

# منظومة تأريض الشبكة الكهربائية

## التأريض أو الأرضي (Earthing or Grounding)

يمكن تعريف الأرضي أو التأريض بأنه اتصال كهربائي عمل عن قصد بين جهاز كهربائي أو شبكة أجهزة من جهة وكتلة الأرض من جهة أخرى, لذا فإن التأريض مطلوب لتوفير السلامة للمنظومة الكهربائية وللعاملين في المنشأة وهذا معروف بشكل عام لدى الغالبية من الأشخاص ولكن غير واضح لدى النسبة العظمى من الناس كيفية تحقيق ذلك. ويمكن تشبيه الأرضي بطوق النجاة أو مظلة الهبوط حيث تقدر قيمتهما عند الحاجة لهما فأهمية وميزة الأرضي الجيد يمكن تقديرها مما يلي :

- أولا :** الأرضي يحمي الأفراد من خطر الصعق الكهربائي الناتج عن قصور العزل أو انهياره.
- ثانيا :** يقي من خطر التفريغ الكهربائي .
- ثالثا :** يحمي المعدات من أضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في جهد التغذية.
- رابعا :** يؤمن تشغيلًا مناسبًا للمعدات والمنظومات الكهربائية .

على أي حال يحتمل أن يشعر الشخص العادي بأنه غالبا لا تأثير للأرضي على المنظومات الكهربائية أو الأجهزة خلال الاشتغال العادي، مما يعطي انطباعا خاطئا بأنه من الممكن فصل الأرضي بدون ملاحظة أي تأثيرات ونتيجة ذلك يبدو (ظاهريا فقط) بأن موضوع الاتصال الأرضي الجيد من الاتصال الأرضي الرديء ليس ذا أهمية ولا تعرف فعالية الأرضي ما لم تجرى عليه فحوصات دورية من حين لآخر .

أبتداءا" يمكن اعتبار الكرة الأرضية كتلة هائلة جدا لاتحمل جهدا كهربائيا اي ان جهداها هو صفر. أما أجزاء المنظومة الكهربائية فيمكن ان تكون ذات جهد معين مقارنة بجهد الارض.

إن الموصلات الحية (Live Conductors) لأجزاء المنظومة الكهربائية تحمل عادة جهدا كهربائيا خلال أشتغالها الأعتيادي، أما الأجزاء المعدنية الأخرى كهياكل وحاويات الأجهزة الكهربائية فهي لا تحمل جهدا خلال أشتغالها الأعتيادي لكنها يمكن ان تكون ذات جهد عند حدوث عطب كهربائي مما يعرض المنشآت والعاملين الى الخطر إن لم يتم ألتخاذ إجراءات وقائية من بينها إيصال تلك الأجزاء إلى الشبكة الأرضية.

يمكننا الحصول على ارضي مناسب للدور السكنية مثلا باستخدام قضيب معدني واحد أو اكثر يدفن في التربة لغرض تحقيق التماس مع كتلة الأرض وتتوفر قضبان على شكل مقاطع يمكن ربطها ببعضها لغرض الحصول على قضيب بالطول المطلوب وتغرز في الأرض بواسطة الدق للوصول إلى طبقات الأرض ذات المقاومة النوعية الواطنة وبالتالي الحصول على مقاومة ارضي واطئة . وللحصول على مقاومة اقل يستخدم غالبا عدة قضبان تربط ببعضها على التوازي بواسطة موصلات أرضية لتكوين شبكة أرضية يمكن تشبيهها بشجرة كبيرة ، حيث تربط كافة المعدات الكهربائية والهياكل المعدنية بالشبكة وتمثل الأوراق بالنسبة للشجرة بينما تمثل توصيلات الأرضي بأغصان الشجرة وقابلو الأرضي الرئيسي بساق الشجرة في حين تمثل أقطاب الأرضي جذور الشجرة .

من شروط الأرضي الجيد أن تكون مقاومته اقل ما يمكن و تتراوح عادة بين ١~٥ أوم, وأن الحصول على مثل هذه القيم في تربة ذات مقاومة نوعية عالية لا يمكن الوصول إليه ببساطة الا باستخدام عدد معقول من الأقطاب الأرضية وهذا يعني كلف عالية ، لذا فان من الضروري حساب أعلى قيمة مقاومة يسمح بها على أساس المقاومة الكلية لدائرة العطب الأرضي التي تسمح بمرور تيار عطب كافي لأشتغال أجهاز الحماية والفصل. يجب أن تكون مقاومة الأرضي واطئة ولبيان ذلك ببساطة نحتاج لقانون أوم فقط وكالاتي:

Ohm's Law:  $E = R \times I$  :Where E is volts

R is the resistance in ohm

I is the current in amperes

نفترض ان هناك تجهيز كهربائي بجهد ٤٠٠٠ فولت ( ٢٣٠٠ فولت للأرض ) مع مقاومة كهربائية ١٣ أوم .ونفترض أن سلك عاري في هذا النظام مس جسم المحرك المتصل بالأرض من خلال مقاومة مقدارها ١٠ أوم. بتطبيق قانون أوم سيمر تيار مقداره ١٠٠ أمبير من جراء هذا العطب من المحرك إلى الأرض

$$I=E/R = 2300/(10+13)= 100 \text{ Amperes}$$

إذا حدث وأن لمس شخص جسم المحرك وهو على تماس مباشر مع الأرض فإنه سيتعرض إلى جهد كهربائي مقداره ١٠٠٠ فولت (١٠ أوم × ١٠٠ أمبير) وهذا الجهد الكهربائي كافي لقتل هذا الشخص .

ولو كانت قيمة مقاومة الأرض أقل من ١ أوم فإن الصعقة الكهربائية التي سيتعرض لها هذا الشخص ستكون ١٠٠ فولت أو أقل ( ١ أوم × ١٠٠ أمبير) و ستكون هناك فرصة أمام هذا الشخص للعيش .

هذا بالنسبة للشخص وكذلك المعدات الكهربائية يمكن أن تتلف عند تعرضها لمثل هذا الجهد الكهربائي .

## تعريف :

١. الشبكة الأرضية : هي مجموعة الموصلات التي يتم بواسطتها إيجاد اتصال كهربائي جيد بين الاجزاء والهياكل المعدنية المكشوفة وبين كتلة الارض.

٢. الأرضي (Earth pit): هو مجموعة من الموصلات أو الأقطاب (Electrodes) التي تدفن أو تغرز في الأرض بحيث توفر تماسا" جيدا وبأقل مقاومة ممكنة مع التربة المحيطة بها وبذلك تشكل واسطة الاتصال بين أجزاء الشبكة الأرضية الأخرى وكتلة الارض .

٣ . موصل الأرضي الرئيسي (Main Earthing Lead): الموصل الرئيسي الذي يربط مجموعة المعدات و الأجهزة الكهربائية إلى الأرض .

٤. موصل الربط (Bonding Lead) : هو الموصل الذي يربط بين هيكل أو حاوية الجهاز أو المعدة الكهربائية إلى موصل الأرضي الرئيسي.

٥. التأريض الوظيفي (Functional Earthing): وهو تأريض نقطة الحيادي (Neutral Point) لمحولات القدرة و تأريض النقاط المشتركة لمحولات التيار (Common Points) وذلك لأسباب تشغيلية.

٦. التأريض الستاتيكي (Static Earthing) : ويستخدم لغرض ضمان تسرب الشحنات المستقرة التي تتولد في الحاويات و الأوعية و الخزانات نتيجة تصادم السوائل الهيدروكربونية بجدران تلك الحاويات والأوعية والخزانات أثناء التحميل أو التفريغ , حيث إن توفر تأريض جيد يؤدي إلى تسرب الشحنات المتولدة إلى الأرض وعدم تكون جهد خطر على تلك الأوعية والخزانات و الحاويات.

٧. التأريض لغرض الحماية من الصواعق ( Earthing Lightning Protection):

ويستخدم لغرض تسريب التيارات العالية جدا التي تنتج عند حدوث تفريغ كهربائي ناتج عن الصواعق وبذلك تتم حماية المنشآت من أخطار الحريق و الدمار الذي يمكن أن ينتج عند عدم وجود حماية من الصواعق.

## المبادئ العامة لتصميم الشبكة الأرضية :

١- تقليل فرق الجهد بين الأجزاء المعدنية المكشوفة المتجاورة وكذلك بينها والأرض من ناحية أخرى ويكون ذلك بالربط متساوي الجهد بين الأجزاء المعدنية المتجاورة من ناحية وكذلك ربطها بشبكة أرضية ذات مقاومة كهربائية واطئة قدر الإمكان من ناحية أخرى حيث يؤدي ذلك إلى تقليل جهد التماس (Touch Voltage) وبالتالي إلى حماية الأشخاص من الصعقات المميتة.

٢- تقليل ممانعة القطب الأرضي و يكون ذلك باستخدام موصلات للشبكة الأرضية ذات حجوم 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 للتأسيسات من الاعطاب و الحرائق 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.

ان الأجزاء الرئيسية لممانعة دائرة العطب الارضي تتكون مما يلي :

أ - في منظومة كهربائية من نوع TT تكون ممانعة دائرة العطب الأرضي فيها من مقاومة موصلات الدائرة و موصلات الشبكة الأرضية هي مقاومة واطئة جدا عادة، ثم مقاومة أقطاب الارض عند كل من جهة المصدر (مقاومة نقطة الحيادي للمحولة الى الارض ) وجهة المستهلك، ويفترض ان تكون مقاومتها قليلة (جزء من الأوم لغاية بضع أومات) ان كانت أقطاب الأرضي بحالة جيدة، وأخيرا مقاومة منطقة العطب وتتبع مقاومتها طبيعة ونوع العطب. وفي 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 دوريا.

ب - في منظومة تغذية كهربائية من نوع TNتتكون دائرة ممانعة العطب الأرضي هنا كليا من موصلات الدائرة و موصلات 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 المنظومات من نوع . TT

## تحليل لممانعة القطب الارض :

- تتكون ممانعة القضيب الأرضي من ثلاثة مركبات :
- ١- مقاومة معدن القطب Rod metal resistance .
  - ٢- مقاومة التماس بين معدن القطب والتربة المحيطة به مباشرة Metal to earth contact resistance .
  - ٣- مقاومة التربة Soil resistance نفسها إلى كتلة الأرض المرجعية (الكلية) وهي تعتبر اكبر المركبات الثلاث

## فحص منظومات الأرضي

لغرض التأكد من سلامة الأرضي تجرى فحوصات دورية على شبكة الأرضي والتي يتطلب خلالها اتخاذ التحوطات و الاجراءات التالية و يتم أولا فحص شبكة الأرضي بواسطة النظر ثم تجرى عملية قياس مقاومة الاتصال الأرضي باستخدام أجهزة متخصصة وكالاتي :

١ - يجب ارتداء كفوف وتفضل الكفوف الجلدية وفي حالة استعمال كفوف قماش يستحسن ارتداء كفوف مطاطية رقيقة تحتها وذلك تحسبا من أي اتصال كهربائي عرضي .

٢- قطع وعزل الطاقة الكهربائية عن منطقة الفحص أن أمكن ذلك وحيث انه غالبا يتعذر تنفيذ هذا الاجراء فلذلك يجب التأكد من تواجد اتصال ارضي آخر بديل خلال اجراء عملية الفحص

٣- يجب استعمال ارضي مؤقت لحماية الأفراد والمعدات خلال اجراء الفحوصات و القياسات على شبكة الأرضي الأصلي .

بعد التأكد من مراعاة النقاط الثلاث أعلاه يمكننا المباشرة بعملية القياس .

## طرق الفحص :

هناك طريقتان لقياس مقاومة الأرضي، الطريقة الأولى وتعرف بالطريقة المباشرة أو طريقة أنابيب الماء والطريقة الثانية وتعرف بطريقة اختبار هبوط الجهد وفي كلا الطريقتين سيستعمل مصدر للطاقة الكهربائية من النوع المتناوب وذلك لأن الجهد والتيار المتناوب يزيل تأثير الاستقطاب وبذلك سوف لن تتأثر القياسات من جراء الجهود الشاردة ذات التيار المستمر.

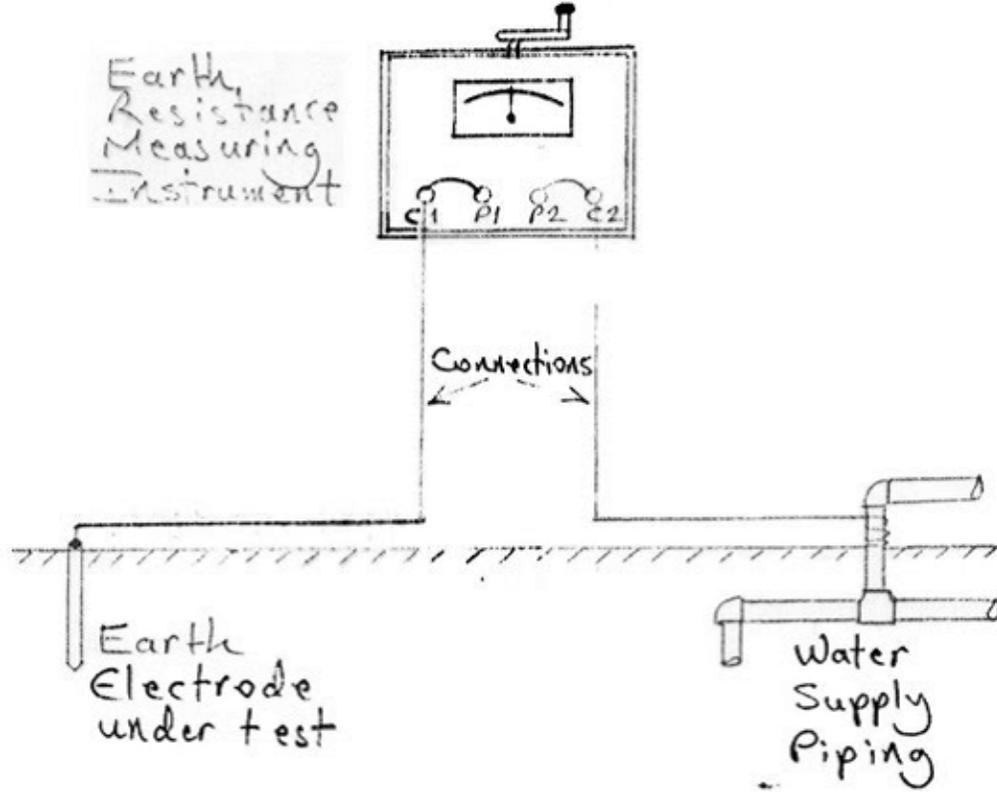
تتوفر بالأسواق أجهزة فحص تعمل بواسطة البطاريات كمصدر للطاقة الكهربائية إلا أن الجهد الناتج يكون متناوبا وذلك لاستعمال دوائر الكترونية تحول الجهد المستمر للبطاريات إلى جهد متناوب

## الطريقة الأولى للقياس :

تتم التوصيلات للجهاز حيث يوصل بين النقطتين P1 و C1 في الجهاز وكذلك النقطتين P2 و C2 ثم توصل النقطتين P1, C1 إلى القطب الأرضي المراد فحصه وتوصيل النقطتين C2 , P2 إلى أنبوب معدني من شبكة الإسالة المعدنية أو توصل تلك النقطتين إلى أي ارضي إسنادي موجود .  
بواسطة الجهاز تقاس المقاومة وقراءة الجهاز تبين مقاومة الأرضي أو شبكة الأرضي تحت الفحص مضافا لها مقاومة شبكة أنابيب الماء ، وذلك لأن أنبوب الماء متصل على التوالي مع القضيب الأرضي  
وحيث أن مقاومة أنبوب الماء هي ٣ أوم أو اقل فان الفرق بالقراءة تمثل مقاومة قضيب الأرضي تحت الفحص أو شبكة الأرضي تحت الفحص .  
وهناك تحفظات من هذه الطريقة وهي :

- ١ - يجب أن تكون مقاومة الأرضي الاسنادي قليلة جدا
- ٢ - في حالة استعمال شبكة أنابيب الإسالة المعدنية يجب التأكد من أن الشبكة خالية من الوصلات البلاستيكية وكذلك أن الشبكة غير معزولة بمواد عازلة مثل القير أو النايلون

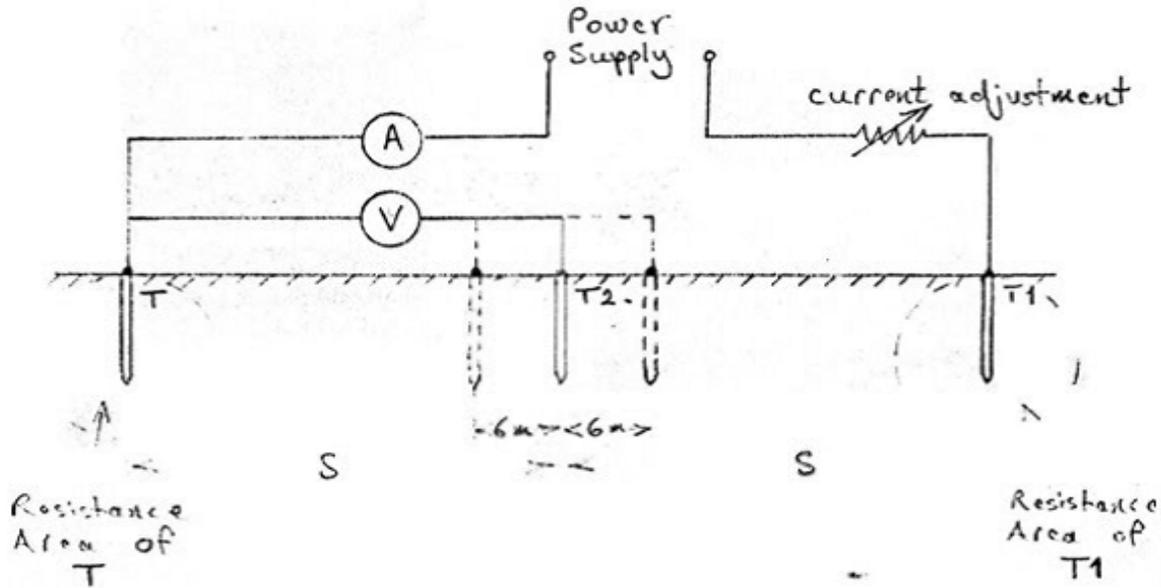
٣- يجب أن يكون القضييب الأرضي أو شبكة الأرضي تحت الفحص خارج كرة النفوذ لشبكة أنابيب الإسالة أو القضييب الاسنادي .



### الطريقة الثانية للقياس :

في هذه الطريقة يتم إمرار تيار متناوب ذو قيمة ثابتة بين القطب الأرضي تحت الفحص (T) وقطب أرضي ثانوي (T1) يغرز في الأرض على مسافة من (T) بحيث لا تتداخل منطقتي المقاومة للقطبين ، ثم يغرز قطب ثانوي آخر (T2) بين (T) و (T1) ويقاس هبوط الفولتية بين (T) و (T2) حيث تكون مقاومة القطبين مساوية لحاصل قسمة الهبوط في الفولتية أعلاه على التيار المار بين يكون هناك تداخل في مناطق المقاومة للأقطاب .

ولغرض التأكد من صحة النتائج ، يتم اخذ قراءتين أخريتين بتحريك (T2) لمسافة 6م بعيدا عن وأقرب الى (T) على التعاقب ، وفي حالة توافق القراءات الثلاث يؤخذ معدلها كمقاومة للقطب الأرضي ، أما إذا كانت القراءات غير متوافقة فيتم إعادة الفحوصات بزيادة المسافات بين (T) و (T1) .



## منطقة المقاومة لقطب ارضي :

يمكن تعريفها بأنها المقاومة الكلية لكتلة التربة أو طبقات الأرض المحيطة بالقطب الأرضي لغاية كتلة الأرض الكلية التي يطلق عليها أيضا بالأرضي البعيد (Remote Earth) أو الأرضي المرجعي. (Reference Earth) عندما تكون الأقطاب قريبة من بعضها تتداخل هذه الطبقات ويقال عندئذ بأن منطقتي المقاومة للقطبين متداخلتان، وفي تلك الحالة لا تمثل المقاومة المقاسة بأجهزة الفحص القيمة الحقيقية لمقاومة القطب تحت الفحص ، مما يتطلب وضع الأقطاب بمسافات فاصلة بينها كافية لمنع تداخل مناطق مقاومتها .

## تخفيض مقاومة الأرضي :

قد يصادفنا ارضي ذو مقاومة عالية ويحتاج الأمر إلى خفض قيمة المقاومة :

١ - يمكن معالجة التربة المحيطة بالأرضي كيميائيا وبذلك تخفض المركبة الرئيسية لمقاومة الأرضي، وتتم المعالجة عادة بإضافة ملح الطعام للتربة .

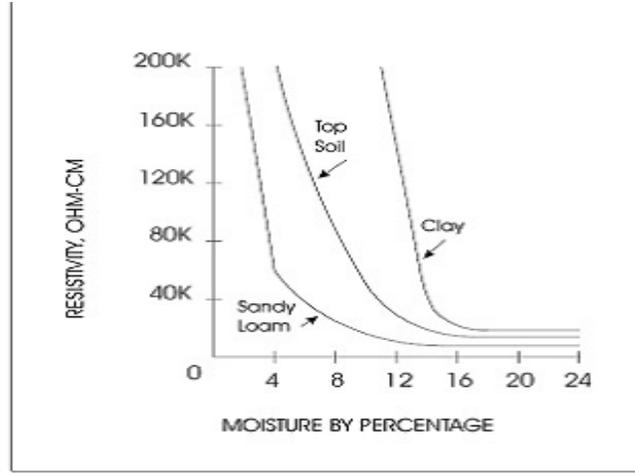
٢- دق عدد آخر من قضبان الأرضي وربطها معا وبالتالي تخفض مقاومة الأرضي الكلية حيث أن القضيب الثاني يخفض المقاومة بنسبة حوالي ٦٠ % والثالث بنسبة ٤٠ % والرابع بنسبة ٣٣ % ويجب أن تكون المسافة بين قضيب وآخر مسافة حوالي ١,٥ م (أو ٥ أقدام ) على الأقل.

٣- غرز القضبان على عمق اكثر يقلل مقاومة الأرضي .

٤- استخدام شبكة من القابلات غير المعزولة كتوصيلات بين القضبان يخفض المقاومة بدرجة اكبر.

\* زيادة قطر قضيب الأرضي له تأثير جزئي وقليل على إنقاص المقاومة.

مخطط يبين تأثير الرطوبة على مقاومة التربة :



The influence of moisture content

يجب تسجيل قراءات المقاومة عند فحص شبكة الأرضي وتسجيل تاريخ الفحص والظروف الجوية عند الفحص ، كما يجب أن تجرى الصيانة اللازمة على شبكة الأرضي في حالة الحصول على قراءات عالية.

**قياس المقاومة النوعية للتربة :**

أن معرفة المقاومة النوعية للتربة مهم جدا عند اختيار أماكن دفن الأرضي ، ويتم تسقيط القيم المقاسة على مخطط الموقع المخصص للمشروع خلال

أعمال المسوحات الحقلية الأولية المطلوبة لإنشاء المشروع . تعتبر مناطق المقاومة النوعية الواطئة للتربة عادة أفضل المناطق لدفن الأقطاب الأرضية

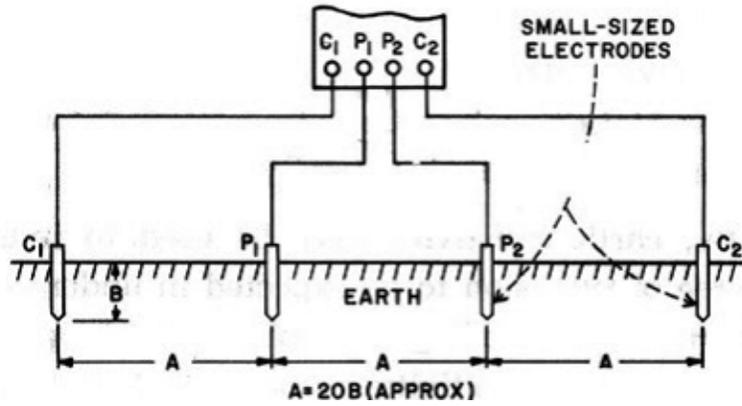
يستخدم عادة جهاز (وينر) ذو الأقطاب الأربعة لقياس المقاومة النوعية وكما يلي : يتم غرز أربعة مسامير في الأرض بحيث تكون على خط مستقيم واحد وبأبعاد متساوية بينها وبحيث تكون تلك المسافات كبيرة بالمقارنة مع عمق المسامير المغروزة في الأرض . يتم إمرار التيار بين المسامير الخارجيين C1 و C2 ، وتقاس الفولتية بين المسامير الداخليين P1 و P2 حيث تكون المقاومة بين القطبين P1 و P2 ناتجا لتقسيم الفولتية على التيار وتحسب المقاومة النوعية للتربة من المعادلة التالية :

$$\rho = 2 \Pi A . R$$

حيث أن A = المسافة بين الأقطاب (م)

R = المقاومة المقاسة (أوم)

$\rho$  = المقاومة النوعية (أوم . متر)



## حساب مقاومة قضيب ارضي :

اتضح مما سبق أن التأسيس هو عبارة عن توصيل هياكل الأجهزة و الأجزاء المعدنية الأخرى إلى كتلة الأرض بحيث يمكن التخلص من الجهد الكهربائي الخطر على تلك الهياكل والأجزاء المعدنية ، و يجري التوصيل إلى كتلة الأرض خلال منظومة أرضية كما ذكر أنفا .

لنفترض أن عمق القضيب المدفون في الأرض هو ٢م وان قطر الأنبوب هو (١٦ ملم) وان المقاومة النوعية للتربة هي (٣٠ أوم . متر) فان مقاومة القضيب إلى الأرض يمكن احتسابها بالمعادلة التالية :

$$\frac{100 \varphi}{272 L} \log_{10} \frac{400 L}{d}$$

يساوي Re

حيث  $\varphi$  = المقاومة النوعية للتربة (أوم . متر)

L = طول القضيب (متر)

d = قطر القضيب (سم)

$$Re = \frac{100 \times 30}{272 \times 2} \log_{10} \frac{400 \times 2}{1.6}$$

$$Re = 15 \text{ ohm}$$

لو كانت المعدة الكهربائية التي يتطلب تأريضها تشكل جزء من منظومة (( TT (التي سنأتي على ذكرها لاحقاً) فإن ذلك يعني أن نقطة المحايد لمحولة التغذية والمعدة مؤرضتين بشكل مستقل عن بعضهما (بدون التوصيل بين أرضيهما) ، لذا يتطلب توفر ما يلي :

١- يجب أن لا تتجاوز ممانعة دائرة الأرضي قيمة محددة عليا تسمح بمرور تيار عطب أرضي ذو قيمة كافية لاشتغال أجهزة الحماية وبالتالي عزل الدائرة خلال وقت محدد) ٥ ثواني على سبيل المثال بالنسبة للدوائر المغذية للأجهزة الثابتة وبموجب أنظمة معهد المهندسين الكهربائيين (IEEE)

٢- يجب أن لا يتجاوز جهد التماس قيمة تعتمد على زمن فصل الدائرة من قبل جهاز الحماية ، مثلا ٥٠ فولت لفترة ٥ ثواني .

#### حالة دراسية وحساباتها:

محرك كهربائي بقدرة ١١ كيلوواط ، ٣٨٠ فولت ، ٣ أطوار ، بكفاءة ٠,٨٧ ، ومعامل قدرة ٠,٨٧ عند التحميل الكامل .

القدرة

$$١ - \text{تيار التشغيل الكامل} = \frac{٣ \times \text{الفولتية} \times \text{معامل القدرة} \times \text{الكفاءة}}{\text{القدرة}}$$

وبتعويض القيم المعطاة في المثال نحصل على تيار تشغيل ٢٥ أمبير .

٢- جهد التماس = تيار العطب الأرضي × ممانعة الأرضي للجهاز  
 ولو كان مطلوباً تحديد جهد التماس بـ ٥٠ فولت لفترة لا تزيد عن ٥ ثواني ، أي أن :  
 جهد التماس > ٥٠ فولت  
 $٥٠ > R_E \times ٢٨٠$

$$٥٠ > R_E$$

أن عدد قضبان الأرضي بالأبعاد المذكورة سابقاً والمطلوبة للحصول على المقاومة المطلوبة للأرضي يمكن إيجادها من :

$$R_e = \frac{1.2 R_o}{n}$$

$$, n = 1.2 \times 15 / R_E = 1.2 \times 15 / 0.18$$

حيث  $R_o$  = مقاومة القضيب الواحد

$R_E$  = المقاومة الكلية

$n$  = عدد القضبان

$$R_E = \frac{1.2 \times 15}{n}$$

$$n = 100$$

$$R_E = 50/280 = 0.18 \text{ Ohm}$$

من الواضح بان استخدام هذا العدد من القضبان الأرضية لتوفير ارضي لجهاز واحد مثل هذا المحرك ليس عمليا أو اقتصاديا ، لذا فان المتبع عادة هو تنفيذ شبكة ارضي واحدة ومشاركة لجميع تأسيسات المنشأة الصناعية والتي تتكون من عدد من الأقطاب الأرضية موزعة على الموقع ومتصلة ببعضها بواسطة قابلووات أو شرائط نحاسية غير معزولة مما يساهم بفعالية تخفيض قيمة المقاومة الكلية إلى الأرض إلى الدرجة المطلوبة . يفضل في المنشآت الصناعية استخدام منظومة ارضي من نوع TN حيث يستخدم موصل حماية ارضي (PE) للربط بين ارضي والتأسيسات ونقطة المحايد لمحولة التغذية ، ويوفر ذلك مسارا ذا مقاومة واطئة جدا لتيار العطب وبهذا يسمح لممرور تيار عالي يكفي للتشغيل السريع لجهاز الحماية وبهذا يوفر حماية أفضل للأجهزة و التأسيسات والعاملين .

### المقاومة النوعية للتربة:

تبين الأرقام التالية مديات قيم المقاومة النوعية لأنواع من التربة والمحاليل المحيطة :

تراب الحدائق	٦٠	٥	أوم . متر
طين خزفي (Clay)	١٠٠	١٠	أوم . متر
رمل (Sand)	٥٠٠	٢٥٠	أوم . متر
صخور	١٠٠٠٠	١٠٠٠٠	أوم . متر .
ماء البحر	٠,١٧		أوم . متر .

### ملخص أهداف تأريض المنظومات الكهربائية :

يمكن تلخيص الأهداف الرئيسية لمنظومات التأريض الكهربائية بما يلي :

١ . منع الحاويات المعدنية المكشوفة للأجهزة الكهربائية من اكتساب جهدا كهربائيا خطرا نسبة إلى الاجزاء المعدنية المجاورة وبهذا تقلل خطر الصعقات الكهربائية التي يمكن أن تكون قاتلة أو يمكن أن تؤدي إلى حدوث

شراة تتسبب في انقاد الغازات و الأبخرة القابلة للاشتعال وتؤدي إلى الانفجارات والحرائق .

٢ . السماح عند حدوث عطب بمرور تيار عالي بدرجة كافية بحيث يضمن اشتغال أجهزة الحماية التي تحمي التأسيسات والأجهزة الكهربائية من الأضرار والحرائق .

### ممانعة دائرة العطب الأرضي والتيار المار فيها :

أن التيار المار خلال العطب يعتمد على فولتية المنظومة والممانعة الكلية لدائرة العطب الأرضي ابتداءً من نقطة العطب ، مروراً بممانعة الأرضي العائد للجهاز أو التأسيس ثم ممانعة أرضي نقطة المحايد للمحولة وأخيراً ممانعة أسلاك الطور المغذي للعطب وصولاً إلى نقطة العطب .

يمكن تقسيم الممانعة المكافئة لدائرة العطب الأرضي إلى الأجزاء الثلاثة التالية :

- ١ . الممانعة المكافئة للعطب نفسه .
- ٢ . ممانعات الأرضي للجهاز أو التأسيس وممانعة الأرضي لنقطة محايد المحولة .
- ٣ . ممانعة موصل الطور المغذي للعطب .

### التيارات الكهربائية الخطرة :

أن مدى الخطر الذي يتعرض له جسم الإنسان عند مرور تيار كهربائي فيه يتوقف على مسار التيار خلال الجسم وقيمة ذلك التيار التي تتناسب طردياً مع جهد التماس وعكسياً مع ممانعة الجسم .

أن تياراً يتراوح بين ٠,١ إلى ٠,١٥ , أمبير يؤدي إلى ردود فعل عضلية كتقليل وانكماش اليد مثلاً .

أن أعلى تيار يمكن اعتباره غير قاتل يبلغ ٠,٠٢ , أمبير كما أن تياراً مقداره ١,٠ أمبير يكفي لقتل إنسان أن مر عن طريق القلب وان عشر هذا التيار أي ٠,١ , أمبير قد يكون له نفس التأثير أن مر لفترة طويلة , أن مقدار التيار المار يعتمد على :

١. جهد التماس .
٢. الممانعة لمسار التيار أي ممانعة الجسم والتي تتأثر بالرطوبة .

### تعريف :

من المفيد شرح بعض التعاريف ذات العلاقة بهذا الموضوع :

جهد التلامس أو (التماس) : هو عبارة عن فرق الجهد بين موضعي دخول وخروج التيار في جسم الإنسان  
جهد العطب الأرضي : هو الجهد الناشئ بين الأجزاء المعرضة للمس وبين الأرض عند حدوث وصلة مع جسم الجهاز . أن أعلى جهد تلامس كهربائي يسمح به بشكل مستمر يجب أن يقل عن ٥٠ فولت (متناوب) ولكن يمكن السماح بجهد تلامس أكبر أن توفرت أجهزة حماية ذات زمن فصل مناسب ، فمثلا يمكن السماح بجهد تلامس ٢٢٠ فولت  
 أن كان زمن القطع لأجهزة الحماية المتوفرة لا يتجاوز ٠,٥ ثانية .

### تيار التلامس :

هو التيار المار في جسم الإنسان نتيجة لوجود جهد التلامس .

$$\text{تيار التلامس} = \frac{\text{جهد التلامس}}{\text{مقاومة الجسم}}$$

### تيار العطب :

هو التيار المار خلال جسم الجهاز نتيجة لتلامس أحد الأطوار مع جسم الجهاز ووجود (جهد عطب) على جسم الجهاز .

$$\text{تيار العطب} = \frac{\text{جهد العطب}}{\text{المقاومة الكلية لدائرة العطب الأرضي}}$$

## أنواع تأريض المنظومات الكهربائية :

هناك عدة أنواع لأساليب تأريض المنظومات الكهربائية ويرمز لهذه الأنواع بحرفين :

١. الحرف الأول يشير إلى ترتيب التأريض عند مصدر الطاقة أي :

T = نقطة أو أكثر من المصدر تكون مؤرضة .

I = جميع الاجزاء الحية بضمنها المحايد تكون معزولة عن الأرضي أو ترتبط به عن طريق ممانعة.

٢. الحرف الثاني يشير إلى طريقة توصيل الاجزاء المعدنية المكشوفة

للتأسيسات إلى

الأرضي ، أي :

T = توصيل مباشر إلى الأرضي وبشكل منفصل عن الأرضي التابع لمصدر الطاقة.

N = توصيل مباشر إلى نقطة المحايد المؤرضة لمصدر الطاقة.

ويقسم النظام نوع (TN) بدوره إلى أنواع فرعية بحسب العلاقة بين موصلي المحايد والحماية وكالاتي :

الحرف S = الموصلان منفصلان

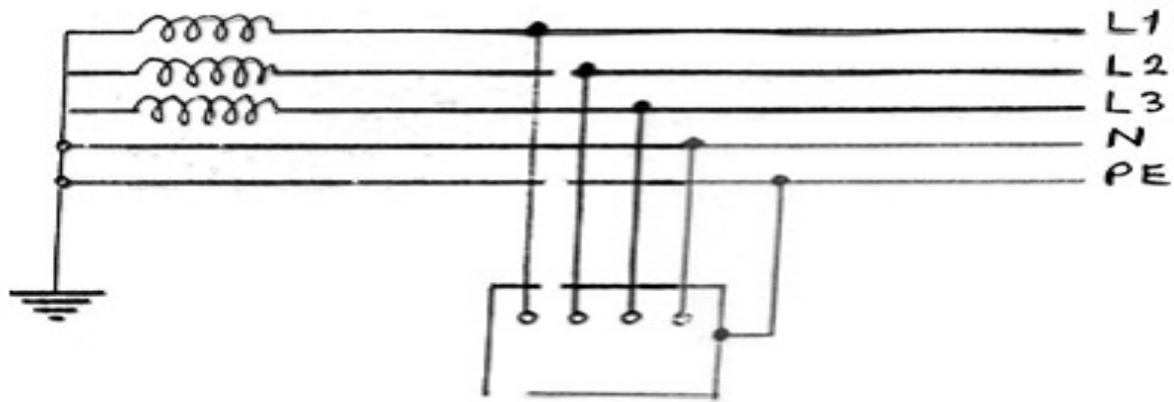
الحرف C = الموصلان متحدان في موصل واحد

وبموجب أسلوب الترميز أعلاه يمكن تمييز الأنواع التالية من أنظمة  
التأريض :

١- نظام نوع (TT) يستخدم هذا النظام في معظم التأسيسات المغذاة بخطوط

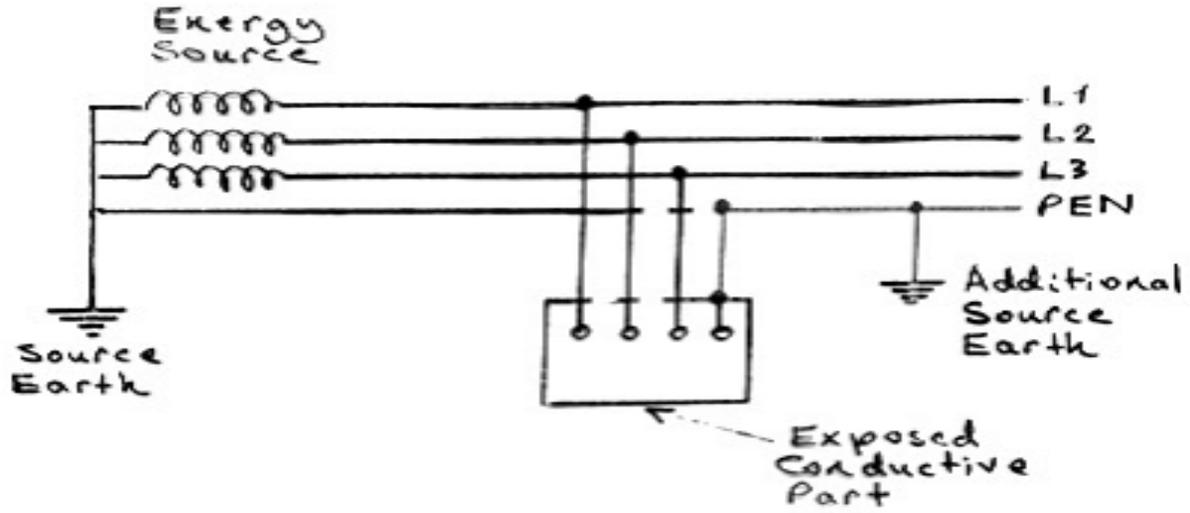
كهرباء هوائية ، حيث يكون الحيادي والأرضي في التأسيسات منفصلان ولا يتم توفير ارضي للتأسيسات من قبل الجهة المسؤولة عن التغذية وإنما من قبل المستهلك .





**TN-S SYSTEM**

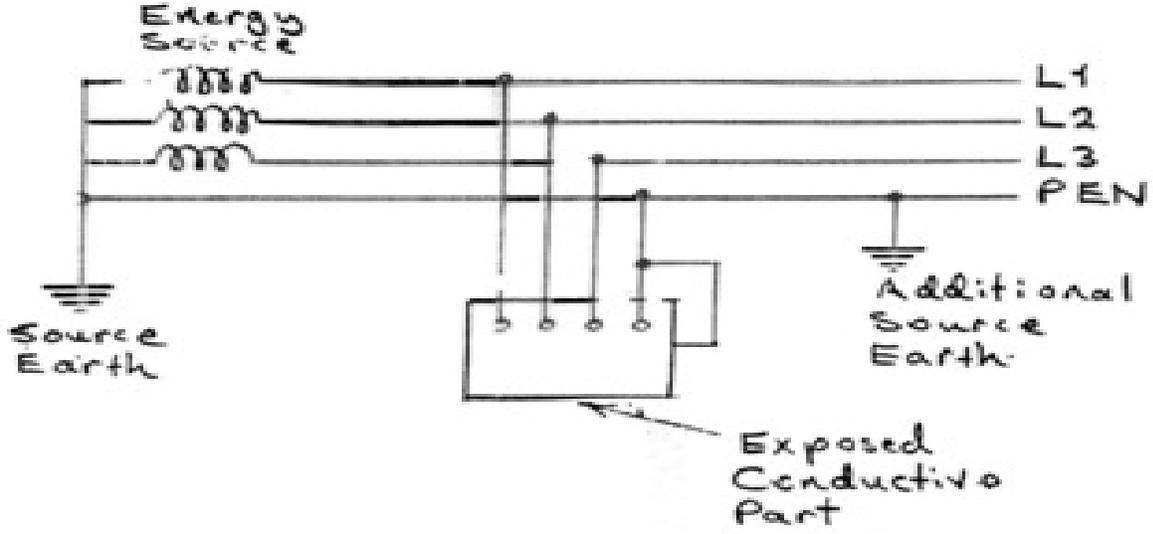
٣- نظام نوع : (TN-C) المبدأ مشابه لنظام (TN-S) ولكن بتوحيد وظيفتي المحايد والحماية بموصل واحد يسمى موصل حماية الأرضي والمحايد (PEN).



**TN-C SYSTEM**

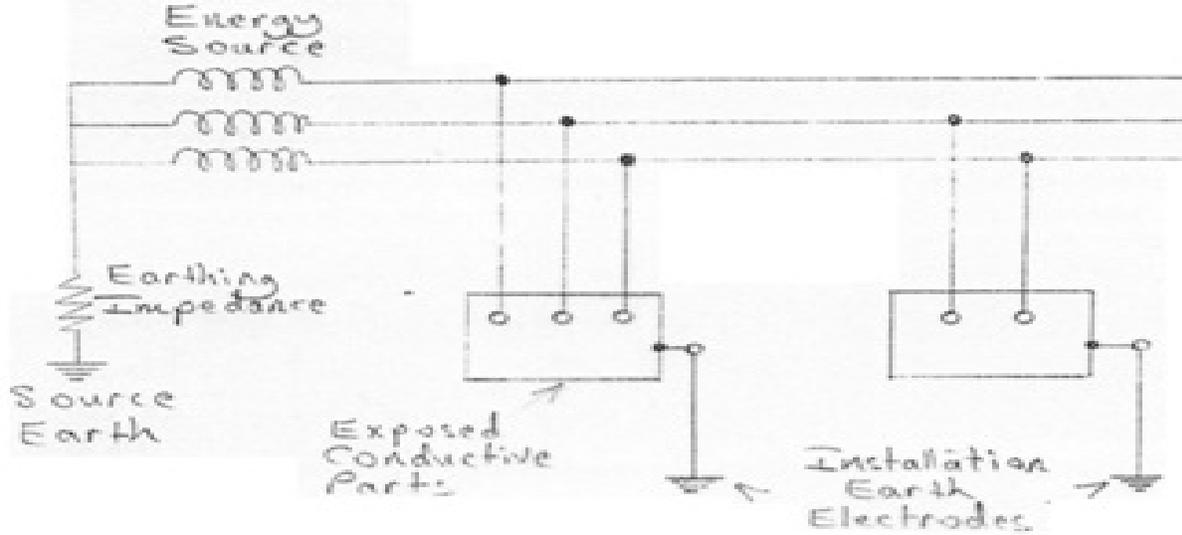
٤- نظام نوع: (TN-C-S) هنا تكون وظيفتي حماية الأرضي والمحايد متحدتان في منظومة التغذية (TN-C) بينما تكونان منفصلتين في التأسيسات (TN-S).

ويسمى هذا النظام أيضا بتأريض الحماية المتعدد (Multiple Earthing Protective PME) ، حيث يتم تأريض المصدر في عدة نقاط وقد يكون من الضروري توفير قطب ارضي عند أو بالقرب من تاسيسات المستهلك .  
 يسمى موصل (PEN) أيضا بموصل الحماية والأرض المتحد (CNE) (Earth Conductor & Combined Neutral)



### TN-C-S SYSTEM

٥- نظام نوع : (IT) في هذا النظام يكون المصدر معزولا عن الأرض أو متصل بها من خلال ممانعة ارضي يعتمد إدخالها . لا يستخدم هذا النظام في منظومة التغذية العامة للمستهلكين.



### IT SYSTEM

#### الموصلات وأقطاب الاتصال الأرضي (CONDUCTORS AND EARTH RODS):

أول ما يقابله المصمم هو اختيار الموصلات المناسبة فأن اختيار الموصل المناسب له أهمية القصوى كأن يكون موصل أو قطب مدفون بالأرض أو موصلات لمنظومة حواسيب أو موصلات لمنظومة نقل الإشارات والسيطرة الالكترونية.

## الموصلات Conductors: هناك ثلاث أنواع من الموصلات :

- 1- Flat tape
- 2- Solid circular
- 3- Stranded cable

هناك مجموعة من أنواع الموصلات وعدد من المعادن المستخدمة في تلك الموصلات فمنها ما هو للاستخدام فوق الأرض ويمكن إن يكون معدنه من النحاس أو الألمنيوم أو لمقاومته العالية للتآكل. من المهم اختيار النوع والحجم المناسب للموصل حيث سيمر من خلاله تيار عالي لعدة ثواني في حالات العطب أو وجود دائرة قصر وقبل إن يتم اشتغال أجهزة أو منظومة الحماية لعزل المنظومة أو الدائرة الكهربائية.

## أقطاب الاتصال الأرضي Earth Rods and Plates

يعتبر قطب الاتصال الأرضي أن كان على شكل قضيب أو صفيحة معدنية هو نقطة الاتصال مع الأرض والتي يمرر من خلالها تيار العطب إلى كتلة الأرض الواسعة، حيث تعطي قضبان الاتصال الأرضي مقاومة واطئة مع زيادة العمق المغروز به القطب.

1- قطب الاتصال الأرضي Rods Electrodes : وهو احد الوسائل المستخدمة كقطب للاتصال الأرضي والأكثر شهرة واستخداما في منظومات الاتصال الأرضي حيث يمكن دفعه في تربة الأرض إلى عمق من واحد متر إلى عشرون متر ويعتمد ذلك على نوع وتركيب التربة وصنع عادة من الحديد المغلون أو النحاس أو من الحديد الملبس بأنبوب رقيق نحاسي .

2- قطب الاتصال الأرضي Strip Electrodes ويكون على شكل شريط نحاسي بقياس ٢٥ ملم \* ٣ ملم أو ٥٠ ملم \* ٦ ملم أو قياس آخر ويمكن أن يدفن

على شكل شعاعي أو بأي طريقة أخرى , ويمكن إن يكون استخدام هذه الأسلوب قليل التكاليف في التربة الجيدة.

### ٣- أقطاب الأرضي الصفيحية Plate Electrodes :

وهي صفائح معدنية بقياس ٦٠٠ ملم \* ٦٠٠ ملم من النحاس ويمكن أن توضع بشكل عمودي أو أفقي وتستخدم في التربة الضحلة وهذا النوع ذو كلفة نسبية عالية.

من فوائد هذا النوع أن الصفيحة الواحدة تعوض عن استخدام ٤ ~ ٦ قضبان وتستخدم هذه الطريقة عند وجود طبقة صخرية تحت التربة و في المحطات الثانوية عموماً.

## **الموصلات ونقاط الوصل : Connectors and Terminations**

نظام التأريض الفعال يعتمد على الموصلات الجيدة ونقاط الربط والوصل المحكمة والجيدة من حيث القوة الميكانيكية والتوصيل الكهربائي، فأن نقاط الربط أو الموصلات الرديئة والسيئة أو المطبقة أو منفذة بصورة غير نظامية أو محكمة قد تكون سبب أساسي في فشل عمل منظومة التأريض وقد تسبب إلى كوارث أو حالات وفاة.

### ١- اللحام الحراري Exothermic Welding :

يتم بواسطة استعمال باودر متفجر يؤدي الى عملية ربط محكمة وجيدة بين الموصلات ويتكون هذا الباودر من أوكسيد النحاس والألمنيوم .

### ٢- الموصلات عن طريق الضغط :

تستخدم في الحالات التي يصعب أو لا يرغب باستخدام طريقة اللحام الحراري فيها وهي وصلة دائمة عند استخدام القطعة والعدة والضغط

المناسب، وعندها تكون هذه الوصلة قوية جدا ويمكن دفنها بالخرسانة أو التربة بعد تغليفها بمادة عازلة لحمايتها من التآكل.

### ٣- الماسكات الميكانيكية Mechanical Clamps :

هي الماسكات التقليدية قد تكون غير مناسبة للوصلات الدائمة حيث يمكن أن تحل وتحتاج إلى فحص ومعاينة دورية للتأكد من سلامتها.

## **الاعتبارات في تصميم الأرضي Considerations Earthing Design :**

إن التصميم الجيد والتركيب الصحيح للمعدات وأجزاء المنظومة سيحمي حياة العاملين والأجهزة والمعدات الكهربائية من التلف والعطب.

### الأرضي الجيد يجب يكون بالموصفات التالية :

- ١- ذو مقاومة واطئة مع الارض .
- ٢- مكون من مادة مقاومة للتآكل .
- ٣- قادر على حمل التيار المطلوب .
- ٤- ذو عمر موثوق لا يقل عن ثلاثون سنة .

وأن العوامل الحاكمة في ذلك هي:

### ١- مقاومة التربة Soil Resistivity :

وهي تعتمد على تركيب ومكونات التربة وأن أي تغيير في مكوناتها يؤثر بصورة مباشرة على قيمة مقاومة التربة.

### أ- الرطوبة Moisture :

للرطوبة التربة تأثير مباشر على مقاومة التربة فكلما زادت رطوبة التربة كلما انخفضت مقاومة التربة، فالمطر والمناطق الممطرة تكون تربتها ذات مقاومة منخفضة عموما عكس المناطق الجافة والصحراوية لذا يجب غرز

قضبان الأرضي إلى عمق كافي لوصولها لمستوى الماء الطبيعي في المنطقة.

ب- التركيب الكيميائي للتربة Chemical Composition :  
الملح وبعض التراكيب الكيماوية لها تأثير فعال في خفض مقاومة التربة وهذا يتغير مع كمية الأمطار الساقطة وسيح الماء السطحي ومستوى ارتفاع الماء الطبيعي بالتربة.

أحدى طرق خفض مقاومة التربة هو إضافة الملح لها ولكن كثرة ذلك تزيد من عامل التآكل بالتربة وبالتالي يضر بالمعادن المستخدمة في منظومة الاتصال الأرضي.

ج- الحرارة Temperature :  
عندما تتجمد التربة ترتفع مقاومتها بصورة دراماتيكية وعليها قد تصبح التربة غير صالحة خلال فصل الشتاء القارص.  
وعليه إذا تغيرت درجة حرارة التربة من + ٢٠ درجة مئوية إلى - ٥ درجة مئوية فأن مقاومة التربة تتضاعف أكثر من عشرة مرات.

## ٢- قياسات قطب الاتصال الأرضي Electrode dimensions:

أهم الاعتبار يعطى لطول القطب الأرضي لتأثيره الفاعل على قيم مقاومة الاتصال الأرضي فالطول الأكثر للقطب يعني الكثافة الأوطأ للتيار في التربة المباشرة المحيطة بالقطب.

لذلك فأن قطب الاتصال الأرضي من النوع القضيبى أو من النوع الشريطي ستكون مقاومتها أقل من القطب الصفيحي ذو نفس المساحة السطحية.  
عند وصول قطب الاتصال الأرضي الرطوبة الطبيعية للتربة والبعيدة عن حالة التجمد سيعطي أوطى مقاومة للاتصال الأرضي يمكن الحصول عليها.

غالبا ما يكون هذا العمق على بعد عدة أمتار من سطح الأرض وأفضل طريقة اقتصادية للحصول على ذلك هو بغرس الأقطاب لهذا البعد.

عندما تكون هناك طبقة صخرية على بعد قليل من سطح الأرض فيمكن استخدام عدد من القضبان بطول مناسب توصل مع بعضها على التوازي للحصول على المقاومة المطلوبة أو استخدام الأقطاب الصفيحية.

في أغلب الأحيان بل في كل الأحوال لا يجوز عمل قطب اتصال ارضي باستخدام قضيب أو شريط أو صفيحة واحدة فقط للوصول للمقاومة المطلوبة وعليه يجب أن توصل الأقطاب مع بعضها على التوازي لخفض المقاومة الكلية شرط إن تكون تلك الأقطاب خارج منطقة نفوذ بعضها.

أخذين بنظر الاعتبار بالنسبة للقطب الأرضي من القضبان بأن تبعد عن بعضها بطول القضيب نفسه للخروج من دائرة النفوذ.

### ٣- مادة قطب الاتصال الأرضي Earth Electrode :

أقطاب الاتصال الأرضي الممتازة تصنع من النحاس الصلب أو الحديد المقاوم للصدأ أو الـ (Copper Bonded steel) .

أن الأقطاب المصنوعة من الـ (Copper Bonded steel) ربما تكون هي الأفضل لمزاياها من حيث المتانة ومقاومة التآكل ورخص ثمنها.

\* هناك قضبان مصنوعة من الحديد المغلون .

## الخاتمة

الهدف من التأريض توفير السلامة للمنظومة الكهربائية وللعاملين في المنشأة ويحمي الافراد من خطر صعق الكهربائي الناتج من قصور العزل او انهياره ويقي من خطر التفريخ الكهربائي ويحمي المعدات من اضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في جهد التغذية .

## استنتاجات ومقترحات

### استنتاجات

١- في التأسيس من نوع TT الجهة المسؤولة عن التغذية ليس له علاقة بالتعريض عند المستهلك ولهذا يمكن ان يكون للمستهلكين تفاوت في الاختيار التأسيس المناسب للمنزل او المنشأة حسب امكانيه ومدى فهمه لأهمية التأسيس

٢- التأسيس من نوع TN تكون الجهه المسؤولة عن التغذية من توفير ارضي للمستهلك و المصدر مما يجعل كل مستهلك من سهولة الحصول على التأسيس . ولكن مثل هذه النوع يحتاج الى انظمة حماية دقيقة

### المقترحات

١- افضل استخدام التأسيس من نوع TN وذلك لكون هذا النوع الجهة المسؤولة عن التغذية يوفر للمستهلك تأسيس

## المصادر:

- Understanding earthing system) James I.Oschman,ph.D(
- Praise for earthing (Nicholas Perricone)
- Earthing Principles (by Schneider electric)