I.P.I.S

67-204
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)

۶۷ـ۲۰۴
چاپ اول
تیر ۱۳۸۱

استاندارد صنعت برق ایران
معیارهای طراحی، مهندسی و برنامه‌ریزی
شبکه‌های توزیع فشار متوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)
قسمت چهارم ـ معیارهای بررسی شبکه موجود در طراحی شبکه جدید

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

Part Four : Existing Network Analysis Criteria for Designing the Future Network

ردیف	عنوان	صفحه

	پیشگفتار	ب ۱
	مقدمه	پ
۱	هدف	۱
۲	دامنه کاربرد	۱
۳	نیازها و خواسته‌ها	۱
٤	شناخت جغرافیایی شبکه موجود و اطلاعات مربوطه	۲
٥	بررسی وضعیت ولتاژها	۳
٦	بررسی وضعیت هادیها	٤
۷	بررسی وضعیت پخش بار	٦
۸	بررسی وضعیت جریانهای اتصال کوتاه	۹
۹	بررسی حداکثر بار پستهای فوق توزیع	۱۱
۱۰	بررسی قدرت ترانسفورماتورها توزیع	۱٥
۱۱	بررسی بارگذاری ترانسفورماتورها	۱۹
۱۲	بررسی وضعیت فیزیکی فیدرها	۲۳
۱۳	شناخت نقاط ضعف و قوت شبکه، بررسی علل و تهیه پیشنهاد برای بهبود وضعیت موجود	۲۷
۱٤	نتیجه‌گیری	۳۳
	واژگان	۳٤

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

قسمت چهارم ـ معیارهای بررسی شبکه موجود در طراحی شبکه جدید

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.

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، توانائیها، 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 (Construciton) : 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 تأئیدها.

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 تدوین کنندگان 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 این استاندارد دربرگیرنده موارد زیر می‌باشد.

- بررسی‌های آماری و تعاریف
- مبحث بار و معیارهای تعیین آن
- شناخت و بررسی شبکه موجود فشارمتوسط (۲۰ و ۳۳ کیلوولت)
- اصول برنامه‌ریزی در شبکه‌های توزیع نیروی برق
- اصول طراحی شبکه توزیع نیروی برق جدید
- ارائه گزینه‌های مختلف یک طرح با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان
- نحوه مقایسه گزینه‌های مختلف یک طرح و انتخاب گزینه بهینه
- ارائه شبکه‌های استاندارد (نمونه) توزیع

جلد حاضر به بررسی معیارهای بررسی شبکه موجود در طراحی شبکه جدید می‌پردازد.

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 :

۱ - "استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع"، معاونت تحقیقات و تکنولوژی توانیر، دفتر استانداردها تیرماه ۱۳۷۵

۲ - "حل شبکه‌های توزیع به روش مستقیم"، کمیته تحقیقات شرکت برق منطقه‌ای اصفهان ۱۳۷۵

۳ - "یک روش محاسبات اتصال کوتاه ویژه شبکه‌های توزیع"، پرویز مقدم و محمدحسن مدیرشانه‌چی هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق، آبان ۱۳۷۲ .

٤ - "استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت، طرح مشخصات عمومی پستها"، معاونت تحقیقات و تکنولوژی توانیر، دفتر استانداردها، بهمن ۱۳۷۲

۵ ـ "استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت"، معاونت تحقیقات و تکنولوژی توانیر، دفتر استانداردها، خرداد ۱۳۷٤

٦ـ "فرمهای جمع‌آوری اطلاعات شبکه‌های توزیع نیروی برق"، مهندسین مشاور قدس نیرو

۷ـ "بارگیری بهینه از ترانسفورماتورهای توزیع"، رضا وفایی، کریم روشن میلانی و هادی خسروی، پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق، ۱۳۷٤

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

۹ ـ "بررسی تلفات انرژی الکتریکی در ایران"، احمد شکوری‌راد، شمس‌الدین قرشی و جمال مشتاق، چهارمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو، بندرعباس ۱۳۷۳

۱۰ـ استاندارد IEC شماره ۳۸

۱۱ـ استاندارد IEC شماره ۳٥٤

12- "Electric Power Distribution System Engineering" by T.Gonen, McGraw-Hill, 1986.

13- "Electric Utility Engineering reference book" Vol.3, Distribution System, by Westinghouse.

مقدمه

به منظور طراحی، توسعه و بهبود شبکه‌های توزیع باید شناختی از وضعیت موجود شبکه و نقاط ضعف آن بدست آورد. شناسایی این وضعیت از طریق اندازه‌گیری و محاسبهٔ پارامترها و کمیتهای مختلف آن امکان‌پذیر است. در این گزارش راهکارها و معیارهایی که به منظور شناسایی و تعیین وضعیت موجود شبکه‌های توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرند تشریح می‌گردد.

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

قسمت چهارم ـ معیارهای بررسی شبکه موجود در طراحی شبکه جدید

۱ ـ هدف

هدف از این مجلد، ارائه دستورالعمل چگونگی بررسی و شناخت وضعیت شبکه موجود فشارمتوسط توزیع برای طراحی، توسعه و بهبود وضعیت شبکه توزیع می‌باشد. در این قسمت پارامترها و کمیتهایی که هر کدام به نحوی وضعیت کار شبکه موجود را بیان می‌کنند، همچنین معیارهایی که کیفیت کار مناسب شبکه توزیع را تشریح می‌کنند، معرفی خواهند شد.

پس از شناسایی پارامترهای مورد نظر، عملکرد شبکه در مقایسه با معیارهای مورد نظر سنجیده می‌شود. سپس نقاط ضعف و قوت شبکه مورد مطالعه، شناسایی خواهد شد.

پس از بررسی علت (علل) مؤثر در وضعیت شبکه (احیاناً در ضعف شبکه)، پیشنهادها و توصیه‌های لازم جهت بهبود وضعیت شبکه و عملکرد بهینهٔ آن ارائه خواهد شد.

۲ ـ دامنه کاربرد

این جلد در شناخت و بررسی وضعیت موجود شبکه‌های فشارمتوسط توزیع (۲۰ و ۳۳ کیلوولت) بکار می‌رود.

۳ ـ نیازها و خواسته‌ها

به منظور بررسی وضعیت موجود، اطلاعات مختلفی مورد نیاز می‌باشد که در بخشهای بعدی به آنها پرداخته می‌شود. برخی از اطلاعات مورد نیاز مربوط به خصوصیات جغرافیایی شبکه، توپولوژی شبکه و خصوصیات فیزیکی تجهیزات شبکه هستند و برخی دیگر تابع نقطه کار و نحوهٔ عملکرد و بهره‌برداری از شبکه می‌باشند مانند وضعیت ولتاژ و بار.

دستیابی به اطلاعات مورد نیاز منوط به داشتن اطلاعات طرحهای شبکه، اطلاعات تجهیزات شبکه، بازدید از شبکه و انجام اندازه‌گیریهای لازم می‌باشد.

D:\BO\81\R\9\23-3.doc

با دسترسی به اطلاعات مورد نظر می‌توان به بررسی و شناخت صحیحی از عملکرد شبکهٔ فشارمتوسط موجود دست یافت.

٤ ـ شناخت جغرافیایی شبکه موجود و اطلاعات مربوطه

به منظور شروع طراحی شبکه‌های جدید، توسعه شبکه موجود و همچنین بررسی و مطالعهٔ آن، باید وضعیت جغرافیایی شبکه و منطقه‌ای که قرار است شبکه در آن دایر شود، برای طراح شناخته شده باشد.

شناخت وضعیت جغرافیایی شبکه موجود از طریق نقشه‌های $\frac{1}{2000}$ امکان‌پذیر می‌باشد. البته در بعضی مواقع لازم است که از نقشه‌های توپوگرافی که شامل عوارض جغرافیایی نیز می‌باشد استفاده شود. لذا لازم است نقشه‌های با مقیاس $\frac{1}{2000}$ از شبکه‌های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت هوایی و زمینی تهیه گردند. بر روی این نقشه مکان پستهای فوق‌توزیع و توزیع و همچنین مسیر فیدرهای فشارمتوسط مشخص می‌گردند.

با استفاده از این نقشه‌ها، توپولوژی شبکه فشارمتوسط، نحوه گسترش شبکه، ناحیه سرویس‌دهی فیدرها و بعلاوه نوع سیستم توزیع از نظر شعاعی یا حلقوی بودن و غیره و همچنین نوع ساختمان شبکه از نظر هوایی یا زمینی بودن آن مشخص می‌گردد. برروی این نقشه‌ها می‌توان اطلاعات مربوط به تجهیزات شبکه مانند تعداد و قدرت ترانسفورماتورها، تعداد مدار و نوع هادیها را نیز مشخص نمود.

همچنین طرحهای در دست اقدام و تصویب شدهٔ فشارمتوسط و پستهای توزیع متناظر با آنها نیز برروی این نقشه‌ها نشان داده می‌شود.

بررسی و مطالعه این نقشه‌ها، دید و شناخت کلی و اجمالی از شبکهٔ موجود و طرحهای آینده را به طراح ارائه می‌نماید. یکی از ابزارهای شناخت شبکه، دیاگرام (نقشه) تک‌خطی پست می‌باشد.

بطور کلی یک نقشهٔ تک‌خطی پست منعکس‌کننده اطلاعات زیر می‌باشد:

۱ ـ نوع شینه‌بندی

۲ ـ تعداد و نوع فیدرها در سطوح مختلف ولتاژ

۳ ـ تجهیزات هر فیدر، طرز اتصال آنها به یکدیگر، باس‌بارها و تجهیزات کمکی

٤ ـ ترانسفورماتورهای توزیع، وسایل جبران‌کننده و ترانسفورماتورهای زمین

٥ ـ نحوه زمین شدن نوترال (بطور مستقیم، یا استفاده از مقاومت و غیره)

٦ ـ وضعیت و موقعیت طرحهای توسعهٔ آتی

۷ ـ اطلاعات و مشخصات فنی کلی هر یک از تجهیزات

۸ ـ نقاط مانور

۵ ـ بررسی وضعیت ولتاژها

بطور کلی، کارکرد سیستمهای توزیع و کیفیت خدمات داده شده را برحسب میزان تداوم سرویس‌دهی و تأمین ولتاژ مجاز برای مشترکین، یعنی برق‌رسانی در محدوده‌های مناسب آن، مورد سنجش قرار می‌دهند.

تعاریف اساسی در مورد سطوح ولتاژ به شرح زیر هستند:

۱ ـ ولتاژ نامی : ولتاژی که مشخصه‌های عملکرد بهره‌برداری تجهیزات را مشخص می‌کند.

۲ ـ ولتاژ کار : ولتاژی که بین سرهای دستگاه ورودی سرویس‌رسانی اندازه‌گیری می‌شود.

۳ ـ ولتاژ مصرف : ولتاژی که بین دو سر هر دستگاه اندازه‌گیری می‌شود.

٤ ـ افت ولتاژ : اختلاف بین ولتاژهای ابتدا و انتهای یک فیدر یک خط.

۵ ـ حداکثر ولتاژ : بزرگترین میانگین ۵ دقیقه‌ای ولتاژ

٦ـ حداقل ولتاژ : کوچکترین میانگین ۵ دقیقه‌ای ولتاژ

۷ ـ گسترهٔ تغییر ولتاژ : اختلاف بین حداکثر و حداقل ولتاژ

۸ ـ پیک ولتاژ : ماکزیمم ولتاژ شبکه که لحظه‌ای بوده و ناشی از سوئیچینگ و کلیدزنی خازنی می‌باشد.

۹ ـ حداکثر ولتاژ کار : حداکثرولتاژی که تجهیزاتی با ولتاژ نامی یکسان می‌توانند بطور دائم بدون صدمه دیدن با آن کار کنند.

هر شبکه توسط ولتاژ نامی آن شناخته می‌شود. یکی از عوامل اصلی انتخاب تجهیزات موجود در یک شبکه تطابق و هماهنگی بین ولتاژ نامی شبکه با ولتاژ نامی عملکرد تجهیزات می‌باشد.

در ایران، سطح ولتاژهای نامی استاندارد برای شبکه فشارمتوسط عبارتند از ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت که سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت دارای بیشترین گستردگی و پهنه عملکرد در شبکه توزیع ایران می‌باشد.

سطح ولتاژ ۱۱ و ۳۳ کیلوولت در بعضی از استانهای کشور به عنوان سطح ولتاژ فشارمتوسط مورد بهره‌برداری و استفاده قرار می‌گیرند.

همانگونه که اشاره شد یکی از عوامل مهم در تعیین کیفیت برق، اندازهٔ ولتاژ تحویلی به مشترکین (در سطح فشارمتوسط در واقع پروفیل ولتاژ در طول یک فیدر) می‌باشد. اندازهٔ ولتاژ باید در یک محدوده قابل قبول

قرار گیرد. به نحوی که اندازهٔ ولتاژ در ابتدای فیدر از یک مقدار قابل قبول بیشتر نباشد و اندازه آن در انتهای فیدر از یک مقدار قابل قبول کمتر نباشد. به این منظور در سطوح مختلف ولتاژ مقادیر قابل قبولی برای تفاوت ولتاژ در ابتدا و انتهای فیدر (افت ولتاژ) در نظر گرفته می‌شود. در سطح فشارمتوسط، افت ولتاژ حداکثر ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. در ضمن می‌بایستی درصد نوسانات فلیکر و هارمونیک در محدوده‌های استاندارد باشد.

همچنین طبق استاندارد IEC شماره ۳۸ حداکثر ولتاژ کار در شبکه‌های توزیع مطابق جدول شماره (۱) می‌باشد.

بنابر گفته‌های فوق، در هر نوع بررسی، مطالعه و برنامه‌ریزی یک شبکه توزیع، ابتدا لازم است سطح ولتاژ نامی عملکرد شبکه موردنظر شناخته شود و با توجه به این سطح ولتاژ بررسی و برنامه‌ریزی و طراحی انجام پذیرد.

همچنین اندازه‌گیری افت ولتاژ و حداکثر ولتاژ در نقاط مختلف شبکه و در ساعات مختلف شبانه‌روز اعم از ساعات پیک بار و غیرپیک بار توصیه می‌شود. بدین ترتیب با آگاهی یافتن از وضعیت ولتاژ در نقاط مختلف شبکه و در بدترین حالات ممکن می‌توان به شناخت درستی از وضعیت عملکرد شبکه دست یافت.

در صورت وجود افت ولتاژ غیرقابل قبول در شبکه، استفاده از روشهای رگولاسیون ولتاژ و بهبود پروفیل ولتاژ الزامی به نظر می‌رسد.

حداکثر ولتاژ نامی شبکه KV-rms	ولتاژ نامی شبکه KV-rms
۱۲	۱۱
۲٤	۲۰
۳٦	۳۳

حداکثر ولتاژ شبکه توزیع

"جدول شماره ۱"

٦ ـ بررسی وضعیت هادیها

هادیها بعنوان حامل‌های انرژی الکتریکی، شاید مهمترین عناصر یک شبکه الکتریکی به حساب آیند بنابراین انتخاب بهینه و مناسب هادی اساس طراحی و انتخاب بهینه سایر اجزاء و عملکرد مناسب شبکه می‌باشد.

اغلب به هادیها، سیم گفته می‌شود این دو اصطلاح را می‌توان بجای یکدیگر بکار برد. هادیها را می‌توان به صورت هوایی و لخت، همراه با پوشش یا بصورت عایق شده نصب نمود و مورد بهره‌برداری قرار داد.

هادیهایی که به شکل کابل هستند، ممکن است بصورت زیرزمینی در مجراهای مربوطه یا مستقیماً زیرزمین قرار داده شوند. در بعضی نقاط نیز از کابلهای خودنگهدار استفاده می‌شود [۱].

هادیها عمدتاً از موارد زیر تشکیل می‌شوند:

مس، آلومینیوم، هادی آلومینیوم تقویت شده با فولاد (ACSR) و فولاد دارای غلاف مسی.

بروز عیب در یک هادی منجر به بی‌برقی یک مدار می‌شود. لذا ضروری است که عوامل پدیدآورندهٔ عیب یا خطا را به حداقل رساند.

خطا ممکن است در اثر عوامل مکانیکی ناشی از تنش‌ها و کششهای بسیار شدید که منجر به پارگی هادی می‌شوند، بروز نماید. غالباً بروز عیب در ابتدا ممکن است به واسطه خطای الکتریکی باشد که سپس هادی را از نظر مکانیکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. بعنوان مثال جریانهای اتصال کوتاه یا اضافه بار ممکن است چنان موجب گرم شدن هادیها شوند که به ذوب هادی منجر شده و در نتیجه هادی دیگر قادر نخواهد بود که تنش‌های مکانیکی عادی را تحمل نماید و دچار پارگی می‌شود.

بنابر موارد فوق، واضح است که در بررسی وضعیت هادیها علاوه بر ویژگی‌های الکتریکی، ویژگی‌های مکانیکی نیز باید مدنظر قرار گیرند.

مهمترین ویژگی‌های هادیها که باید طراح از آنها آگاهی داشته باشد به قرار زیر هستند :

۱ ـ جنس هادی

۲ ـ سطح مقطع هادی

۳ ـ جریان مجاز هادی در شرایط مختلف کار

٤ ـ جریان قابل تحمل اتصال کوتاه و زمان آن

۵ ـ منحنی شکم هادی در شرایط مختلف بارگذاری

٦ ـ نوع عایق

۷ ـ وزن هادی

۸ ـ حد پارگی سیم

۹ـ مدول الاستیسیته

اسم هادی و جنس هادی می‌تواند مشخص‌کنندهٔ کلیه خواص مکانیکی و الکتریکی هادی باشد.

با بررسی جریان مجاز هادی و مقایسهٔ آن با حداکثر جریان فعلی هادی و جریان اضافی عبوری از هادی با توجه به احداث شبکه جدید، در صورتی که بار یک فیدر از یک مقدار مجاز بیشتر شود (با توجه به حداکثر جریان مجاز هادی) بایستی طرح تعدیل بار انجام گیرد. بدین ترتیب که بار روی این فیدر بین فیدرهای مجاور (که امکان تغذیهٔ بارهای جدید را دارند) تقسیم شود یا در صورت لزوم، فیدر جدید برای تغذیهٔ شبکهٔ جدید احداث شود. همچنین با توجه به مطالعات اتصال کوتاه، در صورت اضافه شدن یک فیدر یا کاهش یک فیدر، جریانهای اتصال کوتاه هادیهای شبکه محاسبه خواهند شد و در صورت تخطی از حدود مجاز جریان اتصال کوتاه عبوری از هادی، می‌بایست هادیهای شبکه تقویت شوند.

در صورت استفاده از هادیهای با سطح مقطع کمتر در شبکه، تلفات توان و افت ولتاژ افزایش می‌یابند و همچنین مشکلات بهره‌برداری از قبیل آنچه در بالا اشاره شد نیز پدید می‌آیند.

کابلهای فشارمتوسط بکار رفته در ایران به دو نوع کلی کابلهای با عایق کاغذ روغنی و کابلهای با عایق مواد ترموپلاستیک یا الاستومریک [1] تقسیم می‌شوند. استفاده از کابلهای با مواد عایقی پلیمری روز به روز در حال پیشرفت می‌باشد و این کابلها دارای کیفیت عایقی خوب و ضریب تلفات عایقی کمی بوده و استفاده از آنها از لحاظ سهولت در نصب، مفصل‌بندی و ... دارای مزایای زیادی نسبت به سایر کابلها می‌باشد.

هادیهای مورد استفاده در کابلهای فشارمتوسط بایستی از جنس مس یا آلومینیوم و از مفتولهای بهم تابیده مطابق استاندارد ۳۰۸٤ موسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران و بصورت فشرده باشند. در مورد شبکه کابلی علاوه بر بررسی سطح مقطع مناسب هادی و جریان مجاز آن بایستی به جنس خاک، مسائل جوی، دمای محیط، فاصله کابلها از یکدیگر، عمق نصب کابل و حفاظ کابل در مواردی که احتمال صدمات مکانیکی وجود دارد، و همچنین مسائلی مانند ضخامت عایق با توجه به استانداردهای موجود توجه شود.

۷ ـ بررسی وضعیت پخش بار

۷-۱ ـ فلسفه پخش بار

در سیستم قدرت، شبکه توزیع فشارمتوسط، شبکهٔ واسطه‌ای است که از شبکه انتقال یا فوق‌توزیع تغذیه شده و شبکه مصرف را تغذیه می‌کند. این شبکه از نظر ساختار شبکه‌ای، حلقوی است که عموماً از آن بصورت شعاعی بهره‌برداری می‌گردد.

---

1. Thermoplastic & Elastomeric

با استفاده از وسایل قطع و وصل موجود در شبکه، ارتباط الکتریکی در نقاطی قطع شده و بدین گونه شبکه اولیه به مجموعه‌ای از زیرشبکه‌های مستقل و عمدتاً شعاعی و تغذیه شده از یک نقطه، تبدیل می‌شود. هر یک از زیرشبکه‌های مذکور، تحت عنوان «فیدر»، تأمین انرژی الکتریکی بخشی از شبکه مصرف را بعهده دارد. از این نقطه نظر، بررسی یک شبکه توزیع دارای ویژگیهایی می‌باشد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱ ـ ساختار شعاعی و به ندرت وجود یک و یا چند حلقهٔ معدود در شبکه

۲ ـ تغذیه از یک نقطه و به ندرت چند منبع تغذیه‌کننده معدود

۳ ـ تعداد بسیار زیاد خطوط و مصرف‌کننده‌ها

مجموعهٔ این ویژگی‌ها، فیدرهای توزیع را از دیگر انواع شبکه‌ها کاملاً متمایز می‌کند. استفاده از روشهای مرسوم مانند روشهای گوس ـ سایدل، نیوتن ـ رافسن و فست دیکاپل برای پخش بار این نوع سیستمها مقدور نیست، چون رفتار غیرخطی سیستم و کثرت باس‌بارها موجب واگرایی روند حل شبکه می‌شود. بعلاوه کثرت باس‌بارها باعث بزرگ شدن ابعاد ماتریسهای شبکه و مواجه شدن با محدودیت حافظه خواهد شد.

لذا به منظور پخش بار شبکه‌های توزیع، ارائه روشهای ویژه‌ای الزامی است.

الگوریتمهای موثری جهت پخش بار شبکه‌های توزیع شعاعی تک‌فاز و سه‌فاز ارائه شده توسط مهندسین توزیع مورد استفاده قرار گرفته‌اند، منتها حل شبکه‌های حلقوی را شامل نمی‌شوند.

روش پخش بار مستقیم شبکه‌های توزیع علاوه بر کارآیی در حل شبکه‌های "بدحالت" در مورد شبکه‌های حلقوی نیز کارآیی دارد [۲].

۲-۷ ـ *نتایج حاصله از پخش بار*

پس از انجام پخش بار اندازهٔ ولتاژهای نقاط مختلف فیدرها بدست می‌آیند. همچنین جریان عبوری از خطوط و تلفات هر کدام از قسمتهای مختلف فیدرها بدست می‌آیند. پخش بار را می‌توان با توجه به وضعیت موجود شبکه و همچنین طرحهای آینده انجام داد، در این صورت می‌توان با توجه به محدودیتهای افت ولتاژ و قدرت عبوری از خطوط و در صورت تخطی از مقادیر مجاز افت ولتاژ و جریان عبوری از هادیها و بالا بودن تلفات شبکه طرحهای اصلاحی ارائه کرد.

در مورد هر هادی (هر خط شبکه) سه کمیت را می‌توان مورد مطالعه قرار داد که عبارتند از :

۱ ـ حداکثر جریان عبوری از خط در شبکه موجود (I_1)

۲ ـ حداکثر جریان مجاز عبوری از هادی (I_{max})

۳ ـ حداکثر جریان عبوری از خط با توجه به طرحهای آینده و برآورد بار شبکه‌های جدید تغذیه شونده از این خط (I_2).

در صورتی که رابطه $I_{max} \geq I_0 + I_1 + I_2$ که در آن I_0 جریان مانوری است، برقرار نباشد، شبکه جدید باید از یک فیدر دیگر تغذیه شود یا اینکه هادیها و در صورت لزوم تجهیزات موجود در شبکه تقویت شوند تا محدودیت قدرت عبوری از خطوط رعایت شود.

۸ ـ بررسی وضعیت جریانهای اتصال کوتاه

با ایجاد شبکه‌های سراسری و تأسیس و راه‌اندازی نیروگاهها در شبکه‌های برق و گسترش خطوط انتقال و توزیع احتمال بوجود آمدن اتصالی‌ها در شبکه بیشتر می‌شود و همچنین عوامل فوق باعث افزایش سطح اتصال کوتاه در شین‌های سیستم می‌شوند که چنانچه میزان افزایش جریان اتصال کوتاه زیاد باشد نیاز به تعویض تجهیزات شبکه نظیر کلیدهای قدرت خواهد بود که در نتیجه هزینه‌های زیادی بر شبکه توزیع تحمیل خواهد کرد.

۸-۱ ـ علل پیدایش اتصال کوتاه

اگر به عللی سطح عایقی نقطه‌ای از شبکه صدمه ببیند یا اگر شیء هادی با سیمهای هوایی شبکه تماس پیدا کند، در اینصورت اتصال کوتاه رخ می‌دهد. بطور کلی عوامل مؤثر در بروز اتصال کوتاه به شرح زیر است:

۱ ـ رعد و برق

۲ ـ سالم نبودن تجهیزات و لوازم سیستم

۳ ـ شرایط جوی مانند باد و یخبندان شدید

٤ ـ برخورد وسایل خارجی با پایه‌ها و تجهیزات

٥ ـ برخورد پرندگان با هادیهای خطوط یا ورود حیوانات به پستها

٦ ـ سقوط درختان بر روی هادیهای خطوط

۷ ـ رطوبت

۸ ـ رعایت نکردن حریمها

۸-۲ ـ اثرات نامطلوب اتصال کوتاه

۱ ـ در اثر اتصال کوتاه، مقدار شدت جریان عبوری بطور غیرعادی زیاد شده و باعث افزایش ناگهانی حرارت تجهیزات سیستم و یا صدمه دیدن آنها می‌شود.

۲ ـ در اثر اتصال کوتاه معمولاً جرقه برقرار شده و باعث بالا رفتن درجه حرارت و گاهی نیز منجر به آتش‌سوزی می گردد.

۳ ـ در اثر اتصال کوتاه ولتاژهای نقاط مختلف سیستم بطور غیرقابل قبولی کم و زیاد می‌شود.

٤ ـ در اثر برخی از اتصال کوتاه‌ها، حالت نامتقارن در شبکه بوجود آمده، لوازم و تجهیزات سه‌فاز بخوبی کار نکرده یا صدمه می‌بینند.

٥ ـ در اثر اتصال کوتاه پخش بار مختل می‌گردد.

٦ ـ بر اثر اتصال کوتاه یک فیدر یا یک پست معیوب از شبکه خارج می‌شود فلذا تعدادی از مشترکین بی‌برق می‌شوند که می‌بایستی با انجام مانور روی شبکه تعداد مشترکین بی‌برق را به حداقل رساند.

۷ ـ در اثر اتصال کوتاه، نیروهای الکترومکانیکی ایجاد شده که می‌تواند باعث باز شدن جمپرها شود.

۸-۳ ـ انواع اتصال کوتاه در شبکه

بطور کلی در شبکه‌های قدرت چهار نوع اتصال کوتاه رخ می‌دهد:

۱ ـ اتصال کوتاه تک‌فاز با زمین

۲ ـ اتصال کوتاه دوفاز با هم

۳ ـ اتصال کوتاه دوفاز با هم و به زمین

٤ ـ اتصال کوتاه سه فاز

۸-٤ ـ ضرورت انجام محاسبات اتصال کوتاه

۱ ـ با مشخص شدن مقادیر جریان و سطوح اتصالی، ابعاد و فواصل باس‌بارها و قدرت قطع کلیدهای قدرت و سکسیونرها انتخاب می‌شوند بنحوی که تجهیزات درمقابل نیروهای مکانیکی و دینامیکی و حرارت ناشی از اتصال کوتاه تحمل لازم را داشته باشند.

۲ ـ ظرفیت قطع کلیدهای قدرت و سکسیونرهای قابل قطع زیر بار در بدترین حالات کار شبکه تعیین می‌گردند.

۳ ـ کارکرد و عکس‌العمل هماهنگ فیوزها و رله‌های حفاظتی به منظور حفاظت تجهیزات بکار رفته مشخص می‌گردد.

۵-۸ ـ روش حل مسائل اتصال کوتاه

حل مسائل اتصال کوتاه به روشهای مختلف امکانپذیر است. یکی از راههای ساده در حل اینگونه مسائل روش "نسبت به واحد" است که دراین روش مقادیر ولتاژ، جریان، توان ظاهری و امپدانس بصورت درصد یا نسبت به واحد در مبنای انتخاب شده خود بیان می‌گردند. این روش محاسبات را بسیار ساده می‌نماید که در اینجا به جزئیات آن پرداخته نمی‌شود.

با توجه به نکات اشاره شده در صورت نیاز به طراحی شبکه جدید یکی از محاسبات لازم و اساسی در مطالعه شبکه محاسبات اتصال کوتاه می‌باشد که به کمک این محاسبات می‌توان سطوح اتصال کوتاه شبکه موجود و همچنین شبکه نهایی را بدست آورد و در صورتی که تجهیزات شبکه موجود مانند کلیدهای قدرت و سکسیونرها و هادیها جوابگوی نیازهای ناشی از محاسبات اتصال کوتاه نباشند، باید تغییراتی در شبکه موجود و تجهیزات آن در جهت عملکرد صحیح شبکه انجام داد.

همچنین افزودن یا کاستن یک فیدر و اثرات آنها بر سطوح اتصال کوتاه در شبکه باید مورد توجه قرار گیرند.

طبق استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت، سطوح اتصال کوتاه زیر برای تجهیزات سوئیچگیر ۶۳ و ۲۰ کیلوولت انتخاب و توصیه می‌گردد.

۱ ـ برای سوئیچگیر ۶۳ کیلوولت عمدتاً ۲۰ کیلوآمپر و در موارد خاص ۳۱/۵ کیلوآمپر

۲ ـ برای سوئیچگیر ۲۰ کیلوولت ۱۶ کیلوآمپر

همچنین طبق استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، ظرفیت اتصال کوتاه تابلوی فشارمتوسط با توجه به سطح اتصال کوتاه شبکه‌های فشارمتوسط برابر ۱۶ کیلوآمپر در نظر گرفته شده است. در موارد خاصی که سطح اتصال کوتاه بالاتر از حد عادی باشد می‌توان ظرفیت اتصال کوتاه تابلوی فشارمتوسط را برابر ۲۰ یا ۲۵ کیلوآمپر انتخاب نمود.

۹ ـ بررسی حداکثر بار پستهای فوق توزیع

بطور کلی ظرفیت یک پست فوق توزیع براساس عوامل زیر تعیین و انتخاب می‌گردد.

۱ ـ چگالی بار در محدودهٔ عملکرد یا منطقه تحت پوشش پست

۲ ـ سیاست و خط مشی‌های پذیرفته شده برای حداقل قابلیت اطمینان مورد قبول و روشهای تأمین بار پست در حالتهای اضطراری

۳ ـ ترکیب بهینه ازمجموع هزینه‌های ناشی ازطول خطوط شبکه فوق‌توزیع وهزینه‌های احداث پستهای فوق‌توزیع

٤ ـ قابلیت انعطاف لازم در افزایش ظرفیت پست با حداقل هزینه

٥ ـ مشخصات و استانداردهای موجود برای ساخت تجهیزات شبکه در داخل کشور

٦ ـ محدودیتهای ناشی از ظرفیت و تعداد فیدرهای ورودی ٦۳ کیلوولت و فیدرهای خروجی ۲۰ کیلوولت

۷ ـ مشخصات و روند کلی در انتخاب ظرفیت پستهای فوق توزیع موجود در کشور

جدول شماره (۲) ظرفیتهای انتخاب شده برای پستهای فوق توزیع را نشان می‌دهد. همچنین جدول شماره (۳) تعداد فیدرهای پستهای فوق توزیع را نشان می‌دهد.

در جدول شماره (۳)، اعداد داخل پرانتز نشاندهندهٔ مقادیر توسعه ظرفیت پست و یا تعداد فیدرها می‌باشد.

با توجه به جداول ، بار هر فیدر نباید از حداکثر ۷ مگاولت‌آمپر بیشتر باشد، همچنین بعلت محدودیتهای بهره‌برداری، مجموع بارهای دائمی فیدرهای روی یک ترانسفورماتور نباید از ۷۵٪ قدرت نامی آن بیشتر شود.

با توجه به اندازه‌گیریهای انجام شده در پست، حداکثر بار پست در مدت زمان عملکرد آن بدست می‌آید. از طرفی با توجه به ظرفیت نصب شده در پست، تعداد فیدرهای آن، محدودیتهای بهره‌برداری، رشد بار آتی در سالهای آینده و مشخص بودن حداکثر ظرفیت قابل انتقال خطوط ٦۳ و ۲۰ کیلوولت در فواصل میان پستهای فوق‌توزیع و توزیع یک منطقه، در صورتی‌که لازم باشد باید ظرفیت نامی پست افزایش یابد. این افزایش ظرفیت از دو طریق امکانپذیر است.

۱ ـ جایگزینی ترانسفورماتورهای موجود با ترانسفورماتورهایی با ظرفیت بالاتر

۲ ـ افزایش تعداد ترانسفورماتورها

روش اول مناسبتر و ارزان‌تر از روش دوم بوده و تا زمانی که محدودیتی در انتخاب و استفاده از این طریق وجود نداشته باشد قابل اجرا است. البته در روش دوم نیز باید شرایط موازی نمودن ترانسفورماتورها مثل یکسان بودن امپدانس درصد، نسبت تبدیل و گروه‌برداری رعایت شود.

از طرفی افزایش ظرفیت نامی یک پست باعث افزایش ظرفیت و تعداد فیدرهای ورودی ۶۳ کیلوولت و فیدرهای خروجی ۲۰ کیلوولت شده و در نتیجه از نقطه نظر اجرایی شرایط محلی ورود و خروج فیدرهای مذکور را با اشکالاتی مواجه می‌سازد. لذا حداکثر ظرفیت نامی و یا مطمئن یک پست فوق توزیع، با توجه به استانداردهای تهیه شده برای پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت و ۱۳۲/۲۰ کیلوولت، بایستی بگونه‌ای انتخاب شود که تعداد فیدرها بخصوص فیدرهای خروجی ۲۰ کیلوولت (با توجه به جدول شماره ۳) در حد قابل قبولی باشد.

ردیف	ظرفیت نامی (مگاولت‌آمپر)	ظرفیت قطعی (مگاولت‌آمپر)	قابل تبدیل به ظرفیت نامی (مگاولت‌آمپر)	مورد استفاده	توضیحات
۱	۲×۳۰	٤۲(۷۸)	۳×۳۰	مناطق شهری باتراکم بار بسیار زیاد	در حالت توسعه و تبدیل ظرفیت نامی به ۳×۳۰ مگاولت‌آمپر به منظور کاهش سطح جریان اتصال کوتاه فقط دودستگاه از ترانسفورماتورها می‌توانند بصورت موازی کار کنند.
۲	۲×۳۰	٤۲	—	مناطق‌شهری‌با تراکم بارزیاد	بدون پیش‌بینی توسعه
۳	۲×۱۵	۲۱(۱۵)	۲×۳۰	مناطق شهری یا روستایی با تراکم بار متوسط	در صورت وجود قابلیت ارتباط فیدرهای خط ۲۰ کیلوولت پست فوق‌توزیع با شبکه توزیع منطقه ظرفیت قطعی ۲۱ مگاولت‌آمپر و در صورتی‌که چنین امکانی وجود نداشته باشد ظرفیت قطعی ۱۵ مگاولت‌آمپر خواهد بود.
٤	۲×۷/۵	۷/۵	۲×۱۵	مناطق روستایی با تراکم بارکم	با توجه به اینکه در مناطق روستایی با تراکم بار کم پستهای فوق‌توزیع بصورت شعاعی تغذیه می‌گردند و فیدرهای خط ۲۰ کیلوولت اینگونه پستها نیز شعاعی توزیع گردیده‌اند ظرفیت قطعی ۷/۵ مگاولت‌آمپر می‌باشد.

ظرفیتهای انتخاب شده برای پستهای فوق‌توزیع

"جدول شماره ۲"

ردیف	ظرفیت نامی پست (مگاولت‌آمپر)	فیدرهای ۶۳ کیلوولت		فیدرهای ۲۰ کیلوولت		
		ترانسفورماتور	خط (کابل)	ترانسفورماتور	خازن	خط (کابل)
۱	۲×۳۰	۲	۲	۲	(٤)۲	(١٦)١٢
۲	۳×۳۰	۳	(٤)۲	۳	(٦)۳	(٢٤)١٨
۳	۲×۱۵ (۲×۳۰)	۲	(٤)۲	۲	(٤)۲	(١٦)٨
٤	۲×۷/۵ (۲×۳۰)	۲	(۳)۲	۲	(٤)۲	(٨)٦

تعداد فیدرهای پستهای فوق توزیع

"جدول شماره ۳"

۱۰ـ بررسی قدرت ترانسفورماتورهای توزیع

پستهای هوایی و زمینی توزیع برق همچون سلولهای زنده یک بافت شهری وظیفه دریافت انرژی شبکه برق و توزیع آن در نقاط مختلف مصرف را بعهده دارند. به همین دلیل در طراحی و احداث آنها می‌باید در کنار مسائل مهندسی، جنبه‌های مختلف فنی و اقتصادی انتخاب قدرت نامی ترانسفورماتور توزیع مدنظر قرار گیرد. با توجه به گسترش شهرها و نرخ رشد بار آنها و هزینه‌های روزافزونی که صرف نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری از پستهای فوق توزیع و توزیع می‌گردد، لزوم بررسی‌های اقتصادی به موازات بررسی فنی به منظور انتخاب بهینه ظرفیت ترانسفورماتور اجتناب‌ناپذیر گشته است.

در این زمینه سلیقه‌های مختلف و روشهای گوناگونی به منظور انتخاب مناسب با توجه به عوامل زمانی و مکانی همچون منحنی بار، شرایط اقلیمی، چگالی بار و توسعه آینده و ... وجود دارد که باعث ایجاد تنوع در انتخاب ظرفیت ترانسفورماتورها گردیده است. لازم به ذکر است که در انتخاب قدرت ترانسفورماتور شرایط انتقال بار و مانورهای بارگذاری در نظر گرفته می‌شود و ظرفیت بهره‌برداری ترانسفورماتور حدود ۷۵ درصد قدرت نامی آن است.

مشخصات مهمی که در مورد ترانسفورماتورها در بررسی شبکه موجود باید دقت شوند عبارتند از:

۱-۱۰ـ قدرت نامی

مهمترین مشخصه یک ترانسفورماتور، قدرت نامی آن می‌باشد که این قدرت نامی با توجه بـه ملاحظـات فوق انتخاب گردیده است.

از فرمهای شماره ۹ جمع‌آوری اطلاعات شبکه‌های توزیع (تهیه شده توسـط معـاونت همـاهنگی و توزیـع برق ـ سازمان برق ایران) با توجه به اطلاعات پست هوایی که در آن امکان افزایش ظرفیت ترانسفورماتور و همچنین امکان افزایش تعداد فیدر خروجی و اطلاعات پسـت زمینـی کـه در آن امکـان افزایـش تعـداد ترانسفورماتور، امکان افزایش ظرفیت ترانسفورماتورهای موجود، امکان افزایش تعداد فیدر فشارمتوسط و فشارضعیف خروجی آورده شده است و با توجه بـه قـدرت نـامی ترانسـفورماتورهای موجـود و حداکـثر باری که از آنها کشیده می‌شود، می‌توان امکان تغذیـه فیدرهـا و بارهـای جدیـد را از ترانسـفورماتورهای موجود بررسی کرد.

در حـال حـاضر در شـبکه توزیـع کشـور، عمدتـاً از ترانسـفورماتورهای ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولـت سـاخت کارخانه ایران ترانسفو استفاده می‌شود (در شبکه موجود انواع مختلف ترانسفورماتورهای سـاخت خـارج از کشور نیز وجود دارد).

برخی از مشخصات فنی ترانسفورماتورهای استاندارد ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولـت در جدولـهای شـماره (٤) و (٥) درج شده است.

در حالت کلی پستهای زمینی توزیع هر کدام شامل یک، دو یـا سـه ترانسـفورماتور توزیـع می‌باشـند کـه قدرت نامی آنها برحسب نیاز می‌تواند معادل ۵۰۰، ٦۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰ و ۱٦۰۰ کیلوولت‌آمپـر باشـد و پستهای هوایی نیز معمولاً حداکثر تا ٦۳۰ کیلوولت آمپر توانایی گسترش دارند.

نوع		TS٥٥٤٤C	TS٥٤٤٤C	TS٥٣٤٤B	TS٥٢٤٤B	TS٥١٤٤B	TS٥٠٤٤B	TS٤٧٤٤B	TS٤٤٤٤B
توان نامی	KVA	٣١٥	٢٥٠	٢٠٠	١٦٠	١٢٥	١٠٠	٥٠	٢٥
ولتاژنامی ثانویه	V	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١
گروه‌برداری		Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥
ولتاژ اتصال کوتاه	%	٦	٦	٤	٤	٤	٤	٤	٤
دمای مجاز	°C	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠
جریان‌نامی اولیه	A	٩/٠٩	٧/٢٢	٥/٧٧	٤/٦٢	٣/٦١	٢/٨٩	١/٤٤	٠/٧٢
جریان‌نامی ثانویه	A	٤٥٥/٠	٣٦٠/٦	٢٨٩/٠	٢٣١/٠	١٨٠/٤	١٤٤/٣	٧٢/٢	٣٦/١
تلفات بی‌باری	W	٧٢٠	٦١٠	٥٧٠	٤٨٠	٤٠٠	٣٤٠	٢١٠	١٥٠
جریان بی‌باری	%	٢/٠	١/٢	٢/٤	٢/٤	٢/٥	٢/٦	٢/٨	٤/٣
تلفات‌اتصال کوتاه	W	٥٤٠٠	٤٤٥٠	٣٦٠٠	٣١٠٠	٢٥٠٠	٢١٥٠	١٢٥٠	٧٥٠

نوع		TS٦٢٤٤C	TS٦١٤٤C	TS٦٠٤٤C	TS٥٩٤٤C	TS٥٨٤٤C	TS٥٧٤٤C	TS٥٦٤٤C
توان نامی	KVA	١٦٠٠	١٢٥٠	١٠٠٠	٨٠٠	٦٣٠	٥٠٠	٤٠٠
ولتاژنامی ثانویه	V	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١
گروه‌برداری		Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥
ولتاژ اتصال کوتاه	%	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦
دمای مجاز	°C	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠
جریان‌نامی اولیه	A	٤٦/٢	٣٦/١	٢٨/٨٧	٢٣/١٠	١٨/١٩	١٤/٤٣	١١/٥٥
جریان‌نامی ثانویه	A	٢٣٠٩	١٨٠٤	١٤٤٣/٠	١١٥٥	٩٠٩/٠	٧٢٢	٥٧٧
تلفات بی‌باری	W	٢٥٥٠	٢١٠٠	١٧٥٠	١٤٥٠	١٢٠٠	١٠٠٠	٨٥٠
جریان بی‌باری	%	١/٣	١/٤	١/٤	١/٥	١/٦	١/٧	١/٨
تلفات‌اتصال کوتاه	W	١٩٨٠٠	١٦٤٠٠	١٣٥٠٠	١١٠٠٠	٩٣٠٠	٧٨٠٠	٦٤٥٠

برخی از مشخصات فنی استاندارد ترانسفورماتورهای ٢٠ کیلوولت ساخت ایران ترانسفو

"جدول شماره ٤"

نوع		TS٥٥٤٦C	TS٥٤٤٦C	TS٥٣٤٦C	TS٥٢٤٦C	TS٥١٤٦C	TS٥٠٤٦C	TS٤٧٤٦C
توان نامي	KVA	٣١٥	٢٥٠	٢٠٠	١٦٠	١٢٥	١٠٠	٥٠
ولتاژنامي ثانويه	V	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١
گروه‌برداری		Dyn١	Dyn١	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥	Dyn٥
ولتاژ اتصال کوتاه	%	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦
دمای مجاز	°C	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠
جریان‌نامي اولیه	A	٥/٥١	٤/٣٧	٣/٥٠	٢/٨٠	٢/١٩	١/٧٥	٠/٨٧
جریان‌نامي‌ثانویه	A	٤٥٥	٣٦١/٠	٢٨٩/٠	٢٣١/٠	١٨٠/٤	١٤٤/٣	٧٢/٢
تلفات بي‌باری	W	٧٦٠	٦٥٠	٥٥٠	٤٨٠	٤٢٠	٣٨٠	٢٥٠
جریان بي‌باری	%	٢/٢	٢/٣	٢/٤	٢/٥	٢/٨	٣/٢	٣/٨
تلفات‌اتصال کوتاه	W	٥٤٠٠	٤٤٥٠	٣٨٠٠	٣٢٠٠	٢٧٠٠	٢٣٠٠	١٣٠٠

نوع		TS٦٢٤٦C	TS٦١٤٦C	TS٦٠٤٦C	TS٥٩٤٦C	TS٥٨٤٦C	TS٥٧٤٦C	TS٥٦٤٦C
توان نامي	KVA	١٦٠٠	١٢٥٠	١٠٠٠	٨٠٠	٦٣٠	٥٠٠	٤٠٠
ولتاژنامي ثانويه	V	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١	٤٠٠/٢٣١
گروه‌برداری		Dyn١	Dyn١	Dyn١	Dyn١	Dyn١	Dyn١	Dyn١
ولتاژ اتصال کوتاه	%	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦
دمای مجاز	°C	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠
جریان‌نامي اولیه	A	٢٨	٢١/٨٧	١٧/٥٠	١٤/٠٠	١١/٠٠	٨/٧٥	٧/٠٠
جریان‌نامي‌ثانویه	A	٢٣٠٩/٠	١٨٠٤/٠	١٤٤٣/٠	١١٥٥/٠	٩٠٩/٠	٧٢٢	٥٧٧/٠
تلفات بي‌باری	W	٢٦٠٠	٢١٥٠	١٨٠٠	١٥٢٠	١٢٦٠	١٠٥٠	٩٠٠
جریان بي‌باری	%	١/٤	١/٥	١/٥	١/٦	١/٧	١/٨	٢
تلفات‌اتصال کوتاه	W	١٩٨٠٠	١٦٤٠٠	١٣٥٠٠	١١٠٠٠	٩٣٠٠	٧٨٠٠	٦٤٥٠

برخی از مشخصات فنی استاندارد ترانسفورماتورهای ٣٣ کیلوولت ساخت ایران ترانسفو

"جدول شماره ٥"

۲-۱۰ـ درجه حرارت محیط

وضعیت آب و هوایی و شرایط اقلیمی ناحیه مورد نظر به ویژه درجه حرارت برای انتخاب ترانسفورماتورهای هوایی و زمینی و نیز از لحاظ مشخصات فنی ساختمان پست توزیع و هم از نظر خنک‌سازی فضای داخل آن حائز اهمیت می‌باشد. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع و استاندارد IEC شماره ۳۵٤ مراجعه کرد.

۳-۱۰ـ ارتفاع از سطح دریا

ارتفاع از سطح دریا نیز علاوه بر دمای هوا در بارگذاری ترانسفورماتور مؤثر است. بطوری که برای مناطق مرتفعی همچون اغلب شهرهای ایران که ارتفاع آنها از سطح دریا بیشتر از ۱۰۰۰ متر است، می‌باید براساس استانداردهای موجود و توصیه سازندگان به ازای هر ۲۰۰ متر ارتفاع اضافی، یک درصد از ظرفیت نامی ترانسفورماتور نصب شده در آن ناحیه کاسته شود.

از دیگر مشخصه‌های مهم ترانسفورماتور می‌توان به گروه‌برداری و درصد ولتاژ اتصال کوتاه اشاره کرد که این کمیتها برای ترانسفورماتورهای توزیع طبق جداول (٤) و (٥) استاندارد شده‌اند.

۱۱ـ بررسی بارگذاری ترانسفورماتورها

کم‌توجهی به تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع و عدم دقت در انتخاب مناسب ظرفیت ترانسفورماتورها و عدم بهره‌برداری صحیح از آنها بعنوان آخرین ایستگاههای تحویل انرژی به مصرف‌کننده‌ها، بسیار گران تمام خواهد شد. زیرا ارزش انرژی متناسب با موقعیت مکانی مصرف‌کنندگان می‌باشد و با دورتر شدن از منبع تولید، شامل تمامی هزینه‌های شبکه و تجهیزات و کار نیروی انسانی و همچنین سرمایه‌گذاری در بخش تولید و انتقال نیز خواهد شد.

لذا انتخاب صحیح ترانسفورماتورها، کاهش تلفات آنها و بارگذاری و بهره‌برداری صحیح از آنها موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های احداث شبکه خواهد شد.

ترکیب بهینه یک سیستم تغذیه بطور کلی با انتخاب مناسب قدرت ترانسفورماتورها و تعداد آنها و در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر ضریب بار منطقه، شاخص رشد مصرف سالیانه، ضریب همزمانی، عمر مفید تجهیزات، طول فیدرهای فشارضعیف و سطح مقطع مناسب آنها، چگالی بار منطقه و ... تحقق‌پذیر خواهد

بود. دراین صورت هزینه کلی نصب و خرید ترانسفورماتورها و سرمایه‌گذاری حداقل بوده و از تلفات انرژی نیز می‌توان کاست. در ادامه به عوامل موثر بر بارگذاری ترانسفورماتورها پرداخته می‌شود.

۱-۱۱ـ بازده ترانسفورماتورها

اهمیت بررسی بازده (راندمان) ترانسفورماتورها را می‌توان مبنای شروع برای تعیین بهترین حالت انتخاب ترانس بکار برد. طبق تعریف نسبت توان تحویل داده شده "طرف مشترکین" به توان گرفته شده از "طرف شبکه" بازده نامیده می‌شود.

$$\text{٪ بازده} = \eta = \frac{\text{توان مفید}}{\text{تلفات + توان مفید}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

$$\eta = \frac{V_2 I_2 \cos\varphi}{V_2 I_2 \cos\varphi + P_f + N^2 P_c} \qquad (۲)$$

در فرمول (۲)، P_f تلفات بی‌باری، P_c تلفات بارداری و N درصد بارگیری ترانسفورماتور می‌باشد.

کل تلفات، مجموع تلفات آهنی (بی‌باری) و تلفات مسی (بارداری یا اتصال کوتاه) ترانسفورماتور می‌باشد. اثبات می‌شود که بیشترین بازده ترانسفورماتور هنگامی است که تلفات مسی و آهنی با همدیگر برابر شوند.

یعنی : (۳)

$$\%N_m = \sqrt{\frac{P_f}{P_c}} \times 100$$

با توجه به جداول (٤) و (٥) درصد بارگیری از ترانسفورماتور در این حالت حدود ۳٦ درصد خواهد بود و مقدار بازده ماکزیمم در این حالت ۹۹/٦٪ خواهد بود.

با توجه به جداول (٤) و (٥) ضرورت بازنگری و توجه به طراحی و اصول ساخت ترانسفورماتورهای توزیع ساخت داخل و کمتر کردن مقادیر تلفات مسی آنها مشخص می‌گردد تا بدینوسیله ضمن کاهش تلفات، امکان بارگیری بیشتر در راندمان ماکزیمم ترانسفورماتورها نیز فراهم گردد.

۲-۱۱ـ بازده انتقال انرژی

برای یک دوره زمانی مشخص "h" بازده انتقال انرژی در ترانسفورماتور نشـاندهندهٔ نسبت انـرژی انتقـال یافته به انرژی ورودی به آن در آن مدت می‌باشد.

هر چه تلفات کل که مجموع تلفات بی‌باری و بارداری است کمـتر باشـد مقـدار انـرژی ورودی کمـتری برای انتقال انرژی مورد نظر لازم است.

$$\eta_e = \frac{\text{انرژی خروجی از ترانسفورماتور در زمان h}}{\text{انرژی ورودی به ترانسفورماتور در زمان h}} \qquad (٤)$$

مشخصه منحنی بار هر منطقه در قالب پارامتر ضریب بار (LF) بیان می‌شود بنابراین :

$$\eta_e = \frac{[V_2 I_2 \times LF \times \cos\varphi \times h]}{[V_2 I_2 \times LF \times \cos\varphi \times h] + [P_f \times h] + [N^2 \times P_c \times (LF)^2 \times h]} \qquad (٥)$$

که در آن N درصد بارگیری ترانسفورماتور و P_f و P_c به ترتیب تلفات آهنی و مسی هستند. با توجه به اینکه می‌توان برای هر کیلوولت آمپر قدرت نصب شده ترانس "P_T" تلفات بارداری و بی‌باری را برحسب درصد متوسط تلفات نشان داد و با فرض اولیه، $\cos\varphi = 1$ و $P_L = N \times P_T$ کـه (P_L قـدرت بـار مصرفـی) است، نتیجه می‌شود:

$$\eta_e = \frac{P_L \times LF \times h}{P_L \times LF \times h + [nl_{p.u} \times P_f]h + N^2[ll_{p.u} \times P_f \times (LF)^2] \times h} \qquad (٦)$$

$$\%N_e = \sqrt{\frac{nl_{p.u}}{ll_{p.u} \times (LF)^2}} \times 100 \qquad (٧)$$ (درصد بارگیری از ترانسفورماتور)

که در آن : (٨)

$$\%nl_{p.u} = \frac{\text{تلفات بی‌باری (آهنی)} \times ١٠٠}{\text{توان نامی ترانسفورماتور}}$$ (درصد تلفات بی‌باری)

(٩)

$$\%ll_{p.u} = \frac{\text{تلفات بارداری (مسی)} \times ١٠٠}{\text{توان نامی ترانسفورماتور}}$$ (درصد تلفات بارداری)

با اعمال ضریب بـار مثـلاً LF = ۰/۵۱ ، بـهترین درصـد بـارگیری از ترانسـفورماتورها مقـدار ۰/٦۷ نتیجه می‌گردد. با اعمال $\cos\varphi$ واقعی شبکه، راندمان کـاهش خواهـد یـافت زیـرا تـوان قـابل مصـرف کـاهش خواهد یافت و تلفات بارداری و بی‌باری نیز افزایش خواهند یافت.

از بحث فوق به اهمیت توجه به مدیریت بار نیز می‌توان پی برد. زیـرا هـر چـه منحنـی مشـخصه بـار LF و ضریب قدرت $\cos \varphi$ اصلاح شود مقدار کارآیی سیستم بهبود خواهد یافت.

۳-۱۱ـ *بارگیری اقتصادی از ترانسفورماتور*

در بررسی‌های قسمتهای قبل بیشتر جنبهٔ علمـی و فنـی طراحـی و انتخـاب ترانسـفورماتور مـورد تجزیـه و تحلیل قرار گرفت ولی از لحاظ اقتصادی نیز لازم می‌باشد تناسبی بیـن درصـد بـارگیری ترانسـفورماتور تعریف شود.

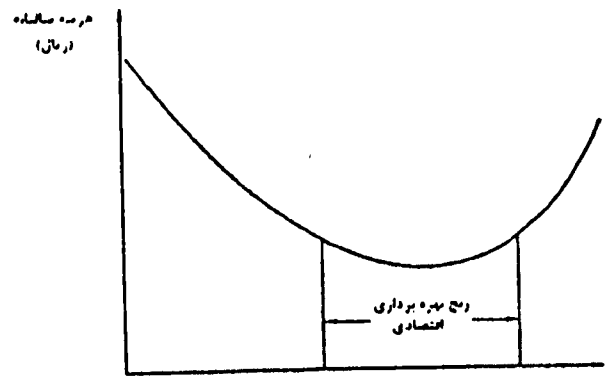
در بررسی اقتصادی ابتدا ارزش شاخصهای ریالی تعیین می‌شود.

شکل (۱) اقتصادی‌ترین درصد بارگیری از ترانسفورماتورهای توزیع را نشان می‌دهد.

همانطوری که ملاحظه می‌شود، در محدوده ۸۰٪ بار نامی، کمترین هزینه سالیانه را خواهیم داشت.

در محدوده‌های پایین هر چقدر نسبت بار مصرفی ترانسـفورماتور از قـدرت نصـب شـدهٔ آن کمـتر شـود، هزینه‌های سالیانه استفاده از ترانسفورماتور به لحاظ سرمایه‌گـذاری نصـب تجـهیزات بـا قـدرت اضـافی و همچنین افزایش تلفات نسبت به حالت اولیه بیشتر خواهد شد و در محدوده بالا نیز به علـت کـاهش عمـر مفید ترانسفورماتورها و افزایش اتلاف انرژی، بهره‌برداری غیراقتصادی خواهد شد.

علاوه بر مسائل گفته شده به منظور افزایش طول عمر ترانسفورماتور بهتر است بیش از ۸۰٪ ظرفیـت نـامی آن مورد استفاده قرار نگیرد.



هزینه سالیانه تولید بار به ازای مقدار آن

"شکل شماره ۱"

٤-١١ـ نتیجه‌گیری

نظر به اینکه قسمتی از تلفات شبکه‌های توزیع مربوط به تلفات بی‌باری و بارداری ترانسفورماتور می‌باشد، مطالعات فنی و اقتصادی در رابطه با میزان بـارگـذاری بهینـه و کمینـه‌کردن مقـدار ایـن تلفـات در تعییـن قدرتهای نصب شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

در بررسی وضعیت یک شبکه موجود، با توجه به آمارهای موجود در مورد بارگـیری ترانسـفورماتورهای شبکه می‌توان نحوه بـارگـذاری ترانسـفورماتورها را اسـتخراج کـرد و تفـاوت آنـها بـا بـارگـذاری بهینـه ترانسـفورماتورها و دلایـل ایـن تفـاوت را بدسـت آورد و در صـورت امکـان بـا جابجـایی بـار بیـن ترانسـفورماتورهای مختلـف و یـا افزایـش ظرفیـت ترانسـفورماتورهای موجـود و یـا افزایـش تعـداد ترانسفورماتورها بهترین طرح ممکن برای تغذیه بارهای آینده را پیاده کرد.

عدم توجه در بارگیری مناسب از ترانسفورماتورهای توزیع باعث افزایش بی‌مورد سرمایه‌گذاری و نـهایتاً افزایش تلفات انرژی خواهد بود. با توجه به اینکه در این ترانسفورماتورها بعلت فاکتورهایی نظیر عدم نیاز به مانور، سهولت تعویض ترانسفورماتور و امکان احداث پستهای جدید (جهت تصحیح افت ولتاژ) و.... ، پیش‌بینی توان ذخیره در طراحی و نصب چندان لازم نیست، بنابراین نصب ترانسـفورماتورهای بـا قـدرت بالاتر از حد نیاز (ظرفیت فعلی مورد نیاز و ظرفیت ذخیره) در شبکه‌های توزیع، توجیه‌پذیر نخواهد بود.

١٢ـ بررسی وضعیت فیزیکی فیدرها

قسمتی از شبکه الکتریکی که بین پستهای فوق توزیع و توزیع قرار دارند، فیدرهای اولیه یا فیدر فشارمتوسـط نامیده می‌شود. توزیع بهینه و متناسب بار بین فیدرهـای مختلـف یـک پسـت فـوق توزیـع، یکـی از مـهمترین ابزارهای بهره‌برداری بهینه جهت کاهش تلفات و استفاده موثر از تجهیزات شبکه است.

از عوامل مختلفی که در انتخاب مسیر و طول فیدر اولیه مؤثرند، به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

١ ـ نحوه اتصال بار

٢ ـ چگالی بار در ناحیه سرویس‌دهی

٣ ـ میزان رشد بار در منطقه

٤ ـ نیاز به ظرفیت مازاد برای مواقع اضطراری

٥ ـ هزینه نصب و احداث فیدر مورد نظر

۶ـ طراحی و ظرفیت پستهای مورد نظر

۷ـ تجهیزات مورد استفاده در گولاسیون ولتاژ

۸ـ کیفیت سرویس‌دهی به مصرف‌کنندگان

۹ـ پیوستگی و تداوم سرویس‌دهی

۱۰ـ عوارض طبیعی و جغرافیایی و همچنین آلودگی محیط

۱۱ـ تلفات توان و انرژی

۱۲ـ حداکثر افت ولتاژ در شرایط عادی و اضطراری با احتساب پیش‌بینی بار درازمدت

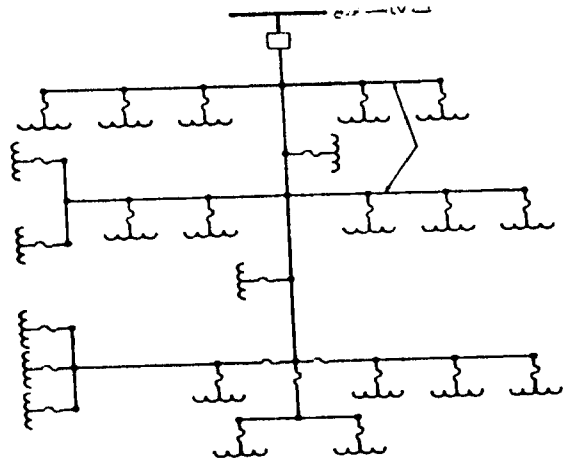
۱۳ـ رعایت حریمها

۱۴ـ قابلیت اطمینان مورد نظر

۱-۱۲ـ انواع توپولوژی فیدرهای اولیه

۱-۱-۱۲ـ فیدرهای شعاعی

ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین و متداولترین شکل فیدرهای اولیه، فیدر شعاعی است که نمونه آن در شکل شماره (۲) نشان داده شده است. به شاخه‌های اصلی، انشعابات فرعی متعددی متصل است که نهایتاً به ترانسفورماتورهای توزیع ختم می‌شوند. اندازه جریان از ابتدای فیدر (پست فوق توزیع) به سمت انتهای فیدر، با عبور از هر انشعاب کمتر شده و نتیجتاً به همان ترتیبی که جریان کاهش می‌یابد سطح مقطع هادیهای فیدر (با در نظر گرفتن محدودیت رگولاسیون ولتاژ و سطح اتصال کوتاه) می‌تواند کاهش یابد. البته لازم است در انتخاب سطح مقطع فیدر علاوه بر مسائل یاد شده مساله مانور و عبور جریانهای مانوری را نیز در نظر گرفت. قابلیت سرویس‌دهی مداوم سیستمهای توزیع شعاعی پایین بوده و با وقوع خطا در هر نقطه‌ای از سیستم، برق تمام مصرف‌کننده‌ها یا قسمت عمده‌ای از آنها قطع می‌گردد. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به کتب مرجع شبکه‌های توزیع مراجعه کرد.



دیاگرام تک‌خطی نمونه‌ای از فیدر اولیه شعاعی

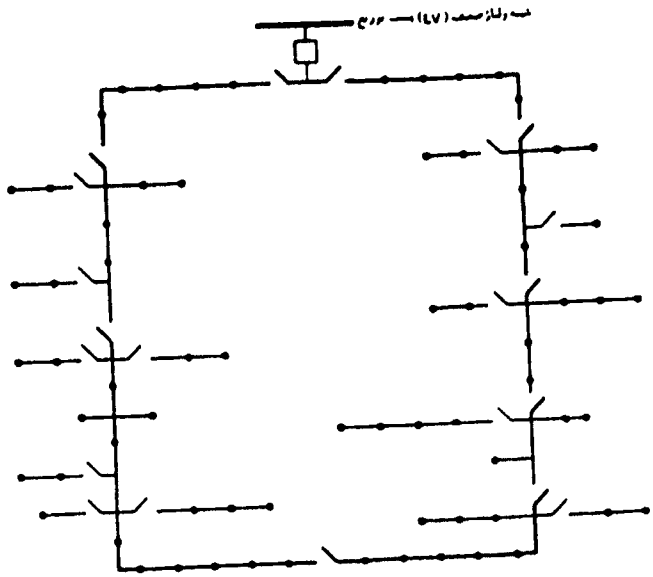
"شکل شماره ۲"

۲-۱-۱۲ـ فیدرهای حلقوی

شکل شماره (۳) فیدر اولیهٔ حلقوی را نشان می‌دهد که حلقه از میان فیدرهای نواحی بار عبور کرده و مجدداً به باس ابتدا برمی‌گردد. جهت بالا بردن مانور این موارد در وسط حلقه کلید جداکننده قرار داده می‌شود، درهرحال حلقه تابعی از حالتهای بسته یا باز بودن این کلید می‌باشد. بطور معمول سطح مقطع هادی فیدر در طول حلقه ثابت است و طوری انتخاب می‌شود که یک برابر و نیم بار معمول خود را تحمل کند. در مدار حلقوی برای مصرف‌کننده‌ها دو مسیر موازی تغذیه وجود دارد. در نتیجه این نوع مدار دارای قابلیت سرویس‌دهی خوبی بوده و هزینهٔ آن نیز نسبتاً بالا می‌باشد.

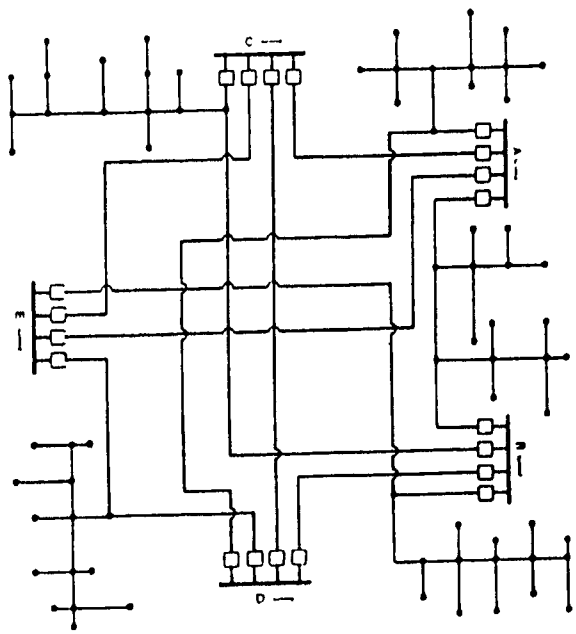
۳-۱-۱۲ـ فیدرهای غربالی

شبکه اولیه غربالی سیستمی است که فیدرها توسط چند پست تغذیه می‌شوند و ابتدا و انتهای هر فیدر بین دو کلید جداکننده واقع شده، تا در صورت وقوع خطا بر روی یک فیدر، سریعاً فیدر معیوب توسط کلیدهای ابتدا و انتهای آن از شبکه جدا گردد و چون مصرف‌کننده‌ها توسط چندین فیدر تغذیه می‌شوند، با جدا شدن فیدر معیوب از شبکه، مصرف‌کننده‌ها می‌توانند از طریق فیدرهای سالم تغذیه شوند. همچنین به جهت تغذیه هر بار مصرفی توسط چندین پست توزیع، تلفات انرژی در سطح سیستم خیلی کم بوده و افت ولتاژ نیز به شدت کاهش می‌یابد و شبکه پروفیل ولتاژ مناسبی پیدا می‌کند. هزینهٔ این نوع سیستم بدلیل تعداد کلیدها و فیدرها و پستها خیلی بالا و طراحی و حفاظت آنها پیچیده می‌باشد، لذا تنها برای اماکن و نواحی مهم از جهت تداوم سرویس‌دهی، مورد استفاده واقع می‌شوند. نمونهٔ این نوع فیدرها در شکل شماره (٤) نشان داده شده است.



نمونه‌ای از فیدر اولیه حلقوی

"شکل شماره ۳"



فیدر اولیه غربالی

"شکل شماره ٤"

در بررسی وضعیت فیزیکی فیدرها، اولین مورد مطالعه نوع سیستم توزیع می‌باشد. در ایران شبکه فشارمتوسط عموماً بصورت حلقهٔ باز می‌باشد که در حالت طبیعی بصورت شعاعی از آن بهره‌برداری می‌شود در این رابطه طول فیدرها نیز از پارامترهای مهم در عملکرد شبکه می‌باشند و شبکه‌های با طول فیدر کم دارای تلفات و افت ولتاژ کم، قابلیت اضافه نمودن مصرف‌کنندگان جدید و قابلیت اطمینان بالا می‌باشند.

از نکات مهم دیگر بررسی وجود نقاط مانور در شبکه می‌باشد. وجود این نقاط، جابجایی بار بین فیدرهای مجاور و باردهی قسمتهایی از یک فیدر یا تمام فیدر از طریق فیدرهای مجاور را امکان‌پذیر می‌سازد.

از دیگر نکات می‌توان به نوع شبکه از نظر هوایی یا زمینی بودن آن اشاره کرد. از فرمهای شماره ۲ جمع‌آوری اطلاعات شبکه‌های توزیع [٦]، اگر شبکه زمینی باشد جواب سوالهای زیر روشن‌کننده خواهد بود:

نوع آرایش کابل، عمق کابل، نحوه قرار گرفتن کابل و نوع عایق کابل و اگر شبکه هوایی باشد، بررسی شود که آیا جمپر است یا خیر؟

همچنین از فرم شماره ۳ دستورالعمل فوق، استخراج تیپ آرایش سیمها روی مقره می‌باشد که می‌تواند یکی از این حالات باشد: کابل خودنگهدار، خطی عمودی، خطی افقی، مثلث مایل و مثلث افقی.

از دیگر اطلاعاتی که دستیابی آنها در شناخت وضعیت فیزیکی فیدرها کمک می‌کنند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تیپ مقره‌ها، ارتفاع پایه‌ها، طول اسپن بین پایه‌ها، فاصله فازها از یکدیگر و از بدنه و غیره.

۱۳ـ شناخت نقاط ضعف و قوت شبکه، بررسی علل و تهیه پیشنهاد برای بهبود وضعیت موجود

عملکرد صحیح و رضایت‌بخش یک شبکه الکتریکی در گرو رعایت اصولی مانند:

۱ـ طراحی مناسب شبکه از نظر فنی و اقتصادی و برنامه‌ریزی دقیق

۲ـ انتخاب تجهیزات و وسایل استاندارد با کیفیت خوب

۳ـ نصب صحیح تجهیزات و اجرای فنی و مناسب شبکه

٤ ـ بهره‌برداری معقول از شبکه

٥ ـ بازبینی و انجام سرویس‌های پیشگیرانه دوره‌ای

خواهد بود. در هر نقطه از شبکه که اصول فوق به خوبی رعایت شده باشند، از آن بعنوان نقطه قوت شبکه و یک عامل مثبت در ارزیابی شبکه می‌توان یاد کرد. در صورت عدم رعایت اصول و قواعد فوق‌الذکر با یک نقطه ضعیف و تاریک در ارزیابی عملکرد شبکه مواجه خواهیم بود.

بدیهی است شناخت اصولی از این نقاط ضعف و قوت گامی بزرگ در راه شناسایی وضعیت شبکه موجود و همچنین اجرای طرحهای آتی خواهد بود.

پس از شناخت نقاط ضعف و قوت شبکه، هر طرحی که در راستای رفع نواقص و نقاط ضعف شبکه موجود همراه با در نظر گرفتن نیازهای طرحهای آتی باشد، می‌تواند به شرط عملی بودن و توجیه‌پذیری از نظر فنی و اقتصادی، پیشنهادی برای بهبود وضعیت شبکه باشد.

از نقاط قوت عمومی یک شبکه توزیع فشارمتوسط می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

طول کم فیدرها، وجود تعداد نقاط مانور زیاد، وجود تجهیزات با کیفیت خوب و استاندارد، شبکه هوایی استاندارد، افت ولتاژ کم و پروفیل ولتاژ قابل قبول، پایین بودن تلفات شبکه، بارگیری مناسب از ترانسفورماتورها، قابلیت اطمینان بالای شبکه، وجود هادیهای با سطح مقطع مناسب، فواصل مناسب هادیها و رعایت حریمها، امکان افزودن فیدرهای جدید به شبکه بدون اعمال تغییرات زیاد در شبکه، وضعیت مناسب توان راکتیو و جبران‌سازی آن در شبکه (ضریب قدرت مناسب در شبکه)، وضعیت مناسب حفاظت و هماهنگی حفاظتی در شبکه، دسترسی مناسب به نقاط مختلف شبکه، وجود مقره‌های سالم و با درصد شکستگی کم در شبکه، وجود پایه‌های سالم و مناسب در شبکه، فلش مناسب سیمها، شاخه‌زنیهای درختان مجاور خطوط.

عدم وجود یا عدم رعایت هر یک از موارد فوق در واقع نقاط ضعف شبکه به شماره می‌روند.

بمنظور شناخت نقاط ضعف و قوت شبکه، علاوه بر موارد کلی فوق لازم است کلیه تجهیزات شبکه از نظر مقادیر نامی جریان، ولتاژ و همچنین قدرت اتصال کوتاه مورد بررسی قرار گیرند و در صورت برخورد با تجهیزاتی که مقادیر جریان و قدرت اتصال کوتاه آنها از مقادیر مجاز کمتر باشد، اقدامات لازم جهت تعویض تجهیزات مذکور بعمل آید.

در ادامه بصورت موردی به برخی از نقاط ضعف شبکه اشاره کرده و راه‌حلهای پیشنهادی جهت بهبود وضعیت شبکه را ارائه خواهیم کرد.

۱-۱۳ـ رگولاسیون ولتاژ

برای نگهداشتن ولتاژ شبکه‌های توزیع در حدود مجاز، باید وسایلی برای کنترل ولتاژ، یعنی افزایش ولتاژ وقتی مقدار ولتاژ از حد مجاز پایین‌تر است و کاهش آن وقتی مقدار آن از حد مجاز بالاتر است، فراهم کرد. راههای متعددی برای بهبود تنظیم ولتاژ سیستم توزیع وجود دارد که فهرست آن به شرح زیر است:

۱ ـ تنظیم ولتاژ در پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت (کلاً پستهای مبدل به ولتاژ فشارمتوسط توزیع)

۲ ـ نصب خازن موازی در ابتدای فیدر

۳ ـ افزایش سطح مقطع فیدرها

٤ ـ ایجاد تعادل بار روی فیدرها

۵ ـ انتقال بار روی فیدرهای جدید

٦ ـ احداث پستهای جدید و کاهش طول فیدرها

۷ ـ افزایش سطح ولتاژ فیدرهای اولیه

۸ ـ نصب رگولاتورهای ولتاژ در طول فیدر

۹ ـ استفاده از خازنهای موازی در طول فیدرها

گزینش یک یا چند تکنیک، به مقتضیات خاص سیستم بستگی دارد. ولی تنظیم خودکار ولتاژ همواره به سه طریق صورت می‌گیرد:

۱ ـ تنظیم روی شین ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت

۲ ـ تنظیم ولتاژ روی فیدر ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت

۳ ـ تنظیم ولتاژ تکمیلی در طول خط اصلی

بنابر تجربه بیشتر شرکتهای برق، اقتصادی‌ترین راه تنظیم ولتاژ در محدودهٔ مجاز، کاربرد توام تنظیم‌گرهای ولتاژ و خازنهای موازی است.

معمولاً خازنها را برای تامین ضریب قدرت اقتصادی، به میزان کافی در فیدرها و شینه‌های پست نصب می‌کنند. بسیاری از آنها کنترلهای پیچیده‌ای دارند و برای کلیدزنی خودکار طراحی شده‌اند. بدیهی است

که خازن ثابت، (خازنهای مورد استفاده در شبکه توزیع ایران از نوع ثابت هستند و بمنظور جبران‌سازی توان راکتیو در شبکه نصب می‌شوند) تنظیم‌گر ولتاژ نیست و نمی‌تواند مستقیماً با تنظیم‌گرها مقایسه شود.

۲-۱۳ـ تلفات

یکی از معضلات همیشگی شبکه‌های توزیع، بالا بودن مقدار تلفات در این نوع شبکه‌ها است که درصد قابل توجهی از کل تلفات شبکه سراسری را تشکیل می‌دهد. هرگونه اقدامی در جهت کاهش تلفات، موجب افزایش صرفه‌جویی در هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری شبکه خواهد شد.

عوامل و بخشهای مؤثر در تلفات شبکه توزیع عبارتند از :

۱ ـ مصرف داخلی پستهای فوق توزیع

۲ ـ تلفات خطوط زمینی و هوایی فشارمتوسط

۳ ـ تلفات ترانسفورماتورهای توزیع

٤ ـ وجود افت ولتاژ بالا در شبکه

٥ ـ تلفات خطوط زمینی و هوایی فشارضعیف و استفاده غیرمجاز از انرژی الکتریکی

٦ ـ تلفات و خطای لوازم اندازه‌گیری

۷ـ پایین بودن ضریب قدرت مصرف‌کننده‌ها

۸ ـ تلفات در محل اتصالات بدلیل نامناسب بودن اتصالات

۹ ـ ایجاد هارمونیکها در شبکه و بروز تلفات اضافی در خطوط، موتورها، ترانسفورماتورها و غیره

۱۰ـ جریان نشتی در اثر آلودگی عایقها و یا نزدیکی شبکه به درختان و ...

۱۱ـ عدم وجود اتصال زمین در نقاط ضروری

۱۲ـ عدم تعادل و تقارن فازها در شبکه

۱-۲-۱۳ـ روشهای کاهش تلفات در شبکه توزیع

۱ ـ ایجاد تعادل، تقارن و تعدیل بار فازها در کابلها، خطوط فشارضعیف و فشارمتوسط

۲ ـ کاهش طول کابلها، خطوط و افزایش سطح مقطع آنها

۳ ـ استفاده از روشهای بهینه طراحی

٤ ـ جلوگیری و جمع‌آوری برقهای غیرمجاز

٥ ـ نصب ترانسفورماتور در مرکز ثقل بار

٦ ـ شاخه‌زنی درختان بمنظور جلوگیری از نشت جریان هنگام بارندگی و هوای مرطوب

٧ ـ سوق دادن وضع موجود شبکه به سمت شبکه رینگ

٨ ـ استفاده بهینه از ظرفیت ترانسفورماتورها در حدود ٧٥٪ بار نامی آنها

٩ ـ رعایت اصول فنی در هنگام برقراری اتصالات الکتریکی و استفاده از تجهیزات و تأسیسات مرغوب مطابق استانداردهای رایج

١٠ـ نصب خازن در محلهای مناسب و کنترل توان راکتیو

١١ـ تقویت نقاط نول در شبکه و اتصال زمین

١٢ـ بازدید از لوازم اندازه‌گیری

١٣ـ اصلاح انشعابات

١٤ـ اصلاح شبکه و بهینه‌سازی آن

با توجه به اهمیت نصب خازن و کنترل توان راکتیو در ادامه به اثرات مثبت و متعددی که نصب خازن و جبران‌کننده‌ها در شبکه (غیر از کاهش تلفات) به همراه دارند اشاره می‌کنیم:

١ ـ آزاد شدن ظرفیت تولید

٢ ـ آزاد شدن ظرفیت پستها و خطوط انتقال و فوق توزیع

٣ ـ آزاد شدن ظرفیت پست توزیع

علاوه بر منافع کلی فوق منافع اضافی زیر نیز در سیستم توزیع بر اثر نصب خازن، وجود خواهد داشت:

١ ـ آزاد شدن ظرفیت فیدر و تجهیزات مربوطه

٢ ـ به تأخیر انداختن یا حذف هزینه سرمایه جهت اصلاح یا توسعه سیستم

٣ ـ افزایش درآمد ناشی از بهبود وضعیت ولتاژ

همچنین نصب جبران‌کننده‌های خازنی با کنترل اتوماتیک همراه با بانک خازنی ثابت در پستهای توزیع اثرات مثبت ذیل را به همراه خواهد داشت:

١ ـ بهبود ضریب قدرت در پستهای توزیع

٢ ـ متعادل نمودن بار شبکه فشارضعیف از دید پستهای توزیع به میزان صددرصد

البته لازم به تذکر است بعلت مسائل فنی و اقتصادی می‌توان بجای کنترل اتوماتیک خازن از خازنهای ثابت و یا حداکثر فصلی استفاده کرد، بطوری که مقدار خازن برای حداقل بار پست در نظر گرفته شود یا اینکه در فصول پرمصرف سال خازنهای ثابتی در پست نصب شوند. واضح است که، این روش مانند روش کنترل اتوماتیک خازن موثر واقع نخواهد شد.

۳-۱۳ـ هادیها

هریک از موارد زیر در مورد هادیها نقطه ضعف شبکه بشمار می‌رود:

۱ ـ سطح مقطع کم هادیها

۲ ـ عدم رعایت جریان مجاز عبوری

۳ ـ عدم رعایت جریان مجاز اتصال کوتاه

٤ ـ عدم رعایت فاصله مناسب هادیها

۵ ـ عدم رعایت طول هادیها با توجه به مقطع آنها

استفاده از هادیهای با سطح مقطع کم موجب افزایش افت ولتاژ و تلفات در شبکه خواهد شد. این نقیصه با افزایش سطح مقطع هادیها و تعدیل بار و جابجایی بار بین فیدرها رفع خواهد شد.

عدم رعایت فواصل مناسب هادیها موجب افزایش تعداد اتصالیهای شبکه خواهد شد.

وجود شرایط تخطی از جریان مجاز عبوری هادیها و جریان مجاز اتصال کوتاه هادیها موجب صدمه رساندن به هادی و در صورت تخطی از جریان مجاز تجهیزات، موجب صدمه رساندن به تجهیزات شبکه نیز خواهد شد.

بدین منظور ممکن است افزایش سطح مقطع هادیها یا انجام تعدیل بار الزامی باشد.

٤-۱۳ـ ترانسفورماتورها

مهمترین مسئله در مورد ترانسفورماتورها، بارگیری مناسب از ترانسفورماتورها به منظور عملکرد اقتصادی و بهینه ترانسفورماتور در ارتباط با بقیهٔ تجهیزات شبکه می‌باشد.

بی‌بار بودن ترانسفورماتور و یا اضافه بار شدن آن از نقاط ضعف شبکه بشمار می‌روند.

بارگیری بهینه از ترانسفورماتورهای موجود با توجه به رشد بار، افزایش ظرفیت و تعداد ترانسفورماتورها و جابجایی بار بین ترانسفورماتورها و همچنین سرویسهای پیشگیرانه و آزمایش دوره‌ای روغن ترانسفورماتور از راههای بهره‌برداری بهینه از ترانسفورماتورها هستند.

۵-۱۳ـ فیدرها

وجود فیدرهای با طول زیاد موجب افزایش افت ولتاژ و همچنین افزایش درصد حوادث و اتفاقات در شبکه و افزایش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری آن می‌شود. البته کاهش طول فیدرها نیز موجب افزایش سرمایه‌گذاری اولیه احداث و نصب شبکه خواهد شد. لذا لازم است بررسیهای اقتصادی با توجه به ملاحظات فنی در انتخاب طول فیدرها انجام پذیرد.

وجود نقاط مانور زیاد (در محلهای مناسب) از نقاط قوت شبکه می‌باشند. وجود این نقاط موجب امکان جابجایی بار بین فیدرهای مجاور و باردهی قسمتهایی از یک فیدر یا تمام فیدر از طریق فیدرهای مجاور می‌شود.

وجود نقاط مانور در یک شبکه حلقوی که از آن بصورت شعاعی بهره‌برداری می‌شود، سبب سرویس‌دهی مناسب به مشترکین خواهد شد و در صورت بروز حوادث و اتفاقات از مقدار قطعی برق مشترکین خواهد کاست.

استفاده از جمپرهای با مقطع نامناسب و کمتر از مقطع اصلی شبکه یکی از نقاط ضعف شبکه به شمار می‌رود که در موقع احداث شبکه و بهره‌برداری و مانور شبکه بایستی به این نکته توجه شود.

۱۴ ـ نتیجه‌گیری

با توجه به مواردی که مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت می‌توان دریافت که بررسی وضعیت ولتاژها، وضعیت فیزیکی فیدرها، سایز هادیها و بارگذاری ترانسفورماتورها و همچنین انجام محاسبات پخش بار و اتصال کوتاه از اصلی‌ترین موارد در تعیین وضعیت شبکهٔ موجود می‌باشد. با انجام این بررسیها و محاسبات می‌توان نقاط ضعف شبکه را شناسایی نمود و در توسعه و بهبود وضعیت شبکه مدنظر قرار داد.

واژگان

Voltage Drop	افت ولتاژ
Ill Conditioned	بد حالت
Minimum Voltage	حداقل ولتاژ
Maximum Voltage	حداکثر ولتاژ
Load Factor	ضریب بار
Voltage Spread	گستره تغییر ولتاژ
Per Unit	نسبت به واحد
Nominal Voltage	ولتاژ اسمی
Service Voltage	ولتاژ کار
Utilization Voltage	ولتاژ مصرف
Rated Voltage	ولتاژ نامی