یافتن محل و مقدار ادوات FACTS در سیستم قدرت مشتمل بر مزرعه بادی جهت بهبود پارامترهای سیستم

امیر باقران شعرباف[1*] ، علی اصغر شجاعی[2] ، مهدی عاملی[3]

*۱-کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، amir.bagheran@yahoo.com

۲- استادیار، گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، shojaei2012@gmail.com

۳- مربی، گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران، mehdi_amelli@iaus.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش:۹۸/۴/۸

چکیده: یکی از دغدغه های اصلی بهره برداران شبکه بهبود پارامترهای سیستم میباشد و راههای گوناگونی در مسیر نیل به این هدف بیان گردیده است. حال در صورتی که از انرژی های تجدید پذیر از جمله باد در شبکه استفاده گردد بحث پایداری و وضعیت پارامترهای سیستم قدرت اهمیتی دو چندان خواهد داشت. در تحقیق پیش رو با قرار دادن ادوات FACTS در سیستم قدرت ۲۴ باسه شامل مزرعه بادی ، وضعیت پارامترهای مورد نظر را بررسی مینماییم. داده های تحقیق را که شامل اطلاعات باد و بار مصرفی در طول یک سال میباشد به کمک الگوریتم دسته بندی K-means دسته بندی نموده و تابع هدف را بر اساس پارامترهایی که قصد بهینه کردن انها را داریم تشکیل میدهیم. تابع مذکور را با استفاده از الگوریتم تکاملی جفتگیری زنبور عسل (HBMO) بهینه سازی نموده و محل و مقدار مناسب ادوات FACTS را بدست آورده که نتایج بدست آمده مشخص میکند که پارامترهای مورد بررسی در زمان استفاده از ادوات FACTS بهینه می شود.

واژه‌های کلیدی: ادوات FACTS ، پارامتر های سیستم، الگوریتم دسته بندی K-means، الگوریتم تکاملی HBMO

۱- مقدمه

یکی از معیارهای صنعتی بودن یک کشور میزان تولید انرژی الکتریکی است. میزان تولید و مصرف انرژی، معیاری مناسب برای سنجش سطح رفاه است. به همین دلیل ایجاد ثبات و پایداری در تولید این انرژی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. پایداری سیستم قدرت ، پایداری ولتاژ ، کاهش تلفات و کاهش هزینه ها مهمترین دغدغه بهره برداران است. عدم توجه به پارامترهای سیستم هزینه های سنگینی به شبکه متحمل میکند از جمله عدم پایداری شبکه و فروپاشی ولتاژ و خاموشی بزرگ شبکه که خروج از این وضعیت مستلزم صرف زمان و هزینه میباشد و خسارت‌های شدیدی به دنبال دارد. یکی از راه حل های این معضل افزایش تولید شبکه میباشد که با ساخت واحدهای تولیدی جدید امکان‌پذیر میباشد که این موضوع هزینه ی زیادی در بردارد. راه حل دیگر استفاده از روش هایی است که ظرفیت شبکه را افزایش داده و نه تنها پارامترهای شبکه را بهبود میدهد بلکه باعث جلوگیری از صرف هزینه زیاد بابت ساخت واحدهای تولیدی جدید خواهد شد. در تحقیقات گذشته از ادوات FACTS برای کاهش پارامترهای سیستم استفاده شده است. در [1] با کمک ادوات Facts کنترل بر روی شارش توان در یک سیستم ۹ باسه صورت گرفته و در [2] پایداری ولتاژ و بهبود پخش بار انجام شده است. از الگوریتم ژنتیک (GA) و بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) جهت افزایش پایداری سیستم قدرت و کاهش تلفات بهره جسته اند [3]. افزایش پایداری و کاهش هزینه های تولید توسط الگوریتم بهینه سازی ابتکاری در سیستم تست ۹ و ۳۹ باسه مورد بررسی قرار گرفته است[4]. در [5] به منظور کاهش تلفات سیستم و بهبود پروفیل ولتاژ در سیستم تست ۳۰ باسه انجام شده است. نکته حایز اهمیت در تحقیقات گذشته این است که اکثر تحقیقات بر روی بهینه سازی یک یا حداکثر دو هدف تمرکز

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018

داشته اند و شبکه مورد بررسی شامل واحد های بادی نبوده است. اما در تحقیق پیش رو شبکه مورد بررسی یک سیستم تست ۲۴ باسه استاندارد IEEE می‌باشد و قصد بهینه‌سازی چندین پارامتر را به طور همزمان داریم. الگوریتم جفتگیری زنبور عسل می‌تواند به عنوان یک روش عمومی بر پایه رفتار حشرات جهت بهینه سازی در نظر گرفته شود. در این مقاله تابع هدف که شامل پارامترهای مورد نظر میباشد توسط الگوریتم جفتگیری زنبور عسل (HBMO) بهینه می‌شود که نتایج حاصل از آن اطلاعات کاملی را در اختیار ما قرار خواهد داد.

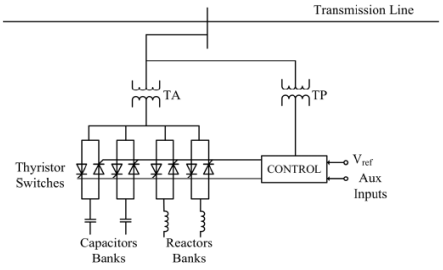
۲- ادوات FACTS

ادوات FACTS امکان کنترل منظم بخش بار، کمینه‌سازی هزینه ها، افزایش پایداری، تغییر توان راکتیو براساس نیاز سیستم و افزایش قابلیت انتقال را دارد.

مدل‌سازی ادوات FACTS به سه صورت سری، موازی و سری- موازی می باشد. ادوات FACTS که در این پژوهش استفاده گردید به‌شرح ذیل می‌باشد.

SVC -۱-۲

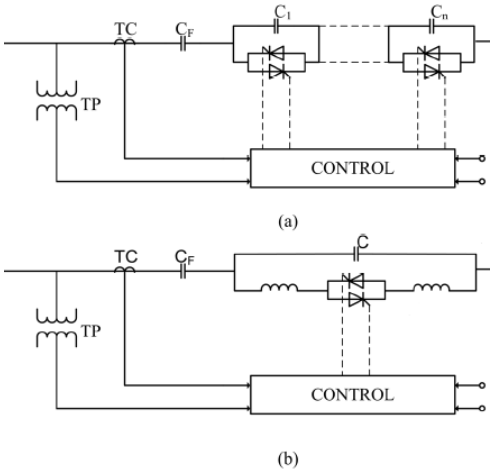
یک جبران‌ساز قابل کنترل با تریستور است. این المان یک المان پیشرو در زمینه کنترل های FACTS می‌باشد که در اواخر دهه ۷۰ پا به عرصه قدرت نهاده است. SVC به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد.



شکل (۱) :SVC با خازن‌های سوییچ شونده با تریستور و بانک راکتور کنترل شونده باتریستور

TCSC -۲-۲

این المان که به صورت سری در مدار قرار می گیرد مزایای بسیاری برای سیستم قدرت مهیا می کند. نمای کلی TCSC در شکل (۲) نشان داده شده است.



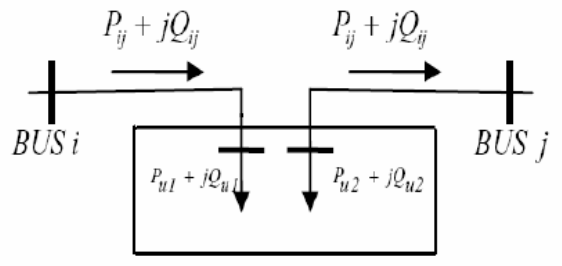
شکل (۲): الف) TCSC با استفاده از خازن‌های قابل‌کنترل با تریستور
ب) TCSC با استفاده از خازن موازی با راکتور قابل‌کنترل با تریستور

در حالت اول کنترل جبران سازی سری به صورت مجزا با افزایش یا کاهش تعداد بانک های خازنی متصل شده، انجام می دهد و در حالت دوم کنترل به صورت پیوسته تغییر زمان هدایت تریستورها و در نتیجه جریان راکتور انجام می شود. لازم به ذکر است در صورت ترکیب دو مدل a و b کنترل بهتر و انعطاف بیشتری بدست می آید[6].

UPFC -۳-۲

در معرفی UPFC با دو نوع متفاوت از مدل این المان روبرو می شویم. مدل پیوسته (کوپل) و مدل مجزا (دکوپله) [7].

در نوع پیوسته، UPFC با ارتباط سری یک منبع ولتاژ و امپدانس بر خط انتقال مدل سازی شده است. در مدل مجزا، UPFC با دو باس مجزا مدل سازی می شود. در مدل پیوسته، بایستی ماتریس ژاکوبین تشکیل می شود که در مقایسه با مدل مجزا بسیار پیچیده تر می شود. در مدل مجزا به راحتی می توان الگوریتم های پخش بار مرسوم را پیاده سازی کرد بدون اینکه به تشکیل ماتریس های پیچیده ژاکوبین نیاز باشد.



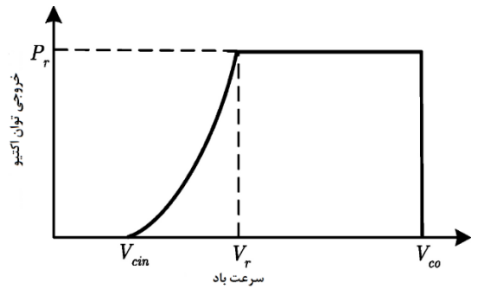
شکل (۳): مدل مجزا UPFC

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018

۳-مزارع بادی

باد انرژی است که از جابجایی هوا که در اثر تابش خورشید گرم می شود بوجود می آید. هواشناسان اعلام کرده اند که تقریبا ۱٪ از انرژی خورشید به باد تبدیل می شود.

بشر روزانه ۰/۱٪ از انرژی باد را به انرژی تبدیل می کند. این یعنی ما فقط ۰/۰۱٪ از انرژی خورشید استفاده می کنیم. توربین بادی وسیله ای است که انرژی باد را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. استفاده از توربین ها به صورت گروهی با توجه به افزایش ظرفیت تولید مقرون به صرفه نیز می باشد که مزرعه بادی نامیده می شود. مدلسازی مزارع باد براساس سرعت باد و مدل توربین اسنجام می گردد. مدل سرعت باد از طرق مختلف از جمله استفاده از اطلاعات گذشته سری های زمان استفاده از ضریب توزیع یا مدل رایلی [8] بدست می آید. جهت مدل توربین بادی توان خروجی حائز اهمیت می باشد که متناسب با سرعت باد خواهد بود و رابطه غیرخطی بین آنها حاکم می باشد.



شکل (۴): منحنی مشخصه توان برحسب سرعت توربین بادی

رابطه ریاضی توان توربین بر حسب سرعت از رابطه زیر بدست می آید.

$$pw = \begin{cases} 0 & x < V_{cim} \\ P_r(A + Bx + Cx^2) & V_{cin} \le x < V_r \\ P_r & V_r \le x < V_{co} \\ 0 & x \ge V_{c0} \end{cases} \quad (1)$$

رابطه (1) توان خروجی توربین را نشان می دهد.ضرایب c،b،a براساس پارامتر های توربین تعیین می شود.

۴-تابع هدف

جهت بدست آوردن تابع هدف می‌بایست پارامترهای سیستم که قصد بهینه‌کردن آنهاراداریم انتخاب نماییم. دراین پژوهش کمینه‌سازی هزینه‌ها،افزایش پایداری ولتاژو پروفیل ولتاژ مدنظرمی‌باشد.

۴-۱-هزینه تولید

رابطه (2) بیان کننده هزینه تولید می‌باشد.

$$Cost\ P_G = ap^2 + bp + c \quad (2)$$

در روابط فوق a و b و c براساس نوع واحد تولیدی و مشخصات آن تعیین می شود.

هزینه کلی به صورت جمع هزینه های هر واحد در رابطه (3) بیان می گردد.

$$Cost\ P_G(Total) = \sum_{i=1}^{N} Cos\ P_G(i) \quad (3)$$

۴-۲-هزینه تلفات

هزینه تلفات بدین صورت محاسبه می گردد که هزینه ۱ MW تلفات محاسبه می گردد و با ضرب مقدار مذکور در مقدار تلفات برحسب مگاوات هزینه تلفات به‌دست می آید.

$$Cost\ loss^{(total)} = Cost\ \ loss^{(1mw)} . P_{Loss} \quad (4)$$

۴-۳-هزینه آلودگی

گرمای جهانی و تولید CO_2 یک چالش پیش روی بشر امروزی است. سعی در کاهش آلودگی زیست محیطی و جذب CO_2 از اهمیت فراوان برخوردار است.

$$F_{Co2}(\text{حرارتی}) = \xi\ P_G \Delta t\ \partial\ K_{Co2} C_p \quad (5)$$

رابطه (5) که به عنوان جریمه آلودگی هوا مطرح می شود جریمه ایست که واحد های تولیدی براساس میزان تولید CO_2 و آلودگی هوا در بازه Δt متقبل می شوند.در رابطه فوق P_G نشان دهنده خروجی کل تولید واحدها در بازه زمانی Δt است. ξ مربوط به مولفه کربن استاندارد است.K_{Co2} بازدهی اکسیژناسیون CO_2 و C_P ضریب جریمه مربوط به پخش کربن است.

$$Cost_{CO2}^{(total)} = \sum_{i=1}^{M} F_{CO2}^{(i)} \quad (6)$$

جمع کل هزینه آلودگی واحدها براساس رابطه (6) می باشد.

۴-۴-هزینه کل سیستم

کل هزینه سیستم براساس رابطه (7) بدست می‌آید که برای قراردادن در تابع نهایی بایستی حتما پریونیت شود.

$$\cos tT = \cos tPG + \cos tLoss + \cos tCo_2 \quad (7)$$

۴-۵-پایداری ولتاژ

به منظور بررسی پایداری ولتاژ در تابع هدف از پارامتر lambda استفاده می شود. پایداری ولتاژ عبارت است از آستانه فروپاشی ولتاژ. برای به‌دست‌آوردن پایداری ولتاژ توان مصرفی شبکه را با ضرایب معلومی افزایش داده تا به آستانه فروپاشی برسد. نقطه به‌دست آمده تعیین‌کننده مرز فروپاشی ولتاژ سیستم است.

۴-۶-پروفیل ولتاژ باسها

برای محاسبه این پارامتر، ولتاژ هر باس به صورت پریونیت شده محاسبه می شود و با مقدار نامی خود مقایسه می گردد. قدر مطلق این

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018

مقدار در تمامی باس ها محاسبه می شود و با جمع تمامی مقادیر پارامتر IVD بدست می آید[9].

$$IVD = \sum_{i=1}^{N} |1 - V_i| \qquad (8)$$

۴-۷-تابع برازش

براساس اهداف مورد نظر تابع برازش را تشکیل می دهیم.

$$Fitness\ Fonction = a_1.Cost\ P_G^{(Total)} + a_2.Cost\ Loss^{(total)} + a_3.\ Cost_{Co2}^{(Total)} + a_4.\varphi\ \frac{1}{Lambda} + a_5.IVD \qquad (9)$$

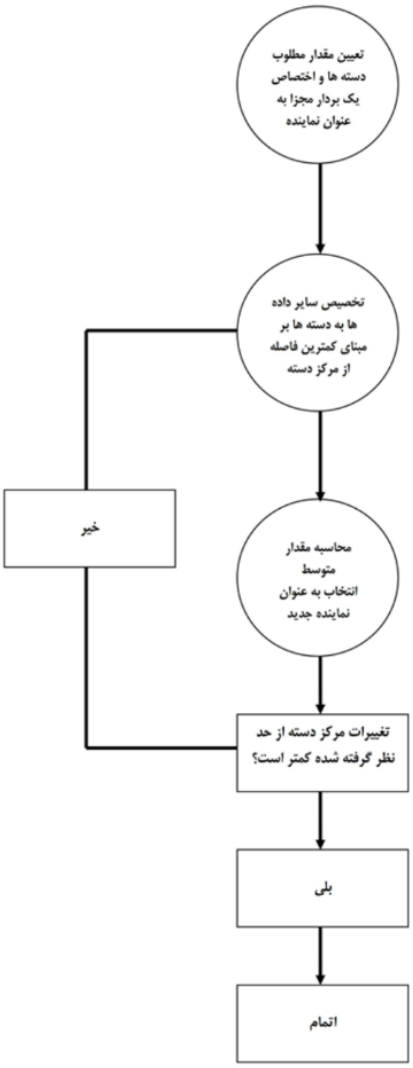
ضرایب وزنی a_1 ، a_2 ، a_3 ، a_4 و a_5 به ازای هر یک از اهداف مشخص شده اند. هدف ما کمینه سازی تابع برازش می باشد. با کمینه سازی تابع برازش هزینه ها و پروفیل ولتاژ کمینه می شود که مطلوب ماست اما در مورد پایداری ولتاژ چون حداکثر سازی آن مورد نظر است لذا در تابع برازش معکوس پایداری ولتاژ لحاظ می گردد که کمینه سازی $\frac{1}{Lambda}$ باعث افزایش خود lambda که همان پایداری ولتاژ است، شود.

۵- الگوریتم دسته بندی K-means

داده‌های ما در این پژوهش، تغییرات باد و باد در تمامی ساعات در طول یک‌سال می‌باشد که ۸۷۶۰ داده می‌باشد. (۳۶۵*۲۴=۸۷۶۰) این تعداد داده بر حجم محاسبات می‌افزاید. به‌جهت کاهش حجم داده‌ها در الگوریتم دسته‌بندی K-means استفاده‌می‌کنیم. طریقه بسته‌بندی توسط الگوریتم بدین‌صورت است که در ابتدا K بردار را به‌عنوان نماینده انتخاب می‌نماییم سپس سایر داده‌ها به مبنای کمترین فاصله از مراکز دسته‌ها دسته‌بندی می‌شوند. اکنون مقدار متوسط محاسبه می‌شود و به‌عنوان نماینده جدید انتخاب می‌گردد. درصورتی‌که تغییرات مرکز دسته از حد درنظرگرفته‌شده کمتر باشد دسته‌بندی به انجام رسیده، درغیراین صورت مجدداً داده‌ها براساس کمترین فاصله دسته‌بندی می‌شوند[10] . در شکل (۵)، چارت عملکرد دسته‌بندی k-means آورده شده است.

۶-داده های سیستم

داده های سیستم که براساس آن برآوردها انجام می پذیرد شامل تغییرات باد و باد می باشد که هر دو ماهیت اتفاقی و تصادفی دارند در این پژوهش براساس الگوی سالیان گذشته در یک رژیم قابل اتکا در مورد بار مصرفی و سرعت باد دست یافته ایم که در جداول (۱) و (۲) و (۳) و شکل (۶) قابل مشاهده است.



شکل (۵): چارت عملکرد دسته بندی k-means

۶-۱-داده های دسته بندی توسط الگوریتم

همانگونه که ذکر شد ۸۷۶۰ داده در اختیار داریم که به کمک الگوریتم K-means قصد دسته بندی آنها را داریم. پس از استفاده از الگوریتم ۸۷۶۰ داده در ۵ دسته با مراکز دسته مشخص شده تقسیم بندی می شدند. لازم به ذکر است فرض بر این اساس است که دسته های مشخص شده توسط الگوریتم K-means نماینده خوبی برای سایر داده ها بوده و بیانگر رفتار همگی داده هاست.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018

جدول (۱): درصد پیک‌بار هر هفته از سال نسبت به پیک بار سالانه

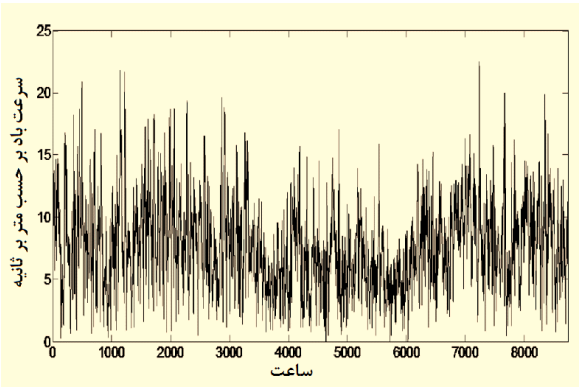
بار پیک	هفته	بار پیک	هفته
۷۵,۵	۲۷	۸۶/۲	۱
۸۱/۶	۲۸	۹۰/۰	۲
۸۰/۱	۲۹	۸۷/۸	۳
۸۸/۰	۳۰	۸۳/۴	۴
۸۲/۲	۳۱	۸۸/۰	۵
۷۷/۶	۳۲	۸۴/۰	۶
۸۰/۰	۳۳	۸۳/۲	۷
۷۲/۹	۳۴	۸۰/۶	۸
۷۲/۶	۳۵	۷۴/۰	۹
۷۰/۵	۳۶	۷۳/۷	۱۰
۷۸/۰	۳۷	۷۱/۵	۱۱
۶۹/۷	۳۸	۷۲/۷	۱۲
۷۲/۴	۳۹	۷۰/۴	۱۳
۷۲/۴	۴۰	۷۵/۰	۱۴
۷۴/۳	۴۱	۷۲/۱	۱۵
۷۴/۴	۴۲	۸۰/۰	۱۶
۸۰/۰	۴۳	۸۵/۴	۱۷
۸۸/۱	۴۴	۸۳/۷	۱۸
۸۸/۵	۴۵	۸۷/۰	۱۹
۸۰/۹	۴۶	۸۸/۰	۲۰
۹۴/۰	۴۷	۸۵/۶	۲۱
۸۹/۰	۴۸	۸۱/۱	۲۲
۹۴/۲	۴۹	۹۰/۰	۲۳
۹۷/۰	۵۰	۸۸/۷	۲۴
۱۰۰/۰	۵۱	۸۹/۶	۲۵
۸۵/۲	۵۲	۸۶/۱	۲۶

جدول (۲): درصد پیک بار روزانه نسبت به پیک بار هفته‌ای

بار پیک	روز هفته
۷۷	شنبه
۷۵	یکشنبه
۹۲	دوشنبه
۱۰۰	سه‌شنبه
۹۸	چهارشنبه
۹۶	پنج‌شنبه
۹۴	جمعه

جدول (۳): درصد پیک بار ساعتی نسبت به پیک بار روزانه

بهار/ پاییز		تابستان		هفته‌های زمستان		ساعت
روز تعطیل	روز عادی	روز تعطیل	روز عادی	روز تعطیل	روز عادی	
۷۵	۶۳	۷۴	۶۴	۷۸	۶۷	۱-۱۲ am
۷۳	۶۲	۷۰	۶۰	۷۲	۶۳	۱ – ۲
۶۹	۶۰	۶۶	۵۸	۶۸	۶۰	۲ – ۳
۶۶	۵۶	۶۵	۵۶	۶۶	۵۳	۳ – ۴
۶۵	۵۹	۶۴	۵۶	۶۴	۵۳	۴ – ۵
۶۵	۶۵	۶۲	۵۸	۶۵	۶۰	۵ – ۶
۶۸	۷۲	۶۲	۶۴	۶۶	۷۴	۶ – ۷
۷۴	۸۵	۶۶	۷۶	۷۰	۸۶	۷ – ۸
۸۳	۹۵	۸۱	۸۷	۸۰	۹۵	۸ – ۹
۸۹	۹۹	۸۶	۹۵	۸۸	۹۶	۹ – ۱۰
۹۲	۱۰۰	۹۱	۹۹	۹۰	۹۶	۱۰ – ۱۱
۹۴	۹۹	۹۳	۱۰۰	۹۱	۹۵	۱۱ Noon
۹۱	۹۳	۹۳	۹۹	۹۰	۹۵	۱Pm–Noon
۹۰	۹۲	۹۲	۱۰۰	۸۸	۹۵	۱ – ۲
۹۰	۹۰	۹۱	۱۰۰	۸۷	۹۳	۲ – ۳
۸۶	۸۸	۹۱	۹۷	۸۷	۹۴	۳ – ۴
۸۵	۹۰	۹۲	۹۶	۹۱	۹۹	۴ – ۵
۸۸	۹۲	۹۴	۹۶	۱۰۰	۱۰۰	۵ – ۶
۹۲	۹۶	۹۵	۹۳	۹۹	۱۰۰	۶ – ۷
۱۰۰	۹۸	۹۵	۹۲	۹۷	۹۶	۷ – ۸
۹۷	۹۶	۱۰۰	۹۲	۹۴	۹۱	۸ – ۹
۹۵	۹۰	۹۶	۹۳	۹۲	۸۳	۹ – ۱۰
۹۰	۸۰	۸۷	۸۷	۸۷	۷۳	۱۰ – ۱۱
۸۵	۷۰	۷۲	۸۱	۸۱	۶۳	۱۱ – ۱۲



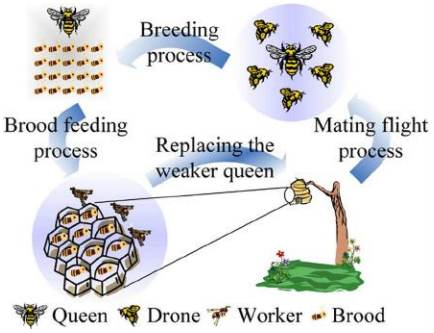
شکل (۶): رژیم سرعت باد

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018

۷-الگوریتم تکاملی جفت گیری زنبور عسل

یکی از انواع الگوریتم های تکاملی برگرفته از رفتار خاص زنبور های عسل در هنگام جفتگیری است. رقص خاص ملکه و زنبور های نر الهام بخش این الگوریتم تکاملی است. در این الگوریتم ملکه، زنبور نر، زنبور کارگر و نوزاد ها قرار دارند. ملکه جواب برتر می باشد و کارگر ها تابع کاوشی و نوزادان جواب های آزمایشی، زنبورهای کارگر وظیفه ارتقای نسل نوزادان را دارند. در صورت ترقی نوزادان (جواب آزمایشی) برتری آن نسبت به ملکه (جواب برتر) جایگزین آن خواهد شد[13][12].



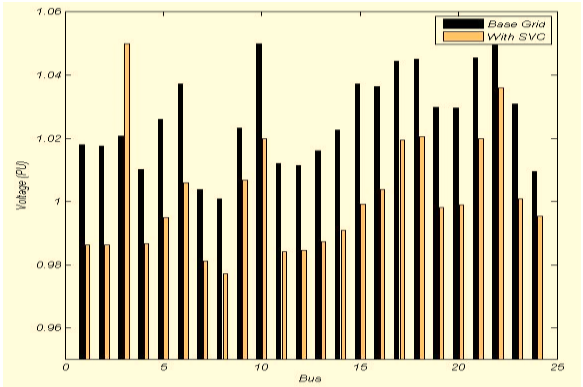
شکل (۷): مدل‌سازی جفت‌گیری زنبورعسل (HBMO)

۸-سیستم مورد بررسی

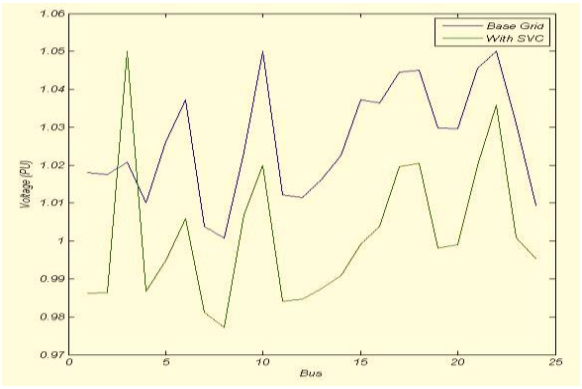
شامل ۳۸ خط انتقال ۲۴ باسه استاندارد IEEE که دارای پیک بار سالانه ۲۸۵۰ MW و حداکثر ظرفیت ۳۴۰۵ MW مورد بررسی قرار می گیرد درباس ۶۷ سیستم مذکور مزرعه بادی با ظرفیت ۲۰۰ MW که شامل ۱۰۰ توربیت بالای۲ MW نصب گردید. سرعت قطع پایین توربین ها (V_{Cin}) ۴m/s سرعت نامی (V_r) ۱۰m/s و سرعت قطع بالای توربین ها (V_{CO}) ۲۲m/s می باشد.

۸-۱-مکان یابی و مقدار یابی SVC

با قراردادن SVC در باس ۳ و تولید توان راکتیو ۱۰۰MVAR تابع بر ارزش کمینه می گردد.

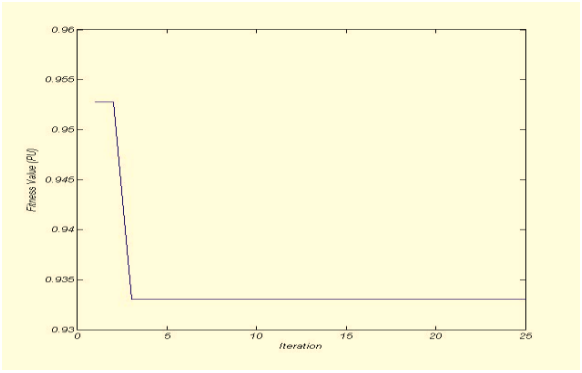


شکل (۸): نمودار میله‌ای ولتاژ باسها در شبکه تست ۲۴ باسه IEEE



شکل (۹): نمودار پیوسته ولتاژ باس‌ها در شبکه تست ۲۴ باسه IEEE

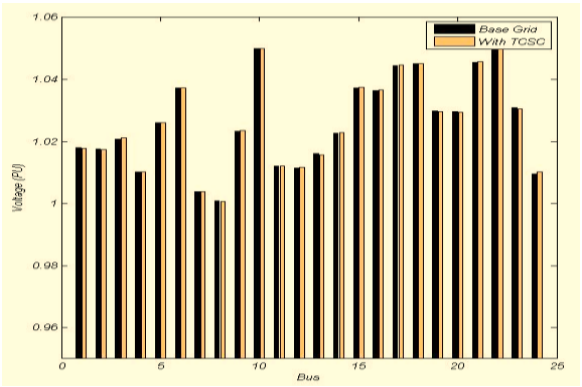
الگوریتمی تکاملی HBMO با داشتن جمعیت اولیه ۳۰ نفر، پس از ۴ تکرار به مقدار کمینه خود ۰/۹۳۳ پریونیت می رسد.



شکل (۱۰): نمودار تابع برازش برحسب تعداد تکرار

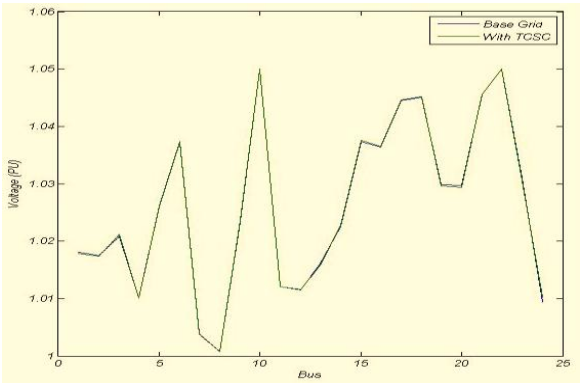
۸-۲-مکان یابی و مقدار یابی TCSC

در باس ۲۲ و توان راکتیو ۵۲/۶۳ MVAR- (توان راکتیو مصرفی) تابع سرازش کمینه می شود.



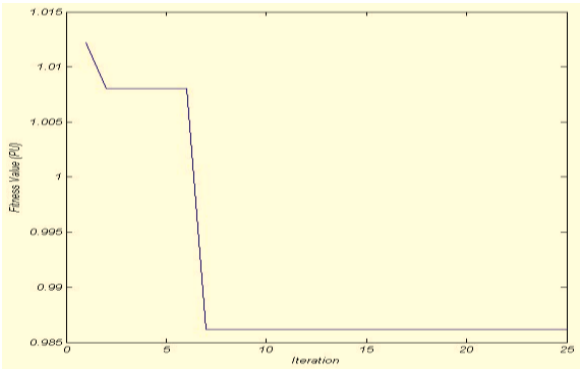
شکل (۱۱): نمودار میله‌ای ولتاژ باسها در شبکه تست ۲۴ باسه IEEE

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]



شکل (۱۲): نمودار پیوسته ولتاژ باس‌ها در شبکه تست ۲۴ باسه IEEE

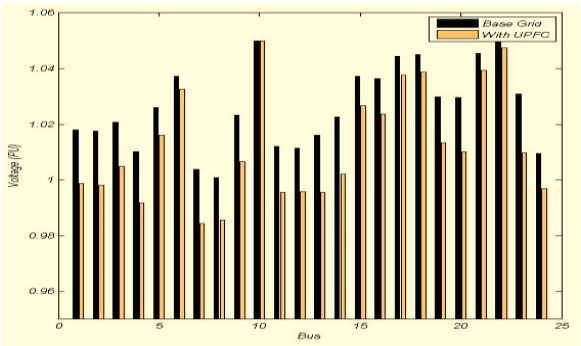
تابع سرازش پس از ۷ تکرار جمعیت ۳۰ نفر به تعداد کمینه خود ۰/۹۳۶ پریونیت افت می یابد.



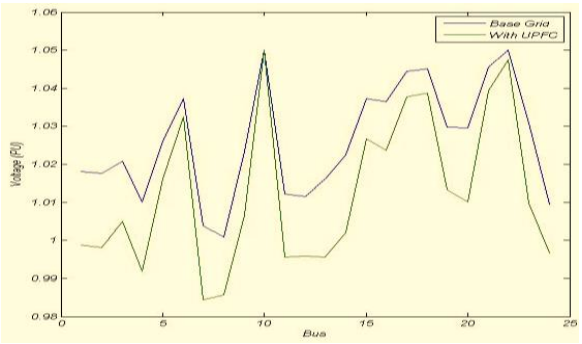
شکل (۱۳): نمودار تابع برازش برحسب تعداد تکرار

۸-۳-مکان یابی و مقدار یابی UPFC

در باس ۱۷ و توان راکتیو MVAR ۷۰- (توان راکتیو مصرفی) تابع سرازش کمینه می شود.

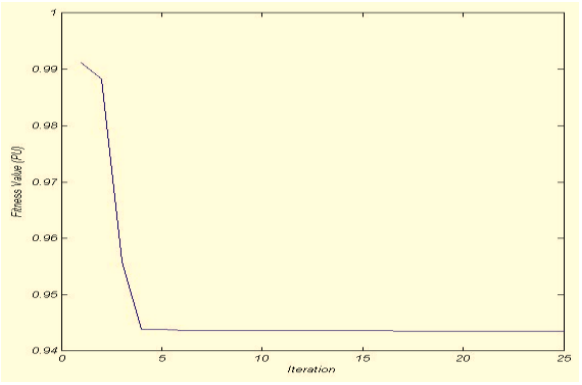


شکل (۱۴): نمودار میله‌ای ولتاژ باسها در شبکه تست ۲۴ باسه IEEE



شکل (۱۵): نمودار پیوسته ولتاژ باس‌ها در شبکه تست ۲۴ باسه IEEE

در مورد UPFC تابع سرازش پس از ۴ تکرار با جمعیت اولیه ۳۰ نفر به مقدار کمینه خود ۰/۹۴۲ پریونیت می رسد.



شکل (۱۶) :نمودار تابع برازش برحسب تعداد تکرار

۷-نتیجه گیری

در جدول (۴) کلیه مقادیر پارامتر های مورد بررسی در حالت مبنا، SVC، TSCS،UPFC آورده شده است. در مورد Lambda یا پایداری و شماره ارقام در حالت مبنا ۱/۲۶۵۵ بوده است که پس از استفاده SVC این مقدار به ۱/۴۵۳۳ رسیده در حالت TCSC، ۱/۵۷۱۲ شده در مورد UPFC ۱/۲۹۶۹ می باشد. در ارقام مذکور مستعد است که حالت TCSC نسبت به دو حالت قبل در بهبود پایداری ولتاژ عملکرد بهتری داشته است. در مورد پروفیل ولتاژ (IVD) همانگونه که در جدول (۴) مشهود است در حالت پایه ۰/۹۳۳۲ بوده که پس از استفاده از SVC این مقدار ۰/۴۵۳۲ و در زمان TCSC مقدار آن ۰/۶۳۲۵ و با حضور UPFC، ۰/۴۶۴۱ شده است. ارقام نشانگر این است جهت بهبود پارامتر پروفیل ولتاژ المان SVC و عملکرد بهتری نسبت به دو المان دیگر داشته باشد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018

لازم به ذکر است ضرایب وزنی در نظر گرفته شده در تابع برازش a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 می باشد. با توجه به اهمیت پروفیل ولتاژ و پایداری ولتاژ، ضرایب آنها مقدار بالاتری نسبت به ضرایب هزینه برخوردار است. به همین جهت در زمان استفاده از ادوات FACTS ، عملکرد بهتری و ملموس تری در بهبود این دو پارامتر قابل مشاهده است که در مورد هزینه ها این عملکرد کمتر مشهود می باشد. در مورد هزینه ها نکته دیگر که لازم به ذکر است هزینه خود ادوات FACTS است. که هزینه ای است که به مجمئعه تحمیل می گردد و قطعا دو هزینه کل تاثیر خواهد داشت. هزینه هر یک از ادوات FACTS ردیف آخر جدول ذکر شده است. در تحقیق صورت گرفته به اهداف خود در مورد پارامتر های سیستم دست پیدا کردیم. می توان پژوهش هایی را با افزایش توان مزرعه بادی در سیستم مورد بررسی یا حتی استفاده از چندین مزرعه بادی در سیستم انجام داد. همچنین استفاده از سایر ادوات FACTS همچون STATCOM نتایج جالبی را در پی خواهد داشت. حتی استفاده از چند مورد از ادوات FACTS به صورت همزمان در سیستم و بررسی نتایج قطعا کمک شایانی به بهره برداران به جهت انتخاب مدِ درست خواهد نمود.

جدول (۴) مقایسه تغییرات پارامترها در زمان اعمال ادوات مختلف FACTS با حالت پایه سیستم

Case	Cluster	Lambda	IVD	Cost_C02 1.0e+004 *	Cost_L 1.0e+003 *	Cost_T 1.0e+005 *	Cost_ Facts
Base	۱	۱/۲۴۳۷	۰/۵۴۳۱	۴/۱۹۰۵	۱/۹۹۸۸	۰/۸۴۰۶	----
	۲	۱/۳۳۸۹	۰/۶۶۵۲	۴/۹۲۹۹	۳/۵۳۷۷	۰/۹۴۰۹	----
	۳	۱/۲۸۴۹	۰/۷۳۲۲	۶/۲۰۸۴	۵/۰۱۶۸	۱/۱۱۸۴	----
	۴	۱/۱۷۵۴	۰/۴۸۶۰	۴/۱۶۵۶	۱/۶۷۶۳	۰/۸۳۴۵	----
	۵	۱/۲۸۴۳	۰/۷۳۹۵	۶/۴۰۹۸	۴/۸۲۰۷	۱/۱۴۵۸	----
	mean	۱/۲۶۵۵	۰/۹۳۳۲	۵/۱۸۰۸	۳/۴۱۰۰	۰/۹۷۶۰۶	----
SVC	۱	۱/۲۹۹۳	۰/۳۸۵۲	۴/۱۹۶۷	۲/۲۰۲۴	۰/۹۹۷۶	۱۰۱۳/۷۰۴۲
	۲	۱/۵۵۳۰	۰/۴۰۴۵	۴/۹۳۷۲	۳/۷۷۸۳	۱/۰۸۷۴	۹۹۸/۵۱۲۳
	۳	۱/۵۹۹۴	۰/۵۲۶۵	۶/۲۱۴۲	۵/۲۰۷۲	۱/۲۳۸۱	۱۰۰۱/۴۴۱۵
	۴	۱/۲۱۶۰	۰/۴۳۸۸	۴/۱۷۱۳	۱/۸۶۴۶	۰/۹۹۱۷	۹۹۱/۳۸۹۱
	۵	۱/۵۹۸۸	۰/۵۱۱۳	۶/۴۱۵۷	۵/۰۱۷۵	۱/۲۵۸۹	۹۸۹/۱۱۴۷
	mean	۱/۴۵۳۳	۰/۴۵۳۲	۵/۱۸۷۰	۶/۶۱۴۰	۱/۱۱۴۷	۹۹۸/۸۳۲۳۶
TCSC	۱	۱/۶۹۳۰	۰/۵۴۰۲	۴/۱۹۱۰	۲/۰۱۲۶	۰/۸۹۷۰	۱۷۳/۱۳۲۲
	۲	۱/۵۸۹۸	۰/۶۶۸۵	۴/۹۳۰۷	۳/۵۶۴۲	۰/۹۸۶۵	۱۸۰/۷۵۳۸
	۳	۱/۴۳۲۹	۰/۷۳۳۲	۶/۲۰۹۹	۵/۰۶۷۳	۱/۱۳۸۴	۱۹۳/۷۳۴۰
	۴	۱/۷۰۸۶	۰/۴۸۱۲	۴/۱۶۵۹	۱/۶۸۶۸	۰/۸۹۱۲	۱۷۰/۸۳۶۱
	۵	۱/۴۳۱۹	۰/۷۳۹۴	۶/۴۱۱۴	۴/۸۷۴۹	۱/۱۵۹۲	۱۹۵/۴۳۷۹
	mean	۱/۵۷۱۲	۰/۶۳۲۵	۵/۱۸۱۸	۳/۴۴۱۲	۱/۰۱۴۴	۱۸۲/۷۷۸۸
UPFC	۱	۱/۲۶۹۵	۰/۳۷۸۹	۴/۱۹۵۱	۲/۱۴۸۵	۰/۸۹۹۱	۲۱۱/۰۱۳۰
	۲	۱/۳۶۹۳	۰/۴۹۰۸	۴/۹۳۴۴	۳/۶۸۶۳	۰/۹۸۸۴	۲۰۲/۱۲۵۴
	۳	۱/۳۲۳۱	۰/۵۴۹۷	۶/۲۱۲۲	۵/۱۴۳۳	۱/۱۳۹۶	۲۱۹/۳۲۵۶
	۴	۱/۱۹۹۹	۳۴۵۲	۴/۱۷۰۰	۱/۸۲۲۵	۰/۸۹۳۴	۲۰۱/۹۶۵۸
	۵	۱/۳۲۲۶	۰/۵۵۶۰	۶/۴۱۳۶	۴/۹۴۷۹	۱/۱۶۰۴	۲۰۰/۰۵۵۶
	mean	۱/۲۹۶۹	۰/۴۶۴۱	۵/۱۸۵۱	۳/۵۴۹۷	۱/۰۱۶۲	۲۰۶/۸۹۷۰۶

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

مراجع

[1] R. Jena, S. Chirantan, S. C. Swain and P. C. Panda, "Load flow analysis and optimal allocation of SVC in nine bus power system," *2018 Technologies for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP)*, Bhubaneswar, 2018, pp. 1-5doi:10.1109/ICSESP.2018.8376741
URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8376741&isnumber=8376658.

[2] S. D. Choudante and A. A. Bhole, "A Review: Voltage Stability and Power Flow Improvement by Using UPFC Controller," *2018 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)*, Chennai, 2018, pp. 462-465.

[3] S. Dixit, G. Agnihotri, L. Srivastava and A. Singh, "An Overview of Placement of TCSC for Enhancement of Power System Stability," *2014 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks*, Bhopal, 2014, pp. 1184-1187.

[4] C. F. Sabillón and M. J. Rider, "Optimal location of FACTS devices for generation costs reduction and stability enhancement," *2014 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition - Latin America (PES T&D-LA)*, Medellin, 2014, pp. 1-6.

[5] Dahej, Abbas Esmaeili, Samiyeh Esmaeili and A. Goroohi. "Optimal Allocation of SVC and TCSC for Improving Voltage Stability and Reducing Power System Losses using Hybrid Binary Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization." (2012).

[6] K. S. Kumar, S. Balamurugan and N. Janarthanan, "Enhancement of TCSC characteristics," *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, Kannur, 2017, pp. 1369-1372.

[7] N. Zhang, J. Liu, Q. Zhou, H. Hu, C. Jing and H. An, "A review of different UPFC steady models in power flow algorithm," *2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT)*, Changsha, 2015, pp. 2420-2424.

[8] Y. M. Kantar, I. Usta, I. Arik and I. Yenilmez, "Distributions of wind speed at different heights," *2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, Agadir, 2016, pp. 1-6.

[9] G. Lakith, N. Kumar, M. V. Likith Kumar and S. K. Bilgundi, "Multiple Distributed Generator and Capacitor Placement in Distribution Network for Voltage Profile Improvement and Network Loss Reduction," *2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (CTCEEC)*, Mysore, 2017, pp. 584-588.

[10] S. Banerjee, A. Choudhary and S. Pal, "Empirical evaluation of K-Means, Bisecting K-Means, Fuzzy C-Means and Genetic K-Means clustering algorithms," *2015 IEEE International WIE Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)*, Dhaka, 2015, pp. 168-172.

[11] H. Shi and M. Xu, "A Data Classification Method Using Genetic Algorithm and K-Means Algorithm with Optimizing Initial Cluster Center," *2018 IEEE International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET)*, Beijing, 2018, pp. 224-228.

[12] C. C. Liu, S. W. Chu, Y. K. Chan and S. S. Yu, "A Modified K-Means Algorithm - Two-Layer K-Means Algorithm," *2014 Tenth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Kitakyushu, 2014, pp. 447-450.

[13] A. Y. Abdelaziz, W. Elkhattam, M. Ezzat and M. A. Sobhy, "Fault section estimation in power systems Based on improved honey-bee mating optimization," *2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, Cairo, 2016, pp. 246-252.

[14] R. Durgadevi, B. Hemalatha and K. V. K. Kaliappan, "Detection of Mammograms Using Honey Bees Mating Optimization Algorithm (M-HBMO)," *2014 World Congress on Computing and Communication Technologies*, Trichirappalli, 2014, pp. 50-53.

[15] R. Arora, V. Kumar Tayal and H. P. Singh, "Series FACTS controllers for power oscillations damping of power system," *2017 Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE)*, Noida, 2017, pp. 245-250.

[16] Z. Dar, K. Kar and J. H. Chow, "Store or sell? A threshold price policy for revenue maximization in windfarms with on-site storage," *2016 Annual Conference on Information Science and Systems (CISS)*, Princeton, NJ, 2016, pp. 139-144.

[17] Nabaei, A., Hamian, M., Parsaei, M.R. et al. "Topologies and performance of intelligent algorithms: a comprehensive review." Artif Intell Rev (2018) 49: 79.

رزومه



امیر باقران شعرباف در سال ۱۳۶۵ در مشهد متولد شده است. تحصیلات دانشگاهی خود، در مقطع لیسانس را در مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند (۱۳۹۰) و مقطع کارشناسی ارشد را در گرایش برق- قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور (۱۳۹۸) اخذ نمود. زمینه های پژوهشی و مورد علاقه ایشان پایداری و قابلیت اطمینان سیستم های قدرت، انرژی های تجدید پذیر، ادوات FACTS و سیستم های توزیع می باشد.



علی اصغر شجاعی تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت در دانشگاه آزاد اسلامی (۱۳۸۵)، کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت در دانشگاه صنعتی مالزی (۱۳۸۷) دکتری مهندسی برق-قدرت دردانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی مالزی (۱۳۹۲) سپری کرده است.همچنین ایشان از سال ۱۳۸۸ به مدت چهار سال به عنوان محقق در مرکز پژوهشی هوش مصنوعی و رباتیک دانشگاه صنعتی مالزی مشغول به فعالیت بودند. ایشان از سال ۱۳۹۴ تاکنون استادیار گروه مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور میباشد. فعالیتهای پژوهشی مورد

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

علاقه ایشان پایداری و قابلیت اطمینان سیستمهای قدرت و کنترل کننده های مبتنی بر شبکه های عصبی می باشد.



مهدی عاملی متولد سال ۱۳۴۸ در مشهد میباشد.وی **مقطع** کارشناسی مهندسی برق – الکترونیک را در دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۷۱) و مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته برق- کنترل را در دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۷۵) اخذ نمود. وی از سال ۱۳۷۴ عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار بوده است. کتاب میکروکنترلرهای AVR، آشنایی با مقدمات ریزپردازنده ها و معماری آنها از جمله تالیفات ایشان است.زمینه پژوهش های مورد علاقه ایشان ادوات FACTS ، میکروکنترلرهای AVR می باشد.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]

Finding Position of FACTS Elements in Power System Containing the Wind Farm to Improve System Parameters

Amir Bagheran Sharbaf [1,*], Ali Asghar Shojaei[2] , Mehdi Ameli[3]

*1- Department of Electrical Engineering, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran, amir.bagheran@yahoo.com

2- Department of Electrical Engineering, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran, shojaei2012@gmail.com

3- Department of Electrical Engineering, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran, mehdi_amelli@iaus.ac.ir

Abstract: The main concerns of network operators is the improvement of system parameters, and various ways have been developed to achieve this goal. If the use of renewable energy including wind in the grid is used, the sustainability debate and the status of the power system parameters will be twofold. In the upcoming research, we will examine the status of the parameters by placing the Facts on the 24-Bass power system, including the wind farm. The research data, which includes wind data and load consumption over a year, is categorized using the K-means classification algorithm and we construct the target function based on the parameters we intend to optimize. The function is optimized using the HBMO Molecular Evolutionary Algorithm (HBMO), and it obtains the location and the appropriate amount of Facts, which results indicate that the parameters are optimized when using FACTS.

Keywords: FACTS controller, system's parameters, K-Means algorithm, HBMO algorithm.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1396.6.2.1.0]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-14]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 6-No. 2- Autumn 2017 & Winter 2018