# بهینه سازی توان راکتیو تولیدی در خطوط شبکه به روش الگوی بهینه سازی ذرات در نیروگاه سیکل ترکیبی خرمشهر

**1-سعید مظفری**

SAEEDMOZAFARY90@YAHOO.COM

**خلاصه**

در این مطالعه موردی ما به بررسی و مقایسه اهداف مختلف جهت تامین توان راکتیو شبکه های قدرت تجدید ساختارشده می پردازد . به کمک توان راکتیو می توان شاخص های فنی مختلفی را در شبکه قدرت بهبود داد . حاشیه پایداری ولتاژ ، یکی از شاخص های ارزیابی مهم در تعیین امنیت سیستم قدرت به شمار میرود . از اینرو لازم است تاثیر عملکرد اقتصادی بازیگران بر توزیع توان راکتیو مورد بررسی قرارگیرد .در توزیع بهینه توان راکتیو، معمولا افزایش حد پایداری ولتاژ به ازاء حداقل هزینه توان راکتیو به عنوان هدف اصلی مساله تعریف میشود. از طرف دیگر، هدفهای مختلف در برنامه ریزی کوتاه مدت توان راکتیو را میتوان به صورت یک مساله بهینه سازی غیر خطی بیان کرد . در این مقاله از یکی ازجدیدترین روشهای جستجوی هوشمند به نام الگوریتمPSO برای حل مدلهای معرفی شده استفاده میشود که قابلیت آن باپیاده سازی الگوریتم در تامین بهینه توان راکتیو مورد نیاز شبکه 9 شینه WSCC مورد ارزیابی قرار میگیرد. پاسخها به دست آمده با روش الگوریتم ژنتیک مقایسه شده اند.

**کلمات کلیدی**

تولید انرژی، توربین گازی ، مدیریت توان راکتیو ، پایداری ولتاژ،پخش بار بهینه ،الگوریتم PSO ، نیروگاه خرمشهر

## 1. مقدمه

در گذشته صنعت برق کشورهای مختلف با مدیریت تک محوری اداره و بهر ه برداری می شد. این روند کماکان در برخی کشورها هنوز ادامه دارد . لیکن در دهه گذشته به دلایل گوناگون فنی و اقتصادی، اکثر کشورها به ایجاد رقابت در بهره برداری از سیستم برق گرایش زیادی پیدا کرده اند. لازمه این امر تغییر در سا ختار کلی حاکم بر قوانین برق می باشدبه گونه ای که مشارکت صنایع مختلف در امر تولید و انتقال انرژی الکتریسیته تسهیل شود.

بنابراین لازم است که تهیه ویا فروش انرژی الکتریسیته از طریق مکانیزم رقابتی صورت پذیرد. مدل های بازار انرژی الکتریسیته که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته اند را می توان به سه دسته تقسیم کرد:

1- مدل بازارتوان اشتراکی

2-مدل بازار برمبنای قراردادهای دوطرفه

3 -مدل ترکیبی

خصوصیات هرکدام به صورت کامل در مرجع [ 1] آورده شده است . انتقال انرژی از محل های تولید به مصرف از طریق

خطوط انتقال نیرو انجام می گیرد که در ساختار جدید مدیریت و بهره برداری آن تحت نظارت نهاد بهره بردار مستقل شبکه ISOمی باشد.

بنابراین یکی از وظایف مهم بهره بردار شبکه آن است که باتوجه به الگوی پذیرفته شده و اعلام شده از طرف بازار انرژی , خدمات جانبی و موردنیاز شبکه از قبیل ذخیره های توان اکتیو , تامین تلفات شبکه و توان راکتیو موردنیاز مجموعه را به درستی پیشبینی و خریداری نماید [2] واضح است روشی که ISO در تعیین مقادیر موردنیاز خود به کار میگیرد به طور مستقیم بر روی هزینه های نهائی انرژی الکتریکی تاثیر خواهد داشت .

کنترل ولتاژ و تامین توان راکتیو موردنیاز شبکه از جمله مسائل مهمی است که بهر ه بردارسیستم چه در ساختار قدیم و چه در ساختار جدید ، همواره با آن روبه رو می باشد . لیکن در ساختار جدید هدف آن است که روش به کار گرفته شده در مدیریت توان راکتیو به گونه ای باشدکه علاوه بر برآورده شدن مسائل فنی شبکه باعث ایجاد انگیزه در بین تولیدکنندگان کم هزینه تر گردد . بنابراین این مقاله می کوشد تا با درنظر گرفتن مدل بازار ا نرژی برمبنای قراردادهای دوطرفه، روشی برای تهیه توان راکتیو موردنیازسیستم ارائه دهد تا از یک سو هزینه نهائی تحمیل شده برمجموعه به حداقل برسد و از سوی دیگر حاشیه پایداری ولتاژسیستم تا حد امکان حداکثرگردد . در این بررسی بر خلاف سیستمهای قدرت سنتی فرض شده است که تمامی ژنراتورها میتوانند در تامین تلفات اکتیو شبکه با ارائه پیشنهاد خود شرکت کنند.

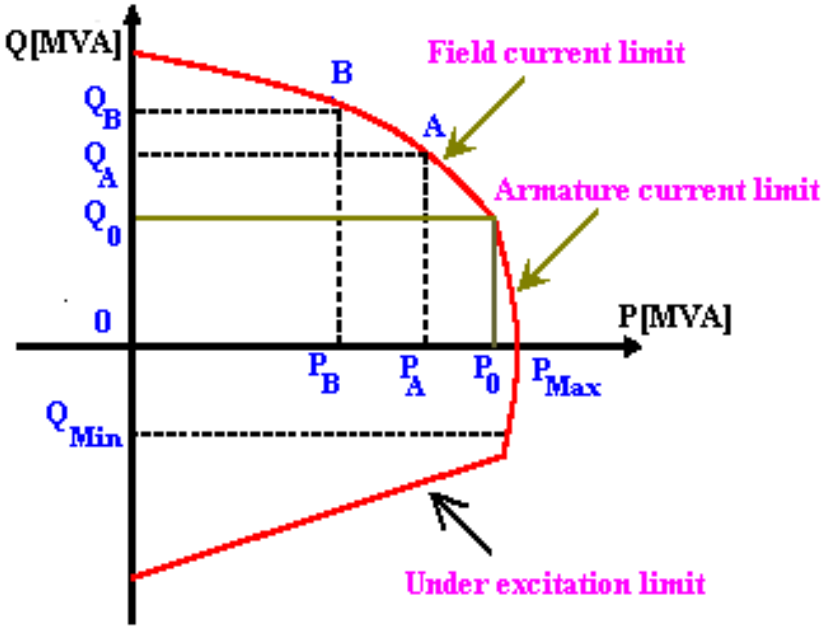
## 2. مدل قراردادهای دوطرفه در بازار انرژی

یکی از روشهای تامین انرژی الکتریسیته از طریق انعقادقراردادهای دوطرفه بین تولیدکننده و مصرف کننده می باشد. در چنین حالتی بهره بردار شبکه تنها از میزان توان تولیدی یامصرفی ذکرشده در قراردادها اطلاع حاصل می کند. در چنین ساختاری چنین به نظر می رسد که لازم باشد هر یک ازشرکت کنندگان بویژه تولیدکنندگان انرژی الکتریکی، پیشنهادقیمت خود مبنی بر افزایش و یا حتی کاهش توان تولیدی خودرا به بهر ه بردار شبکه اعلام نمایند تا عملاً بتوان توان موردنیاز جهت تامین تلفات شبکه را با حداقل قیمت تهیه کرد [3] در این مقاله پیشنهاد قیمت توان تولیدی هر یک از ژنراتورهای شبکه براساس منحنی هزینه تولید آن در نظر گرفته شده است.

## 3. قیمت و هزینه توان راکتیو

ایده اصلی ایجاد تغییر در ساختار قوانین برق آن است که حتی الامکان تهیه کالاهای متفاوت در این سیستم به صورت رقابتی انجام گیرد . قیمت پیشنهادی نیروگاهها برای تولید توان اکتیو معمولاً از قیمت تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی الکتریسیته قابل محاسبه است . لیکن معمولاً برای تولید یا جذب توان راکتیو در شبکه انتقال، انرژی قابل توجهی مصرف نمی شود. قابلیت تولید یا جذب توان راکتیو توسط ژنراتورها تا اندازه ای با سایر منابع تولید این کالا متفاوت است.

تولید توان راکتیو ژنراتورها عملاً توسط منحنی قابلیت کار آنها محدود می شود. به عبارت دیگر ممکن است ژنراتوری در شبکه وجود داشته باشد که برای تولید توان راکتیو بیشترمجبور به کاهش توان اکتیو خود گردد . این موضوع در شکل (1) به صورت ترسیمی نشان داده شده است.




**شکل 1:منحنی قابلیت کار ژنراتور**

بنابراین قیمت گذاری توان راکتیو یک مسئله مهم در سیاستهای رقابتی ، می باشد . گروهی بر این عقیده می باشند که بهتر است قیمت توان راکتیو از هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری نیروگاه تعیین گردد و دسته دیگر ترجیح میدهند از مفاهیم قیمت گذاری حاشیه ای در تعیین قیمت توان راکتیو استفاده شود در هر صورت لازم است هزینه فرصت ازدست رفته ژنراتورها برای تولید توان راکتیو مد نظر قرار گیرد . اخیراً تلاشهای گوناگونی برای ایجاد بازار رقابتی در خرید یا فروش توان راکتیو صورت گرفته است تا هر یک از منابع تولید قادر به ارائه پیشنهاد قیمت خود گردند مستقل از تعیین قیمت توان راکتیو هر تجهیز، لازم است بهره بردار شبکه، روشی اتخاذ نماید که هزینه نهائی تامین انرژی الکتریکی را تا حد امکان کاهش دهد . در این مقاله ارزش توان راکتیو تولیدی یا جذبی ژنراتورها به کمک هزینه فرصت آنها از رابطه (1) محاسبه می گردد:

$$C_{gqi}=k_{gi}\,[C_{gpi}\,(S_{gimax})-C_{gpi}\,(S^2-q^2)^{0.5}]$$ **رابطه 1.**

که در آن Q توان راکتیو خروجی ژنراتور g و Sgimax حداکثر توان ظاهری ژنراتور مذکور می باشد Cgpi هزینه تولید توان اکتیو ژنراتور i ام است که معمولاً به صورت

$$cgpi=ap2gi+bpgi+c$$ **رابطه 2.**

مدل می شودو ضریب kgi نرخ سود دریافتی ژنراتور برای تولید توان اکتیو در شین iام است.

محاسبه حد پایداری ولتاژ در شبکه انتقال معمولاً در یک سیستم قدرت با افزایش بار، توان راکتیوموردنیاز شبکه در نقاط مختلف افزایش می یابد. چنانچه تامین توان راکتیو در نقاط موردنیاز و قابل کنترل به خوبی صورت نپذیرد، در برخی از نواحی با افت ولتاژ غیرقابل قبولی روبه رو خواهیم شد . به طور کلی برای مطالعه دقیق وقوع ناپایداری ولتاژ لازم است رفتار دینامیکی کنترل کننده های توان راکتیو و ولتاژ به دقت مدلسازی شوند.

لیکن از آنجایی که ماهیت تغییر ولتاژ در سیستم قدرت از دینامیک بلندمدت پیروی می کند،می توان با تقریبی خوبی مسئله ناپایداری ولتاژرابه صورت استاتیک بررسی کرد. از این رو از روشCPFLOWبرای محاسبه حد پایداری ولتاژ شبکه استفاده می شود.

## 4. فرمول بندی مسئله

هدف اصلی این مقاله بهینه سازی توزیع توان راکتیو موردنیاز جهت افزایش حد پایداری ولتاژ شبکه میباشد. به این منظور برنامه ریزی توان راکتیو با سه هدف مستقل برروی یک شبکه قدرت نمونه صورت می گ یرد و نتایج به دست آمده از دیدگاه حد پایداری ولتاژ شبکه مقایسه می شوند . اهداف و چگونگی پیاده سازی آ نها بر روی شبکه آزمون 9شینه WSCC به قرار زیر است .لازم به ذکر میباشد که در بررسی های به عمل آمده بدون از دست دادن کلیت مساله و تنها برای ساده تر شدن، تاثیر جبران کننده های استاتیک در نظر گرفته نشده است.

### 4.1. حداقل کردن هزینه تلفات اکتیو شبکه انتقال

در این حالت هدف بهره بردار شبکه آن است که با تنظیم ولتاژ خروجی و بخشی از توان اکتیو پیشنهادی ژنراتورها دربازار سرویسهای جانبی، خروجی هر ژنراتور را به گونه ای تنظیم نماید که هزینه تامین تلفات شبکه به حداقل برسد . بیان ریاضی مفهوم فوق را می توان به صورت زیر ارائه کرد:

$$\text{Min cost(ploss)} = \begin{array}{ll} Pgi - Pdi = f(v, a) & i = 1,2,\ldots \\ qgi - qdi = g(v,a) & i = 1,2,\ldots \\ & vmini \le vi \le vmaxi \\ & pgimin \le pgi \le pmaxgi \\ & qmingi \le qgi \le qmaxgi \end{array} \qquad (3)$$

در روابط بالاiاندیس شینه های شبکه می باشد Pgi ,Qgi به ترتیب توان اکتیو و راکتیو ژنراتور iو PDi و QDiتوان اکتیو و راکتیو مصرفی در شین i و $\theta$ ,vبه ترتیب زاویه شین های شبکه ,بردار اندازه ولتاژ موردمطالعه می باشند . قیدهای مساله عبارتند از معادلات پخش بار و نا مساوی های مربوط به حدود امنیت ولتاژ شبکه و توان خروجی ژنراتورها. پس از حل مسئله فوق نقطه کار ژنراتورها به دست می آیند که باتوجه به شرایط بهره برداری می توان حداکثر فاصله تا مرز ناپایداری ولتاژ را تعیین کرد . در مدل مذکور فرض بر آن است که ژنراتورها و کلاً منابع تولید یا جذب توان راکتیو به طورمستقیم هزی نه ای را دریافت نمی کنند و متناظر با میزان مشارکت هر یک در کاهش تلفات شبکه به آنها پرداخت خواهد شد.

### 4.2. حداقل کردن هزینه تلفات اکتیو و هزینه توان راکتیو

در این حالت فرض می کنیم به منظور تشویق و ترغیب مطابق با رابطه ISO ، نیروگاهها در تامین توان راکتیو مورد نیازمعرفی شده در بخش 3، هزینه ای را به هر یک از واحدهای تولیدی می پردازد . در چنین حالتی هدف اصلی بهره بردار مستقل شبکه، حداقل کردن هزینه پرداختی شامل هزینه تامین توان راکتیو و هزینه تلفات اکتیو شبکه خواهد شد که بیان ریاضی مفهوم فوق به ترتیب زیر می باشد:

$$\sum_{i=1}^{n} cost\,(q) + MIN\ COST(PLOSS) \qquad (4)$$

### 4.3. حداقل کردن هزینه تلفات شبکه و هزینه تامین توان راکتیو و افزایش حد پایداری ولتاژ:

یکی از وظایف بسیار مهم بهره بردار شبکه تدبیرنیازهای لازم جهت جلوگیری از فروپاشی ولتاژ شبکه در مواقع بحرانی است. ایجاد حاشیه امنیت ولتاژ با توان راکتیو تولیدی و مصرفی در شبکه ارتباط مستقیم دارد و از آنجایی که درساختار جدید توجه به مسائل اقتصادی از اهمیت خاصی برخوردار می باشد ، لازم است برنامه ریزی به گونه ای صورت پذیرد که ضمن برآورده شدن مسائل فن ی ،حداقل هزینه به سیستم تحمیل گردد . باتوج هبه آر ایش قرارگیری منابع تامین توان راکتیو در یک شبکه قدرت ، الگوهای متفاوتی از تامین توان راکتیو وجود داردکه می تواند هر کدام به حفظ مسائلفنی از جمله حاشیه پایداری ولتاژ سیستم منجر گردد . بنابراین در این حالت هدف اصلی بهره بردار شبکه آن است که ضمن به حداقل رساند ن تلفات شبکه و حداکثر کردن حاشیه پایداری سیستم، هزینه تحمیلی به مجموعه نیز حداقل ممکن گردد. بنابراینISO با یک برنامه ریزی بهینه با تابع هدف چند بعدی رو به رو است . از دیدگاه ریاضی با مسئله زیر رو به رو خواهیم شد:

$$\min\left[ a\left[\frac{\cos t(ploss)+\sum_{i=1}^{n}\cos t(qg)}{\cos t\max}\right]-b\left[\frac{v.s.m}{v.s.m\max}\right]\right] \qquad (5)$$

در تابع هدف فوق منظور از vsmحاشیه پایداری ولتاژمی باشد و ضرایب وزنی aوb بیانگر میزان اهمیت اهداف مختلف می باشند پس از تنظیم نقطه کاراولیه، بار و تولید شبکه مورد مطالعه در یک راستای مشخص افزایش پیدا می کنند تایکی از محدوده های فنی شبکه از قبیل دامنه ولتاژ شین ها،توان اکتیو و راکتیوخروجی ژنراتورها، توان مجاز قابل عبور ازخطوط انتقال و ... از حد مجاز خود تجاوز نماید که در این صورت می توان حداکثر شرایط بارگذاری بر روی شبکه رابه دست آورد.

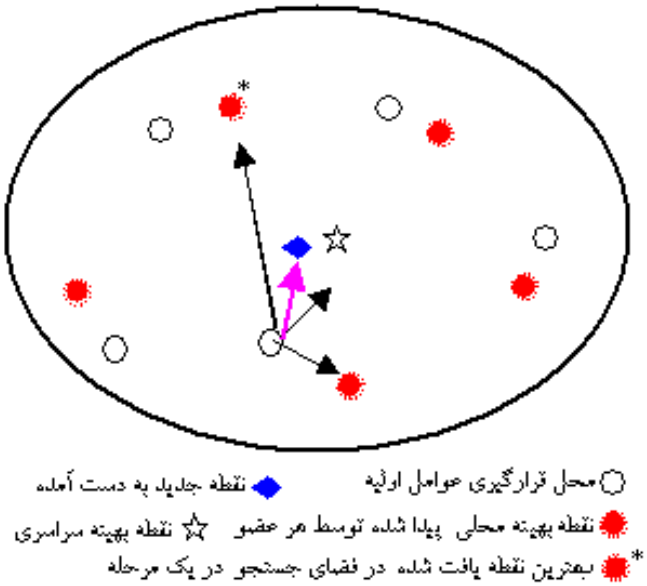
در شبیه سازی های انجام شده ، توان اکتیو و راکتیو بارها به یک نسبت افزایش داده می شوندازطرف دیگر توان تولیدی ژنراتورها نیز به نسبت توان پایه هرکدام افزایش پیدا می کنند.

## 5. شرح مختصری از الگوریتم بهینه سازیPSO

یکی از روشهای تکاملی جهت حل مسائل بهینه سازی استفاده از الگوریتم PSOمی باشد تفاوت عمده این روش با سایر روشهای تکاملی در آن است که برای تولید نسل جدید نیازی به هیچ گونه عملگرپیچیده ای ندارد. هرعامل مسیر بهینه بعدی خودرا بر مبنای اطلاعات قبلی، یعنی بهترین مکان یافت شده توسط خود و بهترین مکان اعلا م شده از طرف گروه، تعیین می کند. ایده اولیه این الگوریتم از روش یافتن غذا توسط گروه پرندگان یا حشرات اقتباس شده است .به طور کلی جمعیت هایی که به صورت گروهی هدفی را دنبال می کنند معمولاً اطلاعات تجربه شده خود در طول مسیر رادراختیار سایر اعضاء گروه قرار می دهند و هر یک از اعضا ءباتوجه به اطلاعات خود و سایرین اقدام به جهتگیری به سوی مسیر بعدی، می نماید. باتوجه به شکل(2) جزئیات روش و الگوریتم بهینه سازی pso در یک فضای جستجوی دوبعدی را می توان اینچنین بیان کرد:

ابتدا عوامل مختلفی در فضای قابل جستجوی مسئله قرار داده می شوند. از آنجایی که هدف اصلی، بهینه سازی یک تابع هدف می باشد، مقدار تابع هدف در هر نقطه به عنوان اطلاعات اصلی مسئله به شمارمی رود . عوامل موجود در مسئله از

بهترین مقدار خود که منجر به کمینه یا بیشینه شدن تابع هدف می شود، اطلاع دارند. همچنین مختصات این نقطه نیز درحافظه نگهداری می شود. به این نقطه، نقطه بهینه محلی گفته می شود.




**شکل :2 چگونگی حرکت در فضای جستجو برای یافتن هدف نهایی**

از طرف دیگر هر عامل از بهترین نقطه ای که توسط سایراعضاء گروه پیدا شده است نیز اطلاع دارد که به آن نقطه بهینه سراسری گفته می شود. لذا با داشتن اطلاعات فوق هر عامل درراستای زیر جهت گیری خودرا تنظیم می کند:

vi=vi+rand.(pbesti-si)+rand.(gbest-si)

که در رابطه فوقviسرعت عاملiسiموقعیت فعلی عاملi pbestiمبهترین موقعیت یافت شده توسط عامل gbest و م il بهترین موقعیت یافت شده توسط اعضاء گروه می باشد. پس از این مرحله لازم است هر عامل مسیر خود را اصلاح نماید که این کار توسط دستورالعمل زیر اجرامی شود.

si=si+vi (6)

همانطور که دیده می شود دستورالعمل های یافتن و حرکت به سوی نقطه بهینه سراسری در این روش بسیار ساده می باشند. درحقیقت الگوریتم pso با جستجوی نقاط مختلف در فضای متغیرهای کنترلی بتدریج به سوی نقطه بهینه تابع هدف همگرا می شود.

### 5.1. مراحل پیاده سازی الگوریتمPSO

دربهینه سازی توابع هدف، مراحل زیر تکرار می شوند:

1-در فضای پاسخ تعدادی عامل جستجو با سرعت اولیه مشخص قرار داده می شود.

2-مقدار تابع هدف به ازای هر عضو محاسبه و درحافظه نگهداری می گردد . چنانچه هر یک ازقیود مسئله نقض گردند مقدار محاسبه شده درعدد بزرگی به عنوان ضریب جریمه، ضربمی شود.

3-بردار pbest در ابتدا با مختصات نقاط اولیه مقدار دهی میشود و بردارgbest به بهترین موقعیتی که توسط هر یک از عوامل محاسبه شده است، اختصاص می یابد.

4-سرعت اعضا در مرحله بعد از رابطه ( 5) محاسبه می شود.

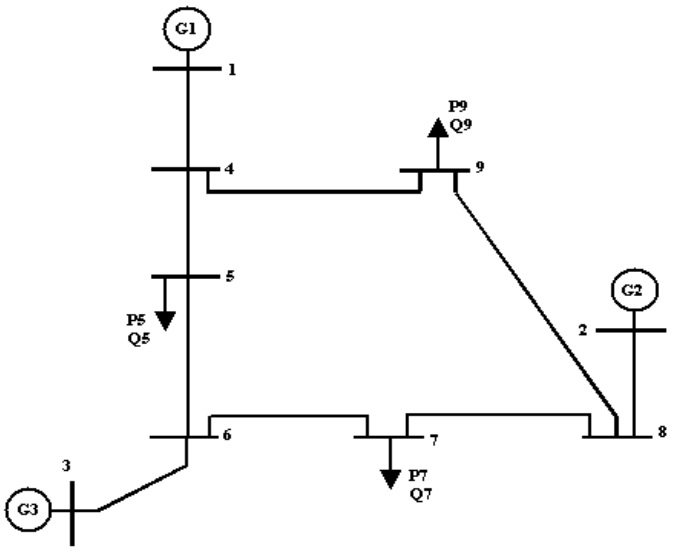
5-نقطه جستجوی بعدی از رابطه ( 6) محاسبه می شود.

6-تابع هدف به ازای نقاط جدید محاسبه می گردد.

7-چنانچه مقادیر به دست آمده برای هر عامل از مقدار قبلی بهتر شد، مقدار جدید و موقعیت آن به عنوان Pbestiجایگزین قد ار قبلی می گردد.همچنین مقدارgbest نیز مطابق مقادیرجدید به دست آمده اصلاح می شود.تا زمانی که دفعات تکرار به حداکثر خود نرسیده است به مرحله 4 بازگشت داده میشود.

## 6. شبکه آزمون مورد مطالعه

شبکه انتخاب شده جهت پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی،
شبکه آزمون 9شینهWSCCمی باشد که درشکل ( 3) دیاگرام تک خطی آن رسم شده است.




**شکل :3 دیاگرام تک خطی شبکه آزمون 9شنیهWSCC**

## 7. نتایج حاصل از پیاده سازی اهداف مختلف

در این بخش نتایج حاصل از شبیه سازی اهداف مختلف برروی شبکه 9شینهWSCCورده شد ه است . بار مصرفی کل برابر 315 مگاوات می باشد. فرض کنیم که قراردادهای دوجانبه بین تولیدکننده و مصرف کننده به ترتیب زیر باشد:

**جدول :1 مشخصات قراردادهای دو جانبه**

| | تولید بارپایه | بار1 | بار2 | بار3 |
|---|---|---|---|---|
| ژنراتور1 | 30 | 0 | 37 | 67 |
| ژنراتور2 | 0 | 75 | 88 | 163 |
| ژنراتور3 | 60 | 25 | 0 | 85 |

از آنجایی که حاشیه پایداری ولتاژ شبکه مورد مطالعه ازاهمیت خاصی برخورادر است لذا پس از پیاده سازی هرهدفمندی، حداکثر حاشیه پایداری محاسبه و با سایر مقادیر بهدست آمده از اهداف دیگر مقایسه می گردد . از طرف دیگر به منظور ارزیابی روش بکار گرفته شده در یا فتن مقادیر بهینه هریک از توابع معرفی شده، نتایج با پاسخهای به دست آمده ازالگریتم ژنتیک نیز مقایسه می گردند.

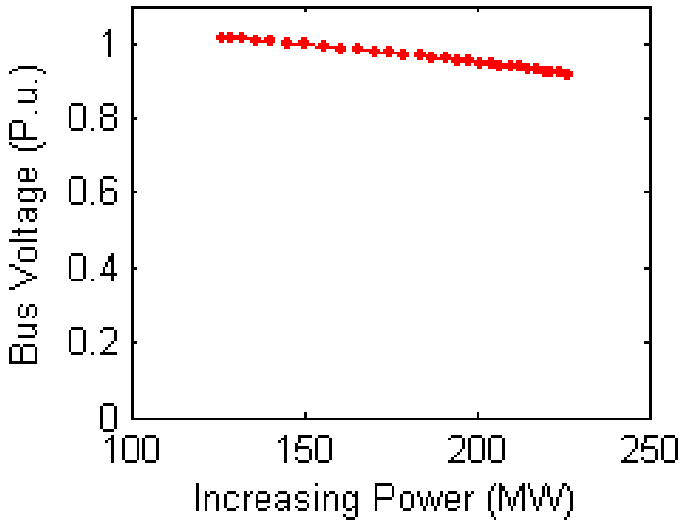
### 7.1. حالت اول:

در این حالت فرض بر آنست که توان راکتیو مورد نیاز شبکه به منظور کاهش تلفات سیستم، مورد استفاده قرار میگیرد . ازآنجا که تامین تلفات شبکه باید براساس ساختار رقابتی وکمترین قیمت، صورت پذیرد , می توان متغیرهای کنترلی مساله, توان و ولتاژ - را بر مبنای معادلات معرفی شده در بخش 5,1خروجی ژنراتورها تصور کرد .

فرض دیگر مساله آنست که تمام ژنراتورها به اندازه 10 درصد از توان خروجی بار پایه خود را د ر بازار تامین تلفات شبکه، شرکت داده اند . با توجه به ساختار شبکه قدرت مورد بررسی و اطلاعات مندرج درجداول ضمیمه نتایج به دست آمده از حل معادلات پخش باربهینه آورده شده است .

به این ترتیب نقطه کاری که در آن هزینه تلفات شبکه حداقل ممکن شود محاسبه می گردد. در محاسبه این نقطه تابع هزینه تامین توان راکتیو در نظر گرفته نشده است . از طرف دیگر لازم است تا از دیدگاه پایداری ولتاژ نیز نقطه بدست آمده موردارزیابی قرار گیرد . به این منظور با استفاده از روش ذکر شده درحد پایداری ولتاژ برای شبکه مفروض در نقطه کاربدست آمده محاسبه میشود .

چنانچه در این حالت حداکثر افت ولتاژ قابل قبول شینه ها0.9در مبنای واحد فرض شود , میتوان دریافت که با افزایش بار سیستم در حدود1.8109برابربار پایه خود شین شماره با کاهش ولتاژ مواجه می شود که روند تغییرات ولتاژ این شین در شکل 4 رسم شده است.



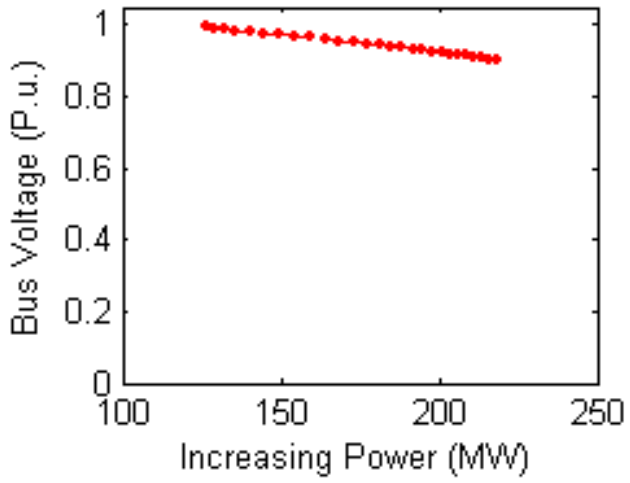

**شکل: 4 تغییرات ولتاژ شین 4 با افزایش بار سیستم**

### 7.2. حالت دوم:

در این قسمت علاوه برکلیه مفروضات حالت اول فرض میشود که به ژنراتورها هزینه فرصت از دست رفته نیز علاوه برهزینه تولید تو ان اکتیو برای جبران تلفات شبکه , تعلق گیرد . به این ترتیب انگیزه لازم برای تامین توان راکتیو فراهم می گردد .به نظر می رسد تنها سوال مهمی که باید به آن پاسخ گفت آنست که این رویه چه تاثیری بر افزایش یا کاهش حد پایداری ولتاژ شبکه دارد؟ از این رو برنامه ریزی تو ان راکتیو بر روی شبکه مورد مطالعه با هدفمندی معرفی شده در بخش انجام میگیرد و با تنظیم بهینه متغیرهای کنترلی مساله نقطه کارحالت تعادل شبکه مشخص می گردد.

به دنبال آن و با توجه به شرایط جدید , حد پایداری ولتاژ سیستم محاسبه و پروفیل ولتاژ بدترین شین به ازائ افزایش بار رسم میشود . نتایج حاصل از این بررسی در شکل 5 آورده شده است.

از مقایسه نتایج به دست آمده با قسمتهای قبلی می توان چنین استنباط کرد که بر خلاف انتظار اولیه, هدفمندی جدید شاخص فنی حاشیه پایداری ولتاژ را کاهش می دهد. در اینحالت حداکثر افزایش قابل قبول بار سیستم 1.7451برابر بارپایه می باشد .از این رو این ایده در ذهن تداعی می شود که شاید بهتر باشد تا از ابتدا به گونه ای مناسب تاثیر شاخص مذکور در برنامه ریزی توان راکتیو گنجانده شود . به این ترتیب با یک مساله بهینه سازی چند منظوره روبرو خواهیم شد.




**شکل :5 تغییرات ولتاژ شین 4 با افزایش بار سیستم**

## 8. نتیجه گیری

در این مقاله هدفمندی های مختلفی که در سیستم های قدرت تجدیدساختارشده، می توانند مبنای تخصیص و توزیع توان راکتیو در بین تامین کنندگان آن باشند . بررسی و نتایجی حاصل با یکدیگر مقایسه شد . به طول کلی می توان گفت که الگوی توان راکتیو تولیدی در نواحی مختلف تاثیر بسزایی برمشخصات فنی شبکه از جمله کاهش توان تلفاتی شبکه، افزایش حد پایداری ولتاژ شبکه و ... دارد.

از آنجایی که لازم است مسائل اقتصادی نیز به نحو مطلوبی در چنین ساختاری به دقت مورد بررسی قرار گیرند لذا تابع هدف نهائی از دیدگاه بهره بردار شبکه دارای چندین بعد یا هدف خواهد شد که به طور کلی می توان آن را به دو بخش اهداف فنی و اهداف اقتصادی تقسیم بندی کرد . برای تحلیل بکارگیری اهداف مختلف نیازمند ابزاری جهت بهینه سازی می باشیم که در این استفاده شد .

شاخص فنی PSO مقاله از الگوریتم بهینه سازی مهم مورد مطالعه حد پایداری ولتاژ درنظر گرفته شد و مشاهده گردید که هزینه تحمیلی به مجموعه متناسب با تعریف حاشیه امنیت تغییر می کند بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که شاید بهتر باشد بهره بردار شبکه قبل از انجام محاسبات اقتصادی حداقل میزان موردنیاز جهت حفظ پایداری سیستم را تعیین کرده و سپس در بین تولیدکنندگان تو ان راکتیو به جستجوی الگویی بپردازد که حداقل هزینه را به سیستم تحمیل نماید . این ایده هم اکنون توسط مؤلفان در دست بررسی و مطالعه قراردارد.

## 9. مراجع

[1] M.Shahidehpour and M. Alomoush, “Restructured Electric Power System,” 1nd ed. New York: Marcel Dekker, 2001.
[2] Harry Singh and Alex Papalexopoulos, "Cometitive Procurement of Ancillary Services by an

Independent System Operator", *IEEE Trans. on* Power System, Vol. 14, No. 2, May 1992, ,pp. 498-504.

[3] Kwok W. Cheung, Payman Shamsollahi and David Sun, "Energy and Ancillary Service Dispatch for Interim ISO New England Electricity Market", IEEE, 0-7803-5478-8/00/, 1999.

[4] John W. Lamont and Jian Fu, "Cost Analysis of Reactive Power Support," *IEEE Transaction on power System*, Vol. 14, No. 3, May. 1999, pp. 890-898.

[5] Edson Luiz etal, "Practical Cost- Based Approach for the Voltage Ancillary Service," *IEEE* Transaction on power System, Vol. 16, No. 4, November. 2001, pp. 806-812.

6. مدارک و گزارشات ژنراتور TYM 105 نیروگاه خرمشهر PERFORMANCE ACCEPTANCE TEST RESULT 1402