

## تولید پراکنده انرژی در ایران

علی اکبر نصیری \*

بخش مهندسی برق

دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون

[12.nasiri@gmail.com](mailto:12.nasiri@gmail.com)

مظفر والی \*

بخش مهندسی برق

دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون

[vali2000@gmail.com](mailto:vali2000@gmail.com)

### چکیده:

هدف اصلی این مقاله بیان نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل سیستم تولید و توزیع در بخش برق کشورهای پیشرفته در زمینه صنعت برق، با استفاده از تکنیک تولید پراکنده، در جهت ارتقاء و ایجاد زیر بنایی برای بخش های تولیدی و مرتبط با برق، در دوره های متوسط یا بلند مدت، در کشور ایران می باشد. زیرا استفاده از آن تاثیر بسزایی بر روی برنامه ریزی و فعالیت های تولیدی که به نحوی مرتبط با بخش برق می باشند خواهد گذاشت. همچنین بر اساس تحقیقات و آمار و ارقام بدست آمده از شرکت توزیع برق منطقه ای فارس در زمینه نحوه تولید و توزیع انرژی برق، و شاخص تعداد قطعی، پیشنهاد ساخت یک واحد DG و نوع این نیروگاه در استان فارس ارائه گردیده است.

*واژگان کلیدی:* تولید پراکنده، نیروگاههای با ظرفیت تولیدی کم، نیروگاههای متمرکز، DG

## ۱- مقدمه

در اکثر کشورهای پیشرفته در زمینه صنعت برق، تحول عظیمی در سیستم های تولید و انتقال انرژی بوجود آمده است که تمام نیازها و مزایای پایه<sup>۱</sup> تولید و انتقال در موارد فنی، آکادمیک و بازرگانی را برآورده می کند. این سیستم نوین تولید صنعت انرژی را اصطلاحاً تولید پراکنده انرژی<sup>۲</sup> می گویند. در آمریکا و اروپا تولید پراکنده به یک راه حل ممکن فنی و مالی، برای مصرف کنندگان و تولیدکنندگان تبدیل شده است. این روش اعتبار و اطمینان تهیه برق را بسیار بهبود بخشیده است. در اکثر کشورها، DG حدود ۱۰ درصد ظرفیت نصب شده تولید را تشکیل می دهد اما در کشورهای نظیر هلند و دانمارک این روش بیش از ۳۰ تا ۴۰ درصد ظرفیت نصب شده را شامل می شود. برخی کشورها نیز مانند استرالیا، پیش بینی می گردد تا سال ۲۰۱۰ حدود ۷۸ درصد برق این کشور براساس انرژی تولیدی توسط این سیستم نوین باشد. این در صورتی است که تولید پراکنده انرژی اصطلاح جدیدی نیست. از آغازین روزهای که بشر برای رفع نیاز خود به انواع مختلف انرژی نیاز داشت تولید پراکنده شکل گرفته است چرا که این انرژی عملاً در نزدیک محل مصرف آنها تولید می شد. سیستم تولید پراکنده نیروگاههایی کوچک با ظرفیت های بین ۱۵ کیلووات تا ۲۵ مگاوات برای شارژ نمودن ایستگاههای نزدیک به محل مصرف و تأمین نیازمندی های شبکه و بار می باشند. از انواع نیروگاههای با ظرفیت تولیدی کم نیروگاههای بادی، نیروگاههای خورشیدی، پیل های سوختی و... می باشند. مشکلات طراحی، بهره برداری اقتصادی و زیست محیطی، پائین بودن راندمان نیروگاههای بزرگ، بالا بودن هزینه نصب و تعمیر و نگهداری نیروگاه ها بزرگ متمرکز، تقاضای روز افزون مصرف کنندگان در کشور و استعداد و پتانسیل و توانایی مهندسين ایرانی در به کارگیری این فن آوری در ایران به عنوان یک سیستم نوین تولید صنعت انرژی، از جمله دلایل استفاده تولید پراکنده در شبکه سراسری ایران می باشد، که همانگونه که اشاره گردید تاثیر بسزایی بر روی عمده فعالیت ها در تمام بخش هایی که به گونه ایی مرتبط با بخش برق هستند خواهد گذاشت از جمله: بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه، کاهش خاموشی های شبکه، کاهش تلفات و بهبود کیفیت و خدمات رسانی بهتر و...

لذا در این مقاله برای تعریف این فن آوری جدید در ایران، به تحلیل جز به جز کلیه پیامدها، تعامل شبکه با این صنعت، تحلیل هر کدام از موارد فنی و اقتصادی، مزایا و محدودیت ها در قالب کارهای تحقیقاتی و پیشنهادات فنی و اقتصادی در دو بخش تولید و توزیع انرژی، معرفی یکی از اجزاء تولید پراکنده، جهت ارتقاء سطح کیفی این فن آوری پرداخته ایم. [۱ و ۳]

---

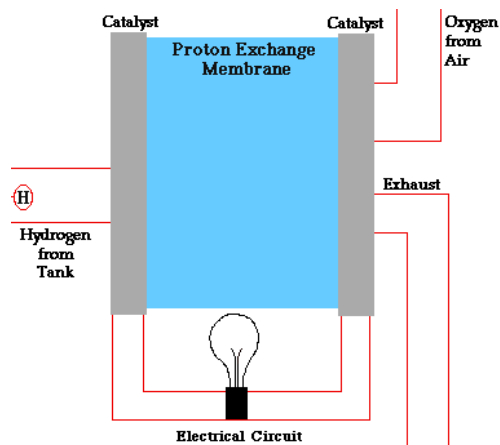
1-Baise

2- Distributed Generation

## ۲- پیل های سوختی

پیل سوختی واحدی است که بوسیله واکنش شیمیایی، برق تولید می کند. هر پیل سوختی دو عدد الکتروود دارد که یکی مثبت و دیگری منفی می باشد که به طور عام کاتد و آنده نامیده می شوند. واکنش هایی که تولید الکتریسته می کنند در الکتروودها اتفاق می افتد.

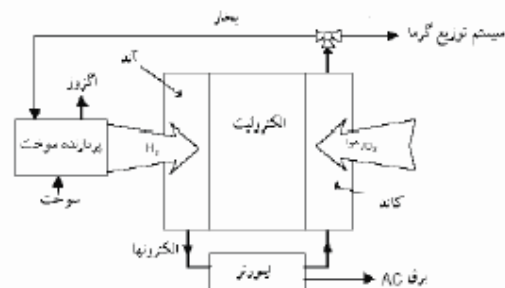
همچنین هر پیل سوختی یک الکتروولیت دارد که ذرات دارای بار الکتریکی و از یک الکتروود به الکتروود دیگر منتقل می کند. هیدروژن سوخت اصلی است، ولی پیل های سوختی به اکسیژن نیز نیاز دارند. یکی از مزیت های بزرگ پیل های سوختی، تولید الکتریسته با ایجاد حداقل آلودگی می باشد. بیشتر اکسیژن و هیدروژنی که در تولید الکتریسته بکار می رود در نهایت با ترکیب شدن با یکدیگر تولید آب می کنند.



شکل (۱) مکانیزم تولید برق در پیل سوختی

انواع مختلفی از پیل های سوختی وجود دارد که هر یک تا حدودی متفاوت عمل می کنند. ولی بطور عمومی اتم های هیدروژن در آنده وارد پیل سوختی می شوند، جایی که یک واکنش شیمیایی آنها را از الکترون هایشان جدا می کنند، اتم های هیدروژن در این حالت یونیزه هستند و حامل بار الکتریکی مثبت می باشند. الکتروودهای دارای بار منفی باعث

تولید جریان در سیمها می شوند که برای تولید جریان AC ، جریان DC خروجی از پیل سوختی باید از مبدل<sup>۱</sup> عبور کند.



شکل (۲) مراحل عملکرد پیل‌های سوختی

علت انتخاب این نوع نیروگاه نیز، این بود که ستاد ویژه فن آوری نانو اخیراً اعلام نمود برای تولید هیدروژن در پیل های سوختی روشی با کارایی مؤثرتر و زیست سازگار به نام فن آوری نانو استفاده می کنند! این موضوع را محققان دانشگاه Rutgers در مقاله ای در *journal of the American Society* در آوریل ۲۰۰۵ اعلام کرده اند که چگونه از فن آوری نانو و استفاده از فلزات و انجام واکنش های شیمیائی هیدروژن مورد نیاز را در پیل های سوختی تامین می کنند. واین در صورتی است که هر کیلو گرم هیدروژن می تواند چند صد مگا وات ساعت انرژی تولید می کند.

لازم به ذکر است قبلاً برای تولید هیدروژن در پیل های سوختی از سوخت های فسیلی، سوخت هسته ای استفاده می گردید.

در حال حاضر مدل های مختلفی از پیل های سوختی ارائه شده است که شامل (۱) اسید فسفریک (۲) غشای تبدیلی پروتون، (۳) کربنات گداخته، (۴) اکسید جامد، (۵) الکالین و (۶) متانول مستقیم می باشد. [۱].

1- inverter

### ۳- بررسی اقتصادی تولید پراکنده

#### ۳-۱- توجیه اقتصادی DG برای شرکتهای الکتریکی

شرکتهای الکتریکی باید به بررسی این مساله بپردازند که بکارگیری DG تا چه حد می تواند بر استراتژی منابع انرژی آنها در آینده تاثیر بگذارد. این شرکتها باید در جستجوی راههای توسعه و تکامل و همچنین مکان استفاده از این تکنولوژی باشند. مسایل اقتصادی یک شرکت به چندین عامل بستگی دارد:

۱- ساختار شرکت و مشخصه های سیستم

۲- قوانین و مقررات

۳- موقعیت و مالکیت DG

#### ۳-۲- توجیه اقتصادی DG برای مشترکین

سه عامل مهم وجود دارند که عملی بودن و مفید بودن DG را برای مشترک معین می کنند:

( هزینه عملکرد<sup>۱</sup> + هزینه اولیه نصب) - هزینه شبکه برای تولید انرژی مورد نیاز = صرفه جویی در هزینه برای مشترکین

در صورتیکه اختلاف بین هزینه های عملکرد (بهره برداری) و هزینه های صرفه جویی شده بر اثر عدم بکارگیری شبکه، نسبتاً بزرگ باشد بکارگیری DG مثمر ثمر خواهد بود. [ ۳ و ۴ ].

#### ۳-۳- بررسی مسایل اقتصادی پروژه

مرحله اول در ارزیابی اقتصادی یک پروژه DG این است که باید معلوم شود چه مقدار از تجهیزات باید نصب شود و میزان پس انداز سالیانه بدلیل استفاده از DG چقدر است. مشترکین باید هزینه های عملکردی اضافی را متحمل شده و آنرا پرداخت نمایند. این هزینه ها شامل هزینه سوخت و هزینه های تعمیر و نگهداری (O&M)<sup>۲</sup> می باشد.

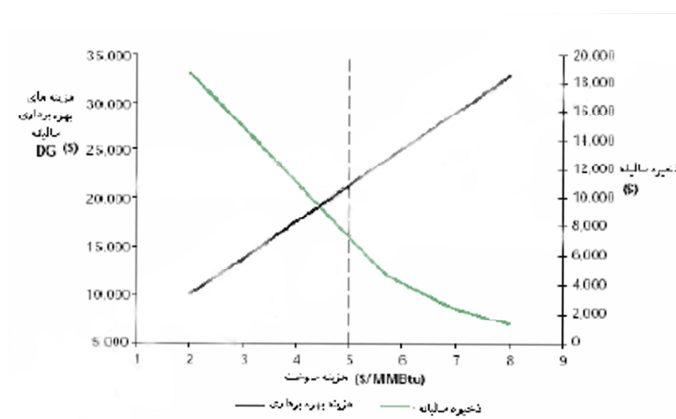
هزینه های (O&M) + هزینه های سوخت = هزینه های بهره برداری

---

1-Operating Labour Cost

2-Operation Maintenance

هزینه های سوخت نیز تابعی از راندمان DG و همچنین قیمت سوخت می باشد. در شکل (۳)، تغییرات هزینه بهره برداری و هزینه سالیانه با تغییر قیمت سوخت نشان داده شده است. همانطور که هزینه بهره برداری به قیمت سوخت بستگی دارد، مقدار صرفه جویی کل هم به آن بستگی دارد.



شکل (۳) تغییرات هزینه بهره برداری و هزینه سالیانه با تغییر قیمت سوخت

میزان صرفه جویی کل سالیانه مشترک نیز، از کم کردن هزینه های بهره برداری از صرفه جویی سالیانه در خرید انرژی الکتریکی بدست می آید. [ ۳ و ۴].

$$\text{هزینه های سالیانه} - \text{صرفه جویی سالیانه در} = \text{میزان صرفه جویی کل} \\ \text{بهره برداری} \quad \text{خرید انرژی الکتریکی} \quad \text{سالیانه}$$

### ۳-۴- مزایای اقتصادی DG از دید مشترکان

- کاهش هزینه های خرید انرژی بخصوص در مورد بارهای حرارتی (بخار، آب گرم و سیستم خنک کننده): در روش تولید همزمان برق و حرارت (CHP)<sup>۱</sup> می توان بخار یا آب گرم مورد نیاز فرآیند های مختلف را تامین کرده و یا این که در مواردی که نیاز به گرم سازی و یا خنک سازی محیط باشد از آن استفاده کرد.
- کاهش نگرانی های ناشی از نوسانات نرخ انرژی: DG به مشترکین این امکان را می دهد که ریسک بیشتری در بازار انرژی داشته باشند چون که در حقیقت مشترکین با استفاده از DG خود را از این نوسانات رهایی داده اند.
- افزایش قابلیت اطمینان: DG می تواند سبب کاهش خاموشی های ناشی از شبکه شود که این امر خود سبب کاهش زمان خاموشی و همچنین کاهش نگرانی های موجود در زمینه های ایمنی و سلامتی (بیمارستانها) می شود.
- بهبود کیفیت توان: DG می تواند توان و انرژی با کیفیت بالا به مشترکین تحویل دهد و لذا این امر سبب کاهش و یا از بین رفتن نگرانی های موجود در زمینه نوسانات ولتاژ شبکه و هارمونیکهایی شود که بر روی بارهای حساس مشترکین تاثیر می گذارد.
- منبع جدید درآمد DG این امکان را به مشترکین می دهد که بتوانند انرژی تولیدی خود را بفروش رسانده و یا حالت کمکی برای بازار یابی داشته باشد.

### ۳-۵- مزایای اقتصادی DG از دید شرکت توزیع الکتریکی

- جلوگیری از افزایش ظرفیت شبکه: DG به عنوان یک منبع کمکی و اضافی به تامین انرژی می پردازد و لذا می تواند تا حدودی شرکت توزیع را از ایجاد سیستم جدید تولید، انتقال و توزیع بازدارد.
- کاهش تلفات الکتریکی در بخش انتقال و توزیع: با نصب DG، شبکه انتقال و توزیع، به منظور حمل و ارائه انرژی به مشترکین کوچکتر شده و لذا تلفات نیز کاهش می یابد.
- به تاخیر انداختن و به روز آوری شبکه های انتقال و توزیع: با استفاده از DG، شرکت های توزیع می توانند جوابگوی رشد بار بوده و لذا با تاخیر زمانی نسبت به بهبود ظرفیت اقدام کنند.
- تامین توان راکتیو: برخی تکنولوژی ها DG مانند موتورهای رفت و برگشتی می توانند تولید توان راکتیو کنند. این امر سبب کمک به تقویت و پایداری ولتاژ شبکه می شود.

---

1-Combined heat and power

- کاهش تراکم دیماند و انتقال انرژی: با نصب سیستم تولید توان در محل مصرف و یا نزدیک به آن، طول مؤثر شبکه انتقال و توزیع افزایش می یابد و ظرفیت شبکه برای جواب گویی به سایر مشترکین آزاد می شود.
- پیک سائی: همانطور که در بخش های قبل اشاره شد DG می تواند سبب کاهش دیماند مشترکین در ساعات اوج مصرف شود که این امر سبب کاهش هزینه ها خواهد شد.
- کاهش حاشیه رزرو: با نصب DG میزان دیماند کلی شبکه پایین می آید و ظرفیت تولید بهبود می یابد و لذا نیاز به رزرو کمتری در شبکه است.
- بهبود کیفیت توان: با نصب DG، اثرات منفی کیفیت توان از جمله ولتاژ و فرکانس نامطلوب در شبکه کاهش می یابد.
- افزایش قابلیت اطمینان: استفاده از DG می تواند سبب کاهش و یا حذف خاموشی در نقاط معینی از شبکه توزیع شود.

#### ۴-بررسی مزایای فنی تولید پراکنده

با فرض اینکه مجموع تمام واحدهای تولید پراکنده دارای توان قابل ملاحظه ای باشند می توانند مزایای خاصی را به شبکه ارائه دهند این مزایا را می توان در دو گروه عمده تقسیم بندی نمود:

۱- سرویسهای اصلی

۲- سرویسهای فرعی

#### ۴-۱-مزایای اساسی تولید پراکنده

##### ۴-۱-۱-تامین توان

شرکت های برق، تامین توان پیک را در شرایط معمولی کار شبکه تضمین می نمایند که تحت عنوان تامین توان معمولی بررسی می شود. حفظ مقادیر نامی توان شبکه با کاهش مقدار بار دیده شده از دید تولید کننده، از جمله مزایای تولید پراکنده در ارتقای این سرویس شبکه می باشد.

#### ۴-۱-۲- توان اضطراری

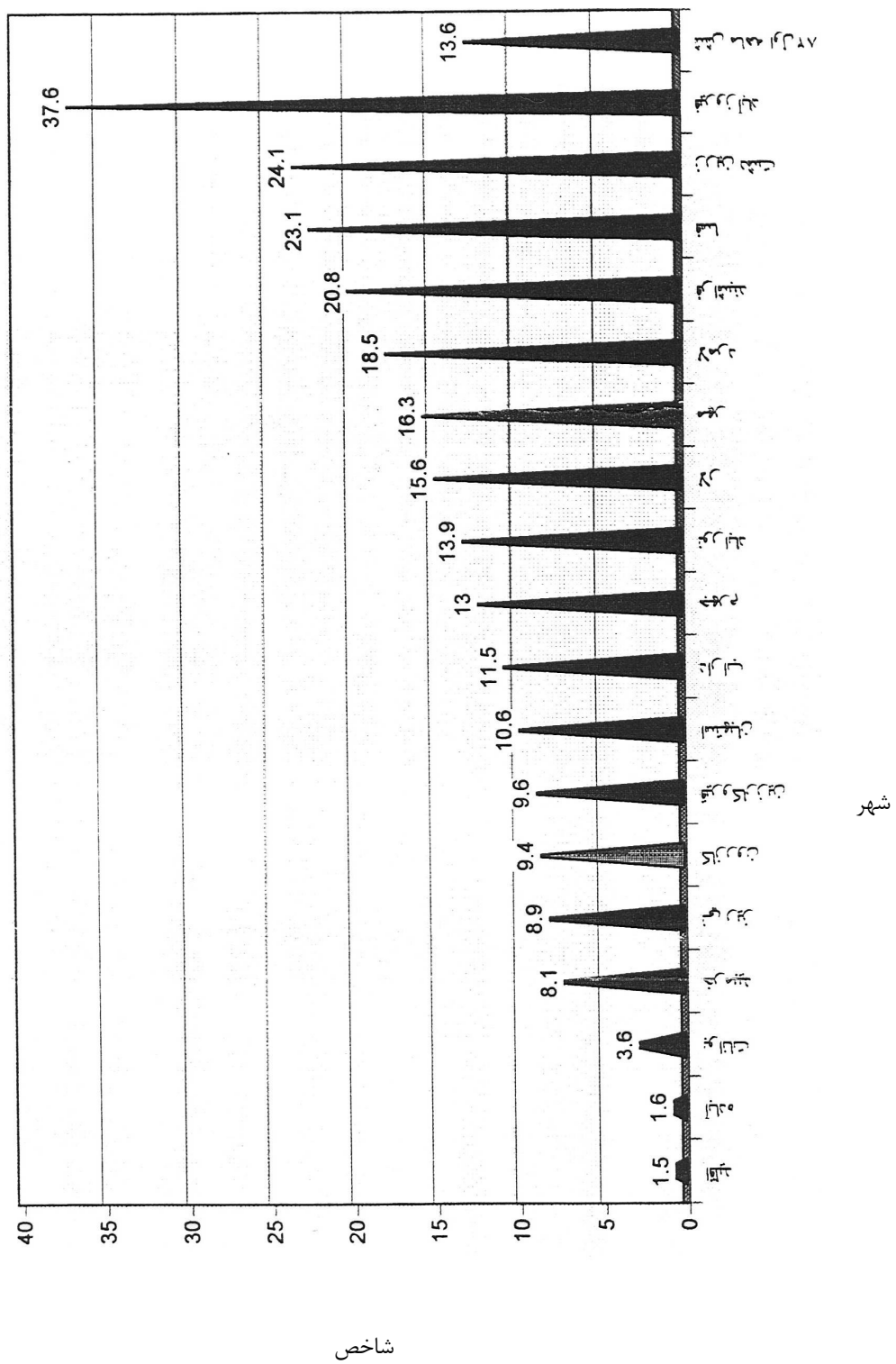
مشابه تامین ظرفیت معمولی است با این تفاوت که در این مورد تولید پراکنده برای تامین توان اضطراری شبکه در مواقعی که یکی از بخشهای شبکه دچار مشکل شده است بکار می ورد. به عبارتی دیگر توان DG قادر خواهد بود تعداد مصرف کنندگانی که در حالت قطعی و اختلال در شبکه از مدار خارج می شوند را کاهش دهد. معمولاً مقادیر اضطراری شبکه ، محدودیتهای حرارتی اجزای سیستم قدرت محاسبه شده اند و فقط برای مدت زمانهای مشخص قابل تعریف هستند.

#### ۴-۱-۳ اصلاح ولتاژ

همان طور که ملاحظه گردید کاربرد تولید پراکنده در پست های توزیع باعث کاهش بار دیده شده از دید تولید کننده می گردد. این کاهش بار باعث کاهش افت ولتاژ در خطوط انتقال خواهد شد. [۳].

### ۵- آمار و ارقام بدست از شرکت توزیع نیروی برق فارس:

با توجه به آمار و ارقام بدست آمده در شش ماهه اول سال ۸۲ و شش ماه اول سال ۸۳ (لزوما در تابستان) شاهد بیشترین شاخص قطعی در شهرستان فیروزآباد فارس هستیم ، لذا به منظور تامین انرژی این بخش و همچنین بهبود و پایداری شبکه سراسری برق ایران پیشنهاد نصب یک واحد تولید DG با قدرت ۲۵ تا ۵۰ مگا وات) در این شهرستان می گردد . مزایا و محاسن این طرح و همچنین نحوه نصب و بهره برداری در قسمت پیشنهادات ذکر گردیده است.



شکل (۳) شاخص تعداد قطعی اتو ماتیک شش ماهه اول ۱۳۸۷. [۶].



## ۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این مقاله به بررسی بکارگیری تولید پراکنده در شبکه سراسری قدرت ایران پرداخته شد. و علل توسعه آن به دلایل زیر است:

- ۱- مشکلات طراحی بهینه و پابین بودن راندمان نیروگاههای متمرکز
- ۲- گسترش روز افزون صنعت و افزایش تقاضای مصرف کنندگان انرژی
- ۳- کاهش خاموشی های ناشی از شبکه
- ۴- کاهش آلودگی ناشی از نیروگاههای متمرکز
- ۵- بالا بودن هزینه تولید و انتقال (تقریباً دو سوم هزینه بودجه کل برای صنعت برق)

و اگر به شبکه متصل گردند دارای مزایایی می باشند که عبارتند از:

- ۱- بهبود پرفیل ولتاژ و کیفیت توان
- ۳- کاهش تلفات خطوط انتقال و توزیع
- ۶- فراهم نمودن کل انرژی مصرفی مصرف کنندگان
- ۸- کاهش سوخت مصرفی در نیروگاههای متمرکز
- ۹- داشتن رزرو و نگهداشتن ظرفیت اضافی برای رفع مواقع اضطراری

### پیشنهادات:

با توجه به آمار و ارقام ارائه شده ، مشاهده می گردد که نصب یک واحد DG در استان فارس (با توجه به گزارشات قطعی و خاموشی خطوط الزاماً شهرستان فیروز آباد)، می توان سطح توانایی و کیفیت خدمات رسانی و تامین برق منطقه را بهبود بخشید. این واحد DG را می توان یک نیروگاه پیل سوختی در نظر گرفت. علت استفاده از این نوع نیروگاه عدم وجود منابع سوخت ارزان و همچنین انرژی های نظیر باد و خورشید برای تمام فصول می باشد، و از مزیت های بزرگ و دلایل استفاده از این پیل سوختی تولید الکتریسته با حداقل آلودگی می باشد.

### سپاسگذاری:

با تشکر از مدیریت شرکت توزیع نیروی برق استان فارس

## مراجع:

[1]. E. M. Armolejo, C. Duque, M. T. Torres, "Analysis of the prospects for Colombian Electric Power Sector", IEEE Distributed Generation (DG) Trans. University of Los Andes, Bogota, Colombia, 2004.

[2]. M. H. J. Bollen, A. Sannino, "Voltage control with Inverter-Based Distributed Generation", IEEE Trans Power Engineering Letters, Vol. 10, No. 1, JANUARY 2005.

[۳]. سلطانی، مسعود، "تولید الکتریسته و بهره برداری"، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.

[۴]. هوشمند، رحمت الله، "تولید برق در نیروگاهها"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

، ۱۳۸۰

[۵] "مجموعه مقالات اولین همایش سراسری پیلای سوختی"، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی

شریف. مهر ماه ۸۰

[۶] شرکت توزیع نیروی برق استان فارس