

آزمونهای راه اندازی، بهره برداری و عیب یابی ترانسفورماتورهای توزیع (آزمونهای الکتریکی و روغن)

الف) آزمونهای روغن

آزمونهای روغن در زمان راه اندازی ترانسفورماتور توزیع

مطابق استاندارد IEC60422:2013 مشخصات کیفی روغن ترانسفورماتور پیش از راه اندازی می بایست مطابق جدول یک باشد. قبل از برقرار کردن ترانسفورماتور لازم است از روغن آن نمونه برداری شده و آزمونهای ذکر شده بر روی آن انجام شود. در صورت انطباق نتایج با موارد ذکر شده در این جدول می توان ترانسفورماتور را برقرار نمود. در غیر اینصورت تصفیه فیزیکی و/یا تعویض روغن قبل از راه اندازی الزامی است.

جدول یک: مشخصات کیفی قابل قبول برای روغن ترانسفورماتور پیش از برقرار نمودن

مشخصه	مقدار قابل قبول
وضعیت ظاهری	تمیز، عاری از رسوب و مواد معلق
رنگ (مطابق درجه بندی استاندارد ISO2049)	حداکثر ۲
ولتاژ شکست (KV)	حداقل ۵۵
آب محلول در روغن (mg/kg)	حداکثر ۲۰
اسیدیته (mgKOH/g)	حداکثر ۰/۰۳
ضریب تلفات عایقی در 90°C و فرکانسهای ۴۰ تا ۶۰ هرتز	حداکثر ۰/۰۱۵
سولفور خورنده	غیر خورنده
کشش سطحی (mN/m)	حداقل ۳۵
مقدار PCB (mg/kg)	کمتر از ۲

نکته مهم: در صورتیکه ترانسفورماتور بدون انجام آزمونهای روغن وارد مدار شده و درحین برقرار شدن آسیب ببیند، مشمول گارانتی نبوده و هیچ مسئولیتی بر عهده سازنده ترانسفورماتور نیست.

آزمونهای روغن در زمان بهره برداری ترانسفورماتور توزیع

مطابق استاندارد IEC60422:2013 انجام آزمونهای ذیل بر روی روغن در فواصل یک تا شش سال یکبار الزامی است.

جدول دو: آزمونهای لازم برای روغن عایقی معدنی در حال بهره برداری

روش آزمون	مشخصه
ISO 2049	رنگ و مشخصات ظاهری
IEC60156	ولتاژ شکست
IEC60814	آب محلول در روغن
IEC62021-1 IEC62021-2	اسیدیته (عدد خنثائی)
IEC60247	ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)
IEC60666	مقدار مواد بازدارنده (فقط برای روغنهای حاوی مواد بازدارنده (inhibited Oil) الزامی می باشد).
ASTM D971 EN14210	کشش سطحی

- تعیین زمان دقیق نمونه برداری آتی با توجه به اهمیت ترانسفورماتور، نتایج آزمونهای قبلی و همچنین تشخیص بهره بردار تعیین می گردد. در هر صورت نباید از ۶ سال یکبار کمتر شود.
- مطابق استاندارد IE60422:2013 و دستورالعملهای سازندگان ترانسفورماتور، انجام آزمونهای روغن بر روی کلیه ترانسفورماتورهای توزیع (در هر ولتاژ و توانی) الزامی است. علت این مسئله کاهش ولتاژ شکست روغن به مرور زمان بر اثر افزایش رطوبت روغن بوده که می تواند منجر به اتصال کوتاه ترانسفورماتور و ایجاد آتش سوزی و انفجار شود.

شرایط لازم برای تصفیه فیزیکی یا تعویض روغن

تصفیه فیزیکی یا تعویض روغن در زمان بهره برداری ترانسفورماتور تنها زمانی لازم است که نتایج آزمونهای کنترل کیفی روغن لزوم انجام این عملیات را مطابق جداول سه و چهار تایید نمایند.

جدول سه: شرایط تصفیه فیزیکی روغن ترانسفورماتورهای توزیع در حال بهره برداری

ولتاژ شکست (KV)	آب محلول در روغن (ppm)
کمتر از ۳۰	بیشتر از ۴۰

جدول چهار: شرایط تعویض روغن ترانسفورماتورهای توزیع در حال بهره برداری

اسیدیته (mg KOH/g oil)	ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)	کشش سطحی (mN/m)
بیشتر از ۰/۳	بیشتر از ۰/۵	کمتر از ۲۰

نکته مهم: در صورتیکه حداقل یکی از شرایط فوق برقرار باشد نیز تصفیه فیزیکی یا تعویض روغن الزامی است

ب) آزمونهای الکتریکی

اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچ

مقاومت عایقی جهت تعیین اشتباهات جدی در حین نصب انجام می شود. نتایج بستگی به عوامل زیادی دارد (مثلاً رطوبت، دمای روغن، فاصله مقره های چینی، ولتاژ نامی) و ثبات معینی روی مقادیر وجود ندارد. مقادیر بدست آمده، بایستی با مقادیر تجربی مقایسه گردد.

نیازمندیهای اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچ:

ترانسفورماتور کاملاً نصب شده و توسط عایق پر شده باشد.

خروجی مقره ها به جایی متصل نباشد.

تمامی مقره های چینی به دقت تمیز شده باشند.

مخزن ترانسفورماتور زمین شده باشد.

سیم های اندازه گیری تمیز بوده و به قطعات زمین شده اتصال نداشته باشند.

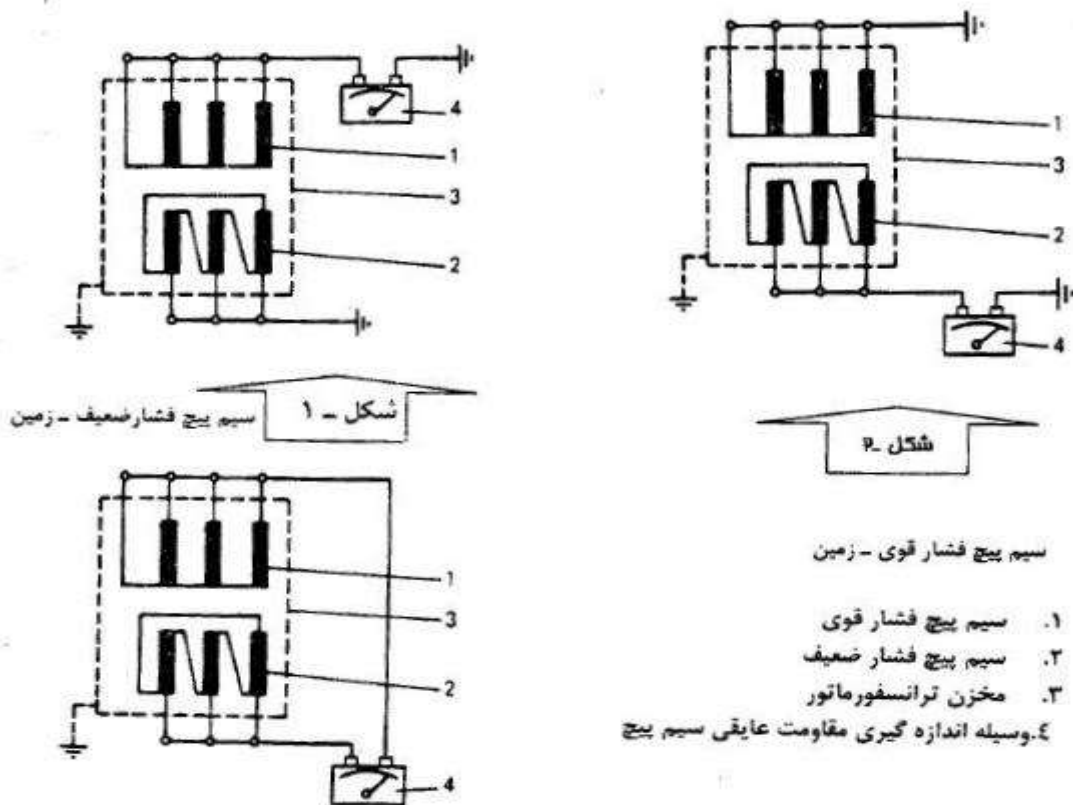
هنگام اندازه گیری بایستی تمام ترمینال های طرف HV یا LV به هم وصل شده باشد.

ولتاژ و زمان اندازه گیری:

ولتاژ آزمایش: این ولتاژ نباید از ۷۰٪ ولتاژ استقامت عایقی ذکر شده در گواهی آزمونهای کارخانه ای بیشتر باشد.
زمان آزمایش: یک دقیقه (در صورتیکه مقدار قرائت شده مقاومت عایقی پس از ۱ دقیقه هنوز در حال تغییر باشد، زمان اندازه گیری باید تا ۵ دقیقه افزایش یابد).

توجه: در هنگامیکه ولتاژ اندازه گیری اعمال می شود سیم پیچها به واسطه خاصیت خازنی شارژ می شوند. از دست زدن به صفحات متصل شده به مقره ها به واسطه احتمال بروز شوک الکتریکی اجتناب نمائید و پس از آنکه اندازه گیری کامل شد سیم پیچ تحت و ولتاژ را جهت تخلیه الکتریکی به زمین متصل نمائید.
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.

مدارات اندازه گیری

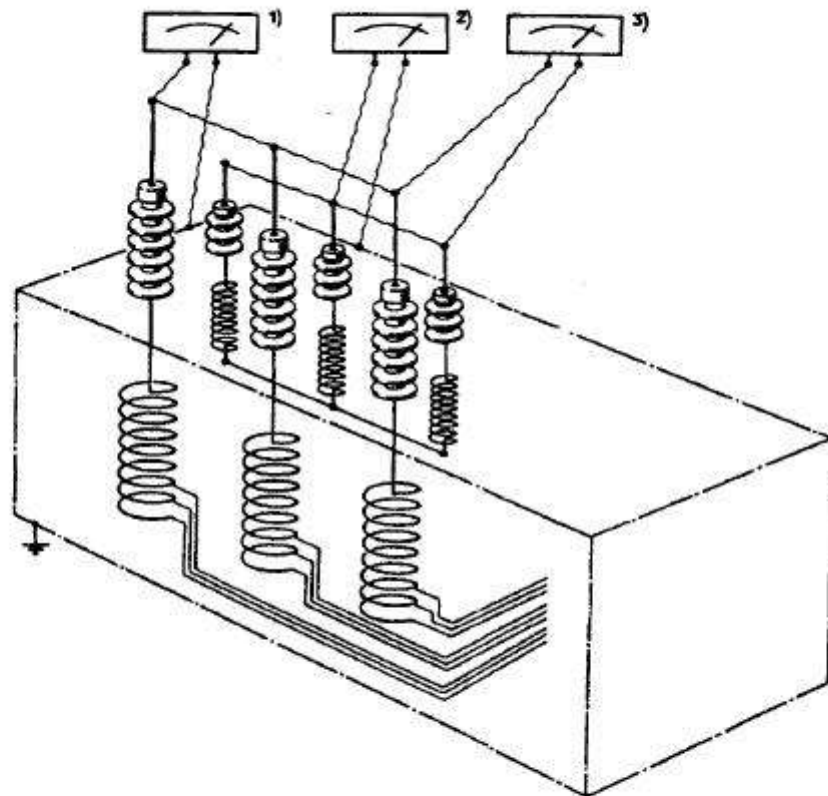


شکل ۳ - سیم پیچ فشار قوی - سیم پیچ فشار ضعیف

نتایج آزمایش:

	وسيله اندازه گيری :		
	ولتاژ آزمایش KV :		
	دمای روغن °C :		
HV: ولتاژ فشار قوی	مقاومت عایقی (MΩ) پس از		
LV: ولتاژ فشار ضعیف	۱ دقیقه	۳ دقیقه	۵ دقیقه
E: زمین			
			نقاط اندازه گیری شده
			HV - E
			LV - E
			HV - LV

مدار اتصالات مفره ها جهت اندازه گیری مقاومت عایقی سیم پیچ



۱. سیم پیچ فشار قوی - زمین
۲. سیم پیچ فشار ضعیف - زمین
۳. سیم پیچ فشار قوی - سیم پیچی فشار ضعیف

اندازه گیری جریان بی باری

هدف از اندازه گیری جریان بی باری با ولتاژ پائین (مثلاً 380V) یافتن عیوبی از سیم پیچی میباشد که توسط روشهای دیگر مانند اندازه گیری مقاومت و یا نسبت تبدیل، قابل تشخیص نمی باشد.

اگر گروه اتصال ترانسفورماتور سه فاز مشخص نباشد، آرایش مدار می تواند توسط اندازه گیری جریانهای بی باری (که بطور مجزا در طرفهای فشار قوی و فشار ضعیف اندازه گیری می شود) و ولتاژ تغذیه تک فاز مشخص میشود. جهت دستیابی به مقادیر اندازه گیری شده تجدید پذیر، پسماند مغناطیسی ناشی از اندازه گیری مقاومت DC نباید درهسته آهنی ترانسفورماتور وجود داشته باشد.

بدین دلیل، جریانهای بی باری باید قبل از اندازه گیری مقاومت سیم پیچ اندازه گیری شوند.

اقدامات ایمنی: اگر به یک عیب داخلی ترانسفورماتور مشکوک می باشید ابتدا از عدم وجود گازهای آتش زا یا هوا در ترانسفورماتور مطمئن شوید. به واسطه عبور جریان ورودی ممکن است در محل اشکال، جرقه ای حاصل شده و ایجاد انفجار یا آتش سوزی نماید. بنابراین بایستی هوای داخل ترانسفورماتور قبل از اندازه گیری ها خالی و توسط روغن یا نیتروژن پر شود.

توجه: اندازه گیری در هنگامی که ترانسفورماتور پر شده از روغن است مجاز می باشد.

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 تمهیداتی اندیشیده شود.

هنگامیکه اندازه گیری بر روی سیم پیچ انشعاب دار مورد آزمایش قرار می گیرد بایستی، کلید تنظیم ولتاژ بدون بار یا (off circuit) در حالت حداکثر ولتاژ تنظیم گردد. یعنی جایی که شما بالاترین نسبت تبدیل را به دست می آورید.

ضوابط باید زیر مورد توجه قرار گیرند:

اتصال ستاره:

دو جریان برابر و بزرگتر از جریان سوم

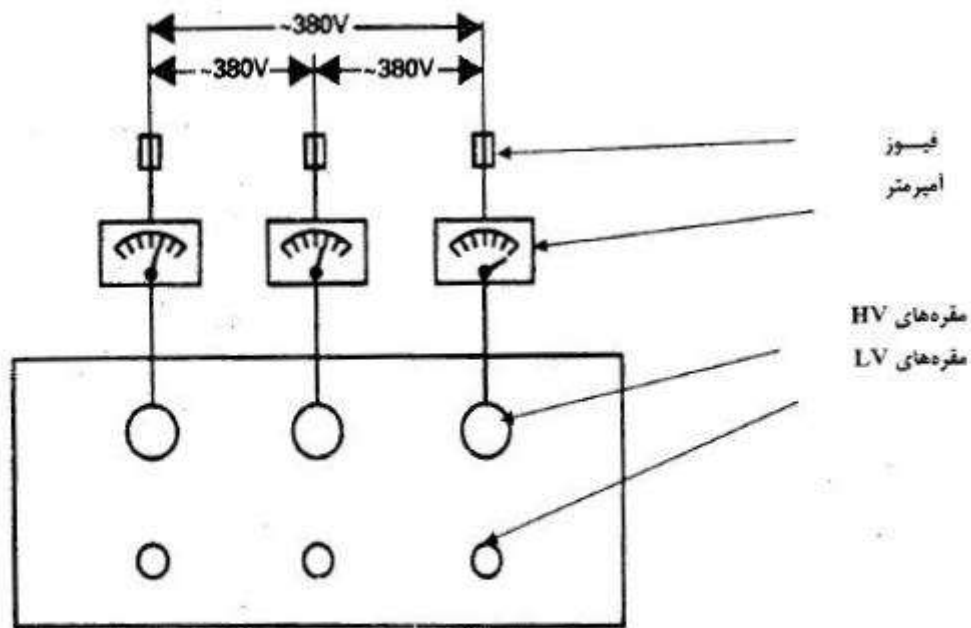
جریان کمتر در فاز میانی و نسبت جریانها تقریباً ۱ : ۰/۸ : ۱

اتصال مثلث یا زیگززاگ :

دو جریان برابر و کوچکتر از جریان سوم

یا جریان بیشتر در فازهای بیرونی و نسبت جریانها تقریباً ۱/۳ : ۱ : ۱

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



مدار اندازه گیری جریانهای بی باری در سمت سیم پیچ فشار قوی

اندازه گیری مقاومت سیم پیچی

اندازه گیری مقاومت سیم پیچی بیانگر صحت اتصالات سیم پیچ (اتصالات لحیم شده، اتصالات پیچ و مهره ای یا فنری) میباشد. اگر در کلیدهای تنظیم ولتاژ بی بار (off circuit) به تشکیل روغن کربنیزه شده مشکوک می باشید. اندازه گیری مقاومت سیم پیچ بیانگر درجه آلودگی کنتاکت ها میباشد. با داشتن انحراف، $(\leq 5\%)$ باید یک آنالیز گاز جهت کسب اطلاعات در خصوص روغن کربونیزه شده که ممکن است روی تپ چنجرهای بدون بار یا دیگر کنتاکتها تشکیل شده باشد انجام داد.

(کنتاکت کلید های تنظیم ولتاژ بدون بار با چند بار تغییر وضعیت بر روی کلیه پله ها تمیز می شوند)

رعایت ایمنی در اندازه گیری های الکتریکی:

اگر به وجود ایراد داخلی در ترانسفورماتور مشکوک می باشید باید مطمئن شوید که هوا یا گاز قابل اشتعالی در داخل ترانسفورماتور وجود نداشته باشد. به واسطه جریان ورودی ممکن است در نقطه دارای نقص، جرقه ای حادث شده و باعث بروز آتش سوزی یا انفجار گردد. بنابراین ترانسفورماتور باید قبل از شروع اندازه گیری ها توسط روغن یا نیتروژن پر شود. مواد خاموش کننده آتش را در دسترس نگه دارید. از تماس با قسمت های برقدار بدون محافظ ترانسفورماتور در هنگام انجام اندازه گیری ها اجتناب نمائید، همچنین در هنگام قطع آنی، ولتاژهای بالایی به همراه جرقه های شدید در نقاط قطع شده به وجود آید.

توجه: اندازه گیری در هنگامی که ترانسفورماتور پر شده از روغن است مجاز می باشد.

مقاومت سیم پیچ اصولاً مقاومت DC سیم پیچ می باشد. مقاومت طبق فرمول زیر تابع دما میباشد.

$$R_w = R_k \frac{r_{20} + V_w}{r_{20} + V_k \text{ (س)}}$$

$$R_w = (\text{گرم}) \frac{V_w}{V_k}$$

$$R_w = (\text{سرد}) \frac{V_w}{V_k}$$

بدین دلیل لازم است مقدار مقاومت به همراه دمای اندازه گیری بیان شود.

در خصوص ترانسفورماتورهای روغنی، دمای سیم پیچی برابر با میانگین دمای روغن ترانسفورماتور است با این شرایط که سیم پیچ ها حداقل به مدت ۳ ساعت از برق جدا شده باشد. دمای میانگین، میانگین دمای بالا و پائین روغن است و تفاوت دمای بالا و پائین روغن باید کم باشد به منظور دستیابی به این هدف روغن میتواند توسط یک پمپ به گردش درآید.

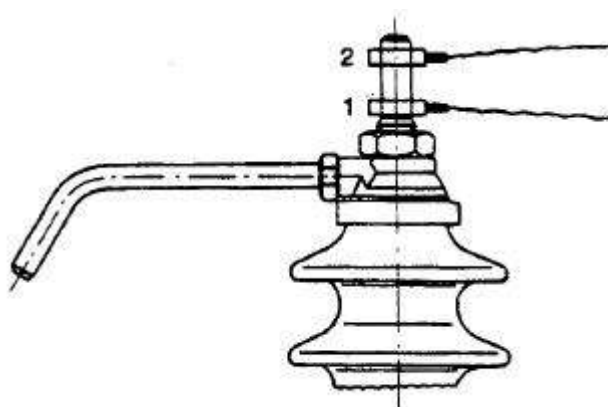
توجه: استفاده از پمپ هنگامی مجاز است که روغن در اثر حادثه یا وقایع دیگر آلوده نشده باشد.

مدار و جریان اندازه گیری:

مقاومت سیم پیچ 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 گردد که جریان تقریبی مدار ۱۰ آمپر بوده و افت ولتاژ تولید شده با دقت کافی توسط ولتمتر خوانده شود.

حد بالای جریان DC اندازه گیری: تا ۱۰ درصد جریان نامی سیم پیچ

حد پائین جریان DC اندازه گیری: ۱/۲ مقدار ماکزیمم جریان بی باری



(آمپر متر) جریان ورودی
(ولتمتر) افت ولتاژ

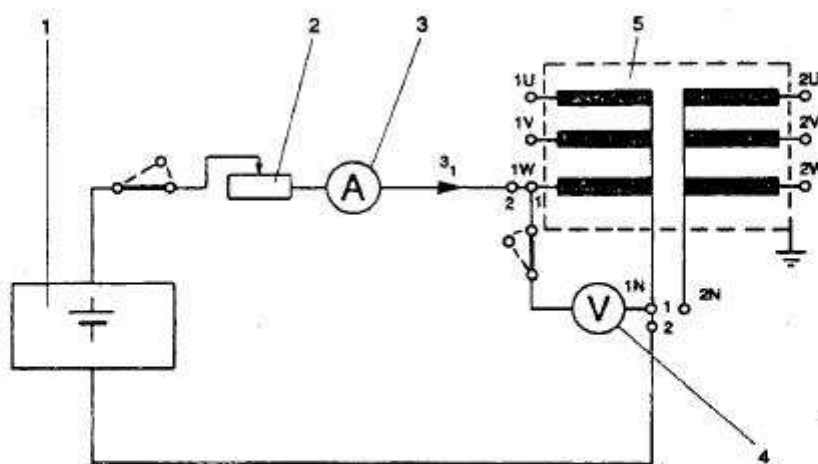
اتصال سیم های اندازه گیری روی میله های مقره

روش اندازه گیری:

پس از وصل منبع ولتاژ، مدتی صبر کنید تا جریان به مقدار نهایی خود برسد. قرائت هایی که بیشتر صورت گرفته است ممکن است غلط بوده و مقادیر مقاومت بزرگتری را حاصل نموده باشند. در هنگامیکه مقاومت سیم پیچ های بزرگ با

ولتاژهای پائین را که مقدار کوچکی دارند 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 درصد جریان نامی سیم پیچ) و منبع تغذیه دارای توان متناسبی باشد.

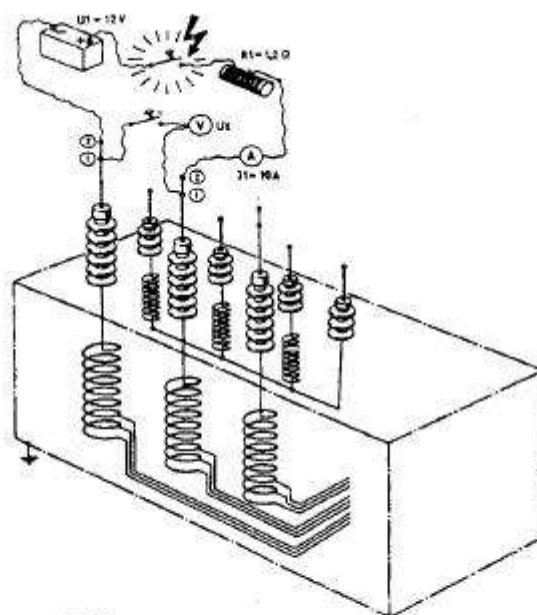
ولتметр و آمپر متر باید همزمان خوانده شود و لازم است هنگام قطع و وصل جریان اندازه گیری ولتметр از مدار قطع شود. مقاومت اهمی هر سیم پیچ بین مقره هر فاز و تمامی سرهای خروجی در تمام پله های کلید تنظیم ولتاژ، اندازه گیری می شود. نسبت ولتاژ روی سیم پیچ و جریان DC اندازه گیری شده که از آن عبور می کند، مقدار مقاومت سیم پیچ را بدست می دهد. اختلاف مقادیر اندازه گیری شده با نتایج تست کارخانه ای نباید بیشتر از ۰.۵٪ باشد.



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

شکل ۲

دیاگرام تک خطی برای اندازه گیری مقاومت با استفاده از روش جریان-ولتاژ



$$R_x = \frac{U_x}{J_1}$$

$$J_1 = \frac{U_1}{R_1 + R_x} = 10 \text{ A}$$

شکل ۳

مدار تجسمی اندازه گیری مقاومت سیم پیچ

احتیاط: هنگامیکه باطری را از مدار قطع می کنید، مطمئن شوید که انرژی ذخیره شده ناشی از اندوکتانس های سیم پیچ دشارژ شوند. مثلاً، باطری قطع کرده سیم پیچ را از طریق مقاومت رئوستا اتصال کوتاه نمائید، و مقاومت را تا صفر کاهش داده و سیم پیچ را زمین کنید.

فرم اندازه گیری مقاومت سیم پیچ:

اندازه گیری مقاومت - نتایج اندازه گیری مقاومت سیم پیچ									
مشتری:		پروژه:		نسبت تبدیل:		مدل:		شماره سریال:	
گروه اتصال:		توان:		توان:		توان:		توان:	
شماره پله کلید	افزایش برحسب درصد	افزایش Ω اهم	افزایش برحسب درصد	افزایش Ω اهم	افزایش برحسب درصد	مقادیر اندازه گیری شده کارخانه ای در $25^\circ C$			
						افزایش Ω اهم	افزایش Ω اهم	افزایش Ω اهم	
		$I_v - I_u$		$I_v - I_w$		$I_v - I_u$	$I_v - I_w$	$I_w - I_u$	
۱									
۲									
۳									
۴									
۵									
۶									
۷									

جریان ثابت ترانسفورماتور: (آمپر) // باطری: (آمپر ساعت) (ولت)

مقاومتها: (اهم)

وسایل اندازه گیری بکار رفته:

تاریخ: نام کارشناس: بخش:

اندازه گیری نسبت تبدیل ولتاژ و تست عملکرد کلید تنظیم ولتاژ

هدف از اندازه گیری:

در اندازه گیری نسبت تبدیل ولتاژ در ولتاژ پائین (مثلاً 380V) همزمان یک آزمایش عملکرد کلید تنظیم ولتاژ و یک آزمایش نسبت تبدیل را بدست می دهد.

اقدامات ایمنی:

اگر به یک عیب داخلی ترانسفورماتور مشکوک می باشید ابتدا از عدم وجود گازهای آتش زا یا هوا در ترانسفورماتور مطمئن شوید به واسطه عبور جریان ورودی ممکن است در محل اشکال جرقه ای حاصل شده و ایجاد انفجار یا آتش سوزی نماید. بنابراین ترانسفورماتور باید قبل از اندازه گیری توسط روغن یا نیتروژن پر شود.

توجه:

اندازه گیری در هنگامی که ترانسفورماتور پر شده از روغن است مجاز می باشد.

پیش نیازها:

- اندازه گیری باید قبل از برقرار نمودن ترانسفورماتور صورت گیرد.
- ترانسفورماتور باید مونتاژ شده و پر از روغن باشد. تمامی مقره ها باید تمیز باشند.
- مخزن ترانسفورماتور باید زمین شده باشد.

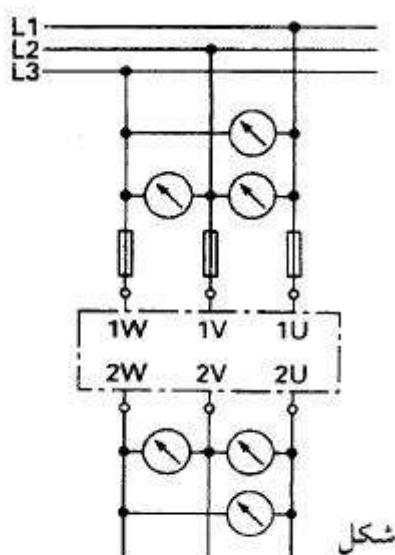
شیوه اندازه گیری:

نسبت تبدیل نامی یک ترانسفورماتور، نسبت ولتاژ فشار قوی نامی به ولتاژ فشار ضعیف در هنگام بی باری است، بعنوان مثال:

$$\dot{U}_n = \frac{\text{ولتاژ فشار قوی}}{\text{ولتاژ فشار ضعیف}} = \frac{6300V}{400V} = 15/7$$

توجه مهم:

ترانسفورماتور را حتماً از سمت فشار قوی به شبکه سه فاز وصل نمائید. اندازه گیری دقیق تنها توسط دستگاه مخصوص اندازه گیری نسبت تبدیل ممکن خواهد بود، زیرا ولتمترها دارای دقت لازم نمی باشند. هرچند در عمل جهت اندازه گیری ولتاژ فاز به فاز سمت فشار قوی و فشار ضعیف استفاده از مولتی متر یا وسایل مشابه (شکل ۱۵) کفایت می کند.

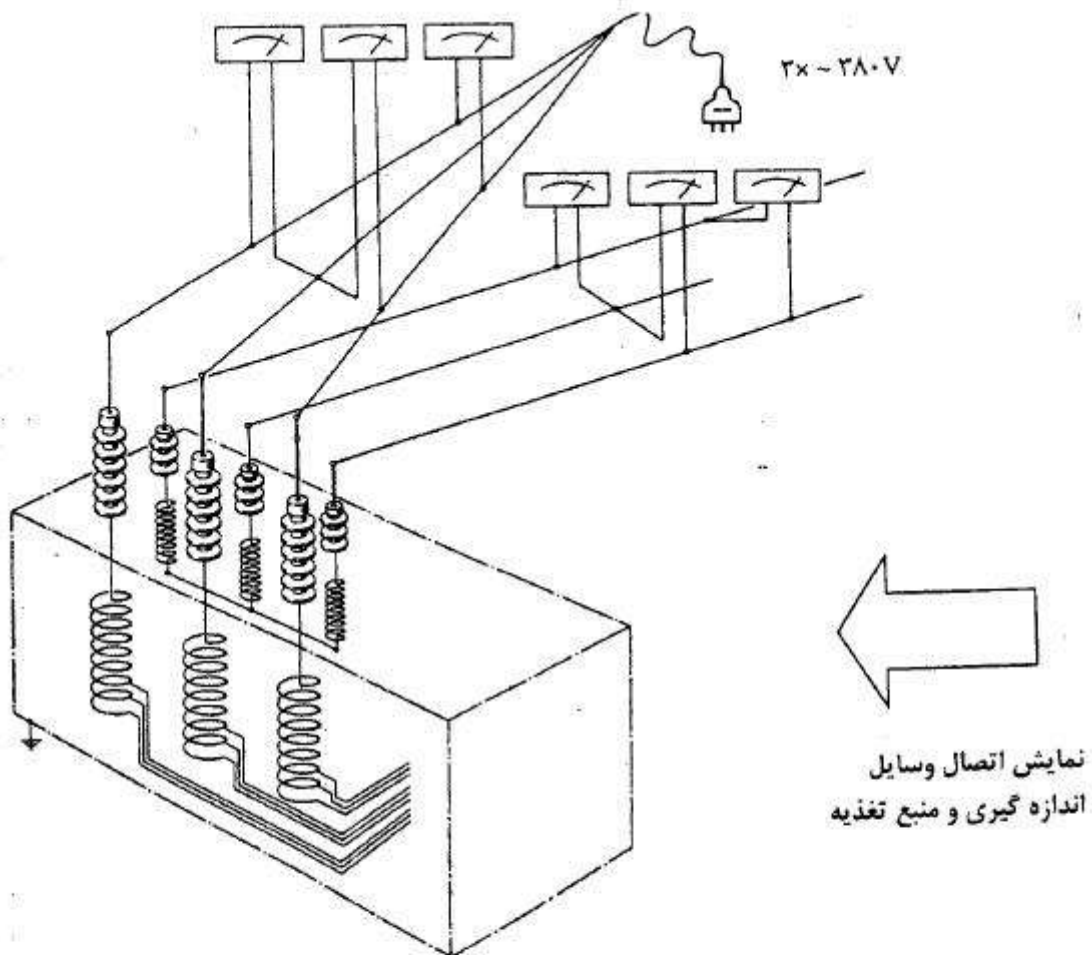


اندازه گیری نسبت تبدیل ولتاژ توسط مولتی متر

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

اندازه گیری باید در هر دو سمت فشار قوی و فشار ضعیف صورت گیرد. بایستی در مسیر جریان ورودی فیوز وجود داشته باشد.

مدار اندازه گیری جهت محاسبه نسبت تبدیل ترانسفورماتور



L3_L1	L2_L3	L1_L2	مثال
~۲۷۸ V	~۲۸۰ V	~۲۸۲ V	ولتاژ خط اندازه گیری شده در سمت فشار قوی
~۲۴ V	~۲۴٫۲ V	~۲۴٫۶ V	ولتاژ خط اندازه گیری شده در سمت فشار ضعیف
۱۵/۸	۱۵/۷	۱۵/۵	$U = \frac{\text{ولتاژ فشار قوی}}{\text{ولتاژ فشار ضعیف}}$ متوسط 0
	۱۵/۷		

توجه : هنگامیکه اندازه گیری ها کامل شد سیم پیچ ها باید برای مدت کافی جهت حصول اطمینان از تخلیه الکتریکی، زمین شود.