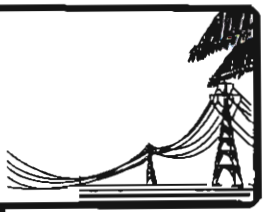


مشکلات استفاده از سیم پیچ سوم ترانسفورماتورها در شبکه برق آذربایجان و روشهای مقابله با آن

علی بهاروند - غلامحسین محمدپور
شرکت برق منطقه ای آذربایجان

چکیده :

در ترانسفورماتورها با اتصال ستاره - ستاره و نیز دراتوترانسفورماتورها ، سیم پیچی سومی با اتصال مثلث و با ولتاژ ۱۰ تا ۲۰ کیلوولت که سربندی آن بمنظور تغذیه بارهای محلی و یا کنترل باراکتیو و درمواردی جهت تغذیه شبکه توزیع‌نیرو در بیرون از ترانسفورماتورقراردارد مورد استفاده قرار می‌گیرد که باتوجه به تجربیات چندین ساله استفاده از سیم پیچی سوم بدلیل مشکلات فراوانی که داشته و حوادث عدیده‌ای را که در پستهای فوق توزیع عامل شده است توصیه نمی‌شود.

درشبکه آذربایجان استفاده از سیم پیچی سوم در پستهای ۲۳۰ کیلوولت شفا و سردرود حوادثی را ایجاد نموده که دراین مقاله مورد بررسی و ریشه یابی قرار گرفته و روشهای تقلیل این حوادث و جلوگیری ازصدمه دیدن کل ترانسفورماتور راه حلهائی‌نیز ارائه شده است .

شرح مقاله :

در ترانسفورماتورهائی با اتصال ستاره - ستاره و نیز دراتو ترانسفورماتورها از سیم پیچی سوم بعنوان پایدارکننده استفاده می‌شود و میتوان گفت که تقریبا " درتمامی ترانسفورماتورهای کشور که دارای اتصال ستاره - ستاره هستند ازاین سیم پیچی استفاده شده است .

در شبکه آذربایجان در پستهای انتقال (۲۳۰ کیلوولت) سردرود- شفا- آذر- میاندوآب - ارومیه - تقی دیزه - مغان - تیکمه داش - اهر- میانه و نیروگاه سیم پیچی سوم مورد استفاده قرار میگیرد از سیم پیچی سوم در پستهای سردرود- تقی‌دیزه - مغان - اهر و نیروگاه جهت تغذیه داخلی و نصب منابع راکتیو و پست تیکمه داش جهت تغذیه داخلی و درپستهای آذر- میاندوآب - ارومیه و شفا جهت تغذیه شبکه توزیع‌نیرو و تغذیه داخلی استفاده می‌شود.

۱- ■ هدف کاربرد سیم پیچی سوم در ترانسفورماتورهای Y - Y و اتوترانسفورماتورها ■

۱-۱- این سیم پیچی موجب حذف اثرات نامطلوب هارمونیکهای درجه۰ سوم جریان مغناطیس کننده، هسته گشته و از افت ولتاژ و تغییر شکل ولتاژ که موجب اعمال تلفات اضافی به شبکه می‌گردد جلوگیری بعمل می‌آورد زیرا هارمونیك سوم از سایر هارمونیکها مهمتر و دامنه۰ آن حتی تا ۴۰ درصد هارمونیك اصلی نیز می‌رسد.

۱-۲- کاهش امپدانس صفر ترانسفورماتور بمنظور دستیابی به شرایط مخصوص زمین شبکه و جلوگیری از بروز اضافه ولتاژ در فازهای سالم در مواقع اتصال تکفاز به زمین

۱-۳- مانع خروج شار ازهسته شده و از ایجاد تلفات اضافی در ترانسفورماتور که از ورود شار به قسمتهای فلزی مانند بدنه ناشی می‌شود جلوگیری می‌نماید.

۱-۴- از انتقال مولفه صفر جریان از یك شبکه به شبکه دیگر جلوگیری می‌نماید. زیرا انتقال مولفه هموپولر ازیك شبکه که اتصال نامتقارن درآن اتفاق افتاده به شبکه سالم موجب تحریك و عملکرد رله ها شده و قابلیت اطمینان و پایداری شبکه را مختل می‌سازد.

۱-۵- ایجاد تعادل مغناطیسی درهسته و نیز امکان بارگیری نامتقارن و ثابت نگهداشتن ولتاژ نقطه نول (درترانسفورماتورهائی که فقط ثانویه آنها زمین شده است).

۱-۶- اگر ازسیم پیچ سوم بمنظور تغذیه مصارف داخلی پست و یاتغذیه کمپانساتورها و راکتورها و خازنها و شبکه توزیع‌نیرو استفاده شود می‌بایستی سیم پیچ درداخل ترانسفورماتور بصورت مثلث بسته شده و سرهای آن ازترانسفورماتورخارج گردند.

ولی‌اگر فقط برای آیتمهای ۱ تا ۵ مورد استفاده قرارگیرد می‌بایستی یك‌گوشه مثلث را باز و بوسیله دوبوشینگ از ترانسفورماتورخارج و این دوسر را به همدیگر وصل‌نموده و مستقیما" زمین‌نموده این عمل جهت انجام اندازه گیریهای مختلف (اندازه گیری مقاومت عایقی، ویا ضریب تلفات عایقی و جریان گردشی در سیم پیچ سوم درحالت اتصال کوتاه تك‌فاز ویا

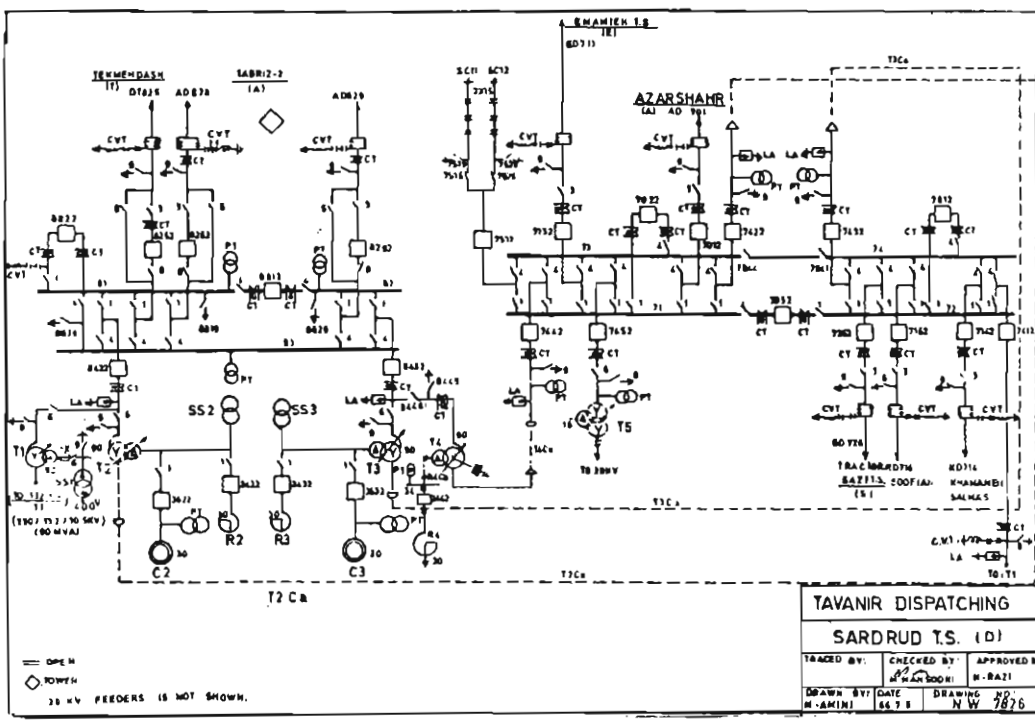
اندازه گیری هارمونیك سوم جریان عبوری) صورت می‌گیرد و دلیل زمین کردن یك گوشه از مثلث جلوگیری از القاء خازنی اضافه ولتاژ بر روی سیم پیچ سوم است .

۷-۱- اگر سیم پیچ سوم به کابل و راکتور و یا خازن وصل شود ظرفیت بین این سیم پیچ و زمین بزرگ شده و ولتاژ خازنی کوچك می‌گردد در این حالت احتیاجی به زمین کردن یك گوشه مثلث یا استفاده از برقگیر نیست .

۲- ■ مشکلات بهره برداری از سیم پیچ سوم در شبکه آذربایجان ×

۱-۲- پست ۲۳۰ کیلوولت سردرود (۲۳۰/۱۳۲/۱۰/۵ کیلوولت)

همانگونه که ازشکل یك پیداست پست سردرود دارای چهاردستگاه ترانسفورماتور باقدرت ۹۰ مگاولت آمپر و ولتاژ ۲۳۰/۱۳۲/۱۰/۵ کیلوولت می‌باشد . هردوترانسفورماتور بایك کلید ۲۳۰ کیلوولت محدودشده و دارای قدرت ۹۰/۹۰/۳۰ مگاولت آمپر میباشد .



شکل (۱)- دیاگرام تك خطی پست ۲۳۰/۱۳۲/۱۰/۵ کیلوولت سردرود

بر روی سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره یك ترانسفورماتور تغذیه داخلی پست ، بر روی سیم پیچ سوم ترانسفورماتور ۲ و ۳ راکتورها و کمپانساتورهای ۳۰ مگاواری و بر روی سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره ۴ راکتور ۳۰ مگاواری قرار گرفته است ۰

باتوجه به عدم وجود نقطه صفر درطرف سیم پیچ سوم که بصورت مثلث بسته شده است می‌بایستی مجموعه تجهیزات قرار گرفته بر روی آن و نیز اتصال زمین سیم پیچ سوم حفاظت گردد این امر توسط رله ولتاژی مثلث باز که به عدم تعادل ولتاژ فازها حساس بوده و توسط Residual - Voltage عمل می نماید صورت می‌گیرد ۰

۲-۲- طرز عمل رله :

درحالت عادی سیستم ، ولتاژ دوسر رله به سبب وجود تعادل ولتاژ درفازها برابر صفر بوده و درحالت اتصال یك فاز یا دوفاز به زمین - ولتاژ فاز اتصالی نسبت به زمین‌تقریبا " صفر و ولتاژ فازهای سالم افزایش یافته و ولتاژ دوسر رله بیشتر گشته و موجب عملکرد رله و قطع کلیدهای طرفین ترانسفورماتور می‌گردد ۰

اشکالاتی درچندسال اخیر برروی سیم پیچ سوم ترانسفورماتورهای پست سردرود بروز نموده و درنهایت موجب اتصال حلقه و سوختن فاز وسط سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره دو این پست گردیده است که اهم آنها عبارتند از :

۲-۳- بروز آرك و آتش سوزی درتابلوی راکتور قرارگرفته در روی سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره ۲ ، که این عمل موجب اتصال کوتاه درطرف ثالثیه ترانسفورماتور مذکور گردیده است ۰

۲-۴- انفجار کلید ۱۰/۵ کیلوولت مربوط به کمپانساتور قرارگرفته رویثالثیه ترانس شماره دو ، که این عمل موجبات اتصال کوتاه را نیز فراهم نموده است ۰

۲-۵- انفجار بوشینگ ترانسفورماتور راه انداز کمپانساتور و عملکرد رله های دیفرانسیال ترانسفورماتور و مثلث باز درطرف ۱۰/۵ کیلوولت ترانسفورماتور شماره ۲، که این عمل ناشی از وجود اضافه ولتاژ در سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره ۲ بوده است ۰

۲-۶- سوختن سکسیونر و بخشی از کابل ۱۰/۵ کیلوولت مربوط به سیم پیچ سوم ترانسفورماتورشماره ۲ ، که دراین عمل اتصال کوتاه درطرف سیم پیچ سوم ترانسفورماتور اتفاق افتاده است ۰

۲-۷- سوختن فیوز و پایه فیوز مربوط به PT طرف ثالثیه - که این عمل به سبب ایجاد اضافه ولتاژدراثر عمل کلیدزنی راکتور اتفاق افتاده و سیم پیچ سوم برای مدتی درمعرض اضافه ولتاژ قرارگرفته است ۰

۸-۲- اتصال حلقه و سوختن فاز وسط سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره ۲ و عملکرد رله بوخهلتس

۹-۲- سوختن مقره های اتکائی طرف ثالثیه ترانسفورماتور شماره یك - که این عمل در اثر بروز اضافه ولتاژ در موقع کلیدزنی راکتورها اتفاق افتاده است ۰

۱۰-۲- ذوب کنتاکتهای ثابت و متحرك کلید راکتور در موقع عمل کلیدزنی در ثالثیه ترانسفورماتور شماره ۴ ۰

۱۱-۲- ترکیدن مقره های اتکائی طرف ۱۰/۵ کیلوولت ترانسفورماتور شماره یك و عملکرد رله بیفرانسیال ترانسفورماتور در اثر تبدیل اتصال تکفاز به زمین به اتصال سه فازبه زمین در اثر افزایش ولتاژ در ثانویه ترانسفورماتور ۰

۱۲-۲- متصاعدشدن گاز در کلیدهای راکتورهای پست و کم شدن قابل ملاحظه سطح مایقی روغن این کلیدها در موقع انجام عمل کلیدزنی در راکتور ۰

۳- ■ علل بروز حوادث روی سیم پیچی سوم ترانسفورماتورهای پست سردرود ■

نظربه آیتم های ۳-۲ الی ۷-۲ که علت ، وجود اضافه ولتاژ درطرف ثالثیه ترانسفورماتور شماره ۲ بوده که در اثر شکست ایزولاسیون تجهیزات منصوبه روی سیم پیچی سوم اضافه ولتاژ اتصال کوتاهها را ایجاد نموده و موجب عبور جریان زیاد ازسیم پیچ سوم گردیده است که دوعامل ، اضافه ولتاژ (ناشی از قطع و وصل راکتور) و بروز پدیده Chopping - Current به سبب مشخصه فنی کلید و جریان زیاد گذرنده از سیم پیچیهای ثالثیه به سبب بروز اتصال کوتاه سه فاز با زمین موجبات اتصال حلقه و سوختن فاز وسط سیم پیچی سوم را فراهم نموده است (البته مقادیر جریانهای اتصال کوتاه باتوجه به مشخصه ترانسفورماتورها محاسبه خواهدشد)۰

نظربه اینکه بروز اتصال کوتاه خود ناشی از اضافه ولتاژ ایجادشده در ثالثیه و اضافه ولتاژ ناشی ازقطع و وصل کلید راکتور بوده جهت رسیدن به نتیجه مشخص ، آزمایش بر روی راکتور شماره ۴ انجام گرفت و روغن داخل کلید قبل از وصل ازنظر دی الکتریك تست گردید و نتیجه ۵۰ kv ۲/۵ mm را نشان داد۰ ولی پس از یکبار وصل و قطع کلید راکتور روغن داخل محفظه قطع مورد آزمایش قرارگرفت که نتیجه۱۵kv /۲/۵mm را نشان داد۰ این کاهش فاحش دی الکتریك و متصاعدشدن گاز ازداخل آن پس ازیکبار عمل قطع و وصل نشان ازاضافه ولتاژی داردکه باحتمال قوی از پدیده Chopping- Current نتیجه شده است ۰ و اگر عمل قطع و وصل کلید با این وضعیت روغن یکباردیگر انجام میگرفت بالطبع موجب ترکیدن کلید و ایجاد اتصال کوتاه درثانویه میگردید که نتیجتا " کاهش عمرسیم پیچی سوم

رادربردارد و سوختن سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره ۲ با این نظر مطابقت دارد لذا برای جلوگیری از حوادث مشابه باید تدابیری اندیشیده شود البته در مراحل بعدی مقاله راه حلهای مناسبی در این زمینه ارائه خواهد شد.

آیتمهای ۹-۲ و ۱۰-۲ و ۱۲-۲ نیز نشان از بروز اضافه ولتاژ ناشی از جریان بریده - بریده (Chopping - Current) دارد که باعث حوادث شده و اتصال کوتاه سه فاز به زمین را موجب گردیده است.

محاسبات انجام یافته که در ادامه مقاله ارائه میشود نشان خواهدداد که جریانهای اتصال کوتاه ایجاد شده باتوجه به سطح اتصال کوتاه زیاد طرف ۱۰/۵ کیلوولت ترانسفورماتورها میتواند خطرآفرین باشد.

درآیتم ۱۱-۲ باتوجه به اینکه راکتور خارج ازمداربوده و حتی کابلهای ارتباطی بین ترانسفورماتورها و راکتورنیز ازطرف ۱۰/۵ کیلوولت ترانسفورماتورباز بوده است درنتیجه رله، مثلث باز نیز خارج ازمداربوده و اتصال تکفاز به زمین ناشی از شکست الکتریکی بین فاز وفنس های موجود درهوای بارانی اضافه ولتاژ موقت بین فازهای سالم و زمین را موجب گردیده است و ازطرفی دراثر عدم وجود حفاظت لازم - تداوم اضافه ولتاژ موجب شکست ایزولاسیون هوای بین دوفاز گردیده و حادثه به اتصال دو فاز تبدیل شده است که این امر هم میتواند ازنظر اضافه ولتاژ وهم نیروهای دینامیکی ناشی از اتصال دوفاز برای ترانسفورماتورخطرآفرین باشد.

(مقادیر جریانهای اتصال کوتاه و اضافه ولتاژ موقت در ادامه مقاله محاسبه میشود)

۴- ■ محاسبه، مقادیر جریانهای اتصال کوتاه و اضافه ولتاژهای موقت در مواقع بروز حوادث ■

۱-۴- محاسبه جریانهای اتصال کوتاه

۱-۱-۴- ترانسفورماتور T_1 : این ترانسفورماتورساخت سال ۱۹۷۶ شرکت میتسوبیشی ژاپن بوده امپدانس درصدهای زیرمیباشد

HV - MV	(۹۰ MVA)	۸/۸۱ ٪
HV - LV	(۳۶ MVA)	۱۷ ٪
MV - LV	(۳۰ MVA)	۱۵/۱ ٪

امپدانسهای فوق گویای آنست که حداکثر جریان اتصال کوتاه سه فاز عبوری از سیم پیچ سوم ترانسفورماتور شماره یك معادل ۶/۴۶ برابر جریان نامی یا ۶/۱۵ کیلو آمپر میباشد.

۲-۱-۴- ترانسفورماتور T_2 : این ترانسفورماتور بجای ترانسفورماتور شماره ۲ قبلی که سوخته بود (ترانسفورماتور شماره ۲ ساخت کارخانه CEM فرانسه می‌باشد)

ساخت سال ۱۹۹۱ شرکت ABB بوده و دارای امپدانس درصدهای زیر می باشد.

HV - MV (۹۰ MVA) ۸/۴۵ ٪

HV - LV (۹۰ MVA) ۸۳/۴ ٪

MV - LV (۹۰ MVA) ۸۰/۷ ٪

امپدانسهای فوق نشانگر اینست که حداکثر جریان اتصال کوتاه ۳/۷۵ برابر جریان نامی و یا ۳/۶ کیلوآمپر میباشد.

۳-۱-۴- ترانسفورماتور T_3 : این ترانسفورماتور مشابه ترانسفورماتور سوخته شده T_2 بوده و جریانهای اتصال کوتاه بوجود آمده دوترانسفورماتور مشابه هم هستند. این ترانسفورماتور ساخت سال ۱۹۷۰ شرکت CEM فرانسه بوده و دارای امپدانسهای زیر می‌باشد.

HV - MV (۹۰ MVA) ۸ ٪ MV - LV (۳۰ MVA) ۳۱ ٪

HV - LV (۳۰ MVA) ۱۹ ٪

امپدانس مذکور نشانگر آنستکه حداکثر جریان اتصال کوتاه عبوری از سیم پیچ سوم این ترانسفورماتور معادل ۹/۲۳ برابر جریان نامی و یا ۸/۸ کیلوآمپر میباشد دراین ترانسفورماتور ارتباط بین راکتور و کمپانساتور باترانسفورماتور قطع‌بوده و رله، ولتاژی مثلث باز نیز خارج ازمدار است.

۴-۱-۴- ترانسفورماتور T_4 : این ترانسفورماتور ساخت سال ۱۹۷۸ شرکت BBC بوده و دارای امپدانس درصدهای زیرمی‌باشد.

HV - MV (۹۰MVA) ۸/۱ ٪

HV - LV (۳۰MVA) ۵/۸۱ ٪

MV - LV (۳۰MVA) ۴/۸ ٪

امپدانسهای فوق نشان می‌دهد که حداکثر جریان اتصال کوتاه عبوری‌ازسیم پیچ سوم این ترانسفورماتور معادل ۲۲ برابر جریان نامی یا ۲۱ کیلوآمپر می‌باشد.

۲-۴ - محاسبه اضافه ولتاژهای موقت ناشی از اتصال تکفاز به زمین درطرف سیم پیچ سوم :

محاسبات نشان می‌دهد که درصورت اتصال تکفاز به زمین ولتاژ همان فاز نسبت به زمین صفر

و ولتاژ فازهای سالم از روابط (۱) و (۲) نتیجه می‌شود.

$$V_R = 0$$

$$V_S = E_1\left(a^2 - \frac{Z_o + a^2 Z_1 + a Z_2}{Z_o + Z_1 + Z_2}\right) \qquad (۱)$$

$$V_T = E_1\left(a - \frac{Z_o + a Z_1 + a^2 Z_2}{Z_o + Z_1}\right) \qquad (۲)$$

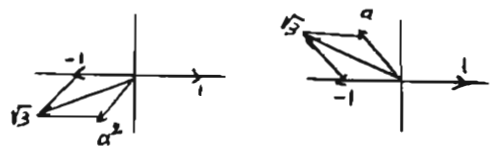
در ترانسفورماتورها $Z_1 = Z_2$ می‌باشد و چون طرف سیم پیچی سوم بصورت مثلث بسته بوده و ایزوله از زمین است می‌شود نوشت $Z_o = \infty$ و $a = 1\angle 120^\circ$

$$V_S = (a^2 - 1)\, E_1 = \sqrt{3}\, E_1 \angle \alpha \qquad (۳)$$

$Z_o \to \infty$

$$V_T = (a-1)\, E_1 = \sqrt{3}\, E_1 \angle \beta \qquad (۴)$$

$Z_o \to \infty$



ولتاژ فاز S ولتاژ فاز T

شکل (۲)- دیاگرام برداری ولتاژ فازهای S و T

در این حالت ولتاژ فازهای سالم تا $\sqrt{3}$ برابر افزایش می‌یابد. (طبق شکل ۲)

از روابط (۳) و (۴) مشخص می‌گردد که درصورت اتصال تکفاز به زمین ولتاژ فازهای سالم نسبت به زمین تا $\sqrt{3}$ برابر زیاد می‌گردد که اگر ازاین اضافه ولتاژ موقت جلوگیری نگردد موجب شکست ایزولاسیون سیم پیچ سوم یا تجهیزات قرارگرفته بر روی این سیم پیچ می‌گردد و یا درنهایت پدیده اتصال کوتاه دوفاز یا سه فاز با زمین را ایجاد می‌نماید که ازاین نظر نیز ترانسفورماتور درمعرض خطر قرار می‌گیرد.

۵- پیشنهادات :

باتوجه به مراتب گفته شده بمنظور کاهش احتمال اتصال کوتاههای خطرناک دراثر عوامل خارجی بر روی سیم پیچ سوم و اتصالات مربوطه پیشنهاداتی بشرح زیر درمورد هریک ازترانسفورماتورهای فوق ارائه می‌گردد.

۵-۱- ترانسفورماتور T_1 :

نظربه اینکه بر روی این ترانسفورماتور فقط ترانسفورماتور تغذیه داخلی قراردارد ضرورت داردکه تغذیه داخلی پست را ازمنابع دیگری تامین نموده و برای حفاظت بهترسیم پیچ سوم ترانس تغذیه داخلی و PT منصوبه درطرف ثالثیه را جمع آوری و یك ترمینال سیم پیچ سوم زمین شود و برای کاهش شدت میدان بین فازها خروجی فازها رابه شکل کروی درآورده و یا بانوارعایقی پوشاند.

" و این مجموعه درحفاظ توری کاملا" بسته باحفظ فواصل هوائی لازم قرار میگیرد".

۵-۲- ترانسفورماتور T_2 :

درمورد این ترانسفورماتورنیز یك ترمینال زمین شده و مجموعه در حفاظ کاملا" بسته قرارگرفته و مشابه ترانسفورماتورشماره یك عمل شود.

۵-۳- ترانسفورماتور T_3 :

اتصالات مربوط به ترانسفورماتور تغذیه داخلی کلا" جمع آوری شده و پس از زمین کردن یك ترمینال آن مجموعه درحفاظ کاملا" بسته قرارگیرد ودرصورت استفاده ازراکتور رله مثلث باز درمدارقرارگیرد.

۵-۴- ترانسفورماتور T_4 :

باتوجه به وضعیت مناسب اتصالات هیچگونه اقدام ضروری بنظر نمیرسد ولی باتوجه به بروز پدیده Chopping-Current درمواقع وصل و قطع کلید راکتور وکاهش شدید ایزولاسیون روغن داخل کلید ودرنهایت ترکیدن کلید ضروریست که جهت حفاظت سیم پیچ سوم این ترانسفورماتور و تجهیزات منصوبه روی آن نوع کلید تعویض و کلیدازنوع بامحفظه، قطع وکیوم یا SF_6 بامشخصات فنی مناسب انتخاب گردد.

۵-۵- درصورت زمین نمودن یکی ازفازهای سیم پیچ سوم که بصورت مثلث بسته شده طبق محاسبات اضافه ولتاژ موقت که درآیتم ۲-۴ بیان گردید ولتاژ فازهای زمین نشده نسبت به زمین یعنی بدنه ترانسفورماتورتا $\sqrt{3}$ برابر افزایش می یابد. بروز حوادث ذکرشده بر روی سیم پیچ سوم و احتمال کاهش ایزولاسیون آن و عدم اطمینان از Full-Insulated بودن آن خصوصا" درمورد ترانسفورماتورشماره ۳ ، ایجاب میکندکه قبل ازاقدام به زمین نمودن یکی ازفازها تست عایقی انجام گرفته ومقاومت سیستم زمین پست اندازه گیری واگرمقاومت زمین بیشتر از ۵ اهم باشد تقویت گردد پس از حصول اطمینان از نتایج بدست آمده یك فاز سیم پیچ سوم ازطریق هادی بدون عایق ولی باپوشش (مثلا" لوله پولیکا) و بصورت ایزوله از تانك

ترانسفورماتور زمین گردد واگر ازکابل عایق دار استفاده گردد مناسبترخواهدبود. درضمن فنس ها و فواصل را طوری بایستی تعبیه کرد که به هیچ وجه اتصال تکفاز به زمین درفازهای زمین نشده اتفاق نیفتد چون اتصال یکی ازآن فازها به زمین یعنی اتصال دوفاز بازمین بوده و جریان زیادی از سیم پیچهای ثالثیه عبور می‌نماید.

۶- نتیجه :

باتوجه به مطالب مندرج در متن مقاله حوادث اتفاق افتاده در سیم پیچ سوم ترانسها بطور عام و ترانسفورماتورهای پست سردرود بطور خاص ناشی ازعدم دقت درتعیین مشخصات فنی کلیدهای درمدارآورنده، منابع راکتیو و عدم تعبیه، فواصل مناسب بین فازها و فازها بازمین و عدم دقت درمانورهای لازم و درنظرنگرفتن حفاظتهای مناسب بوده است. اگرچنانچه موارد گفته شده رعایت گردد می‌توان از بروز خیلی از حوادث بر روی این سیم پیچی جلوگیری کرده و ترانسفورماتور را ازخطر واقعی رهانید درضمن اگر ازطرف ثالثیه این ترانسها استفاده نگردد بهتر است که با رعایت جوانب احتیاطی ازجمله سیستم زمین پست و مقاومت عایقی فازها با زمین، یکی ازفازها را به زمین وصل کرده و ازطریق حفاظ توری کاملا" بسته سیم پیچ سوم راحافظت نمود و اگر ازسیم پیچ سوم استفاده گردد بایستی دقت شود که امکان اتصال کوتاه دوفاز (یاسه فاز) وجود نداشته باشد برای این منظور می‌توان بین شینه ها ورقه‌ای عایقی قرارداده و مقره های پایه‌ای را برای ردیف ولتاژ بالاتر انتخاب نمود.

۷- منابع :

۷-۱- پروژه تحقیقاتی - بررسی وضعیت کلیدزنی درشبکه برق آذربایجان - غلامحسین مهدی پور

۷-۲- استفاده از سیم پیچ سوم ترانسفورماتورهای انتقال درشبکه توزیع - دکترحسین محسنی - ششمین کنفرانس بین المللی برق

۷-۳- مجموعه گزارش ها و بررسی‌های ترانسفورماتورهای سه سیم پیچه - کمیته تحقیقات دفتر مهندسی ونظارت سازمان برق

۷-۴- طراحی بهینه و موارد حذف سیم پیچ سوم درترانسفورماتورهای قدرت - سومین کنفرانس سراسری برق - مهندس محمود احمدی پور