الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

المحولات

مهندس صيانة كهربية– درجة ثالثة

حقوق الطبع محفوظة ©
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة للمسار الوظيفي- الإصدار الثانى

المحتويات

أهداف البرنامج 4
المقدمــة: 5
الباب الأول تركيب ونظرية عمل محول القدرة 5
انواع المحولات 5
نظرية عمل المحول 7
تركيب المحول الكهربي 8
تركيب المحولات المغمورة في الزيت (Oil Immersed Trans) 8
أولاً مكونات المحول من الداخل 9
1.القلب الحديدي: (الدائرة المغناطيسية) (Magnetic Circuit) 9
2. الملفات (الدائرة الكهربية Electric Circuit) 11
مقارنة بين ملفات الجهد المتوسط والمنخفض في محولات التوزيع 11
3. زيت المحولات: 12
المكونات الخارجية للمحولات المغمورة في الزيت 12
1. جسم الخزان الرئيسي: 12
الباب الثاني مفاقيد القدرة الكهربية في محول القدرة 23
مفاقيد المحول 23
مفقودات اللاحمل: 23
المفاقيد التخلفية: 30
مفاقيد التيارات الدوامية Eddy Current Loss 30
الباب الرابع المواصفات القياسية للمحولات 53
مواصفات المحول 53
أ. المواصفات الرئيسية: 53
الباب الخامس اختبارات المحولات 59
أنواع الاختبارات التي تجري على المحولات: 59
اختبارات بدء التشغيل 60
الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل وضع المحول في الخدمة 66
الباب السادس :المحولات الجافة 67
1-1 مميزاتها من ناحية 67
1-1-1 السلامة و الصحة المهنية Health and Safety 67
1-1-2 المرونة و توفير التكلفة Flexibility and Cost Saving 67
1-1-3- التحمل و المتانة Durability 67

1-2 المواصفات الفنية Technical Specifications 68
1-3 تركيب المحولات الجافة Dry Transformers' Constructions 68
1-4 ملفات الجهد المنخفض 69
1-5 مادة الموصل 69
1-6 عزل الطبقات 69
1-8 المحول ذو الغرفة المعدنية Transformer with Enclosure 70
1-9 نظام التحكم في درجة الحرارة 71
1-10 نظام التبريد بالهواء المدفوع 71
1-11 من مزايا المحولات الجافة 71
1-12 المقدرة على تحمل زيادة الحمل 72
1-13 الإكسسوارات 72
1-14 جهاز مراقبة الحرارة 72
الباب السابع الصيانة الوقائية والفحص الظاهري للمحولات 73
الصيانة الوقائية والفحص الظاهري للمحولات Visual Inspection Of The Oil Transformer 73
ملحق 86
أ. طبلونات التحكم بنظام التبريد للمحول: 86
الأمن والسلامة: 86

أهداف البرنامج

بعد الانتهاء من التدريب يكون المتدرب قادر علي التعرف على:

1. نظرية عمل المحول الكهربي.
2. الأجزاء المختلفة للمحول الكهربي.
3. تصنيف المحولات الكهربية
4. لوحة بيانات المحول
5. خصائص المواد المصنوع منها القلب الحديدي.
6. أنواع المفاقيد الحديدية وكيفية الحد منها.
7. تحديد المواصفات القياسية للقلب الحديدي.
8. خصائص زيت المحولات
9. تحليل نتائج اختبارات زيت المحولات
10. أشهر الطرق لتحليل نتائج اختبارات زيت المحولات
11. الأنواع المختلفة لطرق تبريد المحول
12. المواصفات القياسية للمحولات الكهربية.
13. أهم الاختبارات اللازمة للمحول الكهربي.
14. الطرق القياسية لتوصيلات المحولات الكهربية ومعرفة الفرق بين كل منها.
15. إجراءات الفحص اليومي الظاهري للمحول بأسلوب علمي ومتخصص.
16. خطوات الصيانة للمحولات.

المقدمــة:

- المحول الكهربي عبارة عن آلة أو جهاز كهربي استاتيكي يستخدم لخفض أو رفع الجهد "الضغط الكهربي" لكمية من القدرة الكهربية في مقابل التضحية بأقل نسبة ممكنة من هذه القدرة التي يبددها المحول على هيئة مفقودات حرارية كما يحدث في كل الآلات.
- بدأت الحاجة الملحة إلى استخدام المحول عندما تركز توليد القدرة الكهربية بكميات هائلة في محطات كبيرة وأصبح الأمر يستدعى نقل هذه القدرة إلى مواطن استخدامها مع تكبد أقل كمية ممكنة من المفقودات.
- وذلك عن طريق رفع الضغط الكهربي إلى قيم عالية لخفض قيمة التيار الكهربي وبالتالي خفض حجم الموصلات وخفض المفقودات الكهربية.
- يحتوى المحول الكهربائي على دوائر كهربية ودوائر مغناطيسية وتسرى الطاقة الكهربية في الدوائر الكهربية بفعل تشابك الخطوط المغناطيسية بهذه الدوائر.
- لا توجد في المحول أجزاء دوارة ولذلك يعرف المحول الكهربي بانة آلة كهربيه استاتيكية يقوم عملها على أساس التأثير الكهرومغناطيسي (Electro Magnetic Induction).
- يتكون المحول الكهربي أساسا من ملفين معزولين عن بعضهما عزلا كهربياً تاما بحيث يكون كل منهما دائرة كهربية مستقلة ويوصل أحدهما إلى المصدر الكهربي المراد تحويل ضغطه ويسمى لذلك بالملف الابتدائي (Primary Winding) بينما يوصل الأخر بالحمل ويسمى بالملف الثانوي(Secondary Winding).

الباب الأول تركيب ونظرية عمل محول القدرة

انواع المحولات

يتم تصنيف المحولات استنادا إلى الأسس الآتية:

1. طبقا لعدد الأوجه

أ. محول أحادي الأوجهTransformerSingle Phase

ب. محول ثلاثي الأوجهTransformerThree Phase

ج. ستة أوجه أو مضاعفاتهاPolyPhase Transformer

محول ثلاثي الأوجه

محول أحادي الاوجه

2. طبقا لطريقة التبريد:

أ. محولات جافة Dry type Transformer.

ب. محولات مغمورة في الزيت.Oil Immersed Transformer

ج. محولات غازية

3. طبقا لوضع المحول:

أ. محولات معلقة على الأعمدة.

ب. محولات مركبة داخل كشك.

ج. محولات ثابتة على قاعدة خراسانية.

د. محولات ثابتة داخل غرف خاصة.

4. طبقا للغرض من تركيب المحول.

أ. محولات القدرةPower Transformer.

ب. محولات توزيع Distribution Transformer.

- محولات الربطCoupling transformers
- محولات تنظيم الجهدAutomatic Voltage Regulators(AVR)

ج. محولات أجهزة القياس والوقاية:

- محولات التيار (C.T.) ومحولات الجهد (P.T.) ويتم تركيبها داخل لوحات التوزيع.

د. محولات المقومات: (Rectifier Transformer)

ه. محولات التأريض: (Earthing Transformer).

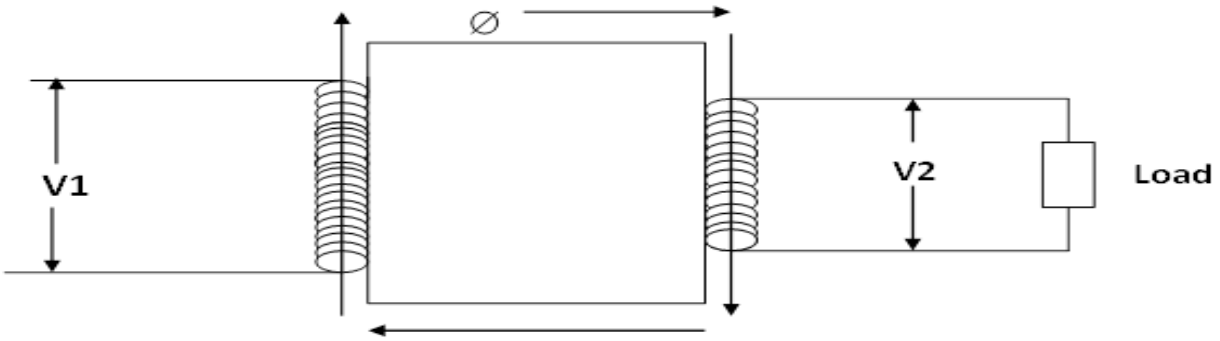
و. المحولات الخاصة:

- محولات أفران الصهر - محولاتاللحام بالقوس الكهربي.

ز. المحولات ذات قدرات صغيرة:

- محولات الأجهزة الكهربية - محولات لعب الأطفال.

نظرية عمل المحول



شكل رقم (1) يوضح محول أحادي الوجه

أ. في حالة اللاحمل

1. عند تسليط جهد المصدر على الملف الابتدائي يتولد بسبب ظاهرة الحث الذاتي من الملف الابتدائي فيض مغناطيسي.
2. الفيض المغناطيسي يمر في أسهل مسار له وهو القلب الحديدي.
3. عند مرور الفيض المغناطيسي في القلب الحديدي يقطع ملفات الملف الثانوي فيتولد في الملف الثانوي قوة دافعه كهربية تتناسب مع الجهد الابتدائي والنسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي (V2N-L)
4. عند تولد قوة دافعة كهربية في الملف الثانوي تتولد في الملف الثانوي بسب الحث الذاتي فيض مغناطيسي أخر يمر في القلب عكس اتجاه الفيض الناتج عن الملف الابتدائي.
5. الفيض المغناطيسي الناتج عن الملف الثانوي يقطع ملفات الملف الابتدائي فيتولد في الملف الابتدائي قوة دافعة كهربية عكس اتجاه جهد المصدر ومتساوية معه في القيمة E_1.
6. نظرا لان جهد المصدر يساوى قيمة القوة الدافع العكسية E_1 لذلك تكون محصلة الجهد المؤثر على الملف الابتدائي =صفر ولا يمر تيار كهربي في المحول.

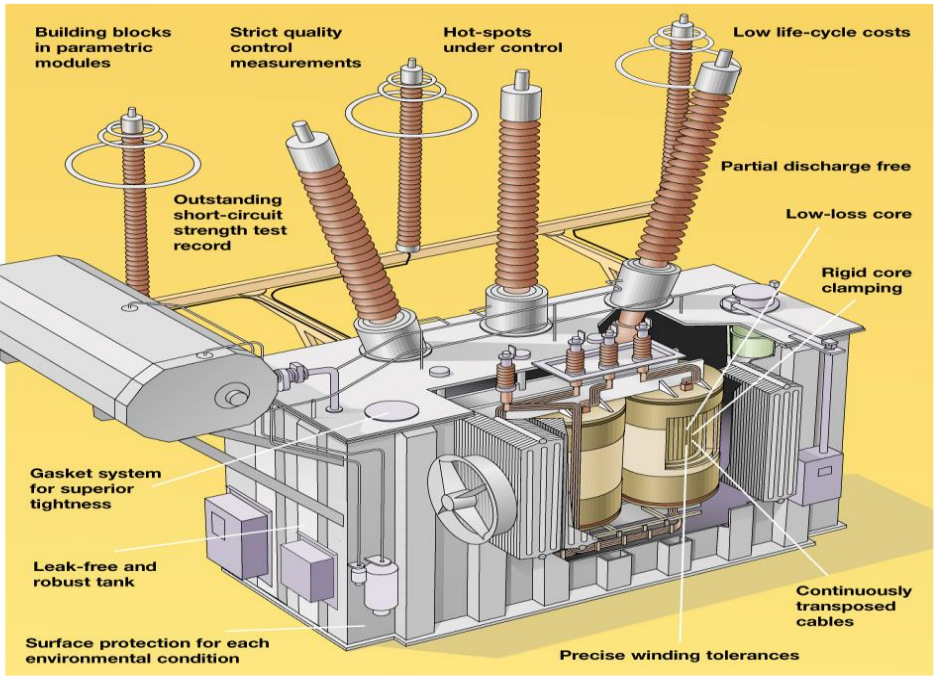
ب. في حالة التحميل:

- نتيجة وجود معاوقة داخلية لملفات المحول. عند توصيل أحمال على الأطراف الثانوية للمحول ينخفض الجهد الثانوي للمحول تبع القيمة الحمل وكلما زاد الحمل زاد الانخفاض في الجهد حتى يصل التيار إلى قيمة التيار المقنن فيصل الجهد الثانوي إلي اقل قيمة له ($V_{N.L}$).

- نظرا لانخفاض الجهد الثانوي مع التحميل فان القوة الدافعة العكسية المتولدة على الملف الابتدائي تنخفض معه.
- نظرا لوجود فرق جهد على الملف الابتدائي بين جهد المصدر والقوة الدافعة الكهربية العكسية(-V1 E1) فيمر التيار الكهربي من المصدر إلى الملف الابتدائي I1=(V1-E1)/Z1

تركيب المحول الكهربي

تركيب المحولات المغمورة في الزيت (Oil Immersed Trans)

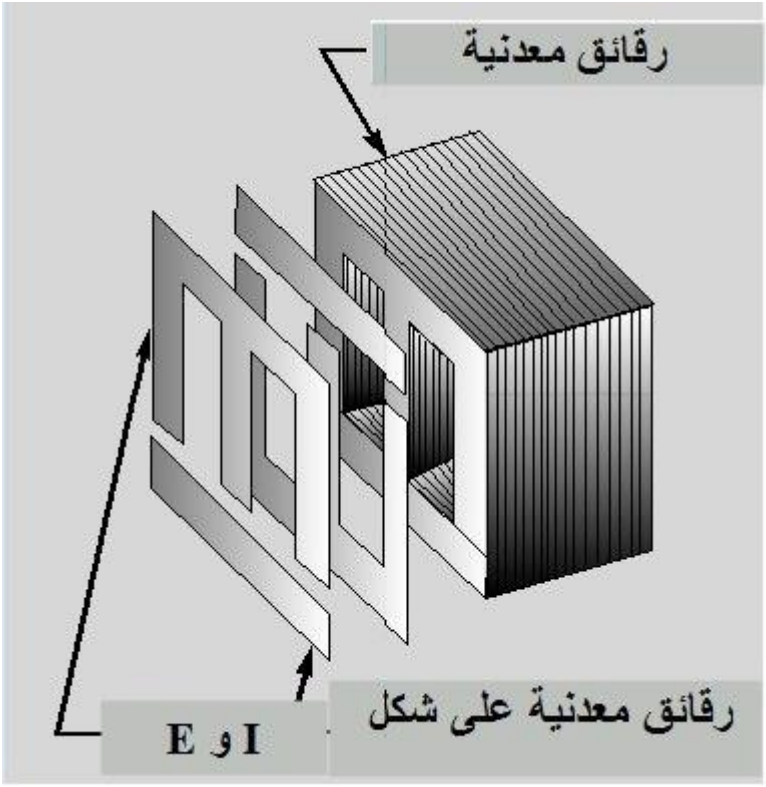


شكل رقم (2) يوضح تركيب محول القدرة الكهربي

مكونات داخلية:	مكونات خارجية:
– القلب الحديدي	– الخزان الرئيسي – عوازل الاختراق
– الملفات	– زعانف التبريد – الترمومتر
– الزيت	– مغير الجهد – أطراف التوصيل
	– متمم بوخلز – خزان التمدد
	– لوحة البيانات
	– جهاز التنفس – السيليكاجيل
	– مبين مستوى الزيت
	– محبس سفلي – طبة علوية
	– الفجوة الشرارية

أولاً مكونات المحول من الداخل

1. القلب الحديدي: (الدائرة المغناطيسية) (Magnetic Circuit)



- **وظيفته:**

1. حمل وتكثيف الفيض المغناطيسي.
2. حمل الملفات الابتدائية والثانوية والأطراف العازلة.

- **ويصنع القلب الحديدي:**

من رقائق ذات سمك 0.3mm من مادة الصلب السليكوني موجه الحبيبات والمدرفل على البارد (Cold rolled grain oriented Silicon steel).

- **ويتميز هذا النوع بالآتي:**

- الصلب ← كفاءة عالية لتحويل الطاقة نظراً لارتفاع النفاذية النسبية (Permeability) يعطي أقل قدر ممكن من مفقودات التيار الإعصارية والدوامية مما يساعد على رفع كفاءة المحول.
- السيليكون← حيث يتم عزل الشرائح بعضها البعض بمادة السيليكون السائل لتقليل أثر التيارات الإعصارية والدوامية.

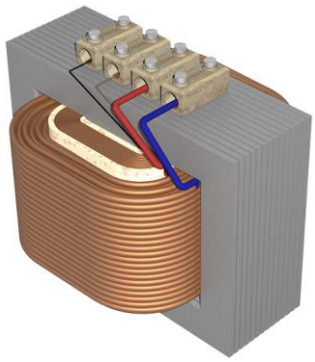
- **المدرفل على البارد**← يتم درفلة شرائح الصلب من السمك الذي تم تصنيعها عليه حوالي (5mm) إلى السمك الذي سوف يستخدم في المحول (0.3mm) على عدة مراحل في درجة حرارة منخفضة وذلك حتى يسهل التعامل معها وتقطيعها بشكل منتظم لتكوين القلب الحديدي.
- **موجه الحبيبات**← حيث يتم ترتيب بلورات الصلب في اتجاه الدرفلة على البارد حتى لا تسبب مقاومة لمرور الفيض المغناطيسي.
- **كثافة الفيض**← تتراوح كثافة الفيض (Flux density) داخل الدائرة المغناطيسية بين 1.8←1.6 تسلا (وبر/ م^2)، وبر = 10^8 خط فيض مغناطيسي ويراعى عدم زيادة هذه القيمة إلى الحد الذي يسبب تشبع (Saturation) القلب الحديدي ويتسبب تشبع القلب الحديدي في خفض كفاءة التشغيل وظهور توافقيات (Harmonics) غير مرغوب فيها.

- **أنواع القلب الحديدي:**

أ. محول قلبي (Core type trans):

في هذا النوع يكون الصلب محاط بالملفات وفيه يكون الساق (Limb) رأسياً وذو مقطع شبة دائري ويحمل ملفات أسطوانية والجزء العلوي (الفك Yoke) لا يحتوي على ملفات ولكنه يساعد على استكمال الدائرة المغناطيسية بالقلب.

ب. النوع الهيكلي (Shell Type):



في هذا النوع تكون الملفات محاطة بالصلب.

2. الملفات (الدائرة الكهربية Electric Circuit)

هي الدوائر التي تحمل التيار الكهربي في المحول.

- **أنواع الملفات:**

أ. من حيث الشكل:

1. ملف لولبي (Flat)
2. ملف حلزوني (Foils).
3. ملف قرص مستمر (أسطوانيCylindrical)
4. ملف قرص متراكب (مفرق Disk)

ب. من حيث الاتصال بالمصدر والحمل:

1. ملف ابتدائي وهو المتصل بالمصدر.
2. ملف ثانوي وهو المتصل بالحمل.

ج. من حيث الجهد:

1. **ملف الجهد العالي:** وهو الملف الموجود بالجهة ذات الجهد الأعلى
2. **ملف الجهد المنخفض:** وهو الملف المتصل بالجهة ذات الجهد الأقل.

مقارنة بين ملفات الجهد المتوسط والمنخفض في محولات التوزيع

وجه المقارنة	ملف الجهد المنخفض	ملف الجهد المتوسط	السبب
عدد اللفات	أقل	أعلى	$V \propto N$
مساحة المقطع	اكبر	اصغر	$V \propto {}^{1}/_{I}$ $V \propto N$ $N \propto {}^{1}/_{I}$
مكان التركيب	للداخل	للخارج	لسهولة عزل ملف الجهد المنخفض عن القلب الحديدي وخفض معاوقة المحول
نوع الملف	لولبي – حلزوني	أسطواني - قرص مفرق	
نوع السلك	مبطط شرائح	سلك دائري	
نوع العزل	ورق كهربي عاز(بريسبان)	ورنيش	
التوصيل	نجمة مؤرضة	دلتا	

جدول رقم (1) يوضح مقارنة بين ملفات الجهد المتوسط والمنخفض في محولات التوزيع

3. زيت المحولات:

وهو زيت تبريد بترولي ناتج من تكرير البترول ويستخدم لغرضين:

1. تبريد المحول عن طريق نقل الحرارة من الملفات إلى زعانف التبريد.
2. عزل الأجزاء الحاملة للتيار الكهربي عن جسم الخزان وعن بعضها والنوع الشائع الاستخدام في المحولات هو (ديالا بي Diala B) و(ديالا سي Diala C).

* وسوف يتم مناقشة خواصه بالتفصيل في الجزء الخاص بتبريد المحول.

المكونات الخارجية للمحولات المغمورة في الزيت

1. جسم الخزان الرئيسي:

يصنع من حديد غير مغناطيسي حيث يشكل سطحه بحيث يكون كافياً لفقد الحرارة الناتجة من المفقودات الكهربية والتي تنتقل إليه بواسطة الزيت.

- **فائدة الخزان الرئيسي:**

1. حماية القلب الحديدي والملفات باحتوائه لها.
2. حمل أطراف ومخارج التوصيل.
3. وضع وحفظ الزيت المستخدم في تبريد وعزل المحول.
4. حمل مواسير (أو زعانف) تبريد المحول.

- **ومن أنواعه:**

1. خزان مسطح مستوى عادي (plain tank):

ويستخدم للقدرات الصغيرة اقل من 50 ك.ف. أ ويكون السطح المستوي كافياً للتخلص من الحرارة المتولدة بالملفات.

2. خزان ذو أنابيب (مواسير) جانبية (Tubed Tank):

يستخدم هذا النوع في محولات التوزيع الصغيرة القدرة حيث يتم إضافة سطح تبريد على شكل أنابيب خارجية يتم لحامها على جسم الخزان وتكون مساراً متوازياً لدوران الزيت داخلياً.

3. خزان ذو زعانف خارجية:

تكون عبارة عن جزء من جسم الخزان حيث تكون زعانف التبريد الأجناب الأربعة للمحولات ويتم لحامهم معاً لتكوين خزان المحولات.

2. زعانف التبريد (Radiators):

وظيفتها: زيادة سرعةالتبريد عن طريق زيادة مساحة السطح المعرض للهواء الجوي.

3. أطراف التوصيل (Terminals):

تستخدم لتوصيل أطراف الملفات من داخل المحول إلى خارج المحول ويختلف شكلها على حسب التيار.

4. عوازل الاختراق (Bushings):

عوازل اختراق الجهد

- **وظيفتها:**

أ. عزل أطراف التوصيل عن جسم المحول.

ب. تثبيت أطراف التوصيل حتى يسهل ربطها بأطراف الدخول والخروج (كابلات أو أسلاك هوائية)

ويتوقف شكلها على عدة عوامل مثل:

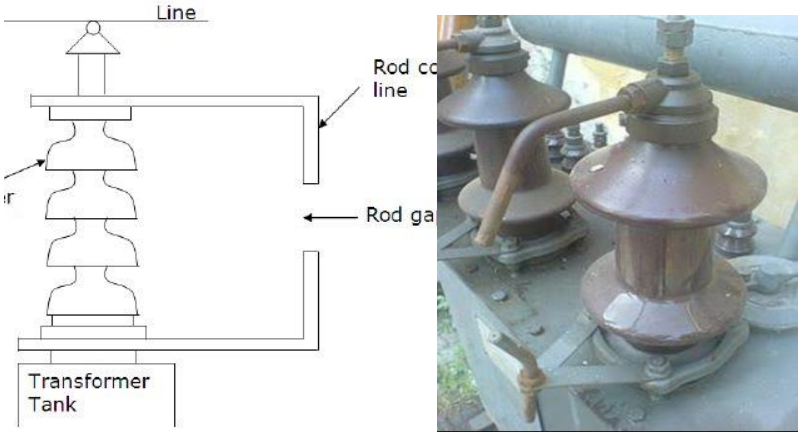
1. الجهد المستخدم:

تختلف عوازل الاختراق باختلاف الجهد المستخدم ففي الجهد المنخفض والمتوسط تكون من الصيني والجهد العالي تكون من الصيني المملوء بالزيت أما في الضغط الفائق تكون على هيئة مكثفات.

2. مكان المحول:

(داخل المبنى، خارج المبنى) حيث تكون أطراف التوصيل مخروطية داخل المبنى وذات مظلات حماية من الأمطار والأتربة خارج المبنى.

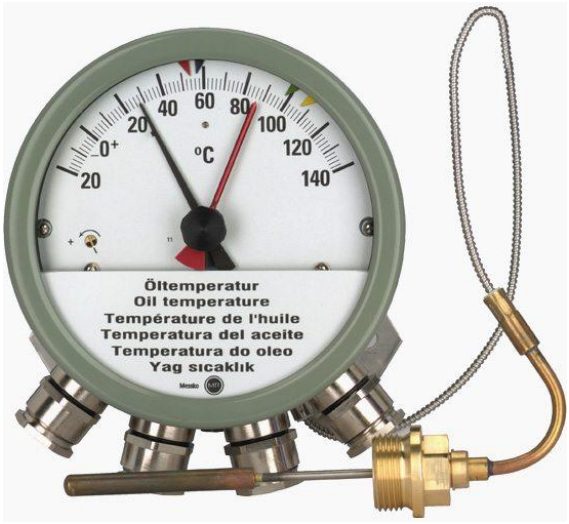
5. الفجوة الشرارية Rod Gap



Rod Gap

لحماية عوازل الاختراق من الجهود الزائدة حيث انه عند زيادة الجهد ينهار عزل الهواء في هذه الفجوة.

6. مبين درجة الحرارة (الترمومتر)



الترمستور

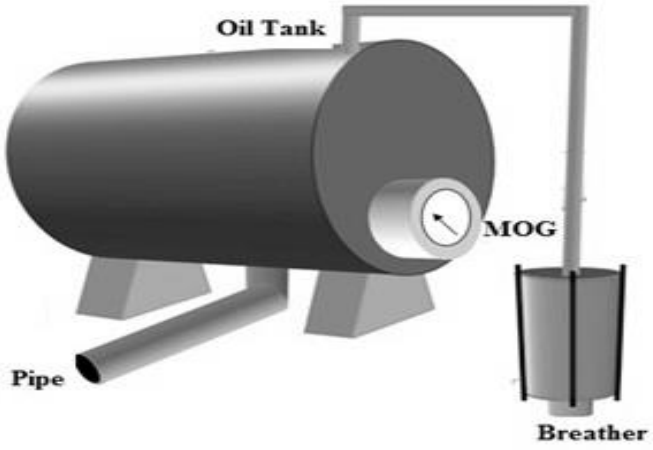
ويثبت على السطح العلوي للمحول ويستخدم لبيان درجة حرارة المحول ويجب متابعة درجة حرارة المحولات جيداً حتى لا ترتفع عن الحدود المسموح بها للمحولات المغمورة.

"IEC 67-2"

الجزء	أقصى ارتفاع لدرجة الحرارة المسموح بها °C
الملفات: (رتبة العزل A)	65°: عندما يكون دورة الزيت طبيعية أو جبرية وغير موجهة 70°: دورة الزيت جبرية موجهة.
الزيت:	60°: إذا كان المحول مجهز بخزان تمدد. 55°: إذا كان المحول غير مجهز بخزان تمدد.
القلب الحديدي: والأجزاء المعدنية	درجة الحرارة لن تصل (بأي حال من الأحوال) إلى الحد الذي يؤثر على القلب الحديدي.

جدول رقم (2) يوضح كود IEC 67-2

7. الخزان الاحتياطي (خزان التمدد) (Conservator)



الخزان الاحتياطي

- **تركيبه:**

يكون على شكل أسطواني وحجمه 10%من حجم الخزان الرئيسي ويتم تركيب مبين مستوى الزيت وجهاز التنفس عليه ويتصل بخزان التمدد بواسطة ماسورة تتصل بخزان التمدد أعلى بعض الشيء من قاع خزان التمدد.

- **وظيفته:**

يعمل على توازن الضغط داخل الخزان (ضغط الزيت) وخارجه (الضغط الجوي).وعند تشغيل المحولات على الحمل الكامل فانه تبعاً لخصائص الزيت الطبيعية يتمدد ويزيد حجمه وقد وجد عملياً انه يمكن أن يزيد الحجم بنسبة 8% عند التحميل الكامل مع أقصى درجة حرارة محيطة وعلى ذلك لا يمكن ملئ الخزان بالكامل بالزيت ولكن يكون ارتفاع الزيت حوالي30%من ارتفاع خزان التمدد للسماح بتمدد الزيت.

8. مبين مستوى الزيت(Oil level indicator)

مبين مستوى الزيت

- **وظيفته:**

بيان مستوى الزيت في الخزان الاحتياطي، التأكد من أن مستوى الزيت في الارتفاع بين العلامة السفلية والعلامة العلوية الموجودة على خزان التمدد مما يتيح ضبط مستوى الزيت بين هاتين العلامتين.

- **يوجد منه نوعان:**

أ. أنبوبة زجاجية.

ب. مؤشر ذو عوامة.

وهو عبارة عن مؤشر يتصل بعوامة داخل الزيت وتكون ثابتة على السطح العلوي للزيتوبالتالي يمكن معرفة مستوي الزيت من تدريج المؤشر الموجود على المبين.

- فإذا كان المؤشر علي المنطقة الحمراء العليا دل ذلك علي أن مستوى الزيت أعلى من اللازم.
- وإذا كان على المنطقة الحمراء السفلي دل ذلك علي أن مستوى الزيت أقل من اللازم.
- وإذا كان على المنطقة الخضراء الوسطى دل ذلك علي أن مستوى الزيت مناسب.

9. جهاز التنفس (Breather)

جهاز التنفس

عبارة عن إناء زجاجي به مادة السيليكا جيل وكمية صغيرة من الزيت في أسفل الإناء ويسمح بخروج الهواء من المحول أثناء تمدد الزيت وكذلك دخول الهواء للمحول أثناء انكماش الزيت حيث تكون كمية الزيت الموجودة بأسفل الإناء بتنقية الهواء الداخل للمحول من الشوائب والأتربة.

10.السيليكا جيل Silica gel

مادة السليكا جيل

هي عبارة عن ملح بلوري يمتص الرطوبة وظيفته يقوم بامتصاص الرطوبة الموجودة بالهواء أثناء دخوله للمحول وبالتالي يمنع الرطوبة من الوصول لزيت المحول.

ألوان مادة السيليكا جيـل:

- **اللون الأزرق**: هو لون المادة الفعالة.
- **اللون الوردي:** هو لون مادة السيليكا جل المشبعة بالرطوبة ويجب تغيرها أو التجفيف في فرن مفتوح درجة حرارته من 150°:200° م حتى تستعيد اللون الأزرق مرة أخرى.
- **اللون الأبيض:** هو لون مادة السيليكا جيل المشبعة بالرطوبة وتم تجفيفها عدة مرات وبالتالي لم تعد صالحة لإعادة التجفيف ويتم تغيرها.
- **اللون الأسود:** هو لون مادة السيليكا جيل المشبعة بالزيت حيث يقوم الزيت بسد مسام السيليكا جيل ولا تصلح لإعادة التجفيف ويتم تغيرها.

11. محبس سفلي:

يستخدم لسحب الزيت من المحول لتغيره أو سحب عينة من الزيت للاختبار.

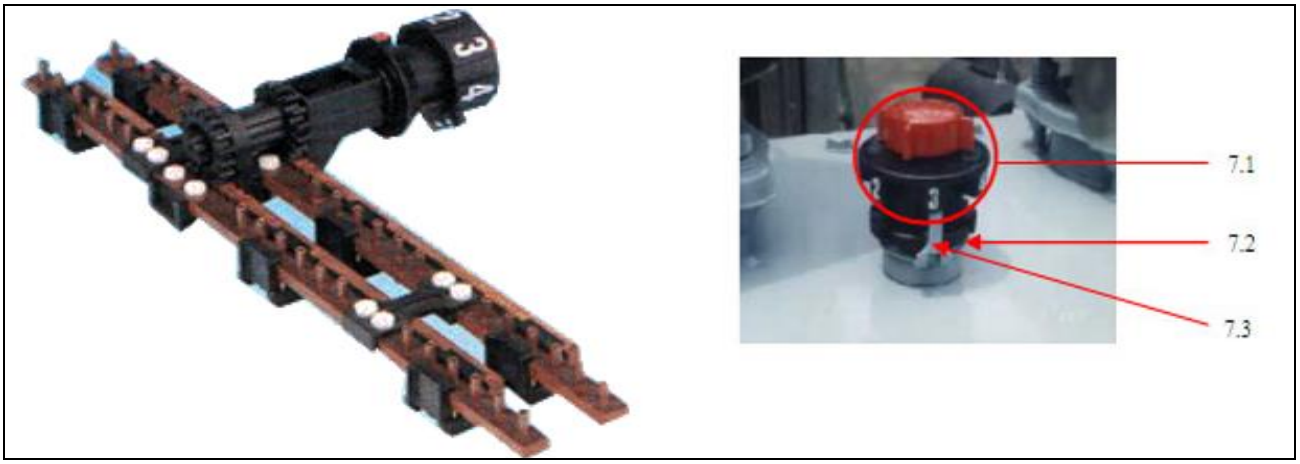
تكون موجودة في أعلى خزان التمدد ويتم تزويد الزيت للمحول من خلالها.

13. متمم بوخلز (RalayBuchlez)

متمم بوخلز

يعمل على حماية المحول من المشاكل التي تحدث داخل المحول وسوف نتعرض لها بالتفصيل في باب(وقاية المحول).

14. مغير الجهد (Tap Changer)



مفير الجهد

- **وظيفته:**

يعمل مغير الجهد على ثبات قيمة الجهد المنخفض عند القيمة المقننة في حالة تغير جهد المصدر في حدود ±5% عن طريق تغيير نسبة التحويل وذلك بتغيير عدد لفات ملف الجهد المتوسط.

أنواع مغير الجهـــد

أ. مغير الجهد على الحمل (On load tap changer)

يستخدم هذا النوع في محولات القدرة حيث يتعذر فصل المحول عن الشبكة وتغمر نقط التلامس لمغير الجهد في اسطوانة بها زيت غير قابل للاشتعال ويستخدم هذا النوع في محولات القدرة فقط (محطات المحولات).

ب. مغير الجهد على الدائرة المفصولة (Off circuit T-C)(No Voltage T-C):

ويستخدم هذا النوع في محولا التوزيع ويجب فصل مصدر الجهد المتوسط وكذلك مفاتيح الخروج لعزل المحول تماما عن الشبكة نظراً لخطورة تغير وضع مغير الجهد في وجود جهد على المحول حيث يؤدي ذلك إلى اشتعال زيت المحول.

مغير الجهد على الدائرة المفصولة:

- **ولتغيير وضع مغير الجهد يجب إتباع الآتي:**

1. قياس الجهد المنخفض بدقة في حالة اللاحمل.
2. حساب قيمة الجهد المتوسط.

الجهد المتوسط= الجهد المنخفض × نسبة التحويل الخاصة بالنقطة التي يعمل عليها مغير الجهد.

3. بعد حساب قيمة الجهد المتوسط يتم اختيار نقطة مغير الجهد التي سوف يتم التغيير عليها بحيث يكون الجهد الاسمي لنقطة مغير الجهد متطابق (أو مقارب) للجهد المتوسط الفعلي للشبكة.
4. يتم فصل جميع المصادر التي يمكن أن تغذي المحول (سكاكين المتوسط، مفاتيح المنخفض)
5. يتم استخدام مبين الجهد للتأكد من عدم وجود جهد على المحول.
6. يتم تغيير مغير الجهد إلى الوضع المناسب لجهد التشغيل.
7. يتم التأكد من تثبيت بكرة مغير الجهد ووصولها إلى وضع التعشيق.
8. توصيل الجهد مرة أخري للمحول.

مقارنة بين مغير الجهد على الحمل ومغير الجهد على الدائرة المفصولة

نوع المقارنة	مغير الجهد على الحمل	مغير الجهد على الدائرة المفصولة (اللاجهد)
نوع المحول	محولات القدرة	محولات التوزيع
عدد نقاط التقسيم	17 نقطة أو أكثر	3 أو 5
الوسط المحيط	اسطوانة مغلقة بها زيت قاطع للشرارة	زيت المحول
طريقة التغيير	أوتوماتيكيا بواسطة وحدة تحكم خاصة	يدوياً بعد فصل الجهود من على المحول
المكان	أسطوانة خاصة متوازية مع الملفات	أسفل السطح العلوي للمحول
وقاية المحول من الشرارة التي يمكن أن تحدث أثناء التغيير	زيت قاطع للشرارة	فصل الجهد عن المحول

جدول رقم (3) يوضح مقارنة بين مغير الجهد على الحمل ومغير الجهد على الدائرة المفصولة

لوحة بيانات المحول

يجب أن يحتوي على لوحة بيانات بحيث يسهل التعامل مع المحول بطريقة صحيحة.

وأهم البيانات المجودة على لوحة البيانات كالتالي:

- اسم الشركة المنتجة.
- نوع المحولType.
- رقم مسلسل Serial number.
- سنة الصنعManfact. date.
- التردد Frequency.
- القدرة PowerRated.
- مجموعة التوصيل الاتجاهية Group connectionVector.
- جهد المعاوقة Impedance voltage.
- زمن القصر Short circuit time.
- الوزن الكلي Total weight.
- وزن الزيت Oil weight.
- طريقة التبريد Type of cooling.
- التيار المقنن Rated current.

- الجهد المقنن (عند كل نقطة من نقاط مغير الجهد) Rated voltage.

الرموز الموجودة على لوحة البيانات

1 القدرة Power Rated

$$S = \sqrt{3}\, V_L\, I_L \qquad KVA$$

ويتم تصميم المحول على أساس القدرة الظاهرية (S) وذلك لصعوبة تحديد معامل القدرة للمحولات.

2. زمن القصر (Short circuit time)

وهو أقصى فترة زمنية يمكن أن يتحملها المحول في حالة وجود قصر (ثلاثة اوجه مع الأرضي) على المحول.

3. جهد المعاوقة (%V):

هو عبارة عن النسبة المئوية لجهد القصر إلى الجهد المقنن للمحول عند تيار الحمل الكامل.

وهو أيضا عن النسبة المئوية للانخفاض في جهد أطراف التوصيل الثانوية للمحول من حالة اللاحمل إلى حالة الحمل الكامل

$$\%V = \frac{V_{F.L} - V_{N.L}}{V_{N.L}} \times 100$$

وتتراوح قيمته بين 3.5% 5←% في محولات التوزيع.

4. طريقة التبريد:

أغلب محولات التوزيع تكون طريقة تبريدها من نوع (ONAN):

- O: مادة التبريد الداخلي هي الزيت.
- N: حركة الزيت داخل المحول طبيعية.
- A: مادة التبريد الخارجي للمحول الهواء.
- N: حركة هواء تبريد المحول طبيعية.

5. التيار المقنن (Ir)

$S = \sqrt{3}\, V_L\, I_L$

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3}\, V_L}$$

في جانب الجهد المنخفض

$$I_L = \frac{S\,(VA)}{\sqrt{3} \times 400}$$

$$I_L = \frac{S\,(KVA)}{\sqrt{3} \times 0.4} = 1.41 \times S\,(KVA)$$

في جانب الجهد المتوسط

$$I_H = \frac{S\,(KVA)}{\sqrt{3} \times 11}$$

6. مجموعة التوصيل الاتجاهية (ConnectionVector Group):

محولات التوزيع يكون توصيلها Dyn11

ومعناها:

- D← ملفات الجهد المتوسط (جانب الجهد الأعلى) يتم توصيلها دلتا.
- y← ملفات الجهد المنخفض (جانب الجهد الأصغر) يتم توصيلها نجمة.
- n← نقطة التعادل.
- 11← جهد الخط في جانب الجهد المنخفض يسبق جهد الخط في جانب الجهد المتوسط بزاوية طور(Phases shift) مقدارها 11 × 30 = 330° وهو ما يسمى برقم المجموعة الاتجاهية.

طرق توصيل ملفات المحولات الثلاثية الأوجه:

من المعلوم أن التيار في الملف الثانوي يكون معاكسا في الاتجاه مع تيار الملف الابتدائي إلا انه في المحولات ثلاثية الأوجه يكون لطريقة توصيل الملفات تأثير في إحداث اختلاف في زاوية الوجه بين الضغط العالي والضغط المنخفض.

أما إذا كانت التوصيلات متشابه في شكل التوصيل (نجمة/ نجمة او دلتا/ دلتا) فانه يكون هناك اتفاق وجهي.

ولذا فانه قد أخذت زاوية الوجه بين الضغط العالي والضغط المنخفض كأساس لتقسيم المحولات فإذا رمزنا للضغط العالي بعقرب الدقائق والمنخفض بعقرب الساعات وباستخدام الزاوية المركزية بين كل رقمين من أقسام الساعة وقدرها 30^0 وبالدوران في اتجاه عقارب الساعة كما هو مبين بالشكل نحصل علي جدول توصيلات المحول.

الباب الثانى مفاقيد القدرة الكهربية فى محول القدرة

مفاقيد المحول

مفقودات اللاحمل:

وهي المفقودات التي يتم فقدها في المحول عندما يسلط على أحد ملفاته الجهد المقنن وبالتردد المقنن بينما يكون الملف الأخر مفتوحاً.

1. فقد التخلف في شرائح القلب الحديدي Hysteresis losses in core sheets

يتسبب مرور التيار المتردد في ملفات المحول في إيجاد منحنيات التمغنط في القلب الحديدي ونتيجة لمروره في الاتجاه المعاكس يكون للمنحنيات اتجاهات متضادان فكلما تغير اتجاه المغنطة تتغير أقطاب الجزيئات المغناطيسية. وهذا يؤدى إلى فقد في قدرة المحول:

- فقد التخلف $= V*10^{-71.6}H*f*Bi$
- h: ثابت التخلف من 0.001 إلى 0.003
- f: التردد.
- Bi: أقصى كثافة فيض.
- V: حجم القلب الحديدي سم^3

2. فقد التيارات الإعصارية في شرائح القلب Eddy current Losses in core plates

تعرف التيارات الإعصارية في القلب الحديدي بأنها التيارات الناتجة في القلب نتيجة تغير الفيض المغناطيسي باعتبار أن القلب مادة موصلة للكهرباء وهذه التيارات الإعصارية غير مرغوب فيها.

لتقليل مفاقيد التيارات الإعصارية يصنع القلب الحديدي من شرائح الصلب المعزولة عن بعضها البعض بمادة عازلة.

3. فقد التيارات الإعصارية الشاردة في رباطات ومسامير القلب Stray Eddy current Losses in core clamps Bolts

ولتقليل هذا الفقد يتم الاعتناء برباطات وتجميع القلب الحديدي.

4. فقد I^2R نتيجة تيار اللاحمل I^2R Loss Due to no load current

تيار اللاحمل هو التيار الذي يمر في ملف عندما يسلط عليه الجهد المقنن وبالتردد المقنن عندما يكون الملف الأخر مفتوح ويكون غلباً في حدود من 1-2% من تيار الحمل الكامل ويجب الأخذ في الاعتبار أن

تكون كثافة الفيض المغناطيسي تحت نقطة التشبع الحرجة (Critical Saturation point) وألا تحتوي شرائح القلب الحديد على ثغرات هوائية وذلك للحفاظ على قيمة تيار اللاحمل.

يتم (قياس) مفقودات اللاحمل من اختبار اللاحمل:

حيث يتم تسليط الجهد المقنن (Rated Voltage) على أطراف ملف الجهد العالي ويترك ملف الجهد المنخفض مفتوحاً ويتم أخذ القراءات التالية:

- Wo: القدرة الفعالة في حالة اللاحمل.
- I_O: تيار اللاحمل.
- V_1: الجهد الابتدائي.
- V_2: الجهد الثانوي في حالة اللاحمل.
- Cos $Ø_0$: معامل القدرة في حالة اللاحمل.

$$\textbf{معامل القدرة في حالة اللاحمل Cos Ø0} = \frac{\mathbf{Wo}}{\mathbf{V_1\ Io}}$$

$$\textbf{نسبة التحويل في المحول} = \frac{\mathbf{N_1}}{\mathbf{N_2}} = \frac{\mathbf{V_1}}{\mathbf{V_2}}$$

عادة تكون كفاءة المحول الكهربي المصمم جيداً مرتفعة حوالي 99 % للأسباب التالية:

1. أنه معده ساكنه استاتيكية فلا يوجد بها مفاقيد احتكاك ميكانيكي ولا مقاومة هواء للحركة ولا مفاقيد ميكانيكيه
2. مفاقيد نحاس صغرى نتيجة لاستخدام مساحة مقطع مناسبة للموصلات النحاسية في الملفات
3. مفاقيد حديديه صغرى نتيجة لاستخدام قلب حديدي من شرائح حديد سلكوني مدرفل على البارد ذات مقاومه عاليه للتيارات الدوامية وخصائص مغناطيسية عالية ويتم طلائها بطبقة ماده عازله كالورنيش أو الأكاسيد العازلة

ملحوظة:

مفاقيد التيارات الدوامية تتناسب طردياً مع مربع سماكة الشرائح المكونة للقلب الحديدي

^{2}(Square)Eddy Current Loss αt

فكلما قلت سماكة شرائح القلب الحديدي قلت التيارات الدوامية والمفاقيد الحديدية وقلت درجة حرارة القلب الحديدي

المواد التي يصنع منها القلب الحديدي في المحول:

1. **صلب عالي المقاومة High Resistance Steel H.R.S.**

ويكون نسبة السليكون به من 4 إلى 5 % وسماكته الإسمية بالمليمتر0.35

2. **شرائح صلب سليكون مدرفل على البارد Cold Rolled Grain Oriented Silicon Iron Sheet**

وتكون نسبة السليكون به حوالي 3% وسماكته بالمليمتر من 0.33حتى0.25ويستخدم في محولات القدرة الحديثة.

CRGO Laminations for Transformers

Cold Rolled Grain Oriented (CRGO) silicon steels are used for laminations of the Power Transformers. Cold Rolled Grain Oriented (CRGO) sheets will have superior magnetic properties in the direction of rolling.

- شرائح الصلب السليكون المدرفل على البارد لها خصائص مغناطيسية ممتازة في اتجاه الدرفلة

The crystals are aligned in the direction by cold rolling followed by heat treatment process.

- فبلورات المعدن تتراص أو تصطف في اتجاه الدرفلة على البارد المتبوعة بالمعالجة الحرارية

Magnetic properties of the CRGO steel Sheets are dependent on the magnetic properties of the individual crystals of the material and the direction of orientation of the crystal.

- والخصائص المغناطيسية لهذه الشرائح تعتمد على الخصائص المغناطيسية للبلورات المكونة للمادة واتجاه توجه البلورات

The properties of the CRGO silicon steels are improved by composition, manufacturing process, heat treatment, laser irradiation etc.

- وخصائص هذه الشرائح تتحسن بالسبك والتصنيع والمعالجة الحرارية والتعرض لإشعاعات الليزر.

Thickness of the CRGO sheets will be of the order of 0.33mm to 0.25mm.

- سماكة هذه الشرائح تكون بالمليمتر من0.33 حتى0.25

These CRGO Steel Laminations are stacked together to form a magnetic core for the Transformer.

- يتم تجميع هذه الشرائح سويا لتكوين القلب الحديدي

The Commercially available CRGO steel sheets will have 3% of Silicon.

- والشرائح المتاحة على النطاق التجاري نسبة السليكون بها تكون حوالي 3%

Higher the Silicon content increases the resistivity and reduces the eddy current losses.

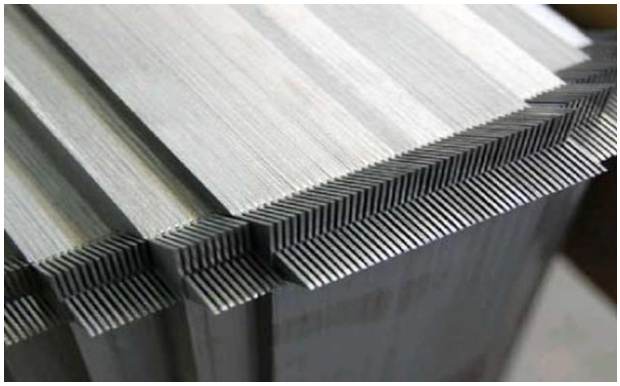
- وكلما زاد محتوى السليكون كلما زادت المقاومة وكلما قلت مفاقيد التيارات الدواميه

But Silicon Content above 3.5% makes the CRGO silicon steel sheets brittle.

- لكن محتوى السليكون الأعلى من 3.5% يجعل هذه الشرائح سهلة الكسر

Silicon content of 3% to 3.25% is used in commercial grades of CRGO steel

- والمحتوى السليكون في الشرائح المتداولة تجاريا يكون من3% حتى 3.25%



شكل رقم (3) يوضح شرائح الصلب السليكوني المدرفل على البارد

Properties of CRGO Steel Laminations

- خصائص شرائح الصلب السليكوني المدرفل على البارد

The following features or properties influence for selecting the CRGO steel sheet as magnetic core circuits for transformers.

- الخصائص التالية تؤثر في اختيار هذه الشرائح لصنع القلب الحديدي للمحول

• Maximum magnetic induction to obtain high induction amplitude in an alternating field

- هذه المادة تتيح حث مغناطيسي أقصى للاستفادة بأعلى قيمة حث في مجال مغناطيسي متردد

Core loss will be independent of the load of the transformer. By using CRGO steel sheets core loss is low result in reduction of the constant losses.

- مفاقيد القلب الحديدي ستكون غير مرتبطة بحمل المحول وباستخدام هذه الشرائح فإن مفاقيد القلب الحديدي تكون منخفضة مسببة نقص المفاقيد الثابتة

• Low apparent power input (Low hysteresis loss) results in low no load current

- ستكون القدرة الظاهرية الداخلة منخفضة (مفقود تخلفي صغير) مسببا تيار لا حمل صغير

High grade surface insulation

- درجة عزل سطحي عالية

Good mechanical processing properties

- خصائص تشغيل ميكانيكيه جيده

Low magnetostriction results in low noise level

- مستوى ضوضاء منخفض

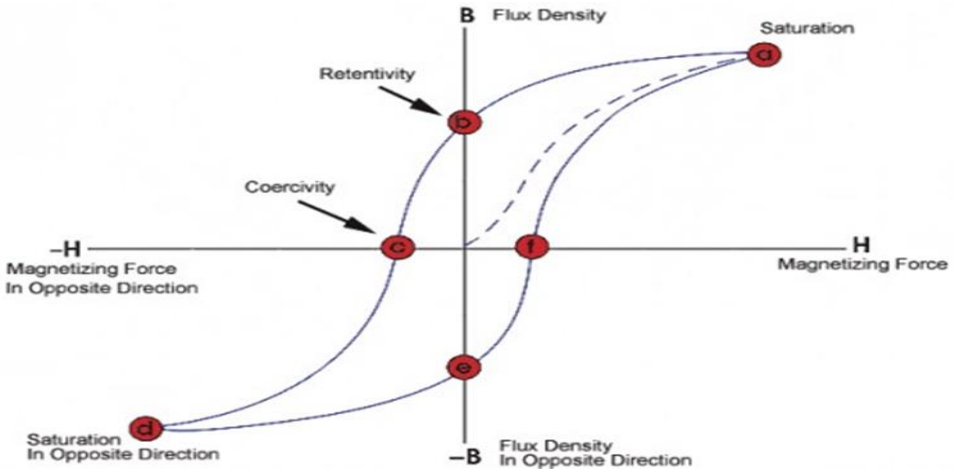
In order to appreciate the CRGO Steel material first we have to understand the core losses in the Transformer.

Core Losses in Transformer:

- مفاقيد القلب الحديدي للمحول:

Core losses of a transformer consist of Hysteresis and Eddy Current losses. About 80% of the no load losses are due to properties of the material and remaining 20% of the core losses are due to design and manufacturing process

- مفاقيد القلب الحديدي تتكون من مفاقيد التخلفيهومفاقيد التيارات الدوامية وحوالي 80% من مفاقيد اللاحمل تكون بسبب خصائص المادة المصنع منها القلب الحديديوإل 20% المتبقيةتكون بسبب التصميم وعمليات التصنيع



شكل رقم (4) يوضح منحنى التخلف المغناطيسي

Hysteresis Loop or BH curve:

In an AC Transformer voltage and current waveforms vary in cycles, means when the direction of current flow for one half cycle is in one direction and for other half-life the direction reverses.

- في محول التيار المتردد يتغير شكل موجة الجهد والتيار في صورة دورات مما يعنى أن اتجاه تدفق التيار في النصف الأول من الدورة ينعكس في النصف الثاني من الدورة

So the direction magnitude of Field applied to the core of the Transformer also alters for every half cycle.

- ولهذا ينعكس اتجاه المجال المسلط على القلب الحديدي للمحول كل نصف دوره

Consider the core is magnetized by the magnetic field (H) called magnetizing force.

- ولنفترض أن القلب الحديدي يتمغنط بمجال مغناطيسي Hيسمى القوه الممغنطة

The magnetic flux density (B) of the core of Transformer will increase and saturates at the knee point and then starts decreasing as magnetizing force (H) decreases.

- وكثافة الفيض المغناطيسي Bلقلب المحول سوف تزيد وتتشبع عند نقطة الركبة ثم تبدأ في النقصان مع نقص قوة المغنطة H

An instant (D in fig.) will arise where the magnetizing force (H) will become zero i.e, no magnetic field force is applied to the material (This arise due to the

current wave during passing from one half cycle to other half cycle it touches zero point) but still magnetic flux density is not zero in the material but have some value.

- و هناك لحظه (D)سوف يكون عندها قوة المغنطة(H) تساوى صفر بمعنى أنه لايوجد قوه مغناطيسية مسلطه على المادة وهذه النقطة تنشأ نتيجة لمرور موجة التيار من نصف دوره إلى النصف الأخر وملامستها حينئذ لنقطة الصفر

This is called Magnetic Retentivity. The value of H at zero B is called Corrective Force(C in fig.). Coercive Force required making the magnetic flux (B) zero by applying the magnetic field in opposite direction. When the flux applied in the opposite direction to the material in opposite direction in another cycle he same phenomenon takes place. This complete loop is called hysteresis loop. Hysteresis loop is significant because the area under the hysteresis loop gives the total Hysteresis Loss of the Magnetic Material.

So from hysteresis loop of BH curve we understand that lower the Magnetic Retentivity in the magnetic material lower is the loss of magnetic field applied to make the magnetic flux zero. CRGO steel have the properties of soft magnetic materials which have smaller hysteresis loop or BH curve. So Hysteresis loss is much smaller in CRGO core compared to ordinary steel material.

من منحنى إل BH نفهم أن كلما قل الاستبقاء المغناطيسي في المادة المغناطيسية كلما قل المفقود من المجال المغناطيسي المسلط لجعل الفيض المغناطيسي صفر وهذه المادة لها خصائص المواد المغناطيسية الناعمة التي لها منحنىBHصغير

وبالتالي فإن المفاقيدالتخلفيه في القلب المصنوع من تلك المادة تكون أقل بكثير من خامات الصلب العادية

Hysteresis Loss:

In simple when a magnetic field is applied all the grains of the magnetic material will orient in the direction of magnetizing force. In another cycle this grains will orient in opposite direction in the direction of magnetizing force. The energy required to change the orientation of the magnetic grains in the

direction of the magnetic field is lost in the form of heat. This loss is called hysteresis loss.

المفاقيد التخلفية:

ببساطه عندما نسلط مجال مغناطيسي فإن كل ذرات المادة المغناطيسية سوف تتجه في اتجاه القوة المغناطيسية

وفي نصف الدورة الثاني فإنها تتجه في الاتجاه المضاد وأيضا في اتجاه القوه المغناطيسية والطاقة المطلوبة لتغيير اتجاه هذه الذرات المغناطيسية في اتجاه المجال المغناطيسي تفقد في صورة حرارة وهي ما تسمى المفاقيد التخلفية.

مفاقيد التيارات الدوامية Eddy Current Loss

When an alternating magnetic flux is applied to the iron core small emf will be induced due to change in flux linkage.

عندما يسلط فيض مغناطيسي متردد على القلب الحديدي فإن قوه دافعه كهربيه صغيره تتولد بالحث نتيجة التغير في روابط الفيض

This induced emf will cause small circulating currents called eddy currents. Eddy current flowing through the material causes I2R losses in the material.

وهذه القوة الدافعة الكهربية المتولدة سوف تسبب تيارات دواره صغيره تسمى التيارات الدواميه وبتدفقها خلال المادة تسبب مفاقيد تساوى مربع قيمة هذه التيارات مضروبا في المقاومة الكهربية لهذه المادة

In order to reduce the Eddy Current loss:

ولكي نقلل التيارات الدواميه نختار ماده لها مقاومه كهربيه عالية

Use of Material having high electrical resistivity:

By using superior grain orientation CRGO steel will have higher electrical resistivity. Thus eddy current loss can be reduced.

وباستخدام هذه المادة نحصل على مقاومه كهربيه أعلى وبالتالي تقل مفاقيد التيارات الدوامية

Lamination Cores are used:

By using thin laminations the core thickness is reduced so eddy current losses are reduced. So CRGO steel laminations are used as a core material.

باستخدام شرائح رقيقه فأن سماكة القلب الحديدي تقل وبالتالي تقل مفاقيد التيارات الدوامية

Insulation between laminations:

Oxide coating is provided for CRGO laminations to reduce eddy current losses.

والطلاء بالأكسيد العازل للشرائح يقلل من مفاقيد التيارات الدوامية

الباب الثالث طرق التبريد

دراسة تفصيلية لزيت المحول

طرق التبريد دراسة تفصيلية لزيت المحول

- **تبريد المحولات**

المحولات المغمورة في الزيت (Oil Immersed Transformers):

يقوم زيت التبريد بوظيفتين أساسيتين هما:

1. العزل بين الملفات وبعضها وكذلك العزل بين الملفات والقلب الحديدي للمحول.
2. المساعدة في عملية تبريد قلب المحول وملفاته ويتم ذلك عن طريق انتقال الحرارة المتولدة في القلب والملفات الى الزيت المحيط بها من خلال العوازل الصلبة ويقوم الزيت بنقل تلك الطاقة الحرارية اما الى خزان المحول (Transformer Tank) وملحقات التبريد الخاصة به او الى أسطح منفصلة اكثر برودة (على حسب طريقة تبريد المحول) ويتم بعد ذلك تخليص المحول من تلك الحرارة.

- **طرق تبريد المحولات**

الرموز المستخدمة لتحديد طريقة التبريد:

يتم ترتيب الرموز المستخدمة للتبريد حسب المواصفات القياسية العالمية (IEC) بحيث توضح نوع وسط التبريد للملفات ثم نوع التقليب للوسط المستخدم مع الملفات ثم نوع وسط التبريد خارج المحول ثم نوع التقليب لوسط التبريد خارج المحول.

الجدول الآتي يوضح الحروف الرمزية المستخدمة لوسط تبريد الملفات

نوع وسط التبريد		الرمز	
زيت معدني	Mineral Oil	ز	O
سائل صناعي عازل	Askarel	س	L
غاز	Gas	غ	G
ماء	Water	م	W
هواء	Air	هـ	A
عازل صلد	Solid Insulator	ع	S

جدول رقم (4) يوضح الحروف الرمزية المستخدمة لوسط تبريد الملفات

نوع التقليب		الرمز	
طبيعي	Natural	ط	N
جبري غير موجه	Forced	ج	F
جبري موجه	Forced and Directed to the Winding	م	D

جدول رقم (5) يوضح رموز طريقة التقليب لوسط التبريد

الجدول الآتي يوضح ترتيب الرموز

الحرف الرابع	الحرف الثالث	الحرف الثاني	الحرف الأول
يوضح وسط التبريد الملامس لنظام التبريد الخارجي		يوضح وسط التبريد الملامس مباشرة للملفات	
نوع التقليب	نوع وسط التبريد	نوع التقليب	نوع وسط التبريد

معنى رموز التبريد في محولات التوزيع المغمورة في الزيت

N	A	N	O
نوع التقليب الخارجي طبيعي	وسط التبريد الخارجي هواء	نوع التقليب الداخلي طبيعي	وسط التبريد الداخلي للمحول(زيت)

رموز طرق التبريد طبقاً للمواصفات الدولية (IEC)

الرمز	طريقة التبريد
1- ONAN	تبريد بالزيت الطبيعي والهواء الطبيعي
2- ONAF	تبريد بالزيت الطبيعي والهواء الجبري
3- OFAF	تبريد بالزيت الجبري والهواء الجبري
4- ODWF	تبريد بالزيت الموجه والمياه الجبرية
5- AN	تبريد بالهواء الطبيعي (للمحولات الجافة)
6- AF	تبريد بالهواء الجبري (للمحولات الجافة).

رموز التبريد للمحولات المغمورة في الزيت طبقاً للمواصفات الأمريكية

الرمز	طريقة التبريد
OA	تبريد ذاتي بالزيت
OA/FA	تبريد ذاتي بالزيت وقسري بالهواء
OA/FA/FA	تبريد ذاتي بالزيت وقسري بالهواء على مرحلتين
OW/A	تبريد ذاتي بالزيت وتبريد الزيت بالماء

رموز التبريد في المحولات طبقاً للمواصفات الروسية

الرمز	طريقة التبريد
M	تبريد ذاتي بالزيت
Д	تبريد ذاتي بالزيت وبالهواء القسري
ДЦ	تبريد قسري بالزيت وبالهواء القسري
MB (or) Ц	تبريد قسري بالزيت والماء

مواصفات زيت التبريد المعدني

يستخرج الزيت المعدني المستخدم في تبريد المحول من البترول ثم يضاف إلية مادة مانعة للأكسدة ويعتمد أداء المحول إلى درجة كبيرة على خواص الزيت الفيزيائية والكيميائية والكهربية. لذلك يجب أن يخضع زيت المحول لعدة اختبارات تحددها المواصفات العالمية بحيث يحقق مستويات الأداء المطلوبة.

وأهم خصائص الزيت ما يلي:

1. **المظهر**: يدل المظهر الخارجي للزيت على حالته الطبيعية بحيث يجب أن يكون لائقاًوخالياً من المواد العالقة أو الرواسب.
2. **الكثافة (Density)**: يجب ألا تزيد كثافة الزيت عن 895 كجم / م^3 وذلك يضمن عدم تجمد الزيت في درجات الحرارة المنخفضة والتي تقل عن –20°م وهذا الشرط غير حيوي في البلدان الحارة.
3. **اللزوجة (Viscosity)**: تؤثر لزوجة الزيت بدرجة كبيرة على عملية التبريد إذ أن حركة الزيت داخل المحول تزداد كلما قلت لزوجته. ويجب ألا تزيد لزوجة الزيت عن حد معين حتى لا يكون غليظ القوام مما يعوق حركته داخل مجاري وفراغات المحول وتقاس اللزوجة بـ (السنتيستوك)(mm^2 / sec).

أقصى قيم للزوجة الزيت

اللزوجة (مم2 / ث) / درجة الحرارة	زيت خالي من موانع الأكسدة	زيت يحتوى على موانع الأكسدة
20°م	40	25
-15°م	800	—
-30°م	—	1800

4. **نقطة الوميض (Flash point):** هي درجة حرارة الزيت التي تكون عندها بخار الزيت المتواجد في الهواء الملامس لهذا الزيت قابلة للاشتعال إذا تعرض لأي لهب أو شرار كهربي. ويجب أن تكون أعلى من درجة حرارة الزيت أثناء التشغيل مع اتخاذ هامش أمان كبير.

نقطة الوميض للزيت من 130°م إلى 140°م.

5. **نقطة الانصباب (Pour point):** وهي اقل درجة حرارة للزيت أن يتدفق عندها تحت قيمة معينة لفرق الضغط دون حدوث أي معوقات وتعطي مؤشراً لأقل درجة حرارة للوسط الموجود فيه الزيت حيث يمكن لهذا الزيت أن يؤدي وظيفته بأمان وبطريقة سليمة.

تتراوح بين -30°م, -45°م.

6. **محتوى الماء:** تتأثر خواص الزيت بدرجة كبيرة بوجود الماء فيه حيث أن نسبة 0.06% من الماء تقلل شدة العزل الكهربي نسبة 50%.

وتنص المواصفات على ألا تزيد نسبة الماء في الزيت الجديد عن 35 مللي جرام / كجم (35 جزء في المليون).

يمكن إزالة الرطوبة برفع حرارة الزيت أعلى قليلاً من درجة غليان الماء لفترة طويلة.

7. **الشدة الكهربية (Electric strength)** تحدد قدرة الزيت على تحمل المجال الكهربي (Electric field) وتحدد كذلك كفاءة الزيت كمادة عازلة.

8. **عامل تبريد العزل الكهربي (ظل زاوية الفقد) (Loss tangent" Tanδ")**

وهو يعطي مقياس للفقد الكهربي داخل العزل وتنص المواصفات على الآتي:

يكون الحد الأعلى لظل زاوية الفقد 0.005 مقاسه عند درجة حرارة 90°م على أن يكون القياس على عينة جافة مرشحة وعند إجهاد بين 500فولت / مم و100 فولت / مم وتردد بين 40 هرتز و62 هرتز.

الخواص الكيميائية

قد يحتوىالزيت على بعض العناصر مثل الحديد والنحاس والكبريت كما قد يحتوى على بعض الأحماض علاوة على ذلك فأن تشغيل المحول وارتفاع درجة حرارة الزيت وملامسته لقلب وملفات المحول ينتج

عنه تكون بعض الأكاسيد التي تتسبب في تكوين الأحماض والكتل الصلبة (Sludge) والأضرار التي تنتج عن وجود الأحماض تتمثل في:

أ. يؤدي وجود الأحماض في الزيت إلى تآكل جسم الخزان للمحول ويؤدي ذلك أحيانا إلي سقوط الصدأ المتكون على ملفات وقلب المحول مما يؤدي إلى حوادث خطيرة قد تصل إلى حدوث قصر في الدائرة.

ب. قد يؤدي تكون بعض الأحماض إلى تكوين (كتل صلبة) (Sludge) حيث تترسب هذه الكتل على العوازل الصلبة للقلب الحديدي والملفات مما يقلل كفاءة عملية التبريد كما يمكن أن تترسب في مجاري التبريد للزيت (مواسير التبريد، زعانف التبريد) مما يسبب ضعف عملية التبريد.

ملخص لخواص زيت تبريد المحولات:

1. زيت بترولي متجانس وخالي من الشوائب.
2. الكثافة 0.86 – 0.89 جم / سم3.
3. الحرارة النوعية 0.43 – 0.58 كيلو كالورى / كجم درجة.
4. درجة اللزوجة عند 21°م لا تقل عن 37 سنتي ستوك.
5. خالي من الاحماض المعدنية.
6. لا تقل المتانة الكهربية عن 30 ك. ف عند اختباره بين كرتين الفاصل بينهما 2.5 مم.
7. يلتهب في بوتقة مغلقة عند 160°م.
8. معامل التمدد الحجمي 0.069 % لكل 1°م.
9. درجة تبخره لا تزيد (وعند غليانه لمدة 5 ساعات) عن 1.6% على الأكثر.
10. كفاءة الزيت لنقل الحرارة تعادل 21 مرة كفاءة الهواء.
11. قابل للاشتعال.
12. بخاره يختلط بالهواء وهذا الخليط قابل للانفجار.
13. نشرة لامتصاص الرطوبة.

زيت المحول (Transformer Oil)

وصف زيت المحول Transformer Oil Description

- زيت المحول يمثل جزء هام من نظام العزل الكهربي في المحول وله كذلك وظيفة هامة فيه كمبرد لتبديد المفاقيد الحرارية
- زيت المحول يتم الحصول عليه بالتقطير الجزئي والمعالجة التالية لزيت البترول الخام

- زيت المحول يتكون من مركبات عضوية تسمى البارافينات والنافثينات وزيوت عطريه وأولفينات وكل هذه المركبات هي هيدروكربونات ولذلك فزيت المحول هو زيت معدنى هيدروكربونى صافي

Transformer Oil has following Characteristics:

وله الخصائص التالية:

- **Colorlessعديم اللون**
- **درجة اللون: ASTM D 1500**

الدلالة الرئيسية للون هي مراقبة تحول الزيت إلى القتامه خلال وقت قصير، والذي قد يدل إما على التلوث أو تدهور الزيت. ويحدد اللون بواسطة الضوء الممرر ويعبر عنه بقيمة رقمية مبنية على المقارنة مع سلسلة من الألوان المعيارية.

- **Low Densityكثافته منخفضة**
- **Low Viscosity لزوجته منخفضة**

Transformer Oil Analysis

Properties Of Transformer Oil

Transformer Oil Properties are characterized as

- Physical properties
- Electrical properties
- Chemical properties

الخصائص الفيزيقية Physical Properties

Different physical properties of Transformer Oil areMoisture Content:

- **محتوى الرطوبة:ASTM D 1533**

كميه المياه الحرة والمذابة الموجودة في الزيت هي محتوى الرطوبة به ويعبر عنها بجزء في المليون (مليجرام لكل كيلو جرام)وتواجد الرطوبة في الزيت يؤثر على خصائص الزيت حيث يعجل بتلف ورق

العزل والزيت جيد العزل يكون محتوى الرطوبة به منخفض ويمكن اكتشاف وجود الماء الحر بواسطة المعاينة بالنظر ويكون في صورة قطرات منفصلة أو كسحابة شائعة في الزيت. والماء المذاب يتم كشفه بواسطة طرق كيميائية ووحدة قياسه هي الجزء في المليون. وقياس الماء مهم لأن زيادة كميته تؤدى بالقطع إلى خفض قوة العزل للزيت. ومحتوى الرطوبة مهم للصانع لأنه مؤشر على جودة عمليات المعالجة والتجفيف التي أجريت على المحول، ومن المهم أيضا معرفة قيمته في مواقع التشغيل لأن زيادتها قد تكون مؤشرا على وجود تنفيث بالخزان أو تدهور عزل السليولوز.

- **التوتر السطحي (ASTM D 971Interfacial Tension):**

هو مقياس قوة التجاذب الجزيئي بين جزيئات الزيت وجزيئات الماء في المستوى بين سطحيهما

بإجراء اختبار التوتر السطحي يمكن أن نحدد الشوائب المؤينه المذابة الموجودة في الزيت والتي تقلل قوة التجاذب الجزيئي بين الزيت والماء.

التوتر السطحي بين الزيت العازل والماء هو قياس لقوة الجذب الجزيئية بين جزيئات المواد المختلفة، ووحدة قياسه داين لكل سم. ويقدم الاختبار طريقة للكشف عن الملوثات المذابة ونواتج التدهور، ويستخدم بواسطة مصنعي المعدات الكهربية كمؤشر على مستوى تلوث الزيت الجديد، أو الزيت بعد وضعه في وحدة كهربية.

- **نقطة التوهج (الوميض)Flash Point:**

هي درجة الحرارة التي يعطى عندها الزيت كميه كبيره من البخار والذي يمتزج بالهواء مكونا خليطا قابل للاشتعال ويعطى وهج ووميض لحظي عند تسليط لهب تحت ظروف محدده.

أقل نقطة توهج يتم تحديدها لكي يمكن منع مخاطر الحريق التي يمكن أن تنتج عن حادث اشتعال وزيت المحول الجيد تكون نقطة التوهج له أعلى من 145 درجه مئوية

- **اللزوجة Viscosity**

وهي تقيس مقاومة الزيت للتدفق المستمر بدون تأثير القوى الخارجية.

الزيت يجب أن يكون متحرك لينقل الحرارة بطريقه أفضل من القلب الحديدي لمشعات المحول حيث ستتبدد الحرارة. لذلك يجب أن تكون لزوجة زيت المحولم نخفضة جداً.وكلما انخفضت درجة حرارة الزيت كلما زادت لزوجته لذلك كان من الضروري لزيت المحول أن يكون له لزوجه منخفضة عند درجات الحرارة المنخفضة.

- **اللزوجة:ASTM D 88**

لزوجة الزيت العازل واحدة من المقاييس مهمة الدلالة في تحديد قدرة السائل على النقل الحراري. وهذه المعلومة مهمة طبعا لمصمم المعدة الكهربية. واللزوجة هي مقاومة الزيت للسريان المستمر المنتظم بدون اضطراب أو وجود قوى أخرى. وتقاس عادة عن طريق قياس زمن السريان لكمية معينة من الزيت تحت ظروف مشروطة. وزيادة اللزوجة في وحدة عاملة قد تشير إلى تدهور الزيت وتكون الرواسب الطينية.

- **نقطة السيولة (الانسكاب) Pour Point:**

هي درجة الحرارة التي سيبدأ عندها زيت المحول في السيولة والتدفق تحت ظروف محدده.ويجب أن تكون منخفضة في حالة زيت المحول الجيد فعلى سبيل المثال زيت المحول عند سالب ستة درجة مئوية سوف يبدأ في التدفق والسيولة ولذلك فإن نقطة السيولة يجب أن تكون منخفضة لكي يستطيع الزيت أن يبدأ في التدفق حتى تحت درجات الحرارة المنخفضة.

الخصائص الكهربية Electrical properties

Different Electrical properties of Transformer Oil are:

شدة جهد الانهيار الكهربي

هو الجهد الذي يحدث عنده انهيار العزل الكهربي للزيت بين عدد اثنين إلكترود حينما يكون الزيت معرضا لمجال كهربي تحت ظروف محدده.

مقاومة الانهيار الكهربي هي متغير وعامل مهم وأساسي لتصميم نظام عزل كهربي للمحول ويجب أن يكون للزيت مقاومة انهيار كهربي عالية ولو كان للزيت مقاومة انهيار منخفضة دل ذلك على وجود شوائب في الزيت مثل الرطوبة وألياف المواد وجزيئات الكربون والرواسب الطينية.

اختبار انهيار العزل (ASTM D 877 & ASTM D1816)

جهد انهيار العزل هو قياس مهم للضغط الكهربي الذي يستطيع الزيت العازل تحمله دون انهياره. وهو معيار تصميمي مهم ويستخدم بواسطة مهندس التصميم لحساب أقصى خلوصات ممكنة. ولذا يجب أن يلتزم المصنعون بالمحافظة على أن تكون القيمة للزيت المستخدم داخل المعدة عند المستوى المطلوب. وهذه الخاصية تقاس بواسطة تسليط جهد بين قطبين كهربيين عند الظروف المقررة وداخل السائل. وهناك أسلوبان بمواصفة ASTM لإجراء الاختبار.

اختبار انهيار العزل تحت نبضة كهربية (ASTM D3300)

هذا الاختبار(ASTM D3300) لجهد انهيار العزل للزيوت العازلة ذات الأصل البترولي تحت ظروف النبضة يغطى تحديد جهد انهيار العزل للزيت العازل تحت ظروف نبضة كهربية. ويتكون القطبان من

سبيكة نحاسية أو كرة ونقطة من الصلب، وهدف الاختبار دراسة قدرة الزيت على تحمل ضغوط الجهد العابرة نتيجة الصواعق القريبة أو عمليات الفصل والتوصيل لدوائر الجهود العالية.

المقاومية(Resistivity)

هي مكافئ رقمي للمقاومة بين وجهين متضادين من مكعب طول ضلعه سنتيمتر واحد من السائل. ومقاومة العزل الخاصة بالملفات تعتمد أيضا على عزل الزيت. وزيت المحول الجيد له مقاوميه عالية. والمقاومية المنخفضة لزيت المحول تبين وجود رطوبة في زيت المحول أو شوائب موصله للكهرباء.

معامل تبدد العزل Dielectric Dissipation Factor:

زاوية الفقد هي خاصية هامه لزيت المحول ولماده عازله مثاليه فزاوية الوجه بين الفولت والتيار هي 90. ومع ذلك فبسبب عدم النقاوة يتدفق تيار تسرب خلال المادة العازلة وزاوية الوجه تصبح أقل من 90 بدرجه طفيفة ولأن الزاويةδ صغيره جدا فإن ظل هذه الزاوية tan δ يكون صغير أيضاً.

معامل تبدد العزل هو جيب زاوية الفقد δ وهو تقريبا يكون مساويا لظل زاوية الفقد للعوازل. وهو عامل مهم لتحديد جودة العزل لزيت المحول. وقيمة تبدد العزل يجب أن تكون منخفضة لزيت المحول الجيد. ومعامل تبدد العزل المرتفع يبين وجود رطوبة أو شوائب في الزيت.

معامل التشتت (أو معامل القدرة) ASTM D 924

معامل القدرة هو النسبة بين القدرة المبددة في الزيت بالوات إلى القدرة الكلية، ولذا فهو معيار قياس جيد لجودة الزيت. فوجود معامل قدرة ذي قيمة مرتفعة هو مؤشر على وجود ملوثات أو نواتج مسببة للتدهور.

الخصائص الكيميائية Chemical Properties

Different Chemical Properties Of Transformer Oil are

قيمة التحايد أو المعادلة

هي مقياس لتحديد الأحماض العضوية والغير عضويه الموجودة في الزيت معبرا عنها بالمليجرام منالـ KOH المطلوبة لمعادلة الأحماض الحرة الكلية الموجودة في جرام واحد من الزيت.

التأكسد في زيت المحول يكون نتيجة للتفاعل بين الهيدروكربونات الموجودة في الزيت وبين الهواء. والنحاس الموجود يعمل كمحفز لهذا التفاعل. ونواتج الأكسدة ضاره لنظام العزل الخاص بالمحول وتسبب تآكل وصدأ مكونات المحول لذلك فقياس الحموضة الكلية هو الأداة لتحديد مقدرة الزيت على عدم تكوين أحماض خلال عمر الزيت. ولزيت المحول الجيد يجب أن تكون الحموضة الكلية منخفضة.

رقم التعادلASTM D 974

رقم التعادل هو كمية البوتاسيوم هيدروكسيد بالميللي جرام اللازمة لمعادلة الحامض في جرام واحد من الزيت، وهو يقيس محتوى الزيت من الحوامض. ولهذا أهمية كبيرة في كشف ظروف التشغيل غير الطبيعية، فزيادة الحامضية قد يشير إلى الحاجة لتكرير أو استبدال الزيت.

اتزان الأكسدة (التأكسد) Oxidation Stability:

هو مقياس قيمة التحايد والمعادلة والرواسب بعد تشغيل الزيت لفترة طويلة جدا عن طريق محاكاة ظروف التشغيل الفعلية للزيت.

الكبريت المسبب للتآكل Corrosive Sulphur:

البترول الخام يحتوي على مركبات الكبريت ومعظمها يزال مع عمليات التكرير ووجود الكبريت المسبب للتآكل يسبب نقط تآكل وترسبات سوداء على سطح النحاس العاري المستخدم في الموصلات النحاسية والذي يعوق المقدرة على تبديد الحرارة

تحاليل زيت المحول كجزء أساسي من برنامج الصيانة ذو الاستغلال المثل للنفقات.

تحليل الزيتoil analysis:

من المعروف جيدا أن التحليل الدوري للزيت مفيد في مراقبة حالة المحركات والتوربينات والمعدات التي يتم تزييتها بالزيت. المثل يمكن قوله لزيوت المحولات والتي تستخدم لعزل العديد من المحولات ومعدات توزيع القدرة الكهربية.

تحليل زيوت العزل تعطى معلومات عن الزيت وكذلك تمكن من الكشف عن المشاكل الأخرى المحتملة مثل القوس الكهربي وورق العزل المتهالك والخطاء المستترة الأخرى وهي جزء لا غنى عنه من برنامج الصيانة الكهربية ذو الاستغلال الأمثل للنفقات.

التأكد من فاعلية المحول واستمرارية تشغيلهEnsuring Transformer Reliability

صيانة المحولات تطورت خلال الـ 20 سنة الماضية من بند هام من بنود المصروفات إلى أداه استراتيجية من أدوات إدارة شبكات ودوائر النقل والتوزيع الكهربي. فالفاعلية واستمرارية التشغيل المرتفعة هي مطلب لتوزيع القدرة الكهربية بالرغم من أن مخاطر انهيار المحول والمعدات الكهربية المملؤة بالزي تتعد صغيره لكن عندما تحدث الأعطال والانهيارات فإنها تؤدى إلى تكاليف إصلاح عالية وأزمنة تعطل وتوقف للخدمة طويلة واحتمال مخاطر تتعلق بالسلامة.

بل الاكثر من ذلك أن المحولات هي معدات غالية جدا فلا يمكن استبدالها بصفه متكررة فيجب صيانتها بصوره صحيحة لإطالة عمرها المتوقع عن طريق المراقبة الدقيقة لحالة الزيت فإن المشاكل التي تحدث فجأة يمكن اكتشافها قبل حدوثها ويمكن تجنب تعطل الخدمة.

وكذلك يمكن الوصول لبرنامج صيانة أكثر كفاءة وفاعليه وكذلك يمكن تحديد الاوقات المناسبة للتغيير والتجديد.

بعض الفحوصات هي بسيطة نسبياً: عمل متممات الغاز وعمل مغير الجهد على الحمل وفحص تسريبات الزيت وهكذا. وبالرغم من ذلك فإن انهيار واحد من أهم العناصر نظام العزل بالورق والزيت يمكن فقط أن نكتشفه عن طريق تحاليل الزيت الروتينية.

منجم ذهب المعلومات The Information Gold Mine

عن طريق قياس الخواص الفيزيقية والكيميائية للزيت بالإضافة لتركيزات الغازات المذابة في الزيت فيمكن تحديد حالات وشروط عدد من المشاكل المرتبطة والمتعلقة بالزيت أو المحول والتالي هي بعض الاختبارات الشائعة التي تجرى على زيوت العزل الكهربي.

محتوى الرطوبةMoisture Content

أحد أهم الوظائف لزيت المحول هي العزل الكهربي. أي زيادة في محتوى الرطوبة يمكن أن يقلل خصائص العزل الخاصة بالزيت والتي يمكن أن ينتج عنها انهيار العزل.

وذلك له أهمية خاصة حيث أن مع تذبذب درجة حرارة المحول ارتفاعا وانخفاضا مع تشغيل المحول وفصله فإن المذابة تتحرر وتكون سائل متجمع يسبب ضعف قوة عزل الزيت وسوء حالته.

العديد من المحولات تحتوى على ورق مكون من السليلوز لعزل الملفات.

ومحتوى الرطوبة المرتفع يمكن أن يسبب انهيار عزل هذا الورق وفقد في جودة أداؤه

الرقم الحمضيAcid Number

مثلها مثل الزيوت الصناعية زيوت المحول تأكسد تحت تأثير درجات الحرارة العالية والأكسجين خاصة في وجود جزيئات صغيره من المعدن تعمل كمحفز تؤدى إلى زيادة الرقم الحمضي ونتيجة لتكون الأحماض الكربوكسيليكيه فإن تفاعل آخر يمكن أن ينتج رواسب وبقع ورنيش.

وفي السيناريو الأسوأ يمكن أن تسد قنوات الزيت ولا يحدث تبريد جيد للزيت والذي قد يؤدى لانهيار الزيت وزيادة حموضة الزيت لها تأثير مدمر على الورق السليلوز. انحلال الزيت ينتج أيضاً منتجات

ثانوية مشحونة مثل الحماض والهيدروبروكسيدات والتي تقلل من خصائص عزل الزيت وزيادة الرقم الحمضي يصاحبها انخفاض في شدة عزل الزيت وارتفاع محتوى الرطوبة.

1.Dielectric Strength:

The dielectric strength (ASTM D300-00) of a transformer oil is defined as the maximum voltage that can be applied across the fluid without electrical breakdown. Because transformer oils are designed to provide electrical insulation under high electrical fields, any significant reduction in the dielectric strength may indicate that the oil is no longer capable of performing this vital function. Some of the things that can result in a reduction in dielectric strength include polar contaminants, such as water, oil degradation by-products and cellulose paper breakdown.

Power Factor:

The power factor (ASTM D924) of an insulating oil is the ratio of true power to apparent power. In a transformer, a high power factor is an indication of significant power loss in the insulating oil, usually as a result of polar contaminants such as water, oxidized oil and cellulose paper degradation.

Dissolved Gas Analysis (DGA):

Dissolved gas analysis (often referred to as DGA), is used to determine the concentrations of certain gases in the oil such as nitrogen, oxygen, carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen, methane, ethane, ethylene and acetylene (ASTM D3612).

The concentrations and relative ratios of these gases can be used to diagnose certain operational problems with the transformer, which may or may not be associated with a change in a physical or chemical property of the insulating oil.

For example, high levels of carbon monoxide relative to the other gases may indicate thermal breakdown of cellulose paper, while high hydrogen, in conjunction with methane may indicate a corona discharge within the

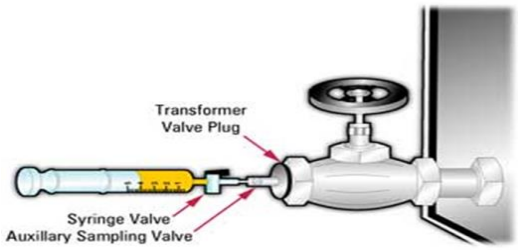
transformer. Some of the more common key gas analysis fault conditions can be seen in Figure.

2. Furans

Furan derivatives are a measure of the degradation of cellulose paper. When the paper ages, its degree of polymerization reduces, so its mechanical strength decreases. The degree of polymerization can only be determined directly by taking a sample of paper, a very complex operation and almost never performed in practice. However, the degree of polymerization of the paper can be directly related to the concentration of furan derivatives in the oil. Furan derivates are formed as a direct result of the breakdown of the polymeric structure of cellulose paper. The content of furan derivatives is relatively easy to measure in the oil, using HPLC and is thus a way of measuring the aging of the paper.

Just like machinery oil analysis, electrical insulating oil analysis can play a vital role in preventing unscheduled outages in electrical transmission and distribution equipment by determining the condition of the equipment itself, and other vital components including the condition of the oil and the cellulose paper insulation. For all critical oil-filled electrical equipment, including transformers, circuit breakers and voltage regulators, regular, routine oil analysis should be the cornerstone of any PM program.

Proper Transformer Sampling (ASTM D923) الطريقة الصحيحة لأخذ عينة الزيت



مثل تحليل زيوت المعدات فإن القدرة على تحليل زيت العزل لإعطاء تحذير مبكر عن تكون مشكله يعتمد على جودة عينة الزيت المرسلة للمعمل. نقطة أخذ عينة الزيت لأي معده يجب تعريفها وتمييزها بملصق للفني المختصوكذلك يجب أن تؤخذ العينة كل مره من نفس النقطة للتأكد من اختبار العينة الممثلة لحالة

الزيت، هذه النقطة يجب إن تكون في موضع حيث يمكن أن تؤخذ عينه حيه من زيت متحرك وليس زيت ساكن أو بطيء الحركة.

فالمواقع التي لها جاذبيه نسبيه أعلى من 1مثل أسكارلز (نوع من أنواع زيوت المحولات) يجب أن تجمع من اعلي الزيت لأن المياه المتحررة المتجمعة تطفو في الأعلى.

والمواقع التي لها جاذبيه نسبيه أقل من 1 مثل زيوت المحول المعدنية والمواقع المركبة والزيوت السليكونيه فإن العينة يجب أخذها من قاع المحول لأن الماء المتحرر والمتجمع سوف يتجمع في الأسفل.

شكل رقم (6) يوضح الطريقة الآمنة لأخذ العينة

يجب أن نأخذ في الاعتبار العديد من المتغيرات البيئية مثل درجة الحرارة والتكاثف قبل أخذ العينة. الوضع المثالي لأخذ عينة زيت من جهاز كهربي أن تكون درجة الحرارة 35 درجه مئوية أو أكثر ودرجة رطوبة تساوى صفر مئوي وعدم وجود رياح، وفي الظروف الباردة أو حيث يكون الرطوبة النسبية لأكثر من 70 في المائة يجب عدم اخذ عينه لأن تلك الظروف سوف تزيد الرطوبة في العينة. فأخذ العينة خلال وجود رياح لا ينصح به لأن الغبار والرمال سوف تدخل على العينة النظيفة بسهوله لتغير من أعداد الجزيئات.

إذا لم يمكن تجنب أخذ العينة حينما تكون درجة حرارة الجو صفر مئوي أو أقل فيجب عدم اختبار محتوى الرطوبة بها وكذلك يجب عدم اختبار أي خاصية تتأثر بوجود المياه مثل جهد انهيار العزل.ولتحليل الغازات المذابة يجب عمل إجراء محكم يتضمن استخدام سرنجة زجاجيه والالتزام ببروتوكول محكم لأخذ العينة للتأكد من أن تركيز الغازات المذابة لا يتأثر بإجراءات أخذ العينة.

This procedure is described in detail in ASTM D3613.

تحليل الغازات المذابة في زيت المحول أصبح ستاندرد في مجال الصيانة الكهربية في أنحاء العالم ويعتبراهم تحليل لزيت المحولات في الأجهزة الكهربية.

والأهم أن عينة الزيت يمكن أخذها في أي وقت وبدون فصل المحول مما يشكل نافذة لداخل الجهاز الكهربي تساعدنا في تشخيص وإصلاح وتحديد المشاكل والأعطال.

كما أن المواد العازلة في المحول تنهار من الاجهادات الحرارية والكهربية الزائدة وتتكون النواتج الثانوية الغازية.

المنتجات الثانوية تكون بمثابة خصائص ودلائل مميزه لنوع وحالة الخطأ والعطل والمواد التي يحدث بها العطل ومدى شدته. فالقدرة على كشف وتحديد العديد من المشاكل المتنوعة هي التي تجعل من هذا الاختبار أداه قويه لكشف وتحديد حالات الأعطال ولكشف السبب الأساسي عند التحقيق بعد حدوث أعطال وانهيارات. فالغازات المذابة يمكن كشفها رغم تركيزاتها المنخفضة (بالجزء في المليون) والتي تسمح عادة بالتدخل والتصرف المبكر قبل حدوث العطل أو الانهيار ويسمح بتخطيط أعمال الصيانة وتقنية تحليل الغازات المذابة تتضمن سحب الغازات من الزيت وحقنها في جهاز الكروماتوجراف.

الغازات المذابة تتولد من الزيت المعدني والسليلوز الموجود في ورق العزل تتضمن:

- الهيدروجين
- الميثان
- الإيثان
- الإيثلين
- الأستلين
- أول أكسيد الكربون
- ثاني أكسيد الكربون

وكذلك فإن الأكسجين والنيتروجين دائما موجودين في العينة تركيزاتهم تتغير تبعا لنوع نظام الحفظ والحماية والوقاية المستخدم للمحول

أيضا غازات مثل الالبروبان والبيوتان والبيوتين وغازات أخرى يمكن أن تتكون ولكن استخدامهم لأغراض تشخيص الأعطال غير شائع فتركيز الغازات المختلفة يعطى معلومات عن نوع العطل في بداية تكونه وكذلك مدى شدته.

على سبيل المثال الجدول يوضح 4 فئات من الأعطال تم وصفها وتوضيح خصائصها

شدة عطل في بدايته تؤكد بالكمية الكلية للغازات القابلة للاشتعال الموجودة (أول أكسيد الكربون والهيدروجين والأستيلين والإيثلين والإيثان والميثان وكذلك معدل تولدها ونسبها بالنسبة لبعضها.

غالبية المحولات سوف تحتفظ بجزء كبير من الغازات المتولدة وبالتالي تعطى تاريخ وسجل تراكمي لانهيار وتلف المواد العازلة وتلك هي وسيله لتحديد وكشف ومتابعة المشاكل المتوقعة

ومع ذلك يجب العناية بتفسير القيم المسجلة عند تحليل زيت محول تم تشغيله لفترة طويلة والتي يمكن أن تتضمن غازات متبقية من أحداث سابقه.

لو ظهر غاز ميثان أو إيثان أو إيثيلين أو كمية صغيره من الأسيتيلين يعنى وجود إجهاد حراري متضمنا الزيت، لو ظهر غاز الهيدروجين والميثان وكمية صغيره من الأسيتيلين والإيثان يعنى وجود تفريغ جزئي.

لو ظهر غاز هيدروجين وأستيلين وإيثلين يعنى وجود قوس كهربي مستمر ومطرد.

ظهور أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون يعنى وجود إجهاد حراري على ورق العزل.

KEY GASES	GENERAL FAULT CONDITION
Methane, Ethane, Ethylene and small amounts of Acetylene	Thermal condition involving the oil
Hydrogen, Methane and small amounts of Acetylene and Ethane	Partial discharge
Hydrogen, Acetylene and Ethylene	Sustained arcing
Carbon Monoxide and Carbon Dioxide	Thermal condition involving the paper

Table 1: Categories of key gases and general fault condition

time analysis on service-aged transformers (several years old), which could contain residual gases from previous events.

بعض الغازات المتولدة متوقعه من تشغيل المحول لفترة طويلة وتأثر العزل بذلك ولذلك من الهام التفرقة بين معدلات تكون الغازات الطبيعية والزائدة فالتكون الطبيعي للغازات نتيجة للتشغيل لفترة طويلة يختلف تبعا لتصميم المحول وتحميله ونوع مواد العزل المستخدمة فيه وعادة فإن معدلات تكون الغازات تستعمل لتعريف السلوك غير الطبيعي

الاستيلين يعتبر أهم غاز متولد حيث أن كميه كبيره من الطاقة تكون مطلوبة لتكوين الاستيلين

والذي يتكون من انهيار الزيت تحت درجة حرارة أعلى من 700 درجه مئوية فالحرارة المرتفعة جدا للزيت سوف تولد الغاز بتركيزات منخفضة ومع ذلك فإن التركيزات العالية من الاستيلين هي دلائل نمطيه على القوس الكهربي المطرد

وهي من أهم مشاكل المحول التي تؤدى لانهياره إذا لم يتم اختبارها ومراجعتها وتحليل الغازات المذابة في الزيت ليس فقط وسيله تشخيصيه ولكنها وسيله لمنع انهيار الجهاز.

يمكن تقسيم الغازات الناتجة كاللاتي:

1. **غازات ناتجة من تحليل الزيت هي:**
   - غاز الهيدروجين ويرمز له H2
   - غاز الميثان ويرمز له CH4
   - غاز الإيثان ويرمز له C2H6
   - غاز الاثيلين ويرمز له C2H4
   - غاز الاستيلين ويرمز له C2H2
2. **غازات ناتجة من تحلل المواد السليولوزية (Celluosie) وهى:**

أول أكسيد الكربون ويرمز له CO.ثاني أكسيد الكربون ويرمز له CO2.

نتيجة درجات حرارة التشغيل العادية يحدث تحلل بسيط للزيت وينتج عنه غازي هيدروجين وميثان.

إذا كان مستوى الطاقة مرتفع، وحدثت بقع ساخنة (Hot Spots) يمكن أن ترتفع درجات الحرارة من 150˚م إلى 1000˚ م مسببة تحلل الزيت.

ويمكن حدوث أي من الحالات الآتية:

- عند درجة الحرارة المنخفضة ينتج غاز الميثان CH4
- عند درجة الحرارة المرتفعة ينتج غاز الإيثانC2H6يصاحبه قوس كهربي.
- إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 3000˚ م ينتج غاز الاستيلينC2H2.
- يجب معرفة أنة نتيجة التشغيل العادي يحدث تشكيل للغازات، ولا يكون هناك أي أعطال، كذلك في المحولات الجديدة أو المحولات التي تم إعادة ملئها بالزيت يمكن أن تتكون غازات بالزيت، مصادر هذه الغازات.
- **يمكن تلخيصها كاللاتي:**

1. تشكيل غازات خلال عمليات التكرير، ولا يمكن التخلص منها بواسطة عمليات طرد الغازات من الزيت (Oil Degassing).

2. غازات تتشكل خلال عمليات التجفيف وغمس المحولات في المصنع.
3. غازات تتشكل نتيجة أعطال سابقة ولم يمكن التخلص منها بالكامل أثناء عمليات التكرير.
4. غازات تتشكل أثناء عمليات التصليح مثل لحام النحاس،.....

للتغلب على هذه المشاكل، تقترح المواصفات العالمية القياسية، أن يتم عمل تحليل للغازات الذائبة بعد تشغيل المحول، وتسمى (Benchmark) وتعتبر كمرجع للمحول عند عمل تحليل لغازات المحول بعد ذلك، وتختلف من محول إلى محول أخر.

خلال عمليات التشغيل العادي، يمكن أن تتشكل غازات أول وثاني أكسيد الكربون (CO, CO2)، وعلى ذلك فان جميع الغازات تتركز بنسبة أكبر كلما زاد عمر المحول.

المواد العازلة السليوزيةCellulosie

ينتج عن تحلل المواد العازلة السليولوزية كل من غازي أول وثاني أكسيد الكربون (CO2CO,) بنسب مرتفعة أكبر من الغازات الأخرى، وكذلك ينتج كل من أول وثاني أكسيد الكربون نتيجة التشغيل العادي للمحولات، وتزيد النسبة بزيادة عمر المحول، بالإضافة إلى أنه نتيجة عمليات التجفيف، ثم ملء المحولات بالزيت بالمصنع، يحدث تحليل للمواد العازلة السليولوزية، نتيجة لذلك فأن بعضاً من غازي (CO2CO,) تبقى بالمحول.

كذلك فأن المحولات التي تملأ بغاز CO أثناء عمليات النقل، يكون من الصعوبة التخلص منة بعد ذلك، ولذا يجب أن تؤخذ في الاعتبار بعد ذلك، عند عمل تحليل لنسب الغازات الذائبة بالإضافة إلى ذلك فان المحولات التي تحتوى على خزان احتياطي يمكن أن يدخل غاز CO2 مع الهواء الجوى إلى حوالي 300 ميكرولتر لكل لتر من الزيت، وعلى هذا فأنه عند تحليل الغازات الذائبة بالزيت تكون كمية CO2 الناتجة إما من المواد السليولوزية نتيجة الأسباب السابقة، أو نتيجة عطل بالمواد السليولوزية.

التركيز المسموح به للغازات المذابة في زيت المحولات

الغاز	أقل من أربع سنوات في الخدمة	سنوات في 4-6 الخدمة	أكثر من عشر سنوات في الخدمة
هيدروجين	100/150	200/300	200/300
ميثان	50/70	100/150	200/300
استلين	20/30	30/50	100/150
ايثلين	100/150	150/200	200/400
ايثان	30/50	100/150	800/1000
أول أكسيد الكربون	200/300	400/500	600/700
أول أكسيد الكربون	3000/3500	4000/5000	9000/12000

التركيز المسموح به للغازات المذابة في زيت المحولات الوحدات جزء من المليون Part per Million (PPM)

الطرق العامة لتفسير النتائج

1. **قوس كهربي في الزيت بدون تحلل لأي مواد عازلة صلبة.**

- **الغازات المخلوطة تكون:**
  - هيدروجين 60-80% من الحجم.
  - أستلين 10-25% من الحجم.
  - ميثان 1.5-3.5% من الحجم.
  - اثيلين 1- 2% من الحجم.

2. **قوس كهربي خلال المواد العازلة الصلبة:**

الغازات الناتجة من حدوث قوس في الزيت مع جزء خلال مادة عازلة صلبة مثل الورق أو الورق المضغوط عبارة عن كمية كبيرة من غاز الهيدروجين والاستيلين مصحوباً بكمية كبيرة من أول أكسيد الكربون، نسبة الميثان اكبر منه في الحالة الأولى.

3. **تفريغ جزئي في مادة السليلوز وفي الزيت:**

الغازات الرئيسية في هذه الحالة هي الهيدروجين، ميثان، أول أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكربون، بينما غاز الاسيتيلين لا يظهر.

4. **تحلل حراري للزيت:**

يحدث تحلل حراري عند درجة حرارة 400 مْ ويزيد بزيادة ارتفاع درجة الحرارة وشكل الغازات يكون جزيئيات منخفضة هيدروكربونية أساسا، ميثان، ايثان، اسيتيلين، هيدروجين وعند درجة حرارة 600 مْ فإن الغازات المخلوطة تتكون من ميثان وهيدروجين. يوجد أيضا ثاني أكسيد الكربون ولكن يتحلل عند درجات الحرارة الأعلى.

5. **تحلل حراري لمادة سليلوز وللزيت:**

في هذه الحالة الغازات الأساسية عبارة عن ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون بالإضافة إلى الهيدروجين عند درجات الحرارة أعلى من 500 مْ.

الجدول يلخص التفسير العام للنتائج.

طريقة روجرز لتفسير النتائج Roger's Method هذه الطريقة ممتازة في حالة الغازات الهيدروكربونية. بمعرفة نسبة الغاز يمكن الكشف عن نوع العطل.

باستخدام هذه الطريقة لا يحتاج لمعرفة حجم عينة الزيت.

في هذه الطريقة يتم استخدام أربع نسب للغازات هي: ميثان \ هيدروجين، ايثان \ ميثان، ايثلين \ ايثان،استيلين \ اثيلين. (CH4/H2،C2H6/CH4،C2H4/C2H6، C2H2/C2H4)

هذه النسبة يمكن أن تكون أكبر من الواحد أو أقل.

تفسير النتائج بمعرفة نسبة التركيز للغازات الذائبة في الزيت الطريقة المتفق عليها لتشخيص الأعطال عن طريق حساب النسبة بين تركيز الغازات التالية.

استيلين \ اثيلين، ميثان \ هيدروجين، ايثلين \ ايثان. (CH4/H2،C2H4/C2H6، C2H2/C2H4)

طريقة نسبة روجر لتحليل نتائج الغازات المذابة في زيت المحول:

أكواد نسب الغازات:

أكواد النسب (Ratio Codes)	نسب الغازات (Gas Ratios)
I	CH4/H2 الميثان / الهيدروجين
J	C2H6/CH4الإيثان / الميثان
K	C2H4/C2H6إثيلين / إيثان
L	C2H2/C2H4 أستلين / إيثلين

أكواد نسب الغازات

Ratio Code	Range	Code
i	≤ 0.1 >0.1<1.0 ≥1.0,<3.0 ≥3.0	5 0 1 2
j	<1.0 ≥1.0	0 1
k	<1.0 ≥1.0,<3.0 ≥3.0	0 1 2
l	<0.5 ≥0.5,<3.0 ≥3.0	0 1 2

التشخيص	l	K	J	i
الاستهلاك الطبيعي	0	0	0	0
تفريغ جزئي	0	0	0	5
زيادة طفيفة في درجة الحرارة أقل من 150 درجه مئوية	0	0	0	1-2
زيادة في درجة الحرارة بين 150 درجه مئوية و200 درجه مئوية	0	0	1	1-2
زيادة في درجة الحرارة بين 200 درجه مئوية و300 درجه مئوية	0	0	1	0
ارتفاع في درجة حرارة الموصلات	0	1	0	0
تيارات دواره في الملفات نتيجة عدم ترتيب الملفات	0	1	0	1
تيارات دواره في القلب الحديدي وجسم الخزان والوصلات	0	2	0	1
ومضه كهربيه بدون تدفق قدره كهربيه خلالها	1	0	0	0
قوس كهربي مرت قدره كهربيه خلاله	1-2	1-2	0	0
شراره كهربيه مستمرة حتى الـ FLOATING POTENTIAL	2	2	0	0
تفريغ جزئي مستمر	1-2	0	0	5

بيان بالأعطال المحتملة طبقاً لأكواد نسب الغازات

الباب الرابع المواصفات القياسية للمحولات

مواصفات المحول

أ. المواصفات الرئيسية:

المواصفات الرئيسية هي البيانات والمعلومات الضرورية الواجب تحديدها في مواصفات المحول وتحتوي على ما يأتي:

1. **عدد الأوجه:**

- وجه واحد Single Phase.
- ثلاثة أوجه Three Phases.

2. **مقنن القدرة:**

يحدد مقنن القدرة بالكيلو فولت أمبير أو بالميجا فولت أمبير ويحدد على أساس مقنن الخرج (Output KVA) وعند درجة حرارة معينة للوسط المحيط. كما يجب تحديد مقنن القدرة في حالة التبريد القسري (إن وجد) هذا النوع من التبريد في المحول.

ويتم اختيار مقنن القدرة المطلوب بحيث يساوي (على الأقل) أقصى حمل على المحول في حالة التبريد الطبيعي مع الأخذ في الاعتبار أي زيادة في طلب الحمل (Load Demand) قد تحدث في المستقبل.

3. **مقنن الجهد:**

يتم تحديد مقنن الجهد على كل جانب من جانبي المحول ويتم اختيار جهد المحول على الجانب الابتدائي بحيث يكون مساوياً لجهد الشبكة الاسمي الموصل عليها المحول مع وجود سماحية +5% من جهد الشبكة.

وتكون قيمة الجهد الثانوي هي القيمة في حالة اللاحمل مع ملاحظة أن الجهد على الجانب الثانوي يتغير مع تغير الحمل كما أنه يعتمد على معاوقة المحول نفسه.

4. **التردد:**

يجب تحديد التردد الذي يعمل به المحول. كما يجب عدم تشغيل المحول على تردد آخر غير التردد الذي يتم تصنيعه عليه حيث يتأثر كل من كفاءة المحول وتنظيم الجهد بهذا التردد كما تؤثر قيمة التردد في المفقودات الحديدية مما يعمل على رفع درجة حرارة قلب المحول عند زيادة التردد.

5. **وسط العزل والتبريد:**

يتم تحديد إذا كان المحول من النوع المغمور في السائل أو من النوع الجاف كما يجب تحديد طريقة التبريد كما ورد في الجزء الخاص بتبريد المحولات.

على سبيل المثال:

- وسط العزل: زيت.
- نوع التبريد:ONAN.
- رتبة العزل:H.

وفي حالة تحديد سائل تبريد وعزل الزيت المعدني فيجب التأكد من خواصه الكيميائية والطبيعية.

6. نوع الملفات:-

- محول ذو ثلاث ملفات.
- محول ذو ملفين.
- محول ذاتي.

7. طريقة التوصيل:-

يتم تحديد طريقة التوصيل الداخلي لملفات المحول مثلاً (دلتا – نجما) كما يجب تحديد المجموعة الاتجاهية للمحول.

8. معاوقة المحول (جهد المعاوقة):

جهد المعاوقة: ويعبر عنه كنسبة مئوية من الجهد المقنن.ويعطي معاوقة المحول بالمائة.

ويجب ملاحظة الآتي:

1. صغر قيمة معاوقة المحول تعطي أداء أفضل من حيث تنظيم الجهد والكفاءة.
2. يجب أن تساهم كل من معاوقة المحول وكذلك معاوقة الشبكة الموصل عليها المحول في الحد من تيارات القصر حيث أن المحولات تصمم عادة بحيث تتحمل الاجهادات الحرارية والميكانيكية الناشئة عن تيار قصر لا يتعدى 25 مرة من تيار الحمل الكامل للمحول ولفترة زمنية لا تتجاوز ثانيتين لذا يجب أن يكون لتلك المعاوقة حداً أدنى لا تقل عنه.

9. تجهيزات نقطة التعادل للمحول:

في حالة توصيل أحد جانبي المحول نجمة (Star) يجب تحدد ما إذا كان المطلوب تجهيز المحول بمخرج متصل بنقطة تعادل النجمة بحيث يمكن توصيل هذه النقطة بالأرض.

10. أقصى درجة حرارة:

يجب تحديد أقصى درجة حرارة للوسط المحيط بالمحول والمبالغة في قيمتها يؤدي إلى رفع سعر المحول.

إن التفاوت في درجات حرارة الوسط لا يؤثر بصورة ملحوظة على مقنن المحول ولكن يجب ملاحظة الآتي:

- في بعض الحالات الخاصة مثل محولات الأفران يجب أن توضع المحولات بالقرب من تلك الأفران بقدر الإمكان لتقليل المفاقيد والهبوط في الجهد وهذا بدوره يجعل الوسط المحيط بالمحول مرتفع الحرارة.
- يؤثر ارتفاع درجة حرارة المحول أثناء تحميله على أداء بعض الأجهزة الإلكترونية الحساسة التي تعمل بالقرب منه.

11. أقصى ارتفاع لدرجة حرارة المحول:

- يتحدد أقصى ارتفاع لدرجة الحرارة في قلب وملفات المحول عند درجة حرارة الوسط المحيط عن طريق تحديد رتبة العزل.
- يحدد أقصى ارتفاع لدرجة الحرارة في قلب وملفات المحول طبقاً لمواصفات الـ [IEC76-2].

12. تجاوز الحمل:-

يجب تحديد دليل تجاوز الحمل للمحول او المواصفات القياسية التي يتبعها [IEC 354].

13. منسوب عزل الدفع الأساسي (Basic Impulse Insulation level)(BIL)

يحدد منسوب عزل الدفع الأساسي (BIL) قدرة العوازل داخل المحول على تحمل الارتفاع المفاجئ في الجهد نتيجة للصواعق أو أي مصدر داخلي من مصادر ارتفاع الجهد المفاجئ كقصر الدائرة وعمليات الفصل والتوصيل على المحول.

لقياس قيمة منسوب عزل الدفع الأساسي تستعمل موجة دفعيه قياسية للجهد كالمبينة بالشكل الآتي:

ويتم تحديد قيمة منسوب العزل الأساسي بالقيمة القصوى لموجه الجهد والتي يمكن أن يتحملها المحول سواء في حالة القطبية الموجبة والسالبة.

ملاحظات:

1. إذا كان المحول موصلاً بكابلات على كلاً من جانبيه فان احتمال تعرضه لموجة جهد دفعيه ناتجة عن صاعقة أو عوامل خارجية يكون ضئيلاً جداً نظرا لان الكابلات تكون مدفونة كما أن الكبلات لها قدرة اكبر منالخطوط الهوائية على توهين شدة موجة الجهد الدفعية.
2. استخدام مانعة صواعق لحماية المحول يسمح بخفض قدرة عزل المحول المطلوبة. ونظراً لان الصواعق تظهر عادةً على شكل موجة راحلة على الخط (Traveling Waves) فيجب أن توضع مانعة الصواعق بحيث تكون اقرب ما يمكن من المحول.

3. قصر الدائرة وعمليات الفصل والتوصيل تؤدي إلى ارتفاع عابر في الجهد بنفس تردد الشبكة(Natural frequency)، أما زيادة الجهد الناشئ عن الصواعق والعوامل الجوية يكون له تردد أعلى بكثير من تردد الشبكة.
4. المعاوقة للجهود الدفعية (surge Impedance) في المحولات كبيرة بالمقارنة بباقي مكونات منظومات القوى.

وهي أكبر في حالة المحولات الجافة عنها في المحولات المغمورة في الزيت وهذهتكون قيمة منسوب الدفع الأساسي في المحولات الجافة اقل منها في المحولات المغمورة في الزيت

الجهد العالي ك. ف / نوع المحول	5	15	25	35
مملوء بالزيت	60	95	150	200
جاف	25	50	125	150
مملوء بالغاز	60	95	125	150

درجات الحرارة طبقاً للجهود المختلفة ونوع تبريد المحول

14. موقع وطرقة التركيب:

يتم تحديد موقع التركيب وطريقته فيذكر على سبيل المثال ما إذا كان داخل المبنى أو خارجه على عامود أو قاعدة أرضية أو داخل كشك.

15. تنظيم الجهد:

يتم تحديد تنظيم الجهد للمحول تيار الحمل الكامل عند عامل قدرة يساوي الواحد الصحيح وكذلك عند معامل قدرة 8 وات.

16. مآخذ الجهد:

يجب ذكر مآخذ الجهد (تفريعات الجهد) (Tapping) ويجب تحديد عدد تلك المآخذ ونسبة تغير الجهد بين الخطوة والأخرى.

17. مستوى الضوضاء:

تحدث الضوضاء نتيجة لاهتزازات رقائق قلب المحول التي تكون واقعة تحت القوى الناشئة من المجال المغناطيسي الموجود داخل المحول وتعتمد على قيمة كثافة الفيض المغناطيسي وتقاس بالديسيبل (DB).

وتعمل المحولات عادة على كثافة فيض تساوي تقريباً 1.6 تسلا وتسبب نسبة تغير مقدارها 10% في كثافة الفيض تغيراً يتراوح بين (2 , 3) ديسيبل.

مستويات الضوضاء المسموح بها في محولات التوزيع طبقاً للمواصفات الأمريكية

مقـــنن المحـــول K.V.A	مستوى الضوضاء dB			
	محـول مغمـور فـي الزيت		محـــول جاف	محـول جـاف تبريـد قشري	محـــول معلق
300 – 151	55		58	67	57
500 – 301	56		60	67	59
700 – 501	57	67	62	67	61
1000 - 701	58	67	64	67	63
1500 - 1001	60	67	65	67	64
2000 - 1501	61	67	66	69	65
3000 - 2001	62	67	68	71	66

مستويات الضوضاء المسموح بها طبقاً للمواصفات الألمانية

مقـــنن المحـــول K.V.A	محـول مغمـور فـي الزيت	محول جاف
50 – 30	45	54
100 – 75	46	56
160 – 125	47	58
250 – 200	48	60
400 – 310	50	62
630 – 500	52	64
1000 – 800	54	-
1600 - 1200	56	-

18. المواصفات التكميلية:

وهي تلك البيانات والمعلومات التي تكون خاصة بالمحول ولا يشترط ان تكون عامة في جميع المحولات.

على سبيل المثال:

- خزان التمدد.
- الصمامات وأجهزة القياس على المحول.
- أنواع الحماية المزود بها المحول مثل متمم بوخلز.
- تجهيزات أطراف المحول.

- التجهيزات اللازمة للتبريد عند تجاوز الحمل.
- أي متطلبات أخرى يتم الاتفاق عليها بين المشتري والمصنع.

الباب الخامس اختبارات المحولات

أنواع الاختبارات التي تجري على المحولات:

أ. الاختبارات النوعية:

وهي الاختبارات التي تجري على محول واحد كعينة من خط الانتاج للتحقق من خصائص التصميم وتجري بواسطة الشركة المنتجة على اول انتاج لها وفقاً لمواصفات محددة.

ب. الاختبارات الروتينية: -

وتجري على كل محول يتم انتاجه وقبل نقل من المصنع للتأكد من مطابقته للمواصفات.

ج. الاختبارات الخاصة: -

وهي اختبارات يتم الاتفاق عليها بين المصنع والمشتري وتجري في حضور المشتري.

د. اختبارات بدء التشغيل: -

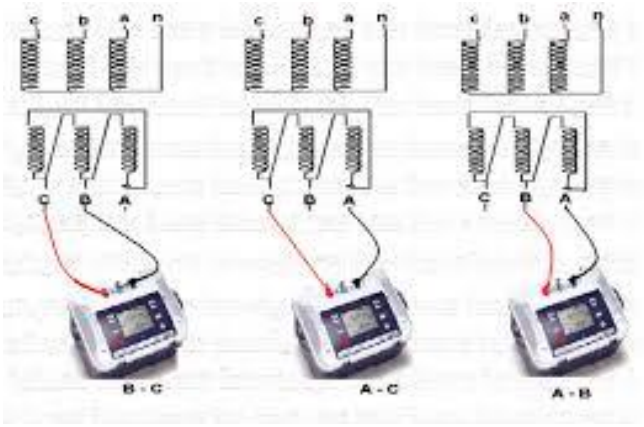
وتتم في الموقع قبل تشغيل المحول وتعطي نتائج هذه الاختبارات مؤشراً على سلامة المحول.

جدول رقم (19) يوضح أنواع الاختبارات التي تجري على المحولات

الاختبارات النوعية	الاختبارات الروتينية	الاختبارات الخاصة	اختبارات بدء التشغيل
1. اختبار ارتفاع درجة الحرارة. 2. اختبار جهد الموجة الدفعية. 3. اختبار مستوى الضجيج.	1. نسبة التمويل. 2. فقد الحمل. 3. مقاومات الملفات. 4. المعاوقة. 5. مقاومة العزل. 6. فقد اللا حمل 7. تيار الحمل. 8. تحمل الجهد الزائد للملفات. 9. اختبار عزل القلب الحديدي.	1. اختبار التفريغ الجزئي. 2. التداخل مع الراديو 3. الاهتزازات. 4. تحمل القصر بالدائرة.	1. اختبار عزل الزيت 2. اختبار استمرارية التوصيل. 3. اختبار نسبة التمويل. 4. اختبار مقومة العزل.

اختبارات بدء التشغيل

1. قياس مقومة الملفات (استمرارية التوصيل):



قياس مقاومة الملفات

- **الهدف من الاختبار:**

- قياس مقومة الملفات.
- التأكد من سلامة الملفات وعدم وجود قصر بأحد الملفات.
- التأكد من سلامة نقاط التوصيل واللحامات داخل المحول.

- **الأجهزة المستخدمة:**

- جهاز أفوميتر ويضبط على تدريج قياس المقاومة.

- **الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار:**

1. فصل المحول من جاني الجهد المنخفض والمتوسط.
2. التأكد من سلامة أجهزة القياس.
3. تفريغ الشحنة الموجودة بالمحول.
4. استخدام مبين الجهد للتأكد من عدم وجود جهد على المحول.

- **خطوات إجراء الاختبار:**

1. قياس المقاومة بين كل وجهين من جانب الجهد المتوسط وتسجيل القراءات.

R_{RS1}, R_{ST1}, R_{ST1}

2. قياس المقاومة بين كل وجهين من جانب الجهد المنخفض وتسجيل القراءات.

R_{RS2}, R_{ST2}, R_{ST2}

3. قياس المقاومة بين كل وجه ونقطة التعادل في جانب الجهد المنخفض وتسجيل القراءات

R_{RSN}, R_{STN}, R_{STN}

- **الاستنتاج:**

في حالة المحول السليم يجب أن يتحقق الآتي:

1. R_{RS1} , R_{ST1} , R_{ST1}
2. R_{RS2} , R_{ST2} , R_{ST2}
3. R_{RSN} , R_{STN} , R_{STN}

2. اختبار نسبة التحويل:

- **الغرض من الاختبار:**

- قياس نسبة التحويل للمحول والتأكد من سلامتها عند جميع نقاط مغير الجهد.

$$\text{نقاط مغير الجهد} = \frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2} \quad \text{T. R} =$$

- **الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد 380 فولت ثلاثي الأوجه.
- جهاز فولتميتر.

- **الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار:**

- فصل المحول من جانب الجهد المتوسط وجانب الجهد المنخفض.
- نظافة أطراف التوصيل.
- فصل مصدر الجهد قبل تغيير وضع مغير الجهد.
- مراعاة قواعد الأمان عند الفصل الجزئي للمحول.

- **خطوات إجراء الاختبار:**

1. ضبط مغير الجهد على الوضع رقم "1"
2. تسليط جهد ثلاثي الأوجه 380 فولت على جانب الجهد المتوسط.
3. قياس جهد الخط على جانب الجهد المنخفض وكذلك جهد الوجه.
4. نقسم جهد الخط (VL) في الجانب المتوسط على جهد الخط (VL) في الجانب المنخفض ونقارن الناتج نسبة التحويل الخاصة بالنقطة رقم "1" لمغير الجهد في لوحة البيانات.
5. نقوم بفصل مصدر الجهد عن المحول.
6. نقوم بتغيير مغير الجهد على الوضع رقم "2" ونكرر الخطوات السابقة.
7. نفصل المحول ونغير وضع مغير الجهد إلى الوضع "3" ونكرر الخطوات السابقة.
8. نفصل المحول ونغير وضع مغير الجهد إلى الوضع "4" ونكرر الخطوات السابقة.
9. نفصل المحول ونغير وضع مغير الجهد إلى الوضع "5" ونكرر الخطوات السابقة.

- **الاستنتاج:**

1. يجب تساوي جهد الوجه على الأوجه الثلاثة VRN = VSN = VTN.
2. يجب تساوي جهد الخط على الأوجه الثلاثة VRS = VST = VRT.
3. يجب أن تتساوى نسبة التحويل المقاسة مع نسبة التحويل الاسمية الموجودة على لوحة بيانات المحول.
4. يجب ألا تتعدى السماحية 0.5% من نسبة التحويل الاسمية.

- **نسبة التحويل الإسمية لمحول 0.4/11 ك. ف. أ**

وضع مغير الجهد	الجهد الابتدائي "فولت"	الجهد الثانوي "فولت"	نسبة التحويل
1	11550	231 / 400	28.87
2	11275		28.18
3	11000		27.5
4	10725		26.81
5	10450		26.12

3. اختبار عزل زيت المحولات:

اختبار عزل الزيت

- **الغرض من الاختبار:**

قياس جهد الانهيار الكهربي (B.D.V) لزيت المحولات.

- **الأجهزة المستخدمة:**

جهاز اختبار عزل الزيت (Oil Tester).

- **الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل عمل الاختبار:**

- التأكد من أن جهد تشغيل الجهاز 220 فولت (إذا كان الجهاز يعمل على المصدر مباشرة بدون شحن).
- التأكد من توصيل ارضي الجهاز جيداً.
- قراءة تعليمات الجهاز جيداً.
- يجب أن يكون مستوى الزيت أعلى من الأقطاب بمسافة 40 مم.

- **خطوات الاختبار: -**

1. تنظيف " بوتقة " اختبار الزيت بقطعة قماش جافة قبل اخذ عينة الزيت.
2. تغسل " البوتقة " بالزيت المراد اختباره مرتين.
3. تؤخذ العينة بعد تسريب الزيت من المحبس بحوالي 3 لتر.
4. يصب الزيت في " البوتقة " بحذر وببطء تفادياً لتكوين فقاعات هوائية.
5. تترك العينة مغطاة في الجهاز لمدة عشرة دقائق قبل بدء الاختبار.
6. يتم التأكد من ضبط ثغرة الجهاز على 2.5 مم.
7. يتم عمل الاختبار على عينة الزيت بزيادة الجهد بالتدريج بمعدل 2 ك. ف / ثانية حتى ينهار عزل الزيت.
8. يتم عمل الاختبار على عينة الزيت ستة مرات متتالية بين كل مرة والأخرى خمس دقائق يتم خلالها تقليب عينة الزيت.
9. تسجيل قراءات جهد الانهيار الكهربي (B.D.V).
10. جهد الانهيار الكهربي للزيت هو عبارة عن متوسط القراءات الخمسة الأخيرة بعد إهمال القراءة الأولى.

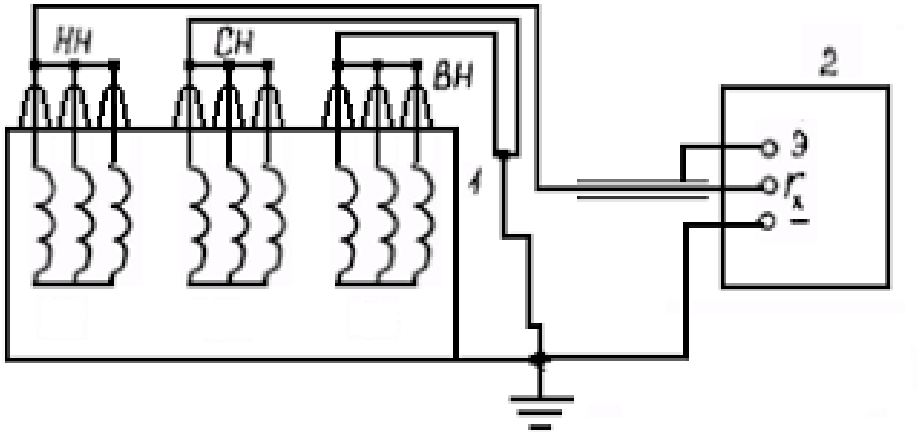
- **أقل قيم مسموح بها بجهد الانهيار الكهربي لزيت المحولات**

جهد التشغيل	جهد الانهيار الكهربي (B.D.V)	
	زيت جديد	زيت مستعمل
اكثر من 35 ك. ف	40 ك. ف	35 ك. ف
من 6 – 35 ك. ف	30 ك. ف	25 ك. ف

- **ملحوظة:**

يجب أن تكون الثغرة بين قطبي جهاز الاختبار (2.5 مم).

4. اختبار قياس مقومة العزل للمحولات:



قياس مقاومة عزل الملفات

- **مقاومة العزل**: هي قيمة المقاومة المقاسة بين الأجزاء الحاملة للتيار الكهربي والأرض أو المقومة المقاسة بين دائرتين كهربيتين يفصل بينهما عازل.
- **وحدة القياس**: (الميجا أوم).
- **الجهاز المستخدم**: الميجر.
- **جهد الجهاز المستخدم في الاختبار**: 2500فولت (جهد مستمر).
- **الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار**:

1. فصل جميع مصادر الجهد عن المحول.
2. التأكد من عدم وجود جهد على الأطراف.
3. تأريض جسم الخزان.
4. استعمال موصلات معزولة ومرنة للتوصيل على طرفي الميجر ويجب أن تحتوي نهايات الموصلات على مشابك معزولة.
5. عدم لمس أطراف الملفات أثناء عمل الاختبار.

- **خطوات إجراء الاختبار:**

1. ضبط جهد جهاز الميجر عند 2500 فولت.
2. عمل قصر (Short circuit) بين أطراف الجانب المتوسط.
3. عمل قصر (Short circuit) بين أطراف الجانب المنخفض.
4. يوصل أحد طرفي الميجر إلى الجزء الحامل للتيار ويوصل الطرف الأخر بالجزء المتصل بالأرض (أو بجزء أخر حامل للتيار).
5. تسجيل قراءة الميجر بعد 15 ثانية وتسمى R15.
6. تسجيل قراءة الميجر بعد 60 ثانية وتسمى R60.
7. تقسم R15 / R60 وتسمى معامل الامتصاص.

8. (Kab: absorption) ويجب ألا تقل عن 1.34.

- **يتم عمل الخطوات السابقة لقياس مقاومة العزل بين:**

أ. ملفات الجهد المتوسط وجسم الخزان الرئيسي.

ب. ملفات الجهد المنخفض وجسم الخزان الرئيسي.

ج. ملفات الجهد المنخفض وملفات الجهد المتوسط.

- **لتوضيح عمل القياسات الصحيحة ندرس ما يحدث عند توصيل جهد مستمر (Vdc) إلى مادة عازلة:**

- في البداية تسحب هذه المادة تيار شحن سعوي (Ic) الذي يحدث له تخميد تدريجي.
- وتسحب تيار التسرب (IL) الذي يكون ثابت القيمة.
- وبذلك تكون قيمة مقاومة العزل في البداية بعد 15 ثانية (R15).

$$\mathbf{R15 = \frac{Vd.c}{Ic + IL}}$$

- **حيث:**

- Vd.c:- جهد جهاز الاختبار.
- Ic:- تيار الشحن.
- IL:- تيار التسرب.

وباستمرار توصيل الجهد المستمر فان تيار الشحن يضمحل ويستمر فقط تيار التسرب وتكون مقاومة العزل بعد 60ثانية (R60).

$$\mathbf{R60 = \frac{Vd.c}{IL}}$$

وبما أن IL < Ic + IL

فان R15 < R60

أي أن قراءة جهاز الميجر بعد 60 ثانية اكبر من قراءة جهاز الميجر في البداية وبالنسبة للعزل الجيد وعند درجة حرارة ما بي 15 – 30°م فان معامل الامتصاص يجب ألا يقل عم 1.34.

$$\mathbf{Kab = \frac{R60}{R15} > 1.3}$$

- **القيم القياسية لمقاومة العزل لمحولات القدرة مقاسة بالميجا أوم**

القياسات	عند 30°م			عند 50°م		
	R_{60} / R_{15}	R_{60}	R_{15}	R_{60} / R_{15}	R_{60}	R_{15}
بين العالي والأرضي	1.34	1000	750	1.2	300	250
بين المنخفض والأرضي	2.5	2500	1000	1.5	750	500
بين العالي والمنخفض	2.5	2500	1000	1.67	1000	600

- **أقل قيمة مسموح بها لمقاومة العزل (R60) بالميجا أوم للمحولات المغمورة في الزيت**

جهد المحولات	درجة حرارة الملفات						
	10	20	30	40	50	60	70
حتى 33 ك ف	450	350	250	150	100	70	50
بين 33 و110 ك ف المنخفض والأرضي	950	650	450	270	180	130	70

الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل وضع المحول في الخدمة

- **مراجعة لوحة البيانات والتأكد مما يلي:**

1. تطابق الجهود على لوحة بيانات المحول وجهد الشبكة.
2. التأكد من وضع مغير الجهد على الوضع الملائم لجهد الشبكة.
3. يجب أن تكون قدرة المحول أكبر من قدرة الحمل بحيث تكون قدرة الحمل≥85% من قدرة المحول.

- **الفحص الظاهري للمحول والتأكد مما يلي:**

1. عدم وجود أي تسريب في الزيت من جوانات الخزان الرئيسي أو جوانات عوازل الاختراق.
2. التأكد من نظافة عوازل المحول(البوشينج) وعدم وجود أي كسر أو شروخ بها.
3. التأكد من ارتفاع مستوى الزيت في زجاجة البيان وألا يكون أقل من العلامة السفلية في خزان التمدد.
4. التأكد من صلاحية مادة السيليكا جل بحيث يكون لونها أزرق وإذا تغير إلى الأبيض أو الوردي فيمكن تجفيفها في فرن200 °م حتى تستعيد لونها الأزرق أو تغييرها.
5. التأكد من صلاحية الأجهزة الخاصة بالمحول مثل البوخلز والترمومتر.
6. اختبار المحول والتأكد من سلامة مقاومة العزل ونسبة التحويل واستمرارية التوصيل وعزل الزيت.
7. في حالة تركيب المحول داخل غرفة يراعى أن تكون غرفة المحول مناسبة مع حجمه ويجب وجود فتحتين للتهوية في اتجاهين متضادين إحداهما قريبة من الأرض لدخول الهواء البارد والأخرى في الاتجاه المضاد أعلى المحول لخروج الهواء ويجب تغطية هذه الفتحات بسلك شبك معدني.

الباب السادس :المحولات الجافة

1-1 مميزاتها من ناحية

1-1-1 السلامة و الصحة المهنية Health and Safety

- المقاومة الشديدة للاشتعال فهي تنطفئ ذاتيا
- المقاومة الشديدة لامتصاص و التأثر بالرطوبة
- عدم وجود أي تلويث للبيئة.
- محتوى قليل جدا من المواد القابلة للإشتعال
- لا يوجد في مكونات عزلها أي هالوجينات أو سليكونات أو نيتروجين
- التحرر من جميع القيود المفروضة على استخدام محولات الزيت.

1-1-2 المرونة و توفير التكلفة Flexibility and Cost Saving

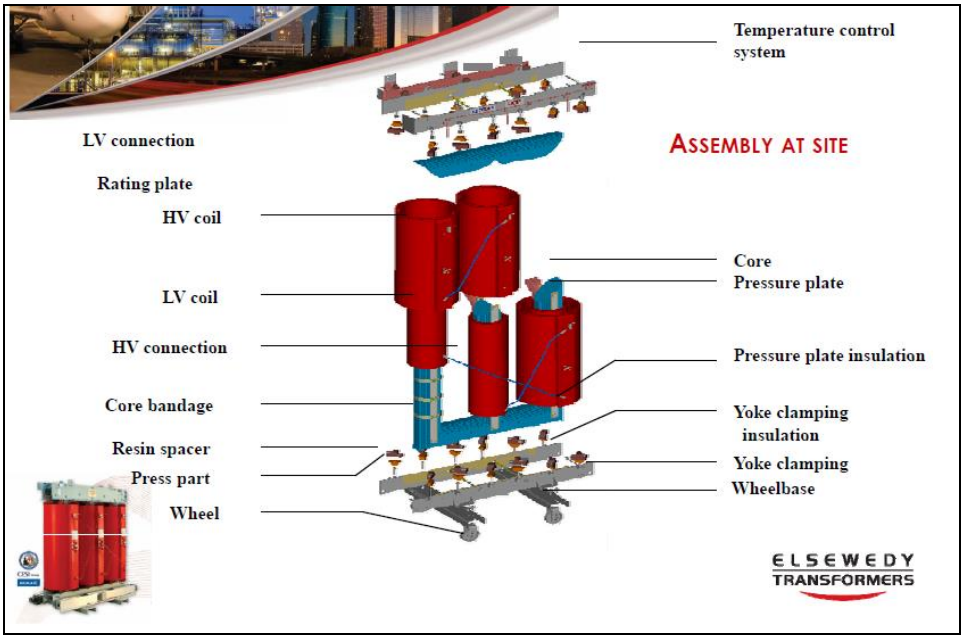
- الصيانة الدورية و الوقائية المطلوبة تمثل الحد الأدنى
- لا تستخدم أي سوائل و بالتالي لا يوجد مخاطر تسرب
- الإصلاحات المحتملة تتم في الموقع
- يمكن وضعها قريبا جدا من مركز الأحمال الكبرى
- تقليل تكلفة الكابلات و مفاقيد النقل و تكاليف التركيب

1-1-3- التحمل و المتانة Durability

- التبريد هو الأعلى كفاءة حتى 40 %
- التفريغ الجزئي منخفض لذلك يكون العمر المتوقع للمحول طويل
- مستوى العزل ممتاز و مقاومة عاليه لتيارات القصر و البدء (الإشعال)
- القدر على تحمل (تيارات حمل زائد ذات فترات قصيرة) أعلى مقارنة بمحولات الزيت

1-2 المواصفات الفنية Technical Specifications

- قدرة مقننة من 100 كيلو فولت أمبير حتى 10 ميجا فولت أمبير وبجهد حتى 36 كيلو فولت
- يتم تصنيعها طبقا للمواصفات IEC 60076 و يتم اختبارها في معامل متخصصة و معتمدة
- مقاومة شديدة للتأثر بالرطوبة فهي تعمل في ظروف رطوبة 100%
- مستوى عزل ممتاز (نوعيه F و H)
- تفريغ جزئي منخفض جدا (أقل من 10 PC)
- إمكانية وضعه داخل غرفه معدنية (ذات IP من 20 حتى 33)
- إمكانية تركيب مراوح تهويه (حتى نطاق 40 %)



1-3 تركيب المحولات الجافة Dry Transformers' Constructions

1-1-3 شرائح القلب الحديدي

- تصنع من مادة سبيكة حديد مغناطيسي FeM-140-30-S (M5X)
- هذه الشرائح مدرفله على البارد
- هذه الشرائح ذات سمك يتراوح من 0.27 حتى 0.3 ملليمتر
- مادة هذه الشرائح ذات حبيبات مغناطيسية موجهه و ذات مفاقيد مغناطيسية قليلة
- هذه الشرائح مطلية بماده عازل

1-1-3 التداخل و الترابط بين الشرائح

زاوية قطع الشرائح هي 45 درجة

الشرائح تكون متداخلة عند زوايا البدن

1-1-4 القطاع

دائري (للأعمدة و العوارض)

محمى و معزول بورنيش حماية

1-4 ملفات الجهد المنخفض

هو عبارة عن لفائف من رقائق ألمونيوم (Foil winding) ملفوفة لها مقاومة ميكانيكيه عالية لتيارات القصر

1-5 مادة الموصل

رقائق من الألمونيوم أو النحاس

1-6 عزل الطبقات

لفائف من طبقات رقيقه من البوليستر الغير صلد ذات عزل (Class F)

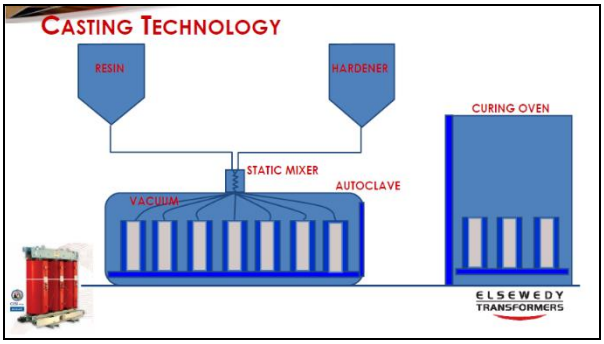
يتم بعد ذلك إكساب هذه اللفائف الصلادة المطلوبة عن طريق إضافة الراتنج والمصلد وعمل البلمره الساخنه لهم مع البوليستر و الموصل المعدني مما ينتج عنه جسم قوى صلد مقاوم للحرارة

1-7 ملفات الجهد المرتفع

ملفات من النحاس أو الألمونيوم

عزل موصلات الملفات من Class F يتحمل حتى 155 درجة

تسبك هذه الموصلات في وسط مفرغ من الهواء

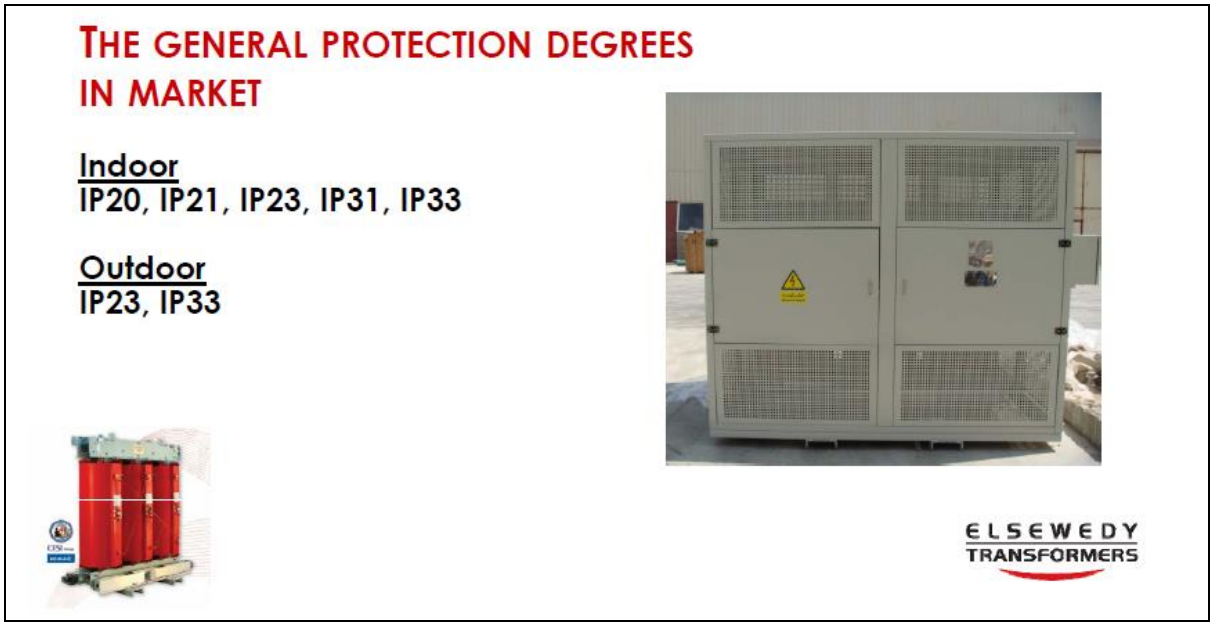


1-8 المحول ذو الغرفة المعدنية Transformer with Enclosure

يمكن تزويد المحول بغرفة حماية معدنية لها مستوى حماية مختلف تبعا للمواصفة IEC 60529 و ذلك تبعا لظروف التشغيل المختلفة

هذه الغرف تصمم بحيث يمكن تبديد الحرارة منها بكفاءة

هذه الغرف تكون ذات IP يتراوح من 10 إلى 20 أو 33 داخل غرفه مغلقه او في الهواء الطلق



1-9 نظام التحكم في درجة الحرارة

Temperature Control System

ويستخدم حساسات ذات مقاومة خطية من نوع PT 100 لمراقبة والتحكم فى درجة الحرارة الخاصة بالمحول.

1-10 نظام التبريد بالهواء المدفوع

Air-Forced System

يمكن تركيب مراوح تبريد من كلا الجانبين للمحول وهذه المراوح تعمل وتفصل أوتوماتيكيا بواسطة حساسات وهذه المراوح تسمح بزيادة سعة المحول حتى 40%

لا يمكن حدوث تفريغ جزئي لهذه الملفات

مقاومة العزل شديدة لدفعات الجهد والبرق

1-11 من مزايا المحولات الجافة

تعتبر هذه المحولات صديقه للبيئة ولا تمثل أي مصدر للتلوث

يمكن تشغيل هذه المحولات في درجات حرارة منخفضه حتى -25 درجة مئوية

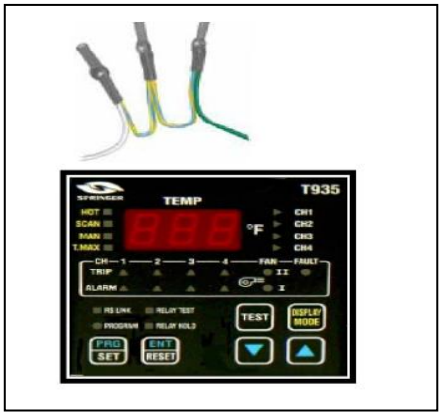
احتمال التعرض لخطر الحريق ضعيف جدا

عزل ملفات الجهد المنخفض والعالي من Class F يتحمل حتى 155 درجة مئوية للنظام و100 درجة مئوية كارتفاع في درجة حرارة الملفات

1-12 المقدرة على تحمل زيادة الحمل

المحولات الجافة يمكن أن تتحمل زيادة حمل حتى40 % (مع زيادة مناظره في جهد المعاوقة)
و مع استخدام مراوح تبريد شعاعيه إضافية فإن تيارات زيادة الحمل ذات الفترة الزمنية القصيرة تكون غير حرجه طالما أن درجة الحرارة القصوى للملفات لا يتم تخطيها لفترات ممتدة من الزمن

1-13 الإكسسوارات



مراوح تبريد (حسب طلب العميل) حيث يتم تركيبها على ناحيتي المحول
و هذه المراوح تعمل و تفصل بواسطة حساسات إضافية

1-14 جهاز مراقبة الحرارة

مزود بثلاث حساسات حرارة مركبه في ملفات الجهد المنخفض
مزود بوسيلة إنذار وفصل ومتمم خرج (Relay Output)
مقارنة بين المحولات الجافة ومحولات الزيت:

	محولات جافه	محولات زيت
مكان التشغيل	مرن	محدد
الأبعاد	منخفض	عالي
الاحتياج للصيانة	صفر	عالي
وقف التشغيل	لا	نعم
عمر المعدة	عالي	متوسط
تأثير الحريق	ينطفئ ذاتيا	إمكانية الأنفجار
التحميل	% 100	% 80
التشغيل مع زيادة الحمل	حتى 40 % مع استخدام مراوح	حتى 33 % مع استخدام مراوح هواء خارجية

COMPARISON CAST RESIN TRANSFORMERS
VS.
OIL TRANSFORMERS

Dimensions (for 11 kV)

	200 kVA		500 kVA		1000 kVA		1600 kVA	
	Length	Height	Length	Height	Length	Height	Length	Height
Dry Transformer (Elsewedy)	1125 mm	1220 mm	1305 mm	1550 mm	1590 mm	1650 mm	1800 mm	1900 mm
Oil Transformer (Siemens)	1190 mm	1450 mm	1500 mm	1710 mm	1790 mm	2095 mm	1970 mm	2315 mm

الباب السابع الصيانة الوقائية والفحص الظاهري للمحولات

الصيانة الوقائية والفحص الظاهري للمحولات Visual Inspection Of The Oil Transformer

الفحص الظاهري (البصري) للمحولات المعزولة بالزيت

- **خلفية:**

الفحص البصري الظاهري لجسم المحول من الخارج يظهر معلومات هامه عن حالة المحول. على سبيل المثال إذا ما كانت البلوف في وضع غير صحيح. أنابيب تبريد مسدودة. مبينات حرارة أو مستوى مؤشراتها ثابتة. طلمبة زيت أو مروحة صوتها عالي، كذلك تسريبات الزيت يمكن عادة مشاهدتها والتي توضح احتمال وجود شوائب في الزيت أو فقد في العزل أو مشاكل في البيئة والفحص الظاهري البصري يحتاج طاقم مدرب على هذه التقنية

1.2 Temperature Indicators Online مبينات درجة الحرارة المتصلة دائماً

مبينات درجة حرارة الملفات تبين جميع مؤشرات وبيانات درجة الحرارة والمحول داخل الخدمة ومبين درجة حرارة الملفات يجب أن يقرأ حوالي 15 درجة أزيد من درجة حرارة المستوى العلوي للزيت وإذا لم يحدث هذا فإن مبين أو اثنين من مبينات درجة الحرارة لا يعملا جيداً. فيجب فحص درجة حرارة المستوى العلوي للزيت بجوار مبين درجة حرارة مستوى الزيت العلوي وذلك باستخدام كاميرا أشعه تحت الحمراء

مبينات درجة الحرارة المتصلة دائماً

مبين درجة حرارة الملفات

- قارن القراءات مع مبين درجة حرارة المستوى العلوي للزيت.
- قم بعمل ريسيت لكل أذرع ومؤشرات مبينات درجة الحرارة القصوى على وسائل بيان درجة الحرارة بعد - تسجيل درجات الحرارة القصوى التي تحققت.

- درجة الحرارة العالية قد تعنى زيادة في الحمل أو مشاكل في التبريد أو مشاكل في الملفات أو القلب الحديدي أو التوصيلات

مبينات درجة الحرارة خارج الحمل

عندما يكون المحول مفصول وبرد حتى درجة الجو الطبيعية قم بفحص مبين درجة حرارة مستوى الزيت الأعلى ومبين درجة حرارة الملفات كلاهما يجب أن يقرأ نفس درجة الحرارة وإذا لم يحدث هذا فأحدهماأو كلاهما لا يعمل جيدا

قم بالمعايرة بناء على الخطوات التي يحددها الصانع وكذلك قارن هذه القراءات مع درجة الحرارة المبينة على مبين مستوى الزيت في خزان الزيت ويجب أن تكون العدادات الثلاثة متماثلة.

مبين مستوى الزيت في الخزان

قم بفحص مبين أو مقياس مستوى الزيت في الخزان كما بالشكلوهذا المبين يوضح مستوى الزيت بإظهار درجة الحرارة قارن درجة الحرارة المبينة على مقياس مستوى الزيت بالخزان مع درجة حرارة مبين مستوى الزيت العلوي حيث يجب أن يكونا تقريبا متماثلين

مبين مستوى الزيت في الخزان Conservator Oil Level

قم بمعايرة أو بتغيير مبين مستوى الزيت في الخزان عند الحاجة ولكن فقط بعد فحص درجة حرارة مبين المستوى العلوي للزيت.

عندما يكون المحول بدون حمل ومفصول قم بفتح فتحة الكشف أعلى خزان التعويض وانظر داخل الخزان بواسطة ضوء بطارية.

لو هناك تسريب سوف نرى زيت أعلى الغشاء المرن أو بداخل القربة

قم بتحديد وقت للفصل أو قطع الخدمة

لو لم يكن هناك غاز بداخل بوخلزريلاي فيمكن إعادة تشغيل المحول بعد تسريب وتصريف الهواء من ريلاي انهيار القربة ويجب عمل تحليل للغازات المذابة لفحص الأكسجين والنيتروجين والرطوبة

dissolved gas analysis

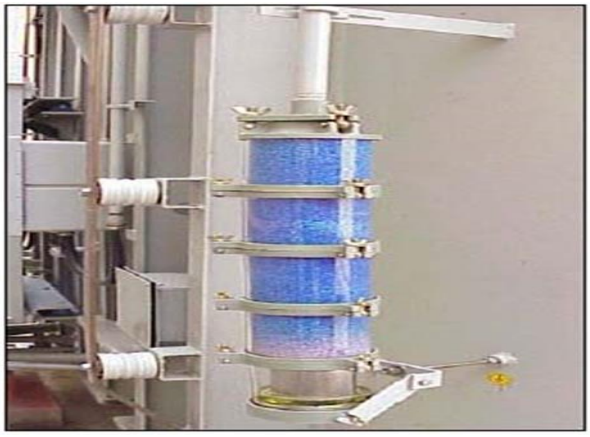
ومع ذلك يمكن تشغيل المحول لحين تركيب قربه جديدة مع تكرار عمل تحليل للغازات المذابة وينصح بإجراء هذا التحليل كل 3 شهور لحين تركيب القربة الجديدة. وبعد تركيب القربة الجديدة يمكن عمل طرد للغازات المذابة في الزيت إذا ما كان الأكسجين أعلى من 10000 جزء في المليون.

قم أيضا بفحص مستوى الرطوبة في تحليل الغازات المذابة لتتأكد من أنها أقل من المستويات المحددة لجهد المحول.

قم بفحص نازع الرطوبة في المنفث ولا تسمح أبدا بكون أكثر من ثلثي نازع الرطوبة قد تغير لونها.ويجب الحفاظ على مستوى الأكسجين المذاب في الزيت تحت 2000 جزء في المليون والرطوبة أقل ما يمكن.

منفث الخزان Conservator Breather

لو ماص الرطوبة في المنفثمن نوع الزيت قم بفحص مستوى الزيت بهقم بفحص لون نازع الرطوبة وقم بتغييره عندما يتبقى حوالي ثلثه محتفظا بلونه الطبيعي.



منفث الخزان Conservator Breatherمن النوع المحتوى على الزيت

لاحظ أن نازع الرطوبة الوردي (البمبي)الموجود أسفل نازع الرطوبة الأزرق يوضح أن هذا الجزء مشبع بالماء ولاحظ أيضا أن الزيت مرئي في قاع المنفث بارتفاع (ا) بوصة.

في العديد من الحالات يكون الزيت شفاف ومستوى الزيت لن يكون مبين مسبقا وعادة هناك خط رفيع حول المنفث بالقرب من قاع الزجاج يوضح المستوى المطلوب للزيت

قم بمقارنة مستوى الزيت مع مبين المستوى وأضف زيت عند الحاجة

لاحظ الماسورة الواحد وربع بوصه من المنفث لخزان التعويض حيث أن ماسورة صغيره نصف بوصه ليست كبيره بما يكفي لتخرج الهواء بسرعة عندما يكون المحول مفصول في الشتاء.

والمحول يمكن أن يبرد بسرعة بحيث انه يمكن أن يخلق فراغ ناتج عن انكماش وانضغاط الزيت بقوه كافيه لثقب القربة وعندما يحدث ذلك تتلف القربة ويسحب الهواء داخل خزان التعويض صانعاً فقاعة كبيرة.

تسريبات الزيت Oil Leaks

تسريبات الزيت Oil Leaks

قم بفحص المحول بحثا عن تسريبات الزيت.التسريبات تحدث نتيجة تلف وتهتك الجوانات. التعرض للأشعة الفوق بنفسجية. أو من التمدد والانضغاط وخاصة بعد برودة المحول نتيجة للتقلص الحراري للجوانات والفلنجات

العديد من التسريبات يمكن إصلاحها باستخدام الإيبوكسى أو أي ماده لاصقه.

تسريب الفلنجات يمكن وقفه بهذه الطرق باستخدام ايبوكسي مطاطي يحقن في الفلنشه تحت ضغط التسريبات الصغيرة جدا في اللحامات والخزانات يمكن وقفها بالطرق بمطرقة والتنظيف بمذيب مناسب واستخدام ماده لاصقه ايبوكسيه.

يمكن أيضاً استخدام مقاول أو شركه متخصصة في علاج التسريبات.

بعض التسريبات يجب لحامها.

اللحام يمكن عمله والزيت بداخل المحول عندما يكون القائم باللحام متمرس ومتخصص

إذا اخترنا طريقة اللحام والزيت بداخل المحول فيجب إخذ عينات زيت لتحليل الغازات المذابة في الزيت قبل وبعد اللحام

فاللحام يمكن أن يسبب ظهور غازات في تحليل الغازات المذابة في الزيت ويجب تحديد أي غازات ناتجة عن اللحام وأيها ناتج عن تشغيل المحول

وسيلة تنفيث الضغط Pressure Relief Device

والمحول مفصول قم بفحص ذراع البيان بأعلى وسيلة تنفيث الضغط بأعلى المحول لترى إذا ما كان اشتغل فإذا كان اشتغل فإن الذراع سيكون في الوضع العلوي (رأسي) وستكون ريليهات الإنذار والفصل قد تم تنشيطها وتشغيلها.

Pressure Relief Device

تحذيرلا تعيد تشغيل المحول بعد عمل هذه الوسيلة وبعد فصل الريليهات للمحول إلا بعد عمل اختبارات شامله لتحديد السبب وعلاجه حيث قد يحدث انفجار أو انهيار مفجع للمحول مع توصيل المحول بعد فصل هذه الوسيلة.

المشعات Radiators

- أفحص كل محابس العزل والغلق أعلى وأسفل المشعات للتأكد من كونها مفتوحة.
- أفحص المشعات للتأكد من نظافتها.

Buchholz Relay

بوخلز ريلاى Buchholz Relay

افحص محبس الغلق على بوخلز ريلاي للتأكد من كونه مفتوح وعندما يكون المحول مفصول وغير متصل اختبر بوخلز ريلاي عن طريق رفع غطاء النافذة والنظر بداخله

لو هنالك غاز بداخله فإنه سيزيح الزيت والغاز وسيكون واضح كفراغ أعلى الزيت وإذا كان هناك غاز كافي لإزاحة العوامة العلوية فإن الإنذار سوف يعمل وسوف يقوم المحبس الصغير الموجود بأعلى يسارا بالفتح لتسريب الغاز المحبوس واستعادة الوضع الطبيعي (عمل ريسيت للريلاى)

ولو كان هناك كميه صغيره من الغاز في الريلاى عندما يكون المحول جديد (بعد تشغيله بأشهر قليله) فمن الممكن أن يكون ذلك هواء تم اصطياده وحبسه بداخل المحول وهو يهرب حاليا فيجب المتابعة للتأكد.

لو كان المحول على الخط ويعمل لبعض الوقت ووجد غاز بالبوخلز ريلاي فيجب إرسال عينات زيت لتحليل الغازات المذابة في الزيت ويجب استشارة الصانع وخبراء المحولات حيث يجب تحديد سبب فقاعات الغاز ويجب علاجه قبل إعادة تشغيل المحول.

Sudden Pressure Relay

ريلاي ارتفاع الضغط المفاجئSudden Pressure Relay

الهدف من استخدام هذا الريليه هو أن يعطى إنذار عند ارتفاع الضغط فجأة داخل خزان المحول.

هذا الريليه حساس جداً للعمل عند حدوث ارتفاع في الضغط مهما كان صغير جداً فيعطى إنذار عند حدوث ارتفاع ولو طفيف في الضغط نتيجة حدوث خطأ كهربي داخل خزان المحول.

الفرق بين هذا الريلي هو ريلاي تنفيث الضغط أن ريلاى تنفيث الضغط يستجيب للارتفاع الكبير في الضغط الناتج عن قوس كهربي كبير والمصحوب بارتفاع في درجة حرارة الزيت. مما يؤدى إلى غليان الزيت وتكون فقاعات.

افحص محبس الفصل للريليه والتأكد من انه مفتوح.

في حالة عدم تحميل المحول وعدم توصيله اختبر ريلايارتفاع الضغط المفاجئ وذلك بغلق المحبس الخاص به ببطء واتركه مغلق عدة ثواني ثم اعد فتحه بشكل فجائي وبسرعة ذلك ينشط عمل الإنذار.

في حالة عدم عمل الإنذار اختبر الريليه ومن ثم يمكن تغييره بأخر إذا لم يعمل.

ريليه انهيار القربة أو بالونه الهواء Bladder Failure Relay

في المحولات الحديثة يتواجد هذا الريليه على أو بالقرب من أعلى خزان التمدد على جانب الزيت بجوار القربة. وهذا الريليه يكون بجوار أعلى نقطة في المحول ووظيفته أن يعطى إنذار في حالة وجود قطع في قربة الهواء الموجودة بخزان التمدد وحدوث فقاعات هواء داخل الزيت.

هذا الريليه أيضاً يخدم كاحتياط يللبوخلز ريليه الذي امتلأ بالغاز وفشل في عمل الإنذار أو الفصل حيث أن الغاز سوف يعبر البوخلزريلاي وينتقل إلى أعلى نحو خزان التعويض مستقرا أخيرا في ريلاي انهيار القربة.

بالطبع فإن هذه الغازات يجب أن تظهر في تحليل الغازات المذابة في عينة الزيت ومع ذلك فإن هذا التحليل عادة ما يجرى مره سنويا والمشكلة يمكن ألا تكتشف قبل عمل هذه الإنذارات

Bladder Failure Relay

- في حالة حدوث إنذار من الريليه الخاص بانهيار القربة افصل المحول وضعه خارج الخدمة. وافحص وجود غازات في البوخلز ريلاى، افتح فتحة الكشف في خزان التمدد وانظر بداخله باستخدام كشاف بطارية اكشف على القربة وافحص وجود زيت متسرب داخل القربة
- اخرج الهواء أو الغاز من خزان التعويض باستخدام محبس التسريب أعلى خزان التعويض
- لو كان المحول جديد وكان في الخدمة لشهور قليله فالمشكلة في معظم الأحيان هيهروب هواء إلى داخل المحول في إناء تجميعه
- والمحول مفصول وخارج الخدمة افتح فتحة الكشف أعلى خزان التعويض وانظر بداخل القربة بكشاف بطارية

- لو هناك زيت بداخل القربة دل ذلك على وجود تسريب ويجب طلب قربه جديدة وتركيبها بدلا من التالفة

صيانة المحولات الكهربائية:

- نوعية الإصلاح تتضمن إطالة فترة عمل المعدات الكهربائية وهذا الإصلاح أو الصيانة يجب أن يتكرر بصورة روتينية حسب ساعات العمل للمعدة ومنها:
- الصيانة الروتينية الوقائية التي تعمل لغرض وقاية المعدة من حدوث أضرار كبيرة مستقبلية مثل الفحص على الزيوت أو الشحوم والنظافة وفحص الاهتزاز..الخ.
- الصيانة الشاملة وهي التي تعمل لغرض صيانة المعدة صيانة كاملة ويحدد المصنع وقت إقامة هذه الصيانة بعدد ساعات عمل المعدة أو تحديد بواسطة المهندسين العاملين بالموقع إذا لزم الأمر بما يتناسب مع متغيرات الطقس والظروف البيئية للمعدة.

أنواع المحولات:

- محولات قوى: لنقل الطاقة بواسطة رفع الفولتية ثم خفضها لتتلاءم مع آلات الاستهلاك.
- محولات التيار: لغرض قياس التيار.
- محولات فولتية: لغرض قياس الفولتية.

أنظمة التبريد والتحكم والوقاية:

- **نظام التحكم:**

للتحكم بالمحول يوجد نظام القواطع الكهربائية ذات القدرة على قطع الحمل الكهربائية بصورة سريعة يدوياً أو آلياً.

- **نظام الوقاية تحمي المحول مما يلي:**

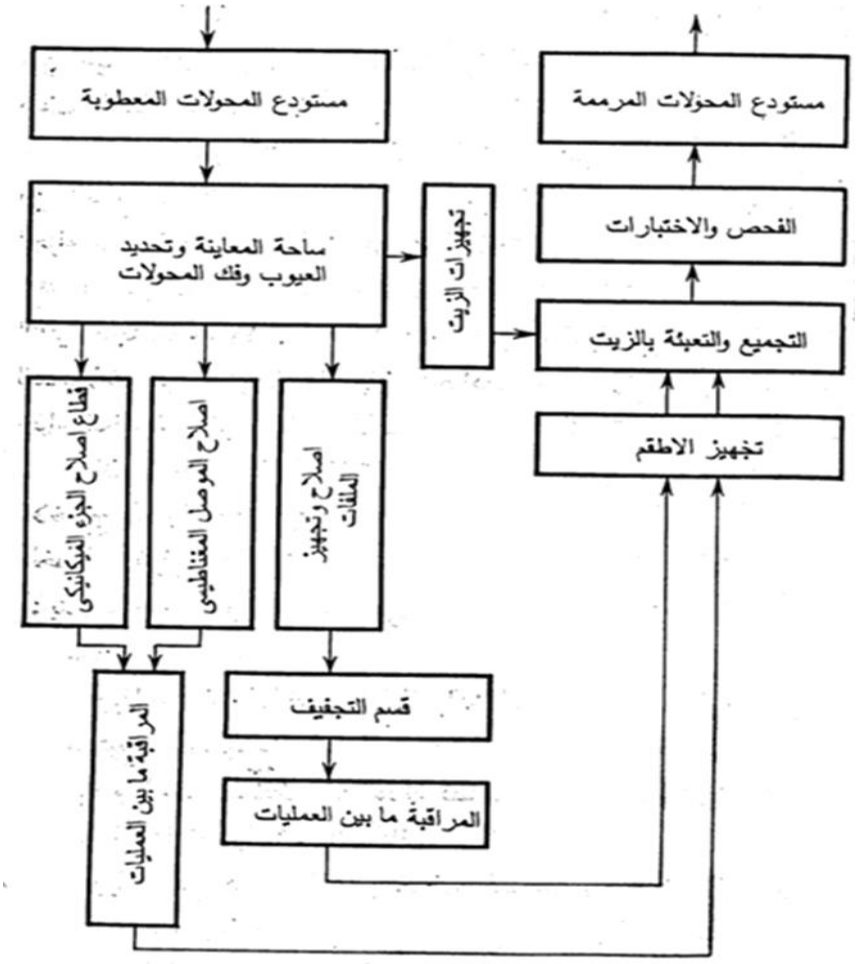
- ارتفاع درجة حرارة الزيت.
- حدوث غازات داخل المحول (بوخهيلزريلية).
- ارتفاع درجة حرارة اللفائف.
- حدوث حريق على المحول.
- ارتفاع التيار على القيمة المقدرة للمحول.
- انخفاض مستوى الزيت.
- فولتية عالية، منخفضة.

- **فحص زيت المحول:**

زيت المحول زيت خاص يمتاز بقوة عازلة للشرارة الكهربائية (القوس الكهربائي) أي مقاومته عالية جداً لدرجة وجوده بحيز مسافته = 2.5مم بين قطبين تمنع حدوث شرارة بين القطبين الذين فرق الجهد بينهما = 80 كيلو فولت.

- **طريقة الفحص:**

- يأخذ وعاء فارغ من الزجاج وينظفه تنظيفاً جيداً بحيث يكون خالي من الأتربة والرطوبة.
- يجهز مكينة الفحص (بعد التعرف على طريقة عملها).
- يصنع العينة المراد فحصها على علبة الفحص المثبتة على الجهاز.
- يرفع الفولتية في الجهاز تدريجياً حتى حدوث الشرارة الكهربائية بين القطبين المغمورين بالزيت يدون قراءات الفولتية.
- يحسب المتوسط الحسابي فإذا كان الناتج يساوي أو أكثر من القيمة المقدرة للعازلية يعبر جيد وإذا كانت النتيجة أقل من القيمة المقدرة فيجب فلترة الزيت أو تغييره.
- إذا شك في أن قراءة الجهاز أو أن عينة الزيت لم تؤخذ في ظروف مناسبة يجب تكرار الفحص مرة أخرى من البند رقم 1 حتى البند رقم 6..



مخطط إصلاح محول تبريد زيتي

فك الأجزاء الداخلية للمحول وفحصها:

- يفرغ الزيت أولاً.
- يفك خزان التمدد ويوضع جانباً لغرض معاينته وتنظيفه.
- تفتح بلتات الغطاء التابع للخزان الرئيسي.
- يرفع الغطاء بواسطة رافعة بطيئة الحركة تدريجياً وببطء شديد حتى لا تصطدم اللفائف بحافة الخزان لأن اللفائف مثبتة بأعلاها بغطاء الخزان للمحولات KV33.
- بعد إخراج اللفائف والقلب الحديدي يوضع على قاعدة خشبية.
- يتم تنظيف الخزان تنظيفاً كاملاً بالزيت النظيف.
- تنظيف اللفائف والقلب الحديدي بالزيت تنظيفاً جيداً (بواسطة ماكينة تقوم بترذيذ الزيت بقوة).
- يفحص جميع أجزاء المحول الداخلية بالمعاينة واللمس على البلتات والعوازل (البحث عن عطب ظاهري).
- شد البلتات القابضة لصفائح القلب الحديدي.
- تثبت جيداً جميع اللفائف باللقم الخشبية الخاصة بذلك.
- يحرك المبدل لغرض فحص تماساته ثم يعاد إلى الوضع الذي كان عليه.
- العوازل الممزقة نقوم بتبديلها بعوازل جديدة وجافة وتلصق بمادة الورنيش.
- بعد التنظيف والفحص النظري لكل من الخزان والأجزاء الداخلية للمحول يعاد تركيبه.
- يرفع الغطاء من اللفائف برافعة.
- يوضع بداخل الخزان مع تبديل الباكن (الربل المانع لتسرب الزيت).
- تركب البلتات وتشد بصورة متوازية ابتداءً من الوسط.
- ينقل إلى الموقع.
- يعاد وضعه في مكانه (عكس عملية الفك) ويثبت باللقم الخاصة عند عجل القاعدة.
- تركب عوازل أطراف المحول وخزان التمدد.
- يعبأ بالزيت النقي.
- تجري عليه الاختبارات الكهربائية (عازلية، تسرب تيار، مقاومة اللفائف) وسيتم شرح ذلك لاحقاً.

- **في حالة إن الاختبارات ناجحة يتم بعد ذلك:**

- توصيل الكابلات والأسلاك الخاصة بالحمايات ونظام التبريد...الخ (كل ما تم فصله عند فك المحول).

- تختبر القواطع الكهربائية بعد عمل صيانة شاملة لها.
- تختبر القواطع بواسطة إعطائها إشارة من كل الحمايات واحدة واحدة (مثل ارتفاع الحرارة، نقص مستوى الزيت، وجود غازات داخل المحول...الخ).
- يوصل الضغط الكهربائية الداخل للمحول ويبقى لبضع ساعات قبل تحميله إذا لم يحدث شيء.
- يتم إدخاله بالخدمة.

- **طريقة اختبار المحول:**

- توصل دائرة الاختبار.
- ترفع فولتية الجهاز الخاص بالاختبار تدريجياً ويراقب التيار (تيار التسرب) إذا حصل ويستمر برفع الفولتية حتى تصل إلى أعلا من الفولتية المقدرة بمقدار منها.
- تنقل أطراف الجهاز إلى اللفائف الأخرى وتقاس العازلية بنفس الطريقة الأولى التي أجريت على اللفائف السابقة فإذا لم تحدث شرارة (لم يحدث تسرب للتيار) فإن العازلية جيدة.
- تقاس العازلية بين لفائف الضغط العالي والمنخفض وفي هذه الحالة تقاس عازليه الزيت بين اللفتين المستقلتين.
- تقاس المقاومة للفائف كل على حده وتسجل.
- تسجل القراءات ونتائج الاختبار ويوقع عليها من قبل المهندس المشرف على العمل والفنيين القائمين بالاختبارات.
- يختبر نظام الوقاية من حدوث غازات داخل الخزان بواسطة الضغط على زر الاختبار وتقاس المقاومة عند طرفي تماس الوقاية أو بتفريغ الزيت داخل النظام.
- يختبر نظام الوقاية من ارتفاع الحرارة في المحول. وذلك بتدوير مؤشر الحرارة يدوياً حتى تلامس نقطي التماس الكهربائي في المؤشر والتي بدورها ترسل الإشارة إلى القاطع الكهربائي ليقوم بعملية الفصل.

- الأعطال المختلفة وتشخيصها:

عناصر المحول	العطل	الأسباب
اللفائف	تماس بين اللفائف	عتق طبيعي للعازل واهترائه فرط في تحميل المحول يتكرر بانتظام، قوى ديناميكية ناجمة عن الهزات الكهربائية (Short Circuit) في الأشبكة
	تماس مع الهيكل، تماس ما بين الأطوار	عتق العازل، ترطب الزيت وانخفاض مستواه، فرط في الفولتيات الداخلة والخارجة، تشوه أشكال الملفات الناجمة عن مرور تيارات عالية أثناء حدوث تماس كهربائي (Short Circuit)
	إنقطاع الدائرة	احتراق الأطراف الخارجة (أطراف السحب) عن الملف من جراء التوصيل الرديء أو من جراء حدوث هزات كهربائية عالية
المبدلات	انعدام التلامس (إنصهار السطح التلامسي)	اختلال ضبط جهاز التبديل بتأثير حراري على الملامس من جراء حدوث تيارات عالية
أطراف الإدخال	خرق كهربائي مع الهيكل	وجود صدوع في العوازل الخزفية، انخفاض مستوى الزيت في المحول مع اتساخ السطح الداخلي للعازل الخزفي في الوقت نفسه
	خرق كهربائي للعازل بين الأطراف الخارجة للأطوار المستقلة	تضرر عازل الأطراف الخارجة الموصلة بأطراف السحب أو المبدل الحراري
الموصل المغناطيسي (القلب الحديدي)	احتراق الصلب	اختلال العازل بين بعض صفائح الصلب أو بلتات الشد، كبس الصلب بضعف مما يؤدي إلى الاهتزاز والاحتكاك مما يؤثر على العازل الذي بين الصفائح
الخزان والحنفيات	تسرب الزيت من خطوط اللحام	اختلال خط اللحام والاتصال المحكم لأطراف الأنابيب التابعة للتبريد بسبب التأثيرات الميكانيكية والحرارية
	تسرب الزيت من الحنفيات	سدادة الحنفيات مشدودة بشكل سيء، باكن الحنفي أصبح غير جيد

الأعطال المختلفة وتشخيصها

طبلونات التحكم:

أي معدات كهربائية لابد وأن تملك دائرة تحكم تتحكم بهذه الآلة أو تعمل على حمايتها وهذه الدائرة نسميها طبلون التحكم الذي يحتوي بداخله على مؤقتات وContractors مقاومات ومحولات صغيرة ومقومات

التيار ومفاتيح كهربائية وفيوزات...الخ وقد استحدث أخيراً نظام الـ PLC هذا النظام الذي يمكن تعبئته ببرنامج حسب طلب التشغيل للآلة المستهدفة تعبئة كمبيوترية على ضوئها يقوم بتشغيل المعدة آلياً.

ملحق

أ. طبلونات التحكم بنظام التبريد للمحول:

الهدف منه مراقبة حرارة زيت المحول وحرارة اللفائف داخل المحول.

إذا ارتفعت الحرارة أعلى من القيمة المقدرة داخل المحول فإن العنصر الحساس للحرارة يرسل إشارة بواسطة نقطتي تماس يقوم بغلقها والتي بدورها تقوم بغلق دائرة التحكم فيبدأ بالعمل (تشغيل المراوح، ويحرك الزيت، ويبرد) حتى تنخفض الحرارة إلى القيمة المقدرة وعند ذلك يتوقف نظام التبريد آلياً وهكذا لمعرفة هذه الدائرة التحكمية.

ب-طبلونات التحكم بالفصل الآلي (الوقايات):

هذا الطبلون يحتوي على عدة مرحلات (Relays) كل واحد منها يقوم بعمله الخاص مثل:

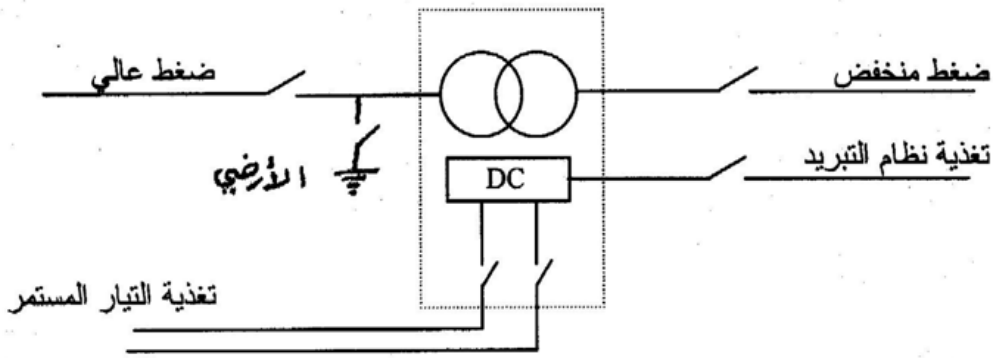
*الوقاية من التيار العالي	تفصل المحول عن الخدمة عندما يمر فيه تيار على (Over Current)
*الوقاية من الفولتية العالية Over Voltage	تفصل المحول عندما ترفع الفولتية بشكل كبير على الفولتية المقدرة
*الوقاية من الفولتية المنخفضة Under Voltage	تفصل المحول عندما تقل الفولتية بشكل كبير عن القيمة المقدمة
الوقاية من حدوث غازات داخل المحول	تفصل المحول إذا نتجت فقاعات غازية داخل المحول إذا سخن الزيت وتحول جزء منه إلى غاز Bukulze relay
*الوقاية من ارتفاع حرارة اللفائف winding temp very High	تفصل المحول عندما ترتفع درجة حرارة اللفائف عند التيار العالي
الوقاية من انخفاض مستوى الزيت	تفصل المحول إذا انخفض المستوى كثيراً

طبلونات التحكم بالفصل الآلي

الأمن والسلامة:

- أثناء صيانة المحولات يجب مراعاة الآتي:
- استعمال الطاقية الخاصة بالوقاية (الخوذة).
- استعمال الجوارب المناسبة للعمل.
- استعمال البيادة.
- استعمال حزام السلامة.
- استعمال الكمامات الوقائية الخاصة بنوع العمل.

- استخدام الأدوات الخاصة بالعمل وهي في حالة جيدة.
- استخدام كل أداة بالعمل الذي أعدت من أجله تلك الأداة.
- استخدام الآلات بصورة جيدة عند صيانة كل جزء بحاجة إلى آلة صيانة.
- إبعاد كل ما قد يسبب في إحداث حريق عن موقع العمل.
- اصطحاب اسطوانات مكافحة الحريق.
- فحص خبطات الحمل والرفع والخفض المستخدمة في حمل المحول أو رفعة أو إنزاله.
- إجراء الصيانة في مكان بعيد عن التلوث الهوائي مثل الغبار والرطوبة...الخ.
- العزل الكهربائي للمحول مهم جداً جداً ومن الضروري جداً التأكد من إتمام العزل الكلي لكل من الآتي:
- جهة الضغط العالي (الفولتية العالية).
- جهة الضغط المنخفض (الفولتية المنخفضة).
- التغذية الخاصة بنظام التحكم والحمايات (التيار المستمر).
- عزل تغذية نظام التبريد (التيار المتردد).
- أخيراً يجب التأكد من التأريض الكامل بصورة جيدة لجهتي الضغط العالي والمنخفض وإن المحول أصبح خالياً من الشحنة الكهربائية تماماً.

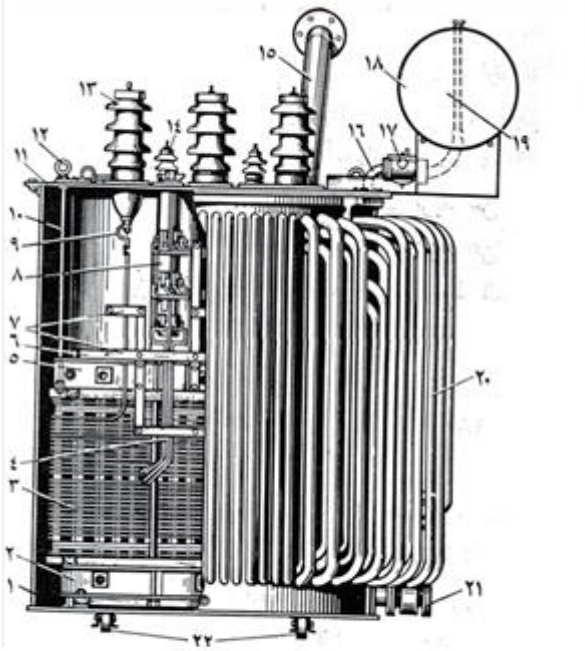


تغذية نظام التبريد بالتيار المستمر

- التعرف على أجهزة الاختبار قبل استخدامها.
- تفريغ الشحنة الكهربائية من المحول بعد كل اختبار.
- ارتداء ملابس العمل سابقة الذكر.
- عدم رفع الفولتية في جهاز الاختبار أعلى من القيمة المقدرة لاختبار المحول.
- عدم القيام بأي اختبار أثناء الرطوبة الجوية أو بعد المطر مباشرة.

- **قبل إعادة المحول للخدمة يجب التأكد من أن:**

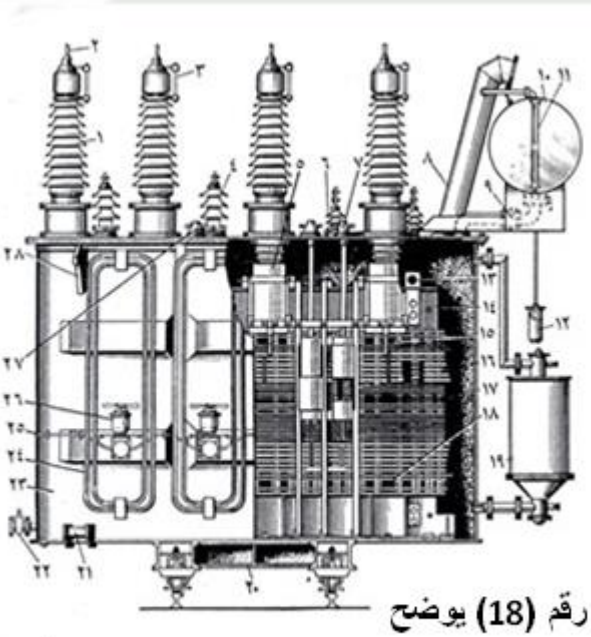
- التركيب قد تم بصورة جيدة كما يجب.
- عازلية الزيت جيدة.
- الاختبارات الكهربائية قد تمت بصورة جيدة.
- أجهزة الحماية تعمل بصورة طبيعية (جاهزة).
- رفع الأرضي قد تم فعلاً.
- جميع أدوات العمل من الموقع قد تم رفعها.
- نظام الإطفاء جاهز.
- المكان أو موقع المحول قد أخلي تماماً من العمال.
- الوثائق المتعلقة بالصيانة قد تم إغلاقها.



شكل رقم (17) يوضح محول ثلاثي الاطوار، ثنائي الملفات من الحجم الثالث ذو تبريد زيتي

١-خزان الزيت،
٢و٥- عارضتا النير السفلية والعلوية للموصل المغناطيسي،
٣-ملف الفلطية العالية (ف ع)،
٤-أطراف سحب للضبط موصولة بالمفتاح الكهربائي،
٦-موصل مغناطيسي،
٧-شرائح خشبية لتثبيت أطراف السحب،
٨-طرف سحب يأتي من ملف (ف ع)،
٩-مفتاح تحويل،
١٠و١٢-صبلمة وحلقة (عروة) الرفع،
١١-غطاء الخزان،
١٣و١٤-أطراف إدخال الفلطيتين العالية والمنخفضة (ف ع) و (ف م)،
١٥-ماسورة انفلات،
١٦-ماسورة الزيت، ١٧-مرحل غازي،
١٨-خزان تمدد الزيت،
١٩-مؤشر مستوى الزيت،
٢٠-مواسير تبريد (دوران) الزيت،
٢١-صنبور تصريف الزيت،
٢٢-عجلات الناقلة.

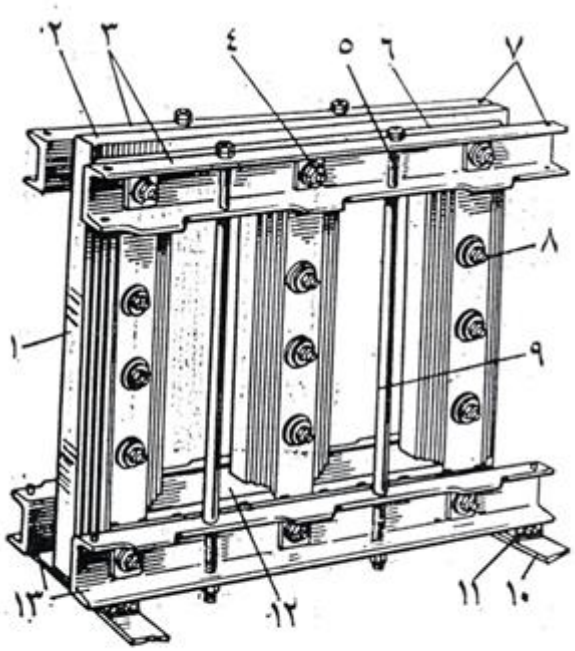
١- طرف إدخال مملوء بالزيت للفلطية العالية (١١٠كيلوفلط)،
٢-قضيب ممر للتيار (صبلمة)،
٣-مؤشر مستوى الزيت في طرف إدخال (ف ع)،
٤و٦-طرفاً إدخال الفلطية المتوسطة (٣٥ كيلوفلط) والفلطية المنخفضة (١٠كيلوفولط)،
٥-اسطوانة طرف إدخال (ف ع) من الورق والباكيليت،
٧-وسيلة إدارة لتجهيزة مفتاح ملف (ف ع)،
٨-ماسورة واقية، ٩-مرحل غازي،
١٠-خزان تمدد الزيت،
١١-مؤشر مستوى الزيت في خزان التمدد،
١٢-مجفف الهواء،
١٣-عروة لرفع الجزء الفعال،
١٤-عارضة النير، ١٥-طرف سحب خطي (ف ع)،
١٦-تركيبة مفتاح ملف (ف ع)، ١٧-ملفات (ف ع)،
١٨-الفتائل الحاجبة لملف (ف ع)،
١٩-فلتر حراري ماص، ٢٠-ناقلة ذات عجلات،
٢١-مسطح لتركيب رافعة(جك)،
٢٢-صنبور تصريف الزيت،
٢٣-خزان الزيت، ٢٤-رديتور (مبرد أنبوبي)،
٢٥-أسلاك كهربائية لتغذية محركات النفخ الكهربائية،
٢٦-محرك كهربائي مع المروحة،
٢٧-وسيلة إدارة لتجهيزة مفتاح ملف الفلطية المتوسطة، ٢٨-خطاف لرفع المحول.



شكل رقم (18) يوضح

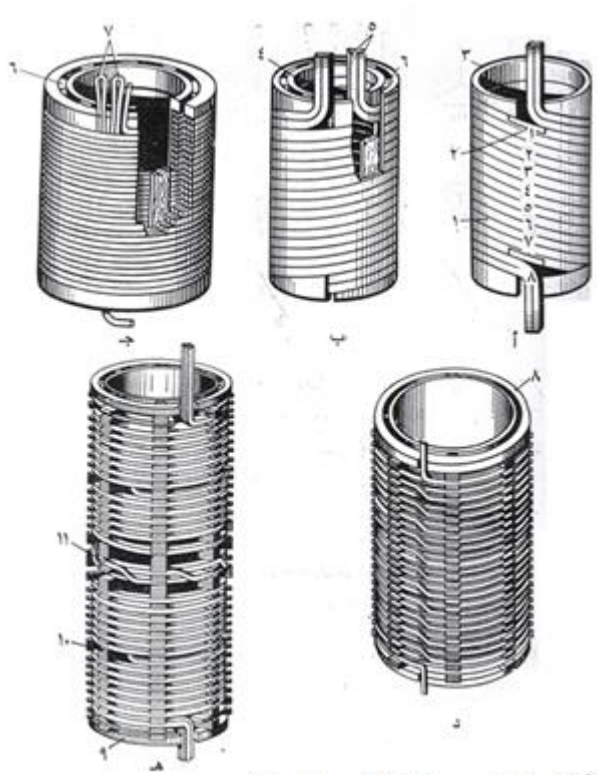
محول قوى ثلاثي الأطوار ثلاثي الملفات ذو استطاعة تبلغ ١٦٠٠٠ كيلو فولط أمبير

١- قضيب الموصل المغناطيسي،
٢و١٢-النيران العلوي والسفلي،
٣و١٣-عارضتا النيرين العلوي والسفلي،
٤-صبلمة شد أفقية كابسة للنير،
٥-صبلمة رأسية كابسة،
٦-حشوة عازلة،
٧-ثقوب لصبالم الرفع،
٨-صبلمة شد أفقية كابسة للقضيب،
٩-ماسورة عازلة للصبلمة الرأسية الكابسة،
١٠-شريحة ارتكاز من الصلب،
١١-شريحة من الخشب



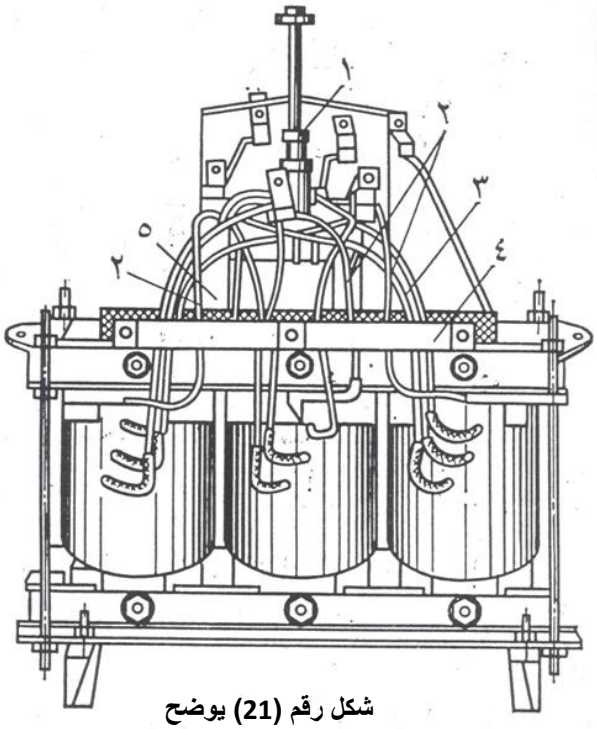
شكل رقم (19) يوضح

القلب الحديدي ويطلق عليه موصل مغناطيسي مثال موصل مغناطيسي لمحول باستطاعة ١٨٠٠ كيلوفلط أمبير بصبالم شد ممررة في ثقوب القضبان والانير



أ-أحادية الطبقة،
ب-ثنائي الطبقة،
جـ-عديد الطبقات،
د-مستمر، هـ- لولبي،
١-لفات سلك مستطيل المقطع،
٢-صفيحة من الكرتون الكهربائي لتقوية اللفات الطرفية للملف،
٣-حلقات معدلة مشطورة،
٤-اسطوانة من الورق والباكيليت،
٥-نهاية الطبقة الأولى للملف،
٦-قدد (شرائح) رأسية،
٧-تفريعات داخلية للملف،
٨-حلقة عازلة ساندة،
٩-عازلة طرفي،
١٠، ١١- موضع انتقالي للمجموعة وآخر عام للفات الملف

شكل رقم (20) يوضح ملفات اسطوانية لمحولات القوى



١-مبدل التفريعات،
٢-أطراف السحب الذاهبة إلى أطراف الإدخال A, B, C،
٣-تفريعات ضبط للملفات،
٤-شريحة من خشب الزان مثبتة لأطراف سحب الفلطية العالية،
٥-رزة (حاملة) من الصلب لتثبيت المبدل.

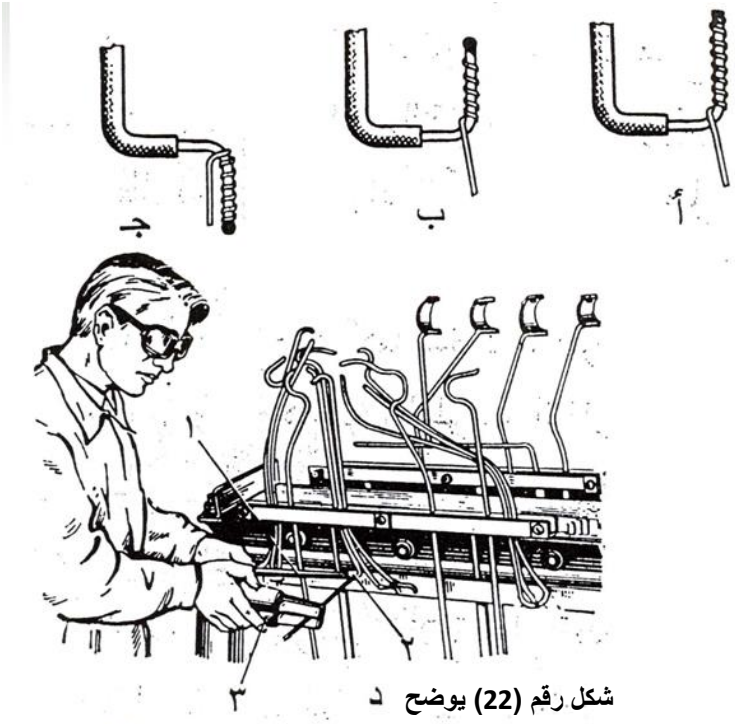
شكل رقم (21) يوضح

تثبيت أطراف سحب ملف المحولات ذات الحجم I

Test result

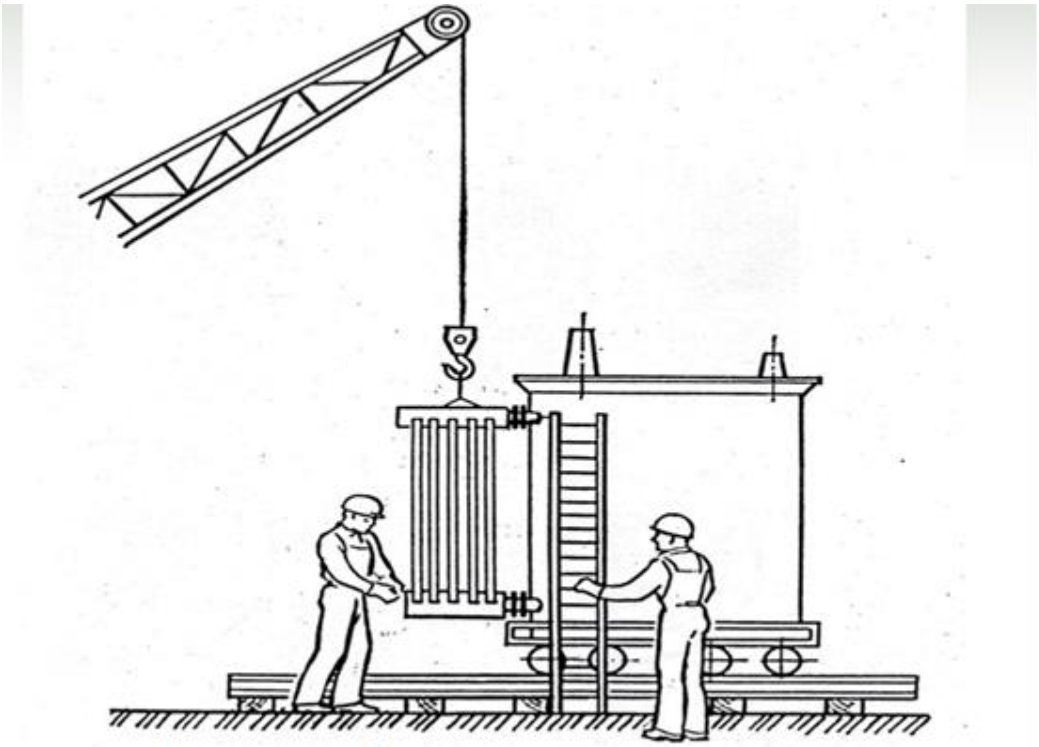
O.L.T.C Position	Theoretical Retio K(t)	Voltmeter (V_1) N.V. Side Volt	Voltmeter (V_2) L.V Side Volt	Measured ration K(m) $\frac{V_1}{V_2}$
++	U_1+V_1 4.20 V_1-W_1 4.20 W_1-U_1 4.20	396.8 395.5 398.3	94.3 94.2 95.0	4.808 4.199 4.193
+	U_1-V_1 4.10 V_1-W_1 4.10 W_1-U_1 4.10	397.1 398.8 398.4	96.7 96.9 97.4	4.107 4.085 4.090
0	U_1-V_1 4.00 V_1-W_1 4.00 W_1-U_1 4.00	396.4 395.4 398.4	99.3 99.4 99.9	3.992 3.978 3.988
-	U_1-V_1 3.90 V_1-W_1 3.90 W_1-U_1 3.90	397.5 395.9 398.8	102 102.3 102.7	3.897 3.870 3.883
--	U-V 3.80 V-W 3.80 W-U 3.80	398 396.7 399.3	104.8 105.1 105.5	3.798 3.775 3.785

مثال: اختبار معامل التحويل

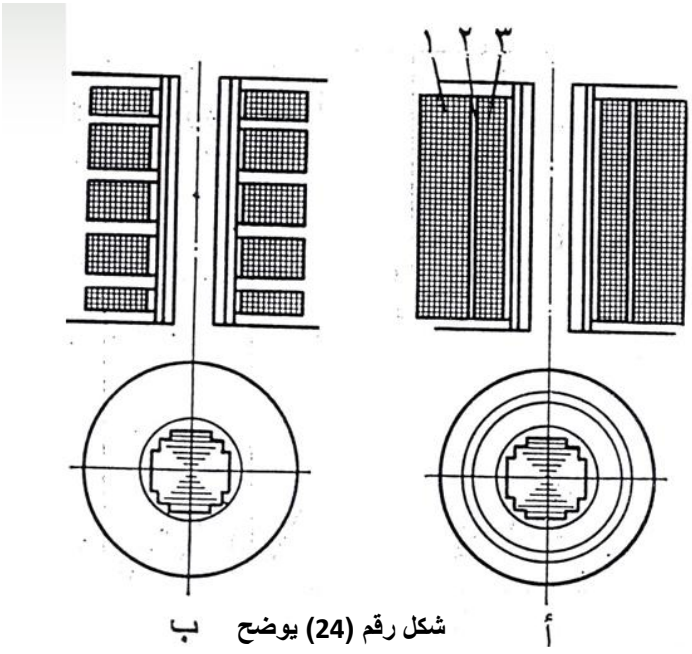


أ-اللحام،
ب-اللحام المنجز،
جـ-التحضير للعزل،
د-لحام طرف السحب للملف،
١-ملقط،
٢-قابض الخطاف،
٣-الطرف الخارج الجاري لحامه

شكل رقم (22) يوضح د
عمليات لحام الأطراف الخارجة لملفات الفلطية العالية



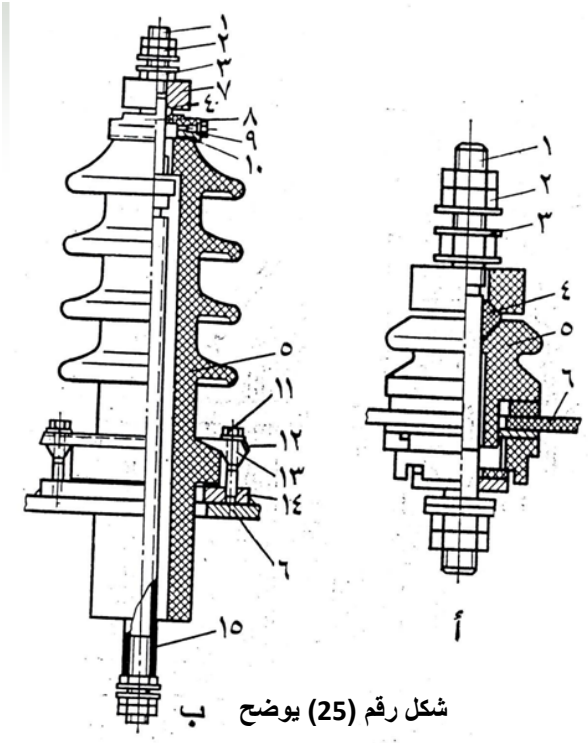
شكل رقم (23) يوضح فك رديتور محول القوى بواسطة سيارة رافعة



أ-المتحد بالمركز،
ب-المتتالي،
١-ملف الفلطية العالية
٢-اسطوانة عازلة،
٣-ملف الفلطية المنخفضة

شكل رقم (24) يوضح أوضاع ملفات الفلطية العالية والمنخفضة على قضيب الموصل المغناطيسي

أ-تعمل على ١كيلو فولط و٤٠٠أمبير،
ب-تعمل على ٣٥كيلوفولط و٦٠٠أمبير،
١و٣-صبلمة ووردة من النحاس،
٢و٧و٨-صمولة وجلبة ورأس النحاس الأصفر،
٤و١٠-حلقة ووردة من المطاط،
٥-عازل خزفي،
٦-غطاء الخزان،
٩-برغي لإطلاق الهواء،
١١-برغي من الصلب،
١٢-سفة كبوسة من الصلب،
١٣-حدبة ضاغطة من الألومنيوم،
١٤-شفة تركيب ملحومة على الغطاء،
١٥-أنبوبة من الورق والباكيليت



شكل رقم (25) يوضح أطراف ادخال قابلة للنزع

تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ, ومشاركة السادة:

مهندس/ أشرف لمعي توفيق	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ السيد رجب شتيا	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
مهندس/ أيمن النقيب	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
مهندس/ خالد سيد أحمد	**شركة مياه القاهرة**
مهندس/ طارق ابراهيم	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ علي عبد الرحمن	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
مهندس/ علي عبد المقصود	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ محمد رزق صالح	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
مهندس/ مصطفي سبيع	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ وحيد أمين أحمد	**شركة مياه القاهرة**
مهندس/ يحيى عبد الجواد	**شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**

- تم تحديث الإصدارالثانى بمشاركة السادة :-

مهندس/ خالد سيد أحمد	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
مهندس / ريمون لطفى زاخر	شركة الصرف الصحي بالقاهرة
مهندس/ علاء عبد المهيمن الشال	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية
مهندس/ محمد عطية يوسف	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ محمد محمد الشبراوى	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ محمد صالح فتحى	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ هانى رمضان فتوح	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ عادل عزت عبد الجيد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببنى سويف

تمت أعمال التنسيق والإخراج الفني لهذا الإصدار بواسطة كلا من :

الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الكيميائى/ محمود جمعه	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المسار
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى