



یک رویکرد جدید مبتنی بر الگوریتم ژنتیک چند هدفه برای کنترل بهینه ولت-وار روزانه شبکه‌های توزیع، هماهنگ شده با تولید پراکنده با کمترین عملکرد سویچینگ ادوات کنترلی

عباس شریفی^۱، رضا قاضی^۲

^۱دانشگاه فردوسی مشهد، ashna82176@gmail.com

^۲دانشگاه فردوسی مشهد، rghazi@um.ac.ir

چکیده - امروزه با تنوع شرایط بهره برداری و همچنین نصب تعداد زیادی منابع تولید از جمله منابع تولید پراکنده در سیستم‌های توزیع مدرن، مدل سنتی کنترل ولت-وار، تضمین کننده حاشیه ای امن برای پروفیل ولتاژ باس‌ها در مقابل تغییرات تند ولتاژ نیست. با افزودن پروفیل ولتاژ به تابع هدف، گرچه مساله حاشیه امنیت ولتاژ تا حدودی فراهم می‌شود لیکن منجر به عملکرد اضافی ادوات کنترلی خواهد شد. در این مقاله یک مدل جدید کنترل ولت-وار با هدف بهبود پروفیل ولتاژ و حداقل کردن تلفات توان اکتیو کل شبکه توزیع در کمترین عملکرد سویچینگ تجهیزات، ارائه شده است. به منظور نمایش توانایی الگوریتم، شبیه سازی روی یک شبکه توزیع با تولید پراکنده از نوع توربین بادی (ژنراتور القایی) پیاده سازی و از الگوریتم ژنتیک چند هدفه برای تعیین عملکرد کنترل استفاده شده است. کلید واژه- تعداد عملکرد سویچینگ ادوات کنترل، شبکه توزیع، کنترل ولت-وار روزانه

شده پیش بینی شود [۱].

۱- مقدمه

در مراجع [۲]-[۴] به مساله کنترل زمان واقعی خازن، [۵]-[۷] جایابی و کنترل زمان واقعی خازن و [۸]-[۱۱] کنترل هماهنگ خازن‌ها و تپ چنجرهای زیر بار به منظور مینیمم کردن تلفات رسیدگی شده است. در [۲] استفاده از شبکه‌های عصبی (NN)، در [۳] برنامه ریزی دینامیکی (DP) و در [۴] برای فائق آمدن به مسئله زمانبر بودن روش DP، یک استراتژی NN برای کمک به DP پیشنهاد شده است. در [۵] از تکنیک بهینه سازی آبکاری فلزات (SA)، در [۶] از SA برای جایابی و از الگوریتم ژنتیک (GA) برای تعیین انتخاب بهینه خازن‌ها استفاده شده است. GA بار محاسباتی کمتری نسبت به SA دارد. در [۷] نیز از برنامه ریزی عدد صحیح استفاده شده است. اجرای ادوات کنترل پیوسته جبران سازی توان راکتیو مثل جبران ساز وار استاتیکی (SVC) در یک پست توزیع

کاربرد سیستم مدیریت توزیع متمرکز در کنترل ولت-وار که به طور سنتی در طراحی سیستم‌های توزیع استفاده می‌شد، فرصت‌های جدیدی را برای بهره برداری و کنترل موثرتر سیستم‌های توزیع ایجاد می‌کند. کنترل ولت-وار اساساً تنظیم کنترلرهای اتوماتیک محلی برای رسیدگی به شرایط بهره برداری مدرن است که توانایی برای بهره برداری سیستم در مد بهینه را فراهم می‌کند. هدف اولیه ولت-وار بهره برداری سیستم توزیع بدون انحراف هیچ یک از محدودیت‌های سیستم است. هنگامی هدف اولیه برآورده می‌شود، اهداف ثانویه مثل مینیمم کردن تلفات توان، نیاز برای رسیدن به هدف با تعداد مینیمم عمل‌های کنترل در چارچوب مقررات سنتی و اهداف خیلی متفاوتی می‌تواند با حرکت صنعت برق به سمت یک محیط تجدید ساختار

در [۸] ارائه شده است اما فقط شرایط جاری بارگذاری به منظور تعیین استراتژی کنترل به کار برده شده و برای هماهنگی تپ چنجر زیر بار (LTC) و خازن نیاز به سرمایه گذاری اضافی دارد. در [۹] روشی بر اساس DP ارائه شده است. مرجع [۱۰] NN را پیشنهاد داده و فرض شده مکانیزم سویچینگ خازن و رگولاتور، هیچ محدودیت فیزیکی ندارند. در [۱۱] رویکردی توسط DP ارائه شده بطوریکه ماکزیمم مجاز تعداد عملکرد سویچینگ در نظر گرفته شده است. یک رویکرد برای کنترل ولت-وار در شبکه های توزیع شعاعی نامتعادل با در نظر گرفتن عملکرد تولیدات پراکنده (DG) در [۱۲] ارائه شده است. DG ها به صورت باس PV مدل شده اند که عملکرد آنها با کنترل تپ چنجر زیر بار (LTC)، خازن پست و تنظیم کنترلر محلی به منظور کاهش تلفات در شبکه های توزیع ترکیب شده است.

محققان زیادی مسئله کنترل ولت-وار در شبکه های توزیع را مورد مطالعه قرار داده اند اما در بیشتر آنها، اثرات DG ها روی عملکرد سیستم توزیع و کنترل ولت-وار در نظر گرفته نشده است. مراجع [۱۳] و [۱۴] در بررسی هایشان به مسئله کنترل ولت-وار در حضور DG پرداخته اند.

مرجع [۱۳] ایده اصلی را مالکیت خصوصی DG ها بعلاوه تجدید ساختار و خصوصی سازی در سیستم های قدرت برشمرده و یک رویکرد برای کنترل ولت-وار روزانه در شبکه های توزیع در حضور DG ها بر اساس سود اقتصادی تولید کننده ها ارائه داده است. در واقع از یک مدلولوژی بر اساس هزینه به عنوان یک سیگنال مناسب برای تشویق مالکان DG در تولید توان راکتیو استفاده شده است. تابع هدف به صورت مجموع انحرافات ولتاژ و هزینه مربوط به توان راکتیو تولید شده بوسیله DG ها و خازن ها و همچنین تلفات در یک روز وزن دهی شده است. نوع DG ها، ژنراتور سنکرون در نظر گرفته شده که توان راکتیو آن توسط اپراتور تنظیم و توان راکتیو آن به عنوان یکی از متغیرهای کنترل در نظر گرفته شده است. در این مدل که بر اساس اصل ماکزیمم کردن درآمد است فقط هزینه تولید توان راکتیو توسط خازن ها و DG ها در نظر گرفته شده و هزینه های مربوط به ترانسفورمرها که از دیگر ادوات کنترل در مسئله کنترل ولت-وار هستند در تابع هدف در نظر گرفته نشده است. ماکزیمم مجاز عملکرد روزانه تپ چنجرها به عنوان محدودیت های اضافی در نظر گرفته شده است.

در [۱۴] ایده اصلی، اتصال تولیدات پاک پراکنده به شبکه های توزیع است. از آنجایی که توان تولیدی این منابع متأثر از شرایط جوی است بنابراین هنگامی که این تولیدات با تکنیک

های کنترل معمولی افزایش پیدا کند تغییرات ولتاژ هر گره مشکل ساز خواهد بود. در این مرجع پیشنهاد کنترل بهینه ولتاژ با هماهنگی وسایل کنترل ولتاژ پراکنده، مثل کنترل نسبت تبدیل ترانسفورمر زیر بار، رگولاتور ولتاژ پله ای (SVR)، خازن های موازی، راکتورهای موازی و جبران کننده های وار استاتیکی (SVC) در حضور DG ارائه شده و تابع هدف طوری در نظر گرفته شده است که پروفیل ولتاژ بهبود یابد همچنین تلفات توان نیز در نظر گرفته شده و از ابزار بهینه سازی GA برای حل مسئله استفاده شده است. در این مرجع نوع تولید پراکنده، فتوولتائیک در نظر گرفته شده که توان اکتیو را بسته به میزان قابل دسترس آن یا تقاضا، بدون تقاضای توان راکتیو به شبکه تحویل می دهد. این مدل کنترل ولت-وار، راه حلی عملی برای کنترل ولت-وار روزانه نیست زیرا تعداد عمل های کنترل جهت اجرا در بهره برداری واقعی، بیش از حد بزرگ و بسیاری از این عمل ها بهبود خواهد بود.

در مقاله حاضر یک مدل جدید کنترل ولت-وار روزانه با هدف بهبود پروفیل ولتاژ و حداقل کردن تلفات توان اکتیو کل شبکه توزیع با کمترین عملکرد سویچینگ تجهیزات، ارائه شده است. بنابراین با توجه به اینکه کنترل ولت-وار در حداقل عملکرد وسایل سویچینگ صورت می گیرد از جنبه عملی مفید و قابل پیاده سازی است. شبیه سازی روی یک شبکه توزیع با تولید پراکنده از نوع توربین بادی (ژنراتور القایی) پیاده سازی و مقدار عملیاتی هر وسیله با حل تابع هدف و بهینه سازی روزانه ولتاژ کل سیستم توزیع تعیین می شود. از الگوریتم ژنتیک چند هدفه برای تعیین عملکرد کنترل استفاده شده است. در ادامه این مقاله مدل جدید کنترل بهینه ولت-وار روزانه در بخش دوم، در بخش سوم نتایج شبیه سازی و نتیجه گیری در بخش چهارم ارائه شده است.

۲- مدل جدید کنترل بهینه ولت-وار روزانه

۲-۱- ساختار و مدل LTC

معمول ترین کنترلر محلی LTC، رگولاتور ولتاژ است که سمت ولتاژ پایین را در ترانسفورمر نزدیک مقدار مطلوب نگه می دارد. این رگولاتور ولتاژ یک بخش جدایی ناپذیر مکانیزم LTC در ترانسفورمر پست (ULTC) و رگولاتور ولتاژ پله ای (SVR) فیدر است. مدل و مدار معادل LTC به ترتیب در شکل های (۱) و (۲) نشان داده شده است.

$$Z = (Z_T + Z_L)/a \quad (4)$$

$$Y_m = a(a - 1)/(Z_T + Z_L)$$

$$Y_n = (1 - a)/(Z_T + Z_L)$$

۲-۲- مدل خازن (SC)

خازن به صورت یک منبع توان راکتیو با چندین پله در نظر گرفته می شود که توسط معادله (۵) مدل می شود.

$$Y_c = j \frac{Q_c}{|V|^2} \quad (5)$$

۲-۳- مدل خازن سویچ شونده با تریستور (TSC)

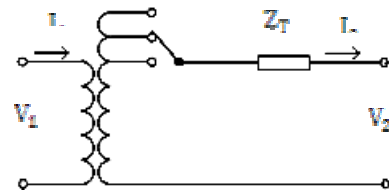
TSC وسیله ای است با سرعت به اندازه کافی بالا، برای کنترل توان راکتیو در سیستم های قدرت که قادر به پاسخگویی به نوسانات عمیق ولتاژ ایجاد شده توسط تولید پراکنده است. **TSC** در معادلات پخش بار به عنوان یک منبع توان راکتیو مدل می شود.

۲-۴- مدل تولید پراکنده (DG)

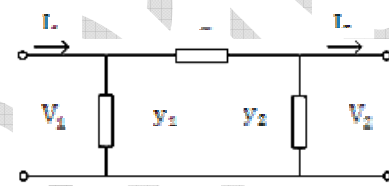
بهره برداری سیستم ژنراتور توربین باد که معمولاً از نوع ژنراتور القایی است، کاملاً متفاوت است نسبت به تکنولوژی های دیگر که در آنها مبدل های الکترونیک قدرت به کار برده می شود. بطوریکه سیستم ژنراتور توان اکتیو را زمانی به شبکه عرضه می کند که پشتیبانی توان راکتیو بوسیله شبکه یا هر منبع توان راکتیو محلی فراهم شود. پس ژنراتورهای القایی برای بهره برداری نیاز به پشتیبانی توان راکتیو دارند [۱۵]. بنابراین برای مسئله کنترل ولت-وار سیستم های توزیع، توان راکتیو مورد نیاز ژنراتورهای القایی نیز باید همزمان در نظر گرفته شود. DG به صورت یک بار با ضریب توان ثابت در نظر گرفته شده است. این رفتار متمایز سیستم ژنراتور توربین باد مسئله را نسبت به تکنولوژی های دیگر **DG** پیچیده تر می کند.

۲-۵- مدل ریاضی طرح کنترل بهینه

هدف اصلی از مسئله **VVC** در شبکه های توزیع مدرن بهبود پروفیل ولتاژ است و تلفات توان اکتیو کل شبکه توزیع نیز در نظر گرفته می شود. اما این مدل ممکن است ادوات کنترلی را وادار به عملکرد اضافی در کاربردهای زمان واقعی کند و مهم تر، محدودیت رنج تغییر در تنظیم ادوات است. به عبارت دیگر **VVC**



شکل (۱) مدل LTC



شکل (۲) مدار معادل LTC

در این مدل فرض بر این است که نسبت دور سیم پیچی ترانسفورمر، a ، برای نسبت تبدیل استاندارد است. بنابراین ارتباط بین ولتاژ اولیه V_1 و جریان I_1 با ولتاژ ثانویه V_2 و جریان I_2 به صورت معادله (۱) است.

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -(1/a)Z_T \\ 0 & 1/a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

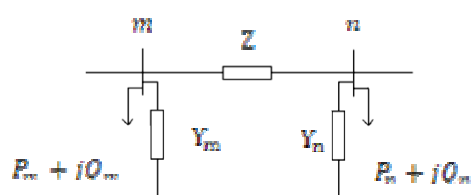
ارتباط بین خروجی و ورودی عبارت ولتاژ جریان در مدار معادلی که در شکل (۲) نشان داده شده به صورت معادله (۲) است.

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + zy_1 & -z \\ -(y_1 + y_2 + y_1 y_2 z) & 1 + zy_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

با انجام محاسبات، امپدانس **LTC** که به صورت مدار معادل آن در شکل (۲) نشان داده شد، بیان می شود و مقدار هر عنصر آن به صورت معادله (۳) محاسبه می شود.

$$z = Z_T/a, y_1 = a(a - 1)/Z_T, y_2 = (1 - a)/Z_T \quad (3)$$

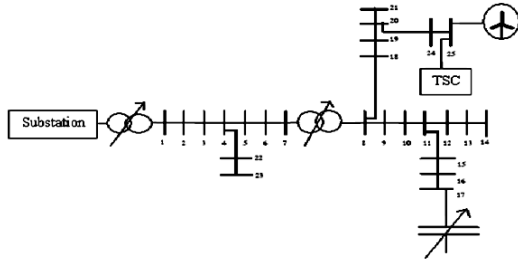
این مدار معادل با امپدانس خط K ام، Z_L ، که بین باس m و باس n قرار دارد سری می شود و با تبدیل ستاره به مثلث مدار معادل به صورت شکل (۳) و مقادیر مدار معادل توسط معادله (۴) به دست می آید.



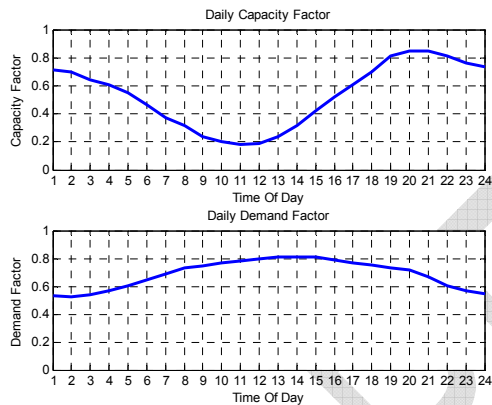
شکل (۳)

۳- نتایج

در این بخش تکنیک ارائه شده برای کنترل ولت-وار روزانه روی یک شبکه توزیع شعاعی ۲۵ باس که در شکل (۵) نشان داده شده به کار برده شده است. مشخصات این شبکه در مرجع [۱۵] آورده شده است. منحنی ظرفیت روزانه توربین باد و منحنی روزانه تقاضا در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل (۵) شبکه توزیع شعاعی ۲۵ باس



شکل (۶) منحنی روزانه ظرفیت توربین باد و تقاضای سیستم

فرض شده که یک DG با ظرفیت $0.070PU$ و همچنین یک TSC با ظرفیت $0.0350PU$ به منظور جبران‌سازی سریع به باس ۲۵ و یک بانک خازنی با ظرفیت $0.0060PU$ به باس ۱۷ متصل شده است. تغییر تپ LTC در ترانسفورمر پست (ULTC) و رگولاتور ولتاژ پله ای (SVR) فیدر به صورت پنج تپ $0.020PU$ از $0.940PU$ تا $1.040PU$ در نظر گرفته شده است. رگولاتور ولتاژ پله ای بین باس های ۷ و ۸ قرار دارد.

تپ ULTC، SVR، SC و خروجی TSC به عنوان متغیرهای حالت در هر ساعت و بنابراین برای کنترل ولت-وار روزانه تعداد ۹۶ متغیر حالت در نظر گرفته شد. یک جمعیت متشکل از ۵۰ کروموزوم که هر کروموزوم از ۹۶ ژن و طول هر ژن ۸ بیت در نظر گرفته شد. منحنی بهینگی پارتو بعد از ۴۰۰۰ تکرار به صورت شکل (۷) به دست آمد. مجموعه جواب های بدست آمده شامل ۷ جواب است.

برای بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات توان بر حسب تعداد عملکرد سویچینگ ادوات کنترل است و این همان نیاز برای رسیدن به هدف با تعداد مینیمم عمل های کنترل است که از اهداف ثانویه VVC است. اما وقتی عمل های کنترل جزئی از تابع هدف قرار گیرند ممکن است با اهداف دیگر در تضاد باشد و بهینه سازی یک راه حل خاص نسبت به یک هدف واحد می تواند باعث نتایج غیر قابل قبول نسبت به اهداف دیگر شود. بنابراین باید از بهینه سازی چند هدفی استفاده نمود. یک راه حل قابل قبول برای مسائل با چند هدف، رسیدگی به یک مجموعه از جواب ها است، هر کدام که اهداف را در یک سطح قابل قبول نگه دارد بدون اینکه تحت تسلط راه حل دیگری باشد [۱۶]. در این مسئله نیز F_1 (تلفات و پروفیل ولتاژ) و F_2 (تعداد عمل های کنترل) در تضاد با هم هستند. یک انتخاب، حل بهینه این مسئله با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه (MOGA) است.

تابع هدف در مسئله کنترل ولت-وار باید به صورت مجموعه معادلات (۶) توسعه پیدا کند.

$$F_2 = \sum_{i=1}^{24} \left[\alpha_1 \sum_{z=1}^{n_b} \frac{P_{loss}^i}{P_{loss}^{max}} + \alpha_2 \sum_{i=1}^{n_c} \frac{|V_i - V_{ref}|}{V_{ref}} \right] \quad (6)$$

$$F_1 = \sum_{i=1}^{24} \left[\beta_1 \sum_{j=1}^{n_c} \frac{|\text{tap}_{c_j}^i - \text{tap}_{c_j}^{i-1}|}{\text{tap}_{c_j}^{max}} + \beta_2 \sum_{k=1}^{n_t} \frac{|\text{tap}_{t_k}^i - \text{tap}_{t_k}^{i-1}|}{\text{tap}_{t_k}^{max}} \right]$$

$$\sum_{i=1}^{24} |\text{tap}_{t_k}^i - \text{tap}_{t_k}^{i-1}| \leq MADOT_c^k,$$

$$\text{tap}_{t_k}^{min} \leq \text{tap}_{t_k} \leq \text{tap}_{t_k}^{max} \quad \text{for } k = 1, \dots, n_t$$

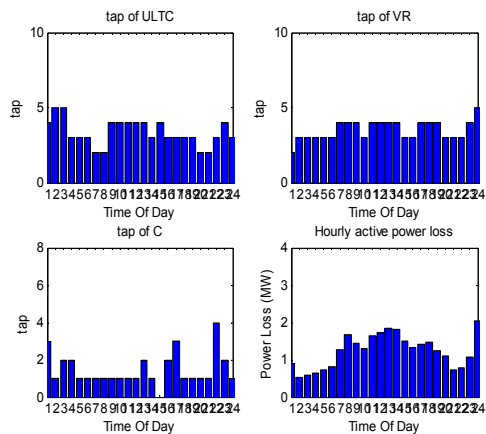
$$\sum_{i=1}^{24} |\text{tap}_{c_j}^i - \text{tap}_{c_j}^{i-1}| \leq MADOT_c^j,$$

$$\text{tap}_{c_j}^{min} \leq \text{tap}_{c_j} \leq \text{tap}_{c_j}^{max} \quad \text{for } j = 1, \dots, n_c$$

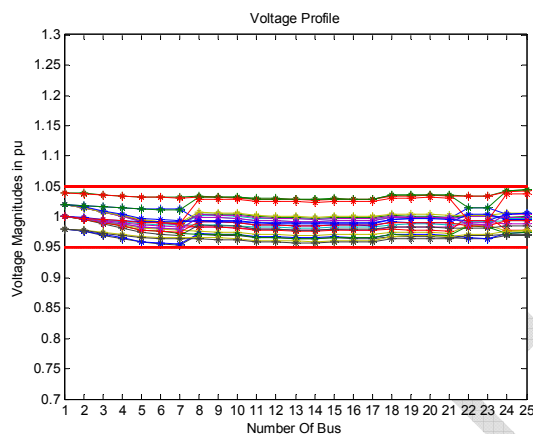
$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{max} \quad \text{for } i = 1, \dots, n$$

که در آن n تعداد باس ها، n_b تعداد شاخه ها، n_c تعداد خازن ها، n_t تعداد ترانسفورمرها، $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ ضرایب وزنی هر هدف، tap_{t_k} تپ ترانسفورمر k ام، tap_{c_j} تپ خازن j ام، $MADOT_c^k$ و F_1 و F_2 ماکزیمم مجاز تعداد عملکرد روزانه، V_i ولتاژ باس i ام و F_1 و F_2 توابع هدف هستند. به منظور تعادل کافی بین اهداف در هر یک از توابع هدف، ضرایب وزنی به صورت معادله (۷) در نظر گرفته شده است.

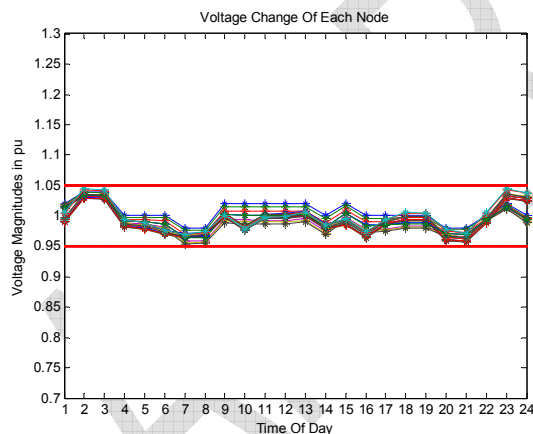
$$\alpha_1 = 10.0, \alpha_2 = 1.0, \beta_1 = 3.0, \beta_2 = 6.0 \quad (7)$$



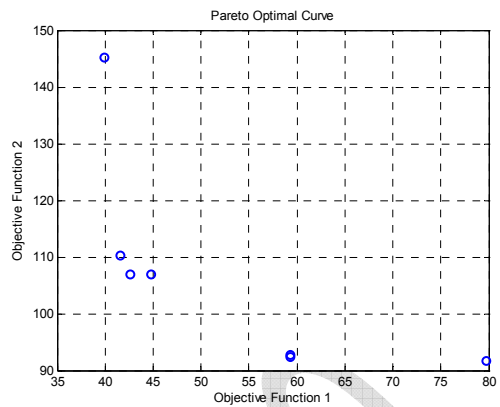
شکل (۹) تغییرات تپ ادوات کنترلی و تلفات در یک روز برای جواب بهینه



شکل (۱۰) پروفیل ولتاژ باس ها در ۲۴ ساعت

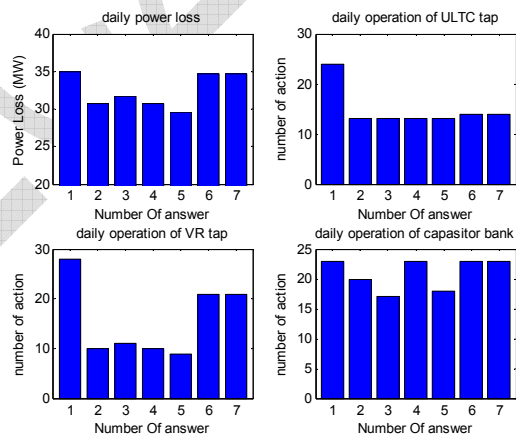


شکل (۱۱) تغییرات ولتاژ باس ها



شکل (۷) منحنی بهینگی پارتو

نتایج نشان می دهد که برای مجموعه جواب ها پروفیل ولتاژ در مقابل تغییرات شدید ولتاژ حاشیه امنی دارد. بنابراین بهره بردار می تواند از بین این مجموعه جواب، جواب با کمترین هزینه را انتخاب کند. یعنی جوابی باید انتخاب شود که مجموع هزینه تلفات و هزینه سویچینگ تجهیزات در یک روز کمترین مقدار ممکن شود. برای مجموعه جواب، تلفات روزانه و تعداد عملکرد روزانه سویچینگ ادوات در شکل (۸) آورده شده است.



شکل (۸) تعداد عملکرد روزانه تجهیزات و تلفات روزانه برای مجموعه جواب ها همانطور که از شکل (۸) مشخص است بهترین جواب، جواب شماره ۵ است که برای این جواب منحنی های تغییرات روزانه تپ و منحنی تلفات روزانه در شکل (۹) آورده شده است. برای این حالت پروفیل ولتاژ و همچنین منحنی تغییرات ولتاژ نیز به ترتیب در شکل های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است.

۴- نتیجه گیری

کنترل ولت-وار یکی از مهمترین طرح های کنترل در یک پست توزیع است که می تواند تحت تاثیر تولیدات پراکنده، که بعضا توان تولیدی آنها متغیر است، قرار بگیرد. تغییرات توان تولیدی این منابع، همچنین تنوع شرایط بهره برداری، تغییرات تند ولتاژ باس ها را در پی دارد. از آنجایی که با افزودن پروفیل

- [15] K. V. Kumar, M. P. Selvan, "A simplified approach for load flow analysis of radial distribution network with embedded generation," *IEEE Region 10 Conference*, 19-21 Nov. 2008, Page(s): 1-6
- [16] A. Konak, D.W. Coit, A.E. Smith, "Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial", *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 91, Issue 9, September 2006, Pages 992-1007

ولتاژ به تابع هدف کنترل ولت-وار، ممکن است این مدل باعث عملکرد بیش از حد ادوات کنترل شود، نیاز برای رسیدن به هدف با تعداد مینیمم عمل‌های کنترل، که خود از اهداف ثانویه کنترل ولت-وار است، ایجاد می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در مجموعه جواب‌های به دست آمده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه، حاشیه ولتاژ در مقابل تغییرات عمیق ولتاژ امن خواهد بود و بهره بردار می‌تواند از بین آنها بر اساس اصل ماکزیمم کردن درآمد، جواب با کمترین هزینه را انتخاب کند.

مراجع

- [1] I.Roytelman and V. Ganesan, "Coordinated local and centralized control in distribution management systems", *IEEE Trans. On Power Delivery*, vol. 15, No. 2, pp. 718-724, April 2000.
- [2] N.I. Santoso and O.T. Tan, "Neural-net based real-time control of capacitors installed on distribution systems" *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 5, no. 1, Jan. 1990, pp. 76-79.
- [3] Y.Y. Hsu and H.C. Kuo, "Dispatch of capacitors on distribution system using dynamic programming" *IEEE Proceedings, Part C*, Vol. 140, No. 6, November 1993, pp. 433-438.
- [4] Y. Y. Hsu and C. C. Yang, "A hybrid artificial neural network-dynamic programming approach for feeder capacitor scheduling" *IEEE Trans. Power systems*, vol. 9, no. 2, May, 1994, pp. 1069-70.
- [5] H. Dong Chiang, J. Cheng Wang, O. Cockings, and H.D. Shin, "Optimal Capacitor Placements In Distribution Systems: Part I: A New Formulation and Overall Problem", *IEEE Trans on Power Delivery*, Vol. 5, No. 2, April 1990, pp. 634-642.
- [6] S. Sundliarajan and A. Pahwa, "Optimal selection of capacitors for radial distribution systems using a genetic algorithm" *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 9, NO. 3, August 1994, pp. 1499-1507.
- [7] J. C.Wang, H. D. Chiang, K. N. Miu, and G. Darling, "Capacitor placement and real time control in large-scale unbalanced distribution systems: Loss reduction formula, problem formulation, solution methodology and mathematical justification" *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 12, no. 2, pp. 953-958, Apr. 1997.
- [8] J.J. Paserba, D.J. Leonard, N.W. Miller, S.T. Nauniann, M.G. Lauby, and F.P. Sener, "Coordination of a distribution level continuously controlled compensation device with existing substation equipment for long term VAR management" *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. No. 2, April 1994, pp. 1034-1040.
- [9] F.C. Lu and Y.Y. Hsu, "Reactive power voltage control in a distribution substation using dynamic programming" *IEEE Proceedings, Part C*, Vol. 142, No. 6, November 1995.
- [10] Z. Gu and D. T. Rzy, "Neural networks for combined control of capacitor banks and voltage regulators in distribution systems" *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 11, no. 4, pp. 1921-1928, Oct. 1996.
- [11] R.-H. Liang and C.-K. Cheng, "Dispatch of main transformer ULTC and capacitors in a distribution system" *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 16, pp. 620-630, Nov. 2001.
- [12] T.Niknam, A.M. Ranjbar and A.R. Shirani, "Impact of distributed generation on Volt/Var control in distribution networks", 2003 *IEEE Bologna Power Tech conference proceedings*, vol. 2, pp. 1-6, June 2003.
- [13] J. Olamaie, T. Niknam, "Daily Volt/Var control in distribution networks with regard to DGs: a comparison of evolutionary methods", *IEEE 2006 Conference*, Page(s): 6 pp
- [14] T. Senjyu, Y. Miyazato, A. Yoga, N. Urasaki, T. Funabashi, "Optimal Distribution Voltage Control and Coordination With Distributed Generation", *IEEE Trans. On Power Delivery*, April 2008 Page(s): 1236 - 1242