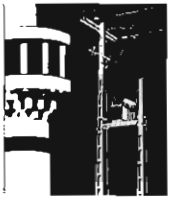


پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

برنامه‌ریزی برای گسترش بهینه پستهای توزیع در شبکه‌های با مقیاس بزرگ

احمد گرجی ـ علی‌محمد رنجبر ـ داود جلالی ـ منصور مهرآبادی

مرکز تحقیقات نیرو

چکیده:

این نوشتار روشی را برای گسترش پستهای توزیع که قابل کاربرد در شبکه‌های بزرگ است، به منظور دستیابی به مکان، ظرفیت، ناحیه سرویس‌دهی و زمانبندی احداث آنها در طول پریود طراحی ارائه می‌نماید. در ابتدا مدل دقیق و کاملی از مسئله گسترش کل سیستم توزیع (شامل دو زیر سیستم پست و فیدر) بدست می‌آید، و با استفاده از ضرایب ویژه‌ای که شامل پارامترهای فنی و اقتصادی است و برای نخستین‌بار معرفی می‌گردد مدل دینامیک گسترش سیستم به یک مدل استاتیک دو مرحله‌ای تبدیل می‌شود. در مرحله اول یک طرح بلندمدت به گونه‌ای که بتواند نیازمندیهای شبکه را در سال مقصد (سال آخر پریود طراحی) برآورده نماید، بدست می‌آید و سپس در مرحله دوم برنامه زمان‌بندی احداث پستهایی که باید تا سال مقصد ساخته شوند، به صورت طرحهای کوتاه مدت سالانه از سال پایه (سال اول پریود طراحی) تا سال مقصد اجرا می‌گردد. در طی فرایند طراحی محدودیت‌های ظرفیت پستها، ظرفیت فیدرها و افت ولتاژ در مرزهای بین پستها نیز به حساب می‌آید، و یک مثال کارآیی روش پیشنهاد شده را تأیید می‌نماید.

شرح مقاله :

از دیدگاه طراحی، سیستم توزیع را می‌توان به دو زیر سیستم پست و فیدر تقسیم‌بندی نمود و در طول سه دهه اخیر چند روش برای گسترش پستهای توزیع پیشنهاد شده است. اگر چه همه این روشها بر روی طراحی یک مرحله‌ای (مدل استاتیک) متمرکز شده‌اند و هیچ اطلاعی از زمانبندی احداث پستها بدست نمی‌دهند، با این حال بسیاری از روشهایی که برای طراحی کل سیستم توزیع ارائه شده‌اند، بر ماهیت دینامیکی‌بار و اجرای زمانبندی برای احداث تجهیزات تأکید دارند [1-5]. Crawford و Holt با استفاده از مفهوم کمترین فاصله موجه مدلی را با استفاده از فرمول‌بندی برنامه حمل و نقل برای یافتن مکان، ظرفیت و ناحیه سرویس‌دهی پستهای توزیع ارائه داده‌اند [6]. Masud با استفاده از برنامه‌ریزی خطی 0-1 یک روش کاربردی را برای تعیین ظرفیت پستهای توزیع پیشنهاد نموده است [7]. Thompson و Wall نیز با استفاده از روش شاخه و کران راهی را برای جایابی پستهای توزیع ارائه کرده‌اند که در آن فرمول‌بندی مسئله براساس مدل ریاضی هزینه ثابت صورت می‌گیرد [8]. Willis و دیگران نیز با استفاده از ماکزیمم کردن تنوع‌بار در یک منطقه طراحی روشی را برای جایابی پست بنیان نهاده‌اند [9].

اما امروزه اعتقاد فزاینده‌ای وجود دارد که بهینه‌سازی جداگانه زیر سیستم پست بدون در نظر گرفتن فیدرها با بهینه‌سازی کل سیستم توزیع سازگار نیست و هزینه‌ای که از این راه صرفه‌جویی می‌شود با افزایش هزینه در سایر قسمتهای سیستم توزیع خنثی می‌گردد. به همین علت باید گسترش پستهای توزیع را به عنوان بخشی از پاسخهای برنامه گسترش کل سیستم توزیع تلقی نمود. اما مسئله گسترش کل سیستم توزیع فقط برای شبکه‌های محدود قابل حل است و برای شبکه‌های بزرگتر، تعداد متغیرهایی که مسئله با آن درگیر است آنقدر زیاد می‌شود که حل مسئله را غیر ممکن می‌سازد. بنابراین راهی که باقی می‌ماند، مدلسازی پستها به صورت دقیق و فیدرها بصورت تقریبی است.

۱ ـ تابع هزینه :

برای بدست آوردن تابع هزینه کل سیستم توزیع لازم است هزینه پست و فیدر را به صورت جداگانه بدست آورد، که هزینه هر کدام از آنها از دو بخش هزینه ثابت (سرمایه‌گذاری) و هزینه متغیر (تلفات) تشکیل شده است. هزینه فعلی شده یک پست که در گره j در سال t با ظرفیت z احداث می‌شود عبارت است از هزینه فعلی شده سرمایه‌گذاری و

هزینه تلفات آن روی سالهای باقیمانده پریود یعنی:

$$CS_{jtz} = CSI_{joz} \propto_t + \sum_{\tau=t}^{\rho-1} CSL_{j\tau z}\ \beta_\tau \qquad (۱)$$

و برای فیدری که در شاخه j در سال t با ظرفیت z احداث شود:

$$CF_{jtz} = CF_{joz}\alpha_t + \sum_{\tau=t}^{\rho-1} CFL_{j\tau z}\ \beta_\tau \qquad (۲)$$

که در روابط بالا α_t ضریبی است که هزینه سرمایه‌گذاری سال O یک پروژه را به هزینه فعلی شده احداث آن پروژه در سال t با استفاده از پریود طراحی و عمر مفید آن پروژه، ارتباط می‌دهد و β_t یک هزینه آتی را در سال t به هزینه فعلی تبدیل می‌نماید. هزینه تلفات پستها و فیدرها نیز بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CSL_{j\tau z} = \sum_{k\epsilon NT_{j\tau}} [(D + ۸۷۶۰C_e)P_{fe_k} + (D + ۸۷۶۰F_{is}C_e)(\frac{S_{TS_{kr}}}{S_{TN_k}})^2\ P_{cu_k}] \qquad (۳)$$

$$CFL_{j\tau z} = r_z l_j (D + ۸۷۶۰F_{is}C_e)(\frac{S_{FT_{j\tau}}}{V_{Nom}})^2 \times ۱۰^{-۳} \qquad (۴)$$

تابع هزینه‌ای که بدست می‌آید، باید هزینه هریک از پستها و فیدرهایی که ساخته می‌شوند و هزینه تلفات پستها و فیدرهای موجود را در بر بگیرد. بنابراین تابع هزینه کل سیستم بصورت زیر درمی‌آید:

$$C_{Tot} = \sum_{j\epsilon NSE} \sum_{\tau=1}^{\rho-1} \sum_{k\epsilon NT_{j\tau}} [CSI_{jo\tau}\alpha_\tau + \sum_{t=1}^{\tau} CSL_{jt\tau}\beta_t]Y_{S_{jk\tau}} + \sum_{j\epsilon NSL} \sum_{\tau=1}^{\rho-1} CSL_{j\tau}\beta_\tau + \sum_{j\epsilon NFE} \sum_{\tau=1}^{\rho-1} \sum_{z\epsilon NZ} [CFI_{jo\tau}\alpha_\tau + \sum_{t=1}^{\tau} CFL_{jt\tau}\beta_t]Y_{F_{jz\tau}} + \sum_{j\epsilon NFL} \sum_{\tau=1}^{\rho-1} CFL_{j\tau}\beta_\tau \qquad (۵)$$

و محدودیتهایی که باید رعایت شوند عبارتنداز ظرفیت پستها، ظرفیت فیدرها و افت ولتاژ در همه گره‌ها. این محدودیتها را می‌توان بدین گونه نمایش داد:

$$\forall j\epsilon \quad NSE + NSF \qquad S_{ss_{j\tau z}} \leq Z \qquad (۶)$$

$$\forall j\epsilon \quad NFE + NFF \qquad S_{FT_{j\tau z}} \leq Z \qquad (۷)$$

$$\forall j\epsilon \quad NN \qquad V_{jt} \geq V_{Nom}(۱ - \frac{\%\Delta V_{max}}{۱۰۰}) \qquad (۸)$$

Y_S و Y_F به ترتیب متغیرهای تصمیم دو دویی هستند که تصمیم برای احداث یا عدم احداث پستها و فیدرها را نشان می‌دهند یعنی اگر هر یک از این متغیرها O باشد پست یا فیدر مربوط به آن ساخته نمی‌شود، و بالعکس. با دقت در تابع هزینه فوق می‌توان دریافت که این مدل بر هیچیک از برنامه‌ریزیهای استاندارد منطبق نیست و ضرب متغیرهای تصمیم در متغیرهای پخش توان به پیدایش یک تابع غیر خطی می‌انجامد و برای بهینه‌سازی باید با استفاده از ساختار فیزیکی و شکل فرمول‌بندی مسئله، آنرا تا حد ممکن ساده‌تر نمود. نخستین گام در این راستا، حذف زیرنویس زمان در متغیرهای این مسئله است، یعنی اگر بتوان

به نحوی این کار را انجام داد، مدل دینامیک به یک مدل استاتیک تبدیل می‌شود و پیشرفت مهمی حاصل می‌گردد. حال چون رشد باراهنگ احداث تجهیزات را به هر سیستم توزیع تحمیل می‌کند، می‌توان از منحنی پیش‌بینی بار سالانه برای تخمین چنین روندی کمک گرفت. بعبارت دیگر سهم تجهیزات نصب شده در هر سال از کل تجهیزات مورد نیاز تا پایان پریود را متناسب با رشدبار در آن سال به نسبت افزایش‌بار از سال پایه تا سال مقصد در نظر گرفت. از اینرو تابع هزینه زیر که بهینه کردن آن معادل با بهینه کردن تابع هزینه رابطه (۵) است معرفی می‌گردد:

$$C'_{net_1} = [\sum_{\mu NSF}\sum_{ZeNSC} CS_{1\mu z} Y_{s_{p-1}} + \sum_{KNFF}\sum_{ZeNFC} CFI_{1\mu z} Y_{F_{p-1}}]\alpha'_{1p-1} + [\sum_{\mu NSF} CLS_{1p-1} + \sum_{\mu NSF} CFL_{1p-1} + \sum_{\mu NSF}\sum_{ZeNSC} CSL_{1p-1z} Y_{s_{p-1z}} + \sum_{\mu NFF}\sum_{ZeNFC} CFL_{1p-1z} Y_{F_{p-1}}]B'_{p-1} \quad (۹)$$

که تابع فوق ضرایب α'_{p-1} و β'_{p-1} به کمک روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\alpha'_{p-1} = \frac{1}{S_{fc_p} - S_{fc_o}} \left\{ \sum_{t=0}^{p-1} [(S_{fc_t} - S_{fc_{t-1}})\alpha_t] \right\} \quad (۱۰)$$

$$\beta'_{p-1} = \frac{1}{S_{fc_{p-1}} - S_{fc_o}} \left\{ \sum_{t=0}^{p-1} [(S_{fc_t} - S_{fc_o})\beta_t] \right\} \quad (۱۱)$$

محدودیتهایی که باید در هنگام بهینه‌سازی رعایت شوند دقیقاً مشابه روابط (۶) تا (۸) هستند، با این تفاوت که باید شرایط سال مقصد را در نظر بگیرند. بنابراین در هر یک از آنها کافی است t به p-1 تبدیل شود.

از سوی دیگر برای سیستم ثانویه هر سیستم توزیع می‌توان درباره احداث یا عدم احداث فیدرهای آن اظهار نظر کرد زیرا در سیستم ثانویه پخشگرها[1] وظیفه سرویس‌دهی به مصرف‌کنندگان را در مناطق مشخصی به عهده دارند و بنابراین می‌توان بطور تقریبی Y_{Fjp-1z} را از پیش با دانستن شرایط منطقه طراحی تخمین زد. به علاوه برای ساده‌تر شدن مدل، ظرفیت فیدرهای سیستم ثانویه با یک فیدر تقریبی به ظرفیت Z_i به گونه‌ای که بتواند همین مقدار تلفات را تولید نماید، تقریب‌زده می‌شود. اکنون کافی است به جای بهینه کردن تابع هزینه C_{Net} تابع هزینه کمکی زیر که با ساده‌سازیهای فوق بدست آمده است بهینه گردد:

$$C_{Aux_{p-1}} = \sum_{\mu NSF}\sum_{ZeNSC} CSI_{1\mu z} Y_{s_{p-1z}} + \sum_{\mu NFP} CFI_{1\mu z}]\alpha'_{p-1} [\sum_{\mu NSL}\sum_{ZeNSC} CSI_{1p-1z} + \sum_{\mu NSE}\sum_{ZeNSC} CSL_{1p-1z} + \sum_{\mu N1F+N1b} CFL_{1p-1z}]B'_{p-1} \quad (۱۲)$$

---

1 - *Distributors.*

و محدودیت رابطه (۷) نیز به صورت زیر درمی‌آید:

$$\forall j \in NFE + NFF \qquad S_{FT_{jp\cdot l_2}} \leq Z_l \qquad (۱۳)$$

۲ ـ مدلسازی شبکه :

اکنون شرایطی فراهم شده است که به کمک آن باید سیستم توزیع را بنحوی بیان کرد تا با تابع هزینه اخیر و محدودیتهای آن مطابقت داشته باشد. به همین منظور لازم است تا شبکه نیز در همین راستا مدلسازی شود. در واقع هدف از ساده‌سازی مدل هزینه رسیدن به این مرحله و در نهایت استفاده از روشی است که بتوان بوسیله آن به طراحی سیستم توزیع اقدام نمود. این ساده‌سازیها که بر روی فیدرها انجام شده است، به نمایش دقیقی از هزینه پستها و برآورد تقریبی فیدرها انجامیده است. یعنی همان نتیجه‌ای که برای گسترش پست، کاربردی مناسب دارد.

۱ ـ ۲ ـ مدلسازی بار :

برای هر نقطه مورد طراحی باید پیش‌بینی بار در کل پریود به صورت سال به سال در دسترس باشد. بدین صورت که خروجی برنامه پیش‌بینی بار برای هر سال به شکل مربع‌های باری که در آنها چگالی سطحی بار پیک سالانه بر حسب kVA/km^2 به صورت یکنواخت در تمام مربع بار بیان شده است، به عنوان ورودی برنامه طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مربع‌های بار را می‌توان در صورت لزوم به چندین منطقه بار کوچکتر تقسیم نمود که هر یک از آنها با مختصات جغرافیایی مرکز آن منطقه، مقدار تقاضا و مساحت منطقه شناسایی می‌شود و در حقیقت خروجی برنامه پیش‌بینی بار به تعدادی بار متمرکز تبدیل می‌گردد. تخصیص هر یک از این بارها به پستی که باید آنرا تغذیه نماید ناحیه سرویس‌دهی و مجموع مقدار تقاضای آنها، توان تغذیه شده بوسیله آن پست را مشخص خواهد نمود.

۲ ـ ۲ ـ مدلسازی فیدر :

تابع هزینه رابطه (۱۲) به فیدری با ظرفیت Z_l اشاره دارد که بوسیله آن برآورد تلفات فیدرهای ناحیه سرویس‌دهی پست انجام می‌گیرد و از همین مقدار برای رعایت محدودیت ظرفیت فیدرها نیز استفاده شده است. با استفاده از این مطلب و نیزایده Denton,Reps [10] ناحیه سرویس‌دهی هر پست با یک ناحیه فرضی به شکل چند ضلعی منتظم که تعداد اضلاع آن با تعداد فیدرهای اصلی خارج شده از آن یکسان باشد و نیز با مساحتی برابر با مساحت ناحیه سرویس‌دهی پست اصلی تقریب زده می‌شود. برای برآورد تلفات فرض بر این است که

چگالی‌بار سطحی یکنواختی در سراسر این ناحیه فرضی وجود داشته باشد. بنابراین رابطه تلفات فیدرهای مربوط به این پست به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{LSF} = \frac{8}{15} \frac{S_{ss}^{2} r_{mt}}{N_{mt}^{0/2} V_{Nom}^{2}} \sqrt{\frac{A_s}{tan(\frac{\pi}{N_{mt}})}} \times 10^{-3} \qquad (14)$$

پس :(۱۵) $CLSF = (D + 8760\ C_e\ F_{is})\ P_{LSF}$

و تابع هزینه رابطه (۱۲) به صورت زیر درمی‌آید:

$$C_{out_{p-11}} = [\sum_{\mu NST} \sum_{z \epsilon NSC} CSI_{j\sigma 2} Y_{S_{p-2}} + \sum_{\mu NFF} CFI_{j\sigma 21}]a'_{p-10}$$
$$[\sum_{\mu NSE} (\sum_{z \epsilon N_{sm}} CSL_{jp-14}) Y_{sp-12} + \sum_{\mu NFF} (CSL_{kp-1} + CLSF_{jp\ 14})]B'_{p-1} \qquad (16)$$

و با استفاده از همین ایده محدودیت افت ولتاژ در تمام گره‌ها را می‌توان فقط برای نواحی مرزی پست‌ها کنترل نمود. به عبارت دیگر محدودیت رابطه (۸) به صورت زیر درمی‌آید:

$$S_{ss}\sqrt{A_s} \le 15(\%\Delta V_{max}) \frac{V_{Nom}^{2} N_{mt}^{3/2}}{G_{mt}} \sqrt{tan \frac{\pi}{N_{mt}}}) \qquad (17)$$

که G_{mF} از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$G_{mf} = r_{mf} Cos\Phi + X_{mf} Sin\Phi \qquad (18)$$

مزیت استفاده از رابطه بالا این است که محدودیت از فیدر به پست منتقل شده است.

۳ ـ روش بهینه‌سازی :

از مشاهده رابطه (۱۶) چنین برمی‌آید که فقط متغیرهای تصمیم مربوط به احداث پست باقی‌مانده است و سایر هزینه‌ها بنحوی با این متغیرها مربوط گردیده و محدودیتها نیز در رابطه با همین متغیرها قرار گرفته است. با این وجود هنوز هم ساختار مدل به گونه‌ای است که مستقیماً قابل بهینه‌سازی نیست. به همین دلیل یک روش دو مرحله‌ای برای بهینه‌ساختن این مدل با استفاده از روش Nara دریافتن پاسخ بهینه واقعی اجرا می‌گردد [11]. برای این کار مفاهیم مورد نیاز به صورت زیر تعریف می‌شود:

I) حالت، ترکیبی از متغیرهای تصمیم که بعضی از آنها O و بقیه 1 باشند.

II) حالت بهینه، وضعیتی از شبکه که برای حالت مربوط به آن C_{Aux} بهینه شده باشد.

III) حالت بعد، حالتی بهینه‌ای است که فقط از یک تغییر در متغیرهای تصمیم یک حالت

بهینه بوجود آید.

IV) حرکت، گذر از یک حالت بهینه به حالت بعد.

V) پاسخ بهینه محلی. وضعیتی از شبکه که هر حرکت در آن هزینه حالت بعد را افزایش دهد.

VI) آشفتگی، حرکت در پاسخ بهینه محلی.

با استفاده از این تعاریف روش دو مرحله‌ای یادشده به صورت زیر ارائه می‌شود:

مرحله ۱: یک پاسخ بهینه محلی با استفاده از حالتی که تمام متغیرهای تصمیم I است، بدست می‌آید و هزینه مربوط به آن به عنوان کران بالایی از هزینه ثبت می‌گردد.

مرحله ۲: دو آشفتگی پیاپی در پاسخ بهینه محلی ایجاد می‌شود و سپس پاسخ بهینه محلی جدیدی بدست می‌آید. اگر هزینه بدست آمده ارکران بالای هزینه کمتر باشد، هزینه مذکور به عنوان کران بالای هزینه ثبت می‌گردد و این مرحله دوباره تکرار می‌شود و در غیر این صورت آشفتگی‌های دیگری تا رسیدن به هزینه‌ای کمتر از کران بالای هزینه یا رسیدن به تعداد ماکزیمم آشفتگی‌ها، به پاسخ بهینه آخر اعمال می‌شود.

در پایان این کار پاسخ بهینه محلی که مربوط به کران بالای هزینه است به عنوان شبکه بهینه شناخته می‌شود. شکل (۱) روند نمای مربوط به یافتن چنین پاسخی را نشان می‌دهد.

۳ ـ یافتن حالت بهینه :

در هنگام انجام روش پیشنهاد شده فرض بر آن است که بتوان C_{Aux} هر حالت را بهینه کرد. به همین منظور یک روش دو مرحله‌ای به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد.

مرحله ۱: ناحیه اولیه سرویس‌دهی هر پست مشخص می‌شود. این کار با اختصاص هر بار متمرکز به نزدیکترین پست انجام می‌گیرد.

مرحله ۲: بارهای متمرکز در مرز ناحیه سرویس‌دهی هر پست به پست همسایه منتقل می‌شود تا:

الف: اگر تخلفی از محدودیت‌ها رخ داده باشد، این تخلف مینیمم شود.

ب: در صورتی که همه محدودیت‌ها رعایت شده باشند، تابع هزینه C_{Aux} بهینه گردد در هر یک از مراحل بالا برای یافتن ظرفیت پست مورد نظر کافی است از میان مجموعه NFC کمترین ظرفیتی که از توان تغذیه شده بوسیله آن پست بیشتر باشد انتخاب شود.

۴ ـ زمانبندی احداث پستها :

تاکنون پاسخ بهینه شبکه برای سال p-1 بدست آمده است. اما این پاسخ هیچ اطلاعی از زمانبندی احداث پستها یا به عبارت دیگر پاسخ بهینه سالانه بدست نمی‌دهد و لازم است به طریقی این کار نیز انجام شود. به همین منظور تابع هزینه رابطه (۱۶) بار دیگر برای مقدار تقاضای سال T ($0<T<p-1$) بهینه میشود با این تفاوت که ضرایب α'_{p-1} و β'_{p-1} به α''_T و β''_T که از روابط زیر بدست می‌آید، تبدیل می‌گردد:

$$\alpha''_t = \alpha_t + \frac{1}{S_{f_{t,t}} - S_{f_{t,t-1}}} \cdot \left(\sum_{t=t+1}^{p-1} [(S_{f_{t,t}} - S_{f_{t,t-1}})\alpha_t] \right) \qquad (۱۹)$$

$$\beta''_t = \beta_t + \frac{1}{S_{to_t} - S_{co}} \left(\sum_{t=T+1}^{p-1} [(S_{to_t} S_{to_t})\beta_t] \right) \qquad (۲۰)$$

اما در این مرحله ضرورتی ندارد که این تابع روی تمام پستهای پیشنهاد شده بهینه شود، زیرا در مراحل قبل تمام پستهای مورد نیاز برای پاسخ بهینه نهایی تعیین شده است و فقط کافی است بهینه‌سازی روی پستهایی انجام شود که باید تا سال p-1 ساخته شوند اما تاکنون احداث نشده‌اند. بنابراین تابع هزینه مربوط به این مرحله به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$C'_{Aut_{t,t}} = [\sum_{\mu NSF} \sum_{ZeNSC} CSI_{joz} Y_{S_{p-1}} + \sum_{\mu NFF} CFI_{p-1}]\alpha''_t \cdot$$
$$[\sum_{\mu NSE} (\sum_{ZeNsc} CSL_{jtz} + CLSF_{jtz}) Y_{Sjtz} + \sum_{\mu NSE} (CSL_{jt} + CLSF_{jtz})]B''_t \qquad (۲۱)$$

محدودیت‌هایی که باید در نظر گرفته شود نیز همانند سابق است با این تفاوت که p-1 باید به T تبدیل شود. کلیه مرحله که برای رسیدن به پاسخ بهینه مربوط به سال مقصد انجام شد، در اینجا نیز تکرار می‌شود و شبکه‌ای که بدست می‌آید طرح کوتاه مدت مربوط به سال T را بدست می‌دهد.

۵ ـ کاربرد مدل :

مدل بدست آمده برای گسترش بهینه پستهای توزیع، به شبکه شکل (۲) اعمال شده است. شکلهای (۳) تا (۶) ناحیه سرویس‌دهی پستهای انتخاب شده و جدول (۱) بارگذاری و ظرفیت پستهای شبکه را نشان می‌دهند.

نتیجه :

در این مقاله، نحوه مدل‌سازی شبکه‌های توزیع و روش بهینه‌سازی بکار رفته، به منظور دستیابی به مکان، ظرفیت، ناحیه سرویس دهی و زمان‌بندی احداث پستهای توزیع در طول پریود طراحی شبکه به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. بر مبنای مدل و روش ارائه شده، نرم‌افزار کامپیوتری «طراحی بهینه شبکه‌های توزیع» در مرکز تحقیقات نیرو، توسط نگارندگان مقاله آماده گردیده و برای شبکه نمونه‌ای نیز نتایج حاصل از آن ارائه شده است، با توجه به نتایج حاصل، به کمک این نرم‌افزار می‌توان طرح بلند مدت گسترش پستهای شبکه توزیع را، با در نظر گرفتن پستهای موجود، بدست آورد به گونه‌ای که در نتایج حاصل، برنامه زمان‌بندی احداث پستها تا سال مقصد (سال آخر پریود طراحی)، به صورت طرحهای کوتاه مدت سالانه مشخص می‌گردد. این نرم‌افزار با توجه به ساختار و نیازهای شبکه‌های توزیع کشورمان تهیه گردیده و می‌تواند بطور وسیع توسط مهندسین طرح در شرکتهای توزیع مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع :

1. D.I.Sun, D.R.Farris, P.F.Cote, R.R.Shoulters and M.S. Chen: "Optimal distribution substation and primary feeder planning via the fixed charge network formulation", IEEE Trans., PAS-101 (1982), 602-609.

   M.A.El-Kady: "Computer-aided planning of distribution substation and primary feeders", IEEE Trans., PAS-103 (1984), 1183-1189.

3. H.K.Youssef and R.Hackam: "Dynamic Solution of distribution planning in intermediate time range", IEEE Trans., PWRD-3 (1)(1988), 341-3480.

4. T.Gonen and I.Ramirez-Rosado: "Optimal multi-stage planning of power distribution systems", IEEE Trans., PWRS-2 (1987), 512-519.

5. I.Ramirez-Rosado and T.Gonen: "Pseudodynamic planning for expansion of power distribution systems", IEEE Trans., PWRS-6 (1)(1991), 245-253.

6. D.M.Crawford and S.B.Holt: "A mathematical optimization technique for locationg and sizing distribution substation, and deriving their optimal service areas", IEEE Trans. PAS-94 (1975), 230-235.

7. E.Masud: "An interactive procedure for sizing and timing distribution substations using optimization techniques", IEEE Trans., PAS-93 (1974).

8. G.L.Thompson and D.L.Wall: "A branch and bound model for choosing optimal substation locations", IEEE Trans., PAS-100 (1981), 2683-2688.

9. H.L.Willis, H.N.Tram and R.W.Powell: "Substation siting and capacity selection based on diversity maximiztion", IEEE Trans., PWRS-2 (3)(1987).

10. W.J.Denton and D.N.Reps: "Distributin substation and primary feeder planning", AIEE Trans., PAS-74 (1955), 484-499.

K.Nara, T Satoh, H.Kuwahara, K.Aoki, M.Kitagawa and T.Ishihara: "Distribution Systems expansion planning by multi-stage branch exchange". IEEE Trans., PWRS-7 (1)(1992), 208-214.

۱۲ ـ احمد گرجی: "طراحی بهینه شبکه‌های توزیع" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دی‌ماه ۱۳۷۳، دانشگاه صنعتی شریف.

« فهرست علائم »

MP ... تعداد ماکزیمم آشفتگی

NFC ... مجموعه ظرفیتهای پیشنهاد شده برای فیدر

NFE ... مجموعه شاخه‌های فیدر موجود

N_{mf} ... تعداد فیدرهای اصلی خارج شده از پست

NSC ... مجموعه ظرفیت‌های پیشنهاد شده برای پست

NSE ... مجموعه گره‌های پستهای موجود

NSF ... مجموعه گره‌های پیشنهاد شده برای احداث پست

NSF_{TP-1} ... مجموعه پستهای که باید تا سال p-1 احداث شود و تا سال T ساخته نشده است.

NT ... مجموعه ترانسفورماتورهای پست

CF[ریال] ... هزینه فعلی شده فیدر

CFI[ریال] ... هزینه سرمایه‌گذاری فیدر

CFL[ریال] ... هزینه تلفات فیدر

CLSF[ریال] ... هزینه تلفات فیدرهای ناحیه سرویس‌دهی پست

ϕ ... زاویه توان

CS[ریال] ... هزینه فعلی شده پست

CSI[ریال] ... هزینه سرمایه‌گذاری پست

C_{ub}[ریال] ... کران بالای هزینه

D[ریال/kW] ... هزینه تقاضای همتراز شده سالانه تلفات

F_{is} ... ضریب تلفات

l[km] ... طول فیدر

S_{FT}[kVA] ... توان منتقل شده بوسیله فیدر

S_{ss}[kVA] ... توان تغذیه شده بوسیله پست (مجموعه توانهای تغذیه شده بوسیله ترانسفورماتورهای آن پست)

S_{TN}[kVA] ... توان نامی ترانسفورماتور

S_{TS}[kVA] ... توان تغذیه شده بوسیله ترانسفورماتور

V_{Nom}[kV] ... ولتاژ خط نامی

X_{mf}[Ω/km] ... راکتانس واحد طول فیدر اصلی خارج شده از پست

$\%\Delta V_{max}$ ... ماکزیمم درصد افت ولتاژ مجاز

$A_s[km^2]$ ..... مساحت ناحیه سرویس‌دهی پست

$C_e[ریال/kWh]$ ..... بهای انرژی

NSF' ..... مجموعه پستهای پیشنهاد شده برای احداث که ساخته نمی‌شود

$NSF'' = NSF - NSF'$

$P_{cu}[kW]$ ..... تلفات مسی ترانسفورماتور در بار نامی

$P_{fe}[kW]$ ..... تلفات آهنی ترانسفورماتور

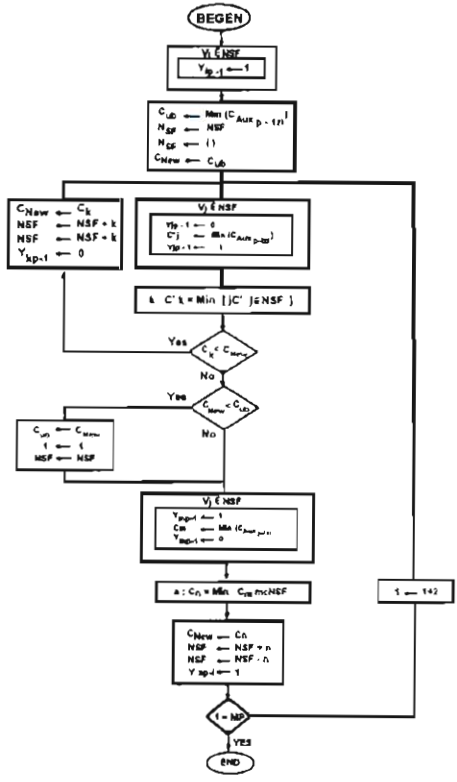
$p[سال]$ ..... پریود طراحی

$P_{LSF}[kW]$ ..... تلفات فیدرهای ناحیه سرویس‌دهی پست

$r[\Omega/km]$ ..... مقاومت واحد طول فیدر

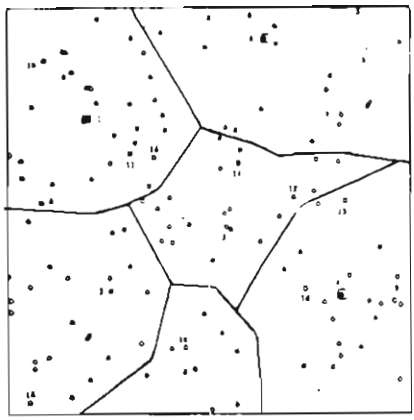
$r_{mf}[\Omega/km]$ ..... مقاومت واحد طول فیدر اصلی خارج شده از پست

$S_{fc}[kVA]$ ..... بار پیش‌بینی شده کل سیستم



	Year0	Year1	Year2	Year3	Year4
Sub.	874	966	1024	887	988
No.1	1250	1250	1250	1250	1250
Sub.	984	1040	1060	1076	1102
No.2	1250	1250	1250	1250	1250
Sub.	1039	1310	1447	1343	1106
No.3	1750	1750	1750	1750	1750
Sub.	457	496	488	741	746
No.4	500	500	500	750	750
Sub.	507	604	605	619	923
No.5	630	630	630	930	945
Sub.	244	983	1086	984	997
No.6	1600	1600	1600	1600	1600
Sub.	0	544	675	668	811
No.7	0	1000	1000	1000	1000
Sub.	0	0	0	320	409
No.8	0	0	0	500	500
Sub.	0	0	0	0	494
No.9	0	0	0	0	500
Sub.	0	794	841	892	991
No.11	0	1000	1000	1000	1000

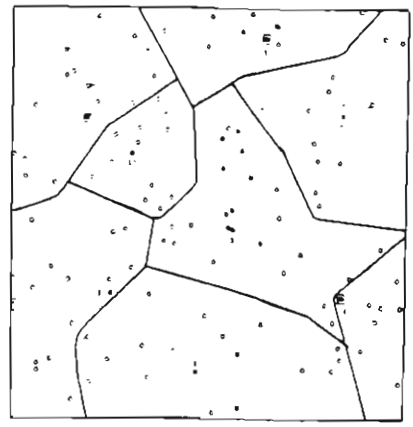
« جدول (۱) S_{SS} و S_{SN} برای پستهای شبکه »



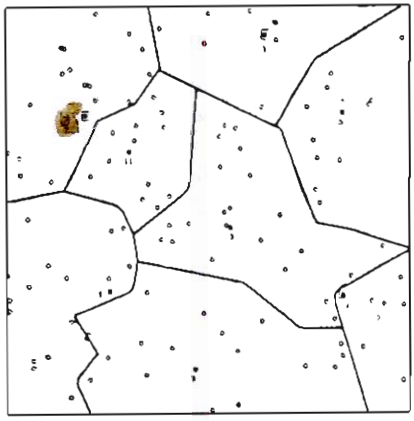
راهنما:

- پست موجود
- پست پیشنهادشده برای احداث
- پست موجود پیشنهادشده برای افزایش ظرفیت
- پست انتخاب شده برای احداث
- پست انتخاب شده برای افزایش ظرفیت
- بار

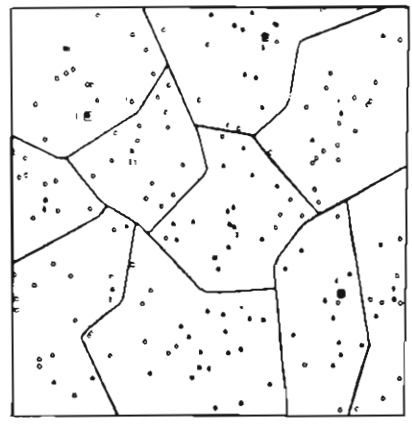
شکل (۲) ناحیه سرویس دهی پستها در سال پایه و مکانهای پستهای پیشنهادی



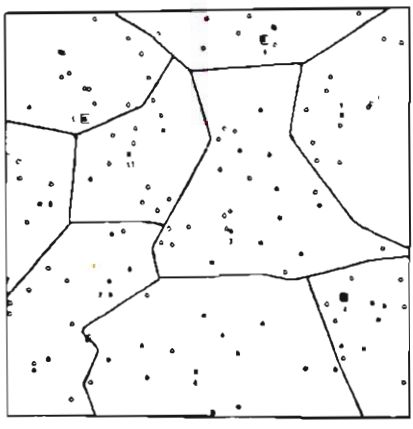
شکل (۴) ناحیه سرویس دهی پستها و مکانهای پستهای احداث شده در سال ۲



شکل (۳) ناحیه سرویس دهی پستها و مکانهای پستهای احداث شده در سال ۱



شکل (۶) ناحیه سرویس دهی پستها و مکانهای پستهای احداث شده در سال ۴



شکل (۵) ناحیه سرویس دهی پستها و مکانهای پستهای احداث شده در سال ۳