التـــــأريض

المحتويـــــــــات

المـــــــــــــــــقدمـــــــــــــــة

مفهـــــــــــــــــوم التـــــــأريـــــض

أهـــــــداف و أهـــــــــمية التـــــــأريأض

المبادئ العـــــــامة لتصميم الشبأكة الارضية

الاجزاء الرئيسية لمنظـــــــــومة التـــأريض

أنـــــــــــــــواع التـــــــأريـــــض

طـــــــــــــــــرق التـــــــأريـــض

أنـــــــظمة التـــــأريض IT / TN / TT

مقـــــــاومة منظـــــومة التـــــــأريـــــض

طرق خفض مقـــــــاومة التـــــــأريـــــض

قياس مقـــــــــــاومة التـــــــأريـــــض

الحـــــــــــماية من الصـــــــــــواعق

الحـــــــماية من تيار التـــــــسرب الأرضي

تأثير التيـــــــار على جـــــسم الإنســـــان

جهد الخطـــــوة و جهد اللمـــــــــــــــس

الحوادث الكـــــــهربائية و الإسعافات الأولية

طـــــــرق الوقاية من مخاطر الكـــــهربائية

الخـــــــــــــــــــــــاتمـــــــة

المقـــــــــــــدمة

نظراً لتطور الحياة بصفة عامة وأصبحت مرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع الطاقة التي أصبحت عصب الحياة واستحالة الحياة بدونها . وهي المحرك لعجلة التقدم والرفاهية والترف العلمي الذي يشهده العالم هذه السنوات إلا إن الطاقة ذات خطر على حياة الإنسان أذا لم تتبع شروط السلام ة والاستعمال الأمن لها . وسلامة الإنسان من الأولويات التي يتجه إليها العالم في صناعة الأجهزة وتوفير وسائل الحماية من الصدمات الكهربائية التي تحدث بسبب 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 التجارب ظهرت فكرة التأريض كأُنجح 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 خاصاً الكبيرة.

وبذلك يمكن القول أن التأريض والأرض كطوق النجاة أو المضلة لا تستخدم إلا عن الحاجة إليها وتكون هي السبب في إنقاذ الحياة.

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

مفهوم التاريض

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 .

تعريف التأريض الوقائى هو ايجاد اتصال بالأرض مع الاجزاء المعدنية الغير حاملة للتيار عادة ويطلق على هذا النوع تأريض الاجهزة .

أبتداء يمكن اعتبار الكرة الأرضية بأنها كتلة هائلة جدا لاتحمل جهدا كهربائيا اي ان جهدها هو صفر. أما أجزاء المنظومة الكهربائية فيمكن ان تكون ذات جهد معين مقارنة بجهد الارض ،إن الموصلات الحية (Live Conductors) للأجزاء المنظومة الكهربائية تحمل عادة جهدا كهربائيا خلال أشتغالها الأعتيادي، أما الأجزاء المعدنية الاخرى كهياكل وحاويات للأجهزة الكهربائيةفهي 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 أتخاذ إجراءات وقائية من بينها إيصال تلك الأجزاء إلى الشبكة الأرضية.

لكى نفهم فكرة التأريض فالنأخذ جهاز منزلى بسيط مثل السخان الكهربى يتكون من سلك حرارى معزول عن جسم السخان المعدنى الخارجى ، نفترض الان حدوث انهيار او تلف فى عزل السلك الكهربى ينتج عن هذا ارتفاع جهد الجسم المعدنى الى جهد الخط فاذا لمس اى شخص الجسم المعدنى فأنه يأخذ صدمة كهربية لهذا الشخص.

ولكن عند توصيل جسم السخان الى الارض فان التيار سيسرى من السخان الى باطن الارض وفى الحالة المثالية عندما تكون المقاومة مساوية للصفر فان الشخص الملامس للسخان لان يتعرض لاذى.

أهداف وأهمية التأريض:

منظومة الأرضي أمر ضروري لسلامة الموظفين وتتمثل في ضمان عدم تعرض جميع القطع المعدنية الغير حاملة للتيار كالهياكل والمعدات المعدنية التي تحوي أو ملامسة للمعدات التي بها جهد عند اشتغالها وإبقاء جميع الأجسام التي قد يلمسها الإنسان مساوية لجهد الأرض وهو صفر وباختصار يمكن تلخيص أهمية التأريض كم يلي.

1. وقاية الأفراد من خطر الصعق الكهربي أثناء حدوث خطأ تلامس الموصلات الكهربية الحاملة للتيار بالأرض أو الأغلفة و الأجزاء المعدنية للمعدات والمشاءات.

2.وقاية أفراد الصيانة من خطر الصعق الكهربي عندما يتم التوصيلات ألخاطئة علي المعدات المفصولة لغرض الصيانة أو الإصلاح.

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

4. توفير مسار إلى الأرض من معدات الوقاية أو الحماية من الصواعق البرقية لتفريغ الشحنات العالية جدا التي تتولد منها.

5. تفريغ الشحنات الإستاتيكية المتولد بالحث الكهربي من معدات أو أجزاء حاملة للتيار في معدات أو أغلفة معدنية غير حاملة للتيار.

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

7. يؤمن تشغيلا مناسبا للمعدات والمنظومات الكهربائية .

8 . تسهيل تحديد مكان عطل التلامس مع الأرض .

9. يحافظ على بقاء جهد خط المتعادل (Neutral) .

:Neutral

كانت معظم منظومات القوي الكهربية في الماضي غير مؤرضة حيث كانت نقطة التعادل (neural) تترك معزولة ولكن مع التقدم في مجالات الحياة وزيادة الحاجة إلي استخدام الكهرباء والتطور الذي حدث في المنظومات الكهربية أصبح تشغيل المنظومة بدون تأريض أمرا غير مقبول سواء من ناحية أمن الأفراد وسلامة الأجهزة والمعدات وكذلك متطلبات التشغيل وأصبحت المنظومات الكهربية علي مستوي العالم كله مؤرضة إلا أنه نتيجة الخبرة العملية والدراسات والبحوث التي تجري علي الأنظمة الكهربية أصبح من الضروري وجود أجزاء معينة من المنظومة تكون غير مؤرضة للوصول إلى أداء معين لا يتم الوصول إليه بالتاريض.

المنظومة الغير مؤرضة

المنظومة الغير مؤرضة هي التي لا تحتوي علي اتصال متعمد للموصلات الحاملة للتيار والأرض وتكون نقطة التعادل فيها معزولة عن الأرض لكن لا توجد منظومات معزولة عزلا كاملا عن الأرض وذلك انه يرجع إلى أن كل الموصلات الكهربية الحاملة للتيار والمعزولة عن الأرض والأرض والعازل بينهما تمثل جميعهم كمكثف capacitor وبالتالي عندما يحدث تيار خطأ بالأرض في أحد الأوجه ترتفع جهود الوجهين الآخرين بمقدار يساوي 173% أي ما يعادل 3 √Vph والذي ينشئ إجهاد كهربي شديد علي عوازل الموصلات وكذلك علي العازل بين الموصلات والأرض يسبب انهيارها وحدوث ظاهرة القوس الأرضي Arcing Ground وكذلك بين الموصلات. وبعضها ويؤدي إلي حدوث شرر كهربي يؤدي إلي حدوث حرائق وإتلاف كثير من الأجهزة والمعدات.

ظاهرة القوس الأرضي Arcing Ground

عند حدوث خطأ التلامس بالأرض في احد الأوجه في المنظومة الكهربية الثلاثية الأوجه يقترب جهد هذا الوجه من جهد الأرض وترتفع جهود الوجهين الآخرين إلى قيمة تسبب انكسار العزل بين الأوجه السليمة والأرض فيحدث تفريغ كهربي من خلال العازل- سواء كان هواء أو مادة عازله - يتبعه شحن ثم تفريغ وشحن للمكثفات الوهمية للخط أو المنظومة System Capacitance وهكذا مصحوب بحدوث قوس كهربي بين الموصلات السليمة والأرض يتبعه زيادة عالية في الجهد تصل من خمسة إلى ستة أضعاف قيمة الجهد والتي بالتالي تعمل علي زيادة قوة ضربات القوس الكهربي الأرضي مما يتسبب في حدوث خسائر جسيمة إذا لم يتم الفصل للخط بواسطة أجهزة حماية مناسبة .

يتضح مما سبق أن تأريض المنظومة أصبح أمرا ضروريا في عمليات تصميم وأداء وحماية النظام الكهربي بوجه عام.

أسباب اختيار التأريض من عدمه:

أولا: استمرارية الخدمة

أثبتت التجربة الطويلة أن المنظومات المؤرضة أكثر استمرارية من تلك الغير مؤرضة ، حيث تزود المنظومة المؤرضة بأجهزة حماية أكثر حساسية و دقة يمكنها تحديد أي خطأ يحدث في المنظومة و فصله عنها بانتقاء كامل

ثانياً: مخاطر ارتفاع الجهد

ينشأ عن حدوث قصر أرضي بين أحد الأوجه و الأرض ارتفاع في الجهد الوجهين السليمين يصل إلى 173% أذا كانت المنظومة غير مؤرضة ، بينما لا تحدث تلك الظاهرة في حالة تأريض نقطة التعادل . أن هذا الارتفاع في جهد الوجه يتسبب في انهيار العوازل الكهربائية المستعملة . كما يتسبب في أتلاف كثير من الأجهزة و الآلات

ثالثا: أمكانية منظومات الحماية

المنظومات غير المؤرضة لا تحتوي على مركبات التتابع الصفري للتيار أو الجهد ، و على العكس من ذلك فان تاريض نقطة التعادل يسمح بوجود مسار لتيار الصفري . أن هذا يجعل تصميم و ضبط و أداء أجهزة الحماية أكثر دقة و أسهل في التشغيل، كما يعطي أمكانية اكبر في تحقيق خطة تنسيق الحماية بأكبر قدر ممكن من الانتقاء .

رابعاً: القوس الكهربائي

تحدث ظاهرة القوس الأرضي عند حدوث قصر بين الوجه و الأرض , حيث يتولد قوس كهربائي بينهما عند نقطة اتصالهما مما يسبب خطراً على الأفراد و المنشات و لا تحدث هذه الظاهرة في المنظومات المؤرضة.

خامساً : أمكانية التاريض الوقائي

تسهل عملية تاريض المنظومة عمليات التاريض الوقائي و تاريض الأجهزة ، حيث يتكون مسار سهل بين الكترودي منظومة التاريض الوقائي و منظومة القوى أثناء حدوث قصر ارضي يساعد في خفض قيمة جهد اللمس .

الفرق بين (Earthing.....Grounding)

يصنف المهندسون التأريض عادة إلى صنفين أساسيين يندرج تحت كل منهما أقسام أو أنواع فرعية من التأريض .

تأريض المنظومة و التأريض الوقائي .

يقصد بتأريض المنظومة أيجاد اتصال بين الموصلات الحاملة للتيار و الأرض في نقطة أو أكثر من منظومة القوى الكهربائية . و يقصد بالتأريض الوقائي أيجاد اتصال بالأرض مع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار عادة ، ويطلق على هذا النوع من التاريض (تأريض الأجهزة)

يطلق الأوربيون لفظ (earthing) على عملية التاريض و ذلك على أساس أنها عملية توصيل بالأرض . و على العكس من ذلك . فان الخبرة و المواصفات الأمريكية تفرق تفريقاً واضحاً بين لفظ ground و لفظ .earth يعتبر الأمريكيون أن اللفظ الأدق في الاستعمال هو لفظ , grounding حيث انه يشير إلى وجود جسم له جهد مرجع reference voltage تقاس بالنسبة له جميع الجهود الأخرى . و هذا الجسم ليس بالضرورة هو الأرض. فعملية التاريض داخل السيارة مثلاً هي في الواقع عملية توصيل بجسم السيارة ، و عملية التاريض في طائرة أو حتى في قمر صناعي هي توصيل بجسم الطائرة او بجسم القمر الصناعي و على ذلك فان لفظ ground في جميع المواصفات و المراجع الأمريكية تعني الجسم الذي يمر فيه التيارات عن طريق التوصيل الكهربائي معه و الذي يعتبر جهده صفراً بالنسبة لباقي المنظومة . أما لفظ earth فيستعمل للدلالة على الأرض ذاتها .

لماذا يجب أن تكون مقاومة الأرضي قريبة جداً من الصفر.

Ohm's Law: E = R x I

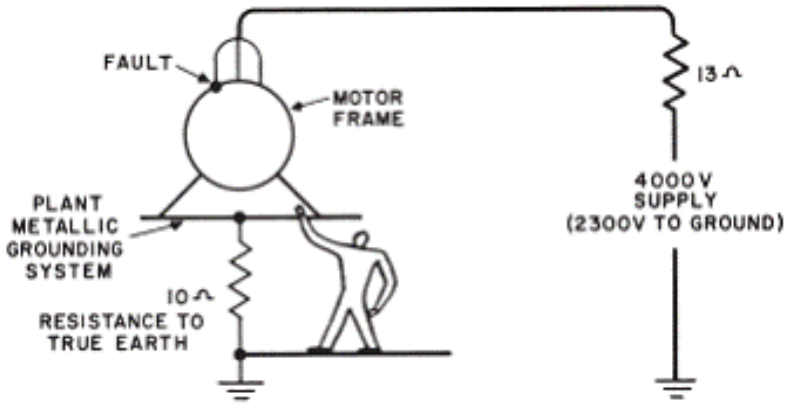
Where:

E is volts

R is the resistance in ohm

I is the current in amperes

أفترض عندك تجهيز كهربائي بجهد 4000 فولت (2300 فولت للأرض) مع مقاومة كهربائية 13 أوم.



أفترض أن سلك عاري في هذا النظام مس جسم المحرك المتصل بالأرض من خلال مقاومة مقدارها 10 أوم.

بتطبيق قانون أوم سيمر تيار مقداره 100 أمبير من جراء هذا العطب (من المحرك إلى الأرض)

I=E/R = 2300/(10+13)= 100 Amperes

إذا حدث وأن لمس شخص جسم المحرك وهو على تماس مباشر مع الأرض فأنه سيتعرض إلى جهد كهربائي مقداره 1000 فولت

هذا الجهد الكهربائي كافي لقتل هذا الشخص.

فإذا كانت قيمة مقاومة الأرض أقل من 1 أوم فأن الصعقة الكهربائية التي سيتعرض لها هذا الشخص ستكون:

100 فولت أو أقل (1 أوم X 100أمبير) و ستكون هناك فرصة أمام هذا الشخص للعيش ومن ثم قيامه بإصلاح هذا العطب.

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

المبادئ العامة لتصميم الشبكة الأرضية

1) تقليل فرق الجهد بين الأجزاء المعدنية المكشوفة المتجاورة وكذلك بينها والأرض من ناحية أخرى ويكون ذلك بالربط متساوي الجهد (Equal Potential Bonding) بين الأجزاء المعدنية المتجاورة من ناحية وكذلك ربطها بشبكة أرضية بشبكة أرضية ذات مقاومة كهربية منخفضة قدر الإمكان من ناحية أخرى حيث يؤدي ذلك إلى تقليل جهد التماس وكذلك جهد الخطوة (Touch & Step Voltage) و بالتالي إلى حماية الأشخاص من الصعقات المميتة.

2) 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 الإعطاب 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.
أن الأجزاء الرئيسية لممانعة دائرة العطب الأرضي تتكون مما يلي:

* في منظومة كهربائية من نوع:TT تكون ممانعة دائرة العطب الأرضي فيها من مقاومة موصلات الدائرة و موصلات الشبكة الأرضية هي مقاومة منخفضة جدا عادة، ثم مقاومة أقطاب الأرض عند كل من جهة المصدر (مقاومة نقطة الحياد للمحول إلى الأرض) وجهة المستهلك، ويفترض أن تكون مقاومتها قليلة) جزء من الأوم أو لا يتجاوز 5) أن كانت أقطاب الأرضي بحالة جيدة.

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 دوريا.

* في منظومة تغذية كهربائية من نوع :TN تتكون 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 منظومات من نوع. TT .

الأجزاء الرئيسية لمنظومة التأريض :

1. تربة الأرض (Earth):

هي التربة التي يوضع فيها أكترود التأريض وتختلف كل تربة في طبيعتها فمنها التربة الطينية والرملية والصخرية ومنها الجافة والرطبة ومنها التي تحتوي علي أملاح ومعادن وكل هذه العوامل تؤثر في مقاومة تربة الأرض (Earth Resistance) والتي يمر فيها تيار الخطأ من خلال أكترود التأريض وعند دفن أكترود التأريض في الأرض نتخيل وجود طبقات قشرية من الأرض ملاصقه لبعضها حول أكترود التأريض تمثل كموصلات اسطوانية ملاصقه لاكترود ومتداخلة في بعضها وكل منها لها مقاومة تتناسب مع قطرها والمساحة الجانبية (المساحة السطحية) لها فيكون قطر القشرة الملاصقة للآكترود اقل قطر وكلما ابتعدنا عن الاكترود كلما زاد القطر وبالتالي تقل المقاومة لمرور التيار (مقاومة الموصل يتناسب تناسب عكسي مع المساحة السطحية للقشرة) أي كلما ابتعدنا عن الالكترود كلما قلت مقاومة الأرض لمرور التيار.

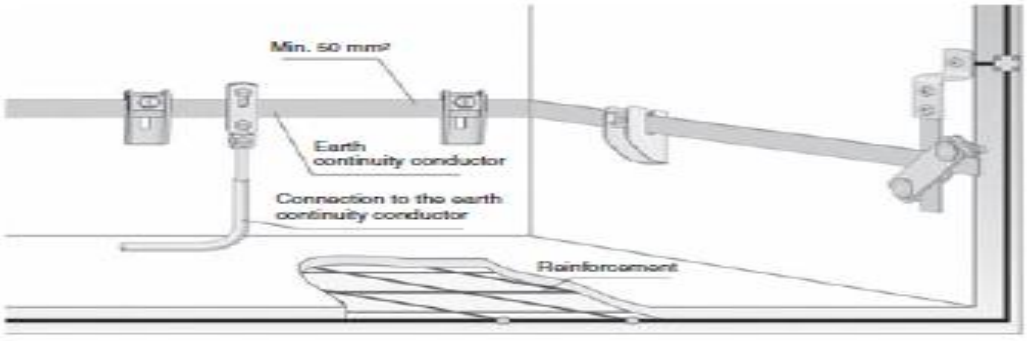
عند حدوث الخطأ الأرضي يتدفق التيار من الالكترود إلى الأرض في جميع الاتجاهات عموديا علي طول القضيب أي من خلال المساحة السطحية لكل قشرة اسطوانية حول الالكترود والذي يلاقي مقاومة أرضية اقل كلما ابتعد عن الالكترود وبالدراسة والقياسات والأبحاث أظهرت أن مقاومة القشرة الأرضية الواقعة علي بعد 7.6م حول الالكترود تكون مساوية للصفر بالنسبة للاكترود تقريبا وعلي ذلك يكون تدفق تيار الخطأ داخل الأرض بسهولة ولمسافات بعيدة معتمدا علي طبيعة مقاومة التربة.

ومقاومة التربة تتغير بتغير نوع التربة وما تحتويه من أملاح ومعادن ومحتوي الرطوبة والمياه السطحية ومستوي العمق من سطح الأرض ودرجة الحرارة وعلي ذلك يلزم قياس مقاومة التربة في فترات متباعدة وذلك للتأكد من القيم الصحيحة المطلوبة.

2.موصل التأريض (GROUNDING CONDUCTOR) :

موصل التأريض هو موصل من النحاس أو الألمنيوم معزول باللون الأخضر أو اللون الأخضر/الأصفر ويتم تمديده مع موصلات الدوائر الكهربائية فيما بين لوحة التوزيع الفرعية والمخرج الكهربائي أما موصل تأريض اللوحات الفرعية والعمومية فيتم تمديده من موصلات النحاس أو الألمنيوم وإما أن يكون عارياً أو معزولاً 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 الموصل الحامل للتيار.

حامل التيار مم2	1	2.5	4	6	10	35-16	50	70	95	120	185	240	300	400
الموصل الارض مم2	1	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185



3. قطب التاريض (Grounding Electrode):

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

أ. الوسائل التالية والمتوفرة في اغلب المباني .

- تمديدات أنابيب المياه وصرف المياه بعد إخضاعها لاختبار معادلة الجهد قبل استخدامها .
- القضبان الحديدية المستخدمة في التسليح الخراساري للمباني .
- موصل معدني يتم تمديده حول المبنى وعلى عمق 75 سم من سطح الأرض.

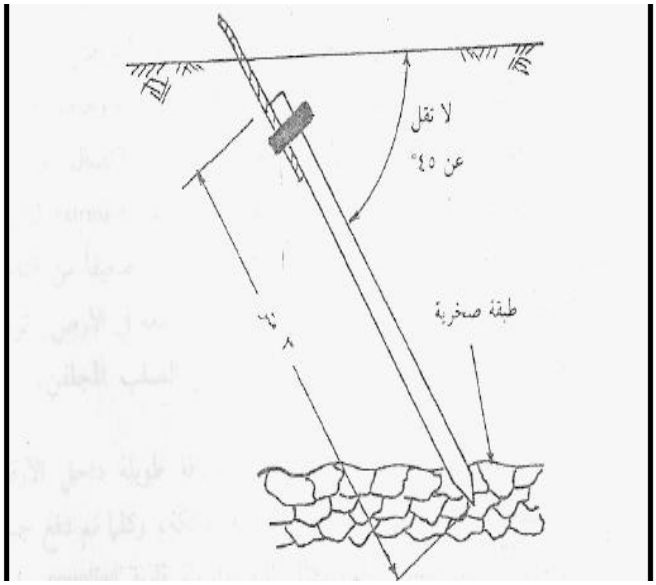
ب. أقطاب تأريض صناعي (Industrial Electrode).

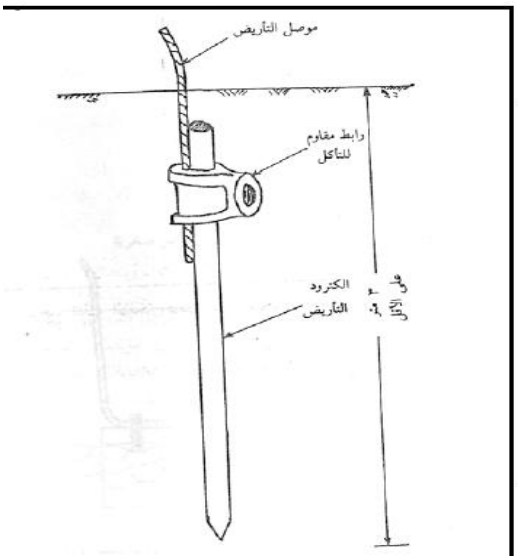
1. قضيب تأريض صناعي :

هو عبارة عن قضيب من النحاس أو الألمنيوم أو الحديد المجلفن يكون مصمت أو مجوف على شكل اسطوانة لكي يتحمل عملية الدفع في الأرض ومقاومة للتأكسد والتآكل أو من الصلب الملبس بالنحاس (Copper- Clad Steel) لكي يجمع بين القدرة علي التحمل الميكانيكي اللازم لدفع القضيب داخل التربة إلي أعماق كبيرة وبين التلامس الجيد والآمن بين الطبقة النحاسية الخارجية لسطح الالكترود وسلك التأريض النحاسي وبذلك يمكن تجنب التآكل الكيميائي الناتج من اختلاف الانودية للمعادن المختلفة والذي يؤدي إلى التآكل الكيميائي

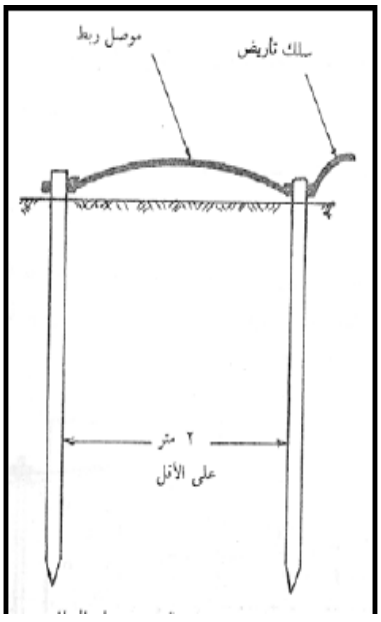
الطول القياسي لقضيب التآريض حوالي 240 سم بقطر حوالي 16مم ويجد أطوال أقل واكبر منه يصل في بعض الأحيان إلى حوالي 30متي تدفن في الأرض ويكون القضيب في هذه الحالة مقسم علي عدة أجزاء تربط مع بعضها بمرابط خاصة أثناء عملية الدفع داخل الأرض ويمكن دفنه بالكامل تحت سطح الأرض أو إظهار جزء صغير منه وكلما زاد طول القضيب كلما قلت مقاومة الأرض الكلية.

يجب بعد دفع القضيب (الالكترود) في الأرض قياس مقاومة الأرض والذي يجب ألا تزيد مقاومة الاليكترود الواحد عن 25 أوم بالنسبة للمواصفات الأمريكية و 5 أوم بالنسبة للمواصفات الألمانية وفي حالة إذا لم يحقق دفع قضيب واحد المقاومة المطلوبة يمكن زيادة طول القضيب أو استعمال قضيب آخر يدفن بجانب الأخر بحيث لا تقل المسافة بينهما عن 2 متر ثم يتم التوصيل بينهما بالتوازي وإذا لم نصل إلي القيمة المطلوبة يتم استعمال قضيب آخر ويوصل معهم وهكذا حتى نصل إلي القيمة المطلوبة و أذا كانت الأرض صخرية يمكن وضع القضيب مائلا كما في الشكل





كما يمكن زيادة عدد الاكترودات لتخفيض المقاومة على أن لا تقل المسافة بين أي أكترودين عن2 متر ويمكن زيادة الاكترودات الى 3 أو 4 .كما يمكن استخدام العلاقات التالية لمعرفة النسبة بين مقاومة مجموعة الكترودات على التوازي ومقاومة الكترود واحد حيث أن (p) هي النسبة بين مقاومة المجموعة إلى مقاومة الكترود واحد



α: النسبة بين نصف قطر الالكترود والمسافة بين أي الكترودين متجاورين.

- أ - قضيبين

$$P = \frac{1}{2}(1 + \alpha)$$

- ii - ثلاثة قضبان على مستقيم واحد

$$P = (2 + \alpha - 4\alpha^2) / (6 - 7\alpha)$$

جدول ٢ ـ ٦ علاقات لحساب المقاومة الأرضية بالأوم (الأبعاد بالسنتيمتر)*

١ ـ الكترود نصف كروي نصف قطره a.

$$R = \frac{\rho}{2\pi a}$$

٢ ـ قضيب مدفوع في الأرض طوله L ونصف قطره a.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right)$$

٣ ـ قضيبان مدفوعان بينهما مسافة S و (S > L).

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right) + \frac{\rho}{4\pi S}\left(1 + \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \ldots\right)$$

٤ ـ قضيبان مدفوعان بينهما مسافة S و (S < L).

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \ldots\right)$$

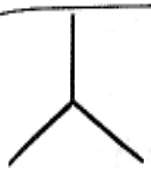
٥ ـ سلك طوله 2L مدفون أفقياً على عمق $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \ldots\right)$$

٦ ـ سلك زاوية قائمة، طوله الذراع L والعمق $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{S} - 0.2373 + 0.2146\frac{S}{L} + 0.1035\frac{S^2}{L^2} + 0.0424\frac{S^4}{L^4} \ldots\right)$$

٧ ـ نجمة ثلاثية، طول الذراع L والعمق $\frac{S}{2}$.

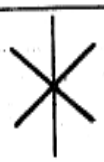


$$R = \frac{\rho}{6\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{S} + 1.071 - 0.209\frac{S}{L} + 0.238\frac{S^2}{L^2} - 0.054\frac{S^4}{L^4} \ldots\right)$$

٨ ـ نجمة رباعية، طول الذراع L والعمق $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{8\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{S} + 2.912 - 1.071\frac{S}{L} + 0.645\frac{S^2}{L^2} - 0.145\frac{S^4}{L^4} \ldots\right)$$

٩ ـ نجمة سداسية، طول الذراع L والعمق $\frac{S}{2}$.



$$R = \frac{\rho}{12\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{S} + 6.851 - 3.128\frac{S}{L} + 1.758\frac{S^2}{L^2} - 0.490\frac{S^4}{L^4} \ldots\right)$$

١٠ ـ نجمة ثمانية، طول الذراع L والعمق $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{16\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{S} + 10.98 - 5.51\frac{S}{L} + 3.26\frac{S^2}{L^2} - 1.17\frac{S^4}{L^4} \ldots\right)$$

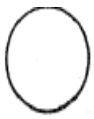
١١ ـ حلقة من السلك، قطر الحلقة D وقطرالسلك d وعمق الدفن $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D}\left(\ln\frac{8D}{d} + \ln\frac{4D}{S}\right)$$

١٢ ـ شريحة مدفونة أفقياً، الطول L ـ المقطع (b × a) والعمق $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} - 1 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \ldots\right)$$

١٢ ـ صفيحة دائرية مدفونة أفقياً، نصف القطر a والعمق $\frac{S}{2}$.



$$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi S}\left(1 - \frac{7}{12}\frac{a^2}{S^2} + \frac{33}{40}\frac{a^4}{S^4} \ldots\right)$$

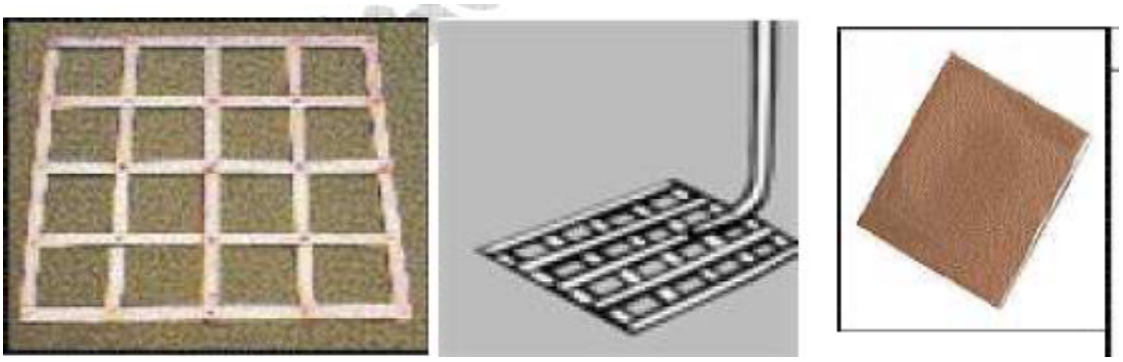
١٣ ـ صفيحة دائرية مدفونة رأسياً، نصف القطر a والعمق $\frac{S}{2}$.

$$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi S}\left(1 + \frac{7}{24}\frac{a^2}{S^2} + \frac{99}{320}\frac{a^4}{S^4} \ldots\right)$$

2. لوح التأريض (Plate Electrode):

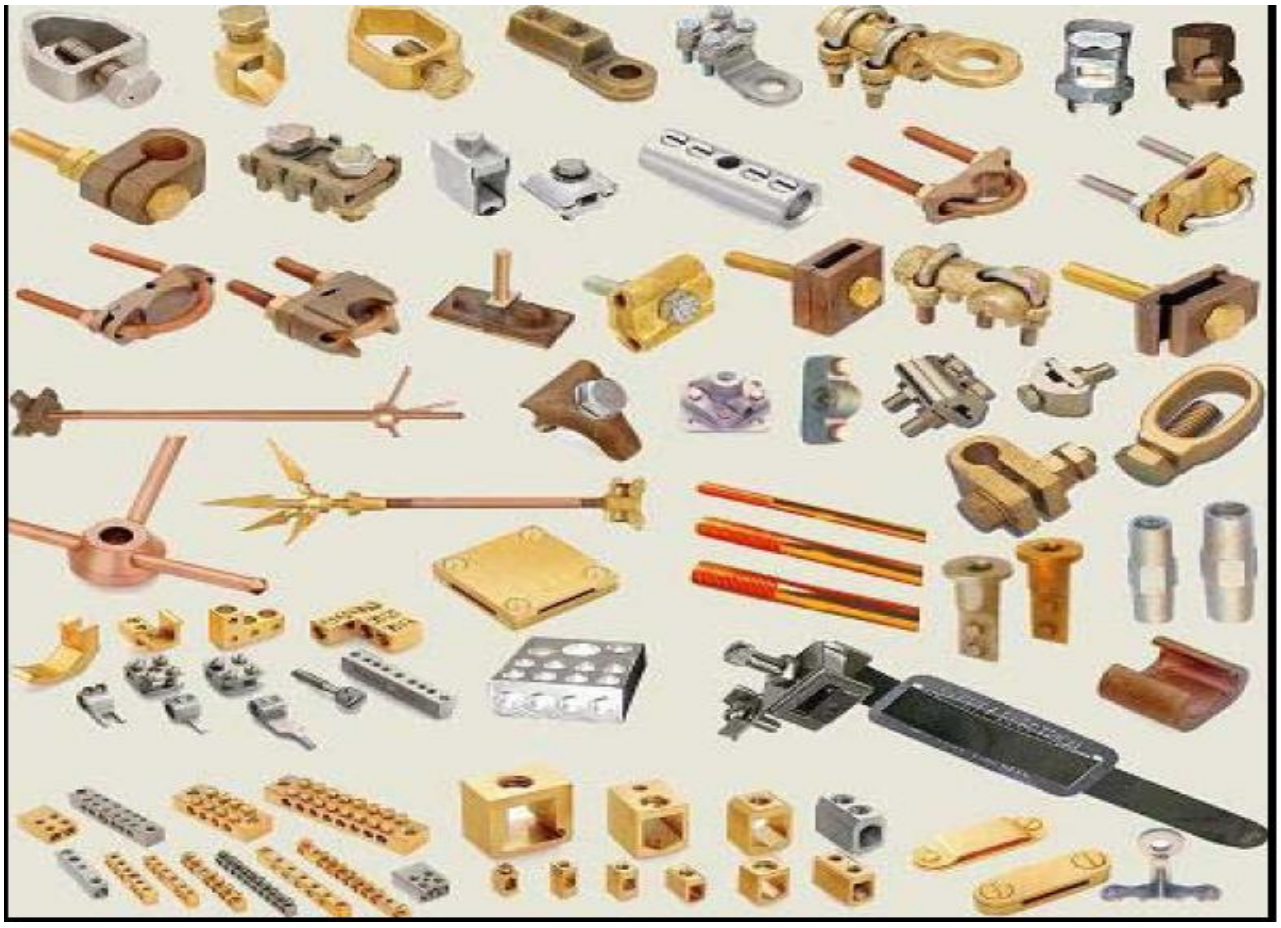
أ. لوح معدني من الحديد المجلفن بسمك لا يقل عن 6.35 ملم أو النحاس بسمك 1.5 ملم كما في الشكل الموضح كما يجب مراعاة المساحة المعرضة للتربة حيث يجب ألا تقل عن 0.186 م2 .

ب. مشبك معدني متكون من عدة شرائط نحاسية بسمك 3 ملم ومربوطة بشكل محكم فيما بينها .



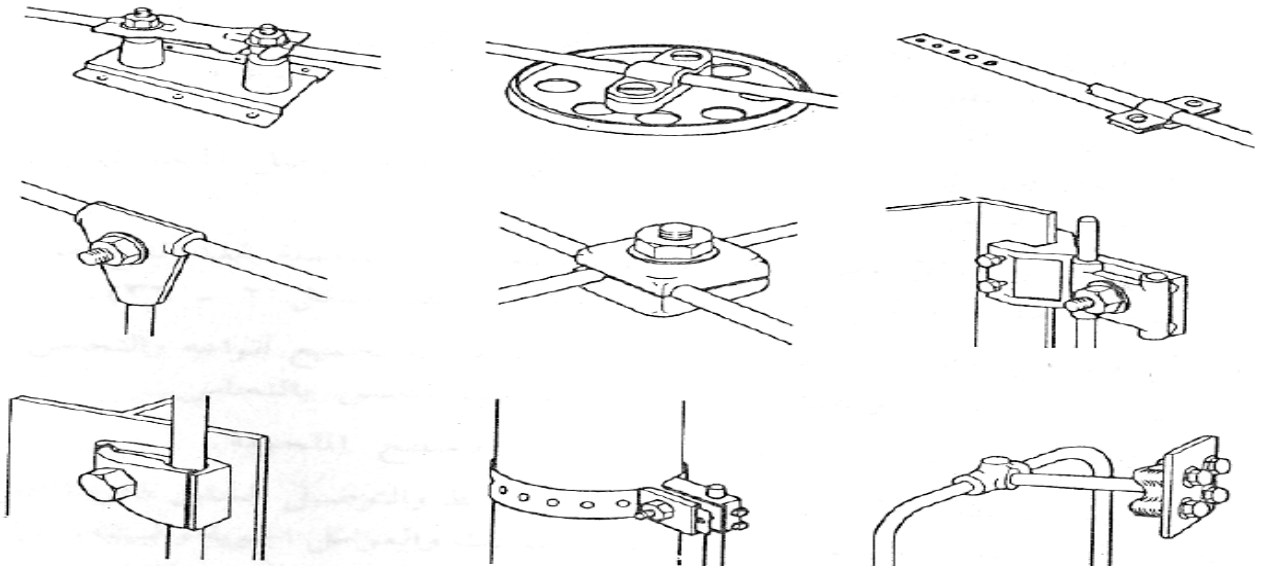
4.أدوات الربط (Connection Parts):

تستخدم أدوات الربط لربط الموصلات بقطب التأريض ويجب أن تكون من نفس المادة المصنعة للموصل ولقطب التأريض كما في الشكل التالي كما يعتبر الربط و أدوات الربط من أهم نظام التأريض لتأمين مسار دائم بأقل مقاومة ممكنة لتيار العطب الساري في الأرضي



كما لا توجد طريقة معينة للربط أنما يتم اختيار أدوات الربط حسب أشكال الالكترودات وشبكات الأرضي والمسارات ولكن توجد 3 أنواع لكيفية الربط .

- **الربط الميكانيكي :** ويتم عن طريق اختيار أدوات ومواد حسب الحالة المتوفرة على ان تكون جميع أدوات الربط من نفس نوع المعدن لكي لا يحدث اختلاف في المقاومة النوعية للمواد كما يراعى أيضا النظافة التامة للمعدات الربط.



- التوصيل بالكبس ويستخدم المكبس الهيدروليكي .
- التوصيل باللحام ويمكن استخدام لحام النحاس أو اللحام الحراري (exothermic welding) والذي يمكن من خلاله لحام نحاس بالنحاس أو النحاس بالصلب ويستخدم هذا النوع من اللحام الحرارة الناتجة من تفاعل مسحوق أكسيد النحاس والألمنيوم داخل قالب من الجرافيت وعند الانصهار يمر المنصهر إلى غرفة اللحام الموجود بها الطرفان المطلوب ربطهما.

أنـواع التـأريض

التأريض المتعادل (تأريض التشغيل) Function Grounding

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

التأريض الوقائي Protection Grounding

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

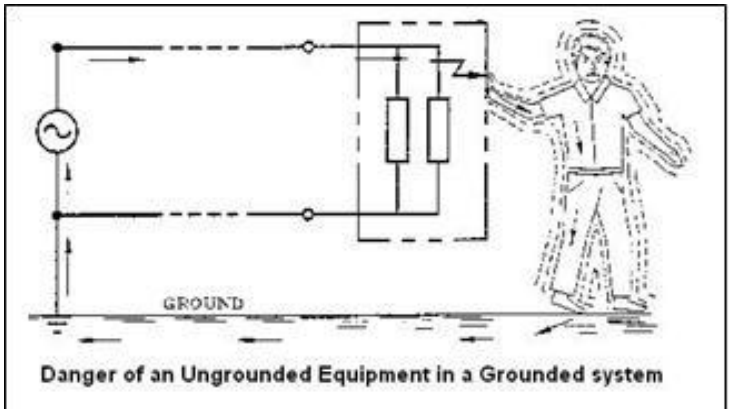
1) تأريض المعدات equipment grounding
2) التأريض اللازم للحماية من الصواعق البرقية lightening grounding
3) التأريض اللازم للحماية من الشحنات الكهربية electrostatic grounding

تأريض المعدات equipment grounding

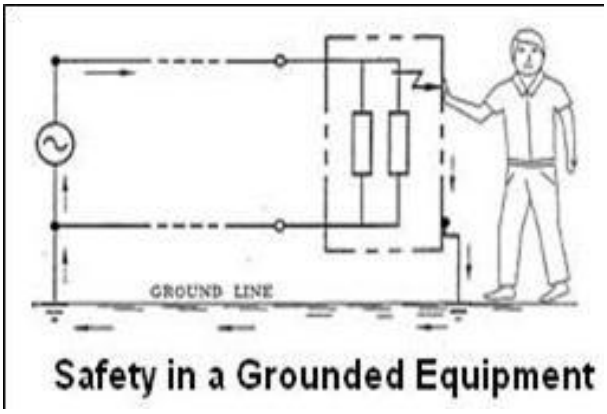
هو توصيل الجسم والأغلفة المعدنية للمعدات والأجهزة بالأرض عن طريق موصل كهربي لتجنب حدوث ارتفاع في جهد الجسم عند حدوث تلامس بينها وبين الموصلات الحاملة للتيار والذي يتسبب في ارتفاع جهدها إلى جهد الوجه وبالتالي يتسبب في تعرض كل من يقترب منه أو يلمسه لخطر الصعق الكهربي ولتلافي هذا الخطر يتم تأريض جسم المعدة 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 1000 أوم) بالنسبة لمقاومة الأرض (أقل من 25 أوم) والتي تصل في بعض الأحيان إلى اقل من 1 أوم ويظل جهد الأجزاء المعدنية منخفض جدا أثناء حدوث الخطأ (معتمدا 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.



Danger of an Ungrounded Equipment in a Grounded system



Safety in a Grounded Equipment

الأجسام الواجب تأريضها تبعا للمواصفات المعمول بها في معظم الدول

1. لأغلفة المعدنية المحيطة بالموصلات الكهربية والمغلفة لها مثل أغلفة الكابلات وطبقة التسليح ومسارات تلك الكابلات إذا زاد طولها عن 7.6 متر.
2. الهياكل والأغلفة المعدنية للآلات الكهربية بصفة عامة إذا كانت معرضة لحدوث تلامس بين تلك الهياكل والموصل الحامل للتيار .
3. أغلفة وهياكل المحركات وأجهزة التحكم وأجهزة المصاعد والأوناش.
4. الأجهزة والمعدات الموجودة في الجراجات والمسارح ودور العرض والاستوديوهات
5. أجهزة الإشارات الكهربية والعرض
6. المحركات والمولدات المتصلة بشبكات أنابيب المياه والمضخات.
7. لوحات التوزيع وحوامل المفاتيح.
8. بعض الأجهزة والمعدات الغير كهربية مثل الحبال الصلب المستخدمة في الأوناش والمصاعد التي تدار بالكهرباء.
9. المقابس المتصلة بالأجهزة المنزلية التي تعمل بمحركات .
10. المقابس والحواجز المتصلة بالأجهزة الصناعية إلا إذا كانت بعيدة عن متناول الأفراد.
11. السيور المعدنية في مصانع الكيماويات ومعامل تكرير البترول ومشتقاته.
12. الأبراج المعدنية الحاملة لخطوط الجهد العالي.
13. المباني المرتفعة ومداخن وحدات التوليد والمصانع.

التاريض الشبكي Grid Grounding

يستعمل هذا النوع في الأماكن ذات الجهود العالية مثل محطات الإنتاج ومحطات التحويل لكونها أكثر عرضة لتيارات القصر وذات قيم عالية جدا وهي تسبب خطراً كبيرا أذا واجهت عند تسربها إلى الأرض مقاومة ولو قليلة ، وتكون هذه المنظومة متناهية في صغر المقاومة ويمكن تحقيق ذلك بجعل قضبان التأريض مربوطة على التوازي لتقليل مقاومتها . كما يمكن تقليل قيمة محصلة مقاومة التوازي في التأريض الشبكي بأن تستغل الأقطاب الرأسية ليخرج منها على طول ارتفاعها عددا أخر من الأقطاب الأصغر لتكون أفقية الوضع فتصبح كلها متوازية التوصيل لتقل المقاومة لكل قطب راسي وبذلك نصل إلى اقل قيم المقاومة الأرضية .

التأريض الاستاتيكي Static Grounding

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 خاصتاً في المصافي النفطية وأماكن شحن المواد القابلة للانفجار والاشتعال.

التاريض المحلي Local Grounding

يتم التاريض المحلي بالمواقع العامة والسكنية ذات الكثافة السكانية أو المناطق الصناعية ذات الاستهلاك الكهربائي الكبير وفي إمكان متباينة في المدن حتى تمنع من ارتفاع جهد نقطة التعادل وذلك بوضع أقطاب نحاسية مثلثة الشكل أو متوازية الأضلاع على أن لا يقل طول الضلع عن 2 متر تدفن داخل الأرض على عمق كبير من سطح الأرض وطبقا للموصفات المعمول بها.

التاريض المؤقت Temporary Grounding

التأريض المؤقت هو توصيل أجزاء من الدائرة الكهربائية مثل الخطوط وقضبان التوزيع والمعدات الكهربائية والتي لا يوجد عليها مفاتيح تأريض وذلك لزيادة الأمان بالنسبة للإفراد والمعدات أثناء عمليات الصيانة و الإصلاح وينقسم إلى نوعين رئيسيين .

1) تأريض مؤقت للمعدات تركب خارج المبنى :

هي عبارة عن أربع ماسكات معدنية مثبت فيها كابلات تأريض مرنه بأقطار وأطوال مناسبة ، ثلاثة منها تركب علي المعدة أو الجزء المراد تأريضه بينما الرابع يكون مثبت في شبكة أو قضيب تأريض بحيث يثبت أولا في منظومة التأريض قبل أن يوصل في الخطوط أو المعدات المفصولة بواسطة عصا عازله ويجب عند إزالته أن يرفع من علي الخطوط أو المعدات أولا ثم بعدها يفصل من منظومة التأريض.كما في الشكل

2) تأريض مؤقت للمعدات تركب داخل المبنى :

معدة تأريض المعدات الداخلية تشبه في تركيبها قاطع التيار للخلايا المراد تأريضها وتوضع مكان قاطع 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 Device

ب- عربة (معدة) تأريض كابلات المغذيات Cable Grounding Device

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

النوع الأول يكون له ثلاث اذرع فقط تدخل في فتحات لتلامس قضبان التوزيع بحيث انه لا تدخل في فتحات تلامس أطراف الكابل ومقصورة مع بعضها وموصلة مع جسم العربة الذي يلامس قضبان التأريض أثناء دخول العربة إلى الخلية. وبذلك يتم قصر أطراف Circuit Breaker عند توصيل نقاط التلامس الرئيسية بآلية ميكانيكية تعمل بنفس اسلوب قاطع التيار.
النوع الثاني مثل النوع الأول ولكن أذرع قضبان التوزيع تكون قصيرة جدا ومقصورة مع بعضها وجسم المعدة المؤرض بينما اذرع أطراف الكابلات تكون طويلة ، وعند دخول العربة إلي الخلية وتوصيل الملامسات الرئيسية لها يتم تأريض كابلات المغذيات.
النوع الثالث وهو معدة أو عربة واحدة تستخدم لتأريض قضبان التوزيع أو كابلات المغذيات حيث أنه يوجد به ثلاث اذرع يمكن تركيبها أو إزالتها في أماكن الدخول في فتحات قضبان التوزيع أو في فتحات كابلات المغذيات وعند تركيبها في احدي الوضعين يتم تثبيت كابل تأريض مرن بماسك معدني مناسب إلى شبكة التأريض الرئيسية وموصل إلى ثلاث كابلات أخرى كل منها موصل في ذراع من اذرع عربة التأريض ويسمي عنقود التأريض ويجب أن يتم توصيله علي عربة التأريض وهي خارج الخلية ثم إدخالها وهي مؤرضة في موضع الخلية بعد التأكد من عدم وجود جهد علي الجزء المراد تأريضه بواسطة أجهزه اختبار الجهد العالي .

طرق التاريض

تاريض المنظومة أصبح أمرا ضروريا في عمليات تصميم و أداء و حماية منظومات القوى . ويتضح مما سبق انه يمكن التأريض بين نقطة التعادل والأرضي بإحدى الطرق الآتية .

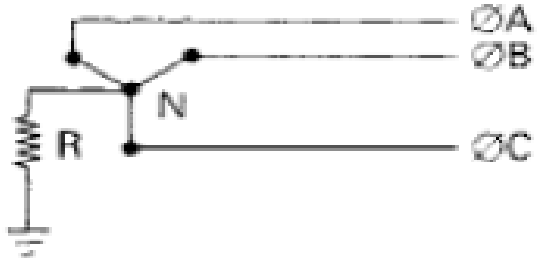
أولا : التاريض المباشر(Direct or solid grounding)

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

ثانيا : تاريض بمقاومة (resistance grounding)

ويكون بتوصيل نقطة التعادل بالأرض من خلال معاوقه عادتاً ما تكون مقاومة لغرض تحديد قيمة تيار العطل ولكن يجب حساب كل قيم تيار العطل قبل حدوثه لكي يتم اختيار قيمة المقاومة وبشكل عامة يتم اختيار المقاومة بالقانون التالي $R = 1Cr + Cs + Ct$

حيث C السعة بين الأرض والأطوار الثلاثة



Resistance-Grounded Wye

ثالثا : التأريض بمفاعلة (Reactance grounding)

يكون التوصيل بين نقطة التعادل والأرض من خلال ملف ثابت القيمة ويستخدم لتقليل تيار الخطأ الأرضي ويستخدم في تأريض نقطة التعادل لمولدات الجهود المنخفضة الأقل من 1000 فولت ويتم اختيار قيمة المفاعلة علي حسب القيمة السعوية للخط (Line Capacitance) والتي تتغير قيمتها مع تغير قيمة التيار المار فيها بحيث تتناسب مع أقصى تيار خطأ ارضي أي أن مقاومتها لتيار خطأ الأرضي يتم ذاتيا بمعنى أنه كلما زاد التيار المار فيها زادت مقاومتها له إلى قيمه قصوى محدده لا يمكن تغييرها.

رابعا: (التأريض بملف متغير) كابح للقوس Arc Suppression Coil

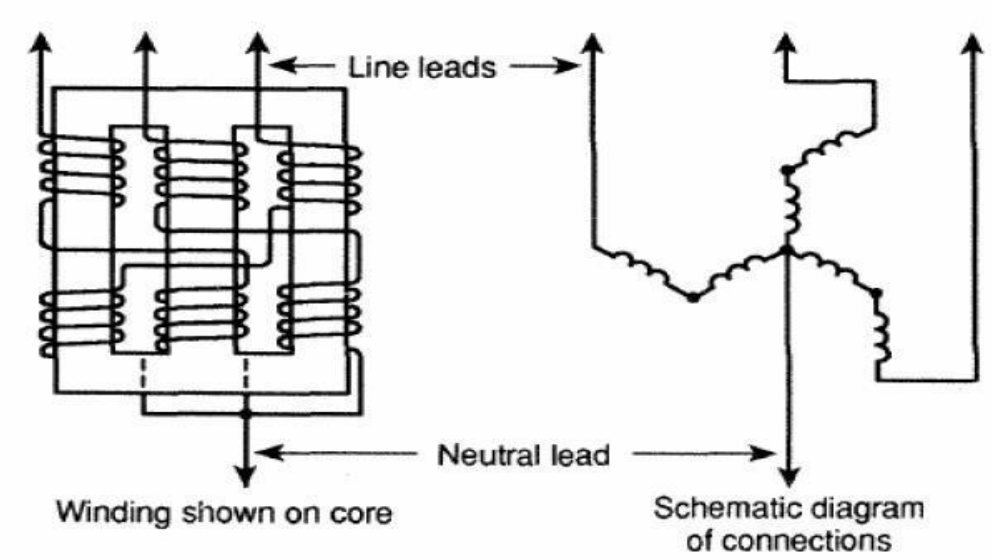
نفس فكرة المفاعلة الثابتة ولكن يكون فيه التوصيل عن طريق ملف متغير القيمة (مفاعله حثيه) يتم ضبط قيمتها بحيث تعادل قيمة المفاعلة السعوية للخط أو الوجه أثناء خطأ التماس ويمكن تغيير القيمة القصوى لها بتغيير نقاط تلامس عليها تتحكم في عدد اللفات لها ويمكن تغيير قيمتها القصوى يدويا أو أتوماتيكيا عن طريق دوائر مراقبة وتحكم.

مزايا التأريض بمفاعلة:

* الحد من تيار الخطأ إلى قيم لا تؤثر علي المنظومة
* مقاومة والعمل علي إخماد القوس الأرضي
* تقليل حدوث تداخلات موجيّ مع أجهزة وكابلات الاتصالات

خامسا :تأريض الدوائر الموصلة دلتا (Δ)

تؤرض الدوائر ذو الثلاث أوجه والموصلة دلتا عن طريق محول تأريض grounding transformer وأحيانا يسمي 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 علي مقاومة تيار خطأ التماس بالأرض لحظة ارتفاع التيار.



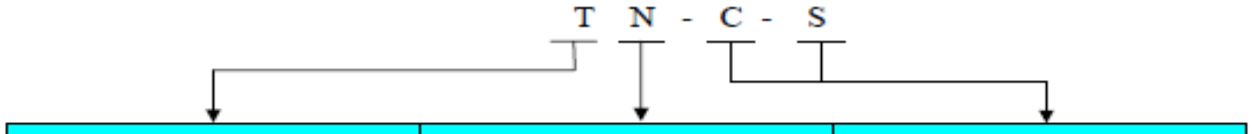
Zig-Zag Grounding Transformer

أنظمة التأريض TT / TN /IT في الشبكات الكهربائية

يوضح الجدول التالي الأحرف والرموز المستخدمة في الشبكات الكهربائية ذات الأطوار الثلاثة حيث توضح الحروف المستخدمة من اليسار إلى اليمين نوع الشبكة وذلك كالتالي :

- يمثل الحرف الأول من اليسار نوع التأريض للمصدر وإذا ما كان مباشر في نقطة واحدةT أو أن جميع الأجزاء معزولة أو مؤرضة من نقطة واحدة عن طريق معاوقة .
- يمثل الحرف الثاني نوع التأريض لأجسام التركيبات الكهربائية وإذا ماكانت مباشرة دون الاعتماد على تأريض المصدر T أو مربوطة بالأرض في الشبكات الكهربائية المترددة والذي عادة مايكون المحايد N .
- الحرفان الثالث والرابع يمثلان تركيب الموصلات المحايدة وموصلات الوقائية فإذا كان الموصل المحايد وموصل الوقاية منفصلان فيمثل ذلك بالحرف S أما إذا كانا متصلين فيمثلان بالحرف C ، بحيث إن يصبحان موصل واحد يرمز له بالرمز PEN

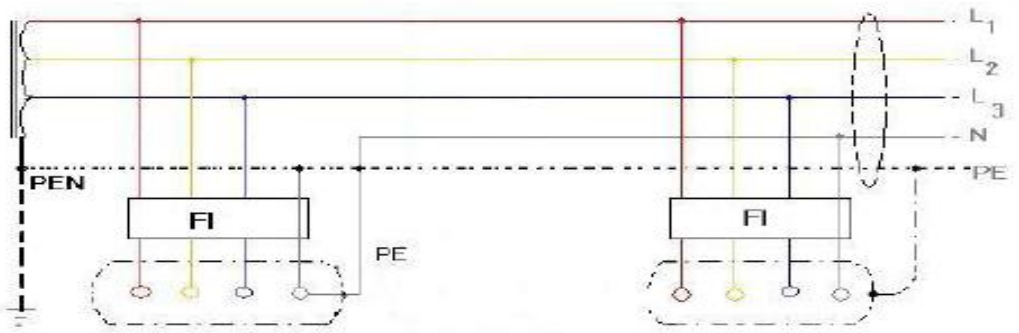
الحرف الثالث والرابع	الحرف الثاني	الحرف الأول
ترتيب موصل المحايد N وموصل الوقاية PE: C: تعني أن موصل المحايد N وموصل الوقاية PE مجتمعان معاً في الشبكة ويمثلان بموصل واحد يرمز له بالرمز PEN. S: تعني أن موصل المحايد N وموصل الوقاية PE منفصلان.	نوع التأريض لأجسام التركيبات الكهربائية: N: تعني أن أجسام التركيبات الكهربائية مربوطة مباشرةً مع القطب الأرضي للنظام الكهربائي والذي يمكن أن يكون المحايد بالنسبة للشبكة الكهربائية المترددة. T: تعني أن نقطة الأرضي لأجسام التركيبات الكهربائية مباشرة دون الاعتماد على تأريض المصدر.	نوع التأريض للمصدر: I:تعني أن جميع الأجزاء معزولة أو مؤرضة من نقطة واحدة عن طريق معاوقة. T:تعني أن تأريض المصدر مباشر في نقطة واحدة.



الحرف الثالث والرابع	الحرف الثاني	الحرف الأول
	N	T
C	N	T
S	N	T
C-S	N	T
	T	T
	T	I

شبكة TN :

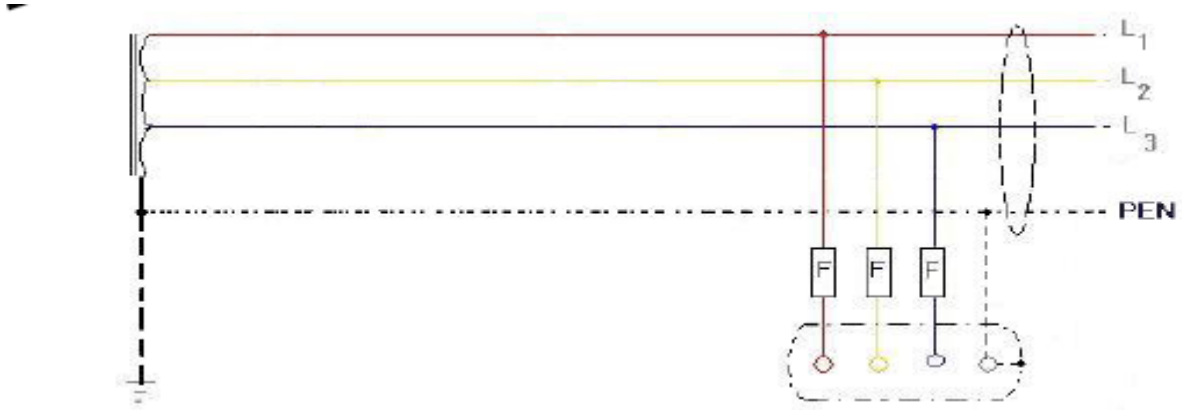
تعني إن المصدر مؤرض مباشرة في نقطة واحدة (نقطة النجمة) وأن أجسام التركيبات الكهربائية مربوطة مباشرة مع القطب الأرضي للنظام الكهربائي والذي يمكن أن يكون المحايد بالنسبة للشبكة الكهربائية المترددة ثلاثية الأطوار



ويستخدم هذا النظام في الجهود المنخفضة وينقسم هذا النظام إلى ثلاثة أنواع .

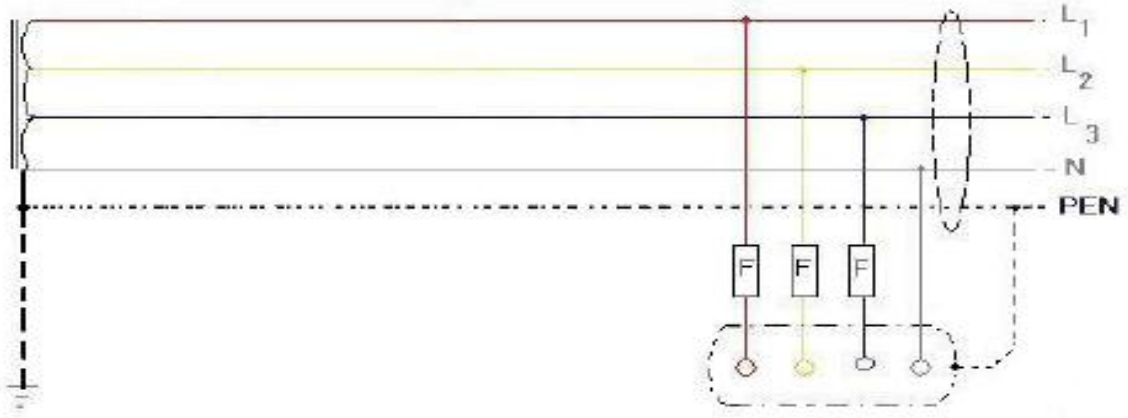
1. *شبكة TN-C* :

يجتمع خطا التعادل N والوقاية (PE) معا في هذا النظام في خط واحد ويسمى بخط (PEN) كما في الشكل التالي حيث يستخدم الخط المحايد للمصدر كخط أرضي في جهه المستهلك لتأريض أجسام التركيبات الكهربائية .



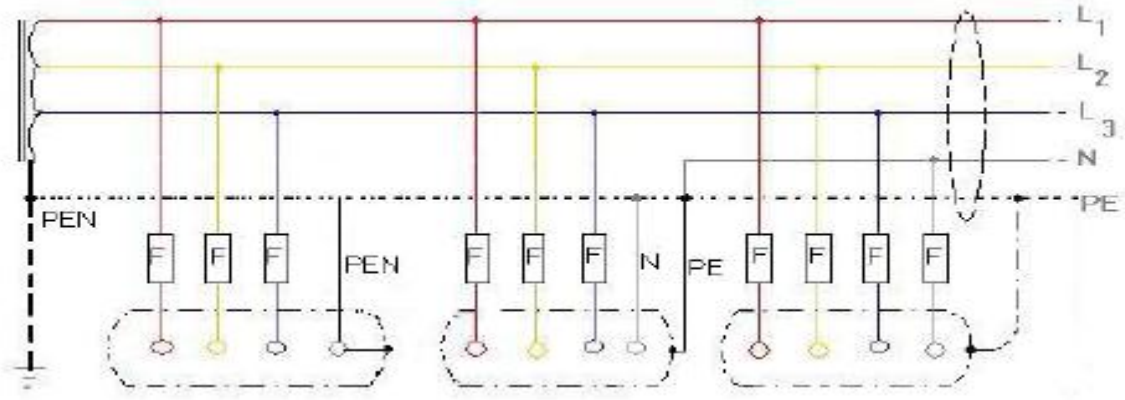
2.شبكة TN-S :

يوضح الشكل التالي هذا النظام والذي يكون فيه خطا التعادل N والوقاية PE منفصلين وعادتا ما توصل أجسام التركيبات أو الأجهزة الكهربائية عند طرف المستهلك بالموصل المحايد المؤرض للمصدر عن طريق الغلاف الخارجي المعدني لكابل المصدر ويكون لكل من خطي الأرض والمحايد وظيفة منفصلة.



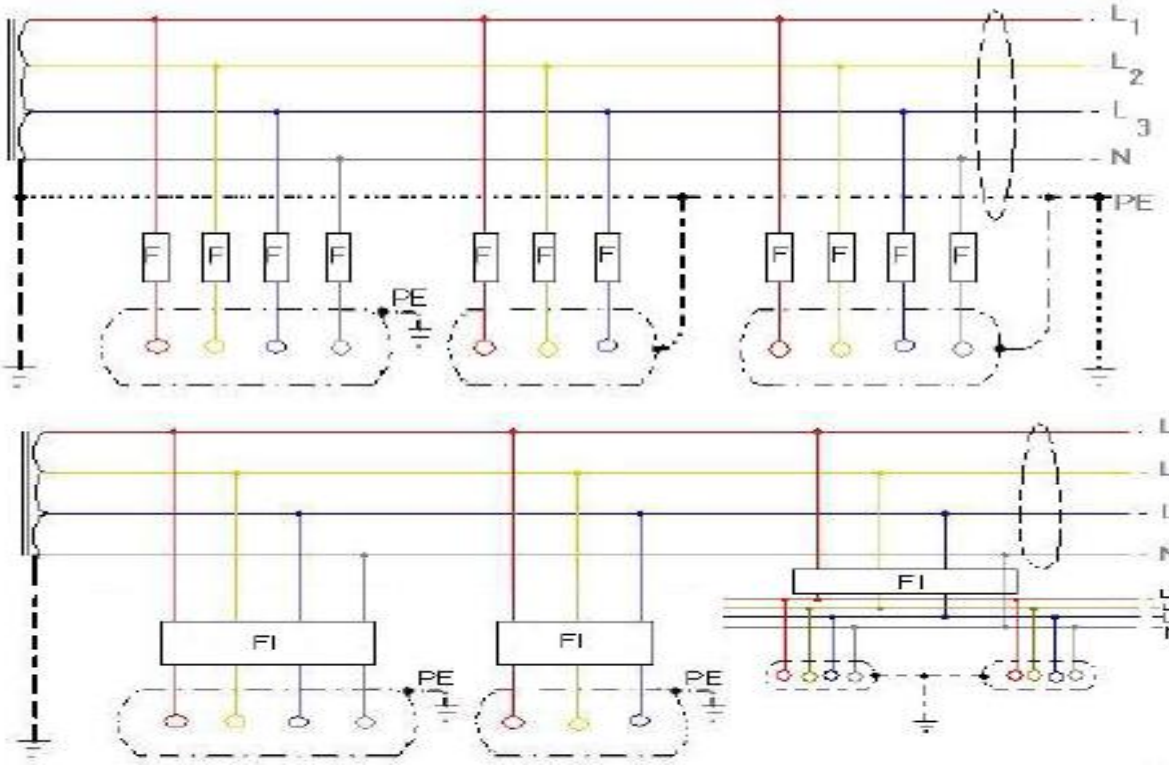
3. شبكة TN-C-S :

هذا النظام الذي يشبه شبكة TN-S ولكن في هذا النظام يكون خطا التعادل N والوقاية PE مجتمعين عند المصدر (يكون موصل الأرضي هو موصل المحايد ويرمز له PEN ويعني خط الوقاية لأرضي المحايد) ومنفصلين عن المستهلك (موقع التركيبات الكهربائية).



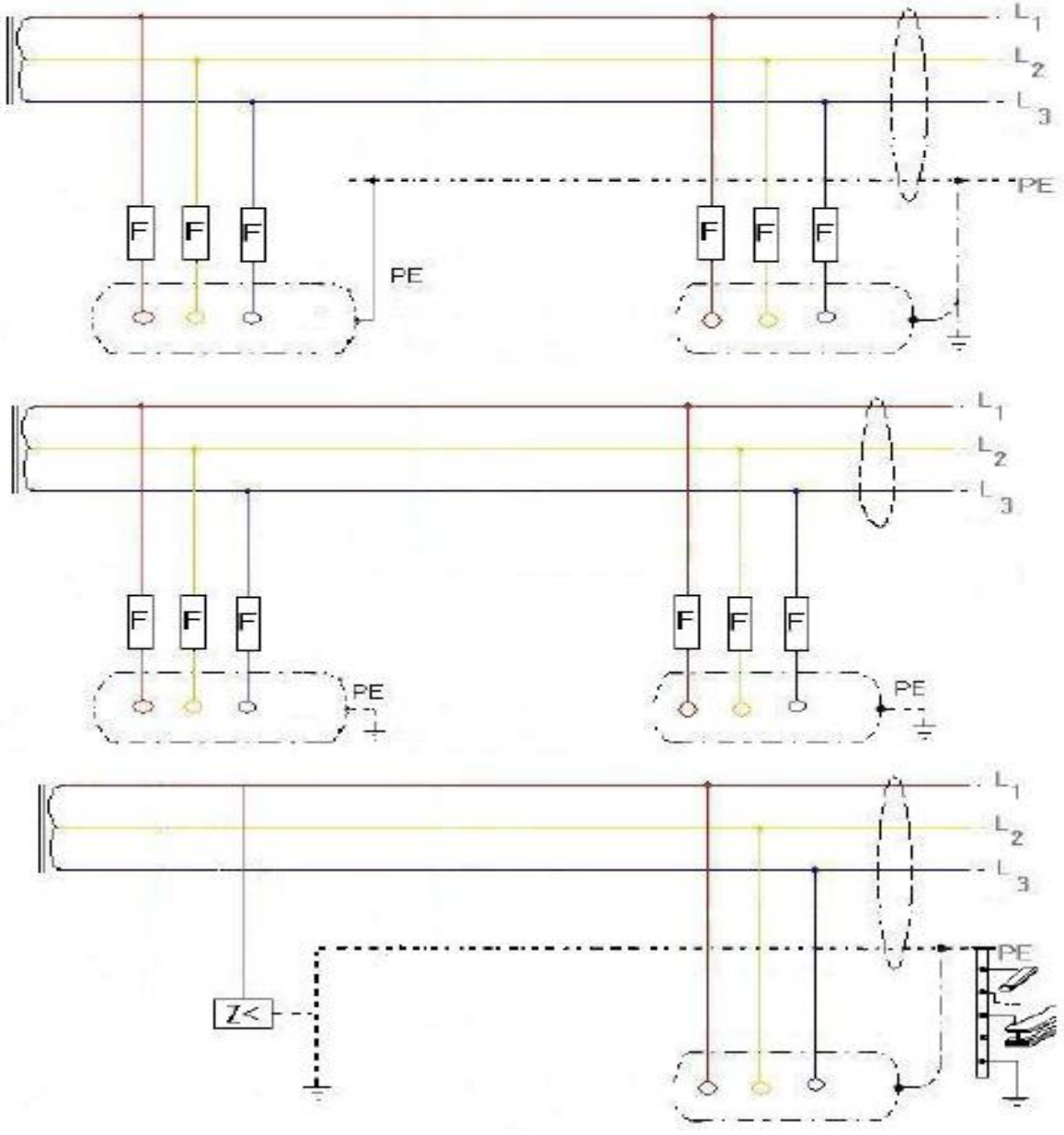
شبكة T T

في هذا النظام يكون لكل من المصدر والحمل خط أرضي مستقل بحيث يتم تأريض المصدر مباشرة للأرض (بنقطة النجمة للنظام ثلاثي الأطوار) كما تؤرض الأجسام المعدنية عند المستهلك (في التركيبات الكهربائية) مباشرة للأرض حيث تعتبر كتلة الأرض هي الخط الراجع للمصدر وعادةً ما يستخدم هذا النظام في التمديدات الكهربائية الهوائية (التي تكون عادةً خارج المدن) وقد يستعمل داخل المدن أيضاً وكثيرا ما يستخدم هذا النظام في الجهود المنخفضة وفي الشكل التالي يبين استخدام المنصهرات في حماية الأحمال أما الشكل الذي يليه يبين استخدام مفتاح تسرب التيار (F1) في الحماية



شبكة I T

في هذا النظام يكون المصدر غير مؤرض (معزول عن الأرض) أو مؤرض خلال معاوقة كبيرة حيث يتم تأريض جميع أجسام التركيبات الكهربائية بموصل مؤرض في نقطة واحدة جهة المستهلك كما في الشكل التالي أو في نقاط متعددة عن كل تركيبة مستقلة كما في الشكل الذي يليه أو توصيل جميع أجسام التركيبات الكهربائية والأجسام المعدنية في المنشأة بنقطة واحدة لموازنة فرق الجهد وهذا ضروري جداً للحماية لكي لا يكون هنالك اختلاف في فرق الجهد (الذي بحيث أن يكون صفر) بين المستخدم والأجسام المعدنية التي تعرضت لقصر نتيجة لخلل معين قد يؤدي إلى سريان تيار في جسم المستخدم مما يؤدي إلى تعريض سلامته للخطر كما يمكن في هذا النوع تركيب جهاز حماية لمراقبة العزل.



مقاومة منظومة التأريض

يجب التحقق قبل أنشاء 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 منظومة التأريض من:

1. مقاومة قضيب التأريض ومقاومة الموصلات المربوطة في القضيب .
2. مقاومة التلامس بين قضيب التأريض والتربة .
3. مقاومة الأرض المحيطة بقضيب التأريض .

كما نعلم أن مقاومة القضيب يمكن التقليل منها بصناعته من مادة جيدة التوصيل وكذلك تطويل القضيب يقلل 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 .

المقاومة النوعية للتربة :-

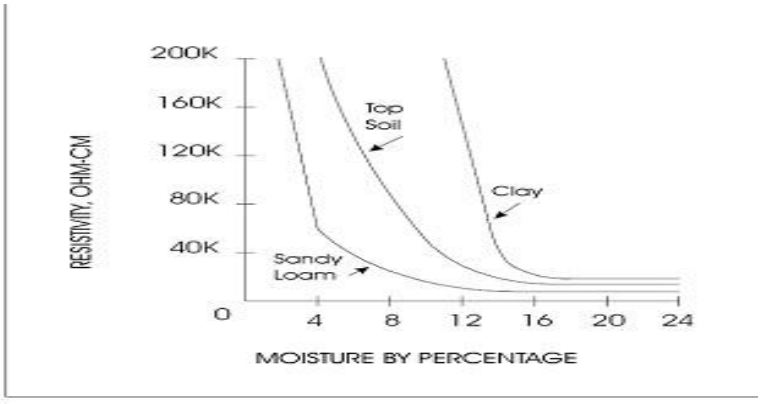
تؤثر المقاومة النوعية للتربة على مقاومة الأرض وهي من أهم المؤثرات على منظومة الأرض وتعتمد على عوامل هي.

1. نوع التربة .

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

2. رطوبة التربة أو مستوى الماء فيها:

لرطوبة التربة تأثير مباشر على مقاومة التربة فكلما 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 .



The influence of moisture content

3. **المقاومة النوعية للسوائل في التربة :**

ويتم ذلك بأخذ عينة للسوائل الموجودة أو المختلطة بالتربة من مكان إنشاء منظومة الارضي وتحليلها ومن ثم معرفة المقومة النوعية لها.

4. **حرارة التربة وتأثير الفصول الأربعة عليها من حيث الحرارة :**

عندما تتجمد التربة ترتفع مقاومتها بصورة عالية وقد تصير التربة غير صالحه خلال فصل الشتاء القارص والجدول التالي يوضح 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

طرق خفض مقاومة التأريض

بعد الانتهاء من أنشاء أي منظومة أرضي بعد الدراسة طبعا يتم قياس المنظومة فإذا وجدت أكبر من القيمة المسموح بها يتم خفض مقاومة الأرض بالطرق التالية .

ملاحظة : القيم المسموح بها لمقاومة الأرض تختلف من بلاد إلى أخرى ولكن غالبا الحد الأقصى 25 أوم . غير أن في بعض الدول لا تسمح أكثر من 10 أوم مثل بريطانيا .

1) 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 20مم.

2) زيادة طول قضيب التأريض

يمكن أن يتم ربط أكثر من قضيب عن طريق توصيلة من نفس المعدن للحصول على طول المناسب ورغم أن أقصى الطول الموصي به عالميا هو 240 سم للتربة العادية وتتفاوت الأطوال بتفاوت نوع التربة والمنظومة .

3) زيادة عدد قضبان التأريض

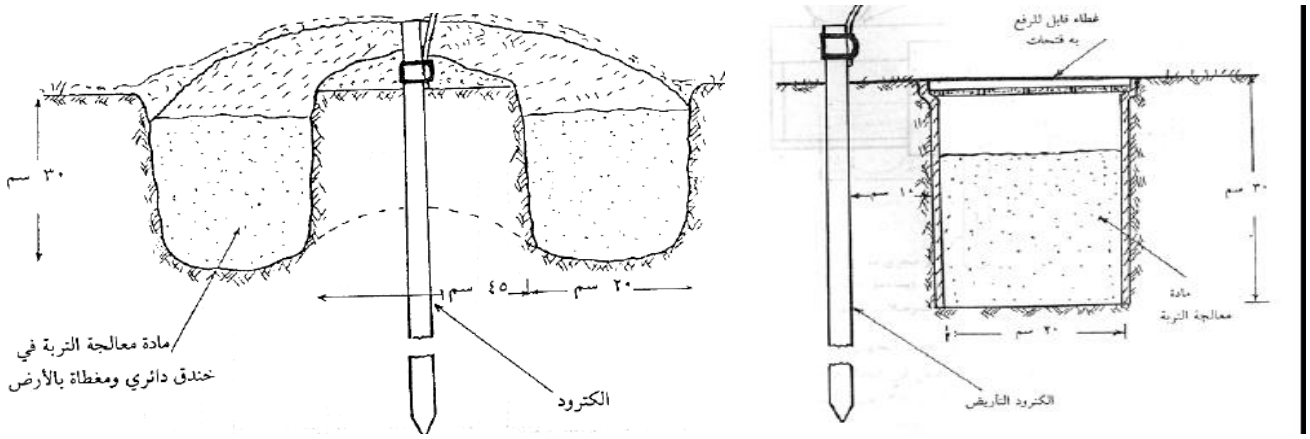
يمكن استخدام أكثر من قضيب مدفون في الأرض على مسافات لا تقل عن 240 سم بين القضيب والأرض.

4) معالجة التربة كيميائياً :

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

أ) تعمل حفره مجاورة لقضيب التأريض وتبعد عنه بمسافة لا تزيد عن 10سم وتملأ بأملاح كبريتات المغنيسيوم أو كبريتات النحاس أو ملح صخري حتى منسوب 30سم 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 بحيث لا يقل القطر الداخلي للخندق عن 45سم وعمق 30سم . ويملأ هذا الخندق بالمواد الكيميائية السابق ذكرها . ويجب ألا 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 حدود18 إلى 40 كيلو جرام من مادة كبريتات النحاس لرخص ثمنها و وجودة توصيلها 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 للقيام بهذه العملية.

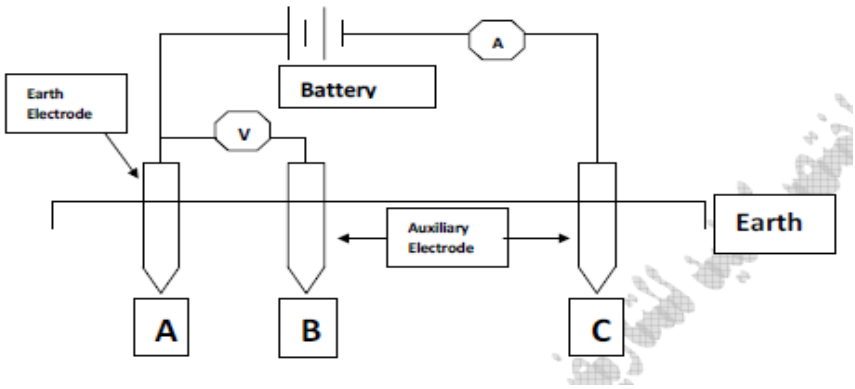


طرق قياس مقاومة التربة

يجب أن تتم قياس مقاومة التربة على أعماق مختلفة نظراً لاختلاف المقاومة باختلاف العمق و لأنه من غير المنطقي إدخال الالكترود على أعماق كبيرة لقياس المقاومة فتستخدم عدة طرق للقياس بأجهزة مختلفة ومتطورة ولكن سيتم طريقتين الأولى منها تعتبر عملية جدا والأخرى طريقة (فنير)

طريقة هبوط الجهد Fall potential method

يوضح الشكل التالي الدائرة الكهربائية التي تستخدم لهذا القياس وهي عبارة عن إضافة أقطاب مساعدة لقياس مقاومة القطب المراد حساب مقاومتة بقانون أوم Ra =Vab/I بحيث يمر تيار من القطب a إلى القضيب c عن طريق الأرض و يوصل جهاز فولت ميتر بين القطب a أو b وذلك لقياس فرق الجهد بينهما وكذلك تقوم بتوصيل بطارية وجهاز أميتر في الأقطاب a و c لقياس فرق الجهد الناتج في جهاز الفولتميتر وعن التطبيق بالقانون أعلاه تحصل على مقاومة القضيب .



جهاز قياس فنير

- مقياس أتزان صفري (null balance meter)
- أربعة قضبان صلب 600مم وقطر 13مم
- أربعة كابلات معزولة

ويتم وضع 4 الالكترودات على عمق 30 سم على خط مستقيم وتؤخذ المسافات بينها متساوية والتي على الأطراف (C1,C2) هما طرفي التيار والمتوسطان هما طرفي الجهد (P1,P2) يمر التيار خلال طرفي التيار ويقيس الجهاز فرق الجهد بين طرفي الجهد ويعطي من العلاقة (الجهد ÷ التيار) .

أن المقاومة التي قراءها الجهاز هي المقاومة المتوسطة لطبقات التربة من سطح الأرضي وحتى عمق يساوي (D) حيث (D = ¾ A) حيث (A) هي المسافة بين الالكترودات يمكن بعد ذلك تحويل قراءة الجهاز إلى مقاومة التربة (أوم . متر) باستخدام العلاقة

Resistivity p =2 n RA

حيث P : المقومة المتوسطة (أوم . متر)

R : قراءة الجهاز (أوم)

A : المسافة بين الالكترودين (متر)

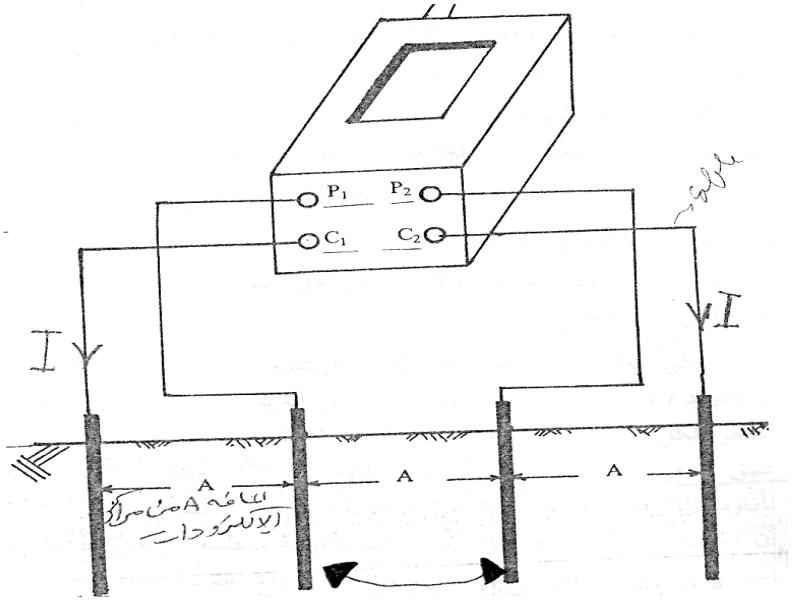
كما يمكن استخدام ما سبق في تحديد قيمة العمق المطلوب لدفن الالكترود باستخدام العلاقة

R =0,366 . p . log10 (3D/ d) / D

r : مقاومة الالكترود بالاوم

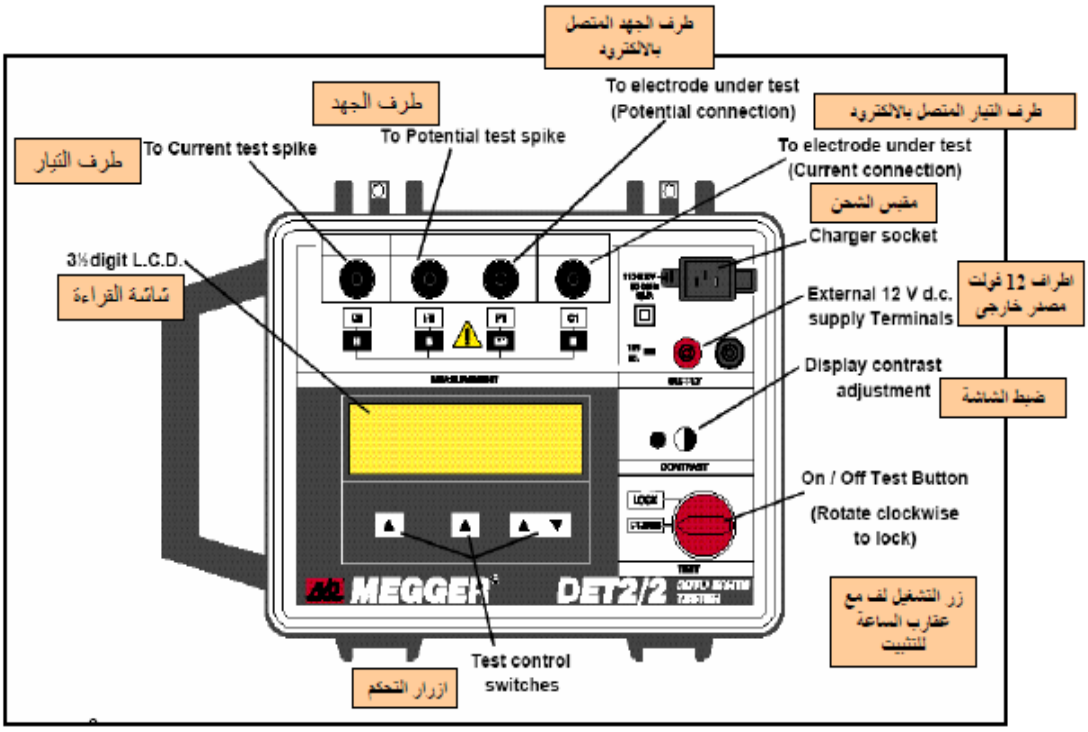
P : مقاومة الأرضي المقاسة بالاوم متر. على عمق D متر

d : قطر الالكترود بالمتر .



جهاز قياس مقاومة الارضي Megger DET2/2

الشكل العام للجهاز :



مميزات الجهاز

- دقة عالية تصل 1 ملي أوم .
- صحة قراءات عالية في قراءات مقاومة التربة ومقاومة الالكترود التأريض .
- جهد الاختبار 50 فولت للامان .
- بطاريات قابلة للشحن .
- جهاز محصن يمكن العمل به في ظروف مختلفة.
- وجود فلتر على القراءات وإمكانية استخدام تيار اختيار عالي القيمة .

تعليمات ألامان أثناء قياس مقاومة الأرضي

1. ممنوع لمس أي من الأسلاك أو الالكترودات أثناء عمل الجهاز حتى لا يتعرض الشخص لصدمة كهربية.
2. أثناء العمل بالقرب من الجهد العالي يجب ارتداء قفازات وأحذية أمان .
3. يجب تركيب فيوزات أمان عند العمل على أرضي متصل بشبكة الأرضي خصوصا عند الجهود العالية.
4. يجب أن يكون ألإفراد مدربون وعلى علم ببنود الأمان .

حماية المنشآت والمعدات من الصواعق

ما هي الصاعقة :

هي تفريغ كهربي بين الغيوم أو بين الغيوم والأرض وهي تفريغ للكهرباء الساكنة المتجمعة على السحب المتكونة نتيجة الأحوال الجوية .حيث تزداد كمية الشحنات المتجمعة على أحد أقطاب الغيوم وعندما تكون العازلية بين الغيوم أو بين الغيوم والأرض غير كافية وضعيفة جدا يحدث تفريغ (سريان للشحنة) على شكل تيار كهربائي إلى الأرض تعتمد شدته على كمية الشحنة و الوسط الناقل وزمن استمرار التفريغ .

من تحليل احد النظريات للصاعقة انه عندما تمر السحابة المحملة بالبخار الكثيف (ذات كتلة) يكون الجزء السفلي لها مشحون بشحنات سالبة ويكون الجزء العلوي موجب وعند اقتراب السحابة من أعلى نقطة للأرض تتجمع الشحنات الموجبة على سطح الأرض والسالبة في أسفل السحابة بالحث الكهروستاتيكي وبذلك ينشأ فرق جهد بين أسفل السحابة والأجسام المرتفعة عن سطح الأرض وباستمرار تراكم الشحنات يزداد فرق الجهد حتى يصل إلى (20-25 كيلو فولت لسنتمتر الواحد) عندها يحدث تأين للهواء وبذلك يكون الهواء موصلا جيدا للكهرباء خصوصاً إذا كانت الرطوبة أكثر من 85% وتنساب الشحنات الموجبة من الجسم المرتفع عن سطح الأرض بالصعود إلى السحابة في الوسط المتأين وتسمى هذه الظاهرة بالصاعقة المرتدة حيث يصل التيار إلى 200 كيلو أمبير فيحدث تسخين للوسط محدثاً وميضاً من شدة الحرارة المتكونة نتيجة مرور التيار العالي فينتج عن هذا تخلخل في الهواء محدثا صوت الرعد.

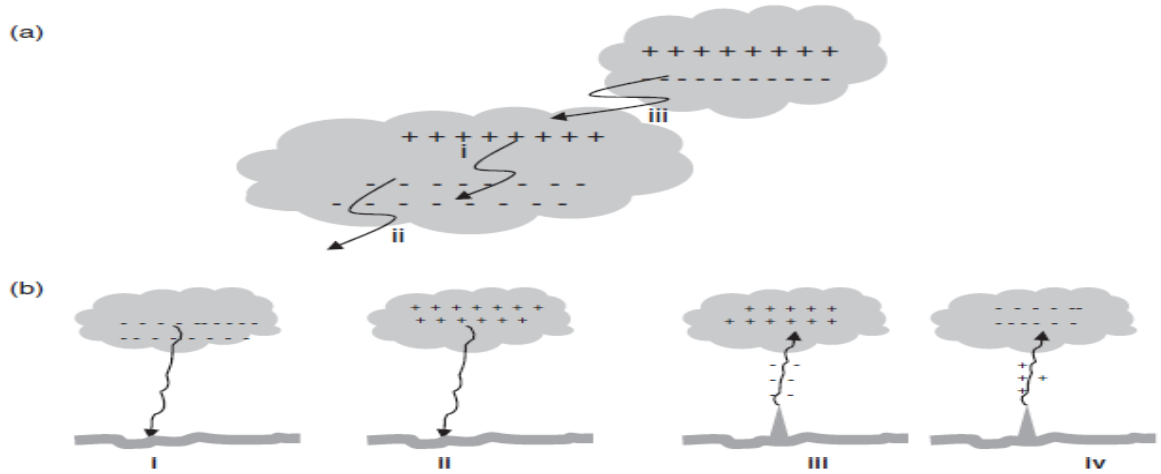


Figure 2.1 *(a) Types of cloud flashes: (i) intracloud; (ii) air discharges; (iii) inter-cloud. (b) Types of ground flashes: (i) downward negative ground flashes; (ii) downward positive ground flashes; (iii) upward positive ground flashes; (iv) upward negative ground flashes.*

مانعات الصواعق وأهميتها Lightning Protection

مانعة الصواعق تقوم بحماية المباني والهياكل من الأضرار الناتجة من الصواعق أو تقلل من أخطارها من خلال تامين 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 المهمة العالية والمنخفضة .
- البنايات العالية نسبيا المصنوعة من إي شي.
- القمم المدببة كالمآذن والأبراج .
- المباني التي تحوي على مواد قابلة للاشتعال (المصانع ، المخازن، ....)
- 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 ولها أشكال مختلفة.
- الموصلات وهي التي تؤمن مسار الصاعقة من اللاقط إلى الأرض .
- منظومة الأرضي.

حماية التركيبات الكهربائية من تيار التسرب الأرضي

قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي :

يتم حماية الدوائر الكهربائية الفرعية بقواطع فرعية عادية سعة 15 أمبير أو 20 أمبير إلا أنها قيمة مرتفعة جداً بمقارنتها بما ينتج عنها من أخطار حيث أن مرور تيار كهربائي صغير في حدود 60 مللي أمبير في جسم الإنسان 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 كان 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 الدائرة.

أنواع قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي :

النوع الأول : يستطيع فصل الدائرة عندما تكون قيمة التيار المار فيها بحدود 6 مللي أمبير.

النوع الثاني :يصلح لفصل الدوائر التي يزيد تيارها عن 20 مللي أمبير ويوصي (NEC) باستخدام قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي في بعض الدوائر الكهربائية للمباني التجارية والسكنية وخاصة الموجودة في الأماكن المبتلة.

تأثير التيار على جسم الإنسان

لنفرض على سبيل المثال أن جزء من هيكل معدني للآلة كهربائية مر به تيار كهربائي وهو مؤرض بقطب التاريض المفرد (G) مغروس بشكل عامودي في التربة كما في الشكل التالي . سوف يسري التيار عندئذ نالي الأرض من خلال ناقل التأريض الي قطب التأريض ثم إلى التربة ، لقد ثبت علمياً أن هذا التيار يمر في التربة مبتعدا عن قطب التأريض في كافة الاتجاهات وعلى بعد 20 متر يكون التيار قد توزع في حجم كبير من التربة بحيث تكون شدة التيار عند هذه المسافة مساوية للصفر وتسمى هذه المنطقة بالمجال المحيط بقطب التأريض وحين يمر به التيار يسمى حقل التسرب .

أما مقاومة سريان تيار التسرب تسمى مقاومة الأرض وتتناقص منطقة حقل التسرب كلما ابتعدنا عن قضيب التأريض في أي اتجاه ، وتكون المنطقة العظمى U earth من هيكل المعدة إلى قضيب التاريض إذا أهملنا مقاومة القضيب وتكون اقل قيمة على بعد 20 متر من القضيب.

يتم حساب المقاومة التي يبديها قضيب التأريض ضد سريان التيار المتسرب والتي تدعى بمقاومة الأرض بحاصل قسمة الجهد بالنسبة للأرض عند قضيب التأريض على التيار عبر قضيب التأريض

$$r_{earth} = U_{earth} / I_{earth}$$

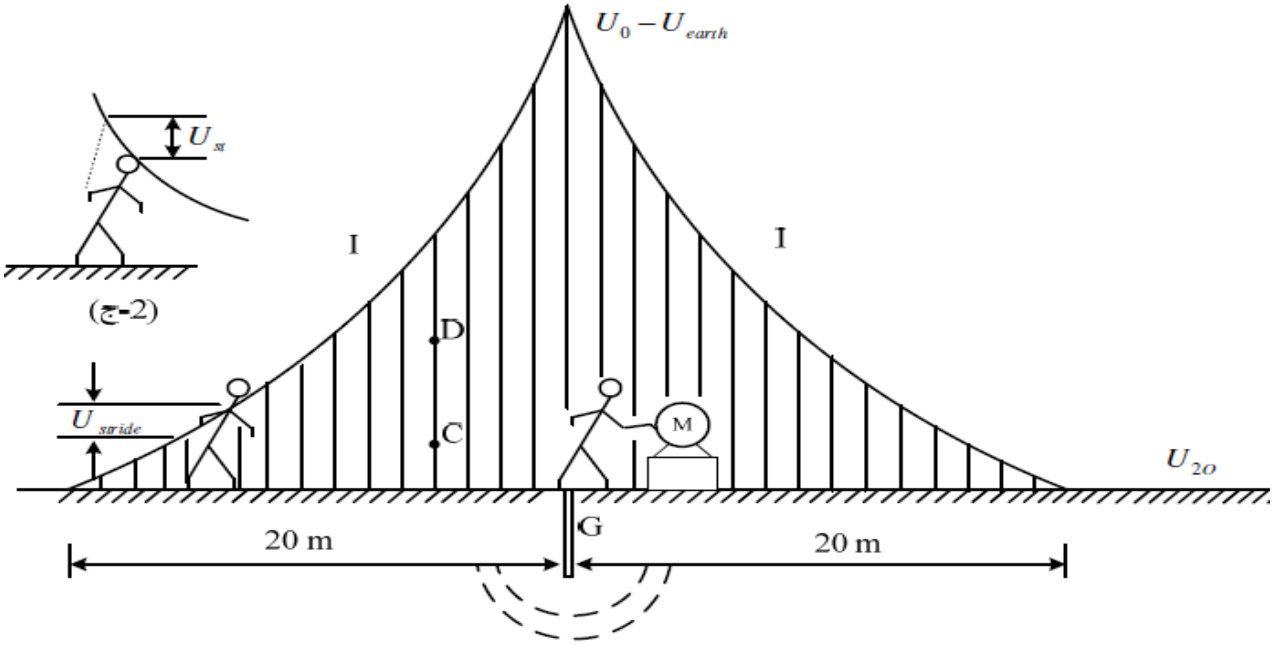
<u>جهد الخطوة Us :</u>

هو جزء من جهد شبكة الأرضي الذي يمكن تخطية بمسافة خطوة واحدة في المتر الواحد

يفترض أن تكون هذه الخطوة مساوية 0.8 متر ويزداد جهد الخطوة كلما أقترب من التوصيلات المختلفة أو من قطب التأريض ومع ذلك فان جهد الخطوة يساوي صفر إذا تحركت قدما الشخص على المحيطات المتساوية كالنقطتين D, C كما في الشكل . وهكذا يكون جهد الخطوة أقل ما يمكن كلما وقف الإنسان على مسافة أبعد من قضيب تأريض .

إن الحالات التي يتأذى منها الإنسان بسبب الصدمة الناتجة عن جهد الخطوة تعتبر نادرة وذلك لان تيار العطل يمر بشكل رئيسي عبر الساقين ويبتعد عن أجزاء الجسم الأخرى ومع ذلك فإذا ارتفعت قيمة جهد الخطوة حتى 100—125 فولت فإنها تؤدي إلى سقوط الشخص فورا نتيجة التقلصات العضلية في الساقين وبعد ذلك ممكن أن يمر التيار عبر الدائرة القاتلة (اليد – الساق) .

تبين علميا إن الحيوانات الكبيرة ذات الخطوة الواسعة تتضرر بشكل أكثر من الإنسان.



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 .

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

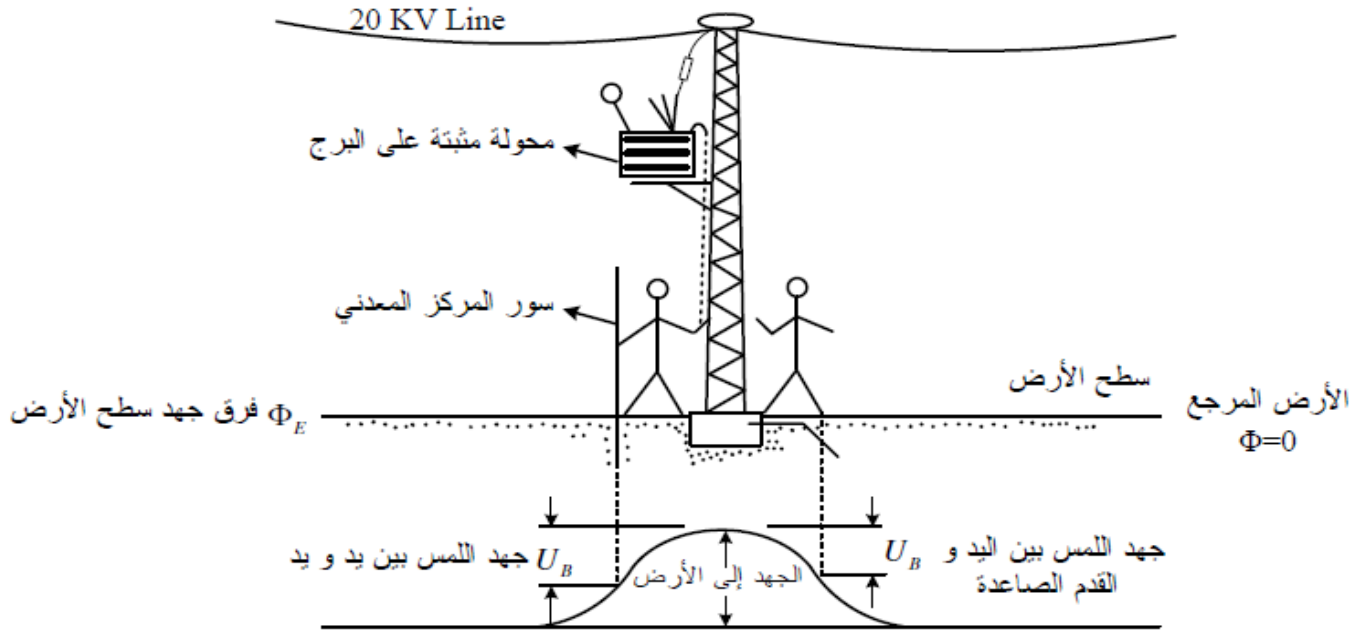
جهد اللمس U_B

إذا لمس الإنسان غلاف معدة مؤرضة حصل فيها عطل أرضي ، فانه يتعرض لجهد اللمس الناتج عن فرق الجهد بين نقطة الأرض الواقف عليها وبين الغلاف المؤرض الذي لمسة .

عند حدوث العطل الأرضي لجهاز كهربائي سوف يسري تيار أرضي في الأقطاب إلى الأرض مسبب هبوطا في الجهد بجوار الأقطاب ونتيجة لذلك يعتبر منطقة الأقطاب هي الذروة بالنسبة إلى النقاط البعيدة .

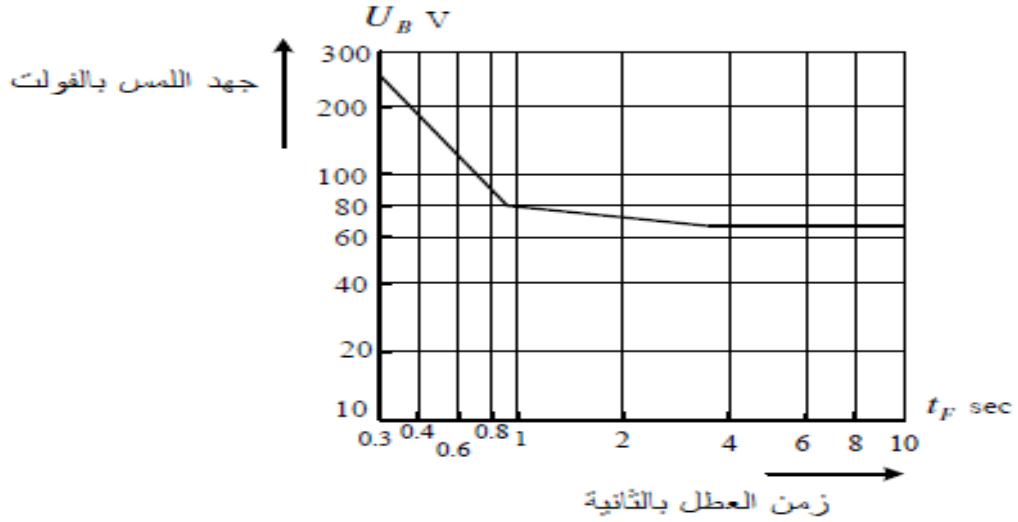
مثال على ذلك نفرض انه حدث عطل لمحول محمول على برج كما في الشكل حيث ان يوزع الجهد حول البرج وأعظم نقطة تحت أسفل البرج وتتناقص كلما ابتعدنا على البرج فإذا لمس إنسان واقف على الأرض البرج المعدني الساري به تيار العطل فان جهد اللمس المتشكل في هذه الحالة فان جهد اللمس هو الحاصل بين يد الشخص ورجلة .

أما إذا تم اللمس بين البرج المعدني والحاجز المعدني المحيط بالبرج فان جهد اللمس في هذه الحالة هو الجهد المتكون بين يدي الشخص وفي كلتا الحالتين يجب أن يكون جهد اللمس أقل من الحدود المسموح بها للمس.



مستويات جهد اللمس المسموح بها :

إن تفادي جهود اللمس يعتمد على مستويات الجهد المسموح بها وعلى زمن تطبيق الجهد . ففي حالة الجهود التي تدوم أعشار من الثانية (المهم في الأمر حماية القلب من التليف) تكون جهود اللمس المسموح بها لجسم له مقاومة قدرها 1 K أوم وفق الستندر الالماني يبينها الشكل التالي.



العوامل التي تؤثر على شدة الصدمة الكهربائية:

يحدث مرور التيار الكهربائي في جسم الإنسان آثاراً تختلف في خطورتها وشدتها حسب العوامل التالية

أ - مسار التيار في جسم المصاب:

يتحدد مسار التيار الكهربائي في جسم الإنسان المصاب بمكان دخول وخروج التيار إلى الجسم وقد يكون هذا المسار قصيراً بين نقطتين على اليد والقدم مثلاً أو طويلاً بين اليدين أو بين اليد اليمنى والقدم اليسرى أو العكس والمسار الأكثر خطورة هو من يد إلى اليد الأخرى عبر الصدر.

ب - شدة التيار المار في الجسم:

تزداد خطورة الكهرباء وآثارها على الجسم الإنسان بزيادة شدة التيار المار فيه حيث أن الآثار الحرارية والكيميائية للتيار تدمر خلايا الجسم أو تسبب الحروق أو الشلل أو الوفاة ، وتتوقف قيمة التيار المار في الجسم على مقدار الجهد الكهربائي الذي يلامسه المصاب أو يقترب منه وتزداد قيمة التيار بزيادة الجهد وتنخفض بانخفاض الجهد.

ج - المقاومة الكهربائية لجسم المصاب:

تختلف المقاومة الكهربائية لجسم المصاب من شخص إلى آخر وهي تؤثر على قيمة تيار الصدمة ،حيث تزداد قيمة التيار كلما كانت المقاومة صغيرة وتقلل قيمة التيار بزيادة المقاومة.

د - مدة بقاء المصاب تحت الجهد:

تزداد خطورة حالة المصاب كلما طال زمن مرور التيار الكهربائي في جسمه لما يسببه هذا التيار من حروق وإتلاف للخلايا العصبية وقد يسبب شلل الرئتين أو عضلة القلب وتحصل الوفاة بسبب ذلك لذا يجب فصل مصدر التيار عن المصاب فوراً.

هـ - الجهد الكهربائي:

كلما أزداد الجهد الكهربائي كانت الإصابة أكثر خطورة إلا أنه أيضاً لا يجب الاستهانة بالجهود المنخفضة.

و - المقاومة الكهربائية لمسار التيار خارج جسم الإنسان:

هذه المقاومة تضاف إلى المقاومة الكهربائية لمسار التيار داخل جسم المصاب وتشمل المقاومة الكهربائية الإجمالية ما يلي

1. مقاومة الأسلاك الكهربائية قبل دخول التيار إلى جسم المصاب.
2. مقاومة جسم المصاب.
3. مقاومة مسار التيار بعد خروجه من جسم المصاب.

وتزيد الأرض الرطبة والأيدي المبللة بالماء من درجة خطورة الصدمة حيث أنها تساعد على خفض المقاومة الكهربائية لمسار وبالتالي تزيد من شدة الصدمة.

ز - طبيعة التيار:

تتأثر درجة الخطورة بطبيعة التيار سواء كان تياراً مستمراً أو متردداً.

تأثير الكهربائي على جسم الإنسان

العلاقة بين شدة تيار التسرب الأرضي ومدة سريانه في جسم الإنسان .

تيار التسرب مللي أمبير	مدة سريان التيار	التأثير البيولوجي على جسم الإنسان
0 – 0.5	مستمر	التيار غير محسوس وليس له تأثير
0.5 – 5	مستمر	يبدأ الجسم بالإحساس بالتيار ويمكن للإنسان التخلص من المصدر إلا أنه يترك آثاراً في مكان التلامس
5 – 30	عدة دقائق	يصعب الانفصال عن مصدر الكهرباء ويسبب ارتفاع ضغط الدم وضيق تنفس
30 – 50	بضع ثواني	عدم انتظام نبض القلب – يرتفع ضغط الدم مع إغماء
50 – عدة مئات	أقل من مدة النبضة	الشعور بصدمة قوية
	أطول من مدة النبضة	إغماء مع ظهور آثار عند نقط التلامس
أكثر من عدة مئات	أقل من مدة النبضة	إغماء مع ظهور آثار عند نقط التلامس
	أطول من مدة النبضة	إغماء – موت أو حريق

و قد يحدث اضطراب في نبض وتنفس المصاب و يخيل لمن حوله أنه فارق الحياة ، لذا يجب عرض المصاب على طبيب لأنه وحده الذي يستطيع تأكيد الوفاة من عدمها ، كما يجب سرعةتقديم الإسعافات الأولية الفورية اللازمة كالتنفس الصناعي وغيره.

الحوادث الكهربائية والإسعافات الأولية

طرق إنقاذ مصاب بصدمة كهربائية:

أ – تخليص المصاب من الملامسة الكهربائية:

يجب الإسراع بفصل التيار الكهربائي عن المصاب فوراً وذلك عن طريق فصل المفتاح الفرعي أو العمومي ومراعاة عدم لمس المصاب بيدين عاريتين طالما ظل ملامساً للتيار الكهربائي حتى لا يصاب الشخص المنقذ بنفس التيار الكهربائي ، وكما يجب الانتباه إلى مكان وجود المصاب فإذا كان على ارتفاع عالي فيلزم حمايته من السقوط.

وفي الحالات التي يصعب فيها فصل التيار عن المصاب بالسرعة المطلوبة فمن الضروري اتخاذ ما يلي:

* إذا كان الجهد أقل من 1000 فولت:

لفصل المصاب عن الأجزاء الحاملة للتيار يتم استخدام وسائل عزل جافة كالأخشاب والحبال والثياب ولا يسمح باستخدام أدوات معدنية أو أدوات رطبة وينصح بالابتعاد عن الأجسام المعدنية المحيطة بالمصاب لأنها ناقل جيد للتيار . وبعد قيام المنقذ بلبس قفازات عازلة سميكة وغير مثقوبة أو تغطية يديه بأي أقمشة سميكة غير مبتلة يقوم بشد المصاب من ملابسه بعيداً عن السلك وينصح باستعمال يد واحدة أثناء الإنقاذ وفي حالة تعذر فك أصابع المصاب عن السلك لتقلص عضلاته أثناء مرور التيار بها ، يوضع لوح خشبي عازل تحت قدمي المصاب لعزله عن الأرض ويتم عمل ذلك بحذر وانتباه شديدين ، كما يمكن للمنقذ عزل نفسه عن الأرض بالوقوف على لوح من أي مادة عازلة وجافة أو لبس الأحذية العازلة.

* إذا كان الجهد أكثر من 1000 فولت:

يجب استعمال وسائل العزل التي تتحمل تلك الجهود كلبس القفازات والأحذية المطاطية مع استخدام عصا عازلة لإبعاد المصاب عن خطوط الجهد العالي . كما يمكن عمل أرضي على خطوط الجهد العالي وذلك بربط طرف سلك بنقطة تأريض البرج أو عامود الجهد العالي ثم إلقاء طرفه الآخر على الجهد العالي الملامسة للمصاب وفي هذه الحالة سيسقط المصاب على الأرض لذا يجب الاحتياط حتى لا تزداد الإصابة نتيجة لارتطامه بالأرض عند سقوطه.

ويجب الانتباه إلى أنه يمكن أن يبقى على الخط المفصول عن الشبكة شحنة كهربائية خطرة على حياة الإنسان لذلك من الضروري تأريض تلك الخطوط لتلافي الخطر.

ب – الإسعافات الأولية للمصاب:

بعد فصل التيار الكهربائي عن المصاب يتم استدعاء الإسعافات أو الطبيب المختص فوراً مع اتباع ما يلي:

* يوضع المصاب بسرعة على ظهره ومن الأفضل أن يكون ذلك على سطح صلب وجاف.
* يفحص فم المصاب وتخرج أي مادة تعوق التنفس سواءً صلبة أو سائلة ويصحح وضع الرأس لضمان خلو مجرى التنفس من الانسداد نتيجة السقوط الخلفي للسان.
* التأكد من تنفس المصاب وذلك بمراقبة ارتفاع وهبوط صدره من عدمه.
* التأكد من نبض المصاب وذلك بلمس الشريان عند المعصم (النبض الشرياني) أو في الرقبة للتعرف عما إذا كانت ضربات القلب لا زالت مستمرة من عدمه.
* مراقبة اتساع حدقة العين لأن اتساع حدقة العين يعني نقص في وصول الدم للمخ.

فإذا ثبت أن المصاب لا يتنفس ولا يوجد به نبض ففي هذه الحالة على المنقذ أن يؤدي وظيفة رئتي وقلب المصاب بإجراء طريقة التنفس الصناعي مع التدليك الخارجي للقلب.

التنفس الصناعي:

* ضع المصاب على ظهره وأخرج أية مواد غريبة من فمه.
* ضع إحدى اليدين تحت رقبة المصاب وأجعل الرقبة مقوسة إلى أعلى واضغط باليد الأخرى على جبهة المصاب في الاتجاه إلى أسفل وهذا سيؤدي إلى فتح فم المصاب .
* خذ نفساً عميقاً لتملأ صدرك وافتح فمك وضعه بإحكام على فم المصاب المفتوح وأغلق أنف المصاب بسبابة وإبهام يدك التي تضغط على الجبهة وانفخ في فمه كمية كافية من الهواء لتجعل صدره يرتفع .
* أبعد فمك وراقب انخفاض صدر المصاب وكرر عملية النفخ بمعدل نفخة كل أربعة ثواني.
* إذا لم يكن هناك تبادل للهواء بمعنى أن صدر المصاب لا يرتفع ، يفحص فم المصاب وينظف جيداً من أي أجسام غريبة تعوق دخول الهواء.
* تستأنف عملية التنفس من فم لفم بنفخ الهواء بقوة بمعدل مرة كل (4-5) ثواني بالنسبة للبالغين وبمعدل كل 3 ثواني بالنسبة للأطفال . ويراعى عند عملية النفخ إغلاق أنف المصاب وعند الزفير يفتح أنفه وتستمر هذه العملية حتى يبدأ المصاب في التنفس الطبيعي بعد التنفس الصناعي المتواصل ثم يرفع فم المنقذ عن فم المصاب.
* ضع بطانية أو معطف تحت المصاب وفوقه للتدفئة وعندما يستعيد أنفاسه لا تدعه ينهض قبل مرور ساعة على الأقل وذلك لحين حضور جماعة الإسعاف أو الطبيب.

التدليك الخارجي للقلب:

* استخدام طريقة التدليك الخارجي للقلب مع عملية التنفس الصناعي مع مراعاة عدم تعارض التدليك الخارجي للقلب مع عملية النفخ في فم المصاب وأن تكون عملية النفخ سريعة ثم يبعد المنقذ فمه عن المصاب ويتركه لتفريغ الهواء من داخله مع إجراء عملية خارجي للقلب لضمان استمرار مرور الدم الحامل للأكسجين لأعضاء الجسم المختلفة وخصوصاً المخ والكليتين والقلب . هذا إذا كان يقوم بالإجراءات الإسعافية شخص واحد أما إذا توفر شخصان يجيدان الإسعافات الأولية فيقوم أحدهما بالتنفس الصناعي والآخر بتدليك القلب من الخارج.
* لعمل تدليك القلب من الخارج يجب أن يكون المصاب ملقى على ظهره فوق أرض صلبة.
* تحسس صدر المريض حتى تحدد الجزء السفلي من القفص الصدري وضع أحد أصابع يدك اليسرى على هذا الطرف وحرك نهاية مفصل اليد اليمنى (وليس الكف) نحو هذا الإصبع اليد اليسرى فوق اليمنى على الثلث الأسفل من عظمة القفص الصدري وضع اليد اليسرى فوق اليمنى ، ارفع أصابع اليدين عن المصاب كما في الشكل .
* اضغط للأسفل بسرعة لا تقل عن مرة في الثانية ويكون الضغط بكلتا اليدين واستخدام قوة كافية لتضغط اليد السفلى في الثلث السفلي للقفص الصدري بحيث ينخفض مسافة (3-5) سم وذلك بأن تبقي ذراعيك مستقيمين ولا تثنيهما عند المرفق مستخدماً وزن جسمك كله للضغط من الكتفين وهذا مما يسهل عليك أداء مثل هذه المهمة لوقت أطول دون تعب كبير ثم ارفع ثقلك مع بقاء وضع كفيك على صدر المصاب وكرر هذه العملية بصفة منتظمة ، ويجب أن تكرر هذه الضغطات بانتظام (اضغط وارفع الضغط) . وفي كل مرة تضغط على قلب المصاب أي انك تقوم بعمل القلب.
* يراعى أن يستمر النفخ في الفم بحيث يتخلل عملية التدليك الخارجي للقلب بمعدل نفس واحد كل خمس ضغطات خارجية

وإذا كان هناك شخص واحد يقوم بعمل التنفس ولإسعافات القلب فعليه إجراء الآتي:

* ينفخ في فم المصاب بالطريقة الصحيحة مرتين أو ثلاث مرات متتالية يتبعها عمل تدليك خارجي للقلب لمدة 12 ضغطة ويستمر ذلك بالتناوب أما إذا توافر شخص آخر فيتكئ هذا الشخص عند رأس المصاب ويقوم بعملية التنفس الصناعي بمعدل مرة واحدة كل خمس ضغطات خارجية على القلب تقوم بها أنت ويستمر عمل ذلك حتى يستعيد المصاب أنفاسه والقلب نبضاته . كما تستمر هذه الجهود أثناء نقل المصاب بسيارة الإسعاف إلى أقرب وحدة صحية.

علامات الحياة:

بعد عملية نفخ وتدليك صحيحة وناجحة سيظهر على المصاب ما يأتي من مظاهر الحياة:

1) لون الوجه يبدأ في التغيير من اللون الأزرق إلى لون أقل زرقة ثم يميل نحو الاحمرار.
2) التنفس الطبيعي يبدأ في الظهور ويزداد بمرور الوقت إلى
المعدل الطبيعي ويكون مستقلاً عن عملية الإسعاف ومنتظماً.
3) اتساع حدقة العين يبدأ في الضيق.

ويرعى استمرار عملية التنفس الصناعي وتدليك القلب حتى تبدأ هذه العلامات في الظهور ويمكن التأكد منها بظهور النبضات الطبيعية وتلمسها باليد ، كما يجب استمرار إجراء العمليات الإسعافية للتنفس والقلب بصورة صحيحة لمدة ساعة على الأقل حتى يحضر الطبيب.

طرق الوقاية من المخاطر الكهربائية:

الوقاية من الكهرباء الساكنة (الإستاتيكية)

أ - وقـايـة المبانـي:

تختلف المباني عن بعضها البعض من حيث الارتفاع والأهمية والاستخدام ويجب الاهتمام بحمايةالمباني الهامة المرتفعة أو المعرضة للعواصف الرعدية وذلك بوضع موصلات معدنية من النحاس الأحمر أو الألمنيوم أو الحديد المجلفن فوق سطح تلك المباني ومن ثم توصيلها بالأرض لكي تفرغ الشحنات إليها بسهولة.

ب - المنشـآت المعدنيـة:

وهي المنشآت المصنوعة من الحديد أو الصلب مثل بعض الأبراج أو الكباري المرتفعة حيث لا يكفي توصيلها بالأرض بل يجب أن تعمل لها شبكة حماية كاملة.

ج - المنشآت التي يزيد ارتفاعها عن 30 متر:

المنشآت المرتفعة مثل المآذن والأبراج العالمية للبث الاذاعي والإرسال اللاسلكي وغيرها يفضل أن تكسى بغطاء معدني أو على الأقل تحاط بحزام من المعدن ثم يوصل هذا الحزام أو الغطاء بخطين يوصلان إلى قضبان التأريض.

د – الرافعات العالية الارتفاع (الأوناش)

الرافعات العالمية كالمستعملة في الموانئ وإنشاء المباني يجب أن توصل جيداً بالأرض وإذا كان هناك خوف من أن التيار الكهربائي الكبير القيمة الذي يمر وقت تفريغ الشحنة قد يتلف كراسي الرافعة فيلزم عمل احتياطات لتفريغ التيار إلى الأرض بعيدً عن الكراسي المذكورة.

وعند وصل معدنين مختلفين فيلزم العناية بالوصلة ومنع الرطوبة من الوصول إليها وذلك بكسائها بطبقة سميكة عازلة للرطوبة .

الوقاية من مخاطر الكهرباء:

للوقاية من مخاطر الكهرباء عموماً يجب مراعاة ما يلي:

1) تصمم الأعمال الكهربائية من قبل مهندسين كهربائيين متخصصين ذوي خبرة وتراعى الأصول الفنية في التصميم الذي يشمل إعداد المواصفات الفنية والمخططات اللازمة لتنفيذ المشروع.

2) تنفيذ الأعمال الكهربائية من قبل فنيين متخصصين أكفاء ومهرة وتحت إشراف مهندسين مختصين وأن تكون هذه الأعمال مطابقة للمواصفات القياسية أو ما يعادلها من المواصفات العالمية المعترف بها.

3) التقييد بالتعليمات الواردة في النشرات الفنية المرفقة بالأجهزة الكهربائية والتي يتم إعدادها من قبل الشركات الصانعة للأجهزة وتوضح طريقة الفك والتركيب والتشغيل والصيانة وشروط التغذية الكهربائية وأنواع الأعطال المحتملة وطرق إصلاحها كما تتضمن المواصفات الفنية استهلاك الوقود أو الكهرباء وقدرة الجهاز وكفاءته والجهد والتردد اللذين يعمل عليهما بالإضافة لبعض المعلومات الأخرى.

ويجب مراعاة التعليمات الخاصة بمكان العمل المناسب للجهاز من تهوية وحرارة ورطوبة وأجهزة وقاية شخصية وعامة .

4) عند انقطاع التيار الكهربائي يلزم إطفاء جميع الأجهزة ذات المحركات مثل المكيفات والثلاجات والغسالات وغيرها من الأجهزة الأخرى الحساسة مثل أجهزة الكمبيوتر حتى لا تتعرض تلك الأجهزة للتلف عند عودة التيار الفجائية للخدمة

5) تغذية التجهيزات والآلات الكهربائية بواسطة لوحات توزيع رئيسية وفرعية لتسهيل عملية التحكم والحماية.

6) عمل دوائر خاصة ومستقلة للأجهزة الكبيرة الثابتة مثل المكيفات والغسالات.

7) فصل كل من دوائر التوصيل الآتية عن بعضها ويجري تمديدها في مواسير مستقلة وعلب منفصلة:

* دوائر الإنارة والمراوح.
* دوائر القوى والمكيفات.
* الانظمة المختلفة مثل هوائي التليفون والهاتف والأجراس وأنظمة إنذار الحريق وغيرها . و يراعى موازنة الأحمال الكهربائية على الأوجه الثلاثة بالتساوي قدر الإمكان.

8) التأريض الجيد والدائم للأجهزة الكهربائية وكذلك تأريض جميع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار والقريبة من الموصلات الكهربائية.

9) المواد العازلة المستخدمة في الآلات والتمديدات واللوحات الكهربائية وتكون من أجود الأنواع وذات درجة عزل جيدة وكافية.

10) جميع التمديدات الكهربائية تربط بإحكام ويتم ربط الأسلاك ببعضها داخل علب التوصيل بواسطة مرابط نهايات توصيل مجهزة ببراغي من النحاس الأصفر على أن تعزل عزلاً إضافياً بشريط عازل إذا تطلب الأمر.

11) أن تكون علب التوصيل قوية وواسعة وذات أغطية محكمة ولا يسمح بتركها مكشوفة بأي حال من الأحوال

12) استخدام المعدات والأدوات الكهربائية الجيدة والمناسبة في تنفيذ الأعمال الكهربائية.

13) القيام بأعمال الصيانة الدورية مع إجراء الاختبارات المناسبة.

الوقاية الشخصية من الحوادث الكهربائية:

يقع حادث التكهرب عندما تكتمل الدائرة الكهربائية ويمر التيار الكهربائي في جسم الإنسان أو في جزء منه ويتم ذلك بمرور التيار من أحد الأوجه الحامل للتيار إلى جسم الإنسان ثم إلى الخط الحيادي (التعادل) أو من أحد الأوجه إلى جسم الإنسان ثم إلى الأرض ، وتزداد الخطورة إذا كانت الأرض مبتلة أو أن يمر التيار من أحد الأوجه إلى جسم الإنسان ثم إلى وجه آخر.

وسبب مرور التيار في جسم الإنسان ما يلي:

أ- انهيار العازل في أي من الموصلات للتجهيزات غير المؤرضة والتي يلمسها الشخص.

ب- خطأ الإنسان عندما يلمس بحركة إرادية أو عفوية موصل عاري (غير معزول) ويمر فيه تيار كهربائي.

ج- خطأ الإنسان عندما يقترب من مصدر جهد متوسط أو عالي أكثر من الحدود المسموح بها.
وللوقاية من هذه المخاطر يلزم اتباع ما يلي:

1. فصل التيار عن الخطين (الوجه والحيادي) بواسطة القاطع أو بواسطة نزع المنصهرات وذلك قبل تنظيف أي مصباح كهربائي حتى ولو كان مطفأ.
2. عدم محاولة إصلاح التمديدات والتركيبات والمعدات الكهربائية بنفسك بل يجب عليك استدعاء المختص.
3. عدم تمديد الأسلاك والكابلات تحت السجاد أو قرب الأبواب والمقاعد حتى لا تتعرض للتلف وتصبح خطيرة .
4. إبعاد الكابلات والأسلاك عن الماء ومصادر الحرارة مثل أنابيب الماء الساخن أو الأجهزة الساخنة.
5. عدم جذب السلك عند فصل الكهرباء بل ينتزع من المقبس بلطف.
6. فحص الكابلات والتوصيلات والأجهزة بين آن وآخر فهي عرضة للتقادم والتلف خاصة عند القابس وقرب المرابط والأسلاك المتهرئة تسبب التماس والصدمات وأحياناً الحرائق.
7. عدم لمس مفاتيح الإنارة والأيدي مبتلة بالماء.
8. عدم وصل أجهزة كثيرة بمقبس واحد.
9. عدم تشغيل الأجهزة الكهربائية أثناء الوقوف على أرض رطبة أو إذا كان الشخص مبللاً بالماء أو حافي القدمين.
10. عدم ترك الغبار والأتربة تتراكم على المحركات والأجهزة الكهربائية ووجوب المحافظة على نظافتها باستمرار.
11. عدم فحص أو محاولة إصلاح الأجهزة الكهربائية وهي موصلة بالكهرباء.
12. يجب إبعاد المواد القابلة للاشتعال كالستائر والملابس والأوراق عن اللمبات والمدفأة وكافة الأجهزة الكهربائية.
13. عدم ترك الأجهزة موصلة بالكهرباء حال الانتهاء من العمل بها.
14. استبدال الأسلاك المتآكلة بأخرى جديدة وعدم محاولة لفها بشريط لاصق.
15. تجنب إقامة المباني والمنشآت أسفل أو بالقرب من خطوط نقل الطاقة الكهربائية.
16. نشر الوعي والاحتراس من الكهرباء والأسلاك الحية وعدم لمسها أبدا والتعود على الإمساك بعازل والابتعاد عن خطوط الكهرباء المقطوعة وعدم العبث بالأجهزة والمعدات والآلات الكهربائية.

الخـــاتـــــــمة

التأريض من أهم ضروريات السلامة للإفراد والمعدات في جميع منظومات الكهرباء والإحياء السكنية وفي جميع المشاريع التي لها علاقة بالكهرباء .
في العالم المتقدم لا يسمح بإنشاء أي مشروع أو مباني أو مخطط وغيرها بدون اعتماد منظومة التأريض من الجهة المسئولة للكهرباء .
ونظام التأريض يحمي من الصواعق و الشحنات الاستاتيكية . ويحمي خطوط نقل الطاقة من الصواعق وكذلك تغير الجهود المفاجئة بسبب التفريغات الكهربائية الناتجة عن عدة أسباب .

تعتبر منظومة التأريض غير ذات كلفة عالية ولا تحتاج لصيانة مكلفة ولا لقطع غيار.
والتأريض له أهمية كبيرة في استقرار الجهد وبالتالي استقرار كل الشبكة الكهربائية العامة .

وفي الختام أتمنى للجميع التوفيق

أعداد
م. عبدالعاطي العقيب