمولا با انواع دیگر تولید پراکنده ترکیب می‌شوند تا در زمان پیک بار مورد استفاده قرارگیرند.

بکارگیری این وسایل مزایا ومعایبی دارد که در زیر شرح داده‌شده‌اند

مزایا

۱- اصلاح کیفیت توان و قابلیت اطمینان
۲- کاهش اندازه تولیدات پراکنده
۳- صرفه‌جویی انرژی/تقاضا از تقسیم‌بندی بار
۴- کاهش دادن احداث تجهیزات جدید در شبکه انتقال و توزیع

معایب

۱- ۱- هزینه بالای سیستم ذخیره در مدت طولانی
۲- ۲- تلفات توان کنار سایت جهت حفظ انرژی شارژ شده
۳- ۳- نرخ تعمیرات بالا
۴- با بکارگیری وسایل ذخیره انرژی می‌توان از اضافه توان شبکه،در زمان پیک بار استفاده نمود و شبکه‌ای با قابلیت مانور بالا ایجاد نمود.

[۱] Storage

۲-۷-۴-۱- تکنولوژی بازیافت گرمایی

تکنولوژی بازیافت‌گرمایی CHP برای استفاده در سیستم‌های جهت سوددهی میکروشبکه ضروری هستند که در بخش بعدی توضیح داده می‌شوند. بسیاری از این تکنولوژی‌ها نسبتا توسعه یافته هستند و مشابه بقیه مثل چیلرهای جذبی شناخته شده هستند ولی کاربرد گسترده‌ای ندارند.

۲-۷-۴-۲- ترکیب گرما و نیروی برق(CHCP)

بخش بزرگی از کل گرمای اتلافی حاصل از فرآیند تولید برق را می‌توان توسط مبدل‌های گرمایی بازیافت کرد تا برای مصارف تامین گرمایش فضا، آبگرم مصرفی، بخار مورد نیاز فرایندهای کارخانه‌ها و... بکاربرد. با استفاده از یک چیلر جذبی می توان از بخشی از گرمای بازیافت شده برای تولید سرما بهره گرفت. در نتیجه بطور همزمان می توان هر سه نوع انرژی الکتریکی، گرمایی و سرمایی را تولید کرد که این پدیده بنام تولید همزمان برق گرما و سرما شناخته می‌شود. از یک بویلر کمکی نیز می‌توان برای جبران کمبود گرمای مورد نیاز بارهای گرمایی و از یک منبع ذخیره گرما برای ذخیره گرما در مواقعی که بار گرمایی از میزان خروجی گرما کمتراست استفاده کرد.

تولید متداول قدرت به طور میانگین تنها ۳۵ درصد بازده دارد،تا حدود ۶۵ درصد ظرفیت انرژی بصورت گرمای اتلافی آزاد می‌شود. جدیدترین تولید سیکل ترکیبی می‌تواند این بازده را صرفنظر از اتلاف انتقال و توزیع برق، تا ۵۵ درصد بهبود بخشد. تولید همزمان، این اتلاف را با استفاده گرما در بخش‌های صنعت، تجارت و گرمایش و سرمایش منزل کاهش می‌دهد.

یک مزیت بالقوه مهم میکروشبکه‌ها وجود یک فرصت مناسب گرمای اضافی از تبدیل سوخت اولیه به برق می‌باشد، بخاطر اینکه تقریبا نصف تا سه چهارم انرژی اولیه مصرفی در تولید برق نهایتا وارد محیط آزاد می شود.

هدف از افزایش بازده سه مورد است :

۱. هزینه‌های سوخت کاهش خواهند یافت.
۲. انتشارات کربنی کاهش خواهندیافت.
۳. مشکل انتشار گرمای اضافی به محیط برطرف می‌شود.

ظهور و بکارگیری تکنولوژی‌ها برای تسهیل استفاده از گرمای اضافی از مزایای مهم میکروشبکه‌ها می-باشد.

تولید همزمان عبارت است از تولید گرما و برق که هر دوی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این تولید شامل گستره‌ای از فناوری‌ها است، ولی معمولا شامل یک مولد برق و یک سیستم بازیافت گرمایی است. تولید همزمان نیز به عنوان " ترکیب برق و گرما (CHP)" و " انرژی کل " شناخته می‌شوند.

در تولید متداول برق، تلفات بیشتر در حدود ۵ تا ۱۰ درصد ناشی از انتقال و توزیع از نیروگاه‌های نسبتا دورافتاده تا شبکه برق است.هنگامی که برق به کوچک‌ترین مشتریان تحویل داده می‌شود این تلفات بیشترین مقدار است .

با بهره‌برداری از گرما، بازده دستگاه تولید همزمان می‌تواند به ۹۰٪ یا بیشتر برسد بعلاوه، برق تولید شده توسط دستگاه تولید همزمان[1] معمولا به طور محلی استفاده می‌شود و تلفات انتقال و توزیع قابل صرفنظر خواهد بود. بنابراین صرفه‌جویی پیشنهادی توسط تولید همزمان در مقایسه با تامین برق و گرما توسط نیروگاه‌ها و بویلرهای متداول، در حدود ۱۵ تا ۴۰٪ خواهد بود.

از انجایی که انتقال برق در مسیرهای طولانی آسان‌تر و ارزان‌تر از انتقال گرماست،دستگاه تولید همزمان معمولا هرچه نزدیک‌تر به محل مصرف گرما نصب شده می‌شود و در حالت ایده‌ال ظرفیت آن‌ها را بگونه-ای درنظر می‌گیرند که تامین‌کننده نیازهای گرمایی محل باشد. در غیر این صورت یک بویلر اضافی مورد نیاز است و در نتیجه بخشی از مزایای زیست محیطی برآورده نخواهد شد. این بنیادی‌ترین اصل تولید همزمان می‌باشد.

هنگامی که برق کمتر از حد نیاز تولید شود، لازم است تا باقیمانده ان را خریداری کرد. با این وجود هنگامی که ظرفیت دستگاه بر مبنای نیاز گرمایی است، معمولا برق بیشتری نسبت به نیاز تولید می‌شود، برق اضافی را می‌توان به شبکه برق فروخت یا از راه شبکه توزیع، به مشتری دیگری تحویل داد.

برخلاف الکتریسته، گرما، بصورت بخار یا آب گرم را نمی توان براحتی یا بصورت اقتصادی در مساحت های طولانی انتقال داد،لذا سیستم های CHP در واقع گرما را برای فرایندهای صنعتی، گرمای محل، گرم کردن ناحیه‌ای در شبکه، یا برای گرم کردن آب یا سترون‌سازی فراهم می‌کند. برای ایجاد سیستم‌های CHP مناسب، با تقاضای کافی برای استفاده از آن در یک محل بطور متمرکز وجود داشته باشد تا این سیستم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد. استفاده از CHP در میکروشبکه‌ها را به همراه دارد :

۱- تولید گرما می تواند نزدیک به محل مصرف باشد. در یک مثال وسیع،سلول‌های سوختی می‌توانند در هر طبقه بیمارستان جهت نیازهای آبگرم هر طبقه قرار گیرند. بخاطر اینکه برق نسبت به گرما راحت‌تر منتقل می‌شود، تولید گرما نزدیک به محل بار گرمایی معمولا ملموس‌تر نسبت به تولید گرمای نزدیک به بار، برق ایجاد خواهدشد و ریزشبکه اجازه قرار گرفتن بهینه در رابطه با بارهای گرمایی را می‌یابد.

۲- مقیاس تولید گرما برای واحدهای انفرادی کوچک است و لذا انعطاف‌پذیری بیشتری را در جفت شدن با نیازهای گرمایی ارائه می‌دهد. یک میکروشبکه را می‌توان از ترکیب اقتصادی‌ترین ژنراتورهای تولید گرمای اضافی و ژنراتورهای تولید گرمایی معمولی ساخت به طوری‌که تولید الکتریسته و گرمای ترکیبی بهینه باشد.

[1] Cogeneration

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۳- ریزشبکه‌ها

با افزایش روز افزون مصرف برق و کمبود توان تولیدی نیروگاه‌های سنتی و افزایش گازهای گلخانه‌ای از یکسو و توسعه فناوری نیروگاهی از سوی دیگر، موجب گردیده تا منابع انرژی توزیع شده[۱](DER) به جایگزینی مناسب برای نیروگاه‌های سنتی بدل شوند. زیرا می‌توانند توان مورد نیاز مصرف‌کنندگان را تامین کرده و میزان آلایندگی کمتری نسبت به نیروگاه‌های سنتی ایجاد می‌کنند. منابع تولیدپراکنده شامل فناوری‌هایی نظیر موتورهای دیزل، توربین‌های کوچک[۲]، پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و چندین فناوری دیگر است. البته استفاده از منابع تولیدپراکنده موجب مشکلاتی نظیر تغییر سطوح اتصال کوتاه، تغییر مسیر جریان درشبکه، بهم ریختن زون‌های حفاظتی و مشکلات پایداری خواهد شد.

راه حل اصلی مشکل استفاده از زیر سیستمی است که قابلیت کنترل هماهنگ و مرکزی منابع تولید پراکنده، بارهای کنترل‌پذیر و کنترل ناپذیر، تجهیزات ذخیره‌ساز نظیر چرخ‌های طیار[۳]، خازن‌ها و باتری‌ها را داشته وهمچنین توانایی کار به صورت متصل به شبکه و جدا از شبکه را داشته باشد.ریزشبکه المان اصلی در تجمیع منابع تولید پراکنده و منابع ذخیره انرژی محسوب می‌شود.

فواید ریزشبکه‌ها را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود[۷]:

- افزایش پایایی[۴] محلی
- کاهش تلفات شبکه
- حفظ سطوح ولتاژ محلی در محدوده تعیین شده
- افزایش راندمان انرژی با استفاده از سیستم CHP[۵]
- اصلاح افت ولتاژ[۶]
- تامین بار بدون وقفه

ریزشبکه‌ها دارای دو مد عملکردی هستند[۸]:

۱- متصل به شبکه
۲- عملکرد جزیره‌ای

[۱] Distributed Energy Resource
[۲] Micro turbine
[۳] Freewheel
[۴] Reliability
[۵] Combined Heat and Power
[۶] Voltage sag

در حالت متصل به شبکه، ریزشبکه می‌تواند به شبکه توان تزریق کرده یا از آن دریافت کند. عملکرد آن به اهداف کنترلی ریزشبکه وابسته است. اهداف می‌تواند شامل مسائل بازار برق، کنترل ولتاژ، کنترل فرکانس یا پایداری شبکه باشد. بر اساس این اهداف سیستم کنترلی ریزشبکه میزان توان دریافتی یا تزریقی به شبکه و ساعاتی که باید این کار را انجام دهد را مشخص می‌کند.به طور مثال در ساعاتی که قیمت برق شبکه از قیمت برق تولیدی ریزشبکه بیشتر است، ریزشبکه تمامی تولیدات خود را برای تامین بار وارد مدار خواهد کرد.

ریزشبکه‌های جزیره‌ای کاربردهایی در صنایع هوایی، دریایی، مناطق روستایی دارد. در این حالت، ریزشبکه از شبکه اصلی جدا شده(می‌تواند دلایل حفاظتی و یا امنیتی داشته باشد)و بارهای خود را با توجه به تولیدات موجود در ریزشبکه تامین می‌کند. در این شرایط با توجه به ظرفیت تولیدات پراکنده، بارهای اضافی قطع خواهند شد. منابع تولیدپراکنده دارای اینرسی بالایی نبوده، بنابراین با کوچکترین تغییر در بار،ریزشبکه میتواند ناپایدار شود. بر این اساس کنترل ریزشبکه در این شرایط، با اهداف دیگری انجام می‌شود.

به طو کلی مفهوم ریزشبکه یعنی برای استفاده بهینه از منابع تولید پراکنده باید از سیستمی استفاده کرد که در آن تولید و بارهای مربوطه، در قالب یک شبکه کوچک عمل می‌کنند. از مزایای مهم استفاده از این روش این است که در هنگام بروز مشکلات در شبکه، تولید و بارهای مربوطه را می توان از سیستم توزیع جدا کرد بدون اینکه به کل شبکه انتقال آسیبی برسد.

WikiPower.ir

۳-۱- ریزشبکه‌های استفاده شده در جهان

طرح و پروژه ریزشبکه در واقع بخشی از پروژه تحقیقاتی اتحادیه اروپا بوده وبا هدف بررسی بهره‌برداری، کنترل، حفاظت، ایمنی و زیرساخت‌های ارتباطاتیریزشبکه‌ها انجام پذیرفته است. اهداف این پروژه افزایش نفوذ نسلجدید میکرو-ژنراتور در شبکه‌های الکتریکی با استفاده از مفهوم ریزشبکه است. همچنین بررسی استراتژی‌های مختلف کنترل میکرو-ژنراتورها، جایگزینی طرح‌های جدید برای شبکه توزیع، توسعهٔ ابزار جدید برای کنترل چندین ریزشبکه و استانداردسازی تکنیکی و تجاری پروتکل‌ها است[۹].

سازمان توسعه فناوری صنعتی و انرژی های نو (NEDO)در ژاپن ۲ پروژه تحقیقاتی را در سه شهر متفاوت شروع کرد[۱۰].در پروژه اول بارهای دور افتاده از شبکه را با استفاده از تولیدات پراکنده تغذیه

کردند. در پروژه دوم با استفاده از منابع پراکنده مانند پیل سوختی بارهای متصل به شبکه را تغذیه کردند.

در میان برنامه‌های شبکه‌های الکتریکی هموشمند و ریزشبکه‌ها در سراسر جهان، پایلوت‌های بسیاری در حال برنامه‌ریزی و اجرا هستند. به هر حال، جزئیات اطلاعات و نتایج تست واقعی پایلوت‌های ریزشبکه‌ها به طور محدود موجود است. در برخی حالت‌ها، *باید توجه نمود که لفظ ریزشبکه در برخی مواقع به شبکه‌ای اطلاق می‌شود که برخی ویژگی‌های ریزشبکه یا شبکه الکتریکی هوشمند (و نه همه آن‌ها را) دارد و تمام کارکردهای ریزشبکه که به آن اشاره شد را دارا نمی‌باشد. برخی از نمونه‌های ریزشبکه‌ها و شبکه‌های الکتریکی هوشمند در سراسر جهان عبارتند از :*

۳-۱-۱- شهرهوشمند[۱] در مالاگای اسپانیا

پایلوت یک شهر هوشمند در مالاگا در اسپانیا در ال برنامه‌ریزی و اجرا است. در این پروژه ۱۱ کمپانی بزرگ و ۱۴ مرکز تحقیقاتی مشارکت دارند. این شهر هوشمند شامل تولید انرژی در سطح ولتاژ متوسط (MV)و ولتاژ پایین (LV)، ذخیره‌ساز انرژی، اتوماسیون شبکه، سیستم پاسخ‌گویی بار و اندازه‌گیری هوشمند است. در این پروژه، سیستم مخابراتی که در آن عمدتا از کنترل‌کننده‌های منطقی برنامه‌پذیر [۲] و فیبرنوری استفاده می‌شوند، نقش مهمی دارد. سیستم مبتنی بر پروتکل‌های اینترنتی برای ارسال و تحویل داده‌ها استفاده می‌شوند. شهر هوشمند مالاگا دارای اغلب ویژگی‌های ریزشبکه است اما دارای ویژگی بهره‌برداری به صورت مستقل [۳] نیست.

۳-۱-۲- ریزشبکهارتشامریکا

ریزشبکه یک بستر کارا برای برق‌رسانی به مصرف‌کننده‌های حساس است که سطح بالایی از امنیت انرژی را طلب می‌کنند. هدف ارتش امریکا بهبود بازدهی و قابلیت اطمینان انرژی با فناوری جدید و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر است. برای استفاده از فناوری جدید، ارتش امریکا نیازمند بهره‌برداری ریزشبکه در حالت جزیره‌ای است. ویژگی‌های دیگری از قبیل بازرزایی هوشمند و روش‌های کنترل پیشرفته در نمایش اولیه این پروژه در for still ایالت Oklahoma تست و بررسی شده‌است. امنیت سایبری به طور واضح از اهمیت بسیار بالایی برای پروژه‌های نظامی برخوردار بوده و به همین جهت در

[۱] Smart City
[۲] Programmable Logic Controller
[۳] Autonomous

نقاط مختلف از قبیل Pearl-hickam و Camp Smith ایالت هاوایی، Fort Carson ایلت کولورادا تست شده است. به علاوه، مسائلی از قبیل کنترل گسترده و طراحی مفهمی برای سیستم جزیرای مورد توجه قرار گرفته است.

۳-۱-۳- ریزشبکه Hai l ut o فنلاند

در ریزشبکه Hailuto فنلاند، پایلوت واقعی ریزشبکه هنوز راه‌اندازی نشده است اما عملکرد جزیره‌ای آن تست شدخ است. Hailuto جزیره‌ای در کنار دریا نزدیکOulu است. ایده اصلی تست، شروع عملکرد جزیره‌ای در حالت وقوع خطا در شبکه اصلی است. در طول عملکرد جزیره‌ای، مصرف‌کنندگان در Hailuto خروج توان را تجربه می‌کنند. به هر حال، شبکه جزیره‌ای، به طور اتوماتیک با ژنراتورهای دیزل و بادی ایجاد می‌شود.

تنظیمات حفاظتی مختلف برای عملکرد ریزشبکه در حالت نرمال و جزیره‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اصلی، سنکرون کردن جزیره با شبکه اصلی بلافاصله پس از یک خروج است. نتایج تست عملکرد حالت جزیره‌ای هنوز بصورت گسترده منتشر نشده است اما آنچه مشخص است عملکرد حالت جزیره‌ای اگر چه ویژگی‌های یک ریزشبکه‌های واقعی را ندارند، اما بسیار به آن شبیه است. به عملکرد جزیره‌ای در شبکه MV تست شده که یک چالش جذاب است.

۳-۱-٤- میدان تست Mannhei m آلمان

ریزشبکه تست شده در Mannheim آلمان بخشی از یک پروژه ریزشبکه Moor در سال ۲۰۰۹ است. در ابتدا تست گسترده‌تری از ریزشبکه برنامه‌ریزی شده بود اما به دلیل برخی مشکلات،نهایتا تست در مرکز Kinderhaus انجام گرفت. مشکل عمده این مسئله کمبود ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی، مشکلات قراردادی و قانونی با مالکان و مشترکین مورد نظر بوده است. در Kinderhaus انتقال بین عملکرد حالت بهره‌برداری جزیره‌ای و متصل به شبکه تست شده است. همچنین، سیستم ذخیره‌ساز انرژی و پشتیبان[۱] برای کنترلفرکانس مورد استفاده قرار گرفته است. حالت جزیره‌ای حدود ۱۵ دقیقه طول کشیده و در این مدت، به دلیل کمبود بار در ریزشبکه، فرکانس از ۵۰Hz به ۵۲Hz افزایش یافته‌است. سیستم کنترل بار در طول عملکرد جزیره‌ای استفاده نمی‌شود گرچه در تست جداگانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر کنترل فرکانس،یافته‌های جالب گزارش این پروژه تصویر واقع‌گرایانه‌ای در

[۱] Back-up

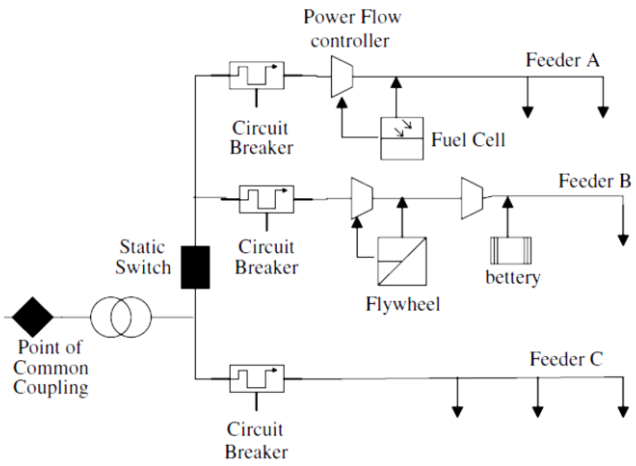
خصوص پیاده‌سازی تست‌های میدانی ریزشبکه‌ها و یکپارچه‌سازی ریزشبکه‌ها با شبکه‌های توزیع در مقیاس وسیع[۱] ارائه می‌نماید.

۳-۲- ریزشبکه کره‌جنوبی

ریزشبکه موسسه تحقیقات فناوری الکتریکی کره‌جنوبی[۲](KERI) که در پروژه‌های مختلفی در زمینه تولیدپراکنده، ذخیره‌سازی انرژی و ریزشبکه‌ها فعالیت داشته است، براساس برنامه‌ریزی در دو فاز جداگانه بین سال‌های۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ اجرا شده‌است. فاز اول روی تست ریزشبکه مقیاس کوچک(۱۰۰kw) ولتاژ پایین و فاز دوم روی ریزشبکه در حد چندمگاوات متمرکز است. نتایج شبیه‌سازی، تست آزمایشگاهی ریزشبکه ولتاژ پایین براساس بار ساختگی [۳](و نه پرفیل بار واقعی مشترکان) انجام شده است.

۳-۳- ساختار ریزشبکه

ساختار ریزشبکه‌ها معمولا به صورت شعاعی است. هر ریزشبکه شامل بارهای گوناگون (کنترل‌پذیر، کنترل‌ناپذیر، صنعتی، خانگی و...) و انواعمنابع تولید پراکنده است (شکل ۱۰ و شکل ۱۱).ریزشبکه توسط یک کلید در نقطه مشترک (PCC[۴]) به شبکه توزیع متصل می‌شود.



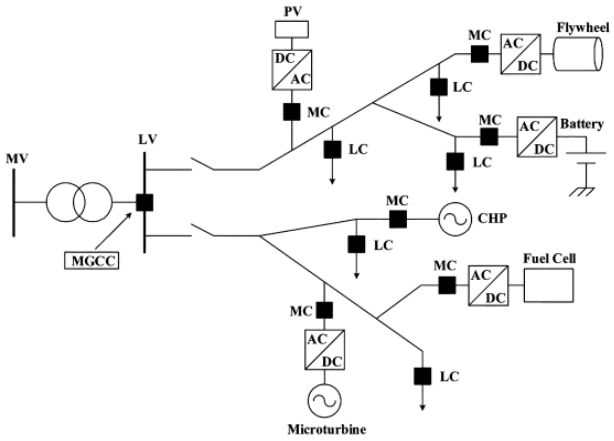
شکل ۱۰ ساختار ریزشبکه پایه

[۱] Large Scale

[۲] Korea Electrotechnology Research Institute

[۳] Dummy Load

[۴] Point of Common Coupling



شکل ۱۱ ریز شبکه پایه مورد نظر اتحادیه اروپا [۱۱]

این طرح‌ها شامل شبکه فشارضعیف، بارهای مصرفی که برخی از آن‌ها قابل قطع هستند، منابع تولید، منابع ذخیره انرژی و سیستم سلسله مراتبی کنترل هستند. در ادامه اجزای مختلف ریزشبکه که شامل منابع پراکنده، ذخیره‌سازها و مبدل‌هااست، به اختصار توضیح داده می‌شود.

۳-۳-۱- منابع تولید پراکنده

تجدید ساختار و خصوصی‌سازی از یک سو و افزایش مشکلات محیط زیستی (افزایش گازهای گلخانه‌ای) از سوی دیگر، عوامل اصلی گسترش منابع تولید پراکنده در سطح شبکه هستند.افزایش منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع باعث افزایش پایایی و پایداری شبکه، کاهش تلفات خطوط، کاهش هزینه تولید برق و بهبود بهره‌برداریاز شبکه خواهد شد. از سوی دیگر در آیندهتوسعه سیستم تولید (GEP[۱]) با سرمایه گذاری کمتری امکان‌پذیر خواهد شد.این منابع شامل میکرو توربین‌ها، ژنراتورهای بادی، سلول‌های خورشیدی و پیل های سوختی که با استفاده از مبدل‌ها به شبکه متصل می‌شوند.

با وجود مزایای ذکر شده، میزان نفوذ منابع تولیدپراکنده به میزان پیش‌بینی شده نمی‌باشد.موانع مهم برای توسعه استفاده از تولیدات پراکنده، قیمت اولیه بالا، نیاز به مهندسین آموزش دیده برای تعمیر و نگهداری این دستگاه‌ها و نیاز به تغییر سیستم حفاظتی در صورت اتصال به شبکه است.

۳-۳-۲- ذخیره‌ساز انرژی

در سیستم قدرت با توجه به اینرسی نیروگاه‌ها، تغییر ناگهانی بار شبکه تاثیر ناچیزی بر روی فرکانس خواهد داشت. در واقع اینرسی نیروگاه‌ها زمان کافی را برای تغییر تولید، به بهره‌بردار می‌دهد.اما در

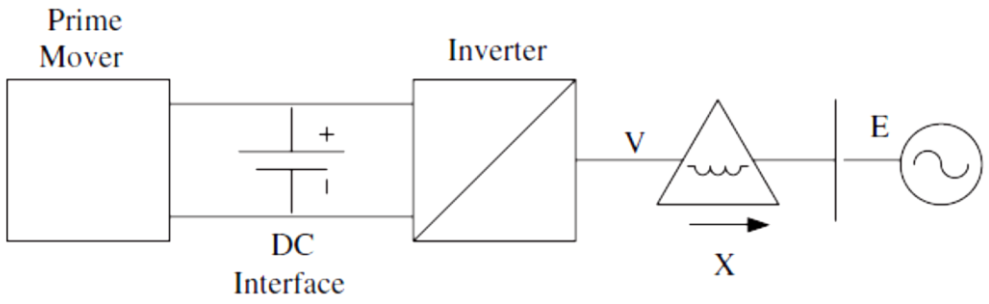
[۱] Generation Expansion Planning

ریزشبکه‌ها که از منابع تولید پراکنده (با اینرسی کم و زمان پاسخگویی بالا)تشکیل شده است، امکان تامین تغییرات انرژی مصرفی نمی‌باشد. بنابراین در صورت تغییر توان درخواستی، ریزشبکه‌ها نیاز به تجهیزی دارند که تا زمان اتخاذ و اجرای تصمیم سیستم کنترلی،توان شبکه را تامین کند. این کار را ذخیره‌سازهای انرژی که سرعت پاسخگویی بالایی دارند، برعهده می‌گیرند.[۱۲]

به علت زمان زیاد پاسخگویی بعضی از منابع تولید پراکنده (از ۱۰ تا ۲۰۰ ثانیه) نظیر پیل‌های سوختی و میکروتوربین‌ها، ذخیره‌ساز باید قادر به تامین انرژی برای ایجاد تعادل در زمان ایجاد اغتشاش‌ها و تغییر ناگهانی بار باشد. به این نکته نیز باید توجه کرد که ذخیره‌سازها جزو منابع انرژی محدود محسوب می‌شوند.

۳-۳-۳- مبدل‌های الکترونیک قدرت

اغلب منابع تولید پراکنده با توجه به مشخصه تولیدشان، قابلیت اتصال مستقیم به ریزشبکه را ندارند. بنابراین برای اتصال به شبکه از مبدل‌های الکترونیک قدرت(DC/AC) یا مبدل‌های (AC-DC/AC)استفاده می‌کنند (شکل ۱۲). از سوی دیگر تجهیزات الکترونیک قدرت نقش کلیدی در انقلاب ریزشبکه‌ها ایفا می‌کنند. در آینده‌ای نه چندان دور می‌توان تصور کرد که شبکه از تعدادی ریزشبکه متصل به هم تشکیل شده است بر این اساس کنترل این مبدل‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۱۲ اتصال تولید پراکنده به ریزشبکه

استراتژی‌های مختلفی برای کنترل مبدل‌ها وجود دارد[۱۳و ۱۴].

۱- کنترل مبدل به صورت PQ: در این حالت مبدل در نقطه اتصال توان اکتیو و راکتیو تزریق می‌کند.

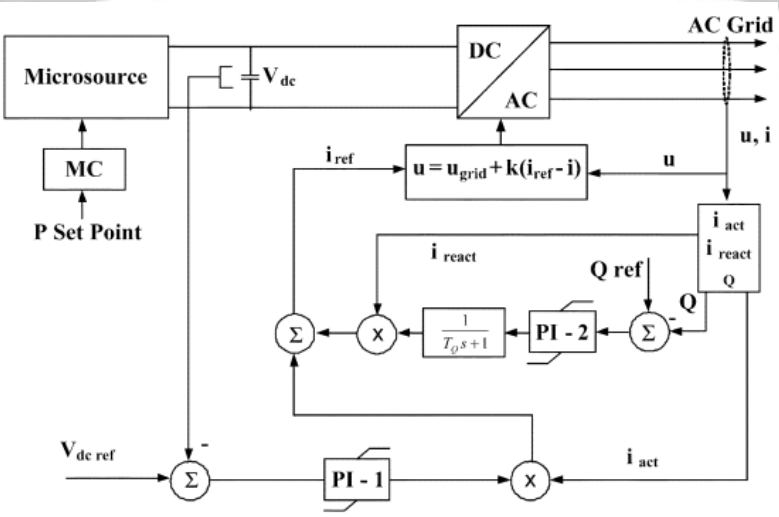
۲- کنترل مبدل به صورت منبع ولتاژ (VSI[۱]): مبدل بار را در فرکانس و ولتاژ از قبل تعیین شده تغذیه خواهد نمود.

باید توجه داشت هنگام بررسی رفتار دینامیکی ریزشبکه‌ها، مبدل‌ها براساس عملکرد کنترلیشان مدل می‌شوند. بنابراین مسائل مربوط به حالات گذرای کلیدزنی، هارمونیک‌ها و تلفات مبدل قابل چشم پوشی است [۱۵].

۳-۳-۳-۱- کنترل مبدل به صورت PQ

این مبدل با تزریق جریان درون شبکه، توان از پیش تعیین شده را تامین می‌کند. مقدار توان راکتیو تزریق شده نیز از پیش تعیین شده است. این مقدار توسط حلقه کنترل کننده محلی یا بوسیله مرکز کنترل (MGCC) ریزشبکه تعیین می‌گردد.

این مبدل‌ها به صورت منبع ولتاژ با کنترل جریان کار می‌کنند. که در شکل ۱۳۱۳ نشان داده شده است. با استفاده از جریان مولفه موازی و عمودی کنترل می‌کند.این مبدل‌ها توسط بلوک PI-1، دامنه جریان اکتیو تزریقی به شبکه را تنظیم کرده وتوسط بلوک PI-2با تنظیم دامنه جریان راکتیو تزریقی،توان راکتیو خروجی نیز تنظیم می‌شود. ضریب توان مبدل به صورت محلی یا توسط MGCC تعیین می‌شود.

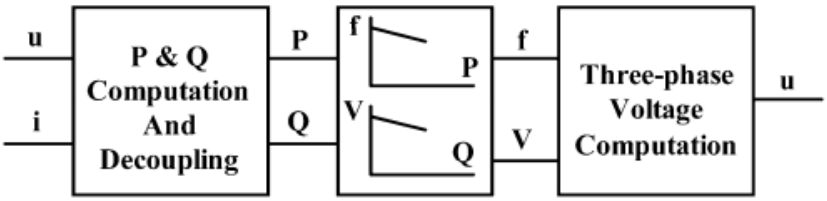


شکل ۱۳ سیستم کنترلی مبدل به صورت PQ

[۱] Voltage Source Inverter

۳-۳-۳-۲- کنترل مبدل به صورت منبع ولتاژ

این مبدل رفتار ماشین سنکرون را شبیه‌سازی می‌کند. در شکل ۱۴۱۴ این روش کنترلی نشان داده شده است. این نوع کنترل مبدل، همانند منبع ولتاژ ثابت عمل نموده و دامنه و فرکانس ولتاژ خروجی را بوسیله منحنی کاهشی (معادله (۱) و (۲)) تنظیم می‌کند.(شکل ۱۵)



شکل ۱۴ کنترل مبدل منبع ولتاژ

$$\omega = \omega_0 - k_p \times P \qquad (۱)$$

$$V = V_0 - k_Q \times PQ \qquad (۲)$$

در رابطه بالا:

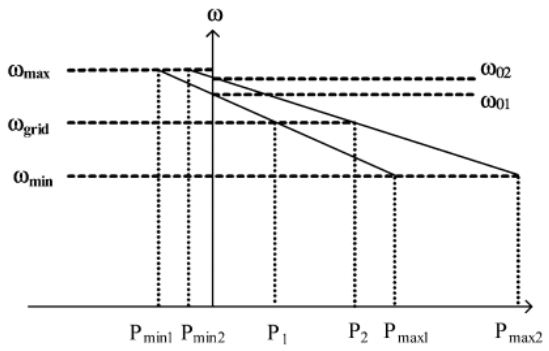
P : توان اکتیو خروجی مبدل

Q : توان راکتیو خروجی مبدل

k_p و k_q: شیب منحنی‌های توان اکتیو-فرکانس و توان راکتیو-ولتاژ

w_0 و v_0: مقادیر فرکانس زاویه‌ای و ولتاژ خروجی مبدل در حالت بی‌باری

هنگامیکه ریزشبکه به شبکه توزیع متصل است، مشخصه‌های فرکانس زاویه‌ای و ولتاژ ترمینال این مبدل بترتیب w_{grid} و v_{grid} در نظر گرفته می‌شود. در این شرایط چون فرکانس و ولتاژ تحمیلی هستند بنابراین P و Q مبدل تعیین می‌شود.



شکل ۱۵ منحنی کنترلی توان اکتیو-فرکانس

در حالت جزیره‌ای بین تمام مبدل‌ها تقسیم قدرت اتفاق می‌افتد. در واقع هر کدام از تولیدات پراکنده قسمتی از تامین توان ΔP_i را به عهده گرفته که از معادله (۳) محاسبه می‌شود.

$$\Delta\omega = \omega_{0i} - k_{Pi} \times P_i - [\omega_{0i} - k_{Pi} \times (P_i + \Delta Pi)] = k_{pi} \times \Delta Pi \qquad (۳)$$

روابط مشابهی برای ولتاژ -توان راکتیو با توجه به منحنی کاهشی وجود دارد. البته باید یادآور شد که امپدانس و مقاومت کابل‌های ریزشبکه باعث می‌شود تا این تقسیم توان راکتیو بطور دقیق انجام نگیرد.

۳-۳-۳-۳- کنترل مبدل‌ها در حالت گذرا

جریان اضافی در مبدل بدلیل اتصال بارهای بزرگ یااتصال کوتاه رخ می‌دهند. در لحظات اول نامتعادلی بزرگی بین بار و تولید رخ داده و تغییرات فرکانس اجتناب ناپذیر خواهد بود. برای غلبه بر این مشکل دو راه حل می توان ارائه داد:

۱- اجازه دهیم مقداری از بارهای غیر ضروری از شبکه حذف شوند.(در حال حاضر با استفاده از رله‌های زیر ولتاژ این اتفاق می‌افتد.)

۲- مبدل اضافه بار را برای یک مدت زمان کوتاه تحمل کند تا شرایط گذرا از بین برود.

در شبکه‌های سنتی به علت وجود ژنراتورهای سنکرون که بطور مستقیم به شبکه متصل شده‌اند، شبکه قابلیت تامین جریان اتصال کوتاه را دارد. اما در ریزشبکه‌ها که منابع تولیدپراکنده آن از طریق ادوات الکترونیک قدرت به شبکه متصل شده‌اند، این قابلیت به علت ظرفیت کلیدها کاهش خواهد یافت. برای حل مشکل می‌توان از سیستم و روش‌های حفاظتی پیشرفته‌تری بهره جست.

مبدل‌هایPQ تنها می‌توانند مقدار محدودی از جریان اتصال کوتاه را تحمل کنند (۱,۵ تا ۲ پریونیت) اما اگر مبدل‌هایVSI بصورت رو به بالا[۱] انتخاب شوند،می‌توانند سهم و مشارکت بیشتری در مهار جریان اتصال کوتاه داشته باشند.(از سه تا پنج پریونیت)

۳-٤- اتصال ریزشبکه به شبکه اصلی برق

ریزشبکه باید بدون به خطرانداختن قابلیت اطمینان یا طرح‌های محافظتی یا ایجاد مشکلات دیگر به شبکه متصل شود. به هر حال، ریزشبکه‌ها می‌توانند قابلیت اطمینان بیشتری به شبکه عرضه دارند. همچنین ریزشبکه‌ها می‌توانند با کاهش تهدیدها به کارآیی سیستم از شبکه سود ببرند بشرطی که درست تنظیم شوند. بعلاوه، وسایل الکترونیک قدرت در یک ریزشبکه را می‌توان طوری طراحی کرد که شبیه یک بار امپدانسی عمل کند. در واقع، ریزشبکه‌ها می‌توانند خدمات کمکی را فراهم کنند

[۱] Up-rate

مثل تقویت ولتاژ محلی، هر چند که ولتاژ پایین توانایی آن را برای تغذیه در شبکه محدود می‌کند. اگر ریزشبکه چنین ویژگی را دارا بوده می‌توان آن را بصورت یک مدل شهری شبکه مدنظر قرار داد.

۳-۵- ریزشبکه‌های DC

مخترع بزرگ، توماس ادیسون در سال ۱۸۷۸ سیستم روشنایی قوس الکتریکی را در بوستون به نمایش گذاشت. او برای روشن کردن لامپ‌ها و به چرخش درآوردن ماشین‌ها به جریان برق احتیاج داشت، بنابراین از برق DC استفاده نمود. برای انجام این کار تمامی تجهیزات مورد نیاز برای شبکه توزیع DC ولتاژ پایین(LV) را آماده نمود. این سیستم را برای منطقه‌ای در نیویورک به شعاع $2.6(Km^2)$ اجرا نمود. تا سال ۱۸۸۲ نزدیک به ۱۲۰۰ لامپ به سیستم او در نیویورک اضافه گردیده بود.

اشکال اصلی سیستم DC ادیسون، ولتاژ پایین آن بود، زیرا از افزایش طول فیدرهای برق رسانی به علت افت ولتاژ جلوگیری می‌کرد. اما در سال ۱۸۸۵ جرج وستینگ‌هاوس[۱] در شرکت خود ترانسفورماتوری طراحی نمود تا توسط آن خطوط انتقال ولتاژ بالا (HV) و خطوط توزیع ولتاژ پایین (LV) ایجاد شوند. بنابراین به سرعت سیستم قدرت AC بر سیستم DC پیشی گرفت. اما هنوز هم ماشین‌های AC وجود خارجی نداشتند.

در سال ۱۸۸۷ نیکولا تسلا[۲] پایه‌گذار سیستم AC چند فاز گردید؛ و توانست ماشین القایی دو فاز را طراحی نماید. شرکت وستینگ‌هاوس این اختراع را از او خریداری نمود تا در سال ۱۸۹۳ در شیکاگو[۳] از این سیستم برق رسانی AC برای سیستم‌های روشنایی و ماشین‌ها به طور همزمان استفاده کند.

اولین سیستم برق رسانی بزرگ و طولانی بین آبشار نیاگارا[۴] و منطقه بوفالو[۵] ساخته شد. سیستم AC (10.7 kV) برای این کار انتخاب شد زیرا قابلیت انتقال توان را در مسافت‌های طولانی داشت(42km). با شروع قرن بیستم استفاده از سیستم AC به شدت گسترش یافت اما با تمام این تفاسیر تا اواسط دهه ۷۰ میلادی هنوز مناطقی از سوئد[۶] و استکهلم[۷] از برق DC استفاده می‌کردند.

---

۱ George Westinghouse
۲ Nikola Tesla
۳ Chicago
۴ Niagara Falls
۵ Buffalo
۶ Sweden
۷ Stockholm

۳-۵-۱- سیستم‌های تجاری و صنعتی DC

در حال حاضر از سیستم قدرت جریان مستقیم برای کاربردهای صنعتی و تجاری مختلفی استفاده می‌شود که دلایل زیر را می‌توان ارائه نمود:

۱- راحتی کنترل ماشین‌های DC
۲- ایجاد سیستم پایا و ساده

در گذشته برای کنترل تجهیزات ولتاژ پایین، از ولتاژ DC و در مواردی که نیاز به کنترل نبوده از ماشین‌های AC استفاده می‌کردند. کنترل ماشین‌های DC با تغییر ولتاژ و یا میدان مغناطیسی آن به راحتی امکان‌پذیر است، اما کنترل ماشین‌های القایی کار بسیار دشواری است که امروزه از روش‌های کنترل برداری[۱] برای کنترل آن استفاده می‌شود. از سوی دیگر با توسعه ادوات الکترونیک قدرت تلفات کنترلی ماشین‌های DC میزان زیادی کاهش یافته است. امروزه ماشین‌های قدرت DC در قطارهای شهری، بین شهری و حتی در سیستم‌های صنعتی یافت می‌شوند.

همانطور که قبلا اشاره شد در قرن بیستم سیستم‌های AC بسیار گسترده شدند اما در مقابل آن سیستم‌های DC جدید توسعه روز افزونی پیدا کرده‌اند. از جمله آن می‌توان به تجیزات جدیدی چون خودرو برقی[۲]، خودرو برقی-زیستی[۳]، کشتی‌ها و سیستم HVDC اشاره کرد[۱۶].

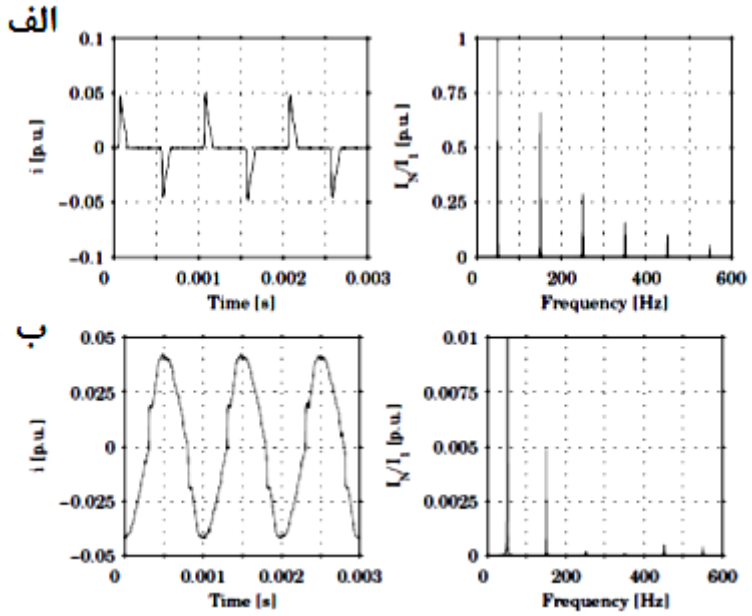
۳-۵-۲- دلایل استفاده از شبکه‌های DC

زمانی که شبکه AC پا به عرصه رقابت گذاشت اکثر بارها به صورت مقاومتی بودند. اما در حال حاضر بارها تغییر ماهیت داده و به بارهای الکترونیکی تبدیل شده‌اند. در واقع توان ورودی آن‌ها AC بوده و با مبدل به DC تبدیل می‌شود.

در سال‌های اخیر کیفیت توان اهمیت بالایی پیدا کرده است. زیرا کاهش کیفیت توان مشکلات زیادی در شبکه ایجاد می‌کند. به طور مثال جریان‌های هارمونیکی با فرکانس پایین موجب افزایش تلفات و خطای تجهیزات حفاظتی می‌شوند. بنابراین تجهیزات باید بر اساس استانداردهای هارمونیکی ساخته شوند که این استانداردها بسیار سختگیرانه عمل می‌کنند. بنابراین برای این بارها باید از تجهیزاتی

[۱] Vector
[۲] Electrical vehicles
[۳] Hybrid electric vehicles

استفاده نمود تا ضریب قدرت را تصحیح (PFC[۱]) کنند (شکل ۱۶). که خود هزینه بالایی را با توجه به گسترش روز افزون بارهای الکترونیکی ایجاد خواهند نمود.



شکل ۱۶ الف) بار الکترونیکی ب) بار الکترونیکی به همراه PFC

با گسترش کامپیوترها، تجهیزات الکترونیکی، سیستم‌های مخابراتی و توسعه خودروهای برقی نیاز به برق مستقیم در خانه‌ها به صورت گسترده‌ای افزایش یافته است.استفاده از ولتاژهای DC، موجب خواهد شد تا یکسوسازها و مدارهای PFC حذف شوند، بنابراین میزان تلفات و سرمایه‌گذاری کاهش پیدا کرده و کیفیت توان بهبود بیشتری یابد. با توجه به دلایل بالا شبکه‌های توزیع ولتاژ پایین (LV) مورد توجه قرار گرفته‌اند. [۱۷ و ۱۸]

استفاده از خطوط ولتاژ پایین DC برای سیستم‌های خورشیدی و پیل سوختی که ولتاژ DC تولید می‌کنند بسیار مناسب است. زیرا با استفاده از یک مبدل ارزان DC/DC می‌توانند به شبکه توزیع DC متصل شوند. باتری‌ها نیز می‌توانند بدون هیچ واسطی به سیستم DC متصل شوند [۱۹]. میکروتوربین‌ها، نیروگاه‌های کوچک آبی و توربین‌های بادی سرعت متغییر، برق AC با فرکانسی متفاوت با برق شهر ایجاد کرده و برای اتصال به شبکه احتیاج به مبدل‌های AC-DC/AC دارند. اما در اتصال به شبکه‌های DC این تولیدکنندگان نیز سود خواهند برد از آن رو که مبدل DC/AC آن حذف خواهد شد. [۲۰,۲۱]

[۱] Power Factor correction

در مقاله [۲۲] به یک شبکه DC اشاره شده است که توانی در حدود 10KW است. تولیدات این شبکه شامل پیل سوختی، سلول خورشیدی، توربین بادی، دستگاه ژنراتور، یک دستگاه ذخیره‌ساز توان الکتریکی، دستگاه تثبیت توان، و یک مبدل AC-DC است.

به طور کلی مزایای استفاده از شبکه DC را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- منابع تولیدپراکنده DC به راحتی در شبکه توسعه پیدا کنند
- توسعه ذخیره‌سازها و UPSها در شبکه راحت‌تر صورت می‌پذیرد
- تامین توان بارهای مستقیم با هزینه کمتر صورت می‌پذیرد.
- کیفیت توان در شبکه افزایش می‌یابد.
- پایداری ولتاژ در شبکه بهبود می‌یابد.
- کنترل ماشین‌های الکتریکی با استفاده از درایورهای سرعت متغییر، از برق DC راحت‌تر خواهد بود.

۳-۶- ریزشبکه‌های AC-DC

توسعه تولیدات پراکنده کمک فراوانی به بهبود وضعیت موجود صنعت برق (قابلیت اطمینان، کاهش تلفات، کاهش پرشدگی خطوط، مسائل محیط زیست و ...) نموده است. ولتاژ خروجی بعضی از این تولیدات به صورت DC بوده (سلول‌های خورشیدی و پیل‌های سوختی) و یا ولتاژ AC است که با ولتاژ و فرکانس شبکه متفاوت است بنابراین برای متصل کردن این تولیدات به شبکه، مبدل‌های DC/AC، AC/AC و AC-DC/AC مورد نیاز است. از سوی دیگر بسیاری از بارها ماهیت DC داشته و با ولتاژ مستقیم تغذیه می‌شوند. به طور مثال می‌توان به سیستم‌های مخابراتی[۱] و الکترونیکی اشاره نمود.

وجود شبکهDCهمانطور که در بخش قبل اشاره شد، می‌تواند مشکلات منابع تولید پراکنده را برای اتصال به شبکه کاهش دهد. زیرا بسیاری از تولیدات می‌توانند به شین DC با استفاده از مبدل الکترونیک قدرت متصل شوند. اما شبکه DC به تنهایی مشکلات ما را حل نخواهد نمود. زیرا هدف ریزشبکه‌های آینده جایگزین نمودن تولیدات DC با AC نیست بلکه ایجاد شبکه قدرت DC محلی است. بنابراین لازم است تا به سمت ایجاد ریزشبکه‌های AC-DC حرکت شود.

[۱] Telecommunication

در این شبکه‌ها توان انتقالی بین بخش DC و AC اهمیت پیدا می‌کند که در مقالات مختلف به این موضوع اشاره شده است و روش‌هایی برای کنترل اینچنین ریزشبکه‌هایی ارائه شده است. زیرا در یکی از بخش‌های ریزشبکه عنصری به نام فرکانس وجود ندارد بنابراین روش‌های سنتی برای تبادل توان بین دو ناحیه قابل استفاده نمی‌باشد [۲۵,۲۳,۲۴].

۳-۷- تحقیقات انجام شده بر روی ریزشبکه‌ها

از زمانی که ریزشبکه‌ها وارد سیستم توزیع برق شده‌اند، تحقیقات متفاوتی بر روی آن‌ها انجام شده است. البته می‌توان این تحقیقات را به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

الف- کنترل ریزشبکه: قبلا توضیح داده شده است.

ب- ساختار ریزشبکه: در فصل سوم توضیح داده خواهد شد.

ج- پایداری: خصوصیتی از سیستم قدرت که آنرا قادر می‌سازد حتی پس از وقوع اغتشاش در شرایط متعادل به کار خود ادامه دهد. اما پایداری ریزشبکه‌ها با سیستم قدرت متفاوت بوده و این تفاوت از اینرسی منابع این دو شبکه منشا می‌شود. در ریزشبکه‌ها از ذخیره‌سازها برای بهبود پایایی ریزشبکه استفاده می‌شود. در ریزشبکه‌ها به طور معمول سه نوع پایداری گذرا، سیکنال کوچک و ولتاژ مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

د- حفاظت: سیستم حفاظتی ریزشبکه باید قابلیت جداسازی ریزشبکه از شبکه اصلی را در مواقع رخداد خطارا داشته باشد. با گسترشمنابع تولید پراکنده منطق حفاظتی در شبکه تغییر کرده است. بنابراین تنظیم قدیمی رله‌هابه درد حفاظت سیستم جدید نمی‌خورند.استفاده از منابعی که با مبدل به ریزشبکه متصل می‌شوند، حفاظت ریزشبکه را مخصوصا در حالت جزیره‌ای که سطوح اتصال کوتاه تغییر می‌کنند با مشکلات فراوانی مواجه کرده است. از طرف دیگر به علت تغییر شارش توان در ریزشبکه، تنظیم رله‌ها نیز باید تغییر کنند.تحقیقات بیشتر به سمت حفاظت تطبیقی[۱]در ریزشبکه‌ها رفته است. در این روش داده‌های رله‌ها به صورت پریودیک کنترل و تنظیم می‌شوند[۲۶].

ه- تشخیص قطع شدن از شبکه: اتصال و قطع ریزشبکه از شبکه توزیع از اهمیت بالایی برخوردار است. چون در اکثر اوقات در حال دریافت یا تزریق توان به شبکه اصلی است، اشتباه در این کار موجب

[۱] Adaptive Protection

نامتعادلی در شبکه خواهد شد. در بازه زمانی قطع، با کنترل ذخیره‌سازها انرژی ولتاژ و فرکانس ریزشبکه حفظ می‌شود. در زمان اتصال هم دامنه و فاز بودن ولتاژ دو شبکه از اهمیت بالایی برخوردار است.

و- بهره‌برداری اقتصادی: بهره‌برداری نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. با اجرای خصوصی‌سازی و تجدیدساختار شبکه قدرت، روند بهره‌برداری از ریزشبکه‌ها نیز دستخوش تغییر نموده است. زیرا طریقه بهره‌برداری همواره بر اساس مسائل اقتصادی صورت خواهد پذیرفت. در این شرایط کنترل ریزشبکه نیز بر اساس این مبانی انجام می‌پذیرد.

۳-۸- روش‌های کنترلی ریزشبکه‌ها

با توجه به اهمیت وجود ریزشبکه‌ها، در این بخش روش‌های کنترلی ریزشبکه، مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور کلی ریزشبکه‌ها در دو حالت مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

۱- متصل به شبکه: در این حالت ریزشبکه به شبکه توزیع بمنظور تامین برق مورد نیاز خود یا برای تزریق توان به شبکه توزیع متصل می‌باشد.

۲-جدا از شبکه: در این حالت ریزشبکه به شبکه توزیع متصل نبوده و بصورت مستقل مورد بهره‌برداری قرار گرفته و مانند یک جزیره[۱] مستقل و بی‌ارتباط با خارج عمل می‌کند. معمولا به علت خطا یا قطعی‌ها ریزشبکه به حالت ایزوله در خواهد آمد [۲۷].

در حالت متصل به شبکه، ریزشبکه با اهداف گوناگونی از جمله کنترل ولتاژ، فرکانس، بهبود کیفیت توان تحویلی به مصرف‌کنندگان و یا به عنوان یک خدمات جانبی کنترل می‌شود[۲۹،۲۸]. فرکانس در شبکه‌های سنتی توسط نیروگاه‌های بزرگ و ولتاژ توسط ترانسفورماتورهای دارای تپ تنظیم می‌شوند. اما در حالت جزیره‌ای این تنظیم کار دشواری است. برای کنترل فرکانس از توان اکتیو منابع، حذف بار[۲] و برای کنترل ولتاژ و بهبود کیفیت توان از توان اکتیو و راکتیو منابع استفاده می‌شود [۳۰].

به علت محدود بودنژنراتورهای سنکرون در ریزشبکه، از این منابع برای کنترل ولتاژ و فرکانس نمی‌توان استفاده کرد. در این شرایط وظیفه کنترل ولتاژ و فرکانس شبکه برعهده منابع تولید پراکنده است. بنابراین باید از ساختارهای کنترلی متفاوتی نسبت به سیستم سنتی، استفاده نمود.

انوع سیستم کنترلی ریزشبکه‌ها به صورت زیر قابل دسته‌بندی هستند:

---

[۱] Island

[۲] Load Shedding

۱- کنترل متمرکز

۲- کنترل غیرمتمرکز

۳- کنترل سلسه مراتبی

۴- کنترل چند عامله

۵- کنترل بر اساس روش‌های کنترل بهینه و الگوریتم‌های بهینه‌سازی

۳-۸-۱- کنترل متمرکز

در روش متمرکز المان‌های زیردست فرمان‌های کنترلی را از المان بالا دستی دریافت می‌کنند. دو روش برای کنترل در این ساختار توسعه داده شده است. در روش اول، یکی از منابع ریزشبکه کنترل منابع دیگر را بر عهده می‌گیرد. در روش دوم کنترل مرکزی ریزشبکه (MGCC[۱]) این کار را بر عهده می‌گیرد. این کنترل با توجه به ولتاژ و فرکانس، تنظیمات تمامی منابع را می‌تواند تغییر دهد. روش‌های چند عامله نیز در زیرمجموعه همین کنترل مرکزی قرار می‌گیرند[۳۲،۳۱].

در حال حاضر ریز شبکه‌ها به صورت مرکزی کنترل می‌شوند که این کنترل در نقطه اتصال به شبکه توزیع قرار گرفته است. کنترلر مرکزی ریزشبکه چندین هدف مهم را به طور همزمان دنبال می‌کند، مانند مدیریت اقتصادی ریزشبکه، تامین بار شبکه در سطح ولتاژ معین، کنترل فرکانس و... را بر عهده دارد. در این روش کنترلی، سطوح کنترل دیگری نیز وجود دارند که شامل کنترلر بارها (LC[۲]) (مجموعه بارها) و کنترلر منابع پراکنده (MC[۳]) است. کنترلرهای نصب شده در این دو وضعیت به تبادل اطلاعات با مدیریت مرکزی ریزشبکه می‌پردازند. بدین ترتیب کنترلر مرکزی ریزشبکه، عملکرد ریزشبکه را مدیریت می‌کند. برنامه‌های کنترل بار بیشتر به صورت حذف بار[۴] بوده و کنترلرهای منابع تولید پراکنده به کنترل توان اکتیو و راکتیو می‌پردازند. (شکل ۱۷)

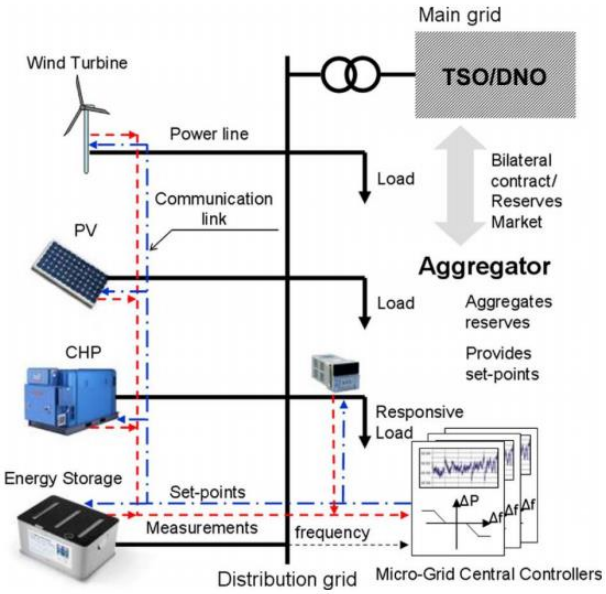
[۱] MicroGrid Central Control

[۲] Load controller

[۳] Microsource controller

[۴] Load Sheding

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۷ منطق کنترلی مرکزی

۳-۸-۱-۱- روش‌های کنترل ریزشبکه در حالت جزیره‌ای

جزیره‌ای شدن ریزشبکه به علت وقایع غیر برنامه‌ریزی شده مثل خطاها یا وقایع برنامه‌ریزی شده مانند تعمیر و نگهداری روی می‌دهد. در شرایط جزیره‌ای برای کنترل فرکانس و ولتاژ باید از مبدل‌ها بهره جست. در حالی که ریزشبکه به شبکه توزیع متصل است مبدل‌های منابع تولید پراکنده به صورت PQ کنترل می‌شوند زیرا شبکه توزیع به عنوان مرجع فرکانس و ولتاژ عمل می‌کند. اما در حالت جزیره‌ای که شبکه توزیع وجود ندارد، با تغییر پارامترها و بهینه‌سازی کنترل مبدل‌ها، این تغییر شرایط پوشش داده می‌شود. دو روش زیر برای کنترل در حالت جزیره‌ای استفاده می‌شود:

۱- بهره‌برداری تک قطبی(SMO[۱])

۲- بهره‌برداری چند قطبی(MMO[۲])

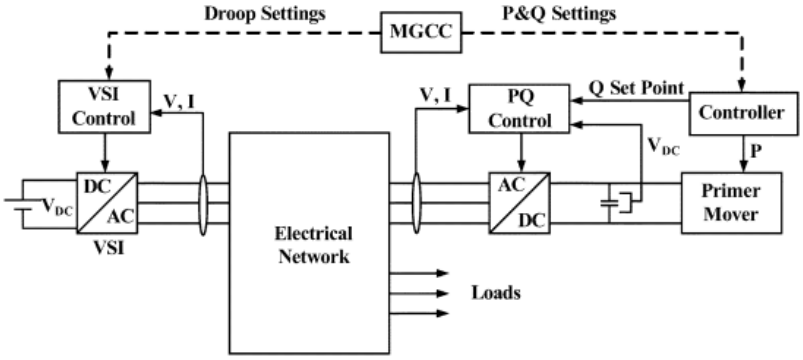
الف- بهره‌برداری تک قطبی

در این روش از مبدل VSI برای کنترل ولتاژ و فرکانس در هنگام قطعی و ایجاد اشکال استفاده می‌شود. باقی مبدل‌ها به صورت PQ عمل کرده و داده‌های تنظیم خود را از MGCC دریافت خواهند کرد (شکل ۱۸).

[۱] Single Master Operation

[۲] Multi Master Operation

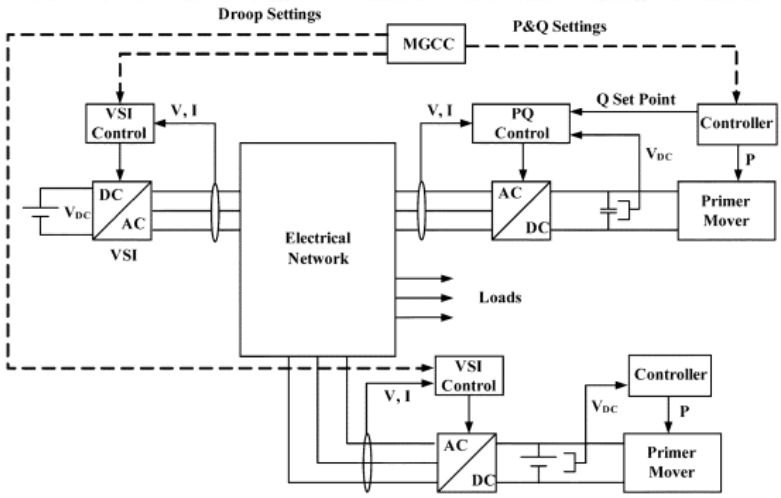
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۸ کنترل ریزشبکه به صورت SMO

ب- بهره‌برداری چند قطبی

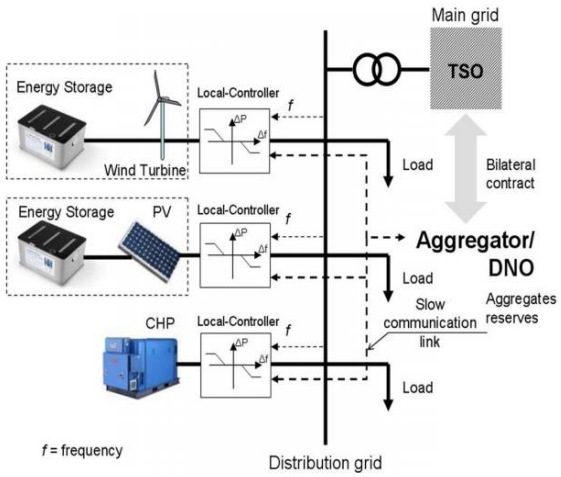
در این ساختار چند مبدل به صورت VSI بعنوان مرجع فرکانس و توان راکتیو انجام وظیفه می‌کنند. این مبدل‌ها می‌توانند به منابع ذخیره انرژی (مانند باطری‌ها و چرخ‌های طیار) یا منابع تولید پراکنده متصل شوند. این مبدل با توجه به فرکانس شبکه توان اکتیو خروجی خود را تنظیم می‌کند. در زمان انحراف فرکانس، ذخیره‌سازهای انرژی درحالت جذب یا تزریق توان اکتیو قرار گرفته تا تغییرات فرکانس را به صفر برسانند. با توجه به انرژی محدود این ذخیره‌سازها، کنترل فرکانس با آن‌ها تنها در مدت زمان محدودی امکان‌پذیر خواهد بود. مبدل‌هاPQ مانند حالت قبل به کار خود ادامه داده و کنترل مرکزی MGCC با تغییر مشخصات، پارامترها و تعریف نقاط جدید کار، کنترل هر چه بهتری بر روی ریزشبکه انجام خواهد دهد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ کنترل ریزشبکه به صورت MMO

۳-۸-۲- کنترل غیر متمرکز

در روش کنترل غیر متمرکز منابع تولید پراکنده به تنهایی منطقه تحت پوشش خود را بر اساس اندازه‌گیری‌های محلی کنترل می‌کنند. در واقع هر منبع برای خود کنترل مخصوص به خود را داشته و میزان تولید خود را برای کنترل ولتاژ و فرکانس به تنهایی تغییر می‌دهد. (شکل ۲۰)



شکل ۲۰ منطق کنترلی توزیع شده

هر کدام از کنترلرها باید ویژگی‌های زیر را تامین کنند:

۱- توانایی تسهیم بارها را داشته باشد (خطی یا غیرخطی)

۲- پایداری کل سیستم را تضمین کند

۳- کنترل مبدل باید از ایجاد افست(Offset) ولتاژ DC در ریزشبکه جلوگیری کند

از منظر کنترل غیرمتمرکز، ساختار تولیدپراکنده بر اساس امپدانس اتصال به شبکه، دسته‌بندی می‌شود. در شبکه‌های گسترده، امپدانس القایی بوده، بنابراین دامنه و فاز ولتاژ منابع در نقاط اتصال با یکدیگر به شدت متفاوت خواهد بود. هرچه از گستردگی شبکه کاسته شود، مقاومت امپدانس‌ها افزایش یافته و تنها اختلاف دامنه ولتاژها کاهش می‌یابد. در شبکه‌های کوچک امپدانس کاهش یافته و مقاومتی می‌شود. بنابراین نه دامنه و نه فاز ولتاژ منابع در نقاط اتصال، تغییر زیادی نخواهد کرد.

در مقاله [۳۳] کنترل مبدل‌های موازی برای ریزشبکه‌ها مورد بررسی قرار گرفت است. در این کار فرض شده است که امپدانس غالب القایی بوده و از مقاومت صرفنظر شده است. در این روش بر اساس منحنی کاهشی، فرکانس با توجه به توان اکتیو و ولتاژ با توجه به توان راکتیو تنظیم می‌شود. نشان داده

می‌شود که نیازی به PLL[۱] نبوده و توان بار بر اساس مقادیر نامی مبدل‌ها بین آن‌ها قابلیت تقسیم دارد. با توسعه روش کنترل کاهشی، جریان هارمونیکی که به علت بار غیر خطی ایجاد می‌شود را نیز می‌توان بین مبدل‌ها تقسیم کرد. اما مطالعات زیادی بر روی اعوجاج ولتاژ و اثرات نویز در این سیستم کنترلی انجام نشده است.[۳۴]

یکی از مشکلات اصلی کنترل کاهشی، تغییر ولتاژ و فرکانس با تغییر بار می‌باشد. کنترل کاهشی تقسیم بار مطمئنی انجام می‌دهند ولی موجب انحراف بزرگی در ولتاژ و فرکانس می‌شوند. بنابراین باید سیستمی برای تصحیح این دو مقدار بر اساس استاندارد IEEE1574 [۳۵] وجود داشته باشد. بنابراین از کنترل ثانویه ولتاژ و فرکانس برای این کار استفاده می‌شود. البته زمان عملکرد طولانی‌تری نسبت به کنترلر کاهشی دارد.

تحقیقات نشان داده است که روش‌های کنترل کاهشی قدیمی در شبکه‌هایی که امپدانس اتصالی مقاومتی دارند، کارایی خود را از دست می‌دهند. در این شبکه ولتاژها تحت تاثیر توان اکتیو بوده (P-V) و فرکانس شبکه از توان راکتیو(Q-f) تاثیر می‌پذیرد. دو روش مختلف برای حل این مشکل پیشنهاد شده است. در روش اول، با مطالعه تغییرات فرکانس و ولتاژ بر اساس توان اکتیو و راکتیو برای مقادیر مختلف نسبت اندوکتانس به مقاومت، روشی برای جداسازی[۲] کنترل‌های کاهشی ولتاژ و فرکانس بر اساس مختصات مرجع (بر اساس نسبت راکتانس به مقاومت) پیشنهاد شده است [۳۶]. روش دوم از امپدانس مقاومتی مجازی در خروجی مبدل استفاده می‌کند. با این کار امکان جدا نمودن کنترلرهای کاهشی ولتاژ و فرکانس از یکدیگر ایجاد می‌شود. [۳۷]

در تمامی کنترل‌های غیر متمرکز می‌توان از استراتژی امپدانس مجازی به همراه منحنی کاهشی، و کنترل ثانویه برای برگرداندن ولتاژ و فرکانس استفاده کرد.

۳-۸-۲-۱- بررسی پایداری کنترلرهای غیرمتمرکز در ریزشبکه‌ها

واسط‌های الکترونیک قدرت با استفاده از اندازه‌گیری‌های محلی در سیستم کنترلی غیرمتمرکز، منابع را کنترل می‌کنند. از این رو پایداری ریزشبکه‌ها اهمیت پیدا می‌کند. اهمیت موضوع از این جهت است که تجهیزاتی که خود پایدار هستند، آیا می‌توانند پایداری سیستم اصلی را تضمین کنند.

[۱] Phase Lock Loop

[۲] Decoupling

کارهای اخیر نشان داده است که سیستمی شعاعی با خطوطی اندوکتیو به همراه کنترل کاهشی فرکانس و ولتاژ، به همراه حلقه‌های کنترل داخلی ولتاژ، همواره دارای پایداری سیگنال کوچک در برابر تغییرات کاهشی معقول است [Error! Bookmark not defined.].

نقطه بهره‌برداری سیستم که در مطالعات سیگنال کوچک از آن استفاده می‌شود به ولتاژ و فرکانس وابسته است. تحقیق‌ها نشان داده که پایداری سیگنال کوچک به نقطه کار ریزشبکه وابسته است [۳۸]. برای مطالعات سیگنال کوچک، اجزای ریزشبکه که شامل مبدل‌های قدرت، منابع ذخیره‌ساز انرژی، منابع تولیدپراکنده و ژنراتور سنکرون است، باید مدل شوند [۳۹]. البته کارهای انجام شده تا کنون با منابع محدود، بوده است حداکثر تا سه منبع پراکنده در ریزشبکه در نظر گرفته شده است. البته تعدادی از تحقیقات سیستم‌های بزرگ را نیز مورد بررسی قرار داده‌اند که با استفاده از روش‌های محاسباتی[۱] برای تحلیل استفاده کرده‌اند. اساس این روش‌ها مدل حالت[۲] سیستم است که در مطالعات گذرا و ماندگار مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴۰].

در جدول زیر مقایسه این دو روش به طور کامل آمده است

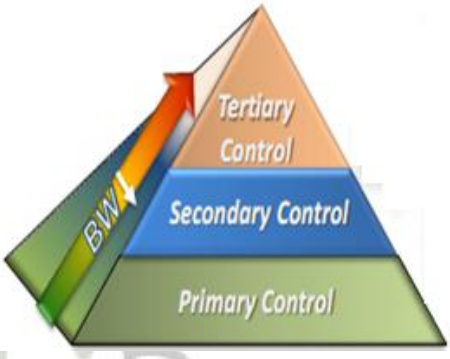
کنترل مرکزی	کنترل غیر متمرکز
یک کنترلر مرکزی تمامی تصمیمات اصلی را می‌گیرد	کنترلرهای توزیع شده تصمیم می‌گیرند
در صورت از دست رفتن کنترلر تمام سیستم از دست می‌رود	در صورت از دست رفتن هر کنترلر، برای سیستم مشکلی پیش نمی‌آید
نیاز به سیستم ارتباطی دارد	نیاز به سیستم ارتباطی ندارد
ساختار شبکه اهمیت دارد	ساختار شبکه در نظر گرفته نمی‌شود
توسعه آن سخت است	توسعه آن آسان است
هزینه بالا	هزینه کم
رباست نسبت به پارامترها	حساس به پارامترها
در پروژه‌های عملی استفاده می‌شود	در پروژه‌های آزمایشگاهی استفاده می‌شود

[۱] Computational approach

[۲] State Model

۳-۸-۳- کنترل سلسله مراتبی

این روش به طور گسترده‌ای مورد علاقه قرار گرفته است. زیرا این امکان را ایجاد می‌کند تا بر مشکلات مطرح شده در دو روش گذشته تا حدودی امکان غلبه ایجاد شود. این روش از ۳ سطح کنترلی اولیه[۱]، ثانویه[۲] و ثالثیه[۳] تشکیل شده است.هر سطح کنترلی منطق مربوط به خود را داشته و مشکلاتی را از ریزشبکه حل می‌کند. همانطور که در شکل ۲۱ مشاهده می‌شود، کنترل اولیه پایه ساختار کنترلی است. این سطح کنترل با ژنراتور و بارهای قابل کنترل در تماس است. هرچه به سمت سر هرم حرکت می‌کنیمسطح ارتباط‌ها با سخت‌افزارها کاهش پیدا می‌کند. این سیستم کنترلی بیشتر در حالت جزیره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا در حالت جزیره‌ای شبکه توزیع وجد ندارد بنابراین، فرکانس توسط شبکه تحمیل نمی‌شود. بنابراین خود ریزشبکه مسئولیت تنظیم آن را بر عهده دارد.



شکل ۲۱ساختار کنترل سلسه مراتبی

WikiPower.ir

۳-۸-۳-۱- کنترل اولیه

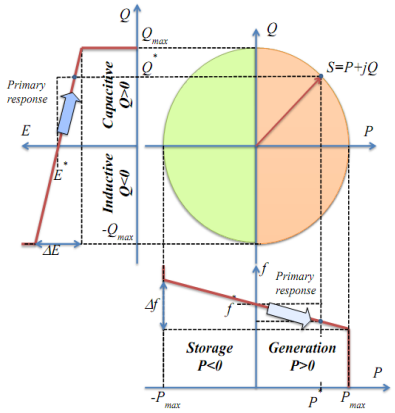
اولین سطح کنترلی را تشکیل داد و سریع‌ترین پاسخ را دارد. با توجه به دینامیک منابع، این کنترل اطمینان پیدا می‌کند که مقادیر محلی ولتاژ و جریان مقادیر نامی خود را دنبال خواهند کرد. همانطور که در شکل ۲۲ مشاهده می‌شود، کنترل اولیه بر اساس رابطه فرکانس- توان اکتیو و ولتاژ-توان راکتیو مبنای تنظیمی خود را اجرا می‌کند.

---

[۱] Primary

[۲] Secondary

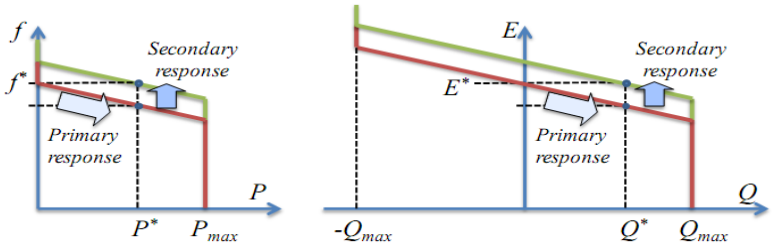
[۳] Territory



شکل ۲۲کنترل اولیه

۳-۸-۳-۲- کنترل ثانویه

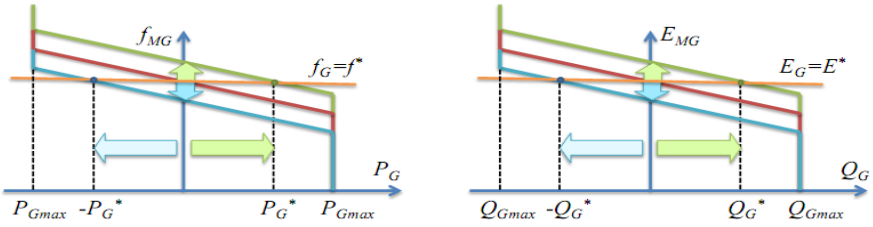
این کنترل در سطح دوم قرار می‌گیرد. وظیفه آن کاهش انحراف ولتاژ و فرکانس از مقادیر نامی خود می‌باشد. این کنترل مقادیر نامی ولتاژ و فرکانس را تغییر می‌دهد تا با توجه به مشخصه افتی ولتاژ و فرکانس ریزشبکه را به مقادیر قبلی خود بازگرداند (شکل ۲۳). البته این کنترل نسبت به کنترل اولیه بسیار کندتر عمل می‌کند. بنابراین می‌تواند به صورت مستقل از آن عمل کند.



شکل ۲۳کنترل ثانویه

۳-۸-۳-۳- کنترل ثالثیه

این کنترل در بالاترین سطح کنترلی قرار می‌گیرد. بیشتر برای مدیریت انرژی در ریزشبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اهداف این کنترل بهینه نمودن پخش بار اقتصادی (OPF) در ریزشبکه و افزایش درآمد ریزشبکه بر اساس شرکت در بازار برق می‌باشد. این کنترل می‌تواند میزان تولید و پخش توان در ریزشبکه تغییر دهد. البته این کار به صورتی انجام می‌شود که ولتاژ و فرکانس شبکه تغییر نکند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴ کنترل ثالثیه

۳-۸-٤- روش‌های کنترل چندعامله

از کنترل متمرکز تا کنترل کاملا غیر متمرکز، چندین سطح برای تمرکز زدایی در تصمیم‌گیری وجود دارد. در روش غیر متمرکز، مسئولیت اصلی بر عهده کنترل کننده DGها است.

سازماندهی یک واحد هوشمند[۱] کنترل‌شده از طریق چندین واحد کمتر هوشمند بر اساس سیستم چند عاملی (MAS[۲]) صورت می‌گیرد. اگرچه تعریف دقیقی برای کنترل چند عامله وجود ندارد، اما می‌توان مشخصه‌های آن را به صورت زیر بیان کرد[۴۱]:

یک عامل[۳] می‌تواند یک ماهیت فیزیکی داشته باشد که در محیطی[۴] مجازی عمل می‌کند. به طور مثال کنترل‌کننده میکروتوربین یک عامل فیزیکی است و عامل مجازی آن بخشی از نرم‌افزار است که پیشنهادهای قیمت را به بازار انرژی می‌دهد. عامل قادر به عملکرد در محیط است حتی محیط خود را بواسطه عملکردهایش تغییر دهد. یک ژنراتور دیزلی می‌تواند با تغییر تولید خود، نقاط تنظیم[۵] سایر واحدهای محلی، سطح ولتاژ باس‌های مجاور را تغییر دهد و از دیدگاه کلی‌تر می‌تواند سطح امنیت سیستم را تغییر دهد.

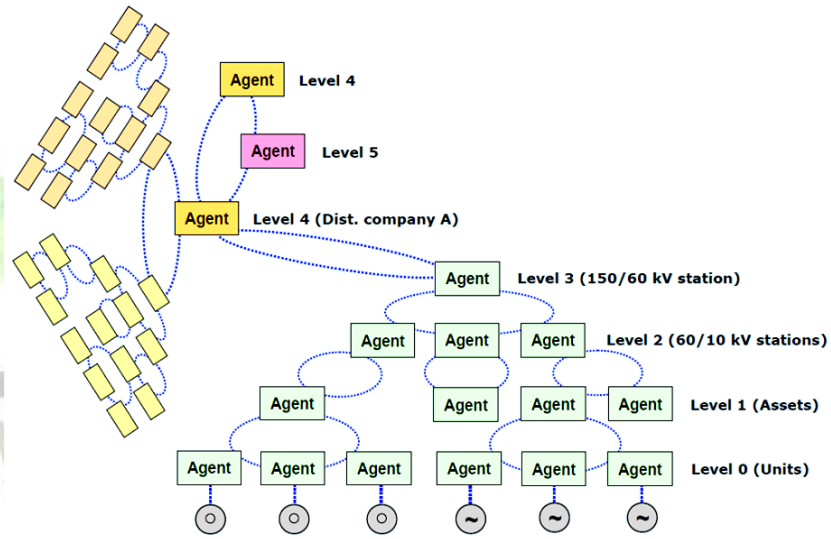
عامل‌ها با یکدیگر ارتباط داشته و این امر بخشی از توانایی عملکرد آنها در محیط تلقی می‌شود [۴۲]. بعنوان نمونه سیستمی که شامل نیروگاه بادی و سیستم باطری است را در نظر بگیرید. سیستم باطری از توان تولیدی توربین بادی برای شارژ کردن خود استفاده نموده و در نبود باد آن انرژی را تخلیه می‌کند. عامل‌ها دارای سطح خاص استقلال[۶] هستند بدان معنا که بدون کنترل کننده مرکزی یا دستور دهنده

---

۱ Intelligent
۲ Multi-Agent System
۳ Agent
۴ Environment
۵ Set point
۶ Autonomy

می‌توانند تصمیم‌گیری کنند. برای تحقق این هدف چندین رویکرد وجود دارد. به‌عنوان نمونه در سیستم قبلی معمولا باطریها زمانی شارژ می‌شوند که قیمت برق کم بوده و میزان بار شبکه کاهش یافته باشد. بنابراین MAS در مورد زمان شروع شارژ بر اساس قوانین و اهداف خود تصمیم‌گیری می‌کند.

ویژگی عامل‌ها آن است که نماینده‌ای در محیط ندارند مثلا در سیستم قدرت یک عامل ژنراتور، فقط سطح ولتاژ باس خود را می‌داند و البته می‌تواند برآورد کند در باسهای اطراف خودش چه اتفاقی می‌افتد. به هرحال عامل نمی‌داند در کل سیستم چه اتفاقی می‌افتد. این موضوع هسته اصلی فناوری MAS است زیرا هدف اصلی کنترل سیستمی پیچیده با حداقل تبادل داده و حداقل تقاضای محاسباتی است. (شکل ۲۵)



شکل ۲۵منطق کنترلی چندعامله

در نهایت ویژگی قابل توجه دیگر آنست که عامل یک رفتار[۱] خاص را برای تحقق اهداف خاص با استفاده از منابع[۲]، مهارتها[۳] و خدمات[۴] خود دارد. به طور مثال توانایی تولید و ذخیره انرژی مهارت هستند و توانایی فروش انرژی در بازار، از خدمات عامل محسوب می‌شود. روشی که عامل از منابع، مهارت‌ها و خدمات استفاده می‌کند رفتار او را شکل می‌دهد. بدیهی است که رفتار هر عامل با اهداف آن شکل می‌گیرد. عاملی که سیستم باطری را کنترل کرده و هدف آن تامین انرژی پیوسته در یک بار است

[۱] Behavior
[۲] Resources
[۳] Skills
[۴] Services

رفتاری متفاوت با باطری مشابهی دارد که هدف اولیه آن به حداکثر رساندن سود بر اساس ارائه پیشنهاد قیمت در بازار انرژی است. [۴۳,۴۴]

از سیستم کنترلی چندعامله برای پخش‌بار بهینه و بهبود پایداری ولتاژ استفاده شده است. همچنین از MASبرای کنترل ولتاژ و جریان در وضعیت خطا، گذر بین حالت جزیره‌ای و متصل به شبکه، خروج بارهای بحرانی استفاده شده است. همچنین با توجه به الزامات و تنظیمات سیستم حفاظتی در ریزشبکه‌ها از کنترلMAS برای اتخاذ تصمیمات مناسب استفاده می‌شود. [۴۵]

فناوری چند عاملی، قابلیت‌های جدیدی برای کنترل سیستمهای پیچیده فراهم می‌کند. کاربرد این کنترل، مشکلات زیادی را حل خواهد کرد. بعنوان نمونه بارهای محلی، واحدهای تولید و ذخیره‌سازهای انرژی مالکان مختلفی دارند و لازم است چندین تصمیم‌گیری بطور مستقل و محلی انجام دهند. بنابراین اجزای ریزشبکه‌هایی که در بازار شرکت دارند لازم است تا از درجه هوش خاصی برخوردار باشند [۴۶، ۴۷].

از روش MAS برای طراحی ساختار شبکه‌های هوشمند، بهبود پایداری ولتاژ، مدیریت سمت مصرف، حفاظت ریزشبکه و مدیریت منابع ذخیره‌ساز استفاده شده است.

۳-۸-۵- کنترل بر اساس دینامیک ریزشبکه

عملکرد پایدار شبکه را می‌توان با استفاده از مطالعات پایداری سیگنال کوچک بررسی کرد. این‌گونه مطالعات در شبکه سنتی به طور گسترده انجام شده است. بنابراین در طول سالیان گذشته تمامی ویژگی منابع، شبکه و بارها در مدل‌های دقیقی ارائه شده است. اما در ریزشبکه‌ها (مخصوصا در حالت جزیره‌ای)لازم است تا چگونگی رسیدن به مدهای نوسانی و تعیین میزان میرا شدن این مدها مورد بررسی قرار گیرد. هر ریزشبکه شامل بار، شبکه، منابع و مبدل‌های توان است. هر کدام از این اجزا دینامیک مخصوص به خود را دارند. در مطالعات پایداری ریزشبکه‌ها، با توجه به پاسخ سریع مبدل‌ها و بالا بودن نسبت R/X در خطوط ریزشبکه، دینامیک بارها و شبکه باید در نظر گرفته شود. در بعضی از مطالعات، منابع را بدون مدلسازی مبدل‌هایشان در نظر می‌گیرند. در [۴۸] تحلیل پخش‌بار انجام شده است که منابع و کنترلرهایشان به طور کامل مدلسازی شده‌اند. مرجع [۴۹]از یک تابع تبدیل مرتبه اول برای مدلسازی پاسخ دینامیکی منابع تولیدپراکنده مختلف صرفنظر از دینامیک مبدل‌ها استفاده کرده است که ثابت زمانی این تابع تبدیل معادل با بزرگترین ثابت زمانی منابع در نظر گرفته شده است. اما تمامی این مدلسازی‌ها مطالعات پایداری را بسیار پیچیده می‌کنند. بنابراین در بسیاری از مطالعات انجام

شده از دینامیک منابع صرفنظر می‌شود یا فرض می‌شود مقدار DC ثابتی دارند. در واقع همراه منابع یک ذخیره‌ساز انرژی وجود دارد که ولتاژ DC را در مقدار مشخص نگه می‌دارد [۵۰].

به طور خلاصه یکی از مباحث مهم در کنترل سیستم قدرت، مطالعات پایداری است. در واقع شبکه مورد مطالعه پایداری خود را در شرایط دینامیکی حفظ کند. زیرا پایداری استاتیکی اهمیت چندانی ندارد. بلکه باید در شرایط رسیدن به حالت جدید پایداری خود را حفظ کند. این بدان معنی است که مدلسازی دینامیکی برای مطالعات پایداری لازم است. در واقع سیستم کنترلی باید بر اساس تغییرات دینامیکی شبکه تصمیمات کنترلی خود را اتخاذ کند.

۳-۸-٦- کنترل بر اساس روش‌های کنترل بهینه و الگوریتم‌های بهینه‌سازی

هدف این روش‌ها، طراحی سیستم کنترلی مبتنی بر حل یک مسئله بهینه‌سازی است. تابع هدف و قیود مسئله بهینه‌سازی با توجه به ماهیت اجزاء شبکه تعیین می‌شود. بعضی از توابع هدف بر روی عدم قطعیت منابع، بعضی بر روی کاهش هزینه‌های کلی سیستم، بعضی بر روی افزایش قابلیت اطمینان و یا حتی مدیریت بهینه ریزشبکه تمرکز دارند[۵۱].

یکی دیگر از روش‌های مورد توجه در کنترل ریزشبکه‌ها استفاده از تئوری بازی است، که چارچوبی ریاضیاتی دارد. روش‌های مبتنی بر تئوری بازی در علوم مختلفی چون اقتصاد، علوم سیاسی، مهندسی و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این روش در طراحی ریزشبکه‌ها و شبکه‌های هوشمند نیز به طور گسترده استفاده شده است [۵۲].

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۴- شبیه‌سازی ریزشبکهDC

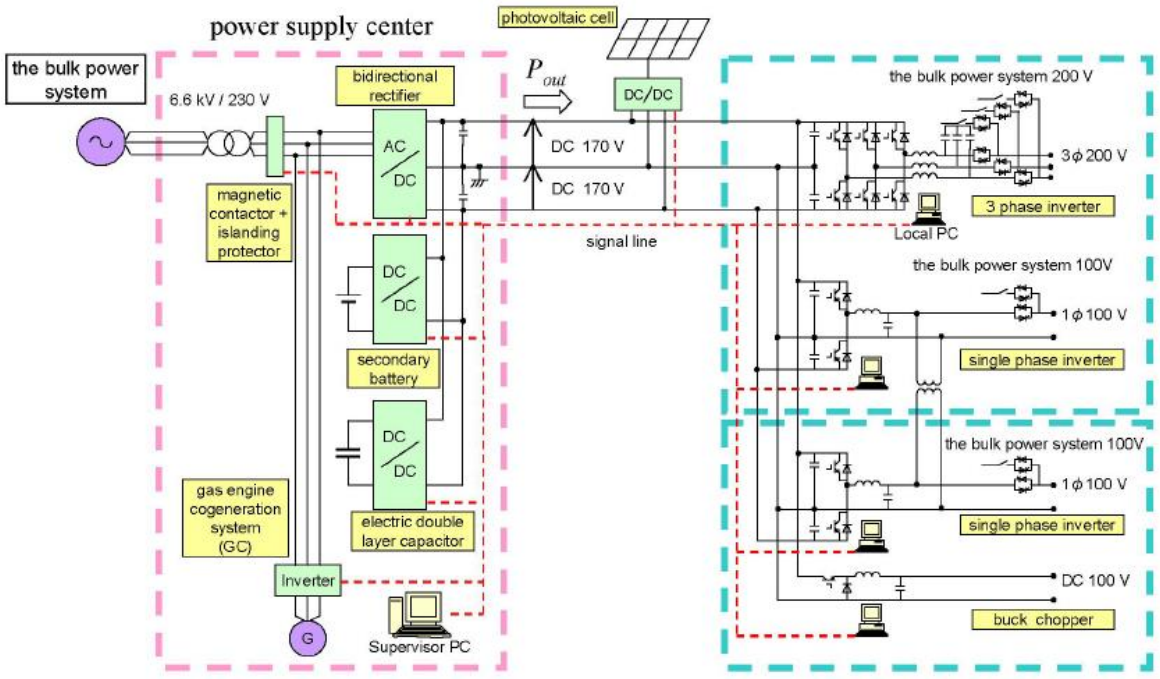
مقدمه

ریزشبکه dc یک سیستم قدرت جدیدی است که می‌تواندتوان الکتریکی با کیفیت بالابرای استفاده از ولتاژ dc تامین کند لازم به ذکر است که این سیستم برای تولیدات پراکنده‌ای که خروجیdc دارند، مثل سلول‌های خورشیدی و ذخیره‌سازهای انرژی و خازن‌های دولایه الکتریکی بسیار مناسبهستند دراین فصل در ابتدا به معرفی و بیان مشخصات میکروگرید dc موردنظر می‌پردازیم و در قسمت دوم به ارائه روش‌های کنترلی مبدل‌های تولیدپراکنده و ذخیره سازها(باتری و خازن)می‌پردازیم و در آخر نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری را درحالات مختلف از جمله روشن و خاموش بودن شبکه‌ی اصلی نشان می‌دهیم.

٤-١- مشخصات میکروگریدDC

نمای کلی ریز شبکهDC درشکل ۲۶ آمده است که از بخش‌های مختلفی ازجمله شبکه اصلی، موتورگازهمزمان، یکسوکننده و... تشکیل شده‌است که این ریز شبکه، ولتاژ شبکه اصلی ۵,۳۸kv با یک ترانس به ۲۳۰ Vac تبدیل شده که همین ناحیه به بخش موتورگازهمزمان به عنوان منبع تولیدپراکنده به خطوط AC محلی متصل شده است که نهایتا این قسمت با یکسوکننده به ولتاژ dc تبدیل گردیده که در آن ناحیه باطری نوع دوم و خازن دولایه الکتریکی که برای کنترل ولتاژ تعبیه گردیده‌اند، وجود دارد البته در شکل کلی یک واحد PV وجود دارد که در شبیه سازی استفاده نگردیده است . بخش‌های گفته شده به وسیله چاپرها و یا کانورترها تحت کنترل آمده‌اند که در بخش بعد به طورکامل توضیح خواهیم داد.[۵۳]

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲۶نمایکلیریزشبکهDC

٤-۲- واحدهای مختلف و روش‌های کنترلی آن‌ها

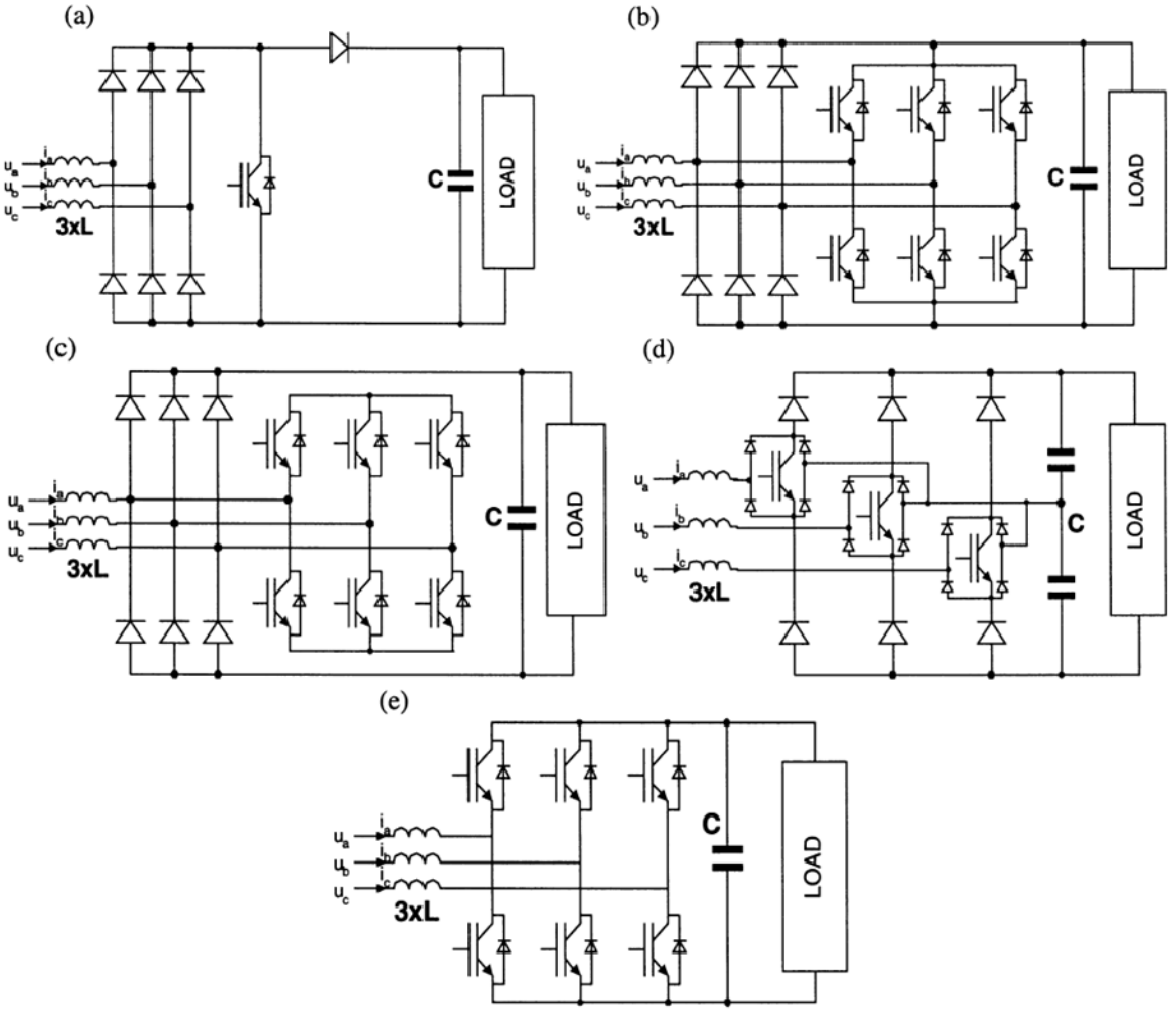
ریزشبکه dc به عنوان سیستم تولید توان باکیفیت بالا، در مقابل تغییرات بزرگ بار، نوسانات خروجی سلول‌های خوشیدی پایدار است یعنی در این هنگام واحد تولیدهمزمان موتور گاز کیفیت بالاتری می-دهد.

٤-۲-۱- واحد یکسوساز[۱]

این واحد ورودی سه فاز AC را به DC تبدیل کرده و در عین حال ولتاژ را بوسیله کلیدهای الکترونیک قدرت کنترل می‌کند. شکل۲۷نمایی از انواع یکسوسازهای مختلف است، که در این پروژه ازمدل e نشان داده شده، استفاده شده‌است.

[۱] rectifier

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

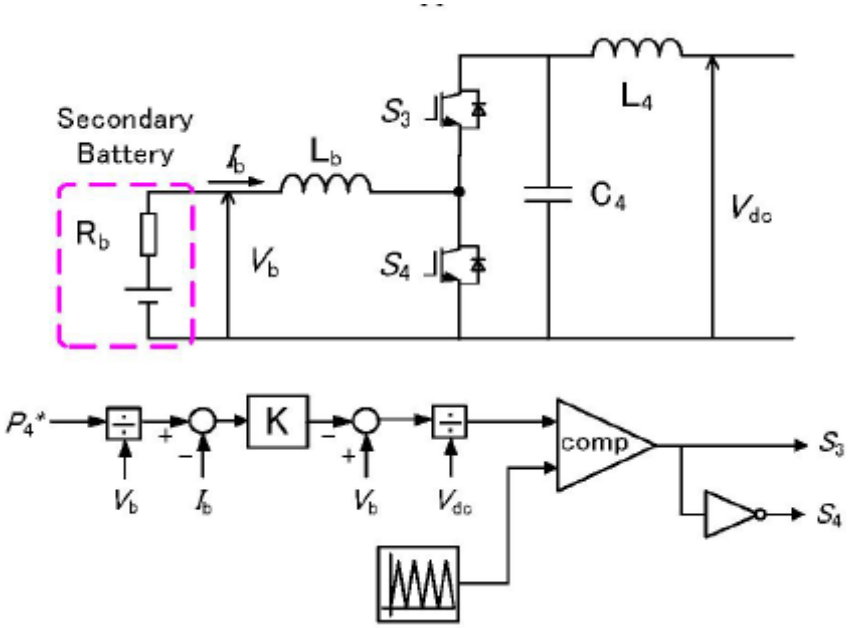


شکل ۲۷انواعمدلیکسوسازها

با توجه به اهمیت این واحد در ریزشبکه DC، در پیوست شماره ۱، اطلاعاتی جامع و کامل در مورد نحوه کنترل و همچنین پارامترهای مختلف آن(با توجه به مدل انتخابی e)داده شدهاست.

٤-۲-۲- واحد باتری نوع دوم

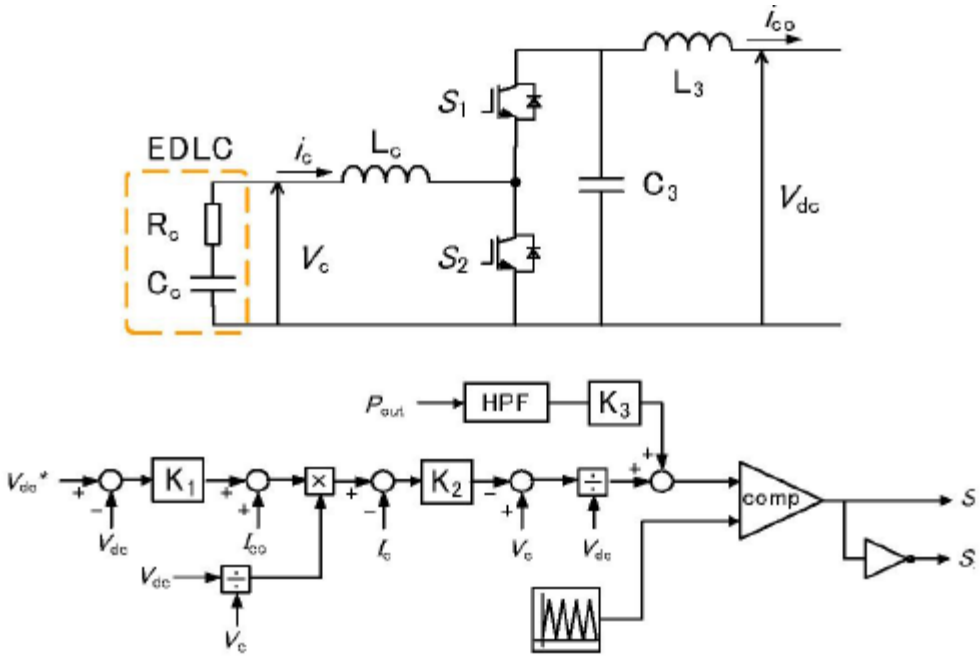
این واحد برای برقراری تعادل بین توان بارها و ژ نراتورها استفاده می‌گردد، لازم به ذکر است توان مرجع به وسیله کامپیوترها داده است. شکل۲۸ نشان دهنده این واحد به همراه بخش کنترلی آن می‌باشد.



شکل ۲۸ واحد باطری به همراه کنترلر آن

٤-۲-۳- واحد خازن دولایه الکتریکی

برای ترمیم ولتاژ خروجی از این واحد به همراه واحد باطری استفاده می‌گردد، خازن‌های دولایه الکتریکی قابلیت هزار دفعه شارژ و دشارژ شدن را دارند، این واحد ولتاژ dc را با استفاده از کنترل‌های خاص خود، ثابت نگه می‌دارد که این واحد بطور کامل در شکل ۲۷ آمده است.[۵۴]



شکل ۲۹واحدخازندولایهالکتریکیبههمراهکنترلرهایچاپرآن

٤-٢-٤- واحد سلول خورشیدی

سیستم خورشیدی با کنترل MPPT کنترل می‌شود که عامل نگه‌داشتن کیفیت بالا در شبکه می‌باشند، در شبیه سازی این پرو ژه ، این واحد جزوء مدارات شبیه‌سازی نمی‌باشد.

٤-٢-٥- واحد تولید موتور-گاز همزمان

این واحد در دو حال صفر و کامل کار می‌کند و ربطی به بارها ندارد و برای بالا نگه‌داشتن کیفیت توان استفاده می‌شود. شروع به کار یا توقف این واحد به وسیله کنترل‌کننده کامپیوتری می‌باشد به عبارتی دیگر کاربر می‌تواند در شبیه سازی با توجه به نیاز مدار تغییرات لازم را در توان مرجع بدهد.(توجه به شکل ۲۵ شود.)

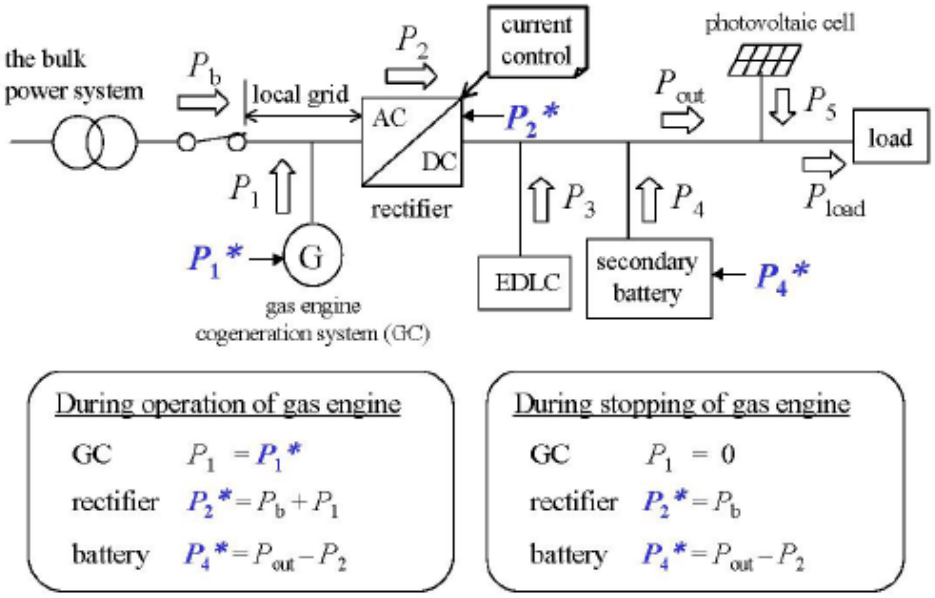
٤-٢-٦- نمای کلی از ریزشبکه در حالت اتصال و عدم اتصال به شبکه اصلی

شکل ۳۰ نحوه پخش توان در مد اتصال به شبکه اصلی در دو حالت زیر را نشان می‌دهد.

۱- اگر موتورگاز روشن باشد.

۲- اگر موتورگاز خاموش باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

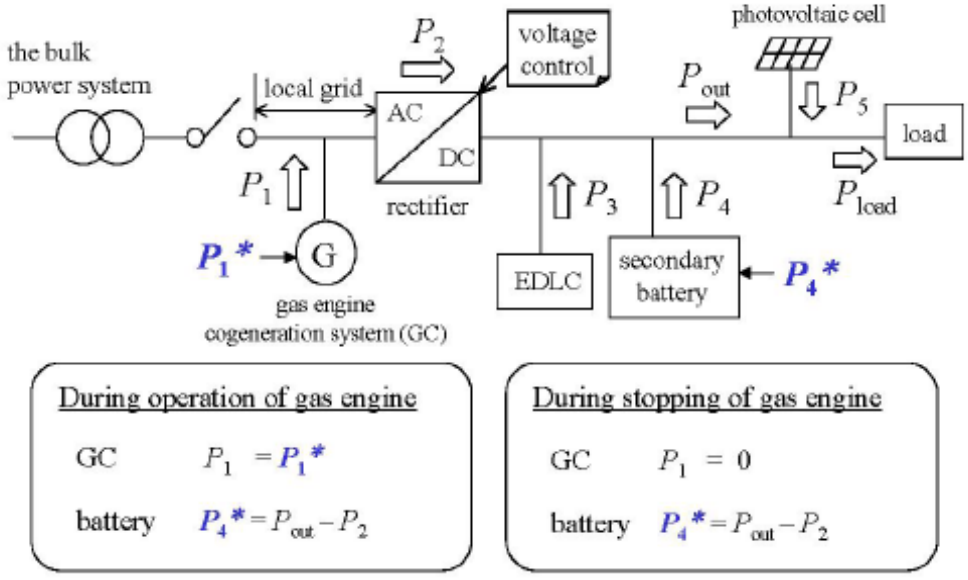


شکل ۳۰ مد عملیاتی متصل به شبکه

شکل ۳۱ نحوه پخش توان برای ریزشبکه را در مد عدم اتصال به شبکه اصلی در دو حالت زیر را نشان می‌دهد.

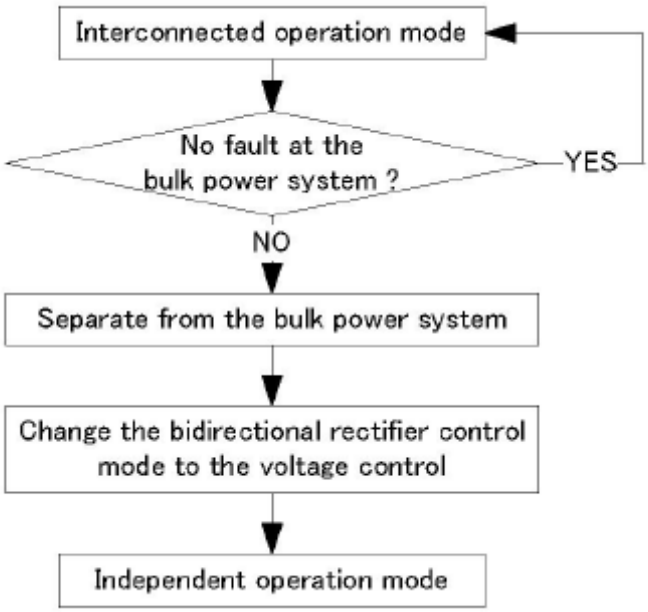
۱- اگر موتورگاز روشن باشد.

۲- اگر موتورگاز خاموش باشد.



شکل ۳۱ مد عدم اتصال به شبکه اصلی

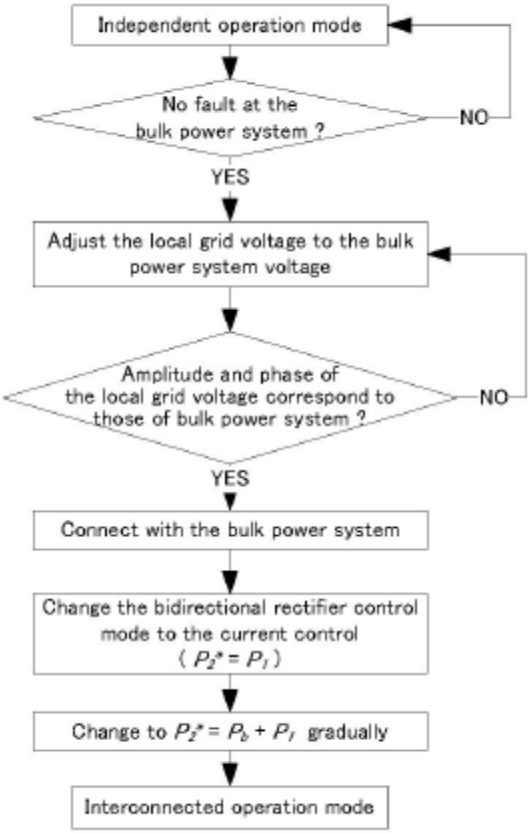
هنگامی ریزشبکه درمد عدم اتصال بهشبکه اصلی قرار می‌گیرد، که یک خطایی در شبکه اصلی رخ دهد، که باعث می‌شود ریزشبکه ازشبکه اصلی جدا شود، که دراین هنگام مد کنترلی واحد یکسوساز تغییر می‌کند یعنی این واحد از مد کنترل جریان به مد کنترل ولتاژ می‌رود در حالی که این ریزشبکه به یک شبکه جدا تبدیل شده است یعنی حالت جزیره‌ای. (توجه بیشتر به نمودار ۳۰ و ۳۱)در شکل۳۲ یک فلوچارتی از این روند موجود می‌باشد.



شکل ۳۲ فلوچارت حالت جدا شدن از شبکه اصلی

هنگامی ریزشبکه در مد اتصال مجدد بهشبکه اصلی قرار می‌گیرد، که ریز شبکه dcدر ابتدا چک می‌کند که آیا خطایی روی شبکه ی اصلی وجود دارد یانه؟ در صورت نبود خطا، اگر مقدار دامنه و فرکانس ولتاژ درشبکه اصلی ایمن باشد ریز شبکه مقدارفازودامنه ولتاژ شبکه محلی رابرابر شبکه اصلی قرار می‌دهد وبعد از آن ریزشبکه به شبکه اصلی متصل می‌شود ودوباره مد کنترلی یکسوساز دوطرفه به مد کنترل جریان تبدیل می‌شود. در شکل۳۳ یک فلوچارتی از این روند موجود می‌باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳۳ فلوچارت حالت اتصال مجدد به شبکه اصلی

WikiPower.ir

٤-۳- نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری

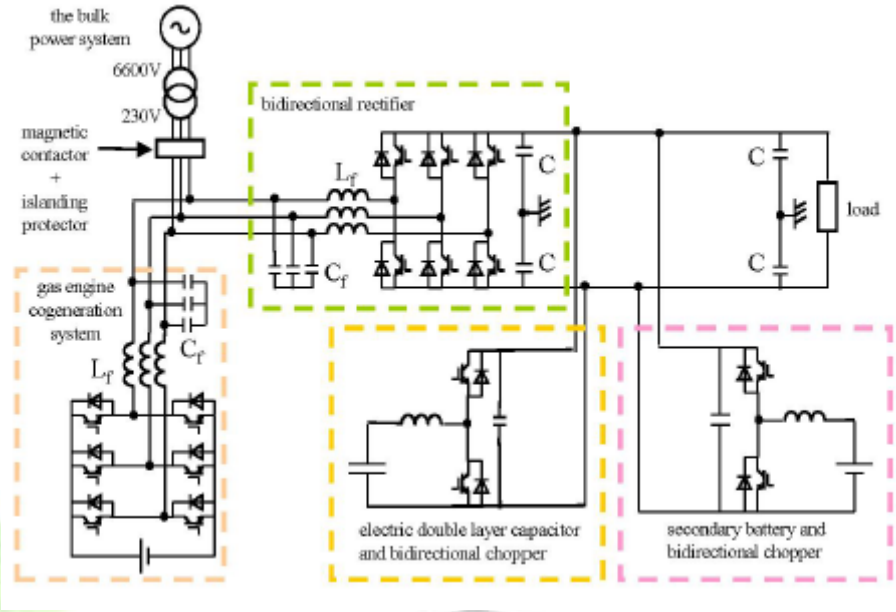
شبیه‌سازی با نرم‌افزار PSCAD[1] انجام شده‌است و نمای کلی ریزشبکه DC شبیه‌سازی شده در شکل ۳۴آمده است و پارامترهای اصلی شبیه‌سازی در شکل۳۵نشان داده شده است، بارها بصورت مقاومتی ساده درنظر گرفته شده‌اند ژنراتور و موتور-گاز همزمان به عنوان ولتاژ هستند، و همچنین کنتاکتور مغناطیسی یک کلید ایده‌آل فرض شده است، در این قسمت، دو مورد زیر را برای شبیه سازی دنبال می‌کنیم

۱- خاموش و روشن بودن موتور-گاز همزمان در طول اتصال به شبکه

۲- حالت گذرا بین مد اتصال به شبکه اصلی و حالت جزیره‌ای

[1] Power System CAD

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳۴ مدار شبیه‌سازی شده

bidirectional rectifier			
R_f	0.5 [Ω]	C_2	8000 [μF]
L_f	1.0 [mH]	L_2	0.1 [mH]
C_f	5.0 [μF]		
switching frequency		1 [kHz]	
EDLC and bidirectional chopper			
capacitance of the EDLC		1.0 [F]	
internal resistance		0.1 [Ω]	
L_c	0.8 [mH]	L_3	0.1 [mH]
C_3	4000 [μF]		
switching frequency		1 [kHz]	
secondary battery and bidirectional chopper			
voltage of the battery		700 [V]	
internal resistance		0.5 [Ω]	
L_b	4.0 [mH]	L_4	0.1 [mH]
C_4	4000 [μF]		
switching frequency		1 [kHz]	

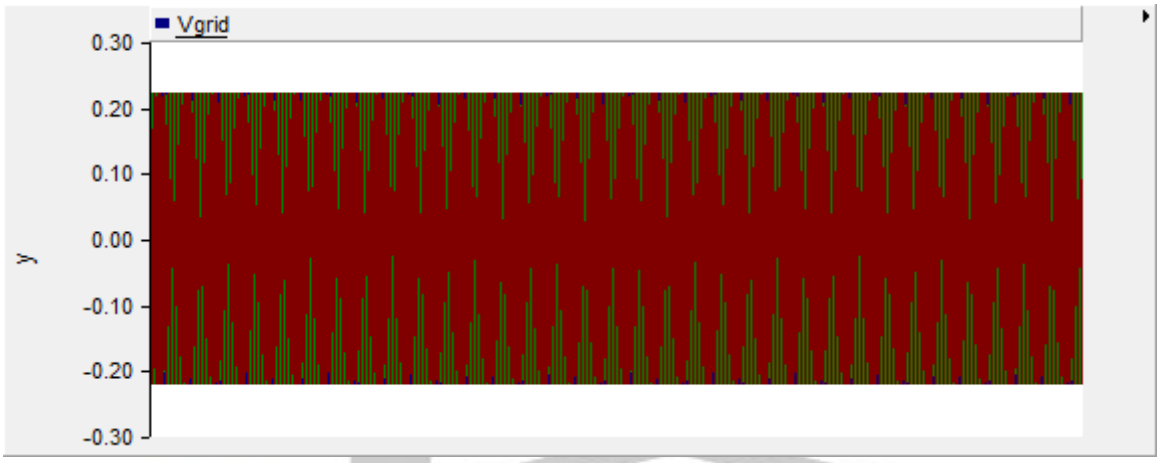
شکل ۳۵ پارامترهای اصلی ریزشبکه

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

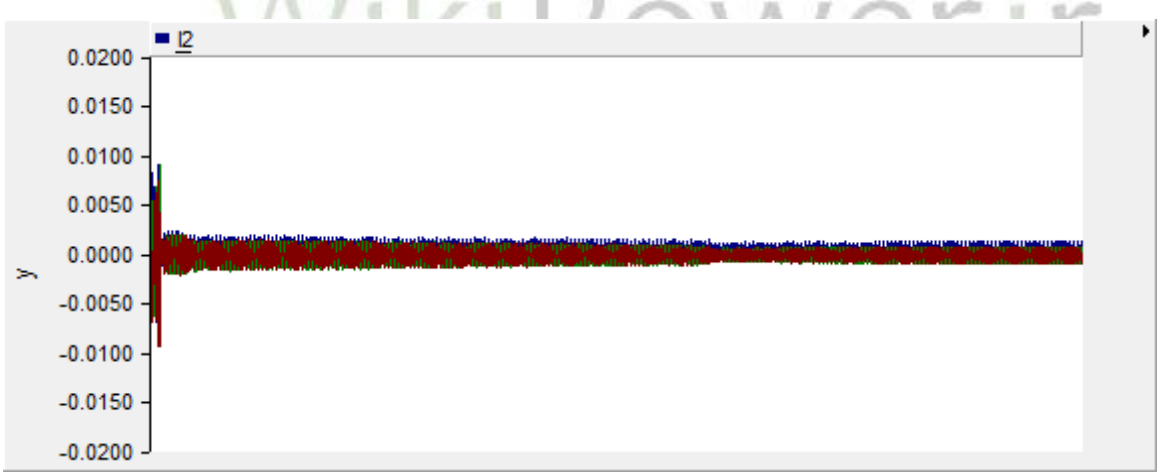
٤-۳-۱- شبیه‌سازی مورد۱

۱- خاموش و روشن بودن موتور-گاز همزمان در طول اتصال به شبکه

طول زمان شبیه سازی ۵ ثانیه است، که در این مدت شبکه اصلی به ریزشبکه وصل است ولی واحد موتور-گاز همزمان فقط ۳ ثانیه اول کار می‌کند و بعد از آن متوقف می‌شود. نتایج بصورت زیر می‌باشد.

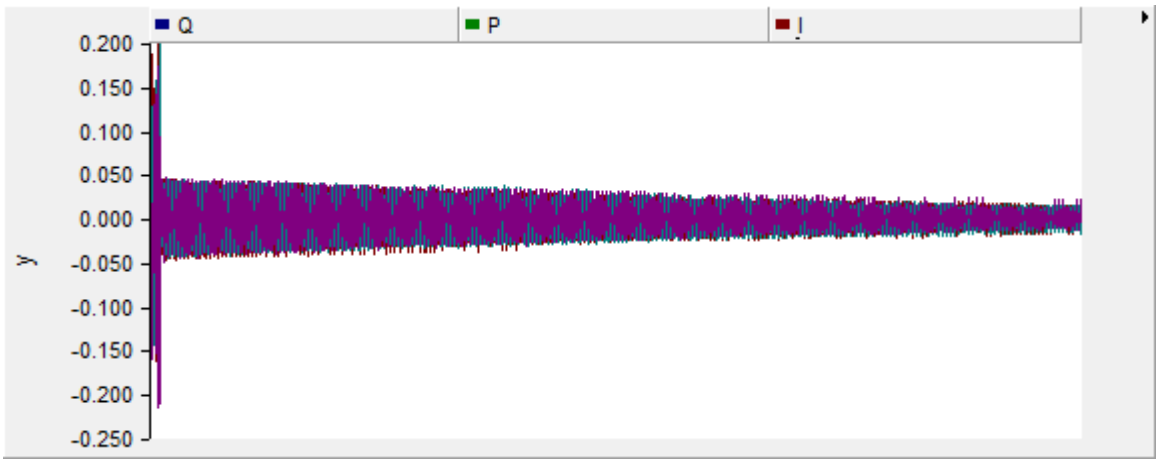


شکل ۳۶ ولتاژ بعد از ترانس- ولتاژ شبکه محلی ac

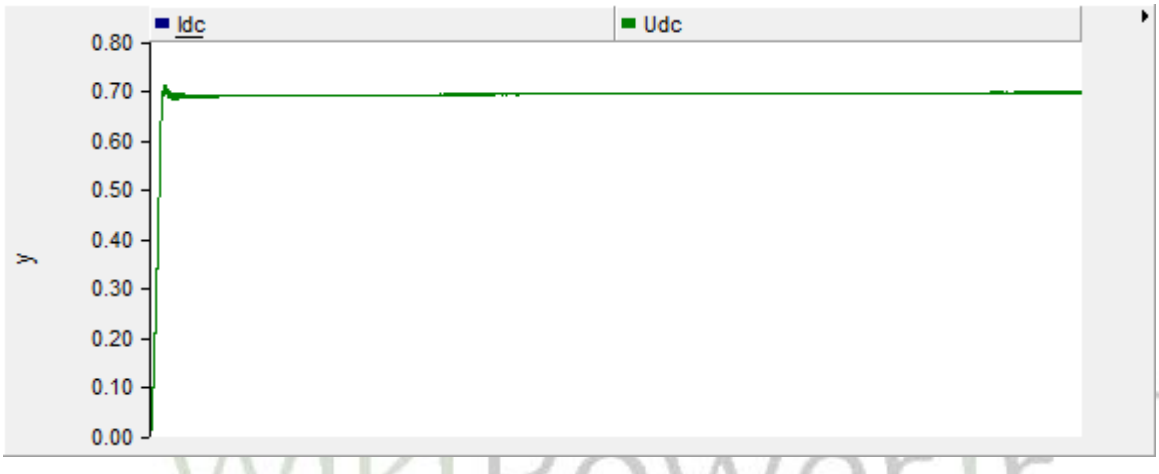


شکل ۳۷ جریان شبکه اصلی در نقطه اتصال به ریزشبکه

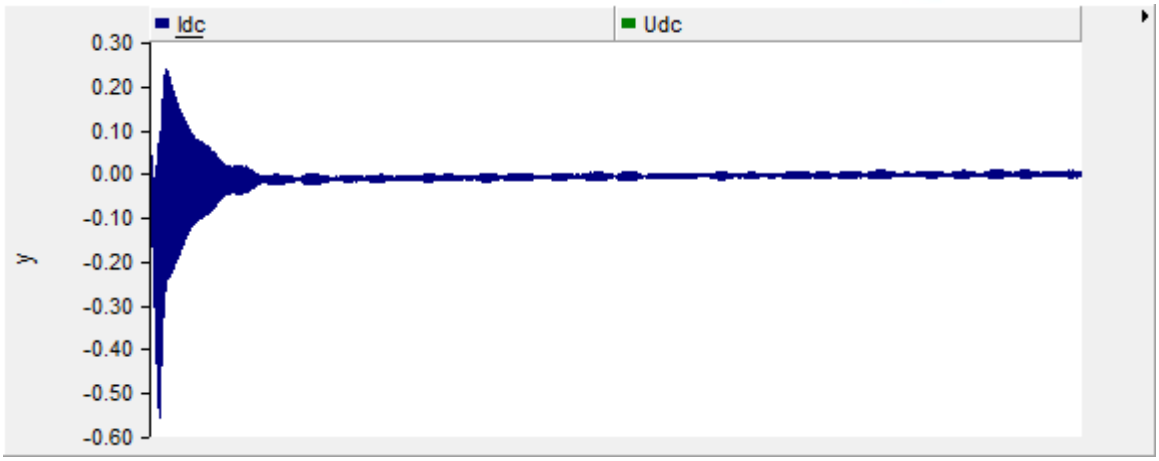
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



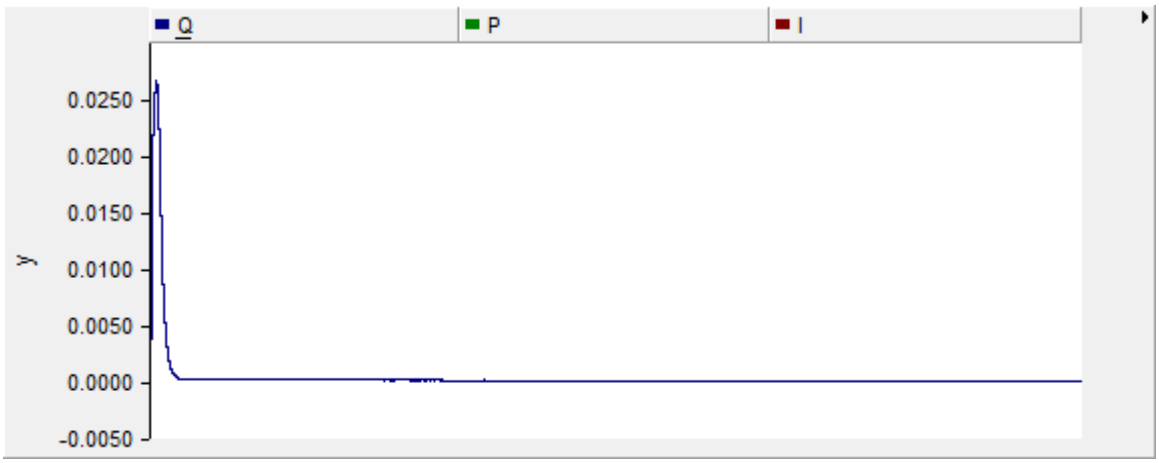
شکل ۳۸ جریان ورودی به یکسوکننده



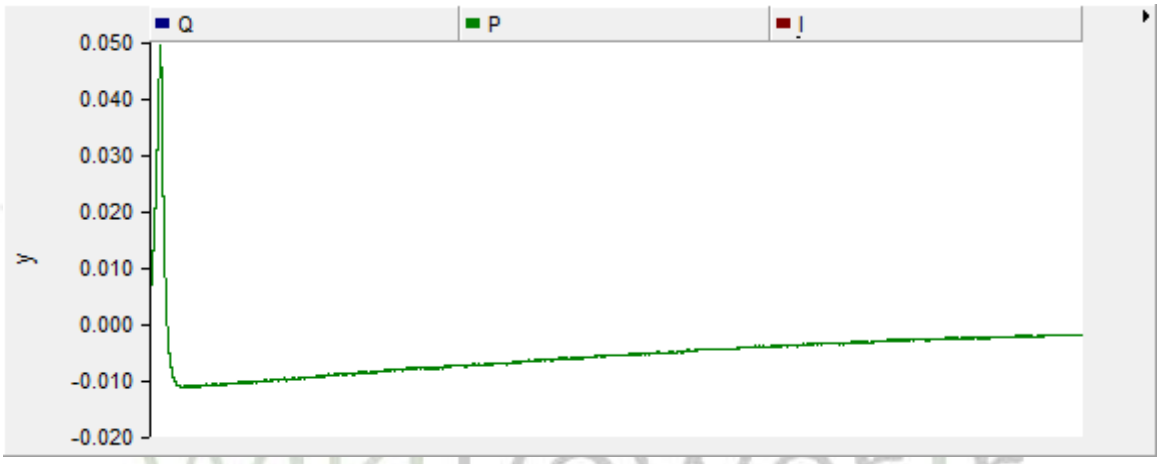
شکل ۳۹ ولتاژ یکسو شده توسط یکسوساز



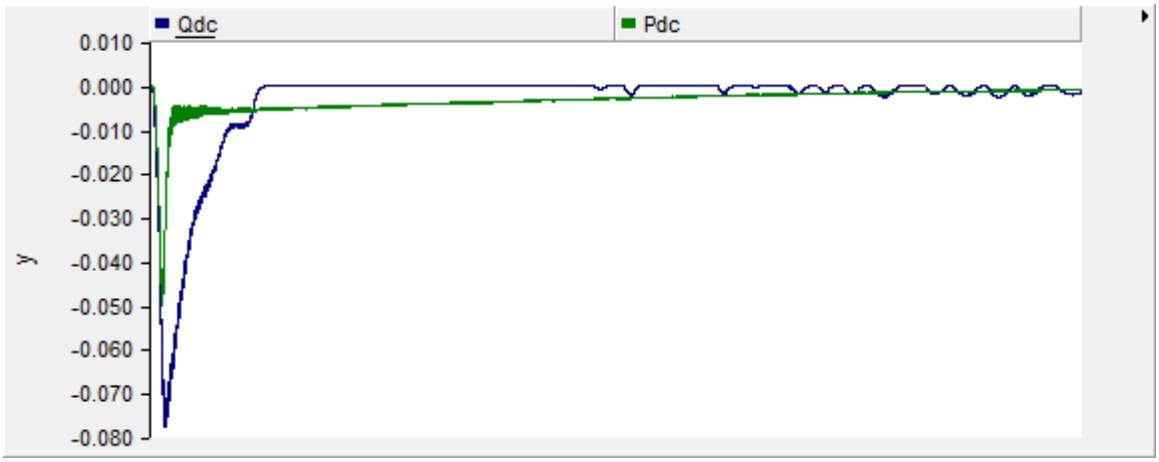
شکل ۴۰ جریان DC یکسوساز



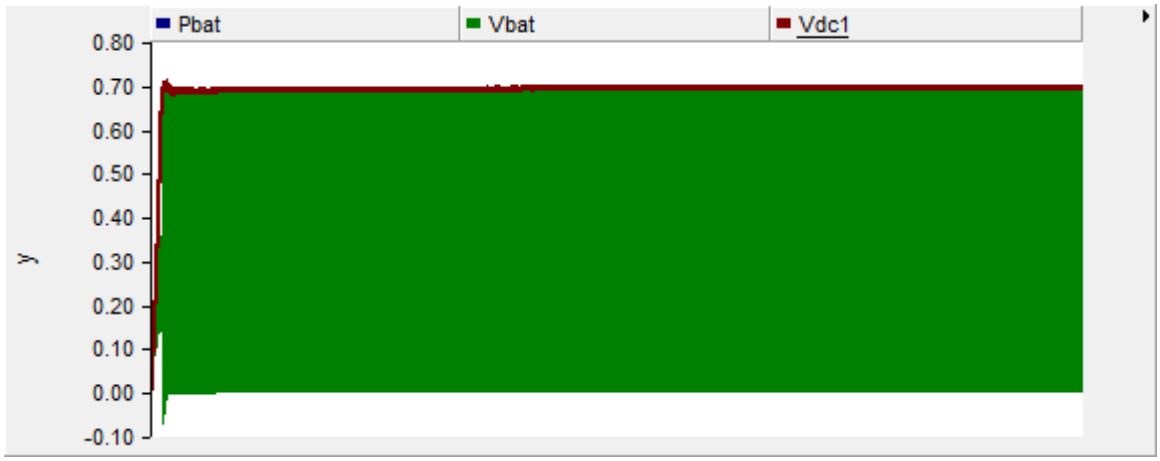
شکل ۴۱ توان راکتیو ورودی یکسوساز



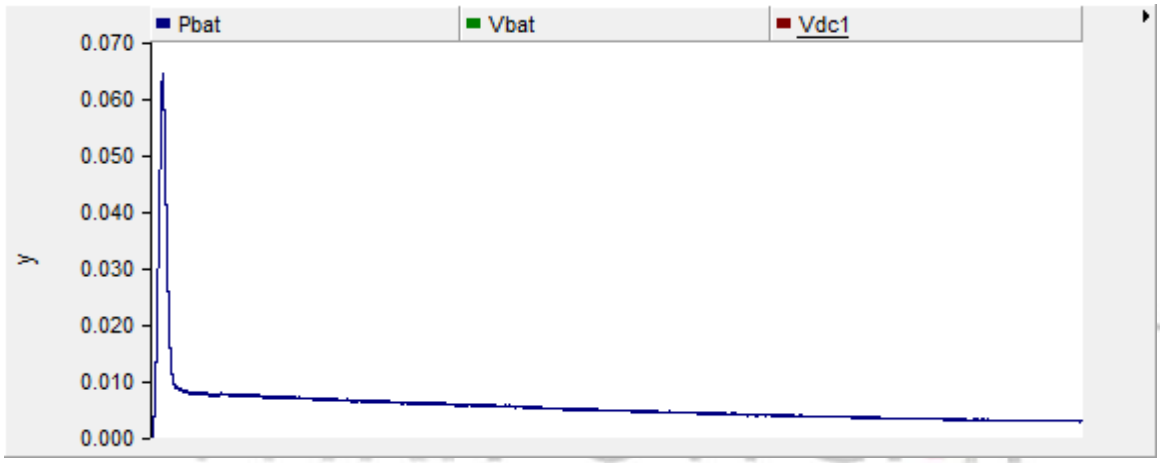
شکل ۴۲ توان اکتیو ورودی یکسوساز



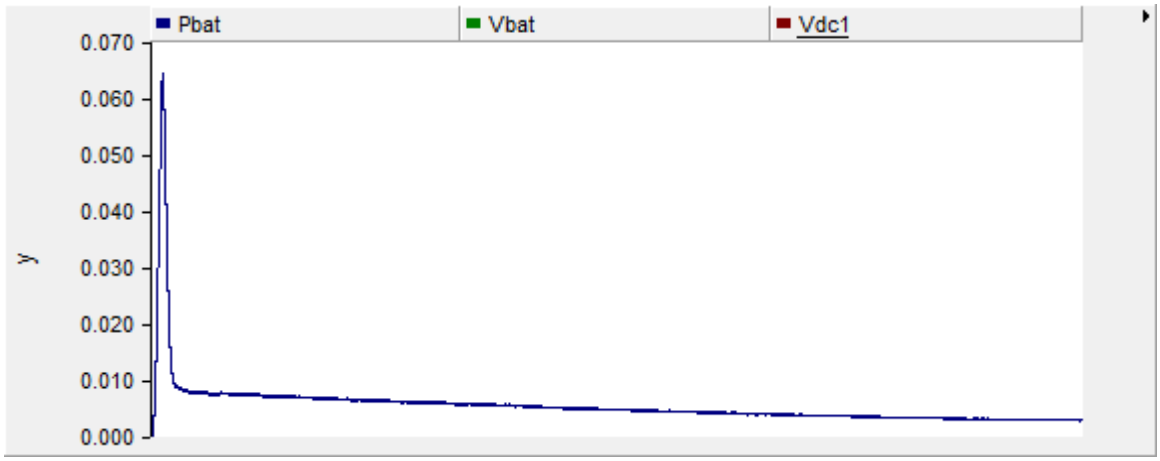
شکل ۴۳ توان اکتیو و راکتیو بعد یکسوساز



شکل ۴۴ ولتاژباطری و ولتاژ DC خروجی آن



شکل ۴۵ توان اکتیو خروجی باطری



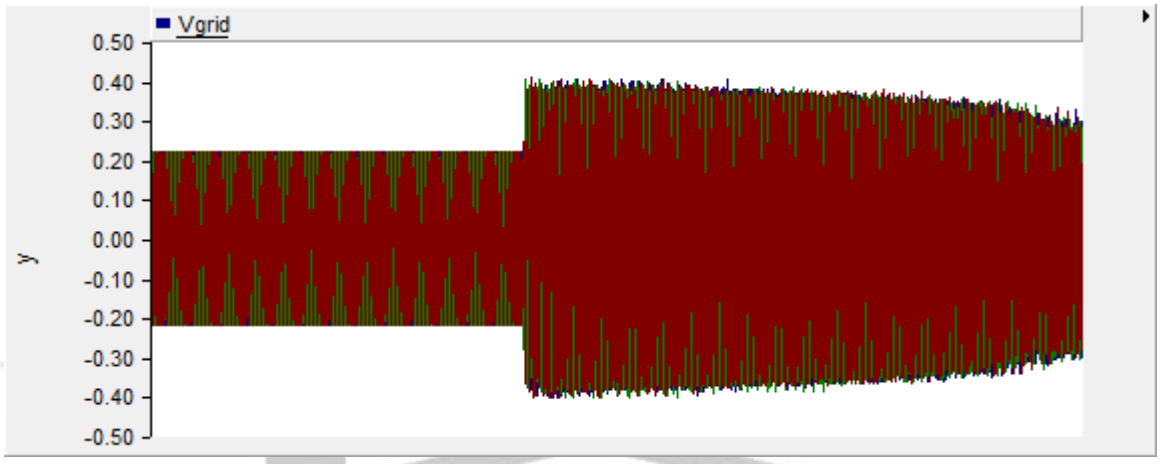
شکل ۴۶ ولتاژ و توان اکتیو خازن دولایه الکتریکی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

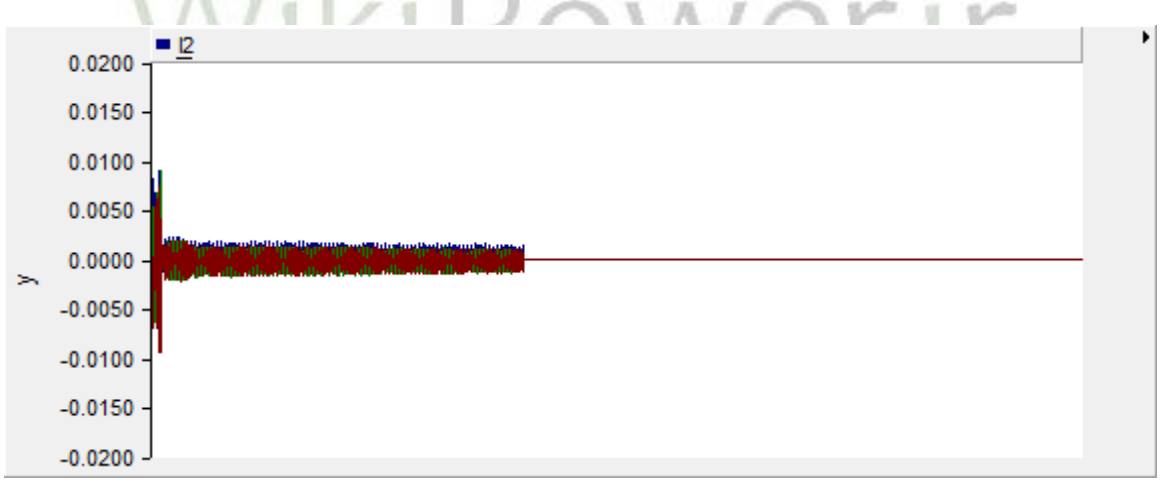
٤-٣-٢- شبیه‌سازی مورد۲

۲- حالت گذرا بین مد اتصال به شبکه اصلی و حالت جزیره‌ای

در این مورد موتور-گاز همزمان روشن می‌باشد، ولی شبکه فقط ۲ ثانیه اول وصل است، کل زمان بررسی ۵ ثانیه می‌باشد.

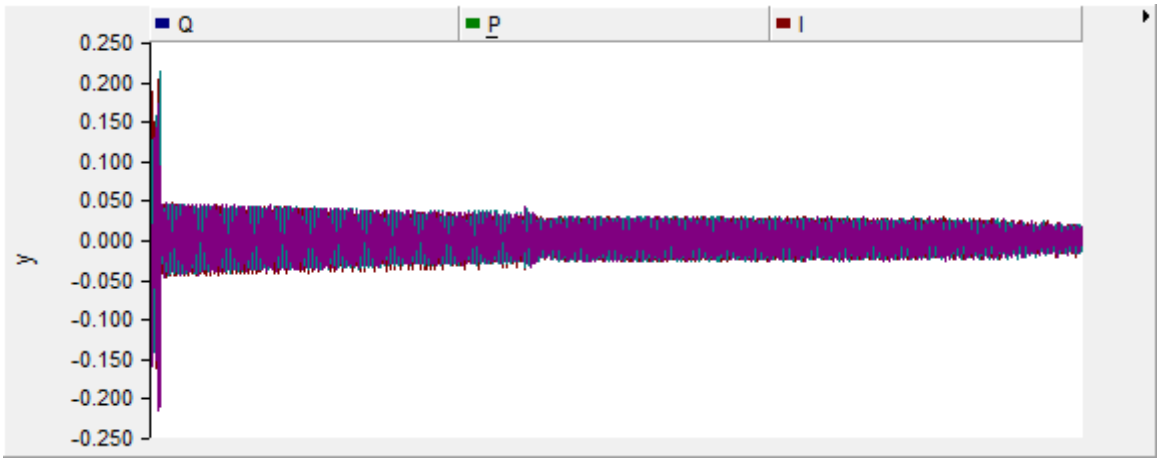


شکل ۴۷ولتاژبعدازترانس- ولتاژشبکهمحلیac

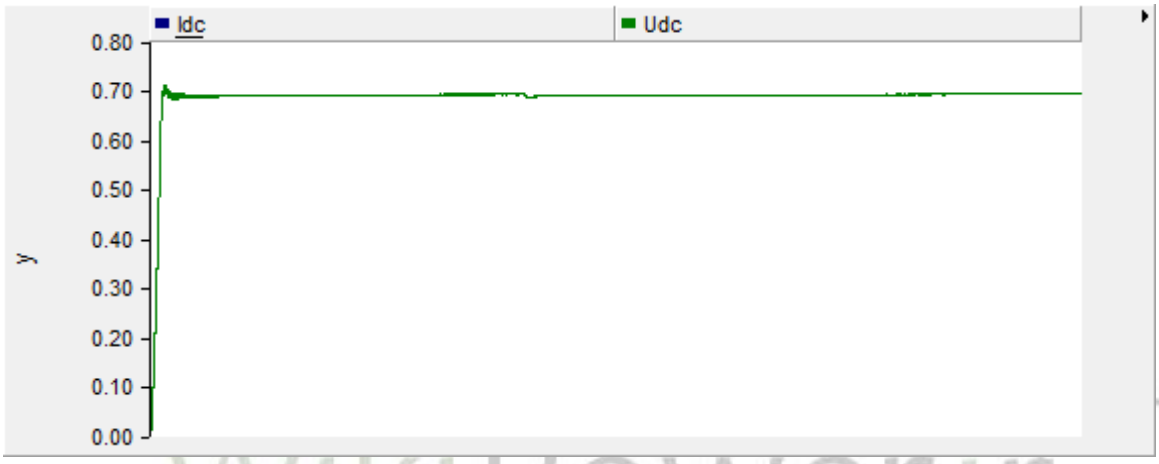


شکل ۴۸جریانشبکهاصلیدرنقطهاتصالبهریزشبکه

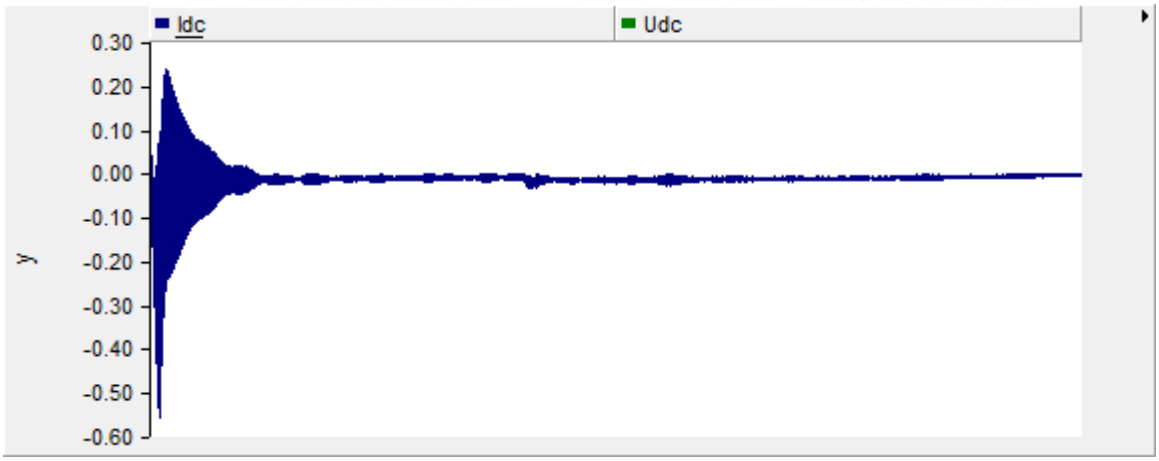
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۴۹جریان ورودی ب هیکسوکننده

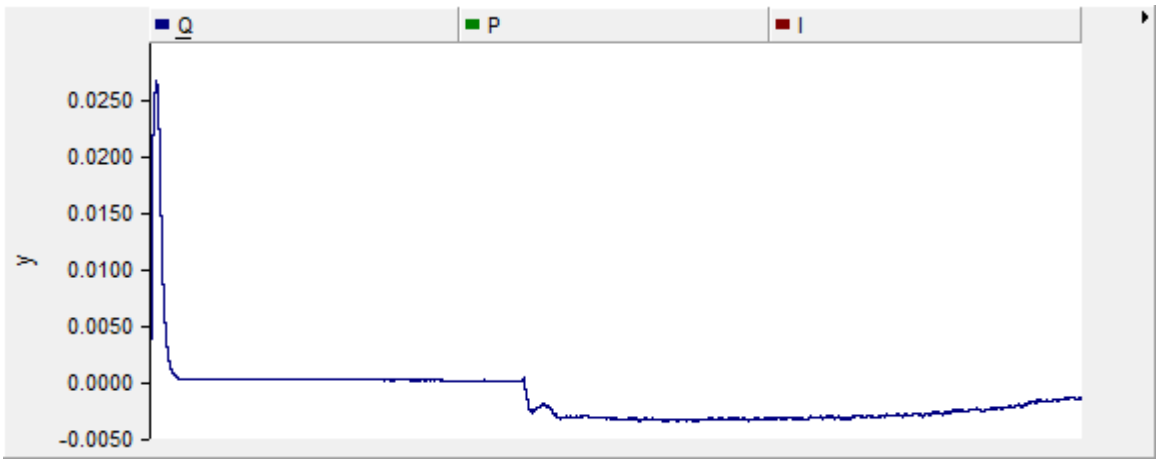


شکل ۵۰ولتاژیکسوشدهتوسطیکسوساز

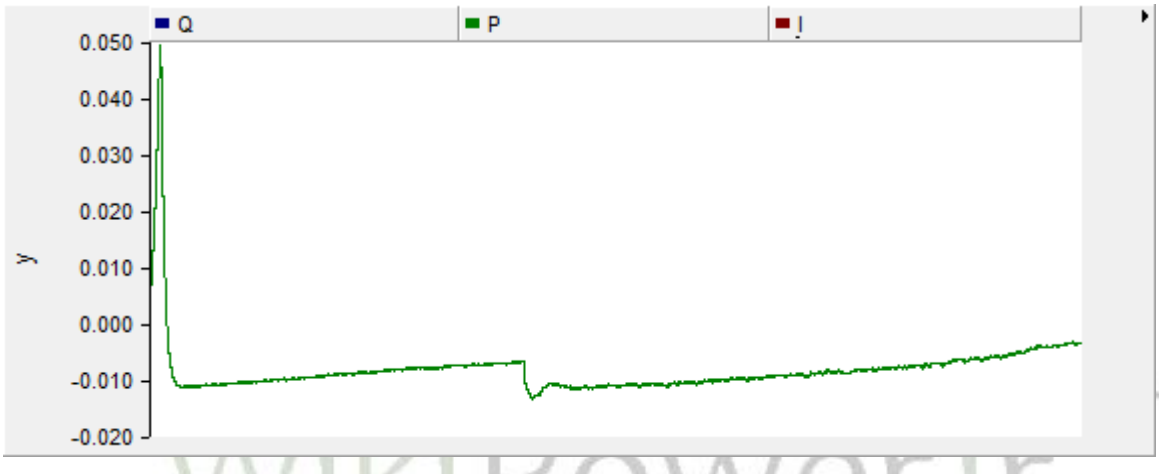


شکل ۵۱جریانDCیکسوساز

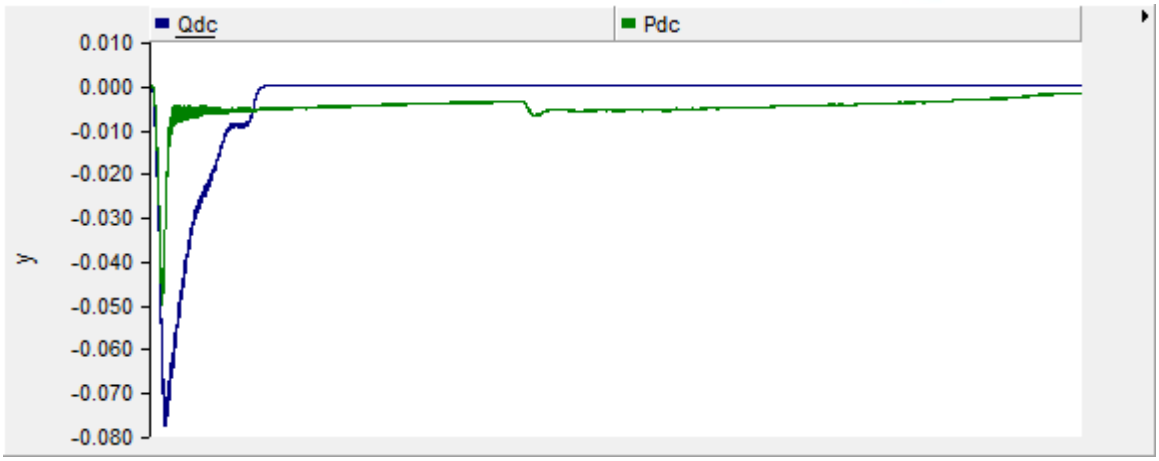
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



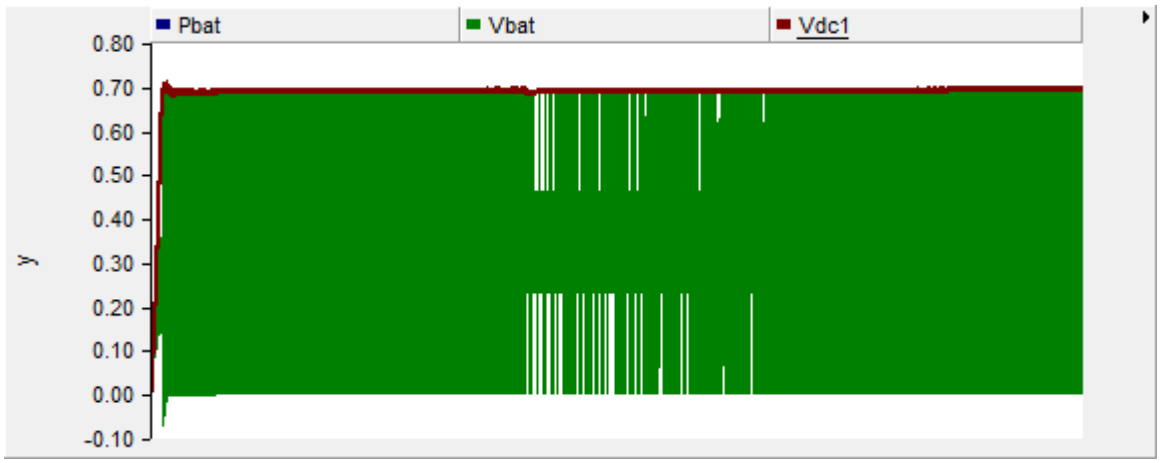
شکل ۵۲توانراکتیوورودییکسوساز



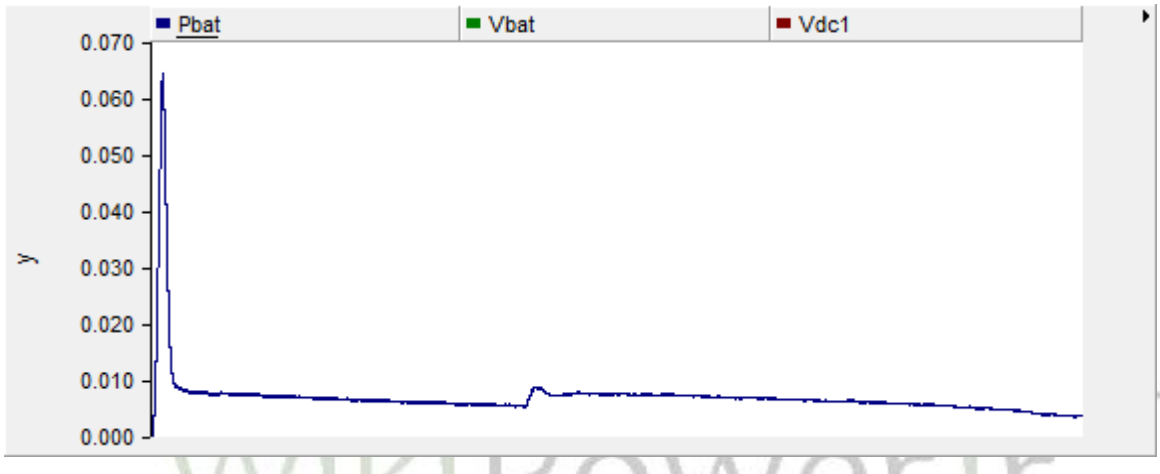
شکل ۵۳تواناکتیوورودییکسوساز



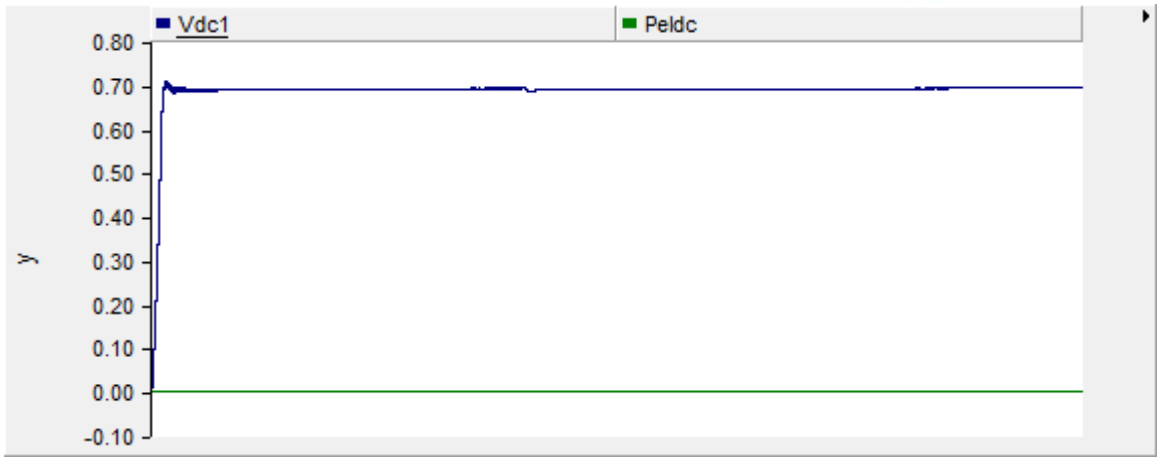
شکل ۵۴تواناکتیوواکتیوبعدیکسوساز



شکل ۵۵ولتاژوتوانباطریوولتاژDCخروجیآن



شکل ۵۶تواناکتیوخروجیباطری

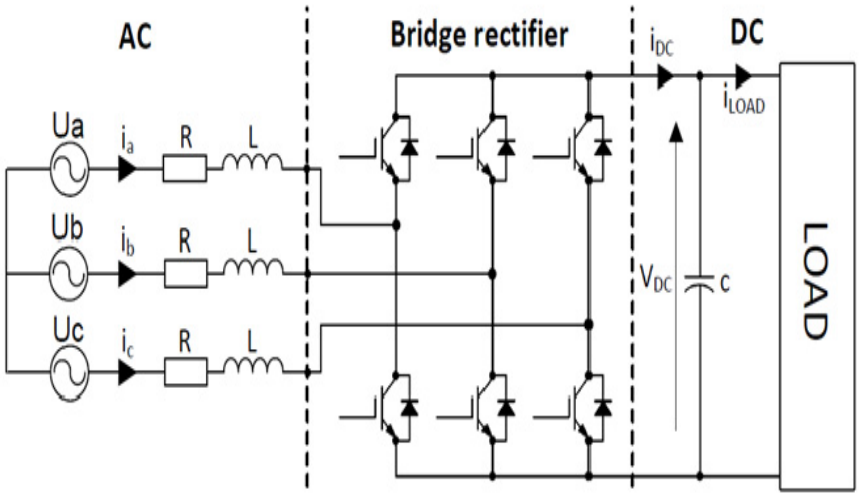


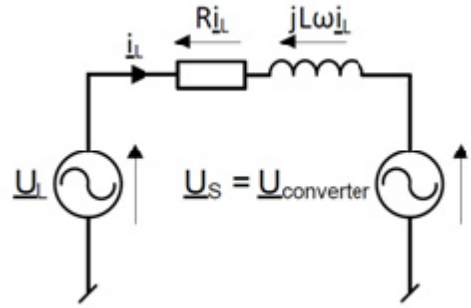
شکل ۵۷ولتاژوتواناکتیوخازندولایهالکتریکی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۵- پیوست ۱ – واحد یکسوساز[۱]

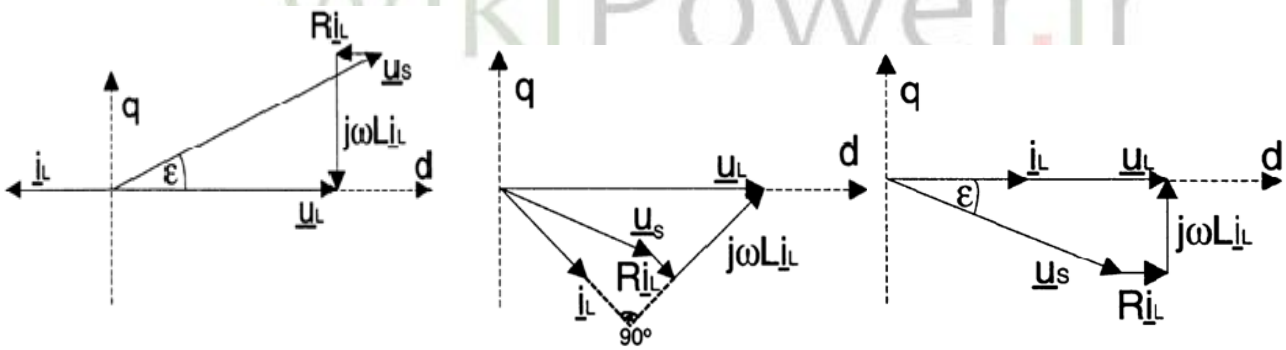
این واحد ورودی سه فاز AC را به DC تبدیل کرده و در عین حال ولتاژ را بوسیله کلیدهای الکترونیک قدرت کنترل می‌کند. شکل ۵۸ نمایی از یک مدل از این یکسوسازهاست.





شکل ۵۸واحدیکسوساز

برای کنترل کلیدهای یکسوساز باید طبق روابطی که در زیر آمده عمل کنیم، با توجه شکل ۵۸، Ul ولتاژ سمت ac می‌باشد و Us ولتاژ سمت dc بوده است که روابط فازوری زیر برای حالات مختلف آن وجود دارد.(شکل ۵۹)



شکل ۵۹روابطفازوری

[۱] rectifier

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵-۱- روابط ریاضی مورد نیاز جهت کنترل این واحد

ولتاژ و جریان خطوط سه فاز ac بصورت زیر است

$$U_a = E_m \cos(\omega t)$$
$$U_b = E_m \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$
$$U_c = E_m \cos(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$
$$I_a = I_m \cos(\omega t + \varphi)$$
$$I_b = I_m \cos(\omega t + \varphi - \frac{2\pi}{3})$$
$$I_c = I_m \cos(\omega t + \varphi - \frac{4\pi}{3})$$

و این‌که داریم

$$I_a + I_b + I_c = 0$$

می‌توانیم این سه‌فاز را با دو جزء حقیقی(α) و موهومی(β) بیان کنیم

$$V^s(t) = V_\alpha(t) + jV_\beta(t) = {}^2/_3 K\,(V_a(t) + V_b(t)e^{j\frac{2\pi}{3}} + V_c(t)e^{\frac{j4\pi}{3}})$$

در مدل ABC یکسوساز داریم

$$U_{Sab} = (S_a - S_b)U_{dc}$$
$$U_{Sbc} = (S_b - S_c)U_{dc}$$
$$U_{Sca} = (S_c - S_a)U_{dc}$$

اگر s=1 یعنی کلید بالایی روشن است و اگر s=0 یعنی کلید پایینی روشن است

$$U_{Sa} = (f_a)U_{dc}$$

$$U_{Sb} = (f_b)U_{dc}$$
$$U_{Sc} = (f_c)U_{dc}$$
$$f_a = S_a - S^* = S_a - \frac{1}{3}(S_a + S_b + S_c) = \frac{2S_a - (S_b + S_c)}{3}$$
$$f_b = \frac{2S_b - (S_a + S_c)}{3}$$
$$f_c = \frac{2S_c - (S_a + S_b)}{3}$$
$$(\text{Fabc} = \pm\frac{1}{3} \text{ یا } \pm\frac{2}{3})$$

با توجه به مدل داده شده در شکل۵۸ و روابط حاصل شده از موارد بالا داریم

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \mathrm{R}\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + L\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{Sa} \\ u_{Sb} \\ u_{Sc} \end{bmatrix}$$

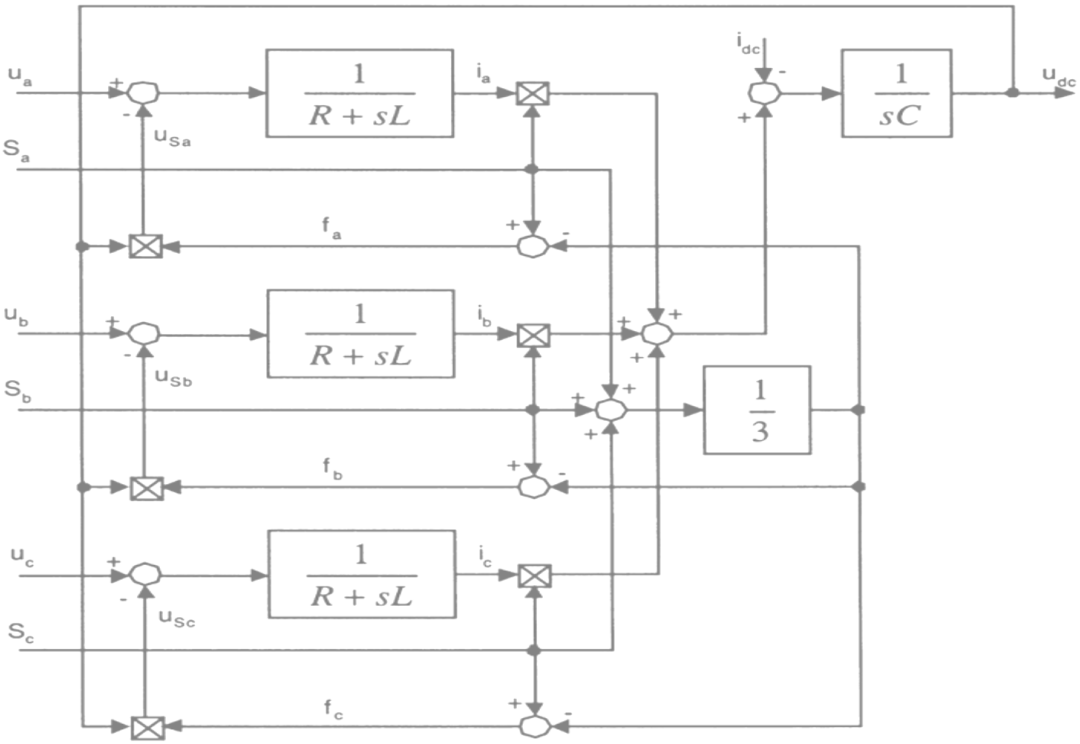
یعنی ولتاژ هر فاز از سه قسمت که مربوط به مقاومت، سلف و قسمت dc و سوییچ‌ها است، تشکیل شده است و همچنین در مورد خازن شکل ۵۸ داریم که

$$C\frac{du_{dc}}{dt} = s_a i_a + s_b i_b + s_c i_c - i_{load}$$

WikiPower.ir

از کلیه روابطی که در این بخش گفته شد به مدل اولیه زیر می‌رسیم

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۶۰مدلاولیهکنترلیکسوساز

رابطه α-β بصورت زیر تعریف می‌شود

$$\begin{bmatrix}\alpha\\ \beta\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}2/3 & -1/3 & -1/3\\ 0 & 1/\sqrt{3} & -1/\sqrt{3}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a\\ b\\ c\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}a\\ b\\ c\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ -1/2 & \sqrt{3}/2\\ -1/2 & -\sqrt{3}/2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\alpha\\ \beta\end{bmatrix}$$

با توجه به مدل α-β برای رابطه‌های بدست آمده در بالا داریم

$$\begin{bmatrix}u_\alpha\\ u_\beta\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}i_\alpha\\ i_\beta\end{bmatrix}+L\frac{d}{dt}\begin{bmatrix}i_\alpha\\ i_\beta\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}u_{S\alpha}\\ u_{S\beta}\end{bmatrix}$$

$$C\frac{du_{dc}}{dt}=\frac{3}{2}\left(S_\alpha i_\alpha+S_\beta i_\beta\right)-i_{load}$$

با توجه به تبدیل پارک داریم

$$v_{dq} = v^s e^{-j\theta}$$
$$v^s = v_\alpha + jv_\beta$$

که می توان با استفاده از آن‌ها به بازسازی دوباره روابط بالا پرداخت که این‌گونه می‌شود

$$u^s = Ri^s + L\frac{di^s}{dt} + u_S^s$$
$$\leftrightarrow \quad u_{dq}e^{j\theta} = Ri_{dq}e^{j\theta} + L(\, e^{j\theta}\left(jwi_{dq} + \frac{di_{dq}}{dt}\right)) + e^{j\theta}u_{sdq}$$
$$\leftrightarrow u_{dq} = Ri_{dq} + L\frac{di_{dq}}{dt} + jwi_{dq} + u_{sdq}$$

در مورد توان روابط زیر را داریم

$$P = Re\{VI^*\}$$

$$Re\{v^s(i^s)^*\} = Re\{v^{dq}\ (i^{dq})^*\}$$

$$v^s(i^s)^* = \left(\frac{2}{3}\ \mathrm{K}\right)^* (v_a + v_b e^{j\frac{2\pi}{3}} + v_c e^{j\frac{4\pi}{3}})\ (i_a + i_b e^{j\frac{2\pi}{3}} + i_c e^{j\frac{4\pi}{3}})^*$$
$$= (\frac{2}{3}\ K)^2\ [v_a i_a + v_b i_b + v_c i_c + j\frac{1}{\sqrt{3}}(v_a(i_c - i_b) + v_b(i_a - i_c) + \ v_c(i_b - i_a))$$

که بخش حقیقی آن توان اکتیو را به ما می‌دهد و بخش موهومی آن توان راکتیو را نشان می‌دهد

$$P = \frac{3}{2K^2}RE\{V^s(i^s)^*\} = \frac{3}{2K^2}RE\{V^{dq}(i^{dq})^*\} = V_a i_a + V_b i_b + V_c i_c$$
$$Q = \frac{3}{2K^2}Im(V^s(i^s)^* = \frac{3}{2K^2}Im\{V^{dq}(i^{dq})^*$$
$$= \frac{1}{\sqrt{3}}[V_a(i_c - i_b) + V_b(i_a - i_c) + V_c(i_b - i_a)]$$

با توجه تعریفی دیگر داریم

$$v^s = KE_m e^{jwt}$$

$$i^s = KI_m e^{jwt+\varphi}$$

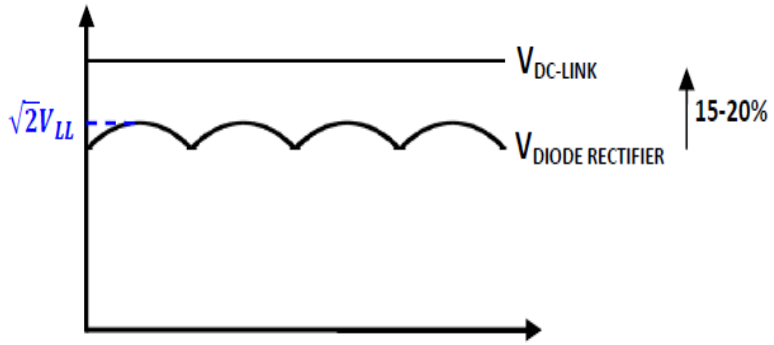
E_m و I_m مقدار اندازه می‌باشند، و توان از رابطه زیر بدست می‌آید

$$P = \frac{3}{2K^2} Re\{v^s(i^s)^*\} = \frac{3}{2K^2} Re\{v^{dq}(i^{dq})^*\} = \frac{3}{2}E_m I_m \cos\varphi = 3VI\cos\varphi$$

روابطی که تا به اینجا به آن‌ها اشاره شد، در dc کردن ولتاژ ac کاربرد فراوان دارند.

با توجه به وجود شش عدد دیود در یکسوکردن ولتاژ داریم

$$V_{DCmin} > \sqrt{2}V_{LL(rms)} = \sqrt{2}.\sqrt{3}V_{LN(rms)}$$



شکل ۶۱ وضعیت ولتاژ لینک DC

WikiPower.ir

برای حداقل ولتاژ لینک DC داریم

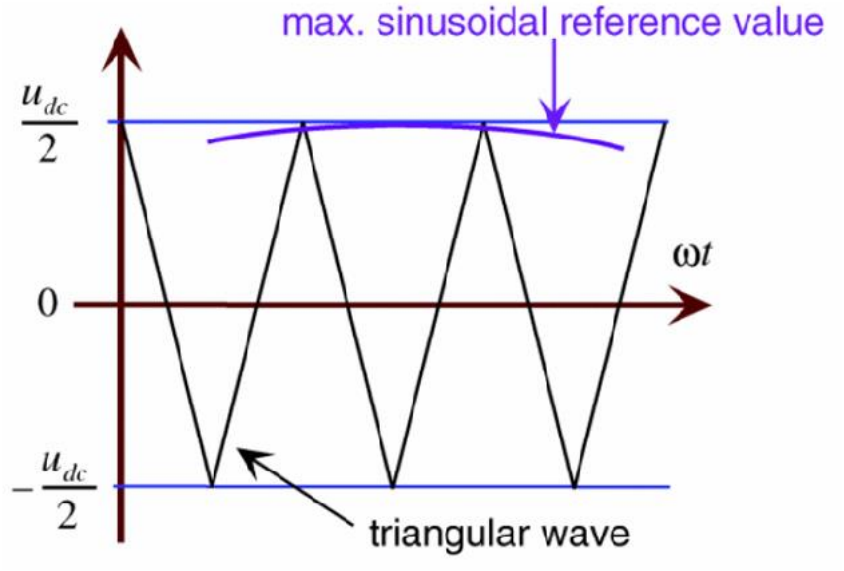
$$V_{LN}(\text{peak}) = \frac{V_{DC}}{2}$$

$$\frac{V_{LL}}{\sqrt{3}}\sqrt{2} = \frac{V_{DC}}{2}$$

$$V_{DCmin} > 2V_{LN(peak)} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}}V_{LL(rms)} = 1.663\,V_{LL(rms)}$$

$\frac{V_{dc}}{2}$ماکزیمم ولتاژ مرجع می باشد. (شکل ۶۱ و ۶۲)

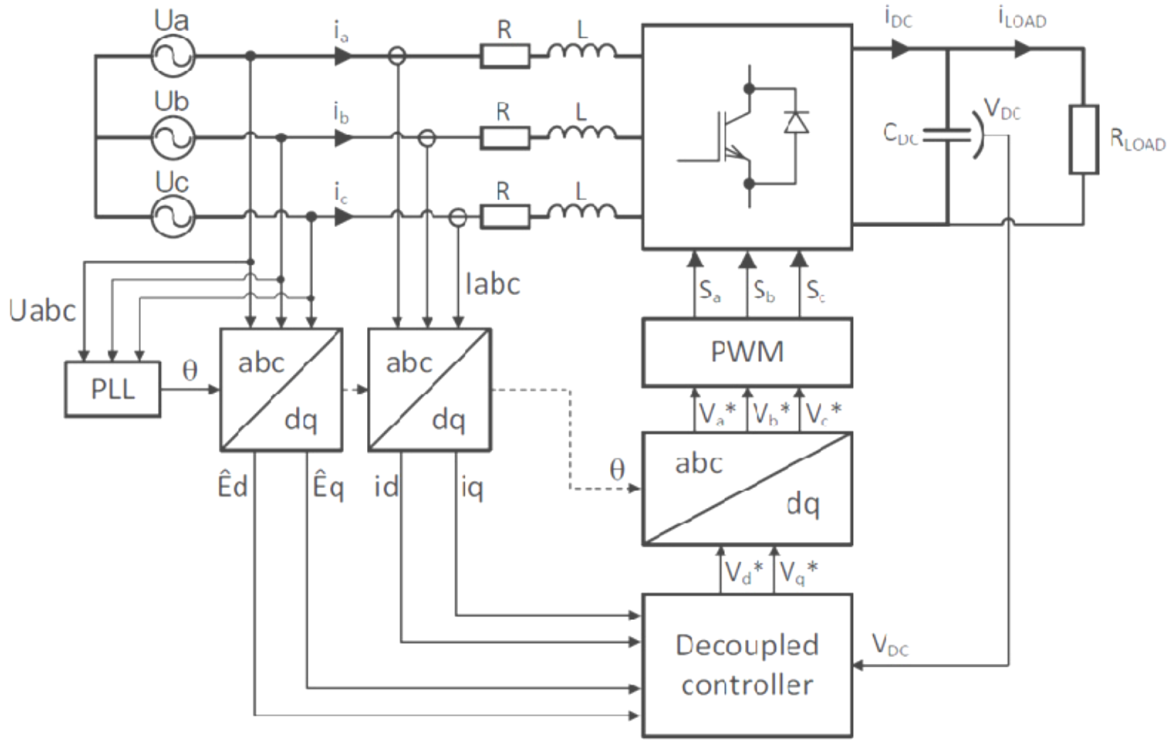
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۶۲ماکزیممولتاژمرجعموج سینوسی

۲-۵ اساس کنترل واحد یکسوساز

اساس کنترل ولتاژ با توجه به روابطی که تا به حال گفته شد، بصورت شکل ۶۳ می‌باشد.

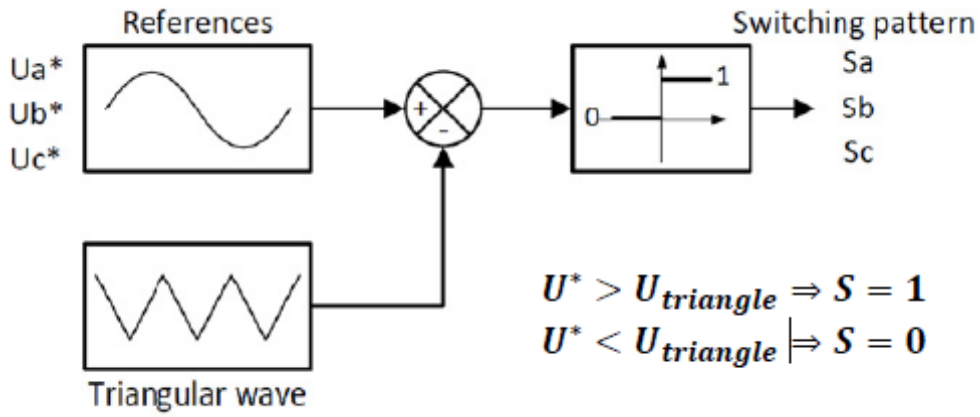


شکل ۶۳ نمایی از روند کنترل یکسوساز

با توجه به شکل۶۳، همان‌طور که دیده می‌شود از ولتاژ سمت ac اندازه فاز را با بلوکPLL خوانده و همچنین جریان و ولتاژ ac را با بلوک abc TO dq، طبق همان روابطی که در بالا شرح داده شد به ولتاژ dq و جریان dq تبدیل کرده است و در مرحله بعد با بلوک Decoupled controller کنترل‌های لازم برای جریان و ولتاژ(با توجه به ولتاژ dc و جریان dq و ولتاژ dq)انجام می‌گیرد، بعد از طی این مرحله dq به abc تبدیل می‌شوند که برای کنترل سوییچ‌های یکسوساز، تغییرات لازم را در بلوک PWM اعمال می‌کنیم، لازم بذکر است بلوک‌های بالا در ادامه بطور کامل بررسی می‌گردند.[۵۵]

۵-۲-۱- بلوکPWM

با توجه به سیگنال‌های کنترلی که به این بلوک رسیده، در این بلوک باید به گونه رفتار شود که در زمان دقیق سوییچ‌ها روشن و خاموش شوند تا حلقه کنترلی ما تکمیل شود، توضیحات لازم با توجه به شکل ۶۴ داده می‌شود.



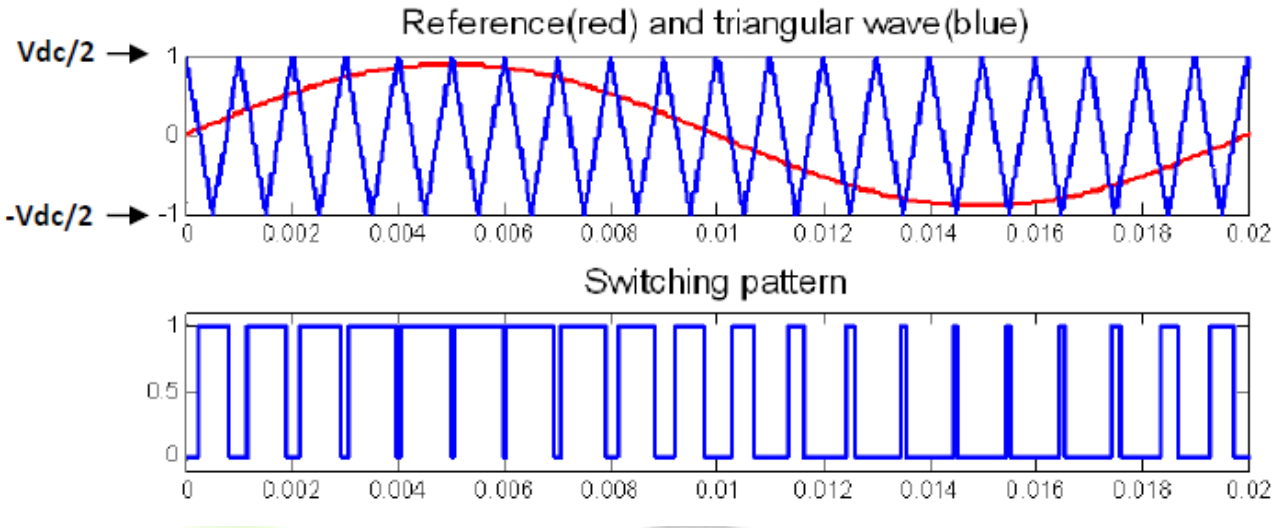
شکل ۶۴ عملکرد بلوکPWM

با توجه به شکل ۶۴ سیگنال Uabc رسیده به این بخش پس از مقایسه با موج مثلثی که فرکانس و اندازه‌های لازم برای آن تعیین شده است برای سوییچ‌ها جهت روشن یا خاموش شدن فرستاده می‌شود،

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

طبق منطقی که در پایین شکل۶۵نشان داده شده است(اگر s=1 یعنی کلید بالایی روشن است و اگر s=0 یعنی کلید پایینی روشن است).

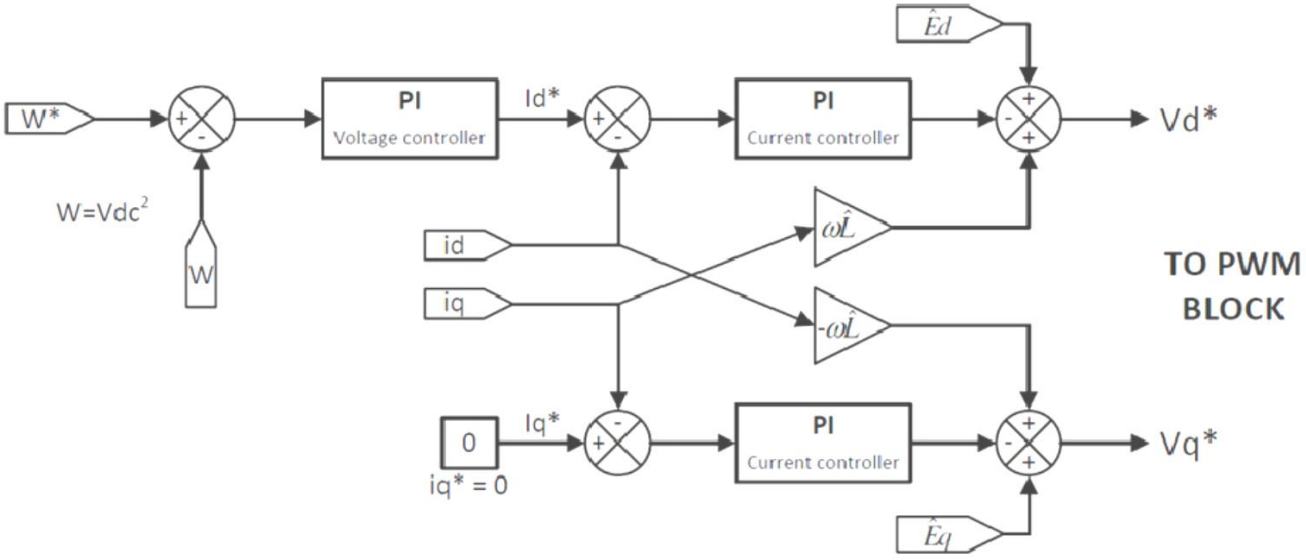
برای درک بهتر شکل ۶۵ به شکل۶۶، که منطق سیگنال‌های Sa وSb و Sc را نشان می‌دهد، توجه کنید.



شکل ۶۵منطقبلوکPWM

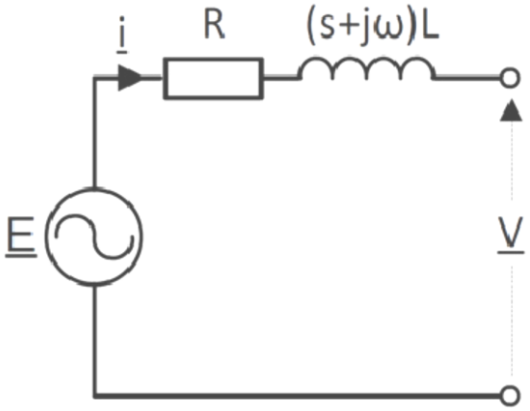
۲-۲-۵ بلوکDecoupled controller

این بلوک دارای دو کنترل جریان و ولتاژ می‌باشد، که بخش اصلی یکسوساز به شمار می‌آید،



شکل ۶۶current and dc-link voltage controller

طراحی کنترلرPI این بخشمربوط به قسمت کنترل جریان **Decoupled controller**به شرح زیر می‌باشد(شکل۶۸) که براساس روابط زیر عمل می‌کنیم.



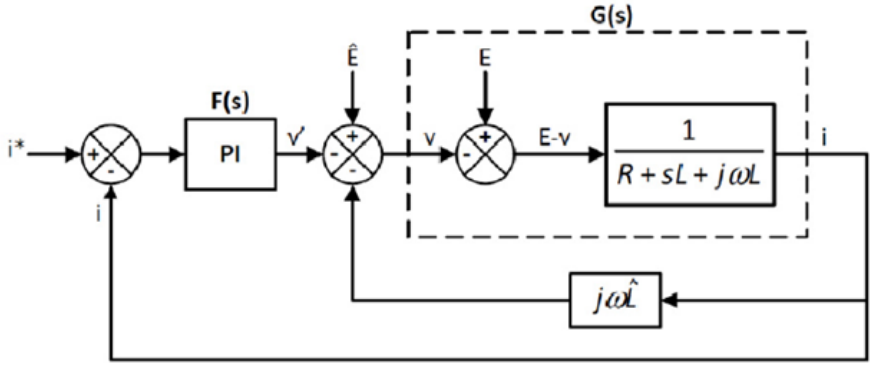
شکل ۶۷طراحیPI

$$\underline{x} = x_{dq} = x_d + jx_q$$

$$L\frac{di}{dt} = \underline{E} - (R + jwL)\underline{i} - \underline{V}$$

$$(R + sL + jwL)\underline{i} = \underline{E} - \underline{V} \rightarrow \underline{i} = \frac{\underline{E} - \underline{V}}{R + sL + jwL}$$

$$\underline{G}(s) = \frac{\underline{i}}{\underline{V}} = -\frac{1}{R + sL + jwL}$$



شکل ۶۸کنترلجریانDecoupled controller

$$\underline{v} = -\underline{v}' + \hat{\underline{E}} - jw\hat{L}\underline{i}$$

$\hat{E}$ تخمین مقدار E می‌باشد، بنابراین

$$\hat{L} = L, \hat{E} = E \ ,$$

$$\underline{i} = \frac{\underline{v'}}{R + SL} \rightarrow \underline{G'} = \frac{\underline{i}}{\underline{v'}} = \frac{1}{R + SL}$$

$\hat{G}(s)$ تابع انتقال سیستم decoupled از $\underline{V'}$ به $\underline{i}$ می‌باشد.

تابع انتقال کنترلر = F(s)

$$F(s) = K_p + \frac{k_i}{s}$$

$$F(s) = \frac{\alpha_i}{s}\hat{G}'^{-1} = \frac{\alpha_i}{s}(\hat{R} + S\hat{L}) = \alpha_i\hat{L} + \frac{\alpha_i\hat{R}}{S}$$

$$\boxed{k_p = \alpha_i\hat{L} \text{ and } k_i = \alpha_i\hat{R} \ .}$$

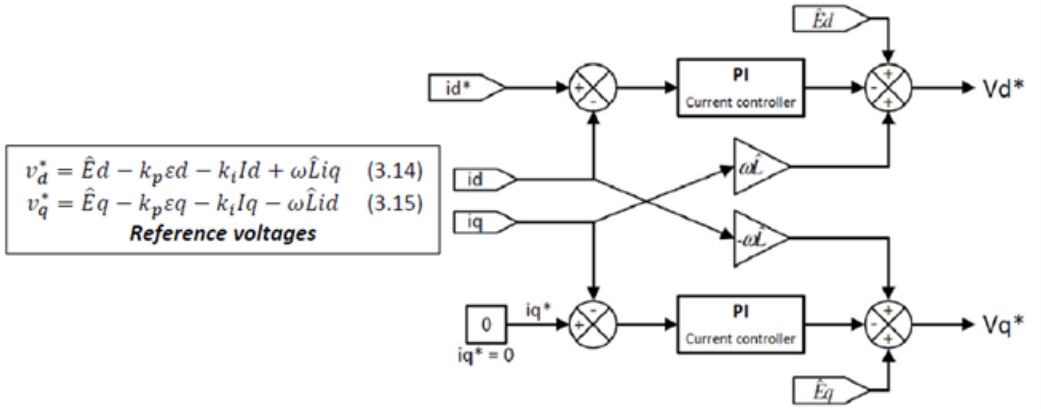
$$\boxed{\alpha_i < 2\pi\frac{F_S}{10}}$$

$$\frac{d\underline{I}}{dt} = \underline{\varepsilon}$$

$$\underline{v} = -\underline{v'} + \underline{\hat{E}} - jw\hat{L}\underline{i}$$

$$\underline{v} = (\hat{E}_d + j\hat{E}_q) - k_p(\varepsilon_d + j\varepsilon_q) - k_i(I_d + I_q) - jw\hat{L}(i_d + ji_q)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۶۹ بلوک دیاگرام کنترل جریان

در مورد توان در این مجموعه داریم

$$P = \frac{3}{2} RE\{V^{dq}(i^{dq})^*\} = \frac{3}{2}(V_d i_d + V_q i_q) = \frac{3}{2}(E_d i_d + E_q i_q)$$

$$Q = \frac{3}{2} RE\{V^{dq}(i^{dq})^*\} = \frac{3}{2}(V_q i_d - V_d i_q) = \frac{3}{2}(E_q i_d - E_d i_q)$$

حال i_q را صفر در تنظیم می‌کنیم، داریم:

$$P = \frac{3}{2} E_d i_d$$

$$Q = 0$$

طراحی کنترلرPI این بخشمربوط به قسمت کنترل ولتاژ آنبه شرح زیر می‌باشد، که انرژی ذخیره شده در خازن برابر است با (شکل ۷۰)

$$E_c = \frac{1}{2} C v_{dc}^2$$

$$\frac{1}{2} C \frac{dv_{dc}^2}{dt} = P_g - P_{load}$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

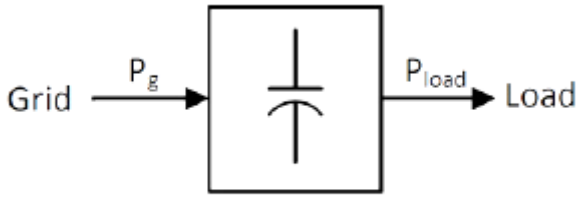


Figure 3.15 : *Energy transfer*

شکل ۷۰ انتقال انرژی

حال تغییر متغیری بصورت روبرو اعمال می‌کنیم

$$W=v_{dc}^2$$

$$\frac{۱}{۲}C\frac{dW}{dt}=P_g-P_{load}$$

$$E_g=E_d$$

$$\frac{۱}{۲}C\frac{dW}{dt}=P_g-P_{load}$$

$$P_g={}^3/_2\,E_g i_d$$

$$P_{load}=\frac{V_{dc}^2}{R_{load}}=\frac{W}{R_{load}}$$

$$\overset{l}{\Leftrightarrow}\frac{۱}{۲}CsW=\frac{3}{2}E_g i_d-P_{load}$$

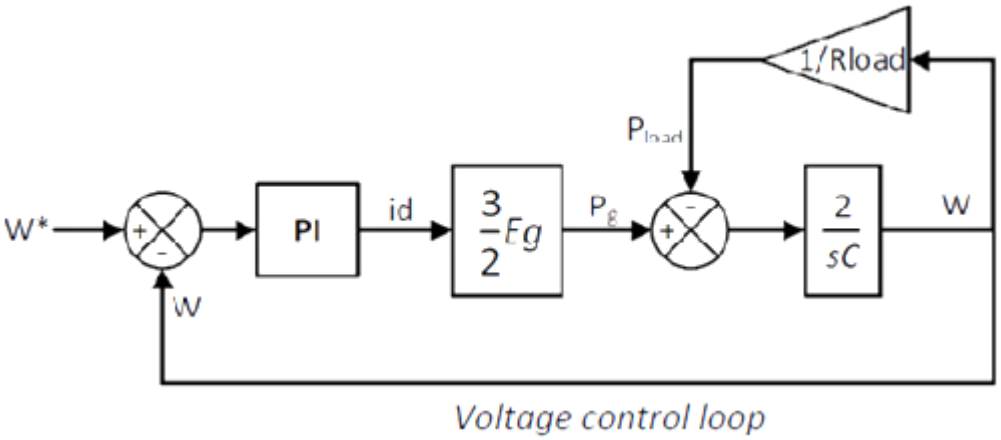
$$\leftrightarrow CsW=3E_g i_d-۲P_{load}$$

$$\leftrightarrow W=\frac{3}{sC}\,i_d-\frac{2}{sC}P_{load}$$

از طرفی داریم که

$$G(s)=\frac{W}{i_d}=\frac{3E_g}{sC}$$

با توجه به روابط بالا حلقه کنترل ولتاژ به شکل ۷۰ ایجاد می‌گردد



شکل ۷۱ حلقه کنترل ولتاژ

حال برای بدست آوردن مقادیر ولتاژ و جریان آن بصورت زیر عمل می‌کنیم

تابع کنترلر

$$F(s) = \frac{a_v}{s}\hat{G}^{-1} = \frac{a_v\hat{C}}{3\hat{E}}$$

$$\boxed{Kp_v = \frac{\alpha_v\hat{C}}{3\hat{E}_g} = \frac{\alpha_v\hat{C}}{3\hat{E}_m}}$$

$$\boxed{\alpha_v < \frac{\alpha_i}{10}}$$

$$i_d^* = k_p\varepsilon + K_iI$$

$$\frac{۱}{۲}C\frac{dW}{dt} = \frac{3}{2}E_gi_d - P_{load}$$

$$i_d = i_{d'} - G_aW$$

$$\frac{1}{2}C\frac{dW}{dt} = \frac{3}{2}E_g i_{d'} - \frac{3}{2}E_g G_a W - P_{load}$$

$$G'(s) = \frac{W}{i_{d'}} = \frac{E_g}{sC + 3E_g G_a}$$

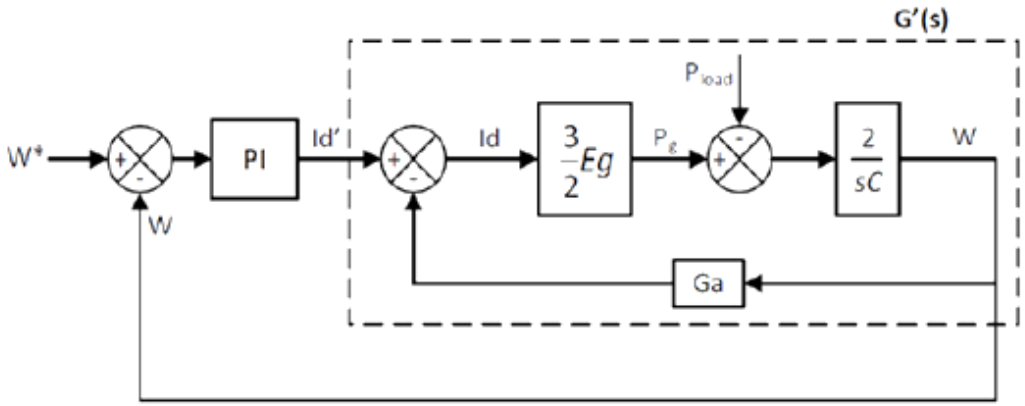
$$sC + 3E_g G_a = 0 \leftrightarrow (-a_v)C + 3E_g G_a = 0$$

$$\boxed{Ga = \frac{a_v C}{3E_g}}$$

$$F(s) = \frac{a_v}{s}\hat{G}^{-1}(s) = \frac{a_v \hat{C}}{3\hat{E}_g} + \frac{a_v G_a}{s}$$

$$\boxed{Ki_v = a_v Ga = \frac{{a_v}^2 C}{3\hat{E}_m}}$$

$$\hat{E}_g = \hat{E}_d = \hat{E}_m$$



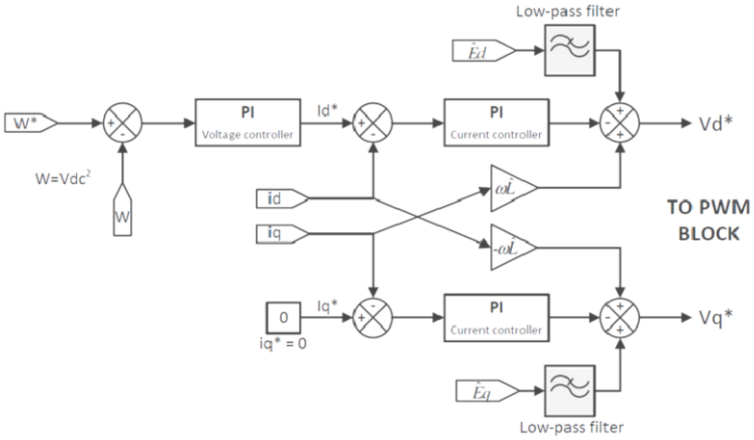
شکل ۷۲ حلقه کنترل ولتاژ

در نهایت شکل ۷۳،تکمیل شده واحد کنترلی این بخش هستند

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۷۳ قسمت کنترلی بلوک یکسوساز



WikiPower.ir

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست

[۱] Visionary network 2030 – Rural area

[۲] "GRID 2030' A NATIONAL VISION FOR ELECTRICITY'S SECOND 100 YEARS."[Online]. Available: http://energy.gov/oe/downloads/grid-2030-national-vision-electricity-s-second-100-years. [Accessed: 12-Mar-2013].

[۳]http://en.wikipedia.org/wiki/Northeast_BlACkout_of_2003

[۴]IEA,"Strategic Plan for The IEA Demand-Side Management Program 2004-2009", www.iea.org.

[۵]Canadian Energy Efficiency Alliance, "Demand Side Management Framework For Ontario", February 2004.

[۶] USAID/IIEC, "DSM Best PrACtices Guidebook", 2005.

[۷] N. Hatziargyriou, H. Asano, R. Iravani, and C. Marnay, "Microgrids," *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 5, no. 4, pp. 78–94, July-Aug.

[۸] J. A. Peas Lopes, C. L. Moreira, and A. G. Madureira, "Defining control strategies for MicroGrids islanded operation," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 21, no. 2, pp. 916–924, May.2006.

[۹]Available online at /http://microgrids.power.ece.ntua.gr/micro/default.phpS.

[۱۰] T. Funabashi and R. Yokoyama, "Microgrid field test experiences in Japan," in *IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006*, 0-0, p. 2 pp.–.

[۱۱]J. A. P. Lopes, J. T. Saraiva, N. Hatziargyriou, and N. Jenkins. Management of microgrids. presented at JIEEC2003. [Online]. Available: http://microgrids.power.ece.ntua.gr/documents/Microgrids_management_jieec2003.pdf.

[۱۲] J. Wang, X. Li, H. Yang, and S. Kong, "Design and Realization of Microgrid Composing of Photovoltaic and Energy Storage System," *Energy Procedia*, vol. 12, pp. 1008–1014, 2011.

[۱۳] S. Barsali, M. Ceraolo, P. Pelacchi, and D. Poli, "Control techniques of Dispersed Generators to improve the continuity of electricity supply," in *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 2002*, vol. 2, pp. 789–794 vol.2.

[۱۴] A. Etxeberria, I. Vechiu, H. Camblong, and J.-M. Vinassa, "Comparison of three topologies and controls of a hybrid energy storage system for microgrids," Energy Conversion and Management, vol. 54, no. 1, pp. 113–121, Feb. 2012.

[۱۵] M. Y. El-Sharkh, A. Rahman, M. S. Alam, A. A. Sakla, P. C. Byrne, and T. Thomas, "Analysis of active and reactive power control of a stand-alone PEM fuel cell power plant," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, no. 4, pp. 2022–2028, Nov.

[16]BRONSON RICHARD BLASI,"DC MICROGRIDS: REVIEW AND APPLICATIONS'

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

[۱۷]P.-W. Lee, Y.-S. Lee, and B.-T. Lin, “Power distribution systems for future homes,” in Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on Power Electronics and Drive Systems, 1999. PEDS ’99, vol. 2, pp. 1140–1146 vol.2.

[۱۸]D. J. Hammerstrom, “AC Versus DC Distribution SystemsDid We Get it Right?,” in IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2007, June, pp. 1–5.

[۱۹]T. Dragicevic, J. M. Guerrero, J. C. Vasquez, and D. Skrlec, “Supervisory Control of an Adaptive-Droop Regulated DC Microgrid With Battery Management Capability,” IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 29, no. 2, pp. 695–706, 2014.

[۲۰] H. Kakigano, Y. Miura, T. Ise, and R. Uchida, “DC Micro-grid for Super High Quality Distribution -System Configuration and Control of Distributed Generations and Energy Storage Devices” in 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2006. PESC, June, pp. 1–7.

[۲۱]M. Saisho, T. ISE, and K. Tsuji, “DC loop type quality control center for FRIENDS-system configuration and circuits of power factor correctors,” in Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific. IEEE/PES, Oct., vol. 3, pp. 2117–2122 vol.3.

[۲۲] Y. Ito, Y. Zhongqing, and H. Akagi, “DC microgrid based distribution power generation system,” in *Power Electronics and Motion Control Conference, 2004. IPEMC 2004. The 4th International*, Aug., vol. 3, pp. 1740–1745 Vol.3.

[۲۳]C. Jin, P. C. Loh, P. Wang, Y. Mi, and F. Blaabjerg, “Autonomous operation of hybrid AC-DC microgrids,” in 2010 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET), 2010, pp. 1–7.

[۲۴]P. Wang, L. Goel, X. Liu, and F. H. Choo, “Harmonizing AC and DC: A Hybrid AC-DC Future Grid Solution,” IEEE Power and Energy Magazine, vol. 11, no. 3, pp. 76–83, 2013.

[۲۵]X. Liu, P. Wang, and P. C. Loh, “A Hybrid AC-DC Microgrid and Its Coordination Control,” IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 2, no. 2, pp. 278–286, 2011.

[۲۶] G. D. Rockefeller, C. L. Wagner, J. R. Linders, K. L. Hicks, and D. T. Rizy, “Adaptive transmission relaying concepts for improved performance,” IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 3, no. 4, pp. 1446–1458, 1988.

[۲۷]F. Katiraei, M. R. Iravani, and P. W. Lehn, “Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 20, no. 1, pp. 248–257, Jan.

[۲۸] A. Arulampalam, M. Barnes*, A. Engler, A. Goodwin, and N. Jenkins, “Control of power electronic interfaces in distributed generation microgrids,” International Journal of Electronics, vol. 91, no. 9, pp. 503–523, 2004.

[۲۹] K. De Brabandere, K. Vanthournout, J. Driesen, G. Deconinck, and R. Belmans, “Control of Microgrids,” in IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2007, 2007, pp. 1–7.

[۳۰] S. A. Al-Askari, S. J. Ranade, and J. Mitra, “Designing a sufficient reactive power supply scheme to multi islands in a microgrid,” in IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006, 2006, p. 8 pp.1–8.

[۳۱] . D. Kueck, R.H. Staunton, S. D. Labinov, and B.J. Kirby, “MicroGrid energy management system,” [Online]. Available: http://www.ornl.gov/sci/btc/apps/Restructuring/ TM2002-242.pdf

[۳۲] A. L. Dimeas and N. D. Hatziargyriou, “Operation of a Multiagent System for Microgrid Control,” IEEE Transactions on Power Systems, vol. 20, no. 3, pp. 1447–1455, 2005.

[۳۳] M. C. Chandorkar, D. M. Divan, and R. Adapa, “Control of parallel connected inverters in standalone AC supply systems,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 29, no. 1, pp. 136–143, Jan/Feb. 1993.

[۳۴] A. Tuladhar, H. Jin, T. Unger, and K. Mauch, “Control of parallel inverters in distributed ac power systems with consideration of line impedance effect”, IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 36, no. 1, pp. 131-138, Jan./Feb. 2000.

[۳۵] IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, IEEE Standard 1574-2003.

[۳۶] J. M. Guerrero, J. C. Vasquez, J. Matas, M. Castilla, and L. G. de Vicuna, “Control Strategy for Flexible Microgrid Based on Parallel Line-Interactive UPS Systems,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 56, no. 3, pp. 726–736, 2009.

[۳۷] K. . De Brabandere, B. Bolsens, J. . Van den Keybus, A. Woyte, J. Driesen, and R. Belmans, “A Voltag

and Frequency Droop Control Method for Parallel Inverters,” IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 22, no. 4, pp. 1107–1115, 2007.

[۳۸] E. Barklund, N. Pogaku, M. Prodanovic, C. Hernandez-Aramburo, and T. C. Green, “Energy Management in Autonomous Microgrid Using Stability-Constrained Droop Control of Inverters,” IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 23, no. 5, pp. 2346–2352, 2008.

[۳۹] F. Katiraei, M. R. Iravani, and P. W. Lehn, “Small-signal dynamic model of a micro-grid including conventional and electronically interfaced distributed resources,” IET Generation, Transmission Distribution, vol. 1, no. 3, pp. 369–378, 2007.

[۴۰] B. B. Johnson, A. Davoudi, P. L. Chapman, and P. Sauer, “Microgrid dynamics characterization using the automated state model generation algorithm,” in Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 2010, pp. 2758–2761.

[۴۱] J. Ferber, Multi-agent systems: An introduction to distributed artificial intelligence, 1st ed. Addison-Wesley Professional, 1999.

[۴۲] R. K. Digra and R. K. Pandey, “Multi-agent control coordination of Microgrid,” in 2013 Students Conference on Engineering and Systems (SCES), 2013, pp. 1–5.

[۴۳] M. Pipattanasomporn, H. Feroze, and S. Rahman, “Multi-agent systems in a distributed smart grid: Design and implementation,” in *Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE ’09. IEEE/PES*, March, pp. 1–8.

[۴۴] M. Cossentino, C. Lodato, S. Lopes, M. Pucci, G. Vitale, and M. Cirrincione, “A multi-agent architecture for simulating and managing microgrids,” in 2011 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2011, pp. 619–622.

[۴۵]Manisa Pipattanasomporn, , Hassan Feroze , Saifur Rahman, “Securing critical loads in a PV-based microgrid with a multi-agent system”, Renewable Energy, 2012, Vol. 39, pp. 166–174

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

[۴۶] H. S. V. S. Kumar Nunna and S. Doolla, “Multiagent Based Distributed Energy Resource Management for Intelligent Microgrids,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 60, no. 4, pp. 1678–1687, 2013.

[۴۷] A. Bidram, A. Davoudi, F. L. Lewis, and Z. Qu, “Secondary control of microgrids based on distributed cooperative control of multi-agent systems,” IET Generation, Transmission Distribution, vol. 7, no. 8, pp. 822–831, 2013.

[۴۸]Y. Zhu and K. Tomsovic, “Development of models for analyzing the load-following performance of microturbines and fuel cells,” Elect. Power Syst. Res., vol. 62, pp. 1–6, 2002

[۴۹]D. J. Lee and L. Wang, “Small-signal stability analysis of an autonomous hybrid renewable energy power generation/energy storagesystem, Part I: Time-domain simulations,” IEEE Trans. Energy Convers., vol. 23, no. 1, pp. 311–320, Mar. 2008.

[۵۰]H. Nikkhajoei and R. H. Lasseter, “Distributed generation interface to the CERTS microgrid,” IEEE Trans. Power Del., vol. 24, no. 3, pp. 1598–1608, Jul. 2009

[۵۱]Hasanpor Divshali, P., Hosseinian S., Abedi, M., “A Novel Multi-Stage Fuel Cost Minimization in a VSC-Based Microgrid Considering Stability, Frequency, and Voltage Constraints”, IEEE Transactions on Power Systems,2013, Vol. 28, pp. 931 – 939.

[۵۲]Fadlullah, Z.M., Nozaki, Y., Takeuchi, A., Kato, N., “A Survey Of Game Theoretic Approaches In Smart Grid”, International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 2011, Vol. 1, pp.1 - 4 .

[۵۳] Hiroaki Kakigano, Yushi Miura, Toshifumi Ise, Ryohei Uchida Osaka University,"DC Micro-grid for Super High Quality Distribution- System Configuration and Control of Distributed Generations and Energy Storage Devices -"

[۵۴] Specificationsand Applications of Electric Double Layer Capacitors "FARADCAP ", Shizuki Electric Co.,Inc ,

[۵۵]Sylvain LECHAT SANJUAN,"Voltage Oriented Control of Three-Phase Boost PWM Converters"