بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNOP142

نوع پذیرش : ارائه

میزان تلفات توان در سیستم توزیع نیرو، نگرانیها و افسوسها

احمد علی بهمن‌پور

شرکت برق منطقه‌ای تهران

کلمات کلیدی : تلفات توان، تلفات انرژی، ضریب تلفات، ضریب‌بار

چکیده :

با اینکه تلفات توان که عامل الزام‌آور در سرمایه‌گذاری است از تلفات انرژی مهم‌تر است امّا در آمارها فقط تلفات انرژی ذکر میگردد. تلفات انرژی در سیستم تولید و انتقال و توزیع نیرو در سال ۷۹، ۲۱/۳ درصد و حدود ۶۰ درصد این رقم یعنی ۱۲/۹ درصد از تلفات، مربوط به بخش توزیع نیرو بوده [1 , 2]که خود جای بسی نگرانی را دارد امّا این نگرانی متأسفانه بهمین جا محدود نمی‌گردد زیرا درصد تلفات توان (که با مجذور بارهای عبوری از اجزاء سیستم متناسب است) نسبت به توان ساعات پیک بار بسیار بالاتر از آن ۲۱/۳ یا ۱۲/۹ درصد می‌باشد. در مدلی که طی مقاله ارائه خواهد شد تلاش خواهد گردید مقدار مؤلفه‌های دیماند تلفات همزمان متناظر با تلفات انرژی بی‌باری و بارداری تعیین گردد. و آنگاه با استفاده از اطلاعات مهّم آماری صنعت برق کشور نخست میزان مؤلفه‌های درصد تلفات توان بی‌باری و بارداری سیستم توزیع نیرو تعیین گردد که به رقم حدود ۱۸ درصد بالغ می‌شود و آنگاه با تعمیم مدل برای کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور میزان مولفه‌های درصد تلفات بی‌باری و بارداری کلّ صنعت برق کشور بنحوی تخمینی محاسبه گردد که به رقم حدود ۲۷ درصد بالغ می‌شود. در تعیین مؤلفه تلفات توان بارداری، کاربرد مدل ضریب تلفات برحسب ضریب بار اجتناب‌ناپذیر بوده و چون برای تعیین این مدل برای صنعت برق کشور تحقیقات کافی انجام نپذیرفته لذا صرفاً به تحقیقات و مراجع محدود موجود بسنده شده که خود ضرورت انجام تحقیقاتی گسترده‌تر برای این مهمّ را بیان می‌کند.

۱ ـ مقدّمه

در سال ۱۳۷۹ میزان تلفات انرژی در کلّ صنعت برق کشور ۲۱/۳ درصد و در سیستم توزیع

نیرو ۱۲/۹ درصد بوده [2, 1] که جای همه گونه نگرانی و افسوس را دارد، امّا این نگرانی جدّی که هشدارها و اخطارهایش را سالها قبل برخی دلسوزان صنعت منجمله اینجانب داده بودیم [10, 9, 7, 4, 3] بهمین جا محدود و ختم نمی‌شود زیرا درصد تلفات توان پیک که در ساده‌ترین حالت با مجذور بارهای عبوری در ساعات حداکثر بار از اجزاء سیستم (مجموعه فیدرها وترانسفورماتورها) متناسب است (بفرض که از افت ولتاژ خطوط و تغییرات ضریب قدرت در طول شبکه صرفنظر کنیم) در سیستم توزیع نیرو بسیار بالاتر از ۱۲/۹ درصد فوق و در کلّ صنعت برق بسی بیشتر از ۲۱/۳ درصد فوق‌الاشاره [3 , 5 , 6] می‌باشد و چنانچه این قبیل هشدارها جدی گرفته نشوند حیف و صد حیف که باید گفت:

باش تا صبح دولتت بدمد

کاین هنوز از نتایج سحر است!

در مدلی که طیّ این مقاله تهیّه و ارائه خواهد شد نخست تلفات انرژی در هر یک از دو سیستم (سیستم توزیع نیرو و کلّ سیستم قدرت صنعت برق) به دو بخش بی‌باری و بارداری تفکیک شده و برای هر یک از دو بخش فوق تلاش می‌گردد که مقدار مؤلفه دیماند تلفات همزمان با پیک بار سیستم تعیین شود. محاسبه دیماند تلفات متناظر با تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای سیستم بسبب اینکه ضریب بار این نوع تلفات (و در واقع امر ضریب تلفات آن) چنانچه از زمانهای بی‌برقی بخشهائی از سیستم طیّ سال صرفنظر کنیم ۱۰۰ درصد است کار نسبتاً ساده و کم دردسری است البته مشروط به آنکه تلفات انرژی بی‌باری معیّن شده باشد. امّا تعیین و محاسبه مؤلفه دیماند تلفات همزمان با پیک بار سیستم متناظر با تلفات بارداری، علاوه بر اینکه اشکال و دردسرهای تعیین سهم تلفات انرژی بارداری را یدک می‌کشد، با این سؤال مهمّ نیز مواجه می‌شود که ضریب بار تلفات بارداری (و در واقع امر ضریب تلفات آن) چه مقدار است. ضریب تلفات سالانه بارداری (LSF) که تعریف و خصوصیات مهم آن بشرح زیر [6 - 3] است:

$$LSF = \frac{\text{متوسط تلفات توان طی سال}}{\text{تلفات توان حاصل از بار پیک سالانه}} \quad (۱)$$

$$LSF = \frac{\int_0^{8760} [s(t)]^2 \, dt}{S^2_{max}} \quad (۲)$$

$$(LF)^2 \le LSF \le (LF) \quad (۳)$$

و اگر از تغییرات ضریب قدرت صرفنظر گردد، رابطه (۲) بصورت رابطه (۴) درخواهد آمد:

$$LSF = \frac{\int_0^{8760} [P(t)]^2 \, dt}{P^2_{max}} \quad (۴)$$

از ضرایب و شاخصهای مهمّ صنعت برق بوده و بر روی این ضریب تحقیقاتی اگرچه محدود انجام شده و مدلهای متفاوتی که مقدار ضریب تلفات سالانه (LSF) را برحسب ضریب بار سالانه (LF) بدست می‌دهد ارائه شده است [6, 5]، که در این مقاله بدون اینکه فرصت و امکان تحقیق در مورد میزان صحّت و دقّت همهٔ این مدلها موجود باشد، برخی از آنها مورد استفاده قرار گرفته و تلاش خواهد گردید از میانگین نتایج آنها بهره گرفته شود. این ایده قبلاً نیز لااقل هم در مرجع [3] بتوسط نگارنده و هم در مراجع [7-5] بتوسط محقّقین محترم آن مورد استفاده قرار گرفته امّا در مقاله حاضر این ویژگی وجود دارد که اولاً تصریح می‌نماید ضریب تلفات فقط بر مؤلفه بارداری تلفات قابل اعمال است و نه بر کلّ تلفات (بی‌باری + بارداری)، و ثانیاً با همین روش با استفاده از اطلاعات محدود موجود، پاسخی در حد اعتدال و بدون افراط و تفریط‌های متداول به سؤال مهمّ اینکه میزان درصد تلفات پیک در زمان پیک بار چقدر است ارائه می‌دهد. از آنجائیکه مؤلف مقاله بدفعات با این امر مواجه شده است که برخی مدیران صنعت برق درصد تلفات توان در هنگام پیک بار را تقریباً با درصد تلفات انرژی مساوی و معادل و یا کمی بالاتر از آن می‌دانند و این موضوع را قبول و باور ندارند که درصد تلفات توان پیک سالانه در عموم سیستمهای قدرت از درصد

تلفات سالانه انرژی آن سیستم قدرت بمیزان معتنابهی بالاتر است و این میزان ازدیاد درصدها، رابطهٔ عکس با ضریب‌بار داشته و با بهبود ضریب بار می‌توان از میزان ازدیاد و تفاوت دو درصد فوق‌الاشاره (درصد تلفات توان پیک و درصد تلفات سالانه انرژی) کاست لذا این فرصت ارائه مقاله را برای اثبات مدّعای مذکور و دعوت برای نقد و بررسی بیشتر موضوع مغتنم می‌شمارد.

۲ ـ مدل تعیین درصد تلفات توان برحسب درصد تلفات انرژی

در این بخش تلاش می‌شود که روابط فیمابین تلفات نسبی توان و تلفات نسبی انرژی به تفکیک انواع بی‌باری و بارداری تعیین گردیده و به کمک آنها مدل مورد نظر تحصیل شود. اگر نمادهای مشروح زیر بکار گرفته شوند:

P_{max} : حداکثر توان سیستم توزیع در زمان پیک بار (مگاوات)

ΔP_{max}: حداکثر تلفات توان (مجموع مولفه‌های بی‌باری و بارداری) سیستم توزیع در زمان پیک‌بار (مگاوات)

$\Delta P'_{max}$: حداکثر مؤلفه بارداری تلفات توان سیستم توزیع در زمان پیک بار (مگاوات)

ΔE : تلفات سالانه انرژی در سیستم توزیع (مگاوات ساعت)

E : کلّ انرژی الکتریکی سالانه وارد شده به شبکه توزیع (مگا وات ساعت)

ΔE_{ld} : مؤلفه تلفات بارداری از کلّ تلفات انرژی سالانه سیستم توزیع (مگاوات ساعت)

ΔE_{nl} : مؤلفه تلفات بی‌باری از کلّ تلفات انرژی سالانه سیستم توزیع (مگاوات ساعت)

ΔE_{nlt} : مؤلفه تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها از کلّ تلفات بی‌باری انرژی (ΔE_{nl}) سیستم توزیع (مگاوات ساعت)

ΔE_{nlv} : مؤلفه تلفات انرژی حاصل از وجود ولتاژ (مستقل از بار) از کلّ تلفات بی‌باری انرژی ($E_{nl} - E_{nlt}$) سیستم توزیع (مگاوات ساعت).

ΔP_{nlt} : مؤلفه تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها از کلّ تلفات بی‌باری توان سیستم توزیع (مگاوات)

ΔP_{nlv} : مولفه تلفات توان حاصل از وجود ولتاژ (مستقل از بار) از کلّ تلفات بی‌باری توان (ΔP_{nl}) سیستم توزیع (مگاوات)

LSF : ضریب تلفات سالانه سیستم توزیع

LF : ضریب بار سالانه سیستم توزیع

S : توان ظاهری سیستم (مگاوات آمپر)

P : توان حقیقی سیستم (مگاوات)

S_{max} : پیک توان ظاهری سیستم (مگاولت آمپر)

حال می‌توانیم روابط زیر را بنویسیم:

$$\Delta E_{nl} = \Delta E_{nlt} + \Delta E_{nlv} \qquad (۵)$$

$$\Delta E = \Delta E_{ld} + \Delta E_{nl} \qquad (۶)$$

$$\Delta E_{ld} = \Delta P'_{max} \cdot LSF. 8760 \qquad (۷)$$

$$\Delta E_{nlt} = \Delta P_{nlt} \cdot 8760 \qquad (۸)$$

از ترکیب روابط (۵) تا (۸) خواهیم داشت:

$$\Delta E = \Delta P'_{max}.LSF. 8760+\Delta P_{nlt} \cdot 8760+ + \Delta E_{nlv} \qquad (۹)$$

و برای کلّ انرژی وارد شده در سیستم توزیع نیرو داریم:

$$E = P_{max} \cdot LF. 8760 \qquad (۱۰)$$

از تقسیم طرفین رابطه (۹) بر رابطه (۱۰) خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta P'_{max} \cdot LSF.8760}{P_{max}.LF.8760} + + \frac{\Delta P_{nlt}.8760 + \Delta E_{nlv}}{P_{max}.LF.8760} \qquad (۱۱)$$

و با ساده کردن رابطه اخیر داریم:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} \cdot \frac{LSF}{LF} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LF} + \frac{\Delta E_{nlv}}{P_{max}.LF.8760} \qquad (۱۲)$$

در رابطهٔ اخیر ΔE_{nlv} یعنی مؤلفهٔ تلفات انرژی حاصل از وجود ولتاژ (مستقل از بار) از کلّ تلفات بی‌باری انرژی (یعنی $\Delta E_{nl} - \Delta E_{nlt}$) سیستم توزیع و بعبارت دیگر کل تلفات انرژی بی‌باری منهای تلفات بی‌باری انرژی ترانسفورماتورها و راکتورها علی الاصول شامل آیتمهای تلفاتی مشروح زیر [6] است:

- تلفات کرونا: که در ولتاژهای توزیع یعنی ۴۰۰ و ۶۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ و ۳۳۰۰۰ ولت مطرح نیست و وجود ندارد.
- تلفات دی الکتریک در کابلها و خازنها و عایقها که در سطح ولتاژهای توزیع قابل توجّه نیست.
- تلفات نشتی جریان در سطح مقرّه‌های اتکائی، مقرّه‌های میخی و بشقابی و بوشینگها که بستگی به میزان آلودگی محیط دارد و در هوای پاک و تمیز در سیستم توزیع مقدار قابل توجهی ندارد.
- تلفات نشتی جریان از طریق تماس شاخ و برگ درختان که مختص مناطق جنگلی است و در مناطق کم درخت کشورمان وجود ندارد.

از آنجائیکه تاکنون تحقیقات خاصّی بمنظور تعیین مقادیر تلفات نشتی جریان چه در سطح مقرّه‌ها و چه از طریق تماس شاخ و برگ درختان انجام نپذیرفته و از طرفی می‌توان یقین داشت که مقدار ΔE_{nlv} در مقابل ΔE_{nlt} کوچک و قابل صرفنظر باشد و لذا بدون اینکه در بقیّه محاسبات خللی وارد شود از ΔE_{nlt} صرفنظر نموده و آنرا صفر فرض می‌کنیم.

اینک رابطه (۱۲) بصورت رابطه (۱۳) زیر ساده می‌شود:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} \cdot \frac{LSF}{LF} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LF} \quad (۱۳)$$

درصد تلفات توان پیک متناظر با تلفات بارداری $(\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}})$ برحسب درصد تلفات سالانه انرژی بصورت رابطه (۱۴) از رابطه (۱۳) استخراج خواهد شد:

$$\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} = (\frac{\Delta E}{E} - \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LF}) \frac{LF}{LSF} \quad (۱۴)$$

و برای تعیین کلّ تلفات نسبی توان پیک (مجموع تلفات بی‌باری و بارداری) کافیست مقدار کسر $\frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}}$ را به کسر حاصل از رابطه (۱۴) بیفزائیم که بصورت رابطه (۱۵) درخواهد آمد:

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = \frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}} =$$

$$= (\frac{\Delta E}{E} - \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LF}) \frac{LF}{LSF} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}} \quad (۱۵)$$

رابطه (۱۵) مدل تعیین درصد تلفات توان پیک در سیستم توزیع را تشکیل می‌دهد که تفاوتهائی با مدل کلّ سیستم تولید، انتقال و توزیع (بسبب عدم امکان صرفنظر کردن ΔE_{nlv} در مدل اخیر) دارد.

۳ ـ اطلاعات مهم صنعت برق مورد استفاده در مقاله حاضر:

برخی اطلاعات مهمّ صنعت برق [1, 2] که در مقاله حاضر مورد استفاده قرار گرفته‌اند به شرح جدول شماره (۱-۳) می‌باشند. در این جدول فقط اطلاّعاتی که برای اصلاح و تصحیح آمار تلفات و نیز برای محاسبه میزان تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها چه برای تلفات سیستم توزیع و چه برای تلفات کلّ سیستم قدرت مورد لزوم بوده ذکر شده و از آوردن سایر اطلاعات اجتناب گردیده است. متأسفانه اطلاّعات مراجع [1] و [2] برای محاسبه ΔE_{nlv} و ΔP_{nlv} کفایت ندارد و مراجع دیگری برای محاسبه تلفات مزبور در اختیار نگارنده نبود.

۴ ـ محاسبه میزان تلفات واقعی انرژی در سیستم توزیع نیرو در ارتباط با برقهای غیرمجاز:

یکی از مطالبی که بحقّ در مورد آمار تلفات صنعت برق و نیز تلفات سیستم توزیع نیرو مطرح و

جدول شماره (۱-۳) - برخی اطلاعات مهمّ سال ۱۳۷۹ صنعت برق کشور مورد استفاده در مقاله حاضر

ردیف	شرح	تعداد یا مقدار یا درصد
۱	پیک بار همزمان تیرماه ۱۳۷۹	۲۰۵۸۱ مگاوات
۲	تولید ناخالص انرژی برق (مبنای درصد تلفات)	۱۱۵۷۰۸ میلیون کیلووات ساعت
۳	مصرف داخلی نیروگاهها	۵۴۶۱ میلیون Kwh معادل ۴/۷ درصد
۴	تلفات انتقال و فوق توزیع	۴۲۷۷ میلیون Kwh معادل ۳/۷ درصد
۵	تلفات توزیع نیرو	۱۴۸۸۲ میلیون Kwh معادل ۱۲/۹ درصد
۶	کلّ تلفات انرژی در سیستمهای تولید، انتقال و توزیع	۲۴۶۲۰ میلیون Kwh معادل ۲۱/۳ درصد
۷	ضریب بار کلّ سیستم	۶۴ درصد
۸	میانگین مصرف مشترکین خانگی	۲۳۹۲ کیلووات ساعت بر مشترک
۹	تعداد ترانسفورماتورهای هوائی توزیع	۲۱۲۷۱۰ دستگاه
۱۰	جمع ظرفیّت ترانسفورماتورهای هوائی توزیع	۳۱۷۲۶ مگاولت آمپر
۱۱	تعداد ترانسفورماتورهای زمینی توزیع	۲۱۳۷۶ دستگاه
۱۲	جمع ظرفیت ترانسفورماتورهای زمینی توزیع	۱۵۲۱۲ مگاولت آمپر
۱۳	تعداد ترانسفورماتورهای ۶۳ و ۶۶ کیلوولتی	۱۳۶۷ دستگاه
۱۴	جمع ظرفیّت ترانسفورماتورهای ۶۳ و ۶۶ کیلوولتی	۲۹۵۰۵ مگاولت آمپر
۱۵	تعداد ترانسفورماتورهای ۱۳۲ کیلوولتی	۴۴۰ دستگاه
۱۶	جمع ظرفیّت ترانسفورماتورهای ۱۳۲ کیلوولتی	۱۱۱۹۰ مگاولت آمپر
۱۷	تعداد ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلوولتی	۳۴۹ دستگاه
۱۸	جمع ظرفیت ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلوولتی	۳۶۱۰۴ مگاولت آمپر
۱۹	تعداد راکتورهای ۲۳۰ کیلوولتی	۵۷ دستگاه
۲۰	جمع ظرفیّت راکتورهای ۲۳۰ کیلوولتی	۸۸۲ مگاولت آمپر
۲۱	تعداد ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلو ولتی	۷۴ دستگاه
۲۲	جمع ظرفیّت ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلو ولتی	۲۱۴۳۰ مگاولت آمپر
۲۳	تعداد راکتورهای ۴۰۰ کیلوولتی	۴۳ دستگاه
۲۴	جمع ظرفیّت راکتورهای ۴۰۰ کیلوولتی	۲۰۵۰ مگاولت آمپر

از آن انتقاد می‌شود اینستکه تعریف تلفات انرژی در حال حاضر منحصر به تفاضل انرژی ورودی به سیستم و انرژی خروجی از سیستم (در مورد تولید و انتقال) یا انرژی فروش رفته براساس ارقام کنتور مشترکین مجاز (در مورد سیستم توزیع) گشته است و در حال حاضر با این شیوه عمل و با این طرز تلّقی مصارف غیرمجاز برق نیز جزو تلفات محسوب می‌شود. این ادّعای صحیحی بوده و باید بنحوی از انحاء میزان مصارف غیرمجاز را تعیین نمود و لااقل تخمین زد.

در نبود آمار دقیق و قابل وثوق در مورد اینگونه مصارف ضرورتاً باید به مفروضاتی متوسل شد. چنانچه فرض نمائیم که تعداد مشترکین غیرمجاز که عموماً از نوع مصارف خانگی هستند ۳۰۰۰۰۰ مشترک بوده و هر کدام بطور متوسط ۵۰ درصد بیشتر از مصرف میانگین مشترکین خانگی مجاز، برق مصرف کرده باشند، در اینصورت مقدار مصرف غیرمجاز در کشور خواهد بود:

$۳۰۰۰۰۰ \times ۲۳۹۲ \times ۱/۵۰ = ۱۰۷۶/۴ \times ۱۰^{۶}$

کیلو وات ساعت

درصد $\frac{۱۰۷۶/۴ \times ۱۰۰}{۱۱۵۷۰۸} = ۰/۹۳$

این میزان درصد مصارف غیرمجاز را باید هم از آمار کلّ تلفات صنعت برق و هم از آمار تلفات توزیع کسر نمود تا میزان تلفات واقعی هر کدام بدست آید:

تلفات کلّ انرژی سیستم قدرت (تولید، انتقال و توزیع):

درصد $۲۱/۳ - ۰/۹۳ = ۲۰/۳۷$

و تلفات انرژی سیستم توزیع نیرو:

درصد $۱۲/۹ - ۰/۹۳ = ۱۱/۹۷$

البته اکنون جای انتقاد باقی است که مثلاً چرا ۳۰۰۰۰۰ مشترک غیرمجاز در کشور فرض کرده‌ام و نه بیشتر و نه کمتر، که در نبود کار مطالعاتی موثّق همیشه می‌توان اینگونه اشکالات را وارد دانست و امّید است که با انجام کار پژوهشی گسترده در سطح کشور دیگر نیازی به تخمین‌های شهودی یا کارشناسی نباشد امّا در نبود آمار موثّق، از انجام برآورد و تخمین کارشناسانه گزیری نیست و بسی بهتر از عدم اقدام صرف می‌باشد. ارقام درصدهای تلفات که فوقاً تعیین شدند ارقامی خواهند بود که از آنها در مدل رابطه (۱۵) استفاده خواهد شد.

۵ ـ محاسبه میزان تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها درکل سیستم قدرت و در سیستم توزیع نیرو:

برای محاسبه میزان تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور و نیز سیستم توزیع نیرو اعم از تلفات توان (ΔP_{nlt}) و تلفات انرژی (ΔE_{nlt}) جدول شماره (۱-۵) تهیّه شده است. همانگونه که از این جدول که به کمک مراجع [1,2,6,8] تهیه گردیده ملاحظه می‌شود در ردیفهای (۱) تا (۱۶) بطور متناوب میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای هر ردهٔ ولتاژ و بلافاصله تلفات بی‌باری ترانسفورماتوری با ظرفیت نزدیک به میانگین یاد شده ذکر شده و در این امر اکثراً تلاش گردیده که میزان تقریب در امر یافتن ظرفیت نقصانی بوده و ظرفیت کوچکتر از میانگین ملاک تعیین تلفات واقع شود (چون میدانیم که در ظرفیت کوچکتر میزان تلفات واحد ظرفیت، بزرگتر است) مثلاً در ردیف ۳ که میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای زمینی توزیع نیرو ۷۱۱/۶کیلوولت آمپر ذکر شده بلافاصله در ردیف ۴ تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۶۳۰KVA که خود ملاک تعیین تلفات برای کلّ ترانسفورماتورهای زمینی توزیع بوده است و جمع ظرفیت آنها براساس ردیف ۱۲ جدول شماره (۱-۳) معادل ۱۵۲۱۲ مگاولت آمپر می‌باشد ذکر گردیده است. با ملاک قرار دادن تلفات ترانسفورماتور با ظرفیت قدری کوچکتر از ظرفیت میانگین در واقع امر میزان تلفات با تقریب اضافی حاصل شده است. ارقام تلفات بی‌باری اکثراً از مرجع [6] و بعضاً از مرجع [8] استخراج شده‌اند.

در ردیفهای ۱۷ تا ۲۴ تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها و راکتورهای هر رده ولتاژ محاسبه و تعیین گردیده است. با استفاده از جمع‌کردن ردیفهای (۱۷) و (۱۸) این جدول میزان

جدول شماره (۱ـ۵) ـ آمار میانگین و میزان تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای سیستم انتقال و توزیع

ردیف	شرح	نحوه محاسبه و مقدار
۱	میانگین ظرفیت پستهای هوائی توزیع نیرو	۱۴۹/۲ کیلوولت آمپر
۲	تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۱۲۵KVA بازاء هر KVA ظرفیت	۴۰۰ ÷ ۱۲۵ = ۳/۲ KVA / وات
۳	میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای زمینی توزیع نیرو	۷۱۱/۶ کیلوولت آمپر
۴	تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۶۳۰KVA بازاء هر KVA ظرفیت	۱۲۰۰ ÷ ۶۳۰ = ۱/۹۰۵ KVA / وات
۵	میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای ۶۳ و ۶۶ کیلو ولتی	۲۱/۶ مگاولت آمپر
۶	تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۱۵MVA بازاءهر MVAظرفیت	۱۵ ÷ ۱۵ = ۱/۰ MVA / کیلو وات
۷	میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای ۱۳۲ کیلو ولتی	۲۵/۴ مگاولت آمپر
۸	تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۱۵MVA، ۱۳۲KV بازاء هرMVA ظرفیت	۱۷ ÷ ۱۵ = ۱/۱۳ MVA / کیلو وات
۹	میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلو ولتی	۱۰۳/۴ مگاولت آمپر
۱۰	تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۹۰MVA، بازاء هر MVA ظرفیت	۵۲ ÷ ۹۰ = ۰/۵۷۸ MVA/کیلووات
۱۱	میانگین ظرفیت راکتورهای ۲۳۰ کیلو ولتی	۱۵/۵ مگا ولت آمپر
۱۲	تلفات بی‌باری راکتور ۴۰MVA بازاء هر MVA ظرفیت	۴۰ ÷ ۴۰ = ۱/۰ MVA/کیلووات
۱۳	میانگین ظرفیت ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلو ولتی	۲۸۹/۶ مگاولت آمپر
۱۴	تلفات بی‌باری‌ترانسفورماتور ۲۰۰MVA بازاءهر MVA ظرفیت	۹۲ ÷ ۲۰۰ = ۰/۴۶ MVA/کیلووات
۱۵	میانگین ظرفیت راکتورهای ۴۰۰ کیلو ولتی	۴۷/۷ مگاولت آمپر
۱۶	تلفات بی‌باری راکتور ۱۵۰MVA بازاء هر MVA ظرفیت	۶۰ ÷ ۱۵۰ = ۰/۴ MVA/کیلووات
۱۷	تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای هوائی توزیع	۳۱۷۲۶ × ۳/۲ = ۱۰۱۵۲۳/۲ کیلووات
۱۸	تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای زمینی توزیع	۱۵۲۱۲ × ۱/۹۰۵ = ۲۸۹۷۸/۹ کیلووات
۱۹	تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای ۶۳ و ۶۶ کیلو ولتی	۲۹۵۰۵ × ۱/۰ = ۲۹۵۰۵ کیلووات
۲۰	تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای ۱۳۲ کیلو ولتی	۱۱۱۹۰ × ۱/۱۳ = ۱۲۶۴۴/۷ کیلووات
۲۱	تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلو ولتی	۳۶۱۰۴ × ۰/۵۷۸ = ۲۰۸۶۸/۱ کیلووات
۲۲	تلفات بی‌باری (توان) راکتورهای ۲۳۰ کیلو ولتی	۸۸۲ × ۱/۰ = ۸۸۲ کیلووات
۲۳	تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلو ولتی	۲۱۴۳۰ × ۰/۴۶ = ۹۸۵۷/۸ کیلووات
۲۴	تلفات بی‌باری (توان) راکتورهای ۴۰۰ کیلو ولتی	۲۰۵۰ × ۰/۴ = ۸۲۰ کیلو وات

تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای توزیع و با جمع نمودن کلیّهٔ ردیفهای (۱۷) تا (۲۴) جدول مزبور میزان تلفات بی‌باری (توان) ترانسفورماتورهای سیستم قدرت صنعت برق کشورمان تعیین می‌شود (برای راکتورها از اطلاعات ترانسفورماتورها بهره گرفته شده است) که بشرح زیر است:

سیستم توزیع نیرو (تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها):

ΔP_{nlt} = ۱۰۱۵۲۳/۲ + ۲۸۹۷۸/۹
کیلو وات ΔP_{nlt} = ۱۳۰۵۰۲/۱
= ۱۳۰/۵ مگاوات

کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور (تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها):

ΔP_{nlt} = ۱۳۰۵۰۲/۱+۲۹۵۰۵+۱۲۶۴۴/۷
+۲۰۸۶۸/۱+۸۸۲+۹۸۵۷/۸+ ۸۲۰
= ۱۳۰۵۰۲/۱ + ۷۴۵۷۷/۶
= ۲۰۵۰۷۹/۷ کیلو وات
= ۲۰۵/۱ مگاوات

اینک با در دست داشتن اطلاعات تلفات بشرح جدول (۱-۳) و اصلاحاتی که در آن در بخش (۴) اعمال شد و با داشتن اطلاعات تلفات توان بی‌باری ترانسفورماتورها بشرح آنچه در همین بخش ملاحظه گردید می‌توان میزان تلفات نسبی (درصد) توان پیک در سیستم توزیع نیرو را که موضوع بخش بعدی خواهد بود تعیین نمود.

۶ ـ محاسبه میزان تلفات نسبی (درصد) توان در سیستم توزیع در پیک بارسالانه :

رابطه (۱۵) که مدل تعیین درصد تلفات توان پیک می‌باشد را مجدّداً می‌نویسیم و اعداد و ارقام اطلاعات و آمار موجود را در آن جایگزین می‌نمائیم:

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = \left(\frac{\Delta E}{E} - \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LF}\right)\frac{LF}{LSF} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}}$$

(تکرار رابطه ۱۵)

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = \left(۱۱/۹۷ - \frac{۱۳۰۵۰۲/۱}{۲۰۵۸۱۰۰۰LF}\right)\frac{LF}{LSF} + \frac{۱۳۰۵۰۲/۱}{۲۰۵۸۱۰۰۰}$$

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = \left(۱۱/۹۷ - \frac{۰/۶۳۴}{LF}\right)\frac{LF}{LSF} + ۰/۶۳۴$$

از رابطه بالا چنین برمی‌آید که درصد تلفات توان هم به مقدار ضریب بار (LF) و هم به مقدار ضریب تلفات (LSF) و بویژه به مقدار کسر $\frac{LF}{LSF}$ بستگی دارد و لذا بدون تعیین این ضرایب، درصد تلفات توان قابل محاسبه نیست.

مقدار ضریب بار (LF) در کل سیستم قدرت ۰/۶۴ می‌باشد و چون میدانیم که مصرف کننده‌های عمده نظیر کارخانجات فولاد و مس و آلومی‌نیم و سیمان و غیره که اکثراً سه شیفت و دارای ضریب بار بالا هستند از سیستم انتقال و بعضاً فوق توزیع و نه سیستم توزیع تغذیه می‌شوند لذا لزوماً ضریب بار سیستم توزیع از ۰/۶۴ (رقم کل سیستم قدرت) پائین‌تر است ولی مقدار آنرا نمیدانیم. در این مقاله ضریب بار (LF) سیستم توزیع را دو مقدار نزدیک به واقع یعنی ۰/۶۰ و ۰/۵۵ فرض می‌کنیم و برای هر ۲ مقدار مزبور $\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}}$ را محاسبه می‌نمائیم. برای ضریب تلفات (LSF) باید خاطرنشان شود که مراجع متعدّد منجمله مراجع [5,6] که خود از بیش از ۵۰ مرجع بهره گرفته رابطه مشهور درجه دوّم زیر را علاوه بر روابط نمائی و غیره ارائه می‌دهد:

$$LSF = (a)(LF)^2 + (1-a)(LF)$$

که برای a در همان مرجع مقادیری از ۰/۷ تا ۱/۰ را ذکر نموده است. بنابران برای کسر $\frac{LF}{LSF}$ خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \dfrac{LF}{LSF} = \dfrac{1}{a(LF) + (1\text{-}a)} \\ \\ a = ۰/۷ \quad \text{تا} \quad ۱/۰ \end{cases} \qquad (۱۶)$$

منحنی نمایش تغییرات کسر $\frac{LF}{LSF}$ با تغییر متغیّر (LF) بازاء مقادیر مختلف a در پله‌های ۰/۰۵ یعنی بازاء:

a=۰/۷۰,۰/۷۵,۰/۸۰,۰/۸۵,۰/۹۰,۰/۹۵,۱/۰

در شکل شماره (۱) ترسیم گردیده است. براساس منحنی‌های فوق نکات مشروح زیر شایان ذکر و ملاحظه است:

الف ـ در ضریب بارهای پائین (حدود ۴۰ درصد) مقدار کسر $\frac{LF}{LSF}$ از ۱۷۲ درصد تا ۲۵۰ درصد تغییر می‌کند.

ب ـ در ضریب بارهای متوسط (حدود ۵۵ درصد) مقدار کسر از ۱۴۶ درصد تا ۱۸۲ درصد تغییر می‌کند.

ج ـ در ضریب بار حدود ۶۰ درصد مقدار کسر از ۱۳۹ درصد تا ۱۶۷ درصد تغییر می‌نماید.

د ـ در ضریب بار حدود ۷۰ درصد که احتمال نیل به آن در سیستم توزیع نیرو خیلی بعید بوده امّا برای کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور باید ظرف چند سال آینده بدان نایل شد، مقدار کسر از ۱۲۷ درصد تا ۱۴۳ درصد تغییر می‌نماید.

هـ ـ چنانچه برای پارامتر a مقدار ۰/۸۵ که در مرجع [6] برای شبکه‌های توزیع نیرو توصیه شده انتخاب گردد یعنی داشته باشیم:

$$\frac{LF}{LSF} = \frac{1}{۰/۸۵\,(LF) + ۰/۱۵}$$

با تغییرات ضریب بار از ۴۵ درصد تا ۶۵ درصد، مقدار کسر از ۱۸۸ درصد تا ۱۴۲ درصد تغییر می‌نماید. اکنون با انتخاب دو مقداری که قبلاً برای ضریب بار سیستم توزیع ذکر شدند، مقدار کسر مزبور و درصد تلفات توان پیک را بدست می‌آوریم:

$$\begin{cases} LF = ۰/۵۵ \ , \qquad \dfrac{LF}{LSF} = ۱/۶۱۹ \\ \dfrac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = (۱۱/۹۷ - \dfrac{۰/۶۳۴}{۰/۵۵})(۱/۶۱۹) + ۰/۶۳۴ \\ \qquad = \text{۱۸/۱۵۲ درصد} \end{cases}$$

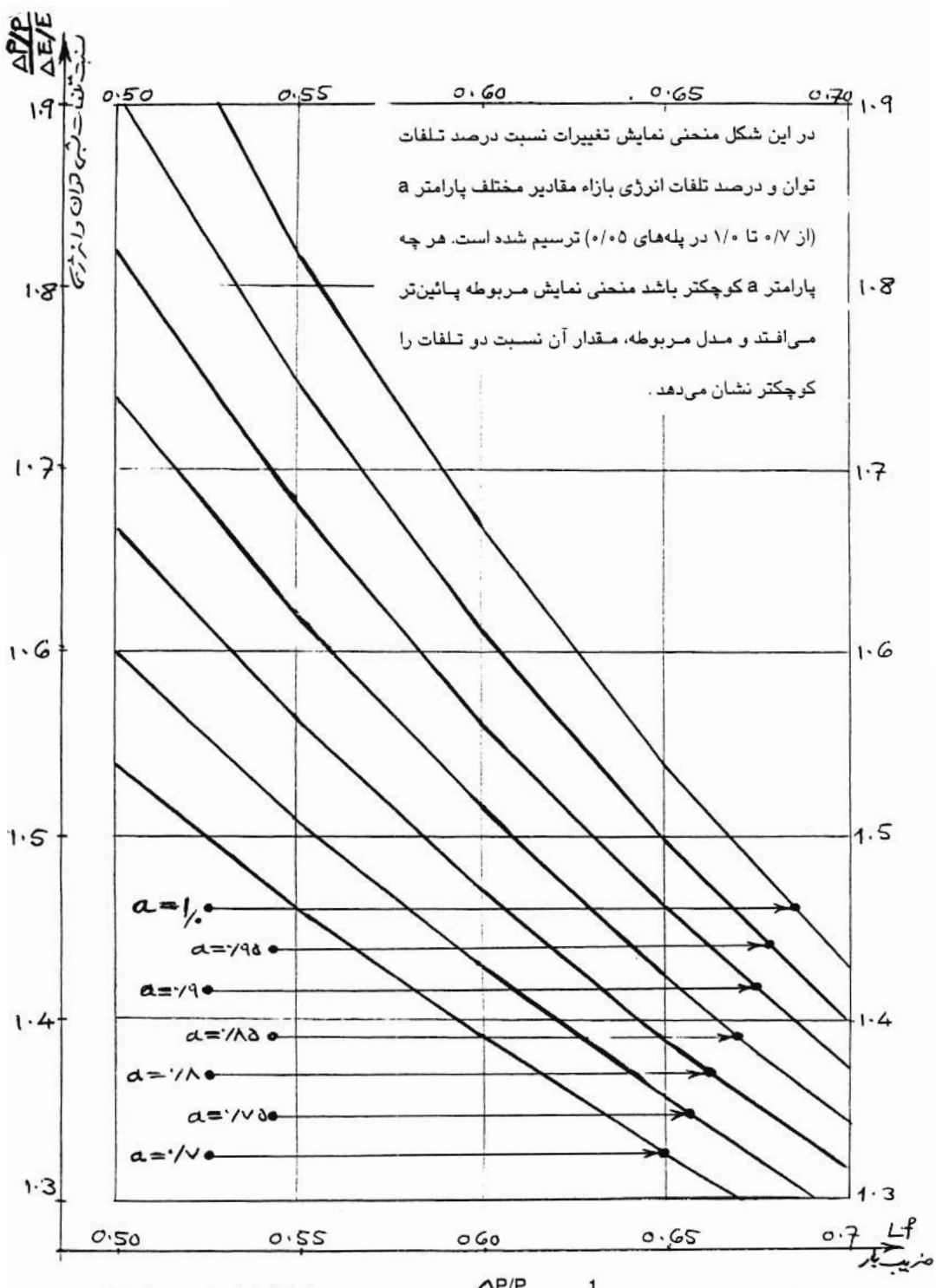
$$\begin{cases} LF = ۰/۶۰ \ , \qquad \dfrac{LF}{LSF} = ۱/۵۱۵ \\ \dfrac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = (۱۱/۹۷ - \dfrac{۰/۶۳۴}{۰/۶۰})(۱/۵۱۵) + ۰/۶۳۴ \\ \qquad = \text{۱۷/۱۷ درصد} \end{cases}$$

بنابراین درصد تلفات توان (تلفات نسبی) پیک در سیستم توزیع نیرو چنانچه ضریب بار سیستم ۰/۵۵ فرض شود معادل حدود ۱۸/۲ درصد و چنانچه ضریب بار سیستم ۰/۶۰ فرض گردد معادل حدود ۱۷/۲ درصد می‌باشد که باید اذعان نمائیم، ارقام بالا و نگران کننده‌ای می‌باشند، مضافاً باینکه حدود ۱ درصد از تلفات انرژی را در بخش (۴) تحت عنوان مصارف غیرمجاز از میزان تلفات کسر کردیم که اگر آن نیز تلفات تلقی گردند بر نگرانی ما دست‌اندرکاران خواهند افزود.

۷ ـ تعمیم مدل به کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور :

رابطهٔ (۱۵) که مدل ساده شدهٔ خاصّ سیستم توزیع نیرو می‌باشد را نمی‌توان برای کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور صادق دانست زیرا ΔE_{nlv} یعنی تلفات انرژی بی‌باری سیستم منهای تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها در سیستم مزبور قابل صرفنظر کردن نیست و لذا برای تعمیم مدل به کلّ سیستم قدرت صنعت برق باید از رابطهٔ (۱۲) که آنرا تکرار می‌کنیم آغاز کرد:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} \cdot \frac{LSF}{LF} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LF} + \frac{\Delta E_{nlv}}{P_{max}.LF.8760} \qquad \text{(تکرار رابطه ۱۲)}$$



شکل(۱)- منحنی نمایش تغییرات تابع $\frac{\Delta P/P}{\Delta E/E}=\frac{1}{a(Lf)+1-a}$ نسبت به متغیر ضریب بار (Lf) بازاء مقادیر مختلف پارامتر a

که از این رابطه مقدار پریونیت (درصد) تلفات توان بارداری را استخراج می‌کنیم:

$$\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{LF}{LSF} - \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}.LSF} - \frac{\Delta E_{nlv}}{P_{max}.\ LSF.\ 8760} \qquad \text{(رابطه ۱۶)}$$

برای تعیین درصد کلّ تلفات توان پیک باید به تلفات فوق تلفات بی‌باری را نیز افزود و لذا داریم:

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = \frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} + \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max}} + \frac{\Delta P_{nlv}}{P_{max}} \qquad (۱۷)$$

در سه رابطه‌ای که تا بحال در این بخش نوشته شده‌اند باید توجّه داشته باشیم که ΔE کلّ تلفات انرژی سالانه سیستم قدرت صنعت برق، E کلّ انرژی ناخالص تولیدی سالانه سیستم قدرت، $\Delta P'_{max}$ حداکثر مؤلفه بارداری تلفات توان کل سیستم قدرت، P_{max} حداکثر توان همزمان کلّ سیستم قدرت (مقدار پیک بار سالانه)، ΔP_{nlt} میزان تلفات توان بی‌باری همهٔ ترانسفورماتورهای سیستم قدرت، ΔE_{nlt} میزان تلفات انرژی بی‌باری مجموعه ترانسفورماتورهای سیستم قدرت، ΔP_{nlv} میزان مؤلفه تلفات توان پیک (همزمان با پیک بار سالانه) حاصل از تلفات بی‌باری سیستم قدرت منهای تلفات بی‌باری مجموعه ترانسفورماتورها (یعنی تلفات بی‌باری و مستقّل از بار سیستم منهای تلفات بی‌باری ترانسفورماتورها)، ΔE_{nlv} میزان مؤلفه تلفات انرژی سالانه حاصل از تلفات بی‌باری سیستم قدرت منهای تلفات بی‌باری انرژی مجموعه ترانسفورماتورهای سیستم، LF ضریب بار کلّ سیستم قدرت، LSF ضریب تلفات کلّ سیستم قدرت و نهایتاً ΔP_{max} حداکثر تلفات توان همزمان با پیک بار سالانه کل سیستم قدرت هستند. امّا مقدار ΔE_{nlv} و ΔP_{nlv} که در سیستم توزیع نیرو صفر فرض شدند در کلّ سیستم قدرت دیگر ناچیز و قابل صرفنظر کردن نیستند زیرا که این مؤلفه مهم تلفات (اعم از انرژی یا توان) شامل آیتمهای مشروح زیر (واجد خصوصیاتی متفاوت) می‌باشند [6, 8]:

الف ـ تلفات بی‌باری نیروگاهها از قبیل تلفات ذخیره‌گردان، تلفات ذخیره گرم و غیره.

ب ـ تلفات غیر فنّی نیروگاهها [8] شامل مصارف ساختمانهای اداری، کانتین، انبارها، کارگاهها، روشنائی محوطه، مجتمع‌های مسکونی و واحدهای سازمانی و غیره که واقعاً تلفات محسوب نمی‌گردند امّا احتمالاً هنوز در بعضی نیروگاهها جزو آمار تلفات انرژی صورت داده می‌شوند.

ج ـ تلفات کرونا در خطوط انتقال نیرو که زمان وقوع آن چندان قابل پیش‌بینی نیست امّا مقدار آن تابعی است از تعداد روزهای ابری، بارانی، برفی، یخ‌بندان، مه‌آلود و شرجی، رطوبتی مضافاً باینکه در هوای صاف و تمیز قابل صرفنظر می‌باشد [6].

د ـ تلفات دی الکتریک برای عموم تجهیزات دارای عایق فشار قوی منجمله کابلها و خازنها، کلیدآلات و غیره.

هـ ـ تلفات حاصل از نشتی جریان در سطح مقرّه‌های بشقابی، اتکائی، بوشینگها که اوّلاً در مناطق ساحلی یا هوای آلوده خیلی بیشتر از مناطق غیرساحلی یا هوای پاک است و ثانیاً در روزهای بارانی، برفی یا مه‌آلود افزایش می‌یابد [6].

و ـ تلفات حاصل از نشتی جریان از طریق تماس با (یا نزدیک شدن شاخ و برگ درختان به) هادیهای برقدار که در مناطق پر درخت و جنگلی و نیز در روزهای برفی یا بارانی که قطرات باران یا رطوبت شاخه‌ها را دربر می‌گیرند افزایش می‌یابد [6].

با دقّت در مفاهیم بندهای (الف) تا (و) اخیرالذّکر ملاحظه می‌شود که برای تعیین مؤلفه تلفات توان (ΔP) و تلفات انرژی (ΔE) دشواریهای زیر وجود دارد:

یک ـ ضریب بار یا بعبارت بهتر ضریب تلفات آنها ۱۰۰ درصد نبوده امّا مقدارش نیز مشخّص نیست.

دو ـ اطلاّعات دقیق و صحیحی نه دربارهٔ مؤلفه توان و نه دربارهٔ مؤلفه انرژی این گونه تلفات برای شبکه‌های گسترده انتقال و فوق توزیع کشور که

مواجه با تنوع آب و هوائی نیز است وجود ندارد.

سه ـ در بسیاری از آیتم‌ها مثلاً آیتم‌های (ج) و (ه) و (و) مؤلفه تلفات توان حداکثر احتمالاً همزمان با پیک بار سالانه نمی‌باشد.

علیهذا، با توجّه به موارد مذکور و در نبود کار مطالعاتی عمیق و وسیع و چون اطمینان داریم که مؤلفه‌های تلفاتی فوق نه قابل صرفنظر کردن و صفر هستند و نه اینکه خواهند توانست بخش خیلی بزرگی از کلّ تلفات تولید و انتقال نیرو را که ۸/۴ درصد است (مجموع ارقام ردیفهای ۳ و ۴ در جدول ۱-۳) تشکیل دهند و از طرفی نیز میزان تلفات توان بی‌باری ترانسفورماتورهای سیستم انتقال نیرو معادل ۷۴/۶ مگاوات یا :

$$\frac{۷۴/۶\times۱۰۰}{۲۰۵۸۱} = ۰/۳۶ \text{ درصد (توان)}$$

$$= \frac{۷۴/۶ \times ۱۰^{۳} \times ۸۷۶۰ \times ۱۰۰}{۱۱۵۷۰۸ \times ۱۰^{۶}}$$

$$= ۰/۵۶۵ \quad \text{(درصدانرژی)}$$

است، لذا بطور شهودی و کارشناسانه درصد میزان این نوع تلفات بی‌باری را چه از لحاظ درصد تلفات انرژی $(\frac{\Delta E_{nlv}}{E})$ و چه از لحاظ درصد تلفات توان $(\frac{\Delta P_{nlv}}{P_{max}})$ معادل ۱/۵ درصد فرض می‌نمائیم. بعبارت دیگر با آگاهی از اینکه آیتمهای (الف) تا (و) تلفات یاد شده دارای ضرایب تلفاتی (و یا بفرض اینکه تلفات را هم بار اگرچه بار نامطلوب فرض کنیم، دارای ضرایب باری) متفاوت هستند که شاید از ۱۰ درصد تا ۱۰۰ درصد تغییر کند، چنانچه درصد تلفات توان را با درصد تلفات انرژی یکسان بگیریم در واقع ضریب تلفات مجموعه این آیتمها را با ضریب بار سیستم مساوی گرفته‌ایم.

اکنون با مجموعه مفروضات انجام شده می‌توانیم برای کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور با جایگزینی مقادیر در روابط (۱۶) و (۱۷) درصد کلّ تلفات توان پیک $\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}}$ را بشرح زیر بدست آوریم:

$$\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{LF}{LSF} - \frac{\Delta P_{nlt}}{P_{max} \cdot LSF}$$

$$- \frac{\Delta E_{nlv}}{P_{max} \cdot LSF \cdot 8760} \qquad \text{(تکرار رابطه ۱۶)}$$

$$\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} = (۲۰/۳۷)\frac{LF}{LSF} - \frac{۲۰۵/۰۷۹۸\times۱۰۰}{۲۰۵۸۱(LSF)}$$

$$- \frac{۱/۵\times۱۱۵۷۰۸\times۱۰^{۶}}{۲۰۵۸۱\times۸۷۶۰(LSF)\times۱۰^{۳}}$$

$$\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} = ۲۰/۳۷(\frac{LF}{LSF}) - \frac{۰/۹۹۶}{LSF} - \frac{۰/۹۶۳}{LSF}$$

$$\frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} = ۲۰/۳۷(\frac{LF}{LSF}) - \frac{۱/۹۵۹}{LSF}$$

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = \frac{\Delta P'_{max}}{P_{max}} + \frac{\Delta P_{nlt}+\Delta P_{nlv}}{P_{max}} \qquad \text{(تکرار ۱۷)}$$

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = ۲۰/۳۷(\frac{LF}{LSF}) - \frac{۱/۹۵۹}{LSF}$$

$$+ \frac{۲۰۵/۰۷۹۸\times۱۰۰}{۲۰۵۸۱} + ۱/۵ \qquad (۱۷)$$

$$\frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = ۲۰/۳۷(\frac{LF}{LSF}) - \frac{۱/۹۵۹}{LSF} + ۲/۴۹۷$$

با مراجعه به منحنی‌های $(\frac{LF}{LSF})$ ترسیم شده در شکل (۱) و مراجعه مجدّد به مرجع [6] از دو رابطه زیر برای LSF که اوّلی برای شبکه سراسری یعنی:

$$LSF = ۰/۹۵\,(LF)^{۲} + ۰/۰۵\,(LF) \qquad (۱۸)$$

و دوّمی برای شبکه‌های انتقال نیرو یعنی :

$$LSF = ۰/۷۰\,(LF)^{۲} + ۰/۳۰\,(LF) \qquad (۱۹)$$

پیشنهاد شده و چون ضریب بار سیستم قدرت LF=۰/۶۴ می‌باشد، اینک مقدار کسر مزبور و درصد تلفات توان پیک را چنین محاسبه می‌نمائیم :

$$\begin{cases} LF = ۰/۶۴ \\ LSF = ۰/۴۲۱ \qquad \text{از (رابطه ۱۸)} \\ \frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = ۲۰/۳۷(\frac{۰/۶۴}{۰/۴۲۱}) - \frac{۱/۹۵۹}{۰/۴۲۱} + ۲/۴۹۷ \\ \qquad = \text{درصد } ۲۸/۸۱ \end{cases}$$

$$\begin{cases} LF = ۰/۶۴ \\ LSF = ۰/۴۷۹ \qquad \text{از (رابطه ۱۹)} \\ \dfrac{\Delta P_{max}}{P_{max}} = ۲۰/۳۷\left(\dfrac{۰/۶۴}{۰/۴۷۹}\right) - \dfrac{۱/۹۵۹}{۰/۴۷۹} + ۲/۴۹۷ \\ \qquad = \text{درصد } ۲۵/۶۲ \end{cases}$$

یعنی با پذیرش رابطه (۱۸) بعنوان مدل ضریب تلفات، مقدار درصد تلفات توان پیک برابر ۲۸/۸ درصد و در صورت پذیرش رابطه (۱۹) بعنوان مدل ضریب تلفات سیستم، مقدار درصد تلفات توان پیک بار معادل ۲۵/۶ درصد می‌باشد و البته مدل دقیق ضریب تلفات را نمیدانیم امّا مقدار درصد تلفات را چه ۲۵/۶ درصد، چه ۲۸/۸ درصد و چه میانگین آنها که حدود ۲۷ درصد است بپذیریم بهیچوجه از میزان نگرانی ما نکاسته و نخواهد کاست مضافاً باینکه در بخش (۴) همین مقاله مقدار ۰/۹۳ درصد از تلفات را تحت عنوان مصارف غیرمجاز کنار گذاشتیم که اگر بعنوان تلفات تلقی شوند نگرانی را افزون‌تر خواهند نمود.

۸ ـ نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

درصد تلفات توان پیک چه در سیستم توزیع نیرو و چه در کلّ سیستم قدرت صنعت برق کشور بسیار بالاتر از درصد تلفات انرژی آن سیستمها بوده و به ترتیب برابر ۱۸/۲ درصد و ۲۷ درصد (در مقایسه با درصد تلفات انرژی [1, 2] که برابر ۱۲/۹ درصد و ۲۱/۳ هستند) می‌باشد. مدلی که از آن می‌توان درصد تلفات توان هر سیستم را با استفاده از درصد تلفات انرژی آن سیستم تعیین نمود از مدل ضریب تلفات بهره می‌گیرد که برای هر دو مدل جای تحقیق مفصلّ و گسترده خالیست و امّید است تحقیقاتی در خور آنها در صنعت برق کشور و یا در دانشگاهها انجام پذیرد. ارقام فوق‌العاده بالای تلفات توان پیک نیز لزوم انجام اقداماتی همه جانبه برای کاهش تلفات منجمله فعالیّتها و اقدامات مدیریت تقاضا برای بهبود ضریب بار سیستم را خاطرنشان می‌نماید.

۹ ـ فهرست مراجع و مآخذ:

[1]، «آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۹» معاونت برنامه‌ریزی سازمان مدیریت توانیر، خرداد ماه ۱۳۸۰.

[2]، «صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۹»، معاونت برنامه‌ریزی سازمان مدیریت توانیر، شهریور ماه ۱۳۸۰.

[3]، احمدعلی بهمن‌پور، «سیستم توزیع نیرو، معضل همیشگی و عنصر فراموش شده شرکتهای برق منطقه‌ای»، ناشر شرکت برق منطقه‌ای تهران، بهمن‌ماه ۱۳۶۹.

[4]، احمدعلی بهمن‌پور، «ضرورت رسیدگی به امر کاهش تلفات در شبکه توزیع نیرو»، نشریه علمی فنّی برق، شماره ۱۲، سال ۱۳۷۳، صفحات ۳۵-۴۵.

[5]، قدرت اللّه حیدری، «تلفات انرژی الکتریکی در شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو»، ناشر شورای تحقیقات برق، شهریورماه ۱۳۷۶، صفحات ۳۰-۳۸.

[6]، قدرت اللّه حیدری، «بررسی تلفات الکتریکی در شبکه برق رسانی»، ناشر انتشارات تابش برق، خردادماه ۱۳۷۸، صفحات ۱۵۴-۱۵۶ و صفحات ۱۷۲-۲۱۴.

[7]، محمّد طباطبائی، قدرت اللّه حیدری، علیرضا شیرانی، «زیانهای ناشی از تلفات الکتریکی در صنعت برق ایران»، شیراز، سومین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو، اردیبهشت ماه ۱۳۷۲.

[8]، «مجموعه گزارش افت انرژی در بخشهای توزیع، انتقال، تولید»، دفتر مهندسی و نظارت بر بهره‌برداری معاونت امور برق وزارت نیرو، مرداد ماه ۱۳۷۱.

[9]، احمدعلی بهمن‌پور، «سیستم توزیع نیرو را دریابیم»، دوّمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو، اصفهان، اردیبهشت ۱۳۷۱.

[10]، احمدعلی بهمن‌پور، هاشم خوئی، «ضرورت مبرم کاهش تلفات شبکه‌های توزیع و ارائه اجمالی طرق انجام آن»، هفتمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران ـ آبانماه ۱۳۷۱.