بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة الشيخ عبد الله البدري

كلية الهندسة

قسم الكهرباء

دراسة مشاكل التأريض في محطات النقل والتوزيع
(محطة توزيع كهرباء عطبرة نموزجاً)

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية (قدرة)

إعداد الطلاب:

أبازر محمد عمر محمد أحمد

علاء الدين مصطفى علي محمد

نزار محمد الحسن الشيخ

إشراف:

أ. عماد الدين الجعلي عبدالغفار

نوفمبر ٢٠١٨

الآية

الإهداء

الشكر والعرفان :-

المستخلص :

يستخلص من هذا البحث أهمية عملية التأريض لكل أجزاء المنظومة وقياس المقاومات عن طريق أجهزة القياس المخصصة لها وذلك لدراسة سلوك المنظومة المؤرضة والفرق بينها وبين تلك الغير مؤرضة والنتائج والتأثير الذي يحدث للمعدات والأجهزة المرتبطة وكيفية تقليل مقاومة التربة ومعالجتها كيميائيا.

وتهدف هذه الدراسة التعرف على تأثير التأريض على جهد الإمداد في منظومتي النقل والتوزيع وكيفية تقليل مقاومة الأرضي بالنسبة لمحولات القدرة ، وأثرها في التوزيع المتساوي للأحمال (الإتزان بين الأوجه) وذلك لتفادي الأعطال التي تتعرض لها المعدات الكهربائية والخطوط جراء التأريض غير الجيد أو في حالة عدم تأريض المعدات الكهربائية.

وتم التطرق لطرق التأريض المختلفة وأنواعها ومميزات كل طريقة وكيفية تصميم الشبكة الأرضية والأجزاء الرئيسية لمنظومة التأريض ودور التأريض في حماية الدوائر الكهربائية من تيار التسرب الأرضي .

وتم التوصل للمشاكل الناتجة عن عدم التأريض الجيد من خلال التحليل والقياسات التي تمت في محطة توزيع عطبرة ومحولاتها المختلفة وتم التوصل للحلول من خلال النتائج المرفقة في هذه الدراسة التي تمت في محطة توزيع عطبرة وعينة من محولات مدينة عطبرة .

تم عمل نموزج محاكاة لمنظومة مؤرضة وأخرى غير مؤرضة بواسطة برنامج ETAP ومن خلاله تم توضيح تأثير التأريض على كلا المنظومتين من خلال تقليل تيار العطل وتسريبه عبر شبكة التأريض في المنظومة المؤرضة وتم عرض أثر عدم التأريض في المنظومة غير المؤرضة الذي يعرضها لفقدان الحماية من تأثير تيارات الأعطال الناتجة عن الأخطاء المختلفة الذي بدوره يؤدي لتلف أجزاء كبيرة من الأجهزة والمعدات .

Abstract :

This study draws attention to the importance of the grounding process for all parts of the system and the measurement of resistors by means of the measuring devices assigned to them to study the behavior of the grounded system and the difference between them and those that are non-grounded and the results and impact of the related equipment and devices and how to reduce soil resistance and chemical treatment.

This study aims to identify the effect of grounding on the supply voltage in the transmission and distribution systems and how to reduce the ground resistance for the power transformers and its effect on the equal distribution of loads to avoid the faults of electrical equipment and lines due to poor grounding or if not grounding Electrical Equipment.

The various grounding methods, types and characteristics of each method and how to design the terrestrial grid, the main parts of the grounding system and the role of grounding in protecting the electrical circuits from the ground leakage current .

The problems resulting from the lack of good grounding were achieved through the analysis and measurements carried out at Atbara distribution substation and its various transformers. Solutions were reached through the results attached in this study, which was carried out at Atbara distribution substation and a sample of Atbara transformers.

A simulation model for a grounded and ungrounded system was created using the ETAP program. The effect of grounding on both systems was explained by reducing the current of the fault and its leakage through the grounding system in the grounded system. The impact of non-grounding in the ungrounded system was presented. Resulting in various errors which in turn cause damage to large parts of the equipment and devises.

الفهرس :

الآية.....II
الإهداء.....III
الشكر والعرفان VI
المستخلص V

الفصل الأول: المقدمة

١-١ المقدمة ١
١-٢ أهداف البحث ٢
١-٣ بنية البحث..... ٢
١-٤ مشكلة ومنهجية البحث..... ٢

الفصل الثاني: مفهوم التأريض

٢-١ مفهوم التأريض..... ٣
٢-٢ أهداف وأهمية التأريض..... ٤
٢-٣ الفرق بين التأريث والتأريض (Earthing & Grounding) ٥
٢-٤ المنظومة الغير مؤرضة..... ٦
٢-٥ المعدات والأجهزة الواجب تأريضها ٦
٢-٦ نقطة التعادل: Neutral ٧

الفصل الثالث : المبادئ العامة لتصميم الشبكة الأرضية

٣-١ المبادئ العامة لتصميم الشبكة الأرضية..... ٨
٣-٢ أنظمة التأريض.....٨
٣-٣ حماية التركيبات الكهربائية من تيار التسرب الأرضي. ١٠
٣-٤ أسباب اختيار التأريض من عدمه..... ١١
٣-٥ مانعات الصواعق وأهميتها Lightening Protection ١١
٣-٦ ظاهرة القوس الكهربي Arcing Ground..... ١٢
٣-٧ الأجزاء الرئيسية لمنظومة التأريض ١٣
٣-٨ أنواع التأريض ١٥
٣-٨-١ التأريض المتعادل..... ١٥
٣-٨-٢ التأريض الوقائي Protection Grounding..... ١٥
٣-٨-٣ تأريض المعدات Equipment Grounding..... ١٦
٣-٨-٤ التأريض الشبكي Grid Grounding..... ١٦
٣-٨-٥ التأريض الاستاتيكي Static Grounding..... ١٧
٣-٨-٦ التأريض المحلي Local Grounding ١٧
٣-٨-٧ التأريض المؤقت Temporary Grounding ١٧
٣-٩ طرق التأريض..... ١٩

الفصل الرابع : مقاومة منظومة التأريض

٤-١ مقاومة منظومة التأريض ٢١
٤-٢ مشاكل مقاومة التأريض بمحطات النقل..... ٢١
٤- ٣ المقاومة النوعية للتربة..... ٢٢
٤-٤ طرق خفض مقاومة التأريض..... ٢٣
٤-٥ جهاز قياس مقاومة الأرضي..... ٢٥

الفصل الخامس : القراءات والتحليل

٥-١ الأجهزة المستخدمة في عملية القياس..... ٢٧
٥-٢ قراءات الأجهزة..... ٢٧
٥-٣ الحسابات..... ٢٩
٥-٤ التحليل..... ٣١

الفصل السادس: النتائج والمناقشة

٦-١ النتائج ٣٣
٦-٢ النمذجة والمحاكاة..... ٣٤
٦-٣ الخلاصة..... ٣٨
٦-٤ التوصيات ٣٨
٦-٦ المراجع ٣٩
٦-٦ الملاحق ٤٠

فهرس الجداول :

جدول رقم (٣-١) : مساحة مقطع موصلات التأريض ١٤
جدول رقم (٤-١): نوع التربة..... ٢٢
جدول رقم (٤-٢): علاقة حرارة الجو بالمقاومة النوعية للتربة..... ٢٣
جدول رقم (٥-١): قراءات الجهد بين المحايد وكل خط وكذلك مقاومة الأرضي..... ٢٧
جدول رقم (٥-٢): قراءات الجهد بين الأرضي وكل خط..... ٢٨
جدول رقم (٥-٣): قراءات التيارات لكل خط..... ٢٨
جدول رقم (٦-١): مقارنة بين الجهود التي تم قياسها من النمذجة والمحاكاة ٣٧

فهرس الأشكال :

شكل رقم (٣-١): نظام الـ TT..... ٩
شكل رقم (٣-٢): نظام الـ TN..... ١٠
شكل رقم (٣-٣): قضيب تأريض صناعي..... ١٥
شكل رقم (٣-٤): نظام التأريض الشبكي..... ١٧
شكل رقم (٣-٥): شبكة التوزيع الأمثل للأحمال..... ٢٠
شكل رقم (٤-١): توزيع الإلكترودات..... ٢٤
شكل رقم (٤-٢): جهاز قياس مقاومة الأرضي..... ٢٥
شكل رقم (٦-١) منظومة مؤرضة قبل حدوث تيار العطل..... ٣٤
شكل رقم (٦-٢) منظومة مؤرضة بعد حدوث تيار العطل..... ٣٤
شكل رقم (٦-٣): منظومة غير مؤرضة قبل حدوث تيار العطل..... ٣٥
شكل رقم (٦-٤): منظومة غير مؤرضة بعد حدوث تيار العطل..... ٣٥

الفصل الأول
المقدمة

الفصل الأول

١-١ المقدمة:

يعتبر نظام التأريض من أهم وسائل الحماية الكهربائية التي تعمل على توفير إستقرارية وإستدامة الإمداد الكهربي الذي يساعد في تنمية وتطور البلدان ومن المتطلبات الأساسية لجلب الاستثمارات ورؤوس الأموال الخارجية . حيثيوفر نظام التأريض حماية لأجزاء منظومة القدرة الكهربية ابتداءاً من التوليد مرورا بالنقل والتوزيع وختاما للمستهلك .

ونظراً لتطور الحياة بصفة عامة التي أصحبت مرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع الطاقة فهي باتت تمثل عصب الحياة واستحالة الحياة بدونها،وهي الحراك لعجلة التقدم والرفاهية والترف العلمي الذي يشهده العالم هذه السنوات إلا أن الطاقة ذات خطر على حياة الإنسان إلا بإتباع شروط السلامة والاستعمال الآمن لها، وسلامة الإنسان من الأولويات التي يتجه إليها العالم في صناعة الأجهزة وتوفير وسائل الحماية من الصدمات الكهربائية التي تحدث بسب التشغيل الخاطئ أو الظواهر الطبيعية أو الأعطال للأجهزة.

ولهذا سعت العقول المبتكرة إلى كيفية حماية الإنسان من خطر الكهرباء وكذلك حماية المعدات من التلف وبعد الكثير من التجارب ظهرت فكرة التأريض كأنجح وسيلة لحماية الإنسان من خطر الصواعق وما ينتج عنها من حرائق ودمار والحماية من خطر الكهرباء الزائدة عن الحد المسموح به الناتجة عن الأعطال التي تحدث للأجهزة والمعدات خاصةً الكبيرة.

وبذلك يمكن القول أن التأريض والأرضي هو بمثابة طوق النجاة أو المظلة لا تستخدم إلا عند الحاجة إليها وتكون هي السبب في إنقاذ الحياة.

النظرية الأساسية للتأريض هي الحفاظ على الجهد لأي جزء مؤرض من المعدات والمباني بنفس جهد الأرض كي لا يكون هناك اختلاف في الجهد بين الإنسان والأجزاء المؤرضة لكي لا يسري به التيار.

١-٢ أهداف البحث :

يهدف هذا البحث إلى :

١. دراسة تأثير الأرض على جهد الإمداد في محطات النقل والتوزيع .

٢. تقليل مقاومة الأرضي بالنسبة لمحولات القدرة.

٣. التوزيع المتساوي بين الأحمال لمجابهة الأعطال التي تتعرض لها المعدات الكهربائية والخطوط.

١-٣ بنية البحث:

الفصل الثاني تم التعرف على مفهوم التأريض وأهميته ومنظومة التأريض، الفصل الثالث منظومة التأريض وأهميتها وأنواع التأريض، الفصل الرابع تم التعرض لمقاومة التأريض وطرق خفضها وطرق قياسها، الفصل الخامس يحتوي على قراءات ميدانية للجهد ومقاومة الأرضي والأحمال لبعض محولات التوزيع، وتحليل هذه القراءات واستخلاص النتائج ، الفصل السادس يحتوي على النتائج التي تمت بواسطة النمذجة والمحاكاة والمناقشة وقائمة المراجع والملاحق .

١-٤ مشكلة البحث :

عدم استقرار الشبكه بسبب عدم التأريض او التأريض غير الجيد والأضرار الناتجة عنه .

١-٥ منهجية البحث :

اتبعنا المنهج التجريبي الاستقصائي الذي يعتمد على التحليل والحسابات التي تم التوصل إليها من خلال الفحص الميداني حيث تم قياس وفحص ودراسة مجموعة من المحولات وطرق تأريضها بجهاز قياس مقاومة وعازلية المحولات وفي نظام المحاكاة الذي يقوم بتحليل عمل المنظومة ومحاكاتها وتم استخدام نظام الإيتاب وهو برنامج محاكاة عالي الدقة.

١-٦ طريقة إجراء البحث:

١- باستخدام جهاز (Earth/Ground tester 1625)تم الحصول على قراءات مقاومة الأرضي وجهاز الكلامب اميتر Clamp meter وجهاز Megger Adapter .

٢- تم الحصول على قراءات الجهود بين الأرض والمحايد وجهد كل خط مع الأرضي، وجهد كل خط مع المحايد والأحمال لكل خط بجهاز الأوفميتير.

الفصل الثاني

٢-١ مفهوم التأريض :

يمكن تعريف الأرضي أو التأريض بأنه اتصال كهربي عمل عن قصد بين جهاز أو شبكة كهربائية من جهة وكتلة الأرض من جهة أخرى بدون أداة توصيل كمفتاح أو غيره.

يصنف المهندسون التأريض عادة إلى صنفين أساسيين يندرج تحت كل منهما أقسام أو أنواع فرعية من التأريض هما تأريض المنظومة و التأريض الوقائي:

أولاً : تأريض المنظومة :

يقصد بتأريض المنظومة إيجاد اتصال بين الموصلات الحاملة للتيار والأرض في نقطة أو أكثر من منظومة القوى الكهربائية .

ثانياً : التأريض الوقائي :

ويقصد بالتأريض الوقائي إيجاد اتصال بالأرض مع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار عادة، ويطلق على هذا النوع من التأريض (تأريض الأجهزة).

ابتداءاً يمكن اعتبار الكرة الأرضية بأنها كتلة هائلة جداً لا تحمل جهداً كهربائي أي أن جهدها هو صفر أما أجزاء المنظومة الكهربائية يمكن أن تكون ذات جهد معين مقارنة بجهد الأرض، إن الموصلات الحية Live conductors للأجزاء المنظومة الكهربائية تحمل عادة جهداً كهربائياً خلال اشتغالها الاعتيادي، أما الأجزاء المعدنية الأخرى كهياكل وحاويات الأجهزة الكهربية فهي لا تحمل جهداً خلال اشتغالها الاعتيادي لكنها يمكن أن تكون ذات جهد عند حدوث عطب كهربائي مما يعرض المنشآت والعاملين إلى الخطر إن لم يتم اتخاذ إجراءات وقائية من ضمنها إيصال تلك الأجزاء إلى الشبكة الأرضية.

لكي نفهم فكرة التأريض فلنأخذ جهاز منزلي بسيط مثل السخان الكهربي ويتكون من سلك حراري معزول عن جسم السخان المعدني الخارجي، نفترض الآن حدوث انهيار أو تلف في عزل السلك الكهربي ينتج عن هذا ارتفاع جهد الجسم المعدني إلى جهد الخط فإذا لمس أي شخص الجسم المعدني فإنه يأخذ صدمة كهربية لهذا الشخص.

ولكن عند توصيل جسم السخان إلى الارض فإن التيار يسري من السخان إلى باطن الأرض وفي الحالة المثالية عندما تكون المقاومة مساوية للصفر فإن الشخص الملامس للسخان لن يتعرض لأذى.

٢-٢ أهداف وأهمية التأريض :

منظومة الأرضي أمر ضروري لسلامة العاملين وتتمثل أهميته في ضمان عزل جميع القطع المعدنية الغير حاملة للتيار الكهربي كالهياكل والمعدات الحاملة للموصلات وأجهزة الاتصلات وإبقاء جميع الأجسام التي قد يلمسها الإنسان مساوية لجهد الأرض وهو صفر وباختصار يمكن تلخيص أهمية التأريض كما يلي:

١. وقاية الأفراد من خطر الصعق الكهربي أثناء حدوث خطأ تلامس الموصلات الكهربية الحاملة للتيار بالأرض أو الأغلفة والأجزاء المعدنية للمعدات والمنشآت.

٢. وقاية أفراد الصيانة من خطر الصعق الكهربي عندما تتم التوصيلات الخاطئة على المعدات المفصولة لغرض الصيانة أو الإصلاح.

٣. حماية المعدات الكهربية من أخطار الزيادة المفرطة في تيارات الخطأ وذلك بالتحكم في قيمته عن طريق استخدام مقاومات أو ممانعات في دوائر التأريض.

٤. توفير مسار إلى الأرض من معدات الوقاية أو الحماية من الصواعق البرقية لتفريغ الشحنات العالية جداً التي تتولد منها نتيجة للبرق.

٥. تفريغ الشحنات الاستاتيكية المتولدة بالحث الكهربي من معدات أو أجزاء حاملة للتيار في معدات أو أغلفة معدنية غير حاملة للتيار.

٦. توفير مسار ذو مقاومة منخفضة إلى الأرض لجعل تيار الخطأ ذو قيمة معينة تكفي لتشغيل معدات الحماية.

٧. يؤمن تشغيلاً مناسباً للمعدات والمنظومات الكهربائية.

٨. تسهيل تحديد مكان عطل التلامس مع الأرض.

٩. يحافظ على بقاء جهد الخط متعادل (Neutral).

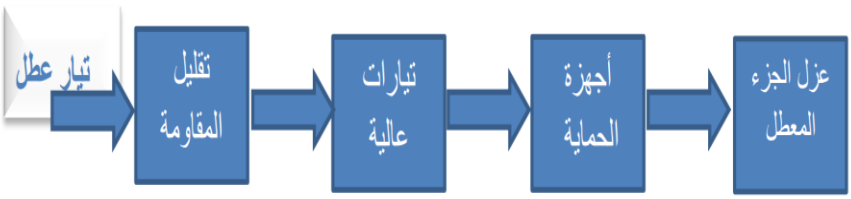
١٠. تقليل تيار العطل.

١١. تقليل تأثير ارتفاع الجهد الناتج من البرق والصواعق. [١]

٢-٣ الفرق بين التأريث والتأريض (Earthing Grounding):

يطلق الأوربيون لفظ (Earthing) على عملية التأريض وذلك على أساس انها عملية توصيل بالأرض وعلى العكس من ذلك. فإن الخبرة والمواصفات الامريكية تفرق تفريقاً واضحاً بين لفظ ground ولفظ earth يعتبر الأمريكيون أن اللفظ الأصلي في الاستعمال هو grounding حيث أنه يشير إلى وجود جسم له جهد مرجع reference voltage تقاس بالنسبة له جميع الجهود الأخرى. وهذا الجسم ليس بالضرورة هو الأرض فعملية التأريض داخل السيارة مثلاً هي في الواقع عملية توصيل بجسم السيارة، وعملية التأريض في الطائرة او حتى في قمر صناعي هي توصيل بجسم الطائرة أو بجسم القمر الصناعي وعلى ذلك فإن لفظ ground في جميع المواصفات والمراجع الأمريكية تعني الجسم الذي يمر فيه التيارات عن طريق التوصيل الكهربي معه والذي يعتبر جهده صفراً بالنسبة لباقي المنظومة. أما لفظ earth فيستعمل للدلالة على الأرض ذاتها.

- **المخطط الصندوقي لنظام التأريض :**



٢-٤ المنظومة الغير مؤرضة:

المنظومة الغير مؤرضة هي التي لا تحتوي على اتصال متعمد للموصلات الحاملة للتيار والأرض وتكون نقطة التعادل فيها معزولة عن الأرض لكن لا توجد منظومات معزولة عزلاً كاملاً عن الأرض وذلك لأنه يرجع إلى أن كل الموصلات الكهربية الحاملة للتيار والمعزولة تمثل جميعهم كمكثف capacitor وبالتالي عندما يحدث تيار خطأ بالأرض في أحد الأوجه ترتفع جهود الوجهين الآخرين بمقدار يساوي 173% أي ما يعادل ثلاثة أوجه والذي ينشئ نتيجة مرور تيار كهربي شديد على عوازل الموصلات وكذلك على العازل بين الموصلات والأرض الذي يسبب انهيار في العوازل وحدوث ظاهرة القوس الأرضي يؤدي إلى حدوث شرر كهربي بالتالي حدوث حرائق وإتلاف كثير من الأجهزة والمعدات .

٢-٥ المعدات والأجهزة الواجب تأريضها:

إن المعدات والأجهزة الواجب تأريضها تبعا للمواصفات المعمول بها في معظم الدول هي:

١. الأغلفة المعدنية المحيطة بالموصلات الكهربية والمغلفة لها مثل أغلفة الكابلات وطبقة التسليح ومسارات تلك الكابلات إذا زاد طولها عن 7.6متر.

٢. الهياكل والأغلفة المعدنية للآلات الكهربية بصفة عامة إذا كانت معرضة لحدوث تلامس بين تلك الهياكل والموصل الحامل للتيار.

٣. أغلفة وهياكل المحركات وأجهزة التحكم وأجهزة المصاعد والأوناش.

٤. الأجهزة والمعدات الموجودة في الجراجات والمسارح ودور العرض والاستديوهات .

٥. أجهزة الإشارات الكهربية والعرض .

٦. المحركات والمولدات المتصلة بشبكات أنابيب المياه والمضخات.

٧. لوحات التوزيع وحوامل المفاتيح.

٨. بعض الأجهزة والمعدات الغير كهربية مثل الحبال الصلبة المستخدمة في الأوناش والمصاعد التي تدار بالكهرباء.

٩. المقابس المتصلة بالأجهزة المنزلية التي تعمل بمحركات وكذلك الاباجورات والعدد اليدوية الكهربية.

١٠. المقابس والحواجز المتصلة بالأجهزة الصناعية إلا إذا كانت بعيدة عن متناول الأفراد.

١١. السيور المعدنية في مصانع الكيماويات ومعامل تكرير البترول ومشتقاته.

١٢. الأبراج المعدنية الحاملة لخطوط الجهد العالي. [١]

٢-٦ نقطة التعادل: Neutral:

كانت معظم منظومات القوى الكهربية في الماضي غير مؤرضة حيث كانت نقطة التعادل Neutral تترك معزولة ولكن مع التقدم في مجالات الحياة وزيادة الحاجة إلى استخدام الكهرباء والتطور الذي يحدث في المنظومات الكهربية أصبح تشغيل المنظومة بدون تأريض أمراً غير مقبول سواء من ناحية أمن الأفراد وسلامة الأجهزة والمعدات وكذلك متطلبات التشغيل وأصبحت المنظومات الكهربية على مستوى العالم كله مؤرضة إلا أنه نتيجة الخبرة العملية والدراسات والبحوث التي تجرى على الأنظمة الكهربية أصبح من الضروري وجود أجزاء معينة من المنظومة تكون غير مؤرضة للوصول إلى أداء معين لا يتم الوصول إليه بالتأريض. [٢]

الفصل الثالث

٣-١ المبادئ العامة لتصميم الشبكة الأرضية:

١- تقليل فرق الجهد بين الأجزاء المعدنية المكشوفة المتجاورة وبين الأرض من ناحية أخرى ،ويكون ذلك بالربط متساوي الجهد بين الأجزاء المعدنية المتجاورة من ناحية وكذلك ربطها بشبكة أرضية ذات مقاومة كهربية قليلة بقدر الإمكان ، ومن ناحية أخرى يؤدي ذلك إلى تقليل جهد التماس وكذلك جهد الخطوة و بالتالي إلى حماية الأشخاص من الصعقات المميتة.

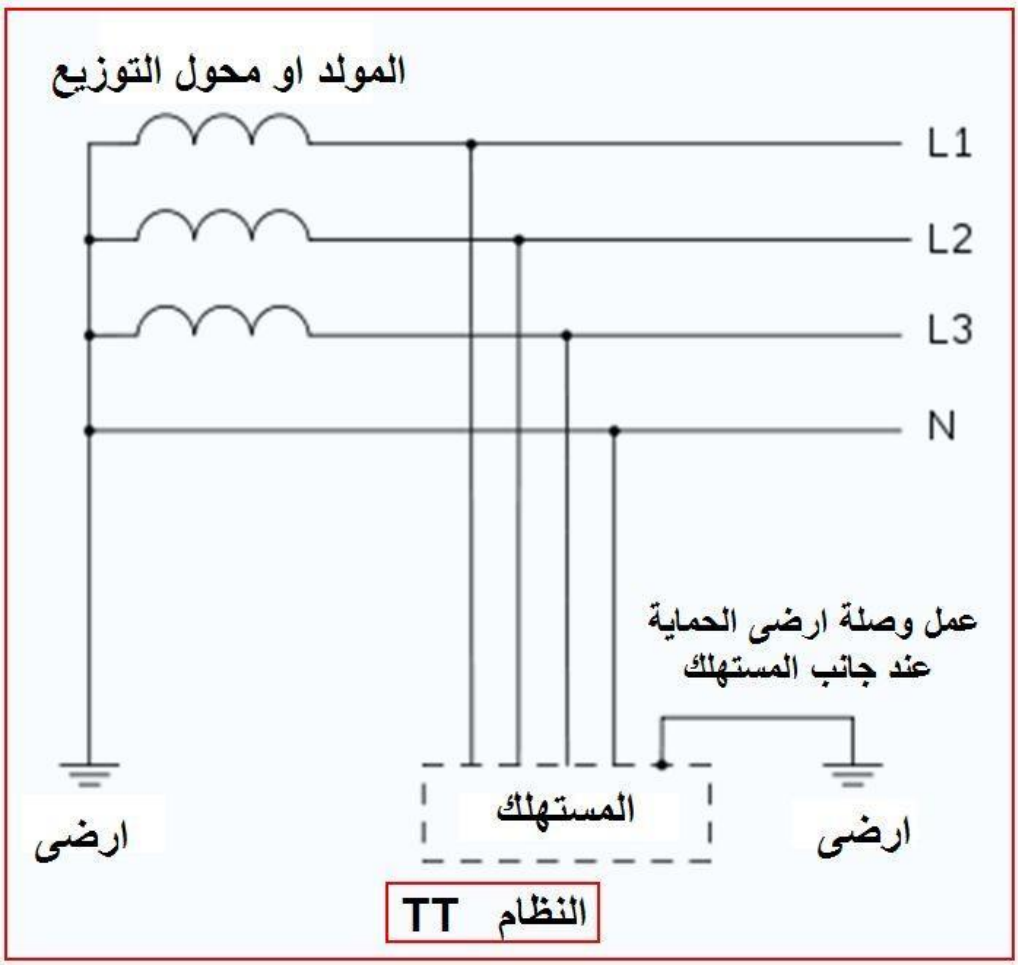
٢- تقليل ممانعة القطب الأرضي يكون ذلك باستخدام موصلات للشبكة الأرضية ذات أحجام مناسبة تجعل مقاومتها قليلة إضافة إلى اختيار نوع أقطاب الأرضي المدفونة في التربة وأعدادها وأعماق دفنها ومناطق دفنها بحيث توفر أقل مقاومة ممكنة إلى كتلة الأرض.

أن تقليل ممانعة دائرة العطب الأرضي تؤدي بالنتيجة إلى سريان تيارات عالية خلالها عند حدوث تماس للدائرة الكهربائية مع الأرض وهو هدف نسعى إليه حيث يؤدي ذلك إلى تحسس أجهزة الحماية الكهربائية وبالتالي إلى قيامها بقطع التيار عن الجزء المعطوب أي عزله عن الأجزاء السليمة من الدائرة الكهربائية وخلال وقت قصير جدا فتوفر الحماية الكافية للمنشآت من الأعطاب والحرائق وحماية الأشخاص من خطر الصعقة الكهربائية. إن زمن القطع يتراوح عادة بين جزء من الثانية الواحدة وبضع ثواني ويتناسب عكسيا مع مقدار تيار العطب الأرضي وجهد التماس.

٣-٢ أنظمة التأريض:

١- منظومة كهربائية من نوع TT:

تكون ممانعة دائرة العطب الأرضي فيها من مقاومة موصلات الدائرة و موصلات الشبكة الأرضية وهي مقاومة منخفضة جدا عادة، ثم مقاومة أقطاب الأرض عند كلا من جهة المصدر (مقاومة نقطة الحياد للمحول إلى الأرض) وجهة المستهلك، ويفترض أن تكون مقاومتها قليلة (جزء من الأوم لا تتجاوز 5 أوم) إن كانت أقطاب الأرضي بحالة جيدة.

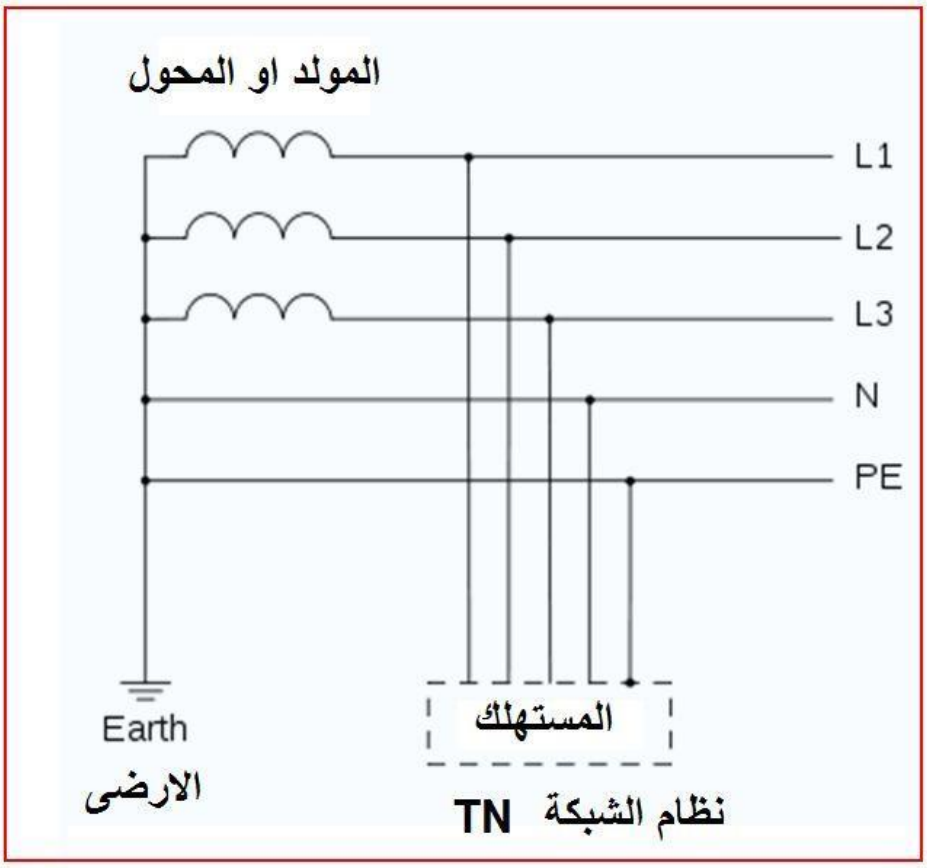


شكل رقم (٠-١): نظام الـ TT

وأخيرا مقاومة منطقة العطب وتتبع مقاومتها طبيعة ونوع العطب. في هذا النوع من المنظومات تشكل مقاومة الأقطاب الأرضية الجزء الأكبر من المقاومة الكلية لدائرة العطب الأرضي، لذا تلعب دورا رئيسيا في فعالية شبكة الأرضي ككل ويتطلب الاهتمام بمراقبتها وصيانتها دورياِ.

٢. منظومة تغذية كهربائية من نوع TN:

تتكون دائرة ممانعة العطب الأرضي هنا كليا من موصلات الدائرة وموصلات الشبكة الأرضية إضافة إلى منطقة العطب دون الاعتماد على مقاومة أقطاب الأرضي، لذا تكون أجهزة الحماية الكهربائية في الدوائر الكهربائية المرتبطة بهذه المنظومات ذات تحسس وفعالية أكبر في عزل دوائر العطب الأرضي من مماثلتها في منظومات من نوع TT.[٢]



شكل رقم (٠-٢): نظام الـ TN

٣-٣ حماية التركيبات الكهربائية من تيار التسرب الأرضي. :

اولاً : قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي:

تتم حماية الدوائر الكهربائية الفرعية بقواطع فرعية عادية سعة 15أمبير أو 20 أمبير إلا أن قيمتها مرتفعة جداً بمقارنتها بما ينتج عنها من أخطار حيث أن مرور تيار كهربائي صغير في حدود 60 ملي أمبير في جسم الإنسان قد يسبب وفاته ، ولهذا يفضل استخدام قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي، وهذه القواطع مماثلة للقواطع العادية من حيث الشكل إلا أنها حساسة جداً لمرور التيار الكهربائي (مهما صغرت قيمته) في أي مسار يختلف عن الموصل المحدد لمروره كأن يكون هذا المسار من خلال جسم الإنسان مثلاً. وفي هذه الحالة، عند مرور تيار بسيط قد يصل إلى جزء من الملي أمبير فإن هذا النوع من القواطع يفصل مباشرة. [٢]

٣-٤ أسباب اختيار التأريض من عدمه:

١- استمرارية الخدمة :

أثبتت التجربة الطويل أن المنظومات المؤرضة أكثر استمرارية من تلك الغير مرضة، حيث تزود المنظومة المؤرضة بأجهزة حماية أكثر حساسية ودقة يمكنها تحديد أي خطأ يحدث في المنظومة وفصله عنها بانتقاء كامل.

٢- مخاطر ارتفاع الجهد :

ينشأ عند حدوث قصر أرضي بين أحد الأوجه والأرض ارتفاع في جهد أحد الوجهين السليمين يصل إلى 173% إذا كانت المنظومة غير مؤرضة، بينما لا تحدث تلك الظاهرة في حالة تأريض نقطة التعادل، إن هذا الارتفاع في جهد الوجه يتسبب في انهيار العوازل الكهربائية المستعملة كما يتسبب في إتلاف كثير من الأجهزة والآلات.

٣- فعالية أداء منظومات الحماية :

المنظومات غير المؤرضة لا تحتوي على مركبات التتابع الصفري للتيار أو الجهد، وعلى العكس من ذلك فإن تأريض نقطة التعادل يسمح بوجود مسار لتيار الصفري. إن هذا يجعل تصميم وضبط وأداء أجهزة الحماية أكثر دقة وأسهل في التشغيل، كما يعطي إمكانية أكبر في تحقيق خطة تنسيق الحماية بأكبر قدر ممكن من الانتقاء.

٤- القوس الكهربي (Arcing Ground):

تحدث ظاهرة القوس الأرضي عند حدوث قصر بين الوجه والأرض، حيث يتولد قوس كهربائي بينهما عند نقطة اتصالهما ما يسبب خطراً على الأفراد والمنشآت ولا تحدث هذه الظاهرة في المنظومات المؤرضة.

٥- إمكانية التأريض الوقائي (Protection Grounding) :

تسهل عملية تأريض المنظومة عمليات التأريض الوقائي وتأريض الأجهزة، حيث يتكون مسار سهل بين الكترودي منظومة التأريض الوقائي ومنظومة القوى أثناء حدوث قصر أرضي يساعد في خفض قيمة جهد اللمس. [٣]

٣-٥ مانعات الصواعق :Lightening Protection:

مانعة الصواعق تقوم بحماية المباني والهياكل من الأضرار الناتجة من الصواعق أو تقلل من أخطارها من خلال تأمين مسارات مباشرة إلى الأرض باستخدام مقاومة قليلة لذلك يمكن تعريفها بأنها اتصال بين الأرض والصاعقة من خلال تركيب أعمدة جيدة التوصيل في أعلى نقطة بالمباني والهياكل بدون وجود مفتاح أو منصهر.

ومن مهام مانعة الصواعق الحماية من التيارات الكبيرة التي تسببها الصواعق التي تؤدي إلى الحرائق وتلف الأجهزة والآلات والمعدات وقتل الأشخاص وتستعمل كذلك لحماية خطوط نقل القدرة وحماية أبراج الاتصالات.

- **المعدات والهياكل التي يجب حمايتها من الصواعق:**

يجب مراعاة الموقع من حيث المناخ وقيمة المباني ومحتوياتها مثل ما يلي:

- جميع الهياكل المعدنية الهامة العالية والمنخفضة.
- البنايات العالية نسبياً والمصنوعة من مواد مختلفة.
- القمم المدببة كالمآذن والأبراج.
- المباني التي تحتوي على مواد قابلة للاشتعال (المصانع ، المخازن، الثكنات العسكرية)
- خطوط نقل القدرة.
- محطات توليد وتوزيع القدرة.
- المستشفيات ومراكز الاتصالات والتقنية.

- **مكونات مانعات الصواعق :**

- اللاقط (الهوائيات) وفائدتها جذب الصاعقة وتكون مدببة كقضيب أو حتى على شكل قفص وله أشكال مختلفة.
- الموصلات وهي التي تؤمن مسار الصاعقة من اللاقط إلى الأرض.
- منظومة الأرضي.

٣-٦ ظاهرة القوس الكهربي: Arcing Ground

هو عمود شديد التأين (بلازما) ينشأ عند حدوث خطأ التلامس بالأرض في احد الأوجه في المنظومة الكهربية من الثلاثة الأوجه يقترب جهد هذا الوجه من جهد الأرض وترتفع جهود الوجهين الآخرين إلى قيمة تسبب إنكسار العزل بين الأوجه السليمة والأرض فيحدث تفريغ كهربي من خلال العازل سواء كان هواء أو مادة عازلة يتبعه شحن ثم تفريغ وشحن للمكثفات الملحقة بالخط أو المنظمة System Capacitance وهو يكون مصحوب بحدوث قوس كهربي بين الموصلات السليمة والأرض يتبعه زيادة عالية في الجهد تصل من خمسة إلى ستة أضعاف قيمة الجهد والتي تعمل على زيادة قوة ضربات القوس الكهربي الأرض مما يتسبب في حدوث خسائر جسمية إذا لم يتم الفصل للخط بواسطة أجهزة حماية مناسبة. [٣]

٣-٧ الأجزاء الرئيسية لمنظومة التأريض:

١. تربة الأرض :

هي التربة التي يوضع فيها إلكترود التأريض وتختلف كل تربة في طبيعتها فمنها التربة الطينية والرملية والصخرية ومنها الجافة والرطبة ومنها التي تحتوي على أملاح ومعادن وكل هذه العوامل تؤثر في مقاومة تربة الأرض والتي يمر فيها تيار الخطأ من خلال إكترود التأريض وعند دفن إكترود التأريض في الأرض نتخيل وجود طبقات قشرية من الأرض ملاصقة لبعضها حول اكترود التأريض حيث تمثل موصلات أسطوانية ملاصقة للاكترود ومتداخلة في بعضها وكل منها لها مقاومة تتناسب مع قطرها والمساحةالجانبية (المساحة السطحية) لها فيكون قطر القشرة الملاصقة للاكترود أقل قطر وكلما ابتعدنا عن الإلكترود كلما زاد القطر وبالتالي تقل المقاومة لمرور التيار (مقاومة الموصل تتناسب تناسب عكسي مع المساحة السطحية للقشرة) أي كلما ابتعدنا عن الإلكترود كلما قلت مقاومة الأرض لمرور التيار.

عند حدوث الخطأ الأرضي يتدفق التيار من الإلكترود إلى الأرض في جميع الاتجاهات عموديا على طول القضيب أي من خلال المساحة السطحية لكل قشرة اسطوانية حول الإلكترود والذي يلاقي مقاومة أرضية أقل كلما ابتعد عن الإلكترود وبالدارسة والقياسات والأبحاث أظهرت أن مقاومة القشرة الأرضية الواقعة على بعد 7.6م حول الإلكترود تكون مساوية للصفر بالنسبة للإكتورد تقريباً وعلى ذلك يكون تدفق تيار الخطأ داخل الأرض بسهولة ولمسافات بعيدة معتمداً على طبيعة مقاومة التربة.

ومقاومة التربة تتغير بتغير نوع التربة وما تحتوي من أملاح ومعادن ومحتوى الرطوبة والمياه السطحية ومستوى العمق من سطح الأرض ودرجة الحرارة وعلى ذلك يلزم قياس مقاومة التربة في فترات متباعدة وذلك للتأكد من القيم الصحيحة المطلوبة.

٢. موصل التأريض Grounding Conductor :

موصل التأريض هو موصل من النحاس أو الألمونيوم معزول باللون الأخضر أو اللون الأخضر/الأصفر ويتم تمديده مع موصلات الدوائر الكهربائية فيما بين لوحة التوزيع الفرعية والخرج الكهربائي أما موصل تأريض اللوحات الفرعية والعمومية فيتم تمديده من موصلات النحاس أو الألمونيوم وإما أن يكون عاريا أومعزولاً مصمتاً أو مجدولاً يربط اللوحات الفرعية مع اللوحات العمومية من جهة ويربط اللوحات العمومية مع قطب التأريض من الجهة الأخرى ويوضح الجدول التالي مقاطع موصلات التأريض بالنسبة لمقطع التوصيل الحامل للتيار.

جدول(٣-١) : مساحة مقطع موصلات التأريض

حامل التيار مم٢	1	2.5	4	6	10	35-46	50	70	95	120	185	240	300	400
الموصل الأرضي	1	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185

٣. قطب التأريضGrounding Electrode :

هو الجزء الذي يكون على اتصال مع الأرض أو يدفن داخل الأرض لتحقيق الاتصال الأرضي وتختلف أنواعه واستخداماته ويمكن استخدام الأنواع الآتية كقطب أرضي:

أ. الوسائل التالية والمتوفرة في أغلب المباني :

- تمديدات أنابيب المياه وصرف المياه بعد اخضاعها لاختبار معادلة الجهد قبل استخدامها.
- قضبان الحديد المستخدمة في التسليح الخرساني للمباني.
- موصل معدني يتم تمديده حول المبنى وعلى عمق 75 سم من سطح الأرض.

ب. قضيب تأريض صناعي Industrial Electrode

هو عبارة عن قضيب من النحاس أو الالمونيوم أو الحديد المجلفن يكون مصمت أو مجوف على شكل اسطوانة لكي يتحمل عمليةالدفع في الأرض ومقاومة التأكسد والتآكل أو من الصلب الملبس بالنحاس Copper-clad steel لكي يجمع بين القدرة على التحمل الميكانيكي اللازم لدفع القضيب داخل التربةإلى أعماق كبيرة وبين التلامس الجيد والآمن بين الطبقة النحاسية الخارجية لسطح الإلكترودوسلك التأريض النحاسي وبذلك يمكن تجنب التآكل الكيميائي الناتج من اختلاف الأنودية للمعدات المختلفة الذي يؤدي إلى التآكل الكيميائي.

الطول القياسي لقضيب التأريض حوالي 240 سم وبقطر حوالي 16 ملم ويوجد أطوال أقل وأكبر منه تصل في بعض الأحايين إلى حوالي 30متر تدفنه في الأرض ويكون القضيب في هذه الحالة مقسم على عدة أجزاء تربط مع بعضها بمرابط خاصة أثناء عملية الدفع داخل الأرضي ويمكن دفنه بالكامل تحت سطح الأرض أو إظهار جزء صغير منه وكلما زاد طول القضيب كلما قلت مقاومة الأرض الناتجة.

يجب بعد دفع القضيب (الإلكترود) في الأرض قياس مقاومة الأرض التي يجب الا تزيد مقاومة الإلكترود الواحد عن 25 أوم بالنسبة للمواصفات الأمريكية و ٥اوم للمواصفات الأوربية في حالة إذا لم يحقق دفع قضيب واحد المقاومة المطلوبة يمكن زيادة طول القضيب او استبدال قضيب اخر يدفن بجانب الآخر بحيث لا تقل المسافة بينهما عن 2 متر ثم يتم التوصيل واستعمال قضيب آخر ويوصل معهم حتى نصل إلى القيمة المطلوبة .[٤]

شكل رقم (٠-٣):قضيب تأريض صناعي

٣-٨ أنواع التأريض :

٣-٨-١ التأريض المتعادل (تأريض التشغيل):

هو عبارة عن توصيل جسم موصل حامل للتيار في الدائرة الكهربية إلى الأرض من خلال جهاز أو مباشرة مثل المحولات أو المولدات وذلك للحصول على خط راجع للقدرة بدلاً من استخدام خط رابع متعادل للنظام الثلاثي.

٣-٨-٢ التأريض الوقائي :

التأريض الوقائي هو كل أنواع التأريض المراد بها سلامة الأفراد والمعدات وينقسم إلى :

١/ تأريض المعدات Equipment grounding.

٢/ التأريض اللازم للحماية من الصواعق البرقية .

٣/ التأريض اللازم للحماية من الشحنات الكهربية.

٣-٨-٣ تأريض المعدات Equipment Grounding:

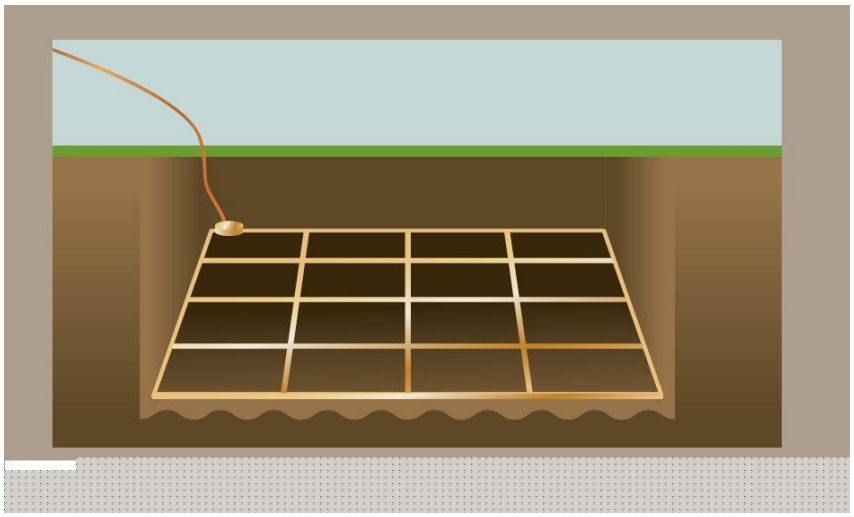
هو توصيل الجسم والأغلفة المعدنية للمعدات والأجهزة بالأرض عن طريق موصل كهربي لتجنب حدوث ارتفاع في جهد الجسم عند حدوث تلامس بينها وبين الموصلات الحاملة للتيار والذي يتسبب في ارتفاع جهدها إلى جهد الوجه وبالتالي يتسبب في تعرض كل من يقترب منه أو يلمسه لخطر الصعق الكهربي ولتلاشي هذا الخطر يتم تأريض جسم المعدة أي توصيلها بالأرض لكي يصبح جهدها يساوي جهد الأرض (يقترب من الصفر).

تأريض المعدات لا يعني توصيل جسم المعدة بالأرض فقط ولكن أيضا توصيل كل الأجزاء المعدنية والقواعد والمنشآت التي لا تحمل تيار بالأرض عن طريق معدات وأدوات تأريض.

في نظام التأريض الوقائي عند حدوث خطأ تلامس بالأغلفة أو الأجسام المعدنية في المعدات المؤرضة يمر تيار كبير من الموصل المكهرب إلى الأرض يتسبب في فصل مصدر التيار عن طريق أجهزة الحماية من خطأ التسرب الأرضي ولا يمر بجسم أي فرد يكون ملامسا للمعدة أثناء الخطأ نتيجة ارتفاع مقاومة الإنسان (أكبر من 1000أوم) بالنسبة لمقاومة الأرض (أقل من 25أوم) والتي تصل في بعض الأحيان إلى اقل من 1أوم ويظل جهد الأجزاء المعدنية منخفض جدا أثناء حدوث الخطأ (معتمداً علي قيمة مقاومة الأرض) أي كلما كانت مقاومة الأرض كبيرة كلما كان جهد جسم المعدة اكبر وبالتالي يلزم أن تكون مقاومة الأرض صغيرة إلى قيم لا تسمح بارتفاع الجهد إلى الحد الذي يكون فيه خطر علي حياة الأفراد.

٣-٨-٤ التأريض الشبكي:

يستعمل هذا النوع في الأماكن ذات الجهود العالية مثل محطات الإنتاج ومحطات التحويل لكونها أكثر عرضة لتيارات القصر وذات قيم عالية جداً وهي تسبب خطراً كبيراً إذا واجهت عن تسربها إلى الأرض مقاومة ولو قليلة، وتكون هذه المنظومة متناسبة في صغر المقاومة ويمكن تحقيق ذلك بجعل قضبان التأريض موزعة على التوازي لتقليل مقاومتها كما يمكن تقليل قيمة محصلة مقاومة التوازيفي التأريض الشبكي بأن تستعمل الأقطاب الرأسية ليخرج منها على طول ارتفاعها عدداً آخر من الأقطاب الأصغر لتكون أفقية الوضع فتصبح متوازية التوصيل لتقل المقاومة لكل قطب رأسي وبذلك نصل إلى اقل قيمة للمقاومة الأرضية. [٤]



شكل رقم (٠-٤): نظام التأريض الشبكي

٣-٨-٥ التأريض الاستاتيكي:

يستخدم لغرض ضمان تسرب الشحنات المستقرة التي تتولد في الحاويات والخزانات أثناء التحميل أو التفريغ والناتجة عن حركة السوائل بها واحتكاك المعادن ببعضها وتستخدم هذه المنظومة بدقة متناهية خاصة في المصافي النفطية وأماكن شحن المواد القابلة للإنفجار.

٣-٨-٦ التأريض المحلي:

يتم التأريض المحلي بالمواقع العامة والسكينة ذات الكثافة السكانية أو المناطق الصناعة ذات الاستهلاك الكهربائي الكبير وفي أماكن متباينة في المدن حتى تمنع من ارتفاع جهد نقطة التعادل وذلك بوضع أقطاب نحاسية مثلثة الشكل أو متوازية الاضلاع على أن لايقل طول الضلع عن 2 متر وتدفن داخل الأرض على عمق كبير عن سطح الأرض وطبقاً للمواصفات المعمول بها.

٣-٨-٧ التأريض المؤقت :

التأريض المؤقت هو توصيل أجزاء من الدائرة الكهربائية مثل الخطوط وقضبان التوزيع والمعدات الكهربائية والتي لا يوجد عليها مفاتيح تأريض وذلك لزيادة الأمان بالنسبة للأفراد والمعدات أثناء عمليات الصيانة والإصلاح وينقسم إلى نوعين رئيسين:

١/ تأريض مؤقت للمعدات تركب خارج المبنى:

هي عبارة عن أربع ماسكات معدنية مثبت فيها كابلات تأريض مرنة بأقطار وأطوال مناسبة، ثلاثة منها تركب على المعدة أو الجزء المراد تأريضه بينما الرابع يكون مثبت في شبكة وقضيب تأريض بحيث يثبت أولاً في منظومة التأريض

قبل أن يوصل في الخطوط أو المعدات المفصولة بواسطة عصا عازلة ويجب عند إزالته أن يرفع من على الخطوط أو المعدات وأولاً ثم بعدها يفصل من منظومة التأريض .

٢/ تأريض مؤقت للمعدات تركب داخل المبنى:

معدة تأريض المعدات الداخلية تشبه في تركيبها قاطع التيار للخلاياالمراد تأريضها وتوضع مكان قطاع التيار القابل للتحريك بعد خروجه من الخلية وذلك لتأريض قضبان التوزيع أو جزء منها أو تأريض كابلات المغذيات ويوجد تصميمات عديدة منها :

أ. عربة (معدة) تأريض قضبان التوزيع Bus-bar grounding.

ب. عربة (معدة) تأريض كابلات المغذيات Cable grounding device.

ج. عربة (معدة) شاملة لتأريض قضبان التوزيع أو كابلات المغذيات.

النوع الأول يكون له ثلاثة أذرع فقط تدخل في فتحات لتلامس قضبان التوزيع بحيث أنه لا تدخل في فتحات تلامس أطراف الكابل مقصورة مع بعضها ملصقة مع جسم العربة الذي يلامس قضبان التأريض أثناء دخول العربة إلى الخلية. وبذلك يتم قصر أطراف قاطع الدائرة عند توصيل نقاط التلامس الرئيسة بآلية ميكانيكية تعمل بنفس أسلوب قاطع التيار.

النوع الثاني مثل الأول ولكن أذرع قضبان التوزيع تكون قصيرة جداً ومقصورة مع بعضها ومع جسم المعدة المؤرض بينما اذرع أطراف الكابلات تكون طويلة، وعند دخول العربة إلى الخلية وتوصيل الملامسات الرئيسي لها يتم تأريض كابلات المغذيات.

النوع الثالث وهو معدة أو عربة واحدة تستخدم لتأريض قضبان التوزيع أو كابلات المغذيات حيث أنه يوجد به ثلاثة أذرع يمكن تركيبها أو إزالتها في أماكن الدخول في فتحات قضبان التوزيع أو في فتحات الكابلات المغذيةوعند تركيبها في إحدى الوضعيتين يتم تثبيت كابل تأريض مرن بماسك معدني مناسب إلى شبكة التأريض الرئيسية وموصل إلى ثلاثة كابلات أخرى كل منها موصل في رأس من أذرع عربة التأريض ويسمى عنقود التأريض ويجب أن يتم توصيله على عربة التأريض وهي خارج الخلية ثم إدخالها وهي مؤرضة في موضع الخلية بعد التأكد من عدم وجودجهد على الجزء المراد تأريضه بواسطة أجهزة اختبار الجهد العالي. [٥]

٣-٩ طرق التأريض :

تأريض المنظومة أصبح أمراً ضرورياً في عمليات تصميم أداء وحماية منظومات القوى ، ويتضح مما سبق أنه يمكن التأريض بين نقطة التعادل والأرضي بإحدى الطرق الآتية:

١. التأريض المباشر :

وهذه الطريقة يتم فيها توصيل نقطة التعادل مباشرة بالأرض دون وجود أي مقاومة وهذه الطريقة يكمن الخطر فيها إذا حصل التماس بأحد الأطوار بالأرض يسري تيار عطب عالي جداً قد يسبب أضرار وتتضاعف قيمة جهد الأطوار الأخرى وتسبب انهيارات في العازلية للأطوار الأخرى إن لم تكون هناك وقاية سريعة تفصل العطل.

٢. تأريض بمقاومة :

ويكون بتوصيل نقطة التعادل بالأرض من خلال معاوقة عادةً ما تكون مقاومة لغرض تحديد قيمة تيار العطل ولكن يجب حساب كل قيم تيار العطل قبل حدوثه لكي يتم اختيار قيمة المقاومة وبشكل عام يتم اختيار المقاومة بالقانون التالي:

$$R = 1Cr + Cs + Ct$$

حيث C السعة بين الأرض والأطوار الثلاثة.

٣. التأريض بمفاعلة :

يكون التوصيل بين نقطة التعادل من خلال ملف ثابت القيمة ويستخدم لتقليل تيار الخطأ الأرضي ويستخدم في تأريض نقطة التعادل لمولدات الجهد المنخفضة أقل من 1000 فولت ويتم اختيار قيمة المفاعلة على حسب القيمة السعوية للخط والتي تتغير قيمتها مع تغير قيمة التيار المار فيها بحيث تتناسب مع أقصىتيار خطأ أرضي أي أن مقاومتها لتيار خطأ الأرضييتم ذاتياً بمعنى أنه كلما زاد التيار المار فيها زادت مقاومتها له إلى قيمة قصوى محددة لا يمكن تغييرها.

٤. التأريض بملف متغير كابس للقوس :

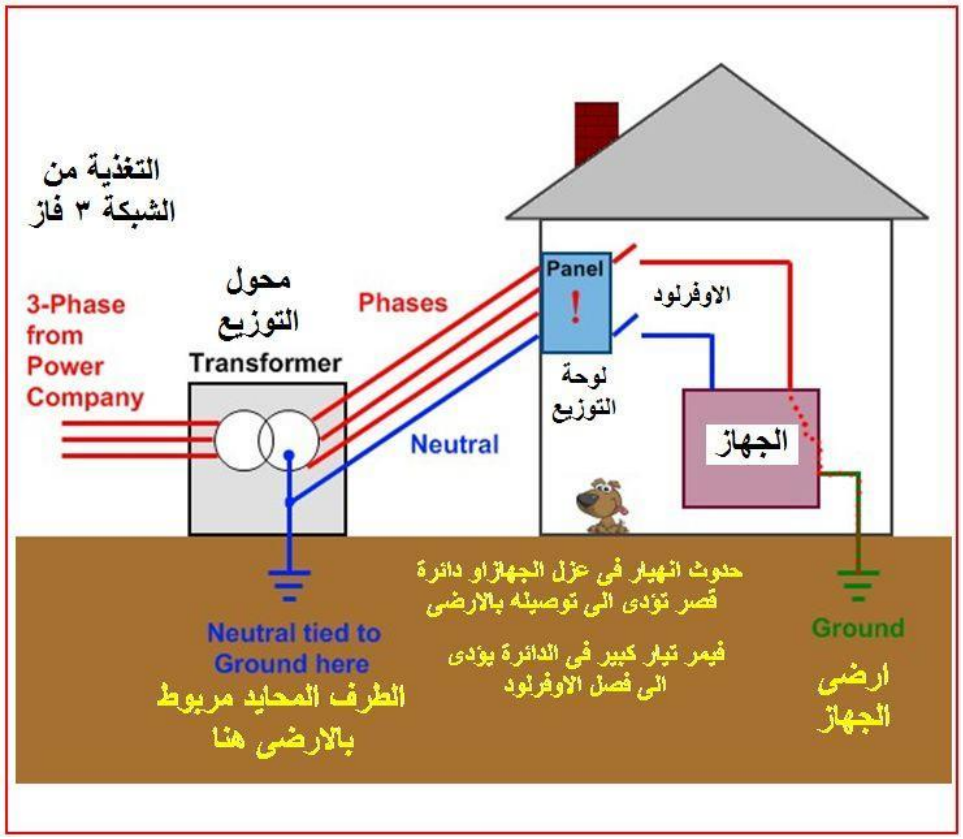
نفس فكرة المفاعلة الثابتة ولكن يكون فيه التوصيلعن طريق ملف متغير القيمة (مفاعلة حثية) ثم ضبط قمتها بحث تعادل قيمة المفاعلة السعوية للخط أو والوجه أثناء خطأ التماس ويمكن تغيير القيمة القصوى لها بتغيير نقاط التلامس عليها تتحكم في عدد اللفات لها ويمكن تغيير قيمتها القصوى يدوياً أو أوتوماتيكياً عن طريق دوائر مراقبة وتحكم.

- **مزايا التأريض بمفاعلة:**

- الحد من تيار الخطأ إلى قيم لا تؤثر على المنظومة.
- العمل على إخماد القوس الأرضي.
- تقليل حدوث تداخلات موجية مع أجهزة وكابلات الاتصالات.

٥. تأريض الدوائر الموصلة دلتا (Δ)

تؤرض الدوائر ذات الثلاثة أوجه والموصلة دلتا عن طريق محول تأريض وأحياناً يسمى محول زقزاق Zigzag transformer حيث ينشئ نقطة تعادل لدوائر الدلتا والتي لا يكون لها نقطة تعادل ثم توصل هذه النقطة بالأرض ويعتبر التأريض هنا بمفاعلة حيث يعمل على تقليل مقاومة تيار خطأ التماس بالأرض لحظة ارتفاع التيار. [٦]



شكل رقم (٠-٥):شبكة التوزيع الأمثل للأحمال

الفصل الرابع

٤-١ مقاومة منظومة التأريض:

تعتبر مقاومات التأريض من الأجهزة المنتشرة في المنظومات الكهربية المختلفة نظراً لفاعليتها ولعامل الأمان العالي لها وتعتبر من الأنظمة الحديثة المتبعة اليوم في محطات الكهرباء وتكون متصلة بجانب محولات القدرة وموصلة في جانب الثانوي للمحول لحماية ملفات المحول من تيار العطل .

يجب التحقق قبل إنشاء منظومة الأرضي من مقاومة الأرض أولاً لكون نجاح المنظومة أو فشلها تعتمد بشكل أساسي على مقاومة الأرض وعلى هذا الأساس يتم اختيار طريقة عمل منظومة الأرض وتتكون مقاومة التأريض من:

١. مقاومة قضيب التأريض ومقاومة الموصلات المربوطة في القضيب.
٢. مقاومة التلامس بين قضيب التأريض والتربة.
٣. مقاومة الأرض المحيطة بقضيب التأريض.

كما نعلم أن مقاومة القضيب يمكن التقليل منها بصناعته من مادة جيدة وكذلك تطويل القضيب من المقاومة الكلية ، أما مقاومة التلامس يمكن تخفيضها بتوصيل قضبان على التوازي.

أما مقاومة الأرض المحيطة بقضيب التأريض تعتمد على عدة عوامل منها نوعية التربة ومقاومتها النوعية وكيفية معالجة التربة ودرجة الرطوبة. [٦]

٤-٢ مشاكل مقاومة التأريض بمحطات النقل :

مقاومة التأريض تكون مربوطة مع ملفات محولات القدرة لامتصاص تيار العطل الناتج عن الأخطاء فهي فعالة في التفريغ اللحظي وتمثل حماية هامة لملفات المحولات من الأعطال الأرضية ولكن لها عيوب ومشاكل تتمثل في الآتي :

١- صعوبة اكتشاف الأعطال في حالة التيارات المنخفضة.

٢- ارتفاع قيمة الجهد عند حدوث العطل بصورة كبيرة تستلزم أن يكون العزل كبيراً.

٣- تقليل حساسية الحماية التفاضليةDeferential inlet relay (كلما زادت مقاومة التأريض كلما كان الفرق بين التيار الداخل والخارج بين ملفات المحول صغيرة وهذا الفرق يقلل حساسية المرحل لهذه النوعية من الأعطال مما يؤدي إلى فشل الحماية).

٤- كلما زادت قيمة مقاومة التأريض كلما صعب التفريق بين الأعطال الأرضية التي ترجع تيارها من خلال دائرة الأرضي وبين تيار الـ Un balance current الذي ينشأ عن عدم اتزان الأحمال على الأوجه الثلاثة.

٤-٣ المقاومة النوعية للتربة:

تؤثر المقاومة النوعية للتربة على مقاومة الأرض وهي من أهم المؤثرات على منظومة الأرض وتعتمد على عدة عوامل هي:

١. نوع التربة:

هناك عدة أنواع من التربة حسب طبيعة المنطقة والجدول التالي يوضح أنواع التربة وقيم مقاومتها النوعية :

جدول رقم (٠-١): نوع التربة

نوع التربة	المقاومة النوعية (أوم.متر)	
	القيمة التقريبية	القيمة المتوسطة
تربة رطبة	10-50	30
تربة طينية	20-200	100
تربة رملية رطبة عمق ٢ متر	200-600	450
تربة رملية جافة	500-1500	1000
تربة صخرية خفيفة عمق 2 متر	200-2000	1500
تربة حجرية	300-8000	3000

٢. رطوبة التربة أو مستوى الماء فيها:

لرطوبة التربة تأثير مباشر على مقاومة التربة فلكما زادت رطوبة كلما انخفضت مقاومة التربة. فالمطر والمناطق الممطرة تكون تربتها ذات مقاومة منخفضة لذا يجب وضع القضبان على عمق كافي لوصولها إلى مستوى الماء في الأرض أو ريها حين الجفاف.

٣. المقاومة النوعية في السوائل الموجودة بالتربة:

ويتم ذلك بأخذ عينة للسوائل الموجودة أو المختلطة بالتربة من مكان ما داخل منظومة الأرضي وتحليلها ومن ثم معرفة المقاومة النوعية لها.

٤. حرارة التربة وتأثير الفصول الأربعة عليها من حيث الحرارة:

عندما تتجمد التربة ترتفع مقاومتها بصورة عالية وقد تصبح التربة غير صالحة خلال فصل الشتاء القارص والجدول التالي يوضح علاقة حرارة الجو بالمقاومة النوعية للتربة:

جدول رقم (٠-٢): علاقة حرارة الجو بالمقاومة النوعية للتربة

Temperature (°C)	Temperature (°F)	Resistivity Ohm.m
20	68	72
10	50	99
0	32 (water)	138
0	32 (ice)	300
-5	23	790
-15	14	3.300

٤-٤ طرق خفض مقاومة التأريض:

بعد الانتهاء من إنشاء أي منظومة أرضي بعد الدراسة طبعًا يتم قياس المنظومة فإذا وجدت أكبر من القيمة المسموح بها يتم خفض مقاومة الأرض بالطرق التالية :

ملاحظة: القيم المسموح بها لمقاومة الأرض تختلف من قيمة إلى أخرى لكن غالباً الحد الأقصى 25 أوم، غير أن في بعض الدول لا تسمح أكثر من 10 أوم مثل بريطانيا والنظام الأمريكي يسمح حتى ٢٥ أوم .

١/ زيادة قطر قضيب التأريض :

وذلك لزيادة المساحة المعرضة لملامسة التربة إلا أن زيادة القطر لا يتبعها انخفاض كبير في المقاومة وزيادة القطر بشكل كبير يزيد المقاومة ولذلك الحد الأقصى للقطر 20 ملم.

٢/ زيادة طول قضيب التأريض :

يمكن أن يتم ربط أكثر من قضيب عن طريق توصيلها بالمعدن للحصول على الطول المناسب ورغم أن أقصى طول موصى به عالمياً 240 سم للتربة العادية وتتفاوت الأطوال بتفاوت نوع التربة والمنظومة.

٣/ زيادة عدد قضبان التأريض :

يمكن استخدام أكثر من قضيب مدفون في الأرض على مسافات لا تقل عن ٢٤٠ سم بين القضيب والأرض.

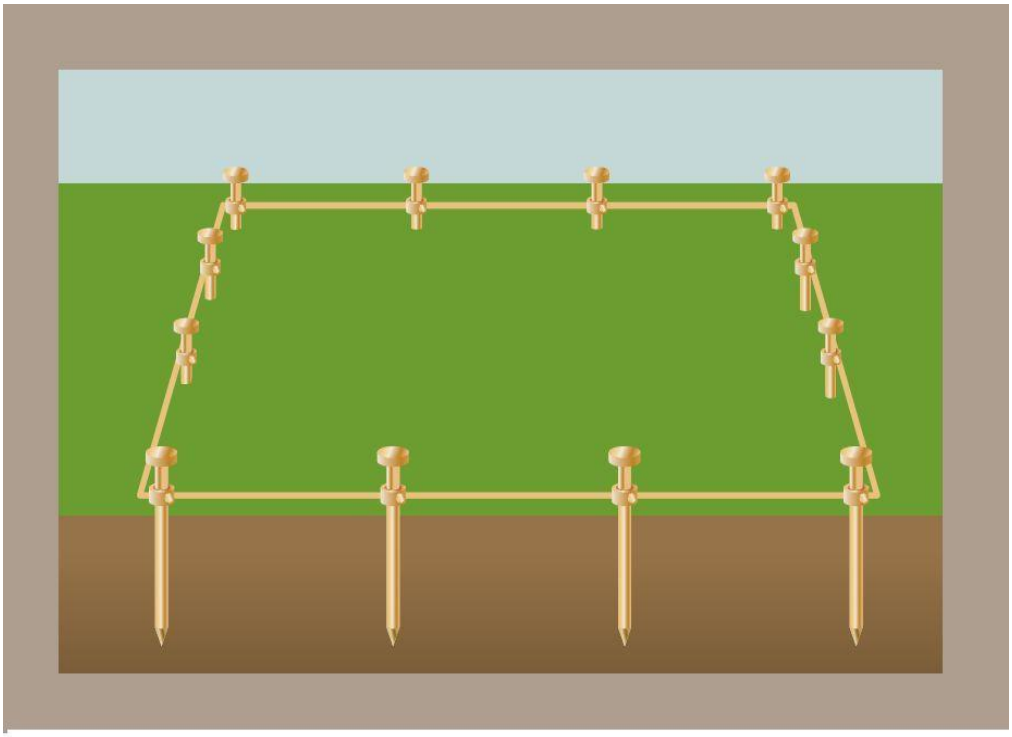
٤/ معالجة التربة كيميائياً:

تعالج التربة المحيطة بقضيب التأريض كيميائياً للحصول على مقاومة التأريض بأحد الطرق التالية:

أ. عمل حفرة مجاورة لقضيب التأريض وتبعد عنه بمسافة لا تزيد عن 10 سم وتملأ بألواح كبريتات المغنيسيوم أو كبريتات النحاس أو ملح صخري حتى منسوب 30 سم من سطح الأرض ويصعب تنفيذ هذه الطريقة في حالة عدم توفر فراغ كافي بجوار قضيب التأريض.

ب. أو يتم عمل خندق دائري حول قضيب التأريض الذي لا يقل القطر الداخلي للخندق عن 45 سم وعمق 30 سم. ويملأ هذا الخندق بالمواد الكيمائية السابق ذكرها لذا لا يكون هناك اتصال مباشر بين المواد الكيمائية وقضيب التأريض حتى لا يتسبب في تكوين طبقة من الصدأ على ذلك القضيب والكمية التي يفضل وضعها تكون في حدود 18 إلى 40 كيلوجرام من مادة كبريتات النحاس لرخص ثمنه وجودة توصليها الكهربائي ويستمر مفعول هذه الكمية لمدة سنتين ثم يكرر وضعها مرة أخرى، ويتم غمر بئر التأريض في بادئ الأمر بالماء حتى يساعد على تسرب المواد الكيميائية للتربة أما بعد ذلك فإن مياه الأمطار كافية لإتمام العملية.

يجب أن يتم قياس مقاومة التربة على أعماق مختلفة وتختلف المقاومة باختلاف العمق ولأنه من غير المنطقي إدخال الكترود على أعمال كبيرة لقياس المقاومة فتستخدم عدة طرق للقياس بأجهزة مختلفة ومتطورة ولكن سيتم القياس عن طريق هبوط الجهد :



شكل رقم (٠-١): توزيع قضبان التأريض داخل الخندق

- **طريقة هبوط الجهد:**

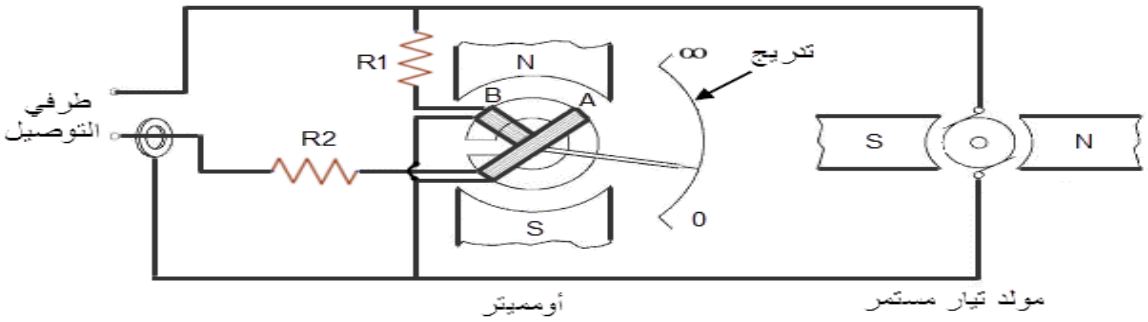
وهي عبارة عن إضافة أقطاب مساعدة لقياس مقاومة القطب المراد حساب مقاومته بقانون أوم ($Ra = Vab/I$)

بحيث يمر التيار من القطب a إلى القضيب c عن طريق الأرض ويوصل جهاز فولتميتر بين القطب a وذلك لقياس فرق الجهد بينهما وكذلك نقوم بتوصيل بطارية وجهاز أميتر في الأقطاب a و c لقياس فرق الجهد الناتج في جهاز الفولتميتر وعند التطبيق بالقانون أعلاه تحصل على مقاومة القضيب. [٧]

٤-٥ جهاز قياس مقاومة الأرضي:

هناك العديد من الأجهزة التي تستخدم لقياس مقاومة الأرضي تم توضيحها في الملاحق ومنها جهاز قياس مقاومة الأرضي .

الشكل العام للجهاز :



شكل رقم (٠-٢):جهاز قياس مقاومة الأرضي

- **مميزات الجهاز:**

- دقة عالية تصل إلى 1 ملي أمبير.
- صحة قراءات عالية في قراءات التربة ومقاومة الالكترود.
- جهد الاختبار 50 فولت للأمان.
- بطاريات قابلة للشحن.
- جهاز محصن يمكن العمل به في ظروف التشغيل المختلفة
- وجود فلتر على القراءات وإمكانية استخدام التدريج

-تعليمات الأمان أثناء قياس مقاومة الالكترود :

١. ممنوع لمس أي من الاسلاك الموصلة بالإلكترودات أثناء عمل الاختبار حتى لا يتعرض الشخص لصدمة كهربية.

٢. أثناء العمل بالقرب من الجهد العالي يجب ارتداء أحذية أمان.

٣. يجب تركيب فيوزات أمانبشبكة الأرضي خصوصاً عند الجهود العالية.

٤. يجب أن يكون الأفراد مدربين على استخدام أجهزة القياس بطريقة صحيحة وآمنة .

الفصل الخامس

٥-١ الأجهزة المستخدمة في عملية القياس :

عند الحاجة لعمل إختبارات وقياسات لفحص التأريض والمقاومات نحتاج لأجهزة خاصة بقياس المقاومة والتيار لعمل تلك القياسات مثل الأجهزة التالية :

١/ جهاز الأوفميتير الذي يقوم بقياس الجهد بين كل خط والمحايد ويقيس أيضا المقاومة موضح في ملحق A .

٢/ جهاز لقياس مقاومة الأرض بواسطة الالكترودات وهو جهاز (Earth/Ground tester 1625) الذي تم توضيحه في الملاحق (E) و (D).

٣/ جهاز كلاميتر Clampmeter وتم استخدامه لقياس المقاومة بين كل خط وقضيب الأرضي وكذلك الجهد بين كل خط والمحايد وبين المحايد وقضيب الأرض .

٥-٢ قراءات الأجهزة:

تم أخذ القراءات في الفترة من الساعة (١٢-٣) مساء على مدى عشرة أيام في محطة عطبرة الرئيسية وبعض المحولات داخل مدينة عطبرة وكانت القراءات كالآتي:

جدول رقم (٥-١): قراءات الجهد بين المحايد وكل خط وكذلك مقاومة الأرضي

الرقم	المنطقة	نوع المحول	KVA	القراءات				E (Ω)
				L1-N	L1-N	L3-N	E-N	
1	محطة التوزيع ١	أرضي	500	248	248	247.4	238	1.6
2	محطة التوزيع ٢	أرضي	1000	223	225	223.6	218	0.6
3	محول الجيش	هوائي	200	247.5	248	247	245.5	11.3
4	محول الحصايا	هوائي	200	239	243	244	21	52
5	الشرقي مربع ٢ جنوب	أرضي	1000	246.5	246.9	247.5	55	45
6	الشرقي مربع ٢ شمال	أرضي	750	248.8	247.6	248.8	3	7.83
7	الشرقي مربع ٧ شمال	ارضي	1000	247.3	248.5	248.4	4	42
8	الشرقي مربع ٨	أرضي	500	247.7	246.8	248.4	4	35
9	الوحدة	أرضي	500	246	247	247	0.18	10.7
10	المربعات	أرضي	500	242	244	245	3.3	18

جدول رقم (٠-٢): قراءات الجهد بين الأرضي وكل خط

الرقم	المنطقة	L1 - E (V)	L2 - E (V)	L3 - E
1	محطة التوزيع ١	238	238	9.2
2	محطة التوزيع ٢	281	289	9.4
3	محول الجيش	428	427	2
4	محول الحصايا	242	262	4.8
5	الشرقي مربع ٢ جنوب	190	283.8	267
6	الشرقي مربع ٢ شمال	250	248	247
7	الشرقي مربع ٧	257.3	243.6	248
8	الشرقي مربع ٨	243	249	249
9	الوحدة	246.7	247	247
10	المربعات	246.6	241.7	245.5

جدول رقم (٠-٣): قراءات التيارات لكل خط

الرقم	المنطقة	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)
1	محطة التوزيع ١	31	15.4	23
2	محطة التوزيع٢	33	19	32
3	محول الجيش	26.1	29	23
4	محول الحصايا	80	71	95
5	الشرقي مربع ٢ جنوب	140	115	57
6	الشرقي مربع ٢ شمال	70.5	158.5	116.5
7	الشرقي مربع ٧	5.8	23.3	9.9
8	الشرقي مربع ٨	69	42	56
9	الوحدة	53	73	60
10	المربعات	45	159	89

٥-٣ الحسابات

لكي نقوم بعمل الحسابات لإيجاد قيم تيارات المحايد نستخدم قانون المركبات المتماثلة لإيجاد قيم التيارات لكل محول على النحو التالي:

بجمع التيارات حسب قانون المركبات المتماثلة لكي نتحصل على قيمة تيار المحايد بواسطة الآلة الحاسبة الرقمية بحساب القيم الحقيقية والتخيلية وتحويلها لقيمة حقيقية كل كمية بزاوية طورها كما في المعادلة التالية :

$$I_N = I_1\angle 0 + I_2\angle 120 + I_3\angle -120$$

١/ بالنسبة لمحول التوزيع ١

$$I_{N1} = 31\angle 0 + 15.4\angle 120 + 23\angle -120$$

$$I_{N1} = 13.5A$$

٢/ بالنسبة لمحول التوزيع ٢

$$I_{N2} = 33\angle 0 + 19\angle 120 + 32\angle -120$$

$$I_{N2} = 13.53A$$

٣/ بالنسبة لمحول الجيش:

$$I_{N3} = 26.1\angle 0 + 29\angle 120 + 23\angle -120$$

$$I_{N3} = 3.5A$$

٤/ بالنسبة لمحول الحصايا

$$I_{N4} = 80\angle 0 + 71\angle 120 + 95\angle -120$$

$$I_{N1} = 21A$$

٥/ بالنسبة لمحول الشرقي مربع (٢) جنوب:

$$I_{N5} = 140\angle 0 + 115\angle 120 + 57\angle -120$$

$$I_{N1} = 73.74A$$

٦/ بالنسبة لمحول الشرقي مربع (٢) شمال:

$$I_{N6} = 70.5\angle 0 + 158.5\angle 120 + 116.5\angle -120$$

$$I_{N1} = 76.23A$$

٧/ بالنسبة لمحول الشرقي مربع (٧):

$$I_{N7} = 5.8\angle 0 + 23.3\angle 120 + 9.9\angle -120$$

$$I_{N7} = 15.85A$$

٨/ بالنسبة لمحول الشرقي مربع (٨):

$$I_{N8} = 69\angle 0 + 42\angle 120 + 56\angle -120$$

$$I_{N8} = 23.38A$$

٩/ بالنسبة لمحول الوحدة:

$$I_{N9} = 53\angle 0 + 73\angle 120 + 60\angle -120$$

$$I_{N9} = 17.57A$$

١٠/ بالنسبة لمحول المربعات (المأذون):

$$I_{N10} = 45\angle 0 + 159\angle 120 + 89\angle -120$$

$$I_{N10} = 64.15A$$

٥-٤ التحليل :

١/ محول محطة التوزيع ١:

في هذا المحول وجد من القراءات السباقة أنه يوجد به عطل أرضي في الخط الثالث مما أدى إلى هبوط الجهد إلى (9.2V)وارتفاع الجهد بين المحايد والارضي تقريباً إلى نفس قيمة جهد الخط (238 V)، بالرغم من وجود مقاومة صغيرة جداً للأرضي (1.6Ω). ولكن العيب في هذا المحول أنه لم يتم تأريض نقطة التعادل (المحايد) وإنما تم تأريض جسم المحول فقط.

٢/ محول محطة التوزيع ٢:

هذا المحول نفس المشكلة التي نوقشت في محول نقطة التوزيع (١) وهبوط الجهد في الخط الثالث إلى (9.4 V) وارتفاع الجهد بين المحايد والارضي تقريباً إلى نفس قيمة جهد الخط (218 V)، بالرغم من وجود مقاومة صغيرة جداً للأرضي (0.6Ω).

٣/ محول الجيش :

هذا المحول له نفس المشكلة التي نوقشت في محول التوزيع وهبوط الجهد أي الخط الثالث إلى (2) وارتفاع الجهد بين المحايد والارضي تقريباً إلى نفس قيمة جهد الخط (245.5 V)، وأيضاً يوجد ارتفاع طفيف في مقاومة الأرضي (11.3Ω).

٤/ محول الحصايا (زمزم):

يوجد في هذا المحول عطل أرضي في الخط الثالث مما أدى إلى هبوطالجهد فيه إلى (4.8 V) وأيضاً هذا المحول يعاني من ارتفاع كبير جداً في مقاومة الأرضي (52Ω).

٥/ محول الشرقي مربع (2) شمال:

في هذا المحول كل قراءات الجهود ومقاومة الأرضي (7.83Ω) له مناسبة، ولكن تكمن مشكلة هذا المحول أن توزيع الأحمال في الخطوط ليس متساوياً، حيث وجد من القراءات أن أكثر التحميل على الخطالثاني والثالث، وعدم التوازنفيهذا المحول أدى إلى ارتفاع تيار المحايد (76.23 A).

٦/ محول الشرقي مربع (2) جنوب:

هذا المحول به خطأ أرضي خاص بالخط الأول مما أدى إلى هبوط الجهد فيه إلى (190 V) وارتفاع الجهد بين المحايد والأرضي إلى (55 V)، وكذلك يعاني من مشكلة مقاومة الأرضي العالية جداً (45Ω).

٧/ محول الشرقي مربع (٧):

هذا المحول كل قراءات الجهود له مناسبة، لكن يعاني من ارتفاع عالي جداً في مقاومة الأرضي (42Ω).

٨/ محول الشرقي مربع (8):

هذا المحول كل قراءات الجهود له مناسبة، لكنه يعاني من ارتفاع عالي جداً في مقاومة الأرضي (35Ω).

٩/ محول الوحدة:

نلاحظ أن هذا المحول أن كل القراءات له مناسبة، فقط توجد به زيادة طفيفة في مقاومة الأرضي (10.7Ω)

١٠/ محول المربعات (المأذون) :

هذا المحول كل قراءات الجهود له مناسبة، ولكنه يعاني من ارتفاع الي في مقاومة الأرضي (18Ω).

الفصل السادس

٦-١ النتائج :

مقارنة بين مقاومة الأرضي والجهد بين المحايد والأرضي:

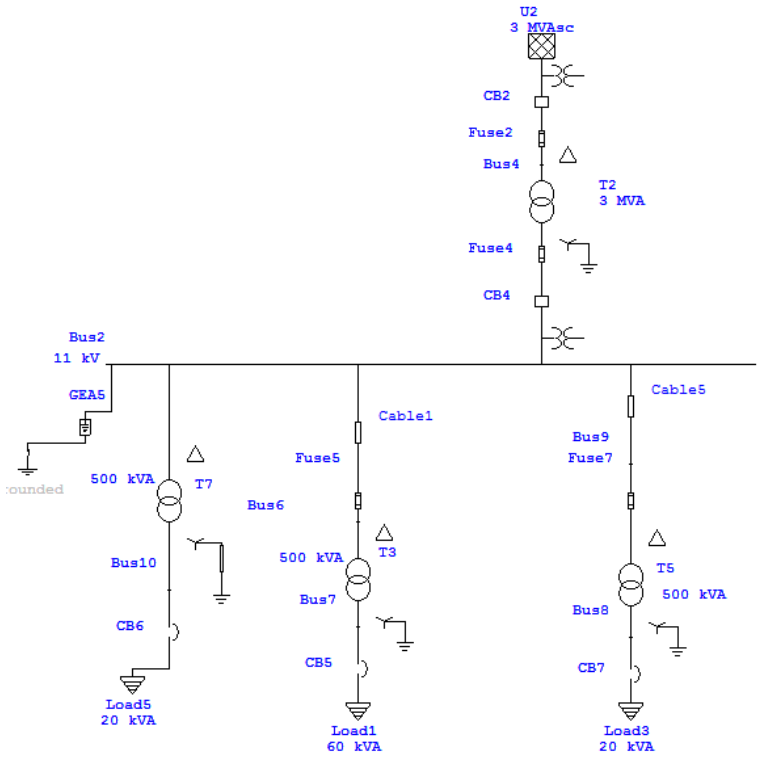
١/ من التحليل أعلاه وجد أنه كلما كانت مقاومة الأرضي كبيرة سوف يزداد الجهد بين المحايد والأرضي إلى قيمة كبيرة في بعض الأحيان قد تصل هذه القيمة إلى قيمة جهد الخط وهذا يحدث عند حدوث عطل أرضي في إحدى الخطوط.

٢/ من التحليل السابق للمحولات وجد أنه في أغلب المحولات تعاني من عدم التأريض الجيد حيث لوحظ ارتفاع كبير جداً في مقاومة الأرضي وهذا يرجع إلى أنه عند تأريض المحول لم يتم إجراء الاختبارات اللازمة مثل (نوعية التربة، طول القضيب وقياس مقاومة الأرضي) .

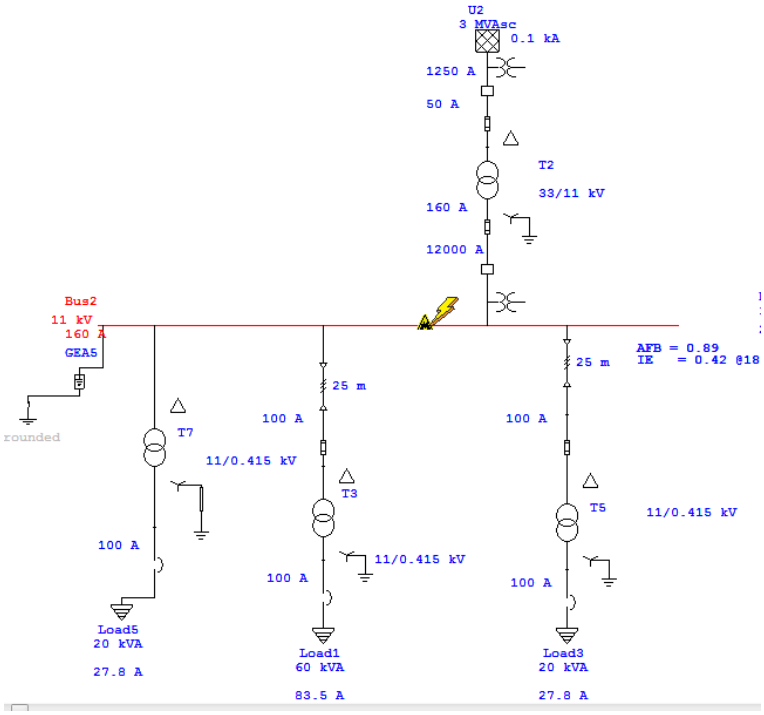
٣/ في حالة عدم تأريض نقطة التعادل والاكتفاء بتأريض جسم المحول فقط، وحدت عطل أرضي في خط أو أكثر فإن ملفات المحول لا تتأثر لحظياً وإنما بمرور الوقت إذا ما عولج العطل وذلك لتآكل العازل بين ملفات الضغط العالي وملفات الضغط المنخفض.

٦-٢ النمذجة والمحاكاة :

أولاً : المنظومة المؤرضة

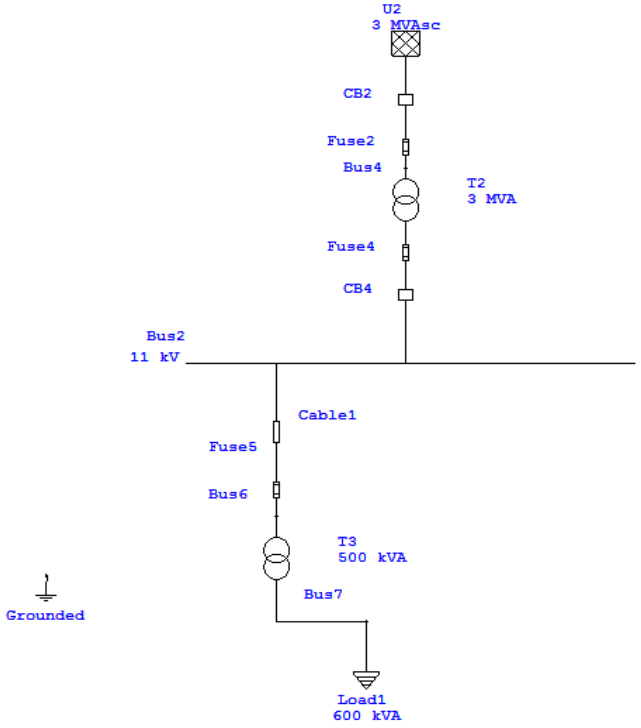


شكل رقم (٠-١) منظومة مؤرضة قبل حدوث تيار العطل

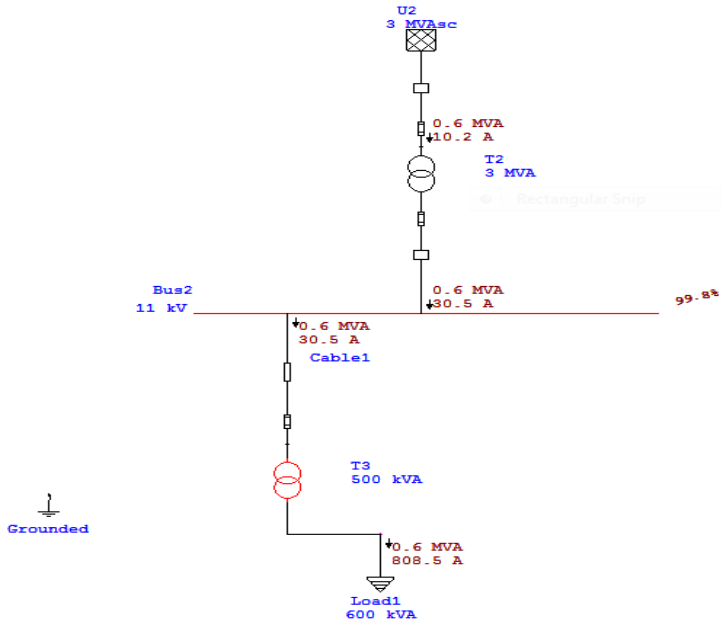


شكل رقم (٠-٢) منظومة مؤرضة بعد حدوث تيار العطل

ثانيا : المنظومة غير المؤرضة



شكل رقم (٠-٣): منظومة غير مؤرضة قبل حدوث تيار العطل



شكل رقم (٠-٤): منظومة غير مؤرضة بعد حدوث تيار العطل

شرح النمذجة والمحاكاة :

عندما قمنا بنمذجة ومحاكاة منظومة كهربية كاملة ببرنامج الإيتاب الخاص بالمحاكاة للشبكة الحقيقية حدث الآتي :

- في الشكل (٦-١) عند تأريض المنظومة في كل من T1، T5.... T2وتأريض الكوابل والقضيب الرئيسي إتضح أنه عندحدوث خطأ في المنظومة المؤرضة يقوم مرحل الحماية بإرسال إشارة الفصل للمنطقة المحمية فقط ويقوم بعزل المعدات المرتبطة بها داخل منطقة الحماية إذا كان الخطأ عابر أو ضمن مقننات التي يتحملها التأريض يقوم نظام التأريض بإمتصاص تيار العطل وتقليل قمته عند الحدود المقننة التي تتحملها المعدة التي مر فيها تيار العطل مع استمرار التغذية ويظهر كإنذار فقط (Alarm).
- في الشكل (٦-٢) عند حدوث حالة عدم إتزان بين الأوجه الثلاثة وجدنا أنه يحصل تفريغ لتيار نقطة تعادل المحول المربوطة في ملفات الثانوي عن طريق المقاومة وفي حالة حدوث عطل مثل الShort Circuit مع وجود عدم إتزان بين الأوجه يحدث خروج لكامل المنظومة عن الخدمة بإنقطاع التيار عنها يشبه حالة الإظلام التام وذلك لأن تيار العطل يكون أكبر من مقنن تصميم التأريض .
- في الشكل (٦-٣) عند حدوث عطل في البسبار الرئيسي يقوم المصهر بفتح الدائرة لحماية باقي المنظومة من تيار العطل فهو ليس به منظومة تأريض تمكنه من تسريب التيار في الشبكة التي بها نظام تأريض.
- في الشكل (٦-٤) حدث عطل في البسبار الرئيسي أدى إلى فقدان التغذية وذلك بخروج المحول المغذي الرئيسي للبسبار وفقدان التغذية لباقي المحولات المغذية من جهة الضغط المنخفض وحدث تلف في الكوابل لأنها غير محمية ولا يوجد نظام تأريض يقلل من تيار العطل المار في المنظومة.

والجدول التالي يبين القراءات والتغيرات التي حدثت لكل منظومة :

جدول رقم (٤-٠): مقارنة بين الجهود التي تم قياسها من المحولات والتي تم الحصول عليها من النمذجة والمحاكاة

الرقم	المنطقة	القدرة التي تم قياسها KVA	الجهد الذي تم قياسه Volt	الجهد المتحصل عليه من النمذجة
T1	محطة التوزيع ١	500	413	432
T2	محطة التوزيع ٢	500	413	429
T3	محول الجيش	500	406	429
T4	الشرقي مربع ٢	200	288	392
T5	المربعات شرق	200	401	427

٦-٣ الخلاصة :

من خلال دراسة محولات التوزيع والنقل التي تم اختيارها داخل مدينة عطبرة، وجد أن بعضاً منها يعاني من ارتفاع عالي جداً في مقاومة الأرضي وذلك من الواضح أنه لم يتم إجراء الاختبارات اللازمة عند تركيب قضيب الأرضي، وأيضاً هذه المحولات تعاني من ارتفاع في تيار المحايد بسبب عدم التوزيع المتساوي للخطوط وتعاني من مشاكل عدم الإتزان Un Balance.

بعض المحولات تحتاج لتغيير كامل لخطورتها رغماً عن أنها تعمل حاليا بسبب ضبطها في أعلى قيمة لمغير الجهد ال(Tap-Changer) لذلك هي تعمل وذلك لتآكل العازل بالملفات الداخلية الذي يظهر في قيمة المقاومة المرتفعة جدا وفي حالة حدوث عطل داخلي بين الملفات ستؤدي إلى حريق بالمحول نسبة لعدم وجود أي حماية تقلل من تيار العطل وبالتالي لا تكون صيانتها ذات جدوى لفقدانها العازلية الداخلية بين ملفاتها.

٦-٤ التوصيات :

١/ العمل على تأريض نقطة التعادل مع قضيب الأرضي بصورة جيدة حتى يجد تيار العطل الأرضي مساراً مناسباً بعيداً عن ملفات المحول.

٢/ العمل على مراجعة جميع نظم التأريض في جميع المحولات والصيانة الدورية لها وحساب توزيع الأحمال مع وضع التوسع في التوصيلات المستقبلية في الحسبان.

٣/ العمل على معالجة مشاكل التآكل الكيميائي الذي يسبب قلة الكفاءة للموصلات التي تعمل على تسريب تيار العطل وذلك بالنظافة الدورية بالصنفرة ومضادات الصدأ .

٤/ لابد من أن يكون نظام التأريض هو النظام الأساسي لأي منظومة تحتوي على محولات لحمايتها من تيارات التسرب الأرضي.

المراجع :

[١] المهندس علي شريف الحلفي ،، المختصر المفيد للتأريض ومانعة الصواعق ،، القاهرة : دار العلوم للطباعة والنشر ، ٢٠٠٨ ، ج ١ ، ص ص ٤٥ – ١١٠ .

[٢] أ.د. محمود جيلاني ،، نظم الحماية الكهربية (علم وفن) ،، القاهرة : نهضة مصر للطباعة والنشر ، ط١ ،٢٠٠٧.

[٣] د. عبدالمنعم موسى ،، التأريض الوقائي والحماية من الصواعق ،، بيروت : دار الراتب الجامعية ، ط٢ ، ١٩٩٣م .

[٤] د. صبحي طه ،، الأمن الكهربائي ،، دمشق : مطبعة دار المعرفة ، ط١ ، ١٩٨٧م .

[٥] د. فهر غالب حياتي ،، أصول الهندسة الكهربائية ،، جامعة الموصل ، العراق : دار الكتب للطباعة والنشر ، ط١ ، ١٩٨٨م .

[٦] د. تيسير عبدالرحمن اليسير،، أسس الهندسة الكهربائية ،، دمشق : مطبعة دار المعرفة ، ط١ ،١٩٨٧م .

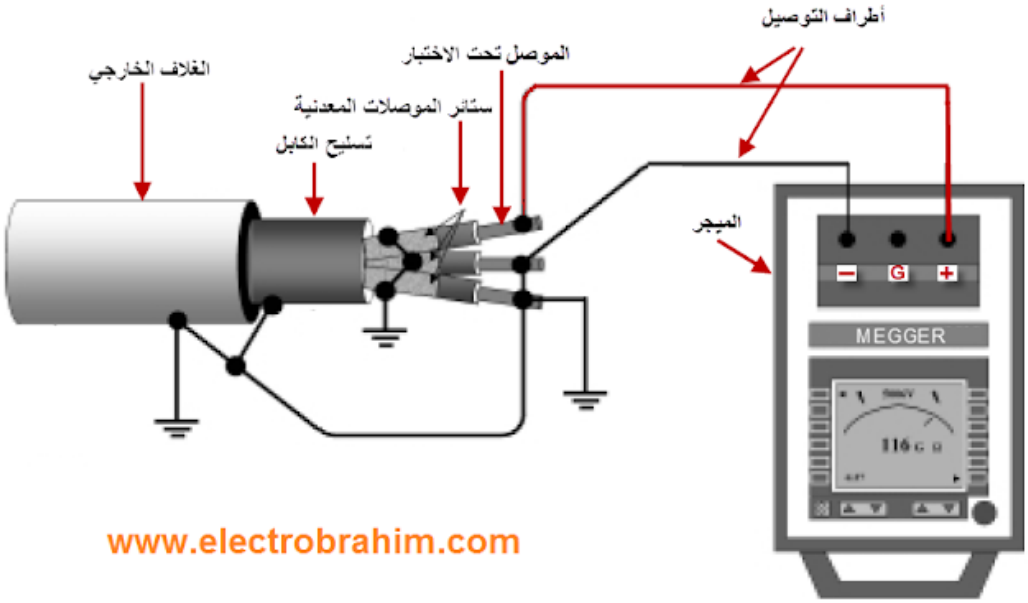
[٧] موقع التقنية الهندسي الإلكتروني www.tec-elec.com ، تسجيل الدخول ١٢,٩,٢٠١٨ .

الملاحق

بعض الأجهزة التي تم إستخدامها في قياس الجهد والتيار والمحايد والمقاومة

ملحق (A): جهاز أوفوميتر

ملحق (B): جهاز Megger EDT5/4D لقياس واختبار مقاومة التأريض



ملحق (C): كيفية عمل اختبار الكيبل بواسطة جهاز Megger

ملحق (D): شرح أجزاء جهاز Adapter Megger Smart

ملحق (E): طريقة توصيل جهاز الـ Megger الذي يستخدم لإختبار مقاومة التربة بواسطة الإلكترودات

ملحق (F): قراءات جهاز الـ Megger أثناء عمل الاختبار