ترانسفورماتور های قدرت

مقدمه

بدون شک تولید ، تبدیل ، انتقال ، توزیع ، مصرف ، اندازه گیری و حفاظت انرژی الکتریکی در گرو استفاده و کاربرد انواع ترانسفورماتور می باشد.

بنابراین انتخاب مناسب ، نصب و راه اندازی صحیح ، بهره برداری بهینه ، انجام آزمایش های نوعی و روتین ، سرویس و نگهداری به موقع در عملکرد و افزایش عمر مفید ترانسفورماتور نقش مؤثر و ارزنده به پی خواهد داشت.

از آنجا که یک ترانسفورماتور ، مخصوصاً ترانسفورماتور قدرت قیمت بسیار بالائی دارد،تعمیر ونگهداری وپیدا کردن عیوب احتمالی ودر حال تکوین آن نیز اهمیت زیادی دارد.بنابر این با آزمایش ترانسفورماتور می توان قبل از وارد آمدن آسیب کلی به دستگاه ، ازنوع خسارت ومیزان آن آگاهی پیدا کرد تا بتوان در مورد تعمیرات لازم تصمیم گیری نمود.

علاوه بر این زمانی که یک ترانسفورماتور در اثر اشکالی به صورت خودکار قطع می شود ، با انجام تست ، میتوان ضمن تائید وقوع اشکال در ترانسفورماتور(کاذب نبودن عملکرد رله ها)، نوع ومیزان آسیب را مشخص نمود.

هر تست می تواند وقوع اشکال یا اشکالات معینی را در ترانسفورماتور مشخص نماید،بنابر این اصولا نتیجه گیری در مورد اشکال ترانسفورماتور مشروط به انجام همه تستها می باشد.حتی اگر نتایج اولین تست نیز مؤید وقوع اشکال در ترانسفورماتور بود بهتر است که بقیه تستها نیز انجام گیرد تا بتوان تفسیر کاملی از همه تستها را داشته باشیم.

۱- انواع ترانسفورماتور

بطور کلی ترانسفورماتورها از نظر ساختمان ،کاربرد به انواع زیر تقسیم می شوند:

الف- ترانسفورماتورهای قدرت

ب- ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی

ج- ترانسفورماتورهای رکتیفایر

د- ترانسفورماتورهای کوره های القایی ، قوس الکتریک و پاتیلی

ه- ترانسفورماتورهای جوشکاری و نقطه جوش ، ایزوله ، تغذیه ، شیفت دهنده ی فاز ، زمین و ... را نام برد. بلحاظ کاربرد ترانسفورماتورها در صنایع مختلف ، ترانسفورماتورهایی که در این دوره از اهمیت بیش تری برخوردار بوده و مورد بحث و بررسی قرار می گیرند ، ترانسفورماتورهای قدرت ، اندازه گیری ، حفاظتی و زمین خواهد بود.

۱-۱ انواع ترانسفورماتورهای قدرت و اجزای آنها

ترانسفورماتورهای قدرت از نظر ساختمان ، تعداد سیم پیچ ها، تعداد فاز ، کاربرد و نوع خنک کنندگی به انواع مختلف تقسیم می شوند.

۱-۱- ۱ انواع ترانسفورماتورهای قدرت از نظر کارشناس تعمیر و نگهداری

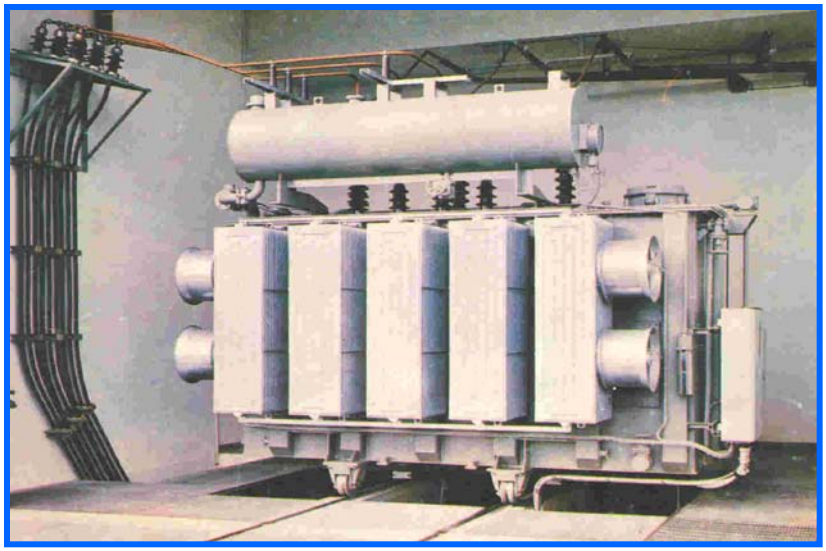
از دیدگاه کارشناس نگهداری و تعمیرات ، تقسیمات ترانسفورماتور های قدرت از نظر خنک کنندگی مطابق جدول ۱-۱ اهمیت بیشتری دارد.

ردیف	شرح	انواع ترانسفورماتور
۱	ترانسفورماتورهایی که با هوا و به صورت طبیعی خنک می شوند.	AN
۲	ترانسفورماتورهایی که با هوا و به وسیله فن خنک می شوند.	AF
۳	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ ، هسته و بدنه هر دو با هوا و به طور طبیعی خنک می شوند.	ANAN
۴	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ و هسته به طور طبیعی و بدنه با فن خنک می شود.	ANAF
۵	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ وهسته با گردش طبیعی روغن و بدنه با هوا به طور طبیعی خنک می شوند.	ONAN
۶	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ وهسته با گردش طبیعی روغن وبدنه با فن خنک می شوند.	ONAF
۷	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ وهسته با گردش طبیعی روغن و بدنه با گردش آب خنک می شوند.	ONWF
۸	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ وهسته با گردش اجباری روغن به وسیله پمپ و بدنه با هوا و به طور طبیعی خنک می شوند.	OFAN
۹	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ وهسته با گردش اجباری روغن به وسیله پمپ و بدنه با فن خنک می شوند.	OFAF
۱۰	ترانسفورماتورهایی که سیم پیچ وهسته با گردش اجباری روغن به وسیله پمپ و بدنه به وسیله گردش آب خنک می شوند.	OFWF

جدول ۱-۱

۲-۱- انواع ترانسفورماتور های قدرت از نظر ساختمان ظاهری آنها

شکل ۱-۱ یک دستگاه ترانسفورماتور قدرت فشارقوی ۲۵ MVA با ولتاژ ۲۰ KV / ۶۳ و فرکانس ۵۰ هرتس را نشان می دهد.

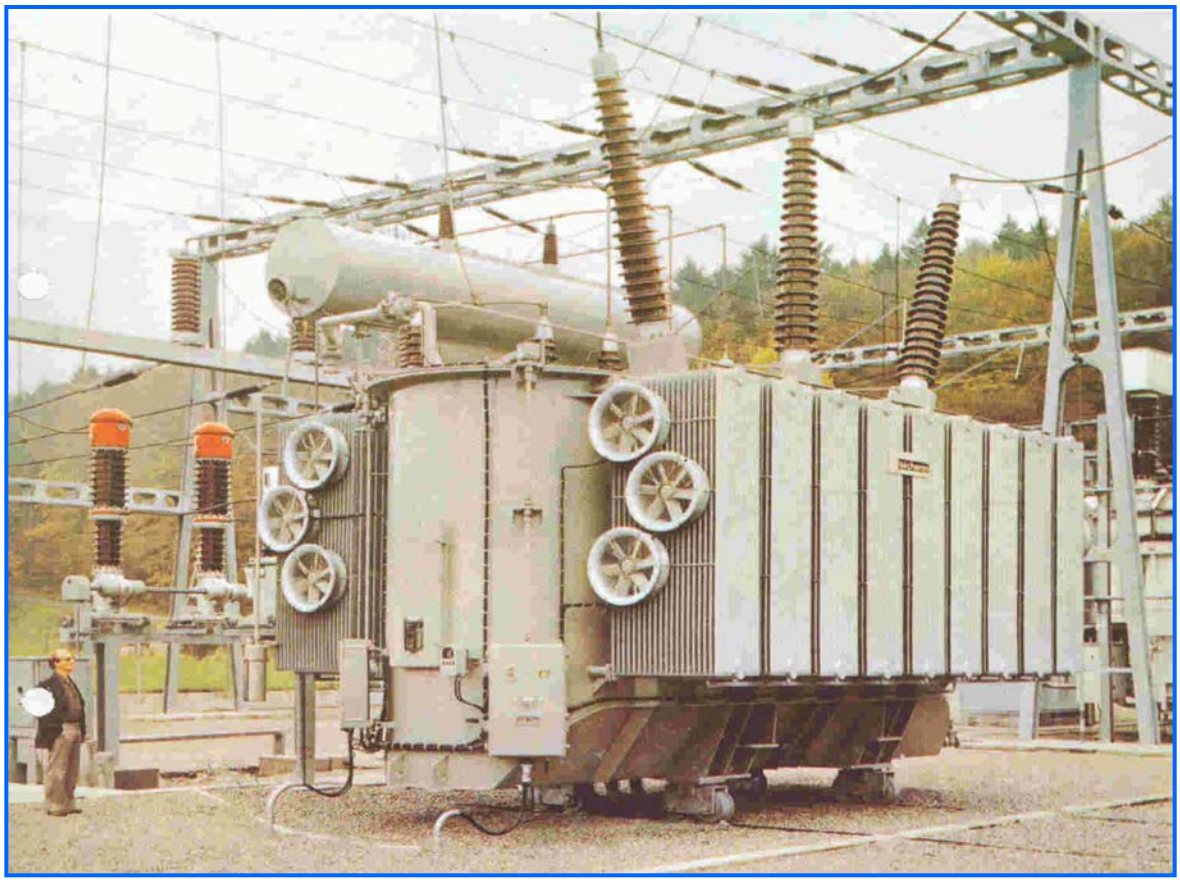


شکل ۱-۱

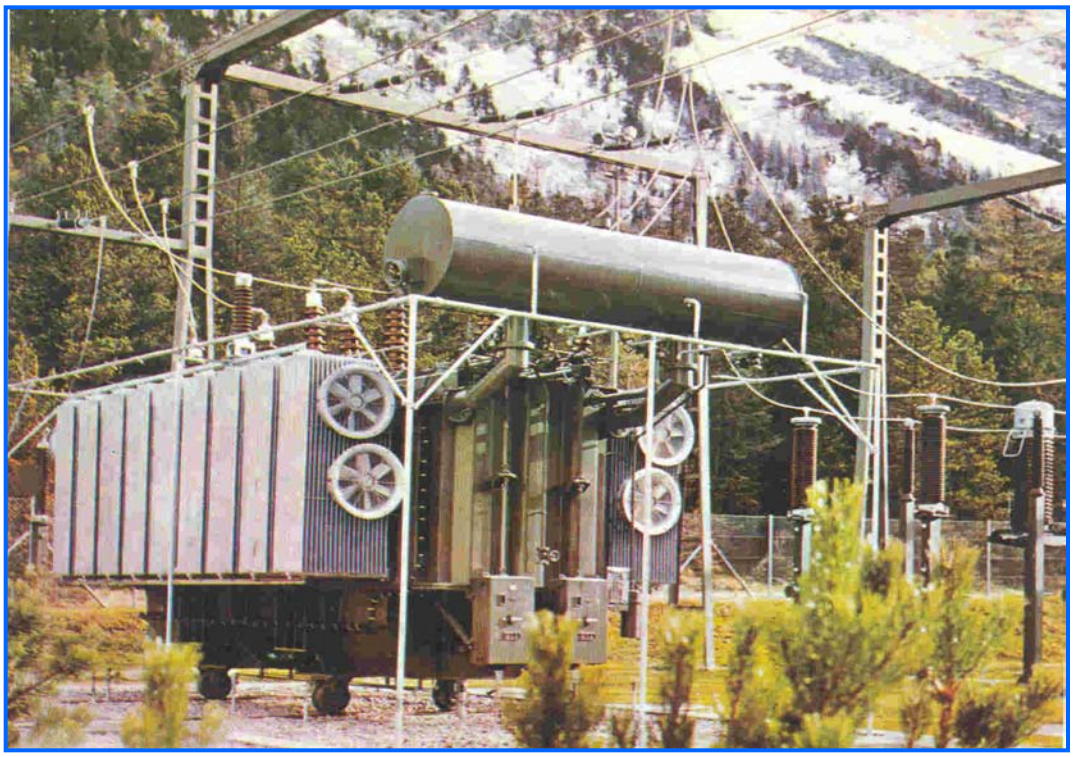
شکل ۲-۱ یک دستگاه ترانسفورماتور قدرت فشارقوی را نشان می دهد. در شکل ۳-۱ یک دستگاه ترانسفورماتور قدرت فشارقوی مشاهده می شود ، این ترانسفورماتور بدون رادیاتور بوده و برای تهویه و خنک شدن روغن مجهز به کولر و الکتروپمپ های سیرکولاسیون روغن است. در اثر تلفات سیم پیچ ها و هسته ی ترانسفورماتور ، روغن داخل مخزن ترانسفورماتور گرم می شود. روغن گرم شده بوسیله ی الکتروپمپ ها به داخل کولر ها که آب سرد در آنها جریان دارد ، هدایت شده و پس از خنک شدن مجدداً از قسمت پایین تراتسفورماتور به داخل مخزن دستگاه هدایت می شود.

شکل ۲-۱

شکل ۳-۱



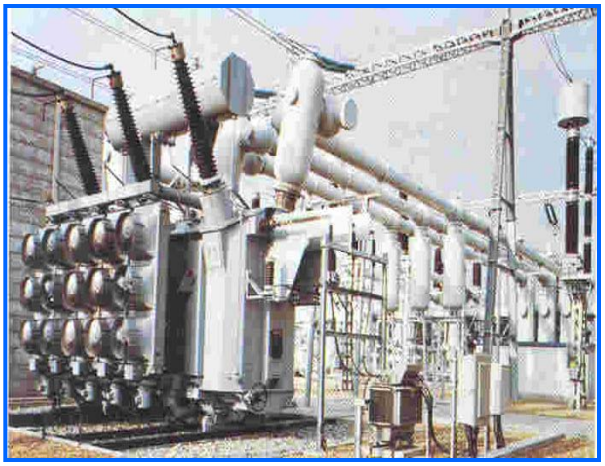
شکل ۴-۱ ترانسفورماتور قدرت فشارقوی با توان ۱۰۰ MVA و ولتاژ ۲۳۰/۶۳ KV



شکل ۵-۱ ترانسفورماتور قدرت فشارقوی با توان ۸۰ MVA و ولتاژ ۶۳/۱۱ KV

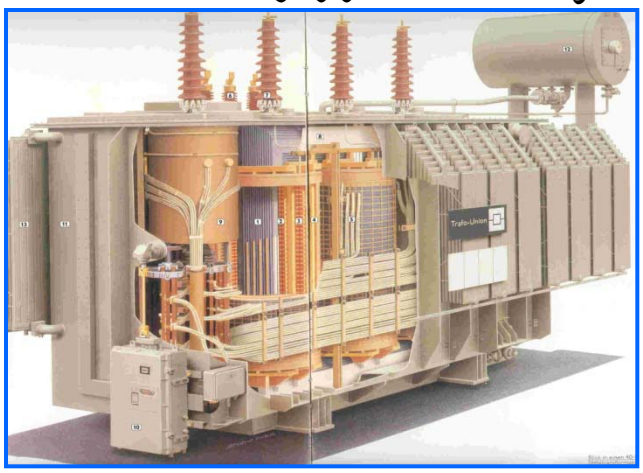
شکل ۶-۱ ترانسفورماتور قدرت فشارقوی با توان ۵۰۰ MVA و ولتاژ ۵۲۵ / ۱۱۵ KV

شکل ۷-۱ اتوترانسفورماتور قدرت فشارقوی با توان ۳۰۰ MVA و ولتاژ ۴۰۰ / ۲۳۰ KV



شکل ۸-۱ اتوترانسفورماتور قدرت فشارقوی با توان ۶۰۰ MVA و ولتاژ ۴۰۰ / ۲۳۰ KV

شکل ۹-۱ ترانسفورماتور قدرت فشارقوی با توان ۳۰ MVA و ولتاژ ۶۳ / ۱۱ KV



شکل ۱۰-۱ دو دستگاه ترانسفورماتور قدرت فشارقوی برش خورده با تپ چنجر On - Load

شکل ۱۱-۱ اتو ترانسفورماتور با قدرت نامی 160 MVA با ولتاژ ۱۳۲ /۶۳ /۲۰ KV

Auto transformer

Type ST (Licensed by Westinghouse)

ACEC CHARLEROI

USAS C57-12-00

Mfg. Nº 41ST 23.072 2 Year 1976

Number of phases 3 Frequency 50 Hz

Vector-group HIGH/LOW YNd11 Insulating liquid Oil Spec. IEC 296-1969

Type of cooling		ONAN	ONAF	OFAF	
Rated power	H.V.	96.000	128.000	160.000	kVA
	M.V.	96.000	128.000	160.000	kVA
	L.V.	18.000	24.000	30.000	kVA

Maximum oil temperature rise at full load 55 °C

Tank designed for full vacuum

		H.V.	M.V.	L.V.
Rated voltage (no load)	V	132.000	62.970	19.990
Rated current at OFAF cooling	A	699,8	1467	866,5
Impulse level	kV	550/150	350/150	150

Impedance voltage H.V.-M.V. 10,3 % for 160.000 kVA tap III

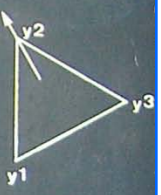
Impedance voltage H.V.-L.V. 23,6 % for 30.000 kVA taps III 17

Impedance voltage M.V.-L.V. 21 % for 30.000 kVA tap 17

Total weight with oil 171 t Weight of oil 52,8 t

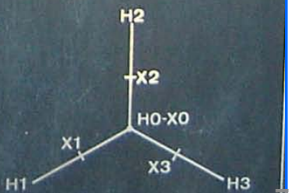
Shipping weight with oil 151 t Quantity of oil 59,3 m³

Untanking weight 20 t Untanking height 10,4 m



NO LOAD TAP CHANGER

Taps	Connect. made	No load volts H.V.	M.V.	L.V. tap 17
I	2-7	125290		
II	7-3	128540		
III	3-6	132000	62970	19990
IV	6-4	135250		
V	4-5	138490		



شکل ۱۲-۱ پلاک مشخصاتی اتو ترانسفورماتور با قدرت نامی 160 MVA با ولتاژ ۱۳۲ /۶۳ /۲۰ KV

شکل ۱۳-۱ اتوترانسفورماتور با قدرت نامی ۲۴۰ MVA و ولتاژ ۲۰ KV/ ۱۳۲/ ۲۳۰

شکل ۱۴-۱ ترانسفورماتور با قدرت نامی ۱۲۵ MVA و ولتاژ ۲۰ KV/ ۲۳۰

۳- ۱- ترانسفورماتورهای قدرت و لوازم جانبی آن ها

۱- مقره ها (بوشینگ ها)

۲- برقگیرها

۳- تپ چنجر (Tap Changer)

۴- سیستم های خنک کننده مانند فن ، پمپ ، کولر روغن و رادیاتور

۵- تابلو ی مارشالینگ باکس

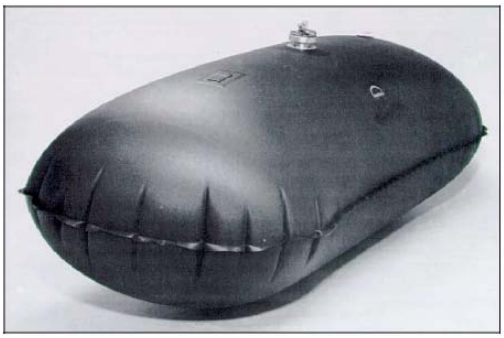
۶- مخزن ذخیره روغن

۷- نشان دهنده سطح روغن

۸- نشان دهنده جریان روغن (برای ترانسفورماتوهای نوع OF)

۹- رله بوخ هلتس

۱۰- رله جانسون



شکل ۱۵-۱

۱۱- رله جریان روغن (برای ترانسفورماتوهای نوع OF)

۱۲- ترمومتر ها (برای روغن و سیم پیچ)

۱۳- کیسه هوایی داخل مخزن ذخیره روغن (شکل ۱۵-۱)

۱۴- ترمینال ارت

۱۵- پلاک مشخصات

۱۶- فیلتر روغن (برای تپ چنجرهای On Load)

۱۷- سیستم تخلیه روغن مخزن ، هنگام اتصال کوتاه شدید در داخل مخزن ترانسفورماتور

۱۸- سوپاپ یا دریچه اطمینان

۱۹- سیستم اعلام و اطفای حریق (در ترانسفورماتوهایی پر قدرت که حجم روغن داخل مخزن آنها بسیار زیاد است.)

۲۰- رطوبت گیر

۲۱- شیر های تخلیه ی روغن از مخزن های ترانسفورماتور

۲۲- شیر نمونه گیری روغن از مخزن های روغن (مخزن اصلی ترانسفورماتور ، مخزن تپ چنجر و مخزن ذخیره ی روغن).

۲۳- مقاومت NGR برای کاهش جریان اتصال کوتاه برای ترانسفوماتورهای توزیع که قدرت ظاهری آنها از KVA ۲۰۰۰ بیشتر است.

۲۴- ترانسفورماتور جریان یا CT آشکار کننده جریان اتصال بدنه ی ترانسفورماتور به زمین

۱-۳-۱- رطوبت گیر

هنگامی که ترانسفورماتور به علت تغییرات حرارتی و انبساط و انقباض روغن عمل تنفس را انجام می دهد ، رطوبت موجود در هوا از طریق رطوبت گیر یا سلیکاژل جذب شده و از ورود آن به داخل روغن ترانسفور ماتور جلوگیری می شود.

رنگ سلیکاژل معمولاً آبی است ولی در اثر رطوبت رنگ آن بنفش و سپس صورتی می شود. نوع دیگر رطوبت گیر دارای رنگ سفید بوده و در اثر جذب رطوبت رنگ آن قهوه ای می شود. رنگ صورتی یا قهوه ای نشان دهنده ی اشباع کامل سلیکاژل است. در این حالت وجود سلیکاژل کاملاً بی تأثیر است. در چنین حالتی بایستی نسبت به تعویض آن اقدام گردد. در صورتی که ارتفاع قشر سفید یا آبی رنگ رطوبت گیر به ۲۵٪ مقدار اولیه ی آن رسید ، مواد رطوبت گیر را تعویض کنید.

در انتهای ظرف رطوبت گیر یک مجرا وجود دارد که در بالای آن یک پیاله به صورت معکوس قرار دارد. در ته ی ظرف مقداری روغن ترانسفورماتور ریخته می شود . به این مجموعه تله ی هوا (Air Trap) گفته می شود. هنگامی که روغن داخل منبع انبساط منقبض می شود ، فشار داخل منبع کاهش می یابد . در نتیجه هوای بیرون بر سطح روغن داخل تله ی هوا فشار وارد کرده و سطح روغن را تا آنجا پایین می برد که هوای بیرون بتواند از آن عبور کند و پس از گذشتن از سلیکاژل و از دست دادن رطوبت خود به منبع انبساط یا ذخیره ی روغن برسد. به این ترتیب روغن داخل تله ی هوا ، ذرات معلق در هوا را جذب می کند.

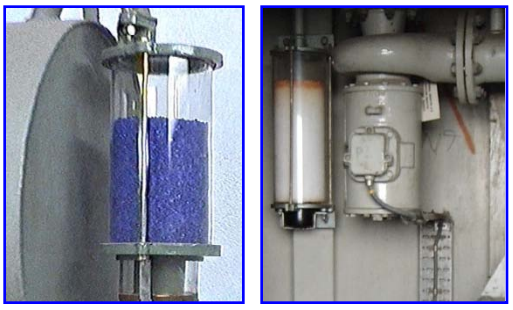
هنگامی که بار ترانسفورماتور زیاد باشد و روغن گرم شود ، بر اثر انبساط روغن ، مقداری از هوای گرم داخل منبع ذخیره ی روغن از طریق سلیکاژل و تله ی هوا خارج می شود.

سلیکاژل از پایین ظرف شروع به تغییر رنگ می کند . اگر در مواردی مشاهده شود که این تغییر رنگ از بالای ظرف شروع شده است ، به این معنی است که در ترانسفورماتور نشتی هوا وجود دارد و باید آنرا برطرف نمود. هنگام تعویض سلیکاژل اگر روغن داخل تله ی هوا کثیف باشد آنرا تعویض کنید.

در شکل ۱۶-۱ دو نمونه رطوبت گیر و محل نصب آن را نشان می دهد.

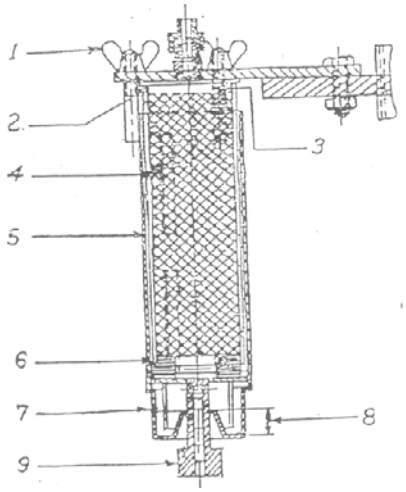
شکل ۱۶-۱

شکل ۱۷-۱ دو دستگاه رطوبت گیر نصب شده در روی ترانسفورماتور و شکل ۱۸-۱ اجزای مختلف یک دستگاه رطوبت گیر را نشان می دهد.



(ب) (الف)

شکل ۱۷-۱



۱- پیچ خروسکی
۲- واشر بالایی
۳- سطح سلیکاژل
۴- دریچه ی شیشه ای
۵- محفظه ی اصلی
۶- واشر آب بندی پایین
۷- درپوش محفظه ی روغن
۸- سطح روغن
۹- مهره

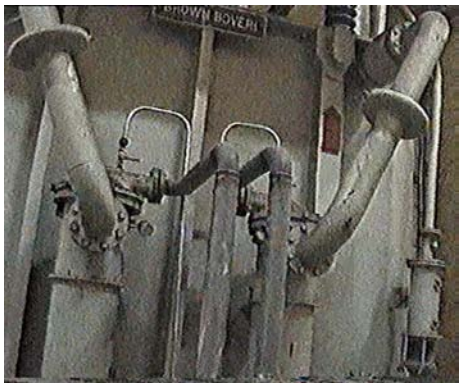
شکل ۱۸-۱

۲-۳-۱- نشان دهنده ی جریان روغن

در ترانسفورماتورهای قدرت فشارقوی که مجهز به پمپ روغن می باشند ، یک نشان دهنده ی جریان روغن در مسیر **By Pass** به موازات مسیر پمپ های روغن نصب می شود که در شرایط روشن بودن پمپ ها و جاری بودن روغن ، صفحه ی معلق آن به صورت مایل قرار می گیرد. اما با خاموش شدن پمپ و یا قطع جریان روغن ، صفحه بر اثر نیروی وزن خود پایین آمده و به صورت قائم قرار می گیرد (شکل ۱۹-۱).

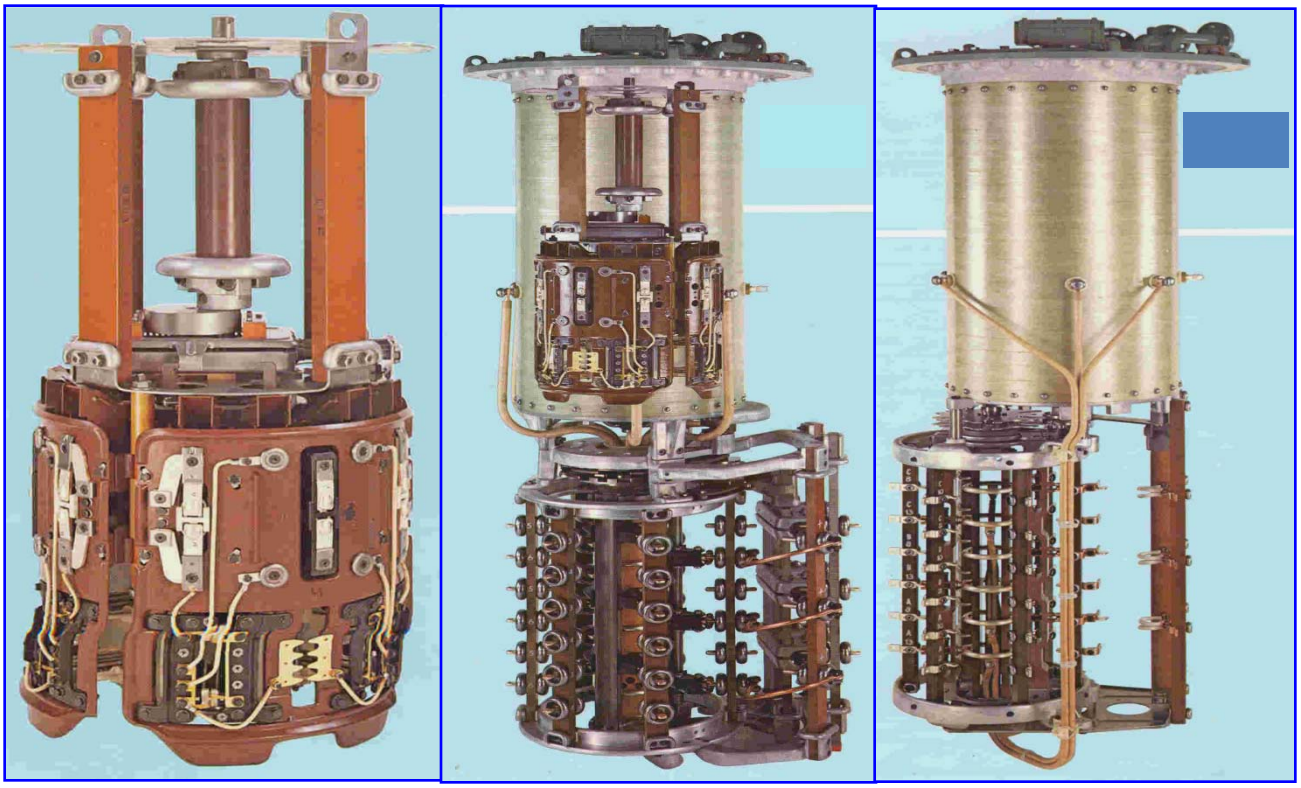
هنگام قرار گرفتن صفحه به طور قائم ، کنتاکتی بسته خواهد شد که موقعیت این صفحه را در اطاق فرمان گزارش نماید.

همچنین از طریق دریچه ی شیشه ای ، موقعیت آن قابل رویت است.

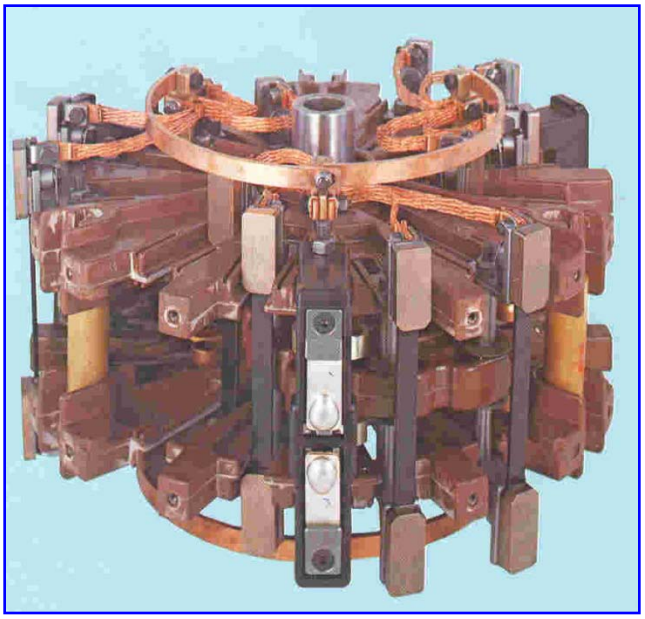


(ب) شکل ۱۹-۱ (الف)

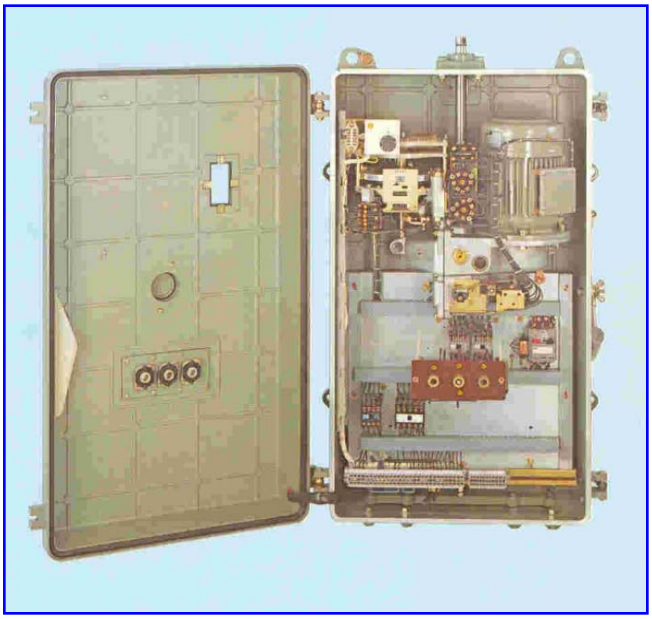
۳-۳-۱ متعلقات داخلی یک تپ چنجر ترانسفورماتور قدرت فشارقوی On load



شکل ۲۰-۱: ترمینال و Diverter Switch یک تپ چنجر On Load ترانسفورماتور قدرت فشارقوی



شکل ۲۱-۱ : Diverter Switch تپ چنجر On Load ترانسفورماتور قدرت فشارقوی

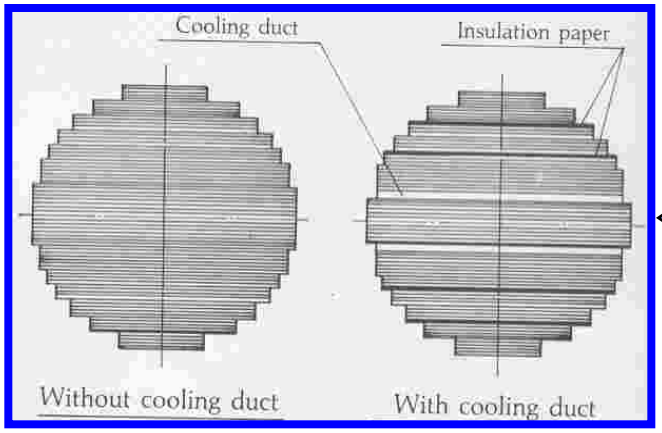


شکل ۲۲-۱: تابلوی کنترل تپ چنجر On Load ترانسفورماتور قدرت فشارقوی

۴-۱- هسته ی ترانسفورماتور قدرت فشارقوی

هسته ی ترانسفورماتور قدرت فشارقوی مانند شکل ۲۳-۱ دارای مقطع دایره ای بوده و برای تهویه مسیرهای عبور روغن در آنها تعبیه شده است.

شکل ۲۳-۱

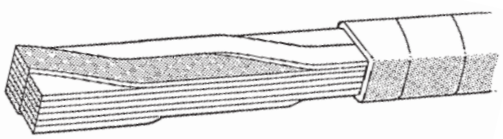


شکل ۲۴:۱-مقطع دو هسته ی ترانسفورماتور قدرت فشارقوی با مجرای عبور روغن و بدون مجرای عبور روغن خنک کننده

شکل ۲۴-۱

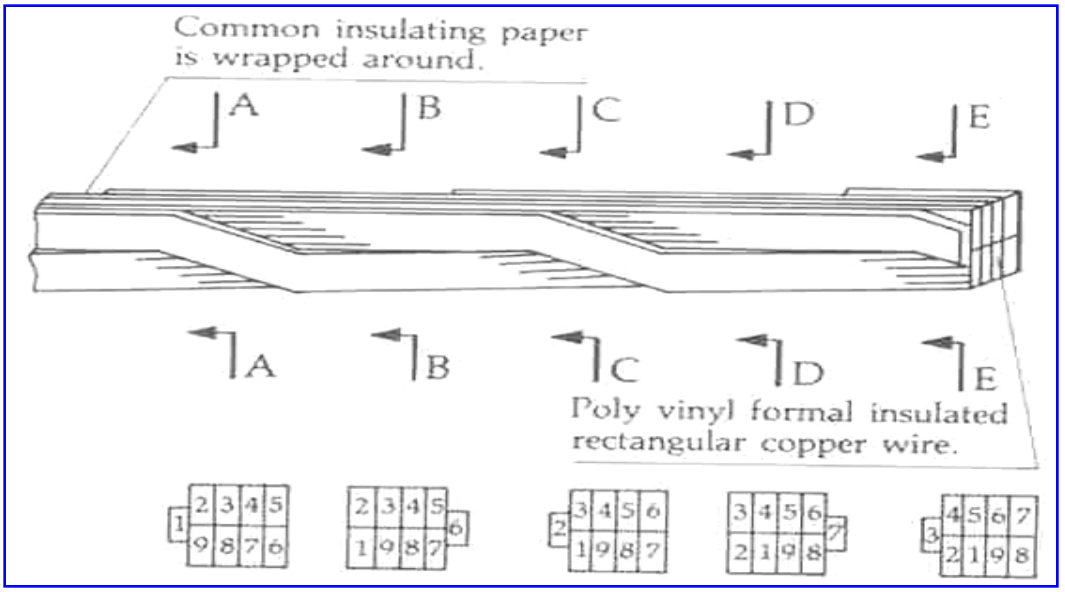
۵-۱- سیم پیچی ترانسفورماتور

لایه های سیم پیچی ترانسفورماتورهای قدرت فشارقوی بلحاظ بالا بودن قدرت آنها ، دارای چندین هادی ترانسپوز یا جابجا شده است تا هنگام عبور جریان الکتریکی و ایجاد اثر پوستی ، از همه ی هادی ها هر فاز ، جریان الکتریکی عبور کند (شکل ۲۵-۱).



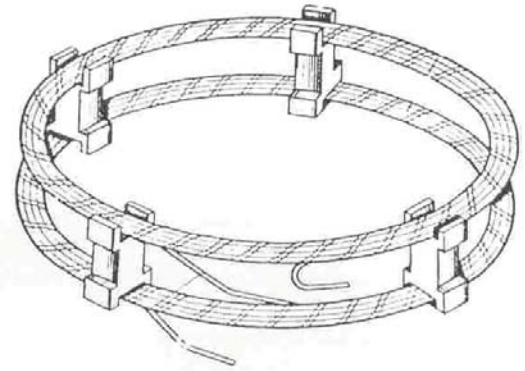
شکل ۲۵-۱

بمنظور رعایت اثر پوستی Skin effectعبور جریان از تمام رشته های سیم پیچی ترانسفورماتور فشارقوی با توان زیاد ، رشته های بوبین های اولیه و ثانویه را مانند شکل ۲۶-۱ ترانسپوزه یا جابجا می کنند. همچنین نحوه ی سیم پیچی و فرم کلافها و نحوه ی سربندی آنها در شکل ۲۷-۱ ارائه شده است.

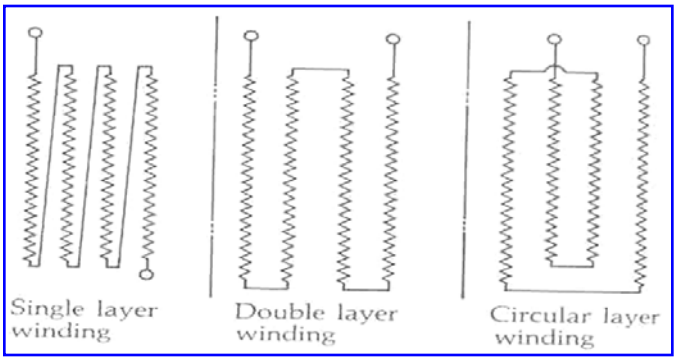


شکل ۲۶-۱

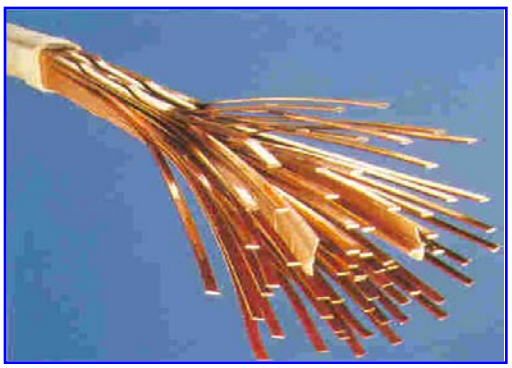
(الف)



(ب)



(ج)



د- هادی های موازی برای هر فاز

۱-۲۷

۷-۱- نحوه ی سربندی و اتصال های تپ چنجرهای Off-Load

مشخصات یک نوع ترانسفورماتورقدرت و نحوه ی اتصال تپ چنجر Off- Load آن مطابق جدول ۳-۱ و شکل ۲۸-۱ است.

۱- قدرت نامی : ۶۳۰ کیلو ولت آمپر (KVA)

۲- ولتاژ نامی اولیه : ۲۰ کیلو ولت (KV)

۳- ولتاژ نامی ثانویه : ۶/۳کیلو ولت (KV)

۴- جریان نامی اولیه : ۱۸ /۲ آمپر (A)

۵- جریان نامی ثانویه : ۵۷ /۸ آمپر (A)

۶- وزن کل ترانسفورماتور : ۲۳۰۵ کیلو گرم

۷- وزن روغن ترانسفورماتور : ۶۱۸ کیلو گرم

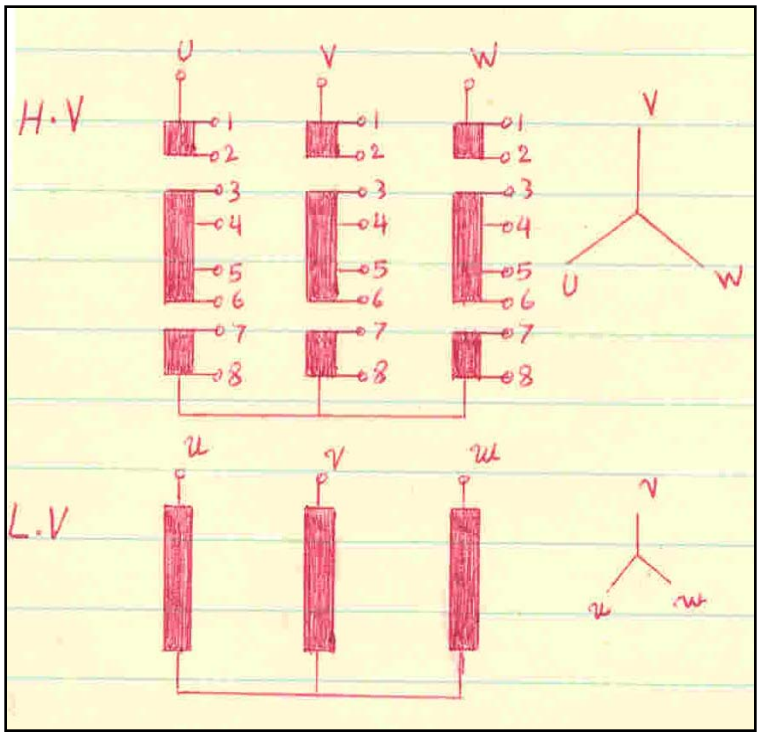
۸- درصد ولتاژ اتصال کوتاه : ۵ /۵۰ ٪

۹- فرکانس : ۵۰ هرتس (HZ)

۱۰- نوع اتصال : Yy0

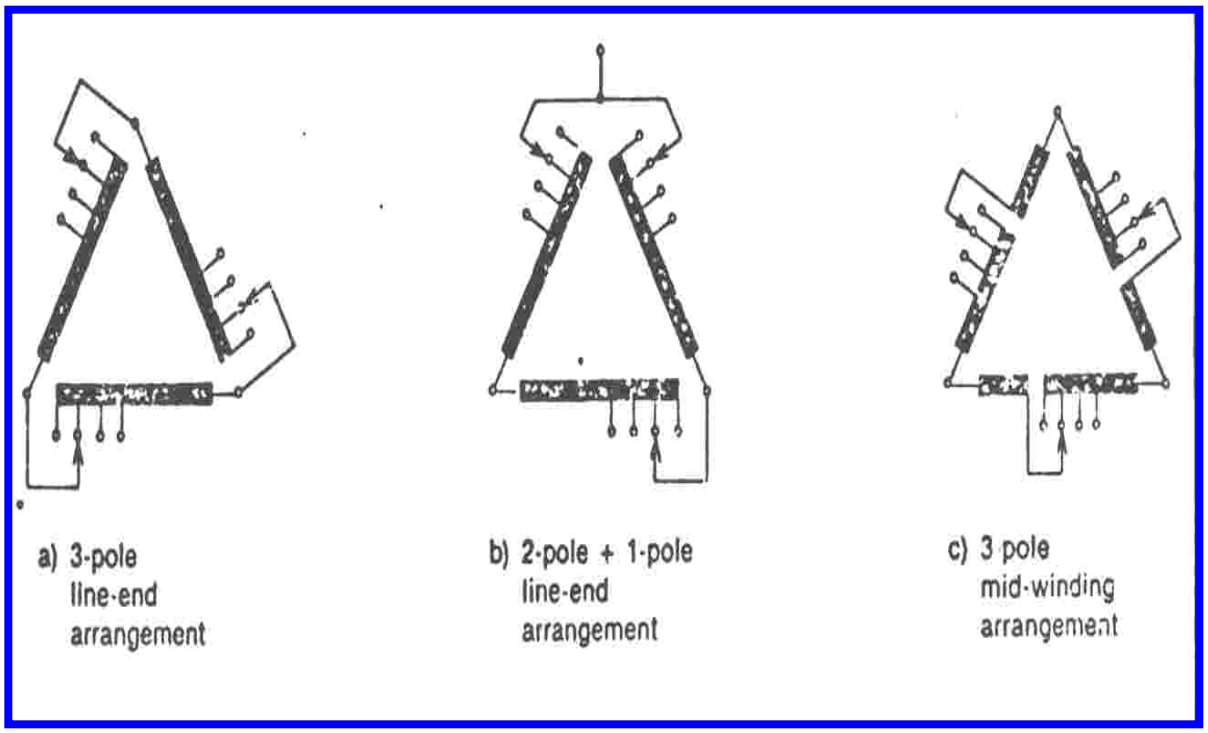
تپ ها	اتصال ها	
یک	۲ به ۳	۶ به ۷
دو	۶ به ۸	۱ به ۳
سه	۵ به ۸	۱ به ۴

جدول ۳-۱

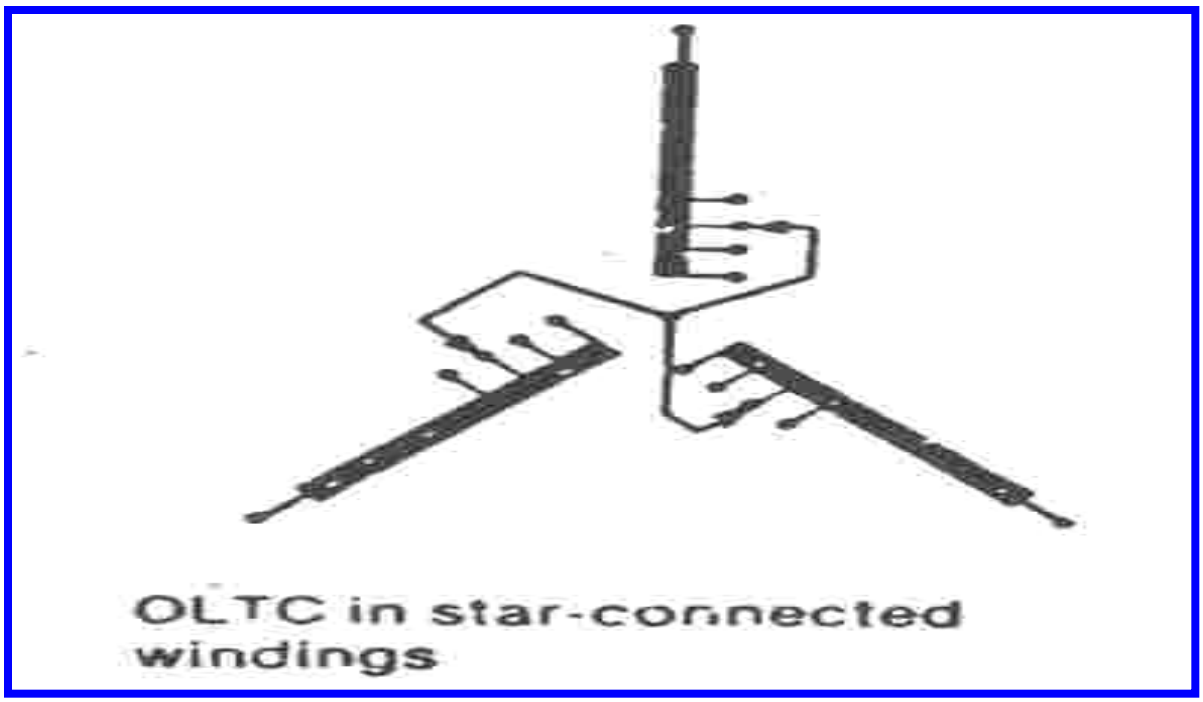


شکل ۲۸-۱

شکل های ۲۹-۱ نحوه ی اتصال چند نوع تپ چنجر ترانسفورماتورهای قدرت فشارقوی از نوع Off-Load را نشان می دهد.

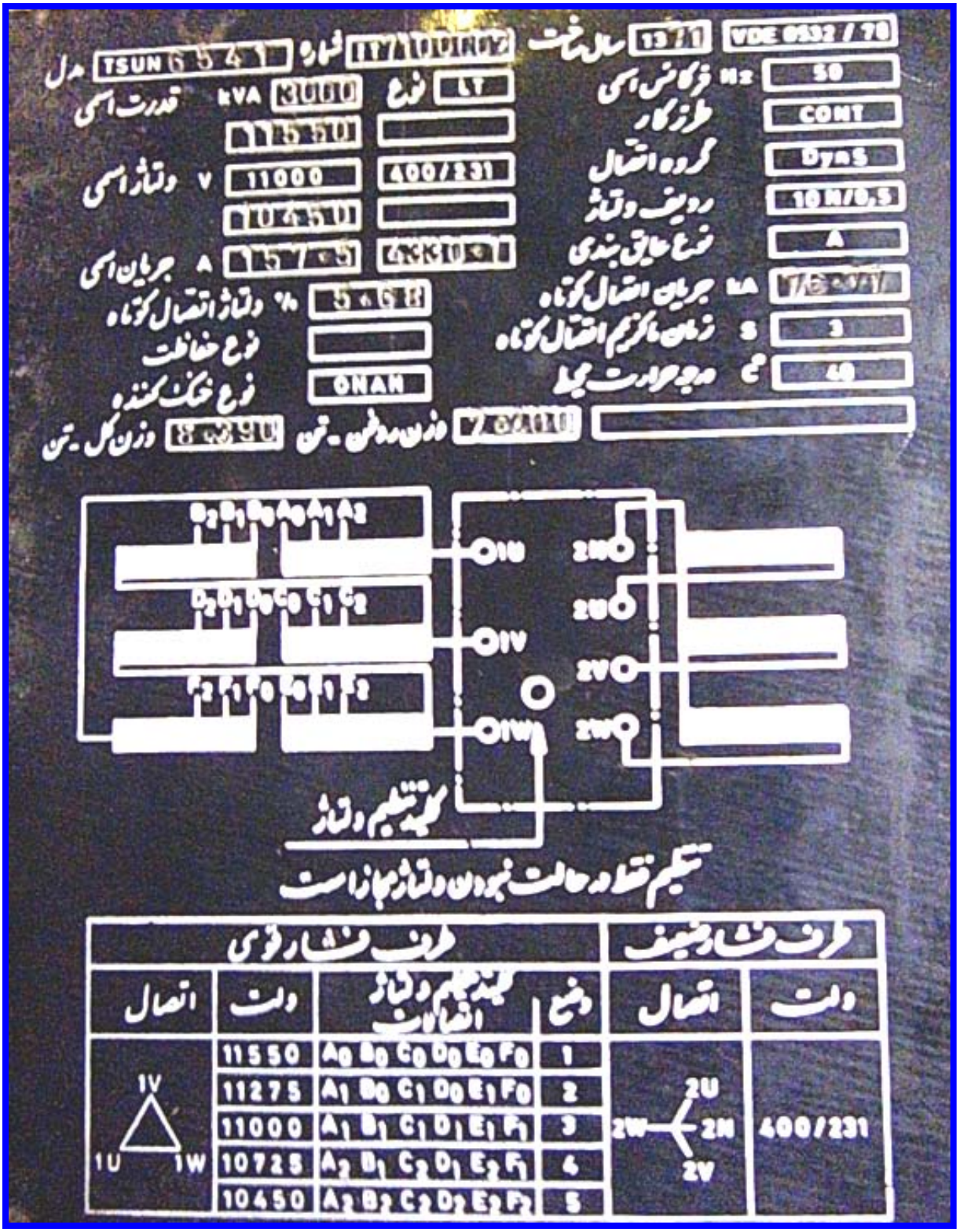


شکل ۲۹-۱



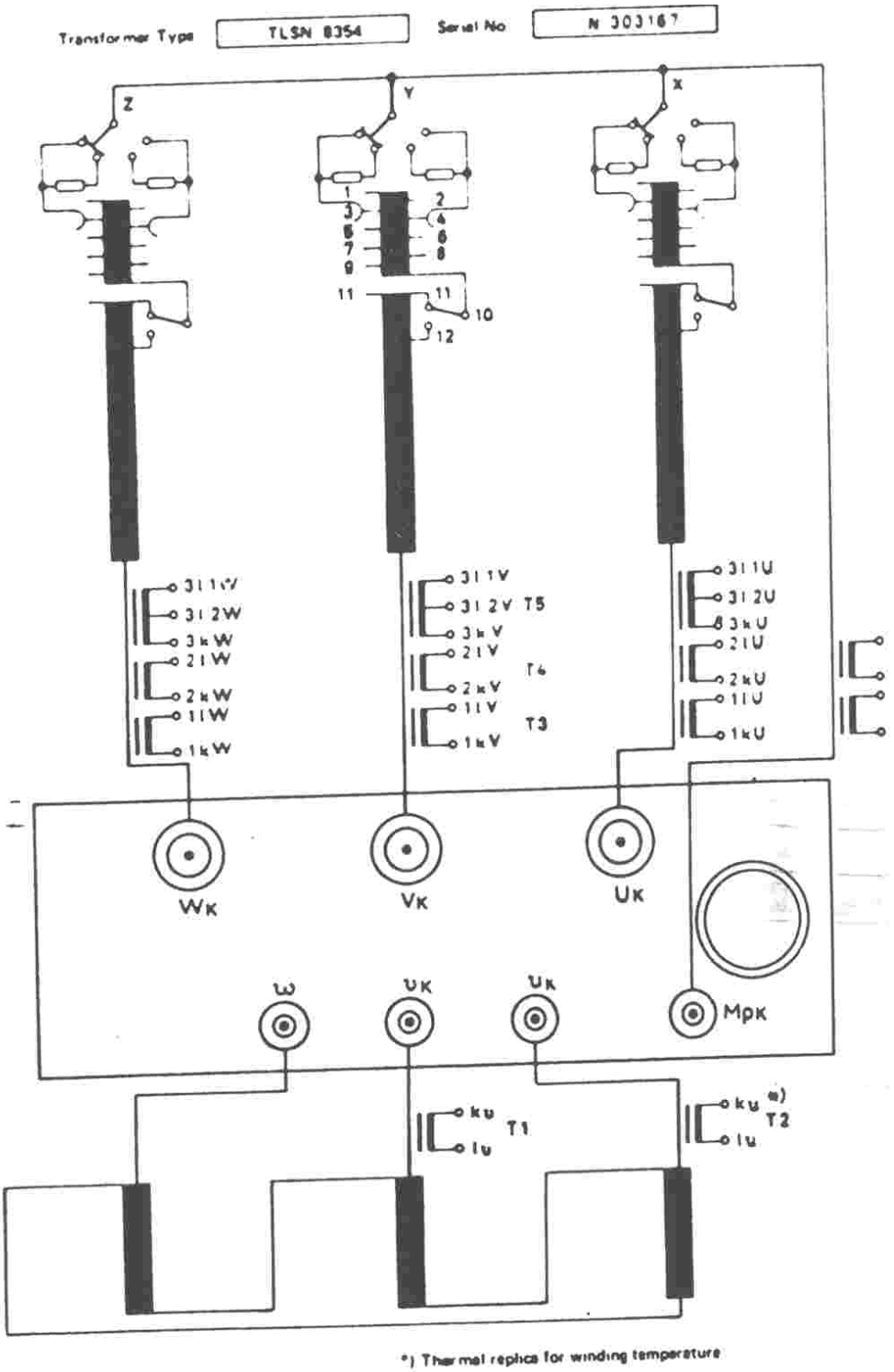
شکل ۳۰-۱

شکل ۳۱-۱ صفحه ی مشخصات و نحوه ی اتصال تپ چنجرهای Off- Load را در یک ترانسفورماتور فشارقوی نشان می دهد.

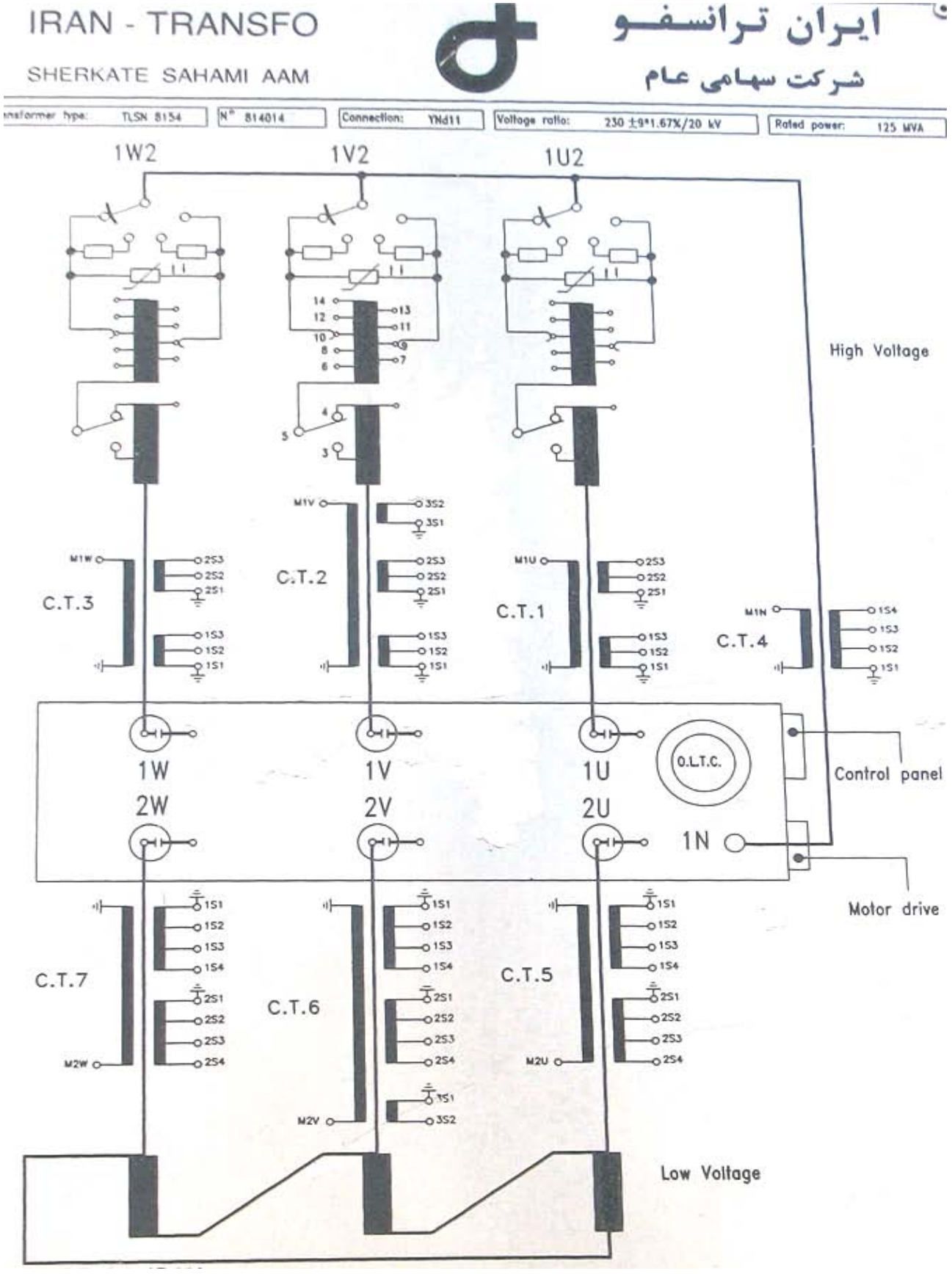


شکل ۳۱-۱

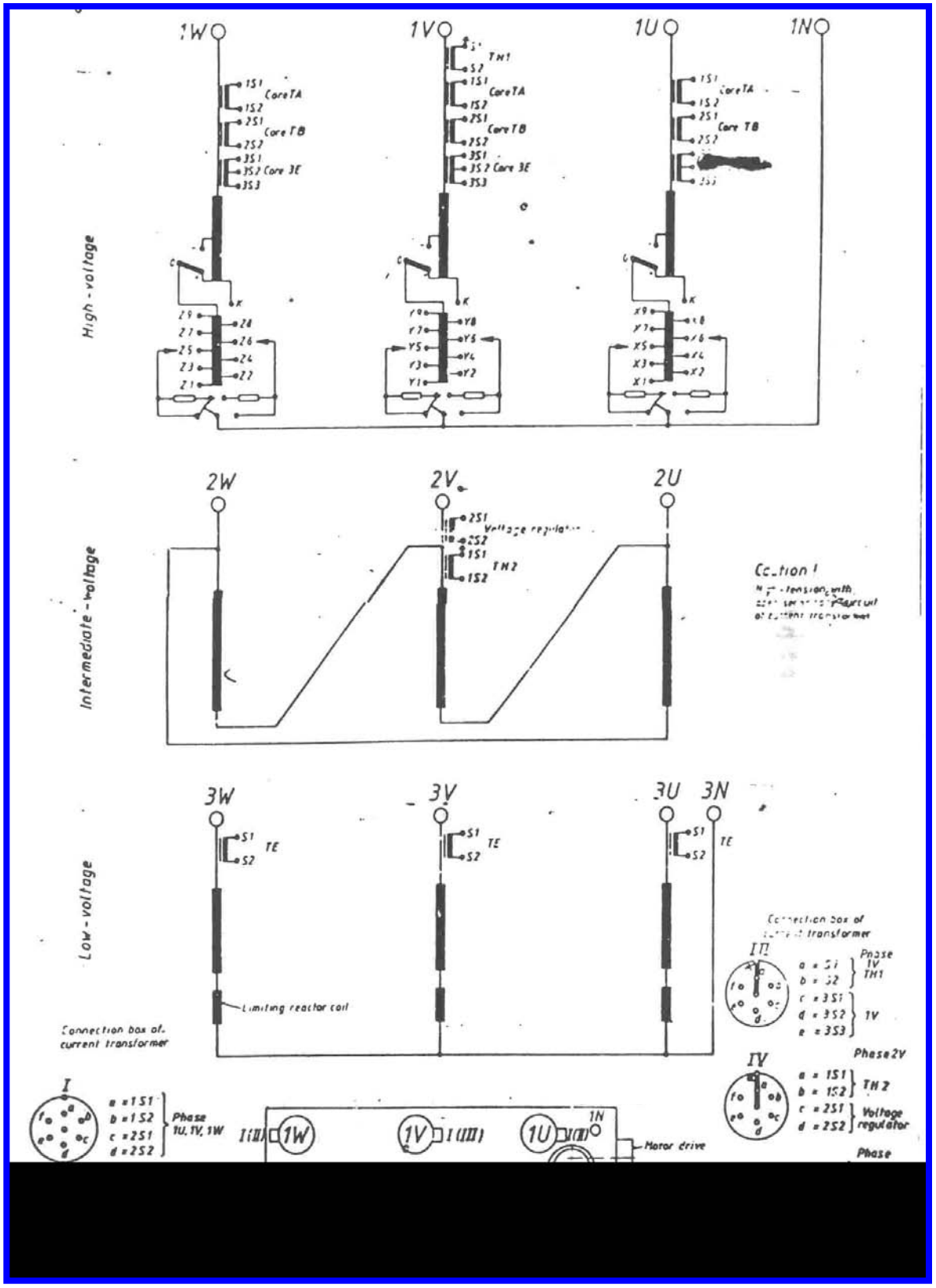
شکل های ۳۲-۱ ، ۳۳-۱ و ۳۴-۱ نحوه ی اتصال چند نوع تپ چنجر ترانسفورماتورهای قدرت فشارقوی از نوع On- Load را نشان می دهد.



شکل ۳۲-۱

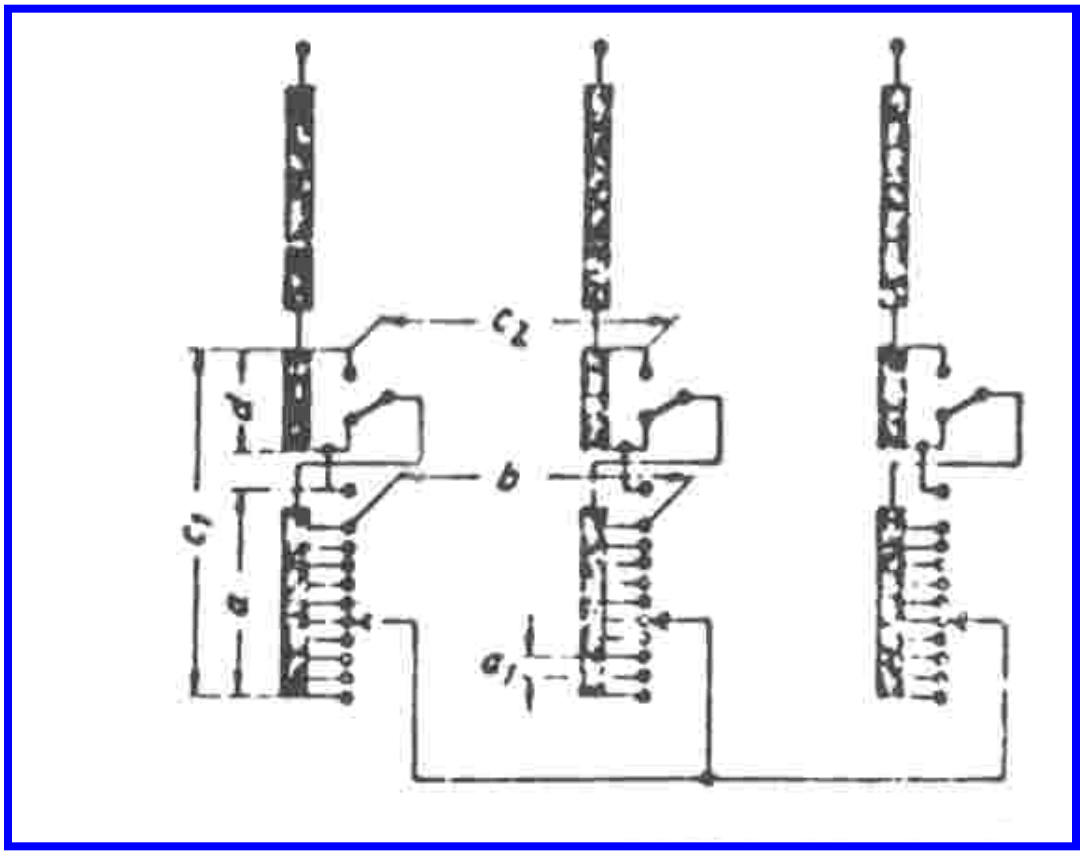

IRAN - TRANSFO
SHERKATE SAHAMI AAM
ایران ترانسفو
شرکت سهامی عام
Transformer type: TLSN 8154
N° 814014
Connection: YNd11
Voltage ratio: 230 ±9*1.67%/20 kV
Rated power: 125 MVA
1W2
1V2
1U2
High Voltage
C.T.3
C.T.2
C.T.1
C.T.4
C.T.7
C.T.6
C.T.5
1W
1V
1U
2W
2V
2U
1N
O.L.T.C.
Control panel
Motor drive
Low Voltage

شکل ۳۳-۱


1W
1V
1U
1N
High - voltage
Core TA
Core TB
Core 3E
TM1
2W
2V
2U
Intermediate - voltage
Voltage regulator
TM2
3W
3V
3U
3N
Low - voltage
TE
Limiting reactor coil
Connection box of current transformer
Phase 1U, 1V, 1W
Phase 1V
Phase 2V
TM 1
TM 2
Voltage regulator
Motor drive

شکل ۳۴-۱

شکل ۳۵-۱ یک نوع تپ چنجر On- Load و جدول ۴-۱ ولتاژ سطح عایقی بین تپ های آن را نشان می دهد.



شکل ۳۵-۱

Insulating distance	Withstand voltage	
	Lightning impulse 1.2/50 μs, kV	Power frequency r.m.s., kV
a1	130	30
a	700	235
b	700	245
d	700	235
c1	850	280
c2	850	280

جدول ۴-۱

خواص روغنهای عایق ترانسفورماتور

روغنهای عایق ترانسفورماتور دارای خواصی به شرح ذیل می باشند:

۱- عایق الکتریکی

۲- کنترل درجه حرارت داخل ترانسفورماتور

۳- جلوگیری از خوردگی مواد عایق و قسمت های فلزی ترانسفورماتور

۴- افزایش عمرمفید وتضمین پایداری شیمیایی ترانسفورماتور

۵- خاموش کردن قوس الکتریکی

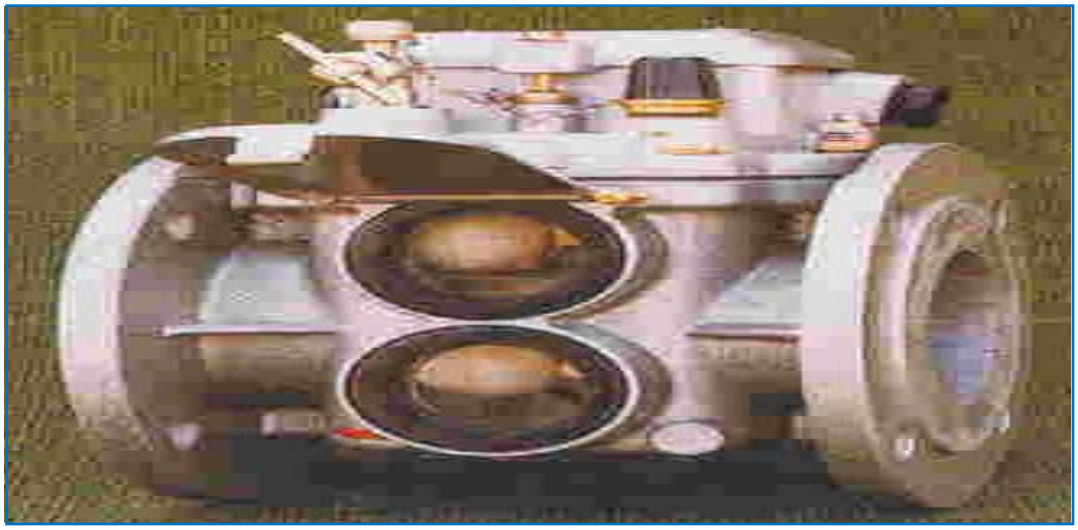
۶- آب بندی ، جمع آوری وحمل مواد ناخالص ناشی ازکارکرد ترانسفورماتور

۷- حلالیت گازهای مختلف

۸- تشخیص عیب

۹- خنک کنندگی

۳- وسایل کنترل و حفاظت الکتریکی ترانسفورماتورهای قدرت



شکل ۱-۳

۱-۳- رله ی بوخهلتس

رله ی بوخهلتس مانند شکل ۱-۳ مجهز به دو المان آلارم و قطع است. المان بالایی ، سیستم آلارم را فعال می کند و المان پایینی هنگام وقوع اتفاق در روغن داخل مخزن اصلی ترانسفورماتور باعث تحریک Tripping Coil دیژنکتور ترانسفورماتور شده و ترانسفورماتور را از مدار خارج می کند.

هریک از المان ها دارای محفظه ی آلومینیومی سبک و توخالی به صورت فلوتر (شناور) است که حول یک محور می تواند چرخش نماید.

یک کلید جیوه ای روی بازوی هر فلوتر نصب شده و در اثر عواملی مانند کاهش سطح روغن ، سرعت بیش از حد مجاز حرکت روغن و ورود گاز به محفظه ی رله فعال می شود.

چنانچه میزان گاز کم باشد المان بالایی فعال شده و سیگنال آلارم را ارسال می کند و اگر شدت خطا بیشتر باشد ، میزان گاز ایجاد شده بیشتر شده و باعث تحریک المان پایینی و خارج شدن ترانسفورماتور از شبکه می شود.

در حالتی که نشت روغن در ترانسفورماتور وجود داشته باشد ، محفظه ی رله از روغن تخلیه شده و باعث قطع ترانسفورماتور می شود.

در قسمت بالای رله ی بوخهلتس یک شیر سماوری برای نمونه گیری از گاز جمع شده در داخل رله و تخلیه آن پس از حصول اطمینان از رفع اشکال و یک دکمه ی فشاری مکانیکی جهت شبیه سازی خطا و تست سوئیچ های آلارم و قطع نصب شده است.

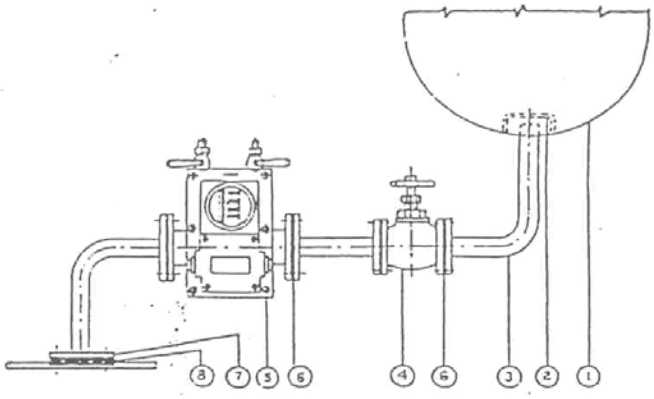
رله های بوخهلتس می توانند باعث تشخیص اشکالات قبل از صدمه رساندن به ترانسفورماتور گردند. البته این امر مستلزم دقّت نظر و سرعت در عملکرد ، پس از رخ دادن اتفاق است.

اشکالاتی که رله ی بوخهلتس می تواندآشکار نمایند به شرح زیر است:

- **تش حرارتی در ورق های هسته ی ترانسفورماتور**
- **افزایش حرارت شدید در سیم پیچی ها**
- **ایجاد جرقه بر اثر شُل بودن ترمینال های داخلی**
- **اتصال بدنه یا اتصال زمین در داخل ترانسفورماتور**
- **اتصال کوتاه بین حلقه های سیم پیچی**
- **ایجاد شکست الکتریکی در مقره ها و عایق سیم پیچ ها**
- **کاهش سطح روغن**
- **حرکت سریع روغن با سرعتی بیش از حد مجاز رله**

شکل ۲-۳ محل نصب رله ی بوخهلتس را در روی ترانسفورماتور نشان می دهد.

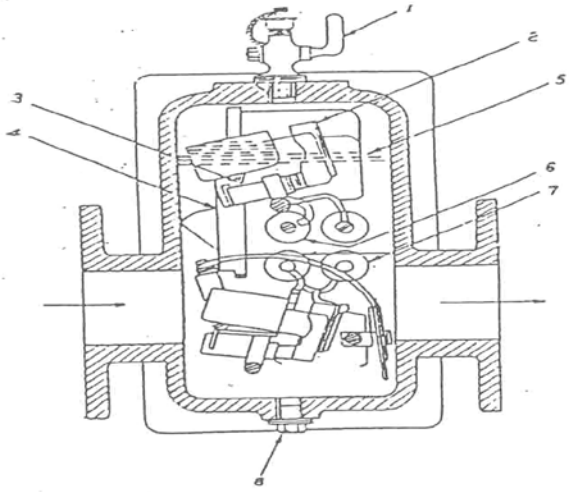
۱- مخزن انبساط روغن
۲- توری محافظ یا صافی
۳- لوله ی خروجی روغن
۴- شیر روغن
۵- رله ی بوخهلتس
۶- واشر
۷- فلنج اتصال به ترانسفورماتور
۸- واشر



شکل ۲-۳

شکل ۳-۳ اجزای رله ی بوحهلتس را نشان می دهد. این اجزا عبارتند از:

۱- شیر سماوری
۲- وزنه ی بالانس
۳- کلید جیوه ای
۴- اهرم تست
۵- سطح روغن
۶- المان آلارم
۷- المان قطع یا تریپ
۸- پیچ تخلیه ی روغن



شکل ۳-۳

۳-۲- رله ی جانسون

این رله به نام رله محافظ تپ چنجر نیز معروف است و ترانسفورماتور را از آسیب بیشتر ناشی از خطای بوجود آمده در محفظه ی کلید بار (تپ چنجر) محافظت می کند(شکل ۴-۳).

این رله در مسیر لوله ی ارتباطی محفظه ی تپ چنجر به منبع انبساط نصب می شود.

این رله دارای یک کنتاکت باز ، قطع کننده می باشد و هنگام بروز خطا در محفظه ی تپ چنجر ، شناور آن در مقابل ازدیاد فشار گاز ناشی از تجزیه روغن عمل کرده و ترانسفورماتور را به سرعت از مدار خارج می کند.

شکل ۴-۳

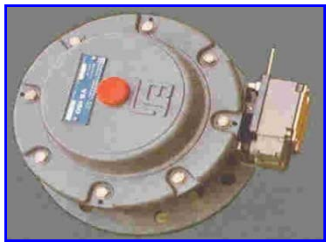
۳-۳- رله ی محافظ مخزن یا سوپاپ اطمینان

هنگام بروز اتصال کوتاه در داخل ترانسفورماتور ، گرمای زیاد ناشی از اتصال کوتاه سبب تجزیه ی سریع روغن و ایجاد گاز در حجم زیاد می شود.

تولید این گازها باعث فشارهای غیر مجاز شده و عدم تخلیه ی سریع آن ، ممکن است سبب تغییر فرم یا ترکیدگی مخزن اصلی ترانسفورماتور شود.

جهت حفاظت مخزن در مقابل این نیروهای لحظه ای از رله ی محافظ انفجار مخزن که در فشار ۰/۷ Bar عمل می کند ، استفاده می شود.

این رله دارای یک کنتاکت باز برای خارج کردن ترانسفورماتور از مدار است. شکل ۵-۳ این رله را نشان می دهد.



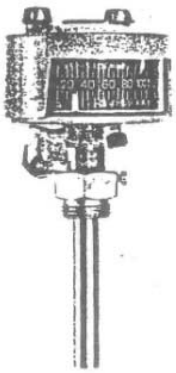
شکل ۵-۳

۳-۴- رله ی حرارتی

رله ی حرارتی یا ترمومتر برای کنترل دمای روغن و سیم پیچ های ترانسفورماتور ، راه اندازی فن ، الکتروپمپ سیرکولاسیون روغن ، ارسال سیگنال های آلارم و قطع برای حفاظت ترانسفورماتور ها است (شکل ۶-۳).

الف

ب

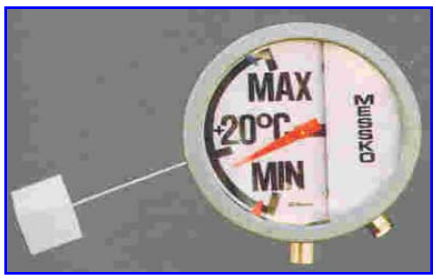


ج

شکل ۶-۳

۳-۵- نشان دهنده ی سطح روغن منبع انبساط

برای نشان دادن ارتفاع یا سطح روغن در منبع انبساط ترانسفورماتور نشان دهنده ی شکل ۳-۷ استفاده می شود. این نشان دهنده ها از نوع مغناطیسی بوده و تغییر سطح روغن در داخل مخزن انبساط سبب حرکت شناور آن شده و حرکت عقربه ی نشان دهنده را در اثر اعمال نیروی مغناطیسی به پی دارد. روغن نمای مغناطیسی معمولاً دارای دو کنتاکت برای ارسال سیگنال های آلارم و تریپ ترانسفورماتور است.



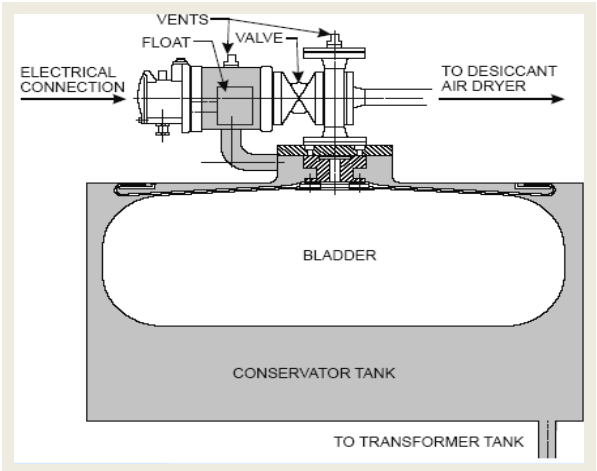
الف

ب

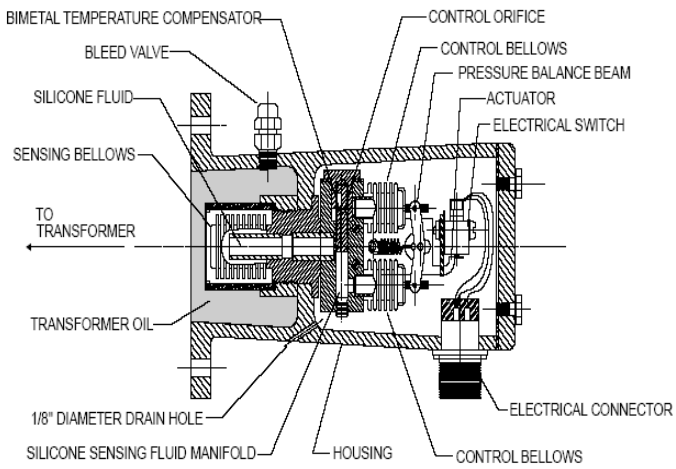
شکل ۳-۷

۳-۶- رله تشخیص معیوب شدن کیسه هوایی داخل کنسرواتور

برای تشخیص معیوب شدن کیسه هوایی داخل کنسرواتور ترانسفورماتور قدرت از رله بوخهلتس که مانند شکل ۳-۸ در قسمت بالای کنسرواتور نصب می شود و یا از رله فشاری مانند شکل ۳-۹ که در بدنه کنسرواتور نصب می شود ، استفاده می گردد.



شکل ۳-۸



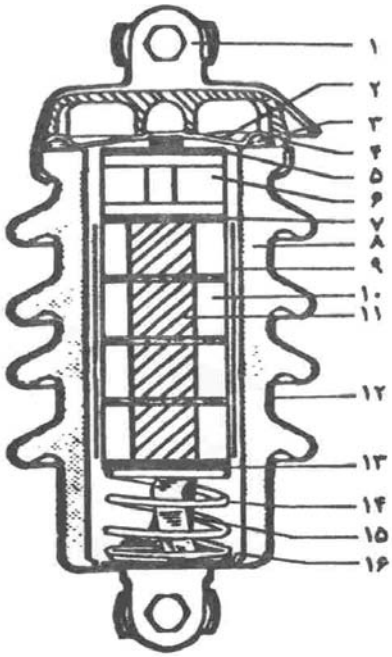
شکل ۳-۹

شکل ۱۰-۳ یک نوع برقگیر را نشان می دهد که برای حفاظت ترانسفورماتور ها کاربرد دارد و داخل آنها قرص های **Zno** مانند شکل ۱۱-۳ قرار می گیرد. بنابراین به آنها برقگیر **Zno** گفته می شود.

شکل ۱۰-۳

شکل ۱۱-۳

شکل ۱۲-۳ قسمت های داخلی یک برقگیر **Zno** را نشان می دهد.



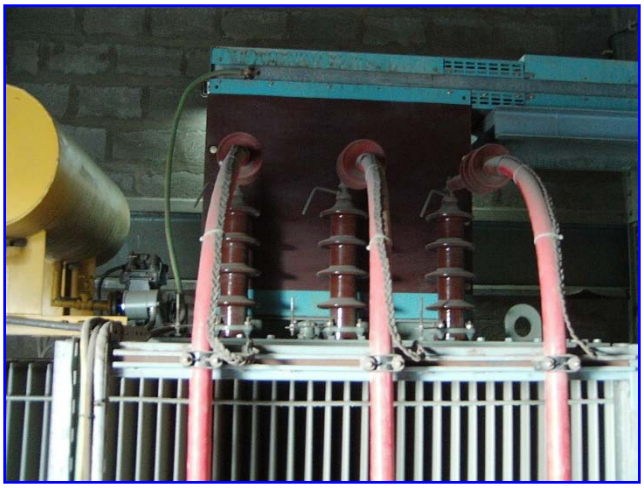
۱- کنتاکت بالای برقگیر
۲- سوپاپ اطمینان (دریچه ی فشار)
۳- لاستیک دور لبه برای آب بندی بهتر
۴- منفذ خروج گاز
۵- کنتاکت ارتباط بالای برقگیر
۶- لوله افزایش ارتفاع برقگیر
۷- صفحات هادی برای اتصال بهتر
۸- پرسلین (چینی)
۹- عایق میکای لوله ای برای ایجاد عایقی بیشتر برای جلوگیری از تخلیه ی الکتریکی روی سطح وریستورها
۱۰- وریستور
۱۱- عایق روی وریستور
۱۲- لعاب روی وریستور
۱۳- کنتاکت ارتباط به پایین برقگیر
۱۴- فنر برای محکم نگهداشتن اجزای اصلی
۱۵- هادی ارتباطی برای ایجاد اتصال با حداقل مقاومت
۱۶- کنتاکت پایین برقگیر

شکل ۱۲-۳

شکل ۱۳-۳ برقگیرهای محافظ یک دستگاه ترانسفورماتور کوره ی قوس الکتریکی به قدرت **MVA** ۲۵ را نشان می دهد.

شکل ۱۳-۳

برقگیر شاخی یا آرماتور برای حفاظت ترانسفورماتور های قدرت در مقابل اضافه ولتاژهای موقت مانند شکل های ۱۴-۳ کاربرد دارد.



(الف)

(ب)

شکل ۱۴-۳

برای حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت بزرگ در مقابل اضافه ولتاژهای داخلی و خارجی از برقگیر های با فنتیل استفاده می شود. شکل های ۱۵-۳ دو نمونه از برقگیر های با فنتیل ۲۰KV و ۶۳ KV و شکل ۱۶- ۳ یک نمونه برقگیر با فنتیل ۱۳۲ KV را نشان می دهد.

شکل ۱۵-۳

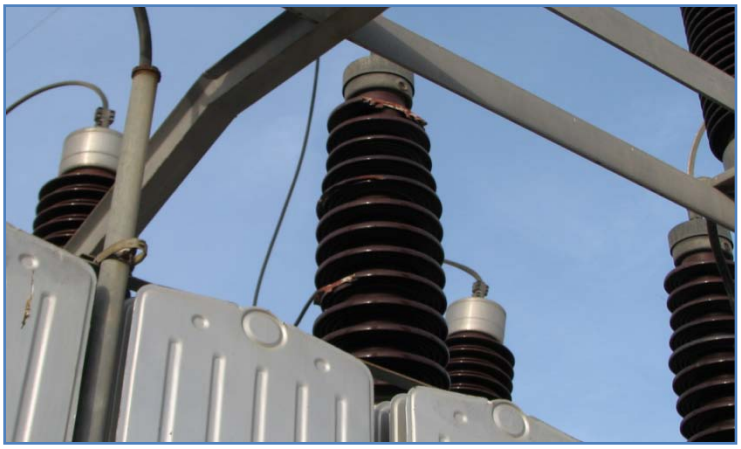
شکل ۱۶-۳

ترانسفورماتوهای قدرت که از طریق شبکه های کابلی برقدار می شوند ، امپدانس موجی کابل های تغذیه ی ترانسفورماتور نقش مؤثری در کاهش اضافه ولتاژ داخلی به عهده دارند. برقگیر این نوع ترانسفورماتورها در داخل باکس و در ابتدای ترمینال ورودی قرار دارد (شکل ۱۷-۳).

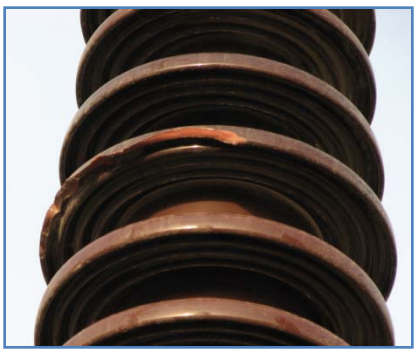
شکل ۱۷-۳

در شکل ۱۸-۳ یک دستگاه اتوترانسفورماتور ۲۳۰ به ۱۳۲ کیلو ولت را نشان می دهد که در اثر اضافه ولتاژ ایزولاتور برقگیر آن آسیب دیده است. شکل های ۱۹-۳ و ۲۰- ۳ محل آسیب دیده ایزولاتور را نشان می دهد.

شکل ۱۸-۳

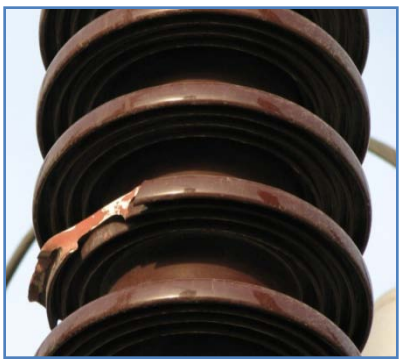


شکل ۱۹-۳



الف

ب



ج

شکل ۲۰-۳

۶- موازی نمودن ترانسفورماتورهای قدرت

- ترانسفورماتورهاييكه زاويه فاز آنها شبيه هم باشد. يا به عبارتي داراي يک دياگرام برداري در جهت عقربه هاي ساعت مي باشند، به شرطيكه در اوليه و ثانويه ترتيب فازها رعايت شده و ترمينالهاي همنام به يكديگر وصل شوند.
- از نظر امكان كار موازي دو ترانسفورماتور وقتي داراي گروههاي مختلف هستند اتصالات را مي توان بصورت گروههاي زير طبقه بندي نمود.

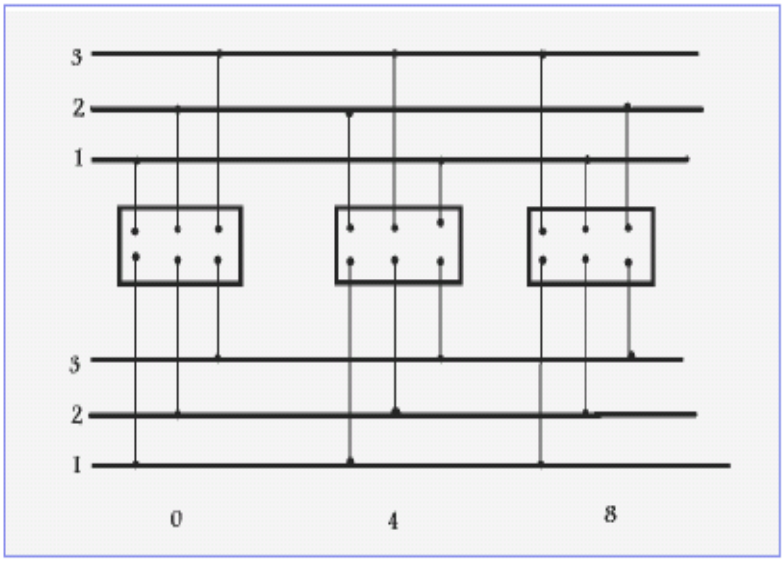
گروه 1 : دياگرامهاي برداري 0 و4 و8

گروه 2 : دياگرام برداري 6و 10و 2

گروه 3 : دياگرام برداري 1و5

گروه 4: دياگرام برداري 7 و11

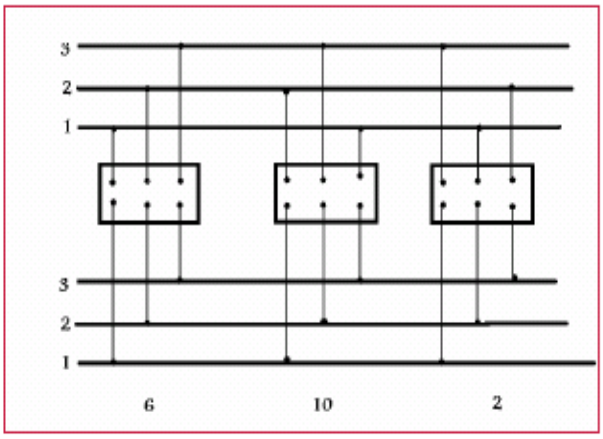
- **موازي نمودن دو ترانسفورماتور متعلق به يک گروه وقتي اساساً تحت بار متعادلي قرار گيرند هميشه امكان پذير است : اگر ترانسفورماتورها داراي دو دياگرام برداري باشند انگاه اختلاف فاز بين دياگرامهاي برداري در همان گروه هميشه با توجه به ضريب 4 يا 8 يعني اختلاف در زاويه فاز 120 درجه مي باشد كه اين شبيه زاويه اختلاف فاز بين دو خط در سيستم سه فاز است.**



گروه 1

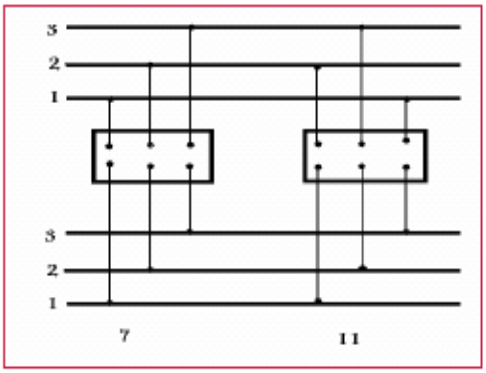
شكل ۱-۶

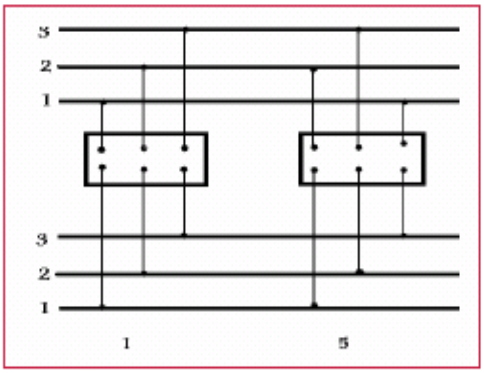
گروه 2



شکل ۶-۲

گروه 3 و 4



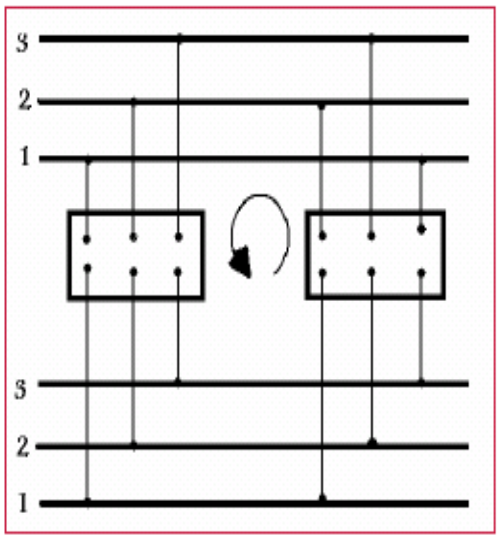


شکل ۶-۳

شکل ۶-۴

- داراي نسبتهاي تبديل يكسان باشند و حدود تغييرات ولتاژ در حدود تلرانسهاي مجاز باشد.
- وقتيكه نسبت تبديل دو ترانسفورماتور با هم مساوي هستند بار كامل به نسبت مستقيم با قدرت و با نسبت عكس آمپدانسهاي ولتاژ آنها تقسيم مي گردد.

در صورت عدم تساوي ولتاژها



شکل ۶-۵

$$I_{cir} = \frac{\Delta U}{\left(U_{k1} + U_{k2} \times \frac{S_1}{S_2} \times \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 \right)} \times 100\%$$