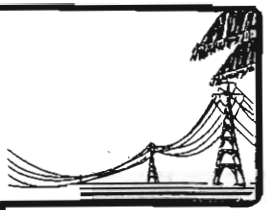

چهارمین کنفرانس
شبکه‌های توزیع نیرو

نقش ترانسفورماتورهای توزیع درتلفات شبکه

قدرت‌اله حیدری - مسعود حجت
شرکت توانیر

چکیده

گرچه تلفات ترانسفورماتورهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت بدلیل پائین بودن ظرفیت آنها در مقایسه با ۲۳۰و ۴۰۰ کیلوولت کم میباشد ولی تعداد بسیار زیاد آنها در سطح شبکه‌های توزیع کشور و همچنین درصد نسبی بالای تلفات آنها نسبت به قدرت اسمی باعث میشود، که هر ساله درصد عمده‌ای از انرژی تولیدی در اینگونه ترانسفورماتورها بهدر برود.

در این مقاله سعی شد، ضمن بررسی و تحلیل تلفات بارداری و بی‌باری ترانسفورماتورهای توزیع پیشنهادات و روشهائی جهت طراحی در جهت تقلیل تلفات اینگونه ترانسفورماتورها ارائه گردد.

شرح مقاله

ترانسفورماتورها یکی از عوامل مهم ایجاد تلفات در شبکه‌های برقرسانی میباشند. گرچه با تکنولوژی امروزی امکان تقلیل تلفات بارداری و بی باری آنها تا حدود زیادی میسر میباشد ولی چون این اقدام اغلب باعث گرانی قیمت ترانسفورماتورها میگردد، عملا" از نظر اقتصادی کاهش تلفات تا حد دلخواه مقرون به صرفه نخواهد بود.

نقش اساسی ترانسفورماتورهای قدرت در تبدیل ولتاژ و بکارگیری آن از مراکز تولید تا نقاط مصرف باعث میشود تا قدرت ترانسفورماتورهای منصوبه در هر شبکه تا چندین برابر پیک مصرفی آن افزایش یابد . در سال ۱۳۷۱ ظرفیت ترانسفورماتورهای موجود در شبکه برق ایران (بدون احتساب ترانسفورماتورهای نیروگاهها و همچنین ترانسفورماتورهای اختصاصی) بالغ بر ۹۲۵۹۵ مگاولت آمپر بوده ، در حالیکه پیک بار در سال مذکور برابر ۱۱۹۵۰ مگاوات بوده است . بدین ترتیب نسبت ظرفیت ترانسفورماتورها (به مگاولت آمپر) به پیک بار سال ۱۳۷۱ (به مگاوات) معادل ۷/۷۵ بوده است . [۱]

مطالعه و بررسی عوامل افزایش تلفات ترانسفورماتورهای قدرت در شبکه سراسری نشان میدهد که یکی از عوامل عمده افزایش تلفات ، بالا بودن تلفات بی باری و بارداری ترانسفورماتورهای ۳۳ و ۲۰ کیلوولت میباشد . در این مقاله ضمن بررسی وضعیت ترانسفورماتورهای سیستم میزان تلفاتی که توسط هرگروه از سطح ولتاژ ایجاد میشود همراه با روشهائی جهت کاهش آنها ارائه میگردد .

۱ - وضعیت ترانسفورماتورهای سیستم

بررسی آمار ترانسفورماتورهای موجود در شبکه برق ایران در سال ۱۳۷۱ نشان میدهد که از مجموع ۱۴۶۵.۸ دستگاه ترانسفورماتور نصب شده در سطوح مختلف ولتاژ ۱۴۵.۳۲ دستگاه یا ۹۸/۹ درصد از نظر تعداد و ۳۳/۷ درصد از نظر ظرفیت متعلق به شبکه های ۳۳ و ۲۰ کیلوولت کشور میباشند [۱] . این مطلب نشانگر اهمیت توجه به شرایط طراحی ، تدوین مشخصات فنی و انتخاب ظرفیت مناسب آنها در مرحله برنامه ریزی میباشد . چون عدم دقت در تعیین نقطه بهینه موارد فوق الذکر یا باعث افزایش بی رویه سرمایه گذاری میگردد و یا افزایش تلفات دیمانند و انرژی را بهمراه دارد جدول (۱) تعداد و ظرفیت ترانسفورماتورهای را در سال ۷۱ نشان میدهد .

سطح ولتاژ کیلوولت	تعداد دستگاه	ظرفیت مجموع MVA	درصد از کل ظرفیت سیستم
۴۰۰	۴۴	۱۳۰۸۰	۱۴/۱
۲۳۰	۲۲۸	۲۲۰۰۴	۲۳/۸
۱۳۲	۲۷۲	۷۵۱۴	۸/۱
۶۳و۶۶	۹۴۲	۱۸۷۷۵	۲۰/۳
۳۳و۲۰	۱۴۵۰۲۲	۳۱۲۲۲	۳۳/۷
جمع کل	۱۴۶۵۰۸	۹۲۵۹۵	۱۰۰

جدول(۱) - تعداد و ظرفیت ترانسفورماتورهای شبکه در سال ۱۳۷۱

۲ - تلفات ترانسفورماتورها

گرچه میزان تلفات بارداری و بی‌باری ترانسفورماتورهای مختلف از یک معیار خاصی تبعیت نمیکند ولی با توجه به ارقام مندرج در جدول (۲) که برای اکثر ترانسفورماتورهای شبکه ایران در سطوح مختلف ولتاژ صادق است [۳و۲] میتوان تلفات بارداری و بی باری را با دقت مناسبی محاسبه نمود، اما در رابطه با پستهای ۲۰و۳۳ کیلوولت چون تلفات بارداری و بی باری در دامنه وسیعی تغییر میکند لازم است آمار ترانسفورماتورها در دست باشد که برای کل شبکه ایران محاسبه را پرحجم میکند، لذا برای دسترسی به یک معیار تقریبی از آمار ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت کل کشور که بصورت زیر میباشد، استفاده میگردد [۶]

- تعداد پستهای هوائی ۱۲۸۴۹۳ با ظرفیت مجموع ۱۹۵۲۶ MVA
- تعداد پستهای زمینی ۱۶۶۲۹ با ظرفیت مجموع ۱۱۶۹۶ MVA

با توجه به متوسط ظرفیت پستها و نسبت آنها در کل ، میتوان مقادیر متوسط تلفات بارداری و بی باری را با توجه به جدول(۲) به ترتیب ۱/۹ و ۰/۲۵ درصد قدرت اسمی انتخاب نمود و برای بقیه سطوح ولتاژ از ارقام متوسط جدول(۲) استفاده نمود . البته مقدار تلفات خود از دو قسمت تلفات دیماند و تلفات انرژی تشکیل میگردد که بشرح زیر محاسبه میشوند .

سطح ولتاژ کیلوولت	دامنه ظرفیت MVA	تلفات بی باری درصدی از قدرت اسمی		تلفات بی باری درصدی از قدرت اسمی	
		متوسط	دامنه	متوسط	دامنه
۴۰۰	۹۰ تا ۵۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳ - ۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۱۵ - ۰/۲۰
۲۳۰	۴۰ تا ۱۸۰	۰/۰۵۵	۰/۰۴ - ۰/۰۷	۰/۴۰	۰/۳۰ - ۰/۵۰
۱۳۲	۱۵ تا ۳۰	۰/۱۰۰	۰/۰۹ - ۰/۱۱	۰/۴۵	۰/۴۰ - ۰/۵۰
۶۶و۶۳	۱۵ تا ۳۰	۰/۱۱۰	۰/۱۰ - ۰/۱۲	۰/۵۰	۰/۴۵ - ۰/۵۵
۳۳و۲۰	۰/۴ تا ۱/۶	۰/۲۵۰	۰/۱۶ - ۰/۲۳	۱/۹۰	۱/۲۰ - ۱/۷۰
۳۳و۲۰	کمتر از ۰/۴		۰/۲۳ - ۰/۶۰		۱/۷۰ - ۳/۰۰

جدول (۲) - تلفات بارداری وبی باری

۱-۲- تلفات بارداری - تلفات بارداری ترانسفورماتورها تابعی است از میزان بار عبوری از آنها . باتوجه به اینکه بار ترانسفورماتورها بستگی به نوع مصرف دارد لذا میتوان ضریب بار مصرف را بعنوان ضریب بار آنها در نظر گرفت ، اما چون معمولا" پیک بار عبوری از ترانسفورماتورها کمتر از ظرفیت آنها میباشند (چون ظرفیت برای یک دوره بلند مدت وباتوجه به دوره برنامه ریزی انتخاب میگردد) وازطرف دیگر معمولا" درپستهای توزیع وانتقال یک دستگاه ترانسفورماتور ذخیره نیز وجود دارد ، لذا در محاسبه متوسط ضریب بار ، بایستی به نکات زیر توجه شود .

- قدرت ذخیره - عموما" درپستهای ۶۳ کیلوولت و بالاتر یکدستگاه ترانسفورماتور ذخیره نصب میگردد تادرصورت خروج ترانسفورماتور اصلی بهردلیل،خاموشی درمنطقه پیش نیاید ، درنتیجه در شرایط عادی بارماکزیمم ترانسفورماتورها کمتر از قدرت اسمی آنها خواهدبود . براین مبنا در صورتیکه تعداد ترانسفورماتورهای نصب شده درپست دو ، سه ، چهار دستگاه باشد ، بارماکزیمم هر ترانسفورماتور به ترتیب به ۵۰ ، ۶۷ و ۷۵ درصد قدرت اسمی آنها

میرسد . اما باتوجه به ملاحظات زیر ضریب ذخیره ودرنتیجه ضریب بارگذاری درسطوح مختلف ولتاژ دچار تغییر میشود :

- درطراحی پستها امکان اضافه بارلحظه ای برای ترانسفورماتورها درنظر گرفته میشود .
- درپستهایی که مجاورهم ساخته میشوند ، عملا" هرپست برای پستهای اطراف حالت ذخیره دارد ، لذا معمولا "تمام ظرفیت ترانسفورماتور اضافی حالت ذخیره نداشته بلکه قسمتی از آن عنوان ذخیره دارد .
- درچندساله اخیر بدلیل جنگ تحمیلی وسایرعوامل ، عملا" پستها بیش ازبرنامه ریزی های انجام شده زیربارقرارگرفته اند .

باتوجه بموارد فوق الذکر چون درپستهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت عمدتا" از ترانسفورماتورذخیره استفاده نمیشودودرپستهای ۶۳ هم این درصد پائین است لذا ضریب بارگذاری برحسب ولتاژ تغییر میکندکه درجدول (۳) منعکس میباشد .

- دوره برنامه ریزی - معمولا" ظرفیت ترانسفورماتورها را برمبنای مصرف چند سال بعد انتخاب میکنند . درشرایط فعلی برنامه ریزی، عمدتا" دوره برنامه ریزی ده ساله ومتوسط رشد بارسالیانه حدود ده درصددرنظرگرفته میشود (مگردرشرایط یامنطقه خاص)براین مبنا بارعبوری ازترانسفورماتورهادرشروع بهره برداری به حدود ۴۰ درصد ظرفیت اسمی آن میرسد درنتیجه بارآنهاحتی در صورت خروج ترانسفورماتور ذخیره کمتراز قدرت اسمی خواهد بود . از طرفی چون درسطح شبکه کشوربرخی ازپستها قدیمی و برخی دیگرجدید میباشند ، دراین مقاله برای دسترسی به یک حالت متوسط ومیانگین تلفات بارداری برمبنای بارسال پنجم محاسبه میگردد تا کلیت بیشتری برای کل ترانسفورماتورهای نصب شده درشبکه داشته باشد باین فرض بارهمزمان ترانسفورماتورحداکثربه ۶۳ درصد قدرت اسمی خود میرسد . امادرسطح ۲۰ یا ۳۳ کیلوولت بدلیل فاصله زیاد ظرفیت استاندارد ترانسفورماتورهابابارماکزیمم برخی پستها اغلب ضریب برنامه ریزی پائین میباشد امادرترانسفورماتورهای ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت بدلیل بالابودن عمرمتوسط پستها ضریب برنامه ریزی بیشترمیباشد ، جدول (۳) این ضرایب رادرچندسطح ولتاژنشان میدهد .

باتوجه به آنچه که گفته شد ، متوسط بار ماکزیمم ترانسفورماتور تحت تاثیر دو عامل فوق الذکر (متبعد این دو ضریب تحت عناوین ضریب بارگذاری و ضریب برنامه ریزی نامبرده میشوند) کاهش مییابند . بر این مبنا بار ماکزیمم متوسط را میتوان بصورت زیر نشان داد :

$$AVL = LOF \cdot PLF \qquad (1)$$

در این رابطه :

AVL - ضریب متوسط ، بار ماکزیمم
LOF - ضریب بارگذاری
PLF - ضریب برنامه ریزی

ولتاژ اولیه کیلوولت	ضریب بار سالیانه معمارف LF	ضریب بارگذاری LOF	ضریب برنامه ریزی PLF	ضریب متوسط بار ماکزیمم , AVL	
				PLF . LOF	ترجیحی
۴۰۰ و ۲۳۰	./۶۵	./۷۵	./۸۰	./۶۰	./۶۰
۱۳۲	./۵۵	./۷۵	./۷۵	./۵۶	./۵۵
۶۶ و ۶۳	./۵۰	./۸۰	./۷۰	./۵۶	./۵۰
۳۳ و ۲۰	./۴۵	./۹۰	./۴۰	./۳۶	./۴۰

جدول (۳) - ضرائب مختلف مربوط به مصرف

در مرجع [۶] ضریب متوسط بار ماکزیمم ترانسفورماتورها در سطوح ولتاژ ۴۰۰ ، ۲۳۰ ، ۱۳۲ و ۶۳ کیلوولت به ترتیب ./۶۵ ، ./۶۷ ، ./۵۶ و ./۶۴ ذکر گردید و متوسط بار ماکزیمم پستهای ۳۳ و ۲۰ کیلوولت باتوجه به پیک بار و ظرفیت اسمی آنها حدود ./۳۰ در نظر گرفته میشود (فرض شد ۸۰ درصد کل مصرف سیستم از این سطوح ولتاژ ،توزیع شوند) . اما باتوجه به اینکه محاسبه تلفات انرژی برای یک دوره ۳۰ ساله انجام میگیرد ، لذا بکارگیری ارقام ستون ششم جدول (۳) که مقادیر ترجیحی AVL را نشان میدهند ، برای یک دوره بلندمدت موجه تر میباشند .

تلفات دیماند و انرژی ترانسفورماتورها در حالت بارداری و بی باری را میتوان از روابط زیر بدست آورد ، که برای حالت بارداری مقدار آن با برابر است با : [۵و۹]

$$DLL = LL.ALV^2 \qquad (3)$$

با توجه به اینکه تلفات بارداری تابعی است از مجذور بار عبوری در نتیجه تابعی است از مجذور ضریب بار و بار ماکزیمم عبوری از آن عبوری از آن . بر این مبنا به رابطه زیر میرسیم :

$$ELL = 8760.DLL.LF^2 \qquad (4)$$

در این روابط :

DLL = تلفات دیماند بارداری
LL = تلفات بارداری ترانسفورماتورها (مقدار اسمی)
AVL = ضریب ، بار ماکزیمم
ELL = تلفات انرژی سالیانه
LF = ضریب بار

۲-۲- تلفات بی باری - تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای قدرت در طول بهره‌برداری تقریبا " ثابت میباشد ، در نتیجه میتوان با توجه به ارقام متوسط جدول (۲) و همچنین آمار ترانسفورماتورهای مندرج درجدول (۱) مقدار تلفات بی باری ترانسفورماتورهای شبکه ایران را بدست آورد . با توجه به اینکه این تلفات تقریبا " ثابت میباشد لذا ضریب بار و در نتیجه ضریب تلفات این نوع ترانسفورماتورها برابر یک بوده و مقدار تلفات دیماند و انرژی آنها نیز از روابط زیر بدست میاید (در این محاسبات از زمان خروج ترانسفورماتورها صرفنظر گردید) .

$$DLN = NL \qquad (5)$$

$$ELN = 8760.NL \qquad (6)$$

در این روابط :

DLN = تلفات دیماند در حالت بی باری
NL = تلفات بی باری ترانسفورماتور
ELN = تلفات انرژی سالیانه بی باری

۳-۲- مقدار تلفات - با توجه به آمار جدول (۱) و اطلاعات جدول (۲) و همچنین روابط (۱ تا ۴) میتوان مقدار تلفات دیماند و انرژی انواع ترانسفورماتورها را محاسبه نمود ، که نتیجه در جدول (۴) درج گردید .

ولتاژ اولیه KV	تلفات بارداری		تلفات بی باری		جمع تلفات	
	دیماند MW	انرژی MWH	دیماند MW	انرژی MWH	دیماند MW	انرژی MWH
۴۰۰	۸/۲	۳۰۳۰۰	۴/۶	۴۰۳۰۰	۱۲/۸	۷۰۶۰۰
۲۳۰	۳۱/۷	۱۱۷۳۰۰	۱۲/۱	۱۰۶۰۰۰	۴۳/۸	۲۲۳۳۰۰
۱۳۲	۱۰/۲	۲۷۰۰۰	۷/۵	۶۵۷۰۰	۱۷/۷	۹۲۷۰۰
۶۶و ۶۳	۲۳/۵	۵۱۵۰۰	۲۰/۷	۱۸۱۳۰۰	۴۴/۲	۲۳۲۸۰۰
۳۳و ۲۰	۹۴/۹	۱۶۸۳۰۰	۷۸/۰	۶۸۳۲۰۰	۱۷۲/۹	۸۵۱۵۰۰
جمع تلفات دیماند ۲۹۱/۴ MW یا ۲/۴۴ درصد پیک مصرف جمع تلفات انرژی ۱۴۷۰۹۰۰ MWH یا ۲/۳۰ درصد انرژی سال						

جدول (۴) - جمع تلفات دیماند و انرژی انواع ترانسفورماتورها

همانطور که جدول (۴) نشان میدهد ، در سال ۱۳۷۱ مجموع تلفات قدرت یا دیماند تلفات انواع ترانسفورماتورها بالغ بر ۲۹۱/۴ مگاوات بوده که ۲/۴۴ درصد پیک مصرف همان سال میباشد و در مقایسه با کل تلفات سیستم رقم قابل ملاحظه‌ای را بخود اختصاص میدهد . ضمنا" اگر تلفات بخش توزیع (ولتاژهای ۲۰،۳۳،۶۳) را با سایر بخشهای شبکه مقایسه کنیم ، ملاحظه میشود در شرایطی که ظرفیت ترانسفورماتورهای این بخش از شبکه ۵۴/۰ درصد کل میباشند (بجز ترانسفورماتورهای نیروگاهها و ۱۱ کیلوولت) ولی تو ان تلفات آنها ۷۴/۵ درصد کل را بخود اختصاص میدهد که نشانه ضرورت توجه به این بخش از شبکه میباشد . لذا لازم است در انتخاب ترانسفورماتورهای شبکه‌های توزیع به ویژه در ولتاژهای ۶۳ و ۳۳ و ۲۰ کیلوولت که ۲۱۷/۱ مگاوات از تلفات سیستم را تشکیل میدهند دقت کافی بعمل آید .

۳- ارزش تلفات

اتلاف هر کیلووات ازتوان الکتریکی در ترانسفورماتورها ضمن اینکه باعث هدررفتن یک کیلووات ازتوان مفید نیروگاهها میگردد، سبب میشود درطول عمر مفید آنها انرژی بسیار زیادی نیز بهدرود .

برای محاسبه ارزش حال تلفات دیماند و انرژی باید روندرشد بار و مشخصه مصرف در دست باشد تا بتوان با روابط موجود نسبت به محاسبه آن اقدام نمود [۷،۸] . ولی در این مقاله برای اینکه بتوانیم معیار مقایسه وسنجشی برای ترانسفورماتورهای توزیع ۳۳ و ۲۰ داشته باشیم بکمک اطلاعات مراجع [۵و۴] که در جدول(۵) درج گردید ارزش حال تلفات تعدادی از ترانسفورماتورهای ساخت ایران را با قیمت فروش آنها مقایسه و بررسی میکنیم .

ظرفیت ترانس KVA	قیمت ترانس میلیون ریال	تلفات بارداری وات	تلفات بی باری وات
۲۰۰	۴/۴۵	۳۸۰۰	۵۵۰
۲۵۰	۵/۰۱	۴۴۵۰	۶۵۰
۳۱۵	۵/۵۴	۵۴۰۰	۷۶۰
۴۰۰	۶/۵۹	۶۴۵۰	۹۰۰
۵۰۰	۹/۷۷	۷۸۰۰	۱۰۵۰
۶۳۰	۱۱/۵۸	۹۳۰۰	۱۲۶۰
۸۰۰	۱۳/۵۶	۱۱۰۰۰	۱۵۲۰
۱۰۰۰	۱۶/۰۵	۱۳۵۰۰	۱۸۰۰
۱۲۵۰	۱۸/۸۶	۱۶۴۰۰	۲۱۵۰
۱۶۰۰	۲۲/۴۹	۱۹۸۰۰	۲۶۰۰

جدول(۵) - ظرفیت ، تلفات و قیمت فروش آزاد چندنوع ازترانسفورماتورهای ساخت ایران

برای محاسبه ارزش حال تلفات ترانسفورماتورهای جدول(۵) ابتدا ارزش یک کیلووات ازتلفات محاسبه وسپس با توجه به مقادیر تلفات باری وبی‌باری ارزش مجموع محاسبه میگردد . با توجه به اینکه ارزش تلفات تابعی است از موقعیت مکانی ترانسفورماتور ، قدرت ذخیره ، زمان وقوع پیک باردر

ترانسفورماتور و ..... لذا ارزش تلفات برحسب مورد ممکن است ارقام متفاوتی را دارا باشد. درمحاسبات زیر پیک بار ترانسفورماتور با پیک بار سیستم همزمان درنظرگرفته شد و ذخیره ای هم برای آن منظورنگردید ، درمحاسبه ارزش حال تلفات ، بار ترانسفورماتور درطول عمر ، بطور متوسط معادل ۷۰ درصد قدرت اسمی آنها منظورگردید . سایر عوامل موثر بصورت فرضیات زیر منظورگردید . براین مبنا با توجه به روابط ۳ الی ۶ و روابط زیر میتوان ارزش تلفات را بدست آورد :

$$VDL = DL.GRF.CP \qquad (7)$$

$$PVE = EL.EF.CE \qquad (8)$$

$$EF = ((1+j)^{n}-1)/(j.(1+j))^{n} \qquad (9)$$

که در این روابط :

VDL - ارزش دیماند تلفات

PVE - ارزش حال تلفات انرژی

CP - ارزش متوسط یک کیلووات از توان نیروگاه ،که در این مقاله رقم ۱/۳ میلیون ریال برای هر کیلووات منظور میگردد .

CE - ارزش یک کیلوواتساعت انرژی ، چون ارزش دیماند جداگانه منظور شد لذا قیمت متوسط انرژی بدون احتساب هزینه استهلاک نیروگاه و از دیدگاه ملی (با احتساب هر متر مکعب گاز یا معادل آن ۶ سنت) ۵۰ ریال منظورگردید .

j - متوسط تفاضل بهره و تورم سالیانه ،که در این مقاله ۶٪ منظور شد

n - عمر مفید ، که در این مقاله ۳۰ سال منظور شد .

EL - تلفات انرژی که برحسب مورد میتوان از روابط ۴ یا ۶ بدست آورد

DL - تلفات دیماند که برحسب مورد میتوان از روابط ۳ یا ۵ بدست آورد

GRF - ضریب ذخیره تولید ،که در این ۱/۳ منظور میشود .

بکمک روابط (۷ و ۸) و اطلاعات فوق الذکر میتوان ارزش یک کیلووات از تلفات برداری و بی باری را بشرح زیر محاسبه نمود .

۱-۳- تلفات بی باری - ارزش یک کیلووات ازتلفات دیماندوانرژی در اینحالت بصورت زیرمحاسبه میشود :

VDL = ۱x۱/۳x۱۲۰۰۰۰۰ = ۱۵۶۰۰۰۰

PVE = ۱x۸۷۶۰x۱۳/۷۷x۵۰.= ۶۰۳۰۰۰۰

به این ترتیب ارزش یک کیلووات ازتلفات بی‌باری برابراست با :

ارزش تلفات بی باری : ۶/۳۸ میلیون ریال

۱-۳- تلفات بارداری - ارزش یک کیلووات ازتلفات دیماندوانرژی در اینحالت بصورت زیرمحاسبه میشود (طبق روابط ۳ تا ۶) :

VDL = ۱x۱/۳x۰/۷x۱۲۰۰۰۰۰ = ۱۰۹۰۰۰۰

PVE = ۱x۸۷۶۰x۱۳/۷۷x۵۰.x۰/۷x۰/۳۶ = ۱۵۲۰۰۰۰

به این ترتیب ارزش یک کیلووات ازتلفات بارداری برابراست با :

ارزش تلفات بارداری : ۲/۶۱ میلیون ریال

باتوجه به ارزش تلفات بارداری وبی‌باری‌میتوان‌جدول زیررا تکمیل نمود .

مشخصات ترانسفورماتور		ارزش حال تلفات ، میلیون‌ریال			ارزش تلفات به قیمت ترانس
ظرفیت KVA	قیمت میلیون‌ریال	بی باری	بارداری	مجموع	
۲۰۰	۴/۴۵	۳/۶۴	۹/۴۰	۱۳/۰۴	۲/۹۳
۲۵۰	۵/۰۱	۳/۸۹	۱۱/۶۱	۱۵/۵۰	۲/۰۹
۳۱۵	۵/۵۴	۴/۵۹	۱۴/۰۹	۱۸/۶۸	۲/۳۷
۴۰۰	۶/۶۰	۵/۴۲	۱۶/۸۳	۲۲/۲۵	۲/۳۷
۵۰۰	۹/۷۸	۶/۳۸	۱۹/۸۴	۲۶/۲۲	۲/۶۸
۶۳۰	۱۱/۵۹	۷/۶۶	۲۴/۲۷	۳۱/۹۳	۲/۷۵
۸۰۰	۱۳/۵۶	۹/۲۵	۲۸/۷۱	۳۷/۹۶	۲/۸۰
۱۰۰۰	۱۶/۰۵	۱۱/۱۶	۳۵/۲۳	۴۶/۳۹	۲/۸۹
۱۲۵۰	۱۸/۸۵	۱۳/۴۰	۴۲/۸۰	۵۶/۲۰	۲/۹۸
۱۶۰۰	۲۲/۴۹	۱۶/۲۷	۵۱/۶۸	۶۷/۹۵	۲/۵۸

جدول(۶)- ارزش حال تلفات ترانسفورماتورهاوقیمت آنها

۴- جمع بندی

اگر بخواهیم ارزش تلفات را با تاسیسات شبکه مقایسه نمائیم درحقیقت باید به این نکته تاکید کرد که با ساخت یا خرید هر دستگاه از ترانسفورماتور به نسبت تلفات آن از توان مفید نیروگاه کاسته میشود . اگر این مطلب را در رابطه با ترانسفورماتورهای توزیع مقایسه نمائیم به این نتیجه میرسیم که مثلا" با در مدار قرار گرفتن هر دستگاه از ترانسفورماتور ۱۶۰۰ کیلوولت آمپری در شبکه ۲۰ کیلوولت، در بار کامل ۲۲/۴ کیلوات از توان مفید نیروگاهها کاسته میشود که رقم قابل توجهی است و اگر این مقایسه را از دیدگاه اقتصادی بررسی نمائیم مشاهده میشود که با روال فعلی بهره برداری ارزش دیماند و انرژی که از طریق این ترانسفورماتور در طول عمرشان بهدر میرود رقمی برابر ۶۷/۹۵ میلیون ریال میباشد که در مقایسه با قیمت فروش آن بسیار بالا ست بطوریکه نسبت ارزش حال تلفات به قیمت فروش آزاد آنها ، ۲/۵۸ میباشد . با توجه به اینکه قسمت عمده تلفات ترانسفورماتورها مربوط به شبکه توزیع است لذا باید مطالعات فنی و اقتصادی در رابطه با میزان بهینه تلفات بارداری و بی باری انواع آنها بعمل آید و اگر با توجه به اطلاعات قبلی مقدار تلفات ترانسفورماتورهای شبکه ۳۳ و ۲۰ کیلوولت را با سطوح ولتاژ بالاتر مقایسه کنیم به ارقام جدول زیر میرسیم :

مقایسه سطوح ولتاژ مختلف به ۳۳ و ۲۰	متوسط نسبت تلفات اسمی	
	بارداری	بی باری
۲۰ یا ۳۳ به ۴۰۰	۶/۲۸	۸/۵۷
۲۰ یا ۳۳ به ۲۳۰	۴/۰	۳/۷۵
۲۰ یا ۳۳ به ۱۳۲	۲/۴۴	۲/۱۵
۲۰ یا ۳۳ به ۶۳	۲/۰۰	۱/۶۷

جدول (۷)- مقایسه تلفات ترانسفورماتورها در سطوح مختلف ولتاژ

همانطورکه جدول(۷) نشان میدهد ، تفاوت فاحشی بین تلفات در سطوح مختلف ولتاژ وجود دارد ، گرچه هماهنگ کردن تلفات سطوح مختلف ولتاژ عملا" اقتصادی نیست ولی این تفاوت زیاد هم نمیتواند توجیه پذیر باشد . یکی از دلایل عمده پائین بودن تلفات ترانسفورماتورهای شبکه های انتقال را میتوان دخالت دادن ارزش تلفات توسط مهندسین مشاور در خرید آنها دانست، چون بهرحال با تکنولوژی امروز کم کردن تلفات ترانسفورماتورها کار مشکلی نیست ، مشروط بر اینکه از نظر اقتصادی توجیه پذیر باشد . با توجه به اینکه تغییر قیمت رسمی دلار در سال ۱۳۷۲ تاثیر عمده ای در سایر مطالعات دارد لذا لازم است در قیمت گذاری ارزش تلفات در خرید یا ارقام تلفات ترانسفورماتورهای ساخت داخل بازنگری گردد .

۵ - نتیجه

دوری مناطق مصرف از مرکز تولید و تلفات مسیر باعث میشود ، که حدود ۸۸ درصد توان مفید نیروگاهها به مراکز مصرف در سطوح ولتاژ ۳۳ و ۲۰ کیلوولت برسد ، از طرف دیگر برای انتقال انرژی مورد نیاز لازم است شبکه و تجهیزات زیادی در این مسیر نصب گردد که تمام آنها باعث گران شدن انرژی قابل دسترس در سطح شبکه های توزیع میگردد . با توجه به اینکه در حال حاضر قیمت انرژی برمبنای ، قیمت تمام شده در محل فروش تعیین نمیگردد ، لذا ارزش واقعی توان و انرژی در سطح شبکه های توزیع برای مصرف کننده به روشنی مشخص نیست بهمین دلیل در این شبکه ها همانند شبکه های انتقال مسائل اقتصادی مرتبط با قیمت انرژی کمتر مورد توجه قرار میگیرد که یکی از آنها را میتوان بالابودن تلفات بی باری و بارداری ترانسفورماتورهای توزیع دانست . با توجه به اینکه ارزش تلفات در نقاط مختلف شبکه و برحسب نوع بار ممکن است تا ده برابر کم یا زیاد گردد [۵] لذا پیشنهاد میشود ، در خرید و ساخت انواع ترانسفورماتورها ارزش تلفات یکسان در نظر گرفته نشود و در چنین شرایط از نظر اقتصادی در برخی موارد ساخت ترانسفورماتورهائی با تلفات کم که مسلما" از نظر قیمت بالاخواهد

بود ازدیدگاه ملی معقول خواهد بود و به این ترتیب برای کارخانجات سازنده داخلی موجه خواهد بود ،ترانسفورماتورهائی باقیمت وتلفات مختلف بسازند . مسلما " درچنین حالت لازم است وزارت نیرو بکارگیری تیپ های مختلف ترانسفورماتورها را که دارای تلفات وقیمت متفاوت میباشند بر حسب نوع مصرف ، ضریب بار ، زمان وقوع پیک مصرف ، موقعیت مکانی ودیگر عوامل موثر درنقاط مختلف شبکه استاندارنماید .

۶ - قدردانی

شایسته میداند از آقایان مهندس منصوریاوری ، مهندس عبدالرحیم ایزدی و مهندس مصطفی مقتدائی بخاطر ارائه نظرات مفید تشکرنماید .

۷ - منابع

۱- نمادگرهای آماری صنعت برق ایران - واحد اطلاعات مدیریت و آمار وزارت نیرو - امور برق - مهرماه ۱۳۷۳

۲- بررسی قیمت ترانسفورماتورهای خریداری شده توسط شرکت توانیر - مدیریت مهندسی وبررسیهای فنی - شرکت توانیر - تیرماه ۱۳۶۶

۳- کتابچه مشخصات فنی عمومی (General Technical specification) ترانسفورماتورها ، شرکت ایران ترانسفو (ولتاژهای ۲۰و۳۳و۶۳و۱۳۲)

۴- مسعود حجت ، منوچهرحبیبی ، " زیانهای گشاده دستی دربرنامه ریزی وطراحی تاسیسات صنعت برق " ، پنجمین کنفرانس بین المللی برق ، تهران ، آبانماه ۱۳۶۹

۵- قدرت‌اله حیدری ، " ارزش تلفات درشبکه های انتقال وتوزیع نیرو " هشتمین کنفرانس بین المللی برق ، تهران - آبانماه ۱۳۷۲

۶- صنعت برق ایران درسال ۱۳۷۱ - واحد اطلاعات مدیریت و آمار وزارت نیرو - امور برق - مهرماه ۱۳۷۲

۷- فهرست بهای ترانسفورماتورهای شرکت ایران ترانسفو ، سال ۱۳۷۲

۸- محمدطباطبائی ، قدرت‌اله حیدری ، علیرضا شیرانی ، "زیانهای ناشی ازتلفات درصنعت برق " ، چهارمین کنفرانس شبکه های توزیع نیرو ، شیراز - اردیبهشت ماه ۱۳۷۲

۹ - Gh. Heidari, " The value of Transformer losses " , TEPCON Tehran - Iran , 1985