الفصل الأول

الإطـــار العـــام

1-1 المقدمة:

يعتبر المحول أكثر عناصر الشبكة الكهربائية إنتشاراً وتنوعا في أشكاله وأحجامه ووظائفه فالشبكة الكهربائية بها العشرات من المولدات ولكنها تحتوي عشرات الآلاف من المحولات ،وبالطبع لاينافسه في هذا الإنتشار الواسع داخل منظومة القوى الكهربائية سوى الكابلات والخطوط الهوائية ،إلا أن التنوع في أشكال وأحجام ووظائف المحولات الكهربائية الأكثر أهمية بين عناصر منظومة القوى الكهربائية(محمود جيلاني،2014،ص6).

يعتبرالمحول الكهربي جزءاً بالغ الأهمية والفائدة في الدائرة الكهربائية ولولاه ماتحققت الأغراض الحيوية الأتية:

1. نقل القدرة الكهربائية بمقاديرضخمة لمسافات طويلة جداً من مواقع توليدها إلى مساحات الإستفادة بها على جهود كهربية فائقة العلو(مئات الألوف من الفولت وصلت حتى حد المليون في بعض الحالات)،بها يعمل على الحد من المفقودات الكهربية في خطوط النقل وذلك بعد رفع جهد المولد الذي لايزال محدوداً بسبب الصعوبات التكنولوجية برغم نظريات التصميم المتطورة لا يزيد عن بضع عشرات الآلاف من الفولت ولا يكاد يصل إلى نصف المئة ألف أو يتجاوزها في بعض الأحيان.
2. توزيع القدرة الكهربية في مساحات الإستفادة بها بالجهود المناسبة لأغراض إستخدامها في البيوت والمصانع والمواءمة بين اي جهاز كهربي مهما كان الجهد الذي يعمل به والمحول الكهربي بسيط في نظرياته سهل في إستخدامه ومن المفروض انه لا يكلف الدائرة الكهربائية التى يدخل في تركيبها ، سوى مفقودات

كهربية قليلة إذ ان كل ما يقوم به عملية مواءمة بين اجزاء الدائرة المختلفة أساسا في الجهود ذلك من خلال عملية تحويل الطاقة الكهربية من ملف إلي أخر في المحول عبر المجال المغناطيسي في القلب الحديدي .(كاميليا يوسف محمد، 1991،ص 2).

1-2مشكلة البحث:

نسبة لأهمية المحولات الكهربائية التي تعمل على نقل الطاقة الكهربائية وتتشكل المشكلة في السؤال الرئيسي التالي:

إلى أي مدى توفر حماية المحولات الكهربائية بصورة سليمة وغير مكلفة وكيف تتم عملية صيانة المحولات الكهربائية في لمحطات الفرعية.

1-3**أسباب إختيار مشكلة البحث**:

1- نسبة لأهمية المحولات في نقل الطاقة الكهربائية وتوزيعها.

2-معالجة المشاكل التي تحدث في المحولات الكهربائية.

3-توفير الحماية الكافية في المحولات الكهربائية.

1-4 أهمية البحث:

تتبع أهمية هذا البحث في الاتي:

1- عملية صيانة المحولات الكهربائية وتوفير الحماية اللازمة لها.

2-معرفة وظائف المحولات في منظومة القوى الكهربائية.

1-5أهداف البحث:

يهدف البحث إلى مايلي:

1-التعرف على الوظائف الأساسية للمحولات الكهربائية.

2-التعرف على المشاكل التي تقلل من كفاءة المحولات الكهربائية.

3-التعرف على أنواع وا ٍستخدامات المحولات الكهربائية.

4-التعرف على كيفية صيانة المحولات بصورة دورية.

5-التعرف على كيفية حماية المحولات الكهربائية.

1-6أسئلة البحث:

1-ماهي الوظائف الأساسية للمحولات الكهربائية؟

2-ماهي المشاكل التي تقلل من كفاءة المحولات الكهربائية؟

3-ماهي أنواع إستخدامات المحولات الكهربائية؟

4- كيف تتم عملية صيانة المحولات بصورة دورية؟

5-كيف تتم عملية حماية المحولات الكهربائية؟

1-7 حدود البحث:

أ. الحدود المكانية:

تقتصر هذه الدراسة على كيفية صيانة وحماية المحولات الكهربائية بولاية الخرطوم، محليتي امدرمان،الخرطوم مكان إقامة الباحثون.

ب. **الحدودالزمانية**:

تم إجراء هذه الدراسة في العام الدراسي 2016-2017.

1-8مصطلحات البحث:

1. المحول:

هو عبارة عن معدة كهربائيةتستخدم لخفض أو رفع الجهد الكهربي لمقدار معين منالقدرة الكهربائية

2. الحماية:

هي إبعاد الخطر عن الوجود الإنساني أو عن أي شيء موضوع الحماية

3. الصيانة:

هي عبارة عن مجموعة الإجراءت وسلسلةمن العمليات المستمرة التي يجب القيام بها بهدف وضع الآلة في وضع الإستعداد التام للعمل

الفصل الثاني

الإطار النظري

2-1مقدمة:

بدأت الحاجة الملحة لإستخدام المحول عندما تركز توليد القدرة الكهربية بكميات هائلة في محطات كبيرة وأصبح الأمر يستدعى نقل هذه القدرة إلى مواطن إستخدامها مع تكبر أقل كمية ممكنة من المفقودات،وذالك عن طريق رفع الضغط الكهربي إلى قيم عالية لخفض قيمة التيار الكهربي وبالتالي خفض حجم الموصلات وخفض المفقودات الكهربية.

يحتوي المحول الكهربي على دوائر كهربية ودوائر مغناطيسية وتسرى الطاقة الكهربية في الدوائر الكهربائية بفعل التشابك في الخطوط المغناطيسية بهذه الدوائر.

لا توجد في المحول أجزاء دوارة ولذالك يعرف المحول الكهربي بأنه آلة إستاتيكية يقوم عملها على أساس التأثير الكهرومغناطيسي يتكون المحول الكهربي أساساً من ملفين معزولين عن بعضهما عزلاً كهربياً تاماً بحيث يكون كل منهما دائرة كهربية مستقلة ويصل أحدهما إلى المصدر الكهربي المراد تحويل ضغطه ويسمى بالملف الإبتدائي(Primary Winding) بينا يوصل الآخر بالحمل ويسمى بالملف الثانوي (Second Winding) .(الإنترنت ،الموسوعة الحرة ،2017/5/16).

2-2 نبذة تاريخية عن المحول الكهربي:

كان فاراداي أول من إكتشف في عام 1831م ظاهرة الحث المتبادل Mutual Induction بين ملفين منفصلين ومتواجدين على قلب مصنوع من مادة مغناطيسية وقام بقياس القوة الدافعة الكهربية (Electric Motive Force) عملياً في أحد الملفين نتيجة تغير التيار في الاخر .

ثم ظهرت لأول مرة في عام 1882م محولات مصنعة من ملف إبتدائي واحد وعدة ملفات ثانوية بغرض الحصول على قيم مختلفة للجهود الثانوية .

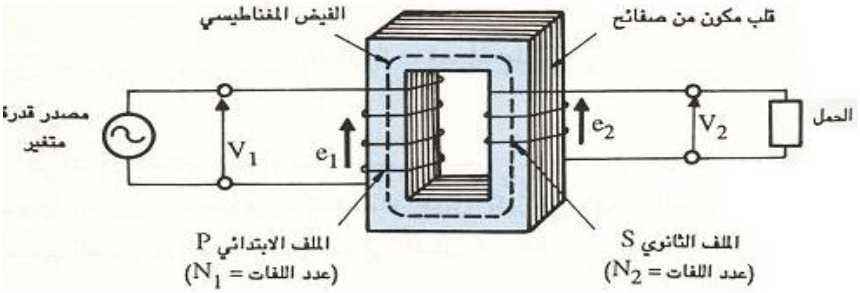
وقد كان ظهور المحولات ذات القلب المغناطيسي Magnetic Core عام 1884م هو بداية إستخدام المحولات في تحويل الطاقة الكهربائية إلى جهود عالية لنقلها إلى مسافات بعيدة.وكان أول من قام بهذه الخطوة الأخوين (جونوا ٍدواردهولكتسون) حيث قاما بصنع محول بسيط قلبه مصنوع من صفائح فولاذية معزولة ومن ملفين أحدهما للجهد المنخفض والآخر للجهد العالي.وبعدها جاء العالم (ويري) الذي كان أول من اطلق إسم المحول Transformer على هذه الأجهزة وابتكر فيما بعد فكرة توصيل المحولات على التو ازي.أما بالنسبة للمحولات الثلاثية الأطوار فقد كان العالم الروسي(دوليف روبرفولكسي) أول من إخترع المحول ثلاثي الطورفي عام 1889م (محمود جيلاني، مرجع سابق، 2014،ص6).

2-3 تعريف المحول الكهربي:

المحول الكهربي هو عبارة عن آلة أو جهاز كهربي إستاتيكي 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(المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية،آلات التيار المستمر، مرجع سعودي، ص44).

2-4تركيب المحول الكهربي:

1. قلب مكون من صفائح.
2. ملف إبتدائي.
3. ملف ثانوي.



الشكل رقم

(2-1) يوضح تركيب المحول

2-5 مبدأ عمل المحول:

يقوم مبدأ العمل المحول الكهربي على قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي الذي ينص على(أنهعندما يمر فيض مغناطيسي في ملفات القلب الحديدي فإنه يتولد جهد أو قوة دافعة كهربائية في كل لفة من ملفات القلب الحديدي، ويتناسب هذا الجهد مع معدل تغير الفيض المغناطيسي بالنسبة للزمن).ولهذا السبب فإن المحول لا يعمل في أنظمة التيار المستمر، لأن التيار المستمر يخلق مجالاً مغناطيسياً ثابتافي مقدار تغيره، فلا يمكن خلق جهد كهربي حينها بطريقة الحث وهذه إحدى الأسباب الرئيسية لتفضيل التيار المتردد على التيار المستمر.يوصل طرفا الملف الإبتدائي بمصدر التيار المتردد ويوصل الملف الثانوي بالحمل المستهلك للطاقة الكهربية عندغلق دائرة الملف الثانوي فإن التيار المار في الملف الإبتدائي يسبب تدفقاً مغناطيسيا متناوباً في القلب الحديدي يولد في كل لفة من كلا الملفين القوة الداافعة الكهربية(ق.د.ك) (المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، الحماية الكهربائية، مرجع سعودي، ص48).

2-6 أنواع المحولات الكهربية:

يمكن تصنيف المحولات الكهربية كما يلي:

من حيث التردد:

تنقسم المحولات الكهربية من حيث التردد إلى ثلاثة أقسام:

1. محولات التردد المنخفض:

وهي التي تعمل عند الترددات المنخفضة ويكون قلبها من شرائح الحديد السليكون.

2. محولات التردد المتوسط:

وهي التي تعمل عند الترددات المتوسطة ويكون قلبها من مسحوق الحديد وبعضها ذو قلب من الفريت.

3. محولات التردد العالي:

وهي التي تعمل عند ترددات عالية ويكون قلبها من الفريت.

من حيث نوع القلب:

1. محولات كهربية ذات قلوب حديدية.
2. محولات كهربية ذات قلوب هوائية.
3. محولات كهربية ذات قلوب من مسحوق الحديد أو الفريت.

من حيث عدد الأطوار:

1. محولات احادية الطور.
2. محولات ثلاثية الأطوار.
3. محولات سداسية الأطوار.

من حيث نوع الخدمة:

1. محولات القوى.
2. محولات التوزيع.
3. محولات الأجهزة.
4. محولات المقاومات.
5. محولات التأريض.
6. المحولات الخاصة.

2-7تصنيف المحولات من حيث الوظيفة الكهربية:

1. محولات القدرة(Power Transformer) وهي المحولات المستخدمة في شبكات النقل الكهربائية ومحطات التوليد الكهربية.
2. محولات التوزيع(Distribution Transformer)وهي المحولات المستخدمة في شبكات التوزيع الكهربائية وتكون قدرة هذه المحولات أقل من خمسة ميقاواط أمبير(5MWA).
3. محولات القياس وهي نوعين:

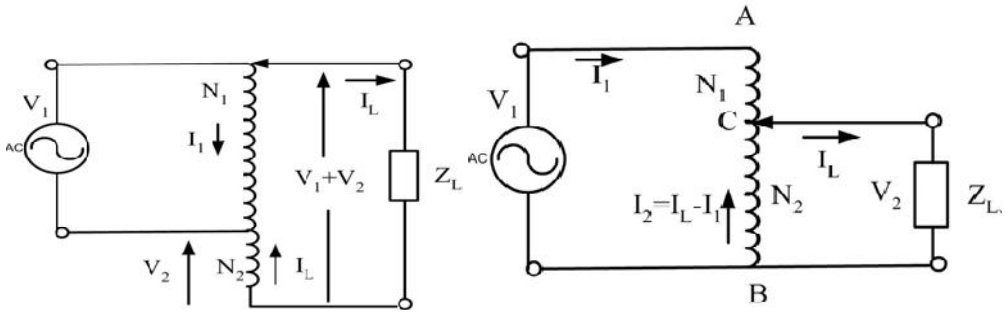
- محولات الجهد Voltage Transformer.
- محولات التيارCurrent Transformer.

نجد أن هناك مجموعة متنوعة من تصاميم المحولات انشئت خصيصاً لتحقيق بعض التطبيقات الهندسية،على الرغم من أن العديد من القواسم المشتركة بينها تتمثل في الأتي:

1. المحول الذاتي:

هناك محولات تعرف بإسم (المحولات الذاتية)وتحتوي على ملف يؤدي عمل الملف الإبتدائي والثانوي في نفس الوقت.

المحول الذاتي له ملف واحد فقط وهذا الملف له نهايتان طرفيتان بالإضافة إلى نقطة ثالثة وسيطة، الجهد الأساسي يطبقعبرطرفين والجهد الثانوي يأخذ من واحدة من هاتين الطرفين والثالثة.الدائرة الإبتدائية والثانوية لها عدد من اللفات الشتركة حيث الجهد لكل لفة هونفسه في كل اللفات، وكل ملف يعطى جهد يتناسب مع عدد اللفات من خلال تعريض جزء من لفائف الملف وجعل توصيل الملف الثانوي من خلال إنزلاق الفرشاة يمكن الحصول على نسبة تحويل شبه متغيرة من المحول الذاتي مما يسمح بالتحكم الدقيق للجهد.



الشكل (2-2) يوضح المحول الذاتي

2.المحو لات متعددة الأطوار:

في التغذية الكهربائية ثلاثية الأوجه يمكن إستخدام ثلاث وحدات من المحولات احادية الوجه، أو يمكن أن تدرج جميع هذه الأوجه الثلاث بوصفها محول واحد ذو ثلاث أوجه وفي هذه الحالة فإن الدوائر المغناطيسية ترتبط معاً، وهكذا القلب الحديدي الذي يتضمن تدفق الفيض ثلاثي الأوجه.

3. محولات الترسيب:

محول التسريب يسمى أضاً محول ذو المجال العابر لها محاثة تسرب أعلى بكثير من غيرها من المحولات، وفي بعض الأحيان تزيد في حالة التجاوز المغناطيسي أو التوازي في القلب الحديدي بين الإبتدائي والثانوي والذي هو في بعض الأحيان يمكن ضبطها بمجموعة مسامير، وهذا يوفر محول ذو قدرة فائقة على الحد من التيار نظراً

لفقد الإقتران بين لفائف الإبتدائي والثانوي أي تيارات الدخل والخرج منخفضة لدرجة منع الحمل الحراري الزائد تحت جميع ظروف التحميل حتى لوكانت الدائرة الثانوية في حالة القصر(Short) (خيري فتحي عبدالسيد، 2014،ص26).

كما ورد في كتاب (مصطفى سليمان دليلة،1993،ص52) تقسيم المحولات الى:

أ. من حيث عدد ملفاتها إلى:

1. محولات ثنائية الملف Tow Winding Transformer.
2. محولات ثلاثية الملف Three Winding Transformer.
3. محولات متعددة الملف Poly Winding Transformer.

ب. من حيث نسب تحويلها إلى:

1. محولات خافضة للجهد(Step-down Transformer)تقوم بتحويل جهد الملف الأولي إلى جهد منخفض.
2. محولات رافعة للجهد(Step-Up Transformer) تقوم بتحويل جهد الملف الأولي إلى جهد مرتفع للثانوي.

ج. من حيث تبريد المحولات الكهربية:

1. محولات جافة(Dry Transformer) يتم تبريدها بالهواء الطبيعي أو الهواء القسري.
2. محولات مغمورة في الزيت(Oil Transformer) ويتم تبريدها بالزيت كمحولات القوى ذات الإستطاعات المتوسطة والكبيرة المستخدمة في محطات كهربائية مختلفة.
3. محولات يتم تبريدها بغاز سادس فلور الكبريت(الغاز الكهربي) Gas Cooling Transformer وقد شاع إستخدامها في الآونة الآخيرة في الأماكن المغلقة.

7:2 كفاءة المحولات الكهربية:

تتميز المحولات بكفاءة عالية تتراوح بين 95% و99%، وتعرف الكفاءة في المحولات بأنها مقدار القدرة الخارجية مقسومة على مقدار القدرة الداخلية أوهي مقدار القدرة الخارجية مقسومة على مقدار القدرة الخارجية زائد مقدار قدرة المفاقيد أو هي مقدار القدرة الداخلية ناقص مقدار القدرة في المفاقيد مقسومة على مقدار القدرة الداخلية.

$$\eta = \frac{Po}{Pi} = \frac{Po}{Po+Ploss} = \frac{Pi-Ploss}{Pi}$$

حيث:

(P_o) مقدار القدرة الخارجية من المحولات و(P_i)مقدار القدرة الداخلية بينما (p_{loss}) تتمثل المفاقيد داخل المحول في الآتي.

1. مفاقيد الناتجة عن التخلفية المغناطيسية والتيارات الدوامية.
2. مفاقيد النحاس الناتجة من مرور التيار في مقاومة الملفات.

8:2 المفاقيد في المحولات الكهربائية:

تظهر فقط أثناء تحميل المحول نتيجة مرور تيار الحمل خلال الملفات، ولذا فهي تتكون أساساً من المفقودات النحاسية Copper Loss في مقاومة الملفات سواء في الملفات الإبتدئي أو الثانوي والتي تتمثل حوالي 90% من مفاقيد الحمل Load Loss ويضاف إليها جزء يعرف بمفاقيد الشاردة Stray Loss وتتمثل حوالي 10% من هذه المفاقيد. وتتلخص أنواع المفاقيد في الآتي:

1. المفقودات النحاسية Copper Loss:

هذه أول نوع من أنواع المفاقيد، بمعنى أنهالاتظهر بقيمة مؤثرة إلا إذا حدث تحميل المحول، وكلما زاد التحميل زادةالطاقةالمفقودة.إن الملفات النحاسية (إبتدائي، ثانوي) لها مقاومة معينة ومن ثم مرور التيار فيها يتسبب الفقد في القدرة.وللدقة يجب أن

تشير إلى أنه يوجد فقد في الملفات النحايسة حتى أثناء عدم التحميلNo load وذالك نتيجكة مرور تيار اللاحمل No load current فتيار اللاحمل هو التيار الذي يمر في الملف الإبتدائي فقط عندما يسلط عيه الجهد المقنن، مع كون الملف الآخر مفتوحاً ويكون غالباً في حدود 1-2% من تيار الحمل الكامل وتتأثر قيمته أساساً بقيمة الفيض ولذا يجب الأخذ في الإعتبار أن تكون كثافة الفيض المغناطيسي تحت نقطة التشبع الحرجة ولا تحتوي شرائح القلب الحديد على ثغرات هوائية وذالك على قيمة تيارات اللاحمل(محمود جيلاني، مرجعسابق، 2014، ص165).

2. المفاقيد الحديدية وهي:

أ. مفاقيد التخلف المغناطيسي:

عند مرور التيار في الملفات ينشأ مجال مغناطيسي يسبب تمغنط القلب الحديدي ويكون إتجاه التمغنط للقلب في نفس المجال المغناطيسي بسبب أنه صار ممغنطاً وهكذا نجد المجال المغناطيسي حول الملفات يزدادوا إتجاه التمغنط أيضاً متغير في ذالك القلب.

مفاقيد التخلف المغناطيسي تعتمد غالباً على نوع اداة القلب المستعملة والمواد التي تحتفظ بجز ء كبير من تلك المغناطيسية بعد أن تزول القوة المغناطيسية تكون لها مفاقيد تخلف عالية ويقال أن هذه المواد لها مغنا طيسية متبقية مرتفعة.

وتعطى مادة القلب مفاقيد التخلف المغناطيسي تتناسب مع تردد التيار، والتيار المار في المحول.

ب. مفاقيد التيارات الأعصارية:

عندما يتولد جهد في القلب الحديدي للمحول فإن هذا يسبب تولد تيارات صغيرة تنساب داخل القلب تسمى التيارات الأعصارية Eddy Current.

التيارات الأعصارية تلاقي مقاومة كبيرة من مادة القلب الحديدي ولتلاقي هذه المفاقيد يصنع القلب الحديدي على هيئة شرائح معزولة عن بعضها كهربياً .

القدرة المفقودة تعتمد على التيارات الأعصارية وهي تتناسب مع كل من التردد وقيمة التيار في المحول.

ج. مفاقيد التشبع:

عندما يبدأ التيار في الزيادة فإن خطوط الفيض المغناطيسي في القلب تزداد بسرعة عندما تستمر قيمة التيار في الإرتفاع فإن أكبر عدد من خطوط الفيض توجد في القلب الحديدي(كثافة فيض عالية) وذالك حتى تصل إلى نقطة معينة تسمى نقطة التشبع، بعدها تكون زيادة في التيار الإبتدائي بعد تشبع القلب يكون سبباً في القدرة العاطلة حيث لايستطيع المجال المغناطيسي نقل القدرة المضافة إلى الثانوي(الإنترنت، الموسوعة الحرة، 2017/7/23).

3. المفاقيد الشاردة:

بالإضافة إلى أنواع المفقودات السابقة فهناك أنواع اخرى وا ِن كان أقل تأثيراً من الأنواع السابقة، لكن مجموعها يمثل 5% من قيمة الفقد في المحول، وربما أقل قليلا من ذالك وهي تنتج بتأثير ات متنوعة منها.

أ. المفاقيد الناتجة عن الفيض المتسرب:

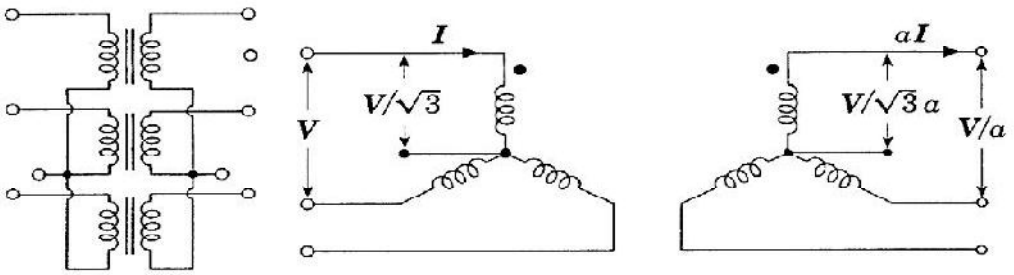
فمن المعلوم أن الفيض الذي ينشأ عند مرور التيار في الملف مالا يرتبط كلياً بالملف الآخر، بل يكون هناك جزء مفقود، وهذا الجزء المفقود من الفيض يعبرعنه بالفيض المتسرب.

وهذا الفيض المتسرب قد يقطع الأجزاءالحديدية الخارجية للمحول فينشأ فيها تيارات دوامية(eddy current) ويتسبب في سخونة هذه الأجزاء المعدنية الغير حاملة للتيار أصلاً وهذا نوع من فقد الطاقة في المحولات الكبيرة(محمود جيلاني،مرجع سابق,2014،ص165).

9:2 طرق توصيل المحولات الكهربية:

1. طريقة التوصيل نجمة نجمة (Y – Y):

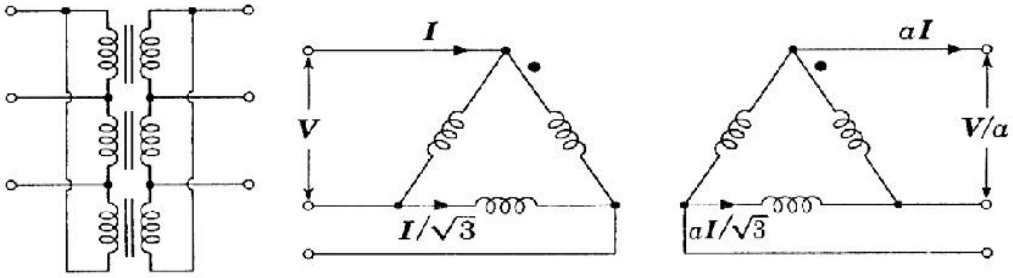
يستخدم هذا النوع من التوصيل عادة في المحولات الصغيرة ذات الضغط العالي من نوع القلب الحديدي، حتى يكون عدد اللفات والضغط على كل لفة منها صغيراً نسبياً، مما يؤدي إلى الإقتصاد في وزن النحاس ومواد العزل، وبالتالي في سعر المحول كما يمكن الإستفادة في هذه الحالة بنقطتي النجمة لإستخدام موصل رابع إذا لزم الأمر.



شكل رقم (2-3) يوضح طريقة التوصيل نجمة نجمة

2. طريقة التوصيل دلتا – دلتا Δ – Δ:

يصبح هذا النوع إقتصادياً في حالة المحولات الكبيرة ذات الضغط المنخفضة، حيث يزداد فيها عدد اللفات المرحلية، ولكن مع إنخفاض في مساحة مقطع الملفات، ويمتاز هذا النوع من التوصيل على سابقه في إحتمال التشغيل بدلتا مفتوحة.

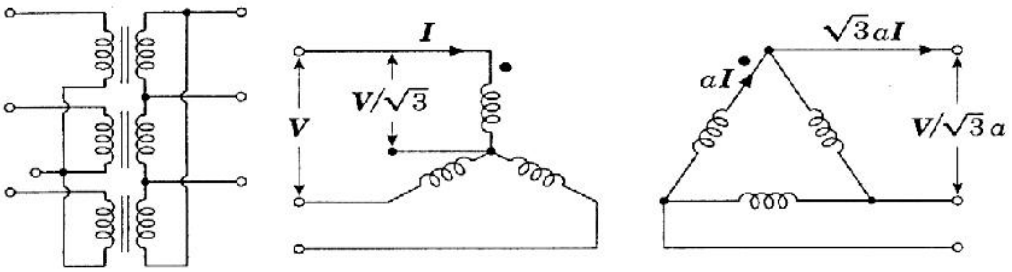


شكل رقم (2-4) يوضح طريقة التوصيل دلتا دلتا

3. طريقة التوصيل نجمة – دلتا Δ - Y:

يستخدم هذا النوع من التوصيل عادة مع محولات القدرة، ويمتاز بوجود نقطة نجمة تصلح في بعض أغراض التحميل مع وجود دلتا تنشئ مسار للتوافقيات في التيار مما يساعد على تحديد ضغط نقطة النجمة، وبالتالي إتزان الضغوط المرحلية.

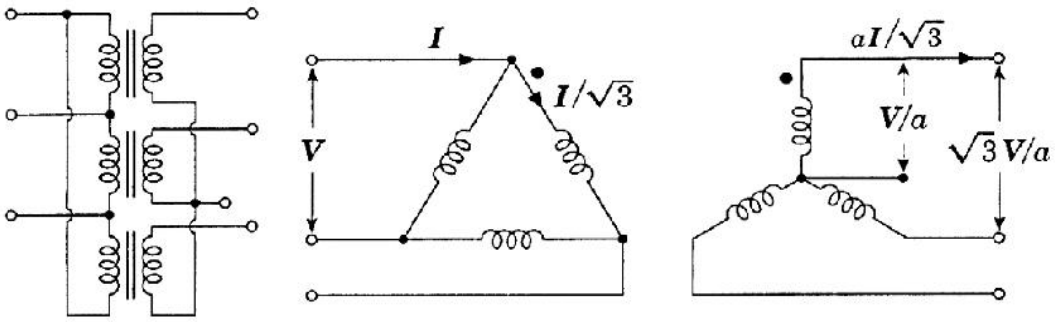
وا ٍذاكان توصيل نجمة ناحية الضغط العالي فإنه يمكن الإقتصاد في ثمن المواد العاز لة، كما سبق شرحه في حالة التوصيل نجمة – نجمة، ولكن المعتاد عموماً توصيل ناحية الضغط العالي دلتا، عندما يراد تشغيل محركات وأحمال إضاءة بإستخدام أربعة أسلاك ناحية الضغط المنخفض.



شكل رقم (2-5) يوضح طريقة التوصيل نجمة – دلتا

4. طريقة التوصيل دلتا – نجمة: Δ – Y:

توصل ملفات الإبتدائى على شكل دلتا وبالتالى فإن جهد الوجه يساوى جهد الخط ولذلك يجب أن تصمم ملفات الإبتدائى لتحمل جهد الخط. أما ملفات الثانوى فتوصل نجمة.



شكل رقم (2-6) يوضح طريقة التوصيل دلتا نجمة

5. طريقة التوصيل نجمة(متعرج):

يستخدم هذا النوع من التوصيل عادة مع موحدات التيار للحصول على خصائص معينة، كما أن التوصيل المعكوس أي نجمة متعرج يستخدم بدلاً من التوصيل دلتا في بعض الحالات في المحولات ذات الضغوط العالية.

6. طريقة التوصيل التوصيل ثلاثي المراحل وسداسي المراحل:

يستخدم هذا النوع من التوصيل للحصول على ست مراحل لتشغيل المحولات المتزامنة، وكذالك لإستعماله مع موحدات التيار ذات ستة مصاعد(محمد أحمد قمر، 1988، ص75).

2-10 تبريد المحولات الكهربية:

نظراً لتحول الفقد الكهربي داخل الحولات إلى حرارة، فإن درجة حرارتها ترتفع مما يثر على متانة العزل وقد يجعلها تنهار،لذالك فإنه يجب تبريد المحولات.

حيث أن مفاقيد المحول متناسبة مع قدرته فإنه يمكن تبريد المحولات بعدة طرق أهمها:

1. تبريد طبيعي بالهواء:

تستخدم في المحولات صغيرة القدرة حيث تشع الحرارة إلى الجو الحيط بواسطة التيارات الحمل في الهواء.

2. تبريد بالهواء المسلط:

تستخدم في المحولات المتوسطة القدرة والتي توضع في أماكن ضيقة ولاتسمح بوضع المحول في خزان الزيت أو قد يوضع المحول في خزان الزيت ويسلط عليه تيار هوائي بواسطة مراوح موجه على جسم المحول.

عيوب التبريد بالهواء:

أ. لايسمح بتحميل المحول إلا لفترات زمنية قصيرة.

ب. قلة تانة العزل.

ج. تعرض الملفات للأتربة والأوساخ إلى إضعاف متانة العزل.

د. زيادة حجم الملفات يتخللها بالهواء.

3. التبريد بالزيت الطبيعي:

حيث يوضع القلب والملفات في وعاء مملوء بالزيت المعدني المنقى بعناية فائقة حيث يتم تبريد القلب والملفات بواسطة تيارات الحمل في الزيت والذي يشعه إلى الجو الخارجي، لزيادة سطح التبريد قد يكون الإناء متعرج أو يزود الإناء الخارجي بمواسير لزيادة سرعة تبريد الزيت.

4. التبريد بالزيت المبرد:

في المحولات الكبيرة والعالية القدرة الكهربية لايكفي تبريد الزيت بالهواء الطبيعي نظراً لإرتفاع الحرارة الناتجة من المفاقيد الكهربية ولذالك تستخدم عدة طرق لتبريد الزيت المستخدم في تبريد المحول منها:

1. بواسطة الهواء المسلط حيث يسلط على جسم الوعاء الرئيسي للمحول مجموعة منالمراوح لدفع الهواء والعمل على تبريد الزيت الذي يتم سحبه في أنابيب وتمريره بواسطة طلمبة في إناء به ماء بارد ثم يدفع إلى داخل وعاء المحول ويجب أن

تكون سرعة طلمبة السحب مساوية لسرعة طلمبة الدفع حتى يصير مستوى الزيت ثابت داخل الوعاء.

2. يتم دفع ماء بارد في مواسير تبريد داخل وعاء المحول وبذالك تنقل الحرارة منالزيت إلى الماء ثم إلى الخارج، ويلاحظ في هذه الطريقة بأن تكون أنابيب التبريد خالية من الثقوب ومصنوعة من النحاس الأحمر المعامل كيميائياً لعدم التآكل والتفاعل مع زيت المحول.

مميزات التبريد بالزيت:

1. زيادة المتانة الكهربية للعزل.
2. يسمح بتحميل المحولات لفترة طويلة.
3. الإتزان الكهروحراري داخل جسم المحول.
4. صغر حجم الملفات يضم الثغرات الهوائية.

عيوب التبريد بالزيت:

1. قد يحث إنسداد في أنابيب التبريد مما يعرض المحول لدفع درجة حر ارته.
2. قد يحدث إنفجار نتيجة تفاعل الهواء المتسربمع الغازات الناتجة من الزيت(خيريفتحي عبدالسيد،مرجع سابق، 2014،ص96).

2-11 ربط المحولات على التوزي:

في أغلب الحالات التي يكون فيها إستطاعة المنشأة الكهربائية كبيرة يفضل ألا تقتصر تغذيتها على محول واحد فقط، وا ٍنما يتم ذالك مشاركة عدة محولات أصغر إستطاعة موصلة فيما بينها على التوازي لتغذية حمل مشترك مما يساعد كثيراً على حل مسألة تأمين التغذية الكهربائية للمستهلك بصورة أفضل، حيث يصبح من الممكن فصل جزذ من هذه المحولات عن الخدمة عند إنخفاض قيمة الحمل والقيام بعمليات الصيانة الدورية بسهولة ويسر.

شروط ربط المحولات على التوازي:

أولاً: محولات الوجه الواحد

1. توصيل إبتدائي على التوازي الذي قد يحتاج الأمر لأن يتصل المحولات بالشبكة العامة لكي يغذي كل منها حمل خاص به فيكون شرط التوصيل في هذه الحالة هو تساوي ضغط الملف الإبتدائي.
2. توصيل إبتدائي وثانوي على التوازي.

ثانياً :المحولات ثلاثية الأوجه

شروط توصيل محولين للعمل على التوازي:

1. يجب أن تتطابق القطبية لكل المحولات.
2. يجب ان تتساوى نسبة اللفائف إلى المفاعلة المتسربة.
3. يجب ان تتساوى نسبة اللف لكل المحولات.
4. أن يكون الضغط الإسمي للإبتدائي والثانوي واحد(نسبة التحويل).
5. يجب أن تتساوى المعاوقة لكل المحولات. (المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية،الآلات التيار المستمر ، مرجع سعودي، ص 72).

2-2حماية (وقاية) المحولات الكهربائية:

2-2-1 المقدمة:

يتعرض المحول احياناً لحدوثقصر داخلي بين الملفات وجسم المحول ـ او بين الملفات مع بعضها ـ نتيجة إنهيار عزل داخلي أو نتيجة شرخ أو كسر أحد العوازل ـ أو نتيجة إنهيار في عزل أحد الكابلات.ولذلك كان من الضروري عمل نظام وقاية للمحولات يضمن سلامة المحول عند حدوث أي خلل أو قصر به أو عند حدوث إرتفاع في درجة حرارته.

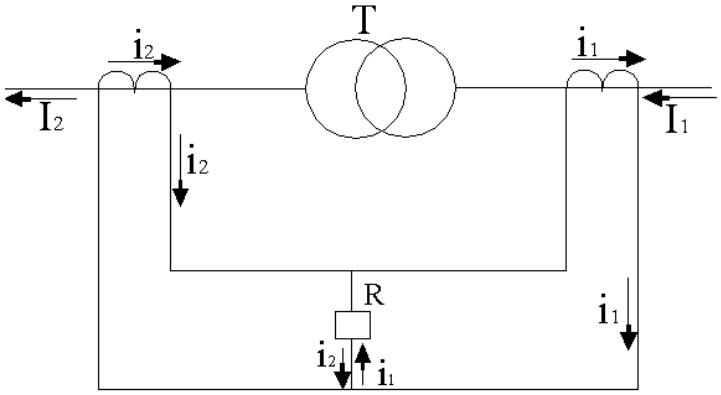
2-2-2 حماية (وقاية) المحولات:

تنقسم وقاية المحولات الكهربائية إلى قسمين هما:

1. الوقاية الرئيسية:

أ. الوقاية التفاضلية:Differential

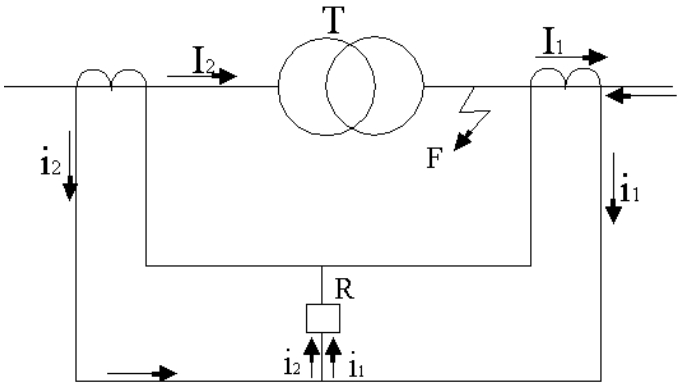
وهذا النوع من الوقاية موجود بجميع المحطات على إختلاف أنواعها يعتمد جهاز الوقاية التفاضلية في عمله على مقارنة التيارات في جهتي الحمول ويكون التيار المار في الجهاز يساوي الفرق بين التيارين.



الشكل رقم (2-2-1) يوضح الوقاية التفاضلية

وفي حالة حدوث قصر خارجي أي خارج محولات التيار يكون التيار المار في الجهاز يساوي صفراً .

في حالة حدوث قصر داخلي بين محولي التيار يكون التيار المار في الجهاز ذو قيمة عالية ويعمل الجهاز ويفصل المحول.



الشكل رقم (2-2-2) يوضح الوقاية التفاضلية

وأن جهاز الوقاية التفاضلية للمحول يعمل في حالة حدوث قصر في المنطقة المحصورة بين محولي التيار وهي تشمل:

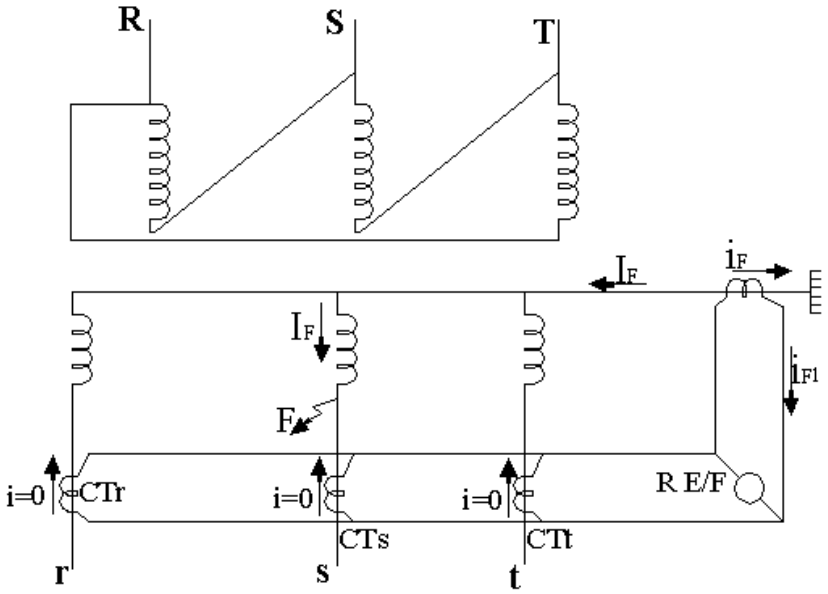
1. داخل المحول
2. عوازل المحول وأقواس الشرارة
3. كابلات المحول
4. محولات التيار من الجهتين.

لذلك عند يعمل جهاز الوقاية التفاضلية يجب المرور على المحول وفحص الأجزاء السابقة بدقة خصوصاً على نهايات الكابلات سواء على المحول أو في الخلايا، وكذلك فحص عوازل المحول . وأقواس الشرارة.

وفي حالة فصل المحول بجهاز الوقاية التفاضلية ومعه جهاز الوقاية ضد زيادة التياريخطر إعادة توصيل المحول إلا بعد العثور على مكانالقصر وا ٍصلاحه بمعرفة مسئولي الصيانة.

ب. الوقاية ضد التسرب الأرضي المحدد:

هذا النوع من الأجهزة موجود بالمحطات بجهد /11/66/220/ كيلو فولت لحماية المحولات . وكذلك موجود بمحطات /11/66/ كيلو فولت من النوع الإنجليزي لحماية المحولات من الكيلو فولت وهذا النوع من الوقاية يشبه الوقاية التفاضلية في نظرية عمله وا ٍنه يعتمد على مقارنة التياراتولكن في هذا الجهاز لا يقارن التيارات بين جهتي المحول ولكنه يقارن التيار في محول التيار الموصل بين نقطة التعادل والأرضي مع التيار الموجود في نقطة تعادل محولات التيار على الأوجه.



الشكل رقم (2-2-3) يوضح الوقاية ضد التسربالأرضي

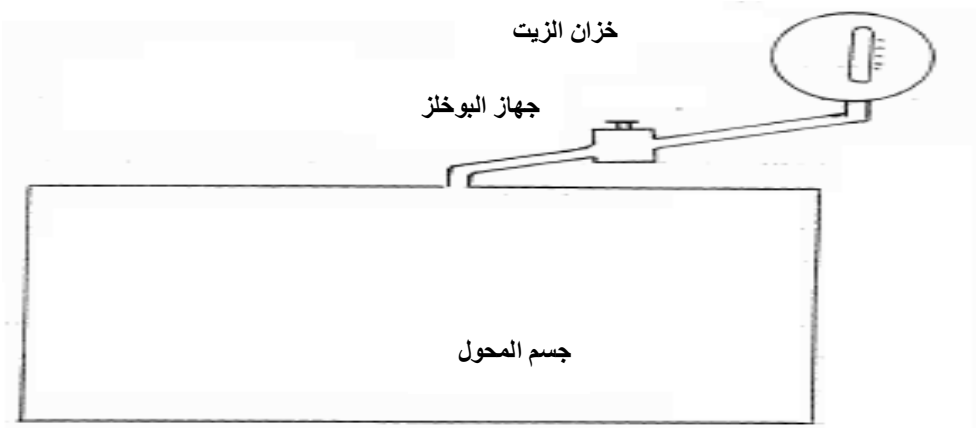
يتضح أن جهاز الوقاية ضد التسرب الأرضي المقيد يركب فقط على المحولات من جهة(star)النجمة المؤرضة وهو يشعر بأي قصر على الأرضي في المنطقة المحصورة بين محولات التيار وهي:

1. داخل المحول (الملفات الموصلة بنجمة فقط).
2. عوازل المحول من جهة النجمة المتصلة بالأرضي.
3. كابلات المحول من جهة النجمة المتصلة بالأرضي.
4. محولات التيار من النجمة المتصلة بالأرضي.

ويعمل الجهاز داخل المنطقة بين أحد الأوجه والأرضي ووجهين والأرضي، أما في حالة حدوث قصر بين الأوجه الثلاث والأرضي فلا يعمل الجهاز وذلك للأتزان التيارات في الملفات مع التيار المار بنقطة التعادل، وكذلك لا يعمل الجهاز في حال حدوث قصر خارج المنطقة سواء بين الأوجه أو بين أحد الأوجه والأرضي.

ج. الوقاية الغازية (البوخلز):

تعتبر الوقاية الغازية من أكثر الوقايات فعالية للحماية من وجود شرارة داخل المحولات، حدوث شرارة داخل المحول يصحبه تحلل في زيت المحول ينتج عنه بعض الغازات فقد إعتمدت نظرية عمل جهاز الوقاية الغازية (البوخلز)على تواجد هذه الغازية التى في حالة وجودها يعطي جهاز البوخلز إنذار ثم إذا إستمرت كمية الغازات في الزيادة يفصل المحول.



الشكل رقم (2-2-4) يوضح الوقايةالغازية (البوخلز)

ويركب جهاز البوخلز على الماسورة الموصلة بين خزان الزيت وبين المحول كما هو موضح في الشكل أعلاه.

جهاز البوخلز:هو عبارة عن تجويف به عوامتان وعندما يكون الجهاز ممتلئاً بالزيت فإن كلا العوامتين تكون طافية ولا يعمل الجهاز.

أما في حالة نقص الزيت فإن احد العوامتين وهي الخاصة بالإنذار لا تكون طافية وبالتالي تقفل نقاط التلامس الخاصة بها وتعطي إنذار بالمحطة.

وا ٍذا زاد الإنخفاض في مستوى الزيت فإن العوامة الثانية تهبط وتقفل نقاط التلامس الخاصة بها ويفصل المحول من الجهتين.

يعمل جهاز البوخلز في الحالتين:

1. عند نقص زيت المحول بحيث يفرغ الزيت من خزان .
2. عند وجود غازات أو أبخرة داخل المحول.

د. الوقاية الإتجاهية لزيادة التيار

هو عبارة عن جهاز وقاية ضد زيادة التيار يقترب في عمله بوحدة تحديد إتجاه التيار ولا يحدث الفصل بواسطة هذا الجهاز إلا إذا تحقق الشرطين معاً هما:

1. حدوث زيادة في التيار على القيمة المضبوط عليها الجهاز.
2. أن يكون إتجاه التيار في إتجاه المحدد لعمل الجهاز وفي الغالب تعمل جميع الأجهزة الأتجاهية عندما يكون التيار خارجاً من قضبان التوزيع.

ه. الوقاية ضد زيادة التيار الخطية :

هذاالنوعمن الأجهزة مركب علىمحولات جهد/66/220/كيلو فولت من الجهتين.

وهوعبارة عن جهاز وقاية ضد زيادة التيار يتم ضبطه على تيارات عالي يتم حسابها بحيث تساوي تيارات القصر على قضبان التوزيع التى يغذيها المحول، عندما يحدث قصر تصل قيمة التيار إلى القيمة المضبوط عليها الجهاز،فإن الجهاز يعمل ويفصل المحول لحظياً أو بزمن صغير جداً (أقل من 0.1 ثانية).

2. الوقاية الإحتياطية :

وهي تنقسم إلى الآتي:

أ. الوقاية ضد زيادة التيار الزمني:

هذا النوع من أكثر أجهزة الوقاية إنتشار حيث أنه في الغالب يستعمل كوقاية إحتياطية لمعظم المهمات سواء كانت مولدات أو محولات أو خطوط النقل، كما يستعمل كوقاية أساسية لخطوط التوزيع وهي مغذيات 11 كيلو فولت،ويضبط الجهاز على قيمة تيار تتناسب مع التيار الأسمي للمحول وفي الغالب يضبط على 120% من هذا التيار،فإذا زادت قيمة تيار المحول عن هذه القيمة فإن الجهاز يعمل ويبدأ

جهاز التوقيت الزمني timer في العمل حتى يمد الزمن المضبوط عليه الجهاز ثم يعطي إشارة الفصل للمحول، ويسمي هذا النوع بالزمن الثابت . أي أنه يفصل بزمن ثابت ليس له علاقة بقيمة التيار طالما وصلت قيمة التيار إلى القيمة التى تعمل عندها الجهاز.

وهناك نوع أخر من أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار ليس له زمن ثابت ولكن قيمة الزمن تتناسب عكسياً مع شدة التيار.

ب. الوقاية ضد التسرب الأرضي:

هذا الجهاز مركب بالمحطات على مغذيات 11 كيلو فولت من المحولات إذا كانت ملفاتها موصلة بنجمة star ومتصلة نقطة تعادلها بالأرضي أي مؤرضة،إذا كان الجهاز من النوع الذي يعمل بالتيار.أما إذا كانت ملفات المحول من جهة 11 كيلو فولت موصلة دلتا فيركب لها نوع أخر من أجهزة الوقاية ضد تسرب أرضي يعمل بالجهد.

ج. الوقاية ضد إرتفاع حرارة الملفات:

يعتمد هذا الجهاز في عمله على قياس درجة زيت المحول مع الأخذ في الإعتبار قيمة الأحمال التى يغذيها المحول،ويتم ذلك بواسطة إنتفاخ به غاز ذو معامل تمدد حراري مرتفع هذا الأنتفاخ مغمور في زيت المحول ويحيط به ملف يغذي من محولات تيار داخل المحول يمر بها تيار يتناسب مع حمل المحول يعمل على تخسين الأنتفاخ بقيمة تتناسب مع حرارة الزيت ومع حمل المحول.وجهاز الوقاية ضد إرتفاع حرارة الملفات يكون مركب على جسم المحول وبه مؤشر يقيس درجة حرارة الملفات وله أربع نقاط تلامس يمكن ضبط كل منها على قيم مختلفة، وفي العادة يتم تخفيض نقطة التلامس الأولى لتشغيل المرحلة الأولى من المراوح ويضبط على

حرارة من (55-60 درجة مئوية).ونقطة التلامس الثانية لتشغيل المرحلة الثانية من المراوح وتضبط على حرارة (65 درجة مئوية).ونقطة التلامس الثالثة لتعطي إنذار بإرتفاع حرارة الملفات تضبط على حرارة (85 درجة مئوية).ونقطة التلامس الرابعة لتعطي إشارة فصل المحول وتضبط على حرارة(100 درجة مئوية).

د. الوقاية ضد إرتفاع حرارة الزيت:

يعتمد هذا الجهاز في عمله على قياس درجة حرارة الزيت بواسطة إنتفاخ حراري به غاز ذو معامل تمدد حراري مرتفع ويوضع هذا الإنتفاخ في البقعة الساخنة للمحول (hot spot) ويقيس درجة حرارة الزيت ، والجهاز يركب على جسم المحول وله مجموعتين من نقاط التلامس الأولى تعطي إنذار بإرتفاع حرارة الزيت وتضبط على درجة حرارة(80 درجة مئوية)، والثانية تعطي إشارة فصل للمحول وتضبط على درجة حرارة 95 درجة مئوية.(المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، الحماية الكهربائية، مرجع سعودي، ص 99-97).

2-3 صيانة وفحص المحولات الكهربائية:

2-3-1 مقدمة:

برنامج صيانة المحولات عموماً يعتمد على قراءات دورية تؤخذ من المواقع بعضها يومي أو إسبوعي،مثل ملاحظة مستوى الزيت ودرجة الحرارة، وبعضها لها قراءات أكبر من ذلك مثل إختبار عينات الزيت وتحليلها وأن تكون هنالك رقابة على المحولات من قبل مهندسين الصيانة، وهنالك قراءات يمكن الحصول عليها ضمن برامج الصيانة وبعضها يمكن الحصول عليها من خلال ملاحظة المحول، كأن يلاحظ المراقب أن الصمامات موضوعة بطريقة غير صحيحة أو أن الراديتور لا يعمل أو يلاحظ صدور أصوات غير إعتيادية سواء من المضخات أو المراوح أو غيرها،وقد يلاحظ أيضا وجود بقع من الزيت أو شرو خ،وكل هذا يستلزم وجود فريق مدرب(محمود جيلاني، مرجع سابق، 2014، ص185).

2-3-2أهم الفحوصات الخارجية للمحولات الكهربائية:

1. فحص المدرعة :

يجب فحص المدرعة ظاهرياً أي الجسم الخارجي للمحول الكهربي للتأكد من خلوه من أي شقوق أو صدأ أو مظهر من مظاهر تسرب الزيت خصوصاً في أماكن وجود الحافات والصمامات واللحامات وهذا يشمل الفحص البصري للبطانات.

2. فحص غطاء المحول:

يشمل ملاحظة الغطاء نفسه والتأكد من خلوه من الإنبعاج أو أي ضرر ميكانيكي أخر وكذلك مناطق اللحام وا ِحتمالات رشح الربط إلى جانب فحص

أجزاء المحول الاخرى المثبتة على غطاء المحول مثل مخارج التيار للجهدين الإبتدائي والثانوي خاصة سلامةالعزل الخرش أو التصدع وربطه وا ٍحكامه كما يجب ربط أطراف المخارج والتأكد من نوعية العزل المستخدم للجهد الإبتدائي والثانوي وعورها وخلو الأطراف من آثار الإنصهار أو القطع أو الحرارة العالية غير العادية وكذلك وضع اللحام ونظافة العزل.

3. فحص درجة حرارة الملفات:

هذه لمجموعة تعتمد غالباً على مبدأ التقريب الرياضي للوصول لدرجة حرارة الملفات حيث يصعب عملياً قياس درجة حرارتها مباشرة لصعوبة وضع الحساسات داخل الملفات لكنه يمكن التحايل على ذلك بوضع الحساسات في أماكن قريبة ثم عمل تقريب رياضي للوصول لمعرفة أعلى قيمة حقيقية لدرجة الحرارة بالملفات والتى تسمى بالنقطة الساخنة.

4. فحص مؤشر مستوى الزيت:

له أهمية كبرى وذلك لاهمية الزيت في موضوع العزل والتبريد وهذا المؤشر يعرف بمستوى السائل ويكون غالباً دائرى الشكل وثيبت في جانب المدرعة ومزود داخلياً بعوامة تحرك مؤشر كلما تغير وضع الزيت ويرتبط لهذا الموضوع أيضا فحص مستوى الزيت في المتنفس.

5. فحص المراوح:

عند فحص المروحة فإن أهم شيءيجب التأكد منه هو إتجاه دوران المروحة حيث يجب أن يكون إتجاه دوران المروحة للهواء إلى الخارج وليس إلى داخل، كما يجب

متابعة صوت المروحة،إن وجود أي تغير في صوت المروحة يدل على وجود مشكلة ما.

6. فحص تسرب الزيت:

قد يحدث نتيجة شرخ أو لحام سيئة أو من خلال الحافات (flanges) ومنها قد تتسرب الرطوبة للداخل فتصبح المشكلة مزدوجة وا ٍنخفاض مستوى الزيت وتسرب الرطوبة، يجب أن تعالج سريعاً وتستخدم مادة الابوكسى(epoxy) أو غيرها من المواد اللاصقة، في عملية المعالجٍ.(محمود جيلاني، 2014، ص190).

2-3-3المشاكل الكهربائية في المحولات:

1. أعطال الملفات:

وهي ثلاثة أنواع:

أولاً :القصر داخل الملف:

أ. **كيفية الاستدلال عليه**: ذلك بحدوث إرتفاع غير عادي في حرارة الزيت أو إرتفاع غير عادي في شدة اللتيار الإبتدئي.

ب. **أسبابه**: من أهم الأسباب التى تؤدي لحدوث القصر الصواعق أو تدهور قوة العزل الكهربي للملف أو تلف العازل لسبب ميكانيكي أو بسبب التقادم أو بسبب إنخفاض مستوى الزيت في هذا الموضع أو ربما بسبب تحميل زايد.

ج. **الحل**: قياس الملفات في كل وجه بإستخدام جهد مباشر منخفض حيث يظهر الدخان في منطقة القصر ثم يبدأ الاصلاح ويجب التأكد من مستوى الزيت وسلامة منظومة التبريد.

ثانياً :القطع داخل الملف:

أ. **كيفية الاستدلال عليه**: يستدل عليه بسبب تولد شرارة عند نقطة القطع وتحلل الزيت.

ب. **أسبابه**: ضعف اللحام أو إحتراق الموصل بسبب قصر الإنفصال في المحطات الفرعية بسبب قوى كهرومغناطيسية ناتجة عن قصر قوى.

ج. **الحل**: الفحص بواسطة أميتر لقياس تيار كل وجه وقياس مقاومة ملفات وفي حالة القطع الكامل ستجد أن المقاومة متساوية في الوجهين السليمين أما في حالة الوجه المقطوع فستحصل على ضعف المقاومة.

ثالثاً :القصر بين الوجهين:

أ. كيفية الاستدلال عليه: يستدل عليه بسبب أشتعال أجهزة الحماية الغازية وتطاير الزيت من ماسورة الحماية.

ب. أسبابه: تلف العوازل الرئيسية بسبب التقادم ـرطوبة في الزيت ـ إنخفاض مستوى الزيت ـ إرتفاع كبير في الجهد الكهربي بسبب صاعقة على سبيل المثال.

ج. الحل: فحص الملفات بواسطة الميجر.

2. أعطال القلب الحديدي:

أولاً .أعطال القلب المغناطيسى متعددة:

1. **ضعف العزل بين صفائح الشرائح**:

أ. **كيفية الاستلال عليه**يستدل عليه من تدهور حالة الزيت وا ٍرتفاع حموضت الزيت وا ٍنخفاض عازليته وكذلك يستدل عليه من إرتفاع نسبة الفقد في حالة اللاحمل.

ب. **أسبابه**: التقادم سواء كلي أو موضعي.

ج. **الحل**: إخراج القلب وتجديد العزل ثم عمل فحوصات.

2. **إحتراق صفائح الشرائح**:

أ. **كيفية الاستدلال عليه**:يستدل عليه من وجود الغازات في البوخلز وا ٍستنشاق رائحة إحتراق الزيت وتغير لونه إلى الاسود.

ب. **أسبابه**: حدوث قصر بين نقطتيين معدنيتين داخل المحول بسبب إنهيار العزل بينهما، أو بسبب تلف عوازل الربط للشرائح.

ج. **الحل**: إخراج القلب وتجديد العزل وعمل فحوصات.

ثانياً :صوت غير طبيعي:

أ. **كيفية الاستدلال عليه**: أي شخص متابع لحالة المحول يومياً يمكنه أن يعرف الصوت الطبيعي من الغير طبيعي.

ب. **أسبابه**: ضعف عملية ربط الشرائح ـ ضعف الربط لمجموع القلب ـ إرتفاع غير طبيعي في جهد الإبتدائي.

ج. **الحل**: التأكد من جهد الإبتدائي أو إخراج القلب واحكام ربطه.

ثالثاً : صوت مسموع للأقواس الكهربية الصغيرة:

أ. كيف يستدل عليه: يستدل عليه من تصاعد صوت الشرر الكهربي من داخل المحول عند إرتفاع الجهد.

ب. أسبابه: قطع سلك أرضي ـ أجزاء معدنية داخل المحول غير مؤرضة.

ج. الحل: يجب التأكد من أن كل الأجزاء المعدنية داخل المحول مؤرضة.(محمود جيلاني،مرجع سابق, 2014، ص196).

2-3-4 الصيانة الدورية للمحولات الكهربائية:

هناك نوعان من الصيانة الدورية للمحولات الكهربائية:

النوع الأول: لا يحتاج إلى إخراج المحول من خزانه الرئيسية وفترة الصيانة مرة واحدة في السنة تقريباً .

تتلخص أعمال الصيانة التي تجري مرة واحدة في السنة على ملاحمة الأجزاء الخارجية التالية للمحول وهي:

1. خلو عوازل مخارج التيار من آثار الكسر أوالتشقق أو التصدع وا ٍزالة الأتربة والأوساخ المتراكمة وا ٍستبدال الغير صالحة منها.
2. تنظيف وضبط ملامسات مصهرات الضغط العالي وا ٍستبدال التالف منها.
3. إنعدام رشح الزيت من مناطق اللحام والتأكد من الإمكام الجيد لها .
4. ملاحظة عدم إرتفاع درجة حرارة الزيت على المعدلات المسموح لها.
5. التأكد من سلامة عمل مراوح التهوية ونظافة أنابيب التبريد المشعاع.
6. يجب أن تكون التهوية جيدة في المحولات العاملة داخل غرف مسقوفة.
7. يجب تسجيل الحمل بواسطة أجهزة القياس التابعة للمحول.
8. التأكد من سلامة عمل أجهزة الحماية وا ٍشارات التحذير وكذا الإنارة الخارجية.
9. يجب التأكد من مطابقة مكونات المحول وأدائه للمواصفات والخصائص المذكورة في الكتيب للشركة المصنعة.

نظام التمجير في المحول:

كما قال (محمد أبكر) نظام التمجير هو عملية قياس العازلية في المحول بجهاز الميجر أنظر إلى الملحق رقم (3).

النوع الثاني:الصيانة التى تجرى مرة واحدة كل 10 سنوات تشمل الأعمال التالية:

1. إخراج جسم المحول "القلب الحديدي" من خزانه لرائيسي وا ٍجراء الفحوصات الكهربية على ملفات المحول للتأكدمن مقدار المقاومة وقوة العزل لعدم تواجد حالات قطع كاملة أو ناقصة.
2. إعادة ربط التأريض بإحكام والتأكد من الإستمرارية وتنظيف الدعامة الأمامية للمحول وربطها بإحكام.
3. تجفيف الملفات وا ٍستبدال عوازلها التالفة وتنظيفها من رواسب الزيت وا ٍعادة تركيبها.
4. فك مفتاح تحويل الضغط وتنظيف ملامساته.
5. تنظيف نهايات الملفات وا ٍستبدال عوازلها التالفة والتأكد من متانة لحاماتها.
6. تنظيف الخزان الرئيسي من رواسب الزيت وا ٍعادة صب جدرانه الخارجية والداخلية بورق التنظيف الخاص والتأكد من عدم وجود لحامات ردينة والتأكد من عمل عجلات الخزان وا ٍستبدال العزل المطاطي.
7. تنظيف الغطاء العلوى والخزان المساعد من الزيت والشوائب والتأكد من سلامة مبين درجة الحرارة و مستوى الزيت.
8. فحص أجهزة الوقاية وملاحظة مدى إنتظام عملها وا ٍستبدال الأجزاء التالفة(محمود جيلاني، مرجع سابق، ص195-196).

كما قال (فيصل محمد أحمد) عند الصيانة يتم أولاً إختبار المحول بجهاز الريشيو (Ratio) قبل فك المحول، وهو جهاز يحدد نسبة العطل ما بين الملفات الإبتدائية والملفات الثانوية أنظر إلى الملحق رقم (4).

الفصل الثالث

إجراءات البحث

3-1مقدمة:

تناول الباحوث في هذا الجزء الخطوات الإجرائية الخاصة بالدراسة الميدانية وتطبيقها وذلك من حيث:

1. طبيعة منهج البحث المستخدم وملاءمته لموضوع الدراسة.
2. تحديد مجتمع الدراسة وكيفية إختيار العينة.
3. كيفية جمع المعلومات الميدانية.
4. الأدوات المستخدمة.
5. الأساليب الإحصائية المستخدمة لإستخلاص النتائج.

3-2 منهج البحث:

نظراً لطبيعة البحث فإن الدراسة إعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي لأنه يتناسب مع طبيعة هذه الدراسة، والذي يهدف إلى وصف الظاهرة وتحليلها إعتماداً على جمع الحقائق والبيابات وتصنيفها ومعالجتها للوصول إلى نتائج عن الظاهرة أي موضوع البحث وهو المحولات الكهربائية حمياتها وطرق صيانتها.

3-3 مجتمع البحث:

يتكون مجتمع الدراسة من المهندسين والتقنييونوالفنيين المتخصصين في مجال الهندسة الكهربائية بولاية الخرطوم.

3-4عينة البحث:

قام الباحثونباختيار عينة عشوائية من مجتمع الدراسة، حيث بلغ عددهم (40) مفحوصاً. وتمت الاستجابة بصورة ممتازة، أي عدد (40) إستبانة أي بنسبة

(100%) من المستهدفين، حيث تم اعادة الاستبانات بعد ملئها بكل المعلومات المطلوبة وقد تم تفريغها.

3-5 أدوات البحث:

أداة البحث هي الوسيلة التي يستخدمها الباحث في جمع المعلومات اللازمة عن ظاهرة موضوع الدراسة. وتوجد العديد من الادوات المستخدم في مجال البحث العلمي للحصول على المعلومات والبيانات اللازمة للدراسة، وقد اعتمد الباحثون على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع المعلومات من عينة الدراسة

وصف الاستبيان

اشتملت الاستبانة على خطاب تقديم للمبحوثين يوضح الغرض من إجراء الدراسةوهدفها، ويحث المهندسين والتقنيين والفنيين المتخصصين في مجال الهندسة الكهربائية بولاية الخرطومعلى التعاون والاستجابة. واحتوت على ثلاث أقسام رئيسية هي:الإرشادات العامة و البيانات الشخصية ومحاور الاستبيان. والبيانات الشخصية تتمثل في: النوع، المؤهل العلمي، الدرجة الوظيفية وسنوات الخبرة. كما اشتملت على خمسة محاور ويحتوى كل محور على عدد محدد من العبارات، وجملة العبارات فى هذه الاستبانة (44) عبارة.(انظر الملحق رقم (1)).

3-6الصدق والثبات:

1. صدق المحكمين:

قام الباحثون بعرض الاستبيان على المشرف أولاً و عدد من المحكمين الأكاديميين والمتخصصين، لتحليل مضامين عبارات الاستبانة ولتحديد مدى التوافق بين عبارات كل الاستبيان ثم قبول وتعديل بعض العبارات، وبعد استعادة الاستبيان من المحكمين

ثم إجراء التعديلات التي اقترحت عليها، وبذلك تمَّ تصميم الاستبانة في صورتها النهائية (انظر ملحق رقم 2).

2. الثبات:

يقصد بالثبات (استقرار المقياس وعدم تناقضه مع نفسه، أي أن المقياس يعطي نفس النتائج باحتمال مساو لقيمة المعامل إذا أُعيد تطبيقه على نفس العينة). ويستخدم لقياس الثبات " معامل الفا كرونباخ" (Cronbach,s Alpha) وفق المعادلة:

حيث:

$\propto$ **:** معامل ألفا كرونباخ

$\sum_{i=1}^{n} s_i^2$ **:** مجموع تباينات العناصر.

والذي يأخذ قيماً تتراوح بين الصفر والواحد صحيح، فإذا لم يكن هناك ثبات في البيانات فإن قيمة المعامل تكون مساويةً للصفر، وعلى العكس إذا كان هناك ثبات تام في البيانات فإن قيمة المعامل تساوي الواحد صحيح. أي أن زيادة معامل الفا كرونباخ تعني زيادة مصداقية البيانات من عكس نتائج العينة على مجتمع الدراسة.

وقد تم التأكد من ثبات المقياس بإجراء الاختبار على عبارات كل فرضية من فرضيات الدراسة على حده وحساب معامل الثبات، كما يبين الجدول التالى:

جدول رقم(3-1) معاملات الثبات لعبارات المقياس بطريقة ألفا كرونباخ

الفرضيات	عدد العبارات	معامل الثبات
معامل ثبات عبارات المحور الأول	7	0.97
معامل ثبات عبارات المحور الثاني	10	0.97
معامل ثبات عبارات المحور الثالث	11	0.958
معامل ثبات عبارات المحور الرابع	8	0.98
معامل ثبات عبارات المحور الخامس	12	0.996
معامل ثبات اجمالى العبارات	**44**	**0.994**

من الجدول (3-1) نتائج اختبار الثبات أن قيم الفأ كرنباخ لجميع فرضيات الدراسةاكبر من (60%) وتعنى هذة القيم توافر درجة عالية جدا" من الثبات الداخلى لجميع عبارات الاستبانة سواء كان ذلك لكل عبارة على حدا او على مستوى جميع الفرضيات حيث بلغت قيمة الفأ كرونباخ للمقياس الكلى (0.994) وهو ثبات مرتفع ومن ثم يمكن القول بان المقاييس التى اعتمدت عليها الدراسة تتمتع بالثبات الداخلى لعباراتها مما يمكننا من الاعتماد على هذه الاجابات فى تحقيق اهداف الدراسة وتحليل نتائجها.

3-7 الأساليب الإحصائية:

للتأكيد من تحقيق اهداف وأسئلة الدراسة تم استخدام الأساليب الاحصائية التالية:

1. النسبة المئوية.
2. المتوسطات الحسابية.
3. الإنحرف المعياري.
4. وا ٍختبار مربع كا.

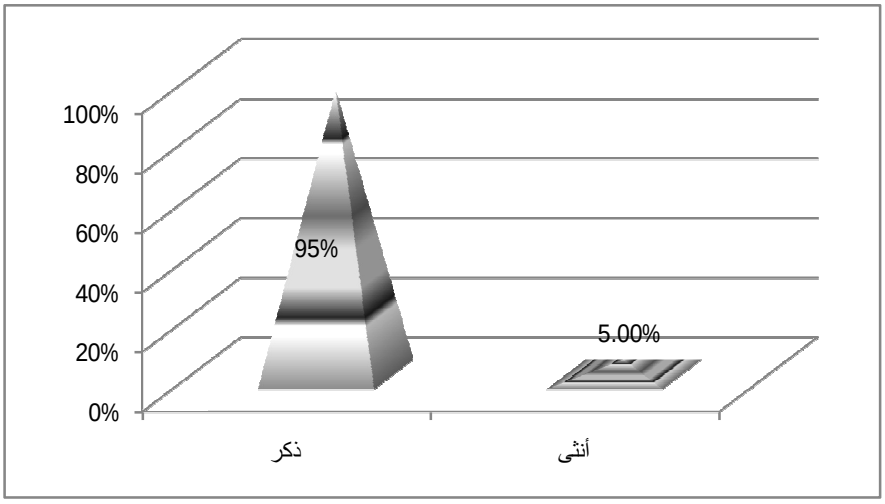
وتم التطبيق على برنامج التحليل الإحصائي(SPSS) لإستنباط التوزيع التكراري والأشكال البيانية.

3-8متغيرات عينة الإستبانة:

جدول رقم (3-2)توزيع النسب والتكرار حسب متغير النوع

النوع	التكرار	النسبة %
ذكر	38	%95
أنثى	2	%5
المجموع	**40**	**%100**

شكل رقم (3-1)توزيع النسب والتكرار حسب متغير النوع

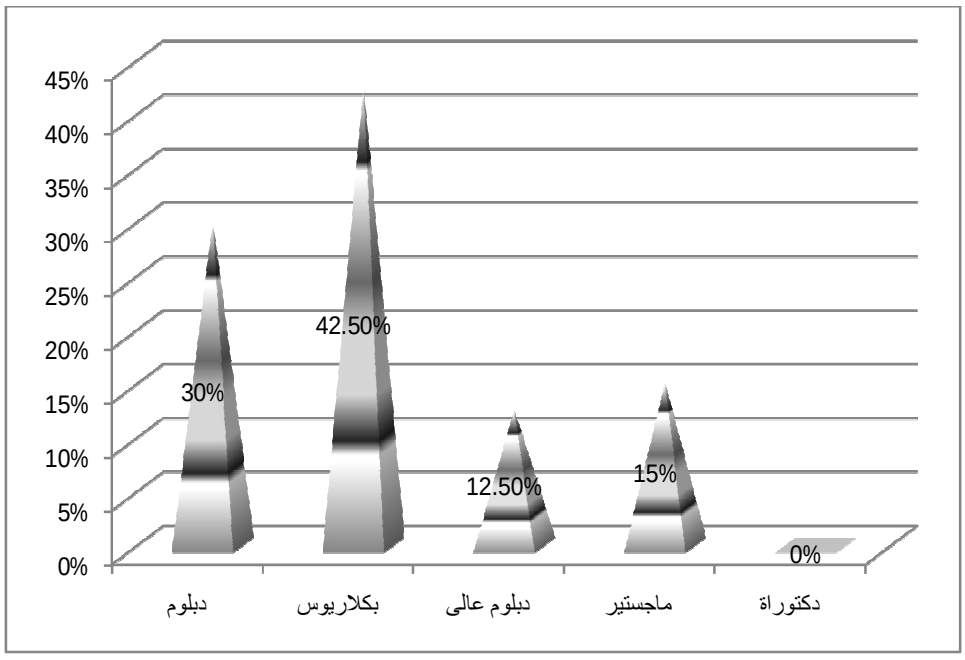


يُلاحظ من الجدول(3-2) والشكل(3-1) أعلاه أن من الذكور 95% من افراد العينة، بينما 5% إناث.

جدول (3-3): توزيع النسب والتكرار حسب متغير المؤهل العلمى

المؤهل العلمى	التكرار	النسبة %
دبلوم	12	%30.0
بكلاريوس	17	%42.5
دبلوم عالى	5	%12.5
ماجستير	6	%15.0
دكتوراة	0	%00.0
المجموع	**40**	**%100**

الشكل (3-2): توزيع النسب والتكرار حسب متغير المؤهل العلمى

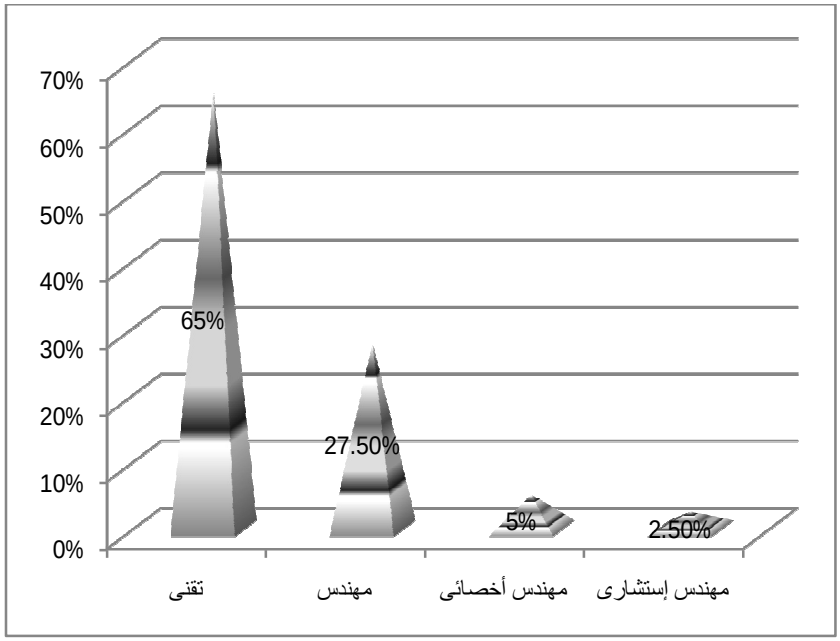


يلاحظ من الجدول(3-3) والشكل(3-2)أعلاه أن من حملة الدبلوم يمثلون 30% من افراد العينة، بينما 42.5% هم حملة البكالريوس، وتوجد نسبة 12.5% لدبلوم العالي، و15% لحملة الماجستير. ولا توجد نسبة لحملة الدكتوراة.

جدول(3-4): توزيع النسب والتكرار حسب متغيرالدرجة الوظيفية

الدرجة الوظيفية	التكرار	النسبة %
تقنى	26	%65
مهندس	11	%27.5
مهندس أخصائى	2	%5
مهندس إستشارى	1	%2.5
المجموع	**40**	**%100**

الشكل: (3-3): توزيع النسب والتكرار حسب متغيرالدرجة الوظيفية

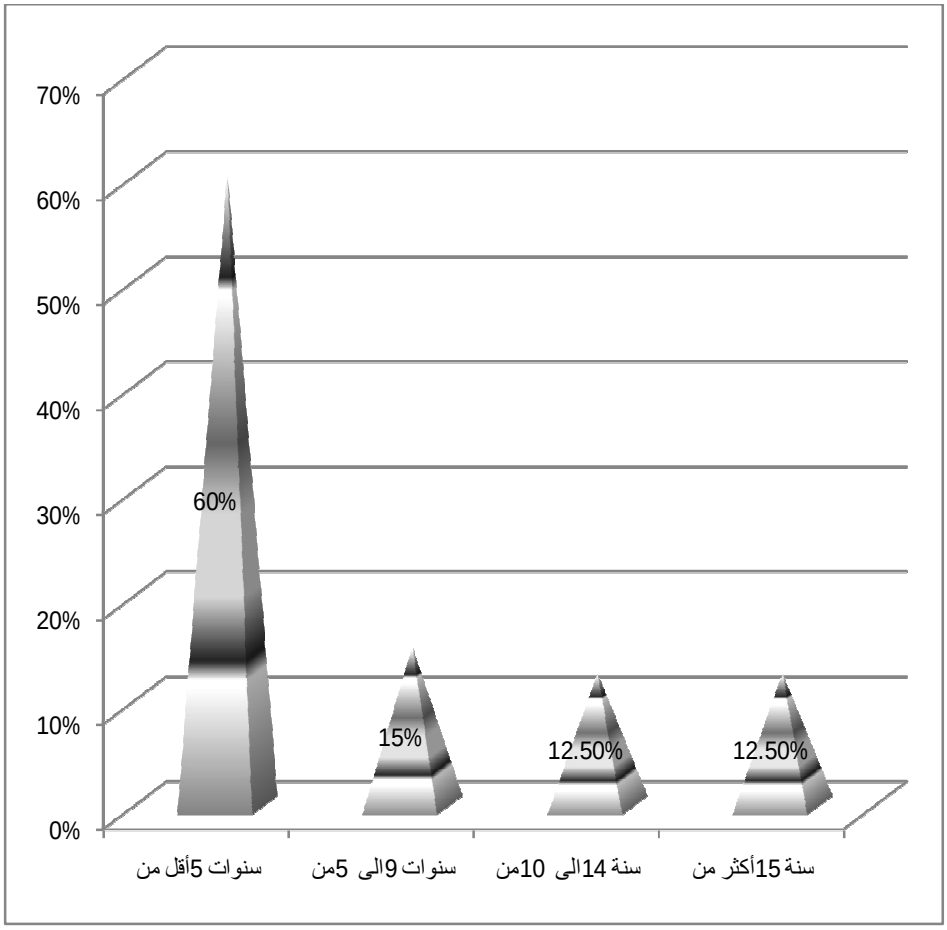


يلاحظ من الجدول(3-4) والشكل(3-3)أعلاه أن 65% في وظيفة تقني،27.5 في وظيفة مهندس، 5% في وظيفة مهندس أخصائي، 2.5% مهندس استشاري.

جدول(3-5): توزيع النسب والتكرار حسب سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	التكرار	النسبة المئوية
أقل من 5 سنوات	24	%60
من 5 الى 9 سنوات	6	%15
من 10 الى 14 سنة	5	%12.5
أكثر من 15 سنة	5	%12.5
المجموع	**40**	**%100**

الشكل(3-4): توزيع النسب والتكرار حسب سنوات الخبرة



يلاحظ من الجدول(3-5) والشكل(3-4) أعلاه أن الذين خبرتهم أقل من 5 سنوات يمثلون 60% من افراد العينة، بينما الذين خبرتهم من 5 الى 9 سنوات يمثلون 15% ،والذين خبرتهم من من 10 الى 14 سنة يمثلون 12.5%، والذين خبرتهم أكثر من 15 سنة يمثلون 12.5%.

الفصل الرابع

تحليل ومناقشة النتائج وتفسيرها

4-1 مقدمة:

في هذا الفصل تعرض الباحثون إلى الدراسة الميدانية متناولون بالتحليل ومناقشة نتائج هذه الدراسة والتى إستخدم فيها الإستبانة كأداة لجمع المعلومات.والخطوات التى إتبعها الباحثون في هذا الفصل هي:

اولاً : قام الباحثون بتفريغ البيانات والمعلومات التى حصل عليها من أفراد العينة في جداول خاصة لذلك.

ثانياً : تناول الباحثون كل محور على حده.

ثالثاً : إستخدم الباحثون الأساليب الإحصائية اللازمة للحصول إلى الإستنتاجات من خلال التحليل الإحصائي للمحاور.

4-2 تحليل النتائج وتفسيرها:

تحليل ومناقشة إستجابات عينة البحث حول الوظيفة الأساسية للمحولات الكهربائية.

جدول (4-1) التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث علي عبارات المحور الأول **(ماهى الوظيفة الأساسية للمحولات الكهربائية)؟**

رقم	العبارة	المتغيرات:						الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
		أوافق		أوافق إلى حدما		لا أوافق			
		ك	%	ك	%	ك	%		
1	تقليل الفقد فى القدرة الكهربائية.	23	57.5	5	12.5	12	30.0	1.72	0.90
2	الربط بين محطات التوليد ومحطات التحويل.	32	80.0	5	12.5	3	7.5	1.72	0.59
3	الربط بين محطات التحويل ومحطات التوزيع.	31	77.5	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
4	خفض الجهود لتسهيل عملية القياس.	28	70.0	7	17.5	5	12.5	1.42	0.71
5	تساعد المحمولات الكهربائية فى رفع التيار وخفض الجهد الكهربى.	31	77.5	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
6	تحافظ على تشغيل الشبكة الكهربائية.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
7	تعمل على توزيع القدرة الكهربية للمستهلكين.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
المجموع								10.04	

في الجدول رقم(4-1): في العبارة رقم(1) والتى تنص على أن (تقليل الفقد في القدرة الكهربائية) وجد أن نسبة(57.2%) يوافقون ونسبة(12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة(30%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (2) والتى تنص على أن(الربط بين محطات التوليد ومحطات التحويل.) وجد أن نسبة(80.0%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما

ونسبة(7.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (3) والتى تنص على أن (الربط بين محطات التحويل ومحطات التوزيع) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة(12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة(10%) لا يوافقون،بمتوسط حسابي (1.3) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

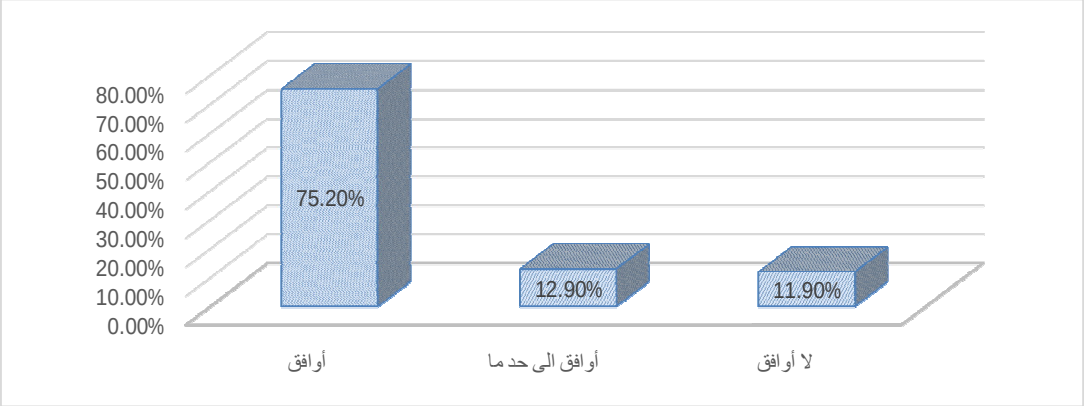
في العبارة رقم (4) والتى تنص على أن (خفض الجهود لتسهيل عملية القياس.) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، بمتوسط حسابي (1.4) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (5) والتى تنص على أن (تساعد المحولات الكهربائية في رفع التيار وخفض الجهد الكهربي.) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، بمتوسط حسابي (1.32) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (6) والتى تنص على أن (تحافظ على تشغيل الشبكة الكهربائية.) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، بمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (7) والتى تنص أن على (تعمل المحولات الكهربائية على توزيع القدرة الكهربائية للمستلكهين.) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، بمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

انظر إلى الشكل (4-1):التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث على جميع عبارات المحور الأول



يتضح من الجدول (4-1) أن عدد إجابات الموافقين من أفراد عينة البحث بلغ عددهم (211) بنسبة (75.2 %)، والموافقون الى حد ما (36) بنسبة (12.9%) غير الموافقون عدد (33) بنسبة (11.9%).

ولتأكيد ذلك إستخدام الباحثون مربع كاى لدلالة الفروق بين الإجابات على كل عبارات المحور الأول. الجدول(4-2) يمثل اختبار مربع كاي:

جدول (4-2):اختبار مربع كاي لجميع عبارات المحور الأول

	قيمة كاي	درجة الحرية	القيمة الاحتمالية	تفسير النتيجة
عبارات المحورالأول	60.1	10	000.0	معنوية

من الجدول (4-2):يلاحظ أن قيمة مربع كاي لجميع عبارات المحور الاول بلغت (60.1)، وبقيمة احتمالية قدرها (0.000) وهي أقل من مستوى المعنوية 0.05 وعند مستوى دلالة (5%) مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين عبارات المحور، وهذا ما يوكد أن وظيفة المحول هى جميع ماورد في عبارات المحور الأول.

إستنتاجات المحور الأول:

من خلال العرض تم إستنتاج الآتي:

1. تعمل المحولات الكهربائية على المحافظة على تغذية الشبكة الكهربائية.
2. من وظيفة المحول أنه يقلل الفقد في القدرة الكهربائية.
3. تعمل المحولات الكهربائية على الربط بين محطات التوليد ومحطات التوزيع.

4-3تحليل ومناقشة إستجابات عينة البحث حول إستخدامات المحولات الكهربائية:

جدول (4-3) التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث علي عبارات المحور الثاني **(ماهى استخدامات المحولات الكهربائية)؟**

رقم العبارة	العبارة	المتغيرات:						الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
		أوافق		أوافق إلـحد ما		لا أوافق			
		ك	%	ك	%	ك	%		
1	يستخدم محول التيار فى رفع التيار	23	57.5	5	12.5	12	30.0	1.72	0.84
2	المحول الذاتى يستخدم للتحكم فى الفولتية.	27	67.5	9	22.8	4	10.5	1.42	0.67
3	يستخدم المحول المثالى في توزيع الطاقة الكهربية	19	47.5	8	20.0	13	31.7	1.85	0.89
4	يستخدم محول العزل فى ورش الصيانة لعزل الأجهزة والمعدات الكهربية من الشبكة الكهربية.	17	42.5	15	37.5	8	20.0	1.30	0.64
5	تستخدم محولات التيار فى عمليات القياس.	32	80.0	4	10.0	4	10.0	1.27	0.64
6	تستخدم محولات الجهد فى عمليات القياس.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
7	تستخدم محولات القدرة فى شبكات نقل الطاقة الكهربائية.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.17	0.54
8	تستخدم محولات القدرة فى توليد الطاقة الكهربائية	33	82.5	4	10.0	3	7.5	1.17	0.54
9	يستخدم محول الجهد فى خفض الجهد الكهربى	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.30	0.64
10	تستخدم محولات التوزيع فى شبكات التوزيع الكهربائية	36	90.0	2	5.0	2	5.0	1.27	0.64
المجموع								13.74	

في الجدول (4-3): في العبارة رقم (1) والتى تنص على أن (يستخدم محول التيار في رفع التيار) وجد أن نسبة (57.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (30%) لا يوافقون، بمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (2) والتى تنص على أن (المحول الذاتي يستخدم للتحكم في الفولتية.) وجد أن نسبة (67.5%) يوافقون ونسبة (22.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون،وبمتوسط حسابي (1.42) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم(3) والتى تنص أن على (يستخدم المحول المثالي في توزيع الطاقة الكهربائية.) وجد أن نسبة (47.5%) يوافقون ونسبة (20.8%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (31.7%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.85) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (4) والتى تنص على أن (يستخدم محول العزل في ورش الصيانة لعزل الأجهزة والمعدات الكهربية من الشبكة الكهربية.) وجد أن نسبة (42.5%) يوافقون ونسبة (37.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (20%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.30) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (5) والتى تنص على أن (تستخدم محولات التيار في عمليات القياس.) وجد أن نسبة (80%) يوافقون ونسبة (10%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (6) والتى تنص على أن (تستخدم محولات الجهد في عمليات القياس.) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما

ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

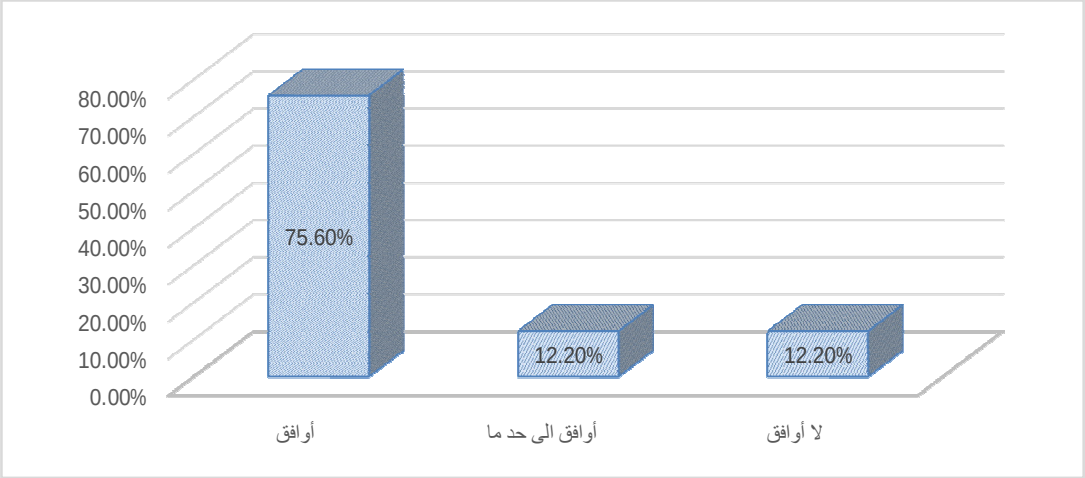
في العبارة ر قم (7) والتى تنص على أن (تستخدم محولات القدرة في شبكات نقل الطاقة الكهربائية) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.17) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (8) والتى تنص على أن (تستخدم محولات القدرة في توليد الطاقة الكهربائية) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (10%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (7.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.17) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (9) والتى تنص أن (يستخدم محول الجهد في خفض الجهد الكهربي) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.30) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (10) والتى تنص على أن (تستخدم محولات التوزيع في شبكات التوزيع الكهربائية) وجد أن نسبة (90%) يوافقون ونسبة (5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

الشكل (4-2) يوضح التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث على جميع عبارات المحور الثاني



يتضح من الجدول (4-3) أن عدد إجابات الموافقين من أفراد عينة البحث بلغ عددهم (286) بنسبة (75.2 %)، والموافقون الى حد ما (46) بنسبة (12.2%)وغير الموافقين عددهم (46) و بنسبة (12.2%) .

ولتأكيد من ذلك إستخدام الباحثون مربع كاى لدلالة الفروق بين الإجابات على كل عبارة من عباراتالمحور الثاني. الجدول (4-4) يمثل اختبار مربع كاي:

جدول(4-4)اختبار مربع كاي لجميع عبارات المحور الثاني

	قيمة كاي	درجة الحرية	القيمة الاحتمالية	تفسير النتيجة
عبارات المحورالثاني	66.7	10	0.000	معنوية

من الجدول (4-4)يلاحظ أن قيمة مربع كاي لجميع عبارات المحور الثاني بلغت (66.7)، وبقيمة احتمالية قدرها (0.000) وهي أقل من مستوى المعنوية 0.05 وعند مستوى دلالة (5%) مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين عبارات المحور، وهذا ما يؤكد أن استخدامات المحول هى جميع ماورد في عبارات المحور الثاني.

إستنتاجات المحور الثاني:

من خلال العرض تم إستنتاج الاتي:

1. من استخدامات المحولات يستخدم محول الجهد والتيار في عمليات القياس.
2. يستخدم محول القدرة في محطات توليد الطاقة الكهربائية.
3. تستخدم محولات التوزيع في شبكات التوزيع الكهربائية.

(4-4) تحليل ومناقشة إستجابات عينة البحث حول كيف تتم حماية المحولات الكهربائية:

جدول (4-5):التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث علي عبارات المحور الثالث(**كيف تتم حماية المحولات الكهربائية**)؟

رقم العبارة	العبارة	المتغيرات:						الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
		أوافق		أوافق إلىحد ما		لا اوافق			
		ك	%	ك	%	ك	%		
1	يعتبر القاطع الحرارى هو أفضل انواع الحمايات المستخدمة فى.	18	45.0	12	30.0	10	.25	1.80	0.82
2	تعتبر الفيوزات من انواع الحمايات المستخدمة فى المحولات.	22	55.0	12	30.0	6	15.0	1.60	0.74
3	تحمى معظم المحولات الكهربائية المراحل التفاضلية.	26	77.5	7	17.5	7	17.5	1.42	0.71
4	تستخدم الحماية التقليدية لحماية الملفات الداخلية.	28	70.0	7	17.5	5	12.5	1.42	0.71
5	يعتبر جهاز البوخلز هو أفضل انواع الحمايات المستخدمة فى المحولات الكهربائية.	21	52.5	14	35.0	5	12.5	1.45	0.75
6	تبريد المحولات بواسطة الهواء المضغوط نوع من أنواع الحماية.	34	85.5	4	10.0	2	5.0	1.35	0.74
7	تعتبر العوازل نوع من أنواع الحماية المستخدمة فى المحولات الكهربائية.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
8	تعتبر الكابلات بمساحة مقطعها التى تناسب مرور التيار من خلالها نوع من أنواع الحماية المستخدمة فى المحولات الكهربائية	28	70.0	7	17.5	5	12.5	1.80	0.96
9	يعتبر التأريض نوع من أنواع الحماية المستخدمة فى المحولات الكهربائية	28	70.0	6	15.0	6	15.0	1.40	0.71
10	تستخدم ممانعة الصواعق من الخارج لحماية المحول الكهربى	32	80.0	2	5.0	6	15.0	1.27	0.64
11	تعتبر الحساسات نوع من أنواع الأجهزة المستخدمة فى حماية المحولات	28	70.0	7	17.5	5	12.5	1.60	0.74
المجموع								**16.38**	

في الجدول(4-5): في العبارة رقم (1) والتى تنص على أن (يعتبر القاطع الحراري هو أفضل نوع من أنواع الحمايات المستخدمة في المحولات) وجد أن نسبة (45%) يوافقون ونسبة (30%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (25%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.80) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (2) والتى تنص على ان (تعتبر الفيوزات من أنواع الحمايات المستخدمة في المحولات) وجد أن نسبة (55%) يوافقون ونسبة (30%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (15%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.60)فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (3) والتى تنص على أن (تحمي معظم المحولات الكهربائية بالمراحل التفاضلية) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (17.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.42) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (4) والتى تنص على أن (تستخدم الحماية التقليدية لحماية الملفات الداخلية) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.42) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (5) والتى تنص على أن (يعتبر البوخلز هو افضل انواع الحمايات المستخدمة في المحولات) وجد أن نسبة (52.5%) يوافقون ونسبة (35%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.45) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (6) والتى تنص على أن (تبريد المحولات بواسطة الهواء المضغوط من أنواع الحماية) وجد أن نسبة (85.5%) يوافقون ونسبة (10%) يوافقون إلى حد

ما ونسبة (5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.35) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (7) والتى تنص على أن (تعتبر العوازل نوع من أنواع الحماية المستخدمة في المحولات الكهربائية) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

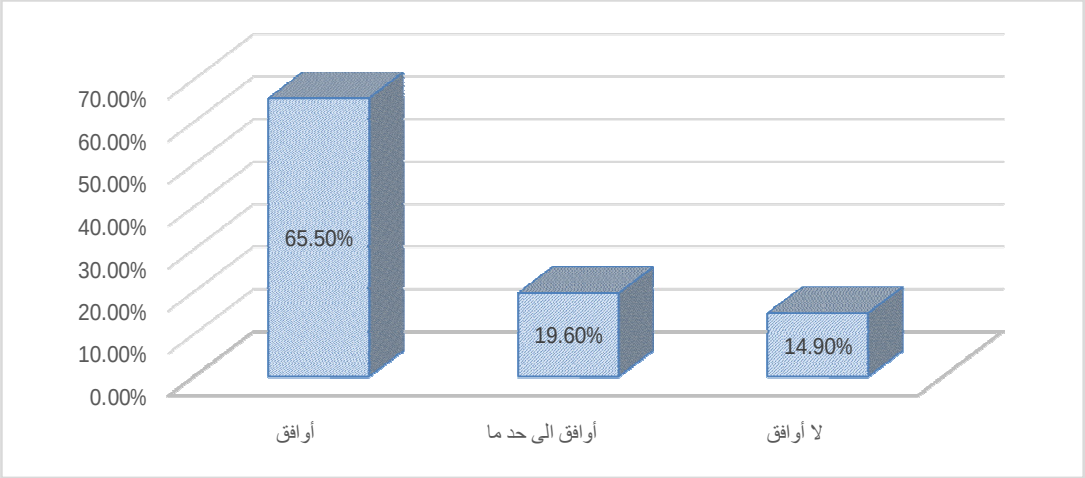
في العبارة رقم (8) والتى تنص على أن (تعتبر الكابلات بمساحة مقطعها التى تناسب مرور التيار من خلالها نوع من أنواع الحماية المستخدمة في المحولات الكهربائية) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.80) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (9) والتى تنص على أن (يعتبر التأريض نوع من أنواع الحمايات المستخدمة في المحولات الكهربائية) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (15%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (15%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.40) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (10) والتى تنص على أن نسبة (80%) يوافقون ونسبة (5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (15%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (11) والتى تنص على أن (تعتبر الحساسات نوع من أنواع الأجهزة المستخدمة في حماية المحولات) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.60) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

الشكل (4-3)يوضحالتوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث على جميع عبارات المحورالثالث



يتضح من الجدول (4-5) أن عدد إجابات الموافقين من أفراد عينة البحث بلغ عددهم (245) بنسبة (65.5 %)، والموافقون الى حد ما (74) بنسبة (19.6%) غير الموافقون عدد (56) بنسبة (14.9%).

ولتأكيد ذلك إستخدام الباحثون مربع كاى لدلالة الفروق بين الإجابات على كل عبارة من عباراتالمحور الثالث. الجدول (4-6) يمثل اختبار مربع كاي:

جدول (4-6)اختبار مربع كاي لجميع عبارات المحور الثالث

	قيمة كاي	درجة الحرية	القيمة الاحتمالية	تفسير النتيجة
عبارات المحورالثالث	67.9	10	0.0023	معنوية

من الجدول **(4-6)**يلاحظ أن قيمة مربع كاي لجميع عبارات المحور الثالث بلغت (67.9)، وبقيمة احتمالية قدرها (0.0023) وهي أقل من مستوى المعنوية 0.05 وعند مستوى دلالة (5%) مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين عبارات المحور، وهذا ما يوكد كيفية حماية المحول هى جميع ماورد في عبارات المحور الثالث.

إستنتاجات المحور الثالث:

من خلال العرض تم إستنتاج الآتي:

1. تستخدم الحساسات في حماية المحولات الكهربائية.
2. من أنواع الحماية المستخمة للمحولات الكهربائية التبريد بواسطة الهواء المضغوط والهواء الطبيعي والتبريد بواسطة الزيت.
3. من أنواع الحمايات المستخدمة في المحولات الكهربائية إستخدام التأريض لحماية المحول من الخارج.

4-5تحليل ومناقشة النتائج عينة البحث حول المشاكل التى تقلل من كفاءة المحولات الكهربائية:

جدول (4-7):التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث علي عبارات المحور الرابع(**ما هي المشاكل التي تقلل من كفاءة المحولات الكهربائية**)؟

رقم العبارة	العبارة	المتغيرات:						الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
		أوافق		أوافق إلى حد ما		لا أوافق			
		ك	%	ك	%	ك	%		
1	عدم تأريض الملفات.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
2	تسرب الفيض المغنطيسى.	32	80.0	5	12.5	3	7.5	1.72	0.59
3	إرتفاع درجة حرارة القلب الحديدى	23	57.5	5	12.5	12	30.5	1.80	0.82
4	حدوث قطع داخل الملفات.	28	70.5	7	17.5	5	12.5	1.42	0.69
5	المفاقيد الحديدية الناتجة من تسرب الفيض المغنطيسى والتيارات الدوامة.	31	77.5	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
6	ضعف العازلية العازلية بين صفائح شرائح القلب الحديدى.	31	77.5	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
7	إحتراق صفائح شرائح القلب الحديدى.	33	82.5	3	7.5	4	10.5	1.27	0.64
8	المفاقيد النحاسية الناتجة من مرور التيار فى مقاومة الملفات	23	57.5	5	12.5	12	30.0	1.72	0.90
المجموع								**11.84**	

في الجدول رقم (4-7): في العبارة رقم (1) والتى تنص على أن (عدم تأريض الملفات) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما

ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (2) والتى تنص على أن (تسرب الفيض المنغطيسي) وجد أن نسبة (80.0%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (7.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (3) والتى تنص على أن (إرتفاع درجة حرارة القلب الحديدي) وجد أن نسبة (57.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (30%) لا يوافقون, وبمتوسط حسابي (1.80) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (4) والتى تنص على أن (حدوث قطع داخل الملفات) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.42) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

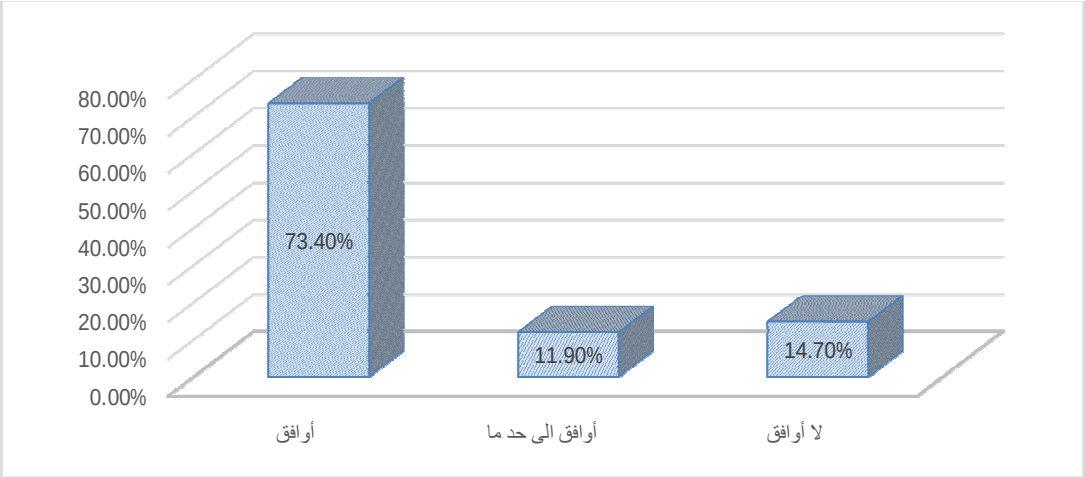
في العبارة رقم (5) والتى تنص على أن (المفاقيد الحديدية الناتجة من التيارات الدوامة) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (19%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.32) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (6) والتى تنص على أن (ضعف العازلية بين صفائح شرائح القلب الحديدي) وجد أن (77.5%) يوافقون ونسبة(12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (19%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.32) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (7) والتى تنص على أن (إحتراق صفائح شرائح القلب الحديدي) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (8) والتى تنص على أن (المفاقيد النحاسية الناتجة من مرور التيار في مقاومة التيار) وجد أن نسبة (57.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (30%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

الشكل (4-4): يوضطلتوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث على جميع عبارات المحور الرابع



يتضح من الجدول (**4-7**) أن عدد إجابات الموافقين من أفراد عينة البحث بلغ عددهم (234) بنسبة (73.4 %)، والموافقون الى حد ما (36) بنسبة (11.9%) غير الموافقون عدد (33) بنسبة (14.7%)، وغير الموافقين عددهم (69) إجابة بنسبة (14%) .

ولتأكيد ذلك إستخدام الباحثون مربع كاى لدلالة الفروق بين الإجابات على كل عبارة من عباراتالمحور الرابع. الجدول (4-8) يمثل اختبار مربع كاي:

جدول (4-8)اختبار مربع كاي لجميع عبارات المحور الرابع

	قيمة كاي	درجة الحرية	القيمة الاحتمالية	تفسير النتيجة
عبارات المحورالرابع	9.62	4	000.0	معنوية

من الجدول (4-8)يلاحظ أن قيمة مربع كاي لجميع عبارات المحور الرابع بلغت (9.62)، وبقيمة احتمالية قدرها (0.000) وهي أقل من مستوى المعنوية 0.05 وعند مستوى دلالة (5%) مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين عبارات المحور، وهذا يشير الى أن مشاكل ومعوقات المحول هى جميع ماورد في عبارات المحور الرابع.

إستنتاجات المحور الرابع:

من خلال العرض تم إستنتاج الآتي:

1. من المشاكل التى تقلل من كفاءة المحول عدم تأريض الملفات.
2. التسرب في الفيض المنغطيسي يقلل من كفاءة المحول.
3. من المشاكل التى تقلل من كفاءة المحول المفاقيد الحديدية الناتجة من التيارات الدوامة.

4-6 تحليل ومناقشة نتائج عينة البحث حول كيفية صيانة المحولات الكهربائية:

جدول (4-9):التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث علي عبارات المحور الخامس**(كيف تتم عملية صيانة المحولات الكهربائية)؟**

رقم العبارة	العبارة	المتغيرات:						الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
		أوافق		أوافق إلى حدما		لا أوافق			
		ك	%	ك	%	ك	%		
1	إزالة الأتربة من جسم المحول.	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
2	تتم صيانة المحولات الكهربائية.	32	80.0	5	12.5	3	7.5	1.72	0.59
3	تستخدم كل أنواع الصيانة من أجل كفاءة المحول.	32	80.0	5	12.5	3	7.5	1.72	0.59
4	عند الصيانة يتم إجراء عدد من الفحوصات بجهاز الريشو.	28	70.0	7	17.5	5	12.5	1.42	0.71
5	عند الصيانة يتم إجراء عدد من الفحوصات بجهاز الميجر.	31	77.0	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
6	يتم فحص الملفات الإبتدائية عند الصيانة	33	82.5	3	7.5	4	10.0	1.27	0.64
7	يتم فحص الملفات الثانوية عند الصيانة	33	82.5	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
8	يتم إختبار مفتاح مجزئ الجهد فى المحول عند الصيانة	23	57.5	5	12.5	12	30.0	1.73	0.90
9	يتم إختبار دائرة القصر فى المحول	28	70.0	5	12.5	7	17.5	1.30	0.76
10	يتم قياس العازلية بين جسم المحول والملفات	23	57.5	2	5.0	15	37.5	1.60	0.80
11	يتم تغيير الزيت عند الصيانة	32	80.0	2	5.5	6	15.0	1.44	0.68
12	فى حالة تغيير الملفات يجب مراعاة مساحة مقطع السلك	31	77.5	5	12.5	4	10.0	1.32	0.65
المجموع								**17.41**	

في الجدول رقم (4-9): في العبارة رقم (1) والتى تنص على أن (إزالة الأتربة من جسم المحول) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (7.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (2) والتى تنص على أن (تتم صيانة المحولات بصورة بدورية)وجد أن نسبة (80%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (7.5%)لا يوافقون ،وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (3) والتى تنص على أن (تستخدم كل أنواع الصيانة من أجل كفاءة المحول) وجد أن نسبة (80.0%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (7.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (4) والتى تنص على أن (عند الصيانة يتم إجراء عدد من الفحوصات بجهاز الريشو) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (17.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (12.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.42) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (5) والتى تنص على أن (عند الصيانة يتم إجراء عدد من الفحوصات بجهاز الميجر) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (19%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.32) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (6) والتى تنص على أن (عند عملية الصيانة يتم فحص الملفات الإبتدائية) وجد أن نسبة (82.5%) يوافقون ونسبة (37.5%) يوافقون إلى حد ما

ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.27) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (7) والتى تنص على أن (عند عملية الصيانة يتم فحص الملفات الثانوية) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (10%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.32) فتعتبرهذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (8) والتى تنص على أن (يتم إختبار مفتاح مجزئ الجهد) وجد أن نسبة (57.5%) يوافقون ونسبة (12.5) يوافقون إلى حد ما ونسبة (30%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.72) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (9) والتى تنص على أن (يتم إختبار دائرة القصر في المحول) وجد أن نسبة (70%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (17.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.30) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

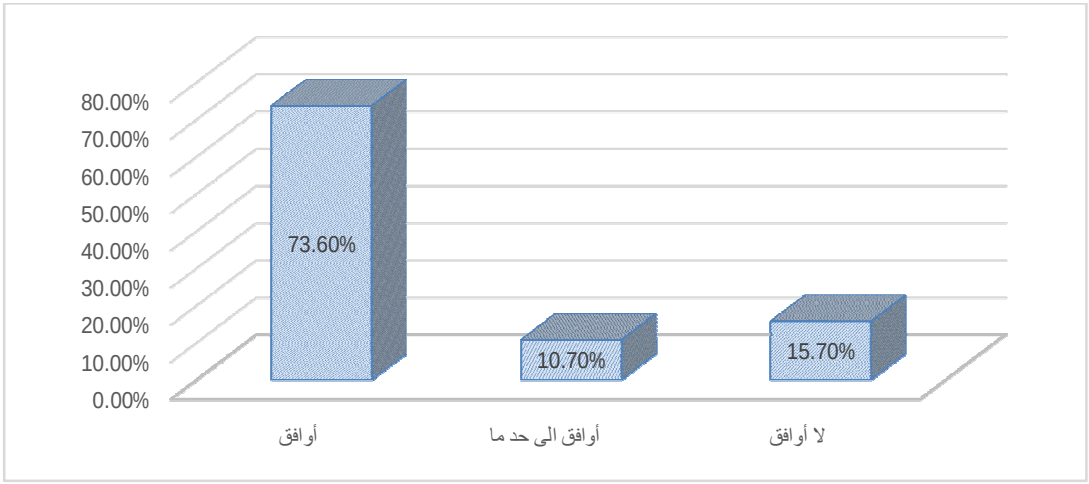
في العبارة رقم (10) والتى تنص على أن (يتم قياس العازلية بين جسم المحول والملفات) وجد أن نسبة (57.5%) يوافقون ونسبة (5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (37.5%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.60) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (11) والتى تنص أن (يتم تغيير الزيت عند الصيانة) وجد أن نسبة (80%) يوافقون ونسبة (5%) يوافقون إلى حد ما ونسبة (15%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.44) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

في العبارة رقم (12) والتى تنص أن (في حالة تغيير الملفات يجب مراعاة مساحة مقطع السلك) وجد أن نسبة (77.5%) يوافقون ونسبة (12.5%) يوافقون إلى حد

ما ونسبة (19%) لا يوافقون، وبمتوسط حسابي (1.32) فتعتبر هذه العبارة إيجابية بدرجة الموافقة.

الشكل(4-5): يوضح التوزيع التكراري لإجابات أفراد عينة البحث على جميع عبارات المحور الخامس



يتضح من الجدول (4-9) أن عدد إجابات الموافقين من أفراد عينة البحث بلغ عددهم (357) بنسبة (73.2 %)، والموافقون الى حد ما (52) بنسبة (10.7%) غير الموافقون عدد (76) بنسبة (15.7%)، وغير الموافقين عددهم (69) إجابة بنسبة (14%) .

ولتأكيد ذلك إستخدم الباحثون مربع كاى لدلالة الفروق بين الإجابات على كل عبارة من عباراتالمحور الخامس. الجدول (**4-10**) يمثل اختبار مربع كاي:

جدول (4-10)اختبار مربع كاي لجميع عبارات المحور الخامس

	قيمة كاي	درجة الحرية	القيمة الاحتمالية	تفسير النتيجة
عبارات المحورالخامس	67.9	10	0.000	معنوية

من الجدول (4-10) نلاحظ أن قيمة مربع كاي لجميع عبارات المحور الخامس بلغت (67.9)، وبقيمة احتمالية قدرها (0.000) وهي أقل من مستوى المعنوية 0.05 وعند مستوى دلالة (5%) مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين

عبارات المحور، وهذا يشير الى أن كيفية صيانة المحول الكهربائي هى جميع ماورد في عبارات المحور الخامس.

إستنتاجات المحور الخامس:

من خلال العرض تم إستنتاج الآتي:

1. إزالة الأتربة من جسم المحولعند صيانة المحولات الكهربائية (الصيانة الدورية).
2. إختبار مفتاح مجزئ الجهد عند صياتة المحولات الكهربائية.
3. يتم فحص الملفات الإبتدائية والثانوية عند صيانة المحولات الكهربائية.

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

5-1 مقدمة:

يحتوي هذا الفصل على أهم النتائج التي تم الوصول عليها بعد عملية التحليل الإحصائي ويحتوي أيضاً على التوصيات.

5-2 النتائج:

1- الوظيفة الأساسية للمحولات الكهربائية هي الربط بين محطات التوليد ومحطات التوزيع، وتقليل الفقد في القدرة الكهربائية، والمحافظة على الشبكة الكهربائية.

2- تستخدم المحولات الكهربائية في عمليات القياس(محولات الجهد والتيار)، وتستخدم أيضا في شبكات التوزيع الكهربائية وفي محطات توليد الطاقة الكهربائية.

3- تتم عملية الحماية للمحولات الكهربائية عن طريق تأريض المحولات، وتبريد المحولات بالهواء الطبيعي والهواءالمضغوط والتبريد بواسطة الزيت، وا ٍستخدم الحساسات والتي تعمل على أعطاء الإشارة لقاطع الدائرة.

4- من المشاكل التي تقلل من كفاءة المحولات الكهربائية هي عدم تأريض المحولات الكهربائية، والتسرب في الفيض المغنطيسي، والمفاقيد الحديدية الناتجة من التيارات الدومة.

5- صيانة المحولات الكهربائية تتم عن طريق إزالة الأتربة من جسم المحول وهي نوع من الصيانة الدورية للمحولات، وفحص الملفات الإبتدائية والملفات الثانوية عندعملية الصيانة، وا ٍختبار مفتاح مجزئ الجهد للمحولات الكهربائية.

3-5 التوصيات:

أوصى الباحثون الآتي:

1- الصيانة الدورية للمحولات الكهربائية والتي تكون في إزالة الأتربة من جسم المحول.

2- حماية المحولات الكهربائية بصورة جيدة.

3- إختبار مفتاح مجزئ الجهد عند الصيانة.

4- مراعاة عدد اللفات ومساحة مقطع السلك عندما يراد تغيير الملفات.

5- مراعاة مستوى الزيت للمحولات التي تكون مغمورة في الزيت لتجنب من مخاطر إنفجار المحول عند تسخين الزيت.

6- قبل البدء في عملية الصيانة يجب قياس نسبة التحويل حتى يتم التعرف على كفاءة المحول.