زیانهای ناشی از تلفات انرژی الکتریکی در صنعت برق ایران

سید محمد طباطبائی - قدرت الله حیدری - علیرضا شیرانی
گروه مطالعات تلفات - مرکز تحقیقات نیرو

چکیده :

هر ساله درصد عمده‌ای از انرژی تولیدی نیروگاهها در حد فاصل تولید تا مصرف به هدر میرود که این اتلاف دهها میلیارد ریال زیان به کشور تحمیل میکند. گرچه امکان حذف تلفات عملی نیست ولی آغاز یک حرکت وسیع در شناخت و تقلیل آن در شبکه‌های کشور با کمک متخصصان صنایع و استادان دانشگاهها کاری است اصولی و عملی ، مشروط بر اینکه این تحقیقات از حالت تئوری بصورت عملی در آید و شبکه‌های وزارت نیرو در سطح کشور پهناور ایران آزمایشگاه متخصصان.

دراین مقاله ضمن مروری بر آمار تلفات انرژی سعی میشود رقم تقریبی دیماند تلفات در ساعات پیک شبکه سراسری محاسبه و سپس به کمک اطلاعات مربوط به تلفات قدرت وانرژی زیانهای تحمیلی تعیین و در پایان پیشنهادهائی جهت اجرای یک پروژه بزرگ مطالعات تلفات ارائه گردد.

شرح مقاله :

با وجودیکه بیش از سی‌سال از عمر تاسیسات فشارقوی صنعت برق ایران میگذرد ، هنوز اطلاعات دقیق در رابطه با میزان تلفات انرژی الکتریکی در دست نیست. کلیه اطلاعاتی که در گزارشات آماری از آن بعنوان تلفات نام برده میشود ، ارقام متوسط ماهیانه یا سالیانه است که آن هم از تفاضل انرژی تولیدی

در نیروگاهها وانرژی فروخته شده توسط شرکتهای برق منطقه‌ای در سطوح مختلف ولتاژ بدست میاید. اما عامل اصلی که در حقیقت دیماند تلفات در ساعت پیک شبکه سراسری میباشد هنوز ناشناخته مانده و حتی عوامل متشکله آن نیز به روشنی در دست نیست. لذا برای انجام کار تحقیقاتی در جهت کاهش تلفات این عامل مهم باید شناخته و روش‌های مناسبی جهت کاهش آن ارائه گردد.

۱- تلفات انرژی درایران :

اگر تفاضل تولید در نیروگاهها وانرژی فروخته شده بوسیله شرکتهای برق منطقه‌ای را تلفات بنامیم ، بر اساس آمار منتشره توسط دفتر برنامه ریزی برق وزارت نیرو [۱] این ارقام بصورت زیر میباشند :

- مصرف داخلی نیروگاه	۵/۶ درصد تولید خالص	(۵/۳ درصد تولید کل)
- تلفات شبکه انتقال	۳/۸ درصد تولید خالص	
- تلفات شبکه توزیع	۱۱/۱ درصد تولید خالص	
- جمع	۲۰/۵ درصد تولید خالص	

در این گزارش خطوط انتقال موجود در حد فاصل نیروگاهها تامحل تحویل به شرکتهای برق منطقه‌ای " شبکه‌های انتقال " و از این نقطه تا محل تحویل به مشترکین " شبکه‌های توزیع " نامگذاری شد ولی در عمل بدلیل وجود خطوط فشارقوی (حتی ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت) تحت مدیریت شرکتهای برق منطقه‌ای این تقسیم‌بندی با مفهوم واقعی خود تطابق ندارد. از طرف دیگر رقم ۲۰/۵ درصد شامل کلیه عواملی است که بنوعی در هدر رفتن انرژی دخالت دارند ، خواه عوامل فنی باشد یا عوامل غیرفنی نظیر استفاده غیرمجاز از برق.

۲- پیک تلفات :

آنچه در بخش قبل تحت عنوان تلفات از آن نام برده شد ، مجموع تلفات لحظه‌ای انرژی الکتریکی در طول یکسال میباشد. و طبیعی است با توجه به تغییراتی که بارمعرفی دارد میزان تلفات انرژی دائما" در نوسان میباشد و یا بعبارت دیگر پیک تلفات که قاعدتا" در ساعات پیک شبکه اتفاق میافتد باید چیزی بمراتب بیش از ۲۰/۵ درصد باشد. برای محاسبه پیک تلفات ابتدا عوامل

مهمی که در تولید تلفات انرژی نقش دارند نام برده میشود :

- مصرف داخلی نیروگاهها
- تلفات ژولی در خطوط انتقال و توزیع
- تلفات کورونا
- تلفات در ترانسفورماتورها وسایر تجهیزات
- خطای لوازم اندازه‌گیری
- استفاده غیرمجاز از برق

بی‌شک در ساعات پیک شبکه تلفات در کلیه عوامل فوق‌الذکر افزایش مییابد و حتی استفاده غیرمجاز از برق و خطای لوازم اندازه‌گیری نیز در این ساعات بیشتر میگردد. تنها یک عامل کورونا است که مستقل از قدرت مصرفی میباشد که بدلیل پائین بودن درصد آن از کل ، خطای محسوسی را در محاسبات ایجاد نمیکند. علاوه بر تلفات کورونا تلفات بی‌باری ترانسفورماتور و تلفات کاپاسیتورها و راکتورها نیز مستقل از قدرت مصرفی میباشند.

بر اساس مدلهای متداول در دنیا در صورتیکه تلفات سیستم در ساعات پیک مشخص باشد میتوان تلفات انرژی را در یک دوره مشخص بدست آورد ، اما در این مقاله هدف تعیین مقدار تقریبی تلفات پیک با در دست داشتن تلفات انرژی است. مطالعات انجام شده نشان میدهد [۵،۴] که مقدار تلفات انرژی در یک دوره یکساله برای شرایط ایران از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$EL = 8760.LSF.PL \qquad (1)$$

$$LSF = K.LF^2 \qquad (2)$$

برای ضریب بارهای بین ۰/۴ تا ۰/۷ مقدار K برابر است با :

$$K = 0.98 + 0.02/X^2 \qquad (3)$$

که مقدار X برابر است با :

$$X = P_m/P \qquad (4)$$

با قراردادن مقدار K مناسب برای شبکه سراسری ایران یعنی K = 1.08 در رابطه (۱) داریم :

$$EL = 9461.LF^2.PL \qquad (5)$$

$$E = 8760.L.F.P \qquad (6)$$

دراین روابط :

EL - تلفات انرژی سالیانه (کیلوواتساعت)

LSF - ضریب تلفات سالیانه

PL - تلفات سیستم در ساعت پیک (کیلووات)

LF - ضریب بار متوسط سالیانه

P - پیک سال (کیلووات)

E - انرژی مصرفی (کیلوواتساعت)

P_m - بار مینیمم سیستم (کیلووات)

از تقسیم روابط ۵ و ۶ داریم :

$$EL/E = (9461.LF^2.PL)/(8760.LF.P)$$

$$EL/E = 1.08.LF.PL/P \qquad (7)$$

$$PL/P = [1/(1.08.LF)].(EL.E) \qquad (8)$$

باتوجه به اینکه نسبت EL/E برابر ۲۰/۵ میباشد بکمک رابطه (8) میتوان نسبت PL/P یا نسبت پیک تلفات به پیک سیستم را بدست آورد. با جایگذاری متوسط ضریب بار شبکه یعنی LF=0.62 [۳] مقدار PL/P بدست می‌آید.

$$PL/P = 30.6 \qquad (9)$$

در صورتیکه ماهیت تغییرات تلفات در کل عناصر شبکه را معادل خطوط انتقال و توزیع فرض نمائیم ، رابطه (9) نشان میدهد که در ساعات پیک شبکه ۳۰/۶ درصد از انرژی خالص تولیدی نیروگاهها صرف تلفات میگردد. در واقع مدل محاسبه تلفات انرژی در نیروگاهها ، ترانسفورماتورها و همچنین استفاده غیرمجاز برق بصورتی نیست که در روابط قبلی آمده است ، اما آنچه مسلم است تلفات کلیه عناصر در ساعات پیک بمراتب بیش از مقدار متوسط خواهد بود. از آنجا که امکان محاسبه تلفات در ساعات پیک شبکه بسهولت عملی نیست و هدف نشان دادن زیانهای ناشی از تلفات میباشد ، درادامه مقاله میزان تلفات

در ساعات پیک رقم ۳۰ درصد منظور میشود و بعید بنظر میرسد که این رقم زیاد دور از واقعیت باشد.

۳- زیانهای ناشی از تلفات :

برای محاسبه زیانهای ناشی از تلفات انرژی الکتریکی باید قیمت تمام شده برق در مقاطع مختلف شبکه در دست باشد ، چون ارزش انرژی تلف شده در تجهیزات نیروگاه بخاری یا نیروگاه گازی متفاوت میباشد و علاوه بر آن قیمت انرژی در سطح شبکه‌های توزیع بمراتب بیش از قیمت انرژی در ابتدای نیروگاه میباشد. بنابراین اگر بخواهیم با توجه به اطلاعات اقتصادی در هر مقطع از شبکه محاسبات را انجام دهیم کار پیچیده و در نتیجه غیرعملی خواهد بود ، لذا برای دستیابی به نتایج تقریبی زیانهای ناشی از تلفات بر مبنای قیمت تمام شده انرژی در سطح شرکت توانیر محاسبه و با انتخاب یک ضریب مناسب میزان زیان برای کل شبکه تعمیم داده میشود.

۳-۱- قیمت تمام شده :

متوسط قیمت تمام شده انرژی الکتریکی برای یک نیروگاه جدید بر مبنای اطلاعات نیروگاههای موجود در سطح شرکت توانیر در سال ۱۳۷۱ معادل ۳/۴ ریال به ازاء هر کیلوواتساعت میباشد. با توجه به اینکه در محاسبه قیمت تمام‌شده هر کیلوواتساعت قیمت هر دلار ۷۰ ریال و متوسط قیمت سوخت ۰/۵ ریال برای هر یک میلیون کالری در نظر گرفته شده ، لذا قیمت تمام شده بر حسب ترکیبی از هزینه‌های ریالی - ارزی و حجم سوخت مصرفی نشان داده میشود تا مقایسه منطقی‌تر انجام گیرد. [۲]

- قسمت ریالی ۱/۶ ریال
- قسمت ارزی ۰/۸ سنت
- حجم سوخت ۳۰۰ سی سی سوخت مایع (معادل ۳۰۰ لیتر گاز طبیعی)

۳-۲- خسارات ناشی از تلفات :

بر اساس اطلاعات آماری [۳] وضعیت انرژی در سال ۱۳۷۱ بشرح زیر میباشد :

- پیک مصرف ۱۱۰۰۰ مگاوات
- انرژی تولیدی و خریداری ۵۵ میلیارد کیلوواتساعت

با منظور نمودن ۲۰/۵ درصد بعنوان تلفات انرژی و ۳۰ درصد برای تلفات قدرت داریم :

- انرژی هدر رفته ۱۱/۱ میلیارد کیلوواتساعت
- پیک تلفات ۳۳۰۰ مگاوات

با فرض ۲۰ سال عمر متوسط برای نیروگاهها و روش استهلاک خطی هر ساله ۱۶۵ مگاوات از ظرفیت نیروگاه مستهلک میشود که با قیمت روز (۶۵۰ دلار بعلاوه ۵۰۰۰۰ ریال به ازاء هر کیلووات از نیروگاه بخاری) خسارات سالیانه برابر است با :

- زیان استهلاک نیروگاه ۱۰۷ میلیون دلار + ۸۲۵۰ میلیون ریال
- سهم ریالی زیان تلفات ۱۷/۸ میلیارد ریال
- سهم‌ارزی زیان تلفات ۸۹ میلیون ریال
- حجم سوخت هدر رفته (معادل) ۳/۳ میلیارد مترمکعب گاز

و جمع کل خسارات سالیانه برابر است با :

- قسمت ریالی ۲۶ میلیارد ریال
- قسمت ارزی ۱۹۶ میلیون دلار
- حجم سوخت ۳/۳ میلیارد مترمکعب گاز

که با احتساب قیمت دلار آزاد و قیمت بین‌المللی سوخت (بر مبنای قیمت سوخت گاز ۶/۲ سنت) مقدار زیان سالیانه برابر ۶۲۷ میلیارد ریال خواهد بود. دراین مقاله چون هدف محاسبه تقریبی است ، قیمت نیروگاه بخاری بعنوان متوسط قیمت نیروگاههای کشور منظور ولی در عوض از هزینه‌های مربوط به سایر تاسیسات انتقال و پستها صرفنظر گردید. ضمنا" ذکراین نکته ضروری است که به صفر رساندن میزان تلفات از مسیر تولید تا مصرف با تکنولوژی امروزی کاری غیرعملی است ، ولی با اعمال یک سری اقدامات مفید میتوان تلفات را تا درصد عمده‌ای کاهش داد که به ازاء هر یک درصد کاهش ۳۰ میلیارد ریال از زیان سالیانه سیستم کاسته میشود.

۴- روشهای کاهش تلفات :

خسارات بسیار عظیمی که تلفات الکتریکی بر شبکه تحمیل میکند ، آغاز یک حرکت وسیع و همه جانبه را طلب میکند. بی‌شک برای بررسی زمینه‌های کاهش تلفات در مرحله اول لازم است عناصر تشکیل دهنده تلفات بخوبی شناسائی و سپس با توجه به آزمایشات و تحقیقات عملی مدلهای مناسبی جهت محاسبه تلفات تعیین و سپس با بسیج نیروهای متخصص داخلی حرکت وسیعی جهت تعیین روشهای بهینه کاهش تلفات تهیه وارائه گردد. با توجه به ویژگیهایی که هر سطح از ولتاژ داراست بهتراست گروههای کاری مختلف تحت مدیریتی واحد ، تحقیقات و مطالعات گسترده‌ای را جهت تقلیل تلفات در شبکه انجام دهند. این تقسیم‌بندی میتواند بصورت زیر انجام گیرد.

- بهینه‌سازی مصرف داخلی نیروگاهها
- مطالعات تلفات ژولی در خطوط انتقال و توزیع نیرو
- مطالعات تلفات کورونا در خطوط هوائی
- مطالعات تلفات در ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات
- مطالعات اتلاف انرژی بدلایل غیرفنی

۴-۱- نیروگاهها :

حدود ۵/۵ درصد از تلفات انرژی مربوط به مصارف داخلی نیروگاهها است که خود ۲۵ درصد از انرژی هدر رفته را بخود اختصاص میدهد. با توجه به اهمیت خاص آن لازم است سه گروه مطالعاتی در نیروگاههای بخاری ، گازی و آبی این موضوع مهم را مورد بررسی قرار دهند تا روشهای مناسبی جهت بهینه‌سازی مصرف داخلی نیروگاهها بدست آید.

۴-۲- خطوط انتقال نیرو :

برای بررسی تاثیرگذاری عوامل جوی ، محیطی و شرایط منطقه‌ای بهتر است خطوط انتقال به چهار گروه زیر تقسیم و در پایگاههای مختلف مطالعاتی که در نقاط مختلف کشور تشکیل میگردند ، مطالعاتی در جهت شناخت تلفات انجام داده و راههائی جهت تقلیل آن ارائه دهند.

گروه اول - خطوط انتقال هوائی ۴۰۰ تا ۶۳ کیلوولت

گروه دوم - خطوط انتقال ۶۳ تا ۲۰ کیلوولت

گروه سوم - خطوط انتقال ۲۰۰۰۰ تا ۳۸۰ ولت

گروه چهارم - کابل های زیرزمینی

۳-۴- تلفات کورونا :

با توجه به اینکه تلفات کورونا به شرایط محیطی بستگی دارد بهتر است سه گروه کاری در نقاط مختلف کشور بشرح زیر تشکیل شوند :

گروه اول - مناطق ساحلی

گروه دوم - مناطق شهری

گروه سوم - مناطق کویری

که البته این مطالعات باید برای سطوح ولتاژ مختلف انجام گیرد.

۴-۴- تجهیزات :

برای مطالعات تلفات در ترانسفورماتورها ، راکتورها و سایر تجهیزات پستها لازم است چهار گروه با شرایط زیر تشکیل گردد.

گروه اول - ترانسفورماتورهای نیروگاهها

گروه دوم - ترانسفورماتورهای انتقال و تبدیل

گروه سوم - ترانسفورماتورهای توزیع

گروه چهارم - راکتورها و سایر تجهیزات

این گروهها باید ضمن مطالعات ، پیگیری روشهای مناسبی که متکی به نتایج آزمایشات عملی باشد جهت تقلیل تلفات ارائه دهند.

۵-۴- مسائل غیرفنی :

درصد عمده‌ای از انرژی تولیدی بدلیل نادرستی دقت سیستمهای اندازه‌گیری اعم از کنتورها ، CT و PT و همچنین استفاده غیرمجاز از برق هدر میروند ، این گروه باید پس از بررسیهای جامع که مسلما "باید متکی به آمار واطلاعات حقیقی باشد ، راههائی را جهت تقلیل تلفات ارائه دهند.

۵- مراحل کار :

تاکنون مسئله بررسی و مطالعه پیرامون تلفات بارها در سطح وزارت نیرو

آغاز شده ولی بدلایل مختلف این مطالعات به نتایج مشخص و قابل اجرا منتهی نگردیده است. یکی از دلایل عمده آن عدم بکارگیری نیروهای متخصص کشور ، همچنین عدم وجود مرکز مسئول و مجهزی جهت پیگیری این کار بوده است. لذا به نظر میرسد اجرای مراحل زیر میتواند در تحقق هدف مؤثر باشد.

۵-۱- مرحله اول - بسیج متخصصان واستادان دانشگاهها بمنظور تدوین هدف و تعیین راههای مطالعه

۵-۲- مرحله دوم - تهیه و تدوین منابع ، مؤاخذ ، مقالات و دستورالعملهای علمی جهت آغاز کار و تشکیل گروههای کاری و همچنین برگزاری سمینارهای علمی جهت تبادل نظر وانتقال تجارب اعضاءبه یکدیگر

۵-۳- مرحله سوم - تشکیل پایگاههای مطالعات در نقاط مختلف کشور ، انتخاب این پایگاهها باید با توجه به نوع مطالعه ، شرایط تطبیقی منطقه با موضوع و وجود نیروهای متخصص انجام گیرد.

۵-۴- مرحله چهارم- جمع‌بندی نتایج تحقیقاتی و تهیه گزارشات علمی مستند ، و همچنین ارائه مدلها و روشهای علمی کاربردی

۵-۵- مرحله پنجم - اجرای نتایج مطالعات در صنعت برق

<u>نتیجه :</u>

مطالعات انجام شده نشان میدهد که حدود ۲۰ درصد از کل انرژی تولیدی در مسیر تولید تا مصرف به هدر میرود و همچنین میزان این تلفات در ساعات پیک سیستم به حدود ۳۰ درصد پیک مصرف میرسد و هرساله حدود ۶۳۷ میلیارد ریال زیان مالی متوجه صنعت برق میسازد. بررسیهای مقدماتی نشان میدهد که در صورت اجرای یک روش صحیح در بهره‌برداری ، نگهداری ، نظارت و طراحی میتوان این خسارات را تا درصد عمده‌ای کاهش داد. میزان بالای خسارات مالی لزوم تشکیل گروههای کاری مختلف تحت مدیریت واحد را جهت انجام مطالعات تحقیقاتی در

این زمینه ضروری میسازد. تجارب و مطالعات انجام شده در سالهای گذشته نشان میدهد که نتایج محاسباتی وقتی میتواند مفید و مؤثر واقع گردد که متکی به روشهای علمی و تحقیقاتی باشد لذا در این زمینه موارد زیر پیشنهاد میگردد.

- شناسائی عوامل مؤثر در تلفات دیماند و انرژی از مسیر تولید به مصرف
- بسیج متخصصان کشور در جهت تهیه و تدوین دستورالعملها و روشهای عملی و اجرائی جهت انجام مطالعات ضروری در جهت کاهش تلفات
- انجام آزمایشات لازم در نقاط مختلف کشور به منظور دستیابی به مدلهای فنی شبکه
- انجام مطالعات فنی واقتصادی و ارائه روش علمی مناسب جهت شبکه ایران
- اجرای نتایج مطالعات در طراحی ، بهره‌برداری و نگهداری

منابع :

۱- صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۰ - دفتر برنامه‌ریزی برق - وزارت نیرو

۲- محاسبه قیمت تمام شده برق به کمک برنامه کامپیوتری - دفتربرنامه‌ریزی - شرکت توانیر

۳- گزارش مطالعات بار و انرژی - دفتر برنامه‌ریزی - شرکت توانیر

4- Gh - Heidari , " Energy Losses in Power Transmission Line "
International Energy Conference , Nepton - Romania , Jun 1922

5- Gh-Heidari , " Experimental / Mathematical Model for Loss Factor "
IEEE - NAPS , Nevada - USA , Oct 1992