هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران
۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۲

مدلسازی ضریب تلفات توان برحسب ضریب بار ترانسفورماتورها درپستهای توزیع $^{20}/_{0.4}$ v

مصطفی بابایی محمدرضا ملوندی

شرکت توزیع نیروی برق شمالشرق (منطقه تهرانپارس) - موسسه آموزشی وپژوهشی آگاهان نیرو

جمهوری اسلامی ایران

ضریب تلفات - ضریب بار- تلفات توان - تلفات انرژی

چکیده :

انرژی الکتریکی نقش بسیارعمده ای درزمینه های مختلف جوامع بشری ایجاد می کند. هرساله درصدقابل توجه ای ازانرژی الکتریکی تولیدی نیروگاه هادرشبکه سراسری برق درحدفاصل تولیدتامصرف به دلایل فراوان وتحت تاثیرعوامل مختلف به هدرمی رود.

طبق تعریف آن بخش ازانرژی الکتریکی که بکارمفیدتبدیل نشودتلفات نام دارد. تجزیه وتحلیل تلفات درشبکه های برق رسانی نشان میدهدکه اجزاء تلفات بسیارمتعددومتفاوت می باشد. اما بطور کلی می توان آنهارا به سه دسته اساسی یعنی تلفات ناشی ازمسائل فنی ، تلفات ناشی از عوامل مدیریتی وتلفات ناشی از فصل مشترک این دوعامل تقسیم نمود.

دراین مقاله مطالعه به بخش فنی تلفات درشبکه های توزیع درقسمت پستهای توزیع اختصاص داده شده است. مادراینجا به بررسی مطالعات تلفات توان وانرژی ترانسفورماتورها درپستهای توزیع KV $^{20}/_{0.4}$ می پردازیم درتجزیه وتحلیل تلفات توان وتلفات انرژی باید مشترکاً مورد بررسی قرارگیرد. ازآنجائیکه تلفات توان تابعی است از تغییرات مصرف است لذامقدار آن درساعات مختلف شبانه روزی متفاوت می باشد

دراین مجموعه تلاش گردیده اجزاءتلفات ترانسفورهای پستهای توزیع KV $^{20}/_{0.4}$ معرفی وتاحدودی موردبررسی قرارگیرندوهمچنین سعی سده است روشهای موثرمدلسازی تلفات نیزارائه گردد.

۱-کلیاتی درخصوص تلفات

۱-۱- انواع تلفات

درشبکه های برق رسانی وقتی بحث تلفات به میان می آید یکی از معیارهای مهم که دراکثر گزارشات آماری ازآن نام برده می شودتلفات انرژی است. حال آنکه میزان تلفات توان نیز می تواندهائزاهمیت باشد که دربررسی های سیستم کمترازآن نامبرده می شود.

۱-۲- ضریب بار

ضریب بار بنا به تعریف عبارتست از نسبت متوسط باردریک دوره زمانی به بار پیک درآن دوره .

تعریف ضریب باررا میتوان به صورت رابطه ساده زیر نشان داد:

$$LF = \frac{p_{ave}}{p_{max}}$$

۱-۳- ضریب تلفات

شاخص دیگری که درمطالعات بارمورد استفاده قرارمیگیرد ، ضریب تلفات می باشد که درحقیقت از نسبت متوسط تلفات انرژی دردوره مورد مطالعه به حد اکثرتلفات توان (یاتلفات دربارماکزیمم) به بدست می آید ، این تعریف را می توان بصورت زیر نیز نشان داد:

$$\text{ضریب تلفات} = \frac{\text{تلفات انرژی دردوره T}}{\text{(تلفات توان دربار پیک)}\times T}$$

۱-۳- تلفات درترانسفورماتورها:

درحالت کلی تلفات درترانسفورماتورها به دودسته باربداری وبی باری تقسیم می شوند .

۱-۴-۱- تلفات بارداری

تلفات بارداری تابعی ازشرایط بارگذاری ترانسفورماتوربوده وشامل مواردزیر می باشد:

الف – تلفات مسی سیم پیچی ها

ب - تلفات ناشی از جریان فوکودرسیم پیچ ها

ج- تلفات ناشی از فلوی سرگردان درقسمت فلزی نظیر تانک وسایرقسمتهای فلزی ترانسفوماتورکه عمده ترین تلفات درحالت بارداری مربوط به تلفات مسی می باشدوبقیه اجزاء تلفات ناچیزمی باشند.با توجه باینکه این بخش ازتلفات مستقیماً به باری عبوری از ترانسفورماتوربستگی دارد، دربی باری ، مقدار آن تقریباً معادل صفر ودرحالیکه بارعبوری ازآن برابرقدرت اسمی باشد، مقدارتلفات بارداری نیزبه حداسمی می رسد

۱-۴-۲- تلفات بی باری

قدرتی که درحالت بی باری ترانسفورماتورازشبکه ای که به آن متصل است می گیرد،صرف تلفات داخلی ترانسفورماتورمی گردد.این تلفات شامل دوقسمت است :

الف –تلفات مسی سیم پیچ اولیه: $P_{cu1} = R_1 I^2$

ب-تلفات آهنی هسته ترانسفورماتور: $P_{Fe}=P_F+P_H$

۵-۱- محاسبه تلفات انرژی در ترانسفورماتور

همانطوریکه قبلاً اشاره گردید تلفات انرژی درترانسفورماتورها از دومولفه تلفات بی باری وبارداری تشکیل میگردد. درنتیجه کل تلفاتی که دراین تجهیزات به هدرمی رود نیز به دوعامل وابسته بوده ومقادیر آنها به صورت زیر محاسبه می شوند.

۱-۵-۱- تلفات انرژی درحالت بی باری

گرچه تلفات بی باری به تغییرات ولتاژ ، فرکانس ودرجه حرارت وابسته است اما با توجه به اینکه تلاش مسئولین شرکت های برق درتثبیت عوامل فوق می باشد. لذادریک دوره بلند مدت انرژی ناشی از حالت بی باری دردوره T از رابطه زیر بدست می آید.

$$E_{L_n} = T.of.P_{Fe}$$

دراین رابطه :

E_{Ln} = تلفات انرژی ناشی از حالت بی باری دردوره T

Of = ضریب بهره برداری (نسبت زمان بهره برداری شده به کل زمان T)

P_{Fe} = مقداراسمی تلفات بی باری

T = دوره بهره برداری

۲-۵-۱- تلفات انرژی درحالت بارداری

تلفات انرژی درحالت بارداری تابعی از منحنی تغییرات بارمی باشدبرای محاسبه تلفات انرژی باید از مقادیر تلفات توان دربارماکزیمم وضریب تلفات بهره گرفت که درنتیجه مقدار تلفات انرژی دراین حالت به صورت زیرمحاسبه میگردد.

$$E_{L_L} = T.of.P_{cu}.LSF$$

E_{LL}= تلفات انرژی ناشی از تلفات بارداری

T = دوره بهره برداری

Of = ضریب بهره برداری (نسبت زمان بهره برداری شده به کل زمان T)

P_{cu}= تلفات بارداری

LSF= ضریب تلفات

۳-۵-۱- مجموع تلفات انرژی

کل تلفات انرژی درترانسفورماتورها دراثر دوعامل بارداری وبی باری بوجود می آید ، که مقدار آنرادرحالت کلی می توان به صورت زیر نشان داد.

$$E_{L} = E_{L_L} + E_{L_L}$$

۲- محاسبه تلفات توان وانرژی درپستهای نمونه

۱-۲- وسایل مورد نیاز جهت برداشت اطلاعات ازپستهای توزیع $^{20}/_{0.4}$ KV

الف - استفاده ازدستگاه هاگ ۵۰۰۰

این دستگاه به منظوراندازگیری کلیه پارامترهای یک سیستم الکتریکی (ولتاژ،جریان ،ضریب قدرت ،توان وانرژی و...)بکارمی رود.

ب - استفاده از کنتوراکتیوسه فاز

این کنتوربه منظوراندازه گیری انرژی الکتریکی بکاربرده می شود.

ج -استفاده از دستگاه تست پرتابل کنتورسه فاز

این دستگاه جهت تست کنتوردرمحل طراحی شده ونیازی به پیاده کردن کنتورنبوده همچنین جهت سهولت کاروانجام سریعتر خطاگیری بارمصرفی درداخل دستگاه تعبیه شده است ونیازی به روشن کردن وسایل برقی مشترک نمی باشد.

۲-۲- روشهای محاسباتی تلفات توان وانرژی ازپستهای نمونه برداری شده

الف) روش مستقیم

این روش موقعی میتواند کاربرد داشته باشد که کلیه مبادی ورودی وخروجی ترانس ، لوازم اندازه گیری نصب شده باشد که بدین منظوردرقسمت ورودی به ترانس (سمت فشارقوی) کنتوراکتیوسه فاز ودرقسمت خروجی ترانس (سمت فشار ضعیف) دستگاه هاگ ۵۰۰۰ نصب گردید.وازدراین طریق میتوان تلفات انرژی مطابق فرمول زیر بدست آورد.

$$E_{L_m} = E_{in} - E_{ouT}$$

E_{Lm} = تلفات انرژی برحسب کیلووات ساعت

E_{in} = انرژی قرائت شده از کنتوراکتیوسه فاز

E_{ouT} = انرژی ثبت شده توسط دستگاه هاگ ۵۰۰۰ برحسب کیلووات ساعت.

ب) روش غیر مستقیم

برای تعیین تلفات انرژی از طریق غیر مستقیم لازم است استفاده از اطلاعات دستگاه هاگ۵۰۰۰ وفرمول زیرکه قبلا به آن اشاره گردیده است اقدام نمود.

$$E_{L_c} = T o f P_{fe} + T P_{cu} o f k^2$$

$$K = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{S_n} \qquad i = ۱,۲,...,۲٤$$

T= دوره بهره برداری

E_{Lc}= تلفات انرژی برحسب کیلووات ساعت

P_{fe}= تلفات آهنی ترانسفورماتوردربارداری

P_{cu}= تلفات مسی ترانسفورماتوربارداری

S_n = توان اسمی ترانسفورماتوربرحسب کیلوولت آمپر

S_i= توان ظاهری لحظه ای ، اندازه گیری شده توسط دستگاه هاگ ۵۰۰۰ ، برحسب کیلوولت آمپر

Of= ضریب بهره برداری (نسبت زمان بهره برداری شده به کل زمان T)

۳-۲- محاسبه تلفات انرژی ، ضریب باروضریب تلفات درهفت پست نمونه برداری شده

جدول(۱) هفت پست اختصاصی KV $20/0.4$ که نوع مصارف آن صنعتی بوده همراه بادرصدخطاکنتوراکتیوسه فازپستهانشان داده شده است . این درصدخطا توسط دستگاه تست پرتابل کنتورسه فازانجام شدواعدادمثبت مبین این است که کنتورانرژی بیشتری رانشان داده است واعدادمنفی مبین این است که کنتورانرژی کمتری رانشان داده است

جدول (۱) پستهای صنعتی KV $20/0.4$ نمونه برداری شده به همراه درصدخطاهای کنتوراکتیوسه فاز

نمونه	نام پست	خطای کنتوراکتیوسه فاز(درصد)
اول	هیدورلیک	+۱
دوم	پلاستیک صنعت	+۱/۴
سوم	پوشاک	+/۹
چهرم	مارتین	_/۹
پنجم	اخوان جم	+۱/۲
ششم	کنتورسازی	_۱/۲
هفتم	تاباشیمی	+/۹

جدول (۲) انرژی اندازگیری شده توسط کنتوراکتیوسه فازدردوحلت ،بدون درنظرگرفتن درصد خطای کنتورو با در نظرگرفتن درصدخطاوانرژی ثبت شده توسط هاگ ۵۰۰۰ درمدت ۲۴ ساعت برای هرموردنشان می دهد.

جدول (۲) انرژی اندازه گیری شده توسط کنتوراکتیوسه فازدردوحالت بادرنظرگرفتن خطای کنتوروبدون درنظر گرفتن خطای کنتوروانرژی ثبت شده توسط دستگاه هاگ ۵۰۰۰

نام پست	ایام هفته	تاریخ	ساعات	انرژی اندازه گیری شده توسط کنتو (بدون درنظر گرفتن خطای کنتور)برحسب kwh	انرژی اندازه گیری شده توسط کنتو (با درنظر گرفتن خطای کنتور)برحسب kwh	انرژی اندازه گیری شده توسط دستگاه هاگ ۵۰۰۰ برحسب kwh
هیدرولیک	شنبه	۸۰/۱۰/۸	۱۵:۴۷	۴۸۶۲	۴۸۱۳/۳۸	۴۷۲۶/۷۶
	یکشنبه	۸۰/۱۰/۹	۱۵:۴۷			
پلاستک صنعت	دوشنبه	۸۰/۸/۱۴	۱۲:۰۷	۱۹۱۰	۱۸۸۳	۱۸۴۴/۲۴
	سه شنبه	۸۰/۸/۱۵	۱۲:۰۷			
پوشاک	شنبه	۸۰/۱۰/۱	۱۱:۴۱	۴۴۰۰	۴۳۶۰/۴	۴۲۸۳/۵۸
	یکشنبه	۸۰/۱۰/۲	۱۱:۴۱			
مارتین	چهارشنبه	۸۰/۹/۲۸	۹:۵۴	۴۴۵۵	۴۴۱۴/۹	۴۳۳۴/۸
	پنج شنبه	۸۰/۹/۲۹	۹:۵۴			
اخوان جم	دوشنبه	۸۰/۹/۲۶	۱۱:۱۱	۲۵۰۰	۲۴۷۲/۵	۲۴۲۴/۴۵
	سه شنبه	۸۰/۹/۲۷	۱۱:۱۱			
کنتورسازی	چهارشنبه	۸۰/۹/۲۱	۹:۴۱	۳۶۴۸	۳۶۹۱/۷۷	۳۶۰۱/۹۱
	پنج شنبه	۸۰/۹/۲۲	۹:۴۱			
تاباشیمی	یکشنبه	۸۰/۷/۱	۱۲:۰۷	۲۳۰۰	۲۳۲۰/۷	۲۲۷۲/۹۴
	دو شنبه	۸۰/۷/۲	۱۲:۰۷			

جدول (۳) تلفات انرژی به روش مستقیم وغیرمستقیم که با استفاده ازفرمولهای مربوطه برای پستهای نمونه بدست امده رانشان می دهد.بعنوان مثال تلفات انرژی برای پست هیدرولیک به روش مستقیم وغیرمستقیم درزیرآورده شده است .

- **روش مستقیم :**

E_{in} = انرژی ورودی که توسط کنتور اندازه گیری شده (با در نظر گرفتن درصد خطای کنتور)برابراست با ۴۸۱۳/۳۸ کیلو وات ساعت .

E_{out} = انرژی خروجی که توسط دستگاه هاگ اندازه گیری شده است برابراست با۴۷۲۶/۷۶ کیلو وات ساعت

.بنابراین تلفات انرژی برابراست با:

E_{Lm}=۴۸۱۳/۳۸ -۴۷۲۶/۷۶=۸۶/۶۲ KWH

روش غیرمستقیم :

$$E_{L_c} = P_{Lfe} + P_{l.cu} = T.of.P_{fe} + T.P_{cu}.of.k^2$$

$$k = \sum_{i=1}^{24} \frac{S_i}{S_n} \qquad i=1،2،3، \ldots 24$$

P_{Lfe} = تلفات انرژی بی باری

T= دوره بهره برداری برای حالت بی باری برابربا ۲۴ساعت می باشد.

OF= ضریب بهره برداری باتوجه به اینکه ترانس درطول سال باردارمی باشدبرابر یک است

P_{fe} برای ترانس ۸۰۰ KVA پست هیدرولیک برابر ۱/۴۵کیلووات می باشد.

P_{Lfe}=۲۴×۱/۴۵=۳۴/۸ kwh

P_{Lcu} = تلفات انرژی بارداری

T = دوره بهره برداری برای حالت بارداری $\frac{3}{60}$ ساعت می باشد.(اندازگیری درهرسه دقیقه یکبارانجام گرفت)

P_{cu} برای ترانس ۸۰۰KVA پست هیدرولیک برابر ۱۱کیلووات می باشد.

S_i= توان لحظه ای ظاهری که توسط دستگاه هاگ اندازه گیری شده است.

S_n = ظرفیت نامی ترانس پست هیدرولیک ۸۰۰ KVA می باشد. بنابراین K^2 رابدست می آوریم :

$$K^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{S_i}{S_n} \right)^2 = ۳۴ / ۲۲$$

حال تلفات انرژی بارداری رابدست می آوریم :

$$P_{Lcu} = \frac{3}{60} \times 11 \times ۳۴/۲۲ = ۱/۸۲ \text{ KWH}$$

نهایتاکل تلفات انرژی بی باری وبارداری برابراست با :

E_{Lc}=۳۴/۲۲=۱۸/۸۲=۵۳/۶۲ KWh

جدول (۴)تلفات انرژی بی باری وبارداری ۲۴ساعته پستهای نمونه (روش مستقیم)رانشان می دهد.

جدول (۳) تلفات انرژی به روش مستقیم وغیرمستقیم

نمونه	انرژی کنتور (کیلووات ساعت)	انرژی دستگاه هاگ (کیلووات ساعت)	کل تلفات انرژی (به روش مستقیم)	کل تلفات انرژی (به روش غیرمستقیم)
اول	۴۸۱۳/۳۸	۴۷۲۶/۷۶	۸۶/۶۲	۵۳/۶۲
دوم	۱۸۸۳/۲۶	۱۸۴۴/۲۴	۳۹/۰۲	۳۵/۵۴
سوم	۴۳۶۰/۴	۴۲۸۳/۵۸	۷۶/۸۲	۵۹/۵۵
چهارم	۴۴۱۴/۹	۴۳۳۴/۸	۸۰/۱	۵۴/۴۴
پنجم	۲۴۷۲/۵	۲۴۲۴/۴۵	۴۸/۰۵	۴۵/۲۹
ششم	۳۶۹۱/۷۷	۳۶۰۱/۹۱	۸۹/۸۶	۸۱/۸۷
هفتم	۲۳۲۰/۷	۲۲۷۲/۹۴	۴۷/۷۶	۴۵/۷۶

جدول (۴) تلفات انرژی بی باری وبارداری ۲۴ ساعته پستهای نمونه (روش غیرمستقیم)

نمونه	تلفات انرژی بی باری (کیلووات ساعت)	تلفات انرژی بارداری (کیلووات ساعت)	کل تلفات انرژی بی باری وبارداری (کیلو وات ساعت)	تلفات انرژی بارداری به کل تلفات (درصد)
اول	۳۴/۸	۱۸/۸۲	۵۳/۶۲	۳۵
دوم	۲۸/۸	۶/۷۵	۳۵/۵۴	۱۸/۹
سوم	۳۴/۸	۲۴/۷۵	۵۹/۵۵	۴۱
چهارم	۴۲	۱۲/۴۴	۵۴/۴۴	۲۲
پنجم	۲۸/۸	۱۶/۴۹	۴۵/۲۹	۳۶
ششم	۶۱/۲	۲۰/۶۷	۸۱/۸۷	۲۵
هفتم	۴۲	۳/۷۵	۴۵/۷۶	۸

درجدول ۵ ضریب باروضریب تلفات پستهای نمونه بااستفاده ازفرمولهای مطرح شده دربند ۱ نشان داده شده است.

$$\text{ضریب بار} = \frac{\text{متوسط توان}}{\text{ماکزیمم توان}}$$

$$\text{ضریب تلفات} = \frac{\text{متوسط تلفات انرژی}}{\text{ماکزیمم تلفات انرژی}}$$

به عنوان نمونه نحوه محاسبات ضریب تلفات پست هیدرولیک درزیرآورده شده است برای بدست آوردن متوسط تلفات انرژی ،کل تلفات انرژی بی باری وبارداری جدول (۱۲-۳)راکه قبلاً بدست آورده ایم رابرتعدادرکوردهاکه دراین نمونه برداری ها ۴۸۰عددمی باشدتقسیم می کنیم وخواهیم داشت :

$$\text{متوسط تلفات انرژی بارداری وبی باری} \frac{۵۳/۶۲}{\text{۴۸۰ رکورد}} = ۰/۱۱۱$$

برای بدست آوردن ماکزیمم تلفات انرژی که ازدوقسمت تلفات انرژی بی باری وبارداری تشکیل شده است به شیوه زیرمحاسبه می گردد.

=ماکزیمم متوسط تلفات انرژی بارداری در۳دقیقه

$$T \cdot P_{cu}\left(\frac{S_{max}}{S_n}\right)^2 = \frac{۳}{۶۰} \times ۱۱\left(\frac{۳۲۸/۰۳}{۸۰۰}\right)^2 = ۰/۰۹۲$$

=ماکزیمم متوسط تلفات انرژی بی باری در۳دقیقه

$$\frac{۳}{۶۰} \times ۱/۴۵ = ./۰۷۲$$

سپس ضریب تلفات پست هیدرولیک رابدست می آوریم.

$$\text{ضریب تلفات پست هیدرولیک} = \frac{./۱۱۱}{./۱۶۴} = ۶۷۶/$$

جدول (۵) ضریب باروضریب تلفات پستهای نمونه

نام پست	ایام هفته	تاریخ	ماکزیمم توان (kw)	متوسط توان KWH	ضریب بار	متوسط کل تلفات انرژی KWH	ماکزیمم کل تلفات انرژی KWH	ضریب تلفات
هیدرولیک	شنبه	۸۰/۱۰/۸	۳۱۸/۵۹	۲۰۲	۰/۶۳۴	۰/۱۱۱	۰/۱۶۴	۰/۶۷۶
	یکشنبه	۸۰/۱۰/۹						
پلاستک صنعت	دوشنبه	۸۰/۸/۱۴	۱۳۰/۱۸	۷۴/۸۴	۰/۵۷۴	۰/۰۷۴	۰/۱۰۸	۰/۶۸۵
	سه شنبه	۸۰/۸/۱۵						
پوشاک	شنبه	۸۰/۱۰/۱	۳۷۲/۵	۲۰۴/۶۶	۰/۵۴۹	۰/۱۲۴	۰/۱۷۱	۰/۷۲۵
	یکشنبه	۸۰/۱۰/۲						
مارتین	چهارشنبه	۸۰/۹/۲۸	۳۳۹/۵۸	۱۷۳/۰۷	۰/۵۰۹	۰/۱۱۳	۰/۱۶۶	۰/۶۸۱
	پنج شنبه	۸۰/۹/۲۳						
اخوان جم	دوشنبه	۸۰/۹/۲۶	۲۹۳/۳۸	۹۶/۹۸	۰/۳۳۰	۰/۰۹۴	۰/۲۱۳	۰/۴۴۲
	سه شنبه	۸۰/۹/۲۷						
کنتورسازی	چهارشنبه	۸۰/۹/۲۱	۵۲۹/۱۵	۱۴۱/۶۹	۰/۲۶۷	۰/۱۷۰	۰/۲۴۵	۰/۶۹۴
	پنج شنبه	۸۰/۹/۲۲						
تاباشیمی	یکشنبه	۸۰/۷/۱	۲۰۸/۵۸	۹۲/۲۸	۰/۴۴۲	۰/۰۹۵	۰/۱۱۷	۰/۸۱۱
	دو شنبه	۸۰/۷/۲						

۳- مدلسازی ضریب تلفات درپستهای زمینی با مصارف صنعتی KV $20/0.4$

۳-۱- دامنه تغییرات ضریب تلفات

بررسی انجام شده دربند۲ نشان میدهد که دریک مصرف کننده مشخص اعم ازشبکه های انتقال یاتوزیع نیرو، درصورتیکه پیک بار وانرژی انتقالی مشخص باشند، شکل منحنی بارهرچه باشد مقدار ضریب تلفات دردوحدماکزیمم ومی نیمم که به صورت زیر محاسبه می شوند،مهارمیگردد.

$LSF_{max}= LF$ $LSF_{min}= LF^{۲}$

دراین روابط LF و LSF ضریب بار وضریب تلفات می باشند ، از این دورابطه پیداست که مقدار تلفات برابر میزان معینی از ضریب بار درمحدوده مشخصی تغییر می کند

۳-۲- مدل های ضریب تلفات

تاکنون مدل های متعددی درمراجع مختلف جهت محاسبه ضریب تلفات ارائه گردیده است ، که دارای شکل های ظاهری متنوعی می باشند ، اگر چه با آگاهی از مقدارضریب بار می توان ضریب تلفات رابه کمک این مدل ها محاسبه نمود ولی استفادهاز آنها نتایج یکسانی را ارائه نخواهد داد.

۳-۲-۱- مدل خطی

یکی از مدل هایی که ممکن است بین ضریب بار وضریب تلفات مطرح گردد ، مدل خطی می باشد که شکل کلی این مدل به صورت رابطه زیر می باشد:

$$LSF=a.LF+b$$

دراین رابطه a وb ضرایب ثابت می باشند درصورتیکه بار صفر باشدیعنی خروجی فیدرهای ترانس بازباشند LSF=b خواهد شد یعنی درحالت بی باری تلفات وجود دارد (تلفات بی باری خطوط)امادرعمل چون مقدارتلفات بی باری ناچیزاست میتوان مقدار b رامعادل صفردرنظرگرفت ولذارابطه بصورت زیردرمی آید. LSF=a.LF

از طرف دیگروقتی بارمصرفی همواره ثابت باشد ، مقدار ضریب بار تقریبا برابر با یک است (علت اینکه ضریب بار تقریبا برابر یک فرض گردیده این است که درجه حرارت هادیها همواره ثابت نمی باشد)، درچنین حالت ضریب تلفات نیز تقریبا یک می باشد که براین مبنای a=۱ خواهد شد ، بنابراین رابطه فوق به صورت زیر درمی آید :

LSF= LF

به عبارت دیگر اگر رابطه ضریب تلفات وضریب بار خطی باشد تنها مقدار ماکزیمم مطلق ضریب تلفات را نشان میدهد که البته نمی تواند ملاکی جهت محاسبه آن درتمام حالات احتمالی باشد.

۲-۲-۳-معادله درجه دوم

با توجه به اینکه ضریب تلفات درمحدوده LSF=LF و $LSF=LF^{۲}$تغییرمی کند،مناسب ترین مدلی که میتوند دراین محدوده قرارگیرد ، معادله درجه دوم می باشد که شکل کلی آن به صورت زیر می باشد.

$LSF=a.LF^{۲}+b.LF+C$

همانطورکه قبلا اشاره گردید ، اگر LF برابر صفر باشد مقدار LSF نیز باید معادل صفر باشد که براین مبنای مقدار C=۰ خواهد شد ، ازطرفی اگر LF برابر یک باشد مقدار LSF نیز برابر یک می باشد که تحت این شرایط داریم :

$a+b=۱$ $۱=a\times۱^{۲}+b\times۱$

حال با جایگزینی C=۰ وb=۱-a دررابطه به رابطه کلی زیر می رسیم :

$LSF=a.LF^{۲}+(۱-a).LF$

رابطه فوق متداولترین شکل ضریب تلفات می باشد

۳-۲-۳- معادله درجه دوم ساده

مدل کلی ضریب تلفات دراین حالت شبیه حالت قبل میباشد ، با این تفاوت که ضریب تلفات تنها به صورت تابعی از توان ضریب دوم بار وبه صورت رابطه کلی زیر تعریف شده است:

$LSF=a.LF^{۲}$

۴-۲-۳- مطالعه مدلهای موجودجهت تعیین ضرایب بهینه برای پستهای نمونه وارائه مدل جدید

مدلهای که تاکنون به آن اشاره شده دربخش مدلسازی تلفات خطوط مطرح می باشدبرای اینکه فقط تلفات تحت باردرآن دیده شده است وتلفات بی باری منظورنمی شود بنابراین مدلهای ذکر شده برای تلفات بی باری صحیح نمی باشدیعنی تلفات تحت باربه ضریب باربستگی داردوتلفات بی باری به ضریب باربستگی ندارد.امادربخش مدلسازی تلفات پستهاچون ازتلفات بی باری نمی توان صرفنظرکردعلاوه برمدلهای ارائه شده دربخش فیدرها،مدل کامل درجه دوم دیگری راموردبررسی قرارمی دهیم که این مدل دوبخش داشته باشد.بخش اول تابع ضریب بار(مربوط به تلفات بارداری)وبخش دوم مستقل ازضریب بار(مربوط

به تلفات بی باری) باشـد.بنـابراین مـدل زیرراموردبررسـی قرارمی دهیم .

$$LSF=aLF^2+bLF+C+d\cdot P_{fe}$$

برای مدلسازی خطوط باتوجه به ضریب بـار،ضریـب تلفـات وبرای مدلسازی پستهاعلاوه براین دومورد،تلفات بـی بـاری نیزمنظورمی گردد.که ازشـش پسـت بـه صـورت اطلاعـات ورودی جهت مدل سازی وازنمونه هفتم جهت تسـت مـدل استفاده شده است

مدل های مورد آزمایش :

الف)$LSF=a.LF^2$

ب)$LSF=a.LF^2+(1-a)\ LF$

ج)$LSF=a.LF^2+b.LF+C$

د)$LSF=a.LF^2+b.LF+C+d.P_{fe}$

دراین مطالعه ضرایب بهینه مدل هابراساس کمینـه کـردن حداقل مربعات خطاتعیین می گردد کـه نتـایج آن بصـورت جدول (۶) ارائه شده است.

جدول (۶) نتایج بهینه سازی مدل های ضریب تلفات برای پستهای نمونه

نمونه	P_{fc}	LF	LSF	LSF_1	مدل ریاضی	ضرایب بهینه	مجموع مربعات خطا
اول	۱/۴۵	۰/۶۳۴	۰/۶۷۶	۰/۹۳۸	$LSF=a.LF^2$	a=۲/۲۲۴	۰/۳۹۰
دوم	۱/۲	۰/۵۷۴	۰/۶۸۵	۰/۷۶۹			
سوم	۱/۴۵	۰/۵۴۹	۰/۷۲۵	۰/۷۰۴			
چهارم	۱/۷۵	۰/۵۰۹	۰/۶۸۱	۰/۵۷۶			
پنجم	۱/۲	۰/۳۳۰	۰/۴۴۲	۰/۲۵۴			
ششم	۲/۵۵	۰/۲۶۷	۰/۶۹۴	۰/۱۶۶			
هفتم	۱/۷۵	۰/۴۴۲	۰/۸۱۱	۰/۴۳۴			
اول	۱/۴۵	۰/۶۳۴	۰/۶۷۶	۰/۸۳۵	$LSF=a.LF^2+(1-a)LF$	a= -۰/۷۱۴	۰/۱۰۴
دوم	۱/۲	۰/۵۷۴	۰/۶۸۵	۰/۷۸۵			
سوم	۱/۴۵	۰/۵۴۹	۰/۷۲۵	۰/۷۶۳			
چهارم	۱/۷۵	۰/۵۰۹	۰/۶۸۱	:/۶۸۷			
پنجم	۱/۲	۰/۳۳۰	۰/۴۴۲	۰/۵۲۱			
ششم	۲/۵۵	۰/۲۶۷	۰/۶۹۴	۰/۴۳۶			
هفتم	۱/۷۵	۰/۴۴۲	۰/۸۱۱	۰/۶۱۸			
اول	۱/۴۵	۰/۶۳۴	۰/۶۷۶	۰/۶۹۰	$LSF=a.LF^2+bLF+C$	a= ۱/۵۶۳ b=-۱/۰۵۲ c=۰/۷۶۹	۰/۰۴
دوم	۱/۲	۰/۵۷۴	۰/۶۸۵	۰/۷۰۶			
سوم	۱/۴۵	۰/۵۴۹	۰/۷۲۵	۰/۷۰۹			
چهارم	۱/۷۵	۰/۵۰۹	۰/۶۸۱	۰/۶۳۴			
پنجم	۱/۲	۰/۳۳۰	۰/۴۴۲	۰/۶۴۰			
ششم	۲/۵۵	۰/۲۶۷	۰/۶۹۴	۰/۵۸۹			
هفتم	۱/۷۵	۰/۴۴۲	۰/۸۱۱	۰/۶۰۹			
اول	۱/۴۵	۰/۶۳۴	۰/۶۷۶	۰/۶۶۸	$LSF=a.LF^2+b.LF+C+d.P_{fe}$	a= -۱/۴۲۵ b=۲/۰۵۲ c= -۰/۳۰۵ d= ۰/۲۱۱	۰/۰۰۷
دوم	۱/۲	۰/۵۷۴	۰/۶۸۵	۰/۶۷۴			
سوم	۱/۴۵	۰/۵۴۹	۰/۷۲۵	۰/۷۵۳			
چهارم	۱/۷۵	۰/۵۰۹	۰/۶۸۱	۰/۷۲۶			
پنجم	۱/۲	۰/۳۳۰	۰/۴۴۲	۰/۴۴۳			
ششم	۲/۵۵	۰/۲۶۷	۰/۶۹۴	۰/۶۹۶			
هفتم	۱/۷۵	۰/۴۴۲	۰/۸۱۱	۰/۶۸۳			

ضریب تلفات برای پست نمونه با استفاده مدل مربوطه $=LSF_1$

ضریب بارپست نمونه $=LF$

ضریب تلفات واقعی پست نمونه $=LSF$

$E=(LSF_1-LSF)^2$

روش کمینه کردن حداقل مربعات مدل "د"رابهترآشناشـدن توضیح خواهیم داد.برای راحتی کاردرمحاسبات $LSF=Y$,$P_{fe}=Z$ $LF=X$ درنظرمی گیریم .

بااسـتفاده ازضریـب بـار،ضریـب تلفـات وتلفـات بـی بـاری پستهای نمونه می بایست ضرایب تابع موردنظربه صورتی تعیین گرددتامربعات خطاکمترین مقدارگردد.

$$E=\sum_{i=1}^{6}\left[Y_i-\left(ax_i^{\,2}+bx_i+c+d.z_i\right)\right]^2$$

بنـابراین بایسـتی معادلـه فـوق حـل گرددوبـــرای اینکـــه پارامترهای a , b ,c , d رابدسـت آوریـم بایسـتی ایـن معادله مذکور مینیمم باشد:

$$\frac{\partial E}{\partial b}=0 \qquad \frac{\partial E}{\partial c}=0 \qquad \frac{\partial E}{\partial d}=0$$

بنابراین خواهیم داشت :

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,4} & \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,3} & \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,2} & \sum_{i=1}^{6}z_ix_i^{\,2} \\ \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,3} & \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,2} & \sum_{i=1}^{6}x_i & \sum_{i=1}^{6}z_ix_i \\ \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,2} & \sum_{i=1}^{6}x_i & \sum_{i=1}^{6}c_n & \sum_{i=1}^{6}z_i \\ \sum_{i=1}^{6}x_i^{\,2}z_i & \sum_{i=1}^{6}x_iz_i & \sum_{i=1}^{6}z_i & \sum_{i=1}^{6}z_i^{\,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{6}y_ix_i^{\,2} \\ \sum_{i=1}^{6}y_ix_i \\ \sum_{i=1}^{6}y_i \\ \sum_{i=1}^{6}y_iz_i \end{bmatrix}$$

پس ازحل ماتریس a,b,c,d برابر خواهدبودبا:

a=۱/۴۲۵ ,b=۲/۰۵۲ ,c=./۳۰۵, d=./۲۱۱

همانطوریکـه ازجـدول ۶ مشـاهده میگرددکمـترین خطـــا مربوط به مدل "د"مباشد.بنابراین مناسب ترین مدل ، مـدل "د"می باشدکه دارای کمترین خطامی باشدحال مدلهای مذکوررابرای یکی ازپستهای نمونه برداری شده موردتسـت قرارمی دهیم.

۵-۲-۳- تست مدل

نحوه تست مدلهای ذکرشده بدین صورت می باشدکه یک ازپستهای نمونه را انتخاب نموده ودرمدلهای ارائه شده موردتست قرارمی دهیم که مادراینجانمونه هفتم یعنی پست تاباشیمی رامورد‌تست قرارمی دهیم .

مقادیرضریب تلفات واقعی (LSF) وضریب تلفات بدست آمده به کمک مدلهای (LSF_1) جهت مقایسه بایکدیگردرجدول ۷ آمده است

جدول (۷)ضریب تلفات واقعی وضریب تلفات بدست آمده به کمک مدل

مدل ریاضی	LSF	LSF_1	$\lvert \Delta LSF \rvert$
$LSF=۲/۲۲۴(LF^۲)$	۰/۸۱۱	۰/۴۳۴	۰/۳۷۷
$LSF=-۰/۷۱۴(LF^۲)+(-۰/۷۱۴)LF$	۰/۸۱۱	۰/۶۱۸	۰/۱۹۳
$LSF= ۱/۵۶۳(LF^۲) + (-۱/۰۵۲)\ LF+۰/۷۶۹$	۰/۸۱۱	۰/۶۰۹	۰/۲۰۲
$LSF= -۱/۴۲۵(LF^۲) + (۲/۰۵۲)\ LF-۰/۳۰۵+۰/۲۱۱\ P_{fe}$	۰/۸۱۱	۰/۶۸۳	۰/۱۲۸

نتیجه گیری :

همانطوریکه عنوان شدمناسب ترین مدل برای پستهای زمینی اختصاصی بامصارف صنعتی ،مدل "د" می باشدکه باجایگزین کردن مقادیرضرائب a ,b ,c ,d مدل مذکوربه صورت زیردرمی آید.

$$LSF_۱= -۱/۴۲۵(LF^۲) + ۲/۰۵۲\ LF-۰/۳۰۵+۰/۲۱۱\ P_{fe}$$

البته لازم به یادآوری است که این مدل برای پستهای زمینی اختصاصی به دلیل مشکلاتی که قبلاذکرشده بدست آمده است .وبرای سایرپستهانیزمی توان باتکرار شیوه مشابه وبکارگیری امکانات واطلاعات بیشتربه مدل مناسب دست یافت .

مراجع وماخذ:

۱- ق-حیدری ((بررسی تلفات انرژی در شبکه برق رسانی))

۲-پ- رمضانپور وم- اسد الهی ((مطالعه مدلهای موجود ضریب تلفات و ارائه مدل جدید در شبکه توزیع برق تهران)) ششمین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع نیروی برق

۳- مجموعه استانداردهای وزارت نیرو- مرکز تحقیقات نیرو(متن)