I.P.I.S

67-202
1 St . edition
July . 2002

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic Of Iran

وزارت نیرو

Ministry Of Energy

سازمان مدیریت تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)

Iran Power Generation & Transmission Management Organization – Head Office (Tavanir)

۶۷-۲۰۲

چاپ اول

تیر ۱۳۸۱

استاندارد صنعت برق ایران

معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی

شبکه‌های توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)

قسمت دوم ـ معیارها و اصول برنامه‌ریزی

Iran Power Industry Standards – Design Criteria and Planning of Medium Voltage Distribution Networks

Part Two : Planning Criteria

"استاندارد معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)"

قسمت دوم ـ معیارها واصول برنامه‌ریزی

رئیس	**سمت یا نمایندگی**
خانشی، جمشید (لیسانس مهندسی برق)	شرکت مهندسین مشاورنیرو
اعضاء	
اعرابیان، یزدان (لیسانس مهندسی برق)	شرکت مهندسین مشاورنیرو
فرشچیان، امیر (فوق‌لیسانس مهندسی برق)	شرکت مهندسین مشاور نیرو
دبیر	
حالتی املشی، محمود (فوق‌لیسانس مهندسی برق)	شرکت مهندسین مشاورنیرو

این گزارش توسط آقای اسماعیل زارعی ویراستاری گردیده است.

ردیف	عنوان	صفحه

پیشگفتار ..... ب ۱

مقدمه ..... پ

۱ هدف ۱

۲ دامنه کاربرد ۱

۳ ساختار سیستم توزیع و اجزاء آن ۱

٤ برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع ۳

٥ مروری بر مدلها و روشهای برنامه‌ریزی ۲۰

٦ نتیجه‌گیری ۳۰

واژگان ۳۱

پیشگفتار

استاندارد برحسب مورد عبارتست از تعیین تمام یا برخی از خصوصیات و مشخصات هر جوهره (محصول، فرآیند، سازمان یا فرد) و اطمینان از کیفیت آن از قبیل :

کالا (Material) : شامل : اجزاء تشکیل‌دهنده، ترکیب مواد اولیه، جنس، منشاء، کمیت، شکل، رنگ، وضع ظاهر، وزن، ابعاد، عیار، فهرست مقادیر، نحوه استفاده، شرایط کاری، شرایط محیطی و آب و هوائی، مشخصات فنی، تواناییها، قابلیتها، فهرست اطلاعات داده شده توسط خریدار، فهرست اطلاعات خواسته شده از سازنده، اطلاعات شرایط محیطی و آب و هوائی، بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری.

مهندسی (Engineering) : شامل : معیارها، مبانی، نیازها و خواسته‌ها، اطلاعات موردنیاز جهت طراحی و انتخاب نرم‌افزارها، شاخصها و پارامترهای مشخص کننده طراحی، روش قدم به قدم طراحی، یک نمونه طراحی، جداول طراحی، مشخصات فنی و قابلیتها، خواص، ایمنی، بهداشت، اقتصاد، نقشه‌ها، طرح تفضیلی، محاسبات، دستورالعملها، راهنمای کاربردی، معیارهای طراحی، شرایط محیطی و ضرایب اطمینان.

اجرائی (Construction) : شامل : ساخت، نشانه و علامت‌گذاری، بسته‌بندی، حمل و نقل، نصب، فونداسیون، سازه، ساختمان، تأسیسات، راه‌اندازی، راهبری و بهره‌برداری، ابزار و وسائل خاص، فصل مشترکها، نگهداری و تعمیرات، دستورالعمل نصب، ابزار مخصوص، تنظیمات.

بازرسی (Inspection) : شامل : کیفیت، آزمایش در طول ساخت، آزمایش و راه‌اندازی، آزمایش دوره‌ای، ارزیابی، فرمهای کنترل کیفی، روش کنترل کیفی و تأییدها.

عمومی (General) : شامل : فرمها، نحوه یکنواخت کردن اوراق اداری، اسناد بازرگانی و مالی، اولویتها، روشها، توصیه‌ها، تفسیرها، ملزومات، مقررات و قوانین، سیاستها، استانداردهای مورد استفاده.

ساختار (Structure) : شامل : طرح و ساختار گزارش و خلاصه آن، تهیه و تدوین‌کنندگان منابع، مراجع و استانداردهای مورد استفاده، عناوین، هدف و دامنه کاربرد، تعاریف، متن اصلی، عبارات، جداول، ... نظرات و پیشنهادات، آمار و اطلاعات، اشکال، جداول منحنی‌ها، نقشه‌ها، فرمولها، نمودارها، نتیجه، واژگان، پیوستها، سبک نگارش.

این استاندارد جهت استفاده در صنعت برق تهیه و به تصویب مقام محترم وزارت نیرو رسیده است. بنابراین رعایت آن برای کلیه شرکتهای تابعه و وابسته وزارت نیرو الزامی می‌باشد.

با توجه به ضرورت ارائه استانداردی در زمینه طراحی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشارمتوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت) جهت تأسیس و توسعه آتی اینگونه شبکه‌ها و همچنین داشتن مدلهای نمونه سیستمهای توزیع برای آزمون برنامه‌های کامپیوتری که توسط محققین مختلف تهیه می‌گردد. دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و فن‌آوری را بر آن داشت تا نسبت به تهیه استاندارد معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشارمتوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت) اقدام نماید شماره جلدها و عناوین این مجموعه استاندارد در صفحه بعد مشخص شده است.

امید است بکارگیری این استاندارد، در پیشبرد امور جاری و پروژه‌های اجرایی شرکتهای محترم توزیع برق مؤثر واقع گردد.

منابع و مراجعی که برای تهیهٔ این استاندارد به کار گرفته شده، به شرح زیر است :

1. T.Gonen, "Electric power Distribution system Engineering", Mc Graw - Hill, New york, 1986.

۲ـ "مهندسی توزیع نیروی برق" آنتونی جی . پانزینی، ترجمه گروه مترجمین برق منطقه‌ای تهران، زمستان ۱۳۷٦

۳ـ "دیدگاههای مهم برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت در سیستم توزیع"، محمدهادی ایزدی و آرمین دباغچی، شرکت مشانیر، پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق ۱۳۷٤، صفحات ۱۲۱ تا ۱۳۷.

4 - Heshan K.Temraz, "Distribution system expansion planning models: an overview", Electric power systems research, vol. 26, 1993, PP.61- 70.

5 - "IEEE Recommended practice for electric power distribution for industrial plants", IEEE st 141-1986.

٦ ـ "ضرورت برنامه‌ریزی و مراعات‌ظرفیت‌های‌ذخیره‌ای عقلائی‌درسیستم توزیع نیرو" احمدعلی بهمن‌پور، برق منطقه‌ای تهران، پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق ١٣٧٤ و صفحات ٨٥ تا ٩٨

7 - Electric Utility Engineering Reference book" Vol. 3, " distribution system", by westing house Elecrtic corporation.

8 - S.K. Goswami, "Distribution System Planning Using Branch Exchange Technique." IEEE Trans on Power Systems, Vol. 12, No. 2, May, 1997 PP 718-723.

مقدمه

بطور کلی ساختار یک سیستم قدرت از چهار قسمت اساسی تولید، انتقال، فوق‌توزیع و توزیع تشکیل شده است. یک سیستم توزیع، بنابه تعریف به قسمتی از سیستم قدرت که بین پست‌های فوق‌توزیع و اتصالات سرویس مصرف‌کنندگان قرار دارد، اطلاق می‌گردد. منابع قدرت در نزدیکی مکانهای مصرف قرار دارد و اکثر مصرف‌کنندگان باید بوسیلهٔ سیستم توزیع سرویس داده شوند. منابع قدرت شامل پستهای است که ازخطوط فوق‌توزیع تغذیه می‌گردند.

هزینهٔ سیستم توزیع عامل مهمی در قیمت انرژی تحویلی به مصرف‌کنندگان بشمار می‌رود و در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از کل هزینه سرمایه‌گذاری سیستم قدرت به سیستم توزیع آن تعلق دارد. در نظر گرفتن این مطلب در کنار تلفات قابل توجه در سیستم توزیع که بخش اعظمی از کل تلفات سیستم قدرت را شامل می‌شود، نشاندهندهٔ اهمیت زیاد سیستم توزیع و تأثیر بسیار آن در هزینه‌های کل سیستم می‌باشد. علاوه‌بر اینها نزدیکی شبکهٔ توزیع به مصرف‌کنندگان یکی دیگر از دلایل اهمیت بسیار آن می‌باشد.

لذا با توجه به مطالب فوق، برنامه‌ریزی صحیح و متعاقب آن طراحی مناسب شبکهٔ توزیع، نقش بسیار مهمی در کاهش هزینه و تلفات و افزایش رضایت خاطر مشرکین در مجموعهٔ عملکرد سیستم قدرت دارد. برنامه‌ریزی از نقطه نظر کاربردی به دو دستهٔ برنامه‌ریزی استراتژیک و برنامه‌ریزی اجرایی تقسیم می‌گردد. استاندارد حاضر در محدودهٔ برنامهٔ‌ریزی استراتژیک بوده و برنامه‌ریزی اجرایی در محدودهٔ فعالیتهای مکانیزاسیون و شاخه‌های عملیاتی توزیع می‌باشد.

"استاندارد معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)"

قسمت دوم ـ معیارها واصول برنامه‌ریزی

۱ ـ هدف

مطالعه، بررسی و تعیین اصول برنامه‌ریزی در شبکه‌های توزیع نیروی برق می‌باشد.

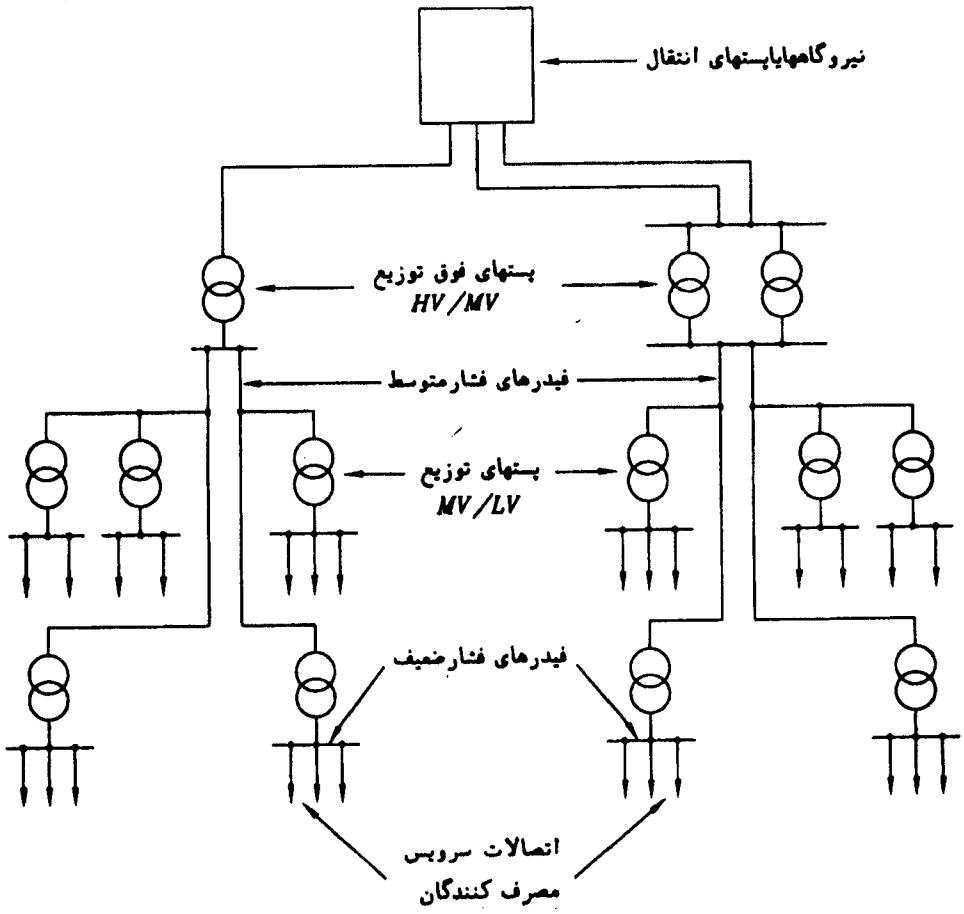
۲ ـ دامنه کاربرد

این جلد در جهت برنامه‌ریزی استراتژیک بلندمدت و میان‌مدت شبکه‌های توزیع فشارمتوسط ۲۰ و ۳۳ کیلوولت بکار می‌رود.

۳ ـ ساختار سیستم توزیع و اجزاء آن

در حالت کلی می‌توان یک سیستم توزیع را به قسمتهایی شامل فیدرهای فشارمتوسط، پستهای توزیع، فیدرهای فشارضعیف و اتصالات سرویس مصرف‌کنندگان دسته‌بندی نمود. در این بررسی، بدلیل ارتباط مستقیم توزیع و فوق‌توزیع توسط ترانسفورماتورهای فوق‌توزیع، پستهای فوق توزیع نیز مد نظر قرار گرفته است. این قسمتها در شکل شماره (۱) نشان داده شده‌اند.

مدارهای فوق‌توزیع از منابع قدرت به چندین پست فوق‌توزیع که در ناحیهٔ بار (مصرف) قرار دارند، امتداد یافته است. این مدارها ممکن است به صورت مدارهای شعاعی که فقط به یک منبع قدرت متصل شده‌اند و یا به صورت مدارهای حلقوی و یا رینگ که به یک یا چند منبع قدرت از هر دو طرف اتصال یافته‌اند، وجود داشته باشد. نوع خطوط بکار رفته نیز شامل کابلهای زمینی یا خطوط هوایی و یا ترکیبی از این موارد می‌باشد.



بخشهای مختلف سیستم توزیع

«شکل شماره۱»

بطور معمول هر پست فوق‌توزیع ناحیهٔ بار خود را که یک زیر بخش از ناحیهٔ سرویس‌دهی سیستم توزیع است، تغذیه می‌نماید و در آن ولتاژ فوق توزیع به ولتاژ توزیع تبدیل می‌شود. یک پست فوق‌توزیع، یک یا چند ترانسفورماتور به همراه تجهیزات مورد نیاز برای تنظیم ولتاژ شینه‌ها، کلیدها و ... را در برمی‌گیرد.

منطقهٔ سرویس‌دهی بوسیلهٔ هر پست فوق‌توزیع به چند بخش تقسیم می‌شود و هر بخش بوسیلهٔ یک فیدر فشارمتوسط تغذیه می‌گردد. این فیدرهای فشارمتوسط از شینه فشارمتوسط پست فوق‌توزیع خارج می‌شوند و به ناحیهٔ بار تحت پوشش خود امتداد می‌یابند.

پستهای توزیع بطور معمول به فیدرهای فشارمتوسط خود متصل می‌شوند و ولتاژ فشارمتوسط را به ولتاژ مصرف کاهش می‌دهند. هر ترانسفورماتور و یا مجموعه‌ای ازآنها، یک یا چند گروه از مصرف‌کنندگان را

از طریق فیدرهای فشارضعیف سرویس می‌دهند. فیدرهای فشارضعیف و نیز اتصالات سرویس مصرف‌کنندگان ممکن است از کابل یا سیم هوایی تشکیل شده باشند.

سیستم توزیع در هر سیستم قدرت، دارای جایگاه ویژه‌ای است. کارآیی یک سیستم توزیع در انجام این وظایف بر حسب افت ولتاژ مجاز، تلفات تداوم سرویس‌دهی ، قابلیت انعطاف، بازدهی و هزینهٔ آن بیان می‌شود.

بنابراین می‌توان مسأله بهینه‌سازی یک سیستم توزیع را در طراحی، تجهیز، بهره‌برداری و نگهداری آن بطوریکه بتواند سرویس‌دهی مناسبی را در ناحیهٔ بار، تحت ملاحظات فوق، هم درحال و هم در آینده، با کمترین هزینهٔ ممکن انجام دهد، خلاصه نمود. متأسفانه نمی‌توان نوع بخصوصی از سیستم توزیع را یافت که به صورت اقتصادی برای تمام نواحی بار با شرایط متفاوت، قابل اعمال باشد و این مطلب به خاطر تفاوت در چگالی بارها، سیستم توزیع موجود، توپوگرافی و شرایط محلی حاکم بر یک ناحیه بخصوص است.

در هنگام مطالعه هر ناحیهٔ بار، بایستی تمام سیستم توزیع و فوق‌توزیع را از منابع قدرت تا مصرف‌کنندگان به عنوان یک واحد به حساب آورد. این واحد شامل پستهای فوق توزیع، فیدرهای فشارمتوسط، پستهای توزیع و فیدرهای فشارضعیف می‌باشد که همهٔ این قسمتها به یکدیگر وابسته‌اند و باید بعنوان یک مجموعه کامل محسوب گردند، بگونه‌ای که صرفه‌جویی در هزینهٔ یکی از این قسمتها با افزایش بیشتری در هزینهٔ قسمت دیگری از سیستم خنثی نشود.

سیستم توزیع می‌بایست سرویس‌دهی را با کمترین تغییرات ولتاژ و کمترین میزان خاموشی انجام دهد. این خاموشیها تا حد ممکن باید کوتاه باشند و بر تعداد کمی از مصرف‌کنندگان تأثیر بگذارند. انعطاف‌پذیری سیستم طرح‌شده از آن جهت مطرح می‌شود که بتواند با کمترین اصلاح و هزینه، با تغییرات مشخصه‌های زمانی و مکانی بار هماهنگ شود. این انعطاف‌پذیری اجازه می‌دهد تا ظرفیت سیستم، به مقدار واقعی بار مورد نیاز نزدیک شده و در نتیجه بهترین استفاده از سرمایه‌گذاری را بعمل آورد.

٤ ـ برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع

٤-١- اصول، اهداف و برنامه‌های استراتژیک

برنامه‌ریزی یکی از فعالیتهای مهم برای هر شرکت توزیع می‌باشد که هدف اصلی آن " توسعه اقتصادی سیستم توزیع همگام با رشد بار با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان در سیستم" می‌باشد.

برنامه‌ریزی شبکه به سه‌ردهٔ بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه مدت تقسیم می‌شود. برنامه‌ریزی بلندمدت شامل راه‌کارهای توسعهٔ شبکه و بهبود قابلیت اطمینان در بازه‌های زمانی بیش از ۵ سال، برنامه‌ریزی میان‌مدت در بازهٔ زمانی ۳ تا ۵ سال و برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت برای مدت حداکثر یک سال می‌باشند. اهداف هر یک و روش برنامه‌ریزی برای آنها متفاوت می‌باشد.

در برنامه‌ریزی بلندمدت می‌بایست اطلاعات مربوط به طرح تفصیلی شهرو سیاستهای موجود در مورد توسعهٔ صنایع مختلف و کشاورزی در منطقه مورد نظر و همچنین برنامه‌ریزیهای شبکهٔ قدرت در ردهٔ فوق‌توزیع و انتقال و همچنین نرخ رشد تعداد مشترکین در اختیار برنامه‌ریز قرار گیرد تا بتواند دیدگاههای صحیح و اساسی در مورد برنامه‌ریزی را با توجه به سیاستهای کلان شبکه اتخاذکند.

در برنامه‌ریزی بلندمدت بایستی ساختار کلی شبکه، چگونگی ارتباط شبکهٔ توزیع با شبکه‌های فوق‌توزیع و انتقال، و نهایتاً طرح گسترش شبکه برای سالهای آینده (با درنظر گرفتن رشدبار) تعیین گردند. به این منظور، سیاستهای کلی شبکهٔ قدرت، سیاستهای توسعه و برنامه‌های اقتصادی و صنعتی منطقه باید در نظر گرفته شوند. در برنامه‌ریزی میان‌مدت، ایجاد تغییرات ساختاری در شبکه مثل افزودن پستهای توزیع، افزودن فیدرهای فشارمتوسط برای بهبود وضعیت توزیع بار منطقه، اصلاح شبکه‌های قدیمی توزیع نیرو و ...، همچنین افزایش ظرفیت پستهای توزیع، افزایش ظرفیت انتقال توان در فیدرهای فشارمتوسط و ... مورد برنامه‌ریزی قرار می‌گیرد.

در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت که خارج از محدودهٔ این استاندارد است، انجام مانورهای اساسی، جابجائی موقت ترانسفورماتورها، انتقال بار بین فیدرها، انجام تغییرات موقت برای فعالیتهای تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده و .... تعیین می‌گردند.

هر یک از سه برنامه‌ریزی فوق‌الذکر به اطلاعات ورودی مخصوص به خود نیاز دارند که ورودیهای مورد نیاز جهت برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود.

- طرح تفصیلی شهرها، سیاستهای موجود در مورد توسعه صنایع مختلف و کشاورزی، برنامه‌ریزیهای شبکه فوق‌توزیع و انتقال ، سیاستهای کلی شبکه قدرت، در نظر گرفتن شبکه موجود، برآورد بار مورد نیاز در سالهای آتی و .... که جهت دریافت آنها می‌بایستی از طریق بررسی و آمارگیری از شبکهٔ موجود و نیز اطلاعات آماری سایر ارگانهای ذیربط اقدام نمود.

نتایج این برنامه‌ها بخشی از فعالیتهای شرکتهای توزیع در زمینه‌های احداث، توسعه، اصلاح و بهینه‌سازی را مشخص می‌نماید.

بهبود نحوهٔ برنامه‌ریزی و تکنیکهای تحلیل سیستم، این توانایی را به شرکت توزیع خواهد داد که با تعریف پروژه‌ها و بهره‌برداری به موقع از آنها، بتواند هزینه‌ها را کاهش داده یا سرمایه‌گذاری را به تأخیر اندازد.

با عنایت به محدودیتهای فنی و اقتصادی برای برنامه‌ریزی و طراحی بهترین سیستم توزیع انرژی الکتریکی، در قدم اول می‌بایستی توقعات خود را از این سیستم مشخص نموده و سیاستهای خود را بر مبنای این توقعات پایه‌ریزی کنیم. توقعات و سیاستهای کلان شبکهٔ قدرت عمدتاً عبارتند از:

۱- قابلیت اطمینان بالا و امکان تداوم سرویس‌دهی بطوریکه در هنگام بروز خطا، کوچکترین بخش از شبکه دچار خاموشی گردد.

۲- نیاز کمتر به احداث منابع تأمین انرژی (پستهای فوق‌توزیع) دراثر رشد مصرف بار و صرفه‌جویی در هزینه‌های مربوطه با اعمال روشهای مدیریت مصرف.

۳- امکان تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری آسان و کم هزینه با استفاده از امکانات لازم و انجام آموزشهای مرتبط.

٤- کسب رضایت مشترکین از نظر تأمین انرژی مورد نیاز در چارچوب استانداردهای تعریف‌شده از لحاظ کیفیت توان.

۵- امکان توسعهٔ شبکه در آینده با در نظر گرفتن مسائل فنی و اقتصادی

٦- وجود ظرفیتهای ذخیرهٔ معقول و قابل توجیه در شبکه

۷- پایین بودن میزان تلفات و افت ولتاژدر شبکه

پس از تعیین انتظارات از سیستم می‌بایست پارامترها و عوامل مؤثر بر برنامه‌ریزی شبکه شناخته شوند.می‌توان این عوامل را در حالت کلی به شرایط مصرف‌کننده، شرایط جغرافیایی منطقه، شرایط فنی شبکه و شرایط اقتصادی – اجتماعی تقسیم بندی کرد که بایستی توسط برنامه‌ریزان و طراحان به خوبی شناخته شوند. هر یک از عوامل زیر با توجه به تأثیر آن، در یکی از برنامه‌ریزیهای بلندمدت و میان‌مدت مورد بررسی قرار می‌گیرند. اهم رئوس این پارامترها عبارتند از:

۱- شرایط مصرف‌کننده شامل : سطح ولتاژ و رگولاسیون مورد قبول شکل منحنی ولتاژ از نظر میزان حضور هارمونیکها، میزان توان اکتیو مورد تقاضا، میزان پراکندگی و تعداد مصرف کنندگان، سطح قابلیت اطمینان مورد نیاز در تداوم تغذیه، میزان گسترش تقاضا و پیک بار در آینده و وضعیت فرهنگ مصرف انرژی الکتریکی

۲- شرایط جغرافیایی منطقه شامل : میزان تغییرات درجه حرارت، میزان رطوبت و تأثیر آن در مصرف برق در طول سال، محل نیروگاهها، پستها و خطوط انتقال و نزدیکی به مراکز مصرف انرژی و ...

۳- شرایط فنی در طرح شبکه شامل : سطح دانش فنی کشور، عملکرد شبکه با حداقل تلفات در خطوط، حداقل افت ولتاژ در قسمتهای مختلف شبکه، طراحی مناسب شبکه و اجزای آن، میزان توان تزریقی در هر نقطهٔ شبکه، نحوهٔ حفاظت شبکه و وجود هماهنگی بین رله‌ها، وجود ایمنی برای مصرف‌کنندگان، کارکرد اقتصادی اجزاء شبکه و سادگی طرح جهت سهولت بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات

٤- شرایط اقتصادی ـ اجتماعی شامل : سطح درآمد ساکنین منطقه، رشد متوسط سالیانه جمعیت منطقه، حجم سرمایه‌گذاری موجود در طرح شبکه و امکان ادامه آن، شرایط حاکم بر کشور و منطقه از قبیل جنگ، تشنج، فرهنگ و سنن و غیره

در بین مطالب فوق، بعضی از موارد از اهمیت بیشتری برخوردار است و موارد دیگر تنها توسط برنامه‌ریز در نظر گرفته شده یا در طراحی جزئیات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برنامه‌ریزی بلندمدت در شبکه توزیع بستگی به بار شبکه دارد و پس از طرح شبکهٔ فوق توزیع و انتقال انجام می‌شود. بطور مثال تعیین محل نصب نیروگاهها و پست‌های انتقال و فوق‌توزیع عامل مهمی در برنامه‌ریزی جهت تامین انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان می‌باشد. در حالیکه روش کلی برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و میان مدت شبکه، توسعه براساس شبکهٔ با ولتاژ پایین‌تر می‌باشد. مثلاً برنامه ریزی شبکهٔ ۲۰ کیلوولت با توجه به فیدرهای شبکهٔ فشار ضعیف و توسعهٔ آیندهٔ آنها و وضعیت رشد بار انجام می‌گیرد. اما جدا از عوامل فوق می‌توان گفت که برنامه‌ریزی سیستم توزیع در هر دو ردهٔ بلندمدت و میان‌مدت عبارت است از تحلیل کاملی که دو دیدگاه زیر را مد نظر دارد:

۱- سیستم فعلی : بدین معنی که این سیستم هم‌اکنون پیکره‌بندی و بارگذاری گردیده است و باید همواره اصل بهینه‌سازی در آن مدنظر باشد.

۲- سیستم آینده : بدین معنی که این سیستم باید طراحی شده و درآینده پیکره‌بندی و بارگذاری شده و به شبکهٔ موجود ضمیمه گردد.

دیدگاههای اساسی در این تحلیل که اصولی از برنامه‌ریزی شبکهٔ توزیع می‌باشد عبارتند از:

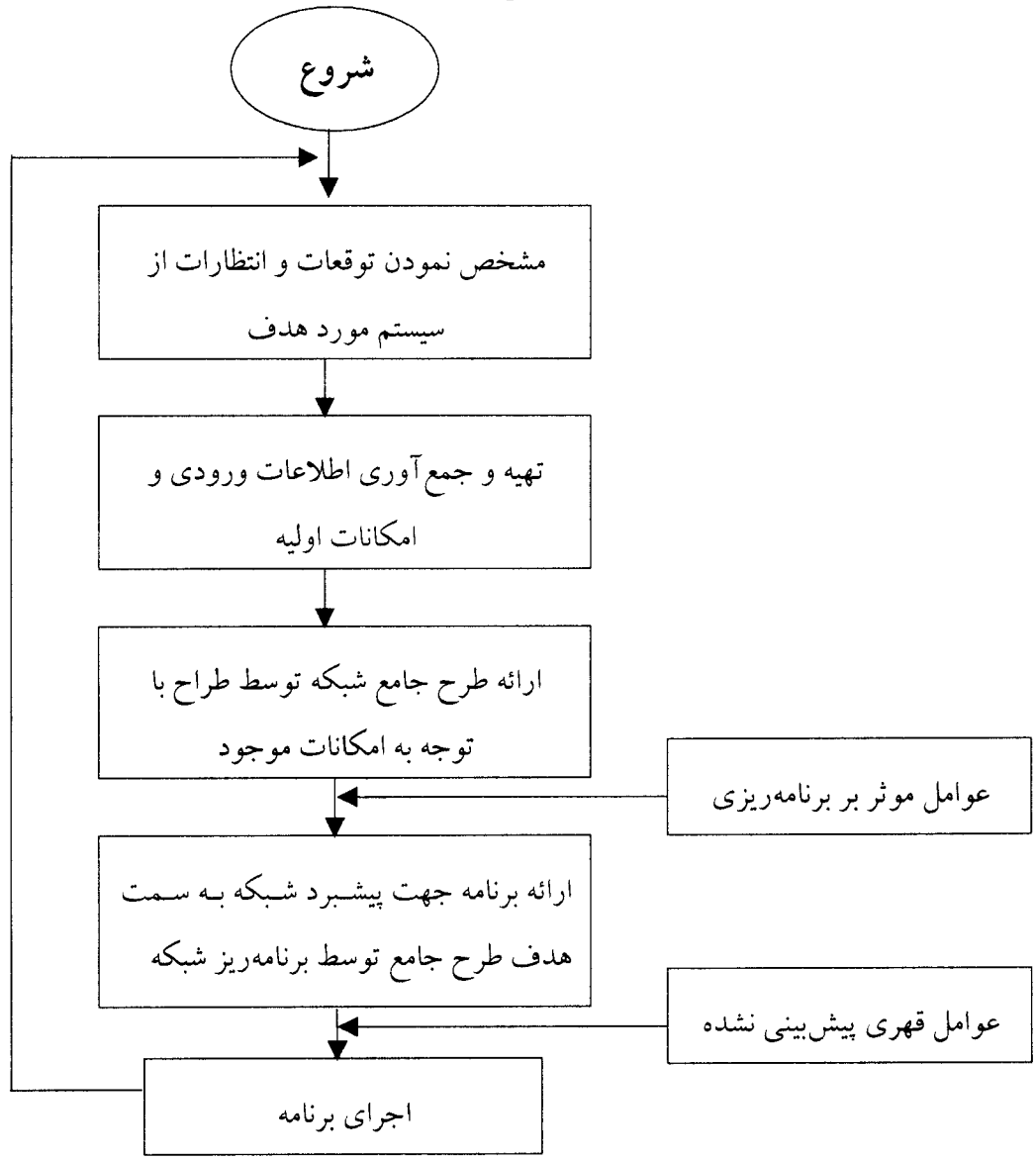
۱- بررسی رفتار بار سیستم و پارامترهای آن

۲- ظرفیت سیستم و قابلیت اطمینان آن

۳- بررسی مشخصات سیستم مثل سطح اتصال کوتاه، مشخصات سیستمهای حفاظتی و ...

٤- بررسی مشکلات فنی و رفع آنها و ارائه راه‌حل‌ها

بطور کلی میتوان پیکربندی فرآیند طرح و برنامه‌ریزی را بصورت شکل (۲) نمایش داد :



پیکربندی فرآیند طرح و برنامه‌ریزی

«شکل شماره ۲»

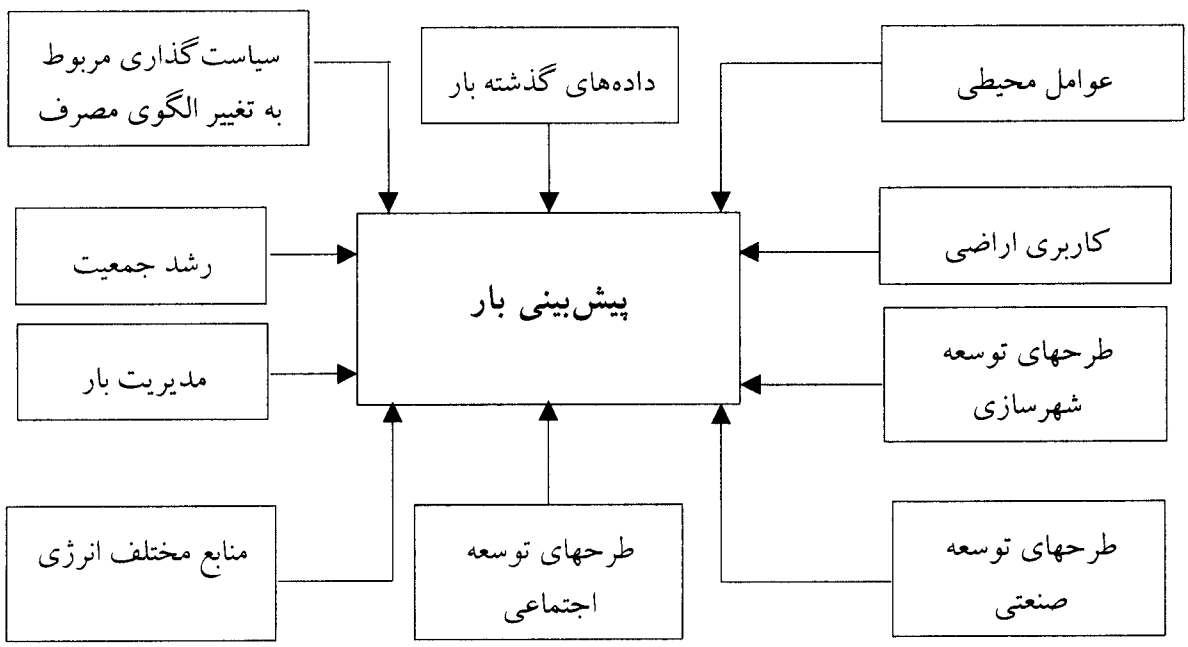
٤-٢- رفتار بار سیستم و پارامترهای آن

٤-٢-١- پیش‌بینی بار

پیش بینی افزایش‌بار و واکنش سیستم نسبت به آن، اساس روند برنامه‌ریزی شبکه را تشکیل می‌دهد.

دو مقیاس زمانی مهم در پیش‌بینی بار رایج است : پیش‌بینی درازمدت با محدودهٔ زمانی ۱۵ تا ۲۰ ساله و پیش‌بینی میان‌مدت با حداکثر محدودهٔ زمانی ۵ ساله. این پیش‌بینی‌ها درحالت ایده‌آل، بار آتی را حتی تا سطح هر مصرف‌کننده، با جزئیات پیشگوئی می‌کنند. اما در عمل و بخصوص برای برنامه‌ریزی شبکه‌های فشارمتوسط به تحلیل کمتری نیاز می‌باشد. در شکل شمارهٔ (۳) بعضی عوامل مؤثر بر پیش‌بینی بار نشان داده شده است. همان گونه که انتظار می‌رود، رشد بار شدیداً وابسته به جامعه و نحوهٔ توسعهٔ آن است. شاخصهای اقتصادی، داده‌های جمعیت‌شناسی و طرحهای کاربری اراضی، همگی به عنوان پارامترهای مؤثر بر پیش‌بینی بار مطرح می‌باشند. در کشور ما، دسترسی به اطلاعات فوق‌الذکر در پریودهای درازمدت تقریباً غیرممکن است. بنابراین تأثیر اکثر عوامل موثر در رشد بار که در شکل شماره (۳) آورده شده‌اند، قابل بررسی نبوده و همانگونه که در استاندارد شمارهٔ ۲۰۳-٦٧ تحت عنوان ((معیارهای تعیین بار)) اشاره شده است، از روش ترندینگ استفاده می‌گردد.

البته قابل ذکر است که عواملی مثل سیاست‌گذاری در جهت تغییر الگوی مصرف نیز می‌بایستی در نظر گرفته شوند، با توجه به اینکه نتایج این سیاست‌گذاریها قابل پیش‌بینی نمی‌باشد، لذا نمی‌توان تأثیر آنها را نادیده گرفت.



عوامل موثر بر پیش‌بینی بار

«شکل شماره ۳»

- عوامل محیطی : پارامترهای آب و هوایی مثل درجه حرارت، رطوبت و ... از عواملی هستند که تأثیر بسزایی در فرهنگ مصرف منطقه دارند. استفاده از وسایل گرمایش و سرمایش باعث ایجاد تغییرات زیادی در مدل بار می‌شوند.

- داده‌های گذشتهٔ بار : در صورتیکه یک بانک اطلاعاتی جامع از بار مصرفی منطقه در سالهای گذشته در دسترس باشد، معیار بسیار مناسبی برای پیش‌بینی رفتار مصرف برق در اثر گذشت زمان بوده و حتی مدلی از تغییر فرهنگ مصرفی منطقه به ازای رشد جمعیت آن را ارائه می‌نماید.

- کاربری اراضی: در شرایطی که برنامه‌ریزیهای کلان اراضی منطقه در دسترس باشد و کاربری این اراضی در سالهای آینده تعیین شده باشد، اطلاعات مفیدی دربارهٔ پیش‌بینی بار منطقه ارائه می‌نماید.
- رشد جمعیت: یکی از مهمترین عوامل مؤثر در رشد بار منطقه، افزایش جمعیت و روند مهاجرت‌های احتمالی و دیگر تغییرات جمعیتی منطقه است که مستقیماً در بار مصرفی منطقه تأثیر می‌گذارد.
- طرحهای توسعهٔ شهر سازی : در صورتیکه برنامه‌ریزی کلان منطقه از نقطه نظر توسعهٔ شهرسازی مدون شده باشد، اطلاعات مفیدی را در مورد جمعیت و بار مصرفی آینده ارائه می‌نماید.
- طرحهای توسعهٔ صنعتی : یکی از مشکلات پیش‌بینی بار یک منطقه، احداث مراکز صنعتی بزرگ می‌باشد که به مقدار قابل ملاحظه‌ای مصرف برق را افزایش می‌دهد. بدین منظور اطلاع از طرحهای توسعهٔ صنعتی در سالهای آتی از اهمیت بالایی برخوردار است.
- طرحهای توسعهٔ اجتماعی: برخی از برنامه‌های توسعه اجتماعی منطقه تأثیر مستقیم بر مصرف بار خواهد داشت.
- بنابراین اطلاع از طرحهای آینده برای پیش بینی بار مفید می‌باشد.
- منابع مختلف انرژی : توسعهٔ منابع انرژی غیرالکتریکی مثل توسعهٔ شبکهٔ گازرسانی، عموماً بر روی مصرف انرژی الکتریکی تأثیر خواهد گذاشت.
- مدیریت بار: یکی از مباحث مهم در مدیریت شبکه‌های توزیع، مبحث مدیریت بار است که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر الگوهای مصرف و توزیع بار در ساعات شبانه روز و ...خواهد داشت.

علاوه بر تقسیم‌بندی انواع پیش‌بینی بار از نظر مدت زمان پیش‌بینی که به دو دسته میان‌مدت و بلندمدت تقسیم می‌شود، دو نوع پیش‌بینی بار در طرحهای توسعهٔ سیستم وجود دارد که نوع اول عبارت است

ازپیش‌بینی بار کل ناحیه به صورت کلی (Global) و نوع دوم عبارت است از پیش‌بینی بار محلی یا جزئی (Local)، بدین معنی که بار کلی به قسمتهای کوچکتری در ناحیه تقسیم شده و به طور مستقل پیش بینی می‌گردد. در تحلیل سیستم توزیع، روش اول (کلی) قابل استفاده نبوده و فقط از پیش‌بینی بار به صورت نوع دوم (جزئی) برای طراحی آیندهٔ سیستم توزیع می‌توان استفاده کرد (چه در برنامه‌ریزی بلندمدت و چه در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت)، چرا که رشد بار در شبکه توزیع غیریکنواخت است. لذا پیش‌بینی بار و داشتن اطلاعات از پارامترهای دخیل بر روند مصرف انرژی الکتریکی، نقطهٔ شروع مبحث برنامه‌ریزی خواهد بود.

٤-٢-٢- مدیریت بار

به علت محدودیتهای مالی (مانند هزینهٔ زیاد نیروی کار، مواد و نرخ بهره)، وابستگیهای محیطی و کمبود فعلی سوخت (یا بهای زیاد آن)، موضوع تقاضاهای انرژی الکتریکی بایستی مورد بازبینی قرار گیرد و با اعمال مدیریت بار صحیح در شبکه، از توسعهٔ ظرفیت حتی‌الامکان خودداری شود. مزایای حاصل از مدیریت بار بسیار وسیع است.

دگرگونی در الگوهای بهره‌برداری ازانرژی الکتریکی، نه تنها بر برنامه‌ریزی و احداث تجهیزات سیستم مؤثر است، بلکه بارگذاری تجهیزات توزیع را نیزتغییر می‌دهد.

شرایط یک برنامهٔ مدیریت بار موفق را می‌توان چنین مشخص کرد:

١- باید بتوان تقاضا را در دوره‌های بحرانی بار سیستم کاهش داد.

٢- باید نسبت هزینه به سود آن قابل قبول باشد.

٣- کارکرد آن باید با طراحی و کارکرد سیستم سازگار باشد.

٤- باید دارای قابلیت اطمینان قابل قبولی باشد.

٥- قابلیت اعتماد و ایمنی قابل قبولی برای مشترکین تأمین کند.

٦- مشترکین را در تغییر الگوهای مصرف و ترکیب بارهای مصرفی به سمت حذف یا کاهش بارهای راکتیو سوق دهد.

٤-٣- شاخصهای برنامه‌ریزی

در بخش برنامه‌ریزی شبکهٔ توزیع باید شاخصهای کلی زیر مدنظر قرار گیرند:

٤-٣-١- ظرفیت

تأمین ظرفیت مناسب اضافی برای قسمتهایی از سیستم که به علت رشد بار بـه آن نیـازمند هسـتند، از اهـداف برنامه ریزی می‌باشد. قطع برق و خاموشیهای موضعی طولانی بویژه در ماههای حداکثر مصـرف از مـهمترین نقاط ضعف شبکه‌های توزیع بشمار می‌روند و درجهٔ تداوم سرویس از مهمترین شاخصهای ارزیـابی کیفیـت برق‌رسانی می‌باشد.

چنانچه کاهش خاموشی در مواقع بروز عیب و اتصالی‌هـای پـایدار در شـبکهٔ توزیـع و درجـهٔ قـابل قبولـی از تـداوم سـرویس‌دهی، مدنظـر باشـد، ضرورتاًبـاید بـه مـیزان مناسـب ظرفیـت ذخـیره در پسـتها و فیدرهـای فشارمتوسط و ضعیف درنظر گرفته شـود. اهمیـت و حساسـیت پیش‌بینـی و مراعـات ایـن ظرفیـت ذخـیره در فیدرهایی که در معرض انواع حوادث خارجی هستند، بیشتر از پستها می‌باشد.

این شاخص هم در برنامه‌ریزی بلندمدت و هم در برنامه‌ریزی میان‌مدت تأثیر می‌گذارد.

٤-٣-٢- قابلیت اطمینان

شرکتهای برق باید برق‌رسانی مداوم و با کیفیت مطلوب (از نظر ولتاژ و فرکانس) برای مشترکین خود، بـا در نظر گرفتن عوامل فنی و اقتصادی فراهم کنند. تداوم برق‌رسـانی بـه معنـی تـامین تقاضـای انـرژی مـورد نیـاز مصرف‌کننده بطور مستمر، همراه با تأمین ایمنی افراد و دستگاهها می‌باشد.

امروزه، با پیشرفت فن‌آوری و مدرن‌تر شدن زندگی اجتمـاعی، لـزوم تـداوم در سـرویس‌دهی بـه مشـترکین، هر چه بیشتر احساس می‌شود. لیکن برآوردن چنین نیازی با وجود اغتشاشات و خطاهای اتفـاقی کـه موجـب قطع تغذیهٔ مشترکین گردیده و عموماً ازکنترل مهندسین خارج است، امکان‌پذیر نمی‌باشد.جهت بررسی ایـن مسئله و سنجش کیفیت عملکرد سیستم از نقطه نظر پیوستگی در سـرویس‌دهی بـه مشـترکین، معیـاری مـورد استفاده قرار می‌گیرد که بطور کلی قابلیت اطمینان سیستم نامیده می‌شود.

قابلیت اطمینان سیستم قدرت به معنی احتمال عملکرد صحیح سیستم و پاسخگویی مطلوب و پیوستهٔ آن درسرویس‌دهی به مشترکین و انجام وظیفهٔ از پیش تعیین شده آن در شرایط کار معین سیستم می‌باشد.

سیستم قدرت، از نقطه نظر مطالعات قابلیت اطمینان به سه بخش کلی تولید، انتقال و توزیع تقسیم‌بندی می‌شود.به علت گستردگی و وسعت شبکهٔ توزیع، معمولاً بخش توزیع به صورت یک بخش کاملاً مجزا مورد مطالعه قرار می‌گیرد. دراکثر سیستمهای قدرت، عدم قابلیت اطمینان در تأمین بار بطور عمده، متأثر از بخش توزیع می‌باشد.اگر چه تأثیر مکانی خطاهایی که در بخش توزیع اتفاق می‌افتند در مقایسه با خطاهای بخش تولید و انتقال به مراتب محدودتر بوده و تعداد کمتری از مشترکین را تحت تأثیر بی‌برقی و خاموشی قرار می‌دهند، لیکن به دلیل شعاعی بودن، تعداد بیشتر وقوع خطا و تعداد بیشتر خاموشی‌های ناشی از خطاهای به وقوع پیوسته در این بخش، مطالعات بخش توزیع را از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌سازد.

یکی از اهداف و شاخصهای برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع، تأمین قابلیت اطمینان مناسب در شبکه در حالتهای بروز خطا و یا خروجهایی از قبیل خروج ترانسفورماتورهای پست توزیع و بی‌برق شدن نقطه تغذیه فیدر یا هر قسمت دیگر آن می‌باشد.

از موارد مطالعه و بررسی قابلیت اطمینان، بررسی حالتهای اضطراری شبکه می‌باشد. حالت خروج یک ترانسفورماتور توزیع یا یک فیدر را یک حالت اضطراری از مرتبهٔ اول (اضطرار یگانه) می‌نامند و خروج یک ترانسفورماتور یا یک فیدر دیگر را حالت خروج اضطراری از مرتبهٔ دوم (اضطرار دوگانه) می‌نامند.

اصولاً طراحی سیستمهای توزیع بر اساس تأمین ظرفیت لازم در خلال اضطرار یگانه بنا نهاده شده است. یک سیستم توزیع بطور کلی عبارت است از آرایشی از فیدرها و پستها که پستها عموماً از طریق کلیدهایی که معمولاً باز هستند (به منظور بهره‌برداری شعاعی از شبکه) به همدیگر اتصال دارند. برای تأمین ظرفیت مورد نیاز و تأمین قابلیت اطمینان باید حالت اضطرار یگانه بررسی گردد.

برای خروج یک قسمت از سیستم می‌باید بعضی از کلیدهایی که بطور عادی باز هستند، بسته شوند و تعدادی از آنهایی که بسته هستند باز شوند و سپس بارهای روی این فیدرها بوسیلهٔ یک یا چند فیدر مجاز تغذیه گردند. چنین کلیدهایی باید روی فیدر اصلی و برای ایجاد حالت تقسیم‌بار نیز نصب گردند.

اصولاً برای تعیین وضعیت یک شبکه از دیدگاه قابلیت اطمینان، شاخصهایی در نظر گرفته می‌شود که از طریق این شاخصها می‌توان در جهت برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی شبکه یا مقایسهٔ چند شبکه نمونه طراحی شده گام برداشت.

این شاخصها در استاندارد شمارهٔ ۲۰۵-۶۷ تحت عنوان " گزینه‌های مختلف یک طرح با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان " بررسی شده‌اند.

از لحاظ عملی، همهٔ مصرف‌کننده‌ها به یک اندازه به درجهٔ بالای قابلیت اطمینان برق‌رسانی نیازندارند. برای برخی از مشترکین، برق‌رسانی مطمئن از اهمیت بسزائی برخوردار می‌باشد که این مشترکین شامل مراکز درمانی و بیمارستانها، مراکز نظامی، برخی مجتمعهای فروشگاهی بزرگ و دیگر مراکز خدمات عمومی مهم و ... می‌باشند که در آنها ایمنی عمومی مطرح است.

به عنوان یک قاعده ، تأمین درجهٔ بالاتر قابلیت اطمینان برق‌رسانی، مستلزم صرف مخارج بیشتری می‌باشد که به تهیهٔ تجهیزات اضافی و افزایش تعمیرات اختصاص می‌یابد. مخارج تأمین قابلیت اطمینان سیستم باید با درجهٔ قابلیت اطمینان مورد نیاز متناسب باشد.

سوددهی و وضعیت مالی هر یک از شرکتهای برق ایجاب می‌کند که هزینه‌های اضافی برای رسیدن به قابلیت مطلوب و مورد نیاز را توجیه نماید. البته مراکز مهم عمومی مثل بیمارستان‌ها و مراکز نظامی از این قاعده مستثنی هستند.

٤-۳-۳- مطالعهٔ شبکهٔ توزیع

به علت آنکه سیستمهای توزیع با ساختار شعاعی از هزینهٔ کمتری برخوردار بوده و بهره‌برداری و رفع عیب در آنها آسانتر است، عموماً به دیگر ساختارها ترجیح داده می‌شوند، بنابراین بایستی توانایی سیستم برای تغذیهٔ بارهای تغذیه نشده و تأثیر آنها روی قابلیت اطمینان بررسی گردد. از آنجا که درصورت خروج هر قسمت از یک فیدر شعاعی، مشترکینی که در آن طرف محل خطا واقع شده‌اند، بی‌برقی می‌شوند. بنابراین مطالعات به منظور اتصال به مدار دیگر جهت تداوم برقرسانی، لازم به نظر می‌رسد. برای ارزیابی اثرات ایجاد حلقه در شبکه‌های شعاعی، موارد زیر باید مورد بررسی قرار گیرند:

- پیک تقاضا
- بار متصل به سیستم
- تعداد مشترکین
- نوع بار
- نوع ساختار سیستم (هوایی – زمینی)

- محدودیت‌های جغرافیائی محل
- دسترسی به امکانات
- تعداد و طول زمان خروجها
- سرعت اتصال به مدار دیگر جهت بازیابی سیستم
- ظرفیت شبکه یا سیستم
- نحوه بهره‌برداری
- ارائه ولتاژ مناسب به مشترکین

٤-٣-٤- ولتاژ و توان راکتیو

سیستم توزیع باید طوری طراحی شود که اندازه ولتاژ در محدودهٔ معین خود، چه در حالت عادی و چه در حالت اضطراری باقی بماند.

فرآیند برنامه‌ریزی و طراحی سیستم توزیع می‌بایست شامل توصیه‌هایی برای استفاده از خازن یا رگولاتور در مکانهایی که مشکل ولتاژ دارند، باشد. لازم به ذکر است که استفاده از رگولاتور در ایران زیاد مرسوم نبوده ولی در اینجا به عنوان ابزار جدید برای طراحان معرفی می‌گردد.نصب خازن و یا رگولاتور ولتاژ بستگی مستقیم به پروفیل ولتاژ فیدر دارد. با توجه به مباحث مجلد٦٥ تحت عنوان " استاندارد مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی" ((کیفیت برق)) می‌توان فیدرهایی که دارای مشخصات الکتریکی غیرمجاز هستند را شناسایی نمود.بوسیلهٔ برنامه‌های کامپیوتری تحلیل‌گر سیستم، محاسبات پخش‌بار در دو حالت پرباری و کم‌باری با منظور نمودن خازن و بدون منظور نمودن خازن انجام می‌گیرد. خازنهای موازی افت ولتاژ را در قسمت ما بین محل خازن و منبع تغذیهٔ قدرت بهبود می‌بخشند. جهت استفادهٔ حداکثر از خازن می‌بایست تا جایی که ممکن است این المان نزدیک به بار نصب گردد. همچنین باید به این نکته توجه نمود که توانایی خازن در شرایط افت ولتاژ زیاد، محدود است و جبران ولتاژ توسط خازن تا حدی مفید و مقرون به صرفه است. زمانی که یک خط توزیع افت ولتاژ زیادی از خود نشان می‌دهد، یک روش تصحیح استفاده از رگولاتور ولتاژ است. رگولاتورهای خط اتوترانسفورماتورهایی هستند که دارای تپ مجزا روی سیم بندی سری هستند. نوعاً سیم‌بندی سری طوری طراحی شده است که بتواند ولتاژ را به اندازهٔ ١٠ ± درصد تغییر دهد.

رگولاتورها دارای دو شرایط عملکرد دستی و اتوماتیک هستند. در برخی نواحی روستایی، فیدرها اغلب کم‌بار و طولانی هستند. در چنین حالتی عمل کلیدزنی و انتقال بار روی چنین فیدرهایی برای بازیابی سیستم در اثر یک خروج اضطراری، موجب بروز افت ولتاژ خارج از محدودهٔ استاندارد می‌گردد، که در چنین حالتی یکی از انتخابها استفاده از خازن و یا رگولاتور می‌باشد. در پایان این بحث لازم است بطور کلی اشاره گردد که در کاربردهای عادی در سیستم توزیع استفاده از خازن بسیار مقرون به صرفه‌تر است، زیرا قیمت بانکهای خازنی بسیار ارزانتر از رگولاتورهای ولتاژ است.

در شرایطی که خازن نتواند جهت تصحیح افت ولتاژ جوابگو باشد، راه دوم استفاده از رگولاتور خط و در غیر اینصورت راه سوم تغییر در ساختار شبکه و تقویت آن است.

مطالعه و بررسی توان راکتیو سیستم و جبران سازی و کنترل آن، نتایج زیر را بدنبال خواهد داشت:

اصلاح ضریب قدرت، تعدیل جریانهای خطوط، تنظیم ولتاژهای انتهای خط، کاهش تلفات سیستم، افزایش بهره‌وری از سیتمهای توزیع و انتقال و ظرفیت پستها، میرائی نوسانات قدرت، بهبود پایداری شبکه‌های الکتریکی، آزادشدن ظرفیت انتقال پستها و فیدرهای توزیع و تجهیزات مربوطه و حذف یا به تاخیر افتادن سرمایه گذاری لازم برای توسعه سیستم قدرت.

جبران توان راکتیو توسط بانکهای خازنی با مقادیر ثابت و متغیر و همچنین جبرانسازهای استاتیکی توان راکتیو(SVC) انجام می‌گیرد.

برای جلوگیری از سرمایه‌گذاری غیرضروری برای توسعه سیستم قدرت و هزینه‌های اضافی تعمیر و نگهداری یا به تأخیر انداختن آنها، به تحلیل کامل و دقیق وضعیت توان راکتیو در شبکه نیاز می‌باشد.

در مورد ساده‌ترین جبران کننده‌ها در شبکه‌های توزیع که خازنها می‌باشند، نتایج حاصل از محاسبات حالت پیک بار و حداقل بار می‌تواند بطور کامل میزان خازنهای ثابت و متغییر سیستم را تعیین و تفکیک نماید. لازم به ذکر است که خازنهای متغییر می‌توانند با زمان، ولتاژ، توان راکتیو، درجه حرارت و یا ترکیبی از این متغیرها کنترل گردند.

٤-٤- *بررسی مشکلات فنی و رفع آنها و ارائه راه‌حلها*

یکی از اقدامات برنامه‌ریزان شبکه، بررسی مشکلات فنی و رفع آنها می‌باشد که مخصوصاً در برنامه ریزی کوتاه مدت از اهمیت بسزایی برخوردار است. باتوجه به مباحث مجلد ٢٠٤-٦٧ تحت عنوان " معیارهای بررسی شبکهٔ موجود در طراحی شبکه جدید" می‌توان مشکلات سیستم را شناسایی و تحلیل کرد.

پس از شناسایی مشکلات سیستم و تحلیل آن، راه‌حلهای متنوع می‌بایست بررسی و محاسبه شده و توصیه‌های ممکن نیز ارائه گردند. آشنایی با شبکهٔ محلی، کلید ارزشمندی در این راستا است.

فعالیتهایی که در برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع جهت بررسی مشکلات فنی شبکه می‌بایست مدنظر قرار گیرند، عبارتند از:

١- شناسایی قسمتهای ضعیف سیستم توزیع

٢- بررسی اشکالات جزئی تجهیزاتی که در بلندمدت دچار مشکلات اساسی می‌شوند.

٣- امکان دسترسی به زمین و سایر نیازها برای توسعهٔ امکانات سیستم

٤- پشتیبانی کافی از طرف سیستم انتقال و فوق توزیع

٥- نرخ بلندمدت و کوتاه‌مدت رشدبار برای ناحیه

٦- طرح جامع و تفضیلی ناحیه

٧- بررسی نگهداری و تعمیرات سیستم توزیع

راه‌حلهای ممکن برای اصلاح و ترمیم شبکه بطوریکه آمادگی بازگشت به شرایط مطلوب پس از وقوع اولین حالت اضطراری را داشته باشد، عبارتند از:

١- اقدامات اصلاحی در مورد تعمیر اشکالات جزئی تجهیزات

٢- انتقال بارها به فیدرهایی با بارکمتر

٣- نصب کلید قدرت یا سکسیونر قابل قطع زیربار جهت امکان انتقال بار و افزایش قابلیت مانور بیشتر

٤- نصب خازن یا رگولاتور ولتاژ

٥- توسعهٔ امکان اتصال فیدرها جهت افزایش قابلیت انتقال بار

٦- تقویت قسمتهای مختلف فیدر برای افزایش ظرفیت آن

٧- نصب فیدر جدید در یک پست موجود

٨- تقویت ترانسفورماتورهای موجود

۹- اضافه کردن ترانسفورماتور دوم در یک پست موجود

۱۰ - احداث پست جدید

٤-٥- تأثیر متقابل برنامه‌ریزی و طراحی سیستم توزیع

٤-٥-١- اهمیت بررسی فنی - اقتصادی در طراحی سیستم توزیع

برای اطمینان از تأمین کامل تقاضای روبه رشد برای انرژی الکتریکی ضروری است که فعالیت برنامه‌ریزی و طراحی دقیق و توانمندی با توجیه فنی و اقتصادی صورت پذیرد.

با افزایش روزافزون ابعاد و پیچیدگی‌های مناطق توزیع و ویژگی بارها، مسئولان سیستمهای توزیع نیاز جدی به روشهای سریع و اقتصادی طراحی سیستماتیک بخش توزیع دارند،تا به این وسیله بتوانند ارائه اقتصادی، مطمئن و مداوم توان به مصرف‌کنندگان را تحت شرایط مناسب فنی و اقتصادی تضمین کنند.

شاید دلیل اصلی اینکه چنین فعالیتهایی در زمینه برنامه‌ریزی و طراحی، بیشتر به بخشهای تولید و انتقال اختصاص می‌یابد، آن باشد که تجهیزات سیستم توزیع کوچکتر، ساده‌تر و ارزان‌تر از عناصر بخشهای تولید و انتقال هستند. اما باید توجه داشت که اگر چه تک‌تک عناصر سیستم توزیع ساده‌تر و ارزان‌تر از عناصر بخشهای دیگر می‌باشند، تعداد و گستردگی زیاد آنها در منطقه تحت پوشش شبکهٔ توزیع، علاوه بر اینکه ارزش اقتصادی شبکهٔ توزیع را قابل توجه می‌سازد، ترکیبها و حالات مختلفی را برای ساختار سیستم توزیع ممکن می‌سازد که چنانچه توجه جدی به طرح دقیق و کارآمد آن نشود، نمی‌توان مطمئن بود که انرژی الکتریکی با هزینه قابل قبولی به مصرف‌کننده برسد و بتوان روی درآمد حاصله از فروش آن حساب کرد.دلیل دیگر عدم برنامه‌ریزی در طراحی سیستم توزیع،بی‌توجهی به میزان تلفات در این سیستم که بخش عظیمی از تلفات سیستم قدرت را در زمان کنونی شامل می‌شود و همچنین بالا بودن هزینه‌های طراحی، مکانیزاسیون، نیروی انسانی و ... است.

از آنجا که ترکیب اجزاء در سیستم توزیع،تنوع و گوناگونی زیادی می‌تواند داشته باشد و حالات متعددی برای آنها قابل تصور است، یک بررسی دقیق با استفاده از روش و ابزار جستجوی کارآمد بین انتخاب‌های مختلف ضروری است. این امر ایجاب می‌کند که برای برنامه‌ریزی سیستم توزیع روش دقیقی ارائه شود. ضمناً با توجه به حجم متغیرهای تحت بررسی، استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی برای مقایسهٔ گزینه‌های مختلف و یافتن بهترین طرح، ضروری خواهد بود.

بین حالتهای مختلف و آلترناتیوهای ممکن یک پروژه، عموماً براساس اصولی مانند قابلیت اطمینان، اقتصادی بودن و مشکلات اجرایی آن قضاوت می‌شود.

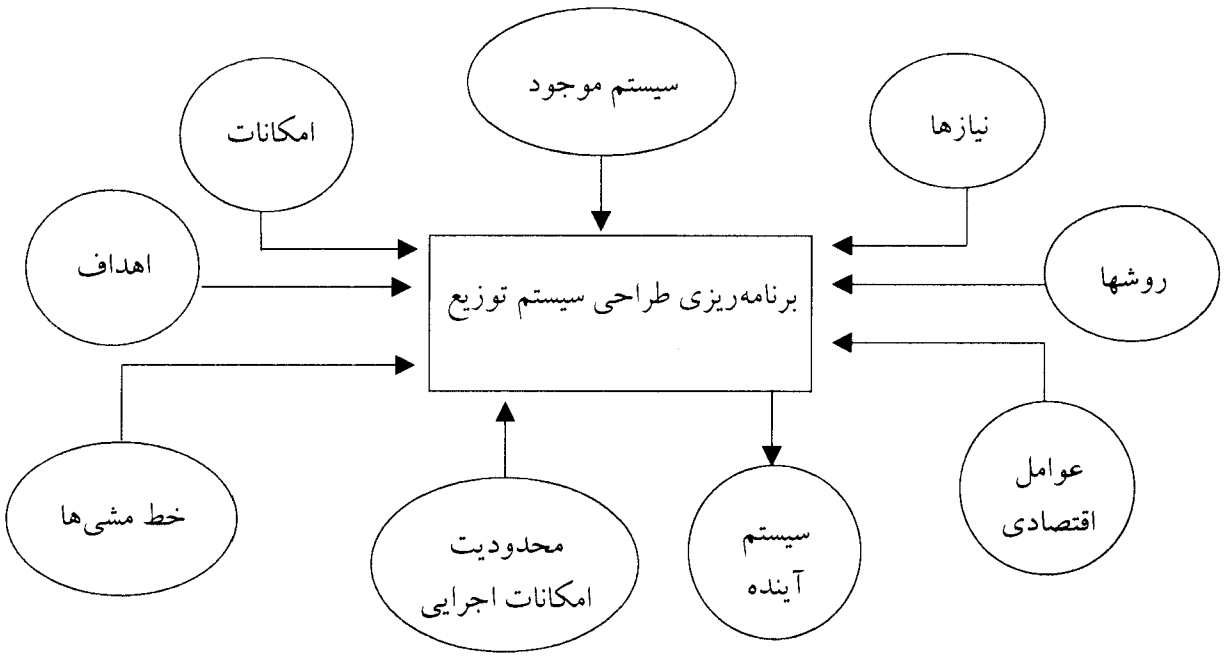
در هر صورت هنگامی که طرحهای ارائه شده در شرایط مساوی توانستند مشکلات الکتریکی سیستم را حل نمایند، حل اقتصادی‌تر انتخاب می‌شود.

٤-٥-٢- عوامل مؤثر بر طراحی سیستم توزیع

طراحی سیستم توزیع یعنی یافتن بهترین ترکیب برای پستها و فیدرهای شبکهٔ توزیع از نظر مکان، ظرفیت و زمان احداث برای برآوردن نیازهای مصرف‌کنندگان و با رعایت اصول فنی و اقتصادی.

از این رو این مسأله مانند هر مسألهٔ طراحی مهندسی دیگر با ترکیبی از مسائل فنی، اقتصادی و برنامه‌ریزیهای مرتبط با مسائل شهر سازی، جمعیتی، کشاورزی و صنعتی سروکار دارد. بر مبنای همهٔ این مسائل، برنامه‌ریزی سیستم توزیع، تلاشی است برای تأمین نیازهای فوق‌الذکر با حداقل هزینه در بخش سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری (تلفات، نگهداری و راه‌اندازی).

این برنامه‌ریزی به طور کلی تحت تأثیر عوامل متعددی است که در شکل شمارهٔ (٤) نشان داده شده‌اند و در ادامه به توضیح دربارهٔ آنها پرداخته می‌شود.



شمای ساده‌ای از عوامل موثر در طراحی سیستم توزیع

«شکل شماره ٤»

۱- **خط‌مشی‌ها:** سیاست کلی برنامه‌ریزان صنعت برق در کل کشور چهارچوب کلی مسأله طراحی را معین می‌کند. اینکه در چه مناطقی رشد سیستم برق مورد نظر است، چه میزان سرمایه‌گذاری در یک دورهٔ زمانی صورت می‌گیرد، چه طرحهای تولید یا انتقال درکل یا بخشی از کشور راه‌اندازی می‌شود، همه مواردی هستند که برنامه‌ریزهای کلان کارگزاران صنعت برق برای طراحی سیستم معین می‌کنند.

۲- **اهداف:** برنامه‌ریزی طراحی سیستم توزیع بسته به اینکه چه هدفی را درنظر داشته‌باشد، پارامترهای مختلفی را بررسی می‌کند و نتایج متفاوتی نیز ارائه می‌دهد. هدف می‌تواند یافتن سطوح ولتاژ مناسب، تعیین محل بهینهٔ پستها و تعیین ظرفیت آنها، کاهش تلفات، کاهش توان راکتیو انتقالی در خطوط، افزایش قابلیت اطمینان سرویس‌دهی به متقاضیان جدید و رضایت مشترکین یا ترکیبی از اینها باشد. آنچه در بیان کلی بعنوان هدف اصلی برنامه‌ریزی سیستم توزیع در نظر گرفته می‌شود، رساندن توان به مصرف‌کنندگان با حداقل هزینه و با رعایت استانداردهای فنی است.

۳- **روشها:** روشهای مدل‌سازی و همچنین بهینه‌سازی، موضوع طراحی را کاملاً تحت تأثیر قرار می‌دهند بنحویکه نتیجهٔ بدست آمده اساساً متأثر از این روشها و مدلها است.

٤- **امکانات:** اینکه چه تغییرات یا اصلاحاتی در سیستم ممکن است یا اساساً چه امکاناتی از قبیل نصب، تعویض، یا افزایش ظرفیت برای مجریان طرح موجود است، حیطهٔ فعالیت را معین می‌کند.

۵- **نیازها:** نیازسیستم (مقدار بار) عامل مهم تعیین‌کنندهٔ دیگری است که حتماً باید در فرآیند طراحی مدنظر باشد.این نیاز ممکن است میزان تقاضای فعلی سیستم باشد که برای اصلاح ساختار فعلی بکار می‌رود یا میزان تقاضای سیستم در آینده باشد که از مطالعات رشد بار بدست می‌آید و برای طرح توسعه سیستم در سالهای بعد بکار می‌رود.

٦- **سیستم موجود:**امکانات فعلی سیستم نیز حتماً باید در فرآیند طراحی مورد توجه قرار گیرد و سعی بر آن باشد تا حتی‌الامکان از این امکانات استفاده شود و از تحمیل هزینه اضافی به مجموعه سیستم جلوگیری شود.

۷- **عوامل اقتصادی:**عوامل مهمی چون میزان تورم، نرخ‌بهره، هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری، هزینه‌های تلفات، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و سایر هزینه‌ها، نقش عمده‌ای در قابل قبول بودن یا نبودن یک طرح دارند.

نهایتاً فرآیند طراحی با در نظر داشتن عواملی که اهم آنها در بالا ذکر شد، طرحی را برای احداث، گسترش یا اصلاح شبکهٔ توزیع ارائه می‌دهد که همان سیستم توزیع آینده خواهد بود.

۵ ـ مروری بر مدلها و روشهای برنامه‌ریزی

استفاده از روشهای سیستماتیک در برنامه‌ریزی توزیع، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش هزینه‌های شبکهٔ توزیع دارد. در این بخش به روشهای سیستماتیک برنامه‌ریزی پرداخته می‌شود.

برنامه‌ریزان توزیع باید ظرفیت پستها (ظرفیت ترانسفورماتور) و ظرفیت فیدرها (ظرفیت شبکهٔ توزیع) را به طریقی تعیین کنند که برای بار پیش‌بینی شده کفایت نمایند. به همین منظور، برای برنامه‌ریزی سالهای آینده، باید راه‌کارهایی از قبیل افزودن ظرفیت ترانسفورماتورها، احداث فیدرها و پستهای جدید را بطور کاملاً دقیق مورد ارزیابی قرار دهند. عموماً تصمیمات جامع در زمینهٔ برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع، شامل موارد زیر است:

- تعیین بهینه محل پستها
- تعیین بهینه فیدرها
- اختصاص بهینه‌بار
- اختصاص بهینه ظرفیت پستها
- ترکیب بهینه ظرفیت ترانسفورماتورها
- تعیین بهینهٔ محل خازن و ظرفیت آن

در فرآیند برنامه‌ریزی ، موارد زیر باید در تصمیم‌گیریها مورد نظر قرار گیرند:

- استانداردها و معیارهای متداول در طراحی
- محدودیتهای ظرفیت فیدرها
- قابلیت انعطاف در توسعه
- هزینه احداث و نگهداری فیدرها و پستها
- قابلیت اطمینان فیدرها
- افت ولتاژ و تلفات فیدرها
- ظرفیت اضطراری فیدرها
- بافت منطقه از نظر اجرای پروژه بصورت هوایی یا زمینی یا ترکیبی از آنها

- ظرفیت نرمال پستها
- ظرفیت اضطراری پستها
- هزینه پستها

با توجه به اینکه شبکه باید در شرایط اضطراری نیز تا حد امکان اکثریت بارها را تأمین نماید (بسته به سیاستهای شبکه و قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده)، برنامه‌ریزی توزیع باید در دو وضعیت انجام گیرد:

- برنامه‌ریزی تحت شرایط نرمال
- برنامه‌ریزی تحت شرایط اضطراری

۵-۱- برنامه‌ریزی توزیع تحت شرایط نرمال:

بدلیل اینکه مسئله برنامه‌ریزی در شبکه‌های توزیع، عمدتاً شامل پارامترهای پیوسته و گسسته می‌باشد، بنابراین از برنامهٔریزی خطی مختلط بهره گرفته می‌شود. پارامترهای پیوسته، پارامترهایی هستند که همواره در برنامه‌ریزی وجود دارند، مثل هزینه‌های ثابت شبکه، درآمدهای حاصل از فروش انرژی و .... و پارامترهای گسسته پارامترهای هستند که بطور مقطعی در یک برنامه‌ریزی وارد می‌شوند، مثل تغییر سیاستها، تغییر فرهنگ مصرف و ... بدلیل گستردگی شبکه، حل مدلهای فوق، زمان قابل ملاحظه‌ای را طلب می‌کند و امروزه روشهای ابتکاری وهوش مصنوعی برای کاهش زمان محاسبه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دو نوع مدل برای برنامه‌ریزی توزیع بکار می‌رود که شامل مدل تک‌پریودی و مدل چند پریودی است. مدل تک‌پریودی، یک مدل ایستا است که درخواست بار در طول مدت زمان برنامه‌ریزی تغییر نمی‌کند. بنابراین فاکتور رشد بار در احداث پستها و فیدرهای تأثیر ندارد. عموماً چنین مدلهایی به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

- مدلهای فیدرهای منفرد
- مدلهای سیستم فیدرها
- مدلهای دو مرحله‌ای پست سپس فیدر
- مدلهای پست – فیدر بصورت همزمان

در مدلهای فیدرهای منفرد، هر یک از فیدرهابصورت مستقل مورد توجه قرار می‌گیرند. بهینه‌سازی با تصمیم گیری در مورد طول و سایزهادی و در نظر گرفتن سرمایه‌گذاری و هزینه‌های بهره‌برداری انجام می‌گیرد. در مدل سیستم فیدرها، مجموعه‌ای از پستها و نقاط مصرف و نقاط تغذیه در نظر گرفته می‌شوند.

هدف، تعیین بهترین روش اتصال پستها و بارها است، بطریقی که حداقل هزینه را بهمراه داشته باشد. در این مدل هزینه شامل هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری و هزینه‌های وابسته به انتقال توان می‌باشد.

در مدل دو مرحله‌ای، ابتدا پستها با در نظر گرفتن توزیع بار انتخاب می‌شوند، سپس با استفاده از مدل انتقال و ظرفیتهای پستها ، پخش توان بهینهٔ فیدرها محاسبه می‌گردند.

در مدلهای پست – فیدر، تصمیم‌گیری بر روی نصب پستها و فیدرها، ظرفیت آنها و قدرت انتقالی از فیدرها بصورت همزمان انجام می‌گیرد.بدیهی است که این مدل دارای دقت بالاتری است که پاسخ بهینهٔ کلی را ارائه می‌کند.در حالی که روشهای قبلی ممکن است به یک پاسخ بهینهٔ موضعی میل کنند.

به هرحال، در مدلهای تک پریودی، تعیین وضعیت بهینه برای یک زمان مشخص با توزیع بار مشخص انجام می‌گیرد و برای طراحی شبکهٔ جدید، بدون در نظر گرفتن رشد بار بکار می‌رود (مثل شهرک‌های جدید الاحداث و ...).

برای تعیین برنامه‌ریزی بهینه در شبکه‌های موجود، باید از روش چند پریودی بهره گرفت. عموماً در شبکه‌های توزیع موجود، برنامه‌ریزی برای یک سال افق انجام می‌گیرد و روند احداث و اصلاح شبکه برای سالهای متمادی و با در نظر گرفتن رشد بار تعیین می‌گردد. بنابراین از روش چند پریودی بهره گرفته شده و برنامه‌ریزی بهینه برای مدت زمان کل بدست می‌آید. اگرچه می‌توان مسائل چند پریودی را به عنوان مجموعه‌ای از مسائل تک پریودی درنظرگرفت و اضافه شدن هر پریود را بصورت توسعه منظورکرد، اما نتایج بدست آمده لزوماً بهینهٔ کلی را نشان نمی‌دهند، حتی اگر هر پریود بصورت منفرد بهینه شده باشد. بهمین خاطر در مدلهای چندپریودی باید کل زمان در نظر گرفته شده و تعریف روشنی از تصمیماتی که متغیر با زمان بوده و همبستگی زمانی دارند، ارائه گردد. بدین منظور، تابع هدف بصورت حداقل نمودن مجموع هزینه‌های احداث پستها، هزینه‌ها و تلفات بهره‌برداری پستها، هزینه‌های احداث فیدرها و تلفات بهره‌برداری فیدرها تعریف می‌گردد. این ملاحظات در طول مدت زمان بهره‌برداری (از ابتدا تا سال افق) انجام می‌گیرد. حجم محاسبات در این فرآیند بهینه‌سازی بسیار زیاد بوده و تنها با استفاده از کامپیوتر قابل انجام است. البته لازم به ذکر است مدت زمانی که برای آن برنامه‌ریزی می‌گردد (سال شروع برنامه و سال افق یا سال پایان برنامه) توسط وزارت نیرو تعیین می‌گردد.

۵ ـ۲ـ برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری

در مدلهای قبلی که برای برنامه‌ریزی در شرایط نرمال ارائه شده بودند، هیچ اشاره‌ای بـه خرابـی تجـهیز یـا وقوع اتصال کوتاه در شبکه و برقراری مجدد ارتباط فیدرها پس از رفع‌خطـا نشـده اسـت. در شـرایط اضطراری نمی‌توان تنها از ظرفیت ایمنی (در نظر گرفتن ظرفیت اضطراری بصورت ضریبی از ظرفیت نرمال) استفاده کرد .در شرایط اضطراری، بخشهایی از یک فیدر به فیدرهای پستهای همجوار متصل مـی‌گـردد، بطوریکه بار پست معیوب یا فیدر معیوب بین پستها و فیدرهای مجاور تقسیم شود . بنـابراین ظرفیـت یـک پست بصورت جداگانه تعیین نمی‌شود، بلکه بستگی به فاکتورهایی مثل ظرفیت انتقال بار پستهای همجـوار و ... دارد.

عموماً شرکتهای توزیع، برای تعیین حداکثر بار یک پست، می‌بایست وضعیت تک اضطراری را در نظـر گیرند .در هر زمان، ظرفیت پستها باید برای پوشش منطقه تحت سرویس‌دهی کافی باشد، حتـی اگـر یـک ترانسفورماتور از یک پست معیوب شود .به این ترتیب ظرفیت سرویس‌دهی اضطراری یک پست، مجموع بارهایی است که در زمان خرابی بزرگترین ترانسفورماتور پست یا بزرگترین ترانسفورماتور پسـت مجـاور باید تأمین گردند . در نوع اول ظرفیت اضطراری پست از مجموع ظرفیتهای ترانسفورماتورهای زیر بـار (در شرایط اضطراری) و حداکثر توان دریافتی از پستهای همجوار محاسبه می‌گردد . در نوع دوم، ظرفیت پست از تفاضل ظرفیت نامی آن و بار انتقالی به پستهای همجوار در شرایط اضطراری بدست می‌آیـد . کمـترین مقدار بین دو نوع فوق، ظرفیت تک اضطراری پست را مشخص می‌کند . این ظرفیت کل بار تحت پوشش پست در زمان اضطراری را نشان می‌دهد.

مدل فوق برای تمام پستهای توزیع اجرا می‌شود . چنانچه بارهای تأمین نشده وجود داشته باشند، از مـدل تخصیص مجدد بار استفاده می‌شود . در این حالت ظرفیت پستی‌که قابلیت ارائه بار به پسـتهای همجـوار را ندارد، یا ظرفیت کوچکترین پست افزایش می‌یابد . چنانچه روش تخصیص مجدد بار نیز کفایت نکـرد، بـا استفاده از معیار افزایش ظرفیت انتقال، فیدرهای جدید احداث می‌شود . در این روش باید بـا اسـتفاده از روشهای بهینه‌سازی، فیدرهایی با حداقل هزینه را درنظر گرفت . این مدل برنامـه‌ریزی نصـب فیدرهـا را ارائه می‌کند و در نظر گرفتن پست جدید یا افزایش ظرفیت پستهای موجود را مشخص نمی‌کند.

قاعدتاً وضعیت تک اضطراری نیاز به برنامه‌ریزی ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع نیز دارد . بنابراین وقتی که با اضافه شدن فیدرها مشکل حل نشود، نیاز به افزودن ترانسفورماتور با روش بهینه‌سازی است.

علاوه‌بر موارد فوق، زمانیکه یک خطا یا خرابی ظاهر می‌شود، فرآیند کلیدزنی اضطراری بار به فیدرهای سالم مطرح می‌شود و ترتیب دادن مجدد سیستم باید در مقیاس وسیع انجام گیرد . روشهایی وجود دارد که فرآیند تصمیم‌گیری روی نقاط مانور شبکه (کلیدهای باز) بمنظور متعادل کردن بار ترانسفورماتورها و فیدرها را با در نظر گرفتن محدودیتهای ظرفیت آنها انجام می‌دهند . ضمن اینکه با روابط ساده برای محاسبه وضعیت خطوط ارتباطی و کلیدهای تقسیم‌کننده، می‌توان تلفات توان در فیدرهای توزیع را کاهش داد . از دیگر نکات مهم در برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع در شرایط اضطراری، بررسی و ایجاد هماهنگی مجدد حفاظتها است، زیرا که در اثر وقوع حادثه، توپولوژی شبکه تغییر می‌کند.

۵ ـ۳ـ روش تعویض شاخه در بهینه‌سازی سیستم توزیع شعاعی

روشهای متعددی در بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع ارائه شده است که در اینجا یکی از این روشها، تحت عنوان "روش تعویض شاخه" به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد . این روش در دو مرحله انجام می‌گیرد . در مرحلهٔ اول، ترکیب بهینه شبکه تحت سرویس هر پست تعیین می‌گردد و بین اجزاء موجود در محدودهٔ سرویس‌دهی پست انجام می‌گیرد . در مرحله دوم، تعویض شاخه بین اجزاء پستهای همجوار صورت می‌گیرد و ناحیهٔ بهینه سرویس‌دهی هر پست را مشخص می‌کند.

همانگونه که قبلاً اشاره شد، هدف از برنامه‌ریزی عبارتست از انتخاب تعداد، محل و ظرفیت پستها و ترکیب فیدرهای فشارمتوسط، بطوری که هزینهٔ احداث و هزینهٔ تلفات توان و انرژی به حداقل برسد، ضمناً قابلیت اطمینان مورد نظر و قیود ظرفیت ترانسفورماتورها و افت مجاز در هر قسمت شبکه تأمین گردد.

ابتدا تعداد پستهای کافی (N_s) و تعداد فیدرهای کافی (N_f) برای اتصال به تعداد مشخص نقاط بار (N_l) در نظر گرفته می‌شود . مسئله برنامه‌ریزی توزیع عبارتست از انتخاب تعداد پست مورد نیاز (m) و به تعداد m شبکه شعاعی $S_j(n_j,f_j)$ که n_j و f_j گره‌های بار و فیدرهای متصل‌کننده این بارها به پست j ام است، بطوریکه مجموع هزینه نصب و هزینه بهره‌برداری به حداقل رسیده و ولتاژهای گره‌ها و ظرفیتهای فیدرها و ترانسفورماتورها در محدوده مجاز قرار گیرند.

مسئله برنامه‌ریزی بصورت ریاضی عبارتست از:

$$\text{Min } C = \sum_{j=1}^{N_s} C(S_j) + \sum_{j=1}^{N_s}\sum_{k=1}^{F_j} i(f_k)^2 . R_k . P_e \qquad (1)$$

$$V_j \geq V_{min}$$

$$i(f_j) \leq i_{max\,j}$$

$$T_{min\,j} \leq t_{cj} \leq T_{max\,j}$$

که در آنها:

S_j = شبکه j ام

$C(S_j)$ = هزینه احداث شبکه j ام

$i(f_k)$ = جریان فیدر k ام

R_k = مقاومت فیدر k ام

Pe = هزینه انرژی

t_{cj} = توان عبوری از ترانسفورماتور j ام

F_j = تعداد فیدرهای شبکه j ام

N_s = تعداد پستهای ممکن

i_{maxj} = حداکثر ظرفیت فیدر j ام

T_{maxj} = حداکثر ظرفیت ترانسفورماتور j ام

T_{minj} = حداقل ظرفیت ترانسفورماتور j ام

V_j = ولتاژ شبکهٔ j ام

برای حل مسئله فوق، در ابتدا تعداد پستهای مورد نیاز برابر با حداکثر تعداد پستهای ممکن قرار داده می‌شود .الگوریتم زیر چگونگی محاسبه بهینه تعداد و محل نصب پستها و ترکیب بارها را نشان می‌دهد.

۱- تعداد پستهای مورد نیاز را برابر با تعداد پستهای ممکن قرار دهید. $(m = N_s)$

۲- شبکه‌های شعاعی اولیه را تشکیل دهید. $S_j(n_j, f_j) : j = 1,...m$

برای هر شبکه، خطوط ارتباطی $S'_j(n_j,f_j)$ را تعریف کنید. f_j خطوط ارتباطی محدوده توزیع j ام و n_j گره‌های مرتبط با f_j می‌باشند . خطوط ارتباطی $S_{ij}(n_k,f_k)$ را تعیین کنید که f_k خطوط ارتباطی بین محدوده‌های i و j است و n_k گره‌های مربوطه در محدوده‌های i و j است.

۳- برای هر j، تعویض شاخه بین S_j و S'_j را انجام دهید.

٤- برای تمام i و j های ممکن، تعویض شاخه بین S_i و S_j از طریق خطوط ارتباطی S_{ij} را انجام دهید.

٥- بهینه‌بودن پاسخ را بررسی کنید.

٦- اگر بهینه‌سازی تأمین نشده است، پرهزینه‌ترین پست را حذف کنید .سپس با m=m-1 به مرحله دوم برگردید.

در طراحی شبکه‌های توزیع فشارمتوسط جدید، ابتدا تعداد پستهای فوق‌توزیع برابر با حداکثر تعداد پست مورد نیاز قرار داده می‌شود . سپس شبکه‌های شعاعی اولیه برای برقراری ارتباط بین مراکز مصرف (نواحی کوچک توزیع که پیش‌بینی بار برای آنها انجام گرفته است) و پستهای فوق‌توزیع منظور می‌گردد . این ترکیب کاملاً دلخواه است و تنها مجموعه‌ای از شبکه‌های شعاعی را پدید می‌آورد که هر شبکه شعاعی از یک پست تغذیه می‌شوند .چنانچه m پست فوق‌توزیع درنظر گرفته شده باشد، بنابراین m شبکهٔ شعاعی مستقل $S_j(n_j,f_j)$ وجود دارد.

پس از تعیین شبکه‌های شعاعی اولیه، تعویض شاخه در محدودهٔ هر شبکه شعاعی انجام می‌گیرد. چگونگی تعویض شاخه، در بخشهای بعدی ارائه می‌گردد.

همچنین تعویض شاخه بین دو شبکه شعاعی همجوار توسط خطوط ارتباطی صورت می‌گیرد . با بررسی معیار بهینه‌سازی، خاتمه الگوریتم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد . درصورت عدم تأمین بهینه‌سازی، پرهزینه‌ترین پست حذف شده و الگوریتم مجدداً تکرار می‌شود.

چنانچه تعداد و محل نصب پستهای فوق‌توزیع مشخص باشد، می‌توان تنها الگوریتم را یکبار اجرا نمود و نیازی به حذف پست نمی‌باشد.

برای برنامه‌ریزی توزیع در شبکه‌های موجود که نیاز به توسعه دارند، روند برنامه‌ریزی بشرح زیر تغییر می‌کند:

چنانچه پستهای فوق‌توزیع فعلی پاسخگوی مصارف توسعه نیستند، چندین پست برای تأمین مصارف آینده درنظر گرفته می‌شوند .فیدرهایی برای اتصال بارهای توسعه به پستهای موجود و پستهای جدید بطور دلخواه

انتخاب می‌گردند . تعویض شاخه بین فیدرهای یک شبکهٔ شعاعی (فیدرهای تغذیه‌شده از یک پست فوق‌توزیع) انجام می‌گیرد . سپس تعویض شاخه بین فیدرهای شبکه‌های شعاعی همجوار مورد بررسی قرار می‌گیرد و نهایتاً بهینه‌سازی طرح ارزیابی می‌شود.

به این ترتیب برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع به سه بخش عمده تقسیم می‌شود . ابتدا ایجاد شبکه شعاعی اولیه، سپس تعویض شاخه در هر یک از شبکه‌ها و در مرحله سوم تعویض شاخه بین شبکه‌های همجوار باید انجام گیرد.

۵ـ۳ـ۱ـ ایجاد شبکه شعاعی اولیه

شبکه‌های شعاعی اولیه با در نظر گرفتن شاخه‌های پوشش‌دهنده بوجود می‌آیند . این شاخه‌ها، فیدرهایی هستند که سطح سرویس‌دهی پست فوق‌توزیع را پوشش داده و از گره پست منشعب می‌شوند روش تشکیل شبکهٔ درختی S_j که $j=1,2,\ldots,m$، در الگوریتم زیر معرفی شده است:

۱ ـ برای پست j‌ام ، یک شبکهٔ درختی حداقل با مرکزیت گرهٔ پست ایجاد نمایید.

۲ ـ برای هر شبکهٔ شعاعی (مرتبط با هر پست)، گره‌های توسعه‌پذیر را تعیین کنید . گره توسعه‌پذیر گره‌ای است که توسعهٔ شبکه (انشعاب فیدر از آن) امکان‌پذیر باشد . فواصل تمام گره‌هایی که می‌توانند به پست متصل شوند، را محاسبه کنید . گره‌های مذکور باید قابلیت اتصال به گره‌های توسعه‌پذیر را داشته باشند.

۳ ـ نزدیکترین گره به این پست را در نظر گرفته و گره و خط ارتباطی آنرا به شبکهٔ شعاعی اضافه نمایید.

٤ ـ این فرآیند را تا زمانیکه تمام بارها تأمین شوند، ادامه دهید (تکمیل شدن شبکهٔ شعاعی اولیه).

۵ـ۳ـ۲ـ تعویض شاخه

روش تعویض شاخه، برای مرتب‌سازی مجدد شبکه توزیع بکار می‌رود . در این روش شبکه شعاعی بوسیله اتصال خطوط ارتباطی، به شبکه حلقوی تبدیل می‌شود . سپس با حذف یکی از خطوط شبکه، مجدداً ساختار شعاعی تشکیل می‌شود، بطوریکه این افزایش و حذف خطوط ارتباطی باعث حداقل شدن تابع هدف گردد.

لازم به ذکر است که تکنیک تعویض شاخه هر زمان تنها برای یک حلقه اجرا می‌شود.

دو مرحله برای تعویض شاخه اجرا می‌شود:

- تعویض شاخه در هر محدوده توزیع (برای هر شبکه درختی مستقل)

- تعویض شاخه بین محدوده‌های توزیع

در مرحله اول، با استفاده از الگوریتم زیر، مرتب‌سازی شبکه تحت سرویس‌دهی یک پست انجام می‌گیرد:

۱ - یک فیدر ارتباطی t_j را به شبکه شعاعی S_j اضافه کنید.

۲ - از گره‌های انتهایی t_j آغاز کنید و مسیرهایی را ردیابی کنید که در هر دو جهت تا منبع، حلقه‌ای را تشکیل می‌دهند.

۳ - شاخه‌ای را از حلقه تعیین کنید که یکی از سه معیار زیر را با در نظر گرفتن اولویت، برآورده نماید:

- اگر بار عبوری از ظرفیت یک فیدر بیشتر شده باشد، ظرفیت اضافی را کاهش دهد.

- اگر ولتاژ یک نقطه شبکه، از محدوده مجاز خارج شده باشد، اصلاح نماید.

- اگر هیچ محدودیتی به خطر نیفتاده است، هزینه نصب و هزینه تلفات انتقال انرژی را کاهش دهد.

٤ - پخش بار برای هر تعویض شاخه موفقیت‌آمیز انجام گیرد.

۵ - مراحل ۱ تا ٤ را تا زمانیکه بهبود در اثر تعویض شاخه ایجاد می‌شود، تکرار کنید.

تعویض شاخه موفقیت‌آمیز زمانی رخ می‌دهد که شاخه برداشته شده از حلقه، همان شاخه‌ای نباشد که برای ایجاد حلقه اضافه شده بود . ضمن اینکه یکی از سه معیار مطرح شده در آیتم ۳ را تأمین نماید. ممانعت از خروج ولتاژ از محدودهٔ مجاز، چنانچه در مرحله برنامه‌ریزی غیرقابل اجتناب باشد، توسط خازن‌گذاری قابل انجام است.

اگر محدودیتهای ولتاژ و ... رعایت شده باشند، هدف از انجام تعویض شاخه، کاهش هزینهٔ سیستم است و فیدری که بیشترین کاهش در هزینه را دارد، از حلقه حذف می‌گردد . تعویض شاخه تا جایی ادامه می‌یابد که کاهش هزینه یا بهبود وضعیت ولتاژها و جریانها را به همراه داشته باشد.

در مرحله دوم، تعویض شاخه بین محدوده‌های مختلف انجام می‌گیرد . به این ترتیب، محدودهٔ سرویس‌دهی بهینه هر پست مشخص می‌گردد . الگوریتم مذکور بشرح زیر است:

۱ - یک خط ارتباطی t_{ij} بین شبکه‌های شعاعی S_i و S_j قرار دهید.

۲ - اگر گره‌های انتهایی t_{ij} را آغاز کردید، مسیرهایی را ردیابی کنید که در هر دو جهت تا منبع، حلقه‌ای را تشکیل می‌دهند.

۳ ـ شاخه‌ای از حلقه را تعیین کنید که حذف آن باعث کاهش هزینه سیستم گردد.

٤ ـ پخش بار را برای هر تعویض شاخهٔ موفقیت‌آمیز انجام دهید.

٥ ـ مراحل ۱ تا ٤ را تا زمانی‌که تعویض شاخه باعث کاهش هزینه گردد، تکرار کنید.

سه دلیل برای حذف یک فیدر از یک حلقه باید وجود داشته باشد که عمل حذف توجیه‌پذیر گردد:

ـ کاهش اضافه بار خط

ـ بهبود پروفیل ولتاژ

ـ کاهش هزینهٔ سیستم

در بعضی از شرایط، می‌توان با حذف مناسبترین فیدر از یک حلقه، اضافه بار یک فیدر را از بین برده و تعادل بار را برقرار نمود . شاخه مناسب بطریقی تعیین می‌گردد که بارگذاری در دو انتهای شاخه بازشده، به یکدیگر نزدیک باشند.

چنانچه در یک حلقه، وضعیت ولتاژها نامناسب باشد، ممکن است با تعیین صحیح فیدری که باید حذف شود، پروفیل ولتاژ را بهبود داد .به این طریق هم تلفات توان و هم وضعیت ولتاژها بهتر می‌گردند.

هزینهٔ سیستم شامل هزینه اجزاء و هزینهٔ تلفات انرژی است . برای کاهش هزینه‌ها، هزینه خطوط در یک حلقه مقایسه شده و خطی که بیشترین هزینه را دارد، باز می‌گردد.

٥ـ۳ـ۳ـ الگوریتم کامل

تغییر شاخه در داخل محدوده‌ها و بین محدوده‌های همجوار مداوماً انجام می‌گردد .مجموعه‌ای از این تغییر شاخه‌ها، یک تکرار را تشکیل می‌دهد .اینکار تا زمانیکه هزینهٔ سیستم به حداقل رسیده و پارامترهای شبکه از محدوده‌های مجاز شبکه خارج نشوند، ادامه می‌یابد.

زمانی که پاسخ بهینه برای این ترکیب پستها انجام گرفت، بهینه‌سازی ظرفیت پست‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد . اگر بهینه‌سازی تامین نشده باشد، یکی از پستها حذف می‌گردد . انتخاب پست‌حذف شونده بر اساس هزینهٔ هر KVA پست محاسبه می‌گردد.

$$\frac{\text{هزینهٔ تلفات انرژی در طول دوره بهره‌برداری + هزینهٔ فیدرها + هزینهٔ پست}}{\text{KVA پست کل}}$$

پستی که حداکثر معیار فوق را دارا باشد، حذف می‌گردد . فرآیند فوق تا زمانیکه کاهش پست، کاهش در هزینه ایجاد می‌کند، ادامه می‌یابد.

پخش بارکامل پس از هر تعویض شاخه موفقیت‌آمیز انجام می‌گیرد . از آنجا که تعداد تعویض شاخه‌های فوق عموماً خیلی کمتر از تعداد تعویض‌هاست، بنابراین تعداد پخش بار کامل زیاد نیست.

٦ـ نتیجه‌گیری

در این مجلد سعی شده است اصول برنامه‌ریزی حاکم بر طراحی و توسعه شبکه‌های توزیع فشارمتوسط شرح داده شوند. مطالب مورد بحث در این مجلد را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

ـ در قدم اول می‌بایست توقعات و انتظارات خود را از سیستم مشخص کرده و خصوصیات این سیستم را تعیین نمود.

ـ پس از بررسی و تعیین عوامل فوق بایستی عوامل مؤثر در رسیدن به این اهداف وکلیه امکانات و اطلاعات مورد نیاز را بررسی و جمع‌آوری نمود.

ـ با کمک عوامل فوق‌الذکر، تهیه و تدوین طرح جامع شبکه پرداخت.

پیش‌بینی رفتار بار شبکه و شناخت پارامترهای مؤثر بر آن و همچنین بکارگیری روشهایی در جهت تغییر الگوی مصرف در جهت کاهش بار شبکه از گامهای مهم در این مسیر هستند.

در نظر گرفتن ظرفیتهای ذخیره لازم وتعیین درجه قابلیت اطمینان سیستم از دیگر اصول حاکم بر برنامه‌ریزی به شمار می‌آیند . علاوه‌بر موارد فوق‌الذکر، جهت برنامه‌ریزی صحیح طراحی و توسعه شبکه، می‌بایست مشکلات و نقاط ضعف موجود شبکه موجود شناسایی شده و جهت رفع آنها به ارائه راه حل پرداخت.

واژگان

شرایط اضطراری مرتبهٔ اول	Single (or first) contingency
ایمنی	Safety
پستهای انتقال	Bulk power substation
پستهای توزیع	Distribution substation (MV/LV)
پستهای فوق توزیع	Subtransmission substation(HV/MV)
پیش‌بینی بار	Load For casting
تعویض شاخه	Branch Exchange
سیستم آینده	Future system
سیستم فعلی(موجود)	Existing system
فیدرهای اولیه	Primary Feeders
قابلیت اطمینان	Reliability
قابلیت اعتماد	Security
مدارهای ثانویه	Secondary Circuits
مدارهای فوق‌توزیع	Subtransmission Circuits
مدیریت بار	Load Management