بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNOP144

نوع پذیرش : وزرو برای ارائه

بررسی تلفات بخش توزیع برق و تبعات اقتصادی آن

آمنه علی پور

شرکت توزیع برق استان همدان

ایران

کلید واژه: توزیع، انرژی، توان، ارزش اقتصادی

چکیده

صنعت برق یکی از حیاتی‌ترین صنایع عمده کشور محسوب می‌شود و به همین دلیل در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع به سرمایه‌گذاری‌های کلان و بلند مدت نیازمند است. سرمایه‌گذاری جهت هر کیلو وات تولید انرژی حدود ٦٥٠ دلار+٥٠٠٠٠ ریال و زمان لازم برای احداث و بهره‌برداری از یک نیروگاه بخاری ٣ تا ٥ سال طول می‌کشد. بر اساس آخرین مطالعات انجام شده هزینه متوسط یک کیلووات ساعت برق بالغ بر ٣٤٥ ریال است . در روند تولید تا مصرف انرژی درصد قابل توجهی از انرژی تولیدی تحت عنوان تلفات به هدر می‌رود. در این میان تلفات بخش توزیع به لحاظ شرایط و ویژگیهای بخش فوق از میزان بالاتری برخوردار است. با توجه به تلفات ١٢/٩ درصدی بخش توزیع در سال ٧٩، بالغ بر ١٤٨٨٢ میلیون کیلو وات ساعت انرژی تولیدی نیروگاهها با هزینه‌ای بالغ بر ٥١٣٤ میلیارد ریال صرف تلفات انرژی بخش توزیع کشور شده است، از طرف دیگر حدود ٣٦٥٨ مگاوات از توان تولیدی نیروگاههای کشور صرف تامین دیماند تلفات فوق می‌گردد، هزینه تولید ٣٦٥٨ هزارکیلووات توان تلف شده سال ٧٩ در شبکه توزیع با احتساب نرخ سرمایه گذاری هر کیلووات معادل ٦٥٠ دلار بعلاوه ٥٠٠٠٠ ریال برابر ١٨٢/٩ میلیارد ریال و ٢/٣٨ میلیارد دلار است.

در این مقاله ضمن بیان عوامل موثر در تلفات میزان تاثیرگذاری آنها با استفاده از نتایج بررسی‌ها

تشریح می‌گردد.

۱- مقدمه

۱-۱- معرفی کمی بخش توزیع کشور

شبکه توزیع برق کشور در سال ۷۹، معادل ۹۰۳٦٦ میلیون کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی را جهت ۱۵۵۷۹ هزار مشترک از طریق تاسیسات جدول (۱)، توزیع نموده است [۱]:

شرح	واحد	مقدار
طول خطوط فشار متوسط	کیلومتر	۲۳۱۳٤۰
طول خطوط فشار ضعیف	کیلومتر	۲۰۷۹۵۲
تعداد ترانسفور ماتورهای توزیع	دستگاه	۲۳٤۰۸٦
ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع	مگاولت آمپر	٤٦۹۳۷

جدول (۱) شبکه توزیع کشور در پایان سال ۷۹

۱-۲- چالشها و محدودیت‌های بخش توزیع

فراگیرترین نوع خدمات دولت به مردم، سرویس‌دهی به بیش از ۹۸ درصد از جمعیت خانواری کشور و سرمایه‌گذاریهای محدود انجام شده، محدودیت‌ها و چالش‌هایی را به شرح زیر موثر در افزایش تلفات توزیع ایجاد نموده است:

۱-۲-۱- رشد غیر یکنواخت و بالای مصرف انرژی

۱-۲-۲- گستردگی و پراکندگی شبکه‌های توزیع

۱-۲-۳- غیرمهندسی بودن شبکه‌های احداثی

۱-۲-٤- تفکر استادکاری در بخش فوق

۱-۲-۵- عدم وجود طرح جامع مدون و مشخص در بخش فوق

۱-۲-٦- تصمیم‌گیری‌های مقطعی برای توسعه شبکه‌های توزیع از قبیل برقرسانی روستایی، کشاورزی، و ... بدون سرمایه‌گذاری لازم برای بهینه‌سازی و توسعه متناسب.

۱-۲-۷- عدم تناسب سرمایه‌گذاری انجام شده برای اصلاح و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع با حجم واقعی مشکلات موجود

۱-۲-۸- در دسترس بودن تاسیسات توزیع و سرقت‌های برق و دستکاری در لوازم اندازه‌گیری

۱-۲-۹- عدم وجود نظام تضمین کیفیت مدون در بخش تائید فنی کالاهای مصرفی در بخش فوق

۱-۲-۱۰- کمبود اعتبارات، خصوصاً در بخش بهینه سازی شبکه‌ها و اولویت چندم در نظام مدیریتی صنعت برق

۱-۳- تاریخچه تلفات توزیع برق کشور

آنچه بعنوان تلفات در این شبکه‌ها در نظر گرفته می‌شود تفاوت بین انرژی تحویل شده به شبکه‌های توزیع و مقدار انرژی‌ای است که فروخته می‌شود و برای آن صورتحساب صادر می‌گردد، در چند سال اخیر مقدار تلفات در جدول (۲) آمده است:

شرح	۱۳۷۳	۱۳۷٤	۱۳۷۵	۱۳۷٦	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹
درصد تلفات بخش توزیع	۱۲	۱۱/٤	۹/۱	۱۱	۱۱/٦	۱۱/٦	۱۲/۹

جدول (۲) روند تلفات توزیع کشور

ارقام جدول فوق بیانگر این نکته است که بخش فوق از نظام مدونی تبعیت نمی‌نماید و در طی سال اخیر بالاترین میزان را در صنعت برق شامل شده است. لازم به ذکر است که در محاسبه

مقدار تلفات انرژی سهم انرژی معابر با توجه به اینکه این بخش از لحاظ قرائت و ثبت اطلاعات مصرف انرژی لامپها روند مشابه ثبت فروش انرژی در مشترکین را ندارد بصورت درصدی از خطا تاثیرگذار است.

٤-١- روند کاهش تلفات در سایر کشورها

با توجه به اهمیت موضوع کاهش تلفات به عملکرد دو کشور کره و پاکستان اشاره می‌کنیم. کشور کره ظرف مدت ٢٥ سال از سال ١٩٦١ تا ١٩٨٦ تلفات شبکه‌های توزیع خود را از رقم ١٣/٢ درصد به ٢/٥٧ درصد کاهش داده است. کشور پاکستان با مشاوره شرکت‌هایی از کشورهای صنعتی، برنامه‌ریزی در اجرای الگوی جدید در بخش توزیع برق را در سال ١٩٨٦ آغاز نمود و موفق شد تلفات این بخش را از ١٩/٩ درصد در سال ٨٠ به ١٢/٤ درصد در سال ٩٣ کاهش دهد.

٥-١- روشهای اندازه‌گیری تلفات انرژی

١-٥-١ - چنانچه میزان مبادله شده در دسترس باشد تلفات انرژی الکتریکی بصورت زیر محاسبه می‌گردد. [٣]:

$$EL = (0.98 + \frac{0.2}{x^2}) \frac{R}{1000T} \times (\frac{E}{u \cos \varphi})^2$$

که در آن E انرژی مبادله شده به کیلو وات ساعت، u ولتاژ خط به کیلوولت، x نسبت بار حداقل به بار حداکثر، T دوره زمانی به ساعت، R مقاومت هادی به اهم و cosφ ضریب قدرت بار عبوری است.

٢-٥-١- جنانچه ضریب بار (LF) در دسترس باشد تلفات انرژی در دوره زمانی(T) به ساعت بصورت زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه P_L تلفات توان در بار ماکزیم و k با توجه به ضریب بار ٦٣/٩٥ درصدی سال ٧٩ معادل ١/٠٣ است. [٤]

$$EL = T.K.LF^2.P_L$$

٣-٥-١- روش اندازه‌گیری و آزمایش از طریق قرائت همزمان لوازم اندازه‌گیری ابتدا و انتهای مسیر.

در این روش بصورت نمونه در چند انتخاب با شرایط متفاوت، تلفات انرژی را اندازه گرفته و به کل تعمیم می‌دهیم.

٢- اجزاء تشکیل دهنده تلفات بخش توزیع و ارزش اقتصادی آنها

تلفات توزیع برق شامل دو بخش انرژی و توان و در تاسیسات توزیع به تفکیک خطوط فشار متوسط، پست‌های توزیع و شبکه‌های فشار ضعیف بیان می‌گردد. با مقایسه انرژی تحویلی و فروخته شده سال ٧٩ در بخش توزیع کل کشور میزان تلفات انرژی ١٢،٩ درصد و معادل ١٤٨٨٢ میلیون کیلوواتساعت است این تلفات انرژی با استفاده از رابطه ذکر شده در بند ٢-٥-١ برابر ٣٦٥٨ هزار کیلووات از توان تولیدی کشور است.

سهم هریک از اجزای تشکیل دهنده تلفات فوق به تفکیک زیر است:

۱-۲- خطوط فشار متوسط

۱-۱-۲- تعیین میزان تلفات وارزش اقتصادی آن

خطوط فشار متوسط بخش عمده‌ای از تاسیسات توزیع را به خود اختصاص می‌دهند. طول شبکه فشار متوسط کشور در پایان سال ۷۹ بالغ بر ۲۳۱ هزار کیلومتر و شامل هادیهای آلومینیوم با سطح مقطع متفاوت است. عبور جریان برق از این خطوط موجب گرم شدن هادی و تلف شدن بخشی از توان انتقالی می‌گردد. این اتلاف توان تحت تاثیر درجه حرارت محیط، تابش خورشید، نوع بار متصل به هادی از لحاظ ضریب قدرت و نیز ولتاژ تغذیه، مقادیر متفاوتی را شامل می‌شود. بر اساس نمونه‌گیری‌های تفصیلی انجام شده با تقریب مناسبی می‌توان تلفات انرژی خطوط فشار متوسط را بین ۲ تا ۳ درصد در نظر گرفت [۵] در نتیجه در سال ۷۹ در خطوط فشار متوسط کشور میزان تلفات انرژی و توان با احتساب تاثیر ۲/۸ درصد این بخش در کل تلفات توزیع، بصورت زیر خواهد بود:

انرژی تلف شده در خطوط فشار متوسط:

$$\frac{2.8}{12.9} \times 14882 = 3230 \qquad (\text{mkwh})$$

ماکزیمم توان تلف شده در خطوط فشار متوسط از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E_L = T.K.LF^2.PL$$

$$P_L = \frac{3230000}{365 \times 24 \times 1.03 \times 0.6395^2} = 875 \quad \text{Mw}$$

و ارزش اقتصادی انرژی وتوان تلف شده در خطوط فشار متوسط نیز برابر است با:

ارزش انرژی تلف شده:

$V_g = 3230 \times 345 = 1114$ (میلیارد ریال)

ارزش توان تلف شده:

V_P=875 × (650 دلار+50000 ریال)=

میلیارد دلار 0.569+میلیارد ریال 43.8

۲-۱-۲- روشهای کاهش تلفات

بطور کلی افت توان در شبکه فشار متوسط ناشی از عوامل خاصی مانند طولانی بودن فیدرها، رشد بار، عوامل فیزیکی و یا اضافه شدن یک مشترک با مصرف بالا می‌باشد. روشهای کلی کاهش تلفات در این بخش عبارتند از:

الف- احداث ایستگاههای فوق توزیع در مراکز ثقل بار بمنظور تقسیم مناسب بار

ب- تعویض هادی‌ها و تبدیل به نوع مناسب جهت بار انتقالی

ج- ترکیب مجدد سیستم یا پارالل نمودن شبکه

د- کنترل ضریب قدرت

هـ- کنترل ولتاژ

و- رفع معایب فنی

ز- شاخه‌زنی درختان در تماس با خطوط

ح- استحکام اتصالات

ط- کاهش طول فیدرها

ی- ترکیبی از موارد بالا

۳-۱-۲- نمونه‌ای از اقدامات انجام شده

بمنظور اصلاح ضریب قدرت در شبکه‌های فشار متوسط بصورت نمونه، نصب ۱۸ مگاوار خازن با اتصال ستاره زمین شده در مسیر خطوط

فشار متوسطی که از لحاظ بار و طول در اولویت بودند در ۱۵ محل با ظرفیت‌های ۱۲۰۰ کیلوواری در استان همدان قابل توجه است. در این اقدام ولتاژ در محدوده ۲/۱ تا ۸/۸ درصد بهبود یافته و معادل ۸ مگاوات ظرفیت شبکه آزاد شد، که برابر ۲ درصد توان انتقالی است.

۲-۲- ترانسفورماتورهای توزیع

۲-۲-۱- تعیین میزان تلفات و ارزش اقتصادی آن

در ترانسفورماتورهای توزیع بدون توجه به میزان بار اتصالی معمولاً ۰/۵-۰/۳ درصد توان ظاهری صرف تلفات آهنی می‌گردد. در هنگام بارگیری از ترانس‌ها در بارنامی تقریباً ۲-۱ درصد توان ظاهری بصورت گرما تلف می‌گردد و در بارهای غیر بارنامی مقدار این گرما با مجذور نسبت بارگیری تغییر می‌نماید.

عوامل موثر در افزایش تلفات ترانسفورماتورها شامل کثیفی روغن داخلی، جذب رطوبت توسط روغن و اتصال کوتاه‌های متوالی بر روی فیدرهای ثانویه است. اگر بدلیل عدم دقت در بهره‌برداری و نگهداری، روغن داخلی، خاصیت خود را از دست بدهد، دور سیم پیچها جرم گرفته و بدلیل عدم تبادل حرارتی مناسب، عایق‌ها آسیب می‌بینند و در نتیجه با افزایش مقاومت سیم، تلفات گرمایی بالا می‌رود. رطوبت نیز موجب بروز جریان نشتی می‌گردد.

میزان اتلاف انرژی، حداکثر توان و ارزش اقتصادی آن با فرض اختصاص ۱/۵ درصد تلفات توزیع در ترانسفورماتورها، بصورت زیر است:

$$E_L = \frac{1.5}{12.9} \times 14882 = 1730 \quad (\text{mkwh})$$

$$P_L = 469 \quad (\text{Mw})$$

$$V_E = 596.9 \quad (\text{میلیارد ریال})$$

V_P=

میلیارد دلار 0.305 + میلیارد ریال 23.45

۲-۲-۲- روش‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع

الف- توجه به دستورالعملهای بهره‌برداری و رسیدگی به روغن ترانسفورماتور

ب- کاهش اتصالی‌های شبکه فشار ضعیف

ج- تقسیم بار اصولی و انتخاب ترانسفورماتورهای مناسب با پیک بار

در صورت رعایت مسایل فوق، بهترین درصد بارگذاری در زمان نصب ترانسفورماتورهای توزیع، ۷۵ درصد بارنامی آنهاست.

۲-۳- شبکه‌های فشار ضعیف

۲-۳-۱- تعیین میزان تلفات و ارزش اقتصادی آن

شبکه‌های فشار ضعیف با گستردگی وتنوع فراوان، مشخصات فنی متفاوتی دارند که عملاً به جهت عدم وجود اطلاعات مناسب، محاسبه تلفات این بخش پیچیده و مشکل است لذا با استفاده از اندازه‌گیری‌های مستقیم تلفات در چندین نمونه طبق جدول (۳) با مشخصات بار و طول مختلف، نتیجه را تعمیم می‌دهیم.[۵]

در این اندازه گیری ٤٠ فیدر فشار ضعیف و ٦ پست توزیع عمومی و ۳ پست توزیع روستایی با

ترکیب مختلف مصرف را انتخاب کرده و در هریک ضمن اندازه گیری انرژی ورودی و انرژی مصرفی میزان تلفات انرژی محاسبه شده است . همچنین مجموع انرژی تحویلی در نمونه ها و مجموع انرژی مصرفی در مشترکین آنها تلفات انرژی فشارضعیف را در کل انتخابها ۸،٤٥ درصد نشان میدهد .

شرح	انرژی تحویلی	درصد تلفات
٤٠ فیدر نمونه با مشخصات بار کمتر از ۷۰ آمپر، بین ۷۰ تا ۱۰۰ آمپر، بیش از ۱۰۰ آمپر و طول پیش از ۵۰۰ متر	۳٦۲۷٤۷	۱۵
چهار پست توزیع شهری با بار عمدتاً خانگی	۱۱٤۳۹۹٤	۷/۸
یک پست زمینی با جمعاً ۳٦۲ مشترک خانگی، تجاری و عمومی	٤۸٦۷۵۰	۵/۰۷
فرانت همزمان کنتورهای مادر و مشترکین سه روستا با شبکه‌های معمولی و قدیمی	٤٤۰۳۲	٤/۲
ترانسفورماتور هوایی با ۱۲۲ مشترک خانگی، تجاری و یک مشترک بزرگ	۱٤۸۸۰	۲
مجموع	۲۰۵۲٤۰۳	۸/٤۵

جدول (۳) محاسبه تلفات در شبکه فشار ضعیف بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده

با توجه به مطالعات انجام شده فوق و نیز ذکر این نکته که در نمونه‌های اول، دوم و چهارم سهم مصرف معابر تفکیک نشده و جزء تلفات آمده است، در بخش فشار ضعیف تلفات انرژی ۸-٦ درصد است. این تلفات که از مقایسه انرژی عبوری از ترانسفورماتورهای توزیع و انرژی مصرفی در کنتور مشترکین بدست آمده علاوه بر خطوط فشار ضعیف، شامل سهم تلفات مربوط به خطای لوازم اندازه‌گیری، کابل سرویس مشترکین، نشت جریان از طریق مقره‌های معیوب و تماس شاخه درختان با شبکه است. با در نظر گرفتن سهم عوامل موثر طبق مطالب بخش‌های بعد، تلفات خطوط فشار ضعیف ٦/۲ درصد تقریب مناسبی خواهد بود. لذا داریم:

$E_L = 7153$ (mkwh)

$P_L = 1938$ (Mw)

ارزش اقتصادی انرژی تلف شده:

$V_E = 2468$ (میلیارد ریال)

$V_P =$

میلیاد دلار 1.26+میلیارد ریال 96.9

۲-۳-۲- بررسی تلفات ناشی از نامتعادلی بار در شبکه‌های فشار ضعیف و ارزش اقتصادی آن

در شبکه‌های فشار ضعیف بدلیل اینکه سهم عمده‌ای از بارها، تکفاز هستند عمدتاً بدلیل واگذاری انشعابات جدید بدون مطالعه شبکه و شناخت وضعیت جریان سه فاز، نامتعادلی بار ناگزیر گریبانگیر شبکه است. با فرض برابری سطح مقطع سیم نول بامقطع سیم‌های فاز و نیز با فرض تجمع بار سیم نول دریک دوم طول آن. تلفات ناشی از نامتعادلی شبکه بصورت زیر خواهد بود [۵]:

$$\Delta P = \frac{5}{6} R I_0^2$$

که در آن I_0 جریان سیم نول و R مقاومت آن است. در نامناسبت‌ترین وضعیت نامتعادلی، شبکه فشار ضعیف بصورت تکفاز گسترش یافته که در اینصورت تلفات ٦ برابر زمانی است که توزیع انرژی بصورت سه فاز انجام می‌شود [٦].

اگر جریان متوسط فازها I_m و جریان نول a

برابر I_m باشد داریم:

$3RI_m^2$= تلفات در حالت تعادل بار

تلفات ناشی از نامتعادلی:

$$\frac{5}{6}RI_0^2 = \frac{5}{6}R(aI_m)^2 = \frac{5}{6}a^2RI_m^2$$

درصد افزایش تلفات در حالت نامتعادلی:

$$\frac{\frac{5}{6}a^2RI_m^2}{3RI_m^2} \times 100 = \frac{500}{18}a^2$$

با توجه به رابطه فوق بدون نیاز به داشتن مقاومت شبکه، درصد افزایش تلفات در حالت نامتعادلی محاسبه می‌گردد.

جدول (٤) نتیجه نمونه‌گیری انجام شده در ٧٤٠ پست توزیع را نشان می‌دهد [٥]:

N (تعداد پست)	٧٢	١٢٠	١٤٤	١٠٤	٩٩	٦٠	٤٩	٣٧	١٥	١١	٩	٣٠
A	٠/٠٥	٠/١	٠/٢٠	٠/٣٠	٠/٤٠	٠/٥٠	٠/٦٠	٠/٧٠	٠/٨٠	٠/٩٠	١	١/٥
A^2	٠/٠٠٢٤	٠/٠١	٠/٠٤	٠/٠٩	٠/١٦	٠/٢٥	٠/٣٦	٠/٤٩	٠/٦٤	٠/٨١	١	٢/٢٥

جدول(٤) میزان بار سیم نول نسبت به جریان متوسط فازها در ٧٤٠ پست توزیع

فاکتور متوسط افزایش تلفات بصورت زیر است [٦]:

$$a_{av}^2 = \frac{\sum_1^N a^2{}_i n_i}{N} = \frac{173}{740} = 0.234$$

و درصد افزایش تلفات در نامتعادلی بار نسبت به حالت تعادل برابر است با:

$$\frac{500}{18} \times 0.234 = 6.5\%$$

چنانچه این نتیجه را برای نمونه‌های بررسی شده شبکه فشار ضعیف تعمیم داده شود نتایج آن بصورت جدول (٥) خواهد بود:

شرح	درصد تلفات	درصد ناشی از نامتعادلی
نمونه ١	١٥	٠/٨٩
نمونه ٢	٧/٨	٠/٥١
نمونه ٣	٥/٧	٠/٣٧
نمونه ٤	٤/٢	٠/٢٧
نمونه ٥	٢	٠/١٣
مجموع	٨/٤٥	٠/٥٥

جدول (٥) سهم تلفات ناشی از نامتعادلی بار در تلفات نمونه‌های انتخابی فشار ضعیف

با توجه به نتیجه اخیر در سال ٧٩ نامتعادلی بار شبکه فشار ضعیف موجب تلفات انرژی و دیماند بصورت زیر است:

$$E_L = \frac{0.55}{12.9} \times 14882 = 634.5 \quad \text{(mkwh)}$$

$P_L = 172$ (مگاوات)

V_E=218.9 (میلیارد ریال)

V_P=

میلیارد دلار 0.112 + میلیارد ریال 8.6

تاثیر نامتعادلی بار علاوه بر بالابردن تلفات شبکه فشار ضعیف، ایجاد خطای سنجش در لوازم اندازه‌گیری است که موجب می‌شود کنتورها انرژی کمتری را ثبت کنند. از لحاظ ایمنی نیز با توجه به عبور جریان نامتعادلی از سیم نول، در صورت تماس احتمالی مصرف کننده با این سیم، خطر برق گرفتگی وجود دارد. در محاسبه تلفات ناشی از نامتعادلی بار عوامل دیگری از چمله اثر نابرابری چریان فازها در تغییر تلفات اهمی نیز وچود دارد که در این مقاله از آن صرفنظر می کنیم .

٣-٣-٢- تلفات در کابل سرویس مشترکین

کابلهای سرویس بدلیل تعدد زیاد، حجم قابل توجهی از تلفات را بخود اختصاص می‌دهند اگر

طول متوسط کابل سرویس هر مشترک ۲۰ متر و کابلهای با مقطع ۲×٤ میلی‌متر مربع حدود ۵۰ درصد، ۲×٦ میلی‌متر مربع حدود ۳۰ درصد و ۲×۲/۵ میلی‌متر مربع ۲۰ درصد کل در نظر گرفته شود درصد تلفات مربوط به کابلهای سرویس را بین ۰/۸۵- ۰/۵۲ می‌توان در نظر گرفت [۵]. میزان تلفات و ارزش اقتصادی آن با فرض اینکه ۰/٦ سهم تلفات کابل سرویس باشد بصورت زیر است:

$E_L = 692.12$ (mkwh)

و حداکثر تلفات دیماند:

$P_L = 187.6$ (Mw)

ارزش اقتصادی تلفات انرژی:

$V_E = 238.8$ (میلیارد ریال)

ارزش اقتصادی توان تلف شده:

$V_P =$

میلیارد دلار 0.122 + میلیارد ریال 9.4

٤-۳-۲- تلفات ناشی از خطای کنترها

پارامترهای موثر در دقت عملکرد کنترها عبارتند از:

الف- کاهش فرکانس، خطای کنتر را مثبت می‌کند.

ب- کاهش ولتاژ، خطای کنتر را منفی می‌کند.

ج- درجه حرارت بالاتر و کمتر از حدنرمال، خطای کنترل را منفی می‌کند.

د- رطوبت

هـ- استارت لوازم برقی، با افزایش ناگهانی بار، شتابی در دیسک کنتر ایجاد می‌گردد که بدلیل وزن واینرسی دیسک، رسیدن به حد معقول با تاخیر انجام می‌شود و در نتیجه خطای منفی ایجاد می‌گردد.

و- پایین بودن درصد بارگیری، هر قدر جریان عبوری از کنتر کمتر از جریان نامی باشد خطای کنتر بیشتر به سمت منفی سیر می‌کند. لذا از کنترهای ٤۰۰ درصد کمتر باید استفاده کرد.

ز- با گذشت زمان، در کنتر خطای منفی ایجاد می‌گردد، لذا ابتدای نصب، کنتر باید روی خطای مثبت تنظیم شود.

میزان خطای کنترهای کلاس ۲، از ۵ درصد تا ٤۰۰ درصد جریان نامی ۱/۲ درصد است [۲].

انرژی تلف شده:

$E_L = 1384.4$ (mkwh)

ارزش اقتصادی انرژی تلف شده:

$V_E = 477.6$ (میلیارد ریال)

۵-۳-۲- سرقت برق

تلفاتی که ناشی از عدم احتساب مصرف در صنعت برق در اثر سرقت برق ایجاد می‌گردد در مناطق مختلف، روند و مقوله متفاوتی دارد. بطور متوسط سهم این عامل ۰/۲ تا ۱ درصد بیان شده است [۵].

با احتساب میانگین ۰/٦ درصد داریم:

$E_L = 692.2$ (mkwh)

$P_L = 187.6$ (Mw)

$V_E = 238.8$ (میلیارد ریال)

ارزش حداکثر توان ناشی از سرقت برق:

$V_P =$

میلیارد دلار 0.122 + میلیارد ریال 9.4

٦-٣-٢- روشهای عملی کاهش تلفات شبکه فشار ضعیف

الف- تعیین یک کد و تشکیل پرونده برای هر ترانس طوری که پس از بارگیری سالیانه، مقدار آمپراژ هر فاز در این پرونده ثبت گردیده و در صورت اضافه شدن مشترک جدید، آمپر آن به مدار مربوطه اضافه شود.

ب- اقدام به تعویض ترانس با ظرفیت بالاتر و یا تفکیک شبکه و اضافه نمودن ترانس جدید در صورت بالا بودن بار ترانس

ج- رعایت استاندارد توسعه و نصب شبکه‌های توزیع

د- برخورد موثر با سارقان برق و کسانی که با دستکاری کنتر پایداری شبکه را تهدید می‌کنند.

هـ- استفاده از شبکه‌های رینگ فشار ضعیف جهت ایجاد امکان مانور

و- پیدا کردن نقاط ضعف شبکه و در صورت لزوم نصب خازن فشار ضعیف

ز- داشتن سیستم زمین مناسب جهت زمین نمودن تکراری سیم نول

ح- استفاده از روش‌های مهندسی در ایجاد شبکه توزیع

ط- افزایش مقطع سیم نول

ی- متناسب نمودن طول خطوط با بار آنها

ک- محکم نمودن اتصالات شبکه

ل- ایجاد توازن در بار خطوط فشار ضعیف و عدم استفاده از شبکه‌های تکفاز

م- شاخه زنی درختان در تماس با شبکه

ن- اصلاح طول و سطح مقطع کابلهای سرویس مشترکین

س- بازرسی و کنترل لوازم اندازه‌گیری و پلمپ نمودن موثر آنها

٣- تاسیسات توزیع و ارزش سرمایه‌ای آن

جهت ایجاد امکان مقایسه بهتر، ارزش اقتصادی تاسیسات شبکه توزیع و درآمد حاصل از فروش برق در سال ٧٩، بصورت جدول (٦)، ملاحظه می‌گردد:

شرح	واحد	مقدار	قیمت واحد متوسط (ریال)	ارزش کل (میلیاردریال)
خطوط توزیع	کیلومتر	٤٣٩٢٩٢	٥٠٠٠٠٠٠٠	٢١٩٦٥
ترانس توزیع	دستگاه	٣٣٤٠٨٦	٢٥٠٠٠٠٠٠	٨٨٥٢
لوازم اندازه‌گیری	دستگاه	١٥٥٧٩٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	٣١١٦
کابل سرویس مشترکین	متر	٣١١٥٨٠٠٠٠	٢٠٠٠	٦٢٣
جمع ارزش تاسیسات توزیع				٣١٥٥٦
انرژی فروخته شده	کیلووات ساعت	٩٠٣٦٦٠٠٠٠٠٠	٩٠	٨١٣٣

جدول (٦) ارزش اقتصادی تاسیسات توزیع برق و بهای انرژی فروخته شده در سال ٧٩

٤- نتیجه

نتایج بررسی‌های انجام شده، و نیز اعمال پارامترهای شبکه توزیع کشور به تفکیک هر یک از بخش‌های ذکر شده، در چارت (الف) ملاحظه می‌گردد. در محاسبه ارزش اقتصادی توان، قیمت دلار معادل ٣٠٠٠ ریال منظور شده است. آنچه

حائز اهمیت و نگران کننده است بررسی اعداد و ارقام مربوط به ارزش اقتصادی و بار مالی تلفات موجود در سیستم توزیع نسبت به درآمد حاصل از فروش و نیز ارزش تاسیسات است. ارزش اقتصادی تامین انرژی و توان تلف شده در شبکه توزیع ۱/۵ برابر درآمد سالیانه فروش انرژی و ٤٠ درصد ارزش سرمایه‌ای تاسیسات توزیع است.

لذا تبعات اقتصادی و فنی تلفات انرژی در بخش توزیع، ایجاب می‌نماید که برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری لازم برای کاهش آن صورت پذیرد. شناسایی عوامل تاثیرگذار در تلفات بصورت منطقه‌ای و تعیین میزان تقریبی آنها و مشخص نمودن روشهای علمی و فنی برای کاهش تلفات از وظایف اصلی مدیریت بخش توزیع کشور می‌باشد. نتایج آزمایشات انجام شده نشان می‌دهد که از مجموع تلفات بخشهای مختلف تاسیسات توزیع، سهم بخش فشار متوسط، فشار ضعیف، ترانسفورماتور، کابل سرویس، لوازم اندازه‌گیری و سرقت برق به ترتیب ۲/۸ درصد، ٦/۲ درصد، ۱/۵ درصد، ۰/٦ درصد، ۱/۲ درصد و ۰/٦ درصد می‌باشد که در هر بخش به سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی خاصی برای کاهش تلفات نیاز است.

مراجع:

۱- صنعت برق ایران، سال ۱۳۷۹- سازمان مدیریت توانیر

۲- تلفات انرژی الکتریکی و ضرورت کاهش آن، شرکت توزیع آذربایجان شرقی- سال ۱۳۷۳.

۳- مدلی جهت محاسبه تلفات انرژی- قدرت اله حیدری،سال ۱۳٦۹.

٤- تلفات انرژی الکتریکی- قدرت اله حیدری، وزارت نیرو، ۱۳۷٦.

۵- شناسایی عوامل موثر در تلفان انرژی شبکه‌های توزیع ۱۳۷۷- دانشگاه امیرکبیر.

٦- اثرات نامتعادلی بار، پنجمین کنفرانس توزیع، ۱۳۷٤، رحیم سلیمان آذر.

(الف) جمع‌بندی مباحث تفکیکی ذکر شده در شبکه توزیع کشور در سال ۱۳۷۹