راهکارهای عملی برای پیشگیری از آسیب دیدن کلید رآکتور ۴۰۰ کیلو ولت پست آیدغموش در اثر اضافه ولتاژهای گذرا

مهندس جواد کاظمان

کارشناس فنی رلیاژ، شرکت برق منطقه ای آذربایجان،ایران-تبریز
jkazeman@gmail.com

چکیده

کلید ۴۰۰ کیلوولت راکتور پست آیدوغموش ساخت شرکت پارس سویچ زنجان از نوع LTB420 E2 با سال تولید ۲۰۰۹ می باشد . فاز B این کلید در حادثه مورخه ۹۳/۹/۲۰ آسیب دیده بود که پل مذکور در تاریخ ۹۳/۱۰/۱۲ تعویض و در ضمن قطعات و مکانیزم هر سه پل کلید مورد بازدید کارشناسان کارخانه پارس سویچ قرار گرفت.با توجه به این که کلید راکتور در شرایط قطع و وصل و شرایط اضافه ولتاژهای گذرا(TRV)[1] تحت استرسهای شدید قرار می گیرد و بایستی این اضافه ولتاژ به طور مطمئن محدود گردندکه سه روش عملی برای پیشگیری و عدم تکرار حادثه کلید قدرت۴۰۰ کیلو ولت پست آیدغموش اجرا شد و در این مقاله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی

اضافه ولتاژ،کلید ۴۰۰ کیلوولت،رآکتور،رله کنترل کننده قطع و وصل،دیسک ایمنی،تراولینگ تست

۱- مقدمه

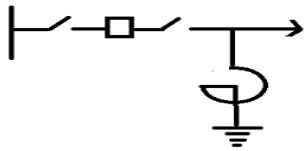
در خطو انتقال انرژی با طول زیاد و ولتاژ بالا ،ولتاژ در انتهای خط با توجه به خاصیت خازنی و پدیده بی باری به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می کند.به همین علت لازم است خاصیت خازنی خط به ترتیب مناسب متعادل یا خنثی گشته و ولتاژ خط کنترل گردد. متعادل کردن بار خازنی خط و کاهش ولتاژ توسط راکتورهای شنت صورت می پذیرد.

راکتورها با توجه به راکتانس قابل توجه خود قدرت MVAR را طبق رابطه زیر دریافت می نمایند:

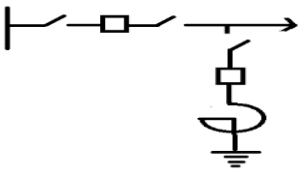
$$Q = \sqrt{3} \cup I = \frac{\sqrt{3}U^2}{x} \quad (۱)$$

راکتورها در ابتدای خطوط انتقال یا در داخل پستها نصب می گردند، راکتورهای نصب شده در پستهای فشار قوی و مجزا از کلید خط قابلیت اتصال به شبکه را دارند.وصل راکتورها در خط به ترتیب بدون کلید(شکل (۱)) و با کلید قدرت (شکل(۲)) نشان داده شده اند. نصب رآکتورها از طریق کلید به خط یا شینه های پست با مشکلات ناشی از قطع و وصل این کلیدها مواجه بوده ودر معرض اضافه ولتاژ گذرا با دامنه بالا قرار می گیرند. که موجب آسیب به این تجهیزات می شود. در پست آیدغموش نیز رآکتور به ظرفیت 50MVAR با کلید قدرت سه فاز با مکانیزم و پلهای جداگانه بر روی خط ۴۰۰ کیلوولت آیدغموش – نیروگاه تبریز وجود دارد.

1. Transient Recovery Voltage



شکل(۱): راکتور نصب شده بدون کلید قدرت



شکل(۲): راکتور نصب شده با کلید قدرت

بر اساس گزارش‌هایی که از بررسی کلیدهای راکتور در زمان سرویس تعمیراتی و نگهداری ارایه شده است[۲].محفظه قطع کلیدها در اثر اضافه ولتاژهای شبکه دچار آسیب دیدگی شده و قابلیت عملکردی خود را از دست داده اند. کلید ۴۰۰ کیلوولت راکتور پست آیدوغموش ساخت شرکت پارس سویچ زنجان از نوع LTB420 E2 فاقد مقاومت پیش وصل بوده و رله کنترل کننده قطع و وصل آنها به دلیل عدم پشتیبانی نرم افزاری دچار ایراد بوده است ونیز به دلیل تغییرات توپولوژی شبکه بعد گذشت چهار سال از بهره برداری تحت تنش اضافه ولتاژ شبکه قرار گرفته و فاز B این کلید دچار آسیب دیدگی می گردد . جهت پیشگیری از بروز حوادث مشابه اقدامات عملی زیر در این پست بعد از حادثه مذکور انجام شد.

۱) نصب دیسک ایمنی(دریچه اطمینان) در انتهای محفظه های کلید برای هر سه پل کلید قدرت
۲) استفاده از رله کنترل قطع و وصل کلید راکتور
۳) انجام تستهای منظم تعمیراتی و دورهای مطابق برنامه زمانبندی سالیانه و انجام تراولینگ تست برای کلید قدرت تجهیزات خاص بویژه رآکتور جهت اطمینان از عملکرد مناسب آنها

۲- دلیل نصب دیسک ایمنی(دریچه اطمینان)

دیسکهای ایمنی در قسمت انتهائی محفظه های قطع و مطابق شکلهای ۱و۲ به جای در پوششهای این کلید نصب می شوند و در صورت بالا رفتن فشار گاز در اثر عیوب و اضافه ولتاژهای بوجود آمده، دیسکهای ایمنی (دریچه های اطمینان) در فشار bar ۱۴بلافاصله عمل نموده و با بازشدن دریچه ای که بر روی این دیسکها پیش بینی شده است سریعاً گاز موجود در کلید به سمت بیرون تخلیه و مانع آسیب دیدن کلید خواهد شد.

شکل(۳): درپوش انتهائی محفظه قطع قبل از تعویض دریچه اطمینان

شکل(۴): نصب دیسک(دریچه) اطمینان در انتهای محفظه قطع

۳- مراحل نصب دیسک ایمنی بطور خلاصه

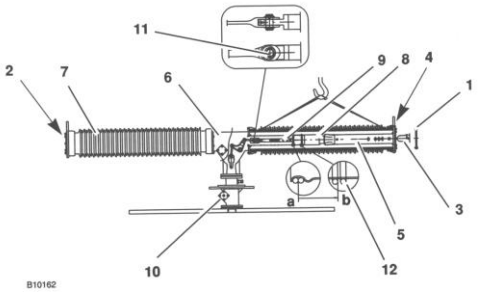
۳-۱- مرحله اول

گاز SF6 از هر سه پل کلید ۴۰۰ کیلوولت با استفاده از دستگاه کمپروسور و تجهیزا ت مربوطه مطابق شکل ۳ درکپسول های خالی گاز SF6 به طور کامل تخلیه می شود.

شکل(۵): کمپروسور و تجهیزات تخلیه گاز

۳-۲- مرحله دوم

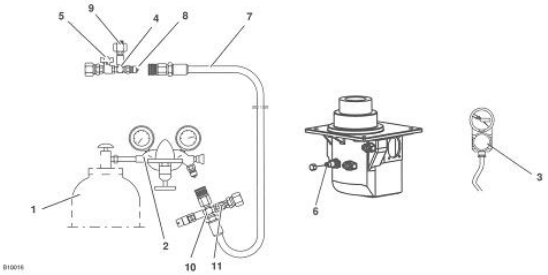
نصب دیسکهای ایمنی(دریچه های اطمینان) به جای در پوششهای طرفین محفظه قطع مطابق شکل ۴ بر روی هر سه پل کلید راکتور ۴۰۰ کیلو ولت



شکل(۶): بخش ۱محل نصب درپوش که به جای آن دیسک ایمنی نصب خواهد شد را نشان می‌دهد

۳-۳- مرحله سوم

بعد از وکیوم نمودن گاز تحت شرایط فشار 700mbar توسط دستگاه Dilo (ساخت آلمان) تزریق گاز به آرامی به داخل محفظه پل های کلید انجام و این تزریق گاز تا حد فشار استاندارد مطابق جداول ۱ برای هر سه پل کلید انجام شد .



شکل(۷)-تجهیزات تزریق گاز

جدول(۱): فشار گاز SF6 بر حسب دما

	Filling pressure in MPa (abs) stated on the rating plate; 0.7			
	Filling pressure read off the gauge in			
Temp. when filling °C	MPa (abs)	bar (abs)	MPa (a. op.)	bar (a. op.)
+40	0.75	7.5	0.65	6.5
+30	0.72	7.2	0.62	6.2
+20	0.70	7.0	0.60	6.0
+10	0.66	6.6	0.56	5.6
± 0	0.63	6.3	0.53	5.3
-10	0.61	6.1	0.51	5.1
-20	0.58	5.8	0.48	4.8

۳-۴- مرحله چهارم

در این مرحله درصد خلوص گاز و نقطه شبنم موجود در گاز SF6 توسط دستگاه SF6-multimeter (DILO) (ساخت کشور آلمان سنجیده می شود و نتایج حاصل به شرح ذیل در جداول ۲ و ۳ و ۴ بیان گردیده است .

با توجه به پائین بودن درجه خلوص گاز SF6 پل فاز C در کلید ۴۰۰ کیلو ولت که در حد ۹۸.۵ درصد بود .گاز SF6 محفظه پل فاز C تخلیه و طی مراحل ذکر شده در بالا ، باگاز SF6 نو تعویض گردید و مجددا آزمایشات خلوص گاز و نقطه شبنم برای این پل فاز(C) تکرار گردید که نتایج آن در جدول ۴ ذکر شده است.

جدول(۲): تست سنجش خلوص و نقطه شبنم گاز SF6 برای فاز A

فاز A	
درجه خلوص	۹۹/۹ درصد
نقطه شبنم	-۴۴/۷

جدول(۳): تست سنجش خلوص و نقطه شبنم گاز SF6 برای فاز B

فاز B	
درجه خلوص	۹۹/۹ درصد
نقطه شبنم	-۵۰

جدول(۴): تست سنجش خلوص و نقطه شبنم گاز SF6 برای فاز C

فاز C	
درجه خلوص	۹۸/۵ درصد
نقطه شبنم	-۴۱/۲

جدول(۵) :تست های انجام شده بعد از تعویض گاز Sf6 پل فاز C با گاز SF6 جدید با خلوص بالا

فاز C	
درجه خلوص	۹۹/۹ درصد
نقطه شبنم	-۵۰

۵-۳-مرحله پنجم :

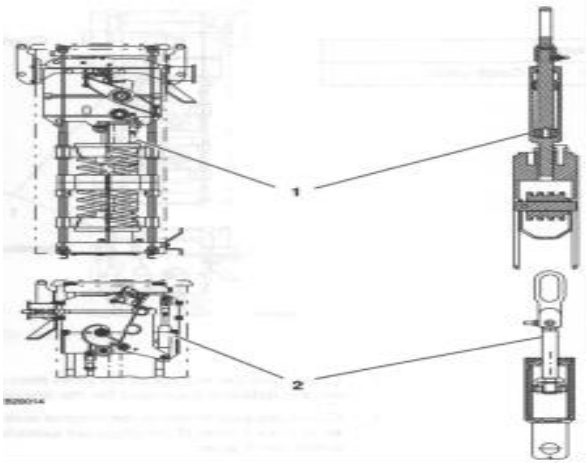
توسط دستگاه دتکتور نشت یاب گاز SF6، نشتی گاز هر سه پل کلید در محلهای نصب دیسک ایمنی (دریچه اطمینان) مطابق شکل ۸ کنترل گردید که خوشبختانه هیچگونه نشتی مشاهده نگردید.

شکل(۸): بررسی نشتی گاز SF6 با استفاده از دستگاه دتکتور نشت یاب گاز SF6

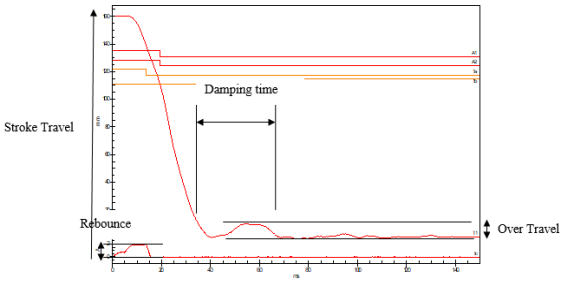
۴- انجام تراولینگ تست کلید قدرت

با توجه به اینکه عملکرد مکانیزم کلیدهای قدرت و زمان و قطع و وصل این کلیدها برای عملکرد مناسب در زمان رفع خطا و اضافه ولتاژهای شبکه حایز اهمیت است . لذا تستهای دوره ای و زمانبندی کلیدهای قدرت بایستی بطور منظم انجام گیرد و از میان این تستها، تست تراولینگ برای قطع و وصل بارهای خاص بویژه رآکتورها پیشنهاد می گردد تا صحت عملکرد این کلیدها بویژه مکانیزم آنها بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد.در این مقاله تستهای تراولینگ کلید قدرت راکتور از نوع LTB420 E2 مطابق شکل ۸ توسط دستگاه Swich – Analyser (ساخت کشور سوئد) تست گردید که در این تست علاوه بر تایم تست، منحنی تراولینگ با استفاده از سنسوری که به شفت مکانیزم پلهای کلید مطابق شکل(۹) وصل و از طریق آن، گراف میرائی دمپرهای قطع و وصل کلید شکل(۱۰) در حالتهای مختلف (قطع و وصل) رسم و میزان جابجایی کنتاکتها و زمان دمپینگ مطابق شکل(۱۱) نشان داده شده است . در ضمن نتایج کلی در جداول و شکلهای (۱۲) ارائه شده است.

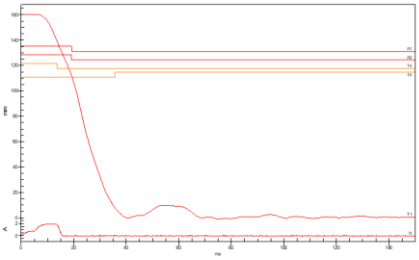
شکل(۹) - دستگاه Switch – Analyser و سنسور متصل به شفت



شکل(۱۰): دمپرهای قطع و وصل



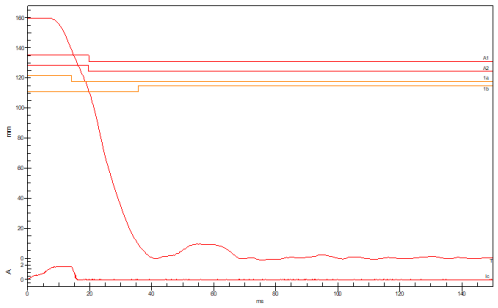
شکل(۱۱): پارامترهای منحنی تراولینگ تست در حالت OPEN



Travel parameters

Description	T1			Unit
Travel speed 1	8.6			m/s
Contact Stroke	159.5			mm
OverTravel	0.6			mm
Rebounce	9.2			mm
Damping time	-14.0			ms

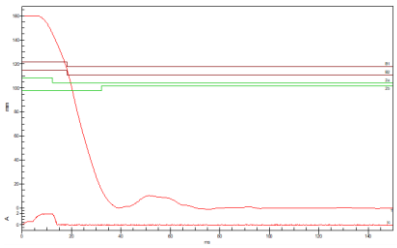
فاز(A)



Travel parameters

Description		T1		Unit
Travel speed 1		8.7		m/s
Contact Stroke		160.1		mm
OverTravel		0.2		mm
Rebounce		10.6		mm
Damping time		-14.2		ms

فاز(B)



Travel parameters

Description			T3	Unit
Travel speed 1			8.7	m/s
Contact Stroke			159.9	mm
OverTravel			0.7	mm
Rebounce			7.8	mm
Damping time			-14.4	ms

فاز(C)

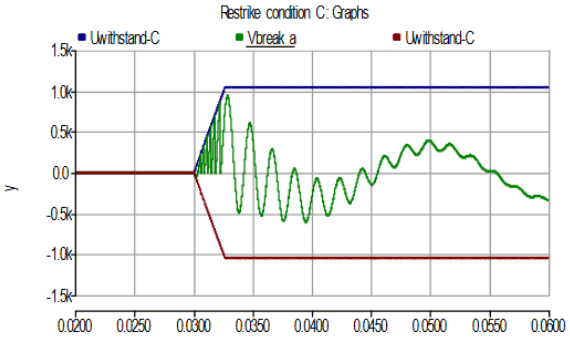
شکل(۱۲) : نتایج عملی تراولینگ تست برای کلید نوع LTB420 E2 ساخت پارس سوییچ در حالت OPEN برای هر سه فاز

۵- رله کنترل کننده قطع و وصل کلید راکتور

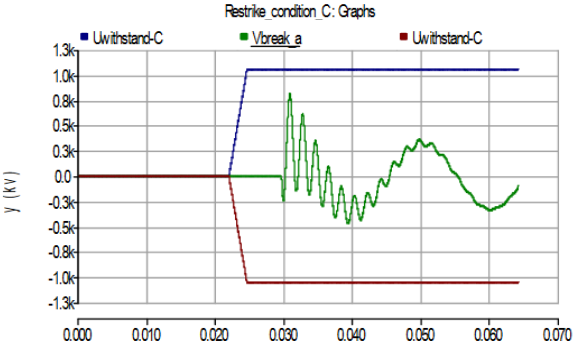
برقدار کردن کنترل نشده یک راکتور یا یک ترانسفورماتور نزدیک به تقاطع ولتاژ صفر، ممکن است منجر به جریان مستقیم بسیار زیاد شود .القایی ایجاد شده هسته آهنی را اشباع می کند و جریان هجومی را القا می کند که منجر به بار زیاد روی ترانسفورماتور یا راکتور می شود .سوئیچینگ کنترل شده در قله ولتاژ همچنین از وقوع سوئیچینگ گذرا جلوگیری می کند و در نتیجه از تجهیزات محافظت می کند .قطع کردن کنترل نشده بارهای القایی مانند راکتورهای شنت یا ترانسفورماتورها به این معنی است که کلیدها می تواند جریان های کوچکتری را قبل از عبور از صفر طبیعی قطع کند .این فرآیند به عنوان برش جریان شناخته می شود و منجر به افزایش شدید ولتاژ اضافی می شود .اگر فاصله کنتاکتها در این لحظه برای تحمل بار دی الکتریک کافی نباشد، ممکن است باعث ایجاد قوس مجدد و شکست عایقی شود. به عبارتی ولتاژ قابل تحمل کلید در این فاصله کنتاکتی ازولتاژ برگشتی دو سر کلید کمتر می شود. سوئیچینگ کنترل شده نیز در این مورد راه حلی را ارائه می دهد .بهینه سازی لحظه عملیاتی باز و بست از قوس مجدد جلوگیری می کند و ولتاژهای اضافی به حداقل می رسد .در مواردی که تاکنون توضیح داده شد، کلید زنی کنترل نشده می تواند منجر به افزایش فشار بر تجهیزات شود .بستن مقاومت ها بر روی راکتورهایی که قبلا برای کاهش این تنش ها استفاده می شد، ممکن است دیگر مورد نیاز نباشد .سوئیچینگ کنترل شده یک جایگزین اقتصادی ارائه می دهد.

واحد کنترل رله PSD ساخت شرکت زیمنس استفاده شده برای این کلید با ارزیابی این ارقام، فاز را نسبت به جریان یا ولتاژ عملکرد سوئیچینگ کلید بهینه می کند. سوئیچینگ کنترل شده زمان باز و بسته شدن جریان کلید را در نظر می گیرد .دستورات سیستم حفاظتی مستقیماً به کلید منقل می شود و بسته شدن در موقعیت فاز بهینه نسبت به ولتاژ رخ می دهد .موقعیت فاز بر اساس وظیفه سوئیچینگ واقعی انتخاب می شود تا بتوان از حالت گذرا اجتناب کرد .در این روش زمان ارسال فرمان به گونه ای انتخاب می شود که که زمان قوس افزایش یافته و و کنتاکتها به اندازه کافی از یکدیگر دور باشند. شکلهای(۱۳)و(۱۴) مقدار ولتاژ

قابل تحمل کلید و ولتاژ باز گشتی شبکه رادر حالتهای کلید زنی کنترل نشده و همچنینین کنترل شده نشان می دهد.



شکل(۱۳): مقدار ولتاژ قابل تحمل کلید و ولتاژ باز گشتی شبکه در حالت کلید زنی کنترل نشده[۲]



شکل(۱۴): مقدار ولتاژ قابل تحمل کلید و ولتاژ باز گشتی شبکه در حالت کلید زنی کنترل شده[۲]

۶- نتیجه گیری

در این مقاله روشهای پیشنهادی مقابله با کلید زنی راکتورها که به صورت عملی نیز در یکی از پستهای ۴۰۰ کیلو ولت اجرا شده ، مطالعه گردیده است. یکی از راهکاری پیشنهادی استفاده از دیسک ایمنی در طرفین محفظه پلهای کلید بود که در شرایط خطا و زمانی که فشار گاز SF6 ک بالاتر از 14bar باشد عملکرد داشته و با تخلیه فشار گاز از منفجر شدن محفظه جلوگیری می کرد.

دومین اقدام استفاده از رله کنترل کننده قطع و وصل بود که با تنظیم دقیق این رله میتوان کلید زنی کنترل شده برای قطع و وصل کلید راکتور داشته و در این حالت قوس مجدد اتفاق نمی افتاد و اضافه ولتاژ و اضافه جریان ناشی از قوس مجدد مشاهده نمی گردد.

در اقدام سوم نیزانجام تستهای منظم سالیانه کلید قدرت بویژه انجام تراولینگ تست برای اطمینان از عملکرد منلسب کلید در شرایط خطا پیشنهاد گردیده و نتایج تراولینگ تست برای پلهای سالم کلید به طور جداگانه ارایه شد. و با شرایط نرمال مقایسه و از عملکرد مکانیزم اطمینان حاصل شد .خوشبختانه از زمان انجام اقدامات مذکور حادثه مشابه در این پست رخ نداده است . لازم به توضیح است که در برخی مراجع استفاده از مقاومتهای موازی در روی پلها نیز پیشنهاد گردیده است[1].

مراجع

[۱] مهندس طهماسبقلی شاهرخشاهی، **اضافه ولتاژهای قطع و وصلدر شبکه های انتقال انژری با ولتاژ ۲۲۰-۷۵۰ کیلو ولت** ، ۱۳۶۸.

[۲] برقندان اصغر،بصداقت بهزاد،"بررسی و کنترل اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی راکتور موازی در پست ۴۰۰/۱۳۲ کیلو ولت پست شاهماران"بیست و هفتمین کنفرانس بین المللی برق،تهران ایران،آبان سال ۱۳۹۱

[3] *"IEEE* guide for shunt reactor switching" ,*Std C37.025-1993*

[4] "*High*-voltage switchgear part 110: inductive load switching"*IEC* standard No. 62271-110,edition 4,2017