ارزیابی اقتصادی تلفات ترانسفورماتورهای توزیع

مهدی معلم - محمد اسماعیل همدانی گلشن - علی صدرزاده - علیرضا کشانی

دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده :

رشددائمی هزینه‌های انرژی و سرمایه‌گذاری، شرکت‌های توزیع انرژی الکتریکی رابرآن می‌دارد که در رابطه با عملکرد اجزاء مختلف تشکیل دهنده سیستم توزیع ، ارزیابی‌های دقیقی را انجام دهند. یکی از مهمترین این‌ارزیابی‌هاتلفات ومباحث اقتصادی پیرامون آن می‌باشد. ترانسفورماتور توزیع یکی از اجزاء مهم هرسیستم توزیع الکتریکی است وبواسطه تعداد زیاد آنها ارزیابی اقتصادی تلف آن بحثی لازم وضروری می‌باشد. نتیجه این ارزیابی محاسبه دقیق هزینه سالیانه یک ترانسفورماتورتوزیع بادرنظرگرفتن هزینه تلفات توان وتلفات انرژی ودرنهایت پیش‌بینی روشهای اقتصادی جهت کاهش این هزینه سالیانه می‌باشد. دراین مقاله محاسبه هزینه سالیانه یک ترانسفورماتور توزیع توسط روش هزینه سالیانه هم سطح شده بادرنظرگرفتن شرایط تورم هزینه، رشد بار وتغییر محل احتمالی ترانسفورماتورمورد بررسی قرار می‌گیردو روابط مربوطه باتوجه به مشخصه‌های بار ترانسفورماتور وپارامترهای اقتصادی استخراج می‌شوند.

شرح مقاله

بهینه‌سازی مشخصه‌های بازدهی ترانسفورماتور توزیع نیاز به روشی دقیق جهت ارزیابی هزینه تلفات آن دارد. دراین مقاله یک روش برای ارزیابی تلفات ترانسفورماتور ارائه می‌گردد. روش هزینهٔ سالیانه هم سطح شده برای درنظرگرفتن دقیق شرایط تورم هزینه انرژی ، رشدبار وتغییر مکان ترانسفورماتور توسعه داده می‌شود هزینه تلفات یک ترانسفورماتور توزیع، شامل هزینه تلفات بی‌باری وهزینه تلفات بار آن می‌باشد و هرکدام ازاین هزینه‌ها از دومؤلفه هزینه تلفات توان وهزینه تلفات انرژی تشکیل می‌شوند.

هزینه سالیانه یک ترانسفورماتور توزیع علاوه برهزینه‌های تلفات شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های تلفات راکتیو بی‌باری، هزینه تلفات راکتیو بار وهمچنین تلفات رگولاسیون می‌باشد.

دومجموعه پارامتر در روابط مربوط به تعیین هزینه‌های فوق دخالت مؤثر دارند. مجموعه اول شامل پارامترهای اقتصادی ومجموعه دوم شامل کمیات بار می‌باشد. انتخاب واستفاده صحیح ازاین پارامترها دقت محاسبه هزینه‌ها راافزایش می‌دهد. به همین جهت درادامه ابتدا تعریف وتوضیح مختصر این پارامترها را ارائه وسپس وارد بحث اصلی مقاله می‌شویم.

۱- تعریف پارامترهای اقتصادی مورداستفاده دراین روش

دراین بخش علاوه‌بر تعریف پارامترهای اقتصادی مورداستفاده ،باتوجه به نرخ بهره، مالیات ، بیمه و هزینه‌های سوخت وانرژی برای سال ۱۹۸۰ درآمریکا، مقدار تقریبی برخی ازاین پارامترها هم ارائه میگردد [۲].

۱-۱- سرمایه‌گذاری سیستم (System Investment)

سرمایه‌گذاری سیستم هزینه‌لازم برای تولید ۱کیلووات تلفات درزمان پیک سیستم می‌باشدکه شامل هزینه تجهیزات تولید، انتقال، توزیع ونیزعملکرد آنهاو همچنین هزینه نگهداری وتعمیرات آنها است .

۱-۲- هزینه انرژی (Energy Cost)

هزینه‌های متناسب باتولید برای مهیا کردن تلفات انرژی درطول سال رانشان می‌دهد (مثل هزینه‌های سوخت). این هزینه در طول سالیان متمادی پرداخت می‌شود و بایدشامل اثر تورم باشد.

۳-۱- هزینه سرمایه سیستم (System Investment Cost)

هزینه‌های تجهیزات تولید،وسایل توزیع وانتقال ، ایستگاههای فرعی انتقال ، ایستگاههای فرعی توزیع و خطوط اولیه توزیع که وسایل وامکانات کمکی برای استفاده از انرژی برق می‌باشد. دراین رابطه دو پارامتر تعریف میگردد.

CSYSB هزینه سرمایه سیستم درواحدی ازبارپایه (kw/ واحدپول) - بین ۷۴۴ تا۱۱۸۲ دلار بر کیلووات

CSYSP هزینه سرمایه سیستم درواحدی ازبار پیک (kw/ واحدپول) - ۴۱۱ دلار برکیلووات

۴-۱- هزینه‌خازن‌های دائمی‌وسوئیچ‌شونده (Fixed & Switched Capacitor Cost)

توان راکتیو بار وبی‌باری ترانسهای توزیع معمولاً بطور جداگانه بوسیله خازنهای ثابت وسوئیچ که در فیدرهای اولیه توزیع نصب می‌شوند جبران می‌گردند. هزینه این جبران راهزینه خازنهای دائم وسوئیچ می‌نامیم. CCAPF (هزینه‌خازنهای دائمی) حدود ۴/۸ دلار برکیلووار و CCAPS (هزینه‌خازنهای سوئیچ شونده) حدود ۹/۲۴ دلار برکیلووار برای سال ۱۹۸۰ درآمریکا بوده است.

۵-۱- ضریب Carrying Charge Rate

هزینه‌هایی مثل نسبت برگشت یانرخ بهره،استهلاک ادوات،مالیاتها،بیمه و... رامیتوان بصورت درصدی ازسرمایه‌بیان کرد. مجموع این درصدها ضریب فوق را بوجودمی‌آورد. این ضریب با(CC) نشان داده می‌شود. این کمیت تقریباً معادل ۰/۱۸ برای سال ۱۹۸۰ درآمریکا بوده است.

۶-۱- فاکتور تخفیف (Discount Factor)

دوعامل درنصب ظرفیت تولید بیش‌از مصرف مؤثر است که عبارتنداز: وجود تلفات و رشد بار. چون رشد بار عامل مؤثرتری است به این جهت درمحاسبه هزینه تلفات توان از فاکتور تخفیف جهت نشان دادن تأثیرکمتر تلفات در افزایش ظرفیت تولید نصب شده استفاده می‌کنیم. این ضریب با (DISC) نشان داده می‌شود. این کمیت تقریباً برابر ۰/۷۵ است.

۲- تعریف مشخصه‌های بار ترانسفورماتور [۳ و ۲]

۱-۲- تقاضای یک سیستم (Demand)

بارمتوسطی است‌که‌دریک‌بازه‌معینی‌اززمان‌درترمینالهای‌خروجی‌ترانسفورماتوردریافت‌می‌شود

۲-۲- ماکزیمم تقاضای یک سیستم (Maximum Demand)

بزرگترین مقدار تقاضای توان که درخلال پریود معینی از زمان وجود دارد.

۲-۳- بازه تقاضا (Demand Interval)

پریودی است که درخلال آن ازبار متوسط گیری می‌شود مثل ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه، یکساعت یا بیشتر.

۲-۴- ضریب مسئولیت پیک (Peak Responsibility Factor)

بواسطه اختلاف بار، پیک تلفات بار روی ترانس توزیع ممکن است که همیشه درزمان پیک سیستم اتفاق نیفتد. طبق تعریف ضریب فوق خواهدبود:

$$PRFS = \frac{\text{بارترانس درزمان پیک سیستم}}{\text{پیک بار ترانس}}$$

این ضریب معمولاً بین 0.7 تا 1 می‌باشد.

۲-۵- فاکتور بار (Load Factor)

طبق تعریف عبارتست از نسبت بار متوسط به باربیک یعنی :

$$LDF = \frac{\text{متوسط بار}}{\text{پیک بار}}$$

برای محاسبه فاکتور بار، مصرف انرژی در سال را e کیلووات ساعت در نظربگیرید. برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی دریکساعت کافیست e را بر 8760 (تعداد ساعات دریکسال) تقسیم کنیم. جهت محاسبه فاکتور مربوطه باید این مقدار رابرپیک‌بار تقسیم کنیم. برای محاسبه پیک‌بار، بین پیک بارهای مصرف‌کننده‌ها یک متوسط گیری انجام می‌دهیم و خواهیم داشت:

$$LDF(N) = \frac{e}{8760 \times \bar{D}(N)} \qquad (E۲-۱)$$

که درآن داریم:

$$\bar{D}(N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} D_i$$

۲-۶- فاکتور تلفات (Loss Factor)

طبق تعریف عبارتست از متوسط تلفات توان به تلفات توان دربار پیک یعنی :

$$LSF = \frac{\text{متوسط تلفات توان}}{\text{تلفات توان دربارپیک}}$$

براساس یک رابطه تجربی داریم:

$$LSF = A(LDF) + B(LDF)^2 \qquad (E.۲-۲)$$

که درآن $A+B=1$ است. مثلاً $B=0.85$ و $A=0.15$

۲-۷- ضریب انطباق (Coincidence Factor)

فرض کنید N مصرف‌کننده داریم که مصرف‌کننده i ام پیک مصرفی برابر D_i دارد. دریک بازه مخصوص اززمان مصرف‌کننده i ام ، C_iD_i مصرف میکند که $0 \leq C_i \leq 1$ می‌باشد. پس دراین بازه مخصوص اززمان مقدار کل مصرف خواهدشد:

$$D_g = \sum_{i=1}^{N} D_i C_i \qquad (E.۲-۳)$$

فاکتورانطباق ضریبی است که‌اگرآنرادرمجموع D_i ها ضرب‌کنیم،مقدار D_g رابه‌مامی‌دهد. یعنی :

$$CF(N) = \frac{D_g}{\sum_{i=1}^{N} D_i} \qquad (E.۲-۴)$$

طبق یک فرمول تجربی فاکتور انطباق برابر است با:

$$CF(N) = 0.5\left(1+\frac{5}{2N+3}\right) \qquad (E.۲-۵)$$

۲-۸- محاسبه پیک بار سالیانه بادرنظرگرفتن نرخ رشد

مقدار پیک بار درسال اول را IP (برحسب پریونیت) درنظر بگیرید. نرخ رشد پیک‌بار سالیانه GR (برحسب پریونیت) می‌باشد. پس داریم:

پیک بار درسال اول: $P(1) = IP$

پیک بار درسال دوم: $P(2) = IP + IPGR = (1+GR)IP$

پیک بار درسال سوم: $P(3) = IP(1+GR) + GR(1+GR)IP = IP(1+GR)^2$

بطریق مشابه برای سال Y ام مقدار پیک بار برابر می‌شودبا:

$$P(Y) = IP(1+GR)^{Y-1} \qquad (E.۲-۶)$$

۳- روش هم سطح کردن (Levelizing)

چون ارزیابی تلف شامل مقادیری ازقبیل هزینه انرژی و اندازه باراست که بازمان تغییر می‌کنند، مناسب است که این کمیات هم سطح شوند. هم سطح کردن، این مقادیر رابه مقادیر ثابتی تغییرمی‌دهد که همان نتایج اقتصادی مقادیر واقعی راتولید می‌کنند [۴].

۱-۳- ارزش فعلی برگشت سالیانه (Present Worth of Annual Revenue Requirements)

درنظربگیرید که مقدار موجودی اولیه برابر S باشد. اگراین موجودی رادربانک قراردهیم و نرخ‌بهره نیز I باشدبه این معنی که درسال اول به اندازه IS به موجودی اضافه می‌شود، خواهیم داشت:

مقدار موجودی اولیه $A_0=S$

مقدار موجودی درسال اول $A_1=S+IS=(1+I)S$

مقدار موجودی درسال دوم $A_2=(1+I)S+I(1+I)S=(1+I)^2S$

بطریق مشابه برای سال Y ام خواهیم داشت:

$$A_Y=(1+I)^YS$$

ویامیتوان نوشت:

$$S=\frac{A_Y}{(1+I)^Y}$$

یعنی مقدار موجودی سال Y ام رابه سال صفر (زمان حال) منتقل کرده‌ایم. ازاین تکنیک درقسمت بعد استفاده خواهیم کرد.

دراین رابطه دو پارامترزیرتعریف میگردد:

$$SPPWF(I,Y)=\frac{1}{(1+I)^Y} \qquad (E.۳-۱)$$

$$USPWF(I,N)=\sum_{Y=1}^{N}\frac{1}{(1+I)^Y}=\frac{(1+I)^N-1}{I(1+I)^N} \qquad (E.۳-۲)$$

٤- روش مجموع هزینه سالیانه هم سطح شده (Total Levelized Annual Cost) جهت ارزیابی اقتصادی تلفات ترانسفورماتورهای توزیع [٤ و ۱]

این تکنیک رابطه‌ای را برای هزینه سالیانه ترانسهای توزیع شامل انواع هزینه‌های تلفات ارائه می‌نماید. رابطه موردنظر طی سه مرحله بصورت زیربدست می‌آید:

۱-۴- مرحله اول

هزینه سالیانه ترانس شامل ۶ مؤلفه‌است:

۱- هزینه سالیانه سرمایه‌گذاری ترانس (TIC)

۲- هزینه تلفات بی‌باری درسال (NLC)

۳- هزینه تلفات بار درسال (LLC)

۴- هزینه تلفات بی‌باری راکتیو درسال (NRC)

۵- هزینه تلفات بار راکتیو درسال (LRC)

۶- هزینه تلفات رگولاسیون درسال (RGC)

تمامی هزینه‌های فوق برحسب (سال / واحدپول) بیان می‌شوند. درادامه به محاسبه هزینه‌های فوق می‌پردازیم.

۱-۱-۴- محاسبه **TIC**: برای محاسبه این هزینه طبق رابطه زیرداریم:

$$TIC=CT\times CC \qquad (E.4-1)$$

دررابطه بالا CT معرف هزینه ترانس درسال برحسب واحد پول می‌باشد.

۲-۱-۴- محاسبه **NLC** : این هزینه خود به دوقسمت تقسیم می‌شود.

الف - مؤلفه تقاضا که با رابطه زیرمحاسبه میگردد:

$$NLC(D)=NLL\times CSYSB\times DISC\times CC \qquad (E.4-2)$$

دررابطه بالا NLL معرف تلفات بی‌باری ترانس برحسب KW بوده و بقیه ضرائب قبلاً مشخص شده‌اند.

ب - مؤلفه انرژی که بارابطه زیر محاسبه میگردد:

$$NLC(E)=NLL\times 8760\times CEB(Y) \qquad (E.4-3)$$

که :

$$CEB(Y)=CEB_1(1+IRB)^{Y-1}=CEBF_1(1+IRBF)^{Y-1}+CEBOM_1(1+IRBOM)^{Y-1}$$

دراین معادله CEB_1 معرف مقدارهزینه برای تولید یک کیلووات بار پایه درسال اول برحسب (kw/ واحد پول) میباشد که شامل هزینه سوخت $CEBF_1$ و هزینه نگهداری وتعمیرات $CEBOM_1$ است IRBF,IRB و IRBOM مقادیرتورم مربوطه هستند. مقدار کمیت CEB1 تغییراتی بین ۰/۰۰۸۵ تا ۰/۰۳۵ دلار برکیلووات ساعت درسال ۱۹۸۰ درآمریکا داشته‌است.

پس بطور کلی میتوان نوشت :

$$NLC=NLC(D)+NLC(E) \qquad (E.4-4)$$

۳-۱-۴- محاسبه **LLC** : این هزینه خودبه دوقسمت تقسیم می‌شود.

الف - مؤلفه تقاضا که بارابطه زیر محاسبه میگردد:

$$LLC(D)=LL\times(IP(1+GR)^{Y-1}\times PRFS)^2\times CSYSP\times DISC\times CC \qquad (E.4-5)$$

دررابطه بالا LL معرف تلفات بار پایه ترانس برحسب kw ، اولین جمله درپرانتز معرف پیک بار ترانس درسال وکل عبارت پرانتز مجذور بار ترانس (برحسب پریونیت) رادرزمان پیک سیستم خواهد داد. بقیه ضرائب قبلاً مشخص شده‌اند.

ب - مؤلفه انرژی که بارابطه زیرمحاسبه میگردد:

$$LLC(E)=8760\times LSF\times CEP(Y)\times LL\times(IP(1+GR)^{Y-1})^2 \qquad (E.۴-۶)$$

که:

$$CEP(Y)=CEP_1(1+IRP)^{Y-1}=CEPF_1(1+IRPF)^{Y-1}+CEPOM_1(1+IRPOM)^{Y-1}$$

که CEP_1 معرف مقدار هزینه‌برای تولید یک کیلووات بارپیک درسال اول برحسب (kwh/واحدپول) می‌باشد که شامل هزینه سوخت $CEPF_1$و هزینه نگهداری و تعمیرات $CEPOM_1$ است. IRPF,IRP و IRPOM مقادیر تورم مربوطه می‌باشند. کمیت CEP1 درسال ۱۹۸۰ درآمریکا حدود ۰/۰۵۵۷ دلار برکیلووات ساعت بوده‌است.

پس بطورکلی میتوان نوشت:

$$LLC=LLC(D)+LLC(E) \qquad (E.۴-۷)$$

۴-۱-۴- محاسبه NRC : برای محاسبه این هزینه طبق رابطه زیرداریم:

$$NRC=CCAPF\times C\ C\times\sqrt{T^2\times I_O^2 - NLL^2} \qquad (E.۴-۸)$$

در رابطه بالا CCAPF معرف هزینه نصب خازنهای دائم برحسب (kvar/ واحدپول) بوده و عبارت رادیکالی معرف تلفات راکتیو بی‌باری برحسب kvar است که درآن T معرف توان ظاهری ترانس برحسب kva و I_O معرفی جریان تحریک ترانس برحسب پریونیت می‌باشد.

۵-۱-۴- محاسبه LRC : برای محاسبه این هزینه طبق رابطه زیرداریم:

$$LRC=CCAPS\times CC\times(IP(1+GR)^{Y-1}\times PRFD)^2\times\sqrt{T^2\times Z^2-LL^2} \qquad (E.۴-۹)$$

دراین رابطه CCAPS معرف هزینه نصب خازنهای سوئیچ برحسب (kvar/ واحد پول) و ضریب PRFD که برحسب پریونیت می‌باشد بصورت زیر تعریف میگردد:

$$PRFD=\frac{\text{بارترانس درلحظه پیک فیدرهای توزیع}}{\text{پیک بار ترانس}}$$

عبارت رادیکالی معرف تلفات بار راکتیو برحسب kvar است که درآن T معرف توان ظاهری ترانس برحسب kva و Z معرف امپدانس ترانس برحسب پریونیت می‌باشد.

۶-۱-۴- محاسبه RGC : برای محاسبه این هزینه طبق رابطه زیر داریم :

$$RGC=T\times PF\times 8760\times LKW\times REG\times LSF\times (IP(1+GR)^{Y-1})^2\times (CCE_1-CE_1)(1+IRP)^{Y-1} \quad (E.4-10)$$

دررابطه بالاPFمعرف ضریب توان،LKWمعرف تغییر درکیلووات باربرای یک درصد تغییر درولتاژ برحسب درصد، REG معرف رگولاسیون برحسب پریونیت، CCE_1 معرف متوسط قیمت فروش انرژی افزایشی برحسب (kwh/واحدپول) و CE_1 معرف متوسط هزینه انرژی افزایشی برحسب (kwh/ واحدپول) می‌باشد. بقیه ضرائب قبلاً مشخص شده‌اند. درسال ۱۹۸۰ درآمریکا کمیت‌های CCE_1 و CE_1 بترتیب مقادیری درحدود ۰/۰۴۷۲ و ۰/۰۲۱۶ دلار برکیلووات ساعت داشته‌اند.

پس هزینه ترانس درهرسال خواهد شد:

$$AC(Y)=TIC+NLC+LLC+NRC+LRC+RGC \quad (E.4-11)$$

۲-۴- مرحله دوم

دراین مرحله هزینه‌ها را به سال صفر (زمان حال) منتقل کرده وآنرا PWARR می‌نامیم. پس داریم:

$$PWARR=\sum_{Y=1}^{N}(AC(Y)\times SPPWF(I,Y)) \quad (E.4-12)$$

دررابطه بالا N معرف عمر مورد انتظار ترانس می‌باشد.

۳-۴- مرحله سوم

این مرحله ازتکنیک هم سطح کردن (Levelizing) استفاده شده، برای AC(Y) هاازیک مقدار معادل که TLAC نام دارد استفاده می‌شود. پس خواهیم داشت:

$$TLAC=\frac{PWARR}{USPWF(I,N)} \quad (E.4-13)$$

بطورخلاصه میتوان گفت که دراین روش پس ازمحاسبه هزینه‌های سالیانه ترانس، این هزینه‌ها به هزینه‌های معادل درزمان حال تبدیل شده وپس ازاستفاده ازتکنیک هم سطح کردن، کل هزینه‌های ترانس در طول عمر آن بصورت یک هزینه معادل فعلی بدست می‌آید. حال باداشتن این هزینه معادل درزمان حال بررسیهای اقتصادی باسهولت بیشتری انجام خواهدگرفت.

۵- جایگزینی اقتصادی ترانسفورماتورتوزیع [۲]

این مبحث را میتوان بعنوان یک نمونه ازکاربردهای تکنیک گفته شده دربخش قبل دانست. درشکل (۱-۵) منحنی های هزینه سالیانه دوترانس T_1 و T_2 برحسب پیک بار ترانس رسم

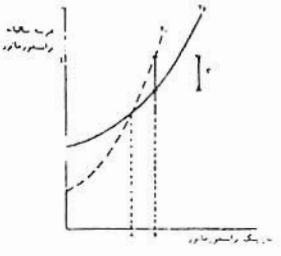
گردیده‌است.

T_1 معرف ترانسی است که هم‌اکنون درحال کار می‌باشدو T_2 معرف ترانس جایگزین است. نقطه A که‌نقطه تقاطع دومنحنی است پیک باری رانشان میدهد که درآن هزینه دوترانس یکسان شده است. در نقطه B هزینه سالیانه ترانس جایگزین از هزینه ترانس درحال کارکمترشده‌است. برای محاسبه نقطه تقاطع داریم:

$$(TAC)T_1=(TAC)T_2+(COE\times I) \qquad (E.5-1)$$

دررابطه بالا $(TAC)T_1$ معرف هزینه ترانس درحال کار، $(TAC)T_2$ معرف هزینه ترانس جایگزین ، COE معرف هزینه تغییرترانس و I معرف نرخ بهره می‌باشد.

$(TAC)T_1$ تابعی ازپیک بار ترانس درحال کار برحسب پریونیت (P_1) و $(TAC)T_2$ تابعی از پیک بارترانس جایگزین برحسب پریونیت (P_2) می‌باشد. وقتی پیک‌بار (P) برحسب پریونیت



شکل (۵-۱)

برمبنای توان نامی ترانس (T) است ، پیک بار (P_2) روی ترانس جایگزین میتواند برحسب پیک‌بار (P_1) روی ترانس درحال کاربیان شود یعنی:

$$P_2T_2=P_1\times T_1 \qquad (E.5-2)$$

باجاگذاری E.5-۲ در E.5-۱ وحل معادله ،نقطه تقاطع دومنحنی بدست خواهدآمد.

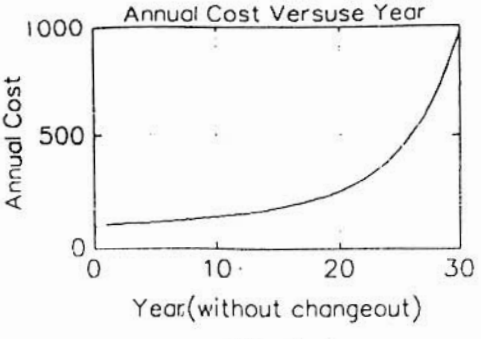
مقدار P_1 که ازحل معادله E.5-۱ بدست می‌آید معرف پیک باری است که برای پیک‌بار بیشترازآن هزینه ترانس جایگزین ازهزینه ترانس درحال کار کمتراست وبهتراست تعویض شود یعنی بار ازطریق ترانس جایگزین به مصرف‌کننده‌برسد.

۶- برنامه‌کامپیوتری وحل یک مثال

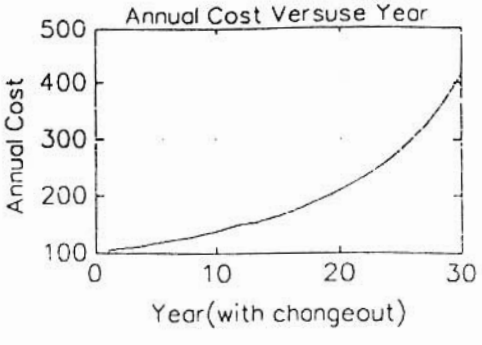
جهت ارزیابی هزینه‌های ترانسفورمرهای توزیع یک برنامه‌کامپیوتری نوشته شده‌است.

اطلاعاتی که این برنامه تحت عنوان ورودی دریافت می‌کندعبارتنداز پارامترهای اقتصادی، مشخصه‌های بار ترانسفورماتورها،مشخصه‌های نامی ترانسفورماتورها، مدت زمان جهت ارزیابی وزمان تغییر (changeout) ترانسفورماتور درصورت وجود شکل (الف -۲-۶) منحنی هزینه سالیانه یک ترانسفورماتور ۲۵KVA رابرای زمان ارزیابی ۳۰ سال وبدون تغییرمحل ترانسفورماتور نشان می‌دهد برای این ترانسفورماتور مقدار پیک بار اولیه ۰/۱ پریونیت ونرخ رشدپیک بار ۱۰ درصد درنظرگرفته شده‌است. شکل (ب-۲-۶) منحنی هزینه‌سالیانه همان ترانسفورماتور راباهمان مشخصات نشان می‌دهدکه دراین حالت ترانسفورماتور درسال دوازدهم به محل دیگری منتقل گردیده‌است.

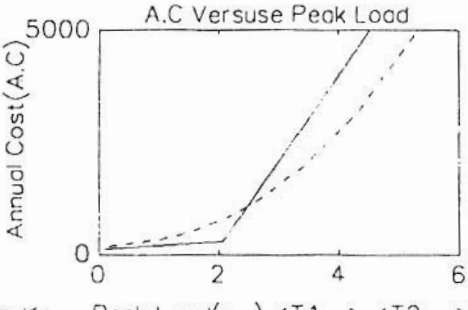
ازدیگرقابلیتهای این برنامه بررسی جایگزینی اقتصادی ترانسفورماتور توزیع میباشدکه دراین رابطه مثال زیر رامطرح می‌کنیم.



شکل (الف ـ ۲ـ۶)



شکل (ب ـ ۲ـ۶)



شکل (۶.۳)

فرض کنیم ترانسفورماتور درحال کار دارای مشخصات زیرباشد:

$T_1 = ۲۵$ kvA $CT_1 = ۳۳۷$ دلار $NLL_1 = ۰/۱۰۵$kw

$REG_1 = ۰/۰۱۴$Pu $LL_1 = ۰/۳۱۶$kw $Io_1 = ۰/۰۱۵$Pu $Z_1 = ۰/۰۱۸$Pu

وترانسفورماتورکاندیدبرای جایگزینی باترانسفورماتوردرحال کارنیزدارای مشخصات زیر باشد:

$T_2 = ۵۰$kvA $CT_2 = ۵۱۰$ دلار $NLL_2 = ۰/۱۹۱$kw

$REG_2 = ۰/۰۱۴$Pu $LL_2 = ۰/۵۲۴$kw $Io_2 = ۰/۰۱۵$Pu $Z_2 = ۰/۰۱۸$Pu

بعلاوه مقادیرپارامترهای اقتصادی رابصورت زیردرنظرمی‌گیریم (مقادیربرای سال ۱۹۸۰ درآمریکا)

$CEB_1 = ۰/۳۵$ دلار/KWh $CSYSP = ۴۱۱$ دلار/KW $CSYSB = ۷۴۴$ دلار/KW

$CE_1 = ۰/۰۲۱۶$ دلار/KWh $CCE_1 = ۰/۴۷۲$ دلار/KWh $CEP_1 = ۰/۰۵۵۷$ دلار/KWh

$COE = ۱۰۰$ دلار $CCAPS = ۹/۲۴$ دلار/kvar $CCAPF = ۴/۸$ دلار/kvar

$I = ۰/۱$Pu $CC = ۰/۱۸$Pu $DISC = ۰/۷۵$Pu $LKW = ٪۰/۷۵$

همچنین فرض می‌کنیم مشخصه‌های بار باتوجه به اینکه ترانسفورماتورها ۱۲ مصرف‌کننده راتغذیه می‌کنند بصورت زیر بدست آمده باشند.

$LSF = ۰/۱۳۵$Pu $PF = ۰/۹$Pu $PRFS = ۰/۷۵$Pu $PRFD = ۰/۸۴۳$Pu

بااستفاده از اطلاعات فوق وحل معادله E.5-۱ ،پیک بار ترانسفورماتور ۱ که درآن این ترانسفورماتور باید باترانسفورماتور ۲ تعویض شود برابر با ۲/۰۶ Pu بدست می‌آید. البته واضح است که ازنظر فنی این پیک بار وحتی کمتر ازآن نمی‌تواند قابل قبول باشد. اما ارزیابی اقتصادی به مامی‌گوید که حتی تاپیک بار ۲ برابر مقدار نامی ترانسفورماتور ۱ ، هزینه سالیانه آن ازهزینه سالیانه ترانسفورماتور ۲ کمتراست. شکل (۳-۶) منحنی های هزینه سالیانه ترانسفورماتور درحال کار وجایگزین وهمچنین نقطه تقاطع آنها رانشان می‌دهد.

۷- نتیجه

جهت محاسبه هزینه سالیانه یک ترانسفورماتور توزیع، بااستفاده از روش هم سطح کردن روابط ساده‌ای استخراج گردید که درآن عوامل اقتصادی همچون تورم ونرخ بهره ، همچنین

مشخصه‌های بار ونرخ رشد بار درنظرگرفته شده‌اند. هزینه محاسبه شده شامل هزینه تلفات بی‌باری و بارداری هزینهٔ تلفات راکتیو بی‌باری وبارداری ، هزینه سرمایه‌گذاری وهزینه رگولاسیون می‌باشد. جایگزینی اقتصادی ترانسفورماتور توزیع بعنوان یکی از کاربردهای روابط هزینه سالیانه ترانسفورماتور توزیع به همراه مثالی دراین رابطه مطرح گردید. ازنتایج مقاله درارائه روشهای اقتصادی دیگرجهت کاهش هزینه سالیانه ترانسفورماتور توزیع می‌توان استفاده نمود.

۸- مراجع

[1]. D.L. Nickel and H.R.Braunstein, "Distribution Transformer loss Evaluation: I-Proposed Techniques", IEEE Vol.PAS-100 Feb.1981.

[2]. D.L. Nickel and H.R.Braunstein."Distribution Trasformer loss Evaluation : II-Load Characteristics and system cost Parameters",IEEE Vol.PAS - 100 Feb.1981

[3]. M.W.Gangel and R.F.Propst. "Distribution Trasformer load characteristics" , IEEE Vol.PAS-84 Aug.1965.

[4]. Walter J.Ros and Daniel J.Ward, "Distribution Loss Evaluation".