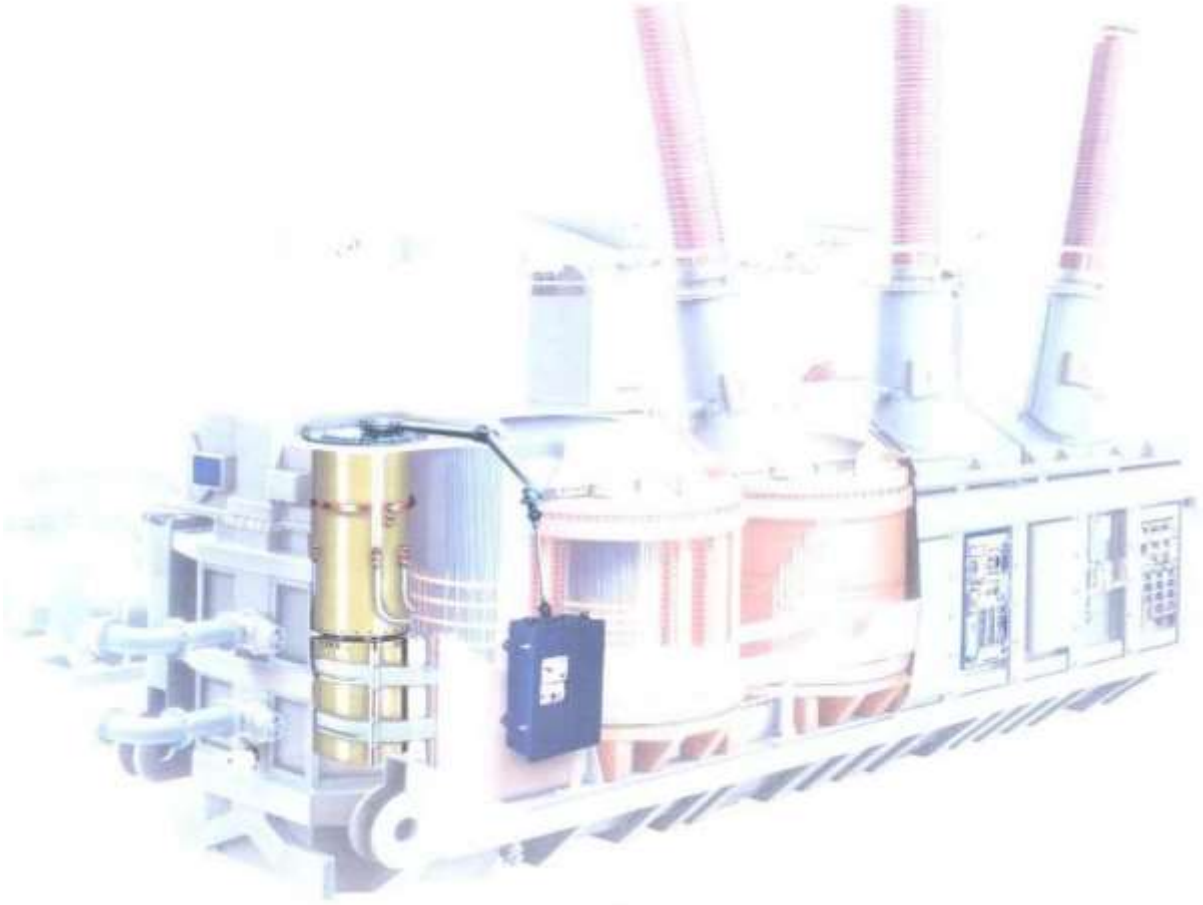
شرکت الوند توان انرژی

اصول کار تپ چنجر های تحت بار

On – Load Tap – Changer (OLTC)

و اهمیت انجام سرویس های پیشگیرانه

(OLTC Preventive maintenance)



شرکت الوند توان انرژی

خرداد ۱۴۰۲

www.Atecco.ir

فهرست مطالب

بخش اول

۱- تاریخچه اختراع تپ چنجر
۲- انواع تپ چنجرها
۳- اجزای تشکیل دهنده تپ چنجرها
٤- نحوه عملکرد تپ چنجرها
٥- نیروی محرکه تپ چنجر (موتور درایو)
٦- نحوه اتصال تپ چنجر به سیم پیچ تنظیم ترانسفورماتور
۷- کنتاکتها و عمر مفید تپ چنجرها
۸- حفاظتهای تپ چنجر و چگونگی تنظیم آنها
۹- مونیتورینگ و کنترل از راه دور
۱۰- نسل جدید موتور درایوها و تپ چنجرهای خلاء
۱۱- رگولاتور های ولتاژ

بخش دوم

۱- اهمیت سرویسهای دوره ای و پیشگیرانه
۲- حوادث مختلف در تپ چنجر
۳- جمع آوری اطلاعات و تهیه سوابق تپ چنجر
٤- دستورالعملهای سرویس و تعمیرات
٥- نکات مهم در سرویسهای دوره ای و تعمیرات اضطراری
٦- لوازم و قطعات یدکی و ابزار تخصصی سرویس و تعمیرات
۷- استفاده از دایورتر سوئیچ یدکی
۸- منبع انبساط تپ چنجر
۹- کنترل کیفیت روغن تپ چنجر
۱۰- تصفیه روغن On-Line تپ چنجر
۱۱- آموزش پرسنل تعمیراتی

بخش اول

۱- تاریخچه تپ چنجر

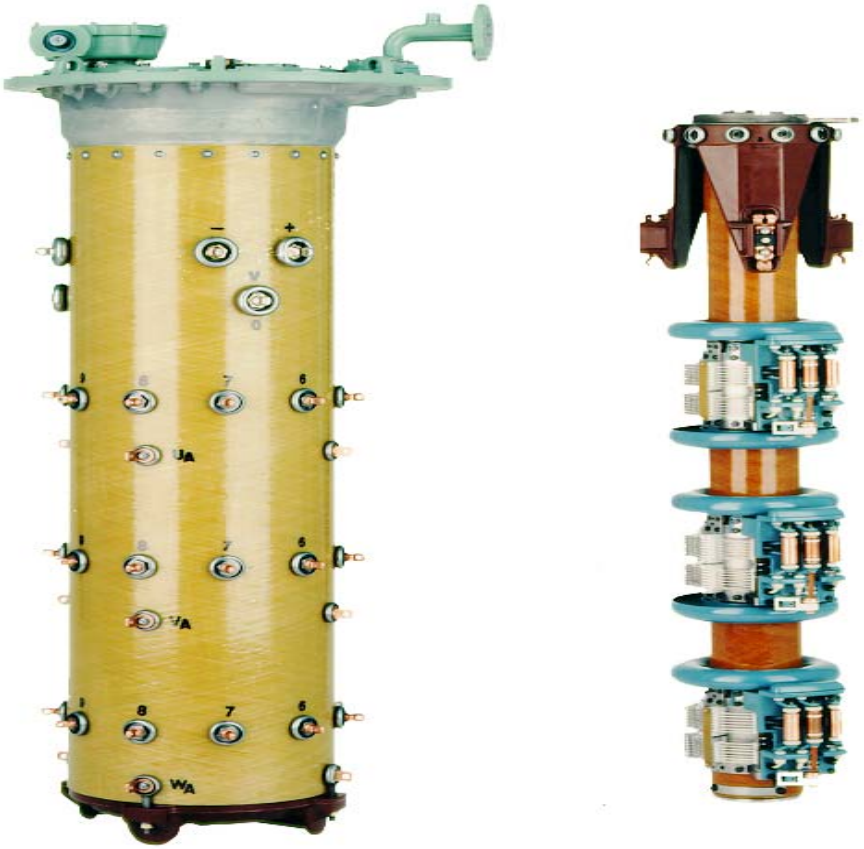
برای اولین بار در سال ۱۹۲٦ تپ چنجرهای تحت بار (On-Load Tap-Changer) از نوع High–Speed Resistor Type توسط دکتر Jansen در کشور آلمان و در محل فعلی کارخانه Maschinenfabrik Reinhausen GmbH (MR) در شهر Regensburg اختراع گردید و اینک در حدود ۷۰ سال میباشد که تپ چنجرهای تحت بار در صنایع و شبکه های برق در سراسر جهان جهت کنترل ولتاژ و بارهای اکتیو و راکتیو مورد استفاده قرار میگیرد. در حال حاضر در کشور آلمان ۹٦ درصد ترانسفورماتورهای قدرت مجهز به تپ چنجرهای تحت بار میباشند و کارخانه MR تاکنون نزدیک به یکصد هزار دستگاه تپ چنجر تولید نموده است که بطورتقریب در حدود ۵۰۰۰ دستگاه آن در صنایع و شبکه های برق و نیروگاههای ایران مشغول به کار میباشد. در سراسر دنیا در حدود ۱۳ کارخانه ترانسفورماتورسازی تپ چنجرهایی تحت لیسانس کارخانه MR آلمان تولید مینماید.

۲- انواع تپ چنجر

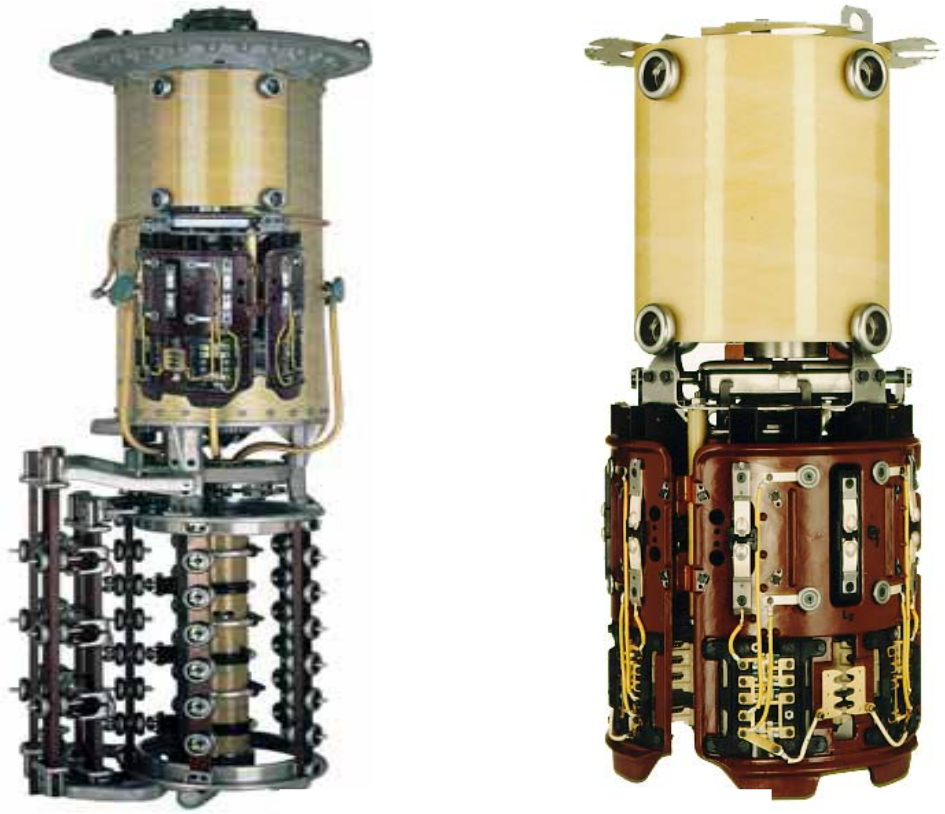
صرفنظر از تپ چنجرهای Off-Circuit (OLTC) (اصطلاحاً اف لود نیز نامیده میشود) که در این مقاله مورد بحث نمی باشند، عمدتاً تپ چنجرهای تحت بار (On-Load Tap Changer - OLTC) در دو نوع در صنعت برق مورد استفاده قرار می گیرند .

الف- تپ چنجر از نوع سلکتور سوئیچ (Selector Switch) که در آن دایورتر و تپ سلکتور بصورت کمپاکت در داخل مخزن روغن تپ چنجر (Oil Compartment) قرار دارند. این نوع تپ چنجر برای ولتاژهای تا ۱٤۵ کیلو ولت (Highest Voltage for Equipment -U_m) بصورت اتصال ستاره یا مثلث و تا جریان ۷۰۰ آمپر طراحی و مورد استفاده قرار می گیرند (شکل یک – الف) . در ایران این نوع تپ چنجرها برای ترانسفورماتورهای با ولتاژ سمت فشار قوی تا ٦۳ کیلو ولت و در تحت شرایطی در ۱۳۲ کیلو ولت مورد استفاده میباشند .

ب- تپ چنجر از نوع تپ سلکتور – دایورتر (Tap selector- Diverter) که در این نوع دایورترسوئیچ مستقلاً در داخل مخزن روغن جداگانه ای که از روغن ترانسفورماتور کاملاً مجزا است قرار دارد. در این نوع تپ چنجر سلکتور از دایورتر کاملاً جدا و در داخل روغن ترانسفورماتور میباشد. این نوع تپ چنجرها برای ولتاژهای تا ٤۲۰ کیلو ولت (و حتی بیشتر) و جریانهای تا ٤۵۰۰ آمپر مورد استفاده قرار میگیرد. (شکل یک – ب)



شکل ۱ – الف سلکتور سوئیچ



شکل ۱ – ب دایورتور - سلکتور

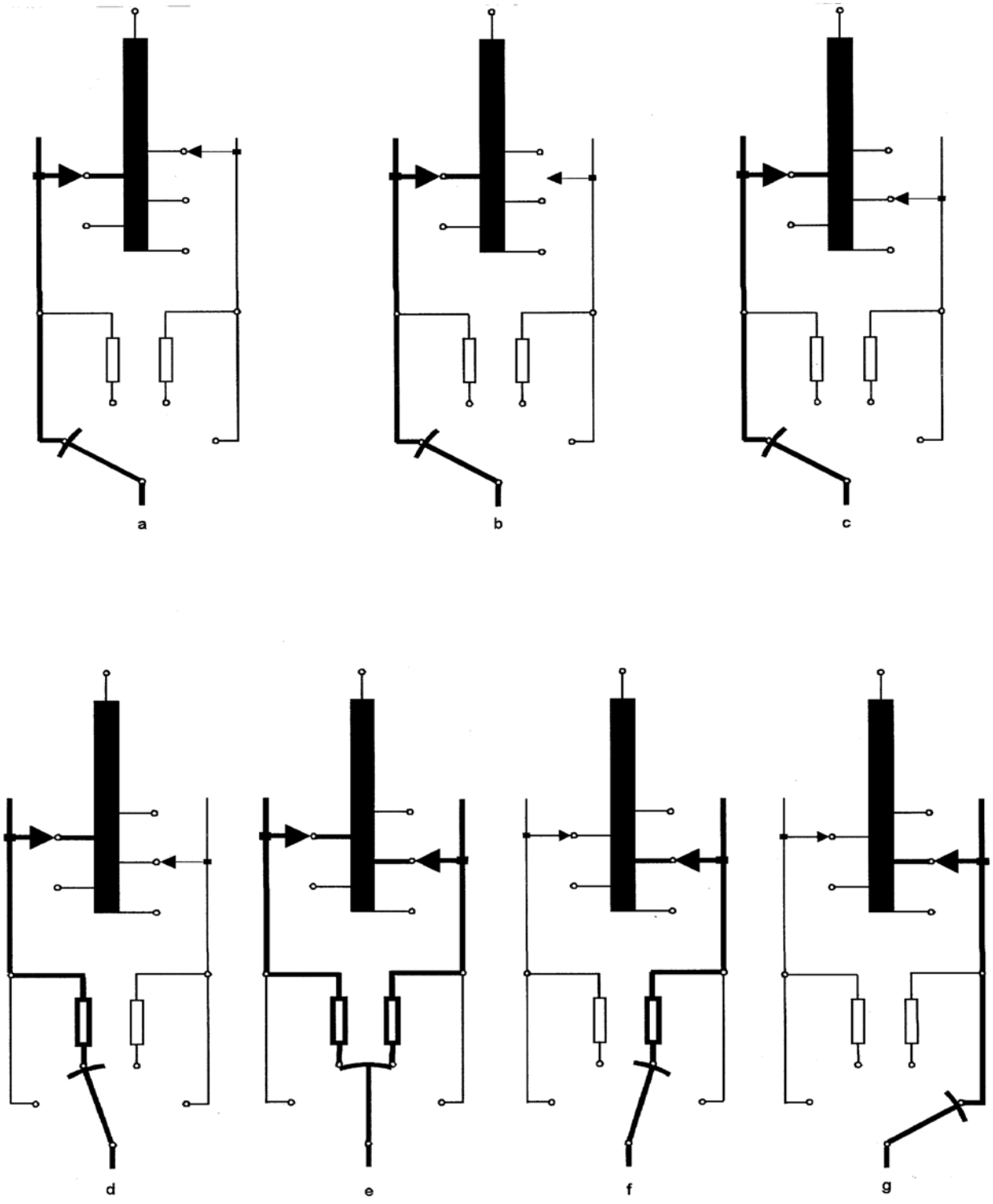
۳- اجزاء تشکیل دهنده تپ چنجرها

تپ چنجرها از نوع High – Speed Resistor Type بطور خلاصه از قسمتهای زیر تشکیل گردیده است: .

- تپ سلکتور جهت انتخاب تپ مورد نظر
- دایورتر سوئیچ جهت انتقال جریان از یک تپ به تپ بعدی به کمک مقاومتهای گذرا
- موتور درایو جهت فرمان به تپ سلکتور و تغییر تپ
- محورهای افقی و عمودی و جعبه دنده ها جهت انتقال حرکت از موتوردرایو به تپ سلکتور و دایورتر
- مخزن روغن جهت تامین ایزولاسیون و خاموش نمودن جرقه های حاصل در اثر عملکرد دایورتر سوئیچ
- رله های حفاظتی تپ چنجر

٤- نحوه عملکرد تپ چنجر

برای عملکرد تپ چنجر و تغییر وضعیت تپ چنجرها و معالاً تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور و افزایش و یا کاهش ولتاژ شبکه ابتدا فرمان لازم بصورت محلی یا از راه دور بنا به تشخیص رگولاتور ولتاژ (AVR) و یا تصمیم اپراتور به موتور درایو داده می شود. این فرمان از طریق محورهای عمودی و افقی و جعبه دنده های مربوطه به تپ سلکتور (یا سلکتور سوئیچ) منتقل می گردد. پس از انتخاب تپ مورد نظر توسط تپ سلکتور که در شرایط بدون بار انجام می شود، دایورتر سوئیچ نسبت به انتقال جریان از یک تپ به تپ بعدی عمل می نماید. زمان کل عملکرد تپ چنجر معمولاً از ۳ الی ۵/۵ ثانیه میباشد که از این زمان فقط در حدود ٤۰ تا ۱۸۰ میلی ثانیه آن که بستگی به نوع تپ چنجر و کارخانه سازنده آن دارد صرف تغییر از یک تپ به تپ بعدی خواهد شد. عملکرد دایورتر سوئیچ توسط فنرهای شارژ شده آکومولاتور انرژی و به کمک مقاومتهای گذرا (Transition Resistor) و با سرعت بسیار زیاد انجام میپذیرد. باید اضافه نمود که سرعت عملکرد تپ چنجر در تغییر تپ کاملاً مستقل از سرعت موتور درایو میباشد و بستگی به سرعت تخلیه انرژی ذخیره شده در فنر آکومولاتور انرژی دارد. موتور درایو بطور خودکار پس از اتمام تغییر تپ متوقف میگردد که به این نوع کار عملکرد پله – پله ای (step by step Principle) میگویند. چنانچه در ضمن عملکرد تپ چنجر برق موتور درایو قطع گردد سیستم متوقف شده و بلافاصله پس از وصل مجدد برق، موتور درایو عملکرد خود را تا پایان تغییر تپ ادامه خواهد داد. در حقیقت فرمان تپ چنجر غیرقابل برگشت بوده و حتماً توقف پس از هر عملکرد وجود خواهد داشت. شکل ۲ نحوه عملکرد تپ چنجر و استفاده از مقاومتهای گذرا را نشان میدهد .



شکل ۲: نحوه عملکرد تپ چنجر و استفاده از مقاومتهای گذرا

۵- نیروی محرکه تپ چنجر (موتور درایو)

عملکرد تپ چنجرها توسط فرمانی که به موتور درایو داده می شود (از طریق رگولاتور ولتاژ و یا فرمان دستی بوسیله اپراتور) انجام می پذیرد. گردش موتور محرک موتور درایو باعث چرخش محورهای عمودی و افقی و نهایتاً گردش درایو شفت و انتقال حرکت به تپ سلکتور و دایورتر سوئیچ میگردد.

موتور درایو شامل موتور محرک- چرخ دنده ها – رله های فرمان و کنترل و سایر متعلقات مربوطه بوده و در روی بدنه ترانسفورماتور نصب میگردد و فرمان آن بصورت پله – پله ای و غیرقابل برگشت میباشد و هر عملکرد موتور درایو مستلزم صدور فرمان از طریق رگولاتور ولتاژ ویا فرمان دستی توسط اپراتور خواهد بود.

شکل ۳ موتور درایو های نوع قدیمی MA7 و نوع جدید ED را نشان می دهد.

کلیه موتور درایوها دارای سیستمهای حفاظتی از جمله جریان زیاد و جلوگیری از Over run شدن تپ چنجر و ممانعت از فرمان اتوماتیک در حالیکه در حالت عملکرد دستی است، می باشد. موتور درایوهای ساخت کارخانه MR مجهز به هیتر- چراغ دستی – پریز اضافی – کنتاکت رنج و سایر لوازم اضافی مورد درخواست کارخانجات سازنده ترانسفورماتور و مصرف کنندگان میباشد.

شکل ۳: موتور درایو نوع جدید ED و نوع قدیمی MA7

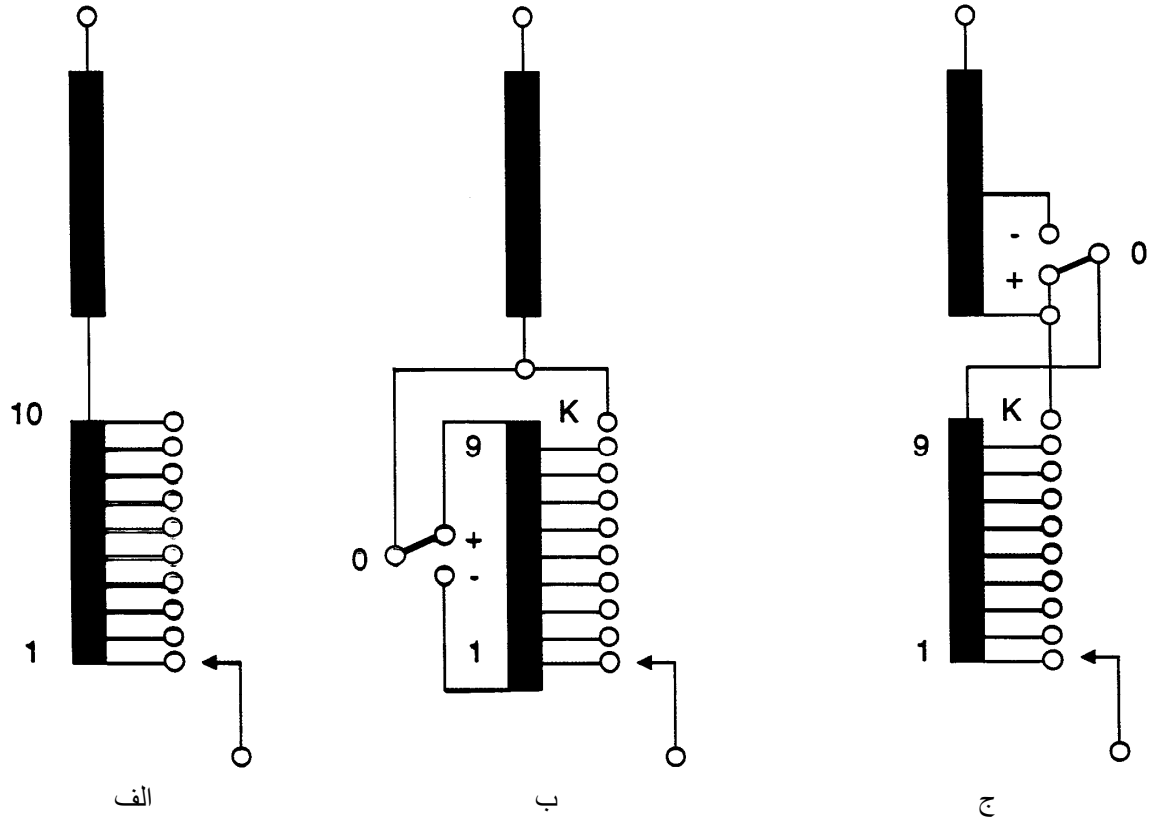
٦- نحوه اتصال تپ چنجر به سیم پیچ تنظیم

معمولاً اتصال تپ چنجر به سیم پیچ تنظیم ترانسفورماتور طبق شکل ٤ به صورتهای زیر انجام میپذیرد.

الف- اتصال Linear برای رگولاسیون متوسط تا حدود ٢٠ درصد

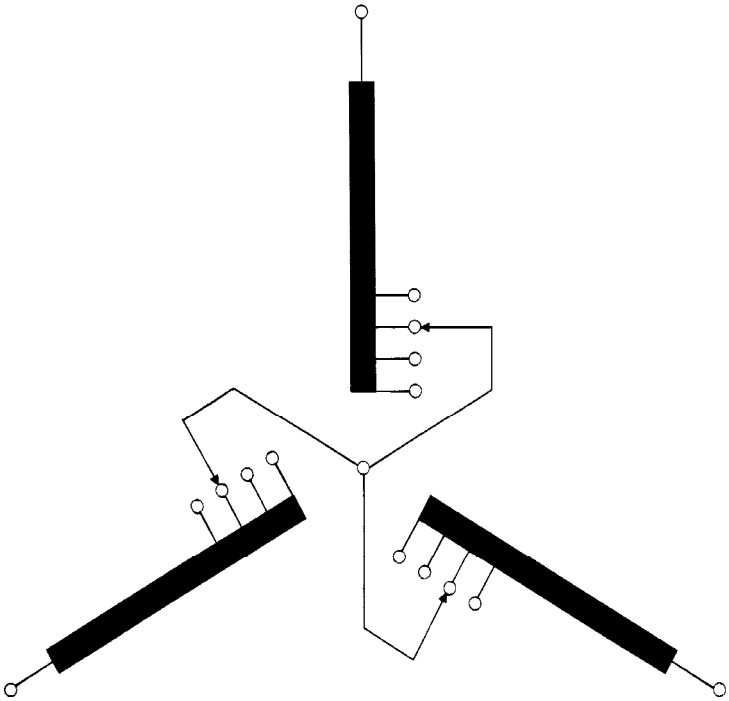
ب- اتصال با استفاده از Reverse switch برای رگولاسیون بیشتر

ج- اتصال با استفاده از Reverse switch و بخشی از سیم پیچ اصلی ترانسفورماتور (اتصال Coarse/fine) برای رگولاسیون زیاد در ترانسفورماتورهای کوره های القائی و پروسسهای شیمیائی

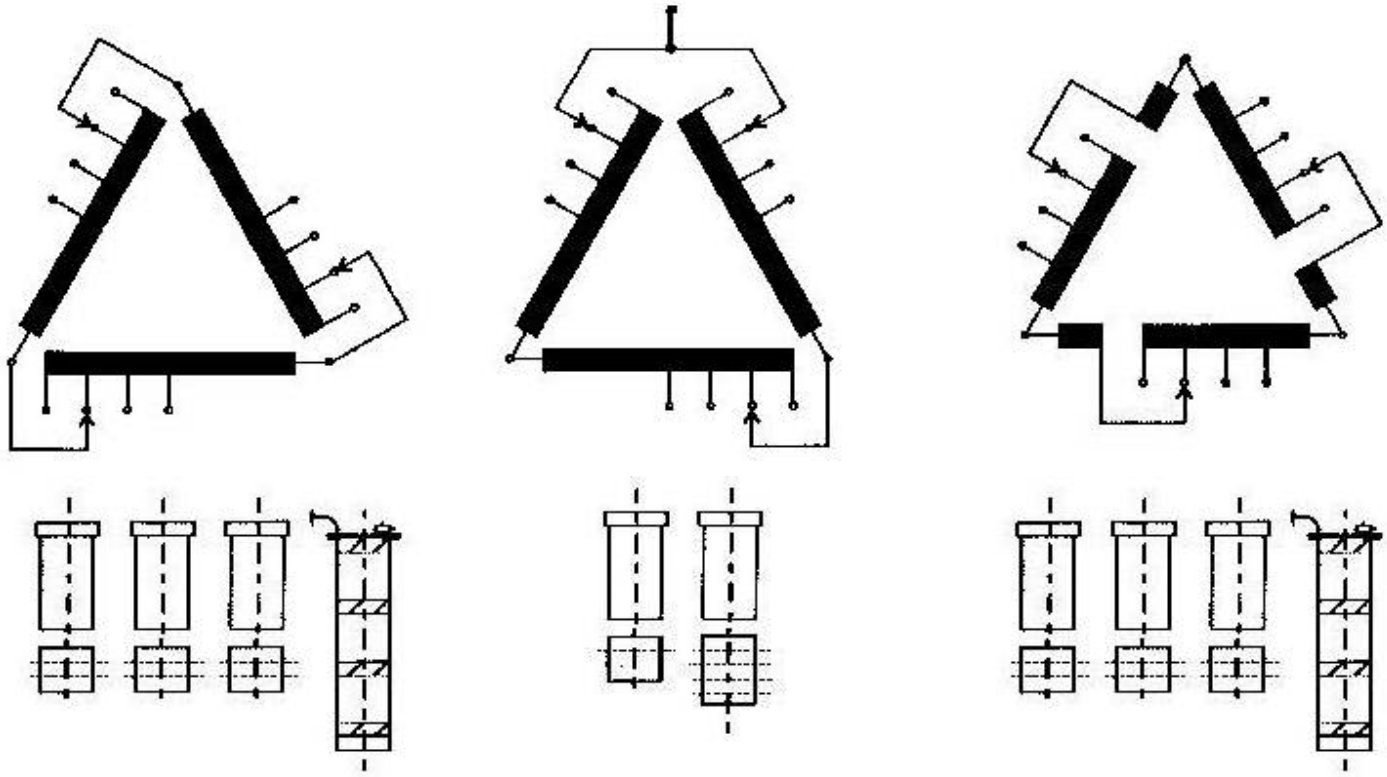


شکل ٤- اتصال تپ چنجر به سیم پیچ تنظیم ترانسفورماتور

هر یک از انواع اتصالات فوق کاربرد مخصوص خود را داشته و بستگی به میزان رگولاسیون مورد نیاز دارد . تپ چنجر معمولاً در سمت فشار قوی ترانسفورماتور نصب میگردد و نحوه اتصال آن در سیم پیچهای با اتصال ستاره و مثلث بصورت شکلهای ٥ و ٦ میباشد.



شکل ۵: تپ چنجر با اتصال ستاره

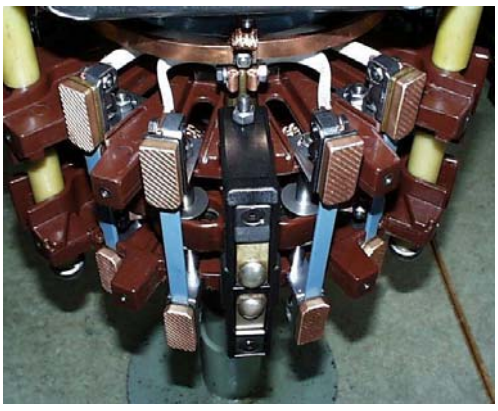


شکل ٦: تپ چنجر با اتصال مثلث

۷- کنتاکتها و عمر مفید تپ چنجرها

امروزه با دسترسی به تکنولوژیهای جدید و مواد بکار رفته در قسمتهای عایقی و کنتاکتهای تپ چنجرها عمر مفید آنها معادل عمر ترانسفورماتورها میباشد و عملاً بایستی تا پایان عمر ترانسفورماتورها بتواند بطور مستمر و قابل اطمینان وظیفه خود را بانجام برسانند. دایورتر سوئیچ معمولاً پس از ۸۰۰,۰۰۰ بار عملکرد(که البته در تپ چنجر ترانسفورماتورهای شبکه این میزان خیلی بیشتر از مقدار مورد نیاز در عمر مفید ترانسفورماتور است) تعویض میگردد و تپ سلکتور بعد از یک میلیون بار عملکرد باید مورد بازرسی و سرویس قرار گیرد. بدیهی است نحوه سرویسهای پریودیک و پیشگیرانه (Preventive maintenance) در طول عمر تپ چنجرها تاثیر بسزائی دارد که در این خصوص در بخش دوم توضیحات بیشتری داده خواهد شد. معذالک تجربه نشان داده است که با انجام سرویسهای دوره ای و پیشگیرانه منظم و طبق دستورالعملهای کارخانجات سازنده عمر مفید تپ چنجرها ممکن است از یک میلیون بار عملکرد و بدون هیچگونه حادثه ای نیز بگذرد.

بدیهی است کیفیت کنتاکتها و نحوه ساخت (جوشکاری به پایه) و آزمایشات کارخانه ای (تست اولتراسونیک) آنها و همینطور میزان بار ترانسفورماتور در عمر کنتاکتها بسیار موثر میباشد. شکل ۷ عمر کنتاکت را بر حسب بار ترانسفورماتور (نسبت جریان واقعی به جریان اسمی ماکزیمم) نشان میدهد کنتاکتهای جرقه (Arcing contacts) معمولاً تا ۳۰۰ آمپر از مس و بالاتر از آن از آلیاژ تنگستن – مس ساخته میشوند. بطور متوسط عمر کنتاکتها حدود ٤۰۰ تا ۵۰۰ هزار عملکرد میباشد که این میزان بستگی تام به کنترل کیفیت و نحوه ساخت و ماتریال مورد مصرف در کنتاکتها دارد.



شکل ۷: کنتاکتهای مربوط به تپ چنجر مدل V و M

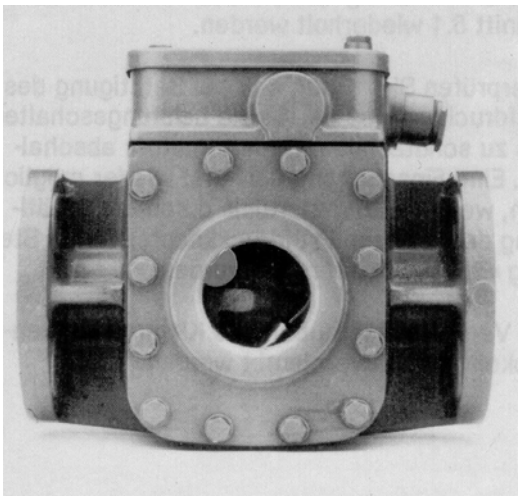
۸- حفاظتهای تپ چنجر و چگونگی تنظیم آنها

معمولاً هر گونه اتصالی در دایورتر سوئیچ انرژی الکتریکی را بصورت بروز جرقه به حرارت تبدیل مینماید که این حرارت باعث سوختن روغن و ایجاد انفجار در مخزن روغن تپ چنجر میگردد. میزان انرژی آزاد شده بستگی بعوامل مختلف از جمله قدرت اسمی ترانسفورماتور – جریان اسمی دایورتر سوئیچ (Through – Current) – سطح اتصال کوتاه در شبکه و غیره دارد. حفاظتهای تپ چنجر طوری طراحی میشود که به انرژی آزاد شده در اثر اتصالیها از مقادیر کم تا مقادیر زیاد پاسخ دهد. این حفاظتها بایستی بنحوی باشند که برای هر اتصالی در داخل دایورتر سوئیچ، ترانسفورماتور را توسط دیژنکتورها از شبکه جدا نماید تا از بروز هر گونه حادثه ای برای ترانسفورماتور جلوگیری گردد.
حفاظتهائی که در تپ چنجرهای ساخت کارخانه MR آلمان بکار میرود بقرار زیر است:

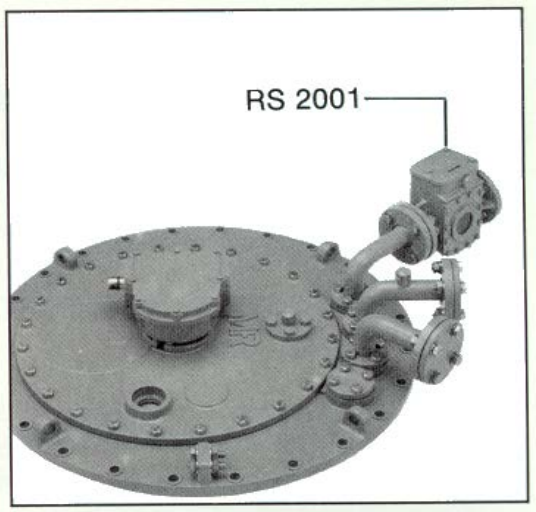
الف- رله RS2001 که اصطلاحاً بآن رله جانسون نیز میگویند در اثر عبور جریان روغن از مخزن روغن به سمت منبع انبساط تپ چنجر عمل مینماید. این رله اجازه عبور به گازهای حاصل در اثر جرقه عملکرد عادی تپ چنجر را می دهد. عملکرد رله مذکور باعث جدا شدن ترانسفورماتور از شبکه می گردد. این رله برای سرعت روغن بین ۱/۲ تا ۳ متر در ثانیه عمل مینماید.

ب- دیافراگم که از تعبیه یک صفحه آلومینیومی نازک و یا با اعمال یک شیار روی سر تپ چنجر (OLTC Head) بوجود آمده است در صورت بروز اتصالی شدید و افزایش ناگهانی فشار در داخل دایورتر سوئیچ پاره شده و فشار داخل مخزن روغن را آزاد نموده و از انفجار این مخزن جلوگیری مینماید. این حفاظت برای فشار ٤ تا ٥ بار بدون تاخیر زمانی عمل مینماید. در بعضی موارد بجای این حفاظت از رله Pressure relief device بانام تجاری MPreC ساخت کارخانه Messko آلمان استفاده می گردد.

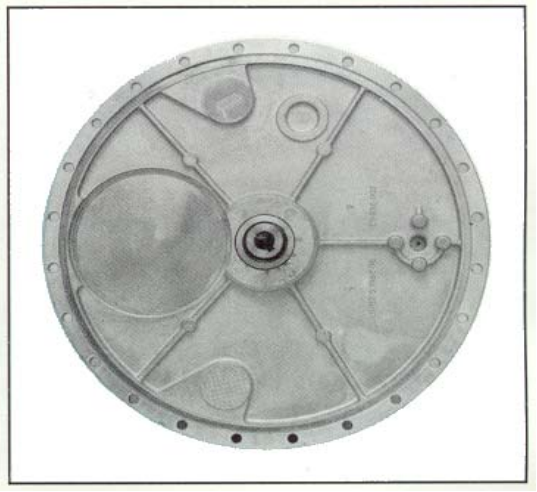
ج- رله DW2000 حفاظت دیگری است که عملکرد آن برای فشار در حدود ۱/۵ تا ۲ بار میباشد. این رله معمولاً با حفاظت Pressure relief device همراه است. شکل ۸ منحنی کاراکتریستیک رله های حفاظتی تپ چنجر و شکل ۹ نمای کلی اینگونه رله ها را نشان میدهد.
قویاً توصیه میگردد در صورت عملکرد حفاظتهای فوق که منجر به خارج از مدار شدن ترانسفورماتور میگردد، ترانسفورماتور نباید قبل از بازرسی تپ چنجر و اطلاع از دلیل عملکرد رله مجدداً در مدارد قرار گیرد.



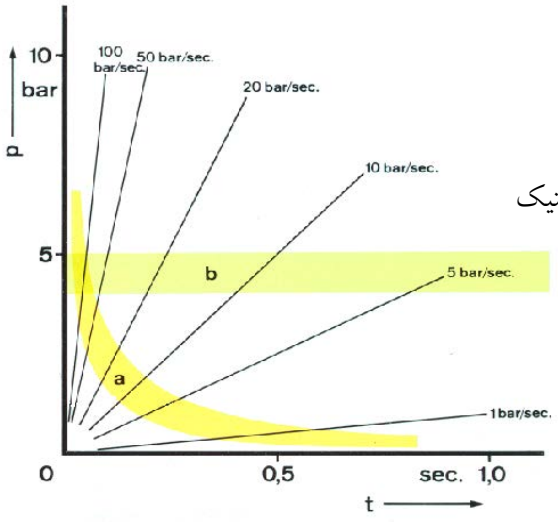
رله RS2001



شیر فشارشکن Pressure relief device



دیافراگم سر تپ چنجر



شکل ۸: رله های حفاظتی تپ چنجر همراه با منحنی کاراکتریستیک

۹- مونیتورنیگ و کنترل از راه دور

با پیشرفت تکنولوژی و بوجود آمدن مراکز دیسپاچینگ منطقه ای و ملی، تپ چنجرها نیز هر روز از امکانات بیشتری در خصوص مونیتورینگ و کنترل از راه دور و ارسال اطلاعات آنها بمراکز فوق برخوردار میگردند. در این سیستم با نصب سنسورهایی در ترانسفورماتور، اطلاعات زیر جمع آوری و بمراکز ذیربط ارسال میگردد .

- بررسی وضعیت بار و شرایط بهره برداری و سوپروایزری عملکرد ترانسفورماتور
- بررسی وضعیت عملکرد تپ چنجرها و زمان انجام سرویسهای دوره ای
- پیش بینی و تشخیص زود هنگام عیوب ترانسفورماتور و تپ چنجر قبل از آنکه بمرحله خطرناک برسد
- استفاده آماری از اطلاعات جمع آوری شده

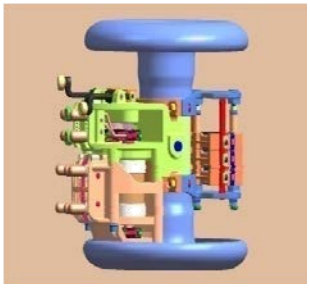
۱۰- نسل جدید موتور درایوها و تپ چنجرها

طی سالهای اخیر موتور درایوهای جدیدی توسط کارخانه MR آلمان به بازار عرضه گردیده که نسبت به موتور درایوهای قدیمی تر از امکانات و ویژگیهای منحصر بفردی برخوردارند. اینگونه موتور درایوها امکان انتقال اطلاعات ترانسفورماتور و تپ چنجرها را به کامپیوتر و مراکز دیسپاچینگ دارا میباشد و از نظر سرویس و تعمیرات نسبت به موتور درایوهای قدیمی دارای مزایای فوق العاده میباشند. امکان استفاده از رگولاتورهای ولتاژ در داخل موتور درایوها نیز امروزه فراهم گردیده است.

ساخت تپ چنجرهایی که عمل قطع و وصل آنها در محفظه خلاء انجام می پذیرد(VACUTAP) و تپ چنجرهای خشک که در ترانسفورماتورهای خشک مورد استفاده قرار می گیرد از دیگر محصولات جدید سالهای اخیر کارخانه فوق الذکر میباشد که با هدف تامین درخواست مصرف کنندگان مبنی بر استفاده از تپ چنجرهای Maintenance – free تولید می گردد. اضافه مینماید امروزه استفاده از تپ چنجرهای خلاء در کشور مورد استقبال فروان مصرف کنندگان قرار گرفته و در انواع ترانسفورماتورهای قدرت بکار می روند.

موتور درایو سری ED

تپ چنجر خلاء مدل VV



کپسول خلاء کنتاکتهای مقاومتی و اصلی

۱۱- رگولاتورهای ولتاژ (Automatic Voltage Regulator-AVR)

کارخانه MR آلمان امروزه معتبرترین تولیدکننده رگولاتورهای ولتاژ(سری TAPCON) می باشد که جهت کنترل ولتاژ ترانسفورماتورها بطور کاملاً اتوماتیک عمل مینماید. این رگولاتورها در انواع مختلف سریهای TAPCON 230 و TAPCON 240 و TAPCON 260 و TAPGUARD ... تولید و ببازار عرضه میگردد.

مختصری مشخصه های منحصر بفرد رگولاتورهای سری TAPCON 240 (مشخصه های استاندارد)

- مجهز به صفحه نمایش بزرگ و قابل دید از فاصله دور و همچنین منوی بسیار ساده و قابل درک.
- مجهز به سیستم جدید NormSet بطوریکه در این صورت AVR فقط نیاز به اطلاعات ولتاژ دو سمت PT و ولتاژ مورد نظر می باشد.
- امکان استفاده از ۳ ولتاژ مختلف برای ۳ زمان در روز.
- امکان تنظیم زمان T1بصورت linear و integral و همچنین زمان T2 بین صفر تا ۱۰ ثانیه.
- پارالل کردن تا ١٦ دستگاه ترانسفورماتور در دو گروه مختلف به دو روش Master-Follower و یا Minimum circulating .
- امکان محاسبه ولتاژ انتهای خط به دو روش Line Drop Compensation و Z-Compensation.
- دارای ورودی و خروجیهای آزاد و قابل برنامه ریزی و همچنین پنج عدد چراغ LED قابل برنامه ریزی
- تغذیه آن می تواند بصورت AC ویا DC بین ۹۳ تا ٢٦٥ ولت باشد.

مختصری از مشخصه های اضافی رگولاتور های سری TAPCON 240

- استفاده از نرم افزارTAPGUARD برای کنترل و Monitoring تپ چنجر.
- امکان تنظیم ولتاژ از راه دور و داشتن و با برخورداری از ٤ خروجی به صورت میلی آمپر و یا ولت.
- استفاده از کارت Topology برای پارالل کردن بیش از ۲ گروه ترانسفورماتور.
- امکان ارسال وضیعت تپ به فواصل دور بصورت BCD و یا میلی آمپر و یا ولت.
- کنترل متقابل دو دستگاه AVR در یک پست و امکان حفظ و نمایش ولتاژ و موقعیت تپ و غیره برای حدود یک سال با اضافه کردن ۸ مگابایت رم.
- امکان استفاده از ۱۰ عدد ورودی و خروجی به صورت Binary با نصب کارت UC.
- پشتیبانی کلیه پروتکلهای استاندارد واز جمله پروتکل ٦١٨٥٠ را دارا می باشد.

امکانات جدید رگولاتورهای سری TAPCON 230

- ارائه در ۳ مدل مختلف Expert - Pro - Basic
- استفاده از صفحه نمایش ۱۲۸ x ۱۲۸ و بزرگ و قابل دید از فاصله دور.
- دارای درب قفل دار و قابلیت جدا کردن آن از بدنه در صورت نیاز.

- دارا بودن فضای بیشتری با ترمینالهای مجزا برای اتصالات کابلها و امکان جداسازی ساده آنها.
- امکان جداکردن صفحه گلند برای نصب ساده ومجهز به ورودیهای کابل در سایز های مختلف.
- دارای تعداد زیادی LED برای نشان دادن وضعیت عملکرد و یا حالتهای بحرانی I>,U<,U> و همچنین تامین تعدادی LED جهت برنامه ریزی بطور دلخواه.
- امکان محاسبه ولتاژ انتهای خط (LDC و Z) و همچنین مجهز به ۲ عدد ورودی و ٦ عدد خروجیهای آزاد و قابل برنامه ریزی.
- تغذیه دستگاه بین ۹۳ تا ۲٥٦ ولت بصورت AC – DC.
- دارای قابلیت نمایش ولتاژ و جریان و سایرپارامترها از جمله active, reactive and apparent power cosφ.

تذکر: TAPCON 230 Pro دارای مشخصه های مشابه TAPCON230 Basic و یک کارت ورودی وخروجی است که می توان وضعیت تپ را بصورت پتانسیومتری یا BCD و یا ٤...۲۰ میلی امپر به آن داد. رگولاتور مذکور امکان پارالل کردن تا ٦ دستگاه ترا نسفورماتور در دوگروه مختلف به دو روش Master-Follower و یا Minimum circulating را دارا می باشد. ضمنا" TAPCON 230 Expert دارای مشخصه های مشابه TAPCON230 Pro و یک کارت ارتباطی است و می تواند تعدادی از پروتکلهای استاندارد را پشتیبانی نماید.

Flat housing

Deep housing
+ Inputs/ Outputs
+ Tap position
+ Additional DC Power Supply

Deep housing
+ Communication Card

بخش دوم

۱- اهمیت سرویسهای دوره ای و پیشگیرانه

با توجه باینکه در حدود ۹۰ درصد صدمات وارده به ترانسفورماتورها ناشی از حوادث تپ چنجرها میباشد و تپ چنجرها نیز تنها قسمت متحرک در داخل ترانسفورماتور محسوب میگردد، لذا بهره برداری صحیح از تپ چنجرها و آماده بکار نگه داشتن آنها جهت کارکرد قابل اطمینان ترانسفورماتور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در هر عملکرد تپ چنجری روغنی (OIL TAP) بستگی به نوع آن در حدود ۱۸ جرقه حادث میگردد که شدت آن بستگی به جریان اسمی و مشخصات تپ چنجر دارد. بروز جرقه باعث کربونیزه شدن روغن و تولید گازهای هیدروکربور اشباع از جمله متان – اتان – پرویان و نظایر آن و همینطور هیدروژن و غیره میگردد. وجود این گازها در روغن تپ چنجر امری عادی است که بهمین دلیل نیز بایستی منبع انبساط روغن تپ چنجر از منبع انبساط روغن ترانسفورماتور کاملاً جدا باشد تا این گازها وارد روغن ترانسفورماتور نگردیده و باعث اشتباه در نتایج گاز کروماتوگرافی روغن ترانسفورماتور نشود. گازهای حاصل از عملکرد عادی تپ چنجر از طریق رله حفاظتی RS2001 بسمت منبع انبساط هدایت شده و از مسیر محفظه سیلیکاژل تخلیه میگردد. شکل ۱۰ موقعیت تپ چنجر را در داخل تانک ترانسفورماتور و رله حفاظتی آن را نشان میدهد. اضافه مینماید در ترانسفورماتورها و تپ چنجرها از محفظه های سلیکاژل Maintenance-free تحت عنوان MTraB ساخت کارخانه Messko آلمان بصورت فزاینده ای استفاده میگردد.

عدم انجام سرویسهای دوره ای و پیشگیرانه بدلیل وجود جرقه های دائمی در تپ چنجرها باعث رسوب کربن و تجمع لجن در روی قسمتهای مختلف آن گردیده و میزان ایزولاسیون آنها را بشدت کاهش میدهد. وجود کربن همراه رطوبت که ممکن است بدلیل عدم تعویض سیلیکاژل بداخل روغن نفوذ نموده باشد باعث پایین آمدن میزان عایقی روغن گردیده که نهایتاً میتواند به بروز اتصالیهای جزئی یا عمده در تپ چنجر منجر گردد. از طرف دیگر عدم سرویسهای دوره ای بموقع خصوصاً اولین سرویس باعث زیاد شدن لغی یاتاقانها و ضعیف شدن فشار فنرها و در نتیجه کم شدن فشار کنتاکتها و به عبارتی بالا رفتن دانسیته جریان در آنها میشود که این امر خود به مرور، باعث زیادتر شدن گازهای تولید شده در تپ چنجر گردیده و هنگامیکه میزان آن از حد مجاز قابل عبور از لوله حفاظتی تجاوز نماید باعث افتادن پرچم رله RS2001 و عملکرد ناخواسته دیژنکتورهای طرفین ترانسفورماتور میگردد. چنانچه عدم رسیدگی و سرویس باز هم ادامه یابد ممکن است بروز اتصالیها در داخل تپ چنجر باعث پاره شدن

صفحه دیافراگم و یا عملکرد رله DW2000 یا رله Pressure relief گردد که ایـن امـر بهـره بـرداری از ترانسفورماتور را متوقف خواهد نمود. ادامه چنین وضعی میتواند در نهایت باعث انفجـار مخـزن روغـن (Oil Compartment) گردیده و قطعات خرد شده آن از داخل به سیم پیچهـا و عایقهـای ترانـسفورماتور صدمات بسیار جدی وارد نماید که در این صورت علاوه بر آنکـه ترانـسفورماتور بـرای مـدت طـولانی خارج از سرویس خواهد شد هزینه تعمیرات تپ چنجر و ترانسفورماتور نیز قابل ملاحظه خواهد بود.

۱- سر تپ چنجر

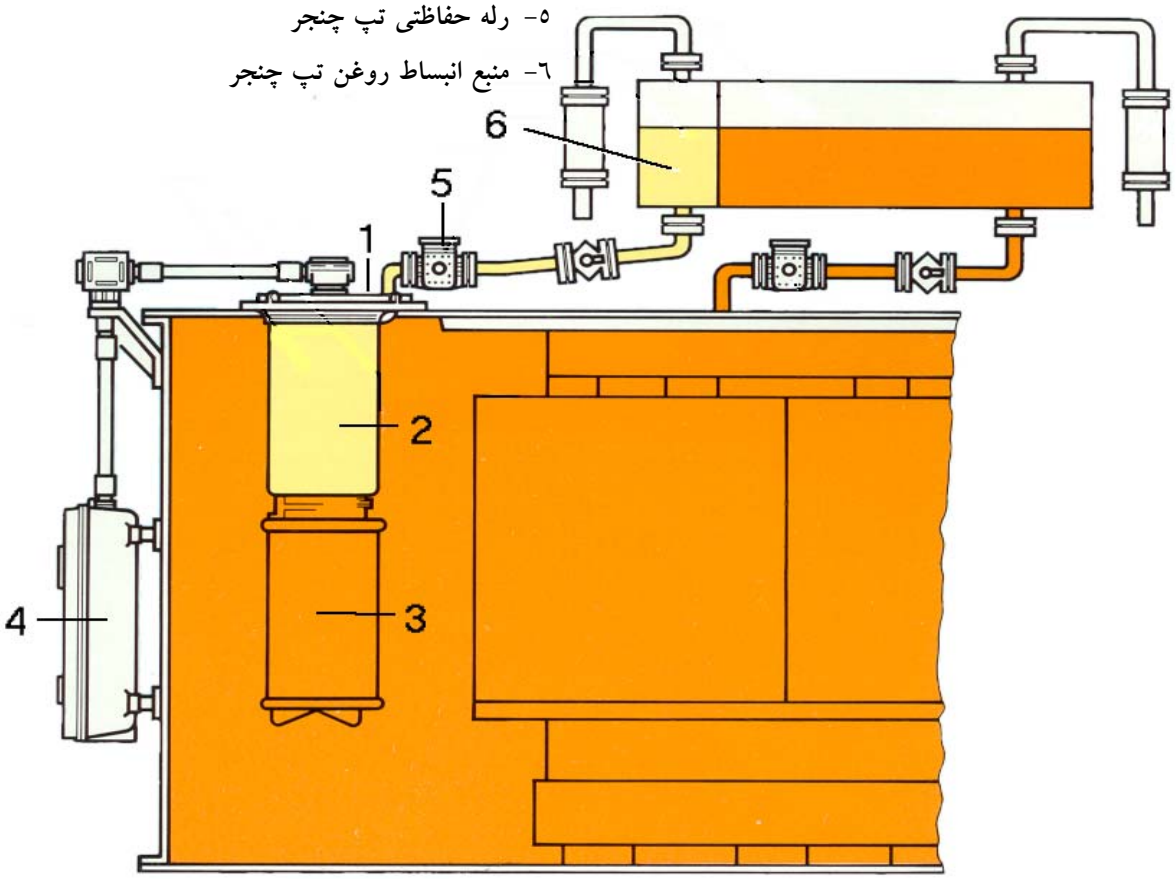
۲- محفظه روغن تپ چنجرو دایورتر سوئیچ

۳- سلکتور سوئیچ

٤- موتور درایو

٥- رله حفاظتی تپ چنجر

٦- منبع انبساط روغن تپ چنجر



شکل ۱۰: موقعیت تپ چنجر را در داخل تانک ترانسفورماتور و رله حفاظتی و موتور درایو

امروزه با انجام تحقیقات گسترده و اعمال دقتهای فراوان در طراحی و ساخت تپ چنجرها در صورتیکه از آنها بهره برداری صحیح بعمل آمده و سرویسهای پیشگیرانه (Preventive Maintenance) بموقع انجام پذیرد، طول عمری برابر طول عمر ترانسفورماتورها خواهند داشت. شکل ۱۱ نحوه کاهش اتفاقات حادث در تپ چنجرها را با بالا رفتن کیفیت برنامه های سرویس نشان میدهد.

۲- حوادث مختلف در تپ چنجر

اگرچه آمارهای مکتوب و گزارش شده از حوادث تپ چنجر در کشورهای مختلف در اختیار نمیباشد و در کشور ما نیز چنین آمارهایی به ندرت قابل دست یابی است معذالک تجربه نشان میدهد که اینگونه حوادث اکثراً بدلایل عدم انجام سرویسهای منظم و طبق دستورالعمل کارخانجات سازنده تپ چنجر و توسط افراد کم تجربه بوقوع پیوسته که نمونه هایی از آن بشرح زیر است:

عیوب حادث	دلایل وقوع	حدود خسارات و تعمیرات لازم
بروز جرقه در دایورتر سوئیچ	عدم هواگیری لوله تخلیه	تعمیر دایورتر ضروری میباشد
شکستن سر تپ چنجر	بسته بودن شیر فلکه بین مخزن روغن و منبع انبساط (فراموش شدن بازدکردن شیر فلکه پس از نصب)	تعویض سر تپ چنجر
قطع شدگی و پاره شدن اتصالات داخل دایورتر سوئیچ	عدم رعایت دستورالعملهای کارخانه سازنده در هنگام خارج کردن و جایگذاری دایورتر سوئیچ در سرویس های دوره ای یا تعمیرات اضطراری	تعمیر دایورتر سوئیچ ضروری میباشد
سوختن مقاومتهای گذرا	قفل مکانیکی یا الکتریکی انتهای کورس پس از سرویس یا تعمیرات انجام نشده است و تپ چنجر Over-Run گردیده	تعویض احتمالی محفظه روغن و تعویض مقاومتهای گذرا
بروز اتصالی و جرقه در دایورتر سوئیچ	شکستن کوپلینگ بولت درایو شفت بعلت طولانی شدن زمان بین سرویسهای دوره ای و زیاد شدن تعداد عملکرد و عدم آگاهی از میزان خوردگی آن	تعویض دایورتر
سوختن مقاومتهای گذرا	تفاوت فاحش بین خوردگی کنتاکتهای جرقه و کنتاکتهای مقاومت و عدم تعویض فنرهای آکومولاتور انرژی طبق دستورالعمل کارخانه سازنده	تعویض مقاومتهای گذرا و انجام تعمیرات در دایورتر
تحت ولتاژ قرار گرفتن سلکتور سوئیچ	سقوط ابزار کار بداخل محفظه روغن در موقع سرویس و تعمیرات و فراموش شدن خارج کردن آن	صدمه کامل تپ چنجر و نیاز به تعویض آن و احتمال صدمه دیدن سیم پیچهای ترانسفورماتور و خسارت مالی سنگین

بروز جرقه در دایورتر سوئیچ	عدم چک کردن کیفیت روغن عایق (دی الکتریک و رطوبت)	تعمیر و یا احتمالاً تعویض دایورترسوئیچ و تعمیر ترانسفورماتور
عملکرد رله حفاظتی (در مدار قرار دادن تپ چنجر بلافاصله پس از عملکرد رله حفاظتی و بدون بررسی علت آن)	عدم بازرسی تپ چنجر قبل از در مدارگذاردن مجدد تپ چنجر	صدمات کلی به تپ چنجر و ترانسفورماتور

۳- جمع آوری اطلاعات و تهیه سوابق تپ چنجر

یکی از عوامل مهم در بهره برداری صحیح از تپ چنجرها و انجام منظم سرویسهای دوره ای و پیشگیرانه جمع آوری اطلاعات کامل از عملکرد تپ چنجر میباشد که مسئولین بهره برداری بایستی از ابتدای در مدار قرار گرفتن ترانسفورماتور توجه خاص نسبت به آن مبذول دارند. این اطلاعات در درجه اول طبق جدول پیوست شامل مشخصات اصلی ترانسفورماتور و تپ چنجر و موتور درایو میباشد. عملکرد رله های حفاظتی و احیاناً حوادث حادث برای تپ چنجر نیز بایستی به جزئیات و با ذکر علل وقوع و کارهای تعمیراتی و قطعات تعویض شده ثبت گردد. ثبت وضعیت روغن از نظر میزان دی الکتریک و رطوبت موجود در آن نیز برای هر ششماه یکبار ضروری است.

ثبت زمان سرویسهای پریودیک (اولین سرویس و سرویسهای بعدی) و تعداد عملکرد در هر سرویس و فاصله زمانی سرویسها بسیار حائز اهمیت میباشد زیرا با توجه به زمان سپری شده و تعداد عملکرد بایستی طبق دستورالعمل بازرسی فنی کارخانه سازنده نسبت به انجام سرویسهای پیشگیرانه اقدام نمود.

٤- دستورالعملهای سرویس و تعمیرات

اصولاً کارخانجات سازنده تپ چنجر بستگی به نوع و مدل تپ چنجر دستورالعملهای بهره برداری (Operating Manual) و دستورالعملهای بازرسی فنی (Inspection Manual) تهیه مینماید که همراه دستورالعملهای ترانسفورماتور در اختیار مصرف کنندگان قرار داده میشود. داشتن اینگونه دستورالعملها و نگهداری آن در محل مناسب که همواره در طول عمر تپ چنجر جهت مراجعه در اختیار پرسنل مسئول باشد بسیار ضروری است. دستورالعملهای سرویس و بازرسی بایستی مبنا و اصول انجام هر گونه سرویس و تعمیرات باشد و استفاده از یک دستورالعمل کلی برای همه نوع تپ چنجرها خالی از اشکال نبوده و هیچگاه توصیه نمیگردد. یک نسخه از این دستورالعملها بایستی در اختیار گروه بهره برداری و یک نسخه در اختیار گروه تعمیراتی قرار گیرد.

۵- سرویسهای دوره ای و تعمیرات اضطراری

تجربه نشان داده است که انجام سرویسهای منظم دوره ای و طبق دستورالعمل کارخانه سازنده توسط پرسنل آموزش دیده، بهره برداری صد در صد قابل اطمینانی را برای تپ چنجر و ترانسفورماتور تضمین می نماید. معذالک بکرات دیده شده است در بساری از موارد بدلیل گرفتاریهای زیاد در امر بهره برداری و عدم امکان بی برق نمودن ترانسفورماتورها در مواقع لازم سرویسهای پریودیک فراموش گردیده تا اینکه نهایتاً برای تپ چنجر مشکلاتی بروز نموده و ناچاراً نسبت به خارج از سرویس نمودن ترانسفورماتور اقدام گردیده است. بدیهی است زمان خارج از سرویس بودن در اینگونه شرایط به مراتب بیشتر از زمانی می باشد که با برنامه ریزی قبلی نسبت به انجام سرویسهای پیشگیرانه اقدام گردد و مضافاً این خاموشیهای ناخواسته ممکن است در هر زمانی از جمله در پیکهای بار فصلی و سالانه اتفاق افتد.

با توجه به مراتب فوق برخی از نکات مهمی که بایستی در سرویس تپ چنجرها مورد توجه قرار گیرد بشرح زیر میباشد:

- رسوب کربن حاصل از جرقه های عملکرد تپ چنجر و جذب رطوبت موجود در روغن در این رسوبات، موجب بوجود آمدن سطوح هادی در تپ چنجر میگردد که نهایتاً باعث بروز اتصال کوتاه خواهد شد. این ذرات کربن که در لابلای نگهدار کنتاکتها نیز رسوب میکند تولید مشکلات فراوانی برای تپ چنجر مینماید که بایستی کلیه این رسوبات با دمونتاژ نمودن قطعات دایورتر سوئیچ در یک کارگاه مناسب و به دور از رطوبت و گرد و غبار بطور کامل در سرویسهای پریودیک تمیز گردند.
- قرار گرفتن مقاومتهای گذرا در مسیر جریان برای زمانی در حدود ۵۰ میلی ثانیه مستلزم مکانیزمی بسیار سریع جهت باز و بستن کنتاکتهای مقاومتی میباشد. این مکانیزم بایستی حتماً در سرویسهای دوره ای مورد بازرسی قرار گرفته و فشار فنرهای اکومولاتور انرژی اندازه گیری شود. همینطور خوردگیهای مکانیکی سیستمهای متحرک که طبیعتاً بمرور زمان بوجود می آید بایستی چک شده و تولرانس آنها اندازه گیری شود.
- میزان خوردگی کنتاکتها حتماً بایستی در سرویسهای پریودیک چک شده و با مقادیر مجاز ذکر شده در دستورالعملها مقایسه گردد و در صورت لزوم نسبت به جابجائی کنتاکتها اقدام گردد.

- وجود احتمالی آثار جرقه در روی قسمتهای عایقی حتماً بایستی چک شود و در حد امکان نسبت به تمیز نمودن آثار جرقه اقدام گردد. وجود خراشها و آثار جرقه در صورت رسوب کربن و نفوذ رطوبت در آنها بهترین مسیر برای ایجاد اتصال کوتاه در آینده خواهد بود و از قابلیت اطمینان تپ چنجر بشدت میکاهد.
- رله های حفاظتی خصوصاً رله RS2001 حتماً بایستی چک گردد و از فرمان مطمئن آن به دیژنکتورها اطمینان حاصل نمود.

با توجه به اهمیت نقش رله RS2001 تنظیم این رله حتماً بایستی به کمک ابزار مخصوص که فشار عملکرد آن را اندازه گیری مینماید انجام پذیرد و از دستکاری آن توسط افراد غیر مطلع جداً جلوگیری شود.

- در صورت شکسته شدن حفاظت دیافراگم حتماً بایستی نسبت به تعویض سر تپ چنجر اقدام نمود و از انجام جوشکاری دیافراگم و یا استفاده از صفحات نازک دیگر باین منظور به سر تپ چنجر جداً خودداری نمود.
- در صورت لزوم باید مقاومت کنتاکتهای تپ سلکتور اندازه گیری شده و فاصله زمانی عملکرد آن با عملکرد دایورتر سوئیچ چک شود.
- صحت عملکرد پله – پله ای موتور درایو و سیستمهای ایمنی آن شامل قفلهای الکتریکی و مکانیکی به منظور جلوگیری از Over-Run شدن تپ چنجر در تپ های ابتدائی و انتهائی بایستی کنترل گردد.
- در بعضی مواقع ملاحظه میشود که پیمانکاران نصب تاسیسات پست و ترانسفورماتور دستورالعملهای نصب را بدقت مراعات نمی نماید که در زمان بهره برداری باعث بروز مشکلاتی برای ترانسفورماتور و تپ چنجر می گردد. از جمله ممکن است شیب لوله روغن مربوط به رله RS2001 بدرستی انتخاب نگردد که این امر باعث عملکرد غلط رله حفاظتی میگردد. یا به علت کوتاه بودن لوله تخلیه روغن که برای نمونه گیری روغن تپ چنجر نیز میباشد ناگزیر بایستی برای نمونه برداری روغن ترانسفورماتور را بی بار نمود.
- سیلیکاژل مدار روغن تپ چنجر حتماً بایستی چک شود تا در صورت لزوم رطوبت گیری یا تعویض گردد.

- فواصل ایمنی (Air Gap) و واریستورها که به منظور ایمنی در مقابل افزایش ولتاژهای لحظه ای در اثر بالا رفتن ولتاژ شبکه و یا رعد و برق و سوئیچینگ تعبیه میگردند بایستی به دقت کنترل گردند تا بروز چنین اضافه ولتاژهائی باعث انفجار تپ چنجر نگردد.

بایستی توجه داشت که مسایل مربوط به سرویسهای دوره ای و پیشگیرانه بسیار متنوع میباشد که امکان ذکر تمامی آنها در این مقاله نمیباشد. معذالک بایستی اذعان نمود که تجربه و آموزش پرسنل تعمیراتی مهمترین نقش را در انجام صحیح این گونه سرویسها ایفا می نماید.

٦- لوازم و قطعات یدکی و ابزار تخصصی سرویس و تعمیرات

بایستی توجه داشت که بعلت حساس بودن موقعیت اکثر ترانسفورماتورهای قدرت خصوصاً در پستهای کلیدی خارج از سرویس بودن آنها برای مدت طولانی امکان پذیر نمی باشد. لذا حتماً بایستی لوازم و قطعات یدکی مورد نیاز سرویسهای پریودیک همواره در محل موجود باشد تا در صورت انجام سرویسهای مذکور و یا تعمیرات اضطراری زمان خاموشی تا حد ممکن کوتاه گردد.
استفاده از ابزارهای کار تخصصی که برای انواع تپ چنجرها ساخته شده و مورد تائید کارخانه سازنده تپ چنجر می باشد باعث انجام سریعتر کار و اجرای صحیح آن خواهد شد و از بروز صدمات احتمالی به قطعات تپ چنجر جلوگیری می نماید .

٧- استفاده از دایورتر سوئیچ یدکی

بمنظور هر چه کوتاهتر نمودن زمان خاموشی در پستهای مهم و نیروگاهها خصوصاً در صورتیکه تعداد تپ چنجرهای مشابه از ٣ دستگاه تجاوز نماید استفاده از دایورتر سوئیچ یدکی قویاً توصیه میگردد . دایورتر سوئیچ یدکی پس از تست فشار قوی و خشک شدن در محل کارخانه سازنده در داخل مخزن فولادی سربسته مملو از روغن ترانسفورماتور حمل میگردد. این دایورتر سوئیچها آماده نصب در داخل محفظه روغن ترانسفورماتور بوده و در زمان بسیار کوتاه می تواند جایگزین دایورتر سوئیچ صدمه دیده و یا در زمان سرویس آن بشود که در نتیجه ترانسفورماتور میتواند پس از یکی دو ساعت مجدداً تحت بار قرار گیرد. سرویس دایورتر سوئیچ خارج شده از ترانسفورماتور و یا تعمیر دایور تر سوئیچ صدمه دیده می تواند در فرصت کافی و با آرامش در محل کارگاه با توجه به فراهم بودن قطعات یدکی تحت تعمیر و مرمت قرار گرفته و پس از اطمینان از سلامت آن مجدداً در همان مخزن فولادی پر شده از روغن

ترانسفورماتور قرار گیرد تا در آینده مجدداً مورد استفاده واقع شود. درب مخزن فولادی مذکور کاملاً بسته بوده و رطوبت هوا به داخل آن نفوذ نمی نماید .
استفاده از دایورتر سوئیچ یدکی علاوه بر کوتاه کردن زمان بی باری ترانسفورماتورها باعث افزایش ضریب اطمینان تداوم برق نیز خواهد شد. استفاده از اینگونه دایورتر سوئیچهای یدکی در تپ چنجرهای صنایع فولاد که از کوره های القائی استفاده مینماید بسیار حائز اهمیت است .

۸- منبع انبساط تپ چنجر

با توجه باینکه تپ چنجرهای روغنی(OILTAP) بعلت قطع و وصل جریان دائماً تولید جرقه نموده و باعث ایجاد گاز در داخل محفظه روغن خود می گردند لازم است جهت جلوگیری از ورود این گازها بداخل روغن ترانسفورماتور حتماً روغن تپ چنجر از روغن ترانسفورماتور جدا باشد زیرا در غیر این صورت نتایج کروماتوگرافی روغن ترانسفورماتور صحیح نبوده و باعث گمراه شدن و نگرانی پرسنل بهره برداری و تعمیراتی می گردد. بهمین منظوربایستی اطمینان حاصل نمود که روغن تپ چنجر و روغن ترانسفورماتور در داخل منبع انبساط نیز از یکدیگر کاملاً جدا می باشند و ضمناً محفظه روغن نیز بصورتPressure tight باشد تا امکان مخلوط شدن روغن دایورتر سوئیچ و ترانسفورماتور از طریق محفظه روغن وجود نداشته باشد.

۹- کنترل کیفیت روغن تپ چنجر

بدواً متذکر میگردد که روغن عایق مصرف شده درتپ چنجر از همان نوع روغن عایق ترانسفورماتور می باشد و از انجا که معمولاً تپ چنجرها در سمت فشار قوی ترانسفورماتور نصب می گردند لذا میزان دی الکتریک روغن از اهمیت بالائی برخوردار است. اگر چه تستهای روغن عایق متنوع می باشد معذالک دو تست میزان عایقی و میزان رطوبت موجود در روغن از مهم ترین تست های روغن تپ چنجر است که بایستی در شرایط عادی هر ٦ ماه یکبار انجام پذیرد .
حداقل میزان دی الکتریک روغن برای تپ چنجرهای نصب شده در سیم پیچ مثلث ترانسفورماتورها ٤٠ کیلو ولت و در اتصال ستاره ۳۰ کیلو ولت می باشد. حداکثر رطوبت مجاز که بطریقه کارل – فیشر اندازه گیری می شود و در تپ چنجرهای با اتصال مثلث ۳۰ پی پی ام و در اتصال ستاره ٤٠ پی پی ام می باشد.

نحوه نمونه برداری باید طبق استاندارد IEC-6067 بوده و ظرف نمونه گیری نیز بایستی تمیز با رنگ تیره و درب محکم باشد. ضمناً قبل از نمونه برداری بهتر است حدود یک لیتر روغن خارج گردد تا آلودگی داخل لوله وارد ظرف نمونه برداری نگردد.

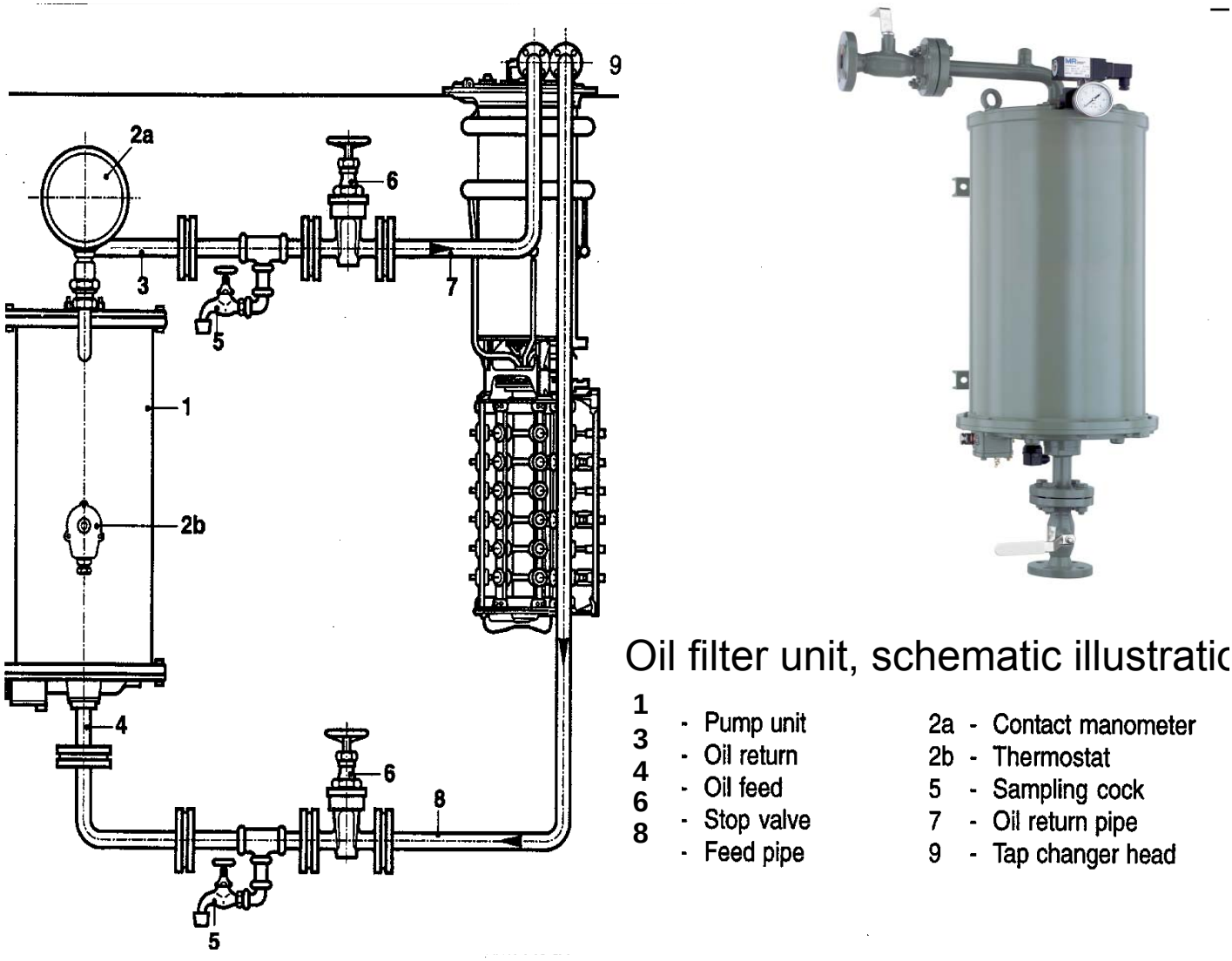
۱۰- تصفیه روغن on-line تپ چنجر

در صورتیکه عملکرد تپ چنجرها از حدود ۲۰,۰۰۰ بار در سال بیشتر باشدکه اکثراً این مورد در ترانسفورماتورهای کوره ها و الکترولیز صادق است، بهتر خواهد بود تا از دستگاهها تصفیه روغن on-line استفاده کرد که پس از هر عملکرد تپ چنجر بطور اتوماتیک و برنامه ریزی شده نسبت به تصفیه روغن تپ چنجر اقدام می نماید. عمل تصفیه با برنامه تعیین شده ممکن است از ۱۰ دقیقه تا یک ساعت قابل تنظیم باشد تا روغن داخل تپ چنجر را از ذرات کربن و رطوبت تصفیه نماید. معمولاً فیلترهای اینگونه دستگاههای تصفیه روغن می تواند بصورت یک فیلتر مکانیکی عمل نماید که تنها ذرات معلق و کربن های موجود درروغن را تصفیه نماید و یا ممکن است از نوع Combined باشد که علاوه بر عمل کربن زدائی، رطوبت موجود در روغن را نیز جذب نماید. شکل ۱۲ شمای کلی فیلتر و مدار روغن تپ چنجر را نشان می دهد .

۱۱- آموزش پرسنل تعمیراتی

آموزش تئوری و عملی سرویس و تعمیرات تپ چنجر به پرسنل تعمیراتی طبق دستورالعملهای کارخانجات سازنده بسیار مهم می باشد زیرا در غیر این صورت سرویسهای انجام شده ناقص و بعضاً موجب بروز حوادث ناگوار و خسارات قابل توجه نه تنها به تپ چنجر بلکه به ترانسفورماتور نیز می گردد . این آموزشها که متناسب با نوع تپ چنجر ارائه می گردد پرسنل تعمیراتی را برای انجام سرویس های دوره ای و تعمیرات اضطراری آماده نموده و در طولانی مدت علاوه بر صرفه جوئی در مصرف قطعات یدکی از هزینه های سنگین تعمیراتی و ضررهای ناشی از عدم توزیع انرژی الکتریکی ممانعت بعمل می آورد.

آموزش های تئوری و عملی می تواند در داخل کشور و یا با امکانات وسیع کارخانه MR در کشور آلمان انجام پذیرد. البته نبایستی فراموش نمود که تجارب کاری در نهایت میتواند تضمین کننده اصلی صحت عملیات سرویس و تعمیرات تپ چنجرها باشد که طبیعتا" سالها کار مداوم و دقت نظر بالا نیاز خواهد داشت.



شکل ۱۲ مدار روغن تپ چنجر و استفاده از فیلتر روغن