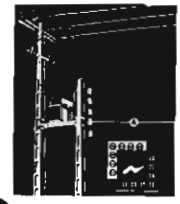
پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق



اثرات نامتعادلی بار در شبکه‌های توزیع

رحیم سلیمان‌آذر

شرکت توزیع نیروی برق تهران

چکیده:

مبحث تلفات انرژی الکتریکی بعلت صدها میلیارد ریال زیان سالیانه به صنعت برق چند سالی است در کانون توجه وزارت نیرو و متخصصان برق قرار دارد و تبعات و آثار زیان‌بار آن در شبکه چه از لحاظ فنی و چه از لحاظ‌بار مالی ایجاب می‌کند بطور گسترده‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و راههای عملی کاهش آن مشخص گردد.

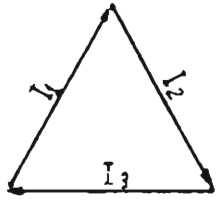
یکی از عوامل تلفات انرژی، نامتعادلی در توزیع‌بار می‌باشد که با تنظیم آن می‌توان در جهت کاهش تلفات و بهینه‌سازی شبکه قدمهای مثبتی برداشت.

شرح مقاله :

بخشی از تلفات انرژی الکتریکی در اثر نامتعادلی‌بار در شبکه‌های توزیع ظاهر می‌شود که تاکنون کمتر به این بخش از تلفات توجه شده است. اصولاً در شبکه‌های توزیع که دارای بارهای متنوع صنعتی، خانگی و تجاری می‌باشد و سهم عمده‌ای را بارهای تک فاز تشکیل می‌دهد، رسیدن به حالت تعادل بسیار مشکل و حتی غیرممکن است. با آماری که از پستها و شبکه توزیع برق تهران تهیه شده عدم تعادل‌بار مأیوس‌کننده است و این مشخصه نشان‌دهنده عدم رعایت اصول فنی از طرف پرسنل توزیع و بعضاً سهل‌انگاری و عدم وجود دانش فنی در ایجاد شبکه‌های برق‌رسانی برای مصرف‌کننده‌ها می‌باشد.

برای شناخت اثرات نامتعادلی و زیانهای ناشی از تلفات حاصله ابتدا تفاوت بین شبکه متعادل و شبکه نامتعادل را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

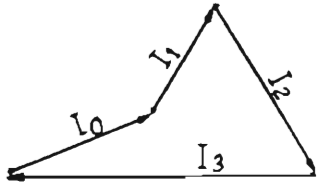
در شبکه متعادل شدت جریان در فازها و همچنین ضریب قدرت در فازها یکسان می‌باشد که دیاگرام الکتریکی آن بصورت اضلاع یک مثلث متساوی‌الاضلاع ظاهر می‌شوند که در نهایت جمع‌برداری جریان فازها برابر صفر خواهد بود و این بدان معنی است که جریان برگشتی در سیم نول وجود ندارد.



$$I_1 = I_2 = I_3$$

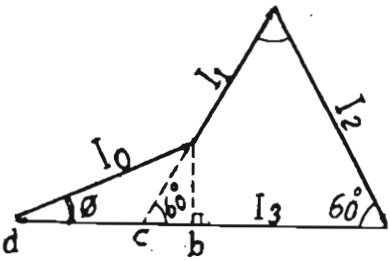
$$\bar{I}_0 = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0$$

در شبکه نامتعادل‌بار فازها با ضریب قدرت یکسان باهم اختلاف داشته و مثلث‌بار بصورت زیر قابل نمایش است :



$$\bar{I}_0 = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3$$

چون جریان نول یک کمیت‌برداری است و محاسبه آن از این طریق نیاز به رسم موقعیت‌بردارهای جریان دارد و کاری است وقت‌گیر و غیر دقیق. ضرورت دارد رابطه‌برداری فوق بصورت یک کمیت عددی محاسبه و مقدار آن مشخص شود که با استفاده از شکل فوق موارد زیر قابل حصول است :



$$ac = I_2 - I_1$$

$$cd = I_3 - I_2$$

$$I_0.\cos\phi = bd = (I_2 - I_1)\cos 60 + (I_3 - I_2)$$

$$I_0.\sin\phi = ab = (I_2 - I_1)\cos 30$$

$$tg\phi = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}(I_2 - I_1)}{I_3 - \frac{1}{2}(I_2 + I_1)}$$

در نتیجه :

$$I_0 = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 - I_1.I_2 - I_1.I_3 - I_2.I_3}$$

محاسبه تلفات :

در حالتی که ضریب قدرت در هر سه فاز یکسان باشد :

۱) تلفات انرژی در حالت تعادل‌بار (۱)

$$P_s = 3RI^2 = 3R\left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}\right)^2$$

۲) تلفات انرژی در نامتعادلی‌بار در حالی که سیم نول هم سطح با سیمهای فاز باشد :

$$P_{as} = R(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2) + RI_0^2 = R(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_0^2)$$

با جایگزینی مقدار I و کم کردن رابطه ۱ از رابطه ۲ خواهیم داشت :

$$\Delta P = P_{as} - P_S = \frac{5}{3}R(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 - I_1.I_2 - I_1.I_3 - I_2.I_3) = \frac{5}{3}RI_0^2$$

یعنی اختلاف تلفات انرژی الکتریکی در حالت تعادل و نامتعادلی‌بار برابر $\frac{5}{3}$ تلفات در سیم نول می‌باشد.

با توجه به اینکه در اکثر قریب باتفاق شبکه‌های توزیع فشار ضعیف‌بار بطور گسترده تقسیم می‌شود با تقریب قابل قبولی می‌توان مقاومت کل هادی را در وسط طول هادی منظور نمود و رابطه اختلاف تلفات را بصورت زیر تصحیح کرد :

$$\Delta P = \frac{5}{3} \times \frac{R}{2} I_0^2 = \frac{5}{6} RI_0^2$$

بدیهی است این محاسبات در حالت ساده شبکه و با فرض همسان بودن مقاطع سیمهای شبکه و ضریب قدرت مساوی در فازها انجام یافته است و در حالی که این دو شرط برقرار نباشد امکان محاسبه با حجم گسترده شبکه حتی با محاسبات کامپیوتری نیز نتیجه قابل قبولی

را در بر نخواهد داشت. در اینجا هدف صرفاً نمایش تقریبی افزایش تلفات انرژی در اثر عدم تعادل‌بار و زیانهای ناشی از آن مد نظر قرار دارد که توجه شرکتهای توزیع را به تعدیل‌بار فازها معطوف دارد و با اندازه‌گیری جریان سیم نول یا جریان سیمهای فاز میزان تلفات ناشی از نامتعادلی‌بار را محاسبه و بار مالی آنرا تعیین نماید.

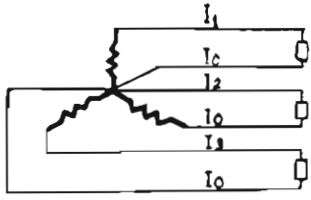
مقایسه تلفات بین شبکه تک فاز و سه فاز :

در اینجا ضروری است تفاوت توزیع انرژی در حالت سه فاز نسبت به یک فاز مورد سنجش قرار گیرد و اثرات این دو نوع سیستم از نظر تلفات انرژی و افت ولتاژ مشخص گردد.

۱) در حالی که توزیع انرژی بصورت سه فاز (چهار سیمه) برقرار گردد :

تلفات انرژی : $P_{3\phi} = 3RI^2$

و چنانچه انرژی بصورت تک فاز (دو سیمه) توزیع گردد (در مجموع ۶ رشته سیم) با وجود مساوی بودن جریانهای هر فاز (تعادل‌بار در پست توزیع) افت انرژی عبارت خواهد بود از:



$$I_0 = I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$P = 2RI_1^2 + 2RI_2^2 + 2RI_3^2 = 6RI^2$$

$$\frac{P}{P_{3\phi}} = 2$$

ملاحظه می‌گردد در حالی که شبکه یا خطوط سرویس بصورت تک فاز احداث گردند که در اکثر شرکتها خطوط سرویس به این صورت معمول است، تلفات انرژی دو برابر حالتی است که توزیع انرژی بصورت سه فاز باشد و بدتر از آن زمانی است که انرژی فقط با یک سیم فاز و نول منتقل شود :

توزیع قدرت در شبکه سه فاز : $P = \sqrt{3}\, I_{3\phi}\ (\sqrt{3}\ .\ U)$

توزیع قدرت بصورت یک فاز : $P = I_{1\phi}\ .\ U$

$$I_{1\phi}\ U = 3\ I_{3\phi}\ .\ U$$

$$I_{1\phi} = 3I_{3\phi}$$

افت انرژی سه فاز : $P_{3\phi} = 3RI_3^2\phi$

افت انرژی یک فاز : $P_{1\phi} = 2RI_1^2\phi = 18RI_3^2\phi$

$$\frac{P_{1\phi}}{P_{3\phi}} = 6$$

یعنی انتقال انرژی از طریق شبکه تک فاز بجای شبکه سه فاز ۶ برابر افت انرژی را افزایش

خواهد داد و این امر توجه خاصی را می‌طلبد که تا جائی که ممکن است شرکتهای توزیع از احداث شبکه بصورت تک فاز و حتی ایجاد خطوط سرویس تک فاز جداً اجتناب ورزند.

مقایسه افت ولتاژ بین شبکه تک فاز و سه فاز :

افت ولتاژ در شبکه سه فاز متعادل : $\Delta U_3 \phi = \sqrt{3} \cdot I_3 \phi \cdot (R \cos \phi + X \sin \phi)$

افت ولتاژ در شبکه تک فاز : $\Delta U_1 \phi = 2 I_1 \phi \cdot (R \cos \phi + X \sin \phi)$

برای انتقال انرژی یکسان : $I_1 \phi = 3 I_3 \phi$

$$\Delta U_1 \phi = 2 (3 I_3 \phi) (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\frac{\Delta U_1 \phi}{\Delta U_1 \phi} = \frac{6}{\sqrt{3}} = 2 \cdot \sqrt{3} = 3.46$$

یعنی افت ولتاژ سیستم تک فاز نسبت به سه فاز برای انتقال یک انرژی یکسان ۳/۴۶ برابر در حالت سه فاز است.

آیا با یکسان نمودن بار فازها شبکه متعادل خواهد شد ؟

ذکر این نکته ضروری است که مساوی کردن بار فازها و متعادل نمودن آن برای صفر کردن یا کاهش جریان نول ممکن نیست و ضریب قدرت هر فاز تأثیر بسزائی در جریان نول دارد. باین معنی که با متعادل کردن بار فازها زمانی جریان در سیم نول صفر خواهد شد که ضریب قدرت هر سه فاز نیز یکسان باشد. برای روشن نمودن مطلب ذکر یک مثال ضروری است :

۱) بار فازها متعادل و برابر ۱۰۰ آمپر منظور می‌شود یعنی:

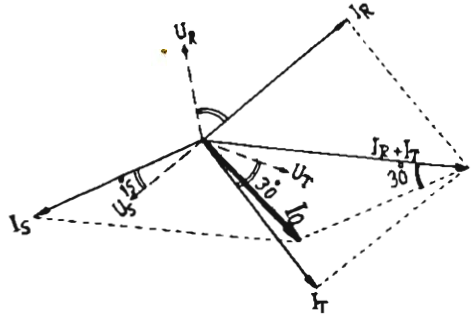
$$I = I_R = I_S = I_T = 100 \text{ A}$$

۲) ضریب قدرت فازها عبارت باشند از:

$\cos \phi_R = 0.5$ $\quad \phi_R = 60°$

$\cos \phi_S = 0.966$ $\quad \phi_S = 15°$

$\cos \phi_T = 0.866$ $\quad \phi_T = 30°$



$$\bar{I}_R + \bar{I}_T = \sqrt{2}\, I$$

$$\bar{I}_O = \bar{I}_R + \bar{I}_S + \bar{I}_T$$

با استفاده از روابط مثلث نامشخص :

$$I_O = \sqrt{(\sqrt{2}I - I)^2 + 4\sqrt{2}\, I^2 . \sin^2 (\frac{30^\circ}{2})} = 0.74\, I = 74$$ آمپر

ملاحظه می‌گردد با وجودی که بار هر سه فاز متعادل و مساوی است، بعلت ضریب قدرتهای مختلف جریان نول صفر نخواهد شد.

آمار افزایش تلفات نامتعادلی‌بار در برق تهران :

برای محاسبه میزان افزایش تلفات انرژی در حالت نامتعادلی نسبت به حالت تعادل‌بار لازم بود رابطه‌ای انتخاب گردد که به مقاومت اهمی شبکه بستگی نداشته باشد زیرا تعیین مقاومت اهمی بعلت تنوع مقاطع در طول شبکه و حالات ترکیبی کابل و خط هوائی و حجم کلان شبکه عملاً ممکن نبود. باین مناسبت با انتخاب تعاریف و روابط زیر در نهایت رابطه‌ای که به آسانی حدود این تلفات را نسبت به تلفات تعادل مشخص کند حاصل گردید :

جریان متوسط : $I_m = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$

جریان سیم نول : $I_o = a.I_m$

تلفات در حالت تعادل‌بار : $3R.I_m^2$

افزایش تلفات در اثر نامتعادلی‌بار : $\frac{5}{6} R.I_0^2 = \frac{5}{6} R\,(a.I_m)^2$

درصد افزایش تلفات در اثر نامتعادلی بار : $\boxed{\Delta P = \frac{500}{18} a^2}$

بدین ترتیب با داشتن نسبت جریان نول نسبت به جریان متوسط (a) بدون نیاز به مقاومت شبکه درصد افزایش تلفات قابل محاسبه خواهد بود.

برای روشن نمودن موقعیت تقریبی برق تهران و سهم این تلفات در شرکت بار ۷۴۰دستگاه پست ترانسفورماتور در مناطق مختلف برق تهران اندازه‌گیری شد که نتایج آن بشرح جدول شماره (۱) می‌باشد :

درصد I_o/I_m	۰-۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰
تعداد پستها K	۷۲	۱۲۰	۱۴۴	۱۰۴	۹۹	۶۰	۴۹	۲۷	۱۵	۱۱	۹	۳۰
a^2	۰/۰۰۲۵	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۶۴	۰/۸۱	۱	۲/۲۵

« جدول شماره (۱) »

فاکتور متوسط افزایش تلفات :

$$a_m^2 = \frac{\sum_{1}^{n} K.a_i^2}{n} = \frac{173}{740} = 0.234$$

درصد افزایش تلفات در نامتعادلی بار نسبت به حالت تعادل :

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

در صورتی که رقم فوق را برای کلیه پستهای توزیع برق تهران که کما بیش وضعیت مشابهی دارند تعمیم دهیم با توجه به آمار تلفات برق تهران که از کارنامه سال ۷۲ استخراج شده است (۲) و با حذف تلفاتی که مستقل از بار شبکه می‌باشد (تلفات آهن ترانسفورماتورها و تلفات کرونا) و تلفات مربوط به لوازم اندازه‌گیری مشترکین و همچنین حذف مصرف برقهای غیر مجاز می‌توان تلفات انرژی در حالت بارداری شبکه را بطور تقریب محاسبه نمود:

۱) تلفات بی‌باری در شبکه برق تهران (۳) :

تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلو ولت	MW/h	۹۱۹۸
تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلو ولت	MW/h	۲۶۸۶۰
تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای ۶۳ کیلو ولت	MW/h	۶۳۲۵۱
تلفات بی‌باری ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلو ولت	MW/h	۱۸۶۲۶۸
جمع تلفات :	MW/h	۲۸۵۵۷۷

که معادل ۱/۸ درصد از انرژی تحویلی به شبکه می‌باشد.

۲) تلفات کرونا (۵) :

تلفات کرونا در خطوط ۴۰۰ کیلوولت :	$۱۲۳۲km \times ۱kw/km/3PH \times \frac{۸۷۶۰}{۱۰۰۰} = ۱۰۷۹۲MW/h$
تلفات کرونا در خطوط ۲۳۰ کیلوولت :	$۱۷۹۱ \times ۰/۶ \times \frac{۸۷۶۰}{۱۰۰۰} = ۹۴۱۳MW/h$
تلفات کرونا در خطوط ۶۳ کیلوولت :	$۲۸۸۵ \times ۰/۰۳ \times \frac{۸۷۶۰}{۱۰۰۰} = ۷۵۸MW/h$

جمع تلفات کرونا در خطوط انتقال ۲۰۹۶۳ مگاوات ساعت و معادل ۰/۱۳۲ درصد از انرژی تحویلی به شبکه می‌باشد.

۳) تلفات و خطای لوازم اندازه‌گیری (۴) :

خطای لوازم اندازه‌گیری حدود ۰/۳ درصد انرژی تحویلی به مشترکین و مصرف داخلی لوازم اندازه‌گیری برابر ۰/۳ وات برای هر کنتور محاسبه شده است و تلفات این بخش عبارت خواهد بود از:

$$۱۴۴۵۴۰۰۰ \text{ MW/h} \times \frac{۰/۳}{۱۰۰} = ۴۳۳۶۲ \text{ MW/h}$$

$$\text{مشترک } ۲۵۲۳۰۰۰ \times \frac{۰/۳\text{w}}{۱۰^{۶}} \times ۸۷۶۰ = ۶۶۳۰ \text{ MW/h}$$

جمع تلفات لوازم اندازه‌گیری ۴۹۹۹۲ مگاوات ساعت که معادل ۰/۳۱ درصد از انرژی تحویلی به شبکه می‌باشد.

۴) برقهای غیر مجاز (۲) :

عمدتاً برقهای غیرمجاز در بخش خانگی است که در سال ۷۱ جمعاً ۵۹۳۷۱۹۰ مگاوات ساعت مصرف برق‌خانگی بوده که سرانه مصرف متوسط برای هر مشترک ۲/۵۰ مگاوات ساعت در سال شده است با در نظر گرفتن حدود ۴۴۹۰۰ هزار مصرف‌کننده غیرمجاز در برق تهران، مصرف برقهای غیرمجاز که بصورت تلفات انرژی محاسبه می‌گردد عبارت است از:

$$\text{مگاوات ساعت } ۴۴۹۰۰ \times ۲/۵۰ = ۱۱۲۲۵۰$$

که معادل ۰/۷۰ درصد از انرژی تحویل شده به شبکه می‌باشد.

جمع تلفاتی که از چهار بخش فوق‌الذکر حاصل می‌شود عبارت است از:

$$\text{درصد } ۲/۹۴ = ۰/۷۰ + ۰/۳۱ + ۰/۱۳۲ + ۱/۸$$

و با کسر آن از تلفات ۹ درصد شبکه برق تهران :

$$\text{درصد } ۶/۰۶ = ۲/۹۴ - ۹$$

تلفات بارداری شبکه معادل ۶/۰۶ درصد محاسبه می‌گردد و درصد افزایش تلفات

نامتعادلی بار نسبت به حالت تعادل عبارت خواهد بود از :

$$\text{درصد } ۰/۴ \approx \frac{۶/۵}{۱۰۰} \times ۶/۰۶$$

$$\text{مگاوات ساعت } ۶۳۵۲۸ = \frac{۰/۴}{۱۰۰} \times ۱۵۸۸۲۰۰۰$$

این مقدار تلفات انرژی حاصل از عدم تعادل‌بار در شبکه می‌باشد و خسارت ناشی از این بخش از تلفات (۶) با احتساب هر دلار ۲۳۴۵ ریال برای هر کیلووات ساعت حدود ۸۶/۸ ریال تمام می‌شود و خسارت سالیانه برابر است با :

$$۶۳۵۲۸۰۰۰ \text{ kw/h} \times ۸۶/۸ = ۵۵۱۴ \text{ میلیون ریال}$$

به عبارتی تلفات ناشی از عدم نامتعادلی‌بار نه تنها نزدیک به ۱۳۰۰ میلیون ریال در سال به برق تهران از جهت عدم فروش برق زیان می‌رساند (۲) بلکه از نظر هزینه‌های نیروگاهی برای تأمین این انرژی هدر رفته با فرض ۲۰ سال عمر متوسط نیروگاه سالیانه نزدیک به ۵/۵ میلیارد ریال به صنعت برق خسارت وارد می‌شود.

مقایسه عملکرد شرکت برق منطقه‌ای تهران در سال ۷۲ نسبت به قبل از آن :

شرح	واحد	۱۳۷۱	۱۳۷۲	درصد تغییرات
نیرورسانی				
انرژی تحویل به شبکه	میلیون کیلووات ساعت	۱۵۳۰۲	۱۵۸۸۲	۴/۵
حداکثر بار همزمان	مگاوات	۲۷۲۶	۲۸۲۸	۳/۷
حداکثر بار غیر همزمان	مگاوات	۳۲۸۲	۳۴۰۹	۳/۹
ضریب بار	درصد	۶۳/۷	۶۴/۱	۰/۶
فروش انرژی برق	میلیون کیلووات ساعت	۱۳۸۲۰	۱۴۴۵۴	۴/۶
تعداد مشترکین	هزار مشترک	۲۴۱۷	۲۵۲۳	۴/۴
شبکه انتقال نیرو				
تعداد پستهای ۴۰۰ کیلوولتی	ایستگاه برق	۳	۳	۰
ظرفیت پستهای ۴۰۰ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۰
طول خطوط ۴۰۰ کیلوولتی	کیلومتر مدار	۱۲۳۲	۱۲۳۲	۰
تعداد پستهای ۲۳۰ کیلوولتی	ایستگاه برق	۱۵	۱۵	۰
ظرفیت پستهای ۲۳۰ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۵۳۶۰	۵۵۷۵	۴
طول خطوط ۲۳۰ کیلوولتی	کیلومتر مدار	۱۶۹۷	۱۷۳۷	۳/۴
تعداد پستهای ۱۳۲ کیلوولتی	ایستگاه برق	۱	۱	۰
ظرفیت پستهای ۱۳۲ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۸۸	۸۸	۰
طول خطوط ۱۳۲ کیلوولتی	کیلومتر مدار	۵۴	۵۴	۰
شبکه فوق توزیع (۶۳ کیلوولتی)				
تعداد پستهای ۶۳ کیلوولتی	ایستگاه برق	۹۸	۱۰۶	۸/۲
ظرفیت پستهای ۶۳ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۵۹۹۸	۶۴۷۶	۸
طول خطوط هوائی ۶۳ کیلوولتی	کیلومتر مدار	۲۲۵۰	۲۳۲۹	۳/۵
طول خطوط زمینی ۶۳ کیلوولتی	کیلومتر مدار	۵۲۹	۵۵۶	۵/۱
شبکه توزیع نیرو				
تعداد کل پستهای ۲۰ کیلوولتی	دستگاه	۱۷۶۱۷	۱۸۶۸۱	۶
ظرفیت کل پستهای ۲۰ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۷۰۵۸	۷۴۵۱	۵/۶
تعداد پستهای هوائی ۲۰ کیلوولتی	دستگاه	۱۰۵۷۰	۱۱۳۸۰	۷/۷
ظرفیت پستهای هوائی ۲۰ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۱۹۵۸	۲۱۴۴	۹/۵
تعداد پستهای زمینی ۲۰ کیلوولتی	دستگاه	۷۰۴۷	۷۳۰۱	۳/۶
ظرفیت پستهای زمینی ۲۰ کیلوولتی	مگاولت آمپر	۵۱۰۰	۵۳۰۷	۴
طول خطوط هوائی ۲۰ کیلوولتی	کیلومتر	۵۶۷۲	۶۰۲۵	۶/۲
طول خطوط زمینی ۲۰ کیلوولتی	کیلومتر	۳۸۵۸	۳۹۶۶	۲/۸
طول خطوط هوائی فشار ضعیف	کیلومتر	۱۲۵۵۹	۱۳۳۹۵	۶/۷
طول خطوط زمینی فشار ضعیف	کیلومتر	۶۵۸۲	۶۸۸۳	۴/۶
تعداد روستاهای برق‌دار شده	روستا	۹۸۷	۱۰۰۵	۱/۸

نتیجه :

نامتعادلی‌بار در شبکه‌های توزیع نه تنها موجبْ افزایش تلفات انرژی است بلکه از لحاظ افت ولتاژ نیز اثرات نامطلوبی روی مصرف‌کنندگان خواهد داشت و از نظر ایمنی نیز جریان داشتن سیم خطر آفرین بوده و صدمات جانی برای انسان در بردارد. از طرفی اثرات مالی زیان‌باری که از این طریق بر وزارت نیرو وزیر مجموعه آن تحمیل می‌گردد قابل تعمق است. در صورتی که ضرائب بدست آمده در برق تهران را برای شبکه توزیع کشور تعمیم دهیم بطور اجمال به ارقام و اعداد زیر خواهیم رسید:

۱ ـ از ۶۵۹۷ میلیون کیلووات‌ساعت انرژی تحویل شده به شبکه سرتاسری در سال ۷۲ حدود ۴۲۰ میلیون کیلووات‌ساعت تلفات انرژی ناشی از سهم نامتعادلی‌بار در شبکه‌های توزیع کشور می‌باشد.

۲ ـ از ۱۸۲۱۲ مگاوات ظرفیت نامی نیروگاههای کشور حدود ۱۱۶ مگاوات برای تأمین تلفات نامتعادلی‌بار اشغال و مصرف می‌گردد.

۳ ـ ضرر و زیان ناشی از تلفات انرژی نامتعادلی‌بار سالانه بالغ بر ۳۶ میلیارد ریال برآورد می‌گردد.

پیشنهادات :

نظر به اینکه متعادل کردن بار فازها در مقایسه با ایجاد تأسیسات عمده نیروگاهی و شبکه‌های انتقال نیاز چندانی به منابع مالی و تجهیزات کلان ندارد شرکتهای توزیع با راههای عملی و سهل‌الوصول و با تجهیز کادر فنی و رسیدگی به شبکه‌ها تا اندازه قابل قبولی می‌توانند با تقسیم مناسب مصرف‌کننده‌ها روی فازهای شبکه و نصب خازن فشار ضعیف در محل مصرف‌کننده‌ها تعادل لازم را در توزیع بار و تعدیل تلفات اعمال کنند. اهم این اقدامات بطور خلاصه به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱ ـ از احداث شبکه‌ها به صورت تک فاز و حتی خطوط سرویس به صورت تک فاز جداً اجتناب ورزند و اگر واگذاری انشعاب سه فاز به جای انشعاب تک فاز فعلاً از لحاظ مقررات جاری مقدور نمی‌باشد تفهیم این مطلب به کادر طراحی و اجرائی شرکتهای توزیع حائز اهمیت است که خطوط سرویس را به صورت سه فاز دایر نمایند و مشترکین مجاور را از جعبه انشعاب سه فاز تأمین برق کنند و از احداث خط سرویسهای تک فاز جداگانه برای هر مشترک اجتناب نمایند.

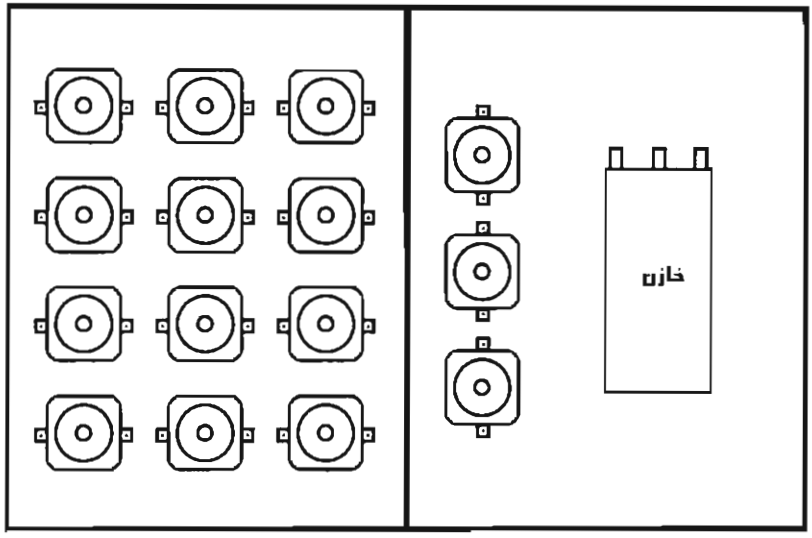
۲ ـ نصب خازنهای ۵ تا ۱۰ کیلوواری در محل جعبه انشعاب با توجه به ابعاد کوچک این خازنها که با قاب محافظ به اندازه جعبه انشعاب می‌باشد مورد توجه قرار گیرد، می‌توان با توجه به شکل (۱) جعبه انشعاب و جعبه خازن را به صورت یک ست در کنار هم نصب نمود. نظر به اینکه بهترین نقطه نصب خازن در محل مصرف‌کننده است و این نوع خازن بسیار ساده و سهل‌الوصول است و از این طریق نصب خازن در ظرفیتهای بزرگ که نیاز به بررسیهای وسیع شبکه از نظر نقاط بهینه و سرمایه‌گذاری و وقت زیاد دارد تا اندازه زیادی منتفی خواهد شد از طرفی استفاده از این نوع خازنها نه تنها در متعادل کردن شبکه نقش به سزائی خواهد داشت بلکه در اصلاح ضریب قدرت شبکه و آزاد نمودن ظرفیت نیروگاهها و شبکه‌های برق‌رسانی اثر بسیار قابل توجه و ارزنده‌ای دارد.

۳ ـ همانطور که در مقاله ملاحظه فرمودید متعادل کردن بار فازها با تقسیم‌بار و مساوی کردن آنها روی سه فاز شبکه کفایت ندارد و اگر ضریب قدرت فازها یکسان نباشد سیم نول دارای جریان برگشتی بوده و تلفات انرژی به همراه خواهد داشت لذا، تأکید این مورد بجا خواهد بود که در نصب خازن بهترین روش سنجش ضریب قدرت هر فاز بطور جداگانه خواهد بود که با این سیستم هم افزایش و هم یکسان شدن ضریب قدرت فازهای شبکه تأمین می‌گردد لذا ایجاب می‌کند تحقیق و بررسیهای لازم در موارد زیر توسط کارشناسان صنعت برق به عمل آید.

ـ طراحی و ساخت خازنهای کوچک از ۲/۵ تا ۱۵ کیلووار قابل نصب در محل جعبه انشعاب.

ـ طراحی و ساخت سیستم سنجش ضریب قدرت هر فاز بطور جداگانه با فرمان قطع و وصل برای وارد و خارج کردن مقدار خازن مناسب در هر فاز.

ـ جایگزینی انشعابهای سه فاز (۱۰×۳ و ۵×۳) آمپر به جای انشعابهای تک فاز (۲۵×۱ و ۱۵×۱) آمپر فعلی که در اکثر کشورهای اروپائی متداول است.



« شکل (۱) »
« جعبه انشعاب ۹ فیوزه با خازن سه فاز ۱۰ کیلوولت آمپر به
ابعاد ۱۰۰×۳۵۰×۵۰۰ میلی‌متر »

منابع و ماخذ :

۱) علی‌صفر نوراله "اثرات عدم تعادل‌بار در شبکه‌های توزیع" اولین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو، گیلان تیرماه ۱۳۷۰.

۲) کارنامه برق منطقه‌ای تهران سال ۱۳۷۲.

۳) قدرت‌اله حیدری، مسعود حجت "نقش ترانسفورماتورهای توزیع در تلفات شبکه" چهارمین کنفرانس شبکه‌ها توزیع نیرو ـ بندرعباس ـ فروردین ۱۳۷۳.

۴) رحیم سلیمان‌آذر، منصور یاوری "بررسی تلفات انرژی در شبکه برق هرمزگان" چهارمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو ـ بندرعباس ـ فروردین ۱۳۷۳.

۵) پوررفیع عربانی، فاخری "طراحی هادیهای خطوط فشار قوی" نشریه شماره ۴ برق سال ۱۳۶۸.

۶) سیدمحمد طباطبائی، قدرت‌اله حیدری، علیرضا شیرانی "زیانهای ناشی از تلفات انرژی الکتریکی در صنعت برق ایران" سومین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو شیراز اردیبهشت ۱۳۷۲.

۷) Electric Power Distribution System Engineering - Toran, Gonen.

۸) Power System Analysis C.A.Gross