بررسی نحوه بهره برداری موثر از ترانسهای توزیع به منظور کاهش تلفات

مهدی توکلی **نوید اقتدارپور** **محمد علی کریمی** **فرشاد فرامرزی**

شرکت برق منطقه ای فارس

کلمات کلیدی: تلفات، ترانسفورماتور، بهره برداری بهینه

خلاصه :

صنعت برق در بخشهای تولید، انتقال و توزیع به سرمایه گذاری زیاد و بلند مدت نیاز دارد و بخشی از توان اقتصادی کشور را به خود معطوف می کند و از طرفی قسمت عمده ای از انرژی تولیدی در شبکه ایران به دلایل فراوان و تحت تاثیر عوامل مختلف به هدر می رود. این امر ضمن به هدر دادن سرمایه های ملی موجب مشکلات عمده دیگری نیز می شود، در این راستا و به منظور دستیابی به شناخت روشهای کاهش تلفات انرژی و توان الکتریکی، پارامترهای موثر مورد بررسی قرار گرفته اند.

در این مقاله با ارائه پیشنهاد روشی مناسب سعی می گردد نحوه استفادهٔ موثر از ترانسهای توزیع با هدف کاهش تلفات در شبکه بررسی و نمایش داده شود.

۱- مقدمه:

رشد روزافزون تقاضای انرژی الکتریکی بدلیل مزایای مهمی که این انرژی دارد و از طرفی عدم کفایت نیروگاههای موجود در تامین این میزان انرژی، نیازمند سرمایه گذاریهای کلان در بخشهای مختلف تولید و انتقال انرژی می باشد. بنابراین با توجه به این مشکلات و محدودیتهایی که در زمینه منابع مالی سرمایه گذاری و توسعه با آن مواجه می باشیم لزوم بهره برداری بهینه از شبکه های موجود از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از مهمترین بحثها در بهره برداری بهینه ، کاهش تلفات انرژی می باشد.

تجهیزات ایجاد کننده تلفات در سیستم های قدرت از دید فنی اکثرا خطوط و ترانسفورماتورها هستند. بهره برداری موثر ترانسهای قدرت به عنوان بخش اصلی سیستم یکی از موارد مهم در افزایش راندمان شبکه قدرت می باشد. طراحی ترانسهای قدرت به منظور داشتن حداکثر راندمان ، معمولا در توان میانگین

ترانس و یا در نزدیکی آن صورت می گیرد. در حالیکه راندمان واقعی به بار ترانس وابسته است.

در این مقاله روشی پیشنهاد می شود که ابتدا صفحه دو بعدی بارگذاری ترانس $(I, Cos(\phi))$ را به نواحی بهره برداری مختلف تقسیم می کند. سپس اطلاعات موجود از بارگذاری ترانس در ساعات مختلف در این صفحه ترسیم می گردد که با این عمل می توان تشخیص داد آیا ترانس به نحو موثر بهره برداری میشود یا نه؟ در بخش اول روش پیشنهادی مطرح و در بخش های بعدی چگونگی بکار گیری از این روش در استفادهٔ موثر از ترانس ها به صورت عملی گفته می شود. مفهوم استفاده موثر، انتخاب بهینه ترانس یا بارگذاری بهینه بروی آن می باشد.

۲- بهره برداری موثر از ترانسفورماتور

یکی از روشهای کلاسیک جهت بررسی بهره برداری موثر ترانس، مطالعه رابطه میزان راندمان و بار ترانس در یک صفحه دو بعدی است [۳-٤] که بدین ترتیب ناحیه بهره برداری موثر در محدوده ای از بار ترانس بدست می آید. مشکلی که در این روش وجود دارد این است که اگر بار ترانس در محدوده راندمان ماکزیمم قرار گیرد اما ضریب توان بار خیلی پایین باشد، میزان تلفات مینیمم نیست. به عنوان مثال در حالت حدی وقتی که ضریب توان ترانس صفر باشد میزان تلفات ترانس ماکزیمم و برابر با ۱۰۰٪ است. جهت رفع این مشکل، در این مقاله پیشنهاد می شود که در یک فضای سه بعدی (میزان تلفات ترانس، ضریب توان و جریان بار) ناحیه عملکرد ترانس مورد بررسی قرار گیرد و از این طریق ناحیه موثر ترانس که در آن هم راندمان ماکزیمم و هم تلفات ترانس مینیمم باشد، بدست آید.

۲- الف- تعریف میزان تلفات و ناحیه بهره برداری از ترانسفورماتور

تلفات ترانسفورماتور در دسته تلفات فنی غیر قابل بازیافت قرارمی گیرد و شامل دو قسمت : تلفات مسی ناشی از مقاومت سیم پیچها و تلفات هسته ناشی از تلفات فوکو و هیسترزیس است :

$$P_{loss_trans}=3R I^2 + K_n f B^n_m + K f^2 B^2_m \qquad (۱)$$

در این رابطه R مقاومت معادل سیم پیچ ها ، I جریان بار، f فرکانس شبکه و B_m چگالی شار ترانس می باشند. تلفات هسته ترانس را منبعد با P_c نشان داده و فرض می شود که تقریبا ثابت بوده و برابر با توان بی باری ترانس است :

$$P_c = K_n f B^n_m + K f^2 B^2_m \qquad (۲)$$

نسبت تلفات ترانس به توان ورودی برابر می باشد با :

$$P_{lt} = \frac{P_{loss_trans}}{P_{in}} \qquad (۳)$$

P_{lt} منبعد میزان تلفات گفته می شود و P_{in} توان ورودی ترانس است :

$$P_{in} = P_o + P_{loss_trans} \qquad (۴)$$

P_o توان خروجی ترانس بوده و مساوی است با:

$$P_o = 3VICos(\phi) \qquad (۵)$$

$Cos(\phi)$ ضریب توان بار و V ولتاژ ترانس می باشد که می توان از تغییرات ولتاژ صرفنظر و آن را ثابت فرض کرد. روابط (۴)و (۵) را در(۳) جایگذاری نمایید :

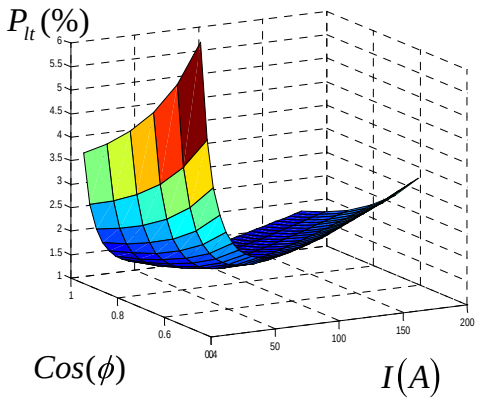
$$P_{lt}(I, Cos(\phi)) = \frac{3RI^2 + P_c}{3VICos(\phi) + 3RI^2 + P_c} \qquad (۶)$$

با توجه به رابطه فوق میزان تلفات به دو پارامتر متغیر I و $Cos(\phi)$ وابسته می باشد که در شکل (۱) به صورت یک سطح سه بعدی در صفحه $(I, Cos(\phi), P_{lt})$ نشان داده شده است .

از آنجایی که راندمان ترانس با میزان تلفات نسبت برعکس دارد بنابراین ماکزیمم راندمان زمانی حاصل می شود که میزان تلفات حداقل باشد. این حداقل با توجه به شکل (۱) در $Cos(\phi) = 1$ و جریانی به مقدار زیر بدست می آید :

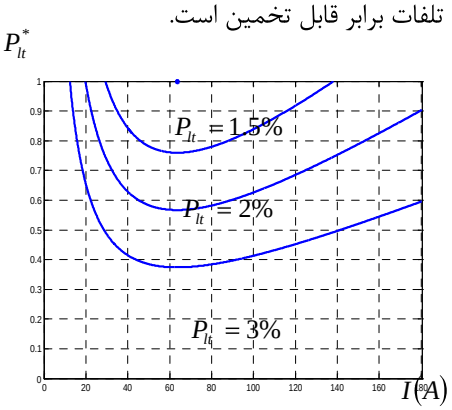
$$I^* = \sqrt{\frac{P_c}{3R}} \qquad (۷)$$

برای بدست آوردن جریان بهینه فوق کافی است از رابطه (۶) نسبت به I مشتق گرفته و سپس مساوی صفر ($\frac{d_{P_{lt}}}{d_I} = 0$) قرار داد .



شکل ۱) سطح سه بعدی رابطه (۶) در صفحه $(I, Cos(\phi), P_{lt})$

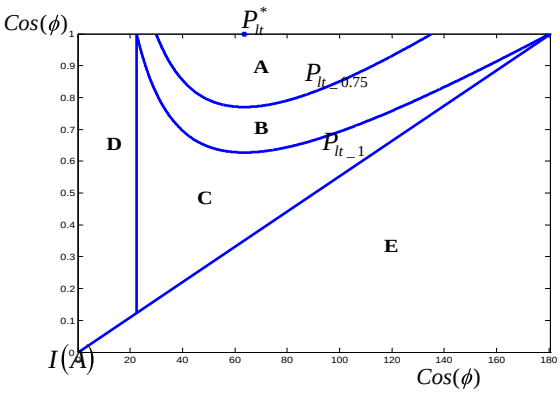
شکل (۲) نمایش دو بعدی شکل (۱) در صفحه $(I, Cos(\phi))$ به ازائ خطوط میزان تلفات مختلف می باشد. تغییرات مقادیر بار ترانس با نقاط مختلف در صفحه $(I, Cos(\phi))$ در ارتباط است. این نقاط به عنوان نقاط بهره برداری ترانس و دامنه تغییرات این نقاط بهره برداری به عنوان ناحیه بهره برداری تعریف می شود. با توجه به شکل (۲) واضح است که دسته خطوط با میزان تلفات برابر، صفحه $(I, Cos(\phi))$ را به ناحیه های متعدد تقسیم می کند. وقتی که نقاط بهره برداری ترانس در یک ناحیه مشخص قرار می گیرند میزان تلفات ترانسفورماتور بصورت تقریبی از طریق خطوط با میزان تلفات برابر قابل تخمین است.



شکل ۲) نمایش دو بعدی رابطه (۶)

۲- ب- نواحی بهره برداری موثر و بهینه

یک روش مناسب برای تعیین ناحیه بهره برداری بهینه و موثر در صفحه $(I, Cos(\phi))$ این است که توسط خطوط تلفات ثابت مجاز تعریف گردند . با توجه به معیارهایی که به طور معمول قابل بیان می باشند و در مقالات مختلف مورد بحث قرار گرفته است وقتی که یک ترانس در ظرفیت نامی کار کند حد بالای ناحیه بهره برداری موثر تامین می گردد و حد پایین آن کار کرد ترانس با ۷۵ درصد ظرفیت نامی می باشد که حد بالای ناحیه بهره برداری بهینه نیز هست . بنابراین صفحه $(I, Cos(\phi))$ را مطابق شکل (۳) به ۵ ناحیه بهر ه بر داری تقسیم می شود.



شکل ۳) نواحي پنج گانه بهره برداري

خط تلفات ثابت $P_{lt_0.75}$ مرز پایین ناحیه بهره برداری بهینه است (موثرترین ناحیه). این ناحیه، ناحیه A نامیده می شود. ناحیه B که ناحیه بین دو خط تلفات ثابت $P_{lt_0.75}$ و P_{lt_1} است ناحیه بهره برداری موثر می باشد. ناحیه C ناحیه بهره برداری غیر موثر (با توجه به ضریب توان پایین این ناحیه) است. ناحیه D ناحیه بهره برداری غیر موثر (با توجه به کم باری این ناحیه) بوده و ناحیه E ناحیه فولباری ترانس به علت جریان راکتیو بالا است. وقتی که نقطه بهره برداری در ناحیه A قرار دارد، میزان تلفات ترانس کمتر از P_{lt_1} می باشد و ترانس در ناحیه بهره برداری بهینه قرار دارد. وقتی که این نقطه در ناحیه B قرار دارد، میزان تلفات بین $P_{lt_0.75}$ و P_{lt_1} قرار دارد و ترانس در ناحیه بهره برداری موثر قرار دارد.

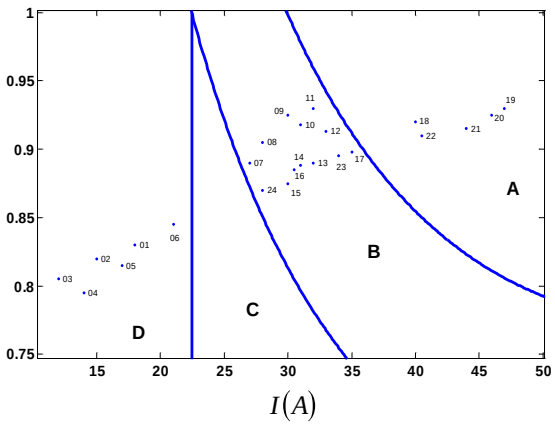
۲- ج- روش بررسی نواحی بهره برداری ترانسفوماتور

اولین گام در این روش پیدا کردن خطوط تلفات ثابت برای ترانسهای مختلف مورد بهره برداری است. با توجه به معیار راندمان معرفی شده در بخش قبل، میزان تلفات قابل قبول و بیشترین این مقدار بدست آورده می شود و به این ترتیب دو خط تلفات ثابت در صفحه $(I, Cos(\phi))$ بدست می آید.

گام دوم تقسیم صفحه $(I, Cos(\phi))$ مطابق شکل (۳) به ۵ ناحیه بهره برداری که در بند قبل توضیح داده شده است.

گام سوم بررسی راندمان ترانس با توجه به اشکال تحلیلی بدست آمده در گام دوم است. مقادیر بارگذاری ترانسها از طریق اطلاعات ثبت شده برروی کنتورها قابل دستیابی است. نقاط بهره برداری ترانس با توجه به این مقادیر بار، در نواحی بهره برداری صفحه $(I, Cos(\phi))$ ترسیم می شوند و از این طریق محدوده میزان تلفات ترانس (و یا راندمان) را می توان تخمین زد و معقول بودن نحوه بارگذاری ترانس بدست می آید.

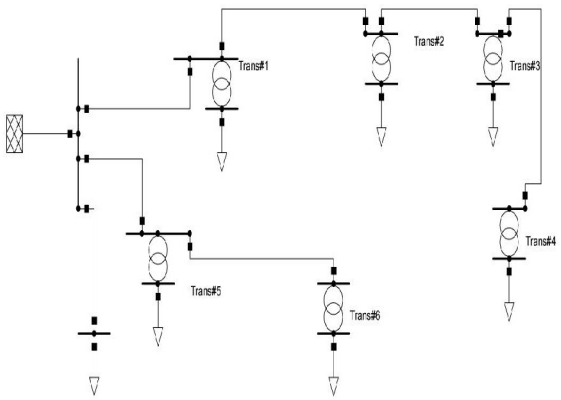
برای مثال در شکل (۴) میانگین میزان بارگذاری یک ترانس در ساعات مختلف نمایش داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می کنید ترانس بین ساعتهای ۱۸ تا ۲۲ در ناحیه A کارکرده یعنی بصورت بهینه بهره برداری شده است. ولی از ساعت ۱ تا ۶ صبح به دلیل بار پایین در شب در ناحیه D می باشد و در بقیه ساعات در ناحیه B (ناحیه موثر) بهره برداری میشود. با به تصویر کشیدن نحوهٔ بار گذاری این ترانس در یک نظر می توان تشخیص داد که ترانس به نحو مناسب بهره برداری می گردد و در کل تلفات ترانس پایین می باشد.



شکل ۴) میانگین میزان بارگذاری یک ترانس در ساعات مختلف

۳- مثال عملی

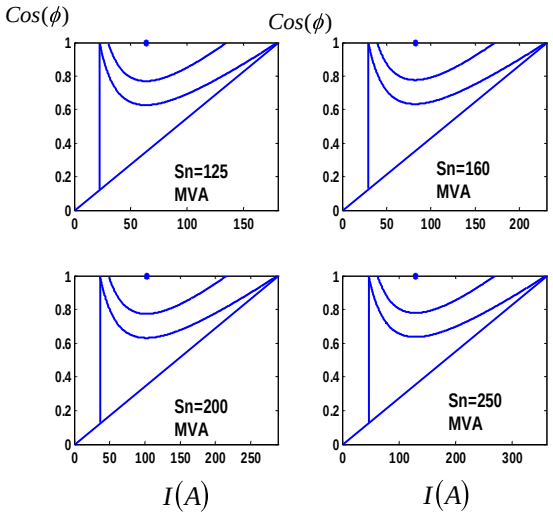
شکل (۵) یک سیستم توزیع هوایی ۲۰ کیلوولت را با ۶ ترانس نمایش می دهد. نواحی بهره برداری پنج گانه چهار نوع ترانس که در این سیستم بکار می رود در شکل (۶) نشان داده شده است. شکلهای (۴) و (۷) به ترتیب نحوه بارگیری روزانه از ترانسهای ۲ و ۵ را در صفحه $(I, Cos(\phi))$ بیان می کنند که به طور بصری با مشاهده اشکال می توان نحوه عملکرد بهره برداری از ترانس ها را تحلیل نمود. در شکل (۴) مشاهده می شود که در ساعتهای ۱ الی ۶ صبح ترانس در ناحیه D بهره برداری گشته و بقیه ساعات در ناحیه بهره برداری بهینه و موثر واقع شده اند. این بیانگر بارگیری مناسب از ترانس ۲ است. در شکل (۷) تمام نقاط بارگیری روزانه در ناحیه D قرار دارد که این موضوع نشان دهنده نامناسب بودن ترانس ۵ دارد چون بار نسبت به ظرفیت ترانس سبک می باشد. در صورتیکه اگر از ترانسی با ظرفیت ۱۰۰MVA به جای ترانس ۵ با ظرفیت ۲۰۰MVA استفاده کرد بغیر از ۶ ساعت اولیه صبح ترانس در ناحیه بهره برداری بهینه و موثر کار می کند (شکل ۸). بنابراین با انتخاب مناسب ترانس می توان از ترانس به صورت بهینه بهره برداری کرده و تلفات را کاهش داد.



شکل ۵) یک سیستم توزیع هوایی ۲۰ کیلوولت

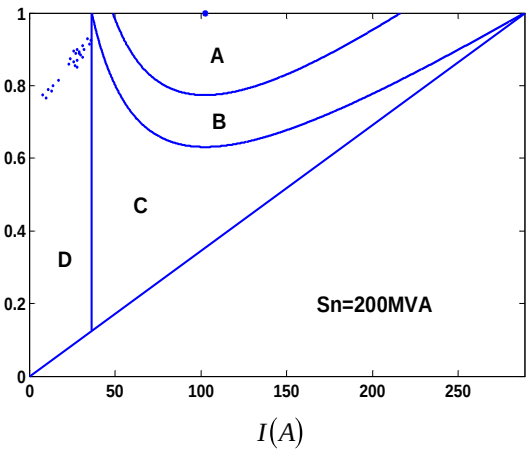
جدول (۱) نشان دهنده آمار ۲۴ ساعته بارگیری از ترانس ها در نواحی پنج گانه A تا E است. در این جدول درصد نسبت ،

نسبت زمانهای بهره برداری از ترانس ها در نواحی پنج گانه را در یک روز بیان می کند.

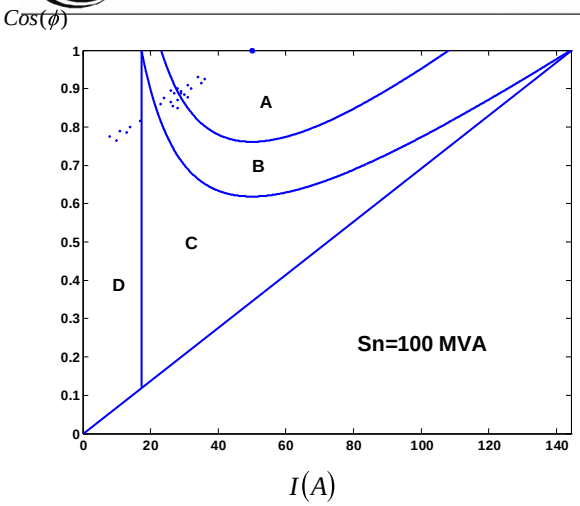


شکل ۶) نمایش نواحی عملکرد پنج گانه چهار نوع ترانس

در جدول (۱) مشاهده می کنید که ترانس های ۱ و ۶ در نواحی بهینه و موثر کار می کنند و بارگیری از ترانس ۵ همانطور که در بند قبل گفته شد در ناحیه D می باشد. ترانس های ۲ ، ۳ و ۴ بیش از ۷۵ درصد در ناحیه های بهینه و موثر و بقیه ساعات در نواحی غیر موثر کارمی کنند.



شکل ۷) میانگین میزان بارگذاری ترانس ۵ در ساعات مختلف



شکل ۸) میانگین میزان بارگذاری ترانس ۵ در ساعات مختلف با ظرفیت ۱۰۰ MVA

ناحیه بهره برداری	ترانس۱ (درصد نسبت)	ترانس۲ (درصد نسبت)	ترانس۳ (درصد نسبت)
A	۶۲,۵	۲۰,۸	۵۴,۲
B	۳۷,۵	۵۴,۲	۲۹,۲
C	۰	۰	۱۶,۴
D	۰	۲۵	۰
E	۰	۰	۰
ناحیه بهره برداری	ترانس۴ (درصد نسبت)	ترانس۵ (درصد نسبت)	ترانس۶ (درصد نسبت)
A	۲۹,۲	.	۲۵
B	۵۰	.	۷۵
C	۸,۳	۰	۰
D	۱۲,۵	۱۰۰	۰
E	۰	۰	۰

جدول ۱) نشان دهنده آمار ۲۴ ساعته بارگیری از ترانس ها

۴- جمعبندی و نتیجه گیری

در این مقاله روشی جهت بررسی رابطه بین میزان تلفات ترانس و بار آن در یک فضای سه بعدی حاصل از (میزان تلفات، ضریب توان و جریان بار) مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس این مطالعه نواحی بهره برداری از ترانس در صفحه $(I, Cos(\phi))$ به ۵ قسمت تقسیم شده اند که با توجه به اینکه نقاط بارگذاری ترانس در چه ناحیه ای از صفحه $(I, Cos(\phi))$ قرار می گیرند، راندمان ترانس قابل تخمین است. بدین ترتیب می توان تشخیص داد آیا از ترانس به صورت مناسب بارگیری می شود یا در واقع آیا تلفات و راندمان ترانس در حد قابل قبول می باشد. درصورت قابل قبول نبودن می توان با انجام مانورهای مناسب بر روی ترانسها با توجه به نحوه بارگذاری آنها کاری نمود تا ترانسها حتی الامکان در ناحیه موثرو بهینه بهره برداری شوند و بدین این طریق از تلفات اضافی انرژی در ترانسها جلوگیری کرد.

۵- منابع

[۱] Arri and Emesto, “Measurement of transformer power losses and efficiency in real working conditions,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. ۴۰, pp. ۳۸۴–۳۸۷, Apr. ۱۹۹۱.

[۲] H. Zhi-guo, Z. Xue-wen, and Z. Bao-hui, “Research on real-time SCADA system for economic operation of transformers in substations,” *Relay*, vol. ۳۰, no. ۱, pp. ۱۸–۲۱, Jan. ۲۰۰۲.

[۳] D. Yushan, “Mathematical model of the economical operation of transformers”, *Rural Electrif.*, vol. ۹, pp. ۹۹–۱۰۴, ۱۹۹۳.

[۴] M. Yang and R. Wang, “Power losses analysis system for rural electric power networks,” *J. Beijing Agricult. Eng. Univ.*, vol. ۱۴, no. ۲, pp.۸۴–۹۰, ۱۹۹۴.

[۵] G. R. Slemon and A. Straughen, Electric Machines. Wesley, ۱۹۸۱, pp. ۱۱۴–۱۱۵.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.