به نام خدا

# بهره‌برداری و نگهداری
# ترانسفورماتور قدرت


**مولف :**

**احمد بندقیری**



انتشارات بامن
(با همکاری چاپ و نشر ایران)
۱۴۰۱

سرشناسه : بندقیری، احمد، ۱۳۶۰-
عنوان و نام پدیدآور : بهره‌برداری و نگهداری ترانسفورماتور قدرت/مولف احمد بندقیری.
مشخصات نشر : انتشارات بامن ( با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری : ۱۶۲ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک : ۴-۵۶-۸۷۵۱-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : مبدل‌ها Electric transformers
مبدل‌ها -- آزمایش‌ها Electric transformers -- Testing
رده بندی کنگره : TK۲۵۵۱
رده بندی دیویی : ۶۲۱/۳۱۴
شماره کتابشناسی ملی : ۹۰۲۷۰۷۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : بهره برداری و نگهداری ترانسفورماتور قدرت
مولف : احمد بندقیری
ناشر : بامن ( با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران )
صفحه‌آرایی، تنظیم و طرح جلد : پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۱
چاپ : مدیران
قیمت : ۹۸۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۴-۵۶-۸۷۵۱-۶۰۰-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

# فهرست مطالب


عناوین — شماره صفحه

**فصل اول : اساس کار ترانسفورماتورهای قدرت ..... ۷**

مقدمه ..... ۷

۱- میدان مغناطیسی ..... ۸

۲- تلفات هیسترزیس ..... ۸

۳- تلفات فوکو ..... ۹

۴- چگالی فوران ..... ۹

**فصل دوم : ساختمان ترانسفور ماتور از نظر اجزاء خارجی ..... ۱۱**

مقدمه ..... ۱۱

۱- تانک ترانسفورماتور ..... ۱۲

۲- بدنه ترانسفورماتور ..... ۱۳

۳- بام ترانسفورماتور ..... ۱۳

۴- منبع انبساط یا کنسرواتور ..... ۱۴

۵- انواع سیستم کنسرواتور ..... ۱۵

۶- سیستم تنفسی یا رطوبت‌گیر ..... ۱۷

۷- نگهداری و سرویس دستگاه رطوبت گیر (دستگاه سلیکاژل) ..... ۱۸

۸- لوله‌ها واتصالات وتروت ها ..... ۱۹

۹- بوشینگ‌های ترانسفورماتور ..... ۲۰

۱۰- سیستم‌های خنک کننده ..... ۲۱

۱۱- رله فشار شکن (شیر اطمینان فلزی) ..... ۲۴

۱۲- درجه حرارت سنج‌های ترانسفورماتور ..... ۲۵

۱۳- رله بوخهلتس Buehholz Relay ..... ۲۷

۱۴- رله فشاری (Pressure Relief valve) ..... ۳۰

عنــوان صفحــه


۱۵- برقگیرهای ترانسفورماتور ..... ۳۰
۱۶- روغن نما یا نشان دهنده سطح روغن (oil level) ..... ۳۱
۱۷- پلاک مشخصات ترانسفورماتور (نیم پلیت ترانسفورماتور) ..... ۳۱

**فصل سوم : ساختمان ترانسفورماتور از نظر اجزاء داخلی ..... ۳۴**

مقدمه ..... ۳۴
۱- اکتیو پارت ..... ۳۴
۲ - هسته ( core ) ..... ۳۵
۳- چیدن هسته ..... ۳۶
۴- سیم پیچ‌ها ترانسفورماتور ..... ۳۶
۵-عایق‌های اکتیو پارت ..... ۴۰
۶-کلید تنظیم ولتاژ یا تپ چنجر Voltage Regulator switch ..... ۴۱
۷- آزمایشات ترانسفورماتور ..... ۴۳

**فصل چهارم : حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت ..... ۴۵**

مقدمه ..... ۴۵
۱- خطاهای ترانسفورماتور قدرت ..... ۴۶
۲- حفاظت دیفرانسیل ترانسفورماتور قدرت ..... ۴۷
۳- حفاظت خطای زمین محدودشده ..... ۵۰
۴- رله خطای زمین محدودشده ..... ۵۱
۵- حفاظت افزایش شارولتاژ ..... ۵۱
۶ - رله ولتاژ صفر برای ترانسفورماتور قدرت ..... ۵۲
۷ - حفاظت کاهش ولتاژ ..... ۵۲
۸ - رله جریان زیاد زمان معکوس با واحد آنی برای ترانسفورماتور قدرت .... ۵۲
۹ - حفاظت جریان زیاد نوترال ترانسفورماتور قدرت ..... ۵۳
۱۰ - حفاظت اضافه جریان فاز و نوترال ..... ۵۳
۱۱- رله جریان زیاد سیم پیچی ثالثیه ترانسفورماتور قدرت ..... ۵۴
۱۲- حفاظت تپ چنجر ..... ۵۵

عنـــوان صفحـــه

**فصل پنجم : بازبینی ظاهری ..... ۵۶**

۱- تانک ترانسفورماتور، اتصالات و واشرها ..... ۵۷

۲ - جعبه ترمینال ..... ۵۸

۳ - دماسنج‌های عقربه‌ای (ترمومترها) ..... ۵۹

۴- کنسرواتور ..... ۶۱

۵- کیسه هوا یا دیافراگم ..... ۶۲

۶-رله فشارشکن (شیر اطمینان فلزی ) ..... ۶۳

۷ - رله بوخهلتس ..... ۶۴

۸- رله خرابی کیسه هوا (Air Bag) ..... ۶۵

۹- سیستم خنک کننده ..... ۶۶

**فصل ششم : آزمون‌های الکتریکی ..... ۷۱**

مقدمه ..... ۷۱

۱-آزمون مقاومت DC سیم‌پیچ در تمام تپ‌ها ..... ۷۱

۲- آزمون نسبت تبدیل ..... ۷۳

۳ - آزمون مقاومت عایقی سیم پیچ و عدد پلاریزاسیون (مگر) ..... ۷۳

۴ - آزمون مقاومت عایقی هسته ..... ۷۵

۵- آزمون تلفات عایقی ($\tan\delta$) و خازن سیم پیچ‌ها ..... ۷۶

۶- آزمون تقسیم شار ..... ۷۸

۷- آزمون جریان بی‌باری ..... ۷۸

۸-آزمون امپدانس اتصال کوتاه (راکتانس نشتی) ..... ۷۹

۹-آزمون ولتاژ القایی ..... ۷۹

۱۰-تحلیل پاسخ فرکانسی ..... ۸۰

۱۱- آزمون پاسخ عایقی (DFR یا FDS) ..... ۸۱

۱۲-آزمون گروه برداری ..... ۸۲

۱۳- آزمون‌های دوره‌ای بوشینگ ..... ۸۴

۱۴- آزمون‌های دوره‌ای تپ چنجر ..... ۸۸

عنـــوان صفحـــه

**فصل هفتم: نگهداری و تصفیه فیزیکی و شیمیایی روغن ترانسفورماتور ..... ۹۶**
مقدمه ..... ۹۶
۱- روغن ترانسفور ماتور ..... ۹۷
۲- کاغذ و روغن عایقی در ترانسفورماتورهای فشار قوی ..... ۹۸
۳- رنگ و مشخصات ظاهری ..... ۱۰۸
۴- قدرت عایقی (ولتاژ شکست) ..... ۱۰۹
۵- آب محلول در روغن ترانسفورماتور ..... ۱۱۲
۶- اندازه گیری اسیدیته و عدد خنثی سازی در روغن ترانسفورماتور ..... ۱۱۵
۷- اندازه گیری ضریب تلفات روغن ($\tan\delta$) در روغن ترانسفورماتور ..... ۱۱۷
۸- اندازه گیری میزان لجن در روغن ترانسفورماتور در زمان بهره برداری ..... ۱۱۷
۹- اندازه گیری کشش بین سطحی در روغن ترانسفورماتور ..... ۱۱۹
۱۰- ذرات موجود در روغن ترانسفورماتور ..... ۱۲۱
۱۱- پایداری در برابر اکسیداسیون ..... ۱۲۲
۱۲- نقطه اشتعال ..... ۱۲۳
۱۳- نقطه ریزش ..... ۱۲۴
۱۴- چگالی روغن ..... ۱۲۴
۱۵- اندازه گیری ویسکوزیته روغن ..... ۱۲۵
۱۶- میزان پلی کلریدهای بی فنیل (PCBs) ..... ۱۲۵
۱۷- سولفور خورنده موجود در روغن ..... ۱۲۷
۱۸- گازهای محلول در روغن ..... ۱۲۹
۱۹- اندازه‌گیری ترکیبات فوران در روغن ترانسفورماتور ..... ۱۳۵

**فصل هشتم: جدول‌های ضمیمه ..... ۱۴۲**
چک‌لیست بازبینی ظاهری و کنترل‌های دوره‌ای ترانسفورماتور قدرت .... ۱۴۲
پیوست ۸- Test Sheets ..... ۱۶۰

**منابع و ماخذ ..... ۱۶۱**

# فصل اول

# اساس کار ترانسفورماتورهای قدرت

## مقدمه

ترانسفورماتور دستگاهی اســت که بر اساس القاء الکترومغناطیس کار می‌کند بنابراین شــناخت ترانسفورماتور مستلزم شــناخت مفاهیم مغناطیســی یا به عبارت دیگر ماهیت ترانســفورماتور می‌باشد. مفاهیمی چون شدت میدان چگالی فوران - تلفات هیسترزیس و تلفات فوکو را در زیر توضیح داده می‌شود.

یک ترانســفورماتور جزء ساکنی از دستگاهی است که بوسیله آن قدرت الکتریکی یک مدار تبدیل به قدرت الکتریکی با همان فرکانس در مدار دیگر می‌شــود. می‌توان متناظر با افزایش یا کاهش جریان، ولتاژ را پایین یا بالا برد. اســاس فیزیکی یک ترانســفورماتور القاء متقابل بین دو مدار اســت که بوســیله یک فوران مغناطیســی در برگرفته می‌شود.(با یک فوران پیوسته هستند.)

بطور خلاصه یک ترانسفورماتور آنچنان وسیله‌ای است که:

۱- قدرت الکتریکی را از یک مدار به مدار دیگر منتقل می‌کند.

۲- این عمل را بدون هیچ تغییری در فرکانس انجام می‌دهد.

۳- انتقال بطریقه القاء الکترومغناطیسی بعمل می‌آورد.

۴- دو مدار الکتریکی تحت نفوذ القا متقابل یکدیگرند.

## ۱– میدان مغناطیسی

اگر به دور یک هسته آهنی سیمی را حلقه کنیم و به یک میدان الکتریکی وصل نمائیم میدان مغناطیسی در هسته بوجود می‌آید که شدت میدان آن در هر نقطه داخل میدان برابر نیروئی است معادل یک وبر در آن نقطه ایجاد میشود که کمیتی است برداری و با H نمایش داده میشود.

## ۲– تلفات هیسترزیس

این اثر یا پدیده همراه با ایجاد حرارتی است که مربوط میشود به تلفات انرژی حاصل از این پدیده ومقدار آن متناسب با سطح دوره یا سیکل هیسترزیس است و این روش تجربی توسط اشتین متس بدست آمده است.

اگر به دور یک هسته آهنی مدار بسته یک حلقه سیم پیچی گردد و دو سر این سیم پیچ را به یک میدان الکتریکی قابل تغییر وصل نماییم چنانچه میدان الکتریکی از صفر شروع شود و بتدریج افزایش دهیم چگالی شار در هسته شروع به افزایش می‌کند تا جایی که با افزایش میدان مقدار چگالی ثابت می‌ماند یا به عبارتی هسته اشباع میگردد.

اگر از این به بعد میدان الکتریکی را کاهش دهیم مفدار چگالی نیز کاهش می‌یابد ولی منحنی کاهش چگالی روی منحنی افزایش آن قرار نمیگیرد و در نقطه‌ای از منحنی که شدت میدان صفر میباشد در هسته آنی مقداری چگالی مغناطیسی وجود دارد اگر این میدان را در جهت منفی نیز کاهش دهیم و پس از یک سیکل این روند را ادامه دهیم به شکل زیر خواهیم رسید.

$$W = Kh.F.B^{1.6}$$

## ۳– تلفات فوکو

هر جسم هادی که از بینهایت ذره تشکیل شده و این ذرات در نتیجه‌ی پیوستگی باهم میتوانند حلقه بسته تشکیل دهند که وقتی این جسم در میدان متغیری قرار میگیرد در این حلقه‌ها نیروهای محرکه‌ای ایجاد میشود که در نتیجه اتصال کوتاه شدن این حلقه‌ها نیروهای محرکه القاء شده در آن‌ها تبدیل به جریان شده و مسیر حلقه مربوط به خود را گرم مینماید.

بدین ترتیب تلفاتی در بدنه جسم هادی بوجود می‌آید که با گرم شدن جسم خودر را مشهود می‌نماید بنا براین وقتی که هسته تحت میدان قرار میگیرد در آن ولتاژی القا میگرد که در مسیرهای بسته حلقوی جریان فکر ایجاد میشود که باعث گرم شدن هسته ترانسفورماتور میگردد که با متورق نمودن هسته‌ها و عایق نمودن آنها نسبت به همدیگر این اثر کاهش پیدا خواهد نمود.

$$P = Kf.Bm.F^{2}$$

## ۴– چگالی فوران

از سطح مقطع هسته آهنی فوق خطوط مغناطیسی به بیرون می‌تابد این تعداد خطوط را فوران مغناطیسی با علامت Φ نشان داده میشود و چگالی فوران مقدار نورانی که از واحد سطح عمود بر خطوط فوران میگذرد و آن را با حرف B نشان می‌دهند.

$$\Phi=B*A$$

آنچه که اساس کار ترانسفورماتورها را تشکیل می‌دهد، به این صورت که اگر دور یک هسته آهنی دو سیم پیچ مجزا از هم و با تعداد دورهای $N_1$ و $N_2$ بپیچیم و سیم پیچ $N_1$ را به اختلاف سطح با ولتاژ متناوب وصل کنیم در اثر این ولتاژ یک میدان مغناطیسی

متناوب در هسته آهنی بوجود می‌آید بطوریکه در دو سر سیم پیچ‌ها نیروی الکتروموتوری $E_1$ و $E_2$ القاء می‌شود و مطابق آنچه که گفته شد در یک ترانسفورماتور ایده آل خواهیم داشت (قانون فاراده):

از تقسیم این دو رابطه بر یکدیگر خواهیم داشت:

$$E_2/E_1=N_2/N_1$$

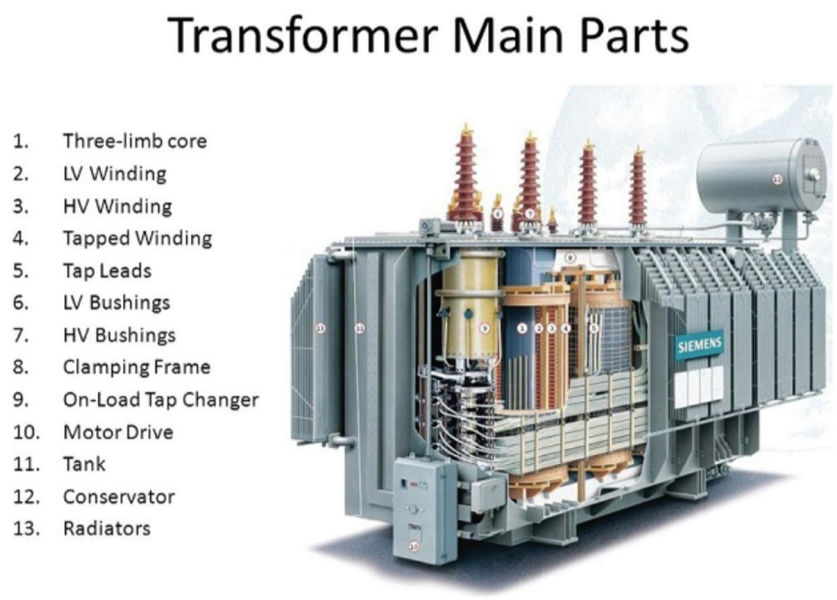
که به آن نسبت تبدیل ترانسفورماتور می‌گویند.

# فصل دوم

# ساختمان ترانسفور ماتور از نظر اجزاء خارجی

## مقدمه

یک ترانسفورماتور از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است تا بتواند بطور صحیح کار خود را انجام دهد. می‌توان گفت که یک ترانسفورماتور از دو قسمت اجزاء داخلی که کار تبدیل انرژی را انجام می‌دهد و قسمت دیگر اجزاء خارجی که بعنوان اجزاء مکمل اجزاء داخلی ترانسفورماتور می‌باشند تا انتقال و تبدیل انرژی به طور صحیح و مستمر صورت پذیرد، تشکیل شده است. در زیر به شرح اجزاء خارجی بدنه و متعلقات ترانسفورماتور پرداخته می‌شود.




## ۱– تانک ترانسفورماتور

تانک ترانسفورمر یک ظرف مکعب یا بیضی شکل است که هسته و سیم پیچ‌های ترانس در آن جای می‌گیرند ونقش یک پوشش حفاظتی را برای آن‌ها ایفا می‌کند . داخل این ظرف از روغن پر می‌شود ؛ به طوری که هسته و سیم پیچ کاملا در روغن فرو می‌روند. سطح خارجی تانک ، تلفات گرمایی داخل ترانس را به بیرون منتقل می‌کند . از هر متر مربع سطح تانک حدود ۴۰۰ تا ۴۵۰ وات توان گرمایی به خارج منتقل می‌شود.

### خصوصیات و ویژگی‌های یک تانک ترانسفورماتور

۱. حفاظتی برای هسته ، سیم پیچ ، روغن و سایر متعلقات داخلی باشد.

۲. دارای استقامت کافی باشد که در حین حمل ونقل ونیز در زمان اتصال کوتاه داخلی بتواند تنش‌های مکانیکی ایجاد شده را تحمل نماید.

۳. ارتعاشات وصدا در آن به حداقل برسد.

۴. ساختمان آن در برابر نشت روغن ویا نفوذ هوا کاملا آب بندی باشد.

۵. سطوح کافی برای دفع گرمای ناشی از تلفات ترانس را تأمین کند.

۶. محلی برای نصب بوشینگ‌ها ، تپ چنجر ، مخزن ذخیره روغن وسایر تعلقات باشد.

۷. از نظر ابعاد در حدی باشـــد که براحتی قابل حمل ونقل از طریق جاده یا راه آهن باشد.

۸. حداقل تلفات فوکو در آن ایجاد شود.

۹. حداقل میدان مغناطیسی در خارج از آن وجود داشته باشد.

## ۲– بدنه ترانسفورماتور

بر طبق استاندارد، ساختار ترانس باید شامل متعلقات ذیل باشد:

- قلاب‌هایی برای بلند کردن و چشمی‌هایی برای کشیدن
- دریچه‌هایی برای بازرسی و مونتاژ
- شیرهایی برای تصفیه و تخلیه روغن
- ترمینال‌هایی برای زمین کردن فشارشکن فنری با کنتاک‌های آلارم (اختیاری)

## ۳– بام ترانسفورماتور

بام ترانســـفورماتور یا به عبارت دیگر درب ترانسفورماتور بوده که از ورقه‌ای با ضخامت زیاد و نگهدارنده‌های جهت اســـتحکام تشـــکیل شده اســـت این ورقه‌ی بزرگ بر روی بدنه تراسفورماتور قرار می‌گیرد، وکیله متعلقات بالایی ترانسفورماتور بر روی آن نصب میگردند.

برای آب بندی نمودن بین بدنه ترانس و درب بزرگ آن از واشـــرهای کائوچویی تخت

یا واشـــرهای اورینگی استفاده میگردد ودرب ترانس به وســـیله پیچ و مهره به بدنه محکم میشـــود در بعضی از ترانســـفورماتورها دیده میشود که درب به بدنه جوشکاری شده است. برخی از ترانسفورماتورها درب آنها به اکتیو پارت نیز متصل میباشد.

## ۴– منبع انبساط یا کنسرواتور

با توجه به تغییرات بار و درجه حرارت محیط ترانسفور ماتور به تبع آن ، درجه حرارت روغن ترانســـفور ماتور تغییـــر مینماید و این تغییر درجه حـــرارت ایجاد تغیراتی در حجم روغن داخل ترانسفور ماتور می‌نماید . لذا برای اینکه مطمئن باشیم داخل تانک همواره پر از روغن است برای ترانسفور ماتورهای بالاتر از ۶ کیلو ولت و ۲۵ کیلو ولت آمپر یک منبع انبساط در بالای تانک قرار میدهند که به آن منبع ذخیره یا منبع کنسرواتور نیز میگویند. منبع انبســـاط معمولا یک ظرف فلزی استوانه‌ای شکل میباشد که به تانک ترانسفور ماتور مرتبط است.

درجـــه حرارت روغن هنگامـــی که افزایش می‌یابد و حجم روغن زیاد میشـــود و روغن اضافی از طریق لوله مرتبط به طرف منبع انبساط رفته و هنگامی که درجه حرارت کاهش میابد . مجددا روغن به تانک بر میگردد . برای کنترل ســـطح روغن از روغن نما اســـتفاده میشود . منبع انبساط را بر روی نگه دارنده‌های به اندازه طول بوشینگ‌های فشار قوی بالا نگه میدارند تا در هر شرایطی بالاترین نقطه این بوشینگ‌ها خالی از روغن نگردد.

در ترانســـفورماتورهای روغنی، حجم روغن در اثر تغییـــرات درجه حرارت ، تغییر قابل ملاحظه‌ای دارد و لذا بایســـتی وســـیله‌ای جهت کنترل ســـطح روغن داخل ترانسفورماتور بنحوی که در هر صورت قســـمت‌های فعال (هسته و ســـیم پیچ) کاملا در روغن غوطه ور باقی بمانند در نظر گرفته شود.

معمولا در ترانســـفورماتورهای بزرگ از منبع جداگانه‌ای که در بالای تانک اصلی نصب می‌گردد استفاده می‌شود. که به آن منبع انبساط یا منبع ذخیره روغن Oill conservator می‌گویند.

بنابراین روغن ترانسفورماتور از طریق این منبع انبساط و انقباض خود را انجام می‌دهد و اگر روغن داخل این منبع مستقیما با هوای بیرون در تماس باشد.

بدیهی است که رطوبت واکسیژن هوا را جذب نموده و علاوه بر کاهش خاصیت عایقی با ایجاد لجن باعث فساد تدریجی خود نیز می‌شود.

از آنجا که اکسیژن و رطوبت از عوامل مهم فساد روغن بشمار می‌روند. لذا بایستی تکنیک‌هایی به کاربرد که حتی الامکان اثرات این عوامل کاهش یافته و یا به کلی از بین برود و از این رو سیستم‌های متفاوتی به کار گرفته می‌شود که به سیستم‌های جلوگیری از فساد روغن معروف می‌باشند که در انواع متفاوتی بکار گرفته می‌شوند.

## ۵– انواع سیستم کنسرواتور

### الف- سیستم کنسرواتور نوع معمولی

اولین سیستم کنسرواتور به عنوان یک منبع ذخیره و جابه جایی روغن در بالای تانک اصلی قرار گرفته و به کمک مواد رطوبت گیر به هوای خارج ارتباط دارد.

در این سیستم رطوبت هوا به کمک مواد موجود در محفظه رطوبت گیر (– filicagel breathor) جذب شده و بنابراین روغن با هوای نسبتا خشک در تماس می‌باشند .

این نوع کنسرواتور از متداولترین انواع کنسرواتورها می‌باشند . که برای سالیان دراز مورد استفاده است در سطح تماس روغن با مواد به حداقل می‌باشد . و با توجه به اینکه درجه حرارت روغن نیز در داخل کنسرواتور کم می‌باشد. بنابراین سرعت واکنش روغن با اکشیژن هوا بسیار کند می‌باشد.

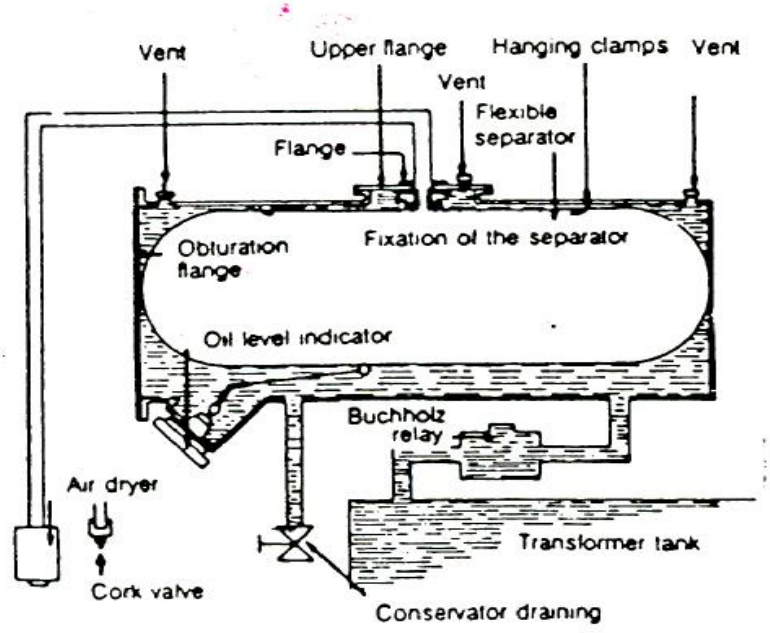
ضمنا تغییرات عدد اسیدی روغن نیز در این سیستم بنحوی است که پس از حدود ۱۵ الی ۲۰ سال به تعداد مجاز یعنی ۳/۵ تا ۴/۰ میلی گرم koh در میلی گرم می‌رسد . و لذا لازم است بعد از هر ۱۵ تا ۲۰ سال از روغن ترانسفورماتور تعویض گردد . از مزایای این

نوع کنسرواتور سادگی ارزانی و جلوگیری از اعمال فشارهای بالا به ترانسفورماتور می‌باشد .

## ب- سیستم کنسرواتور نوع دیافراگمی

در این نوع کنسرواتورها از یک کیسه لاستیکی (ضد روغن) به منظور ایزوله کردن از هوا استفاده می شود تغییرات حجم روغن داخل کنسرواتور بوسیله تغییرات حجم کیسه هوایی Airbag جبران می گردد. وهوای داخل کیسه نیز از طریق محفظه رطوبت گیردر تماس با هوای بیرون می‌باشد.در این سیستم روغن هیچگونه تماس مستقیمی با مواد نداشته و بنابراین از فساد جلوگیری می‌شود . البته لازم به توضیح است که استفاده از گاز نیتروژن بجای هوا استفاده میشود.

شکل کنسرواتور در زیر نشان داده شده است.




**شکل کنسرواتور ترانسفورماتور**

## ۶– سیستم تنفسی یارطوبت‌گیر

ترانسفور ماتور در حین کار گرم شده و اگر با هوا ارتباط داشته باشد، رطوبت آن را نیز جذب میکند و همچنین اکسیژین هوا باعث اکسید شدن روغن گرم و کدر وسیاه شدن آن میشود . با افزایش این امر لجن سیاهی در کف ترانسفور ماتور و روی سیم پیچ‌ها می‌نشیند و باعث گرمتر شدن ترانسفور ماتور میگردد .

همچنین رطوبت جذب شـــده ایجاد اســـیدهای اضافی در داخل روغن کرده و باعث از بین رفتن عایق ترانســـفور ماتور میگردد . قســـمت عمده رطوبت از طریق هوای خارج وارد ترانسفور ماتور میگردد.

رطوبت گیر وظیفه دارد که هوایی که در مخزن انبساط روغن از بیرون میکشد. از گرد و غبار و رطوبت پاک کند در واقع به علت تغییرات بار ترانس و درجه حرارت محیط ، دمای روغن ترانس تغییر کرده و ســـطح روغن داخل مخزن انبساط نوسان‌های خواهد داشت که برای آنکه این نوســـانات در یک مخزن کاملا بســـته نمی‌تواند صورت گیرد ، بالای مخزن انبساط را در رابطه با هوای خارج قرار می‌دهند و مخزن از این طریق چیزی شبیه به عمل دم و باز دم انجام میدهد.

چون روغن به عنوان عایق برای سیم پیچ‌ها از بدنه و نیز به منظور خنک کردن ترانس بـــه کار میـــرود اگر رطوبت و گرد و غبار وارد آن شـــود ، خصوصیات اســـتاندارد خود را از دســـت میدهد. لذا حفاظت آن در مقابل این دو عامل جوی لازم اســـت. رطوبت گیر شامل محفظه‌ای میباشد که از دانه‌های رطوبت گیر سیلیکاژل تزریق شده به وسیله کرات کبالت پر شده است.

این دانه‌ها در حالت خشک به رنگ آبی میباشند ولی زمانی که از رطوبت اشباع شدند بـــه رنگ صورتـــی کم رنگ در می‌آید. در زیـــر این محفظه و ســـر راه ورود هوا به محفظه محتوای دانه‌های ســـیلیکاژل، ظرفی از روغن - و گاهی فیلتری از جنس اســـفنج وینیل - قرار دارد. در کف ظرف روغن، دانه‌های اکسید آلومینیوم فعال شده قرار دارد که وظیفه آن بالابردن چسبندگی روغن برای جذب بهتر ذرات گرد و غبار است.

زمانی که هوا به داخل ترانس کشـــیده میشـــود ابتدا از داخل روغن فیلتر عبور میکند. بدین وســـیله ذرات گرد و غبار و کثافت هوا جذب شـــده و در نتیجه هوای تمیز و خشک وار مخـــزن بالای ترانس میگردد. ظرف شیشـــه‌ای روغن علاوه بـــر جذب ذرات گرد و غبار این حســـن را دارد که محفظه دانه‌های رطوبت گیر را از هوای خارج ایزوله میکند تا تنها رطوبت آن قسمت از هوا که به درون محفظه روغن کشیده میشود جذب گردد و این عمل عمر سلیکاژل را زیاد تر میکند.

## ۷– نگهداری و سرویس دستگاه رطوبت گیر (دستگاه سلیکاژل)

مقدار ســـلیکاژل داخل دستگاه رطوبت گیر برای استفاده به مدت شش ماه تا یک سال میباشـــد ، این زمان بســـتگی به اندازه ترانس ، میزان بار و شرایط محیط میباشد در ضمن حجم دستگاه رطوبت گیر هم از روی همین عوامل تعیین میشود . نخستین بار که ترانس مـــورد بهره برداری قرار گرفت باید مرتبا و به طور مرتب مکرر رطوبت گیر را مورد برســـی قرار داد و تغییر رنگ و کیفیت آنرا در کارت شناسنامه‌ای هر ترانس ثبت نمود تا در شرایط جوی خاص ترانس مورد نظر عمر دانه‌های رطوبت گیر حدودا در چه دوره زمانی میباشد، تعین شود . در تمامی دستوالعمل‌های بهره برداری از ترانس آمده است که:

زمانی که ۲/۱ الی ۳/۲ دانه‌های رطوبت گیر تغیر رنگ داده باشند و به رنگ صورتی کم رنگ در آمده باشـــد حتما باید دانه‌های ســـیلیکاژل را تعویض نمود. دانه‌ها تغیر رنگ داده ســـیلیکاژل را میتوان با حرارت خشـــک نمود و دوباره احیا نمود و برای استفاده در دفعات بعدی در ظرفی عاری از هرگونه رطوبت و منفذ ذخیره و نگهداری کرد.

همانطوریکه دیدیم ترانســـفورماتور برای نفس کشیدن و یا به عبارتی انقباض و انبساط روغن بایستی مقداری هوا را داخل کنسرواتور جای نماید و چون هوای بیرون دارای گرد و غبار و رطوبت می‌باشد لذا برای جلوگیری از ورود گرد و غبار و رطوبت بداخل کنسرواتور (در هنگام تنفس ترانســـفورماتور) هوا را از دســـتگاه تنفســـی که از ظرف روغن و محفظه دانه‌های رطوبت گیر (سیلیکاژل) تشکیل شده است عبور میدهند.

روغن در دستگاه تنفسی علاوه بر جذب گرد و غبار و جلوگیری از ورود رطوبت به محفظه سیلیکاژل در هنگام تنفس ترانسفورماتور وظیفه ممانعت از تماس مستقیم سیلیکاژل با هوای آزاد را نیز بعهده دارد. سیلیکاژل که در محفظه بالایی دستگاه تنفسی قرار دارد ابتدا به رنگ آبی و پس از جذب آب (معمولا تا ۲۰ درصد وزن خود آب جذب می‌کند) به رنگ صورتی یا قرمز روشن در می‌آید. چون تعویض بموقع سیلیکاژل بسیار اهمیت دارد لذا حداکثر بعد از تغییر رنگ حدود نصف کل سیلیکاژل بایستی تمام سیلیکاژل موجود در محفظه شیشه‌ای را با نوع تازه یا بازیابی شده تعویض کرد.

گاهی اوقات در داخل ظرف روغن دستگاه تنفسی حدود یک قاشق چایخوری تری اکسید آلومینیوم اضافه می‌کنند که در جذب رطوبت روغن مفید می‌باشد.

ساختمان محفظه‌های رطوبت گیر در طرح‌های مختلف متفاوت می‌باشد ولی به طور اساسی همگی آن‌ها طبق شکل پایین از یک استوانه اصلی حاوی مواد جذب کننده رطوبت (Silicagel) و یک ظرف محتوی روغن به منظور جذب آلودگیهای هوا تشکیل می‌گردند.

**رنگ در رطوبت گیر قبل و بعد از حذف رطوبت**

## ۸– لوله‌ها واتصالات وتروت ها

روغن ترانسفورماتور باید در ارتباط با روغن تانک کنسرواتور باشد تا چنانچه لازم باشد روغن بین این دو تانک جابه جا شود که این کار توسط لوله‌های ارتباطی صورت میگیرد

چون در ترانسفورماتور امکان اتصال کوتاه بر اثر شدت فالت وجود دارد و این موضوع باعث تولید گاز زیادی در اثر سوختن دی الکتریک میباشد که ممکن است.

ترانسفورماتور را منفجر نماید برای خروج این گازها ویا احیانا روغن زیاد در این زمان از مسیر لوله‌های روغن به سمت کنسرواتور حرکت می‌نماید و مانع ایجاد فشارو ترکیدن بدنه میگردد. تروت‌ها محل نشیمنگاه بوشینگ‌ها میباشد و روی بام ترانس تعبیه شده‌اند که توسط لوله‌های ارتباطی نیز به کنسرواتور وصل میشوند. تروت‌ها محل قرار دادن سی‌تی‌های بوشینگی نیز می‌باشند.

## ۹– بوشینگ‌های ترانسفورماتور

بوشینگ‌های هوایی از متداولترین وسایل ارتباط ترمینال‌های داخلی ترانسفورماتور به خارج و در هوای آزاد می‌باشند . این نوع بوشینگ‌ها بطور ساده از یک استوانه عایق تشکیل شده که به یک سر آن فلنجی جهت اتصال ومحکم کردن آن به ترانسفورماتور تعبیه شده است . وهادی متصل شده به ترمینال داخلی ترانسفورماتور از داخل آن عبور شود و به سر دیگر استوانه عایق محکم می‌گردد.

بوشینگ‌های معمولی در دو نوع متداول موجود است :

۱- بوشینگ روغنی معمولی OilfilledBushings

۲- بوشینگ‌های نوع فازی Condenser Bushings

تفاوت اساسی بین دو نوع بوشینگ فوق در کنترل و یا عدم کنترل میدان الکتریکی آنها می‌باشد بوشینگ‌های معمولی برای ولتاژهای پایین (حداکثر تا ۷۲ کیلو ولت ) کاربرد دارد. در حالیکه بوشینگ‌های فازی برای ولتاژ بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.