

## تاثیر تلفات خطوط انتقال بر هزینه های بهره بردای شبکه قدرت با در نظر گرفتن توزیع بهینه توان در حضور تولید پراکنده با استفاده از الگوریتم مورچگان

حمیدرضا مرادی<sup>۱</sup>، حیدر چمن دوست<sup>۲</sup>، کورش شهبازی<sup>۳</sup>، شاپور دارابی<sup>۴</sup>، وهاب اله مرادی<sup>۵</sup>

۱. کارشناس بهره برداری، شرکت برق منطقه ای غرب.

۲. دانشجوی دکتری مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند.

۳. رئیس اداره نظارت بر تعمیرات و رلیاژ، شرکت برق منطقه ای غرب.

۴. اداره بهره برداری ناحیه ۲ کرمانشاه، شرکت برق منطقه ای غرب.

۵. کارشناس ارشد مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج.

### چکیده

با افزایش روند رو به رشد استفاده از واحدهای تولید پراکنده، لازم است تلفات خطوط انتقال بر هزینه های بهره برداری شبکه قدرت کاهش یافته از آنجا که تلفات در سیستم های قدرت به دلیل وجود متغیر های پیوسته و قیود ناپیوسته یک مسئله پیچیده است. در این مقاله تاثیر تلفات خطوط انتقال با الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) که یکی از جدیدترین الگوریتم های جستجو تصادفی است برای حل مسئله توزیع بهینه توان در حضور مولدهای تولید پراکنده. در این مقاله واحدهای تولید پراکنده قابلیت تزریق توان اکتیو و راکتیو به شبکه هستند. الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه (ACO) یک تکنیک احتمالی برای حل مسائل محاسباتی است که می تواند به پیدا کردن مسیر خوب از طریق نمودار کاهش می یابد. در ابتدا به مروری بر کارهای گذشته پرداخته ایم سپس با تعریف تابع هدف و قیود مسئله به مدل سازی شبکه قدرت با توابع غیرخطی هزینه تولید و تلفات شبکه با استفاده از روش بهینه سازی پرداخته شده است که از یک شبکه ۱۴ باسه برای انجام مدل سازی و با نرم افزار MATLAB استفاده گردیده است.

واژه های کلیدی: تلفات خطوط انتقال، مولد تولید پراکنده، هزینه های بهره بردای شبکه قدرت، الگوریتم بهینه سازی مورچگان

## ۱- مقدمه

امروزه با حرکت سیستم های قدرت از ساختار سنتی به سمت ساختار رقابتی، انتظار می رود منابع تولیدات پراکنده در آینده نقش مهم و اساسی در این صنعت ایفا کنند. استفاده از واحدهای تولیدی کوچک همچون توربین های گازی، بادی، پیل های سوختی و ... در قالب منابع تولید پراکنده (DG)، در طی چند دهه اخیر، به خاطر بالا بردن بازده بهره برداری و تشویق سرمایه گذاران، صنعت برق دستخوش تغییرات اساسی از لحاظ مدیریت و مالکیت گردیده است به طوری که برای ایجاد فضای رقابتی مناسب، بخشهای مختلف آن از جمله تولید، انتقال و توزیع از هم مستقل گردیده اند. این تغییر و تحولات از یک طرف و عواملی همچون آلودگی محیط زیست، مشکلات احداث خطوط انتقال جدید و پیشرفت فناوری در زمینه اقتصادی نمودن ساخت واحدهای تولیدی در مقیاس کوچک در مقایسه با واحدهای تولیدی بزرگ از طرف دیگر، باعث افزایش استفاده از واحدهای تولیدی کوچک تحت عنوان تولیدات پراکنده، گردیده است. تحقیقات انجام شده توسط مراکز تحقیقاتی همچون بیانگر استفاده بیش از 25 درصد انرژی الکتریکی EPRI تولیدی توسط تولیدات پراکنده تا سال 2010 می باشد (لیکاردو و همکاران، ۲۰۰۹، کمپبل و همکاران ۲۰۰۵).

هدف از توزیع بهینه بار تخصیص تقاضا بین واحدهای مشارکت کننده واز قبل تعیین شده با شرط حداقل نمودن تلفات توان می باشد. توزیع توان بر امنیت و عملکرد اقتصادی سیستم قدرت بسیار موثر است. اگر چه تولید توان در مرحله بهره برداری به خودی خود هزینه ای ندارد اما از طریق تاثیر بر تلفات سیستم بر هزینه کل اثر می گذارد. توزیع بهینه توان یک زیر مسئله از پخش بار بهینه است و عمدتاً از طریق کنترل مناسب منابع توان راکتیو انجام می گیرد. پارامترهای متغیرهای کنترل یا تصمیم که باید تنظیم شوند عبارتند از: توان راکتیو خروجی ژنراتورها و تپ چنجر ترانسفورماتورهای قابل تغییر در زیر بار و اندازه خازن های موازی نصب شده اند. (لی و دیگران، ۱۹۸۵)

که برای بعضی ملاحظات امنیتی و محدودیت های فیزیکی تجهیزات عباراتی به آن افزوده می شود در این مسئله توان راکتیو خروجی ژنراتورها متغیرهای پیوسته و تپ ترانسفورماتورها اندازه خازن های موازی متغیرهای گسسته هستند؛ بنابراین مسئله مذکور یک مسئله بهینه سازی غیرخطی با ترکیبی از متغیرهای پیوسته و گسسته است. تاکنون راه حل های زیادی از روش های سنتی مانند بهینه سازی متکی بر گرادیان تا روش های پیشرفته برنامه ریزی ریاضی برای حل این مسئله پیشنهاد شده است. اخیراً انواع الگوریتم های مبتنی بر روش نقطه داخلی که نسبت به روش های گذشته از همگرایی مناسب و توانایی مدیریت قوی در برخورد با قیود نامساوی برخوردار هستند مانند برنامه ریزی خطی داخلی و برنامه ریزی غیر خطی که به صورت گسترده ای برای حل این مسئله بکار رفته است (هنگ و دیگران، ۲۰۰۲).

با این حال این روش ها در مدیریت توابع غیرخطی و ناپیوسته دارای تعداد زیادی کمینه های محلی و شامل متغیرهای گسسته با قیود جدی روبرو می شوند که مسئله توزیع بهینه توان نیز چنین خصوصیتی دارد. در سال های اخیر روش های جستجوی تصادفی برای حل کلی مسائل بهینه سازی ارائه شده است. از جمله مشهورترین این روش ها می توانیم الگوریتم ژنتیک و PSO را نام برد. یکی از روشهای تکاملی که اخیراً مورد توجه محققان قرار گرفته است پیاده سازی نحوه یافتن کوتاهترین مسیر توسط مورچه ها می باشد. استفاده از روش مورچگان، اولین بار توسط دوریگو و همکارانش برای حل مسایل بهینه سازی پیچیده از جمله فروشنده دوره گرد و QAP پیشنهاد شد. الگوریتم مورچگان تاکنون در حل برخی مسایل بهینه سازی از جمله SMTP, QAP, JSP، پخش بار اقتصادی، برنامه ریزی تولیدات برق آبی، ترتیب ورود و خروج ژنراتورها، کنترل ولتاژ و توان راکتیو در شبکه های توزیع با در نظر گرفتن اثر تولیدات پراکنده و قیمت گذاری توان راکتیو در شبکه های تجدید ساختار شده مورد استفاده قرار گرفته است (هو و همکاران، ۲۰۰۴، نیکنام، ۲۰۰۴، دوریگو و همکاران، ۱۹۹۹).

در این مقاله روش جدیدی مبتنی بر الگوریتم مورچگان که بتوان به کمک آن مسایل بهینه سازی شامل متغیرهای پیوسته و گسسته از جمله مسئله بهینه سازی توان را حل نمود، ارائه می گردد. در ادامه تاثیر تلفات در خطوط انتقال با در نظر گرفتن اثر تولیدات پراکنده و هزینه های بهره برداری انرژی الکتریکی برای انواع مختلف تولیدات پراکنده ارائه می گردد و سپس مکانیزم

الگوریتم مورچگان و به کارگیری آن برای حل مسایل بهینه سازی هزینه های تولید توان و روش حل آورده می شود و در انتها نتایج عددی و شبیه سازی بر روی شبکه ۱۴ باس صورت می پذیرد.

## ۲. تعریف مسئله

یکی از اهداف مهم پخش بهینه توان کاهش تلفات توان حقیقی در شبکه انتقال است (گرانویل، ۱۹۸۶)؛ که در این پروژه با کاهش توان حقیقی می توان هزینه های توان تولیدی و همچنین هزینه های انتقال و در نهایت هزینه مصرف کننده ها را کاهش داد (مُوح و دیگران، ۱۹۸۶). در واقع تابع هدف کاهش کل هزینه ها را در نظر دارد.

## ۱-۲. معادلات ریاضی

$$f^{obj} = \min \left( c^0 + \sum_{k=1}^k c^k \right) \quad (1)$$

$$c^0 = \sum_{i=1}^{NG} (U_i^0 f(P_{Gi}^0) + SUC_i) + TC^0(FLW_{m-n}^0) - \sum_{j=1}^{NLoad} B(P_{Loadj}) \quad (2)$$

$$C^k = \sum_{i=1}^{NG} (U_i^k F(P_{Gi}^k) + SUC_i) + TC^k(FLW_{m-n}^k) - \sum_{j=1}^{NLoad} (B(P_{Loadj}^k) - D(P_{Loadj}^k \cdot P_{Loadj}^0)) \quad (3)$$

K تعدادی از اعداد پیش رو که احتمال دارد یکی از آنها باشد،  $c^0$  هزینه اولیه بهره برداری را نشان می دهد،  $U_i^0$  واحد های که روشن و خاموش هستند، NG تعداد ژنراتورهای،  $F(P_{Gi}^0)$  تابع هزینه وابسته به تولید،  $P_{Gi}^0$  توان اکتیو تولیدی از ژنراتورها،  $SUC$  هزینه روشن شدن ژنراتورها، NLoad تعداد بار به ازای هر باس؛  $TC$  هزینه خطوط انتقال،  $B(P_{Loadj})$  منحنی مصرف کننده ها در زمان مشخص؛  $P_{Loadj}$  توان اکتیو مصرفی،  $C^k$  هزینه های کلی و  $D$  هزینه های قطع می باشد. که هزینه خطوط انتقال برا؛ کهست با:

$$TC = \sum_{m=1}^M c_m(MW_{gi,m})L_mMW_{gi,m} \quad (4)$$

M تعداد خطوط،  $c_m$  هزینه طول خط به ازای هر مگا وات؛  $L_m$  طول خط بر حسب مایل،  $MW_{gi,m}$  جریان در هر خط می باشد.

## ۲-۲. قیود مسئله

کمینه سازی تابع با قیود زیر انجام می گیرد:

$$0 = \sum_{i=1}^{NG} P_{Gi}^0 - \sum_{j=1}^{Nload} (P_{Loadj}^0) - P_{Loss}^0 \quad (5)$$

$$0 = \sum_{i=1}^{NG} Q_{Gi}^0 - \sum_{j=1}^{Nload} (Q_{Loadj}^0) - Q_{Loss}^0 \quad (6)$$

$$0 = \sum_{i=1}^{NG} P_{Gi}^k - \sum_{j=1}^{Nload} (P_{Loadj}^k) - P_{Loss}^0 \quad (7)$$

$$0 = \sum_{i=1}^{NG} Q_{Gi}^k - \sum_{j=1}^{Nload} (Q_{Loadj}^k) - Q_{Loss}^0 \quad (8)$$

$$P_{Gi-min} \leq P_{Gi}^0 \leq P_{Gi-max} \quad (9)$$

$$P_{Gi-min} \leq P_{Gi}^k \leq P_{Gi-max} \quad (10)$$

پارامترهای  $P_{Loss}$  و  $Q_{Loss}$  به ترتیب توان اکتیو و راکتیو تلف شده را نشان می دهد.

### ۳-۲. برآورد هزینه تولید انرژی الکتریکی منابع تولیدات پراکنده

به طور کلی هزینه کل هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی توسط هر یک از منابع تولید پراکنده تابعی از هزینه های مربوط به سرمایه گذاری شامل خرید تجهیزات، نصب و راه اندازی، هزینه بهره برداری و تعمیرات و هزینه سوخت می باشد. جدول شماره (۱) مشخصات اقتصادی برخی از تولیدات پراکنده را نشان می دهد (داگلاس، ۲۰۰۳).

جدول شماره ۱. مشخصات اقتصادی تولیدات پراکنده

طول عمر (سال)	هزینه بهره برداری و تعمیرات \$/kwh	هزینه سوخت \$/kwh	هزینه سرمایه گذاری \$/kw	ظرفیت (kw)	نوع DG
۱۳	۰.۰۱۵	۰.۰۷۵	۱۴۸۵	۱۰۰	میکروتوربین
۱۳	۰.۰۱۸	۰.۰۶۷	۱۰۳۰	۱۰۰	موتور احتراق
۱۳	۰.۰۱	۰.۰۲۹	۳۶۵۸	۱۰۰	پیل سوختی
۲۰	۰.۰۰۵	۰	۶۶۷۵	۱۰۰	فتوولتائیک
۲۰	۰.۰۰۵	۰	۳۸۶۶	۱۰۰۰	بادی

براساس جدول فوق تابع هزینه تولید انرژی الکتریکی توسط تولیدات پراکنده برحسب قیمت بر ساعت می تواند به صورت زیر تعریف شود:

$$C(P) = a + b * P \quad (11)$$

ضرایب a, b در رابطه فوق بصورت زیر محاسبه می شوند:

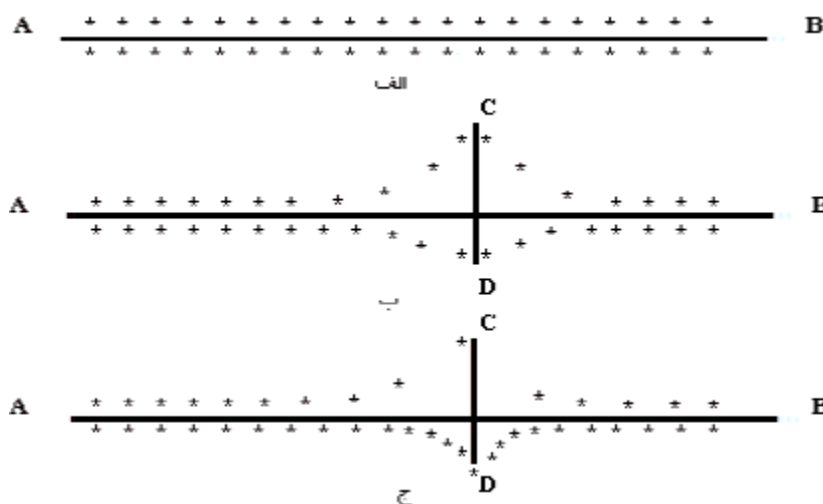
$$a = \frac{\text{CapitalCost} * \text{Capacity} * \text{Gr}}{\text{life Time} * 365 * 24 * \text{LF}} \quad (۱۲)$$

$$b = \text{O\&M Cost} (\$/\text{kwh}) + \text{FuleCost} (\$/\text{kwh})$$

که در رابطه فوق GR نرخ بهره سالیانه و LF ضریب بارگیری و O&M Cost هزینه تعمیرات و نگهداری می باشند. همچنین ظرفیت ها براساس کیلو وات ساعت و طول عمر براساس سال می باشد.

### ۳. الگوریتم بهینه سازی مورچگان (ACO) Ant colony optimization

مورچه ها، حشراتی هستند که به طور گروهی و دسته جمعی زندگی می کنند و از آنجایی که این حشرات دارای قدرت بینایی نیستند، مسیر لانه تا منبع غذا را براساس ترشح ماده شیمیایی به نام Pheromone پیدا می کنند. به عبارت دیگر، مورچه ها، براساس مقدار و غلظت این ماده شیمیایی کوتاهترین مسیر را پیدا می کنند. برای فهم بهتر، فرض کنید را در شکل شماره ۱ مورچه ها می خواهند مسیر A تا B را برای دستیابی به غذا طی کنند. در ابتدا اگر هیچ مانعی وجود نداشته باشد، تمام مورچه ها، مسیر مستقیم را انتخاب می کنند شکل شماره ۱ (الف)، ولی اگر مانعی بر سر راه مورچه ها وجود داشته باشد شکل شماره ۲ (ب) صورت می گیرد.



شکل شماره ۱. مثال ساده برای نحوه پیدا کردن کوتاهترین مسیر توسط مورچه ها

در ابتدا گروهی از مورچه ها، به طور تصادفی، مسیر ADB و گروه دیگری ACB را انتخاب می کنند، ولی از آنجایی که مسیر ADB نسبت به مسیر ACB کوتاهتر است، مورچه ها برای رسیدن به غذا، زمان کمتری را طی می کنند. بنابراین در زمان مشخص، مقدار ماده شیمیایی ترشح شده در مسیر ADB بیشتر و در نتیجه مورچه ها به سمت مسیر ADB سوق داده می شوند شکل شماره ۱ (ج).

از مطالب فوق می توان نتیجه گرفت که ترشح ماده شیمیایی و غلظت آن، از عوامل مهم پیدا کردن کوتاهترین مسیر توسط مورچه ها می باشد. به عبارتی مورچه ها براساس اینکه غلظت ماده شیمیایی در کدام مسیر بیشتر است به شدت ترافیک مورچه ها در آن مسیر پی برده و خود نیز به آن مسیر هدایت می شوند. از آنجایی که نمی توان به طور دقیق رفتار مورچه ها

را شبیه سازی نمود، بنابراین انتخاب مسیر بعدی توسط مورچه ها به کمک دو فاکتور زیر که مبنای بیشتر مطالعات انجام گرفته در این زمینه است، انجام می گردد:

- شدت ماده شیمیایی ترش حشه
- طول فاصله

با توجه به دو فاکتور مهم فوق، می توان احتمال انتخاب مسیر بعدی توسط مورچه ها را به صورت زیر شبیه سازی یا پیاده سازی نمود.

$$P_{ij} = (\tau_{ij})^{\gamma_1} (1/L_{ij})^{\gamma_2} / \sum (\tau_{ij})^{\gamma_1} (1/L_{ij})^{\gamma_2} \quad (13)$$

در رابطه فوق  $\tau_{ij}$  ماده شیمیایی ترشح شده و  $L_{ij}$  فاصله بین دو نقطه  $i$  و  $j$  می باشد. همچنین  $\gamma_1, \gamma_2$  پارامترهای کنترلی هستند که نسبت وزنی ماده شیمیایی و عکس طول فاصله را تعیین می کنند. بعد از انتخاب مسیر بعدی توسط مورچه ها، می بایست شدت ماده شیمیایی ترشح شده در آن مسیر به صورت رابطه زیر بیان کرد:

$$\tau_{ij}(k+1) = \rho \tau_{ij}(k) + \Delta \tau_{ij} \quad (14)$$

که  $\rho$  نشان دهنده درصد باقیمانده ماده شیمیایی، بعد از تبخیر ماده شیمیایی  $1 - \rho$  بیانگر شدت تبخیر ماده شیمیایی است.

### ۳-۱. به کارگیری تئوری مورچگان برای حل مسایل بهینه سازی

در این قسمت روند پیاده سازی الگوریتم مورچگان برای حل مسایل بهینه سازی ارائه می گردد. فرض کنید که مساله بهینه سازی زیر با یکسری قیود مساوی و نامساوی وجود دارد:

$$\begin{aligned} & \text{Min } f(X) \\ & S, t \end{aligned}$$

(15)

$$\begin{aligned} h_1(X) &= 0 \quad i = 1.2.3. \dots N_{eq} \\ g_1(X) &\geq 0 \quad = 1.2.3. \dots M \end{aligned}$$

که در رابطه بالا  $f(X)$  تابع هدف،  $h_1(X)$  و  $g_1(X)$  قیود مساوی و نامساوی و  $N_{eq}$  و  $M$  تعداد قیود نامساوی و مساوی،  $M$  بردار حالت می باشند. برای به کارگیری الگوریتم مورچگان مراحل زیر باید تکرار شود.

#### مرحله اول: تشکیل اجتماع یا دسته های اولیه مورچه ها و ماده شیمیایی سراسری

در این مرحله جمعیت اولیه ای از دسته مورچه ها که در محدوده مجاز باشند و ماده شیمیایی ترشح شده اولیه بین این دسته ها تشکیل می شود.

$$\begin{aligned} \text{Global\_Colony\_Population} &= [X_1, X_2, \dots, X_N] \\ X_{1 \min} &\leq X_1 \leq X_{1 \max} \\ \text{Globe\_Trail\_Intensity} &= [\tau_{ij}]_{N \times N} \end{aligned} \quad (16)$$

در معادلات فوق تعداد  $N$  دسته مورچه ها است.

**مرحله دوم: تشکیل جمعیت اولیه برای هر زیردسته از جمعیت اولیه و ماده شیمیایی محلی**

در این مرحله برای هر کدام از اجتماعات مورچه های قسمت قبلی، جمعیت اولیه و ماده شیمیایی محلی تشکیل می شود.

$$Local\_Population = [Y_1, Y_2, \dots, Y_N]$$

$$X_1 - \delta \leq Y_1 \leq X_1 + \delta$$

$$Local\_Trial\_Intensity = [\tau_{ij}]_{N \times N}$$

(۱۷)

که  $M$  بیانگر تعداد مورچه ها در هر دسته می باشد.

**مرحله سوم: تعیین مسیر بعدی**

تعیین مسیر بعدی برای هر دسته از مورچه ها بستگی به مسیر حرکت های سراسری و محلی مورچه ها دارد. به عبارتی برای اینکه هر دسته از مورچه ها مسیر بعدی خود را انتخاب کند بایستی ابتدا مسیر حرکت به سمت بهترین های محلی و سراسری را تعیین کند. انتخاب مسیر بعدی سراسری و محلی مشابه هم بوده و براساس محاسبه تابع احتمال انتقال رابطه ۱۳ برای دسته مورچه ها و مورچه های هر دسته به صورت زیر می باشد.

از آنجایی که در مسأله فوق فاصله بین گره  $i$  و  $j$  مشخص نمی باشد می توان از اختلاف تابع هدف در این نقطه به جای عکس فاصله استفاده نمود.

$$\Phi_{ij} = F(X_i) - F(X_j)$$

(۱۷)

حال براساس رابطه فوق و ماده شیمیایی ترشح شده مسیرهای محلی و سراسری انتخاب می شوند.

$$P_{ij} = (\Phi_{ij})^{y_1} (\tau_{ij})^{y_2} / \left( \sum_{j=1}^K (\Phi_{ij})^{y_1} (\tau_{ij})^{y_2} \right)$$

(۱۸)

در معادله فوق مقدار  $K$  برای محاسبه احتمال انتقالی سراسری برابر با  $N$  و برای محاسبه احتمال انتقال محلی معادل  $M$  می باشد. از معادلات فوق  $\tau_{ij}$  و  $\Phi_{ij}$  مشخص است که هر چه مقدار  $P_{ij}$  نیز بزرگتر می گردد. حال به صورت آماری یکی از احتمالات فوق انتخاب می شود. بعد از تعیین مسیرهای حرکت سراسری و محلی ماده شیمیایی بین نقاط انتخاب شده و به صورت زیر به هنگام می شوند.

$$\Delta\tau_{ij} = P_{ij}$$

(۱۹)

$$\tau_{ij}(k+1) = \rho\tau_{ij}(k) + \Delta\tau_{ij}$$

مسیر بعدی براساس جهت حرکت های سراسری و محلی به صورت زیر به دست می آید.

$$X_i(k+1) = X_i(k) + rand * (X_{Local} - X_i(k)) + rand * (X_{Global} - X_i(k))$$

(۲۰)

مسیرهای جدید باید با محدوده های خود چک شوند. در صورتی که نقطه یا مسیر بعدی از محدوده خارج باشند باید به محدوده های مورد نظر ثابت شوند.

**مرحله چهارم: چک کردن شرط همگرایی**

بعد از اینکه کلیه دسته مورچ هها مسیر بعدی خود را تعیین کردند شرط همگرایی به صورت زیر چک می شود اگر شرط همگرایی برآورده شد برنامه متوقف در غیر اینصورت مرحله سوم تکرار می شود.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i(k+1) - X_i(k))^2} < \varepsilon$$

(۲۱)

**مدیریت متغیر های پیوسته گسسته**

روش اعمال شده به این صورت است که در فضای الگوریتم، متغیرهای گسسته به شکل پیوسته در نظر گرفته شده و همانند دیگر متغیرهای پیوسته با آنان رفتار می شود. در هر مرحله پس از رسیدن به موقعیت جدید، قبل از اعمال به برنامه پخش بار به روش نیوتن رافسون متغیرهایی که در اساس گسسته هستند و اکنون پیوسته شده اند مجدداً به عدد مناسب گسسته گرد می شوند (پارک و دیگران، ۲۰۱۵، گنان، ۲۰۱۶).

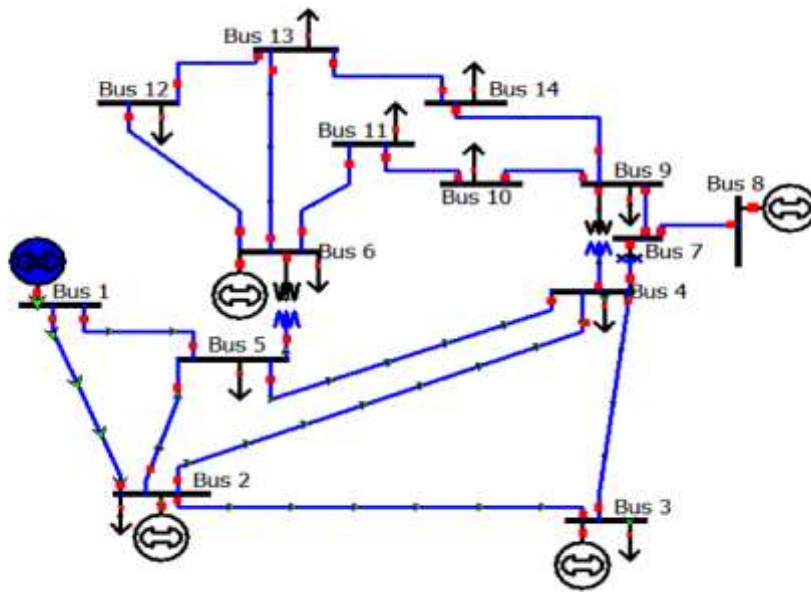
**برای توزیع بهینه توان مراحل الگوریتم**

۱. اطلاعات سیستم شامل اطلاعات شبکه ژنراتورها، خطوط انتقال و بار ... را وارد می کنیم.
۲. تلفات شبکه با استفاده از برنامه پخش بار بدست می آید، سپس تابع هدف کلی محاسبه می شود.
- دسته مورچه هایی که در محدوده مجاز مورد نظر می باشند و تشکیل یک جمعیت می دهند.
۳. برای هر دسته مورچه ابتدای مسیرهای محلی و سراسری با استفاده از روابط و محاسبه می گردد.
۴. محاسبه احتمالهای انتقال سراسری با استفاده از ماده شیمیایی سراسری و محلی اختلاف هزینه های بین دسته مورچه ها
۵. تعیین مسیر سراسری و محلی از میان دسته مورچه ها با استفاده از چرخ گردان.
۶. محاسبه و تعیین مسیر بعدی با استفاده از مسیرهای انتخابی سراسری و محلی.
۷. مراحل ۴ تا ۷ تا رسیدن به شرط همگرایی تکرار مشخص شده انجام می گیرد تا برآورده شدن همگرایی.

**۴. نتایج عددی و شبیه سازی****شبکه نمونه**

در این مقاله سیستم تست اصلاح شده ۱۴ باس می باشد که در این آزمایش برای عملکرد الگوریتم ACO انتخاب شده (سامح کمال، ۲۰۰۳).





شکل شماره ۲. دیاگرام تک خطی سیستم تست ۱۴ باس IEEE

در این سیستم پنج ژنراتور به باسهای ۱، ۲، ۳، ۶، ۸ وصل شده که غیر ژنراتور باس شماره ۱ از منابع تولید پراکنده استفاده گردیده است. توان اکتیو و راکتیو تولیدی منابع تولید پراکنده بترتیب برابر ۵۷.۶۹ مگا وات و ۱۰۹.۳۱ مگا وار بوده؛ که این مقدار برابر ۲۳٪ توان اکتیو و ۵۷٪ توان راکتیو تولیدی در این باس ها می باشد. ومقدار دیگر پارامترها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲. نتایج بدست آمده از پخش بار بهینه توان

توان مصرفی		توان تولیدی		ولتاژ		باس
MVar	Mw	MVar	Mw	Deg	Pu	واحد
۰.۰	۰.۰	۴۴.۳۵	۱۹۹.۴۴	۰.۰	۱.۰۳۷	۱
۱۲.۷۰	۲۱.۷۰	۹.۱۰	۵.۰۰	-۴.۲۸	۱.۰۱۷	۲
۱۹.۰۰	۹۴.۲۰	۲۰.۷۲	۳۸.۵۷	-۹.۱۰	۱.۰۲۲	۳
۳.۹۰	۴۷.۸۰	۰.۰	۰.۰	-۷.۹۸	۱.۰۲۷	۴
۱.۶۰	۷.۶۰	۲۷.۱۲	۱۰	-۷.۰۸	۱.۰۵۳	۵
۷.۵۰	۱۱.۲۰	۱.۲۶	۱۰	-۱۲.۳۱	۱.۰۴۸	۶
۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	-۱۱.۱۱	۱.۰۶۰	۷
۰.۰	۰.۰	۷.۰۳	۴.۱۲	-۱۱.۰۱	۱.۰۴۴	۸
۱۶.۶۰	۲۹.۵۰	۰.۰	۰.۰	-۱۲.۸۱	۱.۰۳۸	۹
۵.۸۰	۹.۰۰	۰.۰	۰.۰	-۱۳.۲۵	۱.۰۴۲	۱۰
۸۰.	۳.۵۰	۰.۰	۰.۰	-۱۲.۸۱	۱.۰۳۸	۱۱
۱.۶۰	۶.۱۰	۰.۰	۰.۰	-۱۳.۱۸	۱.۰۳۴	۱۲
۵.۸۰	۱۳.۵۰	۰.۰	۰.۰	-۱۳.۲۵	۱.۰۲۹	۱۳
۵.۰۰	۱۴.۹۰	۰.۰	۰.۰	-۱۴.۰۳	۱.۰۲۱	۱۴

لازم به ذکر در سیستم موجود ۵ ژنراتور وجود دارد و دیگر باس ها به بار وصل هستند مقدار توان اکتیو و راکتیو بین باسها تزریق شده که این امر باعث شده توان عبوری از خطوط به دلیل تلفات این خطوط در جدول شماره ۳ آمده است.

جدول شماره ۳. نتایج بدست آمده از پخش بار بهینه توان

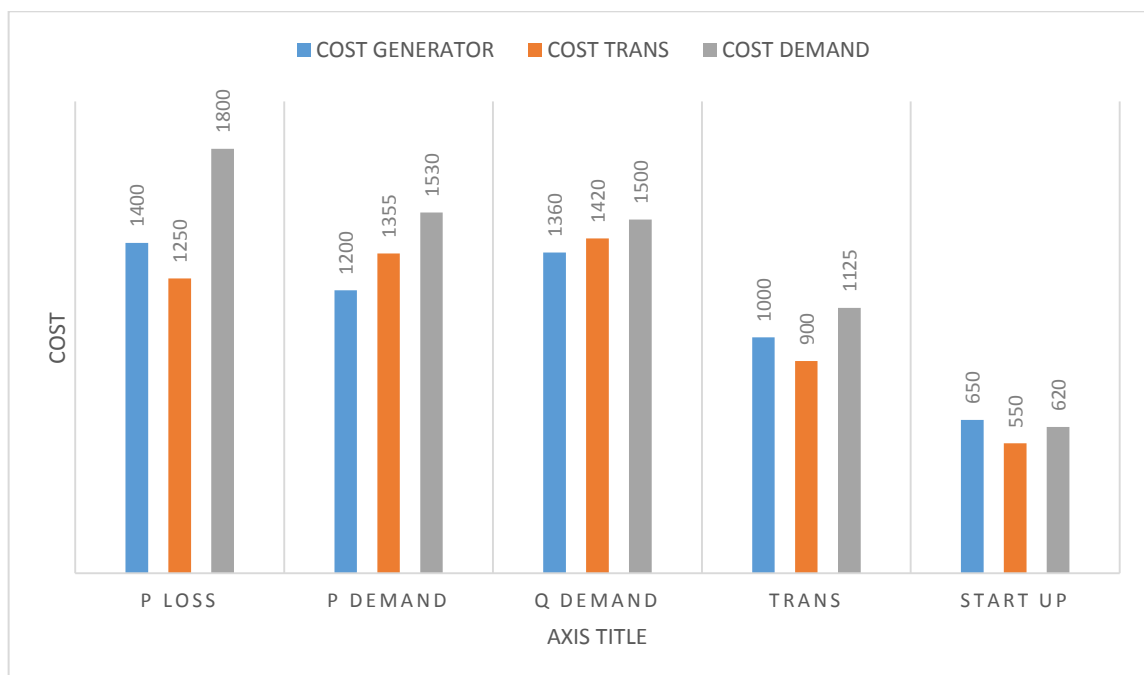
تلفات		توان دریافتی		توان ارسالی		دریافت	ارسال	خطوط
Q(Var)	P(MW)	Q(Var)	P(MW)	Q(Var)	P(MW)	باس	باس	واحد
۱۰۰۰۴	۳۰۲۸۹	۶۰۱۷	-۱۳۴۰۸	-۱۰۹۳	۱۳۸۰۱۰	۲	۱	۱
۷۰۵۱	۱۰۸۲۰	۰۰۲۳	-۵۹۰۵۲	۱۰۹۳	۶۱۰۳۴	۵	۱	۲
۳۰۸۰	۰۰۹۰۱	۰۰۱۱	-۴۴۰۴۹	-۰۰۹۳	۴۵۰۳۹	۳	۲	۳
۲۰۴۲	۰۰۹۰۱	۳۰۰۷	-۳۵۰۵۲	-۴۰۲۵	۳۸۰۳۲	۴	۲	۴
۱۰۴۱	۰۰۷۹۶	۲۰۳۰	-۲۸۰۹۴	-۴۰۵۸	۲۹۰۴۰	۵	۲	۵
۰۰۲۱	۰۰۴۶۲	-۲۰۲۸	۱۱۰۲۳	۱۰۱۶	-۱۴۰۱۱	۴	۳	۶
۰۰۶۰	۰۰۰۸۳	-۰۰۲۱	۳۸۰۹۱	۰۰۸۱	-۳۸۰۷۱	۵	۴	۷
۱۰۵۶	۰۰۱۹۲	۲۰۵۲	-۲۸۰۵۴	-۰۰۹۶	۲۸۰۵۴	۷	۴	۸
۱۰۴۲	۰۰	-۱۰۲۵	-۱۶۰۶۷	۲۰۶۸	۱۶۰۶۷	۹	۴	۹
۴۰۷۷	۰۰	-۱۸۰۳۴	-۴۱۰۹۵	۲۲۰۲۰	۴۱۰۹۵	۶	۵	۱۰
۰۰۰۸	۰۰	-۲۰۸۰	-۶۰۰۴	۲۰۸۸	۶۰۰۷	۱۱	۶	۱۱
۰۰۱۵	۰۰۳۹	-۲۰۳۰	-۷۰۵۳	۲۰۴۴	۷۰۶۰	۱۲	۶	۱۲
۰۰۴۰	۰۰۷۱	-۶۰۴۶	-۱۶۰۸۸	۶۰۸۶	۱۷۰۰۸	۱۳	۶	۱۳
۰۰۰۸	۰۰۲۰۲	۷۰۰۳	۱۰۰۶	-۶۰۹۵	-۱۰۰۶	۸	۷	۱۴
۰۰۹۰	۰۰	-۳۰۵۳	-۲۹۰۶۰	۴۰۴۳	۲۹۰۶۰	۹	۷	۱۵
۰۰۰۵	۰۰	-۴۰۸۲	-۶۰۴۷	۴۰۸۷	۶۰۴۹	۱۰	۹	۱۶
۰۰۳۰	۰۰۱۹	-۳۰۷۲	-۱۰۰۱۴	۴۰۰۳	۱۰۰۲۳	۱۴	۹	۱۷
۰۰۰۱	۰۰۰۰۶	۱۰۰۰	۲۰۵۴	-۰۰۹۸	-۲۰۵۳	۱۱	۱۰	۱۸
۰۰	۰۰۰۰۵	-۰۰۶۹	-۱۰۴۳	۰۰۷۰	۱۰۴۳	۱۳	۱۲	۱۹
۰۰۰۸	۰۰۰۴۰	-۱۰۲۸	-۴۰۷۶	۱۰۳۶	۴۰۸۰	۱۴	۱۳	۲۰

نمودار شماره ۱ بهترین نتیجه حاصل از شبیه سازی با الگوریتم AOC را نشان می دهد. چگونگی تنظیم هر کدام از متغیرها در یک بازه مناسب است. البته نمودار دارای ۵ متغیر، که هر کدام از این متغیرها از ۳ هزینه تولید، هزینه مصرف و هزینه خطوط انتقال تشکیل شده است؛ که هر کدام از این هزینه در پارامترها و تابع هدف گنجانده شده و مقدار هزینه ها را در کمترین حد خود قرار می دهد.

جدول شماره ۴. ضرایب تابع هزینه

باس	a	b	c
۱	۰.۰۱۹۳	۷.۹	۰.۰
۲	۰.۰۱۱۱	۴.۸	۰.۰
۳	۰.۰۱۰۴	۳.۱	۰.۰
۴	۰.۰۰۰۸	۵.۲	۰.۰
۵	۰.۰۱۲۸	۶.۵	۰.۰
۶	۰.۰۰۹۴	۵.۴	۰.۰

همانگونه که نشان داده شده این سیستم دارای پنج ژنراتور که مقدار تقاضای بارها متغیر بوده و ضرایب تابع هزینه در جدول شماره ۴ داده شده است. به منظور مطالعه بهتر نشان دادن کارایی این الگوریتم در این بخش به بهینه سازی با توجه در نظر گرفتن هزینه و کاهش تلفات انجام می گیرد.



شکل شماره ۳. نمودار هزینه ها بدست آمده در سیستم

### ۵- نتیجه گیری

در این پروژه از روش الگوریتم ACO برای حل کردن هزینه تلفات خطوط انتقال و توزیع بهینه توان با در نظر گرفتن منابع تولید پراکنده برای سیستم ۱۴ باسه انجام گرفته شده است نتایج حاصل از جدول شماره ۲ و نمودار هزینه ها از کارایی بالا و مقاوم بودن این روش با افزایش تعداد پارامترهای مساله غیر خطی می باشد. لازم به ذکر است در این روش با توجه کاهش هزینه خطوط مقدار تلفات نیز تغییر کرده و باعث ثابت شدن کل هزینه ها شده است.

## منابع

1. Douglas Holtz-Eakin, "Prospects for Distributed Electricity Generation", September 2003.
2. F.Liccardo, M. Triggianese and P. Marino, "Ancillary Services performed by Distributed Generation in grid integration", November 7, 2009
3. Granville, S., (1886), Optimal Reactive Dispatch through Interior Point Methods, IEEE Trans. Power Syst, 8(1), pp. 124–164.
4. Hong, Y. Y., Sun, D. I., Lin, S. Y., and Lin, C. J., (1881), Multi-Year Multi-Case Optimal AVR Planning, IEEE Trans. Power Syst, 5(6), pp.1386–1211.
5. J. B. Campbell, T. J. King, B. Ozpineci, D. T. Rizy, L. M. Tolbert, Y. Xu, UTK, X. Yu, UTK, "ANCILLARY SERVICES PROVIDED FROM DER", December 2005
6. Kannan, S., Slochanal, M.R., Subbaraj, P., and Padhy, N. P., (2016), "Application of Particle Swarm Optimization Technique and Its Variants to Generation Expansion Planning Problem", Electric Power Syst. Res., 71 (2), pp. 312-31.
7. Lee, K. Y., Park, Y. M., and Ortiz, J. L., (1895), A United Approach to Optimal Real and Reactive Power Dispatch, IEEE Trans. Power Syst., 1(3) pp. 1167–1152.
8. M. Dorigo, G.D. Caro and L.M. Gambardella, "Ants Algorithms for Discrete Optimization", Artificial Life, Vlo.5, No.3, P.P 137-172, 1999.
9. Momoh, J. A., Guo, S. X., Ogbuobiri, E. C., and Adapa, R., (1886), The Quadratic Interior Point Method Solving Power System Optimization Problems, IEEE Trans. Power Syst., vol. 8, no. 2, pp.1237–1224.
10. Park, J. B., Lee, K.-S., Shin, J.-R., and Lee, K.Y., (2015), A Particle Swarm Optimization for Economic Dispatch with Non-Smooth Cost Functions, IEEE Trans. Power Syst., 31(1), pp. 26-63.
11. Sameh Kamel Mena Kodsı and Claudio A. Canizares, "Modeling and Simulation of IEEE 14-Bus System with Facts controllers", University of Waterloo, E&CE Department, Technical Report #2003-3, Accessed Mar.
12. T. Niknam, H. Arabian and M. Mirjafari, "Reactive Power Pricing in Deregulated Environments Using Novel Search Methods" is accepted for presentation to IASTED International conference on PowerCon 2004, Greece.
13. Y.H. Hou, Y.W. Wu, L.J. Li and X.Y. Xiong, "Generalized Ant Colony Optimization for Economic Dispatch of Power Systems", IEEE 2002, P.P.225-229.

# The impact of losses on interest expenses Breda power grid transmission lines with regard the optimal power distribution with (ACO) algorithm in power network

Hamidreza Moradi<sup>1\*</sup>, Haidar chamandost<sup>2</sup>, Korosh Shahbazi<sup>3</sup>, Shapor Darabi<sup>4</sup>,  
Vahab alahmoradi<sup>5</sup>

*1. West Regional Electric Company, Ministry of Energy, Iran.*

*2. 5. Department of Electrical Engineering from Islamic Azad University Branch Damavand*

*3. West Regional Electric Company, Ministry of Energy, Iran.*

*4. West Regional Electric Company, Ministry of Energy, Iran.*

*5. Department of Electrical Engineering from Islamic Azad University Branch Sanandaj*

---

## Abstract

With the growing trend of increased use of distributed generation units, it is necessary transmission lines losses on operating costs decreased power grid, Since the losses in power systems due to continuous variable and Discrete variable is a complex issue. In this paper, the effect of transferring the losses Ant colony optimization algorithm (ACO) is one of the latest search algorithms for solving stochastic optimal distribution can be used in the presence of DG. In this paper, DG units are modeled as generators that are able to inject active and reactive power to network. the Ant colony optimization algorithm (ACO) is a probabilistic technique for solving computational problems which can be reduced to finding good paths through graphs. In this first review of previous works dealt with the definition of the objective function and constraints to model the power grid with linear functions of production costs and network losses using the optimization method is discussed from a network of 14 buses for model and using MATLAB software was used.

**Keyword:** Loss transmission lines, distributed generation (DG), expense exploit the power network, ant colony optimization algorithm(ACO)

---