

اولویت‌بندی روشهای کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع نیروی برق با استفاده از یک مثال عملی

فرزان آزاد

شرکت مهندسی مشاور روشنایی نورگستر: تهران خیابان شیراز جنوبی، جنوب بزرگراه همت خیابان ۶۸ غربی پلاک ۹

farzanazad@gmail.com

چکیده

تلفات شبکه‌های توزیع نیروی برق حدود ۶۵ درصد کل تلفات شبکه الکتریکی می‌باشد. با توجه به این موضوع سرمایه‌گذاری در بخش توزیع نیروی برق در جهت کاهش تلفات انرژی می‌تواند باعث آزاد سازی ظرفیت تولید گردد. به این معنی که با انجام سرمایه‌گذاری مناسب و مهندسی شده می‌توان بجای ساخت نیروگاه‌های پرهزینه، تلفات شبکه الکتریکی را کاهش داده و از منابع مالی سخت یاب موجود بصورت بهینه استفاده نمود. در این نوشتار به اهمیت کاهش تلفات و اولویت‌بندی روشهای بهینه کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع نیروی برق با توجه به یک مثال عملی می‌پردازیم. محدوده مورد بررسی مساحتی در حدود ۲۵ هکتار با کاربری اغلب مسکونی است که توسط ۴ دستگاه پست زمینی با ظرفیت ۱۲۵۰ کیلو ولت آمپر (KVA) و ۲ دستگاه پست زمینی با ظرفیت ۱۰۰۰ کیلو ولت آمپر (KVA) تغذیه می‌گردد. بارگیری تمام فیدرهای پست‌های مذکور انجام شده و میزان تلفات توان و انرژی قبل و بعد از انجام هر یک از روشهای کاهش تلفات محاسبه گردیده، که نتایج این روش‌ها به ترتیب اولویت در جداول پیوست ارائه شده است. همچنین سعی شده است تمام روشهای انجام کاهش تلفات بصورت ساده و کم هزینه ارائه گردد. برای هر یک از روشها نسبت سود به هزینه (B/C) یا (Benefit/Cost) و بازگشت سرمایه محاسبه گردیده و می‌تواند راهنمای مناسبی جهت رسیدن به حداکثر کاهش تلفات با در نظر گرفتن محدودیت‌های عملی باشد.

کلید واژه

تلفات - نسبت سود به هزینه - حد بهینه - روشهای کاهش تلفات

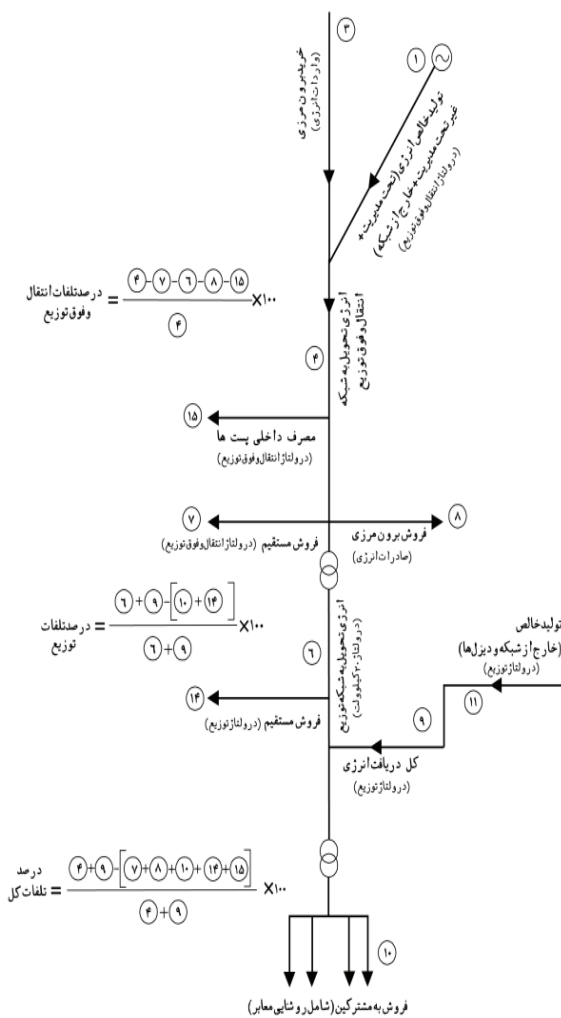
دستگاه پست زمینی با ظرفیت ۱۰۰۰ کیلو ولت آمپر (KVA) تغذیه می‌گردد. بارگیری تمام فیدهای پست‌های مذکور انجام و میزان تلفات توان و انرژی قبل و بعد از انجام هر یک از روش‌های کاهش تلفات محاسبه گردیده است. نتایج این روش‌ها به ترتیب اولویت در جداول ارائه شده است. برای هر یک از روش‌ها نسبت سود به هزینه (B/C) یا (Benefit/Cost) و بازگشت سرمایه محاسبه گردیده و می‌تواند راهنمای مناسبی جهت رسیدن به حداکثر کاهش تلفات با رعایت محدودیت‌های عملی باشد.

تلفات از نظر شرکت توزیع کننده انرژی الکتریکی، تفاضل انرژی تحویلی و انرژی خروجی است. اگر تلفات را از نظر اقتصادی مورد بررسی قرار دهیم، تلفات، تفاضل انرژی خریداری شده و انرژی فروخته شده است. بنابراین از دید شرکت‌های توزیع تنها تلفاتی که در شبکه‌های برق به وجود می‌آید مهم است. البته اگر تلفات توان هم به عنوان یک فاکتور مهم در سیاست گذاری برای این شرکت‌ها لحاظ شده باشد، قیمت اقتصادی تلفات توان نیز باید در محاسبات مربوطه لحاظ گردد.

نکته قابل توجه آن است که، گرچه پایین بودن بازدهی تجهیزات مصرف کننده انرژی الکتریکی به صورت مستقیم موجب افزایش انرژی مصرفی مشترک می‌گردد، با وجود دریافت بهای آن از مشترک، اما در عین حال به دلیل آنکه با افزایش انرژی مصرفی مشترکین، درصد تلفات انرژی نیز افزایش می‌یابد، شرکت‌های توزیع بصورت غیر مستقیم از بهبود راندمان تجهیزات مصرف کننده انرژی الکتریکی سود می‌برند که این موضوع به ویژه در ایران بارزتر می‌باشد که بهای واقعی انرژی از مشترکین دریافت نمی‌شود.

از سوی دیگر شرکت توزیع انرژی الکتریکی بیشترین تماس را با مصرف کنندگان دارند و می‌توانند بهتر در جهت سیاست‌های مدیریت مصرف گام بردارند. بنابراین به دلیل سود غیر مستقیمی که از مدیریت مصرف به شرکت‌های توزیع می‌رسد ارتباط تنگاتنگ آنها با مشترکین، در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، شرکت‌های توزیع انرژی الکتریکی خدمات مدیریت مصرف نیز به مشترکین ارائه می‌کنند تا در جهت کاهش تلفات از دیدگاه ملی نیز حرکت کرده باشند.

تلفات شبکه‌های توزیع نیروی برق حدود ۶۵ درصد کل تلفات سیستم می‌باشد. با توجه به این موضوع سرمایه‌گذاری در بخش توزیع نیروی برق در جهت کاهش تلفات انرژی می‌تواند باعث آزاد سازی ظرفیت تولید گردد. در این نوشتار به اهمیت کاهش تلفات در شبکه توزیع نیروی برق و اولویت‌بندی روش‌های بهینه کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع نیروی برق با توجه به یک مثال عملی می‌پردازیم. محدوده مورد بررسی مساحتی در حدود ۲۵ هکتار با کاربری اغلب مسکونی است که توسط ۴ دستگاه پست زمینی با ظرفیت ۱۲۵۰ کیلو ولت آمپر (KVA) و ۲



شکل شماره ۱: نمودار تبادل و توزیع انرژی و محاسبه تلفات در شبکه سراسری [۳]

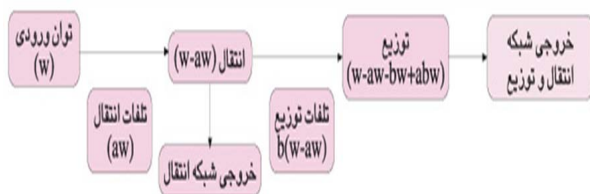
۲- اهمیت کاهش تلفات انرژی در شبکه‌های توزیع

نیروی برق

کاهش میزان تلفات در شبکه های برق، یکی از مهم ترین دغدغه های چند سال اخیر دست اندرکاران صنعت برق بوده است. امروزه با گسترده شدن شبکه برق کشور و لزوم استفاده بهینه از آن، بررسی تلفات در شبکه های برق از اهمیت خاصی برخوردار شده است و با برنامه ریزی درست و فراهم کردن شرایط لازم می توان، میزان آن را به حداقل کاهش داد. در حال حاضر میزان تلفات برق در شبکه های توزیع و انتقال ایران حدود ۱۸ درصد می باشد در حالیکه مقدار قابل قبول در جهان حدود ۱۰ درصد است. براساس مطالعات صورت گرفته علت اصلی بالا بودن تلفات برق در ایران بدلیل فرسودگی شبکه توزیع و انتقال برق و همچنین عمر زیاد برخی از نیروگاه ها است. همین عوامل باعث شده است راندمان تولید برق در کشور نزدیک به ۳۰ تا ۴۰ درصد برسد، درحالیکه این میزان در برخی کشورها نزدیک به ۷۰ درصد است. اگرچه در دو قانون موجود کاهش تلفات برق به طور همزمان (در برنامه پنجم توسعه، کاهش سالانه ۱/۵ درصدی تلفات برق و قانون هدفمند کردن یارانه ها کاهش تلفات تا ۱۴ درصد) مورد اشاره قرار گرفته است، اما به نظر می رسد در شرایط فعلی و کمبود منابع مالی این امر محقق نشود. با نگاهی گذرا به آمار میزان تلفات برق در شبکه های توزیع و انتقال از سال ۱۳۸۰ تا کنون بیشتر تلفات برق در بخش شبکه های توزیع صورت می گیرد. به عنوان مثال در سال ۱۳۸۴، میزان تلفات در شبکه انتقال حدود ۴/۲ درصد اعلام شده در حالیکه میزان تلفات در بخش شبکه های توزیع حدود ۱۸ درصد بوده است.

درصد تلفات توان در شبکه های انتقال و توزیع را نمی توان با هم جمع کرد بلکه لازم است بر اساس روابط زیر آن را محاسبه نمود:

با توجه به شکل زیر ملاحظه می شود که اگر توان W به سیستم انتقال تحویل شود و تلفات توان این شبکه a درصد باشد آنگاه توان تحویلی به شبکه توزیع $w-aw$ خواهد بود. حال اگر تلفات شبکه توزیع b درصد باشد خواهیم داشت: $(w-aw)$ بنابراین اگر مجموع شبکه های انتقال و توزیع را یکجا در نظر بگیریم تلفات معادل توان در این شبکه به میزان $w(a+b-ab)$ خواهد بود. (مجموع تلفات منهای حاصلضرب آن ها) و بنابراین مشخص می شود که اگر مجموع را در نظر بگیریم تلفات بیش از واقع محاسبه خواهد شد.



شکل شماره ۳: نحوه محاسبه درصد تلفات

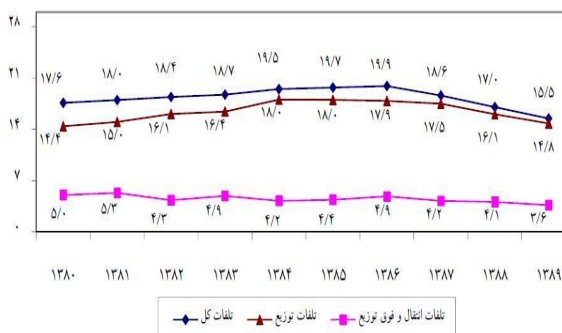
۳- دلایل عمده بروز تلفات و ازدیاد آن در شبکه های

توزیع نیروی برق

مهمترین و عمده ترین دلایل بروز و افزایش تلفات در شبکه های توزیع نیروی برق عبارتند از:

- ۱- عدم تقارن بار فازها در شبکه فشار ضعیف
- ۲- نا متعادل بودن بار فیدرهای فشار ضعیف
- ۳- نا متعادل بودن بار فیدرهای فشار متوسط خروجی از پستها
- ۴- پایین بودن ضریب قدرت و گردش بیمورد توان راکتیو
- ۵- عدم استفاده مناسب از ترانسفورماتورها
- ۶- عدم توجه کافی به اصلاح، بهبود و توسعه شبکه
- ۷- بالا بودن ظرفیت خازنها
- ۸- پایین بودن ولتاژ شبکه
- ۹- نداشتن طرح جامع طولانی مدت
- ۱۰- عدم پیش بینی فلسفه و معیار برای سیستم
- ۱۱- پیش بینی پستها با ظرفیت بالا

(درصد)



شکل شماره ۲: روند تلفات برق کشور در طی سال های ۱۳۸۹-۱۳۸۰

[۳]۱۳۸۰

در بخش بعدی به نحوه انجام روشهای کاهش تلفات و محاسبات مربوطه با توجه به روشهای ساده عملی و اجرایی می پردازیم

۵- الگوریتم انجام محاسبات کاهش تلفات در شبکه نمونه

۵-۱- تقارن نسبی بار فیدرها

در این مرحله تقارن بار فیدرها با تقریب ۱۰ درصد انجام شده است. به عنوان مثال (پست محقق شامل یک دستگاه ترانسفور ماتور با ظرفیت ۱۰۰۰ کیلو ولت آمپر با ۷ فیدر خروجی) فیدر ۴ پست محقق دارای جریانهای $I_{1r}=150A$, $I_{1s}=200A$, $I_{1t}=250A$, $I_{1n}=60A$ با انجام تقارن نسبی بار، میزان جریان فیدر ۴ به صورت $I_{2r}=180A$, $I_{2s}=200A$, $I_{2t}=220A$, $I_{2n}=35A$ اصلاح گردیده است. این فعالیت با کمترین هزینه و زمان، فقط با برگردان نمودن انشعابات مشترکین امکان پذیر است. (جابجایی مشترکین از فازهای پر بار به فازهای کم بار) در نتیجه میزان تلفات از روابطه زیر برای حالت قبل و بعد از انجام اصلاحات محاسبه گردیده است.

قبل از تقارن بار

$$I_N = \sqrt{I_{1r}^2 + I_{1s}^2 + I_{1t}^2 - I_{1r}I_{1s} - I_{1r}I_{1t} - I_{1s}I_{1t}} \quad (1)$$

$$\Delta P_1 = R_r I_{1r}^2 + R_s I_{1s}^2 + R_t I_{1t}^2 + R_n I_{1n}^2 \quad (2)$$

بعد از تقارن بار

$$I_N = \sqrt{I_{2r}^2 + I_{2s}^2 + I_{2t}^2 - I_{2r}I_{2s} - I_{2r}I_{2t} - I_{2s}I_{2t}} \quad (3)$$

$$\Delta P_2 = R_r I_{2r}^2 + R_s I_{2s}^2 + R_t I_{2t}^2 + R_n I_{2n}^2 \quad (4)$$

مشاهده می گردد با انجام این فعالیت ساده و کم هزینه میزان تلفات به نسبت قابل توجهی کاهش خواهد یافت. این مقادیر در جدول شماره ۱ و ۲ برای تمام پستهای منطقه نمونه مشخص شده است.

۱۲- انتخاب غیر بهینه محل پستها

۱۳- کاربرد مقاطع پایین سیم در شبکه فشار ضعیف

۱۴- عدم تناسب سرمایه گذاری در بخش تولید، انتقال و توزیع

۱۵- عدم سرویس به موقع خطوط و ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات

۱۶- فرسودگی تجهیزات خطوط و پستها

۴- روشهای انجام کاهش تلفات در شبکه های توزیع نیروی برق

انواع متداول روشهای انجام کاهش تلفات در شبکه توزیع نیروی برق به شرح موارد زیر می باشد:

الف - ایجاد تقارن نسبی در بار فازهای شبکه فشار ضعیف .
ب - ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجایی نقاط بار .

ج - بازآرایی شبکه فشار ضعیف و انجام کابل کشی ها (یا احداث خطوط هوایی کوتاه جدید) بخاطر آن .

د - اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف .

ه - علاوه بر بند (د) اما با نصب خازن کنترل شونده .

و - اصلاح مقاطع هادی های فاز و نول خطوط هوایی فشار ضعیف .

ز - جابجایی ترانسفورماتورهای هوایی و انتقال آنها به مرکز ثقل بار در صورت امکان .

ح - اصلاح کابل های انشعابات (سرویس) مشترکین در جهت کاهش طول و افزایش مقطع .

ط - اصلاح نقاط داغ (اتصالات سست و یا نامناسب) .

ی - احداث پست ۲۰ کیلوولت هوایی یا زمینی جدید و بازآرایی شبکه فشار ضعیف با توجه به آن .

ک - استفاده از ترانسفورماتورهای کوچک و تکفاز و حذف نسبی شبکه فشار ضعیف .

ل - بازآرایی شبکه فشار متوسط در جهت یکسان نمودن طول و یا بار فیدرهای فشار متوسط .

م - خازن گذاری (اعم از ثابت یا متغیر کنترل شونده) بر روی شبکه فشار متوسط .

ن - استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات .

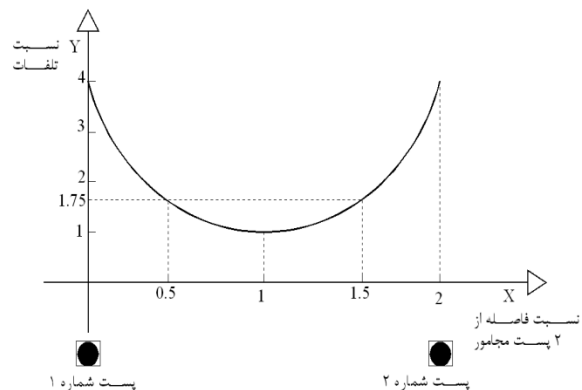
ق - ایجاد فیدر فشار متوسط جدید .

ر - احداث پست فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت جدید .

The 9th International Energy Conference

۵-۲- ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجایی نقاط باز

این بخش پس از انجام مرحله اول یعنی تقارن نسبی بار فازها مورد بررسی قرار گرفته است. در این قسمت از نقاط باز شبکه هوایی استفاده شده و طول فیدرهای فشار ضعیف هوایی متعادل گردیده است. در صورت امکان از برخی فیدرهای راکد پست‌های مذکور استفاده شده است. به عبارت دیگر بازآرایی شبکه فشار ضعیف هوایی انجام و در موارد مورد نیاز از کابل‌های موجود استفاده گردیده است. چنانچه نقطه باز بین ۲ فیدر (هر فیدر از یک پست در نظر گرفته شود) در وسط قرار گیرد تلفات به حداقل خود می‌رسد و چنانچه نقطه باز به یکی از ۲ پست منتقل شود تلفات آن ۴ برابر می‌گردد. با انجام محاسبات می‌توان نمودار زیر را ترسیم نمود



منحنی نسبت تلفات به فاصله نقاط باز شبکه

$$\Delta P = A[4 - 6X + 3X^2] \quad (5)$$

$$A = \frac{(R_1 + R_2)(I_1 + I_2)^2}{12} \quad (6)$$

$$X = \frac{x}{l} \quad (7)$$

$$x = \frac{R_2}{r} = \frac{l_2}{l}$$

$$\text{جریان واحد طول هر فیدر} \quad i = \frac{A}{m}$$

$$\text{مقاومت واحد طول هر فیدر} \quad r = \frac{\rho}{m}$$

۵-۳- اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف

در این مرحله با فرض ضریب قدرت مشترکین و شبکه $\cos\phi = 0.7$ محاسبات انجام شده است، که عمل نصب خازن ثابت در شبکه هوایی با در نظر گرفتن یک خازن و رابطه کلی 0.167 ظرفیت و 0.167 طول خط، ظرفیت خازن و محل نصب آن مشخص می‌گردد. در این حالت کاهش تلفات راکتیو در اثر خازن گذاری یک مرحله میزان ۸۹ درصد می‌باشد. لذا برای فیدرهای فشار ضعیف به سبب بار نسبتاً کم و طول کوتاه نصب بیش از یک و یا حداکثر ۲ خازن به صلاح نیست و با فرض نصب یک خازن به ظرفیت $12/5$ کیلووار با توجه به اینکه سه دستگاه بصورت اتصال مثلث به فیدر فشار ضعیف سه فاز متصل می‌شود مقدار اضافه ولتاژ در حالت بی باری شبکه در حدود ۵ درصد به دست می‌آید که کاملاً بی خطر است.

استفاده از خازن متغییر، به دلیل هزینه بالا و پیچیدگی بهره‌برداری صرفنظر شده است.

این نوشتار سعی بر ارائه روش‌های ساده عملی و اجرایی دارد که در شبکه توزیع به سهولت و با هزینه کم اجرا گردد.

۵-۴- تغییر مقطع هادی فاز و نول خطوط هوایی

تغییر مقطع هادی اخیراً با استفاده از کابل‌های خودنگهدار انجام می‌گردد. با توجه به وضعیت شبکه موجود که اغلب سیم‌های ۳۵، ۱۶، ۲۵ میلی‌متر مربع مسی استفاده شده، احداث کابل خودنگهدار $16 + 35 + 50 + 3 \times 70$ با توجه به محاسبات انجام شده باعث کاهش تلفات گردیده است.

میزان کاهش تلفات در جداول ارائه شده است. البته لازم به ذکر است که شبکه موجود فرسوده و از سیم‌های مقاطع پایین تشکیل شده است که با انجام محاسبات اقتصاد مهندسی و تعیین نسبت سود به هزینه (B/C) این فعالیت اجرا گردیده است.

۵-۵- اصلاح کابل‌های انشعابات مشترکین

کابل‌های سرویس مشترکین از مقاطع پایین و سیمی به کابل‌های 2×6 و 2×4 اصلاح گردیده است که میزان کاهش تلفات و هزینه انجام این فعالیت در جداول ارائه شده است.

The 9th International Energy Conference

۵-۶ - باز آرایشی شبکه فشار ضعیف کابلی

این فعالیت به دلیل هزینه بالای کابل و هزینه مجوز حفاری در منطقه نمونه مقرون به صرفه نبوده است. (با توجه به نتایج جدول شماره ۱ و ۲)

۵-۷ - احداث پست زمینی 1000 KVA و پست هوایی 315 KVA در مرکز ثقل بار

این فعالیت به دلیل هزینه بالای احداث پست توزیع، خرید و تملک زمین پست مقرون به صرفه نبوده است. (با توجه به نتایج جدول شماره ۱ و ۲)

جهت تکمیل جدول شماره ۱ و ۲ موارد زیر در نظر گرفته و محاسبه شده است:

الف - برای تعیین تلفات انرژی کاهش یافته سالانه، ابتدا حداکثر تلفات توان کاهش یافته بازای هر فعالیت یافته شده و با فرض ضریب بار سالانه (LDF) پنجاه (۵۰) درصد برای شبکه توزیع منطقه از رابطه زیر برای تعیین ضریب تلفات (LSF) استفاده شده است:

$$(LSF) = (0.2)(LDF) + (0.8)(LDF)^2 \quad (A)$$

ب - بطور خاص برای تعیین ضریب تلفات (LSF) فعالیت اصلاح کابل‌های انشعابات مشترکین، ضریب بار سالانه (LDF) معادل سی (۳۰) درصد فرض شده است.

ج - مدت عمر مفید سیستم ۲۵ سال فرض شده است.

د - قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰ در نظر گرفته شده و فرض شده نرخ تورم و نرخ تنزیل جهت سادگی در محاسبات با یکدیگر مساوی باشند و لذا ارزش فعلی هزینه‌ها و درآمدهای آتی همان مبالغ اسمی آنها می‌باشد.

ه - ارزش هر کیلووات ساعت تلفات انرژی ۸۳۲ ریال منظور شده و برای تلفات توان قیمت جداگانه‌ای در نظر گرفته نشده است.

ز - جهت سهولت محاسبات، بار نرمال شبکه در مدت زمان ۲۴ ساعت شبانه روز و ۳۶۵ روز سال در نظر گرفته شده است.

بر اساس مطالعات و محاسبات انجام شده برای یک مثال واقعی نتایج در ۲ جدول زیر ارائه شده است.

جدول شماره (۱) با عنوان «میزان کاهش تلفات هر پست توزیع منطقه پس از انجام روشهای کاهش تلفات» شامل شرح اقدامات و فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات

می‌باشد که در هر بخش میزان کاهش تلفات جهت هر پست توزیع منطقه نمونه محاسبه و در نهایت جمع کاهش تلفات هر موضوع در تمام پست‌های محدوده بدست آمده است.

جدول شماره ۲ با عنوان «شرح فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات بمنظور تعیین نسبت کل منافع به کل هزینه یعنی $\frac{B}{C}$ هر فعالیت» می‌باشد که دارای سطرها و ستونهایی به شرح زیر خواهد بود:

الف - در ستون دوم شرح مختصر کلیه فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات ذکر می‌گردند.

ب - در ستون سوم جمع کل مقدار تلفات انرژی کاهش یابنده در اثر انجام هر فعالیت مورد نظر پس از انجام طراحی و محاسبات لازم بر حسب کیلووات ساعت درج می‌شود.

ج - در ستون چهارم ارزش فعلی منافع حاصل در اثر کاهش تلفات در مدت عمر مفید شبکه نوشته می‌گردد (B).

د - در ستون پنجم هزینه (C) انجام هر فعالیت ذکر شده است.

ه - در ستون ششم نسبت منافع (B) به هزینه (C) بصورت عدد نوشته شده است.

و - در ستون آخر (هفتم) با توجه به اعداد حاصل از نسبت $\frac{B}{C}$ ستون ششم، درجه اولییتی نزولی برای هر فعالیت تعیین می‌شود، بدین معنی که بزرگترین و بالاترین $\frac{B}{C}$ درجه اولییت یک (۱) را بخود اختصاص داده و $\frac{B}{C}$ بالاتر بعدی درجه اولییت دو (۲) را کسب کرده و الی آخر.

نتایج جدول شماره ۲ به شرح زیر است:

- فعالیت ردیف (۵۰۴) که مقدار $\frac{B}{C}$ آن نزدیک به واحد (۱) است، حد بهینه می‌باشد. در فعالیت‌های ردیف‌های بعدی هزینه‌های هر فعالیت بیشتر از درآمد آن می‌باشد. البته باعث پایداری و قابلیت اطمینان شبکه خواهند شد.

- چنانچه بودجه و اعتبار تخصیصی برای کاهش تلفات منطقه نمونه حداکثر بیست و هشت میلیون تومان باشد، فعالیت شماره سه آخرین فعالیت مقدر و ممکن می‌باشد (بر اساس ستون ۵ جدول ۲، مبلغ انباشته هزینه‌های سه ردیف اول برابر با ۲۷۲ ۰۰۰ ۰۰۰ ریال می‌باشد) و لذا نباید فعالیت‌های ردیف‌های بعدی را که برایش بودجه‌ای موجود نیست انجام داد.

The 9th International Energy Conference

جدول شماره (۱) - میزان کاهش تلفات هر پست توزیع منطقه پس از انجام روش‌های کاهش تلفات

ردیف	شرح فعالیت امکان‌پذیر برای کاهش تلفات	مقدار تلفات کاهش یافته در پست توزیع تغذیه کننده محدوده					جمع تلفات کاهش یافته (kw)
		پست محقق	پست اسماعیلی	پست فلکه اول	پست نیروگاه	پست قاسمی	
۱	ایجاد تقارن نسبی بار فازهای شبکه فشار ضعیف	۲/۱	۵/۳۹	۴/۵۷	۲/۱۲	۱/۶۴	۲۱/۰۵
۲	اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف	۶/۴۵	۶/۴۰	۴/۴۴	۱/۸۳	۶/۱۰	۲۷/۵
۳	ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجایی نقاط باز و	۰	۳/۲۲	۰	۲/۱۸	۰	۹/۴
۴	تغییر مقطع هادی خطوط هوایی فشار ضعیف و تبدیل به کابل خودنگهدار	۱/۸	۱/۷۱	۱/۷۳	۰/۵۷	۲/۳۶	۸/۹
۵	احداث کابل‌های انشعابات مشترکین و تبدیل از ۲×۲.۵ به ۲×۶ mm ²	۱/۰۵	۰/۸۵	۰/۹	۰/۷۵	۰/۸	۵/۰۵
۶	بازارائی شبکه فشار ضعیف و انجام کابل‌کشی‌های لازم بخاطر آن	۰/۸۸	۱/۱	۰/۷۸	۱/۲۲	۰/۹۶	۵/۲۶
۷	احداث یک دستگاه پست زمینی	۵/۵۵	۱/۲۷	۰	۲/۰۲	۰	۸/۸۴

جدول شماره (۲) - شرح فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات بمنظور تعیین نسبت $\frac{B}{C}$ هر فعالیت - مبالغ بر حسب ۱۰۰۰ ریال

ردیف	شرح فعالیت امکان‌پذیر برای کاهش تلفات	جمع مقدار تلفات انرژی کاهش یافته در اثر هر فعالیت (kwh)	ارزش فعلی منفعت حاصل (B) در اثر کاهش تلفات در طول عمر	هزینه لازم به انجام (C) برای هر فعالیت	میزان اثربخشی (نسبت $\frac{B}{C}$) حاصل از هر فعالیت	درصد اولویت نسبی هر فعالیت با توجه به نسبت مهم $\frac{B}{C}$
۱	ایجاد تقارن نسبی بار فازهای شبکه فشار ضعیف	۱ ۳۸۲ ۹۸۵	۱ ۱۵۰ ۶۴۳	۸۲ ۰۰۰	۱۴/۰۴	۱
۲	اصلاح ضریب قدرت با نصب خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف	۱ ۸۰۶ ۷۵۰	۱ ۵۰۳ ۲۱۶	۱۲۰ ۰۰۰	۱۲/۵	۲
۳	ایجاد تعادل نسبی در طول فیدرهای فشار ضعیف با جابجایی نقاط باز	۶۱۷ ۵۸۰	۵۱۳ ۸۲۶	۷۰ ۰۰۰	۷/۳۴	۳
۴	تغییر مقطع هادی فاز و نول خطوط هوایی فشار ضعیف و تبدیل به کابل خودنگهدار	۵۸۴ ۷۳۰	۴۸۶ ۹۵۶	۴۸۰ ۰۰۰	۱/۰۱۴	۴
۵	احداث کابل‌های انشعابات مشترکین و تبدیل از ۲×۲.۵ به ۲×۶ mm ²	۳۳۱ ۷۸۵	۲۷۶ ۰۴۵	۲۷۵ ۰۰۰	۱/۰۰۴	۵
۶	بازارائی شبکه فشار ضعیف و انجام کابل‌کشی‌های لازم بخاطر آن	۳۴۵ ۵۸۲	۲۸۷ ۵۲۵	۳۹۰ ۰۰۰	۰/۷۴	۶
۷	احداث یک دستگاه پست زمینی	۵۸۰ ۷۸۸	۴۸۳ ۲۱۵	۱ ۵۰۰ ۰۰۰	۰/۳۲	۷

۶- نتیجه گیری

در این نوشتار ابتدا به موضوع تلفات و اهمیت آن در شبکه‌های توزیع نیروی برق پرداخته شده است. پس از روشن شدن اهمیت کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع به علل بروز و افزایش تلفات در شبکه اشاره گردیده، سپس به ارائه روشهای انجام کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع نیروی برق بصورت مهندسی، ساده و کم هزینه اقدام شده است.

جهت اطمینان از اینکه اعتبارات ارزشمند بودجه‌ای که برای پروژه‌های کاهش تلفات هزینه می‌گردد، بهترین نتیجه را در بر داشته باشد، (یعنی بازای صرف مثلاً هر یک میلیون ریال بیشترین میزان کاهش تلفات بدست آید) قطعاً استفاده از روشهای مهندسی در تعیین بهترین شیوه کاهش تلفات و اولویت بندی این روشها لازم است، که در این نوشتار به آن اشاره شده است.

مقاله حاضر براساس روشهای انجام کاهش تلفات بصورت عملی و ساده پیشنهاد می‌نماید که کدام یک از مراحل کاهش تلفات بیشترین بازده و کمترین هزینه را در بر دارد. نتایج انجام عملی این مراحل در جداول فعالیت‌های امکان‌پذیر برای کاهش تلفات ارائه شده است، که پس از آن قادر خواهیم بود به سؤالات مهمی از قبیل چگونگی طراحی پروژه با محدودیت‌های بودجه‌ای، و زمان بازگشت سرمایه و حد بهینه، پاسخ علمی و متقاعدکننده بدهیم و به زبان ساده بیان کننده این موضوع باشد که ارزش انجام کدام فعالیت بالاتر است.

۷- سپاسگزاری

از راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر بهمن پور سپاسگزاری می‌گردد.

همچنین از همکاری سرکار خانم مهندس مریم دهقانی در تهیه این نوشتار سپاسگزاری می‌گردد.

۸- مراجع

[۱] بهمن پور، احمدعلی - آزاد، فرزانه " متدولوژی پیشنهادی بمنظور کاهش تلفات فنی با رعایت محدودیت‌های عملی " هشتمین کنفرانس بین المللی انرژی، تهران، خرداد ماه ۱۳۹۰

[۲] آزاد، فرزانه "مهندسی ارزش در تعیین روش بهینه کاهش تلفات شبکه های توزیع نیروی برق"کنفرانس ملی کاربرد مهندسی ارزش در مدیریت انرژی - خرداد ۹۱ تهران

[۳] "آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیران در سال ۱۳۸۹" نشر شهریور ماه ۱۳۸۹، شرکت مادر تخصصی توانیر

[۴] عارفی، علی - یاور طلب، اکبر (۱۳۸۶). "مرجع کاربردی تعیین و کاهش تلفات در سیستم‌های توزیع" نشر روابط عمومی و بین الملل شرکت توانیر، ۳۳۱ صفحه.

[۵] "دستورالعمل جامع محاسبه ارزش تلفات توان و انرژی در شبکه‌های توزیع نیروی برق" نشر شرکت مادر تخصصی توانیر

[۶] بهمن پور، احمدعلی "تلفات بالای توان و انرژی در سیستم توزیع نیرو، زخمی کهنه بر پیکر صنعت برق" بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق، آبان ماه ۱۳۸۵

[۷] حیدری، قدرت اله (۱۳۷۸). "بررسی تلفات الکتریکی در شبکه برقرسانی" نشر تابش برق، ۲۵۵ صفحه.