بررسی زیانهای ناشی از ظرفیت منصوبه اضافی و تلفات حاصل از آن در ترانسفورماتورهای توزیع روستایی با استفاده از اندازه گیری وات سرانه روستایی کرمانشاه در تابستان 1382

کیکاوس رمضانی
شرکت توزیع نیروی برق استان کرمانشاه - امور نظارت بر بهره برداری

واژه های کلیدی : وات سرانه ـ تلفات بارداری ـ تلفات بی باری ـ ظرفیت منصوبه اضافی ـ درصد بار گیری ـ ارزش دیماند- ضریب بهره برداری وضریب بار

چکیده:

بررسی ومطالعه تلفات انرژی الکتریکی به دلیل خسارت عظیمی که بر صنعت برق وارد میکنداز اهمیت ویژه ای بر خوردار است لذا ضروری است عوامل و اجزاء تلفات در شبکه های توزیع شناسایی وراههای عملی کاهش آن مشخص گردد. بدون شک ترانسفور ماتورها یکی از عوامل تلفات در شبکه های توزیع می باشند و باتوجه به اهمیت فراوان ونقش حیاتی و گستردگی آنها در شبکه و هزینه های سرمایه گذاری احداث و بهره برداری به منظور سرویس استاندارد با قابلیتهای بالا، لزوم بررسیهای اقتصادی به موازات ملاحظات فنی برای انتخاب وبرآورد ظرفیت مناسب و بار گیری بهینه از آن از اهمیت ویژه ای بر خوردار میباشد.د رغیر اینصورت علاوه بر اثار زیانبار آن از لحاظ فنی بر شبکه های توزیع ،بار مالی فراوانی بر شرکتهای برق تحمیل نموده وهزینه های سرمایه گذاری و تعمیرات افزایش میابد.بنابراین رعایت ملا حظات فنی واقتصادی در انتخاب نوع، قدرت و محل نصب ترانسهای شهری و روستایی امری اجتناب نا پذیر است. در این مقاله سعی شده با استفاده از نتایج اندازه گیری وات سرانه خانوارهای روستایی در تابستان 82 کرمانشاه تبعات اقتصادی و فنی ناشی ازعدم توجه به انتخاب ظر فیت متناسب با بار ترانسهای روستایی بررسی و تحلیل گردد ،

شرح مقاله:

استان کرمانشاه بدلیل مرزی بودن مانند سایر نقاط مرزی کشور اسلامی در اوایل جنگ تحمیلی آماج تاخت و تاز دشمن بعثی عراق قرار گرفت و بسیاری از شهرها وروستاهای آن تخریب و تاسیسات الکتریکی بسیاری از روستاها منهدم و یا بشدت آسیب دید.علاوه برآن تعدادزیادی از روستاها در آن زمان فاقد برق بود و بدلیل مشکلات ناشی از جنگ دولت فرصتی جهت برقرسانی پیدا نکرد. پس از پایان جنگ و شروع دوران بازسازی وبازگشت روستائیان عزیز، دولت مصمم به برقرسانی و سایر خدمات گردید.جهت تسریع در کار،اجرای برقرسانی به جهاد سازندگی و سایر پیمانکاران واگذار گردید. درآن زمان جهت تسریع درکار مسائل مهم فنی و اقتصادی از جمله توجه به نوع و قدرت ترانسهاو سایر پارامترها بطور جدی مد نظر قرار نگرفت .لذا ظرفیت منصوبه اکثر ترانسهای روستایی متناسب با نیاز واقعی روستائیان انتخاب نگردید، و حتی در روستاهای با خانوارهای پایین ترانسهای 100یا200کیلو ولت آمپر نصب گردید،

دراین مقاله سعی شده است بر اساس اندازه گیری وات سرانه خانوارهای روستایی و انتخاب 104 روستای نمونه از کل استان در تابستان 82و تعمیم آن به تمام روستاهای استان ظرفیت منصوبه کل روستاها محاسبه و بر

اساس قدرت مصرفی واقعی در پیک بار ظرفیت مورد نیازروستاها مشخص و ظرفیت منصوبه اضافی شناسایی گردد. همچنین سهم تلفات بی باری و بارداری مشخص و با توجه به ارزش دیماند تلفات انرژی محاسبه و ضررهای ناشی از ظرفیتهای منصوبه اضافی تجزیه و تحلیل گردد ،

1-نحوه اندازه گیری وات سرانه خانوارهای روستایی:

با هدف مطالعه تلفات ترانسفورماتورهای روستایی ومشخص کردن مصر ف واقعی روستاها در پیک بارجهت براورد بار و برنامه ریزی های اینده در تیر ماه ومرداد ماه1382امور بهره برداری شرکت توزیع کرمانشاه اقدام به اندازه گیری وات سرانه خانوارهای روستایی نمود. بر این اساس تعداد 104 روستا از میان 13 شهرستان و مرکز استان و با تقسیم بندی روستاها به سه سطح مرفه ، متوسط و ضعیف انتخاب و واحدهای فنی مربوطه با مراجعه به روستاهاودر ساعت پیک بار روستایی (ساعت 21الی22/30) اقدام به اندازه گیری پارامترهای الکتریکی مورد نظر نمود،

جدول شماره(1)نشاندهنده یک نمونه از مقادیر عددی پارامترهای وات سرانه خانوارهای روستایی مربو ط به شهرستان سرپل ذهاب میباشد. وجدول شماره (2) کلیه اطلاعات اندازه گیری شده مربوط به وات سرانه خانوارهای روستایی نمونه شامل(ضریب توان.ظرفیت منصوبه و،،،)درکل شهرستانهای استان را نشان میدهد ،

2-تلفات انرژی در ترانسفورماتورها :

به طور کلی تلفات در ترانسفورماتورها شامل دو بخش عمده تلفات بارداری و بی باری میباشد اما عوامل [10] دیگری شامل کثیفی روغن – جذب رطوبت توسط روغن –لجن گرفتگی دور سیم پیچها–اتصال کوتاههای متوالی بر روی فیدر ثانویه و.. نیز در تلفات نقش دارند،

2-1تلفات بارداری(مسی):

این تلفات عبارت است از قدرت جذب شده اکتیو در فرکانس نامی شبکه [2و4] در حالیکه یک سیم پیچ دارای جریان نامی و سیم پیچ دیگر اتصال کوتاه شده باشد. این نوع تلفات شامل چهار بخش تلفات ناشی از جریان بار –تلفات مسی ناشی از جریان تامین کننده تلفات– تلفات جریان فوکووتلفات ایجاد شده در درپوش دیواره های تانک در اثر شار نشتی میباشد،

تلفات بارداری بطور کلی با مربع جریان بار متناسب بوده واز رابطه زیر بدست می اید:

$$P_{cu}=R_{eq1}I_1^2=R_{eq2}I_2^2 \qquad (1$$

با استفاده از فن آوری امروزی و صرف هزینه این نوع تلفات قابل کاهش است اما این امر باعث گرانی قیمت ترانس شده ودر مقایسه با سود حاصل ازکاهش تلفات مقرون به صرفه نمیباشد ،

بطور کلی در ظرفیتهای متوسط در شبکه های توزیع تلفات مسی 1/4 درصد ظرفیت اسمی ترانس میباشد،

2-2 تلفات بی باری (آهنی):

این تلفات عبارت است ازقدرت جذب شده اکتیو توسط ترانس در حالیکه به یک [2و4] طرف آن ولتـاژ نـامی بـا فرکانس شبکه اعمال و طرف دیگر آن باز باشد. تلفات هسته به جریان بار ونوع آن وابسته نبـوده وشـامل تلفـات هیسترزیس- تلفات فوکو وتلفات بی باری اضافی میباشد ،

این نوع تلفات بطور کلی از روابط زیر بدست میاید:

$P_{fe}=p_h+p_f$ (2

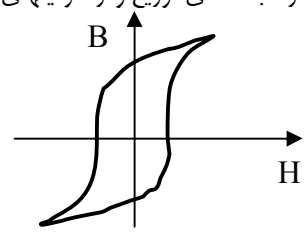
3) تلفات هیسترزیس $P_h=K_hB^{1.6}F$

4) تلفـات فوکـو $P_f=K_fB_m^2F^2$

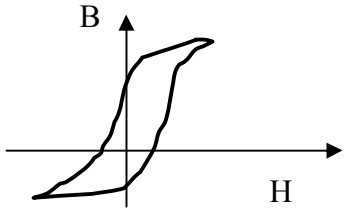
لازم به یاداوری است با صرف هزینه میتوان این نوع تلفات رانیز کاهش داد. به عنوان مثـال بـا حلقـوی کـردن هسته ترانس منحنی B-H خطی شده وتلفات هیسترزیس کاهش می یابد.در این حالت سطح زیـر منحنـی کـه متناسب با تلفات هیسترزیس میباشد کاهش می یابد. [3]

شکل (1)نشاندهنده منحنی هیسترزیس مربوط به هسته معمولی و شـکل (2) مربـوط بـه هـسته حلقـوی اسـت وهمانگونه که ملاحظه میشود در شکل (2) سطح زیر منحنی کاهش یافته است،

بطور کلی در شبکه های توزیع ودر ظرفیتهای متوسط تلفات بی باری 2/درصد ظرفیت اسمی ترانس میباشد،



شکل(1) منحنی هیسترزیس با هسته معمولی



شکل(2) منحنی هیسترزیس با هسته حلقوی

3-بارگیری اقتصادی از ترانسفورماتورهای توزیع:

علاوه بر رعایت جنبه های علمی وفنی در طراحی وانتخاب ترانسها ،از لحاظ اقتصادی لازم است [5و9] تناسـبی بین در صد بارگیری ترانسها تعریف شده و از نظر اقتصادی زیانهای ناشی از عدم تناسب بار مـصرفی بـا ظرفیـت منصوبه بررسی گردد،

بطور کلی هزینه های شبکه های توزیع به صورت زیر میباشد:

R_{tot} = هزينه سرمايه گذاري+هزينه تعميرات و نگهداري+هزينه تلفات (5

3 -1 هزینه سرمایه گذاری ثابت شامل قیمت خرید ترانس و نصب ان بازائ هـر کیلوولـت امپـربعلاوه هزینـه تامین ظرفیت اضافی بابت تلفات (هزینه خرید دیماند اضافی) میباشد که ازرابط (6)بدست می اید:

$C= F_tR_t/KVA+F_sR_s/KVA(l.l_{pu}+nl_{pu})$ (6

F_S: ضريب موقعيت مكاني

F_T: ضريب تنوع واستهلاك

2 -3 هزینه تعمیرات ونگهداری حدودا معادل 4 درصد سرمایه گذاری اولیه است،

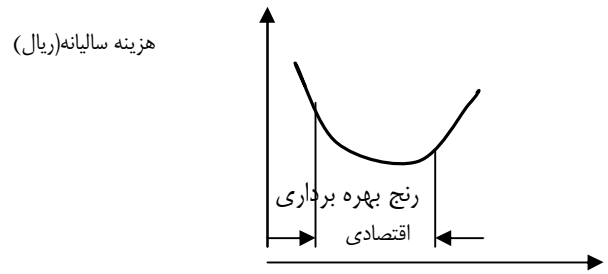
3-3 ارزش ریالی تلفات انرژی به صورت سالیانه و بر اساس قیمت هر کیلووات ساعت انرژی محاسبه گردد.

$$R_E = 365RE/KWH(24(nl_{pu})+N^2(nl_{pu})(LF^2) \quad (7$$

جهت به حد اقل رساندن هزینه بهره برداری از ترانس در طول مدت عمر مفید تـرانس کـه متوسـط ان 20سـال میباشد در صد بار گیری توصیه شده به شرح زیر است:

$$N_C=\sqrt{F_tR_t/KVA+F_sR_s/KVA(ll_{pu}+nl_{pu})+8760R_E/KWH(nl_{pu})} /365R_E/KWH(ll_{pu}*LF^2) \quad (8$$

بنابر این شکل (3) ا قتصادی ترین درصد بارگیری از ترانسهای توزیع را نشان میدهد و همانگونه کـه مـشخص است در 80درصد بار نامی کمترین هزینه سالیانه را خواهیم داشت ،



شکل (3) هزینه سالیانه به ازاء مقدار تولید

بررسی این منحنی نشان میدهد درصورتی که در رنجهای پایین نسبت بار مصرفی ترانس از قدرت منصوبه کمتـر باشد هزینه های سالیانه ترانس نسبت به حالت اولیه بیشتر است و در رنجهای بالابـه علـت کـاهش عمـر مفیـد ترانسها وافزایش هزینه تلفات باز هزینه های سالیانه اضافه شده و بهره برداری از ترانسها غیر اقتصادی است، لازم به یاد اوری است با در نظر گرفتن راندمان ترانـسها وپـاره ای از ملاحظـات در شـبکه هـای توزیـع درصـد بارگیری 75٪ بار نامی در نظر گرفته میشود،

4 – محاسبه درصد بارگیری ترانسفورماتورهای روستاها:

4 -1 محاسبه درصد بارگیری از پست های توزیع هوایی روستاهای نمونه:

بااستفاده از داده های جداول (1)و(2) مطابق اندازه گیری های انجام شده در پیک بار روستایی نتایج مورد نیاز به صورت جدول (3)خلاصه شده است ،

تعداد روستاهای نمونه گیری شده	تعداد ترانسهای منصوبه	ظرفیت کل منصوبه KVA	کل بار مصرفی در پیک KW	متوسطضریب توان
104	107	13920	4881	0/93

جدول (3) اطلاعات روستاهای نمونه گیری شده

باتوجه به داد های جدول 3 ومحاسبات مربوط به توان ظاهری و حقیقی و تعریف ضریب بهره برداری داریم:

$$S=\sqrt{3}\ VI \quad (9$$

$$P=S_1*COSQ \longrightarrow S_1=4881/./93= 5248 \quad KVA \quad (10$$ظرفیت مورداستفاده در پیك

$$K=(\text{ضریب بهره برداري} = \frac{\text{مجموع ظرفیت منصوبه}}{\text{متوسط کل ظرفیت بار}}) \quad (11$$

$$K=5248 / 3920 =./377 \quad (12$$

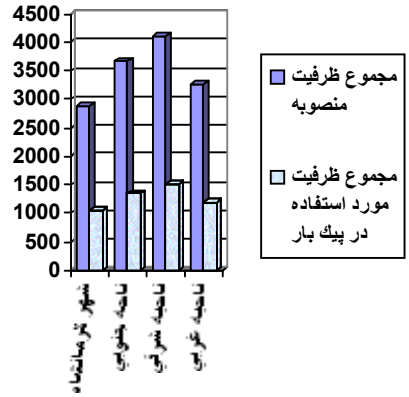
$$S=S_1+S_2$$

$$S2=S(1-K) = 13920*623/. = 8672 \quad KVA \quad (13$$

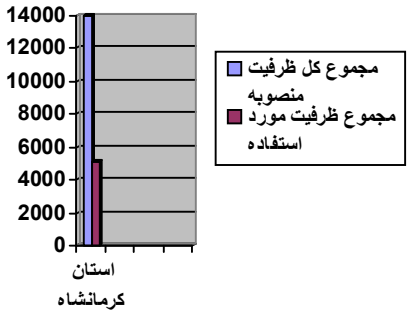
نتایج محاسبات فوق نشان میدهد که تنها37/7 درصد ظرفیـت منـصوبه روسـتایی وان هـم در پیـک بـار مـورد

استفاده قرار میگیرد و62/3درصد ازظرفیت منصوبه خالی میباشد. بدیهی است در ساعتهای غیـر از پیـک درصـد مورد استفاده کمتر نیز خواهد شد،

با توجه به داده های جداول (2)و(3) ونتایج فوق شکلهای(4)و(5) حاصل میگردد.شکل(4)بیـانگر ظرفیـت مـورد نیاز روستاها در پیک بار نسبت به کل ظرفیت منصوبه وبه تفکیک شهرستانها وشکل 5 نـشاندهنده مقایـسه بـین ظرفیت مورد نیازروستاهابا ظرفیت منصوبه در کل روستاهای نمونه گیری شده استان می باشد،



شکل (4) –مقایسه ظرفیت منصوبه باظرفیت مورداستفاده نواحی



شکل(5)– مقایسه ظرفیت منصوبه باظرفیت مورداستفاده استان

2 -4 محاسبه درصد بارگیری از پست های توزیع هوایی مجموع روستاها:

باتوجه به اینکه بار های روستایی عموماشابه بوده و روشنایی میباشد میتـوان بـا اسـتفاده از محاسـبات و اصـول اماری ودر یک جامعه نرمال ،محاسبات مشابهی را برای کل روستاهای استان انجام ونتایج را تجزیه وتحلیل کرد. بااستفاده از امارسال1382 شرکت توزیع کر مانشاه اطلاعات کل روستاهای استان {5و7}به شرح جـدول (4) میباشد.

تعداد کل روستاها	تعدادترانسهای منصوبه	ظرفیت کل منصوبه KVA	متوسط ضریب توان
2162	2187	236681	/93

جدول (4)اطلاعات تمام روستاهای استان کرمانشاه

با تعمیم محاسبات مشابه نمونه اماری به کل روستاهای استان و استفاده از داده های جدول فوق و روابـط (11) . (12)و(13)نتایج زیر حاصل میگردد:

ظرفیت کل منصوبه استان S= 236681 KVA

K=./377

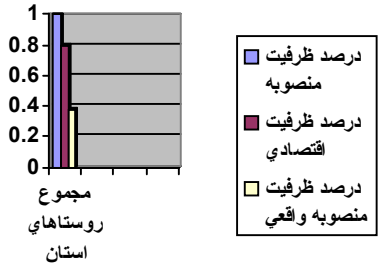
ظرفیت مورد استفاده در پیك بار S_1=./377 * S =89939 KVA

14) ظرفیت منصوبه اضافي در کل استان S_2 =S * (1-./377) =236681*./623 =146742 KVA

بررسی نتایج فوق بیانگر این مسئله است که درصد بارگیری از ترانسهای روستایی بسیار پایین میباشد و این عمل باعث هدر رفتن سرمایه ملی و همچنین افزایش تلفات خواهد شد .شکل شماره(6) بیانگر در صد بارگیری پایین در ترانسهای کل روستاهای استان میباشد،

شکل شماره(7) نشان میدهد در صد بارگیری ترانسهای روستایی نسبت به کل ظرفیت منصوبه و همچنین درصد بارگیری اقتصادی بسیار پایین میباشد، بدیهی است در غیر ساعات پیک درصد بارگیری کاهش می یابد،

شکل(6) – مقایسه ظرفیت منصوبه با ظرفیت مورد استفاده استان



شکل(7)–مقایسه درصد ظرفیت منصوبه واقتصادی

5-تحلیل اقتصادی نتایج:

5-1 ضررو زیان ناشی از ظرفیت منصوبه اضافی در ترانسهای روستایی:

باتوجه به مشخص بودن مقدار ظرفیت منصوبه اضافی در روستاها مطابق رابطـه (14) و بـا توجـه بـه داده هـای جدول (4)داریم:

مجموع ظرفیت منصوبه S= 236681 KVA

ظرفیت منصوبه اضافي S_2= 146742 KVA

تعداد روستاهاي برقدار N=2162

15) متوسط ظرفیت ترانس منصوبه در هر KVA روستا M=236681 /12162= 109/5

در صورتی که ظرفیت منصوبه به اضافی را معادل ترانسهای 100 KVA تقسیم نمائیم داریم :

16) تعداد ترانسهاي معادل 100 کیلوولت آمپر ناشي از ظرفیت منصوبه T=146742/ 100=1467/42

در صورتی که قیمت هر دستگاه ترانس کیلوولت آمپر را 100 را براساس فهرست بهای سال 82 برق منطقه أی غرب بـــــــا احتساب سایر هزینه ها]6[معادل 20/000/000ریال در نظر بگیریم از رابطه (16) داریم:

17) قیمت معادل ترانسهاي منصوبه اضافي ریال C_{tr}= 1467/42 * 20/000/000 =29/384/004/000

چنانچه براساس فرمولها و روابط مربوط به اقتصاد مهندسی [8و9] ارزش آینده پول را. در صورتی که سـال پایـه را 82 در نظر گر فته و محاسبات رابرای 3سال اینده (سال 1385) انجام داده و نرخ بهره را15/فرض نمـاییم محاسبه نمائیم به رقم بسیار بالایی خواهیم رسید:

(18

$F=P(1+i)^n$

i : نرخ بهره و p : ارزش فعلي پول و F : ارزش اینده و n : سال

$F = 2934840000\ (1+/15\ )^3$ =44/635/247/850 ریال

مشاهده میگردد که این رقم بسیار بالاست وبیانگر آن است که " پول پول میسازد "[9] به عبـارتی اگـر شـرکت درسال جاری 82 معادل مبلغ فوق را در بانک یا هر جای دیگری که بـه سـود دهـی آن اطمینـان دارد سـرمایه گذاری نماید درسال 85 مبلغ 15/286/847/850 ریال سود عاید شرکت خواهد شد ،

از طرفی میتوان گفت در صورتی که بخواهیم حتی از 50/تعداد ترانسهای معادل 100کیلو ولـت امپـر ناشـی از ظرفیت اضافی استفاده کنیم میتوانیم نیاز734 روستای بدون برق را براورده نماییم،

2-5ضررو زیان ناشی از تلفات بی باری وبارداری :

باعنایت به داده های جداول (1و2و3) وهمچنین باتوجه به اینکه میزان تقریبی تلفات بی باری 2/درصد ظرفیـت نامی و تلفات بارداری بادر نظر گرفتن در صد بار گیری معادل 1/4درصد ظرفیت نامی میباشد داریم:

19) تلفات بي باري = ./2 * 236681 = 473 KW

20) تلفات بارداري =1/4*./ 377 * 236681 =1259 KW

21) تلفات کل=1259+473 = 1732 KW

با محاسبه تلفات انرژی برحسب کیلو وات ساعت در طول یکسال خواهیم داشت:

22) تلفات انرژي=8760* 1732 = 15172320 KWH

ضرروزیان حاصل از این تلفات ناشی از عدم فروش انرژی و بهای انرژی خریداری شده ودر صورتی که هـر کیلـو وات ساعت راحد اقل معادل100ریال در نظر بگیریم به صورت زیر میباشد:

23) R_E =15172320* 100 = 1/517/232/000 ریال زیان ناشي از کل تلفات

باعنایت به مطالب فوق و جمع بندی کل ضرر وزیان ناشـی از تلفـات بـارداری -بـی بـاری و ضـررهای ناشـی از ظرفیت اضافی منصوبه و هزینه تعمیر ونگهداری و باتوجه به رابطه(5) خواهیم داشت:

24) R_{tot} = زیان حاصل از تلفات +هزینه تعمیرات و نگهداري + زیان حاصل از ترانس منصوبه اضافي

=29348400000+880452000+1517232000= 31/746/084/000 ریال

توجه ودقت نظر در رقم بالای ریالی تلفات وظرفیت منصوبه اضافی در ترانسهای روستایی نـشانگر ایـن واقعیـت است که در صورتی که این تحقیق به کل روستاهای کشور تعمیم داده شو د زیانهـای ناشـی از ان بـسیار کـلان خواهد بود.بنابراین لازم است در طرحهای برقرسانی و یا اصلاح وبهینه روستایی بازنگری گردد.تـا از هـدر رفـتن سرمایه ملی جلوگیری گردد،

یادآوری :جدول شماره(5) شرح پارامترهای مورد استفاده در متن مقاله را نشان میدهد،

کمیت/پارامتر	Pfe	B	Kh,Kf	C	Nc	Si,Pi	K	Req	I	Pcu	F	RE	Rtot

شرح پارامتر	تلفات اهنی	میدان مغناطیسی	ضریب فوکو وهیسترزیس	هزینه	بارگیری اقتصادی	توان حقیقی وظاهری	ضریب بهره برداری	مقاومت	جریان	تلفات مسی	ارزش اینده پول	ارزش تلفات	هزینه کل شبکه

جدول (5)–شرح پارامترهای مورد استفاده در روابط (1) الی (24)

۶-نتیجه گیری:

عدم توجه به انتخاب ظرفیت متناسب با بار و هم چنین محل مناسب نصب در ترانسهای توزیع روستایی باعث افزایش بی رویه سرمایه گذاری میگردد،

به دلیل در صد بارگیری پایین در ترانسهای روستایی تلفات انرژی شامل تلفات بی باری و بارداری قابل توجه بوده واتلاف هر کیلو وات از توان الکتریکی ضمن اینکه باعث به هدر دادن یک کیلو وات از توان مفید نیرو گاهها میشود سبب میگردد در طول عمر مفید انها انرژی زیادی به هدر رود.

با توجه به اینکه در مراکز روستایی حساسیت قطع و وصل بالا نبوده و مانور دادن آسانتر میباشد میتوان حتی الامکان ترانسهای منصوبه با ظرفیت کم را جمع اوری وبار انها را به ترانسهای مجاور منتقل نمود ویا ترانسهای با قدرت بالاو بار کم را با ترانسهای با قدرت کم تعویض نمود،

با توجه به تحلیل نتایج حاصل از تحقیق مشخص شده است که در پیک بار روستایی37/7درصد از ظرفیت منصو به در روستاها مورد استفاده قرار گرفته است. بدیهی است در غیر ساعات پیک این درصد کاهش می یابد.

با عناتیت به رابطه(16)میتوان گفت در صورتی که بخواهیم تنها از50درصد ظرفیت ترانسهای مازاد بر نیاز روستاها استفاده کنیم میتوانیم نیاز734 روستا ی بدون برق را بر اورده نماییم،

در صورتی که نتایج این تحقیق به تمام روستاها ی کشور تعمیم یابد مبلغ قابل توجهی از تلفات انرژی و هم چنین سر مایه گذاری بی رویه ناشی از گشاده دستی بیش از حد در طراحی و بهره برداری تاسیسات برقی روستایی حاصل میشود.بنابر این لازم است متخصصین وکارشناسان شرکتها در این زمینه تجدید نظر نموده و در امر برقرسانی روستایی و یا اصلاح وبهینه آن مسائل فنی و اقتصادی را توا مان مد نظر قرار دهند تا از هدر رفتن سرمایه ملی جلو گیری گردد،

۷-قدردانی:

لازم میداند ازآقایان مهندس مخترع مدیر عامل محتر م شرکت توزیـع و مهنـدس ملـک پـور مـدیر امـور بهـره برداری به خاطر راهنماییها ونظرات مفید تشکر گردد،

8-منابع:

[1] 1-بررسی تلفات الکتریکی در شبکه های برق-دکتر قدرت اله حیدری
[2] 2-جزوه درسی ماشینهای الکتریکی – دکتر هاشم اورعی –استاد دانشکده برق دانشگاه شریف تهران
[3] 3-پروژه کارشناسی کیکاوس رمضانی –خطـی کـردن منحنـی H-Bدر ترانـسهای حلقویـواثر ان در کاهش تلفات-دانشکده برق دانشگاه صنعتی شریف تهران-استاد راهنما .دکتر اورعی
[4] 4-کتاب راهنمای ترانسهای توزیع (25الی 2000)شرکت ایران ترانسفو-زنجان ویـرایش دوم بهمـن 1380
[5] 5-مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع-مشهد مقدس
[6] 6-فهرست بهای ترانسفورماتورهای توزیع سال1382 –برق منطقه ای غرب
[7] 7-کارنامه آمار شبکه های روستایی شرکت توزیع کرمانشاه سال 82-واحد امار
[8] 8-جزوه درسی اقتصاد مهندسی- دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شریف –تهران
[9] 9-اقتصاد مهندسی- ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی – دکتر محمد مهدی اسکو نژاد
[10] Electrical PowerDistributionSystemENGINEERING TuranGOnen-10