



www.irantansfo.com

IRAN TRANSFO CORPORATION

راهنمایی نصب و راه اندازی
ترانسفورماتورهای فشاری زینی



IRAN TRANSFO
ZANGAN DISTRIBUTION Co.

اعتماد مشتری بزرگترین سرمایه ما

Type Test Certificate	CE	Serial No.
Type Test Certificate of WINDSCREEN		
Applicant:	2000-00000000000000000000000000000000	
Designator:	2000-00000000000000000000000000000000	
Manufacturer:	SABIC TRAXXON® Polypropylene Film, WindScreen W900	
Tested for:	SEAS DRIVENET® Polypropylene Film, WindScreen W900	
Element of test:	Strength	Temperature, °C
Tested in:	KTRI, Tübingen, Germany	
<p>The applicant has declared to me, the undersigned, that the above information is true and correct to the best of his/her knowledge. I further declare that I have been informed in the written language, or in a language of my choice, of the following:</p> <p>REC. 80/2001-12, 2000</p> <p>My Type Test Certificate Number (Serial No.) is 2000-00000000000000000000000000000000. The results are valid as of the month of January 2001. This certificate is valid for a period of one year from the date of issue. It can be renewed by the manufacturer at their discretion.</p> <p>The certificate applies to the type of equipment. This responsibility is explicitly limited to an appropriate design of the equipment. The manufacturer is not liable for damage resulting from misuse of the equipment.</p> <p>This type test applies to either a type or an application. If the type corresponds to the one specified on this page or to one which has been subsequently agreed upon, the original document of designation is valid.</p>		
Signature:		
Date:	January 21, 2001	
Designator:	ME 0001 - 1.750000	WindScreen W900
Supplier:	ME 0001 - 1.7500	WindScreen W900
Signer of:	ME 0001 - 1.7500	WindScreen W900
 KTRI, a registered trademark of the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Berlin, Germany  TÜBINGEN, a registered trademark of the University of Tübingen, Tübingen, Germany  CE, a registered trademark of the European Union, Brussels, Belgium  BAM, a registered trademark of the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Berlin, Germany		

www.iran-tansfo.com

IRAN TRANSFO CORPORATION

مقدمه

ضمن تشکر از حسن انتخاب شما ، توصیه می گردد قبل از استفاده از ترانسفورماتور ، مطالب کتاب راهنمای به دقت مطالعه گردد . خوشحال خواهیم شد در صورت ارائه هر گونه پیشنهاد و یا انتقادی باشماره تلفنها و یا آدرس زیر تماس حاصل نمائید .

تهران ، خیابان سید جمال الدین اسد آبادی ، خیابان سوم ، شماره ۲۳

کدپستی: ۱۴۳۳۶۳۳۷۳۱

تلفن: ۹ - ۰۲۱ - ۸۸۷۲۳۳۷ (+۹۸) فاکس: ۸۸۸۳۷۵۹۲ - ۰۲۱ (۹۸)

- این کتاب راهنمای برای ترانسفورماتورهای خشک رزینی ساخت گروه ایران ترانسفو به ظرفیت حداقل 3150 kVA ، ولتاژ حداقل 36 kV بوده و برای استفاده متخصصین و آشنایی با مطالب عمومی ترانسفورماتور خشک رزینی ، دستورالعملهای نصب و راه اندازی و تجهیزات جانبی تهیه شده است .

- به همراه هر ترانسفورماتور یک جلد کتاب راهنمای نصب و راه اندازی، فرم ضمانتنامه ، گواهی آزمایشگاهی کارخانه ای ، نقشه پلاک مشخصات و نقشه تصویر ظاهری در اختیار مشتریان محترم قرار می گیرد. صدور المثلثی دارای محدودیت می باشد .

فهرست مطالب

۴	۱. معرفی استانداردها
۵	۲. معرفی اجزای ترانسفورماتور
۵	۳-۱. هسته
۵	۳-۲. بوبینها
۷	۳-۳. تنظیم ولتاژ
۸	۳. توضیحات فنی
۸	۴-۱. ولتاژها
۹	۴-۲. جریانهای الکتریکی
۹	۴-۳. قدرت نامی
۱۰	۴-۴. فرکانس نامی
۱۰	۵-۱. نسبت تبدیل نامی
۱۰	۶-۱. تلفات
۱۱	۷-۱. امپدانس ولتاژ
۱۱	۸-۱. افت ولتاژ
۱۳	۹-۱. جریان اتصال کوتاه
۱۳	۱۰-۱. راندمان
۱۴	۱۱-۱. گروه اتصال ترانسفورماتورهای سه فاز
۱۶	۱۲-۱. علائم ترمینالها برای ترانسفورماتورها
۱۶	۱۳-۱. موازی نمودن ترانسفورماتورها
۲۴	۱۴-۱. شدت جریان هجومی در لحظه برق دارکردن ترانسفورماتور
۲۴	۴. بسته بندی ترانسفورماتور
۲۷	۵. تحويل ترانسفورماتور
۲۹	۶. حمل ترانسفورماتور

۳۱	۷	نگهداری و انبارش ترانسفورماتور
۳۱	۸	نصب و راه اندازی ترانسفورماتور
۴۴	۹	تهویه اتاقک ترانسفورماتور
۴۶	۱۰	۱۰. نکات ایمنی
۴۸	۱۱	۱۱. آزمایشات قبل از نصب

۱. مشخصات فنی و استانداردها

ترانسفورماتورهای خشک رزینی ساخت گروه ایران ترانسفو بر اساس مشخصات فنی ارائه شده توسط مشتریها و جدیدترین استاندارد بین المللی موجود یعنی IEC 60076-11 محاسبه، طراحی، تولید و آزمایش می‌شوند. در بسیاری از موارد به بخش‌های دیگر استاندارد IEC ارجاع داده شده است. از جمله:

IEC 60076-1	مشخصات عمومی، ترانسها و آزمایشات
IEC 60076-2	جهش‌های حرارتی
IEC 60076-3	سطوح عایقی
IEC 60076-5	مقاومت در برابر اتصال کوتاه
IEC 60076-10	تعیین سطح صدا
IEC 60905	بارگذاری ترانسفورماتورهای خشک

در شکل (۱) نمایی از تصویر ظاهری ترانسفورماتور خشک نشان داده شده است.

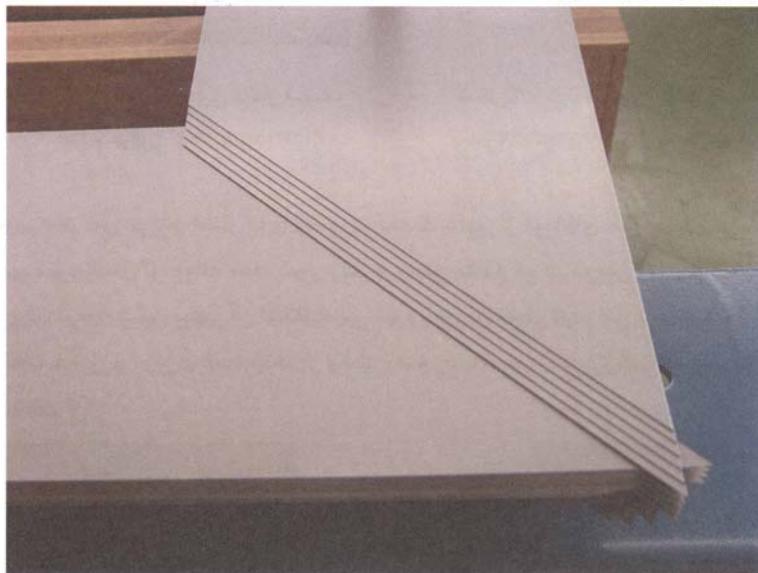


شکل ۱ - نمای ظاهری ترانسفورماتور

۲۰ معرفی اجزای ترانسفورماتور

(۱-۲) هسته :

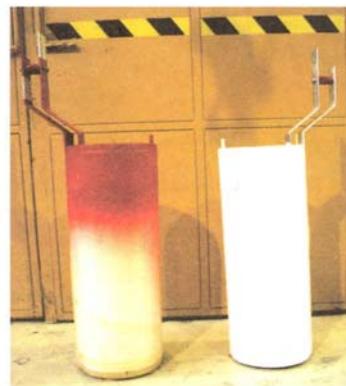
هسته ترانسفورماتور مدار مغناطیسی را تشکیل می دهد که از ورق های فولادآلیاژی سیلیسیم دار و دو طرف عایق به ضخامت 0.3 mm تولید می شود . برش ورق هسته با زاویه 45 درجه بوده و هسته چینی به روش *step-lap* (شکل ۲) انجام می شود . مزیت عده این روش در کاهش تلفات بی باری ، سطح صدا و جریان بی باری می باشد.



شکل ۲ - چیدمان ورقهای هسته به روش *step-lap*

(۲-۲) بوبینها :

بوبین فشار ضعیف: بوبین فشار ضعیف از فولیهای آلومینیمی ساخته می شود . برای ایجاد استحکام بالا و جلوگیری از جذب رطوبت طی مراحل خاصی عمل *impregnation* روی آن انجام می گیرد . استفاده از بوبین های فولیی باعث افزایش استحکام آن در مقابل نیروهای شعاعی و محوری حاصل از اتصال کوتاه می گردد . "ضمنا" ، بخار استفاده از فولی آلومینیم چکالی جریان کمتر در نظر گرفته می شود .. در شکل (۳) الف . بوبین فشار ضعیف آماده برای رزین اندود کردن (*impregnation*) نشان داده شده است . در شکل (۳) ب . بوبین فشار ضعیف را پس از رزین اندود شدن و رنگ آمیزی نشان می دهد .



شکل ۳ (ب) - بوبین فشار ضعیف
بعد از *impregnation* و رنگ آمیزی



شکل ۳ (الف) - بوبین فشار ضعیف
impregnation آماده برای

بوبین فشار قوی: بوبین فشار قوی بصورت دیسک هایی از فولیهای آلومینیمی ساخته می شود (شکل ۴). بعلت تعداد دور زیاد و سطح مقطع کم در بوبین فشار قوی از این روش برای بوبین پیچی آن استفاده می شود. بوبین فشار قوی طی پروسه خاصی تحت خلا رزین ریزی شده و بعد از پخت بصورت محبوس در رزین قرار می کرد (شکل ۵).



شکل ۵ - بوبین فشار قوی بعد از رزین ریزی



شکل ۴ - بوبین فشار قوی قبل از رزین ریزی

۳-۲) تنظیم ولتاژ و محدوده آن :

جهت کنترل بهتر ولتاژ و ثابت نگه داشتن ولتاژ در طرف فشار ضعیف ، در بوبینهای فشار قوی انشعاباتی تحت عنوان پله های ولتاژی طراحی شده است .

محدوده تغییرات ولتاژ نامی برابر با $2.5\% \pm 2$ ولتاژنامی می باشد .

تغییرات پله های ولتاژی در بوبین های فشار قوی توسط یک قطعه برنجی یا مسی انجام می شود . مطابق شکل (۶)

تغییر پله های ولتاژی در ترانسفورماتورهای استاندارد خشک رزینی از نوع *off circuit* بوده و هنگام تغییر پله ولتاژی باید ترانسفورماتور بدون برق باشد . لازم به ذکر است که قطعه اتصال تنظیم پله های ولتاژی باید در هر سه فاز در یک وضعیت قرار داده شود .

مثال: ترانسفورماتور $500 kVA$ با ردیف $20/0.4 kV$ دارای تنظیم ولتاژ به شرح زیر می باشد . تغییرات دامنه ولتاژ $\pm 2.5\%$ بوده و تغییرات و پله ها در پنج حالت زیر می باشد .

وضعیت اتصال	پله تنظیم ولتاژ	ولتاژ فشار قوی(V) گروه برداری (D)	ولتاژ فشار ضعیف(V) گروه برداری (y)
۶-۵	۱	۲۱۰۰۰	
۷-۵	۲	۲۰۵۰۰	
۷-۴	۳	۲۰۰۰۰	۴۰۰/۲۳۱
۸-۴	۴	۱۹۵۰۰	
۸-۳	۵	۱۹۰۰۰	



شکل ۶ - خروجیهای تنظیم ولتاژ در بین فشار قوی

۳. توضیحات فنی

(۱-۳) ولتاژها : voltages

ماکزیمم ولتاژ: برای تجهیزات عبارت است از حداقل ولتاژ موثر فاز به فاز که در طراحی عایق بندی ترانسفورماتور لحاظ می گردد. مقادیر استاندارد برای Um بر حسب kV در استاندار IEC60076 بیان گردیده است.

با توجه به Um ، مقادیر مربوط به تحمل عایقی کوتاه مدت با فرکانس صنعتی (rms ، AC) و ولتاژ ضربه ناشی از صاعقه تعیین می گردند. (ولتاژ صاعقه LI برای $Um > 1.1kV$ می باشد) و سطح عایق بندی سیم پیچها نیز بر این اساس طراحی می شود .

ولتاژ نامی: عبارت از ولتاژ کار دائم است که بین دو فاز سیم پیچ اعمال می گردد این ولتاژ در شبکه توزیع ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می باشد

ولتاژ بی باری : عبارت است از ولتاژ بین فازهای خروجی هنگامی که اولیه ترانسفورماتور تحت ولتاژ نامی بوده ولی ثانویه آن بدون بار باشد .

ولتاژ تحت بار: عبارت است از ولتاژ بین فازهای خروجی هنگامی که از ترانسفورماتور بارگیری می شود ، بدینه است مقدار ولتاژ تحت هر بار مشخص (با جریان و ضریب قدرت معلوم) مقدار معینی می باشد.

(۲-۳) جریانهای الکتریکی : Currents

جربان نامی: I_n

عبارت از جریانی است که در هنگام بارگیری کامل ترانسفورماتور از ترمینالهای خط عبور می‌کند و در حالت سه فاز حاصل تقسیم قدرت نامی (S_n) به $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ نامی (U_n) ترانسفورماتور می‌باشد و بر حسب آمپر (A) بیان می‌گردد.

مثال :

$$S_n = 100 \text{ kVA}$$

$$U_n = 20000/400 \text{ V}$$

$$I_n = 2.89/144.3 \text{ A}$$

$$I_n = \frac{S_n}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{100 * 10^3}{20000 * \sqrt{3}} = 2.89 \text{ A}$$

برای سمت فشار قوی

$$I_n = \frac{S_n}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{100 * 10^3}{400 * \sqrt{3}} = 144.3 \text{ A}$$

برای سمت فشار ضعیف

جربان بی‌باری: I_0

عبارت از جریانی است که ترانسفورماتور در حالت بی‌باری در ولتاژ نامی از شبکه مصرف می‌کند این جریان بر حسب درصدی از جربان نامی I_n بیان می‌گردد.

$$S_n = 800 \text{ KVA}$$

$$U_n = 20000/400 \text{ V}$$

$$I_0 = 0.6 \%$$

$$I_n = \frac{S_n}{U_n * \sqrt{3}}$$

$$I_0 \% = \frac{I_0}{I_n} * 100$$

(۳-۳) توان نامی: S_n

توان نامی هر سیم پیچ (HV) یا LV توانی است که آن سیم پیچ می‌تواند با ولتاژ نامی و جربان نامی تحمل نماید.

بدیهی است توان ظاهری ترانسفورماتور که به کیلوولت آمپر (kVA) بیان می‌گردد ارتباطی به $\cos\phi$ شبکه ندارد.

در شبکه استاندارد توزیع برق ایران مطابق استاندارد جهانی توان های نامی معین و مشخص بوده که بر اساس آن در کارخانجات شرکت ایران ترانسفو بعنوان ترانسفورماتورهای نرمال تولید می گردند و عبارتند از : ۱۶۰ و ۲۰۰ و ۲۵۰ و ۳۱۵ و ۴۰۰ و ۵۰۰ و ۶۳۰ و ۸۰۰ و ۱۰۰۰ و ۱۲۵۰ و ۱۶۰۰ و ۲۰۰۰ کیلو ولت آمپر

(۴-۳) فرکانس نامی:

عبارت است از فرکانسی که بر اساس آن طراحی ترانسفورماتور صورت پذیرفته است که در شبکه برق ایران این مقدار ۵۰ (هرتز) می باشد .

(۵-۳) نسبت تبدیل نامی :

عبارت است از نسبت بین ولتاژ نامی سیم پیچ فشار قوی و فشار ضعیف در هر فاز.

(۶-۳) تلفات :

(P_0) No load losses

عبارت است از قدرت اکتیو مصرف شده وقتی که ولتاژ نامی با فرکانس نامی به ترمیتالهای بوبین اولیه در حالت بدون بار اعمال می گردد ، که عمدتاً شامل تلفات هسته می باشد (بقیه تلفات ناچیز و قابل صرفنظر است) . تلفات هسته مجموع تلفات هیسترزیس و تلفات ناشی از جریانهای گردابی است . محاسبه مقدار P_0 بر حسب (W) وات و بر اساس استاندارد DIN انجام پذیرفته و کاران্তی می گردد .

این مقدار برای همه ترانسفورماتورهای تولیدی ، جدایانه اندازه کیری و با مقادیر محاسباتی مقایسه می گردد .

مثال :

$$P_0 = 2050 \text{ W}, \quad U_n = 20000/400 \text{ V} \quad S_n = 800 \text{ kVA}$$

(P_L) Load Losses

عبارت است از توانی که در فرکانس و جریان نامی در بوبینهای ترانسفورماتور تلف می گردد . تلفات بار ناشی از تلفات حرارتی عبور جریان در مقاومت بوبینها (I^2R) و تلفات اضافی ناشی از قطعات آهنی می باشد مقادیر این تلفات مطابق استاندارد در دمای $120^\circ C$ محاسبه و در مدارک فنی و کواہی آزمایش ارائه می گردد .

بدیهی است برای تبدیل تلفات در c° می باشیست مقاومت DC سیم پیچ دراین دما باید با ضریب زیر اصلاح گردد.

$$\frac{(225 + 120)}{(225 + \Theta_k)}$$

در این جا Θ_k درجه حرارت محیط در زمان اندازه گیری تلفات می باشد .
ضمونا تلفات بار در جریانهای غیر از مقدار نامی با نسبت² (جریان نامی/جریان عبوری) تغییر می کند.

مثال :

$$P_k(120^{\circ}C) = 8650 \text{ W}, U=20000/400 \text{ V}, S_n=630 \text{ kVA}$$

(۷-۳) امپدانس ولتاژ :

امپدانس ولتاژ نامی : U_{kn}

اگر در شرایط بار نامی و ولتاژ نامی در شبکه اتصال کوتاه سه فاز رخ دهد
امپدانس معادل از دید شبکه برای ترانسفورماتور برا U_{kn} % می باشد .

امپدانس ولتاژ : U_k

امپدانس ولتاژ هم مشابه امپدانس ولتاژ نامی می باشد اما می تواند به مقادیر دیگر جریان و یا پله های دیگر ولتاژ بیان گردد .

امپدانس ولتاژ بر حسب درصدی از ولتاژ نامی به شکل زیر بیان می گردد .

$$U_k = U_{kn} * [\text{جریان نامی / جریان عبوری}] \%$$

(۸-۳) افت ولتاژ ΔU

افت ولتاژ عبارت است از اختلاف بین ولتاژ نامی خروجی در بی باری و ولتاژ خروجی ترانسفورماتور با در نظر گرفتن $\cos\varphi$ در هنگام بار گیری . در این حالت به بوبین ورودی ولتاژ نامی اعمال می گردد .

افت ولتاژ در پله اصلی به صورت درصدی از ولتاژ نامی به صورت زیر محاسبه می گردد . در شکل (۷) محاسبات به روش هندسی و برداری نشان داده شده است .

هنگامی که :

$$\begin{aligned}\Delta U &= n * \Delta U' + 1/2 * (n * \Delta \dot{U})^2 / 10^2 \% \\ \Delta U' &= U_r n \cos\varphi + U_x n \sin\varphi \\ \Delta \dot{U} &= U_r n \sin\varphi - U_x n \cos\varphi\end{aligned}$$

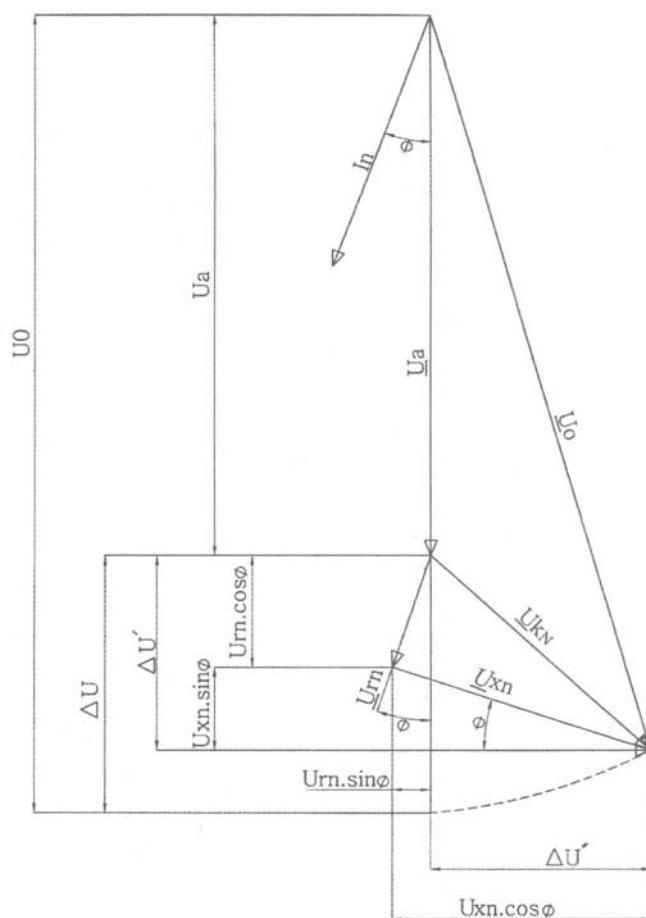
$$U_{rn} = \frac{P_k [kW]}{S_n [kVA]} * 100 [\%]$$

مقاومت اهمی امپدانس ولتاژ نامی

$$U_{xn} = \sqrt{(U_{kn})^2 - (U_{rn})^2} [\%]$$

مقاومت پراکندگی امپدانس ولتاژ نامی

$$n = \frac{\text{مقدار بار ظاهری}}{\text{قدرت نامی}} = \frac{\text{ضریب بارگیری}}{\text{قدرت نامی}}$$



شکل ۷ - تصویر بردار ولتاژ و افت ولتاژها

۹-۳) جریان اتصال کوتاه : I_{sc}

جریان اتصال کوتاه عبارت است از مقدار موثر جریان در ترمینالهای خط بعد از اینکه عناصر DC سیستم رو به کاهش باشند، وقتی که ترانسفورماتور تحت شرایط نامی باشد جریان اتصال کوتاه می تواند با توجه به جریان نامی و امپدانس ولتاژ (U_{kn} ، I_n) به شرح زیر محاسبه گردد.

$$I_{sc} = \frac{I_n[A]}{U_{kn}[\%]} * 100$$

مثال :

$$S_n = 630 \text{ kVA}$$

$$I_n = 909.33 \text{ A}$$

$$U_{kn} = \% 6$$

$$I_{sc} = (909.3) / (6) * 100 = 15155 \text{ A}$$

۱۰-۳) راندمان η :

راندمان عبارت است از نسبت بین توان اکتیو خروجی به توان اکتیو ورودی، برای مقادیر مشخصی از ضریب بار (n) و ضریب توان ($Cos\phi$) فرمول جهت محاسبه به شرح زیر می باشد.

$$\eta = 100 - \frac{P_0 + n^2 P_k}{n.S_n.COS\phi(l - \frac{\Delta U}{100}) + P_0 + n^2 P_k} * 100 \approx 100 - \frac{P_0 + n^2 P_k}{n.S_n.COS\phi + P_0 + n^2 P_k} * 100 [\%]$$

یک ترانسفورماتور هنگامی ماکزیمم راندمان را دارد که رابطه $P_0 = n^2$ برقرار

$$n = \sqrt{\frac{P_0}{P_k}} \quad \text{گردد.}$$

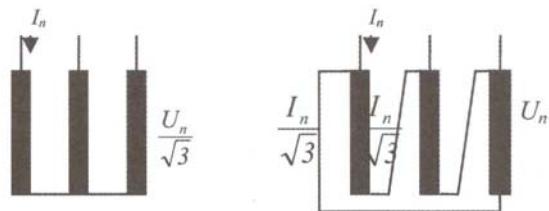
۱۱-۳) گروه اتصال (برداری) ترانسفورماتورهای سه فاز :

گروه اتصال در یک ترانسفورماتور سه فاز با توجه به نحوه اتصالات سیم پیچ های فشار قوی و فشار ضعیف تعریف می گردد که به دو شکل Δ مثبت، ستاره Y می باشد ، شکل این نوع اتصالات داخلی سیم پیچها و مطابق آن دیاگرام بردار مطابق تصاویر شکل (۸) می باشد ، علاوه بر این نشان دهنده نوع گروه اتصال می باشد به شرح زیر می باشد .

اتصال ستاره (a)

اتصال مثلث (b)

In



شکل ۸ - گروه اتصال ترانسفورماتور سه فاز خشک

حروف بزرگ اشاره به اتصالات داخلی سیم پیچ فشار قوی و حروف کوچک اشاره به اتصالات داخلی سیم پیچ فشار ضعیف دارد . حروف بزرگ همیشه در گروه اتصال در ابتدا نوشته می شوند .

وقتی نقطه صفر ترانسفورماتور از طریق ستاره در دسترس کذاشته شود از علامت YN یا yn استفاده می شود .

اعداد (صفر یا ۵ یا غیره) شاخص اختلاف پس فاز ولتاژ فشار ضعیف نسبت به فشار قوی در جهت عکس چرخش عقربه ساعت بوده که با ضرب آن به 30 درجه، اندازه اختلاف فاز مشخص می شود .

مثال : 5 یعنی :

- نوع اتصال فشار قوی : مثلث
- نوع اتصال فشار ضعیف : ستاره
- نقطه نوترال از سمت فشار ضعیف در دسترس می باشد .
- موج ولتاژ فشار ضعیف به میزان درجه $150 - 30 = 5$ از موج ولتاژ فشار قوی عقب تر می باشد .

گروههای اتصال :

مهمنترین گروههای اتصال در ترانسفورماتورهای خشک رزینی به صورت زیر می باشد : $(Yy0)$ و $(Yy6)$ و $(Dy5)$ و $(Dy11)$

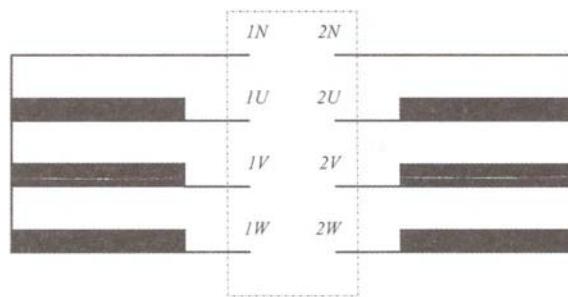
اگر نقطه خنثی بیرون آورده شود حرف N یا n به علامت گروه اتصال سیم پیچ اضافه می شود مثلا $Dyn5$ در دیاگرام های اتصال فرض شده است که جهت تمام بوبینها یکسان می باشد . با عوض کردن

جهت بوبینها در داخل ترانسفورماتور و جابجایی اتصال فازها در خارج از ترانسفورماتور تمام ضرائب اختلاف فاز ارقام $(1, 3, 5, 7, 9, 11)$ و همچنین ارقام زوج $(0, 2, 4, 6, 8, 10)$ را می توان بدست آورد .

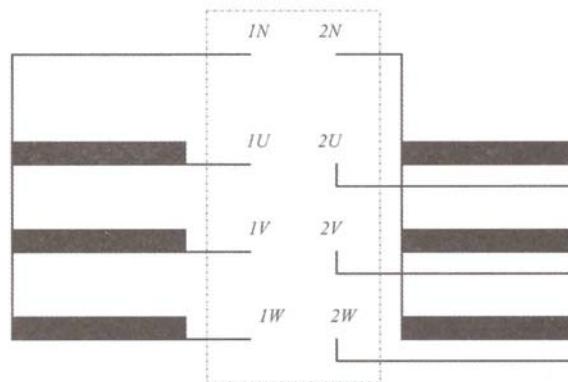
در ترانسفورماتورهای با گروههای اتصال $(Yyn0)$ ، $(Yyn6)$ ، نقطه صفر ممکن است فقط به منظور زمین کردن یا برای بارگیری البته به میزان کمتر از 10% جریان نامی بیرون آورده شود . بنابر این اتصال Yyn بطور عمومی مناسب برای سیستم های مصرف شبکه توزیع با سیم چهارم نیستند . در صورتیکه در گروه اتصال Dyn می توان از طریق سیم صفر ترانسفورماتور، به میزان 100% جریان نامی کشید .

۱۲-۳) علائم قرمinalها برای ترانسفورماتورها :

با توجه به استاندارد بین المللی قرمinalهای خط و نقطه خنثی در ترانسفورماتورها و راکتورها طبق IEC 616 بشرح مثالهای زیر می باشند:
در شکل (۱۰) نامگذاری و علائم قرمinalها با دو مثال معین شده است.



YNymo (a) اتصال اعلام



YNyn6 (b) اتصال اعلام

شکل ۱۰- ترانسفورماتور با دو سیم پیچ

۱۳-۳) موازی نمودن ترانسفورماتورها :

ترانسفورماتورها می توانند به دوروش با هم موازی گردند ۱- از طریق شینه ها
و ۲- از طریق شبکه
برای موازی نمودن ترانسفورماتور حداقل باید شرایط زیر فراهم گردد ،

۱-۱۳-۳) - گروه اتصال همراه با زاویه اختلاف فاز مشابه :

الف - ترانسفورماتورهاییکه زاویه اختلاف فاز آنها شبیه هم می باشد یا بعبارتی دارای یک دیاگرام برداری در جهت عقربه های ساعت ویا بر عکس هستند، می توانند با یکدیگر به صورت موازی کار کنند به شرطی که در اولیه و ثانویه ترتیب فازها رعایت شده و ترمینالهای همانم به یکدیگر وصل شوند .

ب - از نقطه نظر امکان کار موازی دو ترانسفورماتور وقتی دارای گروههای برداری مختلف هستند اتصالات را می توان به صورت گروههای زیر طبقه بندی نمود :

گروه (۱) : دیاگرام برداری ۰ و ۴ و ۸

گروه (۲) : دیاگرام برداری ۶ و ۱۰ و ۲

گروه (۳) : دیاگرام برداری ۱ و ۵

گروه (۴) : دیاگرام برداری ۷ و ۱۱

ج - موازی نمودن دو ترانسفورماتور متعلق به یک گروه وقتی اساسا تحت بار متعادلی قرار گیرد همیشه امکان پذیر است . اگر ترانسفورماتور دارای دو دیاگرام برداری باشند آنگاه اختلاف فاز بین دیاگرام های برداری در همان گروه همیشه با توجه به ضریب ۴ یا ۸ یعنی اختلاف در زاویه فاز ۱۲۰ درجه یا ۲۴۰ درجه می باشد که این شبیه زاویه اختلاف فاز بین دو خط در سیستم سه فاز است .

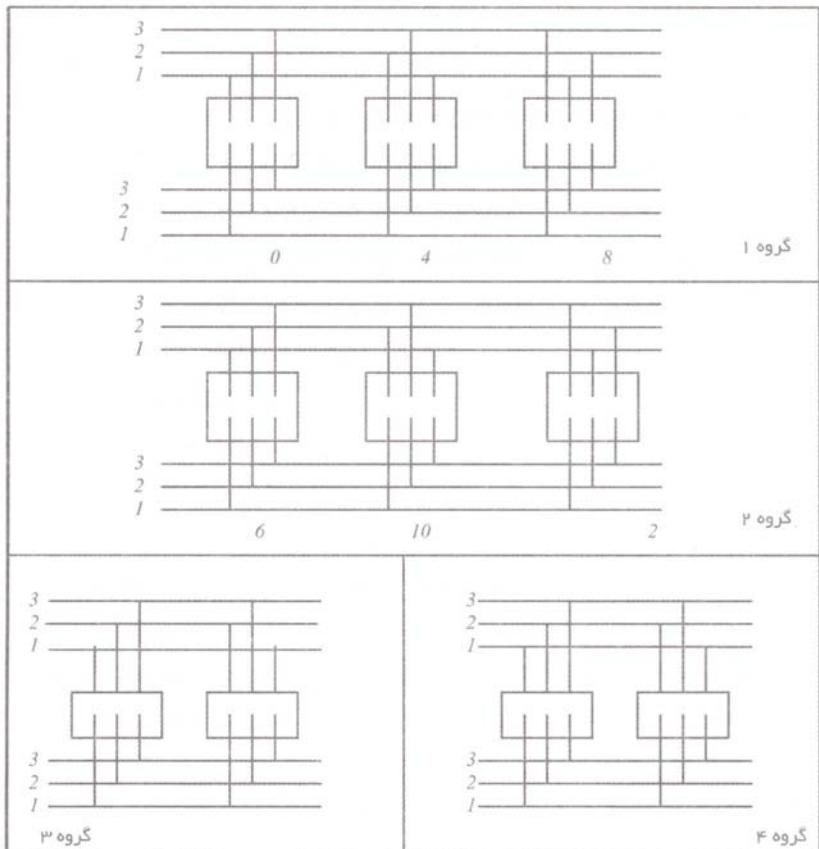
ترمینالهای روی دو ترانسفورماتور هم دارای علامتهای مشابه هم می باشند که باید در هر طرف (فشار قوی یا ضعیف) ترمینالها به یکدیگر متصل شوند که در این حال می توان در طرف دیگر با یک گردش دورانی در جابجائی فازها طبق نمودارهای مخصوصی که در شکل (۱۱ و ۱۲) نشان داده شده است ترمینالها به صورت غیر متشابه بهم متصل شوند .

د - ترانسفورماتوری از گروه ۳ می تواند به صورت موازی با ترانسفورماتوری از گروه ۴ قرار گیرد اگر توالی فازها در یکی از دو ترانسفورماتور به نسبت دیگری تغییر یابد تعویض اتصال ترمینالها در شکل (۱۲) نشان داده شده است .

ه - موازی نمودن دو ترانسفورماتور متعلق به گروههای مختلف (باستثنای دسته گروههای ۳ و ۴ که در بالا نام برده شده است) امکان پذیر نیست و به همین جهت دسته های زیر نمی توانند با یکدیگر موازی شوند :

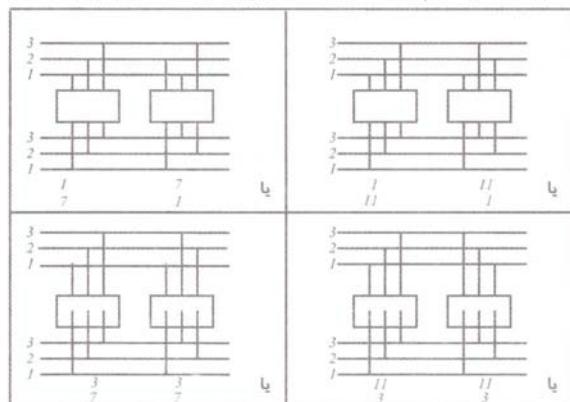
گروه ۱ با ۲ یا ، با ۳ یا ، با ۴ - گروه ۳ با ۱ یا ، با ۲

گروه ۲ با ۱ یا ، با ۳ یا ، با ۴ - گروه ۴ با ۱ یا ، با ۲



شکل ۱۱ - موازی نمودن ترانسفورماتورهای هم گروه

اعداد بزرگ در پائین هر دیاگرام نشان دهنده ضریب اختلاف فاز می باشند



شکل ۱۲ - موازی نمودن ترانسفورماتورهای گروه ۳ و ۴

۳-۱۳-۲) - دارای نسبت تبدیلهای یکسان و همچنین حدود تغییرات ولتاژ در حد ترانسهاز مجاز می باشد .

وقتی که نسبت تبدیل در ترانسفورماتورهای موازی شده با هم مساوی هستند بار کامل به نسبت مستقیم با قدرت و با نسبت عکس امپدانس ولتاژهای آنها تقسیم می گردد .

وقتی که ولتاژهای ورودی دو ترانسفورماتور مساوی ، ولی ولتاژهای خروجی آنها نا مساوی باشند ، یک جریان متعادل کننده بین دو ترانسفورماتور جاری می گردد ، که این جریان می تواند توسط معادله زیر محاسبه گردد .

$$I_{equal Tr} = \frac{|\Delta U|}{U_{z(n)1} + S_{n1} * \left(\frac{U_{n2}}{U_{n1}} \right)^2 * U_{z(n)2}} * 100[\%]$$

جریان متعادل کننده بر حسب درصدی از جریان نامی ترانسفورماتور (۱) می باشد
مقدار مطلق اختلاف ولتاژ بر حسب درصدی از ولتاژ خروجی ترانسفورماتور (۱) در حالت بی باری = $|\Delta U|$
امپدانس ولتاژ جریان نامی یا امپدانسها ولتاژ بر پله های تنظیمی در یک ولتاژ مخصوص $U_{z(n)2}, U_{z(n)1}$

$$\frac{S_{n1}}{S_{n2}} = \text{نسبت بین توانها}$$

$$\frac{U_{n2}}{U_{n1}} = \text{نسبت تبدیل ولتاژها در حالت بی باری}$$

نا متعادلی ضرایب قدرت اتصال کوتاه در فرمول جزئی می باشد :

$$\frac{U_{r(n)1}}{U_{z(n)1}} \neq \frac{U_{r(n)2}}{U_{z(n)2}}$$

یعنی در صورتی که اگردو دستگاه ترانسفورماتور تحت کلیه شرایط با هم موازی شوند مقدار $\cos\varphi$ که براثر اتصال کوتاه نامتعادل می گردد در مقایسه با پیش از مساوی کردن تفاوت چندانی نخواهد داشت ، اختلاف قابل چشم پوشی است ، تقریبا به حالت پایدار نزدیک می باشد بنابر این در فرمول تقریبی محاسبه جریان نامتعادل از $I_{equal Tr}$ دخالت دادن $\cos\varphi$ خوداری شده است .

ولتاژ خروجی در حالت بی باری		قدرت اسمی	امپدانس ولتاژ (در جریان نامی)
V	kVA	%	
ترانسفورماتور (۱)	400	500	3.5
ترانسفورماتور (۲)	390	800	3.5

$$|\Delta U| = \left| \frac{400 - 390}{400} * 100 \right| = 2.5\%$$

$$\frac{S_{n1}}{S_{n2}} = \frac{500}{800} = 0.625$$

$$\frac{U_{n2}}{U_{n1}} = \frac{390}{400} = 0.975 \quad I_{equalTr} \approx \frac{2.5}{3.5 * (0.625 * 0.975^2 * 3.5)} * 100 \approx 44.8\%$$

جریان متعادل کننده به طور کامل غیر وابسته به بار و نحوه پخش آن می باشد .
 این جریان حتی وقتی باری وجود ندارد جاری می گردد .
 وقتی که بار وجود دارد ، جریان بار هم بطور برداری به جریان متعادل کننده نیز
 اضافه می گردد . اگر جریان بار با یک ضریب قدرت القایی باشد ، جریان کلی در طرف
 ثانویه با ولتاژ بزرگتر ، افزایش و در طرف ثانویه با ولتاژ کوچکتر کاهش می یابد .
 در مثال (۱) ترانسفورماتور کوچکتر که دارای ولتاژ ثانویه بزرگتری می باشد
 می بایستی جریان کل بزرگتری را تغذیه نماید . اگر یک ضریب قدرت بار
 (Load power factor) مشابه با ضریب قدرت اتصال کوتاه مدار در نظر گرفته شود ()
 تقریباً 0.29 در مثال () ، جریان متعادل کننده در ترانسفورماتور با ولتاژ ثانویه بزرگتر
 تقریباً به شکل جبری به جریان بار اضافه می گردد .

با مراجعه به مثال ، این به معنای این است وقتی که جریان متعادل کننده 44.8 %
 یک جریان بار می باشد فقط 55.2 % جریان نامی ترانسفورماتور (۱) مجاز بارگیری
 بوده (= 100 %) و نباید افزایش یابد . بنابر این همه مجموعه ترانسفورماتورها می
 توانند فقط در 55.2 % قدرت کامل یعنی $800 + 500 = 1300 \text{ kVA}$ تغذیه شوند . که
 این مقدار تقریباً 720 kVA می باشد .

وقتی که ضریب قدرت بار کمتر از 0.9 باشد این محاسبات تقریبی ، مقادیر
 دقیقتری خواهد بود . اما وقتی که ضریب قدرت بار افزون بر 0.9 گردد افزایش
 اختلاف برداری ، کل قدرت مجاز را افزایش می دهد . در این چرخه ، تغییر تنظیم ولتاژ

روی ترانسفورماتور، ظرفیت بار را می تواند افزایش دهد . اگر ترانسفورماتور 500 kVA در مثال (۱) ، اگر امکان آن باشد که پله تنظیم ولتاژ پائین تری در سمت فشار قوی انتخاب شود (مثلا ۵٪) ، در نتیجه ولتاژ خروجی به میزان ۱/۰.۹۵ کاهش می یابد (به معنای ۵٪ دور بیشتر در سیم پیچ خواهد بود) ۳۸۱ ولت به عنوان جایگزین . اگر بتوان در سمت فشار قوی ترانسفورماتور 800 kVA با درصد ولتاژ (مثلا ۵٪) به ولتاژ بزرگتری دست یافت در این صورت ولتاژ خروجی به میزان ۱/۰.۹۵ افزایش یافته و به جای ۳۹۰ ولت ، ۴۱۱ ولت خواهد بود (به معنای ۵٪ تعداد دور کمتر در سیم پیچ می باشد) .

(در این مرحله ، کنترل توصیه گردیده زیرا که صدای بیشتر ، افزایش درجه حرارت هسته و جریان بی باری بیشتری خواهیم داشت .)

باید به خاطر سپرده شود که تغییرات تنظیم ولتاژ باعث تغییر در امپدانس ولتاژ خواهد گردید . با ترانسفورماتورهای ایران ترانسفو مطابق DIN یا مشابه ، تنظیم غیر مستقیم ولتاژ مرتبط به تغییرات میزان القا بوده و تغییرات امپدانس ولتاژ تقریباً متناسب با درصد افزایش یا کاهش تعداد دور سیم پیچها می باشد .

با در نظر گرفتن ۵٪ تغییر در پله پایینتر تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور 800 kVA

مثال (۱) را تکرار می کنیم .

مثال (۲)

امپدانس ولتاژ (در جریان نامی)	قدرت اسمی kVA	ولتاژ خروجی در حالت بی باری %	V
۳.۵	500	400	(۱) ترانسفورماتور
۳.۳ (≈ ۹۵٪ * ۳.۵)	800	411	(۲) ترانسفورماتور

$$|\Delta U| = \left| \frac{400 - 411}{400} * 100 \right| = 2.75\%$$

$$\frac{S_{n1}}{S_{n2}} = \frac{500}{800} = 0.625$$

$$\frac{U_{n2}}{U_{n1}} = \frac{411}{400} = 1.028$$

$$I_{equalTr1} \approx \frac{2.75}{3.5 + (0.625 * 1.028^2 * 3.3)} * 100 \approx 48.4\%$$

حال ترانسفورماتور(۲) دارای ولتاژ بی باری ثانویه بزرگتر ، بار بیشتری (شامل جریان بار بعلاوه جریان متعادل کننده) را تغذیه می نماید بنابر این کل بار مجاز ترانسفورماتورهای موازی شده را می توان محاسبه نمود .
جریان متعادل کننده ترانسفورماتور(۲) به شرح زیر خواهد بود .

$$I_{equalTr2} = I_{equalTr1} * \frac{S_{n1}}{S_{n2}} * \frac{U_{n2}}{U_{n1}}$$

$$I_{equalTr2} = 48.4\% * \frac{500}{800} * 1.028 = 31.1\%$$

بار مجاز برای ترانسفورماتور(۲) برابر $69\% \approx 69 / (100 - 31.1\%)$ جریان نامی می باشد. به همین ترتیب ، وقتی که جریان بار کمتر از ۰.۹ است ترانسفورماتورهای موازی شده می توانند ۶۹ % (قریبا ۹۰۰ kVA) از قدرت کل یعنی ۱۳۰۰ kVA تغذیه نمایند .

۳-۱۳-۳--امپدانس های ولتاژ یا امپانس های اتصال کوتاه مساوی و در حد ترانسها مجاز باشد .

تلرانس امپدانس ولتاژ در ترانسفورماتور نبایستی از $\pm 10\%$ مقدار نامی تغییرات داشته باشد که این مورد در موازی کردن ترانسفورماتورها بایستی مد نظر باشد یعنی امپدانس های اتصال کوتاه ترانسفورماتورهای موازی بایستی در محدوده ترانس مجاز باشد .

اگر S_{np} قدرت‌های نامی ترانسفورماتورها و $S_{n1}, S_{n2}, \dots, S_{np}$ امپدانس های ولتاژ در جریان نامی باشد بار به صورت جداگانه به شرح زیر روی ترانسفورماتورها تقسیم خواهد شد :

$$S_1 \approx S_{n1} \quad \text{و} \quad S_2 \approx \frac{S_{n2}}{U_{zn2}} \cdot U_{zn1} \quad \text{و} \quad \dots \quad \text{و} \quad S_p \approx \frac{S_{np}}{U_{znp}} \cdot U_{zn1}$$

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_p$$

با توجه به فرمول بالا همان طوریکه مشاهده گردید بار بیشتر روی ترانسفورماتوری که دارای امپدانس اتصال کوتاه کمتری می باشد تقسیم خواهد شد . برای اجتناب از حالت تقسیم بار بیشتر از ظرفیت ترانسفورماتور می بایستی حداقل بار مجاز کلی S ، با فرمول تقریبی زیر محاسبه گردد :

$$S \approx S_{n1} + S_{n2} * \frac{U_{zn1}}{U_{zn2}} + S_{n3} * \frac{U_{zn1}}{U_{zn3}} + \dots + S_{np} * \frac{U_{zn1}}{U_{znp}}$$

مثال (۳)

	امپدانس ولتاژ (در جریان نامی)	قدرت اسمی	%
	K		
ترانسفورماتور (۱)	500	.	3.8
ترانسفورماتور (۲)	400	.	4.0
ترانسفورماتور (۳)	800	.	4.4

$$S \approx 500 + 400 * \frac{3.8}{4} + 800 * \frac{3.8}{4.4} \approx 1571 kVA$$

همان طوریکه مشاهده می گردد ترانسفورماتور 500 kVA می تواند 100 % بار و ترانسفورماتور 400 kVA می تواند فقط 95 % و ترانسفورماتور 800 kVA به میزان 86 % بار نامی خودشان را تغذیه کنند نوسان در امپدانس ولتاژ بین 10 % و 20 % به صورت اقتصادی هنوز قابل قبول بوده اکثر ترانسفورماتورها قدرت نامی کمتر با امپدانس بالاتری باشد با نسبت تبدیل ۱/۳ ترانسفورماتورهای موازی شده می توانند به صورت اقتصادی طراحی گردند .

بار قابل تحمل در مرکز ستاره (یک فازی) :

در مورد بار قابل تحمل در مرکز ستاره از استاندارد VDE 0532 پیروی می شود در ترانسفورماتورهای سه فاز ، بدون سیم پیچ متعادل کننده می توان تا حدودی مرکز ستاره سیم پیچ خروجی را تحت بار دائم قرار داد . این حدود در جدول صفحه بعدنکر شده است .

<i>Dyn</i>	<i>Yyn</i>	گروه اتصال سیم پیج
۱۰۰ در صد	۱۰ در صد	شدت جریان مرکز ستاره به نسبت شدت جریان اسمی

به مرکز ستاره ترانسفورماتورها با گروه اتصال *y* می توان شدت جریان به مقدار

$$0.1 * \frac{U_{n1} - U_{n2}}{U_{n1}}$$

شدت جریان اسمی اعمال نمود .

(۱۴-۳) شدت جریان هجومی در لحظه برق دار گردن ترانسفورماتور :

در انتخاب فیوزها و تنظیم رله های حفاظتی مورد استفاده باید شدت جریان هجومی ناشی از برق دار گردن ترانسفورماتور را در نظر گرفت . مقدار مأکزیم شدت جریان ایجاد شده در موقع برق دار گردن بستگی به پسماند مغناطیسی در هسته (حاصله از قطع قبلی) و مقدار ولتاژ شبکه در لحظه وصل دارد ، البته مقاومت سلفی و اهمی سیم پیچها هم موثر هستند . بالاترین شدت جریان هجومی ناشی از برق دار گردن در حالتی ایجاد می شود که ترانسفورماتور درست در لحظه ای که ولتاژ متناسب از صفر می گزند به شبکه متصل شود .

۴. بسته بندی ترانسفورماتورهای خشک

(۱-۴) بسته بندی نرمال ترانسفورماتورهای خشک :

ترانسفورماتورهای خشک پس از تکمیل و طی گردن کلیه مراحل آزمایش های الکتریکی و عایقی ، قبل از حمل بسته بندی و بصورت کامل پوشانده می شود .
باتوجه به ابعاد ، مسافت حمل ، شرایط حمل ترانسفورماتور روشن بسته بندی انتخاب می گردد . ولی در هر حال ترانسفورماتور بصورت *Indoor* حمل خواهد شد .
کلیه ترانسفورماتورها روی چوب چهار تراش در زیرپایه ناودانی شکل که بوسیله پیج و مهره بسته شده اند قرار می گیرد .

اگر ترانسفورماتور دارای (*Enclosure*) باشد ترانسفورماتور جداگانه بسته بندی شده و قطعات محفظه (*Enclosure*) نیز جداگانه ارسال و در محل نصب ترانسفورماتور مونتاژ می گردند.

در صورتیکه در شرایط خاص مشتری اصرار بر حمل ترانسفورماتور در درون *Enclosure* داشته باشد شاسی ترانسفورماتور به کف محفظه بوسیله پیچ و مهره به صورت محکم متصل می شود.

جهت بسته بندی ترانسفورماتور ها، ابتدا آنها را با نایلون پوشانده و سپس *shrinkage* می کنند. (مطابق شکل ۱۵). جهت *shrinkage* نایلون و چسباندن آن در بسته بندی ترانسفورماتور از حرارت استفاده می شود. توجه می گردد که پارگی روی نایلون وجود نداشته تا گردوغبار و آب به داخل بسته بندی نفوذ کند. بسته بندی ترانسفورماتور بصورت یکپارچه و کامل انجام می شود و فقط قلابهای حمل از بسته بندی بیرون قرار می گیرند. برای مهار ترانسفورماتورها در داخل کامیون معمولاً چوب چهار تراش زیر پایه به کف کامیون بوسیله میخ به صورت محکم متصل می شود و با کمر بند کتانی نیز به اتاق کامیون مهار می گردد. ترانسفورماتور با یستی توسط کامیون کانتینردار حمل شود و یا با چادر برزنتی ضد آب پوشش داده شود زیرا تابش آفتاب و یا ریزش باران و... به ترانسفورماتور صدمه میرساند. کلیه تجهیزات ترانسفورماتور در صورت وجود شامل رله حرارتی و بوشینگ و نگهدارنده های بوشینگ و فن ... روی ترانسفورماتور نصب شده و یا به همراه آن در داخل بسته بندی *shrinkage* ارسال می گردد. (مطابق شکل ۱۳)

در صورت نیاز و زمانیکه در صد رطوبت بالا باشد می توان بسته های رطوبت کیر (مطابق شکل ۱۴) را در داخل بسته بندی کل ترانسفورماتور قرارداد.



شکل ۱۳



شکل ۱۴



شکل ۱۵- بسته بندی کامل ترانسفورماتور

(۲-۴) بسته بندی ویژه :

در صورتیکه نیاز به بسته بندی ویژه ای باشد، بنا به درخواست مشتری قابل انجام خواهد بود.

۵. تحویل تو انسفورماتور

ترانسفورماتور مطابق بسته بندی ذکر شده در بند (۴) انجام گرفته و تجهیزات جانبی در صورت وجود به صورت جداگانه در جعبه های چوبی به مشتری تحویل می گردد و به همراه ترانسفورماتور مدارک ذیل ارائه می گردد :

- گواهی آزمایشها کارخانه ای

- نقشه تصویر ظاهری

- نقشه پلاک مشخصات

- دفترچه راهنمای نصب و راه اندازی

هنگام تحویل گیری دستگاه تمامی تجهیزات باید از جهت احتمال آسیب دیدگی در حمل و نقل مورد بازرسی قرار گیرند و در صورت مشاهده هر گونه خسارت سریعاً موارد به مدیر واحد، شرکت حمل و نقل، بیمه کن، نمایندگی مجاز و خدمات پس از فروش شرکت ایران ترانسفو اعلام گردد.

لوازم و تجهیزات جانبی نیز که در جعبه ها و یا پالتها قرار دارند، باید تا زمان مورد استفاده در فضای سر پوشیده مناسب انبار شوند.

پس از تحویل ترانسفورماتور خشک باید موارد زیر کنترل و رعایت گردد:

الف - ترانسفورماتور خشک باید در یک محیط مسقف از بسته بندی خارج شود. قبل از باز کردن بسته بندی، به خصوص در فصل زمستان و به دلیل اختلاف دمای محموله با هوای داخل سالن توصیه می شود جهت هم دما شدن و جلوگیری از تعرق در سطح ترانسفورماتور، محموله به مدت ۸ الی ۲۴ ساعت در داخل سالن نگهداری شود.

ب - ترانسفورماتور تحویلی دارای تجهیزات زیرمی باشد :

پلاک مشخصات -

پیچ های اتصال زمین -

برچسبهای هشدار دهنده (مطابق با برگه های ضمیمه) -

سنسورهای حرارتی -

رله ترمومتر حرارتی -

فن در صورت سفارش -

محفظه *Enclosure* در صورت سفارش -

تجهیزات فوق از نظر وجود صدمات کنترل گردد و در صورت بروز مشکل گزارش گردد.

کواهی آزمایش در صورت حضور مشتری یا نماینده قانونی به آنها تحویل و در صورت عدم حضور به ضمیمه بار نامه در محل تحویل به مشتری ارائه می گردد.

ج- پلاک مشخصات ترانسفورماتور با نتایج تست و همچنین با مشخصات سفارش شده انتطبق داده شود و همچنین ترانسفورماتور بایستی از نظر دمای محیط و ارتفاع نصب مندرج در پلاک مشخصات با شرایط محیطی موجود منطبق باشد.

د- کلیه علائم هشدار دهنده باید روی ترانسفورماتور در بخش‌های مربوطه نصب شده باشد.

۵- در صورت وجود *Enclosure* بایستی علامت خطر بر روی بدنه آن نصب شده باشد.

و- قسمتهای رنگ آمیزی شده از جمله چارچوبها و *enclosure* نباید صدمه دیده یا خراش خورده باشد..

ی- بایستی یکسان بودن فواصل عایقی کنترل شود تا این اطمینان بوجود آید که در حین حمل، بوبینها و قطعات نگهدارنده جابجا نشده است و این مورد هم بایستی از لحاظ فواصل شعاعی (رادیال) و هم فواصل محوری (اکسیال) بررسی شوند.

در صورتیکه اجزا ترانسفورماتور(بوبینها و قطعات نگهدارنده و ...) در حین حمل دچار جابجایی شده باشند رفع گردد. در صورت مشاهده چنین مواردی توصیه می شود موضوع به شرکت خدمات پس از فروش ایران ترانسفو اعلام گردد.

- کلیه ترانسفورماتورها مطابق استاندارد *IEC 60076* مورد آزمایش کارخانه ای قرار گرفته اند و بخش تضمین مرغوبیت در تمامی مراحل از تولید تا تحویل، ناظر بر اجرای صحیح فرآیند می باشدو ترانسفورماتور تائیدشده در کارخانه بار کیری می شود. با این حال ، اگردر بازارسی کالا خسارتی یا حادثه ای مشاهده شد سریعاً باید به پیمانکار حمل کزارش گردد.

بازرسی ظاهري ترانسفورماتور را مطابق بندهای زیر انجام دهيد :

۱- بسته بندی

۲- رنگ ترانسفورماتور: در صورت آسیب دیدگی بایستی ترمیم گردد.

۳- آسیب دیدگی ظاهری بوبین ها : در صورت آسیب دیدگی بوبین ها (بویژه بوبین فشار قوی) موضوع به شرکت خدمات پس از فروش ایران ترانسفو اعلام گردد.

۴- تجهیزات جانبی شامل ترمومتر و مقره و ...

توجه : هر نوع عیب و یا آسیب دیدگی باید حداقل طی ۵ روز کاری و یا یک هفته به فروشنده کزارش شود. در صورت عدم دریافت کزارش مبنی بر کاستی و یا عیب

چنین تلقی می گرددکه ترانسفورماتور در شرایط مطلوب و کامل بوده و سازنده هیچگونه مسؤولیتی در رابطه با مسائل بعدی ناشی از حمل و نقل نخواهد داشت.

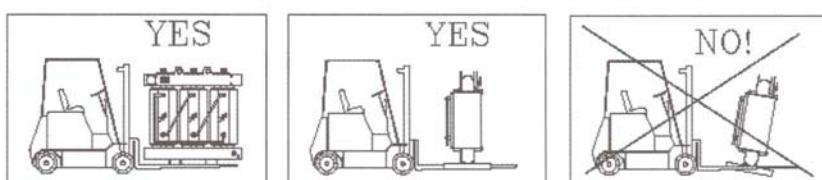
۶. حمل ترانسفورماتورهای خشک

جابجایی و حمل بایستی از محل قلابهای تعییه شده روی چهار چوبهای بالای توسط جرثقیل مناسب انجام شود. در روی پلاک مشخصات ترانسفورماتور وزن کل قید شده است.

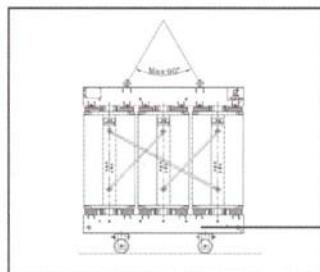
استفاده از لیفتراک فقط برای مسافت‌های کوتاه مجاز است و ترانسفورماتور در هیچ حالتی نباید بیش از ۱۵ درجه کج شود. در شکل‌های (۲۰ و ۲۱) طریقه صحیح حمل توسط لیفتراک نشان داده شده است. شاخکهای لیفتراک باید در محل پایه‌های ناودانی شکل قرار بگیرد و صدمه‌ای به هسته و تجهیزاتی مثل فن وارد نشود. توصیه می‌شود برای حمل ترانسفورماتورها با ارتفاع بیش از ۵.۷ متر، ترانسفورماتور از چهار چوبهای بالا به لیفتراک مهار شود تا از خطر سقوط جلوگیری شود.



شکل ۲۰- حمل ترانسفورماتور به وسیله لیفتراک



شکل ۲۱- طریقه صحیح حمل ترانس بوسیله لیفتراک



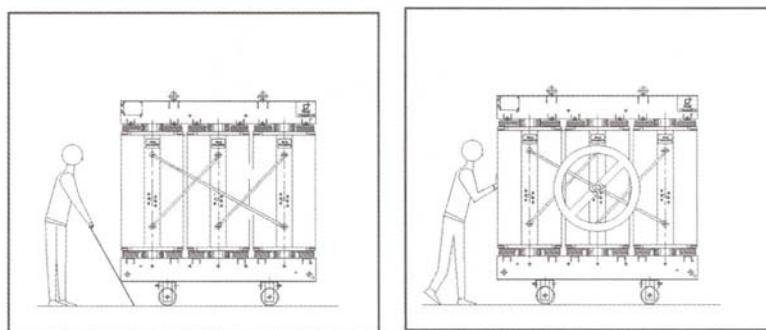
زاویه مابین زنجیرهای حمل مطابق شکل(۲۲) حداقل

برابر ۹۰ درجه است.

کشیدن از محل سوراخ چهار چوب

شکل ۲۲

اکیدا توصیه می گردد از کشیدن یا فشار دادن بر روی بوبینها (مطابق شکل ۲۳) یا اتصالات برای حرکت استفاده نگردد. در صورت نیاز به حرکت ترانسفورماتور، از طریق فشار دادن یا کشیدن بایستی از طریق چهار چوبهای مهار هسته (*Press plates*) انجام پذیرد.



طریقه صحیح حمل

شکل ۲۳

حمل غیر صحیح

جهت استحکام مکانیکی بهتر و مهار مطمئن تر، ترانسفورماتور باید در جهت طولی در کانتینر وسیله نقلیه قرار بگیرد. برای ترانسفورماتورهایی که به مسافت‌های دور و با شرایط سختی حمل خواهند شد توصیه می‌شود حداقل 25cm ما بین دو دستگاه فاصله وجود داشته باشد تا در حین بارگیری و در خلال حمل صدمه ای به ترانسفورماتورها وارد نگردد. در ضمن چوب چهار تراش زیر پایه ترانسفورماتور به کف کامیون مهار گردد تا در تکا نهاده و ترمز های ناگهانی از لغزش جلوگیری بعمل آید.

۷. نگهداری و انبارش ترانسفورماتور خشک

مکان استقرار ترانسفورماتور باید محکم و هموار بوده و بایستی در محل سرپوشیده مناسب و مقاوم در برابر نفوذ آب و تابش مستقیم آفتاب نگهداری شود. در صورت عدم استفاده از ترانسفورماتور برای مدت طولانی، بایستی موارد زیر را رعایت گردد:

الف- دمای محل نگهداری نباید کمتر از 25°C باشد.

ب- محل انبار ترانسفورماتور باید مقاوم در برابر نفوذ آب بوده و ترانسفورماتور در پوشش پلاستکی باقی بماند. در محیط‌های مرطوب بهتر است رطوبت گیر مثل سیلیکاژل در کنار کویلها قرار بگیرد و تهويه مناسب ایجاد شود.

ج- ترانسفورماتور خشک رزینی در برابر آتش سوزی مقاوم می‌باشد. یعنی در ضمن اینکه در اثر آتش سوزی شعله ور نمی‌شود خود خاموش کننده آتش نیز هست و هیچگاه برای اطفای حریق ترانسفورماتور استفاده از آب مجاز نبوده و کپسول CO_2 توصیه می‌گردد.

۸. نصب و راه اندازی ترانسفورماتور

اصولاً سازنده ترانسفورماتور مسؤولیت نصب آن را بعده ندارد ولی توصیه می‌گردد برای راه اندازی ترانسفورماتورها از متخصصین این شرکت استفاده کردد در هر حال برای نصب ترانسفورماتور باید کلیات زیر را در نظر گرفت:

ترانسفورماتور خشک در یک سطح هموار و در محیط سرپوشیده (*indoor*) نصب می‌شود (با $IP\ 00$) و بایستی از ریزش آب محافظت گردد. بعنوان مثال چکه کردن آب ناشی از تعرق لوله‌های عبوری از سقف در بالای ترانسفورماتور (و برای نصب در فضای باز (*out door*) از محافظه فلزی با IP مناسب استفاده شود).

- شرایط نرمال نصب ترانسفورماتور:

ارتفاع محل نصب از سطح دریاکمتر یا برابر 1000 متر

دمای محیط 25°C - الی $+40^{\circ}\text{C}$ درجه سانتیگراد

باید دقت شود که ترانسفورماتور از نظر دمای محیط و ارتفاع نصب مندرج در پلاک مشخصات با شرایط محیطی موجود مطابقت داشته باشد.

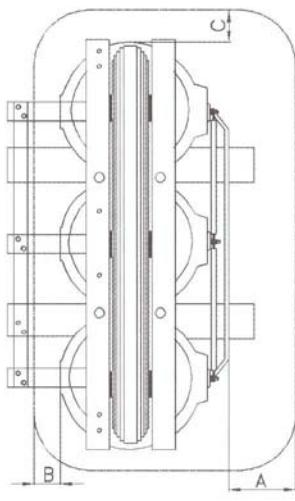
- پیچ اتصال زمین ترانسفورماتور و کلیه قطعات فلزی از جمله *enclosure* زمین شود. در ترانسفورماتورهای *dual voltage* که دارای دو ردیف ولتاژ در *HV* می‌باشند اطمینان حاصل شود که، ترمینال به ولتاژ مربوطه متصل است.

- از صحت اتصال ترمینالها و پلها اطمینان حاصل شود و یکسان بودن تپ در سه فاز کنترل شود.
- سنسورهای حرارتی توسط اهم متر از نظر قطعی مدار از جعبه ترمینال کنترل شود.
- کلیه پیچ و مهره های فولادی و برنجی با گشتاورهای پیشنهادی زیر سفت کردد:

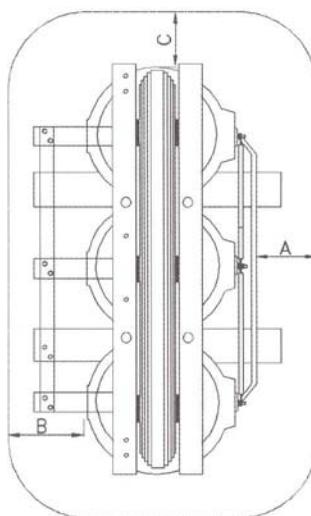
(Thread size) اندازه پیچ	Torques	
	پیچ فولادی (Nm)	پایه برنجی (Nm)
<i>M8</i>	20	10
<i>M10</i>	40	20
<i>M12</i>	75	35
<i>M16</i>	140	70

- کارکرد صحیح رله ترمومتر را مطابق دیاگرام داده شده کنترل کنید.
- در صورت وجود فن، کارکرد و مدار مربوطه کنترل شود.
- تمامی قسمتهای ترانسفورماتور از جمله بوبینها، بخصوص کانالهای خنک کنندگی و فاصله بین بوبینها و ... باید به دقیق تر متمیز شده و گرد و خاکی روی ترانسفورماتور نباشد. این کار را میتوان با هوای فشرده با فشار کم انجام داد. جهت تمیز کاری بهتر بوبین های فشار قوی از الکل اتیلیک استفاده شود.
- بایستی فوائل عایقی کنترل گردد.
- ترانسفورماتور باید در یک اتاق یا محفظه (*enclosure*) به نحوی قرار بگیرد که، حداقل فوائل عایقی تا دیواره های فلزی مطابق جدول زیر و شکل های (۲۴) و (۲۵) رعایت شود. فوائل زیر برای ارتفاع نصب کمتر یا برابر 1000 m می باشد و به ازای هر 500 m بیشتر از 1000 m فوائل عایقی پیشنهادی محفوظه فلزی به میزان 10% افزایش پیدا می کند.

حداکثر ولتاژ سیستم <i>kV</i>	<i>A</i> (mm)	<i>B</i> (mm)	<i>C</i> (mm)
۱۲	۱۲۵~۱۵۰	۵۰	۴۰
۲۴	۲۲۵~۲۸۰	۱۰۰	۵۰~۷۰
۳۶	۳۲۵~۴۰۰	۱۶۰	۹۰~۱۱۰



شکل ۲۵



شکل ۲۶

ترانسفورماتور می تواند بدون اینکه نیاز به حفاظت خاصی داشته باشد همراه با کلیدهای فشار ضعیف و فشار متوسط در یک اتاق قرار بگیرد.
اگرچه بوبینهای ترانسفورماتور توپوست رزین عایق شده اند اما این عایق هیچ گونه ایمنی و حفاظتی را جهت تماس تصادفی افراد ایجاد نمی کند و مطابق عالم هشدار دهنده بایستی از هر نوع تماس با ترانسفورماتور در حال کار جلوگیری نمود. برای این منظور می توان ترانسفورماتور را با *Guard rail* یا قفسه های توری احاطه کرد.
- اندازه گیری مقاومت عایقی جهت تعیین اشتباكات و اشکالات احتمالی که در حین نصب صورت می گیرد، نتایج آن بستگی به فاکتورهای متعددی همانند ولتاژ مولد مغناطیسی، رطوبت، تمیز بودن سطوح، دما و ... دارد

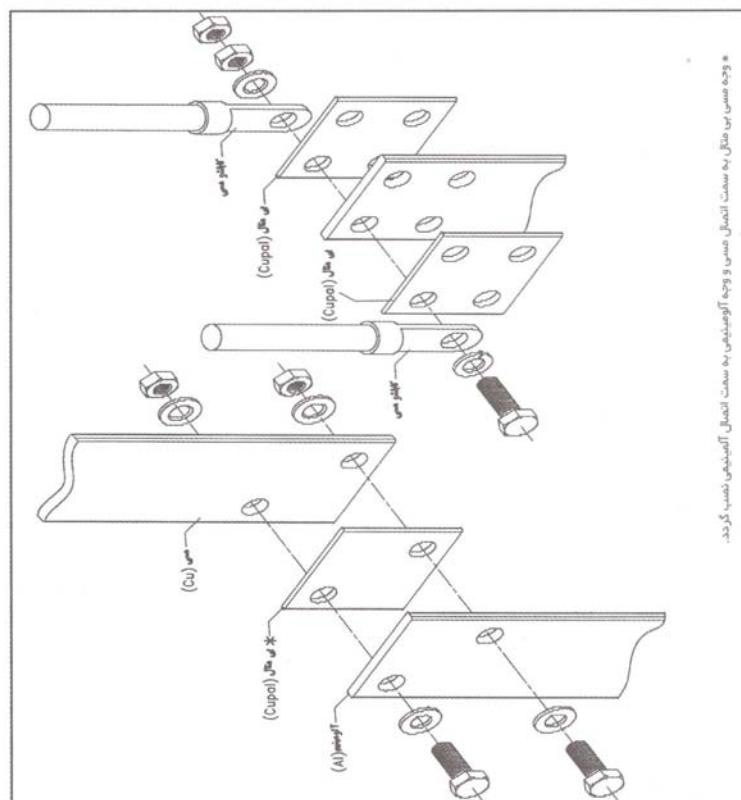
اتصالات ترانسفورماتور:

جهت کامل بودن اتصال ترمینال به کابل‌های فشار ضعیف ضروری است که لایه اکسید نازک و نامرئی ایجاد شده روی سطح آلومینیم را که هدایت بسیار پایینی دارد از سطح آلومینیم پاک کرد.

- اتصالات ترانسفورماتور از قبیل کابلها و باس بارها باید به نحوی نگهداشته شوند که هیچ گونه استرس یا فشاری به ترمینالهای HV و LV یا مقره (support) در HV وارد نشود. همچنین کابلها و باس بارها دارای سطح مقطع کافی باشند تا بیش از حد گرم نشوند.

- اگر هیچ نوع حفاظتی در برابر رطوبت نداشته باشیم، توصیه می‌شود یک صفحه آلومینیمی که طرف دیگر آن مس باشد (با نام تجاری Cupal شناخته شده است) ما بین سطوح کنタکتها استفاده شود به نحوی که طرف آلومینیمی آن با شینه‌های فشار ضعیف (LV) و طرف مسی آن با اتصالات و کابل‌های مسی در تماس باشد. مطابق

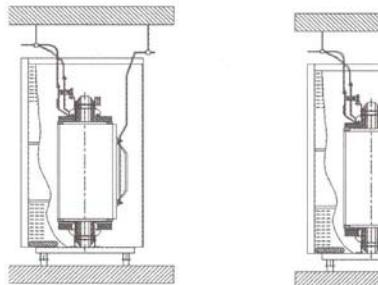
شکل زیر:



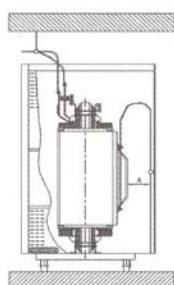
- در صورتیکه ترانسفورماتوردر یک اتاق یا محیط *indoor* قرار بگیرد که امکان تعرق مداوم و یامکان ایجاد گازهای خورنده وجود دارد ، پیشنهاد می شود که، محل اتصالات و ترمینالها بصورت کامل با رنگ لakkی پوشیده شود . در صورت بروزتعرق توصیه می شود قبل از راه- اندازی ، ترانسفورماتور پیش گرم شود .

در حالت نرمال ترمینالهای خروجی فشار قوی و ضعیف در قسمت فوقانی ترانسفورماتور تعبیه می گردد (خروج ترمینال از پایین در صورت در خواست مشتری امکانپذیر است) و اتصالات طرف فشار قوی توسط پیچ و مهره های موجود در محل ترمینال انجام می گیرد و در صورتی که از مقره رزینی استفاده شود این اتصال بصورت *plug in* خواهد بود .

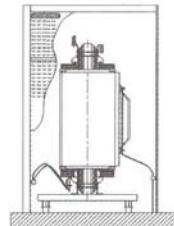
با توجه به اینکه امکان دارد کابلهای طرف فشار ضعیف و قوی از بالا ویا از پایین هدایت شده و به ترمینالها متصل گردد ، اتصالات ممکن است به حالتی مختلفی صورت گیرد که در شکلهاي ۲۶ الى ۳۰ انواع آن نمایش داده شده است : در شکل (۳۱) ترانسفورماتور در داخل *Enclosure* آماده برای انجام اتصالات نشان داده است .



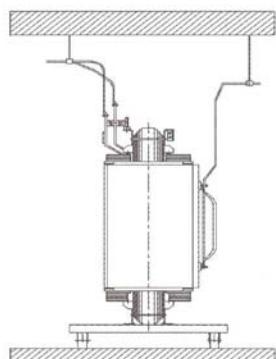
شکل ۲۸



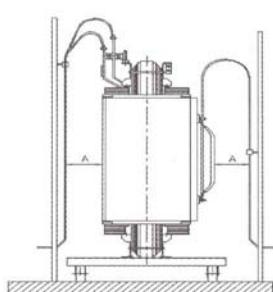
شکل ۲۷



شکل ۲۶



شکل ۳۰



شکل ۲۹



شکل ۳۱

۱ اضافه جریانها :

اضافه جریان ممکن است ناشی از موارد زیر باشد: ۱. اضافه بار ۲. خطأ در شبکه ۳. خطأ در ترانسفورماتور ۴. اتصالات ترانسفورماتور.

ترانسفورماتور باید از اثرات حرارتی و دینامیکی ناشی از اتصال کوتاهها و اضافه جریانها حفاظت شده باشد . یعنی رله ها و تجهیزات حفاظتی ترانسفورماتور بصورت دقیق از لحاظ مقدار و زمان تنظیم شده باشد تا از عبور جریانهای بیش از حد جلوگیری نماید .

اگر ترانسفورماتور در حالت اضافه بار نتواند حرارت ایجاد شده را دفع کند ، دمای بوبینهای بالا رفته و ممکن است به عایقها صدمه برساند. در این صورت بایستی اضافه بار ایجاد شده را کاهش داد. (اضافه بار به مدت طولانی خطر ناکتر از اضافه بار لحظه ای با مقدار زیاد است).

تجهیزات کنترل دما

معمولابه همراه هر ترانسفورماتور یک رله ترمومتردیجیتالی به مشتری تحویل می گردد. برای اندازه گیری دما می توان از سنسورهای $PT100$ استفاده نمود. سیستم مورد استفاده معمول و استاندارد گروه ایران ترانسفو جهت حفاظت حرارتی استفاده از سنسورهای حرارتی $PT100$ و رله ترمومتردیجیتالی با آلام و تریپ است. همچنین این ترمومتردارای کن tact خروجی جهت نمایش خرابی سنسورها نیز می باشد.

عمل آلام و تریپ بوسیله کن tact های خروجی الکتریکی (باز / بسته) مطابق دیاگرام موجود انجام می شود.

مقادیر دمای پیشنهادی برای سیکنالهای آلام و تریپ به شرح ذیل می باشد: (این مقادیر برای متوسط جهش حرارتی $100^{\circ}C$ و برای حداقل دمای محیط $40^{\circ}C$ می باشد).

دمای آلام: $130^{\circ}C$

دمای تریپ: $140^{\circ}C$

دمای کنترل (شروع) فن: $90^{\circ}C$

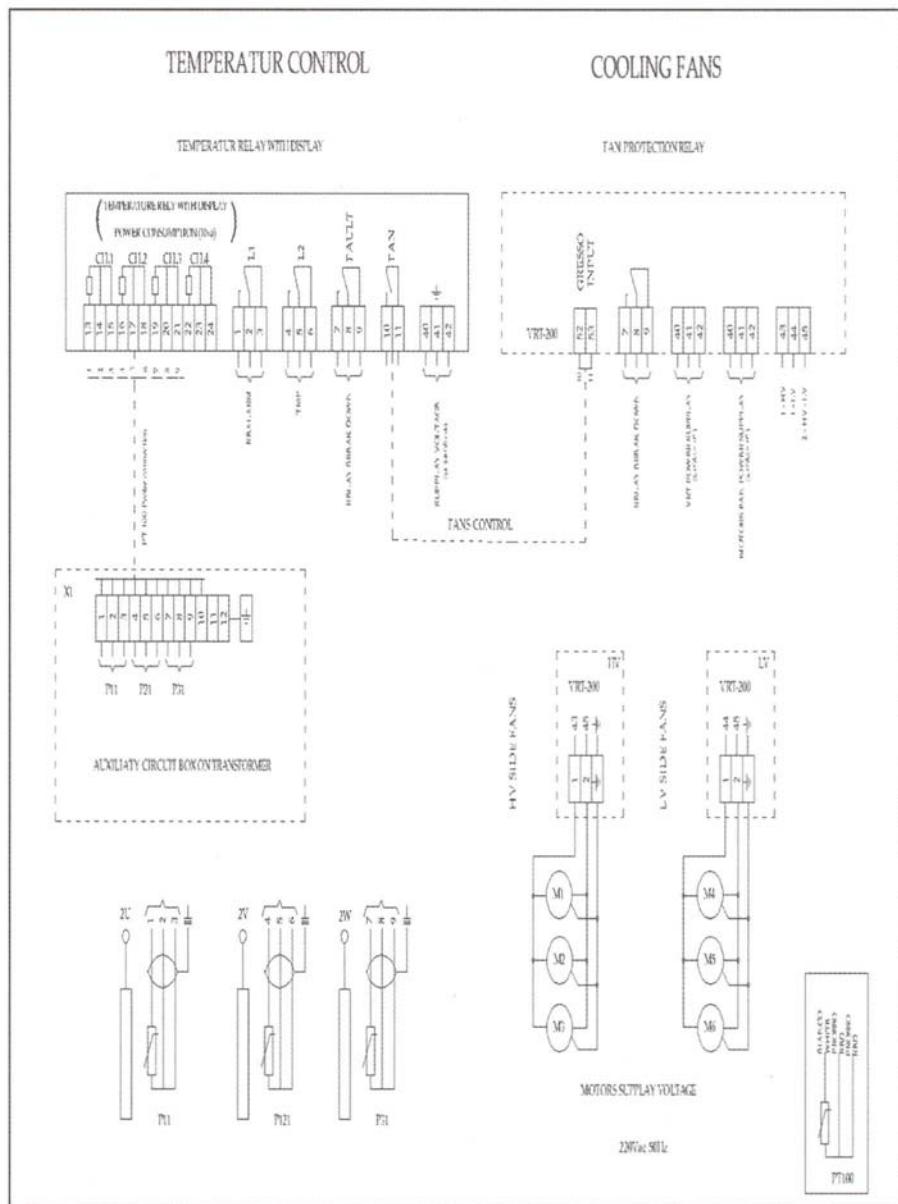
دستور العمل جهت استفاده و تنظیم و نصب رله ترمومتر و برای تغییر دماهای آلام و تریپ به همراه رله ترمومتر ارائه می شود.

اتصالات ترانسفورماتور و دستگاه حفاظت دمایی (رله ترمومتر)

جهت کنترل دمای بوبینها در ترانسفورماتور از رله ترمومتر استفاده می شود. هر ترانسفورماتور شامل ۳ عدد سنسور حرارتی $PT100$ (در هر فازیک عدد) برای اندازه گیری دما می باشد که باید به رله ترمومتردیجیتالی متصل گردد.

اتصالات سنسورهای $PT100$ از ترانسفورماتور (از جعبه تقسیم) به رله ترمومتر توسط ۹ سیم انجام می شود، که این اتصال باید از اعداد متناظر به هم صورت گیرد. (مطابق شکل ۳۲ از ۱۳ و ۱۴ و ... در جعبه ترمیتل به اعداد متناظر در رله ترمومتر)

رله ترمومتردیجیتالی شامل ۴ کانال ورودی، کن tact های آلام، تریپ و یک کن tact جهت کنترل کارکرد فن (در صورت وجود فن) می باشد و دمای سه بوبین فشار ضعیف (در صورت درخواست، دمای هسته) را نمایش می دهد.



شکل ۳۲

کانالهای ۱ تا ۳ به ترتیب مربوط به فازهای U و V و W می باشند.

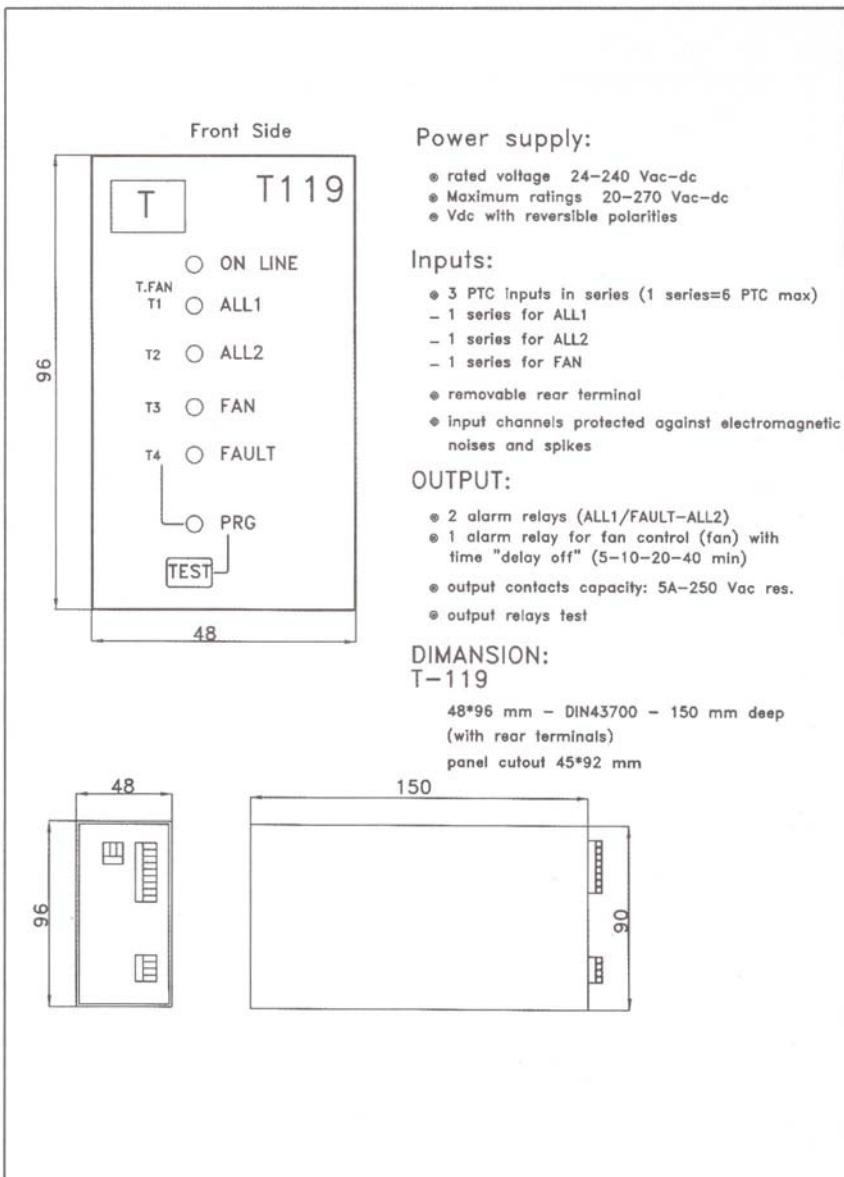
ایران ترانسفو بطور معمول از رله ترمومتر *T154 Tec system* ساخت شرکت

استفاده می کند که مراحل تنظیم این رله مطابق جدول صفحه بعد می باشد

مرحله	کلید عملیاتی	شرح	مراحل وارد کردن اطلاعات رله دیجیتالی کنترل دما مدل tecsystem-154
1	PRG/SET	کلید PRG/SET را فشار داده و به همان حالت نگهدارید . نوشته PRG به مدت ۷ ثانیه چشمک می زند و به محض متوقف شدن چشمک دمای عملکرد آلام ظاهر می شود .	ملاحظات برنامه روشن می شود LED
2		دماي عملکرد آلام مورد نظر را برای سنسورهای ۳ ، ۲ وارد نمایيد	
3	PRG/SET	با فشار دادن شستی PRG/SET دماي عملکرد با فشار دادن شستی PRG/SET دماي عملکرد TRIP ظاهر می شود	
4		حددهای عملکرد TRIP را برای سنسورهای ۱ ، ۲ وارد نمایيد	
5	PRG/SET	با فشار دادن PRG/SET سنسور چهارم ظاهر می شود	
6		انتخاب (CH4 YES یا NO)	غیر فعال : NO ، فعال : YES
7	PRG/SET	دماي عملکرد ALARM برای CH4 ظاهر می شود در صورت انتخاب YES در مرحله ۶	
8		دماي عملکرد ALARM را برای CH4 وارد کنيد	
9	PRG/SET	دماي عملکرد TRIP ظاهر می شود در صورت انتخاب YES در مرحله ۶	
10		دماي عملکرد TRIP مورد نظر برای CH4 را وارد کنيد	
11	PRG/SET	علامت FAN روی صفحه ظاهر می شود	
12		انتخاب YES یا NO	کنکات خروجی YES فعال
			کنکات خروجی NO غیر فعال
13	PRG/SET	علامت CHF روی صفحه ظاهر می شود اگر در مراحل ۶ و ۱۲ YES انتخاب شده باشد	
14		انتخاب ۴ یا 3.2.CH1 را برای شروع کار فن را وارد کنيد	مروبطه روشن می شود LED
15	PRG/SET	گزینه ON روی صفحه ظاهر می شود	
16	PRG/SET	" ظاهر می شود " علامت 000	
17		دماي روشن شدن فن را وارد نمایيد	
18	PRG/SET	علامت OFF روی صفحه ظاهر می شود	
19	PRG/SET	علامت "000" روی صفحه ظاهر می شود	
20		دماي مورد نظر برای خاموش شدن فن را وارد نمایيد	

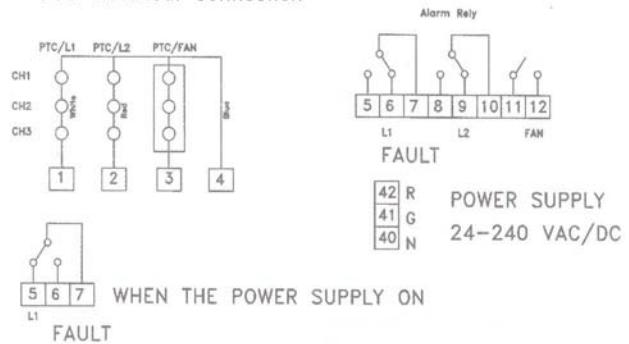
tecsystem-154	مراحل وارد کردن اطلاعات رله دیجیتالی کنترل دما مدل		
ملاحظات	شرح	کلید عملیاتی	مرحله
	وضعیت کنترل فن نوشته "H 00" روی صفحه ظاهر می شود	PRG/SET	21
	تنظیم مدت زمان کارکرد فن بر حسب ساعت		22
مد کنترل خرابی سنسور	علامت Fcd روی نمایشگر ظاهر می شود	PRG/SET	23
تشخیص خرابی YES: سنسور	علامت YES روی نمایشگر ظاهر می شود		24
عدم تشخیص خرابی NO سنسور:	علامت PRC روی نمایشگر ظاهر می شود	PRG/SET	25
قابل تغییر NO برنامه در صورت انتخاب نمی باشد	علامت YES روی نمایشگر ظاهر می شود		26 *
LED را روشن می کند دستگاه چراغهای	با فشار دادن کلید ENT برنامه ذخیره می شود		27
	با فشار دادن کلید ENT رله در حالت کارکرد قوار می گیرد	PRG/SET	28
در مرحله ۲۶، برای تغییر مجدد پایستی مراحل ذیل اجرا شود. NO در صورت انتخاب گزینه ENT فشار دادن شستی PRG/SET فشار دادن شستی			
* ظاهر می گردد. nCH در نمایشگر متوقف شود پیغام PRG و نگهداری آن به مدت حدود ۷ ثانیه تا اینکه چشمک زن TEST فشار دادن شستی			
توجه: برای قفل شدن تغییرات برنامه پایستی گزینه مربوطه مجددا در مرحله ۲۶ انتخاب شود.			

رله کنترل دمای T119: در بعضی از ترانسفورماتور از این نوع رله کنترل دما استفاده می گردد. مزیت آن عدم نیاز به تنظیمات برنامه ای است. این رله ها در کارخانه تولید کننده رله برای دمای کاری set می شود. نحوه اتصال سنسورها و ارتباطات الکتریکی آن مطابق شکل هایی است که به ضمیمه آمده است.

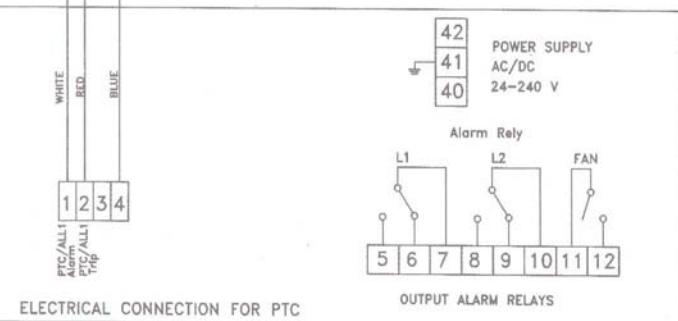


ELECTRICAL CONNECTION T-119

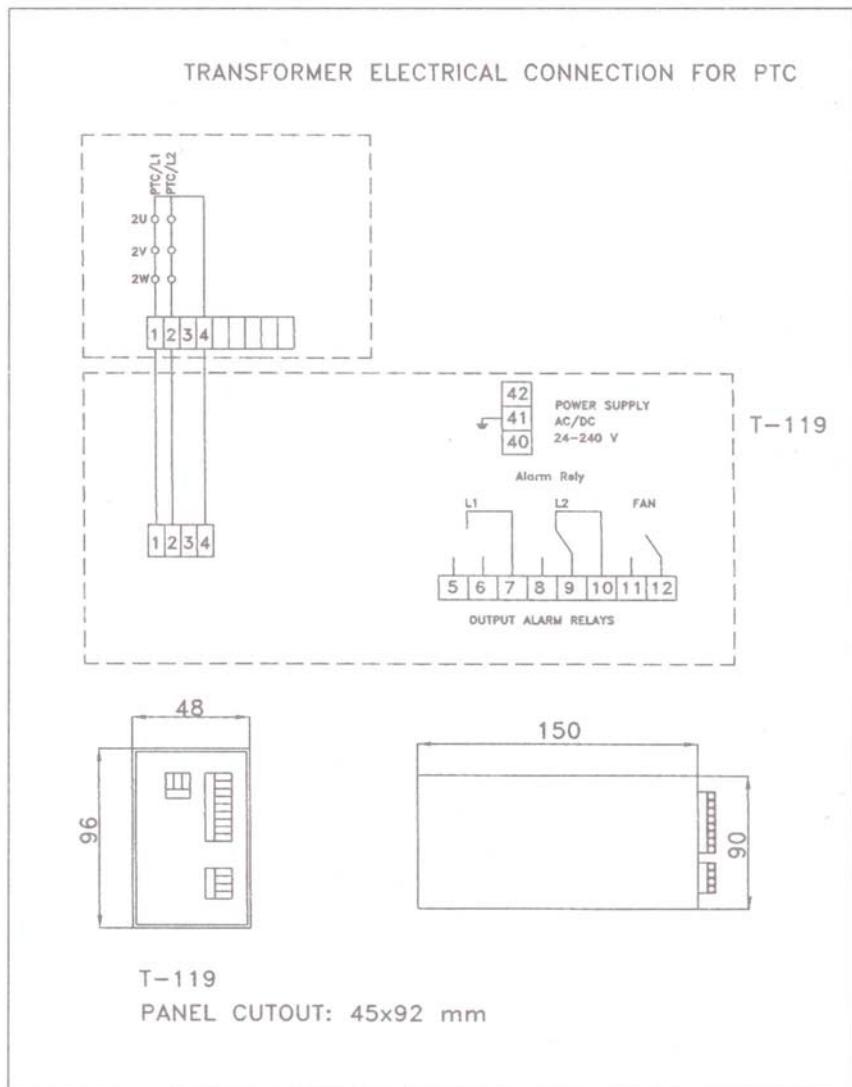
PTC electrical Connection



T-119



ELECTRICAL CONNECTION FOR PTC



خنک کاری با فن :

از جمله تجهیزاتی که برای خنک کاری ترانسفورماتور استفاده می شود فن می باشد . استفاده از فن در ترانسفورماتورهای خشک فقط برای حالت اضطراری توصیه می شود و نمی توان به صورت دائمی در توان با لاتر از توان نامی از فن استفاده نمود .

بسته به طراحی ترانسفورماتور، فن ممکن است دریک طرف یا هر دو طرف ترانسفورماتور روی پایه ناودانی شکل و در پایین هر فاز نصب شود. ظرفیت و توان فن بیشتر به طراحی ترانسفورماتور و توان آن بستگی دارد.

۹. تهویه اتاقک ترانسفورماتور

هنگامیکه ترانسفورماتور تحت بار و در شرایط کار دائمی است تلفاتی بصورت گرمای و حرارت ایجاد خواهد شد که باقیتی دفع شود. اولین قدم برای دفع حرارت ایجاد شده، روش طبیعی و بدون فن است. (AN)

ترانسفورماتور باید در محیطی نصب شود که تهویه مناسب داشته و نفوذ حرارت اضافی به اتاقک ترانسفورماتور امکان پذیر نباشد. محفظه ترانسفورماتور باید در یک اندازه مناسب بوده و دارای دریچه ورود و خروج هوا باشد و فواصل لازم تا دیواره ها و سقف رعایت شده باشد و اگر دارای دیواره های فلزی است زیر نور مستقیم آفتاب نباشد.

دریچه ورود هوای خنک باید در پایین (حتی المکان در پایینترین نقطه) یکی از دیواره ها بوده و نزدیک به ترانسفورماتور باشد. دریچه دیگر جهت خروج هوای گرم در ارتفاعی بالاتر از ترانسفورماتور (حتی الامکان نزدیک سقف) و در دیواره روبرو و دارای اندازه بزرگتر (حدوداً ۱۰٪ الی ۱۵٪) از دریچه ورود تعییه می گردد. (مطابق شکل ۳۳). اندازه دریچه ها به میزان تلفات ترانسفورماتور و به دمای هوا و ورودی به اتاقک و هواخروجی دارد. در صورت آلودگی زیاد هوا باقیتی فیلتر در دریچه ورودی هوا پیش بینی شود.

حداقل حجم هوای مورد نیاز تهویه را با یک تقریب خوب میتوان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$Q = Pt / (1.15 * \Delta\theta) \quad (m^3/sec)$$

به این ترتیب سطح دریچه ورودی هوا را میتوان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$S = 10.752 * \left(\frac{Pt}{\sqrt{H * \Delta\theta}} \right) m^2$$

با در نظر گرفتن اختلاف دمای ۱۵° برای هوا بیرون و درون اتاقک رابطه بالا بصورت زیر خلاصه می شود:

$$S = 0.185 * \left(\frac{Pt}{\sqrt{H}} \right) m^2$$

که در این فرمولها پارامترهای موجود بصورت زیر تعریف می شود:

$$Pt = kW$$

تلغات کل بر حسب

$$\Delta\theta = {}^{\circ}C$$

اختلاف دمای بیرون و داخل اتاق بر حسب

$$Q = m^3/sec$$

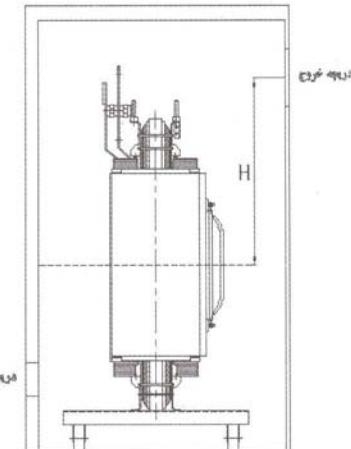
حجم هوایی که از داخل اتاق عبور میکند بر حسب

$$H = m$$

فاصله بین مرکز الکتریکی و مرکز دریچه خروجی اتاق

$$S = m^2$$

سطح مقطع کل دریچه ورودی پائینی بر حسب



شکل ۳۳- تهویه اتاق ترانسفورماتور

اگر محیط نصب ترانسفورماتور از نظر ابعاد محدودیتهایی در جهت تهویه ایجاد کند در این صورت یک یا چند فن برای خنک کردن اتاق و تهویه آن لازم می باشد ولی در این حالت نیز باید فواصل عایقی رعایت شود. تهویه مناسب و خوب مستلزم آن است که فاصله ترانسفورماتور از هر طرف با دیواره های اتاق حداقل 500 mm باشد.

برای تهویه مناسب ترانسفورماتورهای خشک موارد زیر اکیدا تووصیه می شود:

- جهش حرارتی ($\Delta\theta = \theta_T - \theta_{amb}$) از مقدار مندرج در پلاک مشخصات فراتر نرود.

θ_T : دمای بویین

θ_{amb} : دمای محیط

- ترانسفورماتور نباید در اتاق با ابعاد کوچک بدون دریچه ورود و خروج هوا نصب شود.

- ترانسفورماتور را نباید در اتاقی که برای کاربری دیگر ساخته شده قرار داد، "مخصوصاً" در اتاقهایی که در آن ماشینهایی با دمای بالا کار میکنند: مانند بویلر، ژنراتور بخار و ...

۱۰. نکاتی در زمینه ایمنی

۱. کار با تجهیزات بایستی فقط توسط افراد متخصص و آموزش دیده انجام پذیرد.
۲. قبل از شروع کار شرایط محل نصب ترانسفورماتور را مورد بررسی قرار دهید.
۳. همیشه از لباس و کفش ایمنی استفاده نمائید.
۴. در صورت وجود خطر سقوط اشیا و برای حفاظت از ضربات ناشی از اشیا سنگین از کلاه ایمنی استفاده کنید.
۵. جهت حفاظت دستهای خود در برابر بریدگی و سوختگی و ... از دستکش ایمنی استفاده کنید.
۶. جهت حفاظت چشمها خود در برابر خطر اجسام خرد شده، پلیسه یا تشعشعات حرارتی و یا نوری از عینک ایمنی استفاده نمائید.
- امکان بروز حوادث ناشی از مواد پیرامون همانند مایعات ریخته شده روی زمین، صفحات دارای میخ برجسته، ناهمواریهای سطح، مسیرهای تنگ و ... را در نظر داشته باشید.

در هر مرحله با توجه به هشدارها و رعایت ایمنی کار را اجرا کنید.

هر گونه حادثه ای را به سرعت به مسؤول خود گزارش دهید تا ضمن اقدام سریع و مناسب، اقدام لازم جهت تهیه گزارش دقیق حادثه فراهم گردد و علاوه بر اطلاع مسؤولین امکان دریافت خسارات مالی و جانی از شرکت بیمه فراهم گردد.

نکات قابل توجه در نصب و نگهداری در تاسیسات الکتریکی:

۱. همیشه از شرایط و اوضاع تاسیسات خود یا وظایف نگهداری و حوزه کاربرد آنها، شرایط کلیدزنی و نیز خطرات خاص موجود در تاسیسات اطلاع کسب نمایید.
۲. عملیات کلید زنی در تاسیسات الکتریکی وظیفه پرسنل مسؤول بوده و ارتباطی به افراد تاسیسات و نگهداری ندارد.
۳. در مکانهای خطرناک که احتمال آتش سوزی یا انفجار وجود دارد، قبل از شروع بکار، خود را با مقررات خاص موجود آشنا نموده و بطور جدی به راهنمایی مسؤول توجه کنید.
۴. هنگام کار در تاسیسات الکتریکی همواره ۵ دستور زیر را رعایت کنید:
 - ۱-۱. تاسیسات برقی را از مدار خارج نمایید.
 - ۱-۲. آنها را در مقابل اتصال کوتاه محافظت نمایید.
 - ۱-۳. اتصالات الکتریکی را در حالت بدون ولتاژ اتصال کوتاه نموده و به زمین وصل نمایید.

- ۴-۴. اتصالات برق دار مجاور را قطع نموده و یا بپوشانید.
۵. جهت اطفاء حریق تجهیزات برقی از کپسول CO_2 استفاده نماید که اثر سوء بجای نمی گذارد.

- سرویس و نگهداری :

در شرایط کارکرد نرمال ترانسفورماتورهای خشک رزینی ساخت گروه ایران ترانسفوبه سرویس و نگهداری خاصی نیاز ندارد. برای اطمینان بیشتر سرویس و نگهداری ذیل توصیه می گردد.

ردیف	شرح	پری—ود زمانی	ملاحظات
۱	کنترل قطعی سنسور PTC و $PT100$ توسط اهم متر	سالیانه	
۲	کنترل عملکرد رله ترمومتر دیجیتالی	ماهیانه	
۳	تمیز کاری گرد و غبار بوبین ها با هوای فشرده و دستعمال پارچه ای	شش ماهه	- حداکثر فشار هوا bar - ترانسفورماتور از مدار خارج شود.
۴	روبوت گیری ترانسفورماتور با استفاده از کوره و یا اتصال کوتاه طولانی	در صورت عدم استفاده به مدت طولانی	دمای رطوبت گیری و خشک کردن $80^{\circ}C$
۵	آچار کشی ترمینال های LV و HV	سالیانه	مطابق جدول صفحه ۲۶
۶	اندازه گیری استقامت عایقی	در صورت عدم استفاده به مدت طولانی	LV به زمین: $Min.5Mohm$ HV به زمین: $Min.20Mohm$ LV به HV : $Min.20Mohm$
۷	کنترل هم مرکز بودن بوبین HV نسبت به LV در ارتفاع بوبینها بعد از جابجایی، اعمال شوک و یا اتصال کوتاه شدن ترانسفورماتور	در صورت نیاز	
۸	آچار کشی پایه های بوبین ها بعد از حمل و نقل	در صورت نیاز طولانی	

۱۱. آزمایشات قبل از نصب و راه اندازی

اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچ :

مقاومت عایقی جهت تعیین اشکالات جدی که در حین نصب صورت می گیرد، اندازه گیری می شود. نتایج به عوامل زیادی از قبیل ولتاژ ژنراتورهای مغناطیسی، فاصله فازها و غیره بستگی داشته و ثبات معینی روی مقادیر وجود ندارد.

ولتاژ اندازه گیری :

زمان آزمایش : ۱ دقیقه (۵ دقیقه*)

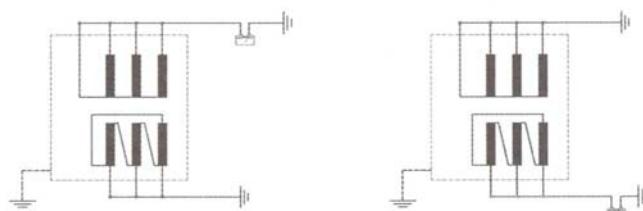
ولتاژ آزمایش نباید از $70\text{ }%$ درصد ولتاژ عایق بندی بیشتر باشد.

(*) : در صورتی که مقدار قرائت شده مقاومت عایقی پس از یک دقیقه مقداری ثابت نگردد، زمان اندازه گیری باید تا ۵ دقیقه افزایش یابد.

توجه :

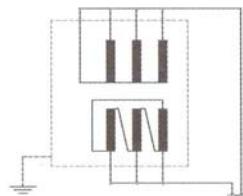
در هنگامی که ولتاژ اندازه گیری اعمال می شود سیم پیچ ها به واسطه خاصیت خازنی شارژ می شوند و در نتیجه از تماس با سر فازها به واسطه احتمال بروز شوک الکتریکی اجتناب نمایید و پس از اندازه گیری سیم پیچ های سه فاز را جهت تخلیه الکتریکی به زمین متصل نمایید.

تجهیزات اندازه گیری و مدارات اندازه گیری



شکل ۳۵

شکل ۳۴



شکل ۳۶

- ۱- سیم پیچ فشار قوی
- ۲- سیم پیچ فشار ضعیف
- ۳- بدنه ترانسفورماتور
- ۴- وسیله اندازه گیری مقاومت عایقی

مقاومت عایقی باید بین سیم پیچها و زمین همچنین بین خود سیم پیچها با یکدیگر اندازه گیری شوند . سیم پیچهایی که در مدار آزمایش قرار ندارند باید زمین شوند .

نتایج آزمایش :

.....	وسیله اندازه گیری :
.....	ولتاژ آزمایش : kV
.....	دماهی ترانسفورماتور : $^{\circ}C$
مقاومت عایقی ($M\Omega$) پس از			نقاط اندازه
دقیقه ...	دقیقه ...	1 دقیقه	گیری شده
			$HV - E$
			$LV - E$
			$HV - LV$

اندازه گیری جریان بی باری :

هدف از اندازه گیری :

هدف از اندازه گیری جریان بی باری در ولتاژ پایین یافتن عیوبی از سیم پیچی می باشد که توسط روش‌های دیگر مانند اندازه گیری مقاومت و یا نسبت تبدیل ، قابل تشخیص نمی باشدند .

اگر گروه اتصال یک ترانسفورماتور سه فاز مشخص نباشد ، آرایش مدار میتواند توسط اندازه گیری جریانهای بی باری مشخص شود .

جهت دستیابی به مقادیر اندازه گیری شده تجدید پذیر ، پسماند مغناطیسی ناشی از اندازه گیری های DC نباید در هسته آهنی ترانسفورماتور وجود داشته باشد . بدین دلیل ، جریانهای بی باری باید قبل از اندازه گیری مقاومت DC سیم پیچ اندازگیری شوند .

اندازه گیری جریانهای بی باری در ترانسفورماتور سه فاز :
جریانهای بی باری باید به طور مجزا در طرفهای فشار قوی و فشار ضعیف اندازه گیری شوند .

در هنگام اتصال ولتاژ ورودی جهت حفاظت وسایل اندازه گیری در برابر جریانهای اضافی باید تمهداتی اندیشیده شود.

هنگامیکه اندازه گیری بر روی سیم پیچ انشعاب دار انجام می گیرد، اتصالات تنظیم ولتاژ در حالت حداقل ولتاژ یعنی جایی که شما بالاترین نسبت تبدیل را بدست می آورید تنظیم گردد.

ضوابط زیر مورد توجه قرار گیرند:

اتصال ستاره:

دو جریان برابر و بزرگتر از جریان سوم

جریان کمتر در فاز میانی و نسبت جریانها تقریباً $I-0.8-I$

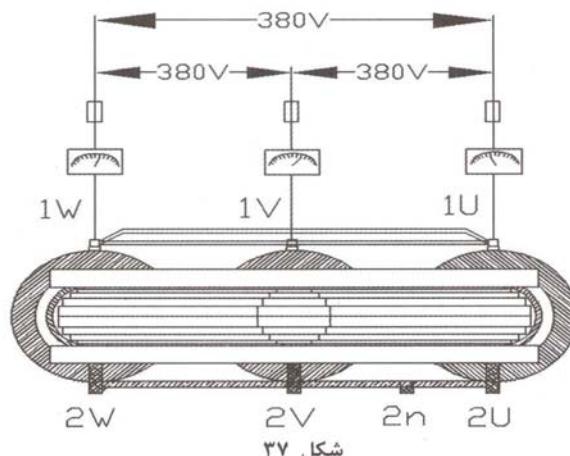
اتصال مثلث یا زیگزاگ:

دو جریان برابر و بزرگتر از جریان سوم جریان بیشتر در فازهای بیرونی و

نسبت جریانها تقریباً $I-I-1.3$

توجه:

پس از هر بار اندازه گیری جریان بی باری، سیم پیچها جهت حصول اطمینان از تخلیه الکتریکی باید برای یک مدت زمان کافی زمین شوند.



شکل ۳۷

اندازه گیری مقاومت سیم پیچی:

اندازه گیری مقاومت سیم پیچ بیانگر صحت اتصالات سیم پیچ (اتصالات جوشکاری شده، اتصالات پیچ و مهره ای یا فنری) می باشد.

اصول اندازه گیری مقاومت DC سیم پیچ

مقاومت DC سیم پیچ ها که از جنس آلومینیوم می باشند با دما طبق رابطه زیر تغییر می کند .

θ_w : دمای مبنا

$$R_w = R_k \cdot \frac{225 + \theta_w}{225 + \theta_k} \quad \theta_k : \text{دمای محیط در لحظه اندازه گیری}$$

R_w : مقاومت در دمای مبنا

R_K : مقاومت در دمای محیط

بدین دلیل بیان مقدار مقاومت تنها وقتی قابل درک است که با یک دمای مبنا بیان شده باشد.

روش اندازه گیری :

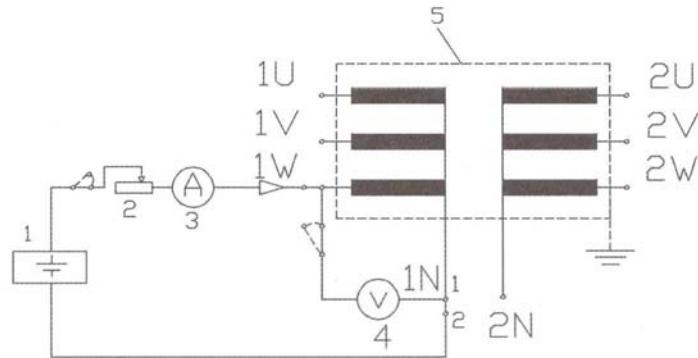
مقاومت سیم پیچ ترانسفورماتور توسط روش جریان - ولتاژ تعیین می شود یک باطری ۱۲ تا ۲۴ ولت (باطری اتومبیل) یک منبع ولتاژ مناسب بوده ، ولی بهتر است از یک منبع ولتاژ با جریان ثابت استفاده شود . در هنگام استفاده از یک باطری اتومبیل مقاومت تنظیم کننده باید به اندازه ای تنظیم کردد که جریان تقریبی مدار ۱۰ آمپر برای سیم پیچ LV و ۱ آمپر برای سیم پیچ HV بوده و افت ولتاژ تولید شده با دقت کافی توسط ولتمتر خوانده شود .

حد بالای جریان DC اندازه گیری : تا ۱۰ درصد جریان مجاز سیم پیچ
حد پایین جریان DC اندازه گیری : ۱/۲ برابر مقدار ماکزیمم جریان بی باری یک ولت متر جهت اطمینان از حذف خطاهای ناشی از انتقال مقاومتها فیدر های خط لازم است زیرا مقاومت اهمی ترانسفورماتور های بزرگ مقدار بسیار کوچکی می باشد .

اندازه گیری مقاومت سیم پیچ : پس از وصل منبع ولتاژ، مدتی صبر کنید تا جریان به مقدار نهایی خود برسد . قرائتهایی که پیشتر صورت گرفته است ممکن است غلط بوده و مقدار مقاومت بزرگتری را حاصل نموده باشد . در هنگامی که مقاومت سیم پیچهای بزرگ با ولتاژهای پایین را که مقدار کوچکی دارد اندازه گیری می کنید، جهت برقرار شدن حالت دائمی باید مدت بیشتری صبر کنید . اگر دقت بالایی مورد نیاز است جریان تغذیه باید متعاقباً افزایش یافته (تا ۱۰٪ جریان نامی سیم پیچها) و منبع تغذیه دارای توان مناسبی باشد . ولتمتر و آمپر متر باید همزمان خوانده شود .

قابل ذکر است که در هنگام قطع و وصل جریان اندازه گیری، ولتومتر در مدار قرار ندارد. مقاومت اهمی هر سیم پیچ بین هر فاز و تمامی سرهای خروجی کلید تنظیم ولتاژ در کل رنج، اندازه گیری می شود. نسبت ولتاژ روی سیم پیچ و جریان DC اندازه گیری شده که از آن عبور میکند مقدار مقاومت سیم پیچها را تشکیل می دهد.

- ۱- منبع جریان مستقیم
- ۲- مقاومت تنظیم کننده
- ۳- آمپر متر
- ۴- ولت متر
- ۵- ترانسفورماتور تحت آزمایش



شکل ۳۸

مقدار اندازه گیری شده باید با گزارش آزمایش مقایسه شده تا بتوان در مورد عیوب به طور دقیق تحلیل نمود.

احتیاط :

هنگامی که باطری را از مدار خارج می کنید، مطمئن شوید که انرژی ذخیره شده ناشی از اندوکتانس سیم پیچها دشارژ شوند. سیم پیچها را از طریق مقاومت رئوستات اتصال نمایید، مثلاً باطری را قطع کرده و مقاومت را تا صفر کاهش داده و سیم پیچها را زمین کنید.

اندازه گیری مقاومت - نتایج اندازه گیری مقاومت سیم پیچ											
مشتری :			پروژه :			نمودار سریال :			مشتری :		
گروه اتصال :			توان :			نسبت تبدیل :			مدل :		
شماره پلیس کلید	اهم ۱۷-۱۶	افزایش بر حسب درصد %	اهم ۱۷-۱۶	افزایش بر حسب درصد %	اهم ۱۶-۱۴	افزایش بر حسب درصد %	اهم ۱۷-۱۶	اهم ۱۷-۱۶	اهم ۱۷-۱۶	اهم ۱۷-۱۶	اهم ۱۷-۱۶
۱											
۲											
۳											
۴											
۵											
۶											
۷											
جریان تابع توزان سیفورماتور : (آمپر)			بساطه : (آمپر ساعت) (ولت)			مقاومتها : (اهم)			وسایل اندازه گیری بکار رفته : (نام کارشناس)		
باخث :			تاریخ :								

اندازه گیری نسبت تبدیل ولتاژ و تست عملکرد اتصالات تنظیم ولتاژ:

هدف از اندازه گیری

در اندازه گیری نسبت تبدیل ترانسفورماتور با ولتاژ پایین (مثلًا ۳۸۰ ولت) همزمان یک آزمایش عملکرد شینه تنظیم ولتاژ و یک آزمایش نسبت تبدیل سیم پیچ ها انجام می گیرد.

پیش نیازها

اندازه گیری باید قبل از برقرار نمودن ترانسفورماتور صورت گیرد.

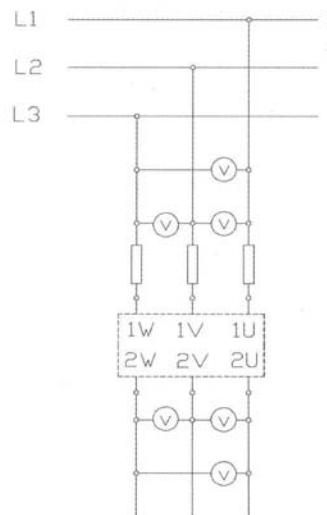
پیچ ارت ترانسفورماتور باید زمین شده باشد.

توجه مهم :

ترانسفورماتور را حتماً از سمت فشار قوی به شبکه سه فاز وصل نمایید.

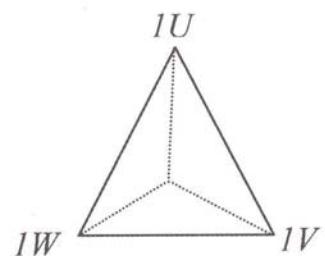
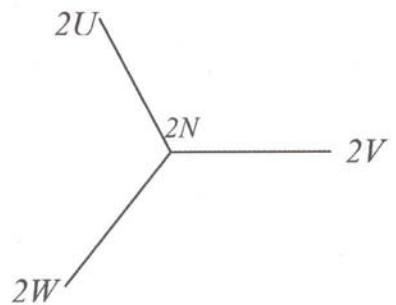
اندازه گیری نسبت تبدیل ولتاژ و تست عملکرد شینه تنظیم ولتاژ :

- اندازه گیری باید در هر دو سمت فشار قوی و فشار ضعیف صورت گیرد.
- باید مدار اندازه گیری در برای جریانهای زیاد توسط فیوز حفاظت گردد.
- این تست در تمامی تپ ها و برای تمامی فازهای متناظر انجام می شود.
- تعیین فاز های متناظر طبق گروه برداری اتصال سیم پیچها
- تعیین عدد نسبت تبدیل محاسباتی برای هر یک از تپ ها
- اعمال ولتاژ ۳۸۰ ولت متناوب بین دو فاز در طرف $H.V$
- قرائت ولتاژ فشار ضعیف توسط ولت متر دیجیتال از فاز متناظر
- ثبت مقادیر ولتاژهای فشار قوی و فشار ضعیف در یک لحظه
- محاسبه عدد نسبت تبدیل با در نظر گرفتن ولتاژهای خط و فاز
- مقایسه اعداد منتجه برای تمامی فازهای متناظر در تپ مشخص شده



شکل ۳۹

تعیین فازهای متناظر در گروه برداری *Dyn II*



اندازه گیری نسبت تبدیل - نتایج اندازه گیری نسبت تبدیل

مشتری:															
نام:		نام:		نام:		نام:		نام:							
شماره سریال:		بروزه:		نوبت تبدیل:		مدل:		مشتری:							
ترانسفورماتور شبکه		ترانسفورماتور زیراتور		ترانسفورماتور کمکی زمین		ترانسفورماتور کوره		ترانسفورماتور یکسوساز							
۱		ولتاژ فشار ضعیف اندازه گیری شده (ولت)		ولتاژ فشار ضعیف اندازه گیری شده (ولت)		مبناي تسست		نسبت تبدیل فاز							
۲		تبدیل		IU- IV		IV- IW		IW- IU							
۳		IU- IV		IV- IW		IW- IU		فاز							
۴		2U- 2N		2V- 2N		2W- 2N		فاز							
۵		2U- 2N		2V- 2N		2W- 2N		فاز							
۶		U		V		W									
۷															
جریان (mA)															
لله ولتاژ		فاز		فاز		فاز									
ملاحظات:															
نام کارشناس:					تاریخ:										
بخش:															