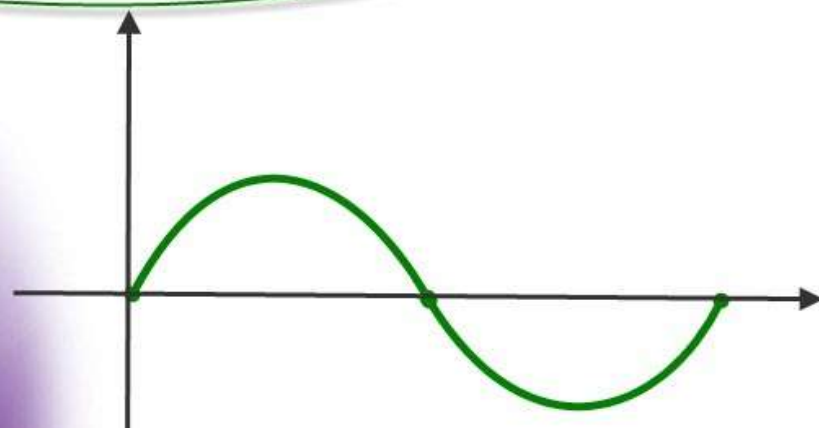


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

## Distributed Generation Sources منابع تولید پراکنده

برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

( شماره پروژه = ۲۵۱ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل اول :

## معرفی منابع تولید پراکنده



WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## ۱-۱: تولید پراکنده و مزایای استفاده از آن

### چکیده

استفاده از مولد های کوچک برای تولید برق بعد از ایجاد نیروگاههای بزرگ رنگ باخت اما با پیشرفت تکنولوژی های تولید برق در مقیاس کوچک و ایجاد تجدید ساختار در صنعت برق و مسائل زیست محیطی، باعث مطرح شدن مجدد این مولد ها در صنعت تولید برق شده است. در این پروژه ابتدا به مزایای مولد های تولید پراکنده که نامتمرکز یا فراگیر نیز نامیده می شوند می پردازیم سپس به قابلیت ها و کارکرد های مهم بخصوص مسائل محیط زیستی و معرفی چند تکنولوژی استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید برق می پردازیم و در انتها اشاره داریم به مسائل اقتصادی و روند استفاده از تولید پراکنده در جهان و لزوم توجه به آن در کشور



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

۱-۱-۱ : مقدمه

تولید پراکنده یا (DG)، عموماً عبارتست از تولید برق در محل مصرف اما گاهاً به تکنولوژی هایی گفته می شود که از منابع تجدیدپذیر برای تولید برق استفاده می کنند. چیزی که عموماً مورد قبول است، این است که این مولد ها صرف نظر از نحوه تولید توان آن ها، نسبتاً کوچک بوده و ظرفیت آنها معمولاً کمتر از 300MW می باشد و مستقیماً به شبکه توزیع وصل می شوند.

بالا رفتن هزینه های انتقال و توزیع، به مولد های تولید پراکنده این امکان را می دهد که برق تولیدی خود را به قیمتی ارزانتر در اختیار مصرف کنندگان قرار دهد. بخصوص در سیستم های تجدید ساختار شده تولید پراکنده می تواند در مناطقی که دارای LMP بالاتری هستند توجیه اقتصادی داشته باشد. علاوه بر این تولید پراکنده امکان استفاده از منابع پاک برای تولید برق را می دهد.

۱-۱-۲ : تولید پراکنده

تعاریفی که برای تولید پراکنده ارائه شده است تا حدودی متفاوت است. IEEE، تولید برق توسط وسایلی که به اندازه کافی از نیروگاههای مرکزی کوچکتر باشند و قادر به نسب در محل مصرف هستند را به عنوان تولید پراکنده تعریف کرده است. IEA، واحدهای تولید کننده توان در محل تولید پراکنده و مزایای استفاده از آن مصرف یا در داخل شبکه توزیع که توان را به

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

طور مستقیم به شبکه توزیع محلی تزریق می کنند DG را معرفی میکند، اما CIGRE، شرط غیر قابل دیسپیچ شدن را برای این مولد ها ذکر کرده است.

اتصال DG ها به شبکه توزیع علی رغم مزایای که برای شبکه دارد اما اتصال آنها به شبکه باعث ایجاد هارمونیک در شبکه و کاهش امیدانس اتصال کوتاه می شود. ضمناً اگر در هنگام خاموشی DG متصل به شبکه به صورت جزیره ای کار کند می تواند برای تعمیرکاران شبکه خطرناک باشد.

اما این مسائل باعث نادیده گرفتن مزایای این نوع مولد ها نمی شود، همانگونه که جدول 1 نشان می دهد استفاده از این مولد ها در جهان در حال افزایش می باشد.

سال	۲۰۰۰	۲۰۰۴	۲۰۰۸
ضریب نسبی شده و در حال نسبی انرژی برق در جهان برحسب (GW)	۳۲۶۶	۳۵۵۵	۳۸۷۲
سیر افزایش انرژی برق در جهان (GW)	۱۱۱	۱۱۴	۱۱۹
سیر افزایش تولید پراکنده (GW)	۱۱,۲	۲۴	۴۴
سهم تولید پراکنده	٪۱۰	٪۲۱	٪۳۷

جدول ۱: سهم DG ها از تولید برق در جهان

۳-۱-۱: مزایای استفاده از تولید پراکنده

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

استفاده از DG شاید در بعضی مواقع دارای صرفه اقتصادی نباشد اما علاوه بر صرفه اقتصادی مسائل دیگری نیز در استفاده از این مولد ها دخیل هستند که باعث استفاده روز افزون از این تکنولوژی تولید توان شده که تعدادی از این مزایا عبارتند از:

#### أ - تولید برق اضطراری

مهمترین کاربرد DG استفاده از آن برای تولید برق اضطراری برای مصرف کنندگان خاص مانند بیمارستانها آزمایشگاهها و حتی هتل ها می باشد. که برای آنها مسائل اقتصادی در مقابل مسائلی چون عدم قطعی برق در درجه دوم قرار دارد.

#### ب - کیفیت توان و قابلیت اطمینان

DG کیفیت توان را بهبود می بخشد و قابلیت اطمینان را افزایش می دهد. IEA تهیه توان قابل اطمینان را به عنوان مهمترین چهره آینده بازار برق برای مولد های پراکنده نام برده است . زیرا این مولد ها از شبکه انتقال استفاده نمی کنند و بنابراین از حوادثی که در شبکه انتقال می تواند موجب قطع برق مشترک شود در امان است چنانچه این واحد ها مستقیماً به مشترک وصل شده باشند در صورت قطع برق شبکه توزیع نیز می تواند برق مشترک را به صورت جزیره ای تامین نماید در حالت اتصال به شبکه می توان با شرکت برق بر مبنای نرخ مصوب تبادل انرژی داشت.

#### ت - تولید برق و گرما به صورت هم زمان

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با استفاده از پدیده تولید همزمان برق و حرارت و یا سرما (Cogeneration) در میکرو توربین ها راندمان از -نیروگاههای سیکل ترکیبی نیز بالاتر رفته و به حدود 80%-90 انرژی شیمیایی سوخت می رسد.

افزایش قابل توجه راندمان در کشور هایی که انرژی برق و سوخت دارای قیمت واقعی می باشد بسیار قابل توجه است و انگیزه ای است بسیار قوی برای استقرار واحد های در محل مصرف. اضافه کردن مبدل حرارتی به واحد مولد برق قیمت مجموعه را بالا می برد اما در عوض همراه با هر کیلووات انرژی الکتریکی تولیدی حدود دو کیلووات انرژی حرارتی برای مصارف گرمایشی و سرمایشی برداشت می شود و این خود هزینه سرمایه گذاری و نیز هزینه سوخت و نگهداری واحد های سنتی تاسیسات حرارتی و تهویه مطبوع را کاهش میدهد. ضمناً همراه با گاز های خروجی از میکروتوربین ها مقداری گرما و گاز CO<sub>2</sub> نیز به محیط زیست آزاد می شود که می توان CO<sub>2</sub> موجود را به طور مستقیم وارد گلخانه ها کرده و از گاز تولیدی توسط اسن مولد ها نیز استفاده نمود.

ث - پیک سائی

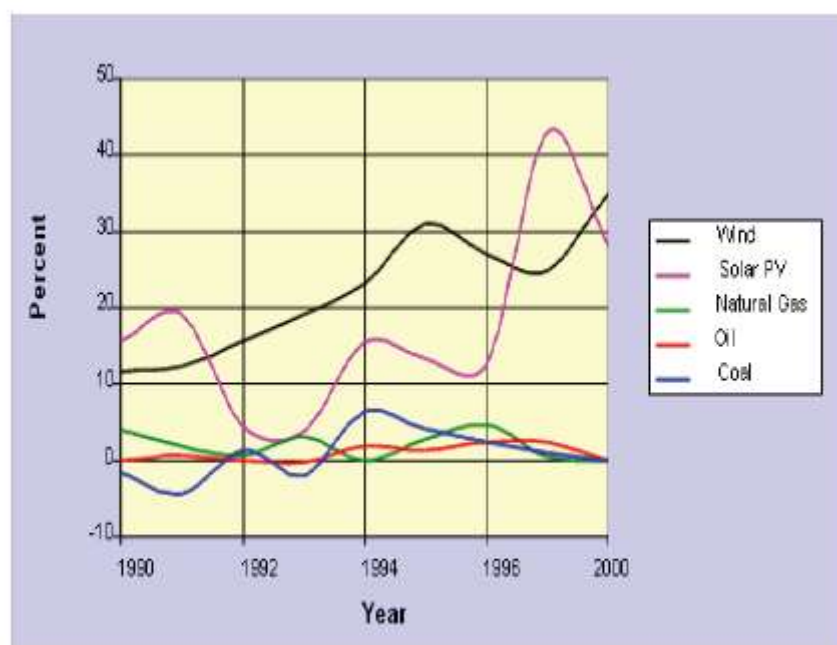
اغلب تولید برق در ساعات پیک مصرف توسط DGها در کشور هایی و از سیاست چند نرخی در شبکه برق خود بهره مند هستند برای مصرف کنندگان مقرون به صرفه است. که این مسئله باعث کاهش بار شبکه در ساعات اوج مصرف می شود. که علاوه بر صاحبان DGها برای مصرف کنندگان شبکه، که از تولید پراکنده استفاده نمی کنند نیز مفید می باشد.



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

#### ۴-۱-۱: تولید پراکنده و مسائل زیست محیطی

طبق پیمان کیوتو کشور های عضو اتحادیه اروپا ملزم به کاهش اساسی در تولید گازهای گلخانه ای *Green House Gasses* خود شده اند. در کشور های انگلستان، اسکاتلند و ولز 45% از آلودگی های کربنی تا سال 2010 ناشی از تولید توان الکتریکی خواهد بود، بنابراین دولت در این کشور ها تصمیم دارد که 10% از تولیدات برق خود را تا سال 2010 و 20% تا سال 2020 را از طریق منابع تجدید پذیر انرژی تامین نماید. و به این ترتیب 60% از آلودگی های کربنی ناشی از تولید انرژی الکتریسیته را تا سال 2050 کاهش دهد. این تقاضای تولید بر اساس تولید برق توسط DGها و از منابع تجدیدپذیری نظیر انرژی باد، انرژی خورشید و بیوماس تامین خواهد شد.



شکل ۱: نرخ افزایش استحصال انرژی از باد و فتوولتائیک در جهان

همانطوری که در شکل 1 دیده می شود نرخ استحصال انرژی از منابع پاک رو به افزایش است.

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

۵-۱-۱: فن آوری های تولید پراکنده از منابع تجدید پذیر

۱. توربین های بادی

انرژی باد از فراوانترین منابع تجدیدپذیر می باشد که استفاده از آن مقوله ای جدیدی نیست و سالها قبل کشف برق از آن برای به گردش در آوردن آسیاب های بادی استفاده می شده است . که امروزه با توجه به عدم آلاینده گی محیط زیستی این انرژی از آن در تولید برق استفاده می شود.

در این روش باد شبیه آسیاب بادی پره های توربین به میچرخاند و آن نیز به نوبه خود شفت ژنراتور را به گردش وا می دارد. اگرچه مشخصات انرژی مزارع توربین های بادی بزرگ بسیار شبیه به نیروگاه های متمرکز، شده است اما ترکیب توربین های بادی با سیستم باطری و سلول های خورشیدی برای خدمات دهی به ناحیه 10-25KW می تواند بکار برده شوند.

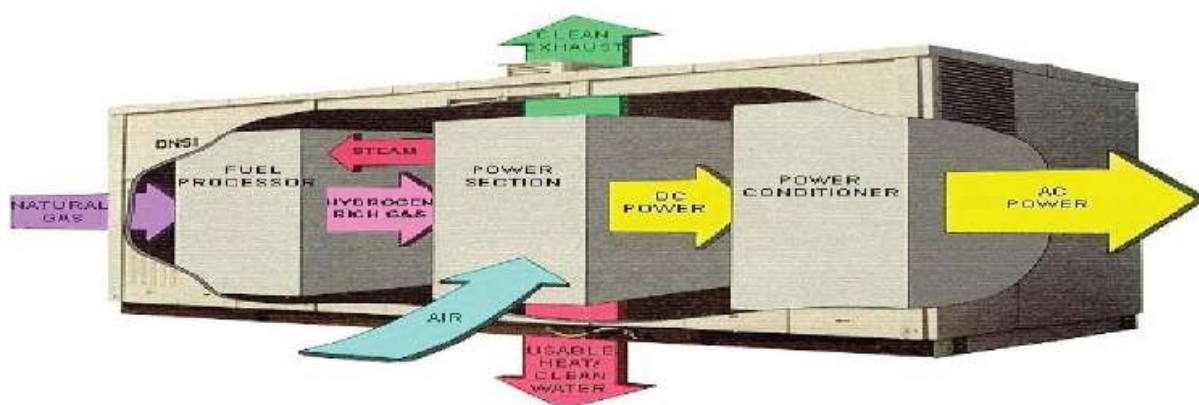
۲. فتوولتائیک PV

انرژی نور خورشید الکترون های سلول های فتوولتائیک را وادار به حرکت می کنند. هر سلول 2-4A را با توجه به اندازه سلول با ولتاژ خروجی 0.5V تامین می کند .البته محدودیتهای فتوولتائیک بیشتر از سایر مولد هاست، توان خروجی نسبتاً پایین، قیمت بالای سلول های فتوولتائیک مشخصات جغرافیایی و آب و هوایی خاص برای تولید توان از جمله این محدودیت ها می باشند .با این حال با توجه به پاکی انرژی تولیدی، تولید برق توسط فتوولتائیک مورد توجه است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

### ۳. پیل سوختی Fuel Cell

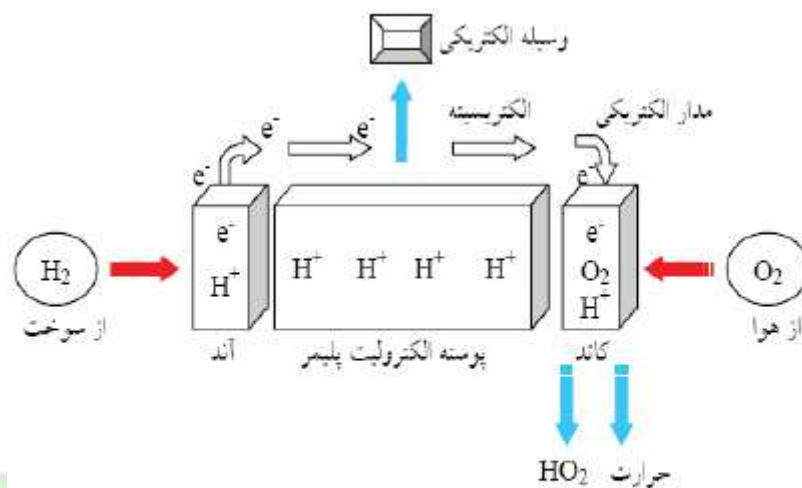
پیل سوختی وسیله ای است که برای تولید توان الکتریکی و تامین انرژی حرارتی از طریق جریان های الکتروشیمیایی استفاده می شود. پیل سوختی را می توان به عنوان یک باطری تامین کننده انرژی الکتریکی تصور کرد که تا زمانی که سوخت آن تامین شود می تواند انرژی الکتریکی تامین کند. برخلاف باطری ها، FCها تا زمانی که مواد سوختی آنها بطور پیوسته تامین شود نیازی به شارژ شدن در طول پروسه الکتروشیمیایی ندارند ظرفیت پیل های سوختی از  $KW$  تا  $MW$  برای دستگاه های قابل حمل و ثابت تغییر می کند، پیل سوختی سوخت های گازی و مایع قادر به تولید توان پاک و گرما برای کاربردهای متعدد می باشد.



شکل ۲: پیل سوختی صنعتی

شکل 3 یک پیل سوختی نمونه را که از دو الکتروکسید کننده که بوسیله یک الکترولیت از هم جدا شده اند، تشکیل شده است را نشان می دهد. اکسیژن به عنوان یک اکسید کننده از طریق یک الکتروکاتد در فشار پایین برای استفاده در دستگاه دمنده یا در فشار بالا برای استفاده در کمپرسور هوا عبور می کند هیدروژن به عنوان سوخت از طریق الکتروکاتد دیگر آند

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه عبور می کند. تکنولوژی FC مبتنی بر یک پروسه الکتروشیمیایی است که در آن اکسیژن و هیدروژن بدون احتراق با هم ترکیب شده و برق تولید می کنند.



شکل ۳: پروسه تولید برق از پیل سوختی

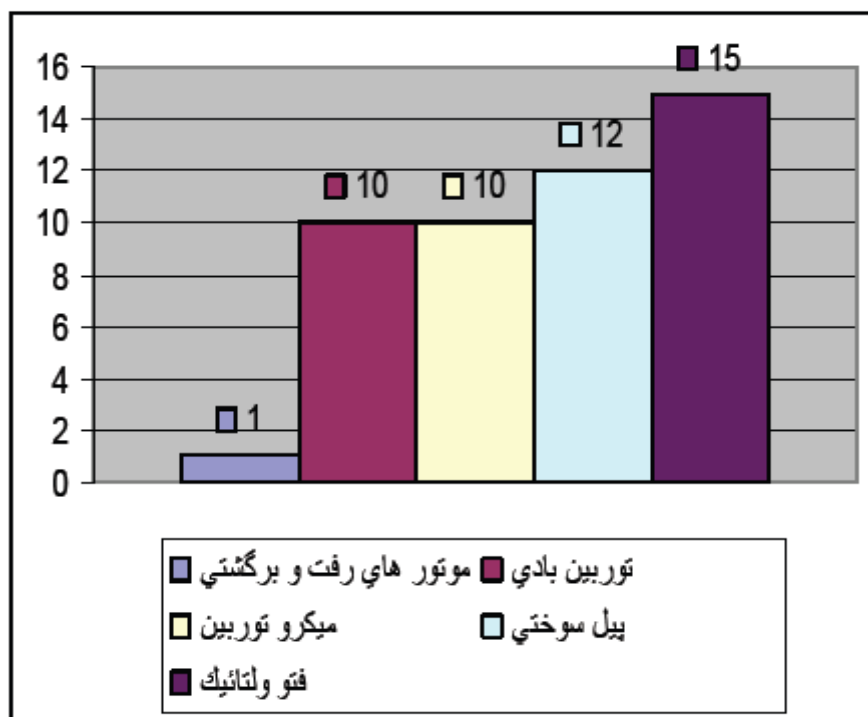
البته برق تولیدی توسط پیل های سوختی نیز مانند فتوولتائیک DC می باشد و برای اتصال به شبکه باید به برق AC تبدیل شود. شکل ۲ نمونه صنعتی یک پیل سوختی را نشان می دهد. در نوع صنعتی مبدل DC به AC نیز در محفظه پیل سوختی قرار دارد. البته تمام DG ها ماژولار هستند و در صورت خرابی یک قسمت سایر قسمت ها می توانند به کار خود ادامه دهند که از مزایای DG ها است، مولد های پیل سوختی نیز از این مسئله مستثنی نیستند.

#### ۶-۱-۱: ارزیابی اقتصادی فن آوری های تولید پراکنده

دوره بازگشت سرمایه که در نمودار ۱ برای انواع تکنولوژی های تولید پراکنده اعم از تکنولوژی هایی که از منابع تجدید پذیر و تجدیدناپذیر استفاده می کنند ارائه شده است نشان دهنده زمان و دوره ای است که سود خالص طرح، هزینه اولیه سرمایه گذاری را جبران کند، یعنی

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

سرمایه گذار، هزینه اولیه صرف شده برای تکنولوژی را از طریق سود استفاده از آن تکنولوژی بدست آورد. لازم به ذکر است که این فن آوری ها علاوه بر منافع اقتصادی تولید برق و حرارت ذکر شده، به واسطه عدم آلایندهی محیط زیست نسبت به نیروگاه های بزرگ برتری دارند.



تمودار ۱: مقایسه دوره بازگشت سالانه سرمایه

۱-۱-۷ : ضرورت های رویکرد ایران

دلایل زیر کاربرد تولید پراکنده و تولید همزمان *cogeneratio* را در کشور ما برای مصارف

معمولی و عمومی توجیه می کند:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱. کاربرد واحدهای کوچک توسط مصرف کنندگان، صنعت برق را عملاً بتدریج خصوصی می کند و این خصوصی سازی از اهداف دولت و وزارت نیرو می باشد و از سرمایه گذاری ملی در زمینه تولید می کاهد.
۲. نصب تولید پراکنده در پایدار نگه داشتن ولتاژ، اصلاح قدرت راکتیو، تزریق قدرت اکتیو و حفظ فرکانس و نهایتاً بهبود کیفیت برق شبکه تأثیر مثبت دارد
۳. آزاد سازی تجهیزات فراوانی که بدلیل مصرف پیک شبکه الزاماً اضافه نسب شده است و بعضاً چندین برابر مصرف اوقات عادی شبکه سرمایه گذاری شده است.
۴. نصب تولید پراکنده در محل های مصرف جابجایی انرژی الکتریکی را در کل شبکه متناسب با قدرت نصب شده کاهش می دهد در نتیجه تعویض هادیها، کابل ها و سایر تجهیزات خصوصاً در شبکه توزیع کاهش می یابد.
۵. با توجه به نیاز بیست سال آینده کشور به بیش از 70 هزار مگاوات مصرف پیک و در نظر گرفتن ضریب ذخیره تولید، بر مبنای گزارش مقدماتی صنعت برق ایران در سال 1400 بیش از نود هزار مگاوات قابل تولید در نیروگاه ها میزان سرمایه گذاری بالای 20 میلیارد دلار خواهد بود هر چه بتوان این سرمایه گذاری را از طریق واحدهای DG توسط مصرف کنندگان تأمین کرد می توان از خروج ارز ناشی از فروش سرمایه های ملی ممانعت کرده و برای خیل عظیم جوانان جویای کار ایجاد اشتغال نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۸-۱-۱ : نتیجه گیری

در این پروژه به تعریف های انجام شده از تولید پراکنده اشاره شد، سپس به مزایای استفاده از آن در سیستم توزیع اشاره شده و چند نوع از مولد های تولید پراکنده که از منابع تجدید پذیر انرژی خود را تامین می کنند معرفی شده اند.

ارزیابی اقتصادی این مولدها ضرورت رویکرد کشورمان را به این نوع مولد ها نشان می دهد بخصوص با وجود روستاهایی که از شهر دور هستند و سیستم انتقال انرژی به آنها از نوع فوق توزیع می باشد که دارای تلفات بالایی است و با توجه به تعرفه بالای انرژی در روستاها می توان با صرف این یارانه ها در جهت ایجاد تولید برق با مولد های کوچک در روستاها می توان از یک طرف تلفات در شبکه را کاهش داد و از طرف دیگر تولید انرژی برق را در کشور افزایش داد.



۲-۱ : امکان سنجی اقتصادی احداث واحدهای تولید پراکنده

در پست های فوق توزیع

چکیده

ارزیابی فنی و اقتصادی اتصال واحدهای تولید پراکنده به سیستم قدرت یکی از مراحل اساسی مطالعات مرتبط با این تولیدات محسوب می گردد. قابلیت هایی همچون حضور اپراتور و وجود

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

سیستمهای کنترل و نظارت در پست های فوق توزیع، این پست ها را به مکان مناسبی برای احداث واحدهای تولید پراکنده مبدل نموده است. در این پروژه روشی برای امکان سنجی اقتصادی احداث واحدهای تولید پراکنده تحت مدیریت و مالکیت شرکتهای توزیع در پستهای فوق توزیع ارائه شده است. در همین راستا ابتدا هزینه ها و منافع اقتصادی ناشی از احداث واحد تولیدی در این پست ها به صورت ریاضی مدل سازی شده و از ترکیب آنها تابع هدف مسأله فرمول هبندی شده است. همچنین محدودیت های بهره برداری از واحدهای تولیدی مبتنی بر ژنراتورهای سنکرون که سهم عمده فناوری های مرسوم تولیدات پراکنده را به خود اختصاص داد هاند، در مدل سازی منظور شده است. از مدل و روش پیشنهادی میتوان در تعیین ظرفیت بهینه تولید پراکنده در پست های فوق توزیع استفاده نمود. علاوه بر این مدل سازی به گونه ای است که استراتژی بهینه بهره برداری از واحد تولیدی نیز مشخص می گردد. در انتها با انجام آزمایش هایی کارایی مدل پیشنهادی نشان داده شده است

۱-۲-۱ : مقدمه

تغییر ساختار در صنعت برق موجب دگرگونی قوانین و معیارهای اقتصادی در سیستم قدرت شده است. این تغییرات فرآیند طراحی و بهره برداری از سیستم را تحت تأثیر قرار داده و موجب گردیده است که اهداف، معیارها و محدودیت های جدیدی در این پروسه ها وارد شود. یکی از پدیده هایی که تجدید ساختار در صنعت برق نقش مهمی در حضور آن داشته است، پیدایش واحدهای تولیدی کوچک موسوم به تولید پراکنده (DG) در سیستم قدرت می باشد. با پیشرفت تکنولوژی، افزایش راندمان و کاهش قیمت فناوری های مرتبط با تولیدات



**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پراکنده و نیز هماهنگی این تولیدات با معیارهای اقتصادی سیستم های قدرت تجدید ساختار شده مانند ریس کپذیری پایین، انتظار می رود DG نقش فزایندهای را در صنعت برق بازی کند با توجه به ماهیت تولید پراکنده، شبکه های توزیع مناسب ترین بخش جهت اتصال آن به سیستم قدرت محسوب می شوند. [1] مهمترین گام در بکارگیری واحدهای تولید پراکنده در این شبکه ها، مطالعه اقتصادی و فنی جهت تعیین مکان و ظرفیت مناسب آنهاست.

قطعاً بدون شناخت دقیق و انجام مطالعات امکان سنجی نمی توان به قابلیتهای بالقوه این تولیدات در شبکه های توزیع و منافع اقتصادی حاصل از آن دست یافت.

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه مکان یابی واحدهای DG در شبکه های توزیع انجام شده است که در آنها کاهش هزینه های مرتبط با تلفات، قابلیت اطمینان و هزینه احداث واحدهای تولیدی به عنوان هدف طراحی مورد نظر بوده است. در مرجع [4] روشی برای شناسایی مکان و ظرفیت بهینه منابع تولید پراکنده در فیدرهای توزیع در قالب یک مدل فازی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. در مرجع [5] ضمن بررسی تأثیر واحدهای DG روی تلفات اهمی و ظرفیت سیستم توزیع، الگوریتمی برای یافتن پاسخ تقریبی مکان واحدهای DG روی خطوط به جهت کاهش تلفات سیستم پیشنهاد شده است. مسأله جایابی واحدهای تولید پراکنده در فیدرهای شبکه توزیع با هدف کاهش تلفات توسط الگوریتم ژنتیک نیز حل شده است. [6] در این مطالعه محدودیت های فنی همچون افت ولتاژ، بارگذاری خطوط و جریان اتصال کوتاه در شبکه مورد توجه قرار گرفته است. روشی تحلیلی نیز برای مکان یابی واحدهای DG با هدف کاهش تلفات در ارائه شده است. روش دیگری برای حل مسأله مبتنی بر قواعد ساده سرانگشتی در مرجع [8] آمده است. اصول این روش مطابق قانون 2/3 است که

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

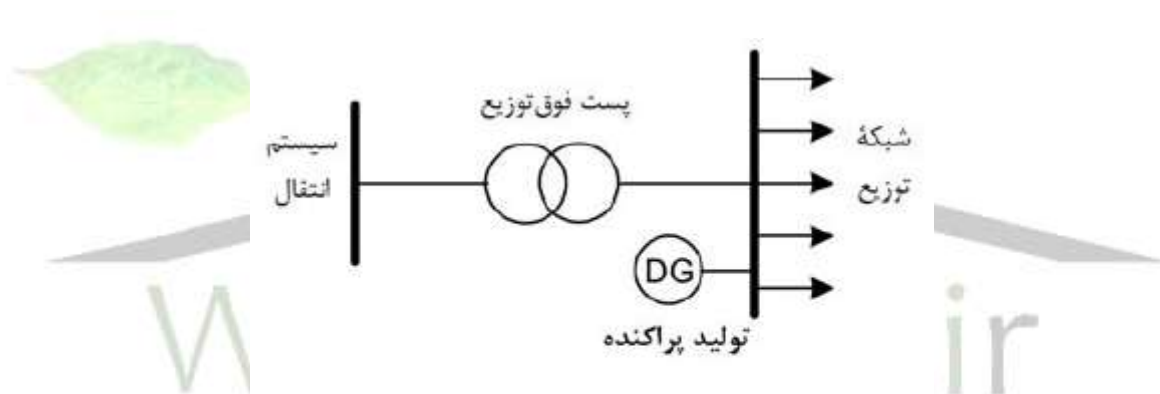
اغلب برای خازن گذاری در شبکه توزیع با فرض بار توزیع شده یکسان در طول فیدر مورد استفاده قرار می گیرد. طبق این روش بهترین مکان احداث واحد DG با ظرفیت  $2/3$  بار کل فیدر روی خطوط در فاصله  $2/3$  از ابتدای آن است. در مراجع [9] و [10] با فرض امکان نصب DG در تمام باس های مصرف در سیستم، روشی مبتنی بر پخش بار برای یافتن ظرفیت واحدهای DG در هر باس پیشنهاد شده است. مسأله جایابی واحدهای DG روی فیدرها در قالب بهینه سازی چند منظوره در مرجع [11] مدل سازی و حل شده است.

در این مطالعه کاهش هزینه های ثابت و متغیر سیستم در قالب اهداف مدل منظور شده است. در مرجع [12] جایابی واحدهای تولید پراکنده در پست های سیستم انتقال در کنار دیگر گزینه های ممکن برای توسعه شبکه انتقال همچون احداث و یا تقویت خطوط و پست ها مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق مسأله مکانیابی واحدهای تولیدی از دیدگاه طراحی سیستم انتقال مورد توجه قرار گرفته و منافع اقتصادی شبکه های توزیع مورد نظر نبوده است. در [13] مسأله تعیین مکان و ظرفیت واحدهای DG روی فیدرهای فشار متوسط در محیط تجدیدساختار شده مطرح و با بکارگیری یک الگوریتم جستجوی ابتکاری حل شده است. در این تحقیق حداقل سازی سرمایه گذاری و هزینه های بهره برداری شامل تلفات و تأمین انرژی مورد نیاز شبکه، به عنوان هدف مورد توجه قرار گرفته است.

علاوه بر فیدرهای توزیع که تقریباً تمامی تحقیقات انجام شده در زمینه جایابی واحدهای تولید پراکنده به آنها اختصاص داده شده است، پستهای فوق توزیع نیز از دیدگاه شرکتیهای توزیع می توانند مکان مناسبی برای احداث این تولیدات باشند شکل 1 این پست ها به عنوان نقاط اتصال شبکه همای توزیع به سیستم انتقال و تزریق توان به فیدرهای فشار متوسط، دارای

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

پتانسیل های قابل توجهی برای حضور واحدهای تولید پراکنده هستند. احداث و بهره برداری از DG در یک پست فوق توزیع میتواند روی بارگذاری ترانسفورماتور پست و توان دریافتی از سیستم انتقال تأثیر گذاشته و منافع اقتصادی قابل توجهی را برای شرکتهای توزیع به دنبال داشته باشد. ضمن اینکه حضور اپراتور و وجود سیستم های کنترل و مونیترینگ اطلاعات SCADA در پست های فوق توزیع می تواند در بهره برداری مناسب از واحدهای تولیدی نیز مورد استفاده قرار گیرد. این امر می تواند در بکارگیری اقتصادی واحدهای تولید پراکنده تأثیر بسزایی داشته باشد.



شکل ۱: احداث DG در پست فوق توزیع.

در این پروژه احداث واحدهای تولید پراکنده در پست های فوق توزیع در قالب یک مسأله امکان سنجی اقتصادی مورد بحث و تحلیل قرار می گیرد. در این تحقیق واحدهای DG در اختیار و تحت مدیریت و مالکیت شرکت های توزیع فرض شده اند و به عبارتی مالک DG و مالک شبکه یک نهاد فرض شده و متناسب با آن مدل سازی ریاضی انجام شده است. در این مطالعه سعی شده است تا حد امکان اجزای سود و هزینه مرتبط با طرح در قالب تابع هدف به

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

صورت ریاضی مدلسازی گردد ضمن اینکه محدودیت های فنی مرتبط با ژنراتورهای سنکرون که سهم عمده واحدهای تولیدی را تشکیل می دهد، مورد توجه قرار گرفته است. تابع هدف و محدودیت های مرتبط با آن یک مدل ریاضی غیرخطی را تشکیل می دهند که برای بهینه سازی آن از روش های بهینه سازی تحلیلی استفاده شده است. در انتها با انجام چند آزمایش روی یک پست فوق توزیع 63/20Kv کیلوولت و تحلیل نتایج به دست آمده، کارایی مدل پیشنهادی نشان داده شده است.

## ۲-۱-۲ : مدل بار پست فوق توزیع

اجزای سود و هزینه در تعیین ظرفیت DG جهت احداث در پست فوق توزیع، به نحوه بهره برداری از DG واحدها مرتبط است بنابراین به منظور دست یابی به یک پاسخ عملی بهینه، لازم است استراتژی بهینه بهره برداری از تعیین و متناسب با آن اجزای سود و هزینه طرح ارزیابی گردد. به این ترتیب دیگر منظور نمودن بار پست در یک نقطه کاری کافی و مناسب نبوده و می بایست سطوح مختلف بارگذاری در مدل سازی لحاظ گردد. در دقیق ترین حالت می توان تغییرات سالیانه مصرف را در قالب منحنی ساعتی بار مدل نمود اما باید توجه داشت که افزایش سطوح بارگذاری موجب افزایش تعداد متغیرهای تصمیم مسأله شده و حجم و مدت زمان انجام محاسبات را شدیداً افزایش خواهد داد. در این پروژه اطلاعات بار اکتیو و راکتیو پست در قالب منحنی های 24 ساعته روزانه مدل سازی شده اند. این منحنی ها در واقع

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نماینده ای از بارگذاری روزانه در کل سال می باشند و برای مدل سازی تغییرات بار سالیانه از تکرار 365 تایی این منحنیها استفاده شده است. لازم به ذکر است که مدل سازی ریاضی ارائه شده در این پروژه به راحتی برای مقادیر بیشتری از سطوح بارگذاری نیز قابل تعمیم و استفاده است.

### ۱. مدل سازی ریاضی سود و هزینه

در این قسمت فرموله بندی ریاضی فواید اقتصادی و هزینه های مرتبط با احداث DG تحت مالکیت و مدیریت شرکت توزیع، در پست های فوق توزیع ارائه می گردد. در این مدل سازی فرض بر این است که شرکت های توزیع وظیفه تأمین انرژی مشترکین، مدیریت، طراحی و بهره برداری از سیستم توزیع شامل شبکه فشار ضعیف، فشار متوسط و پست های فوق توزیع را با هدف کاهش هزینه ها، افزایش کارایی و بهبود سرویس مشترکین به عهده دارند.

### ۲. فواید اقتصادی

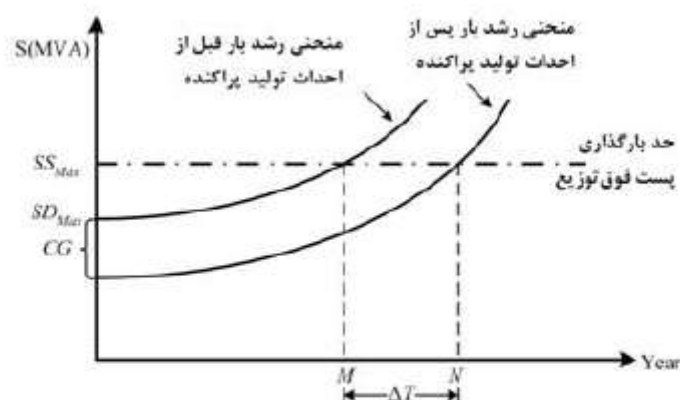
مجموعه فواید ناشی از احداث تولید پراکنده در یک پست فوق توزیع را می توان به ترتیب زیر برشمرد:

#### ۱- تعویق در توسعه ظرفیت پست

رشد سالیانه مصرف انرژی الکتریکی توسعه شبکه توزیع را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. در خصوص پست های فوق توزیع این توسعه معمولاً در قالب افزایش ظرفیت توسط اضافه

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

نمودن ترانسفورماتور مطرح می‌گردد. [14] همانگونه که در شکل (2) نشان داده شده است، با رشد سالیانه مصرف، پیک بار کنونی پست ( $SD_{Max}$ ) پس از سال به حد بارگذاری پست ( $SS_{Max}$ ) رسیده و برای تغذیه بار پس از آن باید ظرفیت ترانسفورماتور پست توسعه یابد. در صورت احداث واحد تولیدی با ظرفیت  $CG$  در پست و با فرض وجود همان نرخ رشد بار سالیانه، پیک توان عبوری از ترانسفورماتور کاهش یافته و پس از  $N$  سال به حداکثر بارگذاری آن می‌رسد. بنابراین زمان توسعه پست به مدت  $\Delta T = N - M$  سال به تعویق می‌افتد.



شکل ۲: تعویق در توسعه پست به علت احداث واحد تولیدی.

اگر  $\alpha$  نرخ رشد مصرف سالیانه بار پست و  $\gamma$  نسبت ظرفیت واحد به پیک بار کنونی پست باشد، برای حالت قبل از احداث  $DG$  داریم،

$$SD_{Max} (1 + \alpha)^M = SS_{Max}$$

(۱)

پس از احداث واحد تولیدی با ظرفیت  $CG$  داریم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$SD_{Max}(1-\gamma)(1+\alpha)^N = SS_{Max} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{CG}{SL_{Max}} \quad (3)$$

با تساوی قرار دادن مؤلفه های سمت چپ روابط (1) و (2) و حل معادله حاصل، مدت زمان تعویق در توسعه پست به دست می آید که برابر است با:

میزان سود اقتصادی ناشی از این تأخیر در توسعه پست که در سال  $M$  حاصل می گردد و معادل ارزش کنونی آن را می توان به صورت زیر نشان داد:

$$B_1 = C_{invT} \left( 1 - \left( \frac{1+InfR}{1+IntR} \right)^{\Delta T} \right) \quad (5)$$

$$NPV(B_1) = B_1 \left( \frac{1+InfR}{1+IntR} \right)^M \quad (6)$$

۲- کاهش هزینه تأمین توان اکتیو

در یک بازار برق رقابتی، شرکت های توزیع می بایست انرژی الکتریکی مورد نیاز شبکه تحت پوشش خود را از طریق سیستم انتقال خریداری نمایند. توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال

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

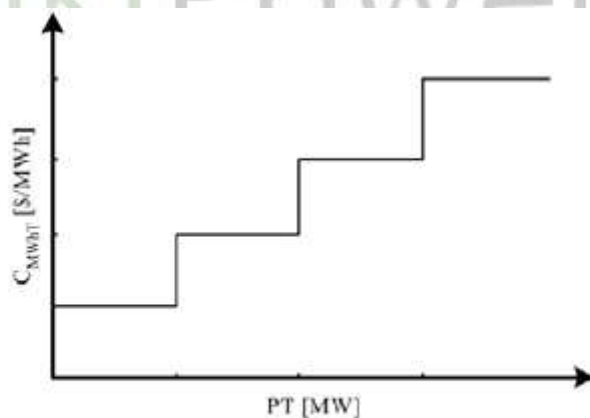
شامل دو بخش است: یک بخش بار شبکه توزیع که در سمت ثانویه ترانسفورماتور پست فوق توزیع و ورودی فیدرهای فشار متوسط اندازه گیری می شود و بخش دیگر به تلفات اهمی ترانسفورماتور پست مربوط می شود.

این توان اکتیو دریافتی را به صورت ریاضی می توان از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$PT_{b,i} = PD_i + \frac{SD_i^2}{S_N^2} \times P_{LN} \quad (7)$$

بنابراین در این حالت هزینه سالیانه تأمین بار اکتیو شبکه توزیع که از سیستم انتقال خریداری می شود برابر است با:

$$CP_b = 365 \sum_{i=1}^{24} [PT_{b,i} \times C_{MWhT}(PT_{b,i})] \quad (8)$$



شکل ۳: قیمت برق سیستم انتقال به صورت تابعی از توان مورد نیاز.



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

قیمت توان اکتیو می تواند در ساعات مختلف متفاوت باشد و معمولاً در ساعات پیک بیشتر و در دیگر ساعات کمتر است. در این پروژه از مدل چند سطحی برای قیمت خرید توان اکتیو به صورت تابعی از توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال مانند شکل (3) استفاده شده است. با احداث DG در پست فوق توزیع این امکان به وجود می آید که شرکت توزیع بخشی از توان اکتیو مورد نیاز شبکه را از طریق بهره برداری از واحد تولیدی تأمین کند و توان کمتری از طریق سیستم انتقال خریداری و تأمین گردد. در این حالت توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال کاهش پیدا کرده و برابر خواهد بود با:

$$PT_{a,i} = PD_i - PG_i + \frac{(SD_i - SG_i)^2}{S_N^2} \times P_{LN} \quad (9)$$

بنابراین هزینه سالیانه تأمین توان اکتیو شبکه از سیستم انتقال پس از احداث DG برابر خواهد بود با:

$$CP_a = 365 \sum_{i=1}^{24} [PT_{a,i} \times C_{MWhT}(PT_{a,i})] \quad (10)$$

با توجه به توضیحات فوق سود اقتصادی سالیانه ناشی از کاهش هزینه خرید توان اکتیو که عاید شرکت توزیع خواهد شد، عبارتست از:

$$B_2 = CP_b - CP_a \quad (11)$$

از آنجاکه این سود اقتصادی به صورت جاری می باشد، معادل ارزش کنونی آن را در طول عمر مفید واحد تولیدی می توان از رابطه (12) به دست آورد.

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

$$NPV(B_2) = B_2 \sum_{t=1}^T \left( \frac{1 + InfR}{1 + IntR} \right)^t \quad (12)$$

لازم به یادآوری است که با توجه به اینکه در این تحقیق احداث DG ها روی پست های فوق توزیع که نقاط تغذیه توان به شبکه های توزیع هستند، مورد بحث قرار گرفته است، طبعاً تلفات شبکه توزیع فیدرهای فشارمتوسط و دیگر بخش های پایین دست پست های فوق توزیع متأثر از حضور DG ها نبوده و تغییری نخواهد کرد.

### ۳- کاهش هزینه تأمین توان راکتیو

در سیستم اقتصادی رقابتی حاکم بر شبکه قدرت تجدیدساختار شده، اپراتور سیستم انتقال هزین های را بابت توان راکتیو تزریق شده به شبکه توزیع از شرکت های توزیع دریافت می کند. [15]

به عبارت دیگر شرکت های توزیع می بایست همانند توان اکتیو، هزینه توان راکتیو دریافتی از شبکه انتقال را نیز بپردازند. در حالت کلی این هزینه سالیانه به صورت زیر محاسبه می شود.

$$CQ_b = 365 \times C_{MVArhT} \sum_{i=1}^{24} QD_i \quad (13)$$

با نصب DG در پست فوق توزیع این امکان برای شرکت های توزیع ایجاد می شود که بخشی از توان راکتیو مورد نیاز شبکه را از طریق این واحد تولیدی تأمین نمایند. در آن صورت هزینه سالیانه تأمین توان راکتیو شبکه به صورت زیر خواهد بود.

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

$$CQ_a = 365 \times C_{MVArhT} \sum_{i=1}^{24} [QD_i - QG_i] \quad (14)$$

بنابراین شرکت های توزیع سود اقتصادی سالیانه ای بابت کاهش هزینه تأمین توان راکتیو شبکه از سیستم انتقال مطابق رابطه زیر به دست می آورند.

$$B_3 = CQ_b - CQ_a = 365 \times C_{MVArhT} \sum_{i=1}^{24} QG_i \quad (15)$$

معادل ارزش کنونی این سود اقتصادی با توجه به بهره برداری در عمر مفید واحد DG از رابطه زیر حاصل می شود.

$$NPV(B_3) = B_3 \sum_{t=1}^T \left( \frac{1 + InfR}{1 + IntR} \right)^t \quad (16)$$

با توجه به پایین بودن ظرفیت واحدهای DG و نیز محدودیت تولید توان راکتیو توسط این واحدها، در بسیاری از زمان ها توان راکتیو بار شبکه توزیع بیشتر از توان راکتیو تولیدی DG بوده و لذا امکان تزریق توان راکتیو از شبکه توزیع به سمت انتقال بسیار اندک خواهد بود. از این رو در این مطالعه تنها سود اقتصادی ناشی از حضور DG در کاهش هزینه خرید توان راکتیو از شبکه انتقال برای شرکت توزیع مورد توجه قرار گرفته و امکان فروش توان راکتیو در نظر گرفته نشده است.

۴- بهبود قابلیت اطمینان سیستم

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

نصب واحد تولیدی در پست فوق توزیع تأثیر چندانی روی بهبود قابلیت اطمینان ناشی از خطاهای رخ داده در شبکه توزیع ندارد اما می تواند روی خاموشی مشترکین این شبکه ناشی از عدم اعتماد سیستم انتقال و تولید تأثیر بگذارد. در محاسبات قابلیت اطمینان سیستم های ترکیبی انتقال و تولید 3 برای هر یک از باس های مصرف که پست های فوق توزیع نیز جزو آنها به شمار می آید شاخص هایی محاسبه می شود که نشان دهنده تعداد و مدت تداوم مورد انتظار خاموشی ها در این باس هاست [16] اندیس مدت زمان سالیانه بی برقی ( $U$ ) یکی از این اندیس هاست که با استفاده از آن می توان میزان انرژی توزیع نشده و در پی آن هزینه عدم تأمین برق بار پست فوق توزیع ناشی از خطاهای سیستم بالادستی را به صورت زیر محاسبه نمود.



$$CR_b = U \times SD_{Max} \times LF \times C_{MVAhns}$$

(۱۷)

در صورت احداث واحد  $DG$  در پست فوق توزیع می توان از آن به عنوان منبع تولیدی پشتیبان در هنگام وقوع خاموشی ناشی از سیستم انتقال و تولید استفاده کرد و بخشی از بار شبکه را حداکثر به میزان ظرفیت واحد تولیدی تأمین نمود و قابلیت اطمینان سیستم را بالا برد. در آن صورت هزینه عدم تأمین برق بار پست ناشی از خطاهای سیستم بالادستی به صورت زیر خواهد بود.

$$CR_a = U \times (SD_{Max} \times LF - CG) \times C_{MVAhns}$$

(۱۸)

بنابراین سود سالیانه ای که شرکت توزیع ناشی از بهبود قابلیت اطمینان سیستم به دست می آورد، برابر است با:

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

$$B_4 = CR_b - CR_a = U \times CG \times C_{MVAhms}$$

(۱۹)

معادل ارزش کنونی این سود سالیانه را در عمر مفید واحد DG می توان با توجه به پارامترهای اقتصاد مهندسی نرخ بهره و نرخ تورم از رابطه زیر به دست آورد:

$$NPV(B_4) = B_4 \sum_{t=1}^T \left( \frac{1 + InfR}{1 + IntR} \right)^t$$

(۲۰)

۳. هزینه ها

منظور نمودن هزینه های مرتبط با احداث و بهره برداری از واحدهای تولید پراکنده در انجام مطالعه امکان سنجی اقتصادی ضروری و اجتناب ناپذیر است. اجزای این هزینه ها به ترتیب زیر می باشند.

WikiPower.ir

۱- هزینه احداث واحد تولیدی

سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز جهت احداث DG در پست فوق توزیع به ظرفیت واحد تولیدی بستگی دارد. با توجه به ماژولی بودن ماهیت فن اوری های DG می توان هزینه احداث واحد تولیدی را که با ارزش کنونی آن برابر است به صورت زیر بیان نمود.

$$C_1 = NPV(C_1) = CG \times C_{MVADG}$$

(۲۱)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۲- هزینه تولید توان

تولید توان در واحد  $DG$  نیازمند صرف هزینه جهت تأمین منبع انرژی ورودی آن است. هزینه سالیانه تولید توان در واحد تولید پراکنده تابع میزان تولید توان در سال است. این هزینه جاری سالیانه و معادل ارزش کنونی آن در عمر مفید واحد تولیدی از روابط زیر محاسبه می گردد.

$$C_2 = 365 \times C_{MWhDG} \sum_{i=1}^{24} PG_i \quad (22)$$

$$NPV(C_2) = C_2 \sum_{t=1}^T \left( \frac{1 + InfR}{1 + IntR} \right)^t \quad (23)$$

۳- هزینه تعمیرات و نگهداری

یکی دیگر از هزینه های جاری سالیانه استفاده از  $DG$  به تعمیرات و نگهداری آن مربوط می شود. این هزینه شامل دو بخش است: یک بخش ثابت که با ظرفیت واحد تولیدی متناسب است و یک بخش متغیر که به میزان بهره برداری از واحد در سال وابسته است. لذا می توان گفت، معادل ارزش کنونی هزینه تعمیرات و نگهداری واحد تولیدی در طول عمر مفید آن از رابطه (25) به دست می آید.

$$C_3 = C_{Mf} \times CG + C_{Mv} \times 365 \sum_{i=1}^{24} PG_i \quad (24)$$

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

$$NPV(C_3) = C_3 \sum_{t=1}^T \left( \frac{1 + InfR}{1 + IntR} \right)^t$$

(۲۵)

۱-۲-۳ : تابع هدف و محدودیت ها

از ترکیب مجموعه فواید و هزینه هایی که در بخش قبل ارائه شد، تابع هدف طرح ساخته می

شود.

$$\text{Max } F = \sum_{i=1}^4 NPV(B_i) - \sum_{j=1}^3 NPV(C_j)$$

(۲۶)

تابع هدف مذکور به همراه مجموعه ای از محدودیت ها، مدل کلی بهینه سازی را تشکیل می

دهند. این قیود عبارتند از:

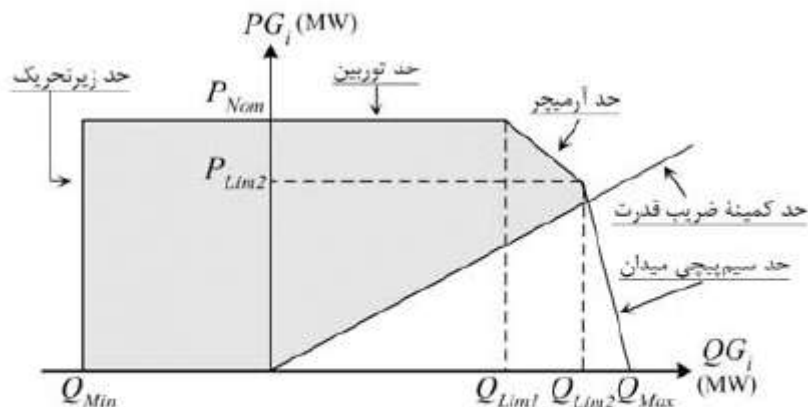
۱- محدودیت بهره برداری از ژنراتورهای سنکرون این قیود در واقع از مشخصات کاری واحد

تولیدی نشأت گرفته و محدودیت تولید توان اکتیو و راکتیو واحد را نشان می دهند. با توجه به

اینکه در اکثریت قریب به اتفاق فناوری های مرسوم DG از ژنراتورهای سنکرون استفاده می

شود، در این پروژه این نوع ژنراتورها مورد بحث و توجه قرار گرفته است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۴: محدوده بهره‌برداری از یک DG با ظرفیت یک مگاوات آمپر.

محدوده تولید توان اکتیو و راکتیو در ژنراتورهای سنکرون با توجه به منحنی عملکرد آنها تعیین می‌گردد. این منحنی در واقع نقاط کار ژنراتور سنکرون را با توجه به محدودیت مکانیکی توربین، حد حرارتی سیم پیچی های آرمیچر و میدان و نیز محدودیت زیر تحریک ژنراتور نشان می‌دهد از طرف دیگر با توجه به ملاحظات اقتصادی معمولاً بهره‌برداری از واحدهای در ضریب قدرت های پایین مقرون به صرفه به نظر نمی‌رسد. لذا در بهره‌برداری از واحدهای DG تولیدی می‌توان محدودیتی مرتبط با حد کمیته ضریب قدرت بارگذاری نیز منظور نمود. محدوده بهره‌برداری از یک DG با ظرفیت واحد به صورت گرافیکی در شکل (4) نمایش داده شده است.

با توجه به توضیحات فوق الذکر فضای نقاط کاری بهره‌برداری از واحد DG مبتنی بر ژنراتور سنکرون با ظرفیت CG را به صورت ریاضی می‌توان توسط مجموعه روابط نامساوی زیر تعریف نمود.

$$PG_i \leq P_{Nom} \times CG$$

$$QG_i \geq Q_{Min} \times CG$$



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

$$PG_i \leq \frac{P_{Nom} - P_{Lim2}}{Q_{Lim1} - Q_{Lim2}} (QG_i - Q_{Lim1} \times CG) + P_{Nom} \times CG$$

$$PG_i \leq \frac{P_{Lim2}}{Q_{Lim2} - Q_{Max}} (QG_i - Q_{Max} \times CG)$$

$$PG_i \geq 0$$

$$\text{for } i=1, 2, 3, \dots, 24 \quad PG_i \geq QG_i \times \frac{PF_{Min}}{\sqrt{1 - PF_{Min}^2}}$$

(۲۷)

۲- محدودیت حداکثر تولید توان اکتیو و راکتیو DG

اگرچه بهره برداری از DG در پست فوق توزیع طبق روابط بیان شده می تواند منافع اقتصادی به دنبال داشته باشد، اما باید توجه داشت که این منافع تا هنگامی است که میزان توان اکتیو و راکتیو تولیدی DG از بار شبکه فراتر نرود. در غیر این صورت توان مازاد تولیدی به سیستم انتقال تزریق می شود و با توجه به فرض عدم وجود جایگاهی برای شرکت های توزیع در بازار فروش برق انتقال، این امر سودی را برای این شرکت تنها به دنبال نخواهد داشت. برای جلوگیری از این حالت می توان حداکثر توان اکتیو و راکتیو تولیدی DG در هر ساعت را توسط قیود زیر محدود نمود.

$$PG_i \leq PD_i \quad , i=1, 2, 3, \dots, 24$$

(۲۸)

$$QG_i \leq QD_i \quad , i=1, 2, 3, \dots, 24$$

(۲۹)

لازم به ذکر است که در صورت وجود امکان فروش توان و شرکت DG در بازار برق سیستم انتقال، مدل ارائه شده در این پروژه م ی تواند به منظور لحاظ نمودن این امر توسعه یابد.

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

۳- محدودیت حداکثر ظرفیت DG

در مطالعه امکان سنجی مورد نظر، این قید ظرفیت DG جهت احداث در پست فوق توزیع را محدود می سازد به طوریکه ظرفیت واحد تولیدی از حد خاصی فراتر نرود.

این محدودیت را در قالب ریاضی می توان به صورت زیر نشان داد

$$CG \leq CG_{Max}$$

(۳۰)

منظور نمودن این قید از آنجا لازم به نظر می رسد که در توسعه و بهبود شبکه های توزیع گاهی طرح هایی یافت می شود که از نظر کلی سود و هزینه برای شرکت های توزیع صرفه اقتصادی به همراه دارند و لیکن به علت محدودیت منابع مالی، شرکت های توزیع بودجه اولیه لازم برای اجرای طرح را در اختیار نداشته و قادر به پیاده سازی طرح نیستند بنابراین با وجود این قید، طراح می تواند ظرفیت DG را محدود ساخته و به جواب کاربردی مسأله دست یابد. از طرف دیگر این محدودیت می تواند در مواردی که به دلایل فنی نیز احداث DG بیشتر از یک ظرفیت خاص امکان پذیر نیست، مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۲-۱ : مطالعات عددی

ارزیابی اقتصادی احداث DG مطابق با روش پیشنهادی روی یک پست فوق توزیع مورد مطالعه قرار گرفته است. این پست 63.20 کیلوولت دارای ظرفیت نامی 30 مگاوات آمپر بوده و منحنی بار اکتیو و راکتیو روزانه آن در شکل (5) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که مقادیر بار راکتیو سیستم در ساعت های مختلف، توان راکتیوی را نشان می دهد که با وجود منابع کنترل توان راکتیو در شبکه توزیع و نیز پست فوق توزیع، از سیستم انتقال کشیده می شود.

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

مشخصات فنی ژنراتورهای سنکرون واحدهای تولیدی مورد استفاده در جدول (1) و دیگر اطلاعات فنی و اقتصادی مورد نیاز این مطالعات عددی در جدول (2) ارائه شده است. در خصوص حداکثر ظرفیت قابل بارگذاری پست فوق توزیع  $SS_{MAX}$  باید توجه داشت که این پارامتر با توجه به محدودیت های بهره برداری از ترانسفورماتور پست معمولاً به صورت درصدی از ظرفیت نامی منظور می گردد. در اینجا نیز این پارامتر با فرض حداکثر 85 % ظرفیت نامی ترانسفورماتور پست منظور شده است.

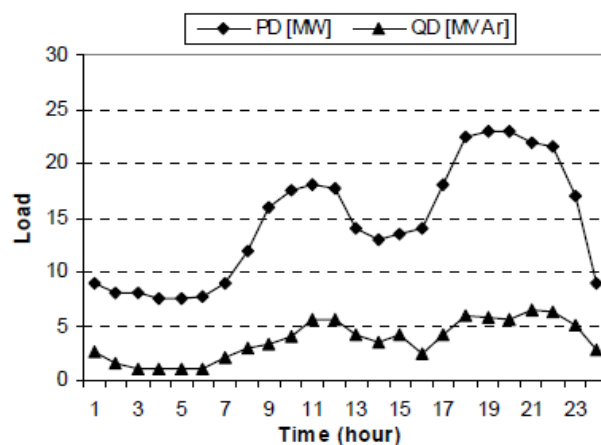
در این مطالعات فرض بر این است که ظرفیت DG به صورت ضربی از یک مگاوات آمپر می باشد همچنین به علت ظرفیت پایین و نیز مشخصات فنی، این واحدهای تولیدی توانایی تغییر سریع در میزان توان خروجی را داشته و لذا محدودیتی در کمترین زمان خاموش 4 و یا روشن بودن 5 واحد وجود ندارد. [13] با این توضیحات تابع هدف پیشنهادی به همراه قیود مرتبط با آن یک مدل ریاضی برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح آمیخته MINLP را تشکیل می دهد که برای حل آن از نرم افزار LINGO ضمیمه که از روش های بهینه سازی تحلیلی در حل مدل های ریاضی بهره می برد، استفاده شده است پس از حل مسأله با استفاده از مدل پیشنهادی علاوه بر ظرفیت بهینه DG جهت احداث در پست فوق توزیع، استراتژی بهره برداری توان اکتیو و راکتیو واحد تولیدی نیز به عنوان خروجی حاصل می گردد. برای بررسی کارایی روش پیشنهادی، آزمایش های زیر طراحی و اجرا شده اند که در ادامه تشریح و نتایج حاصل از آنها ارائه می شود.

۱- در نظر گرفتن حالت پایه ای سیستم

۲- بررسی تأثیر تغییر در قیمت خرید برق از سیستم انتقال

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

### ۳- بررسی تأثیر محدودیت حداکثر ظرفیت DG



شکل ۵: منحنی روزانه تغییرات بار اکتیو و راکتیو پست فوق توزیع.

جدول ۱: مشخصات فنی ژنراتور سنکرون هر واحد تولیدی با ظرفیت یک مگاوات آمپر مورد استفاده در مطالعات عددی [۱۵].

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
$P_{Nom}$	MW ۰ / ۸۹۴۵	$Q_{Max}$	MVar ۰ / ۷۶۰۳
$P_{Lim2}$	MW ۰ / ۶۸۸۱	$Q_{Lim1}$	MVar ۰ / ۴۴۷۲
$Q_{Min}$	MVar ۰ / ۳۵۷۸	$Q_{Lim2}$	MVar ۰ / ۵۸۱۴

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

جدول ۲: اطلاعات فنی و اقتصادی مورد نیاز برای انجام مطالعه.

مقدار	پارامتر
۵	نرخ سالیانه رشد بار سیستم [%]
۷۰۰۰۰۰	هزینه توسعه ظرفیت پست [\$]
۲۵/۵	حداکثر ظرفیت قابل بارگذاری پست فوق توزیع [MVA]
۲۳/۷۱	بیک توان ظاهری مصرف بار سیستم [MVA]
۰/۱۳۷	تلفات اهمی ترانسفورماتور پست در بارگذاری نامی [MW]
۱/۵	قیمت خرید توان راکتیو از سیستم انتقال [\$/MVA-hour]
۱۰۰	هزینه عدم تأمین توان سیستم [\$/MVA-hour]
۳۱۸۰۰۰	هزینه احداث DG [\$/MVA]
۲۹	هزینه تولید توان DG [\$/MWh]
۲۰۰۰	هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری DG [\$/MVA-year]
۰/۷	هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری DG [\$/MWh]
۲۰	عمر مفید واحد DG [year]
۰/۰۹	نرخ تورم سالیانه
۰/۱۴	نرخ بهره سالیانه
۰/۶۳	ضریب بار پست فوق توزیع
۰/۸	حداقل ضریب قدرت بهره برداری از DG
۳۰	مدت زمان بی برقی سالیانه پست فوق توزیع [hour/year]

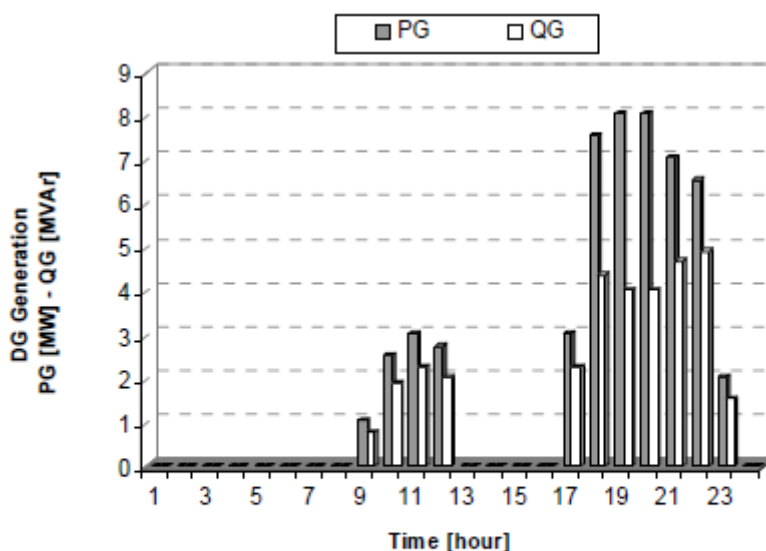
### ۱. آزمایش اول حالت پایه ای سیستم

در این آزمایش با در نظر گرفتن سیستم مورد مطالعه و اطلاعات ورودی فوق الذکر، مسأله امکان سنجی احداث در پست فوق توزیع مزبور حل شده است. در این آزمایش DG محدودیتی برای حداکثر ظرفیت منظور نشده و قیمت خرید برق از سیستم انتقال در چهار سطح به صورت زیر فرض شده است.

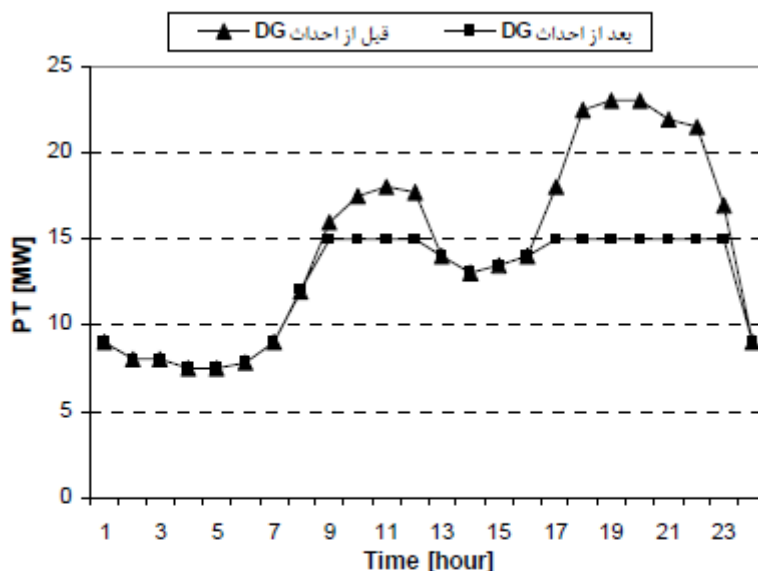
$$\begin{aligned}
 C_{MWhT}(PT_i) &= 20 & \text{if } 0 \leq PT_i < 10 \\
 &= 25 & \text{if } 10 \leq PT_i < 15 \\
 &= 30 & \text{if } 15 \leq PT_i < 20 \\
 &= 40 & \text{if } 20 \leq PT_i & \text{for } i = 1, 2, \dots, 24
 \end{aligned}$$

پس از اجرای آزمایش ظرفیت بهینه DG جهت احداث برابر 9 مگاوات آمپر و استراتژی بهینه بهره برداری از آن مطابق شکل (6) به دست آمده است. دیگر نتایج حاصل از انجام این

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه آزمایش شامل اجزای سود و هزینه همچنین مدت زمان تعویق در توسعه ظرفیت پست در جدول 3 آمده است.



شکل ۶: استراتژی بهینه بهره‌برداری از واحد تولیدی در آزمایش ۱.



شکل ۷: پروفیل توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال در آزمایش ۱.

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

پس از احداث DG با ظرفیت پیشنهادی و بهره برداری از آن مطابق با استراتژی ارائه شده، توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال تغییر خواهد کرد. در شکل (7) پروفیل توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال قبل و بعد از احداث واحد تولیدی آمده است. همانگونه که ملاحظه می گردد با بهره برداری از DG، پروفیل توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال در ساعات 9 تا 12 و 17 الی 23 تا مرز 15 مگاوات کاهش پیدا کرده است. به عبارت بهتر بخشی از توان مورد نیاز سیستم در ساعات اوج مصرف توسط DG تأمین شده به طوری که در این ساعات قیمت خرید توان از سیستم انتقال از وضعیت قبلی که 30 یا 40 \$/MWh بوده به 25 \$/MWh کاهش پیدا کرده است.

۲. آزمایش دوم بررسی تأثیر تغییر در قیمت خرید برق از سیستم انتقال

این آزمایش به منظور بررسی تأثیرات ناشی از تغییر در قیمت خرید برق از سیستم انتقال روی امکان سنجی احداث DG در پست فوق توزیع طراحی شده است. به همین منظور مسأله در چهار حالت زیر حل شده است:

حالت ۱-۲: اطلاعات ورودی و شرایط همانند حالت پایه ای آزمایش 1 می باشد با این تفاوت که قیمت برق در هر چهار سطوح نسبت به آن 5 واحد پول بیشتر فرض شده است. به عبارت دیگر،

$$C_{MWhT}(PT_i) = \begin{cases} 25 & \text{if } 0 \leq PT_i < 10 \\ 30 & \text{if } 10 \leq PT_i < 15 \\ 35 & \text{if } 15 \leq PT_i < 20 \\ 45 & \text{if } 20 \leq PT_i \end{cases} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, 24$$

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

حالت ۲-۲: ولی تمامی شرایط همانند حالت ۱-۲ است قیمت برق در سطوح مختلف به صورت زیر فرض شده است.

$$\begin{aligned}
 C_{MWhT}(PT_i) &= 15 && \text{if } 0 \leq PT_i < 10 \\
 &= 20 && \text{if } 10 \leq PT_i < 15 \\
 &= 25 && \text{if } 15 \leq PT_i < 20 \\
 &= 35 && \text{if } 20 \leq PT_i \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, 24
 \end{aligned}$$

حالت ۳-۲: در این حالت قیمت برق نسبت به حالت پایه ای آزمایش 1، در سه سطح اول 5 واحد پول کمتر و در سطح چهارم 5 واحد پول افزایش داده شده است. به صورت ریاضی قیمت برق در این حالت به صورت زیر است. دیگر شرایط و اطلاعات ورودی مشابه حالت پایه ای آزمایش 1 می باشد. در این حالت به نوعی افزایش قیمت برق در توان های بالا به علت وجود تراکم در سیستم انتقال مدل سازی شده است.

حالت ۴-۲: در این حالت قیمت خرید توان از سیستم انتقال به صورت ثابت برای تمام ساعات روز برابر  $35\$/MWh$  فرض شده است. دیگر شرایط و اطلاعات ورودی مشابه حالت پایه ای آزمایش 1 می باشد.

نتایج حاصل از انجام این حالت ها شامل اجزای سود و هزینه و همچنین مدت زمان تعویق در توسعه ظرفیت پست در جدول (3) ارائه شده است.

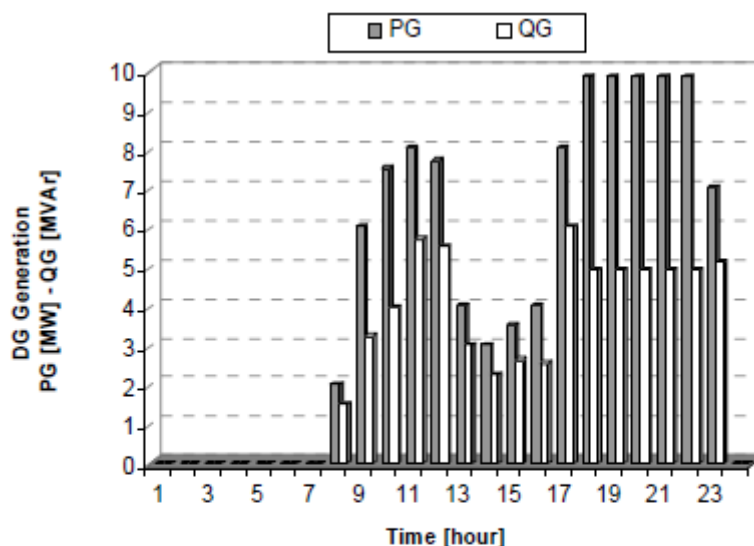
در حالت ۱-۲ ظرفیت پیشنهادی برای احداث DG در پست فوق توزیع 11 مگاوات آمپر است که استراتژی بهینه بهره برداری از آن در شکل (8) نمایش داده شده است.



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

همانگونه که ملاحظه می گردد در این حالت ظرفیت DG بیشتر از حالت پایه ای آزمایش 1 است. علت آن نیز افزایش قیمت خریداری برق از سیستم انتقال می باشد که احداث و بهره برداری بیشتر از DG را توجیه پذیر می سازد. تغییرات توان اکتیو ورودی از سیستم انتقال در این حالت در شکل 11 نمایش داده شده است. نکته قابل توجه در این حالت آن است که با وجود ارزانتر بودن هزینه بهره برداری از DG نسبت به قیمت خرید برق سیستم انتقال در ساعت های 18 الی 22 هنوز بخشی از توان مورد نیاز شبکه از طریق سیستم انتقال تأمین می گردد. علت این امر در ماهیت

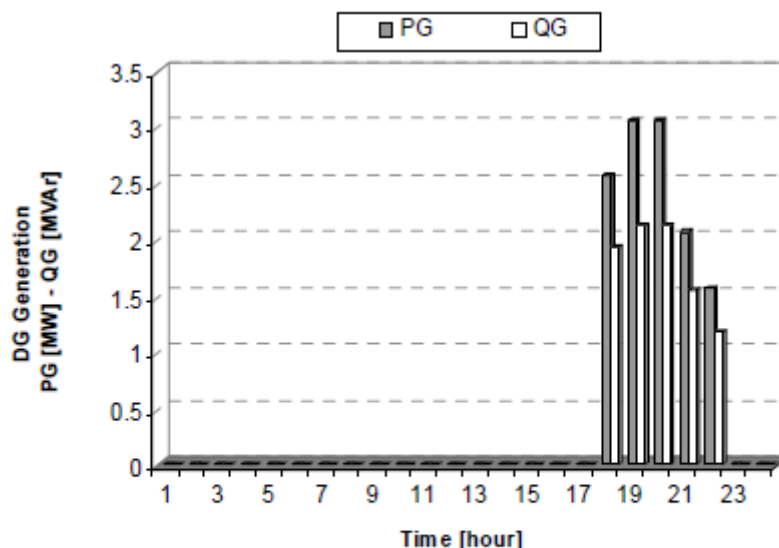
اقتصادی مدل است و اینکه علاوه بر هزینه جاری بهره برداری از DG، هزینه اولیه احداث واحد تولیدی نیز در ارزیابی طرح مهم است لذا احداث ظرفیت بیشتر از 11 مگاوات آمپر برای تأمین کامل توان در ساعت هایی که برق سیستم انتقال گرانتر از هزینه بهره برداری از DG است، در مجموع صرفه اقتصادی کمتری را به دنبال دارد.



شکل ۸: استراتژی بهینه بهره برداری از واحد تولیدی در حالت

۱-۲.

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



شکل ۹: استراتژی بهینه بهره‌برداری از واحد تولیدی در حالت ۲-۳.

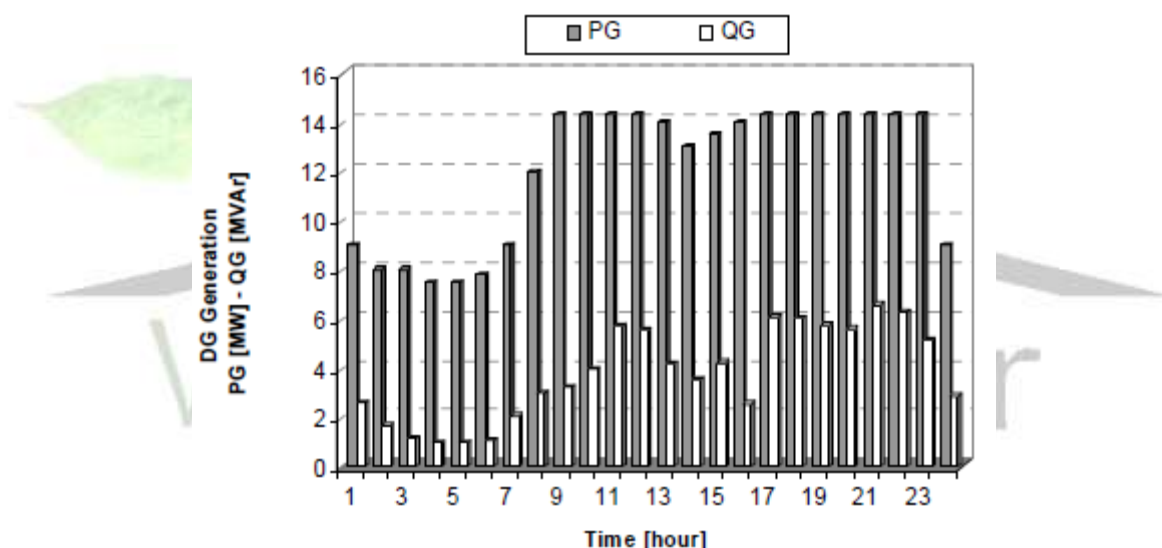
در حالت ۲-۲ که قیمت برق سیستم انتقال در سطوح مختلف 5 واحد پول کمتر از حالت پایه ای آزمایش 1 است، با وجود اینکه در برخی ساعات قیمت برق سیستم انتقال گرانتر از هزینه تولید DG است، احداث DG در پست مقرون به صرفه نمی باشد.

در حالت ۲-۳ ظرفیت پیشنهادی برای احداث واحد تولیدی برابر 4 مگاوات آمپر است که رژیم بهره‌برداری از آن در شکل (9) ارائه شده است. در این حالت با وجود اینکه قیمت خرید برق از سیستم انتقال در سه سطح اول مشابه حالت ۲-۲ کمتر از حالت پایه ای آزمایش 1 بوده است اما به علت گرانتر بودن برق در سطح چهارم نسبت به حالت پایه ای، احداث واحد تولیدی توجیه اقتصادی پیدا کرده است. این آزمایش به نوعی قابلیت DG را در مدیریت تراکم 8 سیستم انتقال نشان می دهد. تغییرات توان اکتیو ورودی از سیستم انتقال در این حالت نیز در شکل 11 نمایش داده شده است.

در حالت ۲-۴ که قیمت برق به جای مدل چند سطحی، در تمامی زمان ها ثابت فرض شده است، ظرفیت پیشنهادی برای احداث DG در پست برابر 16 مگاوات آمپر می باشد. استراتژی

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

تولید توان اکتیو و راکتیو و تغییرات توان اکتیو ورودی از سیستم انتقال در این حالت به ترتیب در شکل های (10) و (11) آمده است. در این حالت نیز مشاهده می گردد که با وجود گرانتز بودن برق سیستم انتقال در تمام زمان ها نسبت به بهره برداری از DG هنوز بخشی از بار شبکه از طریق شبکه انتقال تأمین می گردد. در این حالت برعکس دیگر حالات، عمده توان مورد نیاز سیستم از طریق DG تغذیه گردیده است و تنها در برخی بازه های زمانی بخشی از بار شبکه توسط خرید توان از سیستم انتقال تأمین شده است.



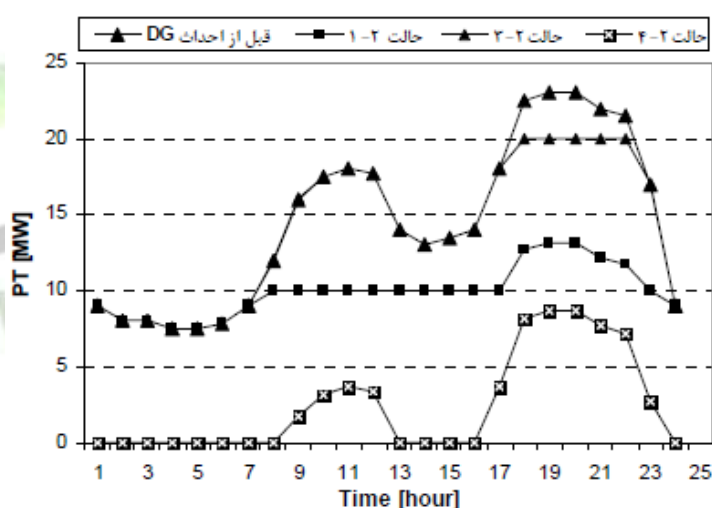
شکل ۱: استراتژی بهینه بهره‌برداری از واحد تولیدی در حالت

۲-۴.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

جدول ۳: نتایج عددی حاصل از اجرای آزمایش های ۱ و ۲.

آزمایش ۲		آزمایش ۱		حالت پایه ای	مدت زمان تعویق در توسعه پست (سال)
حالت ۴-۲	حالت ۳-۲	حالت ۲-۲	حالت ۱-۲		
۲۳/۲۴	۳/۹۰		۱۲/۲۸	۱۰/۱۳	ارزش کنونی سود اقتصادی تعویق در توسعه پست (\$)
۴۲۳۱۷۴	۱۰۲۵۱۸	احداث DG مقرون به صرفه نمی باشد.	۲۸۶۴۷۴	۲۳۳۲۰۲	ارزش کنونی سود اقتصادی کاهش هزینه توان اکتیو (\$)
۵۱۳۲۴۸۵۹	۱۲۰۵۷۳۰۶		۲۵۲۹۳۳۱	۱۶۵۲۴۶۶۸	ارزش کنونی سود اقتصادی کاهش هزینه توان راکتیو (\$)
۶۴۰۷۳۳	۶۲۹۸۲		۴۹۷۱۲۶	۲۳۲۲۸۸	ارزش کنونی سود اقتصادی بهبود قابلیت اطمینان (\$)
۶۱۹۶۹۲	۱۵۴۹۲۳		۴۲۶۰۳۸	۳۴۸۵۷۷	هزینه احداث واحد تولیدی (\$)
۵۰۸۸۰۰۰	۱۲۷۲۰۰۰		۳۴۹۸۰۰۰	۲۸۶۲۰۰۰	ارزش کنونی هزینه بهره برداری از واحد تولیدی (\$)
۳۹۵۹۳۳۳۳	۱۶۸۳۶۲۱		۱۴۱۸۳۷۹۳	۷۰۴۹۳۱۵	ارزش کنونی هزینه تعمیرات و نگهداری واحد تولیدی (\$)
۱۳۶۸۸۲۹	۱۴۳۹۲۱		۶۲۶۳۹۳	۴۰۲۵۴۰	ارزش کنونی سود اقتصادی طرح (\$)
۶۹۵۸۲۹۶	۹۲۷۸۱۸۷		۸۱۹۴۸۸۲	۷۰۲۴۹۳۹	ظرفیت واحد تولیدی (مگاوات آمپر)
۱۶	۴		۱۱	۹	ضریب بهره برداری از واحد تولیدی (%)
۷۹/۴	۱۵/۸		۴۸/۸	۲۸/۴	



شکل ۱۱: پروفیل توان اکتیو دریافتی از سیستم انتقال در آزمایش ۲.

### ۳. آزمایش سوم بررسی تأثیر محدودیت حداکثر ظرفیت DG

این آزمایش به منظور بررسی رفتار مسأله نسبت به تغییرات قید حداکثر ظرفیت DG تدوین شده است. به همین منظور مسأله با لحاظ نمودن قید (30) در یازده حالت حل شده است. در این حالت ها میزان  $CG_{MAX}$  به ترتیب از مقدار یک تا 11 مگاوات آمپر تغییر می کند. دیگر

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

شرایط و اطلاعات ورودی در این یازده حالت ثابت و مانند حالت پای های آزمایش 1 می باشد . ظرفیت بهینه حاصل از انجام این حالت ها که جهت احداث در پست فوق توزیع پیشنهاد شده است در قالب نمودار شکل ( 12 ) نشان داده شده است .

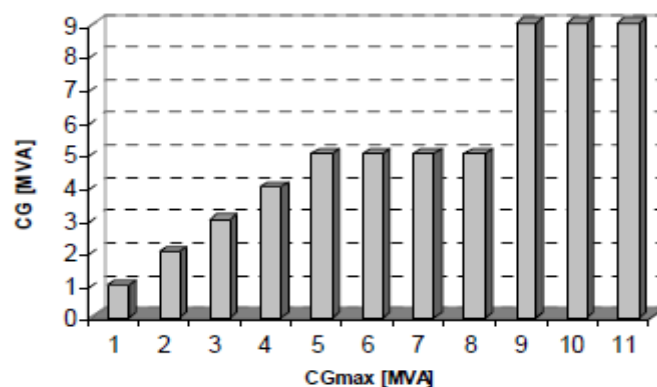
همانگونه که ملاحظه می گردد، با افزایش پارامتر  $CG_{MAX}$  تا مقدار 5 مگ اولت آمپر، پاسخ  $CG$  نیز از مقدار یک تا 5 مگا ولت آمپر افزایش می یابد ولی پس از آن با افزایش حد قید ( تا مقدار 8 مگا ولت آمپر پاسخ روی 5 مگا ولت آمپر ثابت مانده است. به جهت بررسی علت پاسخ حاصله در این آزمایش، با تغییر قید ( 30 ) به صورت زیر مقدار بهینه تابع هدف به ازای مقادیر مختلف  $CG_{MAX}$  از یک تا 11 مگا ولت آمپر محاسبه شده است که نتایج حاصله در شکل ( 13 ) ارائه شده است .

$$CG = CG_{Max}$$

همانطور که مشاهده می شود، از میان حالت های  $CG$  برابر 5 تا 8 مگا ولت آمپر، مقدار تابع هدف برای حالت  $CG=5$  بیشینه است که این امر مؤید نتایج ارائه شده در شکل ( 12 ) می

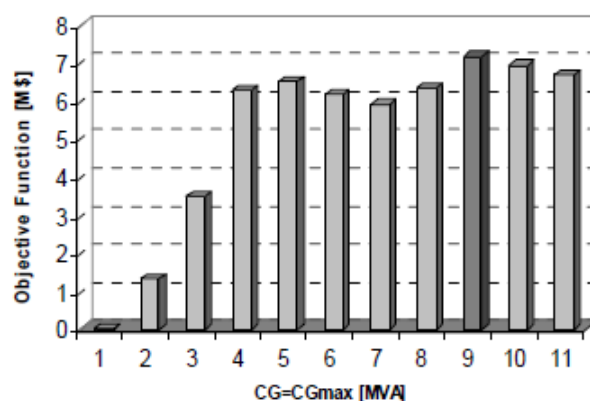
باشد

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



شکل ۱۲: ظرفیت پیشنهادی در حالت های مختلف آزمایش ۳.

در حالت هایی که  $CG_{MAX}$  بیشتر از ۹ مگاوات آمپر است در پاسخ بهینه برای  $CG$  تغییری به وجود نیامده است. علت مشابه بودن نتایج در این حالت ها این است که اگرچه در آنها ظرفیت  $DG$  بیشتری نسبت به حالت های قبل قابل احداث است اما بهره گیری بیشتر از آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست لذا ظرفیت بیشتری انتخاب نشده است.



شکل ۱۳: مقدار بهینه تابع هدف به ازای مقادیر مختلف ظرفیت  $DG$  در آزمایش ۳.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۵-۲-۱ : نتیجه گیری

احداث تولید پراکنده در پس تهای فوق توزیع اگر مبتنی بر مطالعات امکان سنجی فنی و اقتصادی انجام گیرد، می تواند منافع اقتصادی قابل توجهی را برای شرکت های توزیع به همراه داشته باشد. با توجه به تأثیر فاکتورهای مختلف در امر تعیین ظرفیت بهینه واحدهای DG، حل این مسأله با پیچیدگی های خاصی توأم گردیده است. در این پروژه مسأله ظرفیت یابی بهینه واحدهای تولید پراکنده تحت مدیریت و مالکیت شرکت توزیع در پست های فوق توزیع با توجه به محدودیت های فنی حاکم بر ژنراتورهای سنکرون و نیز منافع و هزینه های مرتبط با طرح، در قالب یک مدل ریاضی به صورت تابع هدف و قیود مرتبط با آن مدل سازی شد. در مدل ارائه شده سعی شد تا حد امکان اجزای سود و هزینه ناشی از احداث DG در پست فوق توزیع لحاظ گردد. مدل و روش پیشنهادی علاوه بر ظرفیت بهینه DG، استراتژی بهینه بهره برداری از آن را نیز به عنوان خروجی ارائه می دهد که می تواند در تعیین رژیم اقتصادی بهره برداری از واحد تولیدی در پست مورد استفاده قرار گیرد. آزمایش هایی برای بررسی کارایی روش پیشنهادی و نیز تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی نسبت به قیمت خرید توان اکتیو از شبکه انتقال، روی یک پست فوق توزیع انجام شد. نتایج به دست آمده حاکی از تطابق روش پیشنهادی با تغییر در پارامترهای اقتصادی سیستم است. علاوه بر این تأثیر حداکثر ظرفیت DG قابل احداث در پست روی پاسخ مسأله مورد تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است در صورت امکان حضور مالکیت خصوصی برای DG، مدل ریاضی طرح عوض خواهد شد و ورود مالک خصوصی DG در بحث گزینه های جدیدی را در اجزای سود و هزینه مدل وارد خواهد کرد که نیاز به مطالعه دارد.

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

### فهرست علائم

$a$	نرخ سالیانه رشد بار سیستم	$M$	سال توسعه ظرفیت پست قبل از احداث DG
$C_{invT}$	هزینه توسعه ظرفیت پست [\\$]	[year]	
$C_{MVA DG}$	هزینه احداث واحد تولید پراکنده [\$/MVA]	$N$	سال توسعه ظرفیت پست پس از احداث DG
$C_{MVAhour}$	هزینه عدم تأمین توان سیستم [\$/MVA-hour]	[year]	
$C_{MVAhT}$	قیمت خریداری توان راکتیو از سیستم انتقال	$NPV(.)$	تابع تبدیل هزینه‌ها و سودها به معادل ارزش کنونی
[\$/MVA-hour]		$P_{LN}$	تلفات اهمی ترانسفورماتور پست در بارگذاری
$C_{MWh DG}$	هزینه تولید توان واحد تولید پراکنده [\$/MWh]	نامی [MW]	
$C_{MWhT}$	قیمت خریداری توان اکتیو از سیستم انتقال	$PD_i$	میزان بار اکتیو سیستم در ساعت نام [MW]
[\$/MWh]		$PF_{Min}$	حد کمینه ضریب قدرت بهره‌برداری از DG
$C_{Mf}$	هزینه ثابت سالیانه تعمیرات و نگهداری DG	$PG_i$	میزان توان اکتیو تولیدی DG در ساعت نام [MW]
[\$/MVA-hour]		$PT_i$	میزان بار اکتیو دریافتی از سیستم انتقال در ساعت نام [MW]
$C_{Mv}$	هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری DG	$PT_{a,i}$	میزان بار اکتیو دریافتی از سیستم انتقال قبل از احداث DG در ساعت نام [MW]
[\$/MWh]		$PT_{b,i}$	میزان بار اکتیو دریافتی از سیستم انتقال پس از احداث DG در ساعت نام [MW]
$CG$	ظرفیت واحد DG [MVA]	$QD_i$	میزان بار راکتیو سیستم در ساعت نام [MVA]
$CG_{Max}$	حداکثر ظرفیت DG قابل احداث در پست	$QG_i$	میزان توان راکتیو تولیدی DG در ساعت نام [MVA]
[MVA]		$S_N$	ظرفیت نامی ترانسفورماتور پست فوق توزیع [MVA]
$CP_a$	هزینه تأمین توان اکتیو سیستم پس از احداث DG [\\$]	$SD_i$	میزان توان ظاهری بار سیستم در ساعت نام [MVA]
$CP_b$	هزینه تأمین توان اکتیو سیستم قبل از احداث DG [\\$]		
$CQ_a$	هزینه تأمین توان راکتیو سیستم پس از احداث DG [\\$]		
$CQ_b$	هزینه تأمین توان راکتیو سیستم قبل از احداث DG [\\$]		
$CR_a$	هزینه عدم اعتماد سیستم پس از احداث DG [\\$]		
$CR_b$	هزینه عدم اعتماد سیستم قبل از احداث DG [\\$]		
$F$	مقدار تابع هدف بهینه‌سازی [\\$]		
$InfR$	نرخ تورم سالیانه		
$IntR$	نرخ بهره سالیانه		
$LF$	ضریب بار پست فوق توزیع		



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

$SD_{Max}$	پیک توان ظاهری بار سیستم [MVA]
$SG_i$	میزان توان ظاهری تولیدی DG در ساعت $T$ ام
$SS_{Max}$	حداکثر ظرفیت قابل بارگذاری پست فوق توزیع [MVA]
$T$	عمر مفید واحد DG [year]
$\Delta T$	مدت زمان تعویق در توسعه ظرفیت پست ناشی از احداث DG [year]
$U$	شاخص قابلیت اطمینان مدت زمان بی برقی
	سالیانه پست فوق توزیع [hour/year]



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

### ضمیمه

نرم افزار *LINGO* یکی از ابزارهای کارآمد جهت حل مسایل خطی و غیرخطی است. *LINGO* یک بسته نرم افزاری با امکان برقراری ارتباط دو طرفه با کاربر می باشد و از آن می توان در حل مسایل خطی عدد صحیح و غیرخطی کمک گرفت. این نرم افزار قابلیت تولید مدل های بزرگ با سطرهای نسبتاً کم در داد ههای ورودی را دارا می باشد علاوه بر این *LINGO* دارای یک کتابخانه بزرگ از تابع های ریاضی آماری و احتمالی می باشد و قدرت بالایی در خواندن اطلاعات از فایل های خارجی و نرم افزارهای صفحه گسترده دارد که می تواند برای حل بسیاری از مسایل بهینه سازی مفید باشد.



۱-۳ : تحلیل و بررسی ویژگی های اقتصادی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان

منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع

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

## چکیده

استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه های توزیع انرژی با عنوان منابع تولید پراکنده برای بارهای مصرفی پراکنده و کم در یک منطقه می تواند راهکار مناسبی جهت کاهش هزینه های اقتصادی، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش بهره وری انرژی گردد. از آنجاییکه مهمترین هدف از استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش هزینه هاست لذا لازم است تا بررسیهای اقتصادی دقیقی برای شبکه های توزیع مورد نظر صورت گیرد و نوع منبع انرژی تجدیدپذیر و مقدار انرژی تولید شده با توجه به سایر پارامترهای شبکه نظیر بارهای مصرفی، هزینه احداث و بهره برداری این نیروگاهها و مقایسه آن با هزینه سوخت مصرفی نیروگاهها و شبکه های برق سراسری موجود مد نظر قرار گیرد. از اینرو، در این پروژه ابتدا به بررسی ویژگیهای اقتصادی منابع انرژی تجدیدپذیر پرداخته و سهم این انرژیها را در ایران و سایر کشورهای جهان مورد بررسی قرار می دهیم. سپس به بررسی مسائل اقتصادی و میزان بهره وری انرژی در صورت استفاده از چنین منابعی بمنظور تولید انرژی الکتریکی می پردازیم. آنگاه نرم افزارهای تخصصی Homer و VIPOR ویژه بررسیهای اقتصادی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه های توزیع معرفی شده و میزان صرفه جوییهای اقتصادی و بهره وری انرژی را در صورت استفاده از منابع تجدیدپذیر با انجام شبیه سازیهای نمونه و بررسی نتایج آنها مورد بررسی قرار می دهیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱-۳-۱ : مقدمه

پیشرفت و توسعه جوامع صنعتی در مقیاس وسیع با استفاده از انرژی میسر شده است و انرژی، ابزاری سیاسی و اقتصادی است که امنیت کشورها به آن وابسته است. آلودگی محیط زیست در اثر احتراق سوختهای فسیلی و شتاب فزاینده در جهت به پایان بردن منابع انرژی دو بحران بزرگی هستند که امروزه بشر با آنها روبروست. تحولات جهانی در زمینه توجه به حفظ محیط زیست و فناپذیر بودن منابع فسیلی، گرایش به استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر را سرعت بخشیده و روز ب روز توجه بیشتری را به خود معطوف می کند. مهمترین عامل تعیین کننده در این رهگذر، صرفه جویی در زمان است. ایران با داشتن منابع بسیار غنی در زمینه انرژیهای تجدیدپذیر، مستعد بکارگیری بهینه اینگونه انرژیها بوده و در برنامه ریزیها و سیاست گذاریهای انرژی کشور، بایستی جایگاه ویژه ای را برای آن اختصاص داد. با پیشرفت علوم و تکنولوژیهای مربوط به استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در جهان، نیاز به تحقیق و بررسیهای فراوان در این ارتباط و افزایش سقف منابع انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور وجود دارد. این بررسیها با توجه به دلایل مختلف لزوم استفاده از این منابع و با توجه به بحثهای اقتصادی شامل قیمت برق تولیدی از منابع و سوختهای مختلف صورت می گیرد. در این میان بایستی تحلیلی جامع صورت گیرد که با استفاده از کدامیک از این روشها می توان بهترین صرفه جویی اقتصادی را نمود. این تحلیلها از آنجاییکه یکی از مهمترین اهداف استفاده از منابع انرژی تجدید شونده، کاهش هزینه ها می باشد، مورد توجه بسیاری است. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه های توزیع انرژی با عنوان منابع تولید پراکنده برای بارهای مصرفی پراکنده و کم در مناطق دور افتاده نظیر روستاهای دور افتاده و جزایر کم

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جمعیت می تواند راهکار مناسبی جهت کاهش هزینه های اقتصادی، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش بهره وری انرژی گردد. همچنین از آنجاییکه مهمترین هدف از استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش هزینه هاست لذا لازم است تا بررسیهای اقتصادی دقیقی برای شبکه های توزیع مورد نظر صورت گیرد و نوع منبع انرژی لازم برای تامین بارهای مصرفی و مقدار انرژی تولید شده با توجه به سایر پارامترها نظیر نوع و اندازه بارهای مصرفی و نرخ تغییراتشان، هزینه احداث و بهره برداری نیروگاههای بادی یا خورشیدی و مقایسه آن با هزینه سوخت مصرفی نیروگاهها، هزینه احداث و بهره برداری شبکه برق سراسری در منطقه و نرخ برق مصرفی آن توسط مشترکان، شرایط جغرافیا یی محیط برای استفاده از انواع انرژیهای تجدیدپذیر ممکن و ... مد نظر قرار گیرد. توجه به پارامترهای مختلف و انجام بررسیها و شبیه سازیها برای طرحهای نمونه این حقیقت را آشکار می کند که همواره استفاده محض از منابع انرژی تجدیدپذیر اقتصادی ترین روش نبوده و گاهی استفاده همزمان از منابع انرژی تجدیدپذیر و شبکه برق سراسری هزینه های اقتصادی کمتری را بهمراه دارد در این پروژه ابتدا به بررسی ویژگیهای اقتصادی منابع انرژی تجدیدپذیر پرداخته و سهم این انرژیها را در ایران و سایر کشورهای جهان مورد بررسی قرار می دهیم. سپس به بررسی مسائل اقتصادی استفاده از چنین منابعی بمنظور تولید انرژی الکتریکی می پردازیم. آنگاه نرم افزارهای تخصصی HOMER و VIPOR ویژه بررسیهای اقتصادی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه های توزیع معرفی شده و میزان صرفه جوییهای اقتصادی و بهره وری انرژی را در صورت استفاده از منابع تجدیدپذیر با انجام شبیه سازیهای نمونه و بررسی نتایج آنها مورد بررسی قرار می دهیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## ۲-۳-۱ : منابع انرژیهای تجدیدپذیر و ویژگیهای آنها

بطور کلی منابع انرژی را می توان به دو گروه تقسیم نمود. انرژی در منابع تجدید پذیر از جریان تکراری یا پیوسته انرژی که در محیط زیست بطور طبیعی اتفاق می افتد بدست می آید نظیر انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی و جزر و مد دریا. ولی انرژی در منابع تجدید ناپذیر از منابع استاتیکی که تنها می تواند با دخالت بشر آزاد شود و تا قبل از آن بصورت ذخیره است، تامین گردد. انرژی هسته ای و سوخته های فسیلی از قبیل زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی در این گروه قرار دارند. منابع انرژی تجدیدپذیر دارای مزایای بیشمار و بسیار مفیدی هستند که عبارتند از:

۱ - منابع انرژی تجدیدپذیر عمر طولانی و چرخه های طبیعی داشته و برخلاف منابع انرژی تجدید ناپذیر نظیر سوخته های فسیلی حتی احتمال پایان این منابع نیز وجود ندارد و این مسئله تداوم مصرف انرژی را برای نسلهای بعد تضمین می نماید.

۲ - منابع انرژی تجدیدپذیر بخصوص انرژیهای بادی و خورشیدی بدلیل فراوانی و امکانات مناسب جغرافیایی دارای قابلیت های بالایی در تولید انرژی هستند و استفاده از آنها می تواند موجب صرفه جویی در مصرف سوخته های فسیلی گردد.

۳ - استفاده منحصر بفرد از نیروگاههایی با سوخته های فسیلی موجب ایجاد تمرکز در مناطق تولید انرژی خواهد شد ولی با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر براحتی می توان در هر محل با شرایط جغرافیایی مناسب اقدام به تولید انرژی نمود و این امر تولید غیر متمرکز انرژی را در مناطق با جمعیت کم و پراکنده نظیر روستاها و جزایر میسر می سازد.

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴ - منابع انرژی تجدیدپذیر برخلاف سوختهای فسیلی دارای ویژگی عدم تولید آلاینده های مختلف بوده و در صورت استفاده از این منابع کاهش آلودگی محیط زیست میسر می گردد.

۵ - استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در کنار ایجاد مشاغل مختلف و اشتغال زایی می تواند موجب بهبود مدیریت مصرف بار در شبکه برق شده و در ساعات پرمصرف شبکه برای یاری رساندن به توان تولیدی نیروگاهها و کاستن از اضافه بار دار شدن آنها مورد استفاده قرار گیرد.

بررسی تمام ی موارد فوق گواهی بر افزایش بهره وری انرژی همزمان با کاهش هزینه ها و نیز بهبود کیفیت آن در صورت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر است. با این وجود، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در کنار مزایای بیشماری دارای محدودیتهایی نیز است که عبارتند از:

۱ - با وجود هزینه های تعمیر و نگه داری پایین منابع انرژی تجدیدپذیر بدلیل هزینه های بالای سرمایه گذاری اولیه استفاده از این منابع انرژی گرانتر از سایر منابع انرژی بنظر می رسد.

۲ - استفاده از این منابع با محدودیتهای زمانی و مکانی همراه بوده و مثلا برای استفاده از انرژی باد، توربینها بایستی در محلهایی با سرعت باد کافی و دائمی در تمام طول سال نصب شوند بطوریکه مینیمم سرعت باد در منطقه برای حرکت درآوردن پره ها و تولید انرژی کفایت کند و یا سلولهای خورشید بایستی در مناطقی با حرارت و نور زیاد و دائمی خورشید نصب گردند. دلایل عمده تلاش در جهت استفاده از منابع انرژیهای تجدیدپذیر را می توان در عوامل زیر برشمرد:

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱ - کاهش طول عمر منابع انرژی فسیلی در کنار عواملی همچون افزایش جمعیت و رشد اقتصادی، نیاز به پیدا کردن جایگزینی برای آن را از هم اکنون ضروری می سازد و اگر کوتاهی در این زمینه رخ دهد، با مشکلات زیادی در آینده نه چندان دور مواجه خواهیم شد. برای این منظور بایستی از هم اکنون به فکر جایگزین کردن یک منبع جدید به جای منابع موجود باشیم.

۲ - افزایش آلودگی هوا و محیط زیست که با استفاده بیش از پیش از منابع سوختهای فسیلی و انتشار انواع گازهای آلاینده به وجود آمده است و نیاز برای یک جایگزین برای این سوختها به منظور کاهش آلودگی هوا ضروری می باشد.

۳ - توجیه اقتصادی که با عنایت به قیمتهای ایجاد و احداث نیروگاهها با سوختهای تجدیدپذیر و فسیلی و قیمت برق تولیدی آنها، نشان دهنده لزوم استفاده از این منابع برای کاهش هزینه های طرح است.

استفاده های گسترده تر از منابع انرژیهای تجدیدپذیر را در طول سالهای آینده شاهد خواهیم بود. محدودیتهایی در این میان وجود دارند که بشمار و پیچیده بوده و گوناگونی منابع تجدیدپذیر و مشکلات فنی هر یک بر این محدودیتها می افزاید. هر چند این موضوع در کشور ما بسیار شدید به چشم می خورد ولی در کشورهای اروپایی و آمریکایی با گذشت زمان استفاده از سیستمهای تولید پراکنده بیشتر رواج می یابد. میزان تولید انرژی برق ایران از نیروگاههای مختلف در حال حاضر در شکل ۱ دیده می شود



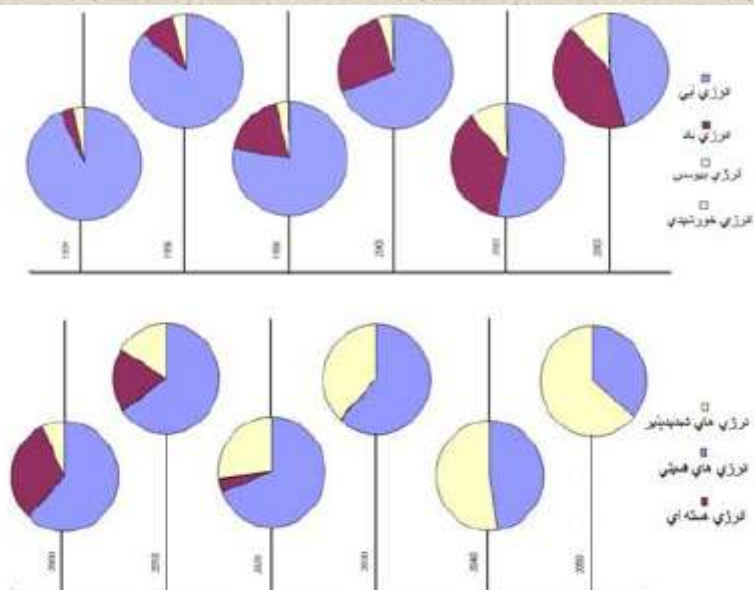
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱ - نمودار دایره ای سهم نیروگاههای مختلف در تولید برق در ایران

کاربرد گسترده از منابع انرژی تجدیدپذیر در بازار های انرژی جهان در آینده دور انجام خواهد شد ولی مهمترین نکته در این میان سرعت این تحول می باشد بطوریکه کمیته مطالعاتی شورای جهانی انرژی سال ۲۰۲۰ را بعنوان نقطه به نتیجه رسیدن برنامه ریزیها و سیاستهای این کمیته در جهت ترغیب برای استفاده از این منابع اعلام نموده است. بعنوان مثال روند برنامه ریزی برای افزایش سهم استفاده از منابع انرژیهای تجدیدپذیر در کشوره ای اروپایی و میزان هر یک از این منابع در شکل ۲ دیده می شود

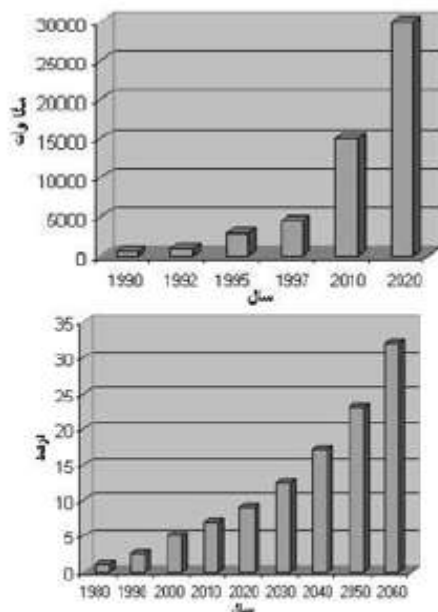
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۲- روند برنامه ریزی افزایش سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در اروپا  
بهمراه میزان هر یک از انواع آن

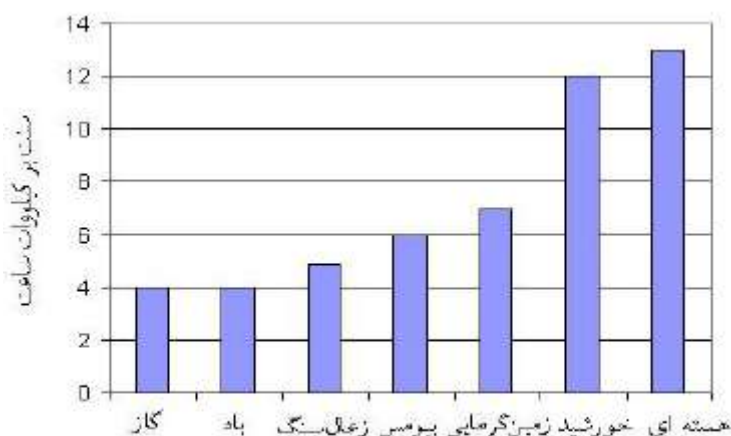
برای مقایسه میزان استفاده ایران و سایر کشورها از میزان انرژیهای تجدیدپذیر، میزان انرژی تولیدی از طریق توربینهای بادی نصب شده برای ایران و اروپا در حال حاضر و در آینده در شکل ۳ آورده شده و بیانگر برنامه ریزی تولید انرژی از این روش در آینده است.

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



شکل ۳- میزان انرژی تولیدی حال و آینده از انرژی باد در ایران (شکل بالا) و اروپا (شکل پایین)

بررسیهای بعمل آمده حاکی از آن هستند که در میان منابع انرژیهای تجدیدپذیر، استفاده از انرژی باد کم هزینه ترین و انرژی خورشیدی گرانتترین روش می باشد که نتایج این بررسی در شکل ۴ دیده می شود.



شکل ۴- مقایسه قیمت تولید برق از منابع مختلف انرژی

۱-۳-۳ : نتایج شبیه سازیهای انتخاب بهینه اقتصادی توسط نرم افزار HOMER

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

برای بررسی ویژگیهای اقتصادی و گزینش انتخاب بهینه اقتصادی از منابع انرژی تجدیدپذیر برای یک بار مصرفی می توان از نرم افزار تخصصی HOMER استفاده نمود. این نرم افزار که توسط مرکز تحقیقات انرژیهای نو ایالات متحده آماده شده است، به بررسی انتخاب بهینه اقتصادی منابع انرژی تولید پراکنده برای بارهای مصرفی مفروض می پردازد این بررسی با مد نظر قرار دادن هزینه های تجهیزات، نصب و نگه داری، عوامل موثر بر کارکرد تجهیزات، نرخ تغییرات بار مصرفی، سرعت باد و میزان تابش انرژی خورشیدی برای توربینهای بادی و سلولهای خورشیدی، هزینه وصل بار به شبکه، نرخ برق مصرفی از شبکه و ... صورت می گیرد. بعنوان مثال این تحلیلها برای بار مصرفی و تغییرات سرعت باد برای کارکرد توربین بادی و تغییرات تابش نور خورشید برای فعالیت سلولهای خورشیدی برای محیط جغرافیای مورد نظر بصورت نشان داده شده در شکل ۵ انجام شده است. با مراجعه به کاتالوگهای انواع مختلف توربینهای بادی، سلولهای خورشیدی، کنورتر و ژنراتور دیزلی به تعیین هزینه های اقتصادی و ویژگیهای فنی مورد نظر برای این شبیه سازی پرداخته و آنها را بصورتهای نشان داده شده در جدول ۱ انتخاب می نمایم.

همچنین در این بررسی فرض می شود هزینه سوخت مصرفی ژنراتور دیزلی مقادیر متغیر 0.4-0.7-1 دلار بر لیتر، متوسط سرعت باد دارای نرخ تغییرات 4-5-6-7 متر بر ثانیه و بار مصرفی دارای نرخ تغییرات 0.2-0.5-0.8-1.1 کیلووات ساعت در روز می باشد توان گرفته شده از شبکه نیز دارای قیمت 0.4-0.7-1 دلار بر کیلووات مصرفی بوده و ماکزیمم توان قابل ارائه به مصرف کننده برابر 2-5-10 کیلووات است همچنین هزینه اتصال بار مصرفی به شبکه

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

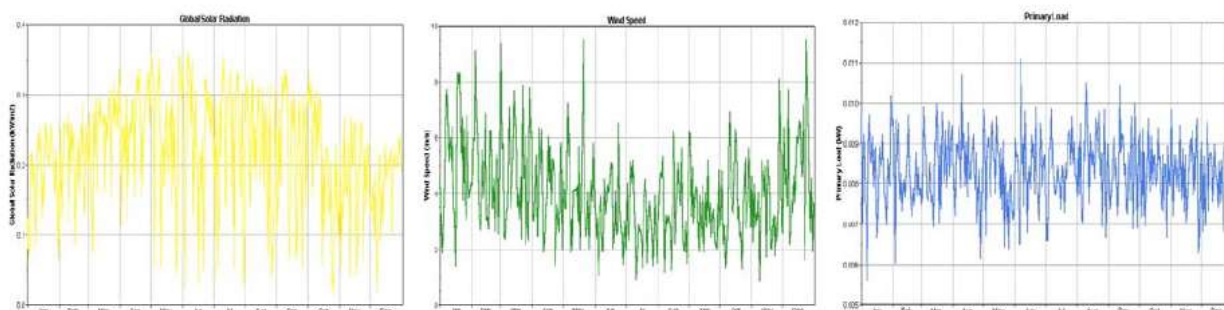
200 دلار، هزینه امکان بهره بردای از سیستم 50 دلار و نرخ تقاضای مصرف از شبکه 5 دلار بر

کیلووات در ماه می باشد.

نتایج بررسیهای اقتصادی نشان دهنده آن است که برای طرح شبیه سازی شده، روشهای

نشان داده شده در جدول ۲ بترتیب بهترین انتخاب اقتصادی و کم هزینه ترین روش از میان

منابع مختلف انرژی برای تامین بار مصرفی مفروض می باشد.



شکل ۵- نرخ تغییرات بار مصرفی (بالا)، سرعت باد (وسط) و تابش خورشید (پایین) برای شبیه سازی

جدول ۱- مشخصات فنی و اقتصادی منابع مختلف انرژی

ژنراتور	کنورتر	سلول خورشیدی	توربین بادی	نوع منبع انرژی
Disel 2KW	Converter 5KW	PV 1KW	Generic 10 KW	نام تجهیزات
AC	DC/AC	DC	DC	نوع ولتاژ تولیدی
1500 \$	5 \$	8000 \$	1200 \$	قیمت توربین
1400 \$	1 \$	4000 \$	1100 \$	هزینه نصب
0.08 \$/hour	1 \$	30 \$/year	20 \$/year	هزینه نگه داری
0.25 KW	0.5 KW	0-0.4 KW	0.1, 2, 3 No.	میزان قابل نصب
25000 hours	15 years	25 years	15 years	طول عمر
90 %	85 %	80 %	100 %	بازدهی

## برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جدول ۲- نتایج تحلیلها و انتخابهای برتر اقتصادی برای بار مصرفی مفروض از میان منابع مختلف انرژی

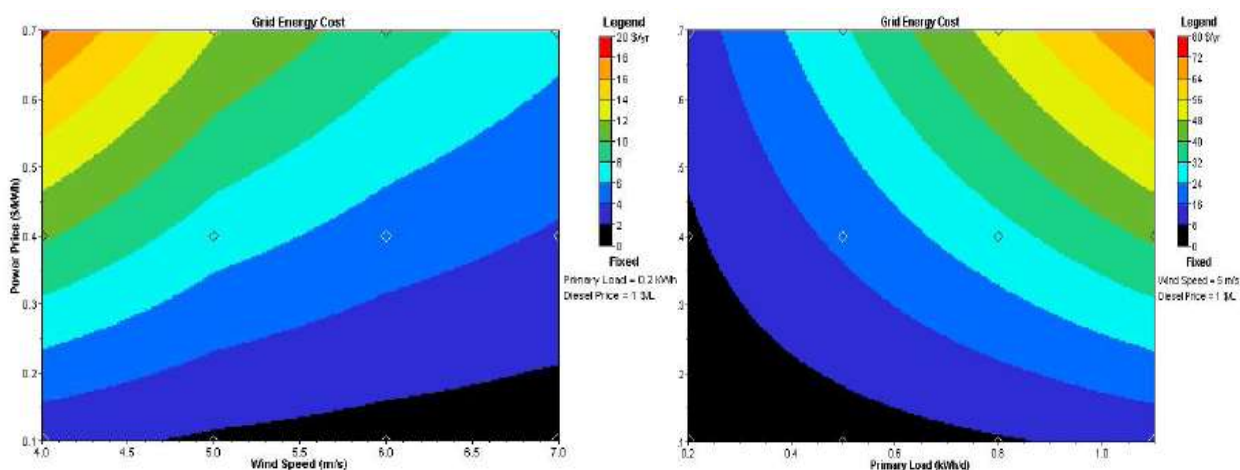
انواع منابع انرژی	توان سلول خورشیدی	توان توربین بادی	توان کنورتر	توان دریافتی از شبکه	توان ژنراتور	کل هزینه
  <input type="checkbox"/>	-	2 KW	5 KW	10 KW	-	2605 \$
  <input type="checkbox"/>	2 KW	-	5 KW	10 KW	-	16205 \$
  <input type="checkbox"/>	2 KW	2 KW	5 KW	10 KW	-	18605 \$
  <input type="checkbox"/>	2 KW	2 KW	5 KW	10 KW	2 KW	20105 \$

با مطالعه جدول ۲ می توان دریافت اقتصادی ترین روش استفاده از منابع فوق، ترکیب توربینهای بادی و شبکه برق سراسری است که با لطبع استفاده از کنورتر نیز ضروری می باشد. همچنین گرانترین روش استفاده از منابع نیز استفاده همزمان از هر چهار منبع فوق است که هزینه های طرح را در حدود ۱۰ برابر افزایش می دهد و نیز استفاده از توربینهای بادی برای تامین بار مصرفی بسیار ارزانتر از استفاده از سلولهای خورشیدی می باشد. بررسی این نتایج بیان می کند در صورت عدم بررسی و تحلیل اقتصادی و تنها با پیش زمینه کاهش هزینه ها در صورت استفاده از توربینهای بادی و سلولهای خورشیدی، طرح هزینه های بسیار گرانتتری را متحمل خواهد شد. بالطبع با تغییر هر یک از پارامترهای فوق می توان نتایج دیگری را انتظار داشت که بسته به شرایط جغرافیایی و مشخصات فنی و اقتصادی تجهیزات متفاوت خواهد بود. تغییرات هزینه برق مصرفی از شبکه بصورت توابعی از تغییرات بار مصرفی و سرعت باد در شکل ۶ دیده می شود و نشان دهنده آن است که با افزایش سرعت باد، توان تولیدی بیشتری توسط توربینهای بادی تولید شده و لذا هزینه برق مصرفی از شبکه کاهش می یابد. همچنین تغییرات هزینه سوخت مصرفی ژنراتور نسبت به تغییرات بار مصرفی و تغییرات سرعت باد در شکل ۷ دیده می شود و نشان می دهد که برای سرعتهای باد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

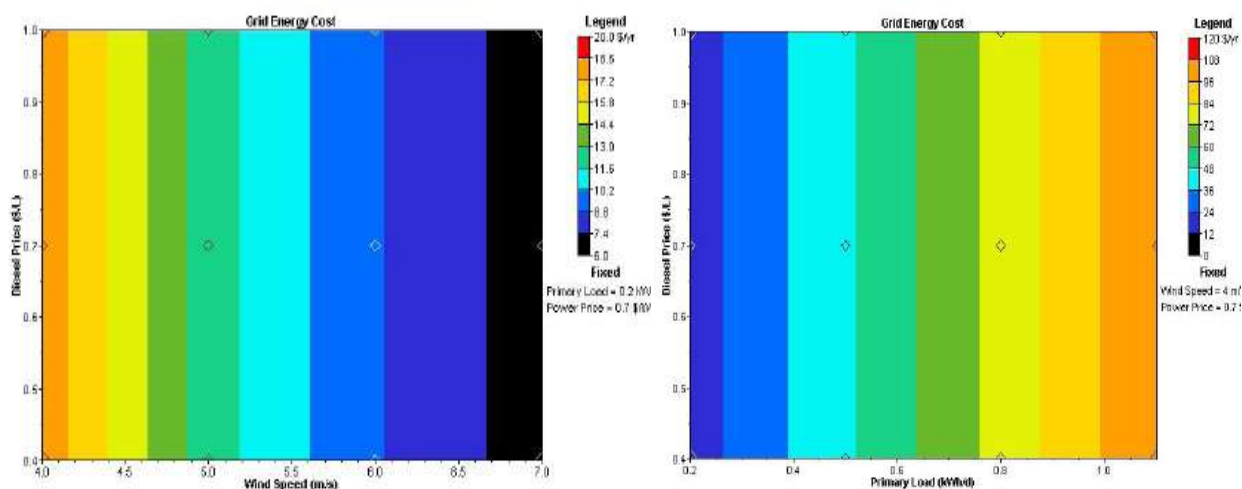
بالا دیگر نیازی به استفاده از ژنراتور نبوده و توربین بادی آن قسمت از انرژی را با هزینه

کمتری تولید نماید.



شکل ۶ - هزینه برق مصرفی از شبکه بصورت توابعی از تغییرات

بار مصرفی (بالا) و سرعت باد (پایین)



شکل ۷ - هزینه سوخت دیزل ژنراتور بصورت توابعی از تغییرات بار

مصرفی (بالا) و سرعت باد (پایین)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۳-۱ : نتایج شبیه سازیهای انتخاب بهینه اقتصادی توسط نرم افزار *VIPOR*

یکی از مهمترین کاربردهای استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر برای تامین برق مورد نیاز بارهای مصرفی کم و پراکنده مثلا در روستاهای دور افتاده و یا جزایر می باشد که تامین انرژی آنها از طریق شبکه برق سراسری بصره نیست. اما برای طراحی بسیار دقیق چنین شبکه ای نیاز به تحلیلی اقتصادی است تا نحوه انتخاب منابع مختلف با توجه به عوامل مختلفی همچون پراکنده‌گی بارهای مصرفی و اندازه آنها، هزینه های خرید، نصب و نگه داری منابع مختلف، هزینه احداث شبکه توزیع و میزان توان تحویلی آن به مصرف کنندگان به همراه نرخ برق مصرفی و ... صورت گیرد. برای این منظور می توان از نرم افزار تخصصی *VIPOR* استفاده نمود که این نرم افزار نیز توسط مرکز تحقیقات انرژیهای نو ایالات متحده آماده شده است. بعنوان مثال یک روستای دور افتاده محصور بین کوه و دریا به همراه بارهای مصرفی آن بصورت شکل ۸ شبیه سازی شده است. بارهای مصرفی این منطقه به سه دسته تقسیم می شوند. بارهای مصرفی خانگی روستاییان که در ۵ منطقه متمرکز است، بارهای مصرفی موتورهای چاههای باغها و زمینهای کشاورزی بصورت پراکنده در منطقه و بارهای مصرفی مربوط به تجهیزات موجود در معدنی که در منطقه وجود دارد. مشخصات هر یک از این بارها بصورت نشان داده شده در جدول ۳ می باشد.

همچنین با فرض امکان نصب منابع در محل‌های موجود بر روی نقشه، مشخصات انواع منابع تولید انرژی بصورت جدا از شبکه، متصل به شبکه و ترکیب آنها در شکل ۹ دیده می شود. نتایج تحلیلهای انجام شده توسط این نرم افزار برای انتخاب نحوه برقرسانی به بارهای مصرفی



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

مختلف در شکل ۱۰ دیده می شود که شامل میزان بارهای مصرفی از منابع متصل به شبکه، ایزوله از آن به همراه هزینه های مربوطه و مشخصات شبکه توزیع شامل طول خطوط فشار ضعیف و ولتاژ متوسط، تعداد ترانسهای توزیع و ... می باشد. همچنین نحوه اتصال شبکه توزیع طبق نتایج تحلیلهای انجام شده برای بهترین حالت اقتصادی اتصال منابع بصورت شکل ۱۱ می باشد.

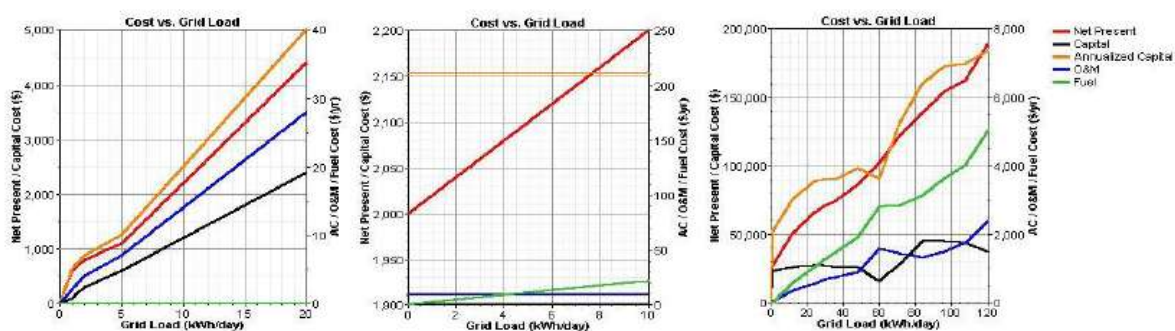


شکل ۸- منطقه جغرافیایی شبیه سازی شده به همراه محل بارهای مصرفی و منابع انرژی

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

جدول ۳- مشخصات بارهای مصرفی موجود در منطقه

جدا از شبکه		متصل به شبکه		بارهای مصرفی
هزینه \$/month	بار مصرفی kWh/day	هزینه \$/month	بار مصرفی kWh/day	
۴	۳	۵	۴	بار خانگی
۵	۶	۷	۶	بار موتور چاه
۲۰	۱۵	۲۵	۲۰	بار تجهیزات معدن



شکل ۹- مشخصات هزینه های منابع انرژی طرح شبیه سازی برتریب از چپ به راست برای حالات جدا از شبکه، متصل به شبکه و ترکیب آنها

WikiPower.ir

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

Costs						
Component	Net Present (\$)	Initial Capital (\$)	Total Annualized (\$/yr)	Annualized Capital (\$/yr)	Annual D&M (\$/yr)	Annual Fuel (\$/yr)
Centralized Generation:	18,240	5,700	2,006	633	27	1,346
Isolated Generation:	23,760	12,960	367	216	151	0
Distribution System:	80,547	68,209	8,879	7,515	1,364	
Totals:	122,547	86,869	11,252	8,364	1,542	1,346
Per Load:	921	653	85	63	12	10

Revenue			Profit	
	Net Present (\$)	Annual (\$/yr)		
Centralized Loads:	80,931	8,916	Net Present Profit:	-31,813 \$
Isolated Loads:	9,803	1,080	Annualized Profit:	-1,256 \$/yr
Total:	90,734	9,996	Levelized COE:	0.043 \$/kWh
			Levelized Profit:	-0.005 \$/kWh

Centralized Loads:	115	Total Centralized Load:	612.0 kWh/d
Isolated Loads:	18	Total Isolated Load:	108.0 kWh/d
LV Line Length:	10,598 m	No. of Transformers:	15
MV Line Length:	4,633 m	Max. Transformer Load:	98.0 kWh/d

شکل ۱۰- نتایج تحلیلهای انجام شده برای منطقه مورد شبیه سازی

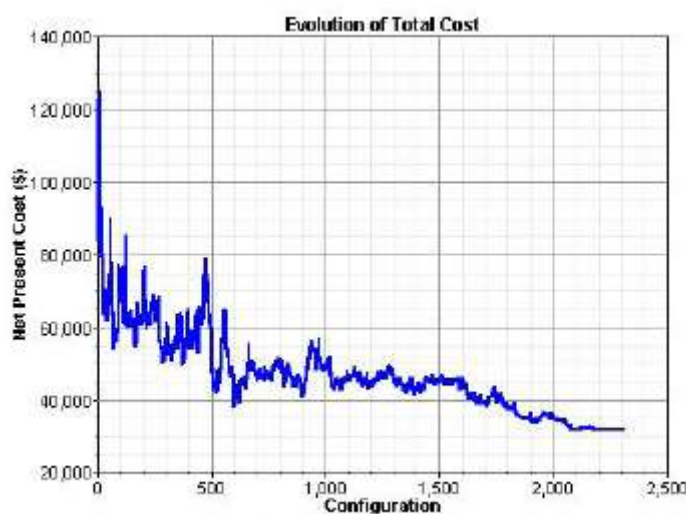
WikiPower.ir

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

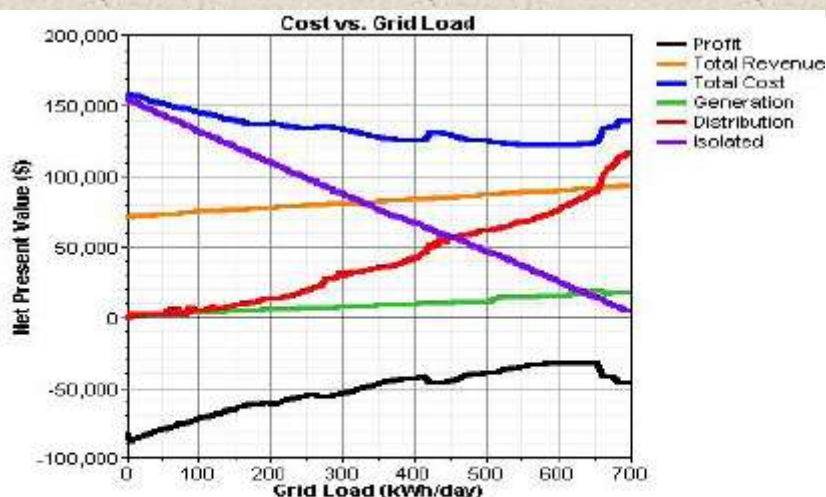


شکل ۱۱- تصویر شماتیک شبکه توزیع دارای بهترین ویژگیهای اقتصادی

همچنین شکل منحنیهای نتایج تحلیلهای هزینه های منابع مختلف سیستم مورد شبیه سازی در شکل ۱۲ آورده شده است.



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



شکل ۱۲- نتایج منحنیهای هزینه منابع مختلف حاصل از تحلیل

سیستم مورد شبیه سازی

با بررسی نتایج تحلیلهای انجام شده می توان دریافت در صورت طراحی شبکه توزیع مطابق نتایج بدست آمده، کل هزینه طرح در حدود 122 هزار دلار خواهد بود ولی اگر به هر دلیلی تغییری در آن صورت گیرد هزینه ها افزایش می یابد بطوریکه در صورت استفاده مجرد از منابع انرژی تجدیدپذیر برای تمامی بارهای مصرفی و بصورت جدا از شبکه، هزینه طرح بالغ بر 155 هزار دلار خواهد شد.

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

۵-۳-۱ : نتیجه گیری

گرایش به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر بدلایلی نظیر قیمت کمتر، در دسترس بودن و ایجاد آلودگی کمتر همواره مورد توجه بوده و هر روز شاهد گسترش استفاده از چنین منابعی بعنوان منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع هستیم. بدلیل عوامل مختلفی همچون ویژگیهای جغرافیایی، هزینه های نصب و بهره برداری، تعمیرات و نگهداری، بازدهی، طول عمر و همچنین تغییرات هزینه ها سوخت مصرفی با گذشت زمان نمی توان به راحتی به انتخاب بهینه ترین حالت اقتصادی از میان منابع مختلف برای تامین بار مصرفی مفروض پرداخت. در این پروژه به معرفی دو نرم افزار تخصصی و بسیار قوی HOMER و VIPOR پرداخته شد و نوع فعالیت آنها با انجام دو شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسیها و شبیه سازیهای انجام شده با در نظر گرفتن عوامل مختلف اقتصادی، جغرافیایی و فنی تجهیزات بکار رفته لزوم انجام بررسیهای اقتصادی را قبل از انجام هر پروژه توسط منابع انرژی تجدیدپذیر به اثبات رساند. انجام تحلیلهای اقتصادی و انتخاب بهینه ترین حالت می تواند ضمن کمک به افزایش بهره وری انرژی، موجبات کاهش هزینه های اقتصادی طرح گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴-۱: انتخاب بهینه نیروگاه های تولید پراکنده در مناطق مختلف جغرافیایی ایران

### چکیده

در این پروژه ، ابتدا هزینه تولید برق انواع نیروگاههای تولید پراکنده با توجه به پتانسیل انرژی موجود در مناطق مختلف جغرافیایی کشور تعیین و سپس به اصول شبیه سازی سیستمهای قدرت کوچک با استفاده از نرم افزار HOMER برای شهر نمونه تهران پرداخته می شود . از نتایج مشاهده می گردد که در بین انواع نیروگاههای تولید پراکنده موتورهای احتراق درونی در تمامی شهرها هزینه تولید برق کمتری نسبت به دیگر نیروگاههای تولید پراکنده دارا می باشد و همچنین با توجه به منابع گاز طب یعنی فراوان در کشور ایران استفاده از نیروگاههای تولید پراکنده که با سوخت گاز کار می کنند دارای هزینه تولید برق کمتری می باشند.

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

۱-۴-۱ : مقدمه

میزان تفاوت و ترکیب گوناگون عوامل اقلیمی که خود ناشی از تفاوت موقعیت جغرافیایی مناطق مختلف است، حوزه های اقلیمی متفاوتی در ج هان پدید آورده که هر یک ویژگی های خاصی دارد. محیط زیست، شهرها و حتی بناهای مربوط به این حوزه های اقلیمی، ویژگی های خاصی متناسب با شرایط اقلیمی خود به دست آورده اند. در این پروژه، نخست به تقسیمات اقلیمی در سطح جهان و ایران اشاره نموده، و سپس به انتخاب ده شهر در مناطق مختلف اقلیمی ایران پرداخته می شود. یک عامل مهم به هنگام استفاده از یک تکنولوژی DG، هزینه می باشد. بهر حال تعیین هزینه یک تکنولوژی DG اغلب پیچیده می باشد. علاوه بر هزینه یا سرمایه اولیه تجهیزات، دیگر مخارج مربوط به نصب تجهیزات، تعمیرات و بهره برداری و هزینه سوخت نیز وجود دارد. در نتایج این تحقیق با توجه به منابع سوخت فسیلی فراوان و ارزان در کشور ایران استفاده از نیروگاههای تولید پراکنده که با سوخت فسیلی کار می کنند دارای هزینه تولید برق کمتری بوده و از نظر اقتصادی به صرفه می باشند. اما در مناطق محروم و دور افتاده با توجه به عدم وجود سوخت فسیلی و یا هزینه بالای سوخت رسانی می توان استفاده از نیروگاههای تولید پراکنده تجدید پذیر را با توجه به پتانسیل انرژی موجود در منطقه برای برق رسانی مورد بررسی قرار داد.

۱-۴-۲ : انواع تولید پراکنده

تولید پراکنده را با اسامی مختلفی مانند زیر خطاب می کنند *Embedded Generation* - *Power Distribution-Distributed Resources-Dispersed Generation* اصطلاحاً تولید



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور مراجعه کنید**. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پراکنده را DG هم می گویند. در اکثر موارد تولید پراکنده در شبکه های توزیع جایگذاری می شود. وارد کردن تولید پراکنده در شبکه های توزیع، مزایا و معایبی دارد. مزایای استفاده از تولید پراکنده عبارتند از:

۱. اصلاح کیفیت توان

۲. اصلاح قابلیت اطمینان

۳. کاهش تلفات

۴. افزایش قابلیت اعتماد

معایب استفاده از تولید پراکنده عبارتند از:

۱. پیچیده شدن شبکه و ضرورت توسعه سیستم حفاظت شبکه

۲. پیچیده شدن بهره برداری و کنترل شبکه

مولدهای پراکنده دارای انواع مختلفی بوده که در ذیل به بررسی اجمالی آنها پرداخته می شود. تولیدات پراکنده را می توان از دید تکنولوژی به سه دسته عمده تقسیم نمود که عبارتند از:

✓ تکنولوژی گازی

✓ تکنولوژی های انرژی نو

✓ وسایل ذخیره انرژی

که در آن تکنولوژی گازی شامل توربینهای احتراقی گازی، توربینهای کوچک، موتورهای احتراق درونی و سلولهای سوختی میباشد. تکنولوژی های انرژی نو شامل انرژی نهفته طبیعی، توربینهای کوچک بادی، سلولهای فتوولتائیک می، باشند. وسایل ذخیره انرژی شامل

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

باتری، SMES، سوپرکازنها، سدهای ذخیره آب و CAES می باشند. از مهمترین آنها می توان موتورهای احتراق درونی، توربینهای گازی احتراقی، توربینهای کوچک، وسایل ذخیره انرژی، توربینهای بادی، انرژی بیوماس، سلولهای سوختی و سلولهای خورشیدی را نام برد.

۳-۴-۱ : تقسیم بندی اقلیمی ایران و انتخاب ده شهر نمونه

تقسیمات اقلیمی در جهان : در مورد تقسیم بندی اقلیمی نقاط مختلف جهان، روش های گوناگونی پیشنهاد شده که از میان آنها روش کوپن - دانشمند اتریشی - مورد قبول قرار گرفته است. کوپن بر اساس رشد و نمو انواع نباتات، پنج نوع اقلیم در مقیاس جهانی معرفی کرده که عبارتند از:

۱- اقلیم بارانی استوایی : در این اقلیم، فصل سرد وجود ندارد و معدل دمای هوا در سردترین ماه سال بیش از 18 درجه سانتی گراد است.

۲- اقلیم گرم و خشک : در این مناطق، به دلیل آنکه میزان بارندگی سالانه بخار آب مورد نیاز جهت رطوبت هوا را تأمین نمی کند، هوا به طور کلی خشک است.

۳- اقلیم گرم - معتدل : معدل دمای هوای سردترین ماه سال در این مناطق بین 18 و 3- درجه سانتی گراد و معدل دمای هوا در گرم ترین ماه سال بیش از 10 درجه سانتی گراد است. در این مناطق، زمستان کوتاه است. ولی ممکن است حدود یک ماه یا بیشتر، زمین یخ بسته یا پوشیده از برف باشد.

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

۴- اقلیم سرد و برفی : در این اقلیم، معدل دمای هوا در گرم ترین ماه سال بیش از 10 درجه و در سردترین ماه سال کمتر از -3 درجه سانتی گراد است . بارندگی در این مناطق معمولاً به صورت برف است و در طول چند ماه از سال، زمین پوشیده از یخ و برف می شود.

۵- اقلیم قطبی : در این اقلیم، معدل دمای هوا در گرم ترین ماه سال کمتر از 10 درجه سانتی گراد است و در اینجا برخلاف اقلیم بارانی استوایی، فصل گرم وجود ندارد البته مناطق پنج گانه فوق به مناطق کوچک تری نیز تقسیم شده اند برای مثال اقلیم گرم و خشک به دو منطقه خشک بیابانی و خشک صحرایی تقسیم شده است.

تقسیمات اقلیمی در ایران : اصولاً در بسیاری از مناطق جهان، اقلیم به وسیله عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مشخص می شود. ایران با قرار گرفتن بین 25 و 40 درجه عرض جغرافیایی شمالی، در منطقه گرم قرار دارد و از نظر ارتفاع نیز، فلات مرتفعی است که مجموع سطوحی از آن که ارتفاعشان از سطح دریا کمتر از 475 متر است، درصد بسیار کمی از سطح کل کشور را تشکیل می دهند. با وجود اینکه ایران دارای دو حوزه بزرگ آب دریای خزر و خلیج فارس است، به دلیل وجود رشته کوه های البرز و زاگرس و نحوه قرارگیری آنها، اثرات این دو حوزه محدود به نواحی بسیار نزدیک به آنهاست و این حوزه ها، به ندرت اثر در تعدیل درجه حرارت هوای قسمت های داخلی دارند.

دانشمندان ایرانی، تقسیمات اقلیمی ایران را براساس روش کوپن انجام داده اند. البته به دلیل موقعیت استثنایی کشور و کمبود اطلاعات لازم درباره شرایط آب و هوایی ایران، استخراج این تقسیمات برای ایران در بعضی موارد با واقعیت متفاوت است. ولی همانطور که مهندس عدل در بررسی منظور از تعیین تقسیمات اقلیمی، : « مطالعات کوپن می نویسد مشخص ساختن

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نقاطی است که اگر از حیث آب و هوا کاملاً «با هم تطابق ندارند، لاقلاً تا حدودی شباهت داشته باشند بی تردید در کشوری کوهستانی مانند ایران، هیچ گاه دو نقطه از نظر اقلیمی کاملاً یکسان نیستند. با این حال، بهترین روش برای دستیابی به پایه ای به منظور تعیین مناطق اقلیمی کشور، همان اصول کوپن است که ناگزیر باید از آن پیروی کرد. البته باید تغییراتی در آن صورت گیرد تا نتیجه مورد نظر حاصل شود و مناطقی با آب و هوای مشابه، تحت فرمول معینی قرار گیرند و معرفی شوند.

بنابراین تقسیمات چهارگانه اقلیم ایران را که توسط دکتر حسن گنجی پیشنهاد شده، می توان مورد استفاده قرار داد. وی تقسیم بندی کوپن را با کمی تغییر و با توجه به عوارض جغرافیایی کشور به شرح زیر پذیرفته است:

۱. اقلیم معتدل و مرطوب - سواحل جنوبی دریای خزر

۲. اقلیم سرد - کوهستان های غربی

۳. اقلیم گرم و خشک - فلات مرکزی

۴. اقلیم گرم و مرطوب - سواحل جنوبی

روش اولگی: در این روش با استفاده از جدول زیست- اقلیمی پیشنهاد شده توسط اولگی که شرایط آسایش فیزیکی انسان را با توجه به شرایط اقلیمی پیرامون او مشخص می سازد، می توان نوع اقلیم مناطق مختلف را تعیین کرد. در این جدول، محدوده هایی مشخص شده که نوع اقلیم را بسته به دما و رطوبت هوا نشان می دهد. با انتقال شرایط حرارتی هوای یک منطقه بر این جدول می توان نوع اقلیم آن منطقه را مشخص کرد.

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بنابراین، اگر دما و رطوبت ماهانه هوای منطقه ای را در طول یک سال بر روی جدول زیست - اقلیمی منتقل کنیم، می توانیم شرایط حرارتی آن منطقه را مشخص نموده، شرایط بحرانی هوا یا دوام سرما و گرمای سالانه هوا در منطقه مورد نظر را به دست آوریم. از این رو می توان شرایط حرارتی هوای شهرهای مختلف ایران را بررسی نموده، آنها را بر این اساس تقسیم بندی کرد.

این کار صورت اقلیم و آسایش در ساختمان در کتاب گرفته است. در این کتاب، به روش فوق و با استفاده از آمار سازمان هواشناسی کشور در یک دوره بیست ساله، چهل و سه شهر بزرگ ایران به پنج اقلیم تابستانی و چهار اقلیم زمستانی تقسیم شده است و سپس با ترسیم محدوده های جغرافیایی این دو نوع اقلیم بر نقشه های جغرافیایی ایران، نقشه های اقلیمی تابستانی و زمستانی ایران ارائه شده است، جدول (1) تقسیمات اقلیمی ایران را نشان می دهد. با توجه به پهنه بندی اقلیمی ایران و با توجه به موضوع تحقیق که در تمام پهنه های اقلیمی ایران باید مورد توجه قرار گیرد. لذا جدول (2) مشخصات شهرهای انتخاب شده را نشان می دهد.

۴-۴-۱ : فرمول بندی مسئله

یک عامل مهم به هنگام استفاده از یک تکنولوژی DG، هزینه می باشد. بهر حال تعیین هزینه یک تکنولوژی DG اغلب پیچیده می باشد. علاوه بر هزینه یا سرمایه اولیه تجهیزات، دیگر مخارج مربوط به نصب تجهیزات، تعمیرات و بهره برداری و هزینه سوخت نیز وجود دارد. همچنین هزینه برق تولیدی توسط تکنولوژی DG می تواند برآورد و با قیمت موجود پرداخت شده برای برق شبکه قدرت مقایسه شود.

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

جدول (۲) مشخصات شهرهای انتخاب شده

شماره شهر	نام شهر	طول عرض جغرافیایی	شرایط اقلیمی	
			تابستان	زمستان
۱	اصفهان	۳۷° ۳۲'	۴۰° ۴۰'	سبباً سرد
۲	اهواز	۲۰° ۳۱'	۴۰° ۴۸'	خشک
۳	بندرعباس	۱۳° ۲۷'	۲۲° ۵۶'	متوسط
۴	تبریز	۵° ۳۸'	۱۷° ۴۶'	شدیداً سرد
۵	تهران	۳۵° ۳۱'	۱۹° ۵۱'	شدیداً سرد
۶	رشت	۱۵° ۳۷'	۳۴° ۴۹'	سبباً سرد
۷	شیراز	۳۲° ۲۹'	۳۵° ۵۲'	سبباً سرد
۸	کرمان	۱۵° ۳۰'	۵۸° ۵۶'	سبباً سرد
۹	مشهد	۱۴° ۳۶'	۳۸° ۵۹'	سرد
۱۰	همدان	۱۲° ۳۵'	۴۳° ۴۸'	شدیداً سرد

جدول (۱) تقسیمات نه گانه اقلیمی در ایران

شماره	ویژگی	میانگین حداکثر دما در تابستان (درجه سانتیگراد)	میانگین حداقل دما در زمستان (درجه سانتیگراد)	شهر
۱	تابستان گرم و بسیار مرطوب، بدون فصل زمستان	۳۵ تا ۴۰	۱۰ تا ۱۵	چابهار، بندرلنگه، بندرعباس، بوشهر
۲	تابستان گرم و بسیار مرطوب، بدون فصل زمستان	۴۵ تا ۵۰	۵ تا ۱۰	آبادان، اهواز
۳	تابستان گرم و بسیار مرطوب، زمستان معتدل	۳۵ تا ۴۰	۰ تا ۵	کازرون
۴	تابستان گرم، بدون فصل زمستان	۴۰ تا ۴۵	۵ تا ۱۰	ایرانشهر
۵	تابستان بسیار گرم و خشک، زمستان معتدل	۴۰ تا ۴۵	۰ تا ۵	طیس، کاشان
۶	تابستان معتدل و مرطوب، زمستان معتدل	۲۵ تا ۳۰	۰ تا ۵	بابلسر، بندر انزلی، رشت، گرگان
۷	تابستان گرم و خشک، زمستان معتدل	۳۵ تا ۴۰	۰ تا ۵	زابل، زاهدان، فسا، بم
۸	تابستان گرم و خشک، زمستان سرد	۳۵ تا ۴۰	۰ تا -۵	تهران، شیراز، مشهد
۹	تابستان گرم و خشک، زمستان بسیار سرد	۳۵ تا ۴۰	-۵ تا -۱۰	اراک، همدان، زنجان، تبریز

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

هزینه تجهیزات برای تکنولوژیهای DG اغلب بر حسب هزینه آنها در هر کیلووات از برق تولیدی و یا دلار بر کیلووات، قیمت گذاری می گردد. برای انتخاب یکی از انواع مختلف تکنولوژی DG عوامل مختلفی وجود دارد تا مشخص شود کدام تکنولوژی برای وضعیت ویژه مناسب تر می باشد این عوامل در بندهای ذیل تشریح گردیده است.

#### ۱-۴-۵ : دسترسی تجاری

این قسمت اطلاعاتی در خصوص دسترسی تجاری انواع DG در مقایسه با آنهايي که هنوز دستخوش توسعه می باشند، فراهم می کند. در جدول (4) بعضی از تکنولوژی ها در هر دو مورد لیست شده اند زیرا آنها بطور جاری از نظر تجاری در دسترس هستند اما همچنین آنها دستخوش تحقیق و توسعه بیشتری می باشند.

جدول (۳) : دسترسی تجاری انواع تکنولوژی DG

تکنولوژی های تولید پراکنده	دسترسی تجاری	تکنولوژی روبه رشد
توربینهای احتراقی	✓	✓
موتورهای احتراق درونی	✓	
میکروتوربینها	✓	
پیلهای سوختی	✓	✓
سیستمهای فتوولتائیک	✓	
سیستمهای بادی	✓	

#### ۱-۴-۶ : هزینه های اولیه و نصب

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

هزینه اولیه و نصب سیستم تابعی از پارامترهای ذیل است: اولیه، هزینه خرید و نصب = هزینه

اولیه و نصب سیستم مدت زمان کارکرد دستگاه در طول سال ، سرمایه گذاری

$$(C\&I) = \frac{TIC \text{ per kW} \times CRF(d,n)}{8760 \text{ hours per year} \times CF} \quad (1)$$

که در آن داریم:

$CRF$  = ضریب برگشت سرمایه و از رابطه زیر بدست می آید:

$$CRF(d, n) = \frac{d(1+d)^n}{(1+d)^n - 1} \quad (2)$$

$d$  = نرخ بهره

$n$  = عمر دستگاه

$TIC$  = کل هزینه نصب شده

$CF$  = ضریب کارکرد

$$CF = \frac{\text{working hours per day} \times \text{Number days per year}}{\text{total hours of one year}} \quad (3)$$

۱-۴-۷ : ضریب کارکرد

عدد ضریب کارکرد برای دستگاههایی که با انرژی تجدیدناپذیر کار می کنند، همواره عدد 1

در نظر می گیریم 24 ساعت کارکرد در روز و آن بدین دلیل است که فرض می شود در تمامی

ده شهر مذکور انرژی گاز وجود دارد . اما ضریب کارکرد برای تولید پراکنده باد و فتوولتاییک

به صورت زیر محاسبه می شود.



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

محاسبه مقدار قدرت الکتریکی تولیدی توسط پنل های خورشیدی و ضریب کارکرد :

تشنعات خورشید بیرون از محیط زمین : تابش خورشید در مدخل ورودی به اتمسفر زمین تابش خارج از اتمسفر زمین نامیده می شود . شدت این تابش بخاطر تغییر در فاصله بین خورشید و زمین و بدلیل عملکرد و فعالیت خورشید متغیر است . مقدار این تابش در مدت حرکت از یک سال بین  $1307 \text{ w/m}^2$  تا  $1393 \text{ w/m}^2$  تغییر می کند . شدت تابش خورشید بیرون از محیط زمین که بروی سطح نزول می کند و آن در یک زاویه قائمه با جهت تابش خورشید می باشد از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$G_{on} = G_{sc} \frac{r}{R^2} \left[ \frac{w}{m^2} \right] \quad (1)$$

$r$  = فاصله مرکز زمین از خورشید

$R$  = فاصله لحظه ای زمین از خورشید

$G_{sc} = 1353 \text{ w/m}^2$  = ثابت خورشیدی

انرژی تابشی خورشید در خارج از اتمسفر زمین که در واحدی از زمان نزول می کند در یک زاویه قائمه بروی متر مربع از سطح از رابطه زیر بیان می شود:

$$G_{on} = G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360(n + 81)}{365} \right) \left[ \frac{w}{m^2} \right] \quad (2)$$

$G_{on}$  = ثابت روزانه خورشیدی

مقدار شدت تابش خورشید در خارج از اتمسفر زمین و بروی سطح افقی از فرمول ذیل بیان می شود:

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

$$G_{OH} = G_{on} \cos z \quad \left[ \frac{\text{watts}}{\text{meter}^2} \right] \quad (۳)$$

$$\cos z = \sin \alpha = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos w \quad (۴)$$

$z$  = زاویه بین پرتو مستقیم خورشید و خطی که بروی سطح افقی زاویه قائمه دارد.

$\phi$  = عرض جغرافیایی محل بر حسب رادیان

$L$  = عرض جغرافیایی محل بر حسب درجه

$$\phi = \frac{\pi L}{180} \quad (۵)$$

$\delta$  = زاویه انحراف

$w$  = زاویه نصف النهار جغرافیایی - زاویه ساعتی خورشید با جایگذاری (2) و (4) در (3)

بدست می آید رابطه 6:

$$G_{OH} = G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360(n+81)}{365} \right) (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos w) \quad \left[ \frac{w}{m^2} \right]$$

زاویه انحراف از زمین: موقعیت زاویه ای خورشید در نیمروز خورشیدی شمال یا جنوب از

خط استوا که از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\delta = 23.45 \sin \left( \frac{360n}{365} \right) [^\circ] \quad (۷)$$

روز اول فروردین  $n=1$  و  $1 \leq n \leq 365$

$$\delta = 23.45 \sin \left( \frac{360n}{365} \right) [^\circ]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

متوسط ضریب صافی ماهیانه: که با  $K$  نشان داده می شود

ضریب صافی لحظ های از فرمولهای زیر محاسبه می شود:

$$k_T = \left[ a + b \cos \frac{\pi}{12} (t - 12) \right] \bar{k} \quad (8)$$

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(w_s - 60) \quad (9)$$

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(w_s - 60)$$

$$b = 0.6607 - 0.4767 \sin(w_s - 60) \quad (10)$$

که  $W_s$ :

$$w_s = \cos^{-1}(-\text{tg } \phi \text{ tg } \delta) \quad (11)$$



تابش پراکنده و مستقیم از روابط ذیل قابل محاسبه است:

(۱۲)

$$\frac{G_d}{G_h} = 1 - 0.246 k_T \quad k_T < 0.35$$

$$\frac{G_d}{G_h} = 1.554 - 1.84 k_T \quad 0.35 < k_T < 0.75$$

$$\frac{G_d}{G_h} = 1.554 - 1.84 k_T \quad 0.35 < k_T < 0.75$$

و تابش مستقیم:

$$G_b = G_h - G_d \quad (13)$$

و تابش کل:

$$G_h = k_T G_{oh} \quad (14)$$

تابش خورشید توسط صفحه ای که با شیب  $\beta$  که رو به جنوب نصب شده است (رابطه ۱۵)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

$$G_t = G_b R_b + G_d \frac{1+\cos \beta}{2} + \left(\frac{1-\cos \beta}{2}\right) (G_b + G_d) \rho_g$$

$G_b$  = تابش مستقیم خورشید بر سطح افقی

$G_d$  = تابش پراکنده خورشید بروی سطح افقی

$\beta$  = زاویه انحراف سطح متمایل اختیاری نسبت به سطح افقی درجه

$\rho_g$  ضریب انعکاس زمین بوده و حدود 0.2 فرض شده است.

$R_b$  = نسبت بین تابش مستقیم خورشید که به سطح افقی می خورد

$$R_b = \frac{\sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \cos \omega \cos(\phi - \beta)}{\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \omega \cos \phi} \quad (16)$$

مقدار انرژی الکتریکی دریافتی از پنل های خورشیدی:

$$w_p = G_t \alpha_{ph} \quad (17)$$

$\alpha_{ph}$  ضریب جذبی که برابر 0.1 در نظر گرفته می شود متوسط الکتریسیته تولیدی ماهانه به صورت ذیل می باشد:

$$\bar{w}_p)_{month} = \frac{\int_0^{24h} w_p dt}{86400} \quad (18)$$

همچنین برای محاسبه متوسط سالانه الکتریسیته تولیدی:

$$\bar{w}_p)_{year} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \bar{w}_p)_{month}}{12} \quad (19)$$

$$\bar{W}_p)_{year} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \bar{W}_p)_{month}}{12}$$

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

و ضریب کارکرد از رابطه زیر بدست می آید:

$$cf = \frac{\overline{W P} \text{ year}}{W P I C K} \quad (20)$$

محاسبه ضریب کارکرد در توربین بادی

متوسط سرعت باد:

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^w m_i u_i \quad (m/s) \quad (21)$$

$u_i$  = سرعت باد معین

$m_i$  = تعداد مشاهدات از سرعت باد معین

$n$  = تعداد کل مقادیر اندازه گیری شده

$w$  = تعداد مقادیر مختلف از سرعت باد مشاهده شده

واریانس:

$$\delta^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^w m_i u_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^w m_i u_i \right)^2 \right] \quad (m^2/s^2) \quad (22)$$

$$\delta = \sqrt{\delta^2} \quad (m/s) \quad (23)$$

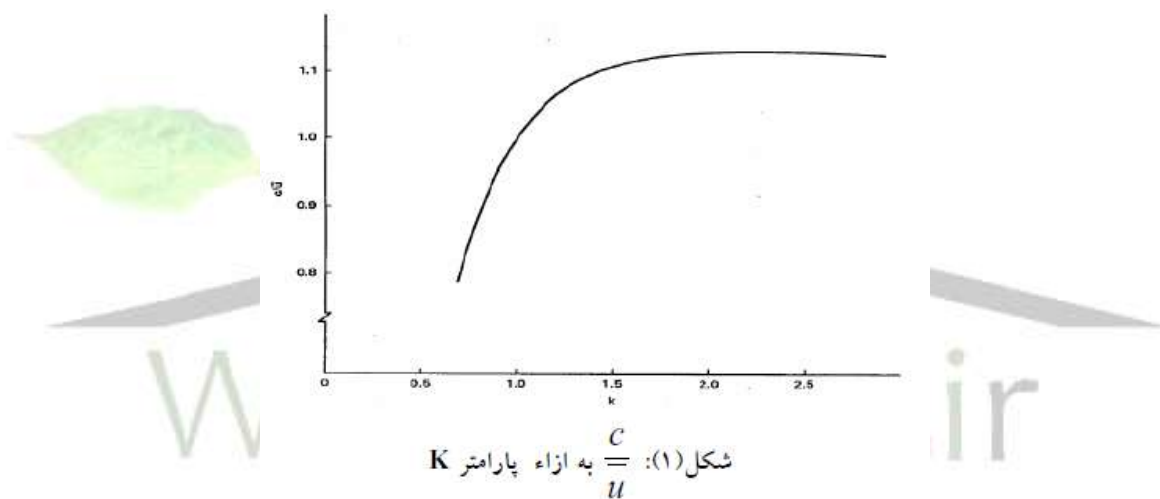
پارامترهای  $K$  و  $C$ :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

$$K = \left(\frac{\delta}{u}\right)^{-1.086} \quad (24)$$

$$C = \frac{\bar{u}}{\tau \left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (25)$$

اگر معادله 25 را به صورت تابعی از  $c/u$  بر حسب  $k$  بررسی کنیم شکل (1) را خواهیم داشت: همانطوریکه از شکل (1) مشخص است می توان را بطور سریع از معادله 25 برای مقادیر مشخص  $k$  بدست آورد. برای مقادیر  $k$  زیر عدد یک نسبت  $c/u$  سرعت کاهش می یابد و



برای مقادیر  $k$  بزرگتر از 1,5 و کوچکتر از 3 یا 4 نسبت  $c/u$  در حدود عدد 1,12 ثابت می باشد. در اینجا مشاهده می کنیم که مقدار پارامتر بصورت مستقیم با متوسط سرعت باد در این رنج متناسب می باشد.

$$c = 1.12\bar{u} \quad (1.5 \leq k \leq 3) \quad (26)$$

اغلب رژیمهای باد خوب پارامتر  $k$  آنها در این رنج می باشد. بنابراین این تخمین  $c$  بر حسب  $k$  بسیار پر کاربرد خواهد بود. تولید متوسط قدرت توربین از رابطه زیر بدست می آید:

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

$$P_{e,ave} = P_{eR} \left\{ \frac{\exp[-(u_C/c)^k] - \exp[-(u_R/c)^k]}{(u_R/c)^k - (u_C/c)^k} - \exp\left[-\left(\frac{u_F}{c}\right)^k\right] \right\} W \quad (27)$$

که در آن اثرات سرعت  $u_C, u_R, u_F$  بروی تولید متوسط قدرت توربین نشان داده شده است، که در آن داریم:

$P_{eR}$ : قدرت الکتریکی خروجی نامی

$u_C$ : سرعت باد در شروع تولید قدرت الکتریکی

$u_R$ : سرعتی که دارای بالاترین قدرت خروجی باشد

$u_F$ : بالاترین سرعتی که توربین بادی می تواند بچرخد

تذکر: توربینهای بادی تجاری نوعا دارای  $u_F$  بین 20 تا 25 متر بر ثانیه می باشند.

روابط بین سرعت  $u_C, u_R, u_F$ : (28 و 29)

$$u_F = 2u_R \quad (28)$$

$$u_C = 0.5u_R \quad (29)$$

ضریب کارکرد از رابطه زیر بدست می آید:

$$P_{e,ave} = P_{eR} (CF) \quad (30)$$

در نتیجه ضریب کارکرد برابر است با:

$$CF = \left\{ \frac{\exp[-(u_C/c)^k] - \exp[-(u_R/c)^k]}{(u_R/c)^k - (u_C/c)^k} - \exp\left[-\left(\frac{u_F}{c}\right)^k\right] \right\} \quad (31)$$

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

۸-۴-۱ : هزینه های بهره برداری - تعمیر - نگهداری

به صورت عدد ثابت بر حسب دلار بر ک یلووات ساعت بیان می شود.

۱. هزینه سوخت :

هزینه سوخت ارتباط مستقیم به راندمان دستگاه مورد نظر دارد که به صورت تابعی از پارامترهای ذیل بیان می شود:

*Effect of fuel on cost of electricity (F)=F(cost of fuel,system efficiency)*

با توجه به اینکه با افزایش راندمان، سوخت مصرفی کاهش و با کاهش راندمان، سوخت مصرفی افزایش می یابد، هزینه سوخت مصرفی طبق معادله ذیل بیان می شود:

$$(F) = \frac{\text{cost of fuel} \left( \frac{\$}{KWh} \right)}{\text{system efficiency}} \quad (32)$$

۲. هزینه برق و بیان تابع هدف :

هزینه برق COE از سه جزء تشکیل شده است:

۱. اولیه و نصب C&I

۲. بهره برداری - تعمیر - نگهداری O&M

۳. سوخت F

هزینه نهایی برق از یک وسیله DG مجموع این سه جزء می باشد و به دلار یا سنت در هر کیلووات ساعت بیان شده است:

$$\text{Total COE}(\$/KWh) = C\&I + O\&M + F \quad (33)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$COE$  = هزینه برق بر حسب دلار بر کیلووات ساعت

در بین انواع مختلف تولید پراکنده با توجه به انرژیهای موجود در ده شهر یاد شده و از نظر

فراوانی کاربرد در جهان نیروگاههای تولید پراکنده زیر برای مطالعه انتخاب می شوند

الف -تجدید نشدنی

۱. توربین های احتراقی

۲. موتورهای احتراق درونی

۳. میکرو توربین

۴. سلول سوختی

ب -تجدید شدنی

۱. فتوولتاییک

۲. توربین باد

در جدول (4) مشخصات انواع تولید پراکنده مورد نظر آمده است .

۹-۴-۱ : نتایج حاصل از نرم افزار پروژه

هزینه تولید برق حاصل از نرم افزار پروژه در جدول 5 آمده است.

مدلسازی سیستمهای تولید پراکنده با استفاده از نرم افزار HOMER برای شهر تهران :

مراحل زیر را به جهت مدلسازی سیستمهای تولید پراکنده انجام می دهیم:

مرحله اول :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

انواع دستگاههای DG مورد نظر را انتخاب می کنیم . که در این شبیه سازی از میکروتوربین، دیزل ژنراتور، موتورهای احتراق درونی، آرایه فتوولتائیک، توربین بادی، باتری برای ذخیره انرژی و مبدل برای انتخاب بهینه استفاده نمودیم این نرم افزار قابل ییت بکارگیری سه ژنراتور را دارد.

مرحله دوم :

اطلاعات مربوط به بار را وارد می کنیم . در این قسمت می توان به تفکیک دوازده ماه، روزهای هفته و تعطیلات آخر هفته بار را وارد کرد.

مرحله سوم :

اطلاعات مربوط به اندازه، هزینه اولیه و هزینه تعمیر و نگهداری دستگاهها را وارد می کنیم .  
تذکر :در مورد نیروگاههای تولید پراکنده تجدید ناپذیر، نوع سوخت را مشخص می کنیم.

مرحله چهارم :

اطلاعات مربوط به منابع تجدید پذیر باد و خورشید را وارد می کنیم.

مرحله پنجم :

اطلاعات مربوط به قیمت سوخت مصرفی توسط دستگاههای DG را وارد می کنیم .

مرحله ششم :

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

تحلیل حساسیت برای انجام تحلیل حساسیت به متغیرهای ورودی مانند سرعت باد ، تابش خورشید، قیمت گاز طبیعی و قیمت دیزل مقادیر مختلفی اختصاص می دهیم . شکل های ( 4) و (5) بیا نگر نتایج تحلیل حساسیت می باشند.

مرحله هفتم :

اجرای برنامه

همانطوریکه از مشخص می باشد نرم افزار چندین حالت بهینه را بر اساس COE انتخاب کرده است . شکل (2) که بهینه ترین انتخاب سطر اول استفاده از سه دستگاه میکروتوربین، دیزل ژنراتور، موتورهای احتراق درونی میباشد انتخاب بر اساس هزینه می باشد . (و آخرین انتخاب استفاده از تمامی دستگاهها می باشد . نتایج شبیه سازی در شکل (4),(3) و (5) نشان داده شده است .



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۴) مشخصات انواع DG مورد مطالعه

نوع تولید پراکنده	هزینه اولیه (\$/KW)	عمر (سال)	بازده $\eta$	هزینه تعمیر و نگهداری (\$/KWh)
توربینهای احتراقی	۷۵۰	۲۰	۳۰٪	۰,۰۰۲۸
موتورهای احتراق درونی	۷۳۳	۲۰	۳۵٪	۰,۰۰۵۶
میکرو توربین	۱۰۰۰	۲۰	۲۸٪	۰,۰۰۵۶
پیل سوختی	۳۱۳۳,۳	۱۰	۴۵٪	۰,۰۰۵۶
فتوولتائیک	۴۴۴۴,۵	۲۰	۱۵٪	۰,۰۰۵۶
توربین بادی	۱۱۱۱,۲	۲۰	۴۰٪	۰,۰۰۲۳

	PV (kW)	Gl	ml (kW)	Gen1 (kW)	ic (kW)	Batt	Conv. (kW)	Initial Capital	Total NPC	DDE (\$/kWh)	Ren. Frac.
			1	1	1			\$ 2,933	\$ 3,746	0.040	0.00
		1	1	1	1		0.01	\$ 4,053	\$ 5,483	0.059	0.06
			1	1	1	10	0.01	\$ 4,742	\$ 5,675	0.061	0.00
		1	1	1	1	10	0.02	\$ 5,862	\$ 7,402	0.080	0.07
	1		1	1	1		0.01	\$ 7,386	\$ 8,820	0.095	0.18
	1	1	1	1	1		0.01	\$ 8,497	\$ 10,549	0.114	0.23
	1		1	1	1	10	0.20	\$ 9,357	\$ 10,716	0.115	0.21
	1	1	1	1	1	10	0.30	\$ 10,558	\$ 12,435	0.134	0.28

شکل (۲) خروجی نرم افزار

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

Component	Operation and maintenance costs plus fuel costs					
	Initial Capital (\$)	Annualized Capital (\$/yr)	Ann. Replacement (\$/yr)	O&M (\$/yr)	Fuel (\$/yr)	Annualized (\$/yr)
PV Array	4,444	357	0	50	0.0	407
Generic 1kW	1,111	69	0	50	0.0	139
micro turbin	1,000	80	0	16	4.4	101
diesel generator	1,200	96	0	6	6.6	109
Internal Combustion	733	59	0	3	1.0	63
Battery	1,800	144	0	10	0.0	154
Converter	270	22	0	3	0.0	25
Totals	10,558	847	0	139	12.0	998

شکل (۳) نتیجه شبیه سازی استفاده از کلیه دستگاههای DG

( آخرین انتخاب بهینه )

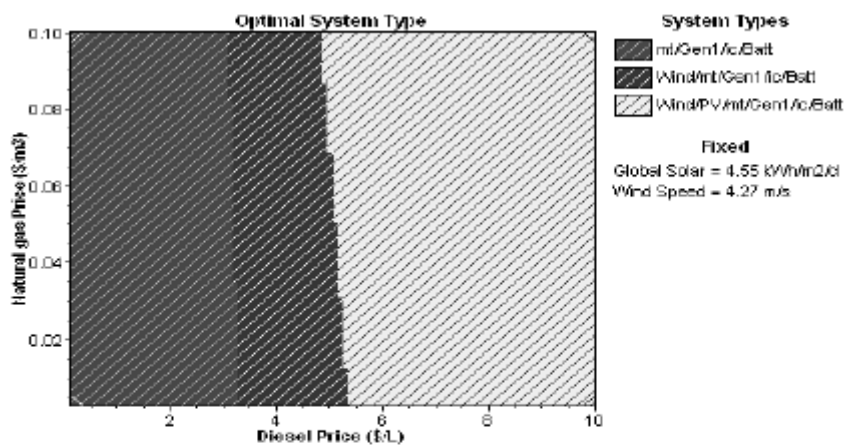
جدول (۵) هزینه COE نیروگاههای تولید پراکنده در شهرهای مختلف



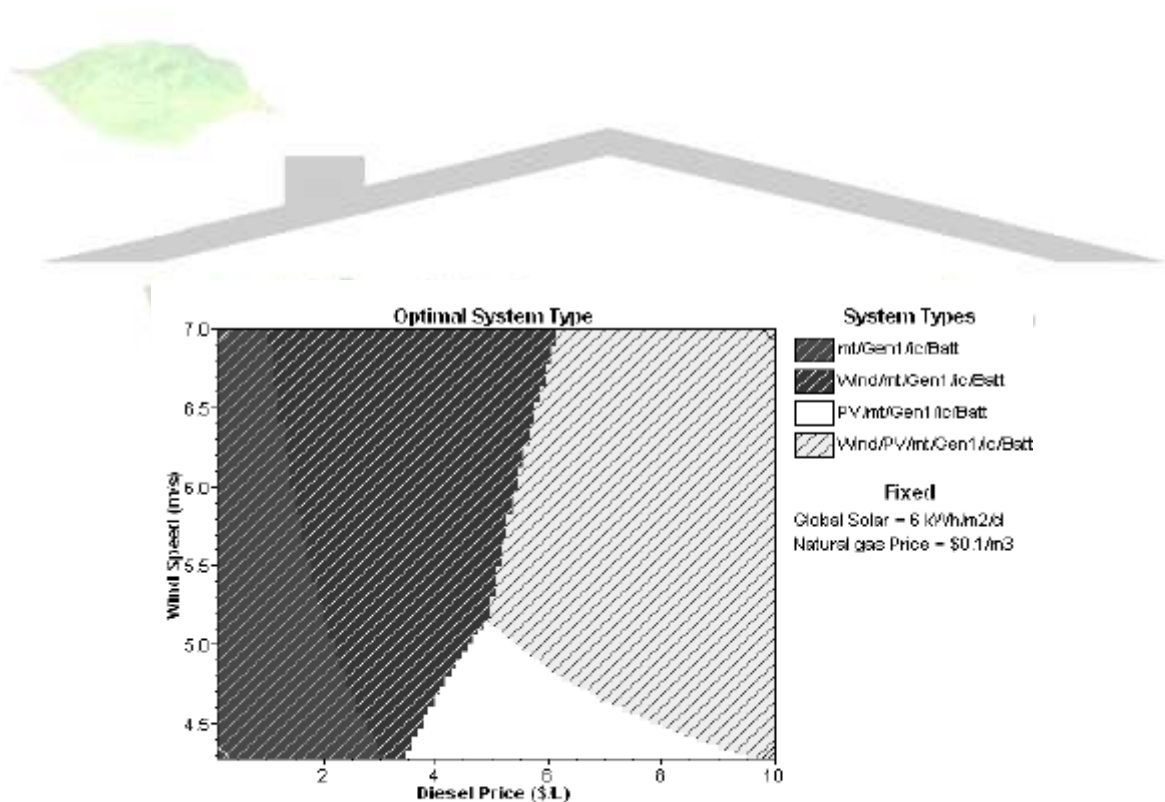
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

توربین بادی	فتولتاییک	پیل سوختی	میکرو توربین	موتورهای احتراق درونی	توربین احتراقی	COE
۰/۱۸۱۲	۰/۲۳۸۱	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	همدان
۰/۳۵۵۰	۰/۴۸۷۳	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	مشهد
۰/۱۹۶۳	۰/۱۷۵۷	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	کرمان
۰/۱۸۲۹	۰/۱۶۶۰	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	شیراز
۰/۴۴۶۴	۰/۵۵۲۳	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	رشت
۰/۱۸۴۶	۰/۲۲۳۰	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	تهران
۰/۱۶۸۱	۰/۴۹۹۰	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	تبریز
۰/۵۴۱۶	۰/۲۰۸۵	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	بندر عباس
۰/۳۲۸۸	۰/۱۹۲۶	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	اهواز
۰/۵۲۲۸	۰/۱۷۶۲	۰/۱۳۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۳۴	۰/۱۰۲۹	اصفهان

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



شکل (۴) نوع سیستم بهینه به ازای تابش خورشید - سرعت باد ثابت و قیمت سوخت فسیلی متغیر



شکل (۵) نوع سیستم بهینه به ازای تابش خورشید و بهای گاز طبیعی ثابت و قیمت سوخت دیزل و سرعت باد متغیر

۱-۴-۱۰: نتیجه گیری

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

برای مقایسه نتایج پروژه با نرم افزار Homer از پنج DG اصلی آرایه PV، توربین بادی، موتور احتراق درونی، میکرو توربین و دیزل ژنراتور کانتورتر و باتری برای شهر نمونه تهران استفاده کرده ایم.

همانطوریکه از نتایج مشخص است نرم افزار Homer چندین حالت بهینه را انتخاب کرده است که بهترین انتخاب استفاده از موتور احتراق درونی، میکرو توربین، دیزل ژنراتور و بدترین انتخاب استفاده از کلیه مولدهای تولید پراکنده می باشد. همانطوریکه از نتایج جدول مشخص است هزینه تولید الکتریسیته توسط DGها می باشد که با توجه به پتانسیل موجود در شهر تهران همانطوریکه انتظار داشتیم به ترتیب هزینه استفاده از موتور احتراق درونی کمتر از 10 درصد میکروتوربین 10 درصد دیزل ژنراتور 11 درصد توربین بادی 14 درصد و آرایه فتوولتائیک 41 درصد افزایش می یابد.



برخی از نتایج عبارتند از:

- ۱- با توجه به منابع گاز طبیعی فراوان در کشور ایران استفاده از نیروگاههای تولید پراکنده که با سوخت گاز کار می کنند دارای هزینه تولید برق کمتری می باشند.
- ۲- موتورهای احتراق درونی در تمامی شهرها دارای هزینه COE تری نسبت به دیگر نیروگاههای تولید پراکنده اعم از تجدید شدنی و تجدید نشدنی دارا می باشد.



**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۳- اگر فقط نیروگاههای تولید پراکنده تجدید شدنی را در نظر بگیریم مشاهده می شود که شهر شیراز برای استفاده از نیروگاههای فتوولتائیک در اولویت قرار دارد و شهرهای کرمان و اصفهان به ترتیب در اولویتهای بعدی قرار دارند.

۴- شهر تبریز برای استفاده از توربینهای بادی در بین شهرهای دیگر در اولویت قرار دارد و شهرهای همدان، شیراز و تهران بترتیب در اولویتهای بعدی قرار دارند.

۵- همانطوریکه از نتایج تحلیل حساسیت مشخص است با تغییرات قیمت سوخت دیزل و گاز طبیعی محدوده تصمیم گیری برای انتخاب دو  $DG$  توربین بادی و آرایه  $PV$  مشخص می باشد.

۶- با قیمت سوخت دیزل برابر  $0,1$  دلار بر لیتر انتخاب هیبرید سه دستگاه میکروتوربین ، دیزل ژنراتور و موتور احتراق درونی بهینه ترین انتخاب می باشد . اما هنگامی که سوخت دیزل برابر  $10$  دلار بر لیتر روستای دور افتاده در کوهستان باشد استفاده از انرژی های نو بهینه می باشد.

۷- در این پروژه به بازده گرمایی ناشی از دستگاههای  $DG$  اشاره نشده است که می توان بازده گرمایی ناشی از دستگاهها را نیز برای انتخاب بهینه در فرمول بندی مسئله در نظر گرفت.

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

## فهرست منابع و مأخذ

### فهرست منابع و مأخذ بخش ۱-۱

- [1] W. El-Khattam , M. M. A. Salama , " Distributed generation technologies , definitions and benefits " , *Electric Power Syst. Res.* , pp. 119-128 , 2004.
- [2] G. Pepermans , J. Driesen , D. Haeseldonckx , R. Belmans , W. D'haeseleer , "Distributed generation : definitions , benefits and issues " , *Energy Policy*, pp. 1-12 , 2003.
- [3] A. Thomas, A. Goran, S. Lennart, " Distributed generation: A definition " , *Electric Power Syst. Res.* 57 (3) ,pp. 195-204, 2001.
- [4] P. P. Barker , R. W. De Mello, " Determining the impact of distributed generation on power systems. I. Radial distribution systems" , *Proceeding of the power Engineering society Summer Meeting IEEE*, vol. 3, pp. 1645-1656 , 2000.
- [5] Ackermann, T., Andersson, G., Soder, L. "Distributed generation : a definition", *Electric Power Systems Research* 57, 195–204, 20016\_\_

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

## فهرست منابع و مأخذ بخش ۱-۲

- 1 - Willis, H. L. and Scott, W. G. (2000). *Distributed Power Generation Planning and Evaluation*. Marcel Dekker Pub. Co., New York.
- 2 - Barker, P. P. (2000). "Determining the impact of distributed generation on power systems: Part 1-Radial distribution systems." *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Summer Meeting*, PP. 1645–1656.
- 3 - *Distributed Generation in Liberalized Electricity Markets*. International Energy Agency, 2002.
- 4 - Kim, K. H., Lee, Y. J., Rhee, S. B., Lee, S. K. and You, S.K. (2002). "Dispersed generator placement using fuzzy-GA in distribution systems." *Proc. 2002 IEEE Power Engineering Soc. Summer Meeting, Vol. 3, Chicago, IL*, PP. 1148–1153.
- 5 - Griffin, T., Tomsovic, K., Secrest D. and Law, A. (2000). "Placement of dispersed generation systems for reduced losses." *Proc. 33rd Annu. Hawaii Int. Conf. Systems Sciences, Maui, HI*.
- 6 - Silvestri, A., Berizzi, A. and Buonanno, S. (1999). "Distributed generation planning using genetic algorithms," *Proc. IEEE PowerTech Budapest 99*, PP. 257.
- 7 - Wang, C. and Nehrir, M. H. (2004). "Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in power systems." *IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 19, No. 4*, PP. 2068–2076.
- 8 - Willis, H. L. (2000), "Analytical methods and rules of thumb for modeling DG-distribution interaction." *Proc. 2000 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, vol. 3, Seattle, WA*, PP. 1643–1644.

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

- 9 - Rau, N. S. and Wan, Y.H. (1994). "Optimum location of resources in distributed planning." *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 9, PP. 2014–2020.
- 10 - Kim, J. O., Nam, S. W., Park, S. K. and Singh, C. (1998). "Dispersed generation planning using improved hereford ranch algorithm." *Electric Power System Research*, Vol. 47, No. 1, PP. 47–55.
- 11 - Celli, G., Ghaiani, E., Mocci, S. and Pilo, F. (2005). "A multiobjective evolutionary algorithm for the sizing and siting of distributed generation." *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, No. 2, PP. 750–757.
- 12 - Brown, R. E., Pan, J., Feng, X. and Koutlev, K. (2001). "Sitting distributed generation to defer T&D expansion." *Proc. IEEE Transmission and Distribution Conf. and Expo. Vol. 2*, PP. 622–627.
- 13 - El-Khattam, W., Bhattacharya, K., Hegazy, Y. and Salama, M. M. A. (2004). "Optimal investment planning for distributed generation in a competitive electricity market." *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 19, No. 3, PP. 1674–1684.
- 14 - Rau, N. S. and Taylor, B. (1998). "A central inventory of storage and other technologies to defer distribution upgrades-optimization and economics." *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 13, No. 1, PP. 194–202.
- 15 - Caldon, R., Rossetto, F. and Scala, A. (2003). "Reactive power control in distribution networks with dispersed generators: a cost based method." *Electric Power Systems Research*, Vol. 64, PP. 209–217.
- 16 - Billinton, R. and Allan, R. N. (1996). *Reliability Evaluation of Power Systems*, Plenum, New York.
- 17 - Chapman, S. (1985). *Electric Machinery Fundamentals*, Mc Graw-Hill Pub. Co., New York.
- 18 - <http://www.lindo.com>

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

فهرست منابع و مأخذ بخش ۳-۱

علی محمد احمدی، بتول صفائی، "انرژیهای تجدیدپذیر و توسعه پایدار اقتصادی اجتماعی"،

مجموعه مقالات سمینار توسعه کاربرد انرژیهای نو ۱۴۳، بهمن ۱۳۷۶، تهران - صفحه ۱۵۱

[1] P. Appleby, "Renewables in the future energy supply", *Renewable Energy World*, Vol. 2, No. 4, 1999.

[2] Margit Mertens. "Solutions made in Germany", *Deutschland*. No. 2, April 2004. \_\_

فهرست منابع و مأخذ بخش ۴-۱

چهاردولی - دکتر بطحایی - پروژه کارشناسی "جایابی بهینه تولید پراکنده به منظ ور کاهش

تلفات در شبکه توزیع- " دانشکده برق خواجه نصیرالدین طوسی «پهنه بندی اقلیمی ایران»

3- دکتر محمد کسمایی

سازمان هواشناسی ایران

[7] Louis E AKPABIO, Sunday E.ETUK"Relationship Between Global Solar Radiation and Sunshine Duration for Onne, Nigeria. - Department of Physics, University of Uyo, Uyo-NIGERIA

[8] Wind Energy Systems by Dr. Gary L. Johnson November 21, 2001- Chapter 4-Wind Turbine Power 4-2

[9] Gumbel, E. J., *Statistics of Extremes*, Columbia University Press, New York, 1958. Wind Energy Systems by Dr. Gary L. Johnson November 202001- Chapter -Wind Characteristics 2-3

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

[10] Henry, David H. and Gary L. Johnson: "Distributions of Daily Extreme Winds and Wind Turbine Operation," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. EC-1, No. 2, June, 1986, pp. 125-130.

[11] Thom, H. C. S.: "New Distributions of Extreme Winds in the United States," *Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE* Vol. 94, No. ST7, Proc. Paper 6038, July 1968, pp. 1787-1801. *Wind Energy Systems* by Dr. Gary L. Johnson November 20, 2001

[12] Ackerman, T., Andersson, G., Sodder, L., 2001. *Distributed generation: a definition. Electric Power Systems Research* 57, 195–204.\_\_\_\_



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

فصل دوم :

مطالعات بار(مدل سازی و پخش بار ) در حضور منابع

تولید پراکنده "ارائه الگوریتم نوین جهت بررسی

تولیدهای پراکنده در مطالعات پخش بار، شبکه های

توزیع نامتقارن"



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

## چکیده

اتوماسیون در سیستم های توزیع جهت عملکرد مناسب و قابل قبول، نیازمند استفاده از نتایج یک پخش بار کارآمد و سریع می باشد. در شبکه های توزیع، به دلیل خصوصیات ویژه ای همچون ساختار شعاعی، نسبت  $R/X$  بالا، عدم تقارن شبکه، عدم تعادل بار و حضور تولید پراکنده، استفاده از روش های متداول گوس - سایدل و نیوتن - رافسون مناسب نمی باشد. همچنین حضور تولید پراکنده سبب ایجاد تغییراتی در شبکه از جمله پروفیل ولتاژ، افزایش سطح اتصال کوتاه، کاهش تلفات و غیره گردیده که این مسأله، کاربرد تکنیک های جدید جهت در نظر گرفتن تولیدات پراکنده را ضروری ساخته است. در این پروژه، ابتدا با مدل سازی دقیق اجزاء شبکه توزیع اعم از خطوط، ترانسفورماتور، بار و تولید پراکنده، الگوریتمی کارآمد بر پایه روش پخش بار نیوتن - رافسون، تعریف ضرایب مشارکت و حوزه های قلمرو ژنراتور ارائه شده است. همچنین جهت بهبودی همگرایی و جلوگیری از نوسانات آن در پخش بار شبکه های همراه با تولید پراکنده، استفاده از یک حلقه داخلی همگرایی کننده پیشنهاد و به الگوریتم اعمال شده است.

سپس با توجه به الگوریتم بیان شده و به کمک نرم افزار *Delphi*، نرم افزاری جهت انجام پخش بار شبکه تهیه و تدوین شده و صحت نتایج آن با نرم افزار *Digsilent* بررسی شده است. در پایان، اثر حلقه داخلی بر مسأله همگرایی، نتایج پخش بار، میزان تلفات و تأثیر حضور تولید پراکنده بر شبکه استاندارد 34 شین IEEE مورد بررسی قرار گرفته شده است.



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

۲-۱ : مقدمه

یکی از مهم ترین و وسیع ترین ابزارها جهت تجزیه و تحلیل سیستم های توزیع، آنالیز پخش بار می باشد. به طور کلی آنالیز پخش بار، اطلاعاتی را در مورد شرایط نقطه کار حالت پایدار یک سیستم ارائه می دهد. تحلیل پخش بار، ابزاری اساسی و مهم در بررسی سیستمهای قدرت، چه در طراحی و چه در بهره برداری میباشد. همچنین بهینه سازی یک سیستم قدرت نیازمند حل متوالی پخش بار بوده و انجام این کار با بالاترین بازده ممکن، بسیار حائز اهمیت می باشد. در سیستم های انتقال، روش های نیوتن-رافسون و گوس-سایدل بسیار رایج بوده که در شبکه های توزیع به دلیل با لا بودن نسبت  $R/X$ ، ساختار شعاعی، بارهای نامتعادل، عدم تقارن خطوط و وجود تولید پراکنده، استفاده از آنها مناسب نمی باشد. این خصوصیات ویژه، در اغلب موارد منجر به عدم همگرایی سریع شده و از اینرو نیاز به اجرای روش های خاص به منظور حل سریع پخش بار شبکه توزیع بیش از پیش احساس می گردد و همچنین به دلیل مقاومت بالای سیستم های توزیع، در حین انجام محاسبات پخش بار، تلفات شبکه باید مورد ملاحظه قرار گیرد. [3] در مرجع [4]، به منظور حل مسأله عدم تقارن شبکه و نامتعادل بودن بار، روش مؤلفه های متقارن و مدل سازی مجدد شبکه بر اساس این تکنیک بیان شده که مشکل اصلی این روش، صرف زمان زیاد جهت تبدیل متغیرهای فازی به مؤلفه های متقارن و بالعکس می باشد. در مرجع [5]، روش نیوتن-رافسون اصلاح شده، با استفاده از ماتریس ادمیتانس و بسط جملات اول و دوم سری تیلور به عنوان روش همگرا کننده مطمئن و سریع معرفی شده است.

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

در این پروژه، ابتدا مدل سازی دقیق اجزاء شبکه اعم از خطوط، ترانسفورماتور، بار و تولید پراکنده ارائه شده است. سپس با توجه به مرجع [3]، یک الگوریتم پخش بار نوین برپایه نیوتن-رافسون ارائه شده است. همچنین ضمن در نظر گرفتن مدل واقعی خطوط، جهت بهبود همگرایی و جلوگیری از نوسانات پخش بار شبکه های با تولید پراکنده، استفاده از یک حلقه داخلی همگرایی پیشنهاد و بدین ترتیب الگوریتم ارائه شده اصلاح یافته است. پس از آن، با توجه به الگوریتم بیان شده و به کمک نرم افزار *Delphi*، نرم افزاری جهت انجام پخش بار شبکه تهیه و تدوین شده که صحت نتایج آن با نرم افزار *Digsilent* تأیید شده است. در پایان با در نظر گرفتن شبکه استاندارد 34 شین *IEEE*، تأثیر حلقه داخلی بر همگرایی، نتایج پخش بار، میزان تلفات و تأثیر حضور تولید پراکنده بر آن ها، مورد بررسی قرار گرفته شده است.



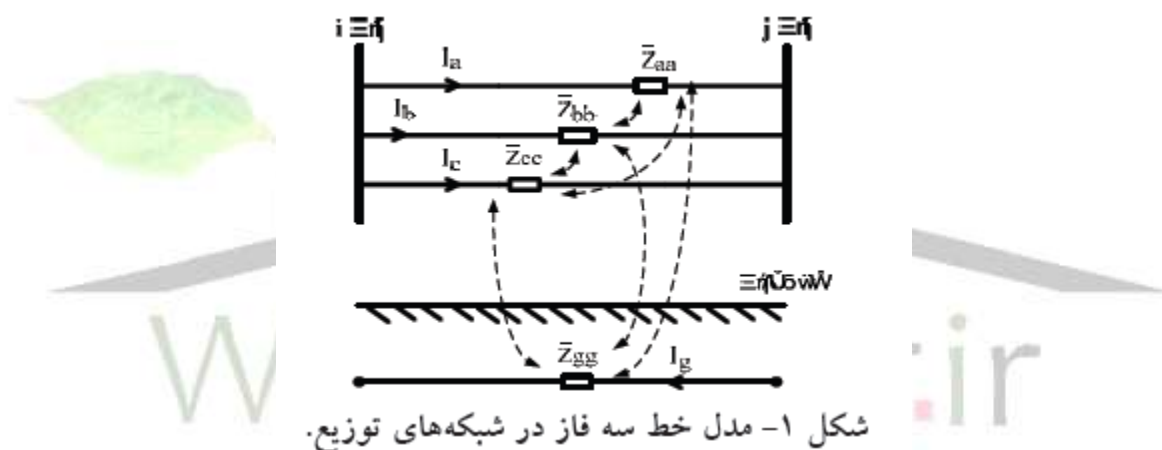
## ۲-۲: مدل سازی شبکه های توزیع

با توجه به نامتقارن بودن شبکه و نامتعادل بودن بارهای مشترکین، سیستم های توزیع به شدت نامتعادل می باشند. بنابراین جهت بررسی دقیق سیستم های توزیع، در نظر گرفتن مدل سه فاز عناصر آن ضروری می باشد. در این بخش، اجزاء مختلف شبکه به طور کامل مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس مدل مناسب بی جهت استفاده در الگوریتم پخش بار ارائه شده است.

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

### ۱-۲-۲: خطوط توزیع

تعیین و محاسبه امپدانس خطوط هوایی، به عنوان گامی مهم پیش از بررسی سیستم های توزیع در نظر گرفته می شود. به دلیل وجود خطوط تک فاز و دوفاز و همچنین خطوط سه فاز بدون جایگشت 1 با بارهای نامتعادل، لازم است که در بررسی امپدانس این خطوط، زمین به عنوان مسیر برگشت بارهای نامتعادل در نظر گرفته شود. شکل 1 نمونه ای از یک خط سه فاز در سیستمهای توزیع را نشان میدهد.



در این پروژه جهت محاسبه دقیق امپدانس های خودی و متقابل خطوط هوایی شبکه توزیع، از روابط کارسون استفاده شده که جزئیات آن در مراجع [6] و [7] بیان شده است. بنابراین برای امپدانسهای خودی و متقابل به ترتیب داریم:

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

$$Z_{ii} = r_i + 9.869 \times 10^{-4} \cdot f + j1.256 \times 10^{-3} \cdot f \cdot \left( \ln \frac{1}{GMR_i} + 6.4905 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (1)$$

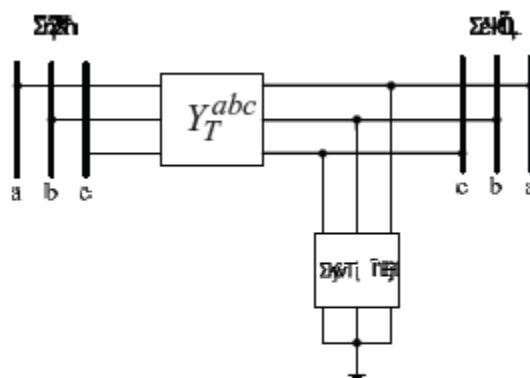
$$Z_{ij} = 9.86963 \times 10^{-4} \cdot f + j1.25664 \times 10^{-3} \cdot f \cdot \left( \ln \frac{1}{D_{ij}} + 6.4905 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (2)$$

در این روابط  $f$  فرکانس شبکه و  $\rho$  مقاومت ویژه زمین میباشند.

## ۲-۲-۲ : ترانسفورماتورهای توزیع

از مهم ترین و پیچیده ترین عناصر شبکه جهت مدل سازی، ترانسفورماتورها می باشند. در نظر گرفتن مسائلی همچون نوع اتصال، وجود تپ چنجرها، تلفات در هسته و سیم پیچ ها، مدل سازی این جزء از اجزای شبکه، در حل مسأله پخش بار از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. با توجه به این مطلب، جهت مدل سازی کامل ترانسفورماتور می توان از دو ماتریس تلفات هسته و ادمیتانس سری  $Y_T^{abc}$  استفاده نمود. [8] شکل 2 مدل جامع ترانسفورماتور را نشان داده که در ادامه هر یک از بخش های آن بررسی شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۲- مدل جامع ترانسفورماتور.

۱. مدل سازی تلفات هسته

بر اساس تحقیقات *EPR1*، می توان تلفات هسته را با استفاده از رابطه (3) در نظر گرفت [8]. بنابراین جهت محاسبه تلفات هسته ترانسفورماتورها خواهیم داشت:

$$P(p.u.) = \frac{S_n}{S_b} (A|V|^2 + Be^{C|V|^2})$$

$$Q(p.u.) = \frac{S_n}{S_b} (D|V|^2 + Ee^{F|V|^2})$$

(۳) r.ir

در این روابط داریم:

$V$  = دامنه ولتاژ بر حسب پریونیت.

$S_n$  = توان ظاهری نامی بر حسب کیلو ولت آمپر.

$S_b$  = توان ظاهری مبنای شبکه بر حسب کیلو ولت آمپر.

برای ضرایب مربوطه داریم:

$$A = 0.00267 \quad , \quad B = 0.734 \times 10^{-9} \quad , \quad C = 13.5$$

$$D = 0.00167 \quad , \quad E = 0.268 \times 10^{-13} \quad , \quad F = 22.7$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## ۲. ماتریس ادمیتانس

با توجه به شکل 2، نوع اتصال ترانسفورماتور و وجود تپ چنجر، به کمک ماتریس ادمیتانس سری مدل سازی می شود. چگونگی تشکیل ماتریس فوق به ازای انواع آرایش های متفاوت شامل آرایش ستاره - مثلث ترانسفورماتورها در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول ۱- زیرماتریس های به کار رفته در تشکیل ماتریس ادمیتانس ترانسفورماتور سه فاز.

نوع اتصال		ادمیتانس خودی		ادمیتانس متقابل	
اولیه (p)	ثانویه (s)	$Y_p^{abc}$	$Y_s^{abc}$	$Y_{ps}^{abc}$	$Y_{sp}^{abc}$
Yg	Yg	$Y_I$	$Y_I$	$-Y_I$	$-Y_I$
Yg	Y	$Y_{II}$	$Y_{II}$	$-Y_{II}$	$-Y_{II}$
Yg	D	$Y_I$	$Y_{II}$	$Y_{III}$	$Y_{III}^t$
Y	Yg	$Y_{II}$	$Y_{II}$	$-Y_{II}$	$-Y_{II}$
Y	Y	$Y_{II}$	$Y_{II}$	$-Y_{II}$	$-Y_{II}$
Y	D	$Y_{II}$	$Y_{II}$	$Y_{III}$	$Y_{III}^t$
D	Yg	$Y_{II}$	$Y_I$	$Y_{III}^t$	$Y_{III}$
D	Y	$Y_{II}$	$Y_{II}$	$Y_{III}^t$	$Y_{III}$
D	D	$Y_{II}$	$Y_{II}$	$-Y_{II}$	$-Y_{II}$

عناصر تشکیل دهنده ماتریس عبارتند از:

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

$$Y_I = \begin{bmatrix} y_t & 0 & 0 \\ 0 & y_t & 0 \\ 0 & 0 & y_t \end{bmatrix}, \quad Y_{II} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2y_t & -y_t & -y_t \\ -y_t & 2y_t & -y_t \\ -y_t & -y_t & 2y_t \end{bmatrix}$$

$$Y_{III} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} -y_t & y_t & 0 \\ 0 & -y_t & y_t \\ y_t & 0 & -y_t \end{bmatrix} \quad (۴)$$

همچنین در صورتی که نسبت تپ ترانسفورماتور مخالف یک و برابر  $\alpha$ :  $\beta =$  ثانویه:اولیه باشد،

ماتریس ادمیتانس سری به صورت زیر اصلاح میگردد:

الف - تمامی عناصر ماتریس ادمیتانس خودی اولیه بر  $\alpha^2$  تقسیم میگردند.

ب - تمامی عناصر ماتریس ادمیتانس خودی ثانویه بر  $\beta^2$  تقسیم میگردند.

ج - تمامی عناصر ماتریس ادمیتانس متقابل بر  $\beta\alpha$  تقسیم میگردند.

### ۳-۲-۲: مدل سازی بارهای شبکه

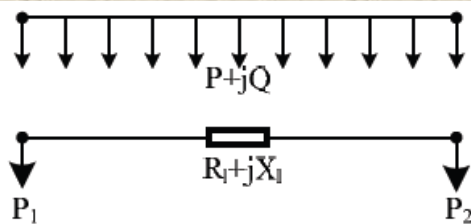
به طور متداول فیدر های شبکه توزیع، بارها را از طریق ترانسفورماتورها در محل های مختلف

خط تغذیه می کنند. با توجه به تعداد زیاد بارها، در نظر گرفتن تک تک آن ها به عنوان گره،

مناسب نبوده و جهت کاهش تعداد گره ها از مدل بارهای گسترده معادل سازی به بارهای

متمرکز استفاده می شود. شکل 3 چگونگی مدل سازی یک بار گسترده را نشان می دهد

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



شکل ۳- معادل سازی بارهای گسترده به متمرکز.

با توجه به شکل 4 برای بارهای گسترده داریم:

(۵)

$$P_1 = (1 - \eta)(P + jQ) , P_2 = \eta(P + jQ)$$

(۶)

$$\eta = \frac{V^2}{(V_2 + V_1)} \left[ V_1 \ln \frac{V_1}{V_2} + (V_2 + V_1) \right] , 0 < \eta < 1$$

در صورتی که  $V_1 \cong V_2$  در نظر گرفته شود، می توان  $\eta$  را بهطور تقریبی 0.5 فرض نمود. در

این صورت نصف برابر مجموع بار کل فیذر توزیع در انتها و نصف دیگر آن، در ابتدا قرار خواهد گرفت. در این پروژه جهت بررسی بارهای متمرکز، از انواع مدل های بار شامل توان ثابت، امپدانس ثابت، جریان ثابت و همچنین ترکیبی از آن ها استفاده شده است. جزئیات مدل بارهای متمرکز در مرجع [8] بیان شده است.

۴-۲-۲: مدل سازی تولید پراکنده

تولید های پراکنده DG در شبکه های توزیع به دو صورت در نظر گرفته میشوند:



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

✓ تولیدهای پراکنده غیر مشارکتی مدل PQ

✓ تولیدهای پراکنده مشارکتی مدل PV

دسته اول که هیچ کنترل بر ولتاژ ترمینال های خود ندارند، به صورت بارهای PQ ثابت و با علامت منفی به شبکه اعمال شده و دسته دوم که دارای فناوری بالاتری بوده و قادر به تنظیم ولتاژ و کنترل توان خروجی میباشند، در نقش شین های ظاهر میشوند و به صورت زیر در الگوریتم پخش بار لحاظ می شوند

✓ توان اکتیو تزریقی کل مجموع توان اکتیو سه فاز یا توان مکانیکی ورودی در هر تکرار می تواند ثابت یا قابل تنظیم باشد.

✓ دامنه های ولتاژ هر فاز  $|V_i^p|$  برابر و مقدار مشخصی دارند.

✓ زوایای ولتاژ سه فاز  $\theta_i^p$  مجهول میباشند و رابطه 7 برای آنها برقرار است:

$$\theta_i^c = \theta_i^a + 120 \quad , \quad \theta_i^b = \theta_i^a - 120 \quad (7)$$

۲-۳: ضرایب مشارکت و قلمرو ژنراتورها

به منظور تعیین سهم تلفات هر ژنراتور و پست اصلی از کل تلفات شبکه، ضرایب مشارکت تعریف می گردند. این ضرایب با در نظر گرفتن توپولوژی شبکه، توزیع بار و ظرفیت های هر منبع شامل پست و تولید پراکنده تعیین می گردد. ضرایب مشارکت را می توان به کمک رابطه (8) تعریف کرد.

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

$$K_i = \frac{P_{Gi}^{loss}}{P_{Loss}} \quad i = 0,1,2,\dots,m \quad (8)$$

در این رابطه داریم:

$$\sum_{i=0}^m K_i = 1$$

$$P_{Gi}^{loss} = P_{Gi}^{loss,a} + P_{Gi}^{loss,b} + P_{Gi}^{loss,c}$$

$m$ : تعداد DG های اشتراکی در سیستم.

$P_{Loss}$ : کل تلفات توان اکتیو سیستم.

$P_{Gi}^{loss}$ : تلفات مربوط به ژنراتور  $i$  ام.

$P_{Gi}^{loss,p}$ : تلفات مربوط به ژنراتور  $i$  ام در فاز  $P$

در روابط فوق، اندیس صفر مربوط به پست تغذیه کننده سر فیدر میباشد.

همچنین قلمرو ژنراتوری به سهم هر ژنراتور در تأمین بار شبکه علاوه بر تلفات آن گفته می

شود. با توجه به این تعریف، برای هر ژنراتور داریم:

$$P_{Gi} = P_{Gi}^{load} + P_{Gi}^{loss} \quad i = 0,1,2,\dots,m \quad (9)$$

$$P_{Gi}^{load} = P_{Gi}^{load,a} + P_{Gi}^{load,b} + P_{Gi}^{load,c} \quad (10)$$

$P_{Gi}^{load}$ : بار مربوط به ژنراتور  $i$

$P_{Gi}^{load,p}$ : بار مربوط به ژنراتور  $i$  در فاز  $P$



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

در این قسمت جهت اجرای پخش بار، ابتدا مفروضات مسأله و سپس قيود حاکم و روابط

مورد نیاز پخش بار بیان شده است. همچنین در پایان این بخش، الگوریتم برنامه به همراه

فلوچارت آن ارائه شده است. مفروضات سیستم جهت ارائه روابط و الگوریتم پخش بار به

صورت زیر می باشند:

✓ سیستم دارای  $n+1$  شین میباشد.

✓ سیستم دارای  $m$  شین تولید  $PV$  میباشد.

✓ شین صفر شین پست میباشد.

✓ شین های 1 تا  $m$ ، شین های تولید و بقیه شین های بار  $PQ$  میباشد.

قيود مسأله به صورت زیر میباشد:

$$P_{Gi}^{Min} < P_{Gi} < P_{Gi}^{Max}, Q_{Gi}^{Min} < Q_{Gi} < Q_{Gi}^{Max} \quad (14)$$

بنابراین با توجه به رابطه (14)، توان های اکتیو و راکتیو همه

ژنراتورها باید در محدوده مجاز تعریف شده قرار گیرند.

معادله نیوتن-رافسون توسط ماتریس ژاکوبین  $J$  با رابطه (15) بیان میگردد:

$$F = J \cdot \Delta x \quad (15)$$

در این رابطه  $\Delta x$  بیانگر مجهولات مسأله بوده و شامل موارد زیر می باشد:

تلفات کل:

$$P_{Loss}$$

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

زاویه شین های تولید:

$$\theta_i^a \quad i = 1, \dots, m$$

زاویه و ولتاژ شین های بار:

$$\theta_i^p, |V_i^p| \quad i = m+1, \dots, n \text{ و } p = a, b, c$$

$F$  نیز مقادیر معلوم مسأله بوده و برای پست و شین های ژنراتور به صورت رابطه (16) تعریف

میگردد:

$$f_{Pi} = (P_{Gi}^{load} + K_i P_{Loss}) - \sum_{p=a}^c P_{Di}^p - \sum_{p=a}^c P_i^p = 0 \quad (16)$$

$$, \quad i = 0, 1, 2, \dots, m$$

برای شینهای بار نیز خواهیم داشت :

$$f_{Pi}^p = -P_{Di}^p - P_i^p = 0 \quad i = m+1, m+2, \dots, n$$

$$f_{Qi}^p = -Q_{Di}^p - Q_i^p = 0 \quad (17)$$

در روابط (17) با در نظر گرفتن اثر امیدانس متقابل بین خطوط داریم:

$$P_i^p = |V_i^p| \left| \sum_{k=0}^n \sum_{q=a}^c |V_k^p| \left[ g_{ik}^{pq} \cos(\theta_i^p - \theta_k^q) + b_{ik}^{pq} \sin(\theta_i^p - \theta_k^q) \right] \right|$$

$$Q_i^p = |V_i^p| \left| \sum_{k=0}^n \sum_{q=a}^c |V_k^p| \left[ g_{ik}^{pq} \sin(\theta_i^p - \theta_k^q) - b_{ik}^{pq} \cos(\theta_i^p - \theta_k^q) \right] \right|$$

در این روابط ،  $P_{Di}^p$  و  $Q_{Di}^p$  به ترتیب بار های اکتیو و راکتیو شین  $i$  در فاز  $P$  میباشند.

مراحل الگوریتم به صورت زیر بیان می گردد:

گام ۱- ابتدا به مجهولات مقادیر اولیه ولتاژها برابر 1 و زاویه ها و تلفات کل سیستم برابر

صفر داده میشود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

گام ۲- شمارنده تکرار صفر قرار داده می شود  $k=0$

گام ۳-  $P_{Gi}^{load}$  دلخواه و  $K_i$  اولیه برای هر ژنراتور به صورت رابطه (18) تنظیم میشود:

$$P_{Gi}^{load} < P_{Gi}^{rated}, \quad K_i^{(k)} \leq 1 \quad (18)$$

همچنین این پارامتر، برای پست به صورت زیر خواهد بود:

$$P_{G0}^{load} = \sum_{i=0}^n \sum_{p=a}^c P_{Di}^p - \sum_{i=1}^m P_{Gi}^{load}, \quad K_0^{(k)} \leq 1 \quad (19)$$

گام ۴- مقدار  $F^{(k)}(x^{(k)})$  تعیین میگردد.

گام ۵- توقف برنامه اگر  $\|F^{(k)}\|$  کوچکتر از همگرایی مطلوب باشد.

گام ۶- مقادیر  $J^{(k)} = (\partial F / \partial x)|_{x=x^{(k)}}$  تعیین می گردند.

گام ۷- معادله  $J^{(k)} \Delta x^{(k)} = F^{(k)}$  حل می گردد.

گام ۸- قادیر ولتاژها و زاویه ها به صورت  $x^{(k+1)} = x^{(k)} + \Delta x^{(k)}$  اصلاح می گردند.

گام ۹- افزایش مقدار شمارنده  $k=k+1$

گام ۱۰- بررسی حدود توان اکتیو و راکتیو تولیدهای پراکنده مشارکتی.

گام ۱۱- جهت های پخش بار مثبت و قلمرو ژنراتورها برای پست و DG های اشتراکی تعیین می گردد.

گام ۱۲- محاسبه  $K_i^{(k)}, K_0^{(k)}$  و بازگشت به گام چهارم

در این پروژه، با توجه به نحوه تعریف ضرایب مشارکت ژنراتورهای پراکنده و محدوده های توان

اکتیو و راکتیو آن ها و همچنین حدود تپ تنظیم کننده های ولتاژ، الگوریتم بیان شده در

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

مرجع تصحیح و کامل گردیده است. این اصلاحات که سبب افزایش کارایی الگوریتم فوق گردیده به صورت زیر بیان می گردد:

- خروج توان راکتیو تولیدی هر ژنراتور از محدوده های تعیین شده به منزله این است که ژنراتور به یک تولید کننده توان ثابت تبدیل میگردد.

- خروج توان اکتیو تولیدی هر ژنراتور از محدوده های تعیین شده به منزله این است که ژنراتور، از حالت  $PV-SLACK$  وضعیت  $Ki > 0$  به حالت  $PV$  وضعیت  $Ki = 0$  تبدیل شده که ضریب  $Ki$  ضریب مشارکت می باشد.

- در حالتی که شین  $PV$  در شبکه موجود باشد، این امکان وجود دارد که جواب های پخش بار

بین دو نقطه همگرایی نوسان کنند و توانهای تولیدی در محدوده تعیین شده متغیر باشند؛ که

این مسأله منجر به افزایش تعداد تکرار برای رسیدن به همگرایی مطلوب می شود. با افزایش

تعداد شین های  $PV$ ، تعداد نقاط همگرایی نیز به همان نسبت افزایش می یابد. برای رفع این

مشکل می توان از دو حدود داخلی و خارجی استفاده نمود. به این صورت که ابتدا شین

های  $PV$  همگی بدون محدودیت در نظر گرفته شده تا جواب ها به همگرایی قابل قبول

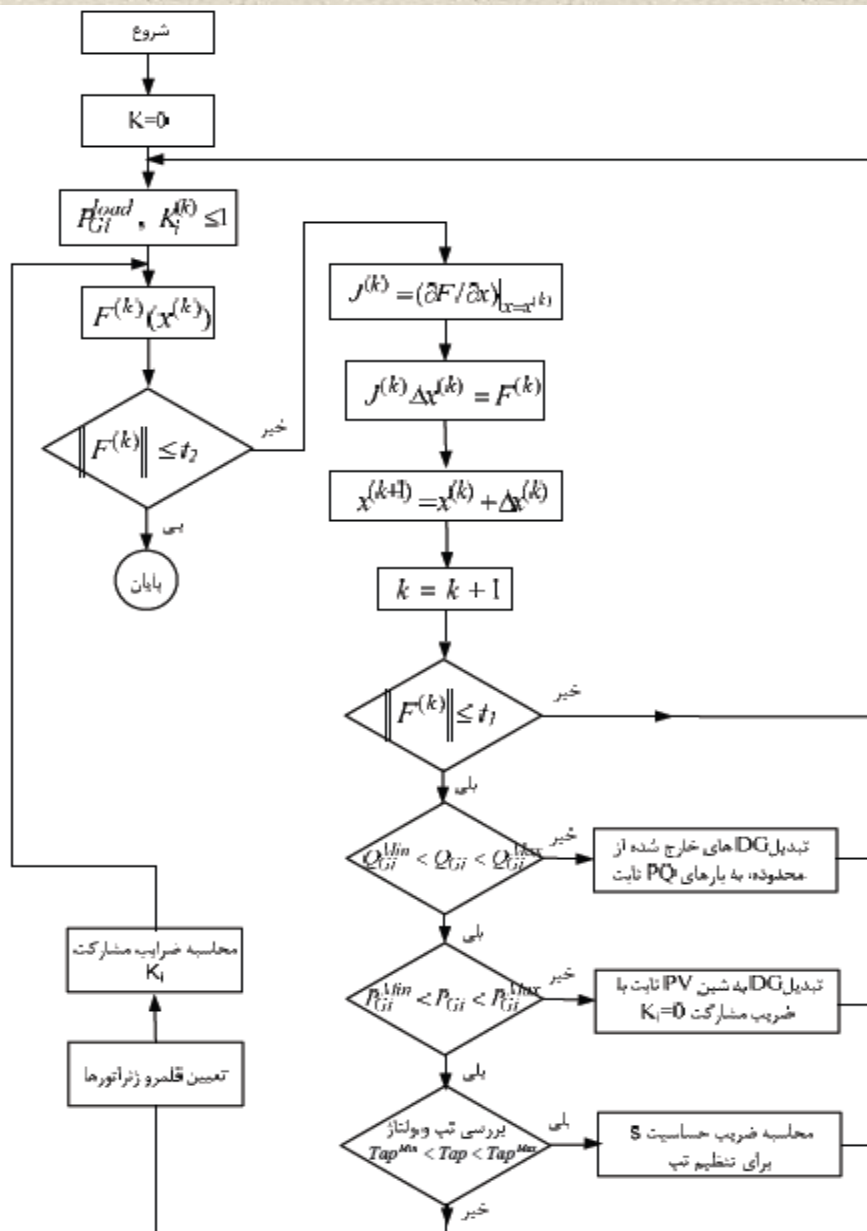
اولیه  $t1 \geq error$  دست یابند. سپس محدودیتها اعمال شده و این فرآیند تا همگرایی مطلوب

$t2 \geq error$  ادامه مییابد.

از این تکنیک می توان تعیین مناسب تپ تنظیم کننده های ولتاژ نیز استفاده نمود. باتوجه

به مطالب ارائه شده، فلوچارت الگوریتم اصلاح شده، در شکل 4 نشان ارئه گردیده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۴- دیاگرام الگوریتم اصلاح شده پخش بار.

۲-۵ : نتایج شبیه سازی

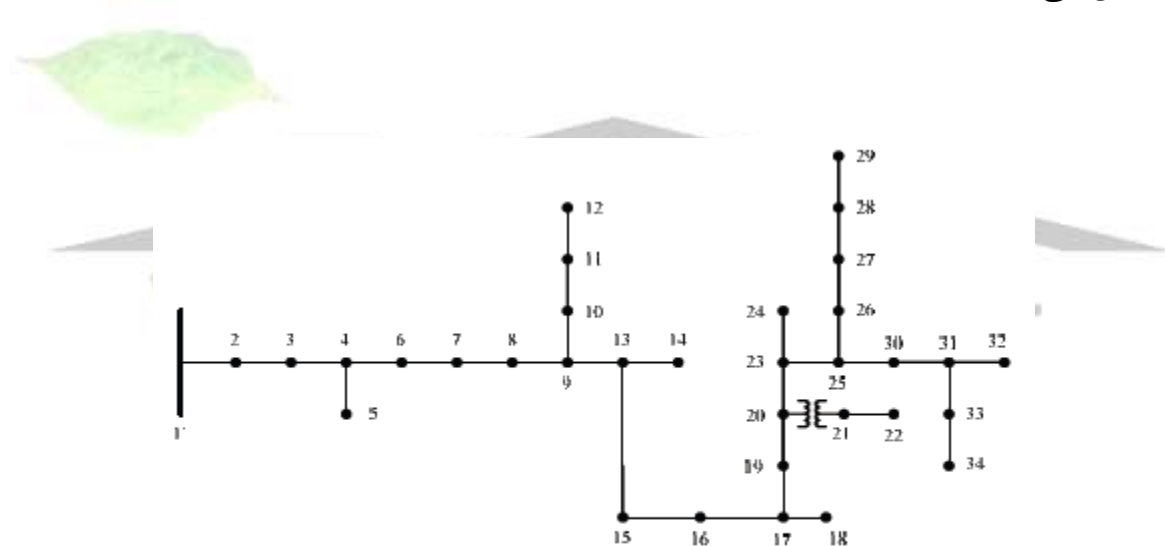
در این پروژه با استفاده از نرم افزار *Delphi*، نرم افزاری جهت پخش بار شبکه های نامتقارن توزیع همراه با *DG* تهیه شده است. این نرم افزار، ابتدا عناصر موجود شبکه را بر اساس روابط بیان شده، مدل سازی کرده و سپس به کمک الگوریتم ارائه شده، پخش بار شبکه



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

سه فاز مورد نظر را انجام می دهد. صحت اجرای نرم افزار تهیه شده با نرم افزار *Digilent* تأیید شده است.

در این بخش با توجه به اهمیت حضور تولیدهای پراکنده در میزان همگرایی، ابتدا این مسأله در انجام پخش بار و مزیت استفاده از اعمال حلقه داخلی بر آن بررسی شده است. سپس اثر استفاده از تولیدهای پراکنده بر برخی از خصوصیات شبکه از قبیل پروفیل ولتاژ و تلفات سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این پروژه شبکه استاندارد 34 شین IEEE به عنوان سیستم نمونه بوده که مشخصات آن در مرجع [10] ارائه شده است. شکل 5 شبکه مورد نظر را نشان می دهد.



شکل ۵- شبکه استاندارد ۳۴ شین IEEE.

همانطور که در بخش قبلی بیان شد، به منظور جلوگیری از نوسان جواب در دو حالت خروج و عدم خروج ژنراتورها از حدود تعیین شده، می توان از یک حلقه داخلی با مقدار همگرایی بزرگتر از همگرایی مطلوب بهره برد. در این حالت ولتاژ شین های دیگر شبکه به مقدار مورد نظر نزدیک شده و پس از اعمال محدودیت ها بر ژنراتورهای موجود، جواب های قابل قبول با

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

تعداد تکرار کمتری به دست خواهد آمد. در جدولهای 2 و 3 تعداد تکرار در همگرایی مطلوب مورد نظر و برای مقدارهای مختلف همگرایی داخلی  $t_1$  بررسی شده است. مقدار 10 به  $t_1$ ، معادل عدم لحاظ کردن حلقه داخلی و مقدار 0.0001 معادل عدم لحاظ کردن حدود ژنراتورها میباشد.

$t_1$	۱۰	۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱
تعداد تکرار	۸	۹	۹	۶	۶	۴*

جدول ۲- اثر همگرایی حلقه داخلی (وضعیت اول با دو DG).

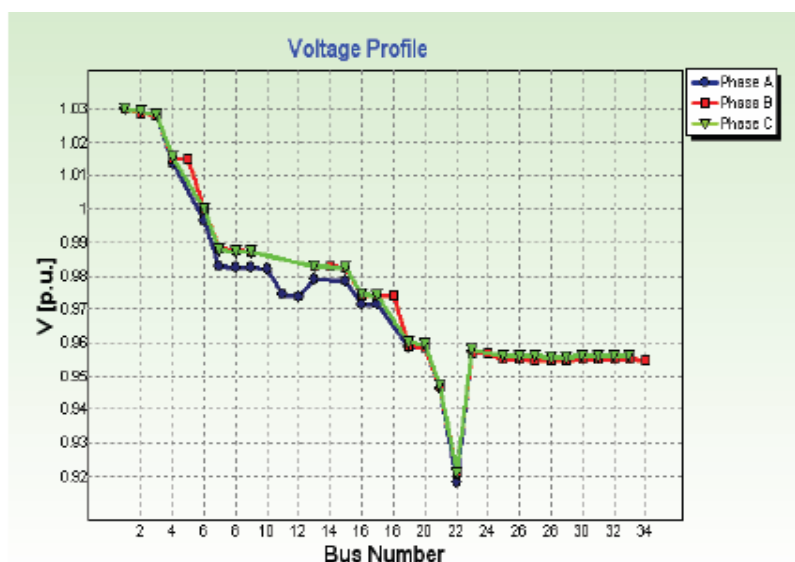
$t_1$	۱۰	۱	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱
تعداد تکرار	واگرا	واگرا	۸	۹	۴*	۴*

جدول ۳- اثر همگرایی حلقه داخلی (وضعیت دوم با سه DG).

همگرایی بدون در نظر گرفتن حدود تولید پراکنده در پخش بار. برای وضعیت اول به دلیل خروج ژنراتور در همان ابتدای کار، پخشبار در حالت بدون حلقه همگرا کننده داخلی با تعداد تکرار کمتری نسبت به مقدار همگرایی داخلی 0.1 انجام شده است. درحالیکه در وضعیت دوم، نوسان جواب ها منجر به عدم همگرایی شده است. همچنین در جدول 3 برای همگرایی داخلی 0.001 با وجود همگرایی سریع که به دلیل عدم لحاظ کردن حدود ژنراتورها حاصل شده، جواب به دست آمده نامعتبر می باشد. با توجه به نتایج به دست آمده چنین به نظر میرسد که مقدار حلقه همگرا کننده داخلی نباید به مقدار همگرایی نهایی بسیار نزدیک بوده و نیز انتخاب مقداری بزرگ مناسب نمی باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جهت بررسی اثر تولید پراکنده بر پروفیل ولتاژ شبکه، در ابتدا در حالتی که هیچ تولید پراکنده ای در شبکه وجود نداشته، برنامه را اجرا کرده و در نتیجه پروفیل ولتاژ شبکه در شکل 6 نشان داده شده است.



شکل ۶- پروفیل ولتاژ شبکه در وضعیت بدون DG.

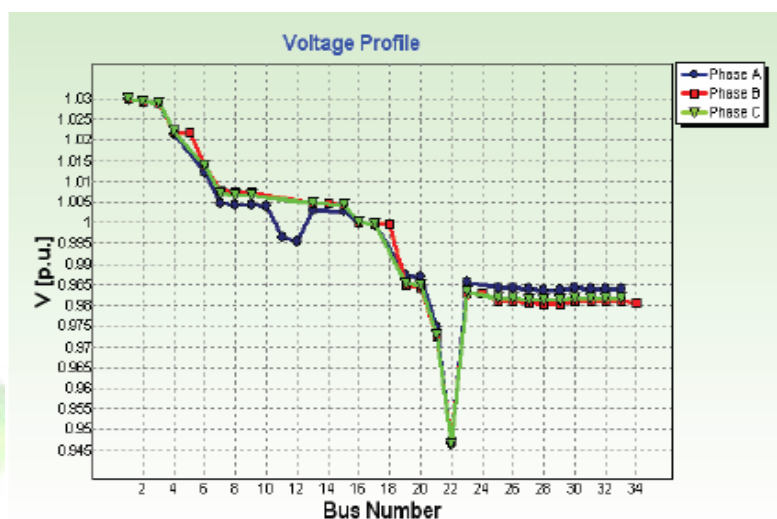
با توجه به پروفیل ولتاژ نشان داده شده در شکل 6، در برخی از شین های شبکه افت ولتاژی شدید و غیر قابل قبول مشاهده می شود. وجود بارهای سنگین و فاصله بسیار زیاد آن ها از شین مرجع که از ویژگی های شبکه استاندارد 34 شین IEEE بوده، مهم ترین عامل ایجاد چنین افت ولتاژی می باشد. همچنین مطابق انتظار از شبکه های توزیع، عدم تعادل بارها در شبکه سبب متفاوت بودن ولتاژ فازی شین ها شده که این مطلب در شکل 6 به وضوح مشخص می باشد.

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

اکنون جهت بررسی نتیجه استفاده از تولید پراکنده بر پروفیل ولتاژ شبکه، ژنراتوری با توان

900 کیلو وات در شین 16 فرض می شود. در شکل 7 پروفیل ولتاژ جدید نشان داده شده

است.



شکل ۷- پروفیل ولتاژ برای DG در شین ۱۶.

با مقایسه دو شکل 6 و 7 می توان دید که تنها با حضور یک تولید پراکنده در شبکه، ولتاژ

تمامی شین های شبکه افزایش یافته که این بهبودی در شین های دورتر از شین اصلی

محسوس تر است.

در گامی دیگر و جهت بررسی بیشتر تأثیرگذاری تولید پراکنده بر پروفیل ولتاژ شبکه، ژنراتور

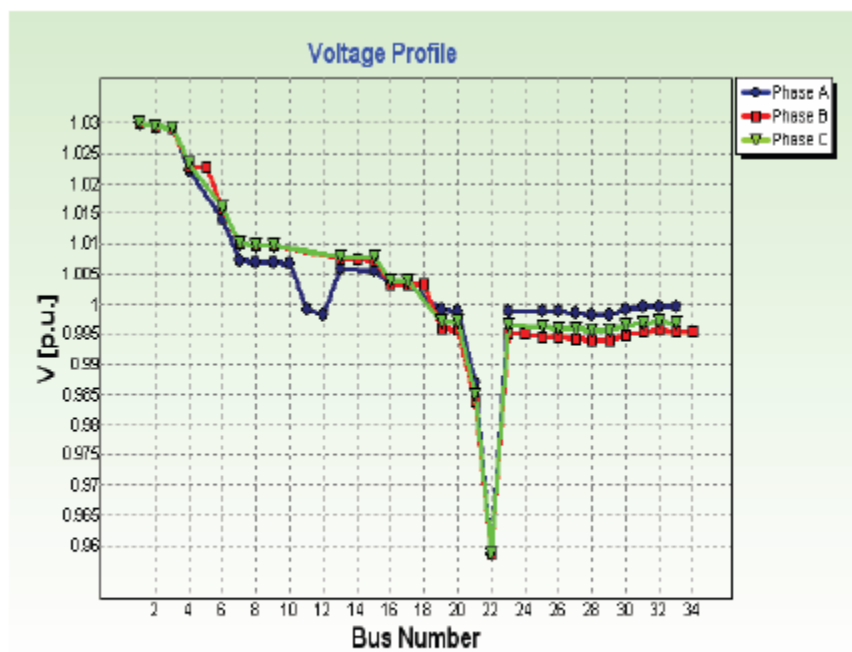
حالت قبلی در شین 32 فرض می شود. با اجرای پخش بار دیگر، پروفیل ولتاژ شبکه مطابق

شکل 8 به دست می آید. با مقایسه شکل های 6 و 8، می توان دید که در این حالت نیز حضور

ژنراتور در شبکه تأثیر محسوسی بر پروفیل ولتاژ شینها داشته است.

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

همچنین با در نظر گرفتن نتایج حالت قبل شکل 7 در نظر داشتن ژنراتور در شین 32 نسبت به شین 16، به بهبودی ولتاژ شین ها کمک بیشتری نموده است. در این حالت با فرض مجاز

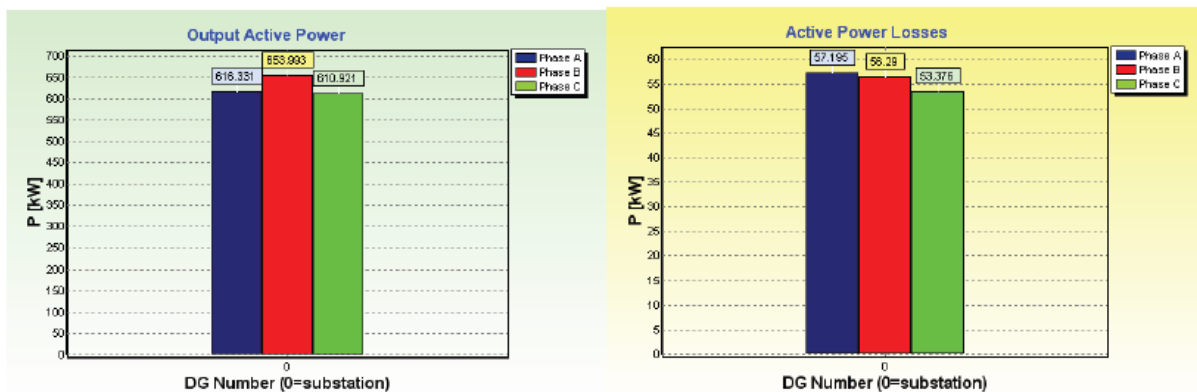


شکل ۸- پروفیل ولتاژ برای DG در شین ۳۲

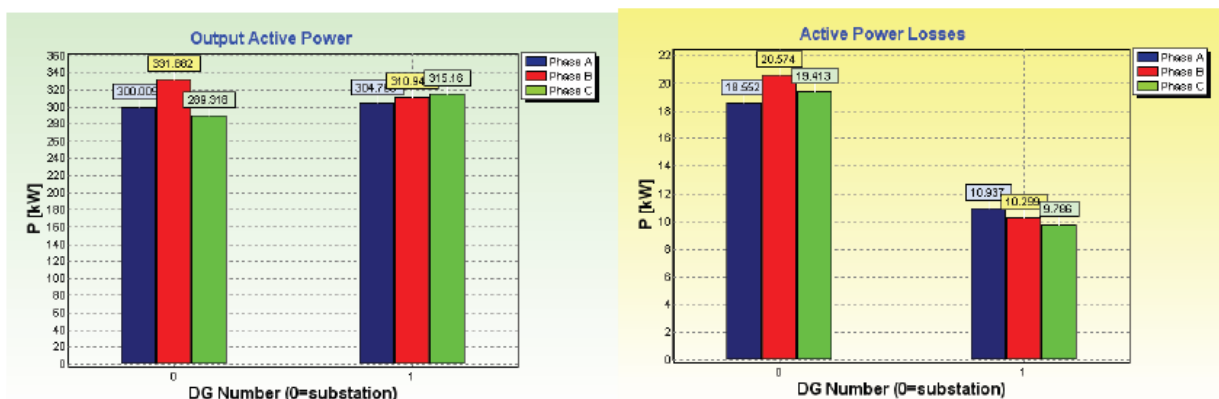
بودن افت ولتاژ 5 درصد بر خلاف حالت های قبل، تمامی شین های شبکه در محدوده ولتاژ قابل قبول قرار گرفته اند. یکی از مهم ترین دلایل استفاده از تولید پراکنده در شبکه، نزدیک تر شدن محل تولید به مصرف و در نتیجه کاهش تلفات بوده که از قابلیت های نرم افزار تهیه شده تعیین این مقدار در کنار پخش بار شبکه می باشد. در شکل های 9 تا 11، میزان توان خروجی پست و ژنراتور در صورت وجود و تلفات شبکه به ازای حالت های مختلف آن بررسی شده است.

در ابتدا در حالتی که هیچ تولید پراکنده ای در شبکه وجود

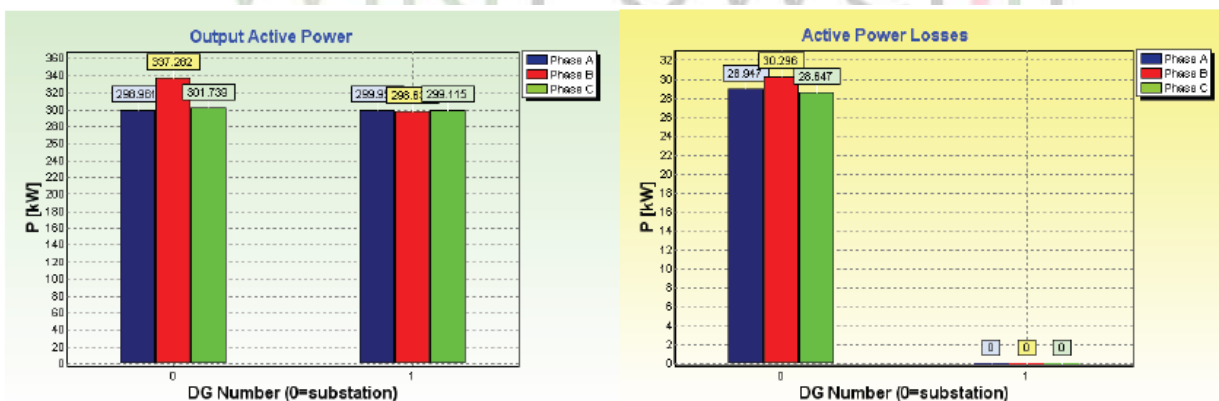
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۹- سهم تلفات و توان خروجی سه فاز پست در حالت بدون تولید پراکنده.



شکل ۱۰- سهم تلفات و توان خروجی سه فاز در حالت حضور تولید پراکنده در شین ۱۶.



شکل ۱۱- سهم تلفات و توان خروجی سه فاز در حالت حضور تولید پراکنده در شین ۳۲.

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نداشته میزان توان خروجی پست و تلفات کل شبکه مطابق شکل 9 می باشد. در شکل 10 نیز سهم توان و تلفات ژنراتور قرار گرفته در شین 16 نشان داده شده است. در شکل 11 با توجه به این که ژنراتور قرار گرفته در شین 32 از حدود مجاز توان راکتیو خود خارج شده است، ژنراتور به صورت PQ مورد بهره برداری قرار گرفته است و در نتیجه سهم تلفات آن صفر میباشد.

با مقایسه نتایج به دست آمده از شکل های 9 تا 11، می توان دید که استفاده از تولید پراکنده سبب کاهش محسوس کل تلفات گردیده است. همچنین به دلیل امکان تولید در محل مصرف، از توان انتقالی پست و شین های ابتدایی فیدر کاسته شده که این مسأله با توجه به انتخاب تجهیزات، از نظر اقتصادی نیز بسیار حائز اهمیت است. بنابراین از نتایج حاصل شده در این بخش می توان نتیجه گرفت که در حالت کلی، وجود تولید پراکنده در شبکه سبب کاهش افت ولتاژ یکنواخت شدن پروفیل ولتاژ شبکه و کاهش تلفات کل سیستم گردیده است.

۶-۲: نتیجه گیری

در این پروژه با مدل سازی دقیق کلیه عناصر متداول در شبکه های توزیع، تعریف ضرایب مشارکت، قلمرو ژنراتوری و اعمال حلقه هم گرا کننده داخلی بر پایه روش نیوتن - رافسون الگوریتمی نوین و کاربردی جهت پخش بار شبکه های توزیع نامتقارن همراه با تولید پراکنده ارائه گردیده است.

با بررسی نتایج به دست آمده می توان گفت که انتخاب مناسب حلقه همگر کننده داخلی نقش بسزایی در تعداد تکرار برای رسیدن به همگرایی مطلوب به ویژه هنگام وجود تولیدهای

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پراکنده در شبکه را دارد. باید توجه داشت که انتخاب نامناسب آن نیز موجب دریافت جواب های غیر معتبر خواهد شد. همچنین حضور مناسب تولید پراکنده در شبکه به دلیل نزدیک شدن محل تولید به مصرف، تأثیر به سزایی در بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش میزان تلفات کل شبکه و توان انتقالی پست و شین های ابتدایی فیدر خواهد داشت. با دیگر بررسی های انجام شده می توان نتیجه گرفت که میزان تأثیر تولید های پراکنده در شبکه، به مقدار توان و انتخاب محل قرار گرفتن آن ها بستگی دارد. بنابراین انتخاب اندازه و مکان مناسب آن ها در نتایج پخش بار بسیار حائز اهمیت می باشد. لذا جهت استفاده بهینه از تولید های پراکنده، تعیین اندازه و محل آن ها در شبکه، نیازمند به کار گرفتن الگوریتم هایی همچون فازی و ژنتیک بوده که در آن ها توجه به مسائل اقتصادی نیز ضروری می باشد.





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

فهرست منابع و ماخذ

[1] M. S. Srinivas, "Distribution Load Flows: A Brief Review" IEEE, pp. 942-945, 2000.

[2] Y. Zhu, K. Tomosiv, "Adaptive Power Flow Method for Distribution Systems With Dispersed Generation," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 17, No. 3, July 2002.

[3] Shiqiong Tong, Karen Nan Miu, "A Network-Based Distributed Slack Bus Model for DGs in Unbalanced Power Flow Studies," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 2, May 2005.

[4] J. C. M. Viera Jr, W. Freitas, A. Morelato, "Phase-decoupled Method for Three-Phase Power Flow Analysis of Unbalanced Distribution Systems," IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 151, Sep. 2004.

[5] Hieu Le Nguyen, "Newton-Raphson Method in Complex Form," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 3, Aug. 1997.

بررسی خطاها در سیستم های نامتعادل توزیع با سیم برگشتی زمین " رضا ابراهیمی، صادق

جمالی، عبدا...بابایی " بیست و یکمین کنفرانس بین المللی برق، شماره پروژه

[7] W. H. Keresting, "Distribution system modeling and analysis," CRC Press, New York, 2002.

[8] Tsai-Hsiang Chen, Mo-Shing Chen, Toshio Inoue, Paul Kotas, Elie A. Chebli, "Three- Phase Cogenerator and Transformer Models for Distribution System Analysis," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, No. 4, Oct. 1991.

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

[9] Carol S. Cheng, Dariush Shirmohammadi, "A Three-Phase Power Flow Method for Real-Time Distribution System Analysis," *IEEE Transactions on Power System*, Vol. 10, No. 2, July 1995.

[10] R.M. Ciric, L.F. Ochoa, A. Padilla-Feltrin and H. Nouri, "Fault analysis in four-wire distribution networks," *Proc. IEE Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 152, No. 6, Nov2005, pp. 977-985. \_\_



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل سوم :

بررسی سیستم های توزیع همراه با منابع تولید

پراکنده "محاسبه جریان اتصال کوتاه در شبکه های

نامتعادل توزیع همراه با تولید پراکنده"

WikiPower.ir

چکیده

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با پیشرفت تکنولوژی در زمینه های میکروتور بینها، پیلهای سوختی و تجهیزات ذخیره کننده انرژی، فرصتی برای استفاده از ژنراتورهای پراکنده در شبکه های توزیع ایجاد شده است. حضور DGها، سبب ایجاد تغییراتی در شبکه از جمله پرو فیل ولتاژ، افزایش سطح اتصال کوتاه، کاهش تلفات و غیره گردیده که این مسئله، به کار بردن تکنیکهایی جدید جهت در نظر گرفتن این تولیدات پراکنده را ضروری ساخته است.

در این پروژه، با در نظر گرفتن مدلهای سه فاز برای خطوط هوایی و تولیدات پراکنده از نوع ماشینهای سنکرون، روشی جهت برآورد جریان اتصال کوتاه و مشارکتها در جریان خطا ارائه شده است. ابتدا بر اساس توپولوژی شبکه، دو ماتریس وابسته به هم جهت نشان دادن تغییرات در جریان شاخه ها و ولتاژ شین ها تشکیل می شوند. سپس با در نظر گرفتن مدل های یاد شده و ترکیب دو ماتریس فوق، نحوه محاسبه جریانهای خطا و مشارکت محاسبه می گردد. بر این اساس، با استفاده از نرم افزار، برنامه ای جهت محاسبه جریانهای خطا و مشارکت ژنراتور و ولتاژهای ناشی از آنها تهیه شده است. در پایان با در نظر گرفتن شبکه ای فرضی، منطبق بر شبکه های فشار متوسط توزیع کشور عدم حضور سیم نول، جنس هادی و آرایش خطوط نتایج برنامه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

۳-۱ : مقدمه

اتوماسیون در سیستم های توزیع یکی از مهم ترین ابزارها جهت ارتقاء قابلیت اطمینان و کارآرایی سیستم در شرایط بهره برداری می باشد. مسائلی همچون بهینه سازی شبکه، طراحی توان راکتیو، نحوه بازآرایی، تخمین حالت در سیستم و محاسبه اتصال کوتاه در میزان توانایی اتوماسیون بسیار مؤثر می باشند. در این میان، به دلیل اهمیت جریان اتصال کوتاه در

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

طراحی سیستم زمین ، محل و تنظیمات تجهیزات حفاظتی و بسیاری از موارد دیگر، برآورد و محاسبه آن مسئله‌های بسیار مهم می‌باشد. بارگذاری شبکه های توزیع واقعی، به دلیل وجود بارهای تکفاز، دوفاز و همچنین عدم تقارن خطوط ، به صورت نامتعادل می‌باشد . با توجه به این مسئله، محاسبات پارامترهای شبکه از جمله محاسبه جریان اتصال کوتاه با فرض متعادل بودن شبکه، سبب ایجاد خطا در نتایج آن خواهد شد . بنابراین با تعریف یک مدل مناسب از سیستم میتوان به نتایجی نزدیکتر به حالت واقعی دست یافت. در سال های اخیر ، اثر تولید پراکنده بر مسائلی همچون کاهش تلفات شبکه، بهبود پروفیل ولتاژ و غیره، حضور آنها را در شبکه های توزیع ، پررنگ تر نموده است.

حضور تولیدات پراکنده ، سبب مشارکت آن ها در جریان خطا شده و در نتیجه سطح اتصال کوتاه شبکه را افزایش میدهند . چشم پوشی از این مسئله ، سبب اختلال در عملکرد تجهیزات حفاظتی شبکه شده که در نتیجه، قابلیت اطمینان شبکه کاهش خواهد یافت.

خطاهای نامتقارن در گذشته توسط روش مؤلفه های به دلیل سادگی متقارن مورد بررسی قرار می گرفتند این روش ، برای چند دهه از آن در محاسبه جریان اتصال کوتاه شبکه های متعادل استفاده شده اما امروزه به دلیل نامتعادل بودن شبکه، استفاده از این روش نتایج مفیدی به همراه نخواهد داشت . در مرجع محاسبات اتصال کوتاه بر اساس تعریف ماتریس امیدانس سه فاز انجام شده است . در مرجع ضمن مدل سازی سیستم بر اساس ماتریس آدمیتانس سه فاز، روشی دیگر جهت محاسبه جریان اتصال کوتاه ارائه گردیده است . در نیز از روش پیشرو - پسرو جهت محاسبه جریان اتصال کوتاه استفاده شد ه است که این روش ، ضمن استفاده از تمامی پارامترهای شبکه و در نتیجه وجود روابط ریاضی پیچیده، کاربرد آن

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

در عمل بسیار مشکل است. آقای *Teng*، با ارائه دو ماتریس جدید وابسته به هم به نام های *BIBC* و *BCBV* از آنها در محاسبه اتصال کوتاه استفاده کرده که پایه و اساس روش استفاده شده در این پروژه نیز میباشد

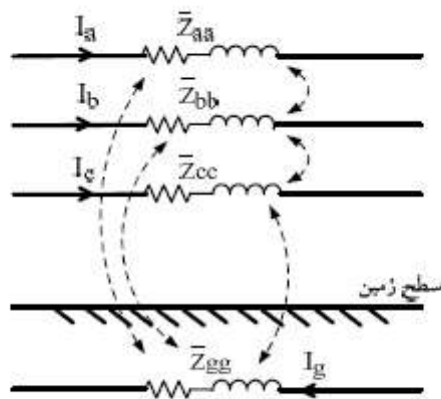
در این پروژه، پس از بیان امپدانس خطوط سه فاز، الگوریتمی جدید جهت تشکیل ماتریسهای فوق، در شبکه های سه فاز بیان شده است. سپس جهت بررسی *DG*، از مدل و روابط ژنراتور سنکرون با بارگذاری نامتقارن استفاده شده است. پس از آن، با در نظر گرفتن موارد فوق و ترکیب ماتریسهای وابسته، محاسبه جریان خطا و مشارکت *DG* در آن، به ازای انواع خطاهای نامتقارن بیان شده است. در پایان با در نظر گرفتن شبکه های فرضی، جریان انواع خطاهای نامتقارن و مشارکت *DG*، در نقاط مختلف شبکه مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته شده است.



۳-۲: مدل سازی خطوط در شبکه های توزیع

تعیین و محاسبه امپدانس سری در خطوط هوایی، به عنوان گامی مهم پیش از بررسی سیستم های توزیع در نظر گرفته می شود. به دلیل وجود خطوط تک فاز و دوفاز در سیستم های توزیع و همچنین خطوط سه فاز بدون جایگشت با بارهای نامتعادل، لازم است که جهت بررسی امپدانس این خطوط، زمین به عنوان مسیر برگشت برای بارهای نامتعادل در نظر گرفته شود. شکل ۱ نمونه ای از خطی سه فاز در سیستم های توزیع را نشان میدهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱- مدل خط سه فاز در شبکه‌هی توزیع.

در سال ۱۹۲۶، آقای کارسون تکنیکی برای محاسبه دقیق امپدانس های خودی و متقابل در تعداد دلخواهی از سیم های هوایی، ارائه کرد. در این پروژه، جهت محاسبه امپدانس خطوط از این روابط استفاده شده است برای امپدانسهای خودی داریم:

$$Z_{ii} = r_i + 9.869 \times 10^{-4} \cdot f + j 1.256 \times 10^{-3} \cdot$$

$$f \cdot \left( \ln \frac{1}{GMR_i} + 6.4905 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (1)$$

همچنین برای امپدانسهای متقابل:

$$Z_{ij} = 9.86963 \times 10^{-4} \cdot f + j 1.25664 \times 10^{-3} \cdot$$

$$f \cdot \left( \ln \frac{1}{D_{ij}} + 6.4905 + \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{f} \right) \quad (2)$$

که در روابط فوق،  $f$  فرکانس شبکه و  $\rho$  مقاومت ویژه زمین به طور معمول ۱۰۰ اهم متری باشند.

۳-۳: ماتریسهای وابسته  $BIBC, BCBV$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

روشهای مرسوم، از ماتریس های ادمیتانس و امپدانس جهت بررسی و مدل سازی شبکه و محاسبات پارامترها ی آن استفاده م یکنند. در این پروژه از دو ماتریس وابسته به هم جهت مدل سازی و بررسی شبکه استفاده شده است. این دو ماتریس ساده اما مفید، ماتریس تزریق جریان شین به جریان شاخه و ماتریس جریان شاخه  $BIBC$  به ولتاژ باس  $BCBV$  می باشند. معرفی و جزئیات این ماتریس ها، در بیان شده است. در این پروژه تنها نحوه تشکیل این دو ماتریس در یک شبکه سه فاز و کاربرد آنها در محاسبه جریان خطا بررسی شده است. در یک شبکه، رابطه بین جریان تزریقی به باس ها و جریان شاخه ها به صورت زیر بیان میشود:

$$[B] = [BIBC][I] \quad (۳)$$

که در این رابطه، ماتریس های  $I$  و  $B$  به ترتیب بیانگر جریانهای تزریقی به شین ها و جریان شاخه ها بوده و ماتریس  $BIBC$  نیز به عنوان یک ماتریس ثابت بالا مثلثی، جریان تزریقی به شین ها را تابعی از جریان شاخه ها میسازد. برای تشکیل ماتریس  $BIBC$  در شبکه ها ی سه فاز میتوان به صورت زیر عمل کرد:

گام ۱- ماتریسی همانی به اندازه مجموع تعداد شینهای سه فاز، در نظر گرفته می شود. بدین ترتیب باس مبنا نیز در مدلسازی در نظر گرفته میشود.

گام ۲- شینهای سیستم به صورت ترتیبی از شین مبنا پست شماره گذاری شده و سپس با توجه به شماره باسها، خطوط بین فازها نیز شمارهگذاری میگردد.



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

گام ۳- در صورت وجود ارتباط بین شین ها  $i$  و  $j$ ، ستون  $m$  ام در ستون  $n$  ام ماتریس تکرار شده، که شماره خط ورودی به شین  $i$  و  $n$  شماره خط بین شین ها می باشد.

گام ۴- گام قبل را به صورت مجزا برای هر سه فاز شبکه انجام داده تا ماتریس  $BIBC$  کامل گردد. همچنین ماتریس  $BCBV$  با توجه به شبکه، به صورت زیر تعریف میشود:

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (4)$$

که ماتریس های  $B$  و  $\Delta V$  به ترتیب ماتریس های جریان شاخه ها و تغییرات ولتاژ شین ها می باشند. برای تشکیل ماتریس  $BCBV$  نیز در شبکه های سه فاز میتوان از الگوریتم زیر استفاده کرد:

گام ۱- ماتریسی مربعی با اندازه تعداد شین های سه فاز در نظر گرفته میشود.  
گام ۲- امپدانس دیده شده از سر پست، در سه سطر نخست ماتریس، به صورت قطری قرار میگیرد.

گام ۳- در صورت وجود ارتباط بین شین ها  $i$  و  $j$ ، ستون  $m$  ام در ستون  $n$  ام ماتریس تکرار میشود.

گام ۴- امپدانس سه فاز موجود غیر صفر بین شینهای  $i$  و  $j$  در سطر  $n$  ام، پس از امپدانس های قبلی قرار میگیرد.

گام ۵- گام های سوم و چهارم، تا تشکیل کامل ماتریس  $BCBV$  تکرار میشوند.

حال با تشکیل دو ماتریس فوق، می توان در تحلیل جریان اتصال کوتاه و تغییرات ولتاژ شین ها در زمان اتصالی از آنها استفاده نمود.

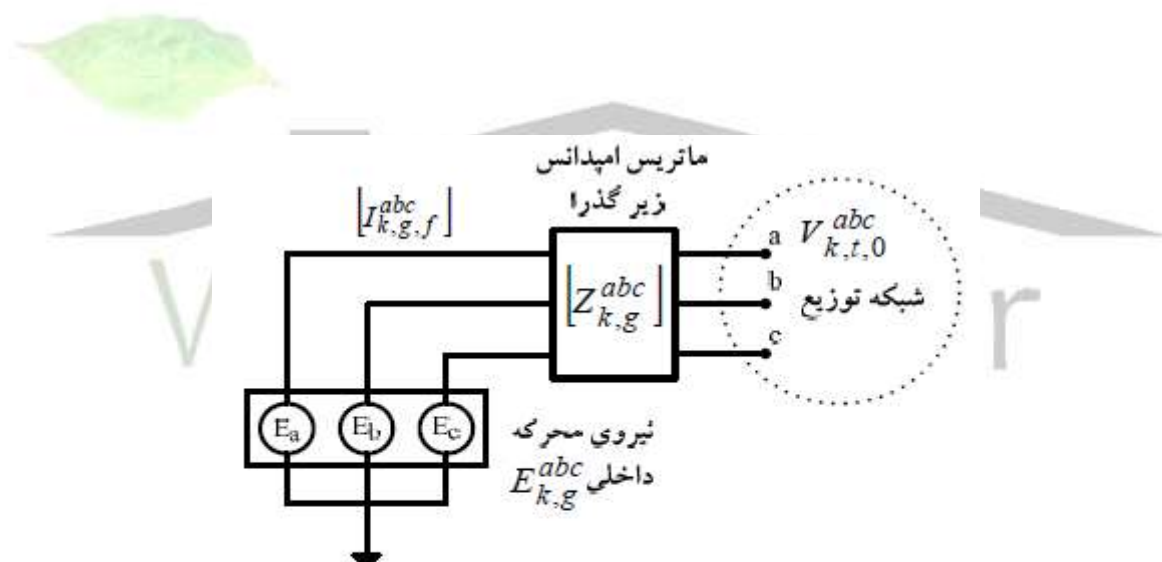
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۳-۴ : عملکرد DG در هنگام خطا

در این پروژه، DG های متصل به شبکه از نوع ژنراتور سنکرون در نظر گرفته شده اند. بنابراین مدل ژنراتورها ی سنکرون و رفتار آن ها در اتصال کوتاه مورد بررسی قرار گرفته میشود.

۳-۴-۱ : مدلسازی DG

شکل ۲ مدار معادل تونن یک DG را در هنگام اتصال کوتاه نشان میدهد.



شکل ۲- مدار معادل تونن DG در حین اتصال کوتاه

با توجه به شکل، ولتاژ داخلی ژنراتور به صورت منبع ولتاژی ثابت، پس از امپدانس زیرگذرای داخلی ماشین در نظر گرفته شده است. در صورتیکه بار گذاری ژنراتور سنکرون متقارن باشد، با چشم پوشی از اثر برجستگی قطب، رابطه بین نیروی محرکه استاتور  $E$ ، جریان استاتور  $I$  و ولتاژ پایانه  $V$  برای سه فاز به صورت زیر میباشد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

$$V^{abc} = E^{abc} - Z_p I^{abc} \quad (5)$$

که ماتریس امپدانس ژنراتور  $Z_p$  ماتریس قطری بوده و به صورت رابطه 6 می باشد:

$$Z_p = \begin{bmatrix} Z_s & 0 & 0 \\ 0 & Z_s & 0 \\ 0 & 0 & Z_s \end{bmatrix} \quad (6)$$

که در این رابطه  $Z_s$  امپدانس سنکرون نام دارد. وجود عناصر غیر قطری، نشانگر آنست که بین فازها تزویجی وجود ندارد. با توجه به اینکه اعضای قطر اصلی همگی با هم برابرند، در این حالت می توان از تحلیل تکفاز نیز استفاده کرد.

اما به دلیل نامتعادل بودن جریان خطوط سه فاز در شبکه های توزیع،  $DG$  های موجود در شبکه نیز به صورت نامتقارن بارگذاری می شوند. در این حالت دیگر نمی توان از تزویج بین فازها در ماشین صرف نظر کرده، بنابراین تمامی اعضای آن غیر صفر میباشند. با توجه به این مسئله، ماتریس امپدانس با در نظر گرفتن تزویج بین فازها به صورت زیر نوشته میشود:

$$Z_p = \begin{bmatrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 \\ Z_3 & Z_1 & Z_2 \\ Z_2 & Z_3 & Z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \quad (7)$$

مسئله های که در اینجا حائز اهمیت بوده، رسیدن به پارامترهای ماتریس  $Z_p$  با توجه به اطلاعات موجود ژنراتور میباشد. همانطور که می دانیم به طور معمول، اطلاعات مربوط به امپدانسهای توالی مثبت، منفی و صفر ژنراتور معلوم بوده و بنابراین تنها با استفاده از این پارامترها می توان ماتریس امپدانس ژنراتور را تشکیل داد. با استفاده از تکنیک مؤلفه های متقارن، می توان با داشتن امپدانسهای توالی ژنراتور به ماتریس امپدانس حالت بارگذاری

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

نامتقارن رسید. بنابراین ماتریس امپدانس ژنراتور در حالت بار گذار ی نامتقارن بر حسب امپدانسهای توالی آن به صورت زیر بیان میگردد:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Z_+ \\ Z_- \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (۸)$$

حال با داشتن مقادیر توالی ها می توان ماتریس سنکرون را تشکیل داد. برای حالت دائمی مقادیر  $X^0, X^+, X^-$  مشخص بوده و در حالت گذرا نیز مقدار  $X''_d$  به عنوان راکتانس ژنراتور مورد استفاده قرار می گیرد. اکنون، پس از بررسی و کامل شدن مدل در نظر گرفته شده، به بررسی روابط و معادلات جریانهای خطا در DG می پردازیم.

### ۲-۴-۳: جریانهای خطا در پایانه های DG

با فرض وجود DG در شین K ام و با توجه به شکل ۲ پس از رخداد خطا بر پایانه های DG خواهیم داشت:

$$I_k^a = I_{k,g,f}^a, \quad I_k^b = I_{k,g,f}^b, \quad I_k^c = I_{k,g,f}^c \quad (۹)$$

در روابط فوق جریانهای  $I_{k,g,f}^{abc}$  بیانگر جریانهای خطای جاری شده در شینهای ژنراتور

میباشد. همانطور که می دانیم، نیروی الکتروموتوری  $E_{k,g}^{abc}$  یک ژنراتور زیر بار، به علت

وجود افت ولتاژ داخلی افت ولتاژ راکتانس ژنراتور همیشه بزرگتر از اختلاف سطح ترمینال

های ژنراتور  $V_{k,t}^{abc}$  می باشد. این نیروی الکتروموتوری در موقع اتصال کوتاه به علت لختی یا

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

اینرسی حوزه مغناطیسی نمی تواند بلافاصله تغییر کند بنابراین برای ولتاژهای داخلی ژنراتور

خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} E_{k,g,f}^a &= E_{k,g,0}^a, & E_{k,g,f}^b &= E_{k,g,0}^b, \\ E_{k,g,f}^c &= E_{k,g,0}^c \end{aligned} \quad (10)$$

همچنین رابطه بین ولتاژها و جریانهای پس از خطا به صورت زیر می باشد:

$$\left[ E_{k,g,f}^{abc} \right] - \left[ V_{k,t,f}^{abc} \right] = - \left[ Z_{k,g}^{abc} \right] \left[ I_{k,g,f}^{abc} \right] \quad (11)$$

در این رابطه علامت منفی به علت جهت جریان در نظر گرفته شده می باشد برای تغییر

ولتاژها نیز داریم:

$$\Delta E_{k,g,f}^{abc} = E_{k,g,0}^{abc} - E_{k,g,f}^{abc} \quad (12)$$

$$\Delta V_{k,t,f}^{abc} = V_{k,t,0}^{abc} - V_{k,t,f}^{abc} \quad (13)$$

با وارد کردن تغییرات ولتاژ، رابطه فوق به صورت زیر در می آید:

$$\left[ E_{k,g,0}^{abc} - \Delta E_{k,g,f}^{abc} \right] - \left[ V_{k,t,0}^{abc} - \Delta V_{k,t,f}^{abc} \right] = - \left[ Z_{k,g}^{abc} \right] \left[ I_{k,g,f}^{abc} \right] \quad (14)$$

با توجه به رابطه ۱۰ و ثابت بودن ولتاژ داخلی ژنراتور در لحظه خطا، تغییرات ولتاژ ترمینال

داخلی برابر صفر است:

$$\Delta E_{k,g,f}^a = \Delta E_{k,g,f}^b = \Delta E_{k,g,f}^c = 0 \quad (15)$$

با در نظر داشتن این مطلب، رابطه ۱۴ به صورت زیر بازنویس میشود:

$$\left[ \Delta V_{k,t,f}^{abc} \right] = - \left( \left[ E_{k,g,0}^{abc} \right] - \left[ V_{k,t,0}^{abc} \right] \right) - \left[ Z_{k,g}^{abc} \right] \left[ I_{k,g,f}^{abc} \right] \quad (16)$$

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

اکنون با داشتن تغییرات ولتاژ و جریان در شین متصل به  $BG$ ، این تغییرات را با توجه به ماتریس های  $BIBC$  و  $BCBV$  بیان می کنیم. با در نظر گرفتن جریانها ی خطا در رابطه ۹ و جایگذاری آن در رابطه ۳ داریم:

$$[B_f] = [BIBC] \begin{bmatrix} 0 & \dots & I_{k,f}^a & I_{k,f}^b & I_{k,f}^c & 0 \dots \end{bmatrix}^T \quad (۱۷)$$

رابطه ۱۷ را میتوان به صورت زیر نوشت:

$$[B_f] = [BIBC_k^a \quad BIBC_k^b \quad BIBC_k^c]^T \quad (۱۸)$$

سپس برای محاسبه تغییرات ولتاژ شین ها با توجه به رابطه ۴ خواهیم داشت:

$$[\Delta V_{k,t,f}^{abc}] = [BCBV_k^a \quad BCBV_k^b \quad BCBV_k^c] \begin{bmatrix} BIBC_k^a \\ BIBC_k^b \\ BIBC_k^c \end{bmatrix} \quad (۱۹)$$

با در نظر گرفتن رابطه ۱۶ داریم:

$$[BCBV_k^{abc}] [BIBC_k^{abc}] I_{k,g,f}^{abc} = - \left( [E_{k,g,0}^{abc}] - [V_{k,f,0}^{abc}] \right) - [Z_{k,g}^{abc}] [I_{k,g,f}^{abc}] \quad (۲۰)$$

و سپس با ساده کردن رابطه فوق خواهیم داشت:

$$\left( [BCBV_k^{abc}] [BIBC_k^{abc}] + Z_{k,g}^{abc} \right) I_{k,g,f}^{abc} = V_{k,f,0}^{abc} - E_{k,g,0}^{abc} \quad (۲۱)$$

و در پایان، برای جریان های خطا در پایانه های  $DG$  داریم:

$$I_{k,g,f}^{abc} = \left( [BCBV_k^{abc}] [BIBC_k^{abc}] + Z_{k,g}^{abc} \right)^{-1} \times [V_{k,f,0}^{abc} - E_{k,g,0}^{abc}] \quad (۲۲)$$

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

در روابط فوق، جهت محاسبه ابتدا در حالت ماندگار، توان و ولتاژ ترمینال های ژنراتور را از نتایج پخش بار گرفته و سپس جریانهای جاری شده از DG به سیستم را از رابطه ۲۳ به دست می آوریم:

$$I_s^{abc} = \left[ \frac{S^{abc}}{V_t^{abc}} \right]^* \quad (23)$$

سپس برای ولتاژ داخلی ژنراتور با توجه امپدانس حالت ماندگار، داریم:

$$E^{abc} = [Z_s^{abc}] [I_s^{abc}] \quad (24)$$

باید توجه داشت که راکتانس ژنراتور در رابطه فوق به علت بررسی حالت پیش از خطا،  $X_d$  می باشد.



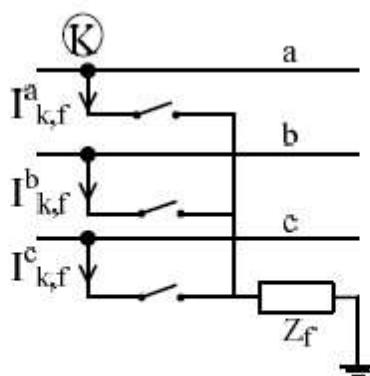
۳-۵: جریان خطا و ترمینالهای ژنراتور در هنگام اتصال کوتاه شبکه

حضور DG ها در شبکه، به جریان اتصال کوتاه کمک کرده و در واقع سطح آنرا افزایش می دهند. این افزایش جریان به عواملی همچون بار، ساختار ماشین، فاصله DG از محل خطا، نوع خطا و غیره بستگی دارد. بنابراین در نظر گرفتن DG در محاسبات جریان اتصال کوتاه شبکه امری ضروری می باشد همچنین برای حفاظت DG ها در شبکه محاسبه جریان ترمینال های ژنراتور در حین خطا بسیار با اهمیت میباشد. در این بخش، جریان اتصال کوتاه و جریان خروجی از پایانه های ژنراتور در هنگام خطا به ازاء همه خطاهای نامتقارن محاسبه شده است. این روش ها را می توان برای هر تعداد DG موجود در شبکه به کار برد.

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

۱-۵-۳: اتصال کوتاه سه فاز به زمین

جهت بررسی جریان خطا در حضور  $DG$  و جریان ترمینالهای  $DG$  در هنگام خطا، فرض می شود که در شین  $k$  اتصال کوتاهی سه فاز به زمین با امپدانس  $Z_f$  رخ داده و  $DG$  نیز در شین  $i$  ام شبکه قرار گرفته است. شکل ۳، خطای صورت گرفته در شین  $k$  ام را نشان می دهد.



شکل ۳- اتصال کوتاه سه فاز به زمین در شین  $k$  ام

در این حالت با توجه به مطالب گفته شده در بخش قبل، فرض می کنند که در دو شین شبکه  $i$  و  $k$  اتصال کوتاه سه فاز به زمین رخ داده است. برای شین  $k$ ، با توجه به شکل میتوان نوشت:

$$I_k^a = I_{k,f}^a, \quad I_k^b = I_{k,f}^b, \quad I_k^c = I_{k,f}^c \quad (25)$$

و برای ولتاژ فازهای شین  $k$  ام نیز خواهیم داشت:

$$V_{k,f}^a = V_{k,f}^b = V_{k,f}^c = Z_f (I_{k,f}^a + I_{k,f}^b + I_{k,f}^c) \quad (26)$$

همچنین تغییر ولتاژها در شین  $k$  ام برابر است با:

$$\Delta V_{f,k}^{abc} = V_{k,0}^{abc} - Z_f (I_{k,f}^a + I_{k,f}^b + I_{k,f}^c) \quad (27)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

با در نظر گرفتن رابطه ۲۵ برای نقطه و رابطه ۹ برای  $DG$  در شین  $i$ ، برای تغییرات جریان

شاخه ها داریم:

$$[B_f] = [BIBC] \begin{bmatrix} 0 & \dots & I_{k,f}^a & I_{k,f}^b & I_{k,f}^c & 0 \dots \\ 0 & \dots & I_{i,f}^a & I_{i,f}^b & I_{i,f}^c & 0 \dots \end{bmatrix}^T \quad (28)$$

همچنین برای تغییر ولتاژ شینها با در نظر گرفتن رابطه ۴ خواهیم داشت :

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{k,f}^a \\ \Delta V_{k,f}^b \\ \Delta V_{k,f}^c \\ \Delta V_{i,f}^a \\ \Delta V_{i,f}^b \\ \Delta V_{i,f}^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} BCBV_k^a & BCBV_k^b & BCBV_k^c \\ BCBV_i^a & BCBV_i^b & BCBV_i^c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BIBC_k^a & BIBC_k^b & BIBC_k^c \\ BIBC_i^a & BIBC_i^b & BIBC_i^c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{k,f}^a \\ I_{k,f}^b \\ I_{k,f}^c \\ I_{i,f}^a \\ I_{i,f}^b \\ I_{i,f}^c \end{bmatrix} \quad (29)$$

سپس با جایگذاری تغییر ولتاژها در رابطه ۲۹ میتوان جریانها را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$[I_{sc}] = ([Z_{sc}])^{-1} [V_{sc}] \quad (30)$$

که در این رابطه  $[ISC]$  برابر است با :

$$[I_{sc}] = [I_{k,f}^a \ I_{k,f}^b \ I_{k,f}^c \ I_{i,g,f}^a \ I_{i,g,f}^b \ I_{i,g,f}^c] \quad (31)$$

در ماتریس فوق  $I_k^{abc}$ ، جریان های خطا و  $I_i^{abc}$  بیانگر میزان جریان خروجی  $DG$  در هنگام

خطا می باشند.

همچنین ماتریس  $Z_{sc}$  که بیانگر امپدانس خطا بوده، به صورت زیر می باشد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$[Z_{sc}] = \begin{bmatrix} BCBV_k^a \\ BCBV_k^b \\ BCBV_k^c \\ BCBV_i^a \\ BCBV_i^b \\ BCBV_i^c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BIBC_k^a \\ BIBC_k^b \\ BIBC_k^c \\ BIBC_i^a \\ BIBC_i^b \\ BIBC_i^c \end{bmatrix} + [Z] \quad (22)$$

که در آن، ماتریس  $Z$  نیز ترکیبی از  $Z_f$  و امپدانس زیرگذرای  $DG$  بوده و به صورت زیر تعریف میشود:

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_f & Z_f & Z_f & 0 & 0 & 0 \\ Z_f & Z_f & Z_f & 0 & 0 & 0 \\ Z_f & Z_f & Z_f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_{i,g}^{aa} & Z_{i,g}^{ab} & Z_{i,g}^{ac} \\ 0 & 0 & 0 & Z_{i,g}^{ba} & Z_{i,g}^{bb} & Z_{i,g}^{bc} \\ 0 & 0 & 0 & Z_{i,g}^{ca} & Z_{i,g}^{cb} & Z_{i,g}^{cc} \end{bmatrix} \quad (23)$$

همانطور که از روابط مشخص است، ماتریسهای  $Z$  و  $Z_{sc}$  بصورت  $6 \times 6$  بوده که بیانگر تعداد فازهای تحت تأثیر قرار گرفته در اثر خطا می باشند.

در رابطه ۳۰ ماتریس  $V_{sc}$  به عنوان ماتریس تغییر ولتاژ شین ها، از ترکیب زیر تشکیل شده است:

$$[V_{sc}] = \begin{bmatrix} V_{k,0}^a & V_{k,0}^b & V_{k,0}^c & -E_{i,g,0}^a + V_{i,t,0}^a \\ -E_{i,g,0}^b + V_{i,t,0}^b & -E_{i,g,0}^c + V_{i,t,0}^c \end{bmatrix} \quad (24)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

برای دیگر خطاها اعم از تک فاز و دو فاز به زمین نیز، اندازه ماتریسها متناسب با تعداد فازها  
 یی بوده که در خطا حضور داشته اند. برای مثال، در حالت خطای تک فاز، بر فاز  $a$  در شین  $K$   
 ام، با امپدانس  $Z_f$  و حضور  $DG$  در شین  $i$  ام، داریم:

$$Z_{sc} = \begin{bmatrix} BCBV_k^a \\ BCBV_i^a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BIBC_k^a \\ BIBC_i^a \end{bmatrix} + [Z] \quad (25)$$

که در آن  $Z$  برابر است با:

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_f & 0 \\ 0 & Z_{i,g}^{aa} \end{bmatrix} \quad (26)$$

متناسب با روابط فوق، تغییر ولتاژ شین ها، جریان های خطا و  $DG$ ، با روابط ۳۷ و ۳۸ بیان  
 میشوند:

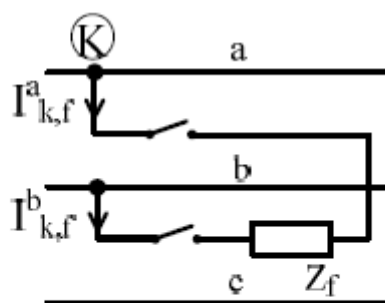
$$[V_{sc}] = \begin{bmatrix} V_{k,0}^a & -E_{i,g,0}^a + V_{i,t,0}^a \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$[I_{sc}] = ([Z_{sc}])^{-1} [V_{sc}] \quad (28)$$

در اتصال کوتاه دو فاز به هم، نحوه محاسب جریان اتصال کوتاه متفاوت بوده و به همین دلیل  
 ، این خطا به طور کامل مورد بررسی قرار میگیرد.

۲-۵-۳: اتصال کوتاه دو فاز

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



شکل ۴- خطاهای دوفاز و سه فاز.

مطابق شکل ۴-الف، فرض بر آنست که اتصال کوتاه در فازهای  $a$  و  $b$  در شین  $K$  ام با امپدانس  $Z_f$  رخ داده و  $DG$  نیز در فاز  $i$  ام قرار گرفته است. در این حالت شرایط خطا در شین  $K$  ام به صورت زیر میباشد:

$$I_k^a = I_{k,f}^a, \quad I_k^b = -I_{k,f}^a, \quad I_k^c = 0 \quad (39)$$

$$V_{k,f}^a - V_{k,f}^b = Z_f I_{k,f}^a \quad (40)$$

با توجه به رابطه فوق، تغییرات ولتاژ شین ها پس از خطا به صورت زیر بیان میشود:

$$\Delta V_{k,f}^a - \Delta V_{k,f}^b = (V_{k,0}^a - V_{k,0}^b) - Z_f I_{k,f}^a \quad (41)$$

بنابراین تغییر ولتاژها با توجه به جریان فازهای  $a$  و  $b$  در شین های  $K$  و  $i$  شبکه، به صورت زیر نوشته میشوند:

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{k,f}^a \\ \Delta V_{k,f}^b \\ \Delta V_{i,t,f} \\ \Delta V_{i,t,f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} BCBV_k^a \\ BCBV_k^b \\ BCBV_i^a \\ BCBV_i^b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BIBC_k^a \\ BIBC_k^b \\ BIBC_i^a \\ BIBC_i^b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_k^a \\ -I_k^a \\ I_{i,g,f}^a \\ I_{i,g,f}^b \end{bmatrix} \quad (42)$$

با ساده کردن رابطه فوق خواهیم داشت:

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

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{k,f}^a \\ \Delta V_{k,f}^b \\ \Delta V_{i,t,f} \\ \Delta V_{i,t,f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} & L_{14} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & L_{24} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} & L_{34} \\ L_{41} & L_{42} & L_{43} & L_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_k^a \\ -I_k^b \\ I_{i,g,f}^a \\ I_{i,g,f}^b \end{bmatrix} \quad (42)$$

سپس با اعمال تغییر ولتاژها در رابطه فوق، جریانهای خط و  $DG$ ، به دست می آیند:

$$[I_{sc}] = ([Z_{sc}]^{-1})[V_{sc}] \quad (44)$$

که در این رابطه، جریانه عبارتند از:

$$[I_{sc}] = [I_i^a \quad I_{i,g,f}^a \quad I_{i,g,f}^b] \quad (11)$$

همچنین، ماتریس  $Z_{sc}$  به صورت زیر خواهد بود:

$$[Z_{sc}] = \begin{bmatrix} L_{11} - 2L_{12} + L_{22} & L_{13} - L_{23} & L_{14} - L_{24} \\ L_{31} - L_{32} & L_{33} & L_{34} \\ L_{41} - L_{42} & L_{43} & L_{44} \end{bmatrix} + [Z] \quad (46)$$

که در آن  $Z$  ماتریس برابر است با:

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_f & 0 & 0 \\ 0 & Z_{i,g}^{aa} & Z_{i,g}^{ab} \\ 0 & Z_{i,g}^{ba} & Z_{i,g}^{bb} \end{bmatrix}$$

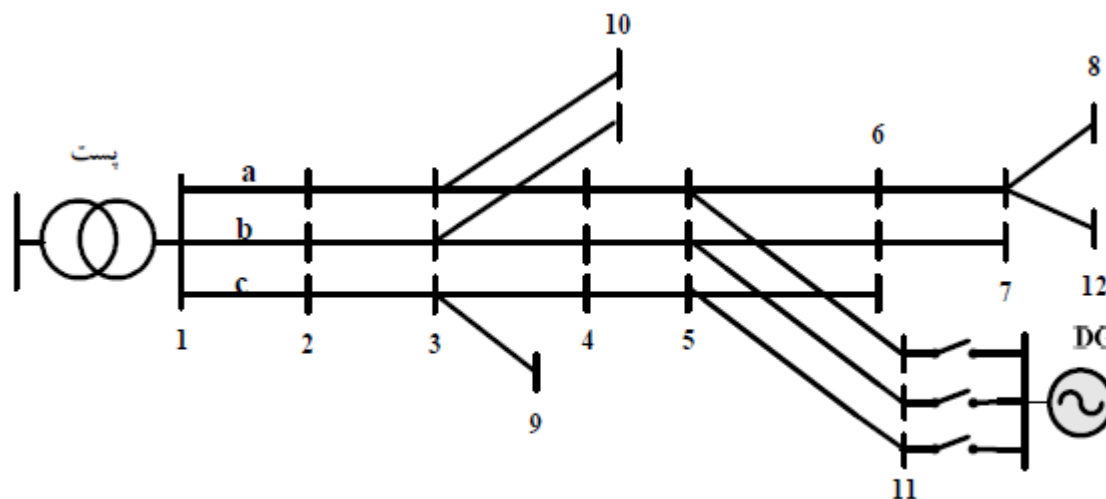
۳-۶: نتایج شبیه سازی

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

با استفاده از نرم افزار *Matlab*، برنامه ای جهت محاسبه جریان اتصال کوتاه در شبکه های نامتقارن توزیع با تولید پراکنده تهیه شده است. این برنامه در ابتدا با استفاده از مدل امیدانس خطوط سه فاز و با توجه به الگوریتم های ارائه شده، ماتریسهای *BIBC, BCBV* شبکه را تشکیل می دهد. سپس با در نظر گرفتن مدل ژنراتورها ی سنکرون در بارگذار ی نامتقارن و استفاده از ماتریسهای فوق، مطابق بر روابط بیان شده در بخش قبل، جریان خطاهای نامتقارن و مشارکت *DG* خروجی ترمینال های ژنراتورها محاسبه می نماید. جهت انجام محاسبات خطا، شبکه ای 20 کیلوولت مطابق شکل 5 در نظر گرفته شده است. همانطور که از شکل پیداست، ژنراتوری در شین 11 قرار گرفته که قدرت آن، 1.2 مگاوات آمپر در نظر گرفته شده است با توجه به شبکه مورد نظر، جهت بررسی جریان های خطا و مشارکت در خطا، چهار حالت زیر مورد ارزیابی قرار گرفته شده است:

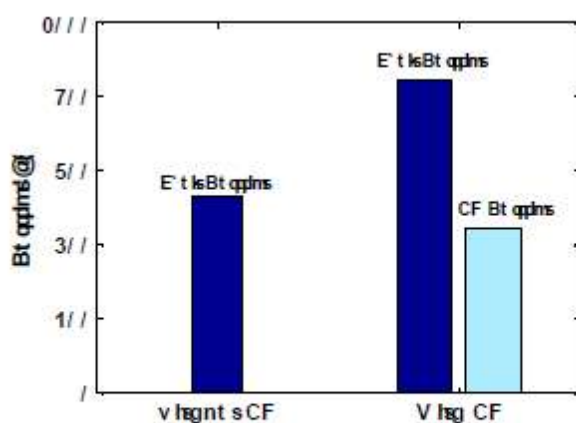
الف- افزایش سطح خطای شبکه ناشی از حضور *DG* در این حالت، اثر *DG* بر جریان خطای تک فاز در شین ۷ و بر فاز *a* مورد بررسی قرار گرفته شده است. شکل ۶ مقایسه این دو جریان را نشان می دهد. در این شکل همانطور که انتظار می رفت، با قرار گرفتن *DG* در شبکه، سطح اتصال کوتاه به طور محسوسی افزایش یافته است.

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



شکل ۵- شبکه فرضی بررسی شده.

بنابراین نمی توان از اثر DG در محاسبات اتصال کوتاه شبکه صرفه نظر شود.



شکل ۶- تاثیر DG بر جریان خطا.

ب- بررسی جریان های خطا و مشارکت DG در انواع مختلف خطاها:

جهت بررسی این حالت، با در نظر گرفتن نمونه ای از انواع خطاها در شین ۳، جریان خطاها و

مشارکت DG به دست آمده، در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به نتایج حاصله، می توان دریافت که بیشترین جریان خطا مربوط به خطاهای سه فاز

به زمین مجموع سه فاز می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

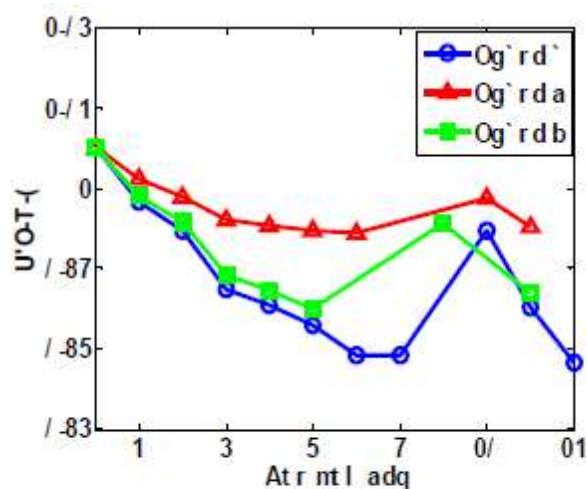
جدول ۱- جریان های ناشی از خطاهای مختلف بر شین ۳.

$I_{gc}$ (A)	$I_{gb}$ (A)	$I_{ga}$ (A)	$I_c$ (A)	$I_b$ (A)	$I_a$ (A)	فاز خطا	نوع خطا
-	-	۵۵۱/۲	-	-	۱۶۰۴/۹	فاز a	تک فاز
۵۴۹/۵	۵۷۷/۳	-	۱۸۱۰	۱۷۹۰	-	فاز bc	دو فاز به زمین
۴۹۰/۹	۴۹۵/۸	-	-۱۶۵۵/۹	۱۶۵۵/۹	-	فاز bc	دو فاز بهم
۵۶۷/۳	۵۷۴	۵۶۵/۹	۱۸۹۷/۹	۱۹۱۸/۱	۱۸۸۴/۲	فاز abc	سه فاز به زمین

ج- بررسی تاثیر جریان خطا بر پروفیل ولتاژ شبکه:

در این حالت، پروفیل ولتاژ شبکه در حالت پیش و پس از رخداد خطایی بر فاز a در شین ۶ مورد بررسی قرار گرفته شده است.

شکل ۷ پروفیل ولتاژ شبکه در حالت پیش از خطا را نشان میدهد. نامتعادلی شبکه در شکل مشخص میباشد.

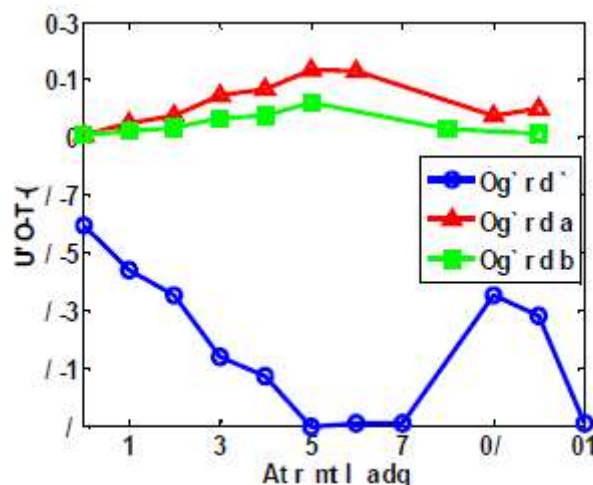


شکل ۷- پروفیل ولتاژ شبکه در حالت پیش از خطا.



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

در صورتی که در شین ششم و بر فاز  $a$  اتصال کوتاه، تکفاز به زمین رخ دهد، نتیجه آن بر پروفیل ولتاژ شبکه، در شکل ۸ نشان داده شده است.



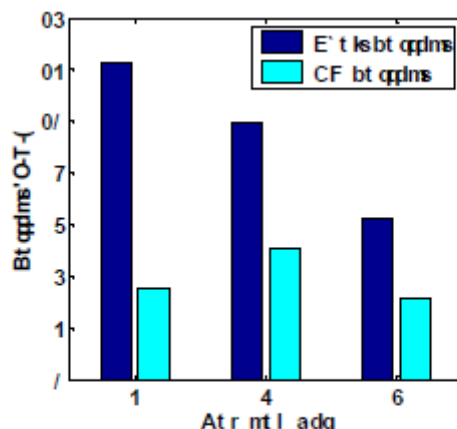
شکل ۸- پروفیل ولتاژ، پس از خطای شین ۶ و فاز  $a$ .

با توجه به شکل ۸، اتصال کوتاه در فاز  $a$  سبب افزایش ولتاژ فازهای  $b$  و  $c$  شده و همچنین وجود  $DG$  در شین ۱۱، دلیل افزایش ولتاژ این نقطه در فاز می باشد.

د- بررسی اثر فاصله نقطه خطا از شین مبنا و  $DG$ ، در جریان اتصال کوتاه و مشارکت خطای ژنراتور:

در این بررسی، سه نقطه از شبکه با فاصله های مختلف از شین مبنا و  $DG$  انتخاب شده و سپس جریان خطا و مشارکت ژنراتور در اثر خطای تک فاز به زمین فاز  $b$  در این نقاط، محاسبه و در شکل ۹ مقایسه شده اند:

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



شکل ۹- جریان خطا و مشارکت ژنراتور.

با در نظر گرفتن شکل فوق می توان دریافت که با افزایش فاصله نقطه خطا از شین مبنا و  $DG$ ، به دلیل وجود امپدانس خطوط، از مقدار جریان اتصالی و مشارکت ژنراتور به مقدار زیاد کاسته خواهد شد. شین 2 به دلیل داشتن کمترین فاصله از شین مبنا، بیشترین جریان خطا و شین 5 با حداقل فاصله از  $DG$ ، بیشترین مشارکت خطای ژنراتور را داراست.

۳-۷ : نتیجه گیری

در سال های اخیر، استفاده از  $DG$  ها در شبکه های توزیع به دلیل فوایدی همچون بهبود پروفیل ولتاژ شبکه، کاهش تلفات، افزایش قابلیت اطمینان سیستم و غیره، بسیار مورد توجه

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

قرار گرفته است. در این پروژه، برنامه ای جهت محاسبه جریان اتصال کوتاه و همچنین در نظر گرفتن تأثیر  $DG$  بر آن، به ازای انواع خطاهای نامتقارن شبکه تهیه و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

با توجه به نتایج حاصله می توان دریافت که حضور  $DG$  در شبکه های توزیع، سبب افزایش سطح جریان اتصال کوتاه شبکه می گردد. بنابراین چشم پوشی از آن در محاسبات جریان های خطا، نتایج غیر قابل قبولی به همراه خواهد داشت. رخداد اتصال در شبکه علاوه بر مشکل جریانهای خطا، تغییرات نامطلوب ولتاژ کاهش در فاز خطا و افزایش در فاز سالم را به دنبال داشته که در حفاظت شبکه باید مورد توجه قرار گرفته شود. همچنین میزان جریان خطا و مشارکت تولید پراکنده، تابعی از فاصله نقطه خطا از ابتدای فیدر و ژنراتور بوده و با تغییر آن به شدت تغییر میکند.



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

### فهرست منابع و ماخذ

- [1] Grainger, J.J., and Stevenson, W.D., "Power system analysis," (McGraw-Hill International Editions, 1994). [2] Brandwajn, V., and Tinney, W.F., 'Generalized method of fault analysis', IEEE Trans., 1985, PAS-104, (6), pp. 1301-1306.
- [3] Roy, L., "Generalized polyphase fault analysis program: calculation of cross-country fault," Proc. IEE Vol. 126, No. 10, Oct. 1979.
- [4] W. H. Keresting and W.H. Philips, "Distribution System short circuit analysis," Proc. 25 th Intersociety Conf., IECEC-90, Vol. 1, pp. 310-315 1990.
- [5] T.H. Chen, M. S. Chen, W.J. Lee, P. Kotas, " Distribution system short circuit analysis-A rigid approach," IEEE Trans. Power System., Vol. 7, no. 1, pp. 1671-1681, 1992.
- [6] X. Zhang, F. Soudi, shirmohamdi. D and C. Cheng, " A distribution short circuit analysis approach using hybrid compensation method," IEEE Trans. Power System., Vol. 10, no. 4, pp. 2053-2059, Nov 1995.
- [7] J. Teng, "systematic short-circuit-analysis method for unbalanced distribution systems," IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., Vol. 152, no. 4, pp. 549-555. July 2005.
- [8] W. H. Kersting, "Distribution system modeling and analysis," CRC Press, New York, 2002.
- [9] Teng, J.H., "A direct approach for distribution system load flow solutions," IEEE Trans., PWRD-18, (3), pp. 882-887, 2003 .
- [10] Chen, T. H., Chen, M. S., Inoue, T., "Threephase cogenerator and transformer models for distribution system analysis," IEEE Trans., PWRD-6, (4), pp. 1671-1681, 1991.

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

[11] O.I. Elgerd, "Electric Energy Systems Theory, An Introduction," MC Graw-Hill, 1983.

۱۲ - مسعود سلطانی ، محاسبات اتصال کوتاه در شبکه، انتشارات دانشگاه تهران، سال ۱۳۵۹



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

فصل چهارم :

## اثرات منابع تولید توان در کنار منابع

تولید پراکنده

WikiPower.ir

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

## چکیده

در این پروژه یک مدل فیزیکی برای یک سیستم تولید پراکنده (DG) با توانایی بهبود کیفیت توان ارائه شده است. سیستم تولید شامل یک پیل سوختی یک رفورمر گاز طبیعی، مخزن ذخیره هیدروژن یک بانک از سوپر خازن و یک مبدل الکترونیک برای کنترل و تنظیم توان تزریقی به شبکه می باشد که در اینجا یک مبدل  $pwm$  برای کنترل آن پیشنهاد شده است.

این سیستم به صورت تجربی بر ريو شبکه الکتریکی تست شد و توانایی بهبود کیفیت آزمایش شد.

۴-۱: مدل فیزیکی برای یک سیستم تولید پراکنده (DG) با توانایی بهبود کیفیت توان

هدف اصلی سیستم های تولید پراکنده تولید توان اکتیو برای بار می باشد ولی به خاطر قدرت انعطاف پذیری شان، آنها همچنین می توان به عنوان تجهیزات تنظیم ولتاژ و عناصری برای بهبود کیفیت توان استفاده کرد. این تکنولوژی در شبکه ها همچنین تلفات را کاهش داده و قابلیت اطمینان و بازدهی سیستم را بالا می برد.

پیل هایی سوختی به خاطر بازدهی خوبشان حتی در بارهای کوچک و مخصوصاً برای تولید برق پاکشان محتمل ترین ابزارهای تولید پراکنده به نظر می رسند و از میان همه پیل های سوختی، پیل های سوختی PEM یکی از اصلی ترین گزینه ها برای رنج توان های

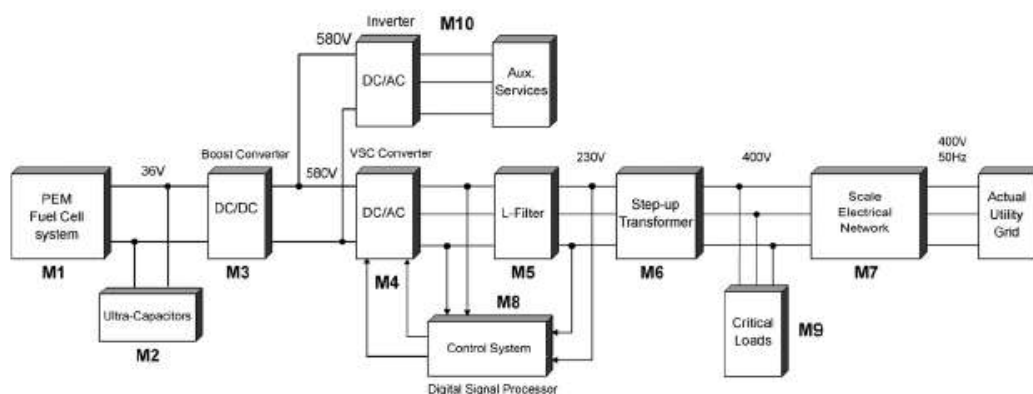
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فوت های لازم

استفاده شده در تولید پراکنده می باشند. همچنین ویژگی جالب این نوع پیل سوختی دمای پایین عملکردشان است ( کمتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد) که به سیستم اجازه می دهد تا به سرعت وارد خط شود.

این سیستم بر اساس یک پیل سوختی 5kw است و شبکه آن یک مدل مقیاس از ساختار یک شبکه واقعی می باشد تا بتوانیم پاسخ های واقعی تری را داشته باشیم.

۴-۲ : تشریح سیستم

سیستم های پیل سوختی مانند هر سیستم تولید پراکنده دیگر نیاز به یک مبدل الکتریکی دارند تا بتوانند به سیستم AC وصل شوند و در کاربردی تولید پراکنده کانورتر به صورت موازی به شبکه متصل می شود. سیستم مورد بررسی ما نیز به صورت موازی به شبکه وصل می شود تا بتواند توان اکتیو و راکتیو مورد نیاز شبکه را تأمین کند و به عنوان یک جبران ساز عمل کند. شکل ۱- دیاگرام ساختار تجربی این سیستم را نشان می دهد که از ۱۰ مدول تشکیل شده است





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

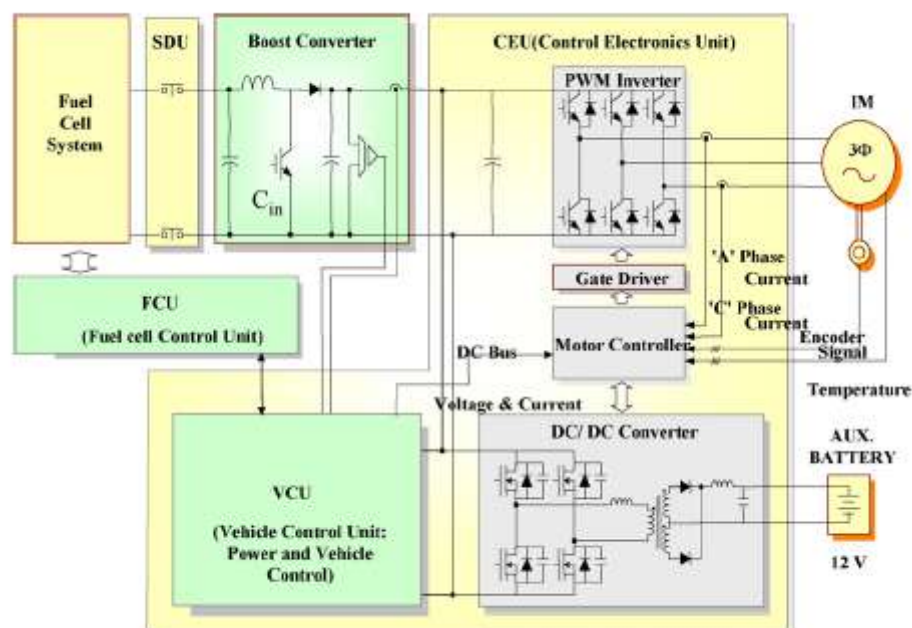
مدول  $m_1$ : یک سیستم تولیدی PFMFC با توان نامی  $5kw$  می باشد که هیدروژن مورد نیاز آن از یک رفورمر گاز طبیعی تأمین می شود. دمای بالای رفورمر باعث طولانی شدن زمان راه اندازی می شود (۱/۵ ساعت، از حالت سرد به تولید هیدروژن). رفورمر کندترین مولفه در اجرای سیستم می باشد که به پاسخ گذاری کل غالب است و برای جبران این نقص از یک بانک سوپر خازنی استفاده می کنیم تا در لحظه اول راه اندازی می توان مورد نیاز را به شبکه تزریق کنند.

مدول  $m_2$ : یک بانک سوپر خازنی است که دو هدف را فراهم می کند، یکی ذخیره انرژی لازم برای تغذیه بارها در زمانی که استاک پیل سوختی در حال راه اندازی است و دومی که برای بهبود دینامیک سیستم است، فراهم کردن پاسخ سریعتر از زمانی که استاک به تنهایی عمل می کند. این خازن در زمانی که شبکه نیاز به توان ندارد شارژ شده و در زمان اولیه راه اندازی پیل توان را در شبکه تخلیه می کنند.

مدول  $m_3$ : برای افزایش ولتاژ DC پیل سوختی از یک مبدل Boost converter استفاده می شود

مدول  $m_4$ : یک مبدل منبع ولتاژ سه فاز (VSC) است. این مبدل ها به صورت گسترده در سیستم های تولید پراکنده مانند پیل سوختی، توربین های بازی کوچک، دیگر و توربین ها و غیر استفاده می شوند. یک مدل که بر اساس PWM است برای این کار پیشنهاد شده است.

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



مدول  $m_5$ : خروجی VSC دارای هارمونیک است که با استفاده از یک فیلتر  $L$ -Filter جریان خروجی آن صاف می شود.

مدول  $m_6$ : خروجی VSC ولتاژ پایین تری دارد که برای اتصال به شبکه از یک ترانس افزایشنده استفاده می کنیم.

مدول  $m_7$ : شامل همان شبکه آزمایش شده می باشد که مشخصات آن در سه جدول آمده است.

مدول  $m_8$ : سیستم کنترل برای VSC است که توان تزریق شده به شبکه را توسط ابزارهای الگوی کنترل برداری تنظیم می کند همچنین این سیستم اغتشاشات شبکه را شناسایی می کند.

مدول  $m_9$ : بارهای بحرانی هستند که در حالتی که تضعیف کیفیت توان در شبکه داریم توسط سیستم جبران کننده محافظت می شود.

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

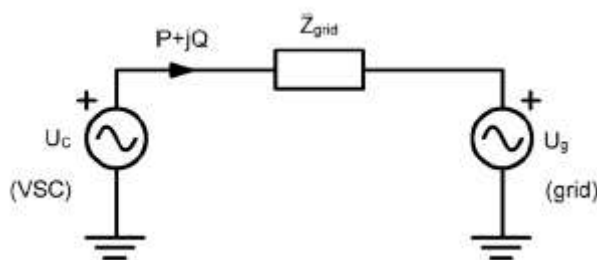
مدول  $m_{10}$  : سرویس های کمکی هستند که توسط PEMFC تغذیه می شوند . این سرویس ها شامل بارهای AC و DC مثل سیستم های کنترل ، خنک کننده ها و غیره می باشند .

۴-۳ : فرآیند کنترل

۴-۳-۱ : فرآیند کنترل توان

این سیستم می تواند اختلالات ولتاژ و فرکانس را تصحیح کند . همان طور که مشخص است اختلالات ولتاژ می تواند با تزریق توان راکتیو و اختلالات فرکانسی با تزریق توان اکتیو کاهش یابند .

برای تنظیم توان تزریقی به شبکه توسط VSC ، شبکه یک منبع ایده آل با امپدانس مدار اتصال کوتاه  $Z_{grid}$  سری در نظر گرفته می شود . همان طوری که شکل زیر نشان داده شده الگوریتم کنترلی مبتنی بر مدل دینامیکی اتصال شبکه است. اگر بردار ولتاژ شبکه به قاب مرجع  $q,d$  برده شود دادیم :



$$V_{gd} = U_{cd} - Ri_d - L \frac{di_d}{dt} + \omega Li_q$$

$$V_{gq} = U_{cq} - Ri_q - L \frac{di_q}{dt} + \omega Lid$$

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

با چرخش قاب مرجع در امتداد بردار هماهنگ با ولتاژ شبکه ، توان راکتیو و اکتیو به صورت

زیر تعریف می شود .

$$P = \frac{3}{2} U_{cd} id$$

$$R = \frac{3}{2} U_{cd} iq$$

حال کنترل توان اکتیو و راکتیو تزریقی به شبکه می تواند به طور مستقل توسط کنترل  $iq$  ،

$id$  انجام شود .

۲-۳-۴ : طرح تزریق حداقل جریان انرژی برای کاهش فیلتر ، افتادگی ولتاژ ،

تورم ولتاژ و فرو پاشی ولتاژ

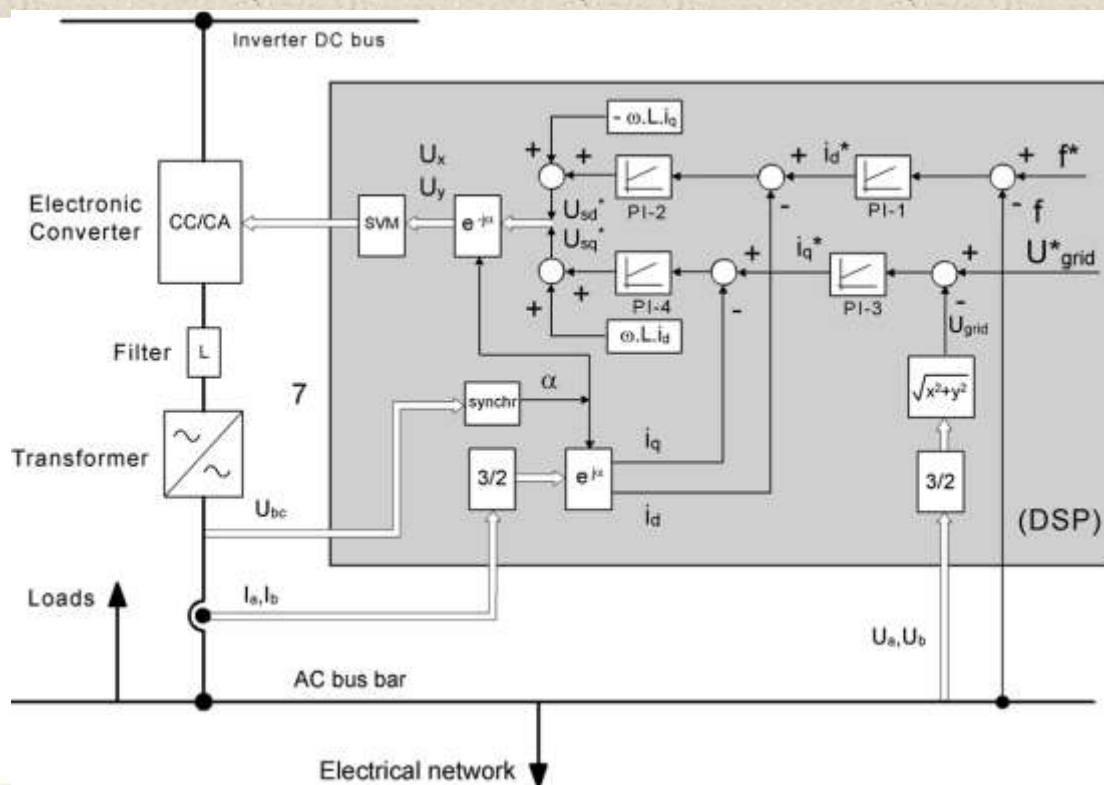
در حالت پیش از خطا هیچ توانی از VSC به شبکه تزریق نمی شود و یک زاویه ۹۰ درجه

بین ولتاژ بار ( $Vload$ ) و جریان VSC وجود دارد . که این با اصلاح مقدار مولفه  $iq$  جریان در

لوپ کنترلی شکل زیر انجام میشود در حالیکه مولفه دیگر جریان ،  $id$  ، ثابت نگه داشته می

شود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



نکته اینکه اگر چه تأثیر تنظیم کننده ها در حال ترقی می باشد یک ناپیوستگی در مقدار ولتاژ بار تغییر مکان فازی ممکن است ظاهر شود در زمانی که جریان اولین بار تزریق می شود که در این نوع اغشاشات توان اکتیوی برای جبران سازی لازم نیست. بنابراین PEMFC تنها نیاز است که تلفات سیستم را تأمین کند.

#### ۴-۳-۴ : فرآیند جبران سازی فرکانس

تغییرات فرکانسی از عدم تعادل بین بار و تولید ناشی می شود. زمانی که فرکانس به خاطر افزایش بار کاهش می یابد سیستم توان اکتیو به شبکه تزریق می کند و همچنین وقتی که فرکانس به خاطر کاهش بار یا افزایش تولید، افزایش می یابد سیستم توان اکتیو اضافی را جذب می کند. در حالت اول PEMFC ها تولید را برای تأمین توان اکتیو افزایش می دهند و در حالت دوم، سوپر خازنها باید توان اکتیو را از سیستم جذب کنند و زمانی که ولتاژ

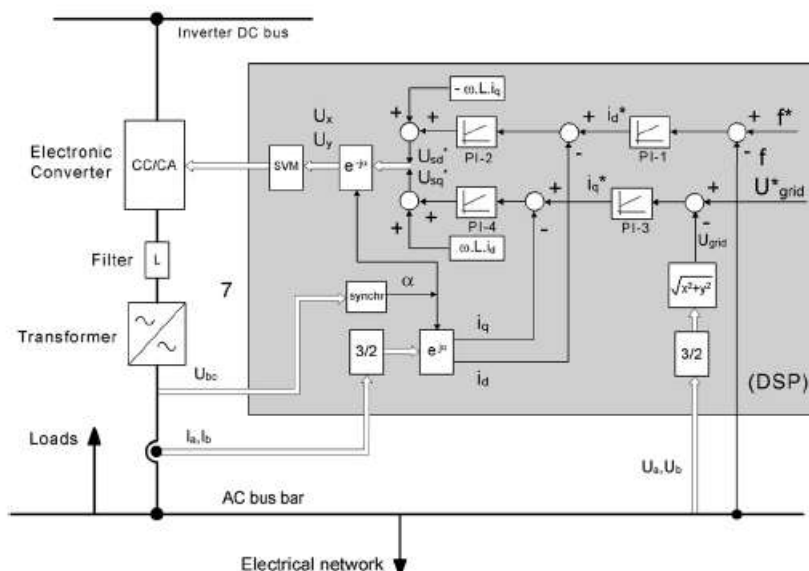
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سوپر خازن ها به بیشترین مقدار مجاز رسید، توان اضافی باید در یک مقاومت خارجی مصرف شود .

۴-۴ : سیستم کنترل

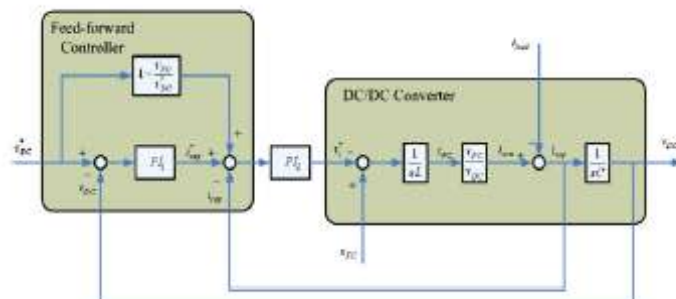
۴-۴-۱ : بلوک دیاگرام

سیستم کنترل شکل زیر شامل دو لوپ کنترلی داخلی و دو لوپ کنترلی خارجی است یکی از لوپهای خارجی توان اکتیو را توسط مولفه  $i_q$  جریان خروجی  $VSC$  برای جبران نوسانات ولتاژ کنترل می کند و لوپ خارجی دیگر برای جبران سازی تغییرات فرکانس استفاده می شود که در آن توان اکتیو با کنترل مولفه  $i_d$  جریان خروجی  $VSC$  تنظیم می شود و لوپهای داخلی ولتاژ  $AC$  را توسط  $U_{sq}$ ,  $U_{sd}$  کنترل می کنند که این لوپ ها باید سریعتر از لوپ های خارجی باشند .



۴-۴-۲ : کنترل کانورتر سه فاز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم چندین طرح کنترلی مانند  $PWM$  مربعی،  $pwm$  سینوسی و ... می توانند برای کنترل کردن مبدل استفاده شده است آورده شده است.

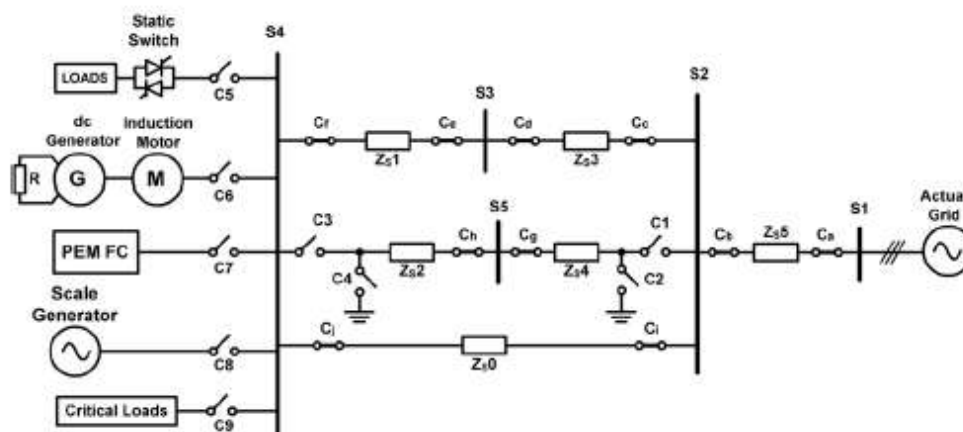


۴-۵ : شبکه الکتریکی آزمایش شده

برای اینکه پاسخ های سیستم بیشتر به واقعیت نزدیک باشند برای شبکه مورد آزمایش از یک طرح واقعی استفاده شده است البته به خاطر پایین بودن توان پیل سوختی از مقیاس  $1/4$  شبکه واقعی استفاده شده است.

۴-۵-۱ : نقشه شبکه الکتریکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



۲-۵-۴ : مشخصات شبکه الکتریکی

**Table 1 - Electrical parameters of the electrical lines**

$S_{system}$	$U$	$Z_{base} = U^2/S_{system}$	$R$	$X$
500 MVA	220 kV	96.8 $\Omega$	0.0597 $\Omega/km$	0.387 $\Omega/km$

**Table 2 - Lengths of the electrical lines**

$L0$ (km)	$L1$ (km)	$L2$ (km)	$L3$ (km)	$L4$ (km)	$L5$ (km)
32	90	90	90	90	55

**Table 3 - Electrical base values for the scale network**

Scale Grid		
$S$	$U$	$Z_{base} = U^2/S$
5 kVA	380 V	29 $\Omega$

۶-۴ : نتایج آزمایش



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

### ۴-۶-۱: تست توانایی دنبال کردن تغییرات سریع بار

یکی از نگرانی های اصلی در سیستم تولیدی توانایی آن در دنبال کردن تغییرات سریع و ناگهانی بار می باشد در این آزمایش بار در طی دو مرحله به صورت متوالی افزایش داده شده است پاسخ سیستم به آن در زیر نشان داده شده است همان طور که مشاهده می شود سوپر خازن ها به صورت لحظه ای از حالت شارژ به حالت تأمین بار اضافی تغییر کرده و تغییرات را جبران می کنند سپس پیل سوختی رفته رفته انرژی خروجی اش افزایش می یابد و خود به تأمین بار مشغول شده و همچنین خازن ها را نیز شارژ مجدد می کند.

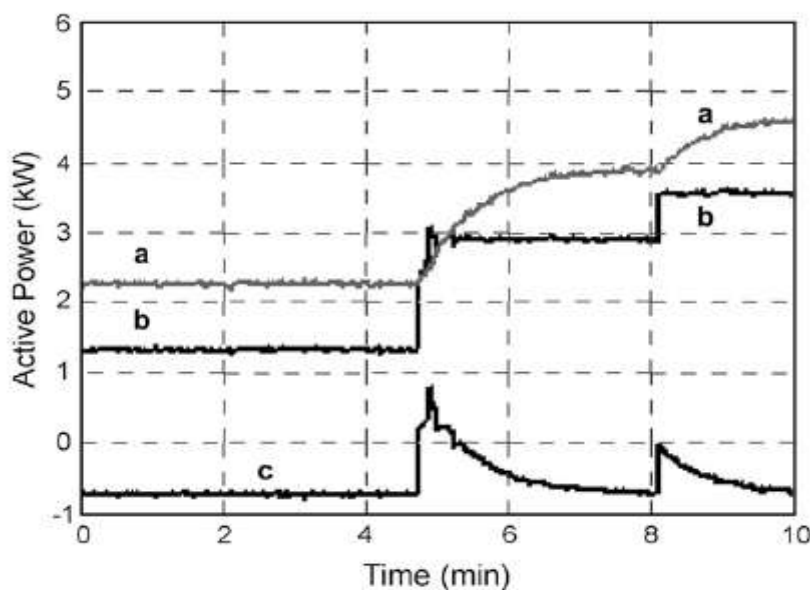
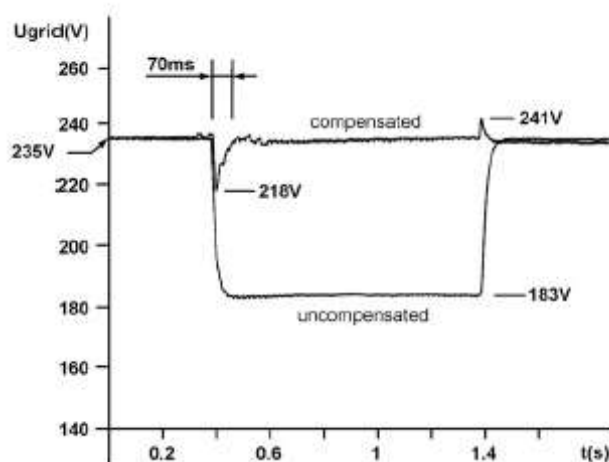


Fig. 10 – Powers. (a) Generated by the FC; (b) external loads; and (c) UCs (negative when is recharging).

### ۴-۶-۲: تست جبران سازی افتادگی ولتاژ

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

در شبکه های الکتریکی افتادگی ولتاژ به خاطر فاز به زمین اتفاق می افتد در شبکه مورد آزمایش بستن کلیدهای  $C1, C2$  یک خطای اتصال به زمین شبیه سازی می گردد و نتایج آن در شکل زیر نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد سیستم بدون جبران کنند، در حین خطا با افتادگی شدید ولتاژ مواجه می گردد ولی با وجود جبران کننده این افتادگی به حداقل رسیده و در حدی است که افتادگی ولتاژ در نظر گرفته نمی شود.



۳-۶-۴ : تست تنظیم فرکانس

در این آزمایش شبکه تحت یک تغییر ناگهانی بار ضعیف شده تا فرکانس آن تغییر کند که برای این کار سیستم توسط یک ژنراتور سنکرون  $2/2 \text{ kW}$  متصل به باس بار  $S4$  تغذیه شده و شبکه در پست فرعی  $S1$  قطع می شود و همچنین سوئیچ های  $C7, C8$  و  $C9$  بسته میشوند. حال زمانی که سیستم به حالت پایدار رسید یک بار جدید به  $S4$  متصل می کنیم، در نتیجه به خاطر افزایش توان اکتیو بار سرعت ژنراتور کاهش یافته که منجر به کاهش فرکانس ژنراتور می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در زیر تاثیر جبران کننده در این آزمایش را نشان می دهد ، که با تأمین توان اکتیو اضافه شده بار به ژنراتور اجازه می دهد تا توان و فرکانس نامی اش را بازیابی کند .

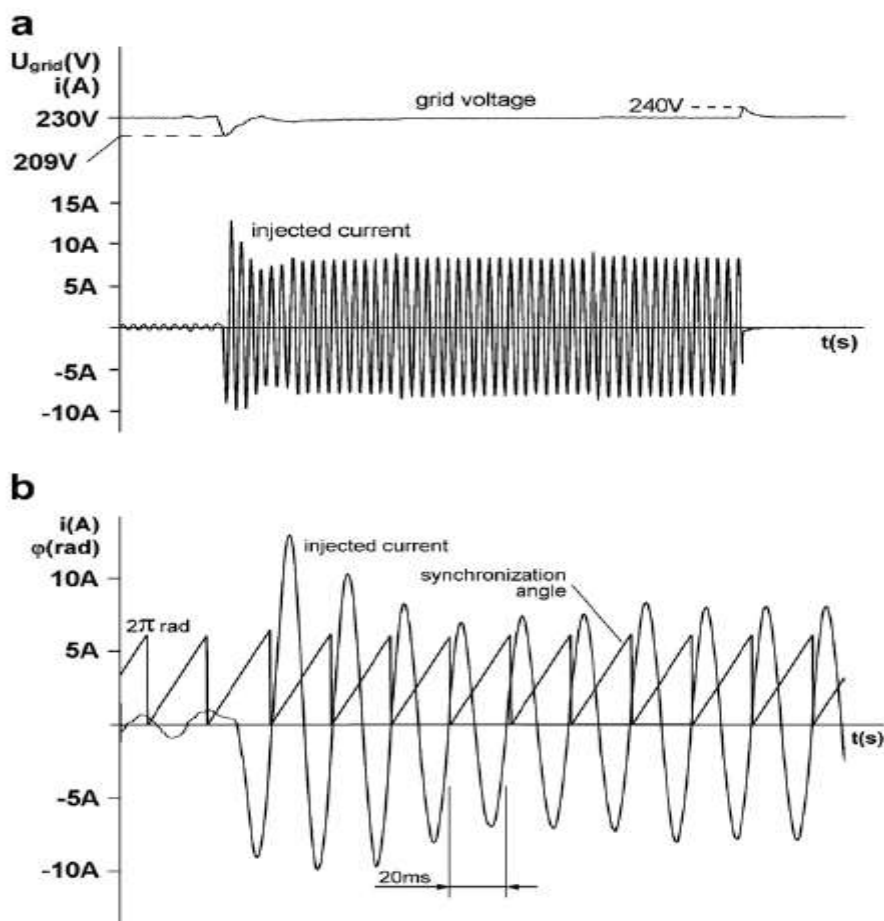


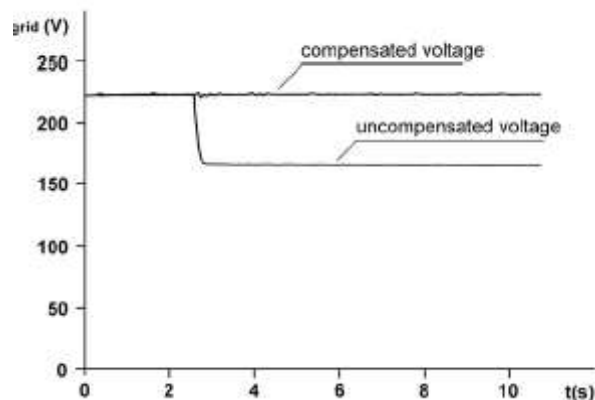
Fig. 12 – (a) Compensated voltage sag in S4 bus bar and VSC injected current. (b) Injected current, phase a, and synchronization angle, corresponding to b-c line to line voltage in S4.

۴-۶-۴ : تست فروپاشی ولتاژ

زمانی که یک افت ولتاژ گذرا را در بخشی از سیستم که به بارهای با توان ثابت وصل است اتفاق می افتد یک فروپاشی رخ می دهد در این موارد ولتاژ افت می کند و در یک مقدار خیلی کمتر از مقدار نامی تثبیت می گردد .

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

این آزمایش با اتصال یک موتور القایی  $2kW$  به باس  $S4$  انجام شده و همچنین کلیدهای  $C2, C7, C3$  بسته شده و دیگر کلیدها همگی باز می باشند در زیر نتایج آزمایش آمده است .



۴-۷ : نتیجه گیری مبحث

۱- با همه مشکلاتی که برای اتصال  $DG$  ها به شبکه وجود دارد ( به ویژه بحث حفاظت آنها ( ولی استفاده از آنها برای بهبود کیفیت توان شبکه مفید می باشد .  
از آنجائیکه که تغییرات ولتاژ ناشی از تغییرات توان راکتیو و تغییرات فرکانسی ناشی از تغییرات توان اکتیو است ، طبق رابطه های به دست آمده برای  $Q, P$  می توان با استفاده از راه حل هایی با کنترل  $i_p, i_q$  تزریقی توسط  $DG$  ها  $Q, P$  را کنترل کرده که در نهایت باعث کنترل تغییرات ولتاژ فرکانس می گردد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴-۸ : کاربرد تئوری گراف برای حفاظت تطبیقی و گسترده در شبکه های توزیع با حضور

منابع تولید پراکنده

### چکیده

در سال های اخیر ، با توجه به فواید اتصال نیروگاه های تولید پراکنده به شبکه های توزیع ، توجه زیادی به این واحدها در سطح شبکه های توزیع شده است . اما این فواید زمانی محقق خواهند شد که تبعات ناشی از ورود این واحدها به سیستم توزیع نیز به طور کامل بررسی و معایب آن مرتفع گردد . حضور این گونه منابع تولیدی باعث می شود که شبکه های توزیع ماهیت شعاعی خود را از دست بدهند و به واسطه آن هماهنگی تجهیزات حفاظتی از بین برود . از آنجایی که روش های مرسوم هماهنگی رله ها بر اساس تجربه افراد خبره انجام می گیرد ، بیشتر این روش ها از لحاظ اقتصادی و فنی بهینه نمی باشد . در این پروژه روشی جدید برای ایجاد هماهنگی حفاظتی بین رله های اضافه جریان در یک شبکه توزیع با حضور منابع تولید پراکنده ، با استفاده از تئوری گراف ارائه شده است ، که مبنای استفاده از حفاظت تطبیقی و گسترده توسط تکنولوژی مدرن فن آوری اطلاعات قرار گیرد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

روش پیشنهادی بر روی یک شبکه توزیع نمونه و با استفاده از نرم افزار DIGSILENT شبیه سازی و صحت عملکرد این هماهنگی با استفاده از نتایج شبیه سازی ارائه شده است .

۱-۸-۴ : مقدمه

شبکه های توزیع سنتی به صورت بهره برداری می شوند ، بنابراین طراحی سیستم حفاظت برای این شبکه ها چندان پیچیده نیست . اما با توجه به این که در چند سال گذشته توجه زیادی به نصب واحدهای DG در شبکه های توزیع شده است و حضور این منابع ماهیت شعاعی بودن شبکه توزیع را از بین می برند ، حضور منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع مشکلات زیادی را برای طراحی سیستم حفاظت این شبکه ها بوجود آورده است . توضیح در مورد بعضی از این مشکلات و برخی از راه حلهایی تا کنون برای غلبه بر آنها ارائه شده است را می توان در منابع ۳-۱۳ یافت و در اینجا فقط به ذکر برخی از آنها بسنده می شود .

- تریپ اشتباه فیدرها
- تریپ اشتباه واحدهای تولیدی
- کور شدن حفاظت
- افزایش و کاهش سطح اتصال کوتاه
- جزیره ای شدن ناخواسته
- جلوگیری از باز بست اتوماتیک
- باز بست غیر سنکرون

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

که همه این عوامل در مجموع سبب می شوند تا ضرورت تجزیه و تحلیل تبعات ناشی از ورود DG ها بر روی سیستم های حفاظتی شبکه توزیع بیشتر احساس گردد.

ظهور این مشکلات به مشخصات شبکه و منابع تولید پراکنده بستگی دارد و در اکثر مواقع برای جلوگیری از آن باید حفاظت شبکه به کلی تغییر کند. این تغییر طرح حفاظتی ممکن است بسیار پیچیده باشد چرا که باید کل سیستم، از جمله شبکه و DG مدل شوند، به طوری که تصور بهترین طرح حفاظتی هنوز بسیار دور از دسترس است.

همانگونه که می دانیم، در صورت هر گونه تغییری در میزان بار یک شبکه قدرت، توپولوژی شبکه، منابع تغذیه و ... یک سیستم حفاظت می بایست در هنگام بروز خطا را سریع و گزینش پذیر برطرف نماید. سیستم های حفاظت سنتی به گونه ای طراحی می شوند تا صحت عملکرد رله ها برای تمامی حالت های مختلف یک سیستم و توپولوژی های مختلف آن مسیر باشد. برای عملکرد سریع و گزینش پذیر رله های حفاظتی، احتیاج به مفهومی در حفاظت سیستم های قدرت وجود دارد تا با تغییرات یاد شده عملکرد رله ها بر مبنای شاخصه های حفاظت انجام گیرد. به عبارت دیگر دو مسئله اساسی نیاز به طرح حفاظت تطبیقی را بیشتر نمایان می سازد:

- در خلال محاسبات و هماهنگی های یک شبکه قدرت، در نظر گرفتن تمام احتمالات و رویدادها در شبکه دیده نمی شود

- به هر حال تنظیمات رله ها برای یک شرایط ویژه، بصورت بهینه انتخاب نمی شود.

این مفهوم ما را به حفاظت تطبیقی رهنمون می سازد و امروزه با توجه به گسترش تکنولوژی و پیشرفت هایی که در زمینه رله های دیجیتالی صورت گرفته است، حفاظت

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تطبیقی می تواند نقش بسزایی در زمینه حفاظت سیستم های قدرت داشته باشد . در حفاظت تطبیقی ، تنظیم رله ها می بایست همراه با تغییرات سیستم در هر لحظه باز محاسبه می شود . بنابراین وجود ابزاری جهت محاسبه تنظیمات رله ها بصورت آنی و ابزاری جهت دریافت و ارسال اطلاعات به پست ها الزامی است که با گسترش روز افزون استفاده از رله های دیجیتالی در سیستم های حفاظتی این مسئله مرتفع می گردد . از سوی دیگر و با توجه به این موضوع که با ورود منابع تولید پراکنده سیستم دستخوش تغییرات می شود ، می توان از حفاظت تطبیقی به عنوان راه حلی برای حل مشکلات ناشی از ورود منابع تولید پراکنده بر روی شبکه تولید پراکنده نام برد .

اجزای اصلی حفاظت تطبیقی را می توان به سه دسته تقسیم نمود :

- سخت افزار

- انتقال و کنترل اطلاعات

- نرم افزار

سخت افزار شامل رله های حفاظتی است که دارای قابلیت ارسال سیگنال موقعیت و دریافت سیگنال فرمان و همچنین قابلیت تنظیم از راه دور می باشد . وسایل انتقال و کنترل اطلاعات ، شامل تجهیزاتی است که برای رساندن اطلاعات سیستم از قبیل حالت سیستم ، ولتاژها ، جریان ها ، وضعیت باز و بسته بودن کلیدها و ... به واحد پردازش مرکزی و انتقال فرامین و تنظیمات رله ها می باشد . نهایتاً نرم افزار ، حکم مغز متفکر را در حفاظت تطبیقی داراست . در این پروژه تئوری گراف به عنوان یکی از سیستم های تجزیه و تحلیل که می تواند به عنوان نرم افزار و مغز متفکر سیستم انجام وظیفه نماید ، مورد بررسی قرار گرفته



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

است. در این پروژه ابتدا مبانی طراحی حفاظت ب استفاده از تئوری گراف مورد بررسی قرار گرفته است، سپس این روش بر روی یک شبکه توزیع نمونه با در نظر گرفتن DG، اعمال شده است. جهت بررسی صحت عملکرد این روش این شبکه نمونه در نرم افزار DIGSILENT شبیه سازی شده است و تنظیمات حاصل از روش فوق بر آن اعمال شده است. در انتها نیز نتایج شبیه سازی در محیط نرم افزار ارائه شده است.

## ۴-۸-۲: مبانی استفاده از تئوری گراف در حفاظت

قبل از ارائه روش طراحی با استفاده از تئوری گراف به برخی از تعاریف که روش مورد استفاده قرار می گیرد اشاره می شود:

### ۱. واحد - رله و کاربرد آن

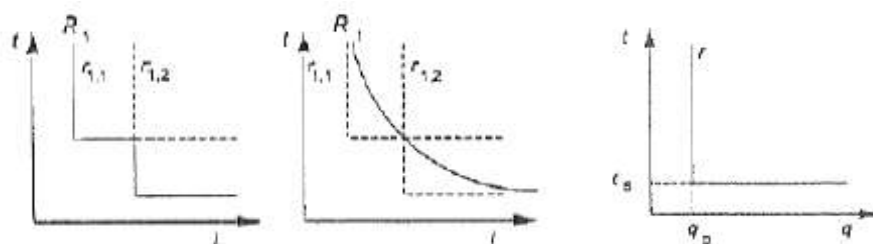
برای طراحی یک سیستم حفاظتی، باید تعریف و ارزشیابی از کارایی سیستم حفاظت ارائه شود. بنا براین، روش هایی برای ارائه و بیان کارایی رله ها به تنهایی و در برخورد با دیگر رله ها مورد نیاز است. در این قسمت واحد - رله که ساده ترین منحنی مشخصه را داراست، معرفی می گردد. منحنی مشخصه تمام رله ها بر اساس مجموعه ای از واحد - رله ها قابل بیان است.

به علاوه این قسمت روشی برای معرفی کارایی یک سیستم حفاظتی ارائه می دهد. یک واحد-رله (که با  $r$  نمایش داده می شود) رله ای است که با ساده ترین منحنی مشخصه، که در شکل (۱-الف) نشان داده شده است، تعریف می شود. این رله بعد از مدت زمان از

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

پیش تعیین شده  $t_s$ ، برای مقادیر بیشتر از  $q_p$  برای کمیت عملکرد  $q$  در منحنی مشخصه عمل می نماید.

به طور کلی، کمیت عملکرد یک واحد - رله می تواند هر تابعی از ولتاژ و جریان سیستم مورد حفاظت باشد.



شکل ۱ (الف - الف): منحنی مشخصه عملکرد رله (۱ - ب): مشخصه های پیچیده با ترکیب واحد - رله

ها

یک رله جریان زیاد با منحنی مشخصه زمان ثابت به عنوان یک نمونه واحد - رله با کمیت عملکردی جریان می باشد که برای تمامی جریان های بالاتر از جریان عملکرد تنظیم شده برای رله، عمل می نماید. البته این حالت نیز عملی است که رله برای مقادیر پایین تر از جریان عملکرد عمل نماید و برای مقادیر بیش از این مقدار هیچ عکس العملی نشان ندهد. با عنایت به سادگی منحنی مشخصه واحد - رله ها، منحنی مشخصه تمام رله ها را می توان به صورت ترکیبی از واحد - رله ها بیان نمود. در شکل (۱ - ب) یک رله دو مرحله ای و زمان معکوس و معادل های استفاده شده از واحد رله ها نمایش داده شده است. در این پروژه هر واحد رله با استفاده از حرف کوچک  $r$ ، مانند  $r_1$  و  $r_2$  نمایش داده می شود. و هر

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

رله حفاظتی که از یک یا چند واحد رله تشکیل شده است با حرف بزرگ  $R$  نمایش داده می شود

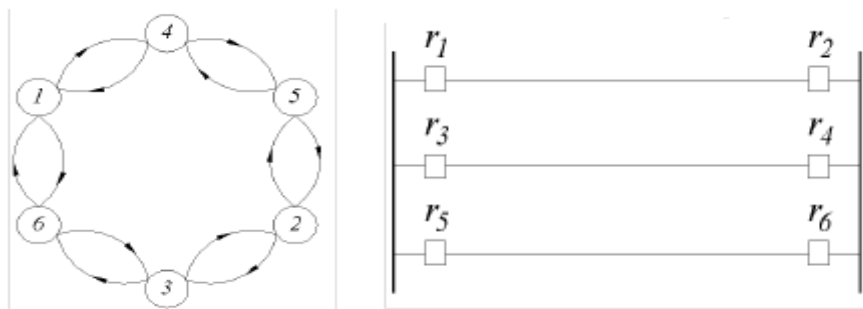
## ۲. دیاگرام وابستگی

برای ایجاد هماهنگی حفاظتی باید رله های یک سیستم قدرت، تک تک به گونه ای تنظیم شوند که با تمام رله های اولیه و پشتیبان خود به درستی هماهنگ شوند. هنگامی که چنین پردازشی در یک سیستم حلقه ای انجام می شود، هر رله باید هم به عنوان حفاظت اولیه در یک جفت حفاظت اولیه / پشتیبان و هم به عنوان حفاظت پشتیبان در یک جفت دیگر اجرای وظیفه نماید. همین امر باعث می شود تا مراحل انجام هماهنگی حفاظتی در یک شبکه چند حلقه یک امر تکرار پذیر شود.

برای داشتن یک سیستم حفاظتی گزینش پذیر هر رله باید بعد از حفاظت اولیه خود و پس از طی تاخیر زمانی مربوطه عمل نماید. این عمل تضمین کننده عملکرد حفاظت پشتیبان تنها در مواقعی است که حفاظت اولیه به هر دلیلی نتواند وظیفه خود را عمل نماید. این شرایط گزینش پذیری توسط گراف های جهت دارای که دیاگرام وابستگی نامیده می شود، نمایش داده می شود.

برای نمایش چنین روشی، هماهنگی سیستم حفاظتی  $P_1$  که در شکل (۲- الف) نمایش داده شده است را در نظر بگیرید. رابطه های بین حفاظت های اولیه / پشتیبان این سیستم را می توان با دیاگرام  $D_1$  که در شکل (۲- ب) نشان داده شده است نمایش داد. در این نمایش هر گره نمایشگر یک رله و رابطه بین دو رله با یک یال نشان داده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۲ (الف - ۲) : سیستم حفاظتی  $P_1$  (ب - ۲) : دیاگرام وابستگی مربوطه  $D_1$

### ۳. مجموعه نقاط شکست

مجموعه ای از رله ها که برای شروع هماهنگی استفاده می شوند را مجموعه نقاط شکست  $BPS$  می نامند و هر عضو آن را نقطه شکست ،  $BP$  می نامیم . مهمترین خصیصه یک  $BPS$  این است که اگر تنظیمات رله های آن مشخص باشند ، تنظیمات هماهنگ شده بقیه رله های سیستم حفاظت نیز با موقعیت یکی پس از دیگری بدست خواهد آمد . به عبارت دیگر ، اگر یک دیاگرام وابسته هیچ حلقه ای نداشته باشد ، رله های آن باید یکی پس از دیگری با یکدیگر هماهنگ شوند . اما اگر یک دیاگرام وابسته دارای حلقه یا حلقه هایی باشد باید مجموعه مناسبی از رله ها ( $BPS$ ) برای شروع ایجاد هماهنگی انتخاب شوند . بنابراین می توان نتیجه گرفت  $BPS$  مجموعه ای از رله هستند اگر گره های متناظر آنها حذف شوند ، تمام حلقه های دیاگرام وابسته باز خواهند شد . به عنوان مثال مجموعه گره های  $\{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$  مربوط به دیاگرام وابسته  $D_2$  هستند . انتخاب  $BPS$  یکتا نیست و هر مجموعه ای که  $BPS$  را شامل می شود ، خود نیز یک  $BPS$  است . از آنجاییکه زمان

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

محاسبات برای هماهنگی بسته به ساینز  $BPS$  آن طولانی تر می شود،  $BPS$  با ساینز کوچکتر مطلوب تر است. در ادامه مفهوم  $BPS$  مینیمم و مینیمال ارایه می گردد:

$BPS$  مینیمال: یک  $BPS$  از دیاگرام وابسته  $D$ ،  $L$ ،  $BPS$  مینیمال خوانده می شود اگر هیچ

زیر مجموعه ای از  $L$ ،  $BPS$  نباشد و یا عبارت دیگر مجموعه گره های  $D$ ،  $BPS$  نامیده می

شوند، اگر حذف هر یک از این گره ها برای باز کردن حلقه های  $D$  کافی باشد. به عنوان

مثال در شکل (۲-ب) مجموعه گره های  $\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$  یک  $BPS$  مینیمال است و

واضح است که  $BPS$  مینیمال نیست (چرا که  $v_5$  کافی نیست).

$BPS$  مینیمم:  $BPS$  مینیمم،  $BPS$  مینیمالی است با مینیمم ساینز ممکن. به عنوان مثال در

شکل (۲-ب) مجموعه گره های  $\{v_1, v_3, v_5\}$  یک  $BPS$  مینیمم است و بنابراین  $\{v_1, v_2,$

$v_4\}$  نیست (چرا که ساینز بزرگتری نسبت به مجموعه اول دارد). در واقع تعیین  $BPS$

مینیمم یک مسئله از تئوری گراف به عنوان مجموعه گره های بازخوردی می باشد.

#### ۴. ماتریس توالی نسبی

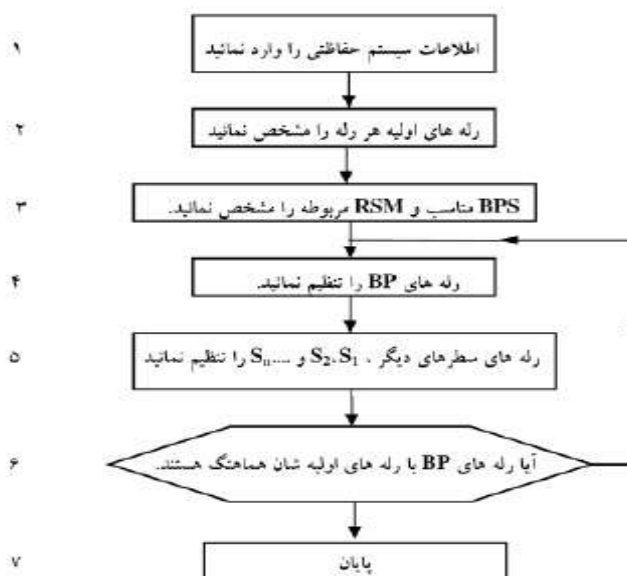
با قرار دادن این مجموعه ها در کنار هم ماتریس توالی نسبی بدست خواهد آمد. به عبارت

دیگر  $RSM$  مربوط به هر  $BPS$  بصورت یک بردار سطری مطابق زیر است:

$$RSM = [S_1=BPS, S_2, \dots, S_n]^t \quad (۱)$$

که  $S_i$  عبارتست از مجموعه ای از رله ها که فقط رله های اولیه در  $S_1, S_2, \dots, S_{i-1}$  دارند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۳): الگوریتم هماهنگی رله ها بر اساس BPS و RSM

- فلوچارت نشان داده شده در شکل (۳) چگونگی هماهنگی بر اساس BPS و RSM را توضیح می دهد. در ادامه مراحل این فلوچارت با توجه به شماره هر بلوک توضیح داده می شود.
- جهت انجام مراحل هماهنگی حفاظتی تمام اطلاعات لازم از سیستم حفاظت از قبیل توپولوژی شبکه، شرایط شبکه و منحنی های مشخصه گرفته می شود.
  - تمام رله های مربوط به حفاظت اولیه هر رله مشخص شود. رله های مربوط به حفاظت اولیه رله  $r_i$  عبارتند از رله های مستقر در باس دور دست رله  $r_i$  بغیر از رله های مجاور که در سمت دیگر خط و در خلاف جهت قرار گرفته اند. برای مثال در شکل (۲- الف)، رله  $r_2$  مجاور  $r_1$  محسوب می شود. بنابراین رله های  $r_4$  و  $r_6$  رله های مربوط به حفاظت اولیه رله  $r_1$  می باشند.

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

۳- BPS یک سیستم حفاظتی با استفاده از روش تحلیل توپولوژی مشخص شود. BPS ،

نمایانگر سطر اول از ماتریس RSM می باشد. سپس بر اساس BPS بقیه سطرهای ماتریس RSM  $(S_2, \dots, S_n)$  مشخص می شوند.

۴- در اولین حلقه تکرار تنظیمات زمانی رله های BPS مشخص می شوند و در تکرارهای بعدی

تنظیمات هر BP با عنایت به رله های حفاظت اولیه اش بازنگری و در صورت لزوم مورد تغییر قرار می گیرد.

۵- در این مرحله تنظیمات سطرهای دیگر RSM به ترتیب انجام می گیرد.

۶- در صورت صحیح بودن تنظیم رله ها با حفاظت های اولیه هماهنگی پایان می پذیرد و در

غیر این صورت با بازگشت به مرحله ۴ محاسبات تکرار می شود.

در یک شبکه چند حلقه ای ، چند حلقه در مجاور یکدیگر قرار می گیرند. بنابراین حجم

وسیقی از محاسبات تکراری برای دستیابی به هماهنگی مورد نیاز است. در چنین شبکه ای

هماهنگی رله ها بر اساس RSM تضمین کننده این امر است که تنظیم هر رله فقط یک بار

در هر مرحله تکرار محاسبه می شود و به همین دلیل محاسبه RSM از اهمیت بالایی

برخوردار است.

## ۵. قدرت تشخیص محدوده خطا

در هنگام وقوع خطا در یک سیستم قدرت مطلوب است هنگامی که خطایی انجام می شود ،

حفاظت می بایست دستور قطع را برای نزدیکترین کلید صادر نماید و اگر حفاظت اولیه

نتوانست به هر دلیلی وظیفه خود را انجام دهد ، حفاظت پشتیبان وارد عمل شود و قسمت

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

بزرگتری از شبکه را از مدار خارج سازد تا کوچکترین بخش ممکن از شبکه جدا شود ، برای رسیدن به این خواسته مفهوم گزینش پذیری مطرح و شبکه قدرت به نواحی حفاظتی تقسیم می شوند . در ادامه روش های مبتنی بر تئوری گراف برای چک نمودن گزینش پذیری یک سیستم حفاظتی با استفاده از دیاگرام وابستگی آن ارائه می شود . این روش بر اساس این قضیه استوار است که : یک سیستم حفاظت از توانایی تشخیص محدوده خطا برای داشتن گزینش پذیری برخوردار است اگر دیاگرام وابسته اش شامل هیچ حلقه ای نشود . بنابراین مساله تامین گزینش پذیری یک سیستم حفاظتی معادل باز کردن تمام حلقه های دیاگرام وابستگی متناظر شبکه آن سیستم است .

تعیین *BPS* ، یک مساله از تئوری گراف با نام مجموعه گره های بازخوردی است که منجر به تعیین مجموعه ای از گره ها (مجموعه از رله ها در سیستم حفاظتی) می شود که حذف آنها از دیاگرام وابستگی خواهد شد . حال آنکه ، در سیستم حفاظتی وجود تمام رله های حفاظتی برای حفاظت تجهیزات سیستم قدرت احساس می شود . به علاوه حذف یک رله تاثیر بیشتری بر روی دیاگرام وابستگی به جز حذف یک گره دارد . بنابراین به جای این حذف ، رله های مربوط به *FVS* می بایست مستقل از رله های اولیه شان از طریق تغییرات اساسی بازسازی شوند . یکی از تغییرات ، می توان حذف یالهای ورودی به گره های عضو یک *FVS* باشد . حذف این یالها اثری مشابه با حذف گره ها بر روی دیاگرام وابستگی دارد . این امر با جایگزینی رله  $r_1$  با رله  $r_{i,1}$  که به صورت *under - reached* برای باس دوردست خود تنظیم می شود ، امکان پذیر است . در این شرایط برای در نظر گرفتن حفاظت کامل باس دوردست ، رله دیگری به نام  $r_{i,2}$  به موازات  $r_{i,1}$  که به صورت *over - reached* تنظیم



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

شده است، در نظر گرفته می شود. در چنین سیستمی تمام واحد - رله ها را می توان با حفاظت اولیه خود تنظیم نمود. با مرتب نمودن این مجموعه از رله ها، ماتریس توالی نسبی بدست خواهد آمد.

در ادامه الگوریتمی جهت بدست آوردن  $RSM$  از روی دیاگرام وابستگی که فاقد حلقه است ارائه می شود.

۱- دیاگرام وابستگی سیستم مربوطه را رسم نمایید.  $i = 1$  تنظیم کنید. در این مرحله هیچ کدام از گره ها علامت نخورده اند.

۲-  $S_i$  را به عنوان مجموعه ای از گره ها که هیچ یال ورودی از گره های علامت نخورده ندارند، تعریف می کنیم.

۳- گره های  $S_i$  را در  $D$  علامت بزنید. اگر هیچ گره علامت نخورده ای ندارد،  $i=i+1$  و به مرحله ۲ بروید

۴-  $RSM [S_1, S_2, \dots, S_m]$

۵- اتمام

می توان از الگوریتم مطرح شده نتیجه گرفت که اگر دیاگرام وابستگی فاقد حلقه باشد، سیستم حفاظتی مربوطه تنها یک انتخاب برای  $RSM$  وجود خواهد داشت که بهینه نیز هست.

۶. حداقل نمودن تعداد رله های جهت دار

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

رله های جهت دار در شبکه های غیر شعاعی و یا چند سو تغذیه ، برای عملکرد رله ها در هنگام وقوع خطا در جهت مشخص استفاده می شوند . از آنجاییکه رله های جهت دار پیچیده تر و هزینه بر هستند ، در بعضی مواقع استفاده از رله های جهت دار به صلاح نیست . در ادامه ، مواردی که حذف جهتی بودن رله ها صدمه ای به گزینش پذیری نخواهد زد ، مورد بحث قرار خواهد گرفت.

قوانین زیر برای کم کردن تشخیص جهت در یک سیستم حفاظتی بدون صدمه به گزینش پذیری ارائه می گردد :

قانون ۱ : اگر یک واحد - رله در بین تمام واحد - رله های باس خود ، دارای بیشترین

تاخیر زمانی باشد ، جهتی بودن آن لازم نیست . کاربرد این قانون هیچ تاثیری بر روی هماهنگی سیستم حفاظتی ندارد .

قانون ۲ : اگر دو یا چند واحد رله در یک باس دارای بیشترین تاخیر زمانی باشند ، حذف جهتی بودن یکی از آنها صدمه ای به گزینش پذیری سیستم نخواهد زد . استفاده از این قانون بر روی هماهنگی رله ها تاثیر گذار است . بنابراین بعد از استفاده از این قانون می بایست هماهنگی حفاظتی دوباره انجام شود .

یکی دیگر از شرایطی که شبکه نیاز به جهت دار بودن نمی باشد ، بستگی به نحوه بهره برداری سیستم و ساختار آن دارد که در قانون زیر به آن اشاره شده است :

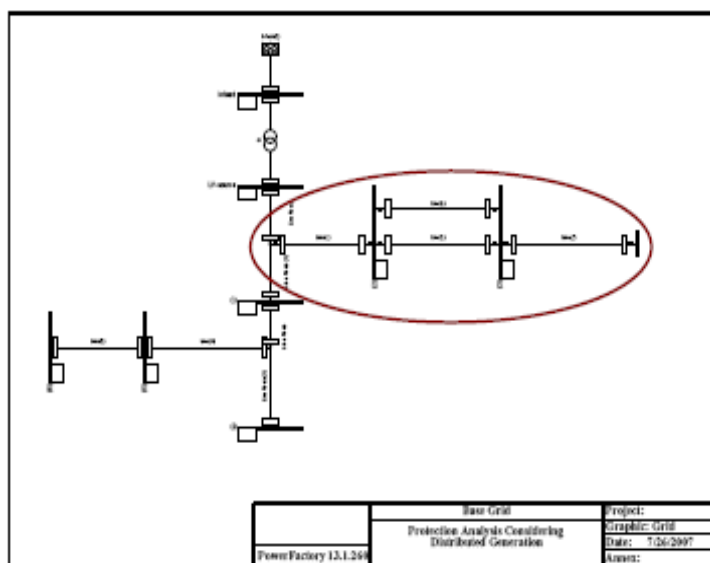
قانون ۳ : اگر محل وقوع خطا باعث ایجاد تفاوت کافی در مقدار آن در جهت های مختلف می باشد ، نیازی به جهتی بودن نیست و این امر با تنظیم جریان قطع مسیر می شود . میزان این تفاوت عبارت است از نسبت ۱ به ۴ در جهات مختلف . می توان نتیجه گرفت که

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

اگر یک رله سیستم حفاظتی خط را در باس محلی خودش تعیین نکند ، آن رله نیازی به جهتی بودن ندارد . دقت کنید که بکار گیری قانون ۳ هیچ تاثیری بر هماهنگی رله های آن سیستم حفاظتی ندارد .

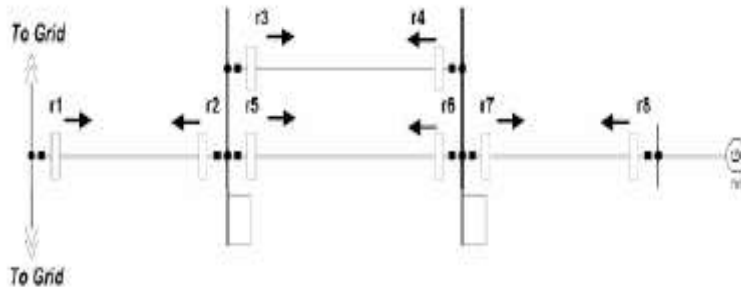
۳-۸-۴ : شبیه سازی شبکه نمونه

شبکه توزیع شبیه سازی شده در این پروژه ، یک فیدر توزیع ۴۰۰۷ است که در شکل ( ۴ - الف) نشان داده شده است . از این شبکه فیدری منشعب شده که DG به آن اضافه خواهد شد و در شکل با بیضی مشخص شده است . این شبکه برای راحتی نمایش و مشاهده بهتر نتایج در شکل (۴ - ب) ، آورده شده است . هدف انجام تنظیمات رله های موجود در این فیدر با استفاده از تئوری گراف و اعمال این تنظیمات در رله های  $r_1$  تا  $r_8$  می باشد . در طراحی سیستم حفاظتی این شبکه مانند قسمت های قبل از رله اضافه جریان با منحنی زمان ثابت و در ابتدا و انتهای هر خط استفاده شده است (شکل ۴ - ب)



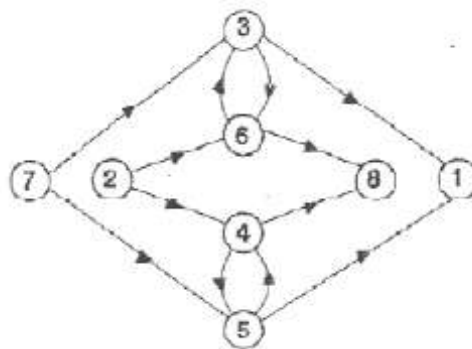
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل (۴- الف) : شبکه نمونه



شکل (۴- ب) : فیدر انشعابی با اضافه شدن DG

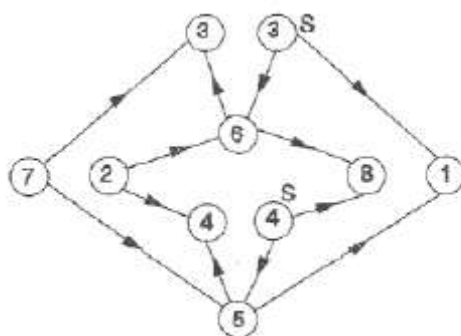
مراحل طراحی و بررسی بصورت مرحله به مرحله در زیر آمده است : در یک سیستم حفاظت گزینش پذیر ، رله ها باید به گونه ای تنظیم شوند که هر رله بعد از رله اولیه اش عمل نماید . با توجه به مطلب بیان شده در قسمت قبل و رابطه اولیه / پشتیبان در این شبکه ، نیاز های گزینش پذیری سیستم حفاظتی این شبکه و دیاگرام وابستگی گراف نظیر در شکل (۵) نمایش داده شده است .



شکل (۵) : دیاگرام وابستگی مربوط به فیدر شکل (۴- ب)

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

برای بدست آوردن گزینش پذیری ، همانگونه که در قسمت های قبل مطرح شد ، یک سیستم حفاظتی دارای قدرت تشخیص محدوده خطای کافی است ، اگر دیاگرام وابستگی مربوطه دارای هیچ حلقه ای نباشد . بنابراین برای داشتن چنین قابلیتی در سیستم حفاظتی شکل (۴-ب) محدوده تشخیص خطا بعضی از رله ها می بایست تغییر یابند.



شکل (۶) : دیاگرام وابستگی تغییر یافته

بنا به تعریف ،  $BPS$  مجموعه ای از رله ها هستند اگر گره های متناظر آنها حذف شوند ، تمام حلقه های دیاگرام وابستگی باز خواهند شد ، پس مجموعه گره های  $\{r_3, r_4\}$  دارای شرایط فوق هستند .

مجموعه  $L$  ،  $BPS$  مینیمال خوانده می شود اگر هیچ زیر مجموعه ای از  $L$  ،  $BPS$  نباشند . پس مجموعه گره های  $\{r_3, r_4\}$  ،  $BPS$  مینیمال است .

$BPS$  مینیمم ،  $BPS$  مینیمالی است با مینیمم سایز ممکن . پس مجموعه  $L$  ،  $BPS$  مینیمم

نیز هست . با توجه به قسمت (۲-۵) برای دستیابی به قدرت تشخیص محدوده خطا می بایست نواحی حفاظتی رله های  $BPS$  تغییر یابند . این تغییر می تواند با افزودن یک ناحیه

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

خاص کوچک (*short zone*) با رله های *BPS* حاصل شود. این نواحی باید بصورت *under* –

*reach* برای باس های دور دستشان انتخاب شوند. علاوه بر آن، نواحی حفاظتی رله های

$r_1$  و  $r_6$  (به عنوان پشتیبان های  $S_4$ ) نباید به انتهای ناحیه *short zone* برسند. شکل (۶)

رابطه اولیه / پشتیبان سیستم حفاظتی مورد بحث را نشان می دهد.

برای هماهنگی سیستم حفاظتی، هماهنگی حفاظتی از رله های *BPS* آغاز می شود و در هر

مرحله رله هایی که زمان های اولیه شان تنظیم شده اند، انتخاب می شوند و تنظیم

خواهند شد. این روند تا تنظیم نهایی تمام رله های سیستم ادامه خواهد یافت. با این روند

، ماتریس *RSM* برای سیستم حفاظتی شبکه نمونه بدین گونه است:

$$RSM = \begin{bmatrix} r_2 & s_3 & s_4 & r_7 \\ r_5 & r_6 & & \\ r_1 & r_3 & r_4 & r_8 \end{bmatrix} \quad (2)$$

بر مبنای قوانین ارائه شده در قسمت (۲-۶) برای سیستم حفاظتی شبکه نمونه، جهتی

بودن رله های  $r_1, r_5, r_6, r_8$  نیازی نیست.

جدول (۱): نوع و تنظیمات رله های شبکه نمونه

Relay	Relay type	Time Setting (Sec.)	
		$t_1$	$t_2$
1	OC/ND	0.6	-
2	OC/D	0	-
3	OC/D	0	0.6
4	OC/D	0	0.6
5	OC/ND	0.3	-
6	OC/ND	0.3	-
7	OC/D	0	-
8	OC/ND	0.6	-

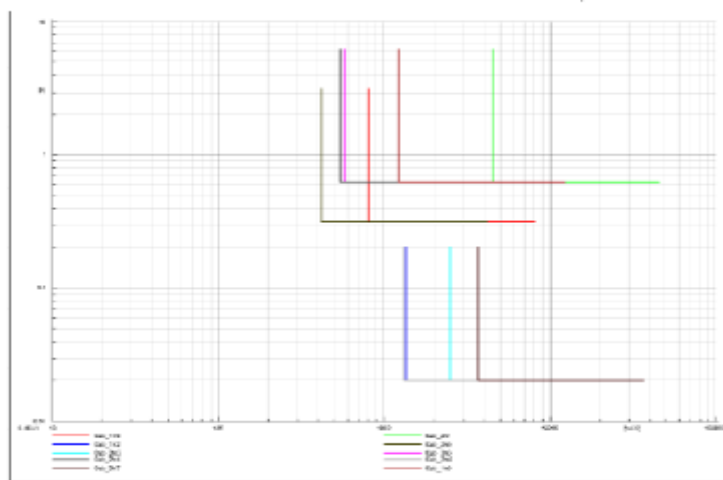
OC: Over current Protection

D: Directional

ND: Non-Directional

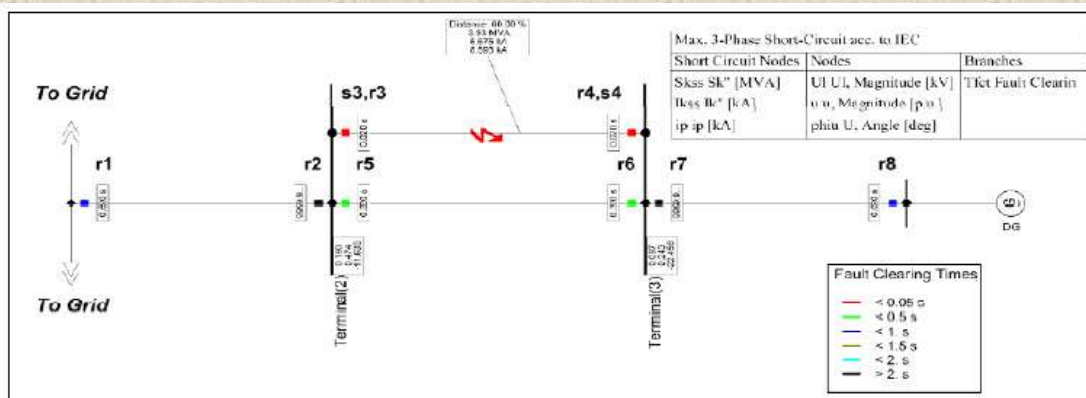
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حال با توجه به مراحل طراحی اشاره شده و با توجه به *RSM* منتهی (۲) بصورت افزایشی ، سطر به سطر ، رله هایی که حفاظت اولیه آنها تنظیم شده است را تنظیم می نماییم . این تنظیمات در جدول (۱) آمده است . حال می خواهیم صحت عملکرد صحیح الگوریتم یاد شده را بررسی نماییم . به این منظور نتایج بدست آمده از الگوریتم فوق را نرم افزار *DIGSILENT* شبیه سازی نموده ایم . همان گونه که در شکل ( ۷ ) نشان داده شده است ، مبنای تنظیمات جدول ( ۱ ) که حاصل بکارگیری تئوری گراف برای تنظیم رله های شبکه نمونه برای رسیدن به هماهنگی حفاظتی است ، رله های شبکه نمونه در نرم افزار *DIGSILENT* در سه مرحله تنظیم و پیاده سازی شده است . در انتها ، شکل ( ۸ ) توالی عملکرد شبکه نمونه ، به ازای یک خطا در محل نمایش داده شده که در نرم افزار شبیه سازی شده است را نشان می دهد . در این شکل اعداد نوشته شده در محل رله زمان عملکرد هر رله را نشان می دهد . همانگونه که به وضوح دیده می شود نتایج شبیه سازی صحت محاسبات و تنظیمات انجام شده را بیان می نماید .



شکل (۷) : پیاده سازی تنظیمات جدول (۱)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۸): شبیه سازی خطا و زمان عملکرد رله های حفاظتی

۴-۸-۴ : نتیجه گیری

امروزه با پیشرفت فن آوری اطلاعات (IT) و ساخت رله های میکروپروسسوری ، محیط برای توسعه نرم افزاری هماهنگی بهینه رله های حفاظتی در سیستم قدرت مساعد شده است . در شبکه های توزیع ، حضور تولید پراکنده در حال افزایش است . هماهنگی بهینه رله های جریان زیاد و همچنین فیوزها و کلیدهای بازبست بایستی به صورت هوشمند تنظیم گردد تا تداوم برق رسانی در این شبکه ها دچار مشکل نگردد . در این پروژه تئوری گراف به عنوان یکی از این روش های هوشمند پیشنهاد و الگوریتم آن شرح داده شده است و در نهایت صحت عملکرد آن با شبیه سازی در محیط نرم افزار تائید گردیده است .



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴-۹: ارزیابی تأثیر سیستمهای تولید پراکنده بر عملکرد شبکه های توزیع برق با مطالعه موردی مولدهای فتوولتاییک

### چکیده

استفاده از مولدهای پراکنده *DG* در سیستم توزیع، منافی را برای شرکت های تولیدکننده، مصرف کنندگان برق و به طور کلی جامعه به هم راه دارد. کاهش تلفات خطوط، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش انتشار گازهای آلاینده، آزادسازی ظرفیت سیستم های توزیع و انتقال، به تعویق افتادن سرمایه گذاری برای توسعه شبکه، ارتقاء بهره وری و افزایش امنیت برای بارهای حساس و پراهمیت شبکه های توزیع از نتایج مثبت بکارگیری *DG* برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان انرژی در شبکه است. در این پروژه ویژگیهای سیستمهای *DG* و اثرات مثبت آنها را در شبکه توزیع از دیدگاه عمومی، فنی و اقتصادی تشریح کرده، شاخصهای سودمندی برای ارزیابی عملکرد این سیستمها در شبکه از نظر ولتاژ، تلفات و اثرات زیست محیطی ارائه می کنیم. شاخص دیگری تعریف می کنیم با عنوان "شاخص حساسیت با هدف اصلاح ولتاژ شین های شبکه" که بر اساس آن مکان یابی سیستمهای فتوولتاییک *PV* به عنوان

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نوعی مولد پراکنده با استفاده از الگوریتم گراف تلفیق شده با تحلیل حساسیت انجام و ارائه شده است. نتایج حاصل از این مکان یابی بر ولتاژ و تلفات شبکه ارائه می شود و در نهایت سودمندی این سیستمها را با استناد به شاخصهای سودمندی نیز نشان می دهیم.

۱-۹-۴ : مقدمه

در ابتدای تولید الکتریسیته و آغاز مصرف انرژی الکتریکی منابع کوچک و پراکنده ای نظیر رودخانه ها و توربین های کوچک آبی برای تولید انرژی الکتریکی بکار گرفته شدند. در واقع ایده تولید پراکنده ایده ای قدیمی و مربوط به اواخر قرن 19 میلادی است. [1] خیلی زود با پیشرفت سریع صنعت برق و ساخت ماشین های عظیم الجثه ی تولید کننده و دریافت کننده ی انرژی برق مولدهای کوچک و محلی انرژی به نیروگاههای چند صد مگاواتی که شمار زیادی از مصرف کنندگان دور و نزدیک را تحت پوشش قرار می دادند، تبدیل شدند. اکنون پس از گذشت نزدیک به یک قرن از بهره برداری انسان از انرژی الکتریکی برای تأمین رفاه و آسایش بیشتر، طراحان و برنامه ریزان صنعت برق در سراسر دنیا به ایده تولید پراکنده روی آورده، در جهت کوچک سازی حجم مراکز تولید و سطح تحت پوشش آنها تلاش می کنند. در این پروژه وضعیت تولید انرژی در سالهای اخیر مورد بررسی واقع می شود و تولید پراکنده به عنوان روشی کارآمد در تأمین انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان معرفی می شود. به بررسی سهم تکنولوژی های تولید پراکنده در بازار تولید برق می پردازیم و انواع تکنولوژی های تولید پراکنده از منظر منبع انرژی همراه با مزایای تولید از منابع انرژی تجدیدپذیر را تشریح می کنیم. استفاده از مولدهای DG در سیستم توزیع، منافی را برای شرکت های تولیدکننده،

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

مصرف کنندگان برق و به طور کلی جامعه به همراه دارد. کاهش تلفات خطوط، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش انتشار گازهای آلاینده، ارتقاء امنیت و اطمینان شبکه، بهبود کیفیت توان، آزادسازی ظرفیت سیستم های توزیع و انتقال، به تعویق افتادن سرمایه گذاری برای توسعه شبکه، ارتقاء بهره وری و افزایش امنیت برای بارهای حساس و پراهمیت شبکه های توزیع از نتایج مثبت بکارگیری DG برای تولیدکنندگان و متصدیان شبکه است. مصرف کنندگان انرژی هم از منافع این تکنولوژی سود می برند. از همین رو در ادامه بحث، ویژگیهای سیستمهای DG و اثرات مثبت آنها را در شبکه توزیع از دیدگاه عمومی، فنی و اقتصادی تشریح کرده، شاخصهایی برای ارزیابی عملکرد این سیستمها در شبکه از نظر ولتاژ، تلفات و اثرات زیست محیطی بر گرفته از مراجع 2 و 3 ارائه می کنیم.

شاخص دیگری تعریف می کنیم با عنوان " شاخص حساسیت با هدف اصلاح ولتاژ شین های شبکه " که بر اساس آن مکان یابی سیستمهای فتوولتائیک به عنوان نوعی مولد پراکنده با استفاده از الگوریتم گراف تلفیق شده با تحلیل حساسیت انجام و ارائه شده است. نتایج حاصل از این مکان یابی بر ولتاژ و تلفات شبکه ارائه می شود و در نهایت سودمندی این سیستمها را با استناد به شاخص های سودمندی مراجع و نیز نشان می دهیم.

## ۲-۹-۴ : تولید انرژی

اولین نیروگاههای احداث شده در دنیا از لحاظ نوع منبع به سه گروه عمده تقسیم می شوند :  
آبی استفاده از انرژی آب جاری رودخانه ها یا آب ذخیره شده در مخزن سدها حرارتی استفاده از انرژی سوخت ها نظیر نفت، گاز یا ذغال سنگ و هسته ای استفاده از انرژی اتمی تا پایان

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

قرن بیستم سایر تکنولوژی های تولید برق فرعی و غیر متداول محسوب می شدند. جدول 1 سهم هر یک از تکنولوژی های فوق را در تولید انرژی در سراسر دنیا تا پایان قرن اخیر نشان می دهد.

جدول ۱- سهم تکنولوژی های مختلف در تولید انرژی بر حسب GW تا پایان قرن بیستم [۴]

متعلقه	تکنولوژی	حرارتی	آبی	هسته ای	غیره / تجدید پذیر	کل
آمریکای شمالی	۶۴۲	۱۷۶	۱۰۹	۱۸	۹۴۵	
آمریکای مرکزی-جنوبی	۶۴	۱۱۲	۲	۳	۱۸۱	
اروپای غربی	۳۵۳	۱۴۲	۱۲۸	۱۰	۶۳۳	
اروپای شرقی- اتحاد جماهیر شوروی	۲۹۸	۸۰	۴۸	۰	۴۲۶	
خاور میانه	۹۴	۴	۰	۰	۹۸	
آفریقا	۷۳	۲۰	۲	۰	۹۵	
آسیا و اقیانوسیه	۶۵۱	۱۶۰	۶۹	۴	۸۸۴	
کل	۲/۱۷۵	۶۹۴	۳۵۸	۳۵	۳/۲۶۲	
درصد	۶۶/۶	۲۱/۳	۱۱/۰	۱/۱	۱۰۰	

نیروگاههای عظیم با توان بالا و از هر یک از انواع فوق نیاز به اختصاص مکان مناسبی برای ساخت دارند که یافتن این مکان هم مشکلاتی به همراه دارد از قبیل اینکه نیروگاههای آبی باید در محدوده جغرافیایی مشخصی بر سر راه رودخانه ای با دبی آب بالا ساخته شوند و یا اینکه نیروگاههای اتمی در محلی حفاظت شده و دور از مراکز تجمع با امنیت بالا احداث شوند. رساندن سوخت به نیروگاههای حرارتی نیز هزینه هایی را بر روند کلی تولید برق تحمیل می کند که نزدیکی آنها به محل تأمین سوخت این هزینه ها را کاهش می دهد. از طرف دیگر برای رساندن انرژی الکتریکی به مصرف کنندگان طراحی و احداث شبکه های حجیم انتقال و توزیع برق ضروری است که در مناطقی با جمعیت پراکنده و غیرمتمرکز

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سرمایه گذاری قابل توجهی را می طلبد و برق تأمین شده در محل مصرف را به برقی پرهزینه و گران تبدیل می کند. در بسیاری از کشورها صنعت برق نیز همچون سایر صنایع از سرمایه بخش خصوصی بهره می گیرد و در ایران هم سمت و سوی برنامه ریزی ها در جهت خصوصی سازی و کاهش حجم دولت است. با توجه به این واقعیت، ضرورت توجه به تکنولوژی های دیگر تولید برق که به سرمایه گذاری کمتری احتیاج داشته بازگشت سرمایه کوتاهتری دارند - که هر دو از اولویت های مشارکت بخش خصوصی در تأمین مالی صنایع هستند - کاملاً محسوس می باشد. بنابراین کاستن از حجم نیروگاهها و بزرگی سطح تحت پوشش شبکه های برق رسانی می تواند به جذب سرمایه های خصوصی و دستیابی به اهداف برنامه های توسعه یاری رساند.

۳-۹-۴ : تولید پراکنده

در سالهای میانی قرن بیستم و پیش از دهه ۱۹۷۰ میلادی، تقاضا برای انرژی الکتریکی نرخ رشد ثابتی در حدود ۶-۷٪ را نشان می داد. طرح مباحث زیست محیطی و بحران نفتی ناشی از وقایع سیاسی در خاورمیانه در سالهای دهه ۱۹۷۰ مشکلات جدیدی در پیش روی صنعت برق دنیا قرار داد. این عوامل به همراه تغییراتی در اقتصاد جهانی، منجر به کاهش نرخ رشد مصرف انرژی الکتریکی از ۶-۷٪ به ۱.۶-۳٪ در دهه ۱۹۸۰ میلادی شد. [۵] در همین زمان هزینه های انتقال و توزیع انرژی دچار تورم بی سابقه ای از ۲۵٪ به حدود ۱۵۰٪ از هزینه تولید شد. در واقع این بخش از صنعت برق دو سوم بودجه های لازم برای سرمایه گذاری را به خود اختصاص داد به دنبال کاهش تقاضا، افزایش بی رویه هزینه های یاد شده، دغدغه های

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

عمومی برای سلامت محیط زیست، دستیابی به تکنولوژی های پیشرفته و پذیرش تغییرات در شبکه ها، نیروگاههای عظیم مرکزی از کانون توجه تولید کنندگان انرژی خارج شد به عبارت دیگر الگوی تولید انرژی از جستن صرفه اقتصادی در ابعاد و اندازه ها به تولید به صرفه گروهی و غیرمتمرکز تغییر حالت پیدا کرد به طور کلی هر نوع تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی که قابلیت ادغام شدن در سیستم توزیع را دارد [4] و یا از سمت مصرف کننده دستگاه اندازه گیری به شبکه متصل شده است [7] می تواند تحت عنوان تولید پراکنده قرار گیرد.

سیستم های DG را سیستم هایی مدولار [8] و با ظرفیت کمتر از 100 مگاوات آمپر [9] و بعضاً کمتر از 10 مگاوات معرفی می کنند. از دیدگاه قانونی رویکرد عمومی به تولید پراکنده از سال 1978 با تصویب قانون تعدیل شبکه برق در ایالات متحده آمریکا آغاز شد. این مصوبه به ژنراتورهای کوچک اجازه اتصال به شبکه قدرت را داد و به اینصورت واحدهای کوچک تولید پراکنده حتی با ظرفیت یک کیلووات وارد بازار رقابتی تولید و توزیع انرژی الکتریکی شدند

#### ۱- انواع تکنولوژی های تولید پراکنده

مولدهای پراکنده را می توان به دو گروه تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم کرد که هر یک از این گروه ها به ترتیب دربرگیرنده این سیستم ها هستند

- ✓ خورشیدی فتوولتائیک و حرارتی، باد، زمین گرمایی، اقیانوس.
- ✓ موتورهای احتراق داخلی، سیکل ترکیبی، توربین احتراقی، میکروتوربین و پیل سوختی که البته با توجه به تکنولوژی تولید هیدورژن می توان پیل سوختی را در گروه اول نیز به حساب آورد، همانطور که در عمل شده است.

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

تولید پراکنده نباید با تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر همسان فرض شود چراکه می تواند از منابع پایا نپذیر نظیر سوخت های فسیلی برای تولید انرژی استفاده کند و حتی آلودگی محیطی نیز به همراه داشته باشد. جدول 2 انواع مولدهای DG را همراه با محدوده توان تولیدی و نحوه ارتباط و اتصال سیستم به شبکه نشان می دهد.

تولید پراکنده می تواند از دو گونه منبع انرژی معمول و تجدیدپذیر انجام شود که البته لزوم توجه به مسائل زیست محیطی و تلاش برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای، انرژی های تجدیدپذیر را در مرتبه بالاتری از اهمیت و توجه قرار داده است. در بین منابع تجدیدپذیر انرژی، انرژی باد و خورشید مورد توجه ویژه قرار دارند. نصب و راه اندازی هر کیلووات سیستم فتوولتاییک، همچون سایر منابع انرژی تجدید پذیر - علاوه بر تمام کارکردهای مثبت و قابل توجه آن - به میزان قابل توجهی از تولید و نشر گازهای گلخانه ای می کاهد که شامل انواع اکسیدهای کربن، نیتروژن، سولفور و گازهای سمی و مخرب دیگر می باشد.

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

جدول ۲- انواع مولدهای DG [۴]

ارتباط با شبکه	محدوده ظرفیت نمونه	تکنولوژی
مبدل DC/AC	چند وات تا چند صد کیلووات	خورشیدی، فتوولتاییک
ژنراتور آسنکرون	چند صد وات تا چند مگاوات	باد
ژنراتور آسنکرون	چند صد کیلووات تا چند مگاوات	زمین گرمایی
ژنراتور سنکرون ۴ قطبی	چند صد کیلووات تا چند مگاوات	اقیانوس
ژنراتور سنکرون یا مبدل AC/AC	چند صد کیلووات تا چند ده مگاوات	موتور احتراق داخلی
ژنراتور سنکرون	چند ده مگاوات تا چند صد مگاوات	سیکل ترکیبی
ژنراتور سنکرون	چند مگاوات تا چند صد مگاوات	توربین احتراقی
مبدل AC/AC	چند ده کیلووات تا چند مگاوات	میکروتوربین
مبدل DC/AC	چند ده کیلووات تا چند ده مگاوات	پیل سوختی

## ۲- سهم تکنولوژی های تولید پراکنده در بازار تولید برق

سهم DG ها از تولید انرژی الکتریکی با سرعت قابل توجهی، در حال افزایش است ب هنجوی که در ابتدای دهه ۹۰ تولیدهای غیر شبکه ای یا NUG ها ۵٪ از کل تولید در کشور آمریکا را شامل می شدند اما در پایان این دهه به ۲۰٪ از کل تولید رسیده بود. به عبارتی دیگر از ۴۰ گیگاوات به بیشتر از ۱۵۰ گیگاوات بالغ شده بوده است.

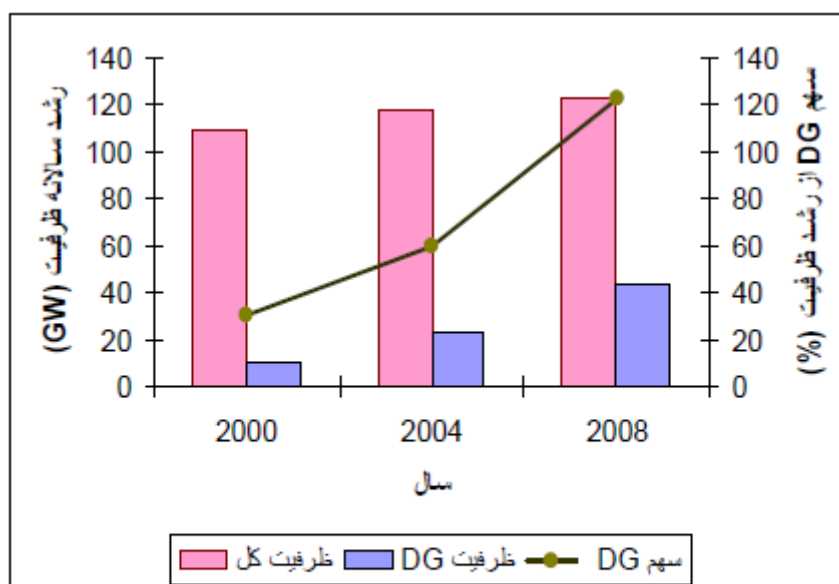
رشد تولید پراکنده و اقبال عمومی نسبت به این تکنولوژی آن چنان است که پیش بینی می شود ارزش انرژی تولیدی توسط DG ها تا سال ۲۰۱۰ به ۱۰ تا ۳۰ میلیارد دلار برسد. شکل ۱



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

تخمین میزان افزایش سالانه ظرفیت تولید انرژی برحسب گیگاوات و سهم تولید پراکنده در این بازار را از سال 2000 تا 2008 نشان می دهد.

با توجه به روند رو به گسترش بهره برداری از مولد های DG در تأمین انرژی ، شبکه های قدرت آینده از منابع مختلف و پراکنده ای تغذیه می شوند که شبکه برق کلی را می سازند و با پیچیدگی شبکه برق رسانی وجود مرکزی به عنوان مرکز رهبری شبکه و کنترل توان جاری در آن ضروری خواهد بود.



شکل ۱- افزایش سالانه ظرفیت تولید انرژی و سهم تولید پراکنده [۴]

### ۳- سهم تکنولوژی های تجدید پذیر در بازار تولید برق

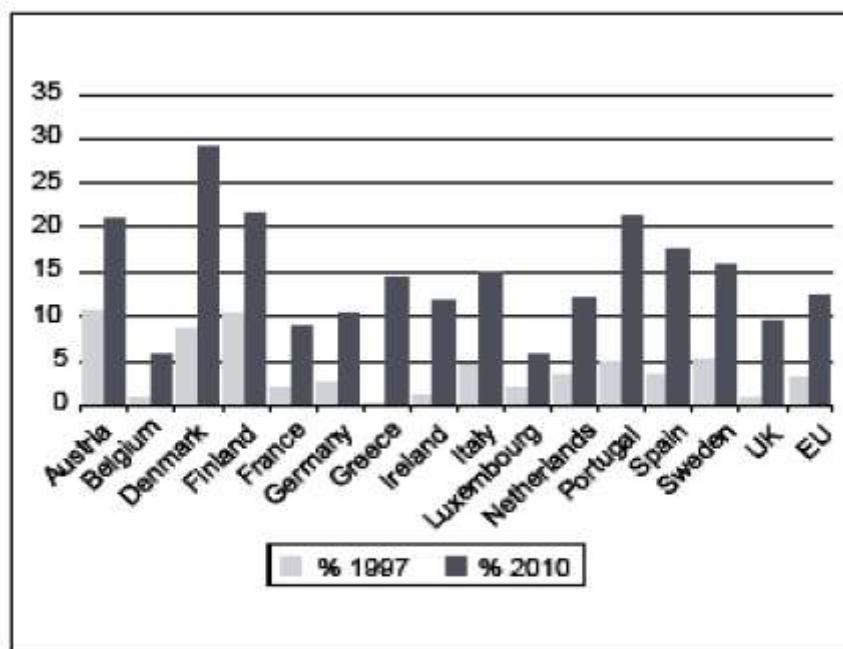
واحدهای DG می توانند از دو گروه منابع انرژی سنتی و نو برای تولید الکتریسته استفاده کنند اما نگرانی های عمومی از به خطر افتادن سلامت محیط زیست انسان ، اثر گلخانه ای گازهای مخرب و کیفیت زندگی مردم ، انرژی های تجدیدپذیر را در کانون توجه طراحان و دولتمردان قرار داده است. تحقیقات و پیشرفت های اخیر صنعت DG برخی تکنولوژی های

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

تولید انرژی از این مولدها را در مقایسه با انواع سنتی آن قابل رقابت ساخته است. تمام

کشورهای اروپایی درصد افزایش سهم انرژی های نو به بیشتر از 10 از کل منابع انرژی خود

تا سال 2010 هستند. شکل 2



شکل ۲- پیش بینی سهم انرژی های نو در تأمین انرژی تا سال

[۱۲]۲۰۱۰

#### ۴-۹-۴ : کارایی سیستمهای تولید پراکنده در شبکه توزیع

کاهش تلفات خط و ترانسفورماتورها، کاهش اثرات محیطی، آزاد شدن ظرفیت سیستم انتقال

و توزیع، افزایش قابلیت اطمینان در شبکه، بهبود کیفیت توان، پیک زدایی و ارتقاء بازده کلی

سیستم از نتایج مثبت بکارگیری DG برای تولیدکنندگان و متصدیان شبکه است. مصرف

کنندگان انرژی هم با دریافت توان مطلوب با کیفیت بالا و اطمینان بیشتر اما هزینه پایین تر

و با اثرات مخرب کمتر، از این تکنولوژی سود می برند. همچنین ارتقاء سلامت محیط زیست،

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

افزایش بهره وری در سیستم و بهره برداری مفید و پربازده از منابع انرژی منافی هستند که شامل حال جامعه و مردم می شوند. بطور کلی ویژگیهای مثبت سیستمها ی DG را در قالب ویژگیهای عمومی، فنی و اقتصادی می توان بیان کرد.

در واقع تکنولوژی تولید پراکنده به دلایل مختلفی با استقبال چشمگیری در سرتاسر دنیا مواجه شده است که می توان از جمله آنها به عوامل زیر اشاره کرد:

✓ واحدهای در نزدیکترین نقاط به مصرف کننده احداث و بهره برداری می شوند و به همین دلیل هزینه های انتقال و توزیع انرژی کاهش می یابد که در غیر اینصورت این هزینه ها در حدود 30% از ارزش توان تحویل شده به مصرف کننده خواهند بود.

✓ آخرین دستاوردهای صنعت برق ساخت واحدهای تولیدکننده پربازده و در رنج وسیعی از 10 کیلووات تا 15 مگاوات را میسر ساخته اند.

✓ گاز طبیعی به عنوان سوخت بسیاری از واحدهای DG تقریباً در هر منطق های توزیع شده است و قیمت آن از ثبات بیشتری برخوردار است.

✓ معمولاً سیستم های DG زمان نصب کوتاهتری دارند و ریسک سرمایه گذاری در آنها کمتر است.

✓ واحدهای DG بازدهی خوبی دارند به ویژه در سیکل های ترکیبی و زنجیره ای واحدهای بزرگتر DG.

✓ رقابتی شدن بازار برق فرصتهایی برای ظهور تولید کننده های جدید در شبکه قدرت بوجود آورده است.

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

- ✓ ابعاد فیزیکی کوچک سیستم های DG نصب آنها در محل مصرف بدون نیاز به جستجو برای یافتن مساحت وسیعی از زمین و اخذ تأیید مسئولین ذیربط را میسر می سازد.
- ✓ در کنار افزایش هزینه های انتقال و توزیع انرژی هزینه های تولید پراکنده کاهش یافته است و به مرور زمان کمتر می شود.
- ✓ اختیار انتخاب ترکیب های مختلف هزینه، قابلیت اطمینان و کیفیت توان خروجی برای بهره بردار DG، کارآیی و ارزش آن را دوچندان کرده است.
- علاوه بر ویژگی های عمومی فوق ، می توان از واحدهای DG در سیستم توزیع برای بهبود کیفیت توان و رفع کاستی های تکنیکی بهره برد . تأثیرات فنی فعالیت DG ها در شبکه را می توان برشمرد:

- کاهش تلفات خطوط

- بهبود پروفیل ولتاژ

- کاهش انتشار گازهای آلاینده

- افزایش بازده کل انرژی

- ارتقاء امنیت و اطمینان شبکه

- بهبود کیفیت توان

- آزادسازی ظرفیت سیستم های توزیع و انتقال

و نتایج اقتصادی بهره برداری از ها در شبکه نیز از این قبیل هستند:

- به تعویق افتادن سرمایه گذاری برای توسعه شبکه و واحدهای عظیم نیروگاهی

- هزینه پایین تعمیرات و نگهداری واحدهای DG

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

• ارتقاء بهره وری

• کاهش هزینه های درمان و تأمین سلامت به دنبال کاستن از انتشار آلاینده ها

• کاهش هزینه ذخیره گردان انرژی در شبکه

• هزینه های کمتر بهره برداری به دنبال قله سایی با استفاده از DG ها

• افزایش امنیت برای بارهای حساس و پراهمیت

۵-۹-۴ : سنجش کارایی مولدهای DG در شبکه

سیستم های تولید پراکنده متصل به شبکه مستقیماً به شبکه توزیع متصل می شوند و توان خروجی خود را به شبکه تزریق می کنند بنابراین همچون سایر واحدهای تولیدکننده و المان های شبکه الکتریکی، تأثیراتی بر پارامترها و متغیرهای شبکه همچون ولتاژ، تلفات، قابلیت اطمینان و ... برجای می گذارند. بکارگیری این سیستم ها نباید منجر به تخریب و یا تضعیف شبکه شود بلکه مکان یابی واحدهای DG با هدف بهبود عملکرد شبکه و با رعایت محدودیت های الکتریکی تعریف شده صورت می گیرد. برای ارزیابی میزان تأثیر DG ها بر شبکه توزیع می توان شاخص هایی برای سنجش تأثیر مولدها بر ولتاژ، تلفات خطوط و محیط در نظر گرفت که در ادامه به آنها می پردازیم.

أ - شاخص های سودمندی سیستمهای در شبکه توزیع

در برخی منابع از جمله سه شاخص بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش تلفات خط و کاهش تأثیرات محیطی در ارزیابی مولدهای DG پیشنهاد می شوند. ابتدا به تشریح این شاخص ها می پردازیم و پس از آن شاخص حساسیت با هدف اصلاح ولتاژ شی نهی شبکه یا به اختصار

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

شاخص حساسیت ولتاژ را تعریف کرده، بر اساس آن مکان بهینه نصب سیستمهای فتوولتائیک را در شبکه توزیع نمونه سیوانلار تعیین می کنیم. در نهایت سودمندی این سیستمها را با استناد به شاخصهای سودمندی مراجع 3 و 2 نشان می دهیم.

الف - شاخص بهبود پروفیل ولتاژ

یکی از اهداف جانبی بهره برداری از واحدهای DG در شبکه توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ شبکه و حفظ مطمئن تر ولتاژ ترمینال مصرف کننده در محدوده مطلوب و استاندارد است. جریان یافتن الکتریسیته در خطوط باعث افت ولتاژ می شود و سیستم تولید پراکنده با تزریق توان به شبکه و تأمین بخشی از توان اکتیو و راکتیو مصرف کننده، جریان جاری در خطوط را کاهش می دهد که باعث اصلاح ولتاژ شبکه و بهبود توان دریافتی می شود. شاخص بهبود پروفیل ولتاژ (Voltage Profile Improvement Index (VPPII تأثیر DG بر ولتاژ را نشان می دهد و با رابطه 1 تعریف می شود:

$$VPPII = \frac{VP_{w/DG}}{VP_{wo/DG}} \quad (1)$$

به ترتیب پروفیل ولتاژ با DG و بدون DG هستند. پروفیل ولتاژ این طور بیان می شود:

$$VP = \sum_{i=1}^N V_i L_i k_i \quad (2)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

که  $V_i$  اندازه ولتاژ بر حسب پریونیت ،  $L_i$  بار بر حسب پریونیت  $K_i$  فاکتور وزن دهی در باس  $i$  ام هستند و  $n$  تعداد کل شین های سیستم توزیع می باشد. بنابر روابط بالا سه حالت زیر هر یک معنای مشخصی خواهند داشت:

۱.  $VPII < 1$  :  $DG$  در ولتاژ شبکه اثر منفی داشته است.

۲.  $VPII = 1$  :  $DG$  مؤثر واقع نشده است.

۳.  $VPII > 1$  :  $DG$  در ولتاژ شبکه اثر مثبت داشته است.

در واقع واحدهای تولید پراکنده را در هر نقطه ای از شبکه توزیع می توان نصب و بهره برداری کرد و شاخص  $VPII$  می تواند بهترین مکان را نشان دهد به این نحو که بالاترین مقدار  $VPII$  در بهترین گزینه نصب - با هدف بهبود پروفیل ولتاژ - دیده می شود.

ب - شاخص کاهش تلفات خط

ویژگی دیگر نهفته در کاستن از تلفات توان در خطوط است. مقدار توان تلف شده در خط به جریان جاری شده و مقاومت خط انتقال انرژی بستگی دارد. بنابراین کاهش مقاومت یا جریان هر دو به کاهش تلفات منجر می شود. واحدهای  $DG$  با تزریق توان به شبکه و تأمین بخشی از نیاز مصرف کنندگان جریان عبوری از خطوط را کاهش می دهد. شاخص کاهش تلفات خط،  $Line Loss Reduction Index (LLRI)$  ، نسبت کل تلفات خطوط در سیستم با وجود  $DG$  به کل تلفات  $DG$  بدون تعریف شده است.

$$LLRI = \frac{LL_{w/DG}}{LL_{wo/DG}} \quad (3)$$

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

که  $LL_{wo/DG}$  و  $LL_{w/DG}$  به ترتیب تلفات خطوط در دو حالت بهره بردای از DG و عدم

بکارگیری آن در شبکه هستند و با روابط 4 و 5 تعریف می شوند:

$$LL_{w/DG} = 3 \sum_{i=1}^M I_{A,i}^2 RD_i \quad (4)$$

$$LL_{wo/DG} = 3 \sum_{i=1}^M I_{L,i}^2 RD_i \quad (5)$$

در این روابط  $R$  مقاومت خطوط بر حسب  $Pu/Km$  و  $D_i$  طول خط توزیع انرژی و  $M$  تعداد خطوط در سیستم است  $I_{A,i}$  جریان پریونیت خطوط در سیستمی است که بخشی از توان تولیدی آن از واحدهای DG استخراج می شود و  $I_{L,i}$  جریان پریونیت خطوط در سیستمی است که از این واحدها بهره نمی برد. از شاخص کاهش تلفات در سه حالت متفاوت تعبیر پرمعنایی می توان بدست آورد که به این شرح می باشد:

۱.  $LLRI < 1$  : DG اثر کاهنده بر تلفات داشته است.

۲.  $LLRI = 1$  : DG مؤثر واقع نشده است.

۳.  $LLRI > 1$  : DG اثر افزایشنده بر تلفات داشته است.

واضح است که چیدمانی که کمترین مقدار شاخص را بدست دهد، بهترین مکان یابی ممکن برای واحدهای DG خواهد بود.

پ- شاخص کاهش تأثیرات محیطی



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

تولید پراکنده می تواند از تکنولوژی هایی برای تولید انرژی استفاده کند که نسبت به روش های معمول نیروگاهی کمترین انتشار گازهای سمی و آلودگی های دیگر را به همراه داشته باشد. برای مثال نیروگاههای برق با سوخت زغال سنگ برای 830-920 تن دی اکسید تولید هر گیگاوات ساعت انرژی 1370-630 کیلوگرم دی اکسید سولفور و کربن، 1560-630 کیلوگرم انواع اکسیدهای نیتروژن در هوای اطراف منتشر می کنند. در حالیکه مزارع بادی یا سیستم های فتوولتائیک تقریباً هیچ خروجی آلوده کننده ای بوجود نمی آورند. [11] تولید انرژی از انرژی های تجدید پذیر می تواند گام مؤثری در جهت کاهش آلودگی هوای کره زمین و بهبود سلامت ساکنان آن باشد. ایده اصلی در تعریف شاخص کاهش تأثیرات محیطی *Environmental Impact Reduction Index (EIRI)* مقایسه انتشار آلاینده ای مثل  $NO_x, SO_2, CO_2$  و غیره با بکارگیری  $DG$  و بدون آن می باشد.

$$EIRI_i = \frac{PE_{iw/DG}}{PE_{iwo/DG}}$$

(۶) r.ir

برای  $i$  آلاینده که  $PE_{iw/DG}$ ،  $PE_{iwo/DG}$  به ترتیب حجم آلاینده  $i$  ام با وجود  $DG$  و بدون آن هستند. سه حالت زیر تأثیر مثبت و منفی  $DG$  بر سلامت هوا را نشان می دهد.

۱.  $EIRI < 1$  :  $DG$  اثر منفی آلاینده  $i$  ام را کاهش داده است.

۲.  $EIRI = 1$  :  $DG$  مؤثر واقع نشده است.

۳.  $EIRI > 1$  :  $DG$  اثر منفی آلاینده  $i$  ام را افزایش داده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

می توان شاخص کامل تری برای محاسبه تأثیر تمام آلاینده ها- با اعمال فاکتور وزن دهی یا بدون آن - تعریف کرد. البته این شاخص قادر نیست بهترین مکان و مناسب ترین چیدمان برای واحدهای DG را نشان دهد بر خلاف دو شاخص دیگر که پیش از این ذکر شد.

۴-۹-۶ : شاخص حساسیت با هدف اصلاح ولتاژ شین های شبکه

هدف مکان یابی در این بخش، اصلاح پروفیل ولتاژ قرار داده شده است. از همین رو شاخص حساسیت با هدف اصلاح ولتاژ را برای هر یک از شینها محاسبه می کنیم و ارزش آن را در اثرگذاری بر ولتاژ شین های شبکه مشخص می کنیم.

شاخص حساسیت ولتاژ بر اساس میانگین مربعات تغییرات ولتاژ شین های شبکه قبل و بعد از نصب جزء کوچک سیستم PV هر بار در یک شین کاندیدا، تعریف می شود.

$$V_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{inew} - V_{iold})^2}{n}} \quad (7)$$

که  $V_{inew}$ ،  $V_{iold}$  به ترتیب ولتاژ شین  $i$  ام قبل و بعد از نصب مولد فتوولتاییک در یکی از شینها ی شبکه و  $n$  تعداد کل شینها است.

۴-۹-۷ : نصب سیستمهای فتوولتاییک در شبکه سیوانلار

می توان مکان سیستمهای فتوولتاییک را به عنوان نوعی مولد پراکنده و با استفاده از الگوریتم گراف تلفیق شده با تحلیل حساسیت در شبکه توزیع تعیین نمود. [ 14 ] با این روش می توان

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در کمترین زمان ممکن نقاط بهینه نصب PV در شبکه های شعاعی را تعیین نمود و ظرفیت سیستمهای فتوولتائیک را مشخص کرد. مکان یابی مولد PV به روش مذکور در شبکه های توزیع می تواند منجر به کاهش افت ولتاژ و تلفات به میزان 50% شود. تابع هدف اصلاح پروفیل ولتاژ بر اساس شاخص انحراف از مقدار نامی ولتاژ در شین ها در این مرحله برای جایابی سیستمهای PV بکار گرفته شده است و بار شبکه ثابت در نظر گرفته شده، متوسط ساعات آفتابی و تابش خورشید به عنوان ورودی سیستمهای PV در نظر گرفته شده است. شبکه مورد مطالعه، شبکه سیوانلار شکل 3 است که شین های کاندیدای نصب PV و مساحت در دسترس آنها یا به عبارت دیگر مساحتی که هر یک از مشترکین می تواند برای نصب اختصاص دهد در جدول 3 آمده است و اطلاعات شبکه به [14] ارجاع داده می شود.

با انجام تحلیل حساسیت برای تمام شینهای شبکه، حساسیت آنها در تغییر ولتاژ شبکه نسبت به افزایش ظرفیت مولد PV در هر یک به میزان 1KW برآورد شده است که در شکل 4 نشان داده شده است. هر چه حساسیت شین ها بالاتر باشد، نصب PV در آنها به صرفه تر است و برای مکان یابی ارجح تر خواهد بود. ملاحظه می شود که حساسیت شینهای انتهایی بیشتر از سایر شین هاست و هر چه مرتبه شین بالاتر می رود، حساسیت نیز بیشتر می شود.

الگوریتم تعیین مکان و اندازه سیستمهای PV بر اساس تلفیق الگوریتم گراف و تحلیل حساسیت، حداکثر ظرفیت ممکن در هر شین کاندیدا را به عنوان حالت بهینه برای اصلاح ولتاژ شبکه برگزیده است. دلیل عمده انتخاب سقف نصب PV در همه شین های کاندیدا، کمتر بودن ظرفیت تولید انرژی PV از بارهای پایین دست فیدر است. پروفیل ولتاژ در شبکه

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

سیوانلار قبل و بعد از نصب PV ها در شکل 5 نشان داده شده است. اصلاح ولتاژ تمام شین

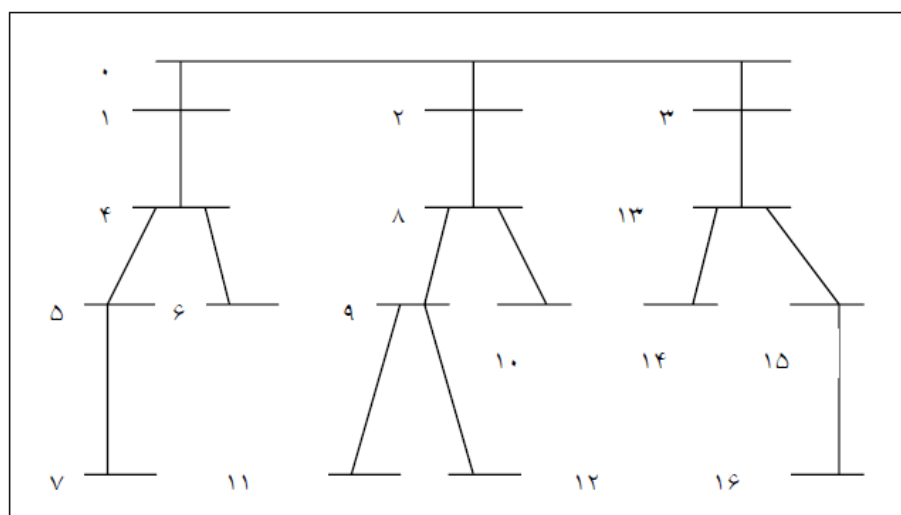
ها پس از بکارگیری مولدهای PV به خوبی دیده می شود.

نتایج خروجی تحلیل در جدول 4 آورده شده است. ملاحظه می شود ولتاژ کمینه شینها تا 5

ولت و انحراف ولتاژ از مقدار نامی، بیش از 3 ولت 40 درصد اصلاح گردیده است. با مطالعه

اقتصادی بازگشت سرمایه در حدود 34.28 سال تخمین زده می شود. کاهش 56.87

درصدی تلفات از نتایج چشمگیر نصب مولدها در این شبکه می باشد.

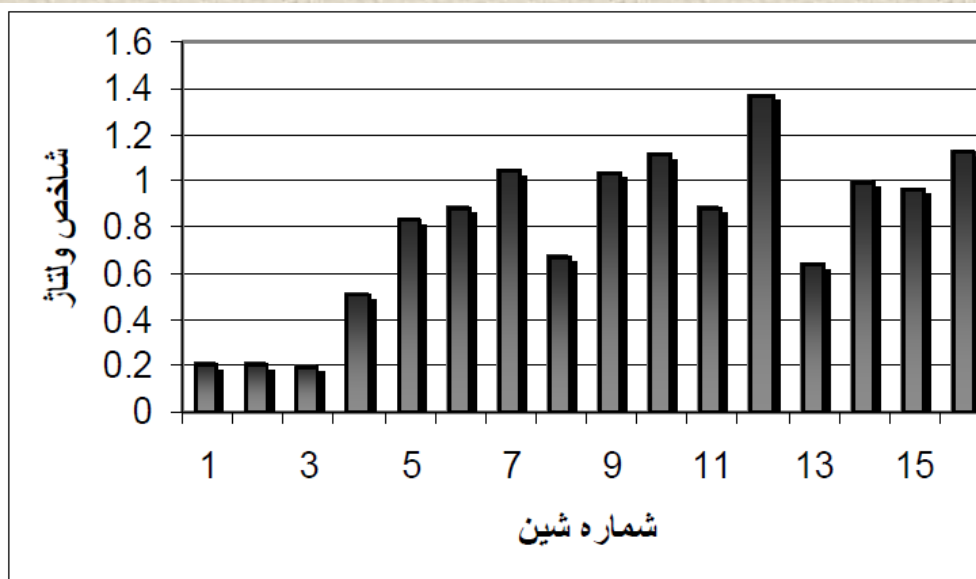


شکل ۳- شبکه سیوانلار

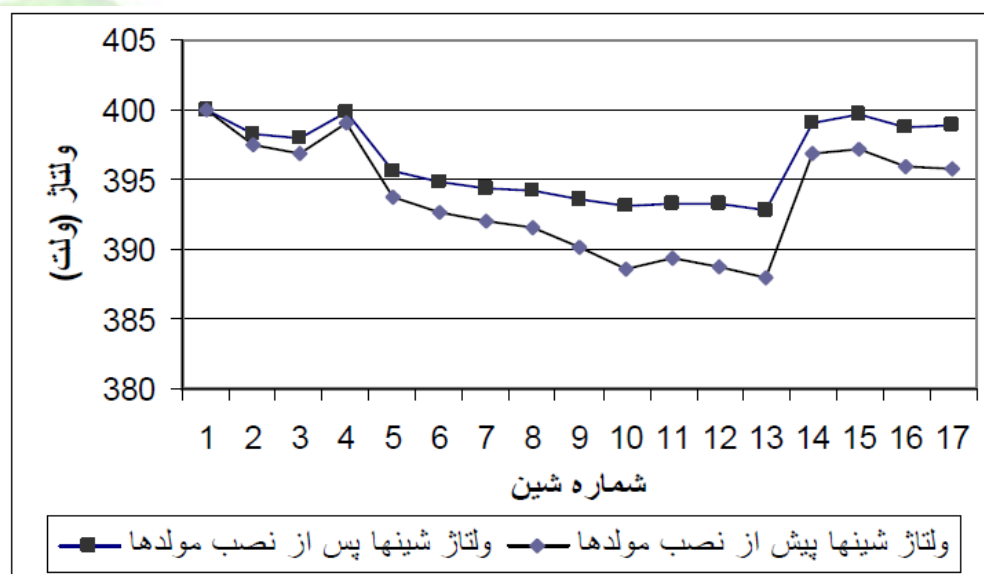
جدول ۳- نقاط کاندیدا و حداکثر سقف تولید در آنها

۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۹	۸	۷	۵	۴	۳	شماره شین کاندیدا
۲/۸۶	۱/۴۳	۱/۴۳	۱/۴۳	۲/۸۶	۱/۴۳	۲/۱۴	۱/۴۳	۱/۴۳	۱/۴۳	سقف تولید (kw)

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



شکل ۴- شاخص و لتاز برای هر شین



شکل ۵- پروفیل ولتاژ شینها قبل و بعد از نصب مولدهای PV

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جدول ۴- وضعیت شبکه قبل و بعد از نصب PV

پارامترها	حالت پایه	بعد از نصب PV
تلفات (وات)	۶۹۱/۹۶۱	۲۹۸/۴۱۵
بازگشت سرمایه (سال)	-	۲۴/۴۲۲
انحراف ولتاژ از مبنای ۴۰۰ ولت (ولت)	۷/۵۳۹	۴/۵۳۵
ولتاژ کمیته (ولت)	۳۸۷/۹۷۷	۳۹۲/۸۵۱

۸-۹-۴ : سودمندی مولدهای فتوولتاییک بر اساس شاخص های سودمندی

بر اساس شاخص های سودمندی تعریف شده در مراجع ۳ و ۲ سودمندی مولدهای PV را برای

شبکه توزیع، بطور نمونه در شبکه سیوانلار بررسی می کنیم.

شاخص بهبود پروفیل ولتاژ با رابطه ۱، نسبت دو عدد پروفیل ولتاژ با رابطه ۲ تعریف شده

است. پروفیل ولتاژ قبل و بعد از نصب سیستمها اینگونه بدست آمده است:

$$VP_{wo/DG} = 112.2995$$

$$VP_{w/DG} = 113.2842$$

بنابراین شاخص بهبود پروفیل ولتاژ خواهد بود:

$$VP = 1.0088$$

شاخص کاهش تلفات با رابطه ۳، نسبت دو رقم تلفات با روابط ۴ و ۵ تعریف شده است. تلفات

قبل و بعد از نصب سیستمها اینگونه بدست آمده است:

$$LL_{wo/DG} = 691.961$$

$$LL_{w/DG} = 298.415$$

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

بنابراین شاخص کاهش تلفات خواهد بود:

$$LLRI = 0.4312$$

مشخص است که نصب سیستمهای PV علاوه بر بهبود پروفیل ولتاژ، تلفات را کاهش داده و بر اساس شاخصهای سودمندی مراجع دیگر نیز برای شبکه توزیع مفید و در عملکرد آن مؤثر واقع می شود.

۱۰-۹-۴: نتیجه گیری

تولید پراکنده به عنوان سیستمی اثر گذار بر عملکرد شبکه توزیع و منافع مختلف آن برای شرکت های تولیدکننده و مصرف کنندگان برق ارائه گردید. شاخصهای سودمندی برای ارزیابی عملکرد این سیستمها در شبکه از نظر ولتاژ، تلفات و اثرات زیست محیطی تشریح شد و تعیین مکان بهینه نصب مولدهای با استفاده از الگوریتم گراف تلفیق شده با تحلیل حساسیت و با تعریف شاخص جدید حساسیت با هدف اصلاح ولتاژ ارائه گشت. نتایج حاصل از این مکان یابی بر ولتاژ و تلفات شبکه حاکی از تأثیر مثبت و کارآیی سیستمهای فتوولتاییک در شبکه بودند. در نهایت نشان داده شد نصب سیستمهای علاوه بر بهبود پروفیل ولتاژ، تلفات را کاهش داده و بر اساس شاخصهای سودمندی مراجع دیگر نیز برای شبکه توزیع مفید و در عملکرد آن مؤثر واقع می شود.

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

فهرست منابع و ماخذ

فهرست منابع و ماخذ بخش ۴-۱ تا ۴-۷

1. *Distributed generation system whit pemfc for electrical power quality improvement*
2. *Integrated modeling and control of a pemfc power system with a PWM DC-DC converter .*

فهرست منابع و ماخذ بخش ۴-۹ الی آخر

- [1] Philipson L., Willis H. L., *Understanding Electric Utilities and De-Regulation*, Marcel Dekker, New York. 1999.
- [2] Ramakumar R., Chiradeja P., *Distributed Generation and Renewable Energy Systems*, in Proc. of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference. 2002.
- [3] Chiradeja P., Ramakumar R., *An Approach To Quantify The Technical Benefits of Distributed Generation*. IEEE Trans. on energy Conversion, 19(4). 2004.
- [4] Puttgen H. B., MacGregor P. R., Lambert F.C., *Distributed Generation: Semantic Hype or The Dawn of a New Era?*, IEEE Trans. On Power and Energy, 1(1): 2003. 22 – 29.



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

[5] Brown R. E., *Reliability Assessment and Design Optimization in Electric Power Distribution Systems*, Ph.D. Dissertation, University of Washington, WA.

[6] Lamarre L., *The Vision of Distributed Generation*, EPRI Journal, 1996. pp. 7-17.

[7] Ackermann T., Knyazkin V., *Interaction Between Distributed Generation and The Distribution Network: Operation Aspects*, In: Proc.Of the IEEE/PES T&D Conference and Exhibition, vol. 2, Asia Pacific. 2002, pp. 1357– 1362.

[8] Griffin T., Tomsovic K., Secret D., Law A., *Placement of Dispersed Generation Systems for Reduced Losses*. In: Proc. of the 33rd Annu. Hawaii Int.Conf. Systems Sciences, Maui, HI. 2000.

[9] Hegazy Y. G, Salama M. A., Chikhani A. Y., *Adequacy Assessment of Distributed Generation Systems Using Monte Carlo Simulation*, IEEE Trans. On Power Systems, 18(1): 2003. 48–52.

[10] Brown R., Pan I., Feng X., Koudev K., *Siting Distributed Generation to Defer T&D Expansion* in Proc. of the IEEE T&D Conference, vol. 2. 2001. Pp:622-627

[11] Ramakumar R., Chiradeja P., *Distributed Generation and Renewable Energy Systems*, in Proc. of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference. 2002.

[12] Bayegan M., *A Vision of The Future Grid*, IEEE Power Eng. Review., 21: 2001, 10–12.

[13] Carpinelli G., Celli G., Pilo F., Russo A., *Distributed Generation Siting and Sizing Under Uncertainty*, in Proc. IEEE Powertech Conf., vol. 4, Porto, Portugal. 2001, pp. 376-401

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

یوسفی ش . و پارسا مقدم م . کاهش تلفات و آزادسازی ظرفیت سیستم توزیع با استفاده از

سیستمهای تولید پراکنده .پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران .

1384\_\_



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

فصل پنجم :

## تعیین حداکثر ظرفیت منابع تولید پراکنده برای حفظ

### هماهنگی فیوز- بازبست در شبکه های توزیع



شبکه های توزیع سنتی ماهیتی شعاعی دارند که به واسطه یک منبع تغذیه از شبکه سراسری تغذیه می شوند. سیستم حفاظت این گونه شبکه ها بسیار ساده است و معمولاً به وسیله فیوز، بازبست و رله اضافه جریان پیاده سازی می شود. در سال های اخیر، با توجه به کاربردهای متنوع و فواید اتصال نیروگاههای تولید پراکنده به شبکه های توزیع، توجه زیادی به استفاده از این واحدها در سطح شبکه های توزیع شده است. اما این فواید زمانی محقق خواهند شد که تبعات ناشی از ورود این واحدها به سیستم توزیع نیز به طور کامل بررسی و معایب آن مرتفع گردد. به عنوان مثال، حضور این گونه منابع تولیدی باعث می شود که شبکه های توزیع ماهیت شعاعی خود را از دست بدهند و به واسطه آن هماهنگی تجهیزات حفاظتی از بین برود در این پروژه روشی جدید برای تعیین حداکثر ظرفیت تولید پراکنده قابل تزریق به

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

شبکه های توزیع، جهت حفظ هماهنگی موجود بین ادوات حفاظتی آن شبکه، با به کارگیری معادلات ریاضی منحنی های عملکرد ادوات حفاظتی ارائه شده است. همچنین روش پیشنهادی بر روی یک شبکه توزیع نمونه و با استفاده از نرم افزارهای DIGSILENT و MATLAB شبیه سازی شده و نتایج آن ارائه شده است.

۱-۵: مقدمه

تولیدات پراکنده منابع تولید انرژی الکتریکی هستند که به شبکه توزیع متصل می گردند. این منابع در مقایسه با ژنراتورهای بزرگ و نیروگاه ها، حجم و ظرفیت تولید کمتری داشته و با هزینه پایین تری راه اندازی می شوند. همچنین اتصال این منابع به شبکه های توزیع منافع زیادی به دنبال دارد. از جمله مواردی که استفاده از واحدهای تولید پراکنده را مورد توجه قرار می دهد می توان به مسائلی نظیر مسائل اقتصادی در توسعه نیروگاهها، کاهش آلودگی محیط زیست، بالا بودن بازدهی این منابع در تولید برق، بالا بردن کیفیت برق رسانی به مشتریان، کاهش تلفات در شبکه های توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ، آزاد سازی ظرفیت شبکه و بسیاری از موارد دی را اشاره نمود. نیروگاه های آبی، بادی، پیلهای سوختی، سلول های خورشیدی، میکروتوربین ها، باتری ها، سیستم های زمین گرمایی و تلمبه ذخیره ای از مهمترین انواع منابع تولید پراکنده هستند

شبکه های توزیع سنتی به صورت شعاعی بهره برداری می شوند، بنابراین طراحی سیس تم حفاظت برای این شبکه ها چندان پیچیده نیست. اما با توجه به این که در چند سال گذشته توجه زیادی به نصب واحدهای DG در شبکه های توزیع شده است و حضور این منابع ماهیت شعاعی بودن شبکه توزیع را از بین می برند، حضور منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع

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

مشکلات زیادی را برای طراحی سیستم حفاظت این شبکه ها به وجود آورده است توضیح در مورد بعضی از این مشکلات و برخی از راه حل هایی که تا کنون برای غلبه بر آنها ارائه شده است را می توان در یافت و در اینجا فقط به ذکر برخی از آنها منابع بسنده می شود:

• تریپ اشتباه فیدرها؛

• تریپ اشتباه واحدهای تولیدی؛

• کور شدن حفاظت؛

• افزایش و کاهش سطح اتصال کوتاه؛

• جزیره ای شدن نا خواسته؛

• جلوگیری از باز بست اتوماتیک؛

• باز بست غیر سنکرون؛

که همه این عوامل در مجموع سبب می شوند تا ضرورت تجزیه و تحلیل تبعات ناشی از ورود DG ها بر روی سیستم های حفاظتی شبکه توزیع بیشتر احساس گردد. ظهور این مشکلات به مشخصات شبکه و منابع تولید پراکنده بستگی دارد و در اکثر مواقع برای جلوگیری از آن باید حفاظت شبکه به کلی تغییر کند. این تغییر طرح حفاظتی ممکن است بسیار پیچیده باشد، چرا که باید کل سیستم، از جمله شبکه و DG مدل شوند، به طوری که تصور بهترین طرح حفاظتی هنوز بسیار دور از دسترس است.

میزان اثر گذاری DG بر هماهنگی به اندازه، نوع و محل نصب DG بستگی دارد. در هر حال بسته به اندازه و محل DG، محدوده هایی وجود دارد که هماهنگی حفظ می شود و در برخی حالات هیچ محدوده ای برای هماهنگی باقی نخواهد ماند

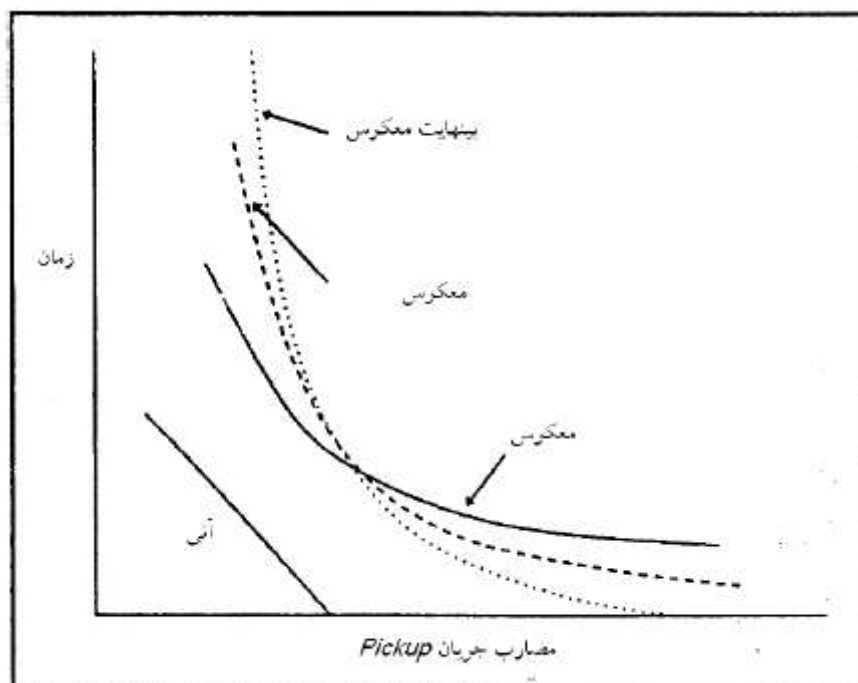
**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در این پروژه ابتدا مبانی حفاظت شبکه های توزیع مورد بررسی قرار گرفته و پس از آن با استفاده از معادلات ریاضی منحنی های عملکرد ادوات حفاظتی، محدودیتهایی که از سوی سیستم حفاظت برای تزریق جریان DGها تحمیل می شود استخراج می شود. سپس با اعمال این محدودیتهای و بدست آوردن بدترین شرایط ممکن برای حضور DG، حداکثر ظرفیت تولید پراکنده قابل نفوذ به شبکه های توزیع، برای اینکه هماهنگی موجود بین ادوات حفاظتی آن شبکه حفظ شود، محاسبه می گردد. در انتها نیز نتایج شبیه سازی روش ارائه شده بر روی یک شبکه توزیع نمونه در محیط نرم افزار *Digsilent* ارائه شده است.

## ۲-۵: مبانی حفاظت شبکه های توزیع

حفاظت سیستم های توزیع تا حدود زیادی با دیگر بخش های سیستم قدرت متفاوت است. برخلاف سیستم های انتقال و فوق توزیع، سیستم های توزیع شعاعی هستند. علاوه بر این حفاظت سیستم انتقال با استفاده از رله های گوناگون و کلیدهای قدرت انجام می پذیرد، در حالی که در سیستم توزیع تنها از فیوزها، رله های جریان زیاد، بازبست ها، سکسیونرها و کلیدها استفاده می شود. در ادامه مروری بر این المانها، منحنی های مشخصه و هماهنگی حفاظتی بین آنها شده است. رله جریان زیاد یکی از ساده ترین انواع تجهیزات حفاظتی است. این رله چنان که از نامش پیداست، در صورتی فعال می شود که جریان های گذرنده از یک بخش معین سیستم قدرت، از یک مقدار از پیش تعیین شده بیشتر شود. رله های جریان زیاد دارای دو گونه اصلی هستند: رله های با کارکرد آنی و رله های جریان زیاد با تأخیر زمانی. مشخصه کارکردی این رله ها در شکل (1) نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱): مشخصه عملکردی رله جریان زیاد

فیوزها یکی از پرکاربردترین المانهای حفاظتی در شبکه هستند که در ابتدای فیدرهای فرعی و برای حفاظت این فیدرها نصب می شوند. منحنی مشخصه هر فیوز عموماً از دو منحنی تشکیل شده است. یکی مینیمم زمان ذوب و دیگری زمان قطع کامل جریان خط را تعیین می کند. هر یک از این منحنی ها، دارای مشخصه اضافه جریان زمان معکوس هستند و برای نمایش آنها از خطهای مستقیم در صفحه لگاریتمی استفاده می شود. اگرچه در صفحه لگاریتمی برای فیوز از تابع درجه دو استفاده می شود، لیکن می توان در محدوده هماهنگی، که بین جریان خطای ماکزیمم و مینیمم تعریف می شود، با تقریب قابل قبولی آنها را خط مستقیم در نظر گرفت. همچنین یک تابع خطی می تواند کمک بسیاری به ساده سازی

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

محاسبات نماید. معادله ای که می توان منحنی فیوز را در محورهای لگاریتمی با آن بیان کرد بصورت زیر است:

$$\log(t) = a \cdot \log(I) + b \quad (1)$$

که  $t$  و  $I$ ، زمان و جریان مربوطه و ثابتهای  $a$  و  $b$  برای مشخص نمودن منحنی بکار می روند. کلیدها و بازبست ها برای قطع مدار در ابتدا و وسط فیدر اصلی قرار می گیرند و عموماً به رله های اضافه جریان با منحنی مشخصه های زمان معکوس مجهز می باشند. این مشخصه ها رامی توان بصورت زیر نمایش داد:

$$t(I) = \frac{A}{M^p - 1} + B \quad (2)$$

که در آن:

$t$ : زمان عملکرد المان حفاظتی با مشخصه اضافه جریان زمان معکوس

$I$ : جریان دیده شده توسط المان حفاظتی

$M$ : نسبت  $I/I_{pickup}$  که جریان تنظیم شده برای شروع به عمل رله است

را نشان می دهند و  $A$  و  $B$  و  $p$  ثابتهای بی برای مشخص نمودن نوع منحنی مشخصه است که در

جدول (1) مقادیر آن از استاندارد ارائه شده است

منحنی مشخصه	A	B	p
معکوس	۰/۰۵۱۵	۰/۱۱۴۰	۰/۰۲
بسیار معکوس	۱۹/۶۱	۰/۴۹۱	۲
بینهایت معکوس	۲۸/۲	۰/۱۲۱۷	۲

جدول (۱): ثابتهای منحنی مشخصه جریان معکوس



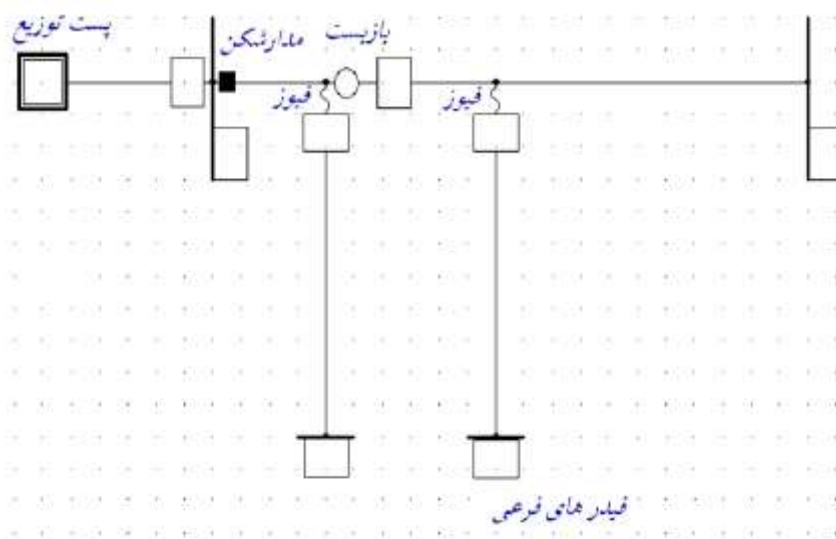
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۵: فلسفه حاکم بر هماهنگی حفاظتی در شبکه های توزیع سنتی

در شکل (2) یک فیدر ساده توزیع سنتی به همراه ادوات حفاظتی آن، که در محیط

نرمافزار *Digsilent* شبیه سازی شده، به منظور بررسی فلسفه هماهنگی ادواتی مانند فیوز -

فیوز، فیوز - بازبست و رله - رله، نمایش داده شده است.



شکل (۲): یک فیدر ساده توزیع سنتی

۱-۳-۵: هماهنگی فیوز - فیوز

شکل 3 نشان می دهد که هماهنگی فیوز - فیوز در شبکه های سنتی چگونه انجام می گیرد .

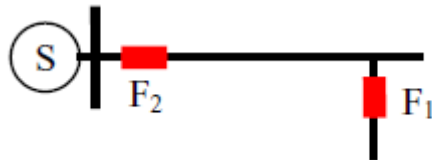
شکل 3-الف دو فیوز را نشان می دهد که با هم هماهنگ شده اند . برای هماهنگی بین فیوز

اول و دوم به ازای هر خطای روی فیدر تغذیه بار، فیوز اول باید قبل از فیوز دوم عمل کند .

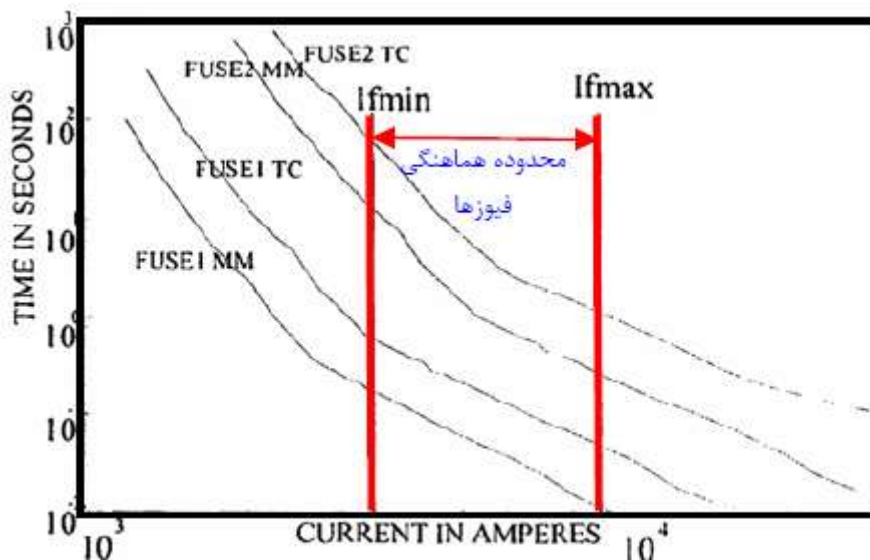
این هماهنگی زمانی به وجود می آید که مشخصه *TC* فیوز اول پایین تر از مشخصه *MM* فیوز

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

دوم باشد. شکل 3- ب منحنی های هماهنگی را نشان می دهد. این منحنی نشان می دهد که برای تمامی جریان های خطای بین  $I_{Fmax}/I_{Fmin}$  این هماهنگی وجود دارد. لذا تا زمانی که جریان خطا در فیدر 1 در محدوده هماهنگی باشد، این فیوزها با هم هماهنگ هستند.



شکل (۳- الف): هماهنگی فیوز - فیوز

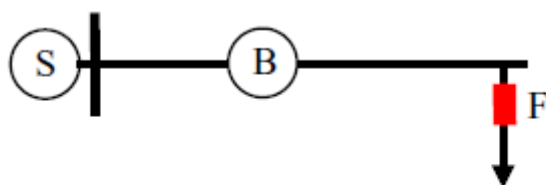


شکل (۳- ب): محدوده هماهنگی فیوز - فیوز

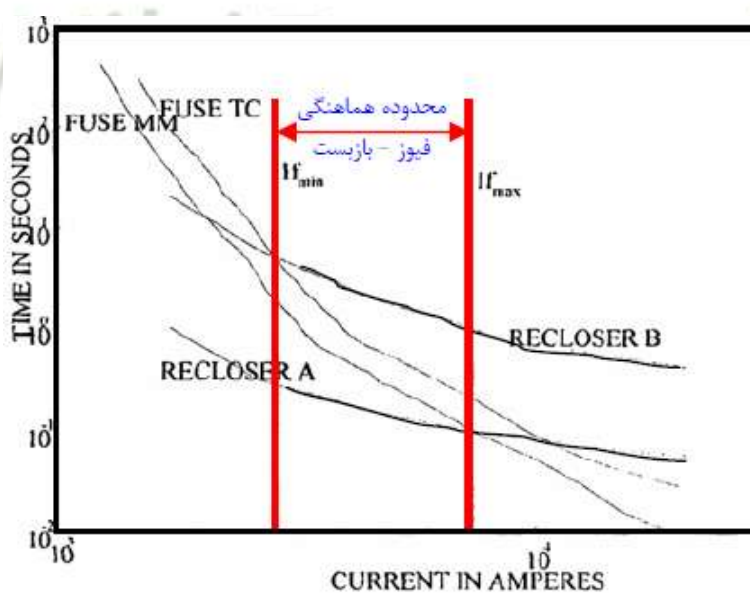
۵-۳-۲: هماهنگی بازبست-فیوز

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

شکل ۴- الف خط توزیع را که به بار متصل می شود نشان می دهد. فیدر تغذیه بار توسط یک فیوز حفاظت می شود. فلسفه عملکرد در اینجا این است که فیوز باید فقط به ازای خطاهای ماندگار عمل کند، برای خطاهای گذرا بازبست باید مدار را به وسیله عملکرد سریع خود قطع کند و به خطا فرصت از بین رفتن را بدهد. بدین ترتیب فیدر تغذیه بار به ازای همه خطاهای گذرا قطع نمی شود. همچنین عملکرد مد آهسته بازبست حفاظت پشتیبان فیوز است.



شکل (۴- الف): هماهنگی فیوز - بازبست



شکل (۴- ب): محدوده هماهنگی فیوز - بازبست

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

نحوه هماهنگی با فرض عدم حضور  $DG$  در شکل 4-ب نمایش داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود، بین  $I_{Fmax}/I_{Fmin}$  منحنی عملکرد سریع بازبست زیر منحنی  $MM$  فیوز قرار گرفته است، لذا بازبست در زمان کوتاه تری نسبت به زمان ذوب فیوز عمل می کند. یک نوع توالی عملکرد بازبست  $F-F-S-S$  می باشد که  $F$  نشانه عملکرد سریع و  $S$  نشانه عمل کرد با تأخیر است. اگر خطا گذرا باشد قبل از بسته شدن بازبست در دومین عملکرد سریع آن از بین می رود و اگر از بین نرفت خطا دائمی است و در این حالت فیوز باید عمل کند. همچنین در شکل 4-ب مشخص است که منحنی  $TC$  فیوز در فاصله بین  $I_{Fmax}/I_{Fmin}$  پایین تر از منحنی عملکرد کند بازبست قرار دارد. لذا برای خطاهای دائمی فیوز قبل از عملکرد کند بازبست عمل می کند و اگر فیوز عمل نکرد بازبست از آن پشتیبانی کرده و مدار را قطع خواهد کرد.

۳-۳-۵: هماهنگی رله - رله

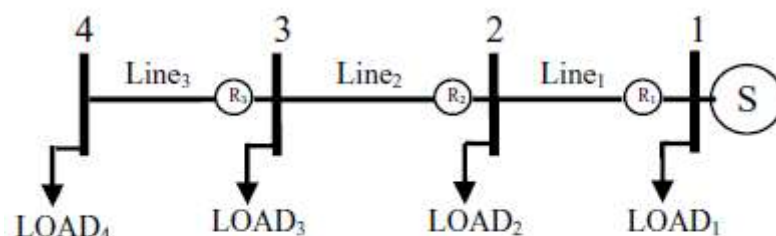
شکل 5-الف یک فیدر اصلی توزیع را نشان می دهد که از طریق منبع تغذیه  $S$  می شود و با رله های جریان زیاد معکوس  $R1, R2, R3$  حفاظت می شود. هماهنگی بین این رله ها در شکل 5-ب نشان داده شده است.

فلسفه حفاظت در این جا این است که به ازای ماکزیمم جریان خطا در باس (3)، که به ازای به وجود آمدن خطا در باس 3 رخ می دهد، زمان عملکرد رله  $R2$  بیشتر از  $R3$  خواهد بود حداقل به اندازه یک فاصله زمانی که به  $CTI$  معروف است.

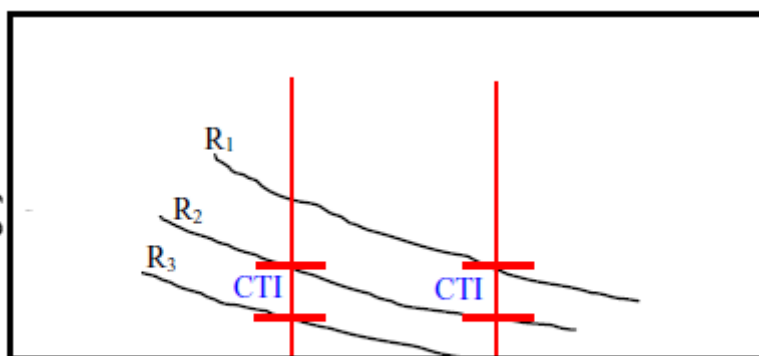
به طور مشابه رله های  $R1$  و  $R2$  نیز به ازای ماکزیمم جریان خطا در باس (2) با هم هماهنگ می شوند. طبیعت منحنی رله جریان زیاد معکوس بدین گونه است که اگر به ازای جریان

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

- ماکزیمم با هم هماهنگ باشند به ازای جریان های کمتر نیز با هم هماهنگ خواهند بود .
- همان گونه که در شکل 5 مشخص است  $R1$  به عنوان پشتیبان  $R2$  و  $R2$  پشتیبان  $R3$  است.



شکل (۵-الف): هماهنگی رله - رله



شکل (۵-ب): محدوده هماهنگی رله - رله

#### ۴-۳-۵: تأثیر حضور DG بر هماهنگی فیوز-بازبست

- حضور DG بر روی فیدر به این معنی است که منابع مختلفی برای تغذیه جریان خطا به وجود آمده است و فلسفه عملکردی بازبست که در بخش قبل به آن اشاره شد محقق نخواهد شد .
- در این شرایط واحدهای DG، جریان خطا را در مدت زمان باز بودن بازبست تأمین می کنند و

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

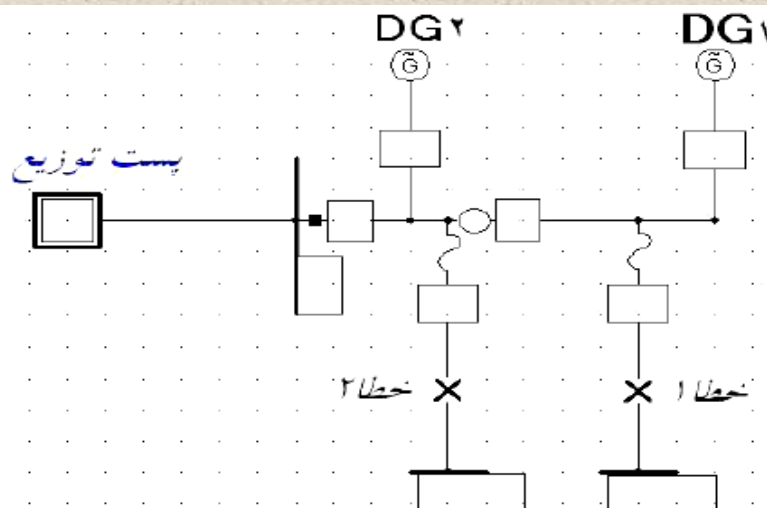
لذا خطای گذرا بدین وسیله تبدیل به خطای دائمی می شود و به وسیله بازبست از بین نمی رود.

علاوه بر جلوگیری از بازبست موفق، حضور DG می تواند باعث بازبست غیرسنکرون نیز بشود که در این پروژه به این مسأله پرداخته نمی شود. به هر حال این مشکل چه از نقطه نظر اقتصادی و چه از نقطه نظر فنی به هیچ وجه قابل توجیه نیست و باعث کاهش شدید قابلیت اطمینان سیستم خواهد شد. به منظور روشن شدن بیشتر موضوع و بررسی حالت های مختلف ناشی از ورود DG، در شکل 6 یک فیدر ساده توزیع با اضافه شدن DG، شبیه سازی شده در نرم افزار Digsilent، نشان داده شده است. با توجه به شکل و بسته به محل قرارگیری DG نسبت به بازبست چهار حالت نظر گرفت که در جدول ۲ ارائه شده اند.

حالت	واحد DG	محل خطا
۱	DG ۱	خطا ۱
۲	DG ۱	خطا ۲
۳	DG ۲	خطا ۱
۴	DG ۲	خطا ۲

جدول (۲): حالت های مورد بررسی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۶): یک فیدر ساده توزیع به همراه DG

در حالت 1 جریان خطای دیده شده توسط فیوز برابر با حاصل جمع برداری جریان خطای  $I_{DG}$  و جریان پست  $I_S$  است. این بدین معناست که در صورتیکه محل خطا و در پائین دست بازبست قرار گیرند و در صورت رخداد خطای گذرا، محل خطا همواره توسط DG تغذیه می شود و بازبست قادر نیست این خطا را برطرف نماید. در این حالت جریان خطای عبوری از پست توزیع و بازبست یکسان است  $I_S = I_R$

در حالت 2 جریان معکوس از بازبست عبور می کند. به هنگام وقوع خطا، فیوز باید قبل از بازبست عمل قطع را انجام دهد. بنابراین سائز DG نیز باید به گونه ای انتخاب شود که بازبست قادر به دیدن خطای جریان معکوس نباشد.

در حالت 3 تغذیه خطا توسط جریان DG و پست می تواند منجر به افزایش ماکزیمم جریان اتصال کوتاه شود. در نتیجه محدوده حفاظتی تغییر خواهد کرد و امکان بهم خوردن توالی عملکرد فیوز و بازبست در هنگام وقوع خطا وجود خواهد داشت. در این حالت جریان خطای دیده شده توسط فیوز و بازبست یکسان و برابر حاصل جمع برداری جریان خطای  $I_{DG}$  و جریان پست  $I_S$  است.

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

در حالت 4 نیز، بازبست جریان خطا را نخواهد دید و از نظر هماهنگی حفاظتی تأثیری بر هماهنگی سیستم موجود نخواهد گذاشت.

با بررسی 4 حالت فوق می توان نتیجه گرفت که فقط در 2 و 3 هماهنگی حفاظتی موجود از بین خواهد، حالت های 1 رفت و باید مورد بررسی قرار گیرند. البته شایان ذکر است که در مواردی که المان حفاظتی جمع دو جریان را می بیند، باید توجه شود که این جریان در محدوده عملکرد هر المان قرار گیرد. اگرچه برای حل چنین مسائلی در شبکه راه حل هایی از جمله استفاده از رله های جهت دار و تغییر تنظیمات شبکه ارائه شده است و اما هزینه های ناشی از این تغییرات و تنظیمات جدید می تواند باعث عدم دست یابی به فواید استفاده از تولیدات پراکنده شود. در بخش بعد روشی جدید برای فائق آمدن بر این مسئله پیشنهاد می شود.

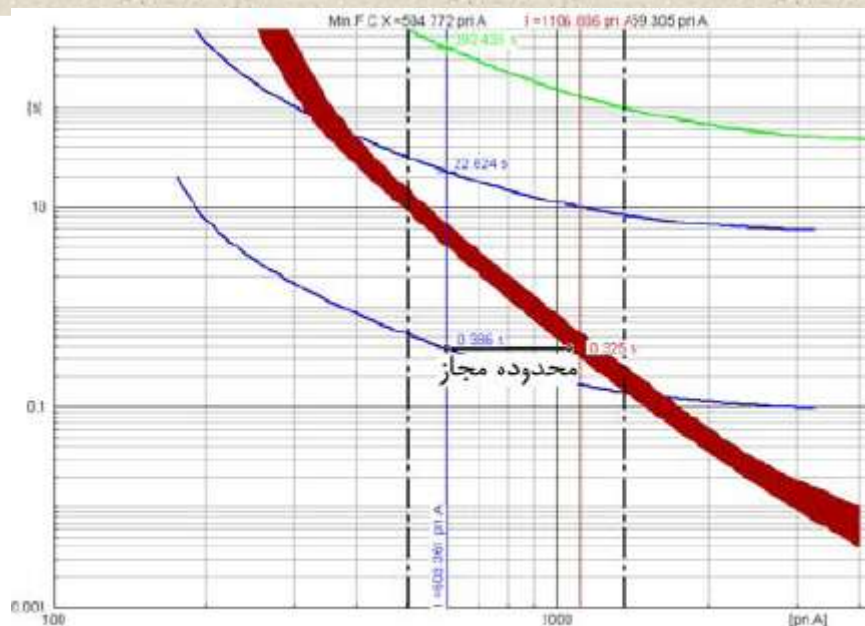


۴-۵: تعیین حداکثر سائز  $DG$  جهت حفظ هماهنگی فیوز-بازبست

یکی از راه حل هایی که برای مشکل مطرح شده می تواند ارائه شود، محدود نمودن جریان خطای  $DG$  است. به این معنی که برای حفظ هماهنگی حفاظتی شبکه موجود، میزان مشارکت  $DG$  در تغذیه جریان خطا محدود شود. به عبارت دیگر حفظ هماهنگی شبکه محدودیتهایی برای سائز  $DG$  در پی خواهد داشت. شکل (7) این محدودیت سائز برای  $DG$  را بیشتر روشن می کند. همان گونه که در قسمت قبل توضیح داده شد، در حالت های مختلف میزان جریان عبوری از فیوز و بازبست متفاوت است.



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



شکل (۷): محدوده مجاز برای تزریق جریان DG

این تفاوت ناشی از مشارکت DG در تغذیه محل خطا می باشد که خود وابسته به اندازه و همچنین نزدیکی و دوری DG از فیدر باری است که خطا در آن اتفاق افتاده است. به این ترتیب که هر چقدر DG جریان بیشتری را تزریق کند و یا به فیدر تغذیه بار نزدیک تر شود احتمال از بین رفتن هماهنگی بسیار بیشتر می شود و برعکس. برای نمونه در شکل 7 مقادیر جریان عبوری از بازبست و فیوز یک شبکه توزیع نمونه شبیه سازی شده، نمایش داده شده است. به ازای جریان خطای مشخص، چنانچه تفاوت بین  $I_R$  و  $I_F$  از محدوده هماهنگی بیشتر باشد، فیوز قبل از این که بازبست در مد سریع خود عمل کند ذوب می شود و هماهنگی از بین می رود.

برای پیدا کردن اندازه DG می توان به این ترتیب عمل نمود: با استفاده از رابطه (2) می توان جریان بازبست را در زمان  $t$  محاسبه نمود، جریان فیوز در همان زمان نیز از رابطه (1) قابل محاسبه است. با توجه به فلسفه هماهنگی مورد بحث در در زمان  $t$  که فیوز و بازبست همزمان

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

عمل می نمایند، می توان میزان  $I_{fuse, margin}$  که از حاصل جمع برداری جریان  $DG$  و جریان عبوری از پست توزیع ناشی می شود را بدست آورد.

این مقدار باید به گونه ای تعیین شود که حاصل جمع برداری جریان  $DG$  و جریان عبوری از پست توزیع کمتر از این مقدار شود. یا به عبارت دیگر:

$$I_S + I_{DG} < I_{fuse, margin} \quad (3)$$

که در آن :

$I_S$  : جریان خطای ناشی از پست توزیع است.

$I_{DG}$  : جریان خطای ناشی از  $DG$  است.

$I_{fuse, margin}$  : جریان خطای دیده شده توسط فیوز با در نظر گرفتن جریان مجاز ناشی

از  $DG$  است.

با استفاده از رابطه (1) و با جایگذاری در رابطه (3)، می توان رابطه (4) را بدست آورد.

$$I_{DG} < 10^{((\log(t)-b)/a)} - I_S \quad (4)$$

از طرفی با داشتن معادله زمان عملکرد منحنی سریع بازبست از رابطه (2) و با توجه به مقادیر جریان عبوری از بازبست در حالات مختلف می توان زمان قطع بازبست در مد کند آن را محاسبه نمود.

در حالت 1 با توجه به اینکه جریان عبوری از بازبست برابر  $I_S$  است، خواهیم داشت:

$$t(I) = \frac{A}{(I_S / I_P)^P - 1} + B \quad (5)$$

در حالت 2 و با توجه به اینکه جریان بازبست برابر  $I_{DG}$  است، خواهیم داشت:

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

$$t(I) = \frac{A}{(I_{DG} / I_P)^P - 1} + B \quad (6)$$

و نهایتاً در حالت 3 و با توجه به اینکه جریان بازبست برابر با  $I_{DG} + I_S$  است، خواهیم داشت:

$$t(I) = \frac{A}{(I_S + I_{DG} / I_P)^P - 1} + B \quad (7)$$

بنابراین به واسطه ترکیب رابطه (4)، با روابط (5) و (6) و 7 می توان جریان مجاز DG در هنگام خطا بر ای جلوگیری از به هم خوردن هماهنگی را بدست آورد. معمولاً سائیز DG ها بر اساس ظرفیت اتصال کوتاه بیان می شود. بدین منظور بر ای بدست آوردن ظرفیت اتصال کوتاه MVA مجاز DG، می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$\text{Short - Circuit MVA} = \sqrt{3} \times V_{DG} \times I_{DG} \quad (8)$$

که با جایگذاری رابطه (4) در رابطه (8)، ما کزیمم ظرفیت اتصال کوتاه  $S_{DG}$ ، به این ترتیب بدست می آید:

$$S_{DG} < \sqrt{3} \times V_{DG} \times \left( 10^{((\log(t)-b)/a)} - I_S \right) \quad (9)$$

که زمان  $t$  در این رابطه بنابراین که کدام یک از حالت های 1 تا 3 از رابطه 5 و 6 و یا (7) برقرار باشد قابل محاسبه است

لازم به ذکر است که در تمام مراحل فوق، به منظور در نظر گرفتن بدترین شرایط، برای انتخاب محل و نوع خطا، باید به نحوی عمل شود که جریان عبوری از المانهای حفاظتی مقدار بیشینه خود را داشته باشد. بنابراین برای انجام محاسبات فوق لازم است که ابتدای فیدر

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

تغذیه بار به عنوان محل خطا و خطای سه فاز متقارن به عنوان نوع خطا انتخاب شود و مقادیر

جریانهای مورد نیاز با شبیه سازی شرایط فوق محاسبه گردند.

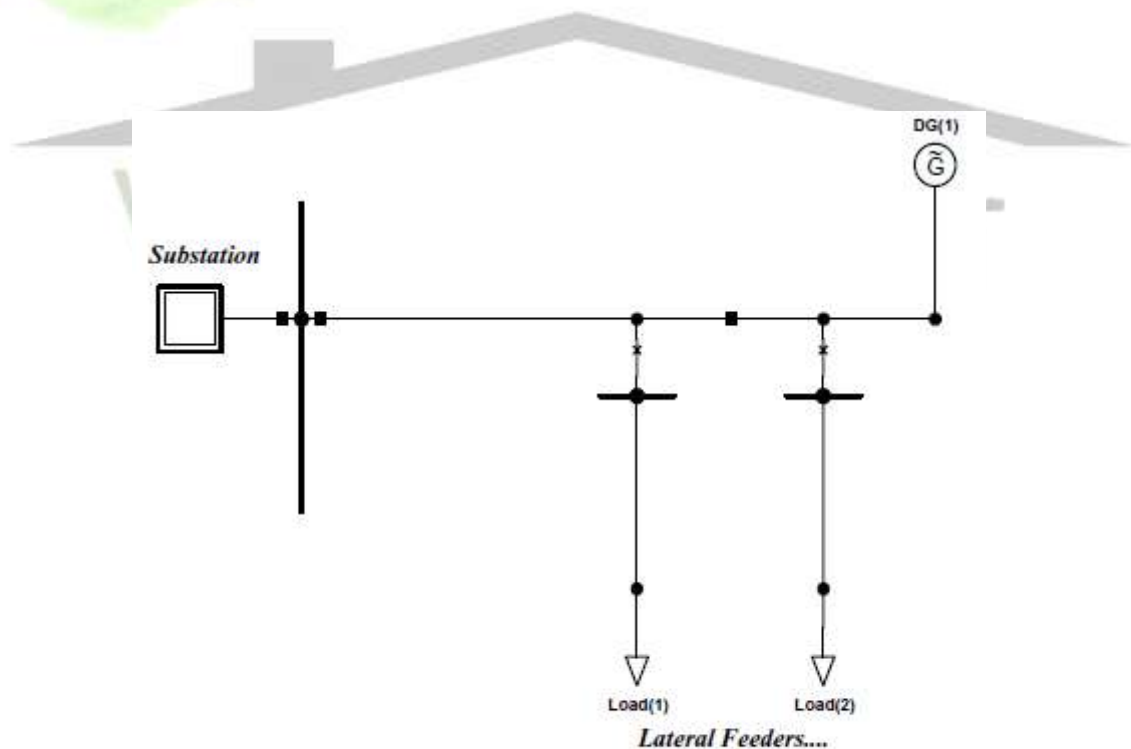
۵-۵: شبیه سازی شبکه توزیع نمونه

شبکه توزیع شبیه سازی شده در این پروژه، یک فیذر توزیع 20Kv است که در شکل (

8) نشان داده شده است. برای پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی شبکه فوق، فرض شده

است که تنها نقطه کاندید برای نصب DG انتهای فیذر بوده و هدف تعیین حداکثر سایز قابل

نصب DG در نقطه فوق، جهت حفظ هماهنگی بازبست با فیوزهای شبکه می باشد.



شکل (۸): شبکه توزیع شبیه سازی شده

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

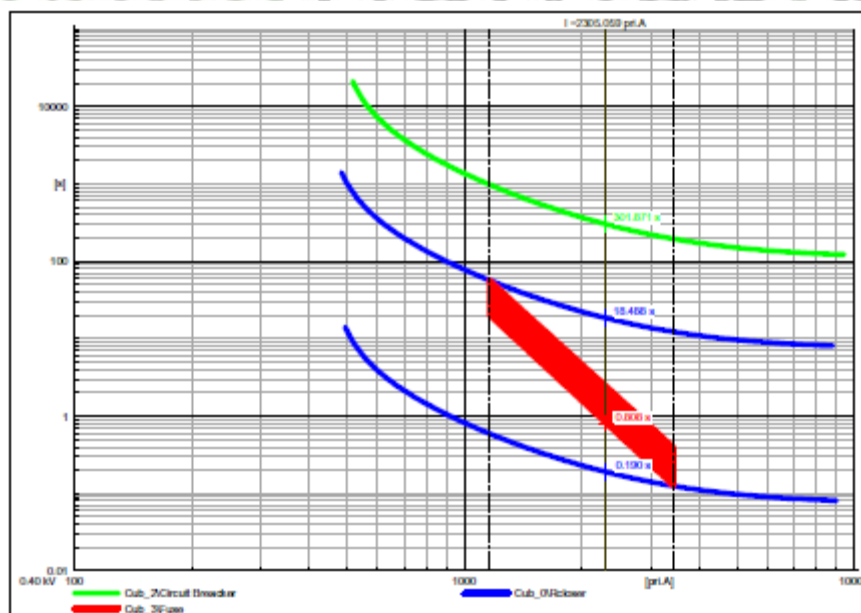
برای محاسبه حداکثر ظرفیت DG قابل نصب در انتهای فیدر باید حالت های 1 و 2 مورد بحث در قسمت 3 مورد بررسی قرار گیرند. با استفاده از معادلات (1) و (2)، معادله منحنی عملکرد بازبست شبکه شبیه سازی شده، مطابق با رابطه (10) و معادلات مربوط به مشخصه عملکردی MM و TC فیوزهای شبکه، به ترتیب مطابق با روابط (11) و (12) می باشند.

$$t(I) = \frac{2.9415}{\left(\frac{I}{450}\right)^2 - 1} + 0.0736 \quad (10)$$

$$\text{Log}(t) = -4.669 \times \text{Log}(I) + 15.608 \quad (11)$$

$$\text{Log}(t) = -4.567 \times \text{Log}(I) + 15.7515 \quad (12)$$

شکل (9) نمودار هماهنگی حفاظتی حاکم بر شبکه توزیع شبیه سازی شده را قبل از اتصال DG و به ازای بدترین شرایط ممکن نمایش می دهد.



شکل (۹): نمودار هماهنگی حفاظتی بدون DG

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

با بررسی حالت 2 بر ای بدترین شرایط ممکن و ترکیب روابط 10 و 12 و 4 خواهیم داشت

$$I_{DG} \leq 10 \left[ \frac{\text{Log}(580570 - 0.0736 I_{DG}^2) - \text{Log}(I_{DG}^2 - 1) - 15.7515}{-4.657} \right] - I_S$$

از رابطه فوق، با جایگذاری  $I_S$  بر حسب  $I_{DG}$  و پارامترهای معلوم شبکه و در نهایت حل نامعادله، مقادیر قابل قبول  $I_{DG}$  محاسبه شده است.

علت اینکه در این حالت منحنی TC فیوز در نظر گرفته شد این است که در شرایط مورد نظر خطا در بالادست بازبست قرار دارد، بنابراین بازبست نباید در به آن واکنشی نشان دهد و قطع خطا به عهده فیوز فیدر تغذیه بار است. بنابراین برای حفظ هماهنگی باید قبل از اینکه بازبست در عملکرد سریع خود فیدر را قطع کند، فیوز خطا را به طور کامل پاکسازی کرده باشد.

تمام مراحل فوق را می توان به طور مشابه برای حالت 1 نیز تکرار کرد و حداکثر سایز  $DG$  قابل نصب در انتهای فیدر، به منظور صدق کردن در شرایط این حالت رانیز به راحتی محاسبه نمود. با این تفاوت که در این شرایط باید منحنی  $MM$  فیوز رابطه 11 در محاسبات لحاظ گردد.

در نهایت با مقایسه مقادیر بدست آمده در دو حالت فوق و انتخاب مقدار کمینه، حداکثر سایز  $DG$  قابل نصب در انتهای فیدر برای حفظ هماهنگی موجود بین بازبست و فیوزهای شبکه قابل محاسبه خواهد بود. تمام مراحل فوق با استفاده از نرم افزارهای  $Digsilent$  و  $Matlab$  شبیه سازی شده و بر روی شبکه توزیع نشان داده شده در شکل (8) پیاده سازی شده است. برای انجام این مطالعات، از نرم افزار  $Digsilent$  برای شبیه سازی شبکه نمونه و انجام محاسبات پخش بار و اتصال کوتاه، و از نرم افزار  $Matlab$  برای شبیه سازی و حل معادلات

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

ریاضی استفاده شده است. نتایج حاصل از این شبیه سازی نشان می دهد که در نقطه مورد نظر در فیدر مورد مطالعه، برای حفظ هماهنگی موجود بین ادوات حفاظتی، می توان حداکثر به اندازه 358KVA تولید پراکنده قرار داد که این مقدار تقریباً برابر با 14 درصد بار پیک کل شبکه می باشد.



شکل (10) نمودار هماهنگی حفاظتی حاکم بر شبکه توزیع شبیه سازی شده را بعد از اتصال DG و به ازای بدترین شرایط ممکن نمایش می دهد. همان گونه که ملاحظه می شود، نتایج شبیه سازی صحت عملکرد ادوات حفاظتی را پس از اتصال DG محاسبه شده، نشان می دهد. در این شرایط، به ازای وقوع خطای سه فاز متقارن در ابتدای فیدر تغذیه بار زمان عملکرد سریع بازبست برابر با 0.204 ثانیه است، که این زمان کوتاه تر از زمان شروع به ذوب فیوز 0.225 ثانیه می باشد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۵-۶ : نتیجه گیری

در سیستمهای توزیع بر اساس الگوریتمها و ملاحظات مربوطه، گزینه هائی جهت جابجایی و تعیین سایز DG ها ارائه می گردد. در این پروژه با مروری بر هماهنگی حفاظتی در شبکه های توزیع سنتی، در حضور منابع تولید پراکنده، تأثیر این منابع بر روی هماهنگی، در حالتهای مختلف با استفاده از شبیه سازی بیان گردید و در نهایت محدود سازی جریان خطای ناشی از DG ها و متعاقباً اندازه آنها جهت حفظ این هماهنگی پس از حضور DG به عنوان یک راه حل پیشنهاد گردید.

همچنین روش ارائه شده بر روی یک شبکه توزیع نمونه شبیه سازی و صحت عملکرد آن مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه سازی مذکور نشان می دهد که می توان با مبنا قرار دادن فرمولهای ارائه شده، تعیین مکان و سایز بهینه منابع تولید پراکنده با قید حفظ هماهنگی حفاظتی سیستم، به عنوان یک عامل مکمل در تعیین سایز و مکان قرارگیری این واحدها لحاظ گردد.



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

### فهرست مراجع و ماخذ

- [1] H. Wan, K.K. Li, K.P. Wong, "An multiagent approach to protection relay coordination with distributed generators in industrial power distribution system," *Industry Applications Conference, Fortieth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2005, 2-6 Oct. 2005, pp.830 – 836, Vol. 2.*
- [2] A. Girgis, S. Brahma, " Development of adaptive protection scheme for distribution systems with high penetration of distributed generation," *Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 19, Issue 1, Jan. 2004, pp.56 – 63.*
- [3] P. P. Barker, R. W. de Mello, "Determining the impact of distributed generation on power systems: part1-radial distribution systems," *IEEE Trans. Power Delivery, vol. 15, pp. 486–493, Apr. 2000.*
- [4] A. Girgis, S. Brahma, "Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System," *Power Engineering, LESCOPE '01. 2001 Large Engineering Systems Conference, 11-13 July2001, pp. 115 – 119.*
- [5] R. C. Dugan, T. E. McDermott, "Operating conflicts for Distributed Generation interconnected with Utility Distribution Systems," *IEEE Industry Applications Magazines, 19-25, Mar/Apr. 2002.*
- [6] K. Kauhaniemi, L. Kumpulainen, "Impact of distributed generation on the protection of distribution networks," *Developments in Power System Protection, Eighth IEE International Conference , 5-8 April 2004, Vol.1, pp. 315 - 318.*

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

[7] N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirschen, G. Strbac, " Embedded Generation," IEE, 2000.

[8] P. Barker, R. W. De Mello, "Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: Part 1 - Radial Power Systems," Presented at IEEE PES summer power meeting, Seattle, WA, July, 2000.

[9] S. M. Brahma and A. A. Girgis, "Impact of distributed generation on fuse and relay coordination: analysis and remedies," in Proc. Int. Assoc. Sci. Technol. Develop., Clearwater, FL, 2001, pp. 384-389.

[10] M. T. Doyle, "Reviewing the Impacts of Distributed Generation on Distribution System Protection," Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE Vol.1, pp. 103 -105.

[11] L. K. Kumpulainen, K. T. Kauhaniemi, "Analysis of the impact of distributed generation on automatic reclosing," Power Systems Conference and Exposition, IEEE PES 10-13 Oct. 2004, Vol.1 pp. 603 - 608.

[12] IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays, IEEE Std C37.112-1996.

[13] T. E. McDermott and R. C. Dugen, "Distributed generation impact on reliability and power quality indices" in IEEE Rural Electric Power Conf., May 2002 , pp. D3- D3\_7.

[14] S. Chaitusaney and A. Yokoyama, "An appropriate distributed generation sizing considering recloser-fuse coordination," in IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition Conf., Asia and Pasific, Dalian 2005 IEEE/PES, pp 1-6.

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

[15] S. Chaitusaney and A. Yokoyama, "Impact of Protection Coordination on Sizes of Several Distributed Generation Sources" in 7th International Power engineering Conference, IPEC 2005, 29 Nov.-2 Dec. Vol. 2. pp 669-674.

[16] Yahia Baghzouz, "Voltage Regulation and Overcurrent Protection Issues in Distribution Feeders with Distributed Generation – A case Study.

سید علی محمد جوادیان و محمود رضا حقی فام، " بررسی تأثیر حضور منابع تولید پراکنده در عملکرد سیستم حفاظت شبکه های توزیع، "دوازدهمین کنفرانس شبکه های 271-279، توزیع نیروی برق، اردیبهشت 1386

علی فرزانه رفعت و سید محمد تقی بطحایی، " یک روش جدید جهت تعیین حدود ظرفیت و مکان نیروگاههای تولید پراکنده، بدون نیاز به تغییر هماهنگی رله های حفاظتی، " دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق، اصفهان، شهریور ماه 1386

سید علی محمد جوادیان، مجید شهابی و محمود رضا حقی فام، " روشی جدید برای حفاظت شبکه های توزیع در حضور منابع تولید پراکنده با قابلیت عملکرد جزیره ای، " دوازدهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، اردیبهشت 247-255، 1386