بررسی تلفات بخاطر عدم تعادل بار ونقش جابجایی کابل سرویس مشترکین درکاهش آن

نورالله دهبندی مهدی متقی مجد

شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران

چکیده :

همه ساله مقدار زیادی ازبهترین وباارزش ترین انرژی های موجود یعنی انرژی الکتریکی قبل ازآنکه به مصرف‌کننده‌ها برسد تلف می‌شود این تلفات که بصورت میلیاردهاریال برگرده اقتصادمملکت سنگینی می‌کند هرچند حذف کامل آن غیر ممکن است ولیکن بررسی آن می‌تواند سرآغازی برای ابداع روشهائی درجهت کاهش آن درردەهای مختلف سیستم باشد.

بخش عظیمی ازتلفات شبکه سراسری درقسمت شبکه فشار ضعیف ایجادمیشودکه سهمی از آن نیز بخاطر عدم تعادل‌بار درشبکه‌های توزیع است. دراین مقاله ابتدا محاسبات تلفات این بخش انجام می‌یابد ودرانتهاجهت تقلیل آن به ارائه پیشنهاد خواهیم پرداخت.

شرح مقاله :

درشبکه فعلی توزیع برای برق رسانی به مشترکین ازسیستم سه فاز با چهار سیم استفاده می‌شود که سه تاازسیمها ،سیم فاز بوده وسیم چهارم بعنوان نول که به نقطه ستاره ترانسفورماتور وصل می‌باشد.

دراین شبکه اکثربارهاتکفاز بوده وبین یکی ازسیمهای فاز وسیم نول وصل می‌شود. ازآنجاکه تعداد انشعابها اغلب در روی هریک ازفازها مساوی نیست ودرصورت تساوی تعداد آنها،بعلت مصارف متفاوت مصرف‌کننده‌های تکفاز معمولا" جریانی ازسیم نول میگذرد.

بهمین دلیل شبکه توزیع عموماً ،شبکه نامتعادلی است. عدم تعادل این سیستم تبعات مختلفی را ایجاد می‌کند، که درابتدا عناوین آنها را بازگو کرده ودرانتها به تلفات انرژی که عمده‌ترین مشکل آن‌بوده، به تفصیل بحث وبررسی میگردد.

۱- تبعات نامتعادلی بار

۱-۱ افزایش تلفات قدرت - تلفات قدرت دراثر نامتعادلی بارشبکه رابا‌ید دردو مورد جداگانه یعنی تلفات قدرت درفازها وتلفات قدرت در سیم نول جستجو نمود قابل توجه آن‌که تلفات قدرت درفازها در حالت عدم تعادل باربیش از تلفات درحالت تعادل باربوده که به آن تلفات در نول هم اضافه خواهد شد[۱] همچنین اکثراً مقاطع سیمها درنول نصف مقاطع سیم فازها می‌باشد. وباتوجه به این امرمقاومت اهمی سیم نول حدود دوبرابر مقاومت سیم فازهاشده وتلفات درصورت جریانهای کم عبوری ازآن بازهم قابل توجه است .

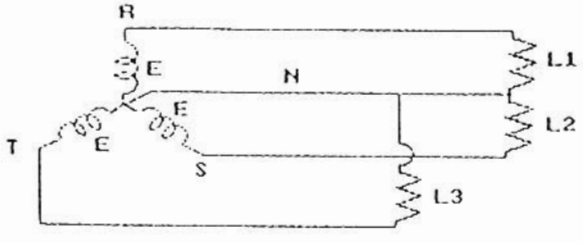
۱-۲ افت ولتاژ دراثر نامتعادلی - حتی اگر مقاطع سیمهای فاز درشبکه‌را یکسان فرض کنیم که دارای امپدانس مساوی خواهد شد، دراثر عبور جریان نابرابر، سیمهای فازافت ولتاژ متفاوتی داشته، ودرنتیجه دارای ولتاژ نامتعادلی درطرف مصرف‌کننده‌هابخصوص موتورهای سه فاز خواهند بود.این موضوع اثرات نامطلوب برمصرف‌کننده‌های سه فاز خواهدگذاشت.[۲]

۱-۳ خطرات ناشی ازجریان دارشدن سیم نول - بانامتعادل شدن جریان درسیستم سه فازو عبور جریان ازسیم نول ،سیم نول نسبت به زمین دارای ولتاژی می‌شود که درصورت عبور از حد مجاز از نظر ایمنی نامطلوب بوده،و چنانچه مصرف‌کننده با سیم نول تماس حاصل کند احتمالا" باعث برق گرفتگی اوخواهد شد.

علاوه‌برمسائل یادشده زیادبودن نامتعادلی بارشبکه باعث وضعیت نامطلوبی دراجزاء دیگر شبکه از جمله ترانسفورماتورها خواهد شد. بعنوان مثال بعلت عدم تعادل بار ممکن است ،باریکی ازفازهای ترانسفورماتورازبارنامی افزایش یابد. این‌امردرزمانی که حتی بارترانس کمتراز بارنامی آن است سبب عدم بهره‌برداری بهینه از ترانسها ،گرم شدن وفرسوده شدن ترانس ودرنتیجه خسارتهای زودرس ترانسفورماتور خواهد شد.[۳]

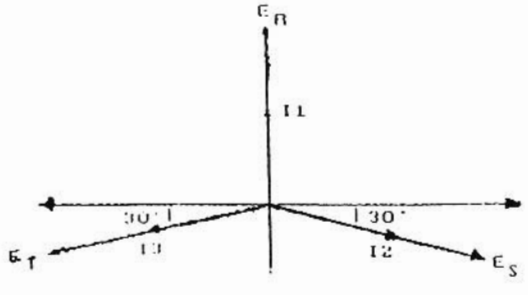
۲- محاسبات حالت نامتعادلی

برای انجام محاسبات مربوط به نامتعادلی بار درشبکه‌های اهمی کامل شکل (۱) راکه نمایشگر یک منبع نیرو (ثانویهٔ یک ترانس ۲۰/۰۴ کیلوولت) ویک خط فشارضعیف با بارهای L_1 و L_2 و L_3 می‌باشد درنظرمی‌گیریم :[۴]



(شکل ۱) مدارمعادل یک خط فشارضعیف شبکه توزیع

می‌دانیم که برای بار اهمی خالص ضریب قدرت یک می‌باشدپس از سیمهای فاز سه جریان واته I_1 و I_2 و I_3 می‌گذرد و دیاگرام برداری ولتاژ و جریانها مطابق شکل (۲) می‌باشد.



شکل (۲) دیاگرام برداری ولتاژوجریان

۲-۱ محاسبه جریان سیم نول

جریان درسیم‌نول‌باتوجه‌به‌دیاگرام‌برداری فوق و تصویر جریانها برمحورهای xوyبه طریق زیرانجام می‌گیرد. [۴]

$$In(x) = I_2 \cos 30 - I_3 \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}(I_2 - I_3)$$

$$In(y) = I_1 - I_2 \sin 30 - I_3 \sin 30 = I_1 - \frac{1}{2}(I_2 + I_3)$$

$$In = \sqrt{In(x)^2 + In(y)^2}$$

$$\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 - I_1I_2 - I_1I_3 - I_2I_3} \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

که اگر دررابطهٔ (۱) I1 = I2 = I3 باشد می‌بینیم In = 0 خواهدشد.

۲-۲ مقایسه‌تلفات درحالات متعادل ونامتعادل : تلفات سیمهای فاز درحالت نامتعادل PL_{ub} که به ترتیب از آنها جریانهای I_1 و I_2 و I_3 میگذرد برابر خواهد بود. $PL_{ub} = RI_1^2 + RI_2^2 + RI_3^2$

دراینحالت فرض براین است که هرسه‌باردریک محل ازخط واردمیشوندومقطع سیمهای فازیکسان است مقاومت اهمی هرسه‌فازبرابرومساوی R خواهدبود.حال‌اگرفرض کنیم‌که سه بار فوق بطور متعادل بین سه فاز تقسیم شده بودند درنتیجه ازسه فازجریان متساوی Iکه میانگین سه جریان I1 و I2 و I3 می‌باشد می‌گذشت.

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I3}{3}$$

درنتیجه تلفات فازها درحالت متعادل برابراست با:

$$PLb = 3.R.I^2 = R.\frac{(I_1+I_2+I_3)^2}{3} \qquad (۲)$$

باتوجه به موارد فوق‌الذکر تفاوت تلفات درحالت نامتعادل ومتعادل برابراست با:

$$(\triangle p) = PLub - PLb \qquad (۳)$$

$$(\triangle p) = \frac{2}{3} R(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 - I_1.I_2 - I_1.I_3 - I_2.I_3) \qquad (۴)$$

باتوجه به نامساوی کوشی که بصورت زیرمیباشد: [۴]

$$I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 \geq I_1I_2 + I_2I_3 + I_1I_3 \qquad (۵)$$

درنتیجه‌تلفات درحالت نامتعادل‌همواره بیش ازتلفات درحالت متعادل خواهد بود. که درهمین

جایکی ازاثرات نامناسب وغیراقتصادی نامتعادلی بارآشکار می‌شودو این تازه بدون احتساب درسیم نول می‌باشد.

۳-۲- تلفات درسیم نول - باتوجه به مقدار In که در رابطهٔ (۱) به آن اشاره گردید و همچنین بافرض Rn برای مقاومت نول میتوان تلفات درسیم نول رااز رابطهٔ (۵) بدست آورد:

$$PLn=Rn.In^2 \qquad (۶)$$

$$PLn= Rn.(I_1^2+I_2^2+I_3^2-I_1.I_2-I_1.I_3-I_2.I_3) \qquad (۷)$$

۴-۲ - محاسبه کل تلفات نامتعادلی -باتوجه به موارد فوق‌الذکرمیتوان مقدارتلفات کل را درحالت نامتعادل بشرح زیربدست آورد:

$$PL=PLub + PLn \qquad (۸)$$

باجاگذاری مقادیر PLnوPLub دررابطهٔ ۸ میتوان مقدار تلفات کل رادردوحالت مختلف یعنی Rn=R و Rn=2R از روابط ۹ و ۱۰ بدست آورد.

$$PL_1= R.(2I_1^2+2I_2^2+2I_3^2-I_1.I_2-I_2.I_3-I_1I_3) \qquad (۹)$$

$$PL_2= R.(3I_1^2+3I_2^2+3I_3^2-2I_1I_2-2I_2I_3-2I_1I_3) \qquad (۱۰)$$

و تفاوت تلفات درحالت برابری مقاومت سیمهای نول و فاز برابر است با:

$$\text{ازدیاد تلفات} = \frac{5}{3} R\ (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 - I_1I_2 - I_2I_3 - I_1I_3) \qquad (۱۱)$$

درصورتیکه مقاومت سیم نول دوبرابر سیم فازباشد مقدارازدیاد تلفات برابراست با:

$$\text{ازدیاد تلفات} = \frac{8}{3} R(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 - I_1I_2 - I_2I_3 - I_1I_3) \qquad (۱۲)$$

ویابعبارت دیگر: [4]

$$\text{ازدیادتلفات} = \frac{4}{3} \text{ (تلفات درسیم نول)}$$

حال که تاحدودی بامحاسبات تلفات درنول آشنا شدیم ومتوجه شدیم بعلت عدم تعادل باردر شبکه تلفات فازها نیز به آن افزوده خواهد شد و دانستیم که تلفات درحالت نامتعادل باتوجه به اینکه

مقطع سیم نول نصف مقطع سیم فاز باشد ازفرمول (تلفات درنول) $\triangle p = \frac{۴}{۳}$ محاسبه خواهدشد. پس می‌توانیم تلفات درنول رابه روش اندازه‌گیری بار محاسبه نمائیم .

۳- بررسی عملی

برای بررسی حالت عملی ، یک نمونه شبکه درشهرساری درنظر گرفته‌شد که مشخصات شبکه‌را بهمراه نقشه به هنگام جمع‌آوری اطلاعات برای مکانیزه نمودن شبکه‌یادشده در دسترس داشتیم ابتدا در شبکه یاد شده بارگیری به عمل آمد (زمان پیک مصرف) بار شبکه درورودی وخروجیها بشرح ذیل بوده :

		R = ۸۰ A
	خروجی ۱	S = ۶۰ A
		T = ۲۰ A
R = ۱۲۰ A		
S = ۷۵ A	ورودی	
T = ۳۵ A		
N = ۷۵ A		
		R = ۴۵ A
	خروجی ۲	S = ۲۰ A
		T = ۲۰ A

قابل یادآوریست درزمان قبل ازاصلاح شبکه یعنی جابجائی انشعاب در روی فازها ، تعداد مشترکین روی سه فاز بشرح ذیل بوده :

مشترک R = ۴۵

مشترک S = ۳۱

مشترک T = ۲۲

باجابجائی انشعابها درروی فاز وتعدیل آن تعداد مشترکین به شرح ذیل در روی فازها قرار گرفتند.

مشترک R = ۳۲

مشترک S = ۳۳

مشترک T = ۳۲

		خروجی ۱	R = ۷۵ A S = ۵۰ A T = ۴۵ A
ورودی	R = ۱۰۰ A S = ۹۰ A T = ۹۵ A N = ۲۳ A		
		خروجی ۲	R = ۲۷ A S = ۳۲ A T = ۴۲ A

همانطوریکه‌ازنتیجه‌امرمشاهده‌میشود بارفازهاتقریباًمتعادل گشته وجریان نول از۷۵ آمپربه ۲۳ آمپر تنزل یافته است که نشانگر نتیجه مطلوب ازاصلاح عیب بوده وکاهش جریان نول رابمقدار ۵۲=۲۳-۷۵آمپر نشان می دهد .

برای محاسبه کاهش تلفات مربوطه‌در دو خروجی موردنظرباتوجه به اینکه طول آنها مجموعاً ۹۰۰متر وطول هریک هریک ۴۵۰ متر میباشد وتلفات توان در هر خروجی را محاسبه کردیم ضمن آنکه جریان نول هر یک از خروجی‌ها ۲۶=۲:۵۲ آمپر محاسبه گردیده .

۴- محاسبه تلفات انرژی

برای محاسبه تلفات انرژی درخطوط مورد مطالعه میتوان ازرابطهٔ زیراستفاده نمود:

$$EL = T.PL.Lsf \qquad (۱۲)$$

دراین رابطه EL تلفات انرژی PL تلفات توان و Lsf ضریب تلفات میباشد بمنظور آشنایی با روش کار لازم است ضریب بار وضریب تلفات بشرح زیر تعریف شود :

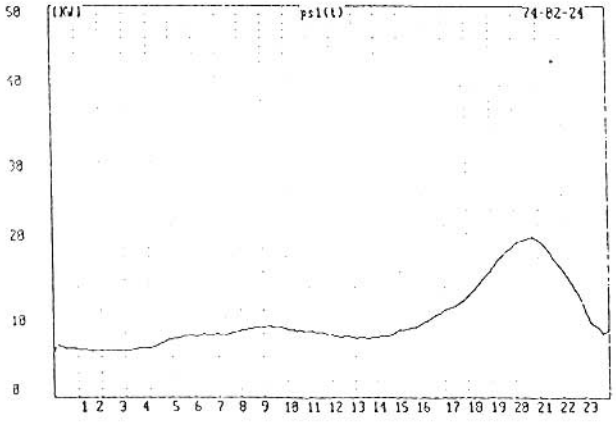
۱-۴- ضریب بار- نسبت انرژی مصرفی متوسط ساعتی دریک دوره مشخص به پیک بارهمان دوره را ضریب بار گویند. که فرمول آن چنین میباشد :

$$L_{.F} = \frac{Pav}{Pmax}$$

متوسط ضریب بار سالیانهٔ چندمنطقهٔ مختلف ایران به صورت ذیل اعلام شده‌است . [۶]

ضریب بار مناطق صنعتی حدود	۰/۷۵
ضریب بار شهرهای بزرگ حدود	۰/۶۵
ضریب‌بارمناطق شهری‌معمول‌حدود	۰/۵۵
ضریب بار مناطق کشاورزی	۰/۵
ضریب بار مناطق گرمسیری	۰/۴

جهت تعیین ضریب باروا‌قعی منطقه یادشده با استفاده ازدستگاه سنجش رفتار بار که قابلیت سنجش جریان عبوری درهر فاز و ثبت آن ، بار لحظه‌ای برحسب کیلووات ورسم منحنی های مربوطه راداشته استفاده نموده وهمزمان انرژی فروخته شده درروی یک خروجی را بااستفاده از کنتور نصب شده اندازه‌گیری نمودیم مقدارانرژی فروخته شده مقدار ۲۴۶ کیلووات ساعت رانشان داده و منحنی ثبت شده دردستگاه سنجش رفتار بار به‌شکل زیر ترسیم گردید.



شکل (۳) - منحنی ثبت شده دردستگاه سنجش رفتاربار

لذا بااستفاده ازروابط یادشده مربوطه ضریب بار منطقهٔ فوق به شکل زیر تعیین شد.

$$L_f = \frac{246}{24 \times 21} = 0.49$$

۲-۴- ضریب تلفات

- (Loss Factor) نسبت متوسط تلفات توان به تلفات در پیک راضریب تلفات گویند .

$$\text{ضریب تلفات} = \frac{\text{متوسط تلفات توان}}{\text{تلفات درپیک}}$$

درمرجع [۵] رابطهٔ بین ضریب بار وضریب تلفات بصورت زیرتعریف شده‌است :

$$Lsf = 0.3\ Lf + 0.7Lf^2 \qquad (۱۳)$$

باتوجه به اینکه ازاین فرمول درایران استفاده شده وملاحظه گردید که برای تمام

مصارف پاسخ درستی نمی‌دهد ومدلهای هرکشور می‌بایست مطابق باشرایط همان کشور باشد کاری که دراین زمینه درایران انجام شده این‌است که ضریب تلفات راباضریبی بنام K درفرمول زیرارتباط داده که مقدار متوسط K باتوجه به ضریب بارهای مختلف ارائه شده درقبل بشرح زیراست:[6]

$$LSf = K.Lf^2 \qquad (۱۴)$$

برای مناطق با ضریب باری درمحدوده ۰/۷۵ مقدار ۱/۰۳ = K

برای مناطق باضریب باری درمحدوده ۰/۶۵ مقدار ۱/۰۷ = K

برای مناطق با ضریب باری درمحدوده ۰/۵۵ مقدار ۱/۰۹ =K

برای مناطق با ضریب باری درمحدوده ۰/۵ مقدار ۱/۱۱ =K

برای مناطق با ضریب باری درمحدوده ۰/۴ مقدار ۱/۱۳ =K

بنابراین با توجه به مطالب بالا مقدار ضریب تلفات خواهد بود :

$$Lsf = K\,(Lf)^2 = 1.11 \times (0.49)^2 = 0.266$$

بنابراین انرژی تلف شده درنمونه اندازه‌گیری طبق محاسبات زیرانجام خواهدشد.

$\triangle p = \frac{۴}{۳}$ (تلفات درنول)

تلفات در نول $= RI^2$

$$R = \frac{1}{3} \times \frac{450}{56 * 25} = 0.1 \quad \Omega$$

تلفات درپیک $\triangle p = \frac{4}{3}[(\ ۰/۱ \times (26)^2\ )] = 90w$

متوسط تلفات توان = ۲۳/۹۴ w $\qquad$ $\frac{\text{متوسط تلفات توان}}{۹۰} = ۰/۲۶۶$

متوسط تلفات توان دردو خروجی $\qquad$ ۲۳/۹۸×۲ = ۴۷/۸۸ w در دو خروجی

انرژی تلف شده درسال $\qquad$ ۴۷/۸۸×۸۷۶۰=۴۱۹ kwh **(کیلووات‌ساعت)**

قیمت‌انرژی تلف شده درسال (ریال) $\qquad$ ۴۱۹×۳۵=۱۴۶۶۵

باتوجه به اینکه آمار ارائه شده توسط تکنسین مسئول جابجایی انشعاب‌ها ۱۲ مورد بوده است .

برای هرانشعاب . $\qquad$ ریال $\qquad$ ۱۴۶۶۵:۱۲=۱۲۲۲

این شبکه توسط تیم مکانیزه نمودن شبکه‌های توزیع شناسایی شده یعنی درفرمهای مخصوص مکانیزه نمودن دقیقا" تعداد انشعابهای روی هرگره یاتیرمشخص شده ونقشه شبکه مربوطه هم دردسترس بوده‌است لذا تصمیم‌گیری برای جابجایی انشعابها راسریعترانجام داده‌که در محاسبات‌میبایست شناسائی شبکه‌وکارمربوط به‌آن نیزاضافه گردد.دونمونه کارانجام شده به روش یاد

شده در امور برق بهشهر انجام گردیده‌که مشخصات بار ترانس قبل ازجابجائی انشعاب وبعداز جابجائی انشعاب درجداول ۱ و ۲ آورده شده و محاسبات مربوطه نیز نشان داده شده است.[۷]

	مقطع نول mm^2شبکه	طول شبکه (متر)	N	T	S	R	نام خروجیها
بارفازها قبل از جابجائی انشعابها	۲۵	۲×۳۶۰	۱۶۰	۱۵۰	۳۱۰	۱۶۰	کلید کل
	۲۵	۳۶۰	۷۵	۹۰	۱۵۵	۹۰	خروجی به طرف اداره برق
	۲۵	۳۶۰	۹۵	۶۵	۱۵۰	۶۵	خروجی به طرف نانوائی
بارفازهابعداز جابجائی انشعابها	۲۵	۲×۳۶۰	۵۰	۱۶۰	۲۴۰	۲۰۰	کلید کل
	۲۵	۳۶۰	۴۰	۸۵	۱۲۰	۹۵	خروجی به طرف اداره برق
	۲۵	۳۶۰	۴۵	۷۵	۱۰۰	۹۰	خروجی به طرف نانوائی

جدول (۱) مقادیر بار ترانسفورماتور شماره ۱ قائم درامور برق بهشهر

محاسبات برای خروجی اول

$$R=\frac{1}{3}\left(\frac{360}{56\times25}\right)=0/0857$$

$$\triangle I_N=75-40$$

تلفات درپیک

$$\triangle p=\frac{4}{3}(RI^2)=\frac{4}{3}(0/0857)(35)^2=140w$$

تلفات متوسط توان

$$140\times0/266=37/24w$$

انرژی تلف شده درسال (کیلووات‌ساعت)

$$37/24\times8760=326$$

قیمت انرژی تلف شده(ریال)

$$326\times35=11410$$

محاسبات برای خروجی دوم :

$$\triangle I_N=95-45=45$$

$$R=\frac{1}{3}\left(\frac{360}{56\times25}\right)=0/0857$$

تلفات توان درپیک

$$\triangle I_N=\frac{4}{3}(RI^2)=\frac{4}{3}(0/0857\times(45)^2=231/39w$$

تلفات توان متوسط ۲۳۱/۳۹×۰/۲۶۶=۶۱/۵۵w

انرژی تلف شده درسال (کیلووات‌ساعت) ۶۱/۵۵×۸۷۶۰=۵۳۹

قیمت انرژی تلف شده درسال (ریال) ۵۳۹×۳۵=۱۸۸۶۵

قیمت انرژی تلف شده برای خروجی (ریال) ۱۱۴۱۰+۱۸۸۶۵=۳۰۲۷۵

باتوجه به اینکه تعداد انشعابهای جابجا شده ۲۵ موردبوده: ۳۰۲۷۵:۲۵=۱۲۱۱

پس ازنقطه‌نظر اقتصادی جابجایی هرانشعاب بمقدار ۱۲۱۱ ریال صلاح وصرفه داشته که تازه فقط برای یکسال محاسبه شده که البته می‌شود برای سالهای بعدنیز روی جلوگیری ازتلفات انرژی حساب کرد.

	مقطع نول شبکه mm^2	طول شبکه (متر)	N	T	S	R	نام خروجیها
	۲۵		۱۶۰	۱۴۰	۲۶۰	۱۵۰	کلید کل
بارفازها قبل از جابجائی انشعابها	۲۵	۵۴۰	۲۸	۸۸	۷۵	۷۵	خروجی به‌طرف‌سنگ‌فرش خیابان
	۲۵	۱۶۰	۸۰	۴۰	۱۶۰	۸۰	خروجی به طرف اداره برق
	۲۵	۱۸۰	۱۰	۲۲	۱۲	۱۰	خروجی به طرف‌نانوائی
بارفازهابعداز جابجائی انشعابها	۲۵		۵۰	۲۰۰	۲۴۰	۲۴۰	کلید کل
	۲۵	۵۴۰	۲۵	۹۰	۷۵	۷۵	خروجی‌به‌طرف‌سنگ‌فرش خیابان
	۲۵	۱۶۰	۱۰	۱۱۰	۱۴۰	۱۲۰	خروجی‌به‌طرف‌اداره‌برق
	۲۵	۱۸۰	۲	۱۰	۵	۵	خروجی‌به‌طرف نانوائی

جدول (۲) مقادیر بار ترانسفورماتور شماره ۲ (چهارراه‌قائم) اموربرق بهشهر

محاسبات‌برای خروجی اول : $R = \frac{1}{3}(\frac{540}{25\times56}) = 0/128$

$\triangle I_N = 28-25=3$

تلفات توان در پیک $\triangle p=(۰/۱۲۸)\ (۳)^2 = ۱/۱۵۲\ w$

تلفات متوسط توان $۱/۱۵۲\times۰/۲۶۶=۰/۳۰۷\ w$

تلفات انرژی دریکسال (کیلووات ساعت) $۰/۳۰۷\times۸۷۶۰=۲/۶۸۹$

قیمت انرژی تلف شده (ریال) $۲/۶۸۹\times۳۵=۹۴/۱۲۶$

محاسبات برای خروجی دوم

$\triangle p=\frac{۱}{۳}(\frac{۱۶۰}{۵۶\times۲۵})=۰/۰۳۸$

$\triangle I_N=۸۰-۱۰=۷۰$

تلفات توان در پیک $\triangle p =۰/۰۳۸(۷۰)^2=۱۸۶/۲\ w$

تلفات متوسط توان $۰/۲۶۶\times۱۸۶/۲=۴۹/۵۲w$

تلفات انرژی دریک سال (کیلووات‌ساعت) $۴۹/۵۲\times۸۷۶۰=۴۳۳/۸$

تلفات ریالی دریک سال (ریال) $۴۳۳/۸\times۳۵=۱۵۱۸۳$

محاسبات برای خروجی سوم

$\triangle IN =۱۰-۲=۸$

تلفات توان در پیک $=۰/۰۴۲\ (۸)^2 = ۲/۶۸$

تلفات متوسط توان $۲/۶۸\times۰/۲۶۶=۰/۷۱۵w$

تلفات انرژی دریکسال (کیلووات‌ساعت) $۰/۷۱۵\times۸۷۶۰=۶/۲۶$

قیمت انرژی تلف شده (ریال) $۶/۲۶\times۳۵=۲۱۹$

جمع تلفات انرژی درسه خروجی دریکسال (ریال) $۹۴/۱۲۶+۱۵۱۸۳+۲۱۹=۱۵۴۹۶$

چون تعداد انشعابات جابجاشده ۱۰ موردبوده‌است بنابراین :

$۱۵۴۹۶:۱۰=۱۵۴۹$

۵- نتیجه‌گیری :

بررسی‌های انجام شده دراین مقاله نشان می‌دهد که بخشی ازتلفات شبکه فشار ضعیف توزیع بعلت عدم تعادل بار شبکه می‌باشد، بنابراین درجهت رفع این مشکل می‌توان باتشکیل

گروه‌تعادل‌باردر امورهای توزیع برق مرکب ازیک تکنسین وچند سیمبان نسبت به رفع این مشکل اقدام نمود. البته باتوجه به کمبود پرسنل درسیستم می‌توان به روشی که در شرح مقاله آمده است با دادن طرح کارانه به همکاران باروش محاسباتی انجام شده نسبت به انجام این مهم درساعات غیراداری اقدام ،که هم نسبت به ایجاد تعادل درشبکه کمک نموده وهم انگیزه‌های مالی درهمکاران را بالا می‌برد.

۶- منابع :

۱- عدم تعادل باردرشبکه‌های توزیع - صفر نورالله - اولین کنفرانس توزیع گیلان

۲- بررسی اثرات عدم تعادل بار - علی‌اکبر محسنی شوشتری - پنجمین کنفرانس توزیع خراسان .

۳- بررسی علل‌سوختن‌ترانسهای‌توزیع وراههای جلوگیری‌ازآن - علی فیاض - غلامحسن عبدی - هفتمین کنفرانس بین‌المللی برق.

۴- بررسی اثرات عدم تعادل درشبکه توزیع - ستاد سازندگی وآموزش وزارت نیرو وجهاد دانشگاهی اصفهان.

5- TURAN GONEN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING

6- GH.Heidari, "Experiment/mathemamatical for loss Factor", IEEE-naps, Nevada, USA, Oct.1992

۷- آرشیوکمیته کاهش تلفات انرژی شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران