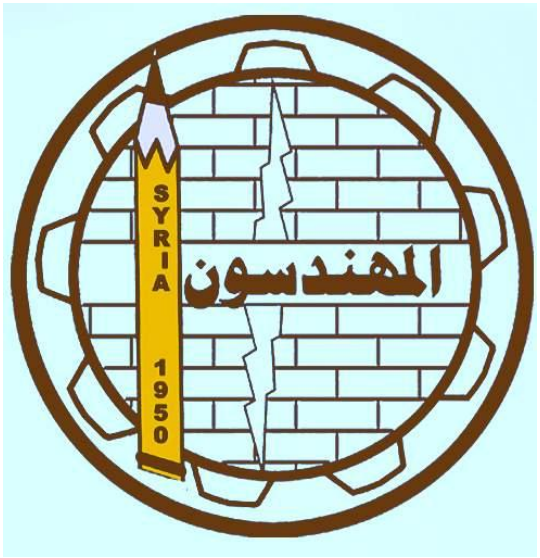


الجمهورية العربية السورية
نقابة المهندسين السوريين
فرع طرطوس
لجنة قسم الكهرباء

التأريض وفعاليته

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين
أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية
جامعة تشرين

التأريض

Earthing Protection

يمكن تعريف الأرضي أو التأريض بأنه اتصال كهربائي نفذ عن قصد بين جهاز كهربائي أو شبكة أجهزة من جهة، وبين كتلة الأرض من جهة أخرى. والتأريض مطلوب لتوفير السلامة للمنظومة الكهربائية وللعاملين في المنشأة.

تكمن أهمية الأرضي الجيد في كونه:

- يحمي الأفراد من خطر الصعق الكهربائي الناتج عن قصور العزل أو انهياره.
- يقي من خطر التفريغ الكهربائي.
- يحمي المعدات من أضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في جهد التغذية (*Voltage Surges*).
(التأريض الوقائي).
- يؤمن تشغيلاً مناسباً للمعدات والمنظومات الكهربائية. (التأريض الوظيفي).

يوجد ثلاثة أنواع للتأريض:

- ✓ التأريض الوقائي.
- ✓ التأريض الوظيفي.
- ✓ التأريض الستاتيكي

التأريض الوقائي *Protective earthing*: **يتمثل التأريض الوقائي بربط جميع الأجزاء أو الهياكل أو الأغطية المعدنية المكشوفة لمختلف التجهيزات التي تعمل بالطاقة الكهربائية مع الأرض بشكل وثيق. وتكون هذه الأجزاء المعدنية بعيدة عن تأثير التوتر الكهربائي في حالة العمل الطبيعي للتجهيزات. ويهدف تأريض هذه الأجزاء إلى حماية الإنسان من خطر التوتر الكهربائي في حال حدوث تماس بين الهياكل والأغطية المعدنية للتجهيزات ومنبع التوتر. إن إجراءات التأريض الوقائي تهدف إلى حماية حياة الإنسان الموجود على تماس دائم مع التجهيزات الكهربائية من الخطر عن طريق خفض التوترات والتيارات التي يمكن أن يتعرض لها إلى الحدود الآمنة. يعد التوتر الكهربائي غير خطر على حياة الانسان إذا بقيت قيمته دون** $50\ V$ **بالنسبة للتوتر المتناوب و** $100\ V$ **بالنسبة للتوتر المستمر.**

التأريض الوقائي *Protective earthing*:

وتهدف إجراءات التأريض الوقائي إلى حماية حياة الإنسان الموجود على تماس دائم مع التجهيزات الكهربائية من الخطر عن طريق خفض التوترات والتيارات التي يمكن أن يتعرض لها إلى الحدود الآمنة. يعد التوتر الكهربائي غير خطر على حياة الانسان إذا بقيت قيمته دون $50\ V$ بالنسبة للتوتر المتناوب و $100\ V$ بالنسبة للتوتر المستمر.

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

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

التأريض الوظيفي *Functional earthing*:

وهي عملية ربط بعض نقاط الشبكة الكهربائية مع الأرض بصورة متعمدة كنقاط الحيادي في المولدات والمحولات، وذلك بهدف إضفاء بعض الخواص المهمة على الشبكة لتصبح أعلى جودة من ناحية التصميم والاستثمار. فالتأريض يمكن أن يسهم في خفض زيادات التوتر الناتجة من عملياِت التبديل (*Switching*) في الشبكة، ومن ثم خفض درجة عازلية المحولات عالية الاستطاعة وتبسيط بعض دارات الحماية.

التأريض الستاتيكي *Static Earthing*:

ويستخدم لضمان تسرب الشحنات المستقرة التي تتولد في الحاويات والأوعية والخزانات نتيجة تصادم السوائل الهيدروكربونية بجدران تلك الحاويات والأوعية والخزانات أثناء التحميل أو التفريغ، إذ أن توفر تأريض جيد يؤدي إلى تسرب الشحنات المتولدة إلى الأرض وعدم تكون جهد خطر على تلك الأوعية والخزانات والحاويات.

من المحتمل أن يشعر الشخص العادي أن لا تأثير للأرضي على المنظومات الكهربائية أو الأجهزة خلال العمل الطبيعي، مما يعطي انطباعاً خاطئاً أنه من الممكن فصل الأرضي بدون ملاحظة أية تأثيرات. ونتيجة لذلك يبدو (ظاهرياً فقط) عدم أهمية التمييز بين الاتصال الأرضي الجيد والاتصال الأرضي الرديء، ولا تعرف فعالية الأرضي ما لم تجرى عليه فحوصات دورية من حين لآخر.

يمكن اعتبار الكرة الأرضية كتلة هائلة جداً لا تحمل جهداً كهربائياً، أي أن جهدها هو صفر. أما أجزاء المنظومة الكهربائية فيمكن أن تكون ذات جهد معين مقارنة بجهد الارض.

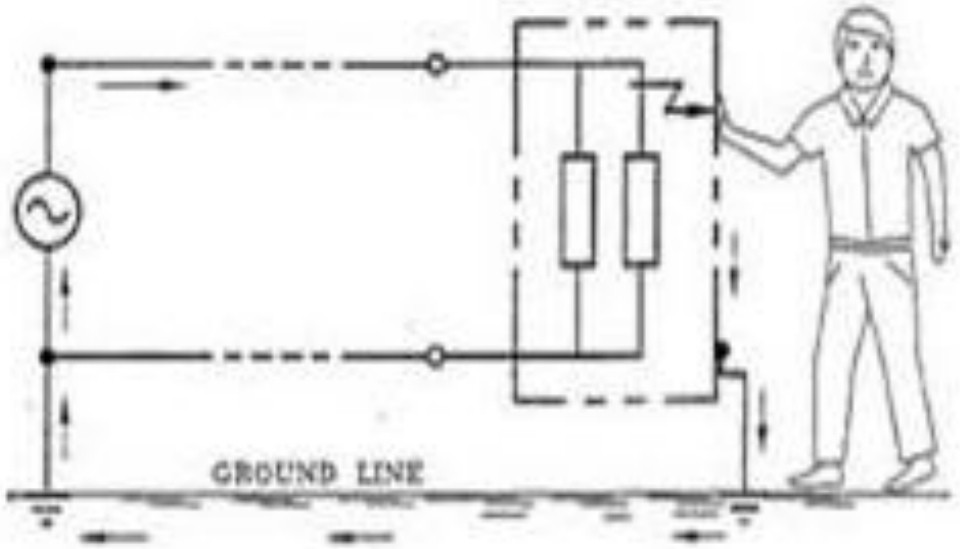
إن التأريض في الشبكات الكهربائية هو وسيلة فعالة وهامة للمحافظة على سلامة الأشخاص من أخطار الكهرباء ولحماية الأجهزة والمعدات الكهربائية. ونظام التأريض مؤلف من نواقل وأقطاب ووصلات خاصة.

تأريض المعدات *equipment grounding*

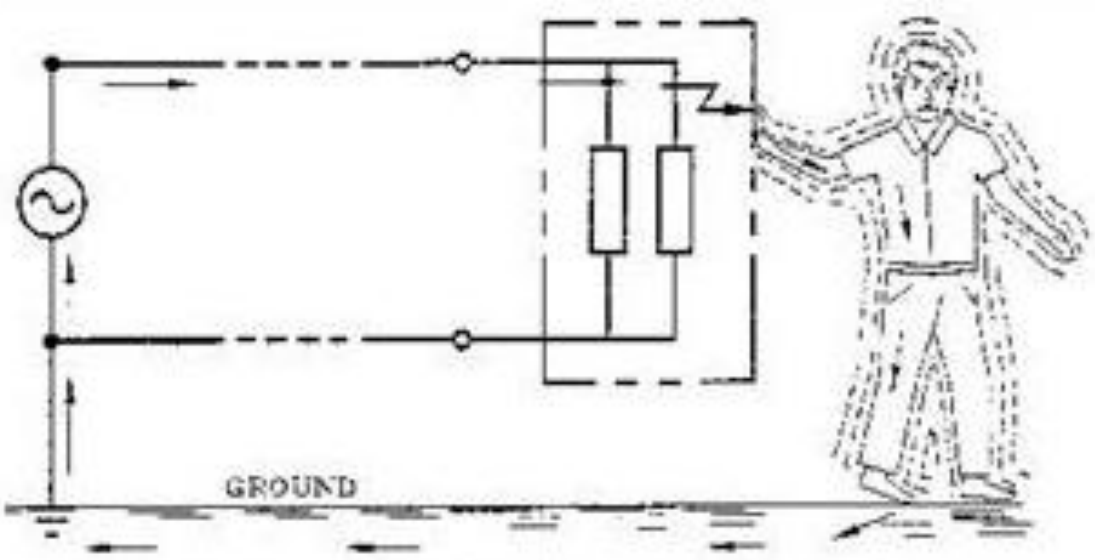
هو توصيل الهيكل والأغلفة المعدنية للمعدات والأجهزة بالأرض عن طريق ناقل كهربائي لتجنب حدوث ارتفاع في جهد الهيكل عند حدوث تلامس بينها وبين النواقل الحاملة للتيار والذي يتسبب في ارتفاع جهدها وبالتالي يتسبب في تعرض كل من يقترب منه أو يلمسه لخطر الصعق الكهربائي. ولتلاشي هذا الخطر يتم تأريض هيكل المعدات أي توصيلها بالأرض لكي يصبح جهدها يساوي جهد الأرض (يقترب من الصفر).

تأريض المعدات لا يعني توصيل هيكل المعدة بالأرض فقط وإنما 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 الناقل المكهرب إلى الأرض يتسبب في فصل منبع التيار عن طريق أجهزة الحماية من خطأ التسرب الأرضي، ولا يمر بجسم أي شخص 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 هيكل المعدة أكبر، وبالتالي يلزم أن تكون مقاومة الأرض صغيرة إلى قيم لا تسمح بارتفاع الجهد إلى الحد الذي يكون فيه خطر علي حياة الأفراد.



Safety in a Grounded Equipment



Danger of an Ungrounded Equipment in a Grounded system

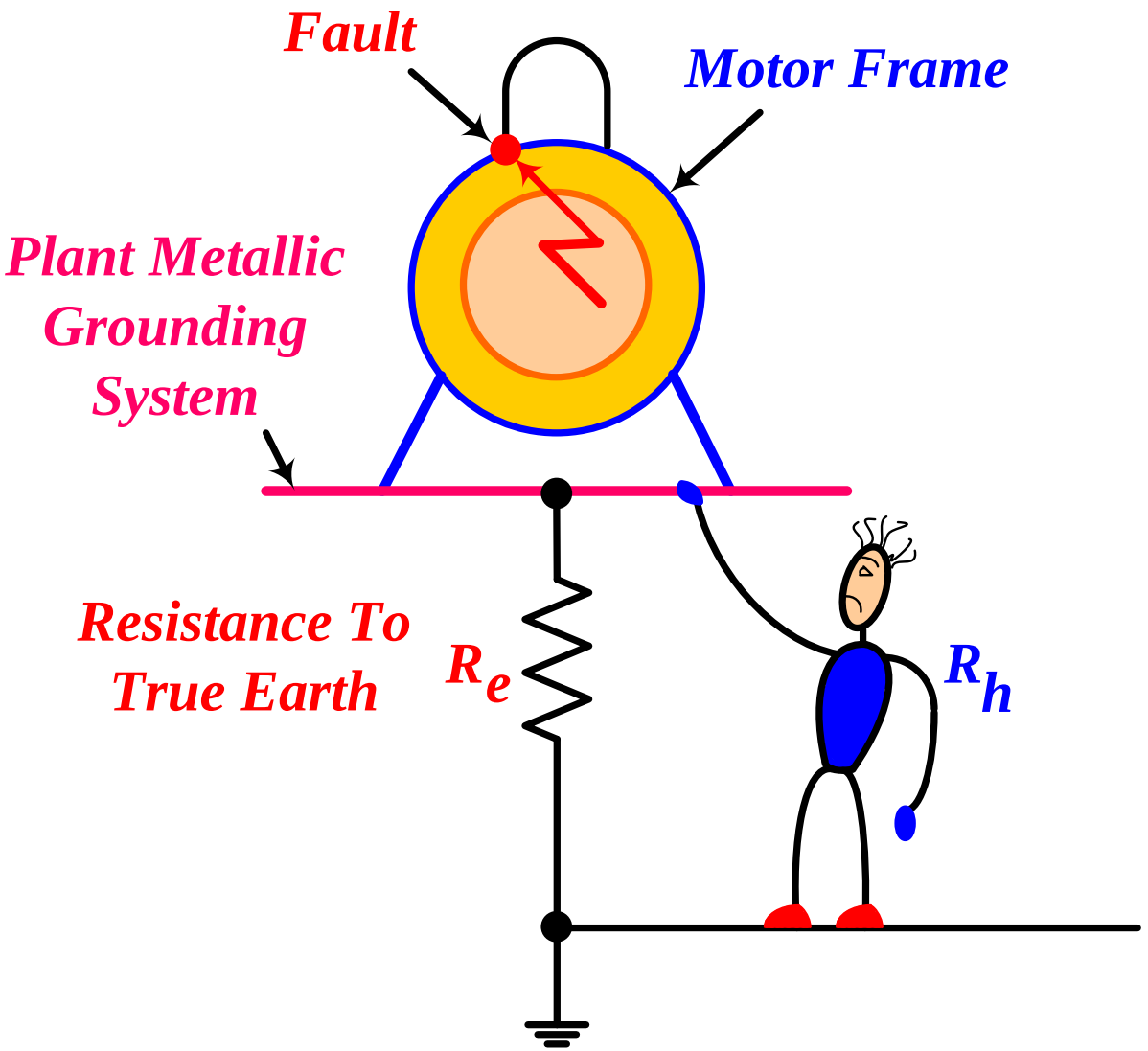
إن النواقل الحية (*Live Conductors*) لأجزاء المنظومة الكهربائية تحمل عادة جهداً كهربائيا خلال عملها الطبيعي، أما الأجزاء المعدنية الاخرى كهياكل الأجهزة الكهربائية فهي لا تحمل جهداً خلال عملها الطبيعي، لكنها يمكن أن تكون ذات جهد محدد عند حدوث عطل كهربائي مما يعرض المنشآت والعاملين إلى الخطر إن لم يتم اتخاذ إجراءات وقائية من بينها إيصال تلك الأجزاء إلى الشبكة الأرضية.

إن حدوث عطل ما في أحد الأجهزة يسبب في اكساب الجزء المعدني لهذا الجهاز كموناً معيناً V_F بالنسبة إلى الأرض V_E . فإذا لامس إنسان يقف على الأرض هذا الجزء المعدني أصبح جسمه مقاومة R_h تصل بين نقطتين مختلفتين في الكمون فيؤدي ذلك إلى مرور تيار I_h في جسمه يحسب من العلاقة:

$$I_h = \frac{V_F - V_E}{R_h} \quad [A]$$

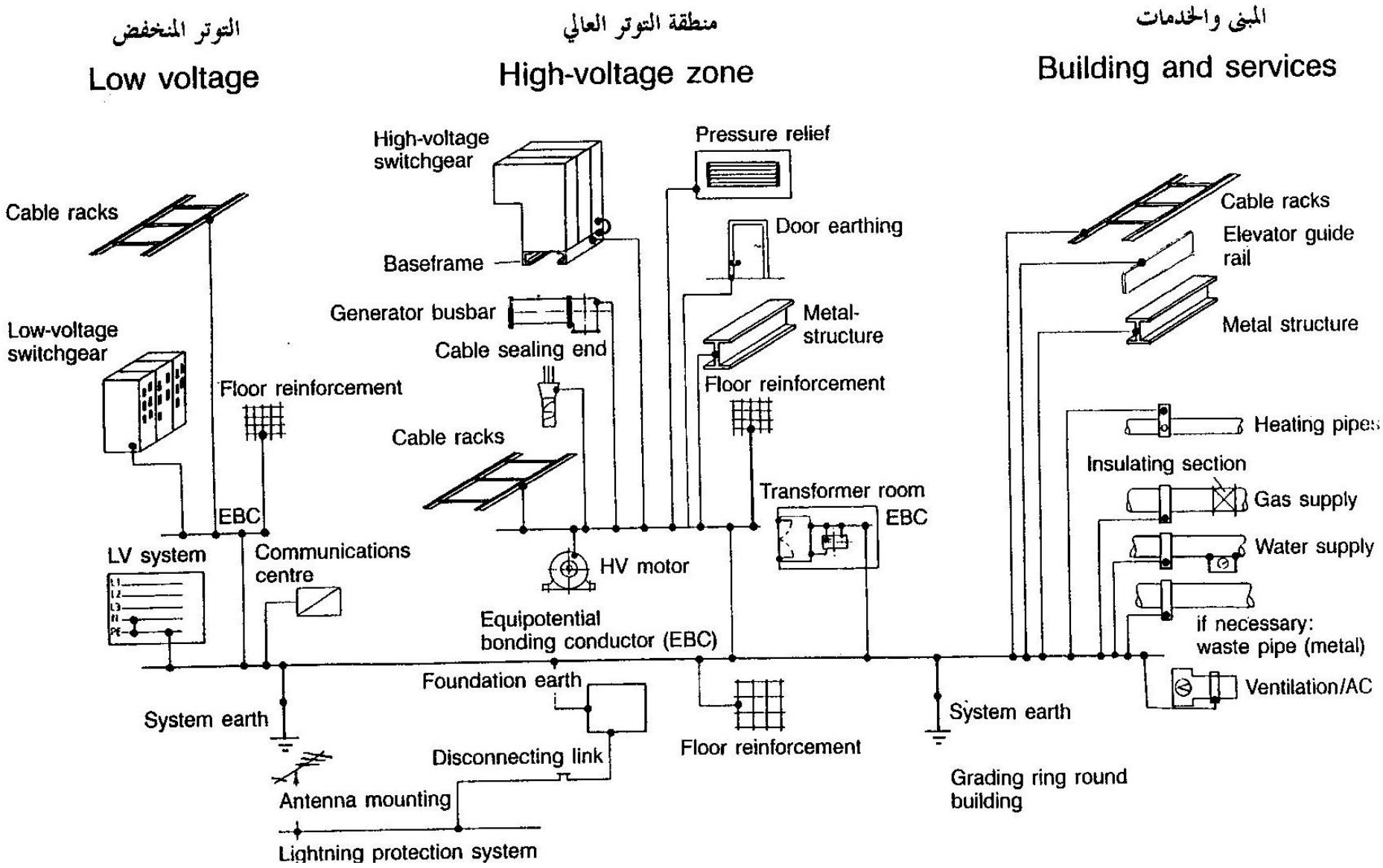
وتتم حماية الإنسان من أخطار التكهرب بوصل الجسم المعدني بشبكة التأريض، إذ أن هذا الوصل يقلل من فرق الكمون $V_F - V_E$ إلى الحد الذي يصبح فيه هذا الفرق غير خطر على جسم الإنسان.

والسؤال: لماذا لا يمر تيار في جسم الإنسان إذا كان الجسم المعدني مؤرضاً؟



عند وجود شبكة تأريض فإن تيار العطل يتوزع على مقاومتين تفرعيتين هما مقاومة جسم الإنسان R_h ومقاومة شبكة التأريض R_e. وبما أن R_h أكبر بكثير من R_e فإن تياراً ضئيلاً جداً وغير محسوس يمر في جسم الإنسان، على حين يمر معظم تيار العطل في شبكة التأريض.

من شروط التأريض الجيد أن تكون مقاومته أقل ما يمكن، وتتراوح عادة بين 1-5Ω، والجدير بالذكر أن قيمة R_e قد لا تتجاوز أوماً واحداً عندما تكون شبكات الخدمات والهياكل المعدنية موصلة بشبكة التأريض.


التوتر المنخفض
Low voltage
منطقة التوتر العالي
High-voltage zone
المبنى والخدمات
Building and services
Cable racks
Low-voltage switchgear
Floor reinforcement
EBC
LV system
Communications centre
System earth
Antenna mounting
Lightning protection system
High-voltage switchgear
Baseframe
Generator busbar
Cable sealing end
Cable racks
HV motor
Pressure relief
Door earthing
Metal-structure
Floor reinforcement
Transformer room
EBC
Equipotential bonding conductor (EBC)
Foundation earth
Disconnecting link
Floor reinforcement
System earth
Grading ring round building
Cable racks
Elevator guide rail
Metal structure
Heating pipes
Insulating section
Gas supply
Water supply
if necessary: waste pipe (metal)
Ventilation/AC

الأجسام الواجب تأريضها تبعا للمواصفات المعمول بها في معظم الدول

1. الأغلفة المعدنية المحيطة بالنواقل الكهربائية والمغلفة لها مثل أغلفة الكابلات وطبقة التسليح ومسارات تلك الكابلات إذا زاد طولها عن 7 m.
2. الهياكل والأغلفة المعدنية للآلات الكهربائية بصفة عامة إذا كانت معرضة لحدوث تلامس بين تلك الهياكل والناقل الحامل للتيار.
3. أغلفة وهياكل المحركات وأجهزة التحكم وأجهزة المصاعد.
4. الأجهزة والمعدات الموجودة في الكراجات والمسارح ودور العرض والاستوديوهات.
5. أجهزة الإشارات الكهربائية والعرض.
6. المحركات والمولدات المتصلة بشبكات أنابيب المياه والمضخات.
7. لوحات التوزيع وحوامل المفاتيح .
8. بعض الأجهزة والمعدات غير الكهربائية، مثل الأمراس المستخدمة في المصاعد.
9. المقابس (المآخذ) المتصلة بالأجهزة المنزلية التي تعمل بمحركات وكذلك الاباجورات والعدد اليدوية الكهربائية .
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

تعاريف عامة:

1. **الشبكة الأرضية**: هي مجموعة النواقل التي يتم بواسطتها إيجاد اتصال كهربائي جيد بين الأجزاء والهياكل المعدنية المكشوفة وبين كتلة الارض.
2. **الأرضي** (*Earth Pit*): هو مجموعة من النواقل أو الأقطاب (*Electrodes*) التي تدفن في الأرض بحيث توفر تماساً جيداً وبأقل مقاومة ممكنة مع التربة المحيطة بها، وبذلك تشكل واسطة الاتصال بين أجزاء الشبكة الأرضية الأخرى والأرض.
3. **ناقل التأريض الرئيسي** (*Main Earthing Lead*): هو الناقل الرئيسي الذي يربط مجموعة المعدات والأجهزة الكهربائية إلى الأرضي.
4. **موصل الربط** (*Bonding Lead*): هو الناقل الذي يربط بين هياكل الأجهزة أو المعدات الكهربائية وبين ناقل التأريض الرئيسي.

مكونات منظومة التأريض:

1- تربة الأرض *Earth*
2- نواقل التأريض *Grounding Conductors*
3- الكترود التأريض *Grounding Electrode*
4- تجهيزات الوصل والربط *Bonding*

1. تربة الأرض *Earth*

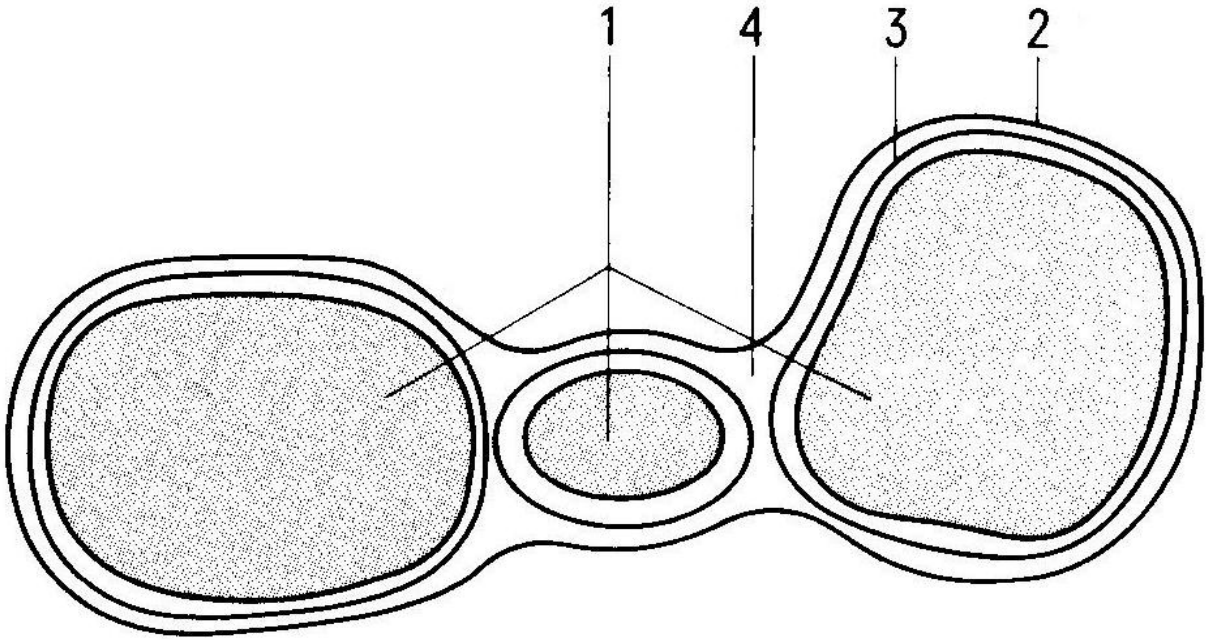
هي التربة التي يوضع فيها الكترود (وتد) التأريض وتختلف كل تربة في طبيعتها فمنها التربة الطينية والرملية والصخرية ومنها الجافة والرطبة ومنها التي تحتوي علي أملاح ومعادن وكل هذه العوامل تؤثر في مقاومة تربة الأرض *Earth Resistance* والتي يمر فيها تيار الخطأ من خلال الكترود التأريض.

المقاومة النوعية للتربة:

يشترط عند تأريض نظام أو جهاز أن يتم الوصل بالكتلة العامة للأرض، ويجب ألّا تزيد مقاومة التأريض عن القيمة المصممة، وأن تتحمل مرور تيارات القصر الأعظمية المتوقعة. لذلك من الضروري الأخذ بالحسبان جميع العوامل التي تؤثر على مقاومة المرور إلى الأرض، وعلّى قيمة تيارات القصر التي يستطيع الناقل تحملها وتفريغها في قطب التأريض، وهذا يتعلق بشكل وحجم ناقل التأريض، وبنوع التربة التي وضع فيها، وطريقة توصيل النظام بالناقل. ومن المهم أيضاً مراعاة كثافة التيار عند سطح قطب التأريض وتوزيع الكمون على الأرض المحيطة بذلك القطب.

تتكون التربة بشكل عام من ثلاثة عناصر أساسية هي:

- جزيئات صلبة لها أبعاد وأشكال مختلفة، وتتبع خواصها لمدى خشونتها ولشكلها.
- الماء ويكون بأشكال مختلفة.
- الهواء.



1- حبيبات التربة.
2- ماء غشائي.
3- ماء لاصق.
4- فراغات تُملأ بالماء أو الهواء.

يعبر عن المقاومة الكهربائية للتربة بالمقاومة النوعية ρ، وتعرف بأنها مقاومة مكعب من التربة طول ضلعه 1 cm أو $1\ m$. وتقاس بواحدة $[\Omega \times cm]$ ، $[\Omega \times m]$.

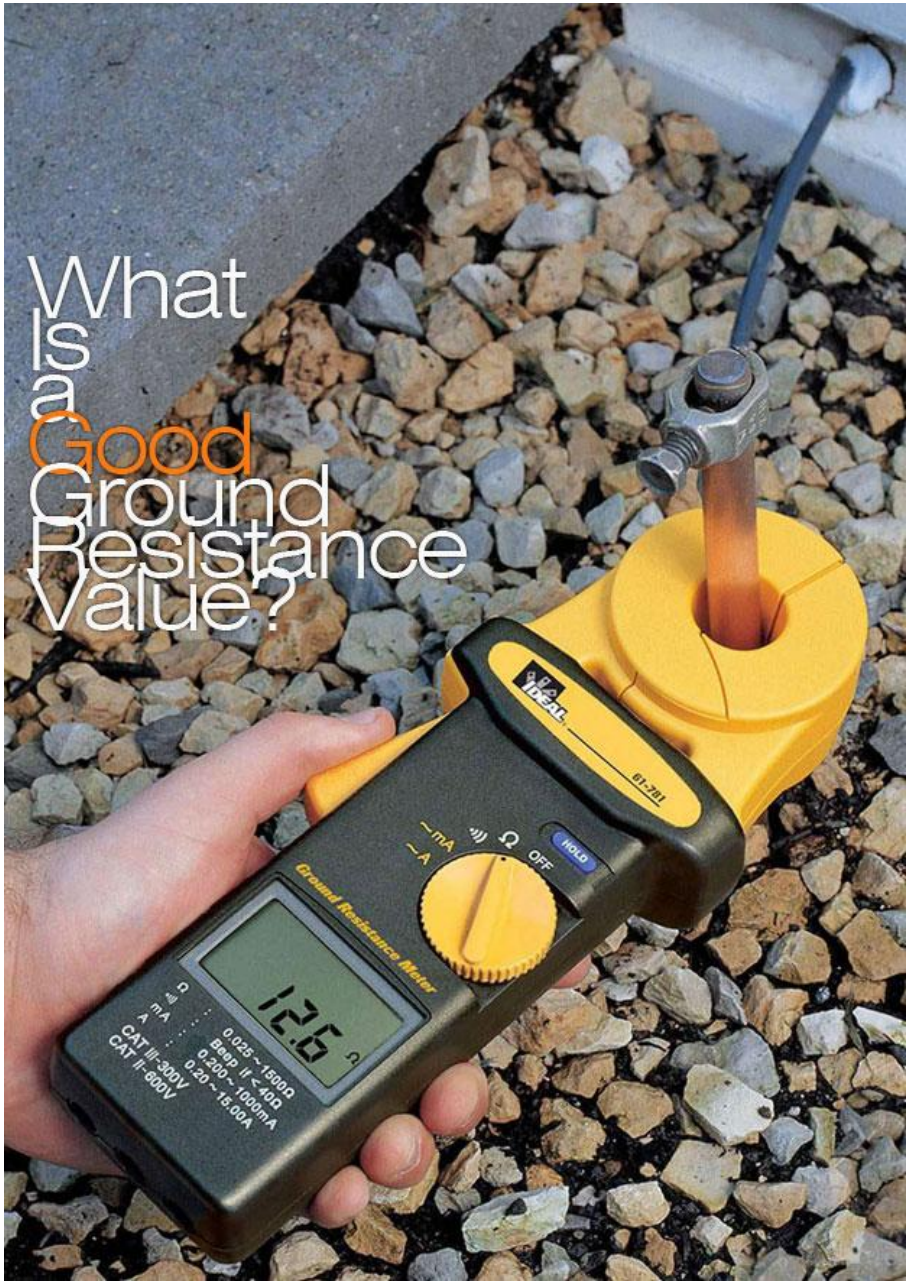
تعتمد إذاً مقاومة المرور إلى الأرض لقطب معين على المقاومة النوعية للتربة التي بدورها تتأثر وبدرجة كبيرة بالرطوبة وبالتركيب الكيميائي وتركيز الأملاح المنحلة بالماء ودرجة الحرارة. وتختلف هذه العوامل من مكان لآخر، وكلما قلت قيمة هذه المقاومة كلما كان نظام التأريض ذا مردود أفضل، ويعطي الجدول (1) فكرة عن قيم هذه المقاومة التي تعد دليلاً عاماً عند تصميم الشبكة.

نوع الأرض	مجال المقاومة النوعية $[\Omega \cdot m]$	المقاومة النوعية الوسطية $[\Omega \cdot m]$
رطبة، ملحية، مستنقعات	10 - 50	30
طينية – زراعية	20 - 200	100
رملية رطبة	100 - 600	200
بيتون	100 - 500	300
بحصة رطبة	300 - 1000	500
رملية جافة	500 - 1500	1500
بحصة جافة	1000 - 2000	1500
صخرية - حجرية	2000 - 8000	3000

الجدول (1) أمثلة على قيمة مقاومة التربة مقدرةً بـ $[\Omega \times m]$.

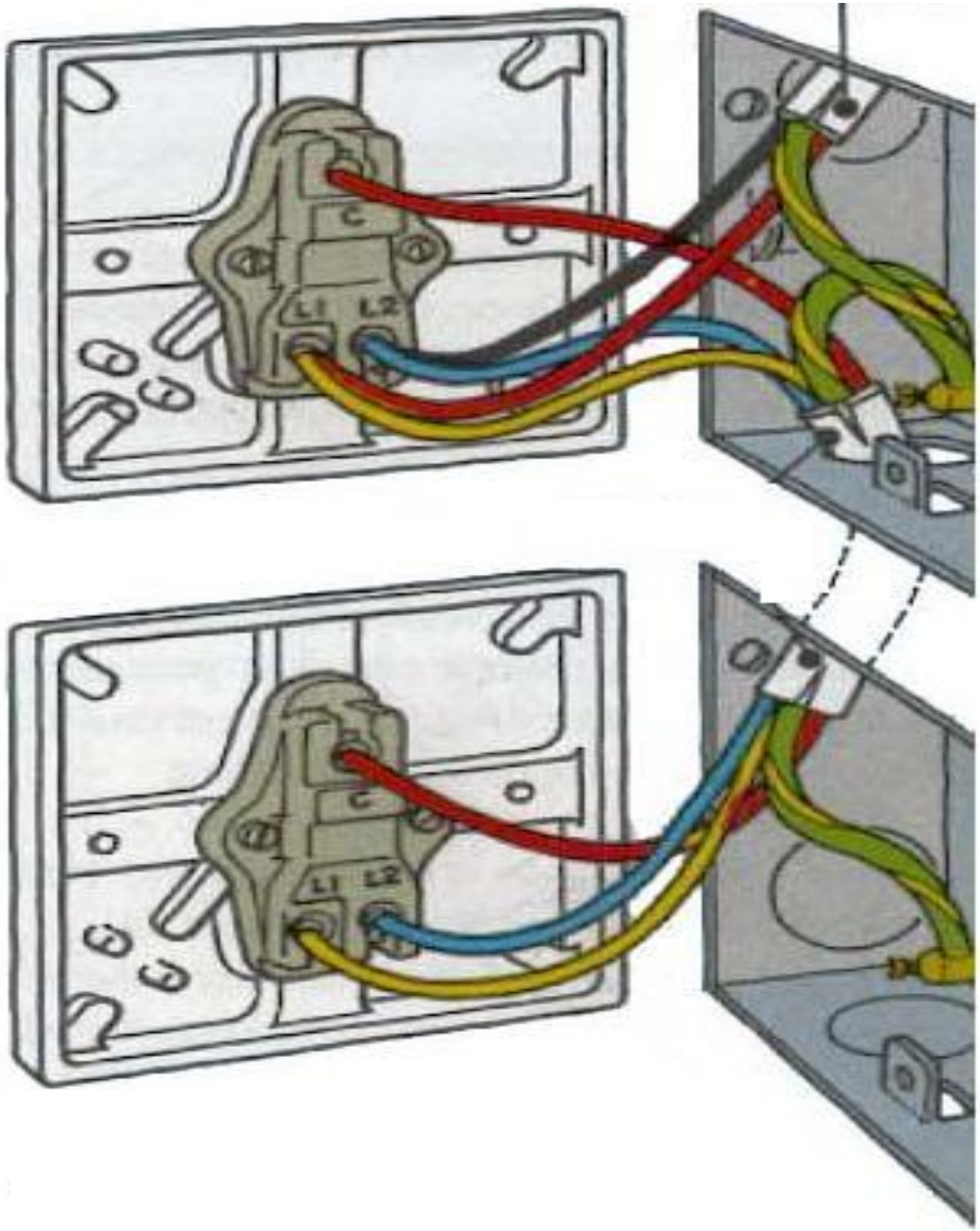
ويجب تأكيد قيم المقاومة النوعية للتربة بإجراء **قياس عملي** لها لأن قيمتها لا تعتمد على الطبقات السطحية فقط، بل تتأثر بالتكوين الجغرافي للطبقات السفلية. ولما كان تغير خصائص التربة في منطقة معينة غير ممكن، فإنه من الممكن الوصول إلى قيمة مقاومة نوعية مثالية باختيار قطب تأريض مناسب، وإضافة مواد خاصة تنتجها الشركات الصانعة لمعالجة التربة وإقلال قيمة مقاومتها النوعية.

FLUKE
1555
10kV
INSULATION TESTER
5249V
5000V
100k
1M
10M
100M
1G
10G
100G
1T
0
∞
155 GΩ
I=522nA 03-20
FUNCTION
ENTER
TEST


What
Is
a
Good
Ground
Resistance
Value?
IDEAL
61-761
Ground Resistance Meter
HOLD
OFF
12.6 Ω
0.025 ~ 1500Ω
Beep if < 40Ω
0.200 ~ 1000mA
0.20 ~ 15.00A
CAT III-300V
CAT II-600V

2. نواقل التأريض (*Grounding Conductor*):

هي نواقل من النحاس أو الألمنيوم المعزولةً باللون الأخضر أو اللون الأخضر/الأصفر، ويتم تمديد هذا النوع من النواقل مع نواقل الدارات الكهربائية فيما بين لوحة التوزيع الفرعية والمخرج الكهربائي، أما ناقل تأريض اللوحات الفرعية والرئيسية فيكون من النحاس أو الألمنيوم، وقد يكون هذا الناقل إما عارياً أو معزولاً، مصمتاً أو مجدولاً، وهو يربط اللوحات الفرعية مع اللوحات الرئيسية من جهة ويربط اللوحات الرئيسية مع قطب التأريض من الجهة الأخرى.


C
L1
L2
C
L1
L2

3. الكترود (قطب) التأريض (*Grounding Electrode*):

يمكن استخدام أحد الوسائل التالية كقطب للتأريض:

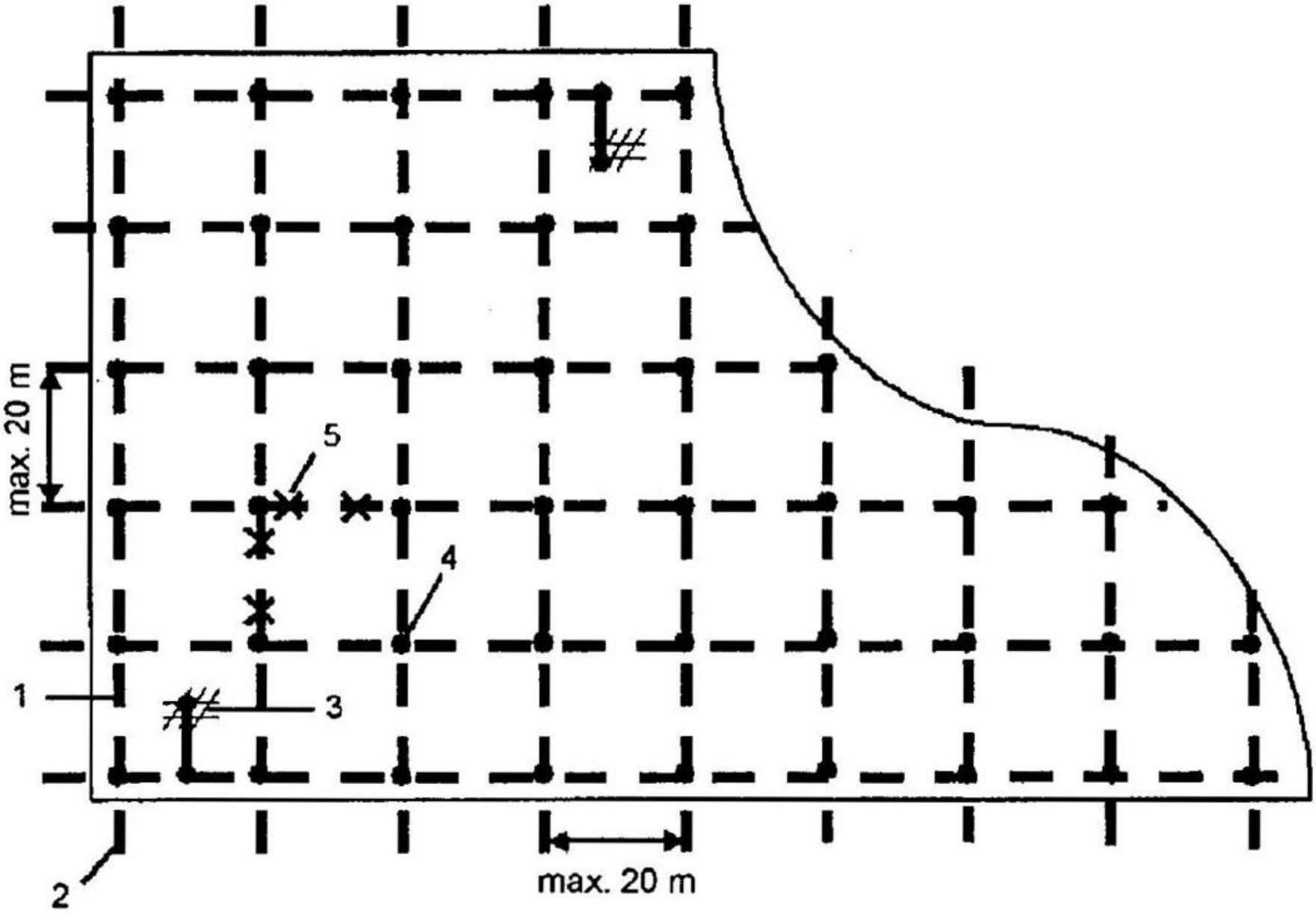
أ. حديد تسليح المبنى.

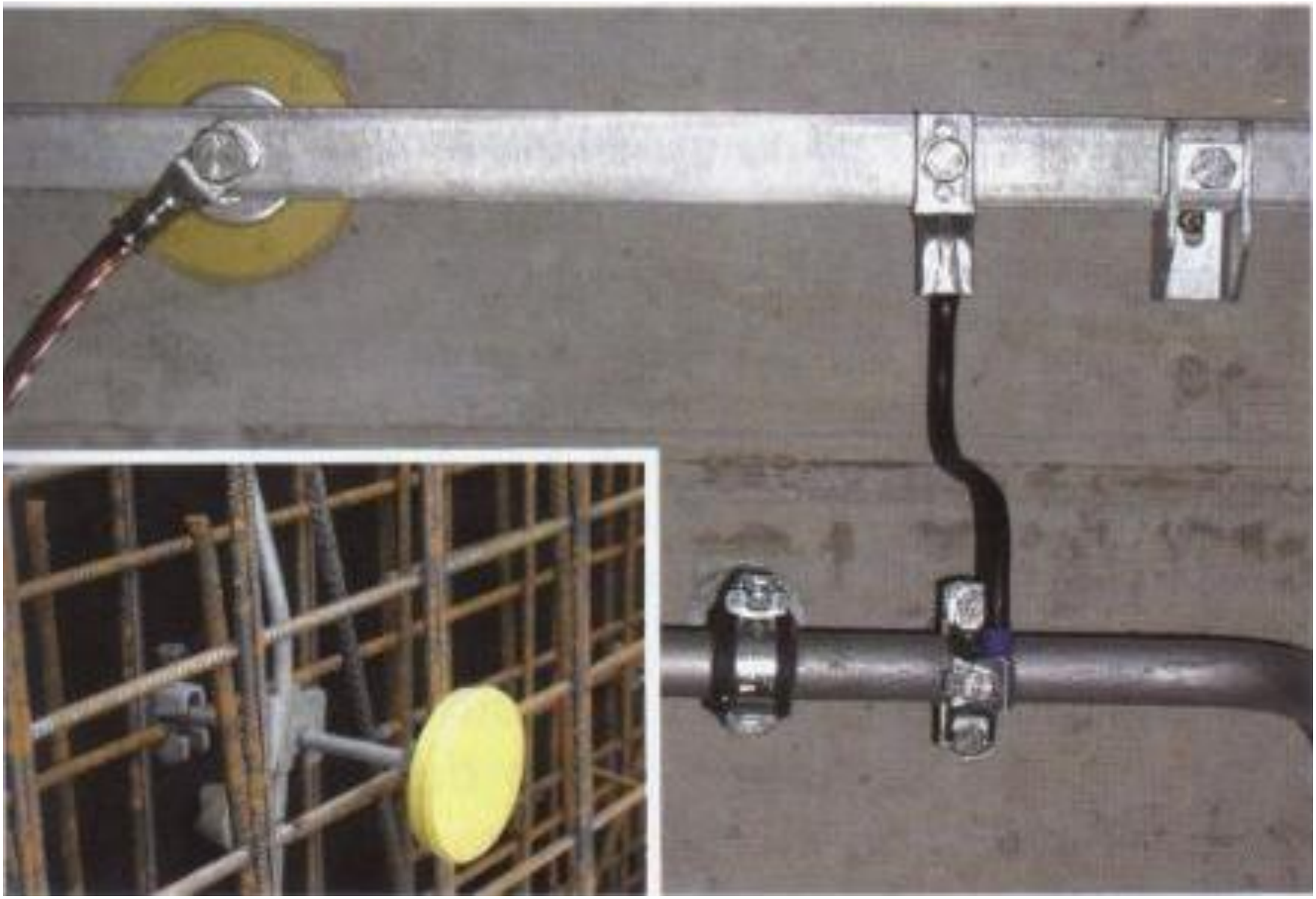
ب. ناقل معدني يتم تمديده حول المبنى على عمق لا يقل عن *75 cm* من سطح الأرض.

يكون التأريض بواسطة الأساسات ذا فائدة كبيرة عندما تبلغ سماكة البيتون فوق نواقل التأريض 50 mm على الأقل، حيث تكون هذه السماكة كافية لحماية نواقل التأريض من الصدأ مع الأخذ بالحسبان أن ناقلية الحديد المغموس بالبيتون تساوي ناقلية النحاس في الأرض. يجب أن تكون نواقل التأريض التي تربط مع حديد التسليح للأساسات مصنوعة من معدن غير قابل للصدأ.

تُربط شبكة النواقل مع النوازل في وصلة الاختبار بناقل ربط يمدد على الجدار من الخارج، أو في الطينة الخارجية، وناقل الربط هذا سوف يخترق طبقة العزل لحصير النظافة المكونة من مزيج من الزفت والخيش، وخرق هذه الطبقة في هذه الحالة لا يسبب أي مشكلة.

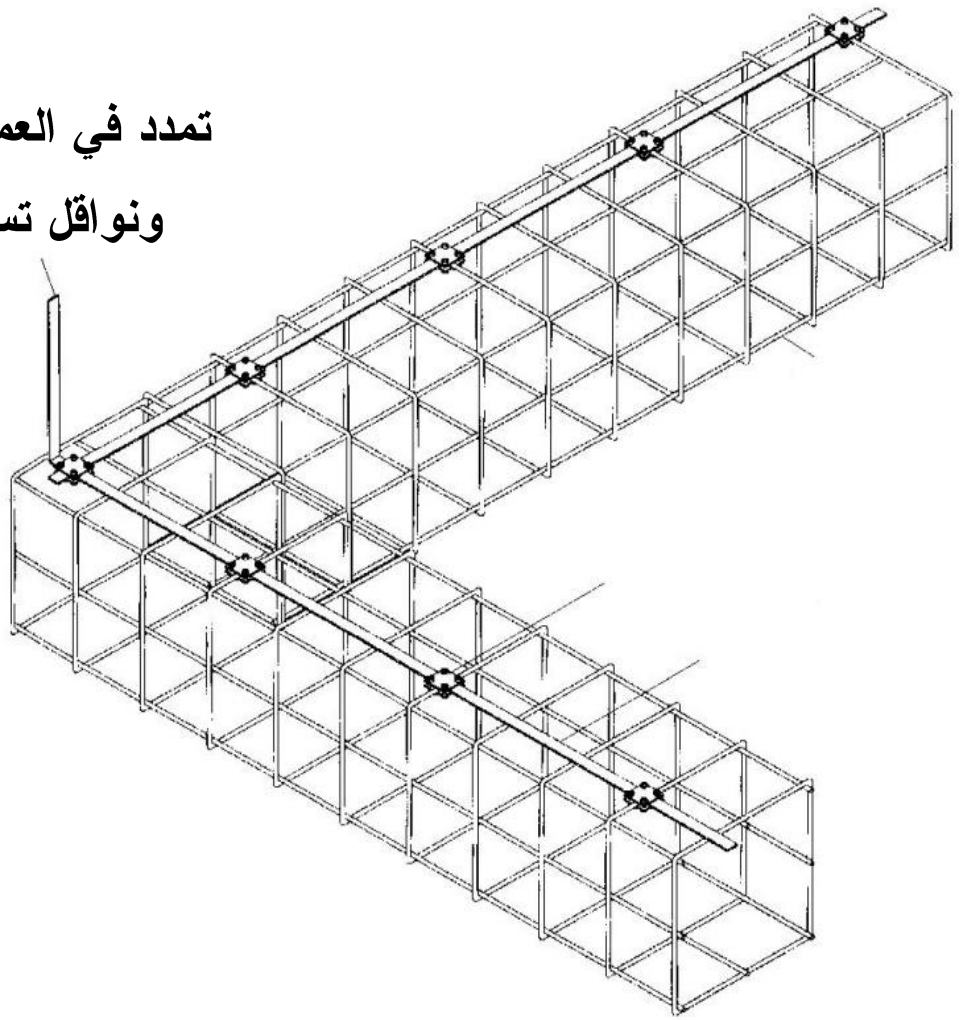
في حال استخدام مادة عازلة تحت الأساسات لعزل المياه الجوفية عن القبو فإن هذه المادة تؤثر على مقاومة التأريض، لذلك تمدد نواقل إضافية تحت هذه المادة، وتربط هذه النواقل مع النواقل الممددة في الأساسات بواسطة نواقل ربط خارج حصيرة النظافة، أو ضمنها عندما يسمح المهندس الإنشائي بذلك. وتبين الأشكال التالية أمثلة على تنفيذ نظام التأريض بواسطة الأساسات.


max. 20 m
5
4
1
3
2
max. 20 m



تمدد في العمود لربط النوازل

ونواقل تساوي الكمون

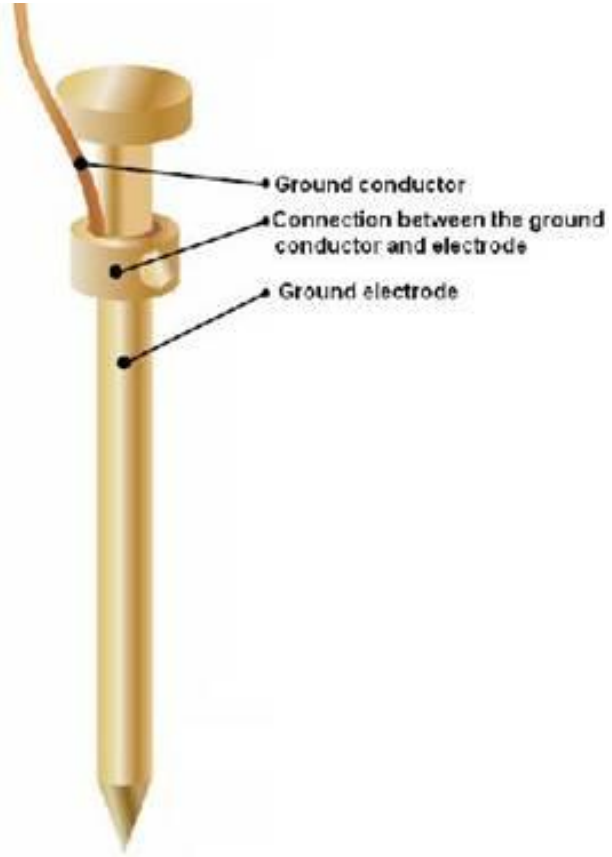


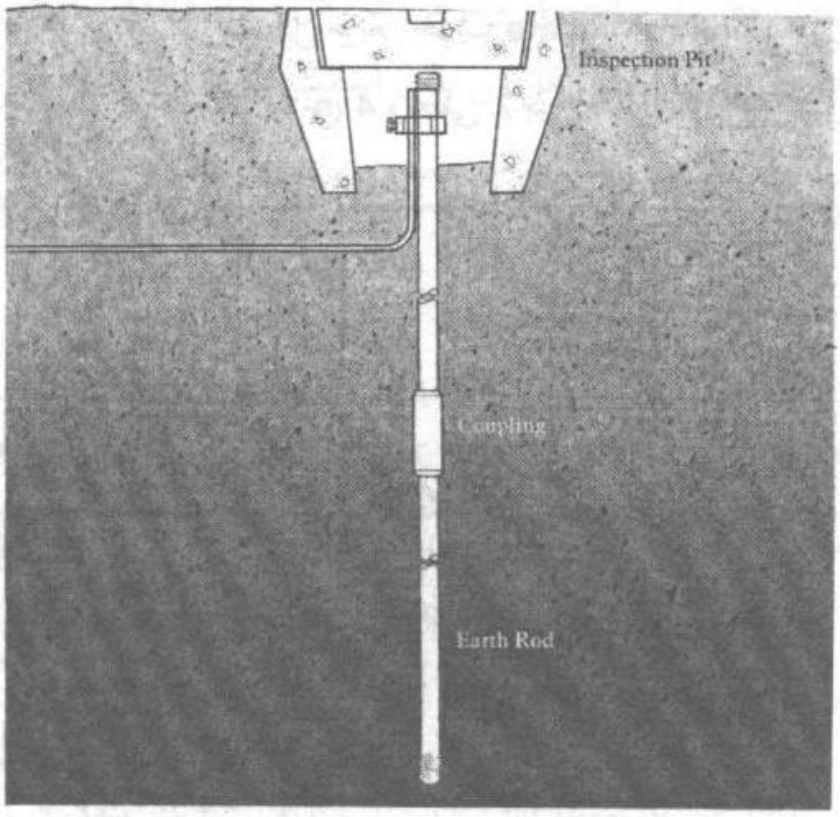
تمديد نواقل إضافية في الجسور التي تصل بين القواعد.

كما يمكن استخدام أقطاب التأريض الصناعية التالية:

قطب تأريض معدني صنعي (MADE ELECTRODE):

وهو عبارة عن أنبوب معدني (ماسورة) لا يقل طولها 240 cm، تدفن رأسياً ملامسة للتربة إلا إذا كانت الأرض صخرية فيمكن وضعها مائلة 45 درجة عن المستوى الرأسي، أو تدفن في خندق على عمق 75 cm من سطح الأرض على الأقل.

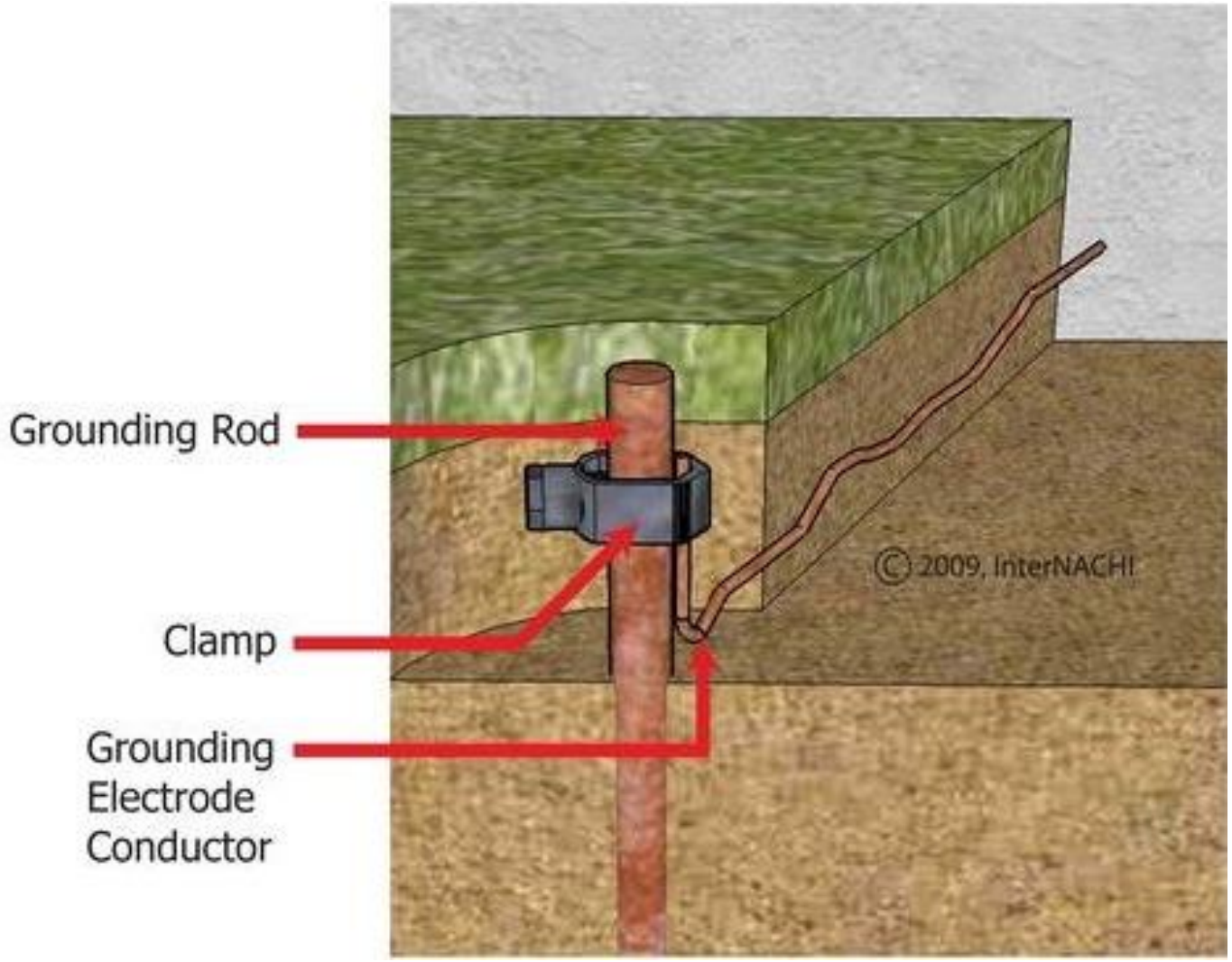


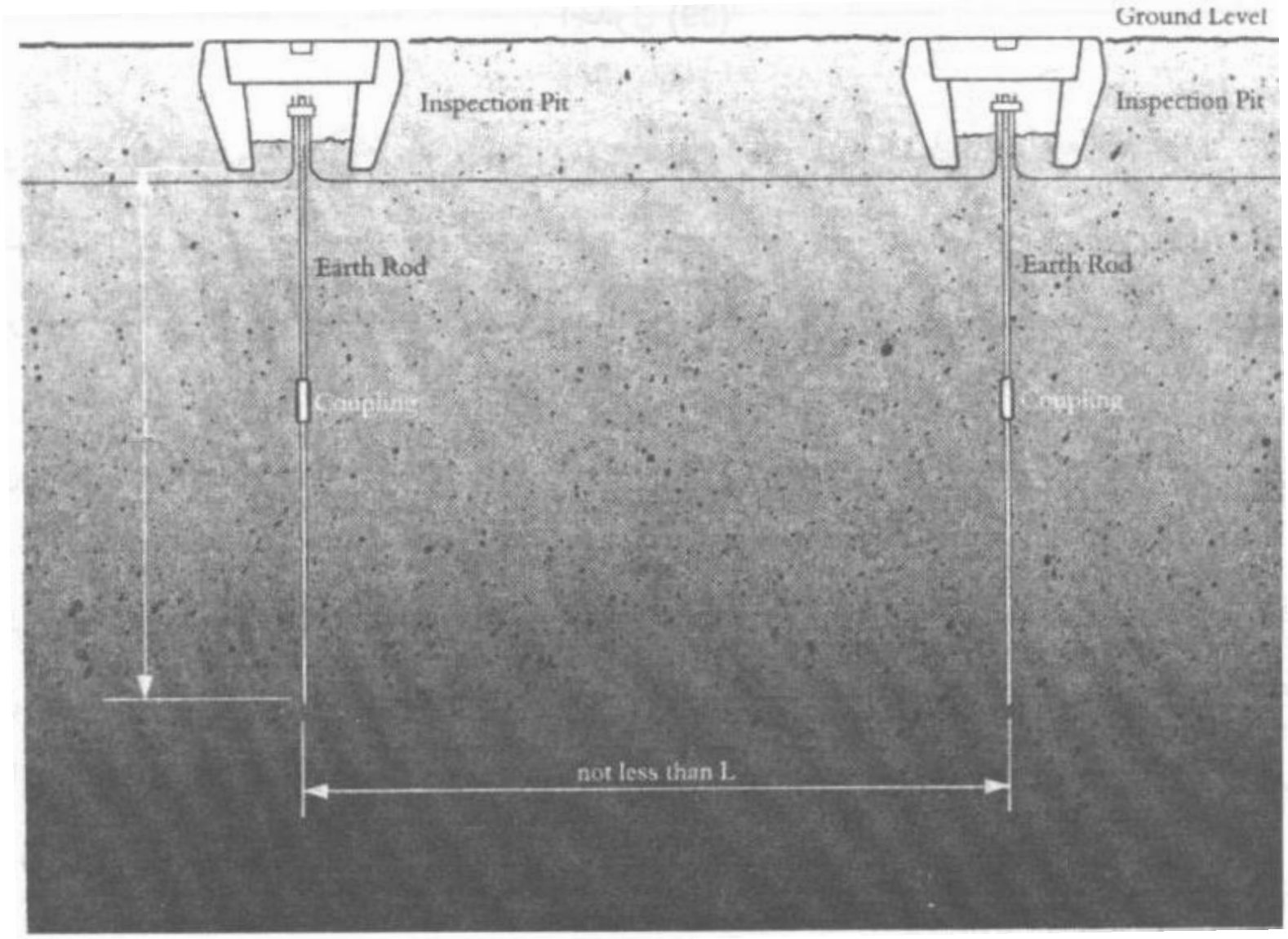


وهي قضبان أو أنابيب من الحديد المغلفن (*Galvanized Steel*)لكي تتحمل عملية الدفع داخل الارض ولمقاومة التأكسد والتآكل أو من الحديد الملبس بالنحاس (*Copper- Clad Steel*) لكي يجمع بين القدرة علي التحمل الميكانيكي اللازم لدفع القضيب داخل التربة إلي أعماق كبيرة وبين التلامس الجيد والآمن بين الطبقة النحاسية الخارجية لسطح الالكترود وسلك التأريض النحاسي وبذلك يمكن تجنب التآكل الكيميائي الناتج من اختلاف الانودية للمعادن المختلفة والذي يؤدي إلى التآكل الكيميائي .

الطول القياسي لقطب (وتد) التآريض حوالي 240 cm بقطر حوالي 16 mm ويوجد أطوال أقل واكبر منه يصل في بعض الأحيان إلى حوالي 30 m تدفن في الأرض ويكون الوتد في هذه الحالة مقسم علي عدة اجزاء تربط مع بعضها بمرابط خاصة اثناء عملية الدفن داخل الأرض ويمكن دفنه بالكامل تحت سطح الأرض او اظهار جزء صغير منه وكلما زاد طول الوتد كلما قلت مقاومة الأرض الكلية. يجب بعد دفن (الالكترود) في الأرض قياس مقاومة الأرض. ويجب ألا تزيد مقاومة الالكترود الواحد عن 25 Ω بالنسبة للمواصفات الأمريكية و 5 Ω بالنسبة للمواصفات الألمانية. وإذا لم يحقق وتد واحد المقاومة المطلوبة يمكن زيادة طوله أو استعمال وتد آخر يدفن بجانب الأول بحيث لا تقل المسافة بينهما عن 2 m ثم يتم التوصيل بينهما بالتوازي. وإذا لم نصل إلي القيمة المطلوبة يتم استعمال وتد آخر ويوصل معهم وهكذا حتى نصل إلي القيمة المطلوبة.

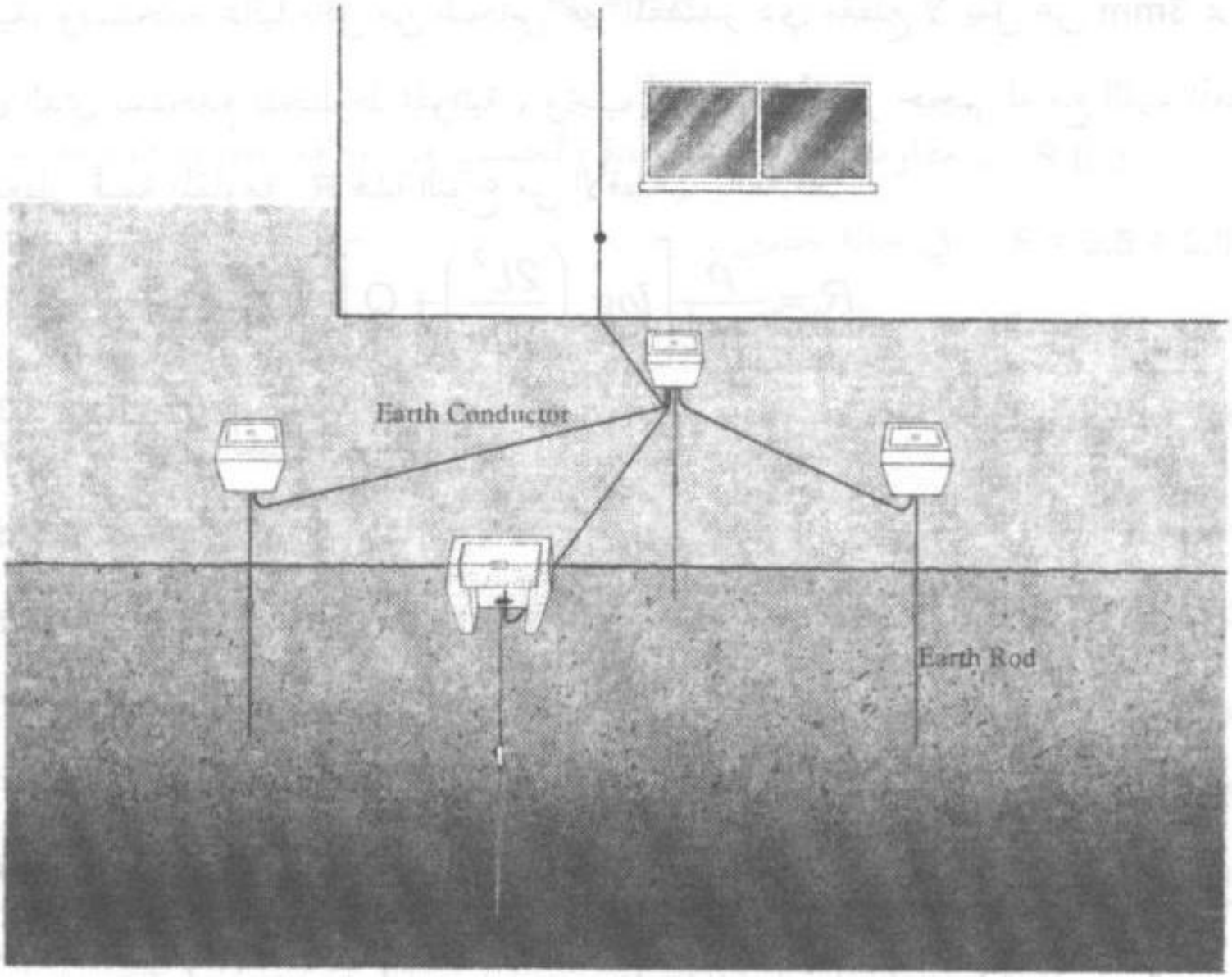
An Overview Of
Grounding
System (Grounded)


Grounding Rod
Clamp
Grounding Electrode Conductor
© 2009, InterNACHI



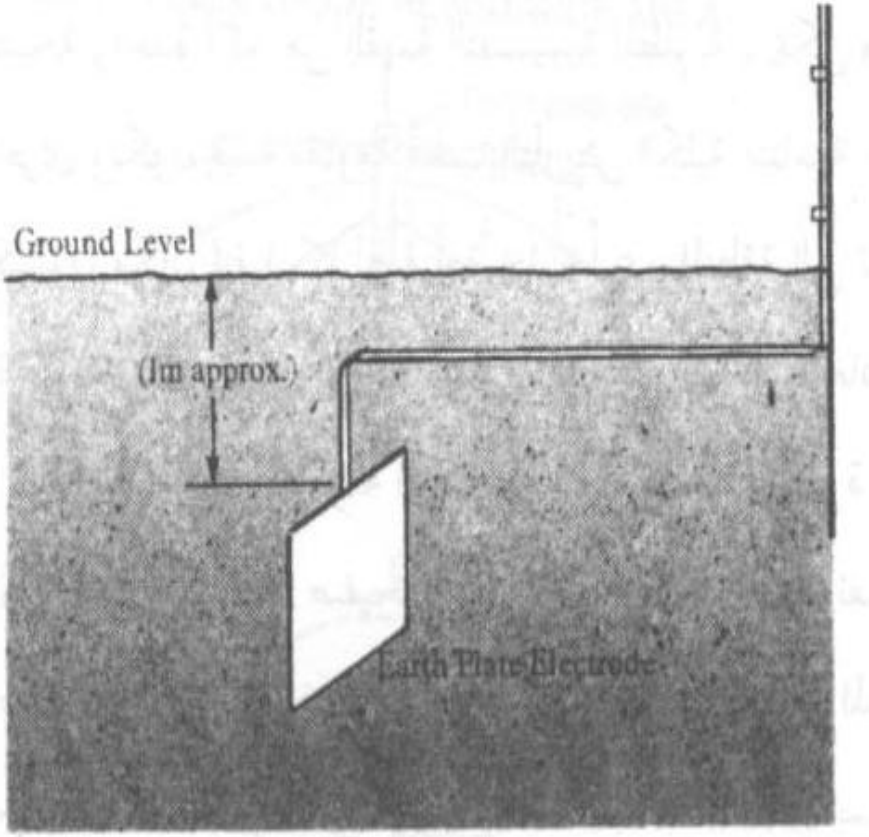
المسافة بين قطبي تأريض موصولين تفرعياً.

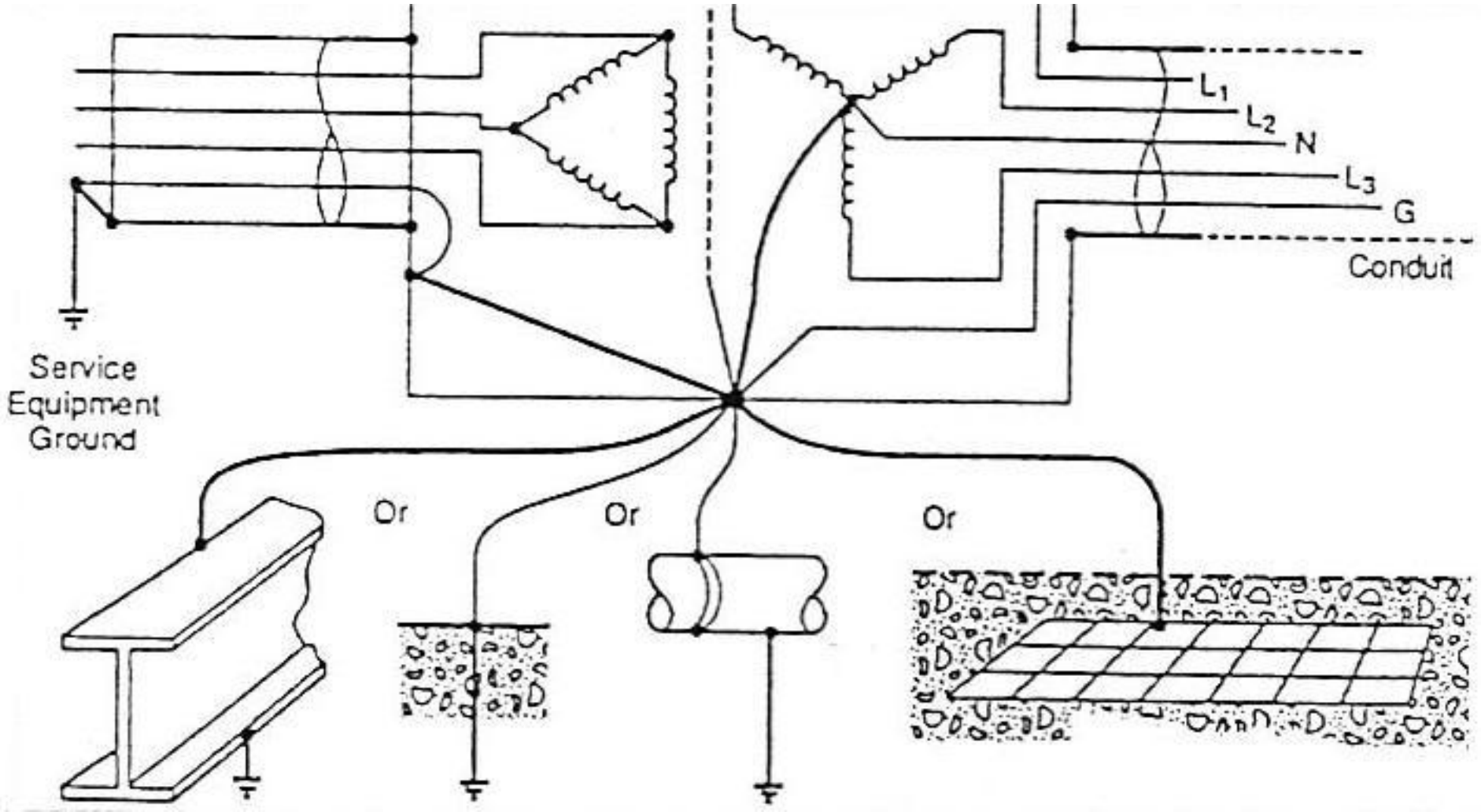
إذا لم يكن ممكناً تحقيق الوصل التفرعي بين الأقطاب، يمكن الوصل بينها على شكل قدم الوزّة كما في الشكل التالي مع المحافظة على تحقيق العمق والمسافة المطلوبين.



لوح التأريض (PLATE ELECTRODE):

وهو عبارة عن لوح معدني قد يكون من النحاس بسمك 1.5 mm أو من الحديد بسمك لا يقل عن 6 mm، ويجب ألا تقل المساحة الملامسة للتربة عن 0.186 m². ويجب أن يكون قطب التأريض الملامس للتربة خالياً من الشحوم أو الزيوت لأنها تضعف خصائص قابلية التأريض للتوصيل الكهربائي.




L1
L2
N
L3
G
Conduit
Service
Equipment
Ground
Or
Or
Or

4. تجهيزات الوصل والربط *Bonding* :

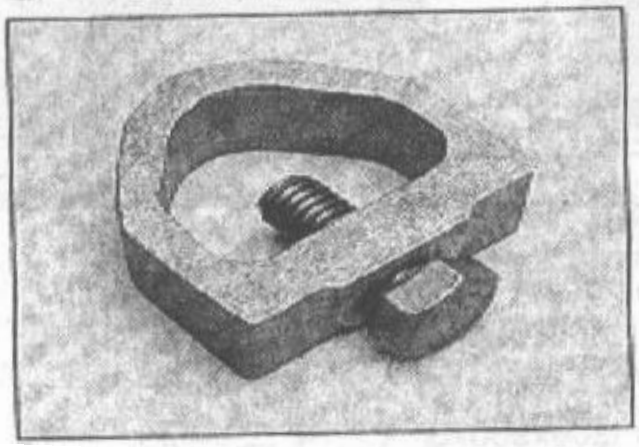
مرابط التأريض *Earthing Clamps* :

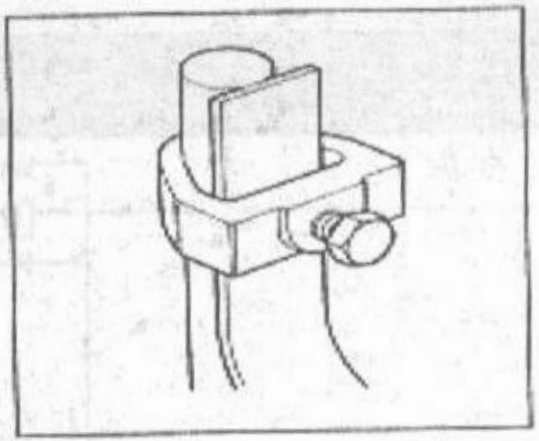
صممت مرابط التأريض بأشكال مختلفة لتناسب التطبيقات المطلوبة، وإن هذا التوسع في أشكالها يعود سببه لضمان التماس الجيد والمتين بين أجزاء شبكة التأريض، هذا التماس الجيد له دوران أساسيان: الأول الإقلال من قيمة مقاومة التأريض، والثاني ضمان مرور تيار العطل بدرجة أفضل لتفريغه في الأرض، وفيما يلي عرض لأهم هذه المرابط:

مربط وتد تأريض مع ناقل شريطي، وهو متوفر للنواقل ذات المقاطع المبينة:

مقطع الناقل [mm^2]	قطر الوتد [mm]
25	16
38	16
50	16
25	25

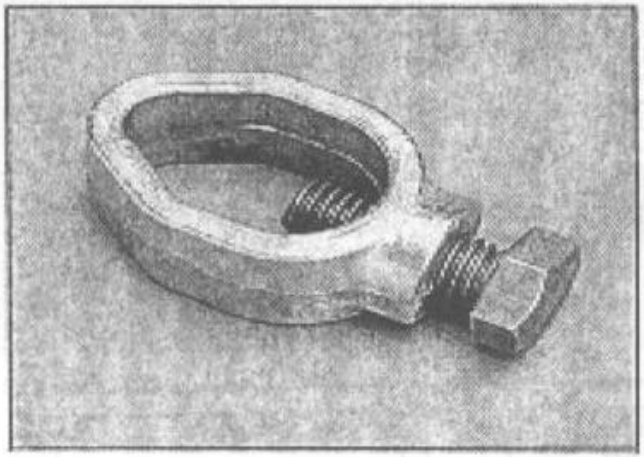
EARTH ROD TO TAPE 'A' CLAMP

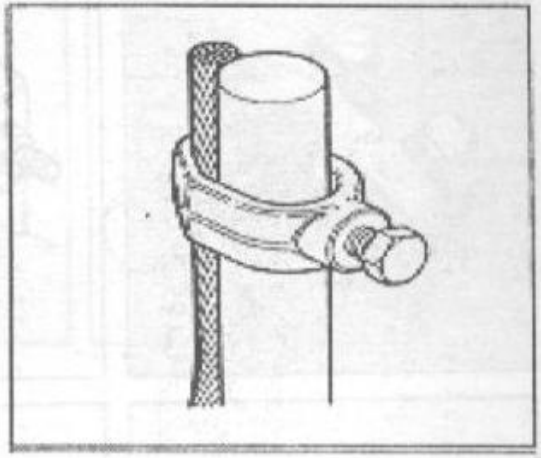




مربط وتد تأريض مع الكابل، وهو متوفر للنواقل ذات المقاطع المبينة:

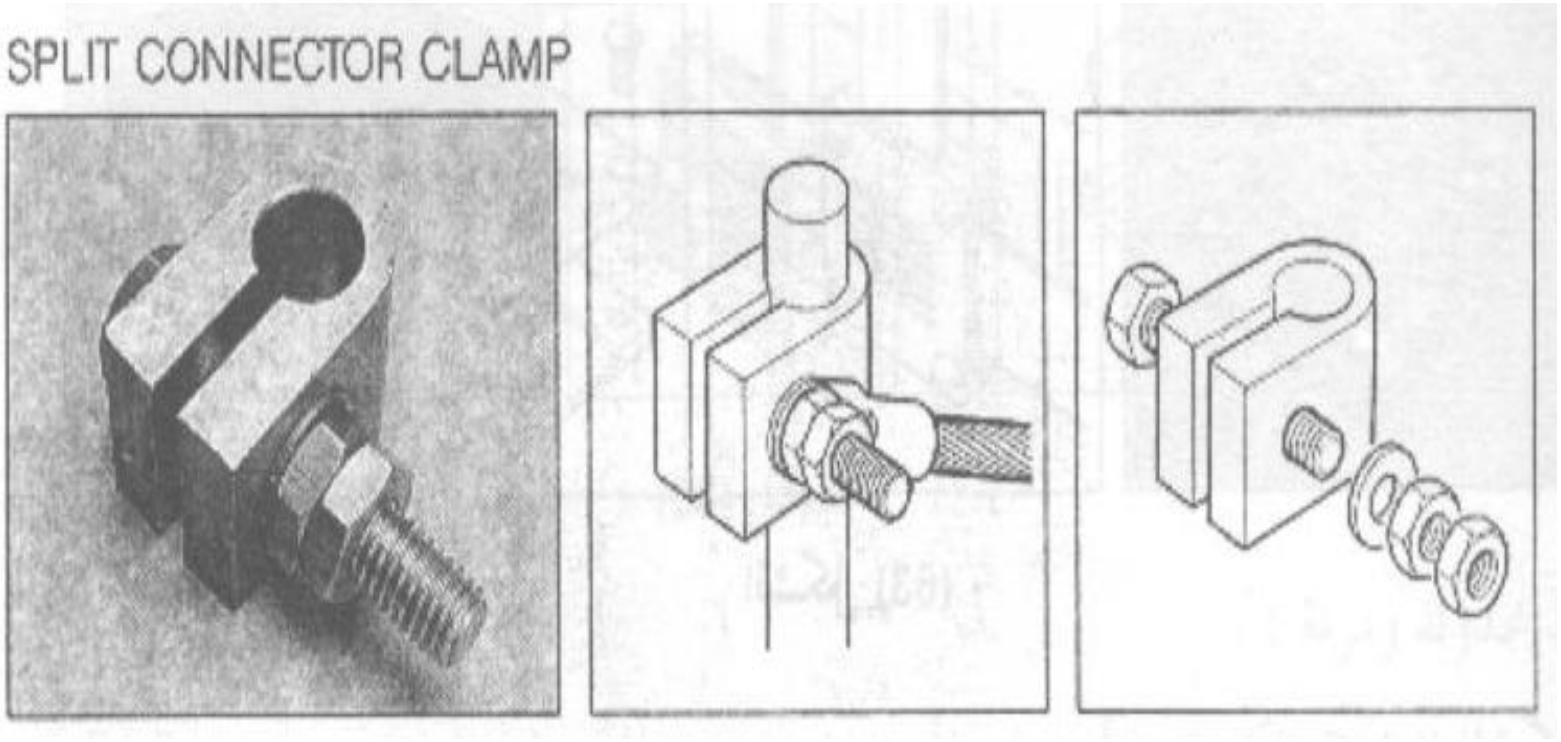
EARTH ROD TO CABLE CLAMP





مقطع الناقل [mm^2]	قطر الوتد [mm]
6-35	9-5
35-6	16
70-16	16

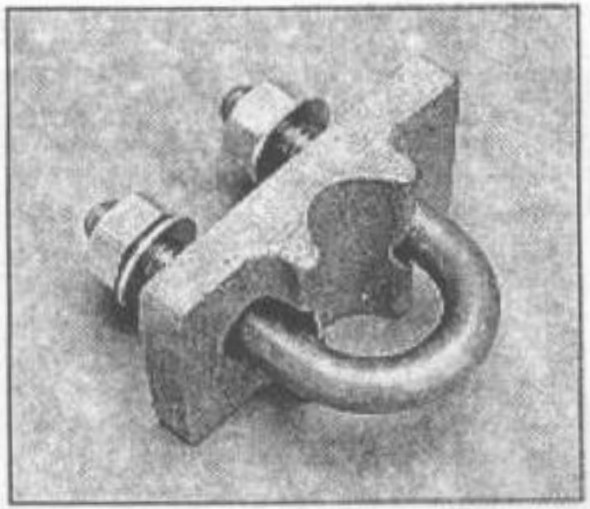
مربط وتد تأريض مع تفريعة كابل، وهو متوفر للأوتاد ذات الأقطار 9.5 , 16 , 20 mm:



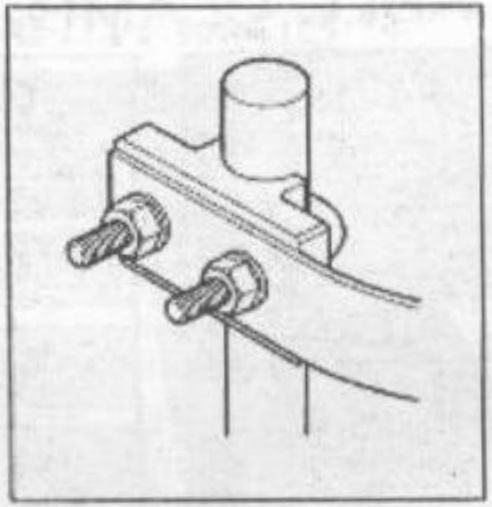
مربط على شكل حرف U، وهو متوفر بما يتناسب مع الأوتاد ذات الأقطار 16 , 25 , 31 , 38 , 50 mm، ويمكن أن يكون للمربط صفيحة أحادية أو مزدوجة لتمرير كابل مبسط أو دائري.

U-BOLT CONNECTOR CLAMPS

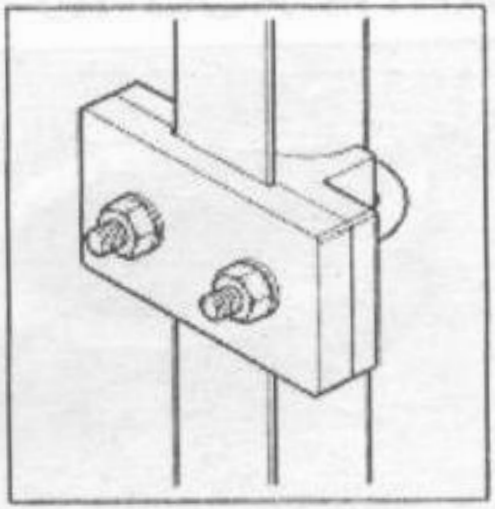
U-Bolt Single Clamp

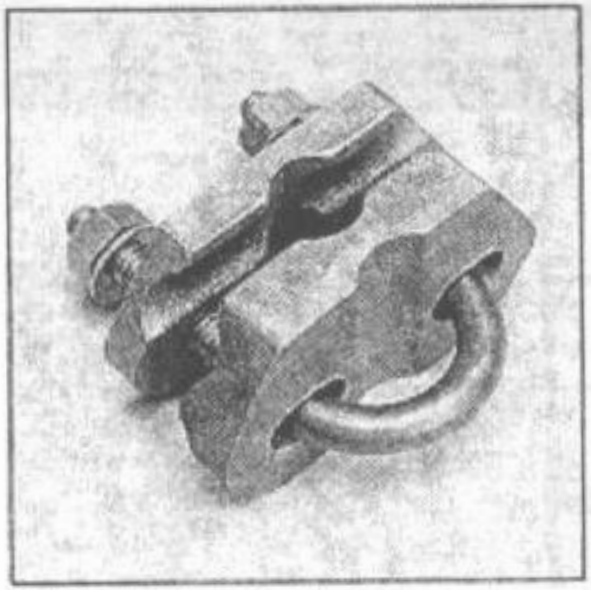


Single Clamp Application

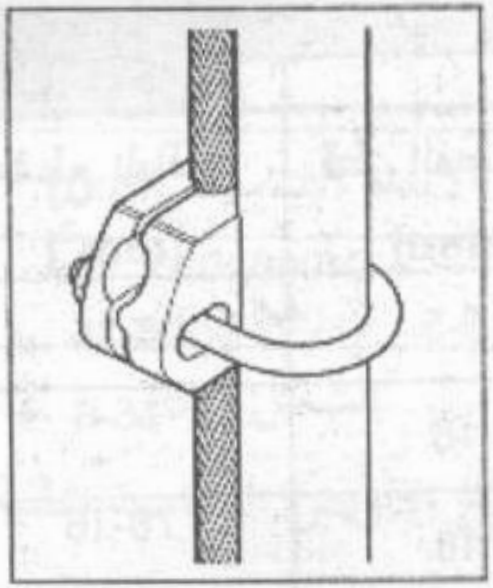


Double Clamp Application



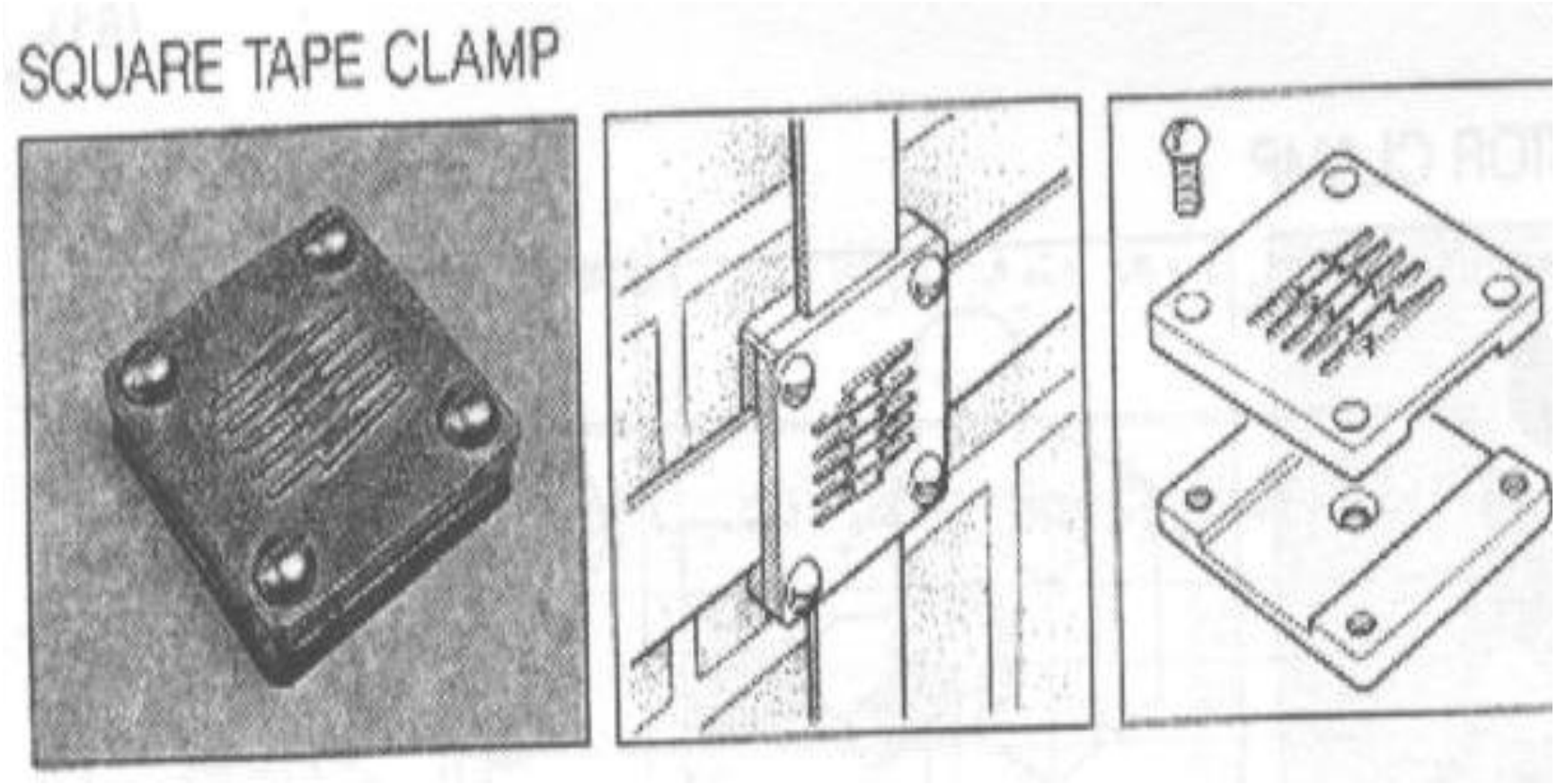


U-Bolt Rod to Cable Clamp

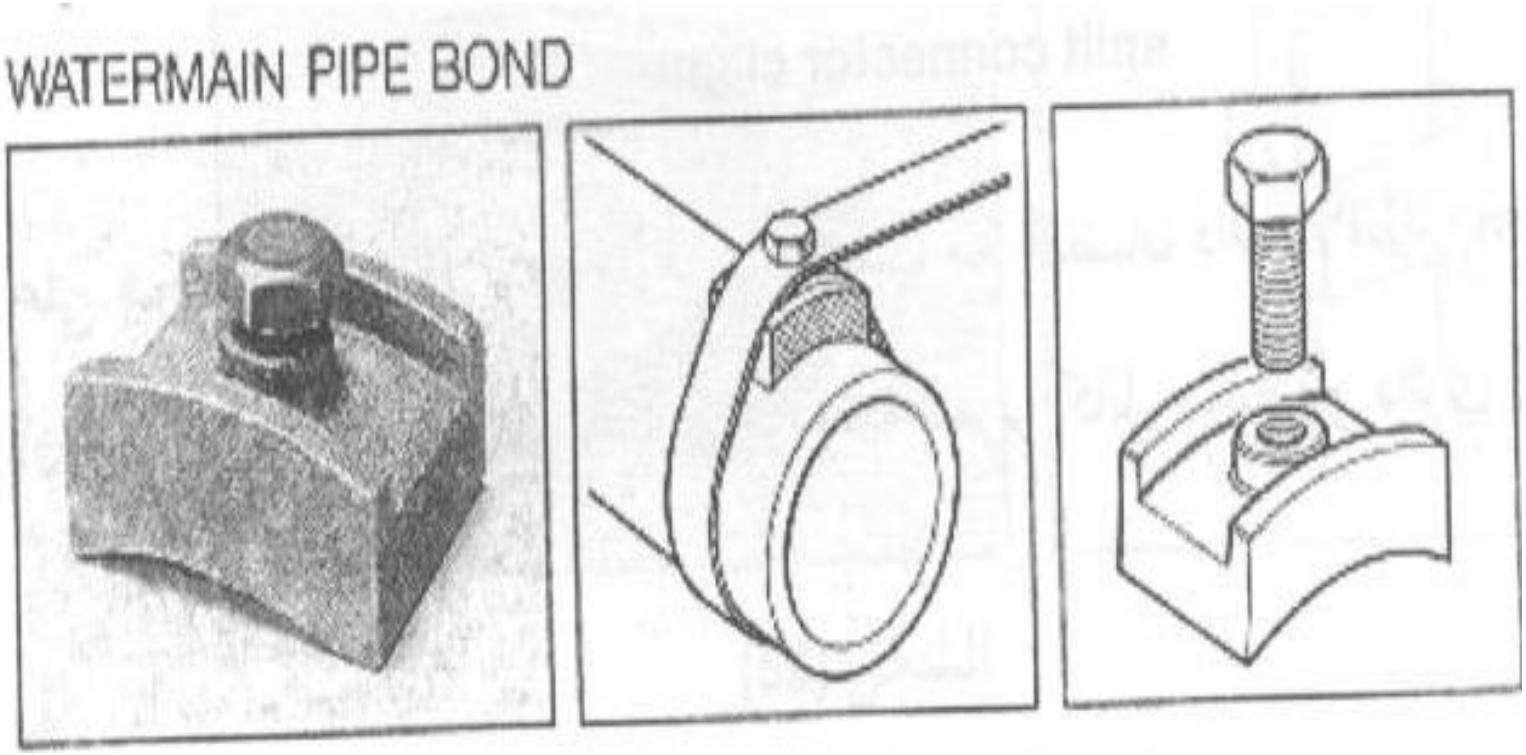


Rod to Cable Application

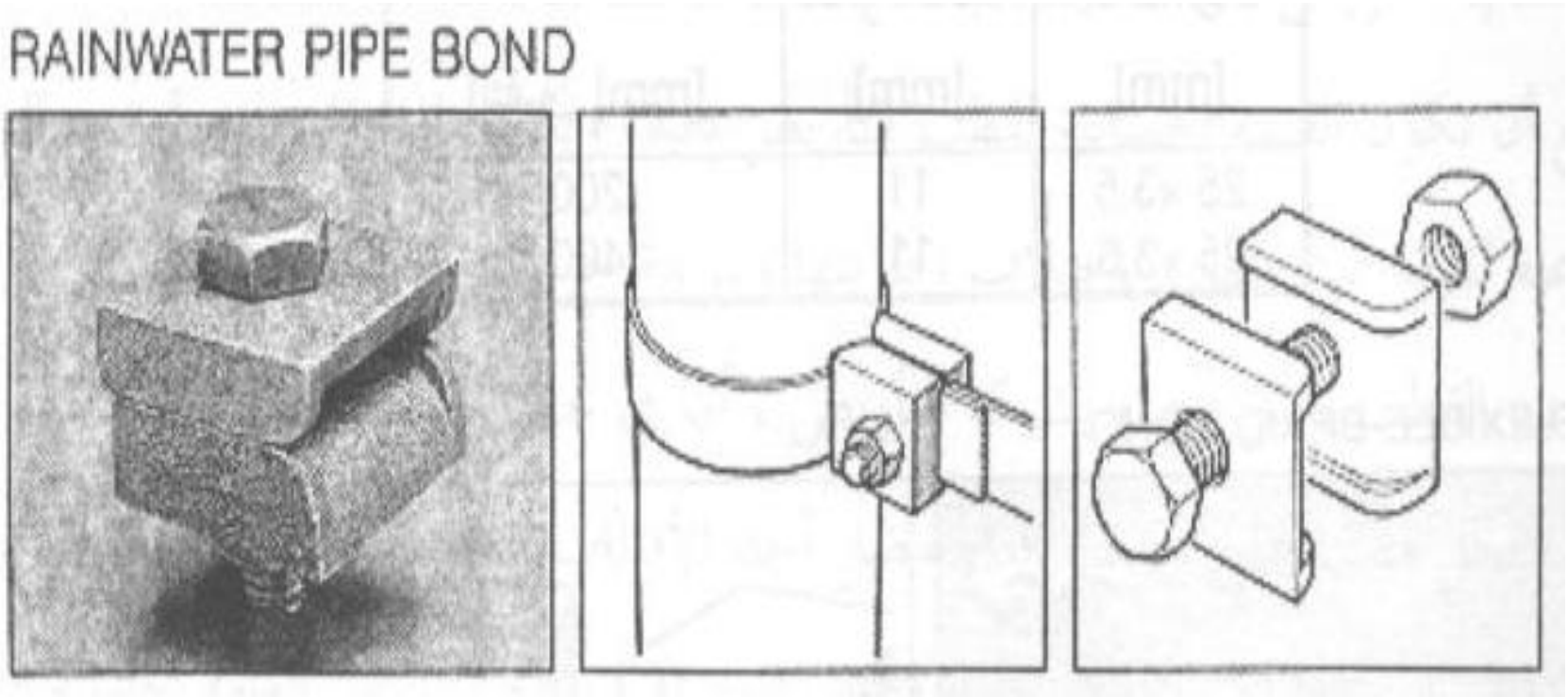
مربط لناقل مبسط، وهو مناسب لتوصيل رباعي الاتجاه أو ثلاثي على شكل حرف (*T*)، وهو متوفر للنواقل ذات الأبعاد *25×3 , 25×6 , 38×6 , 50×6 mm*.



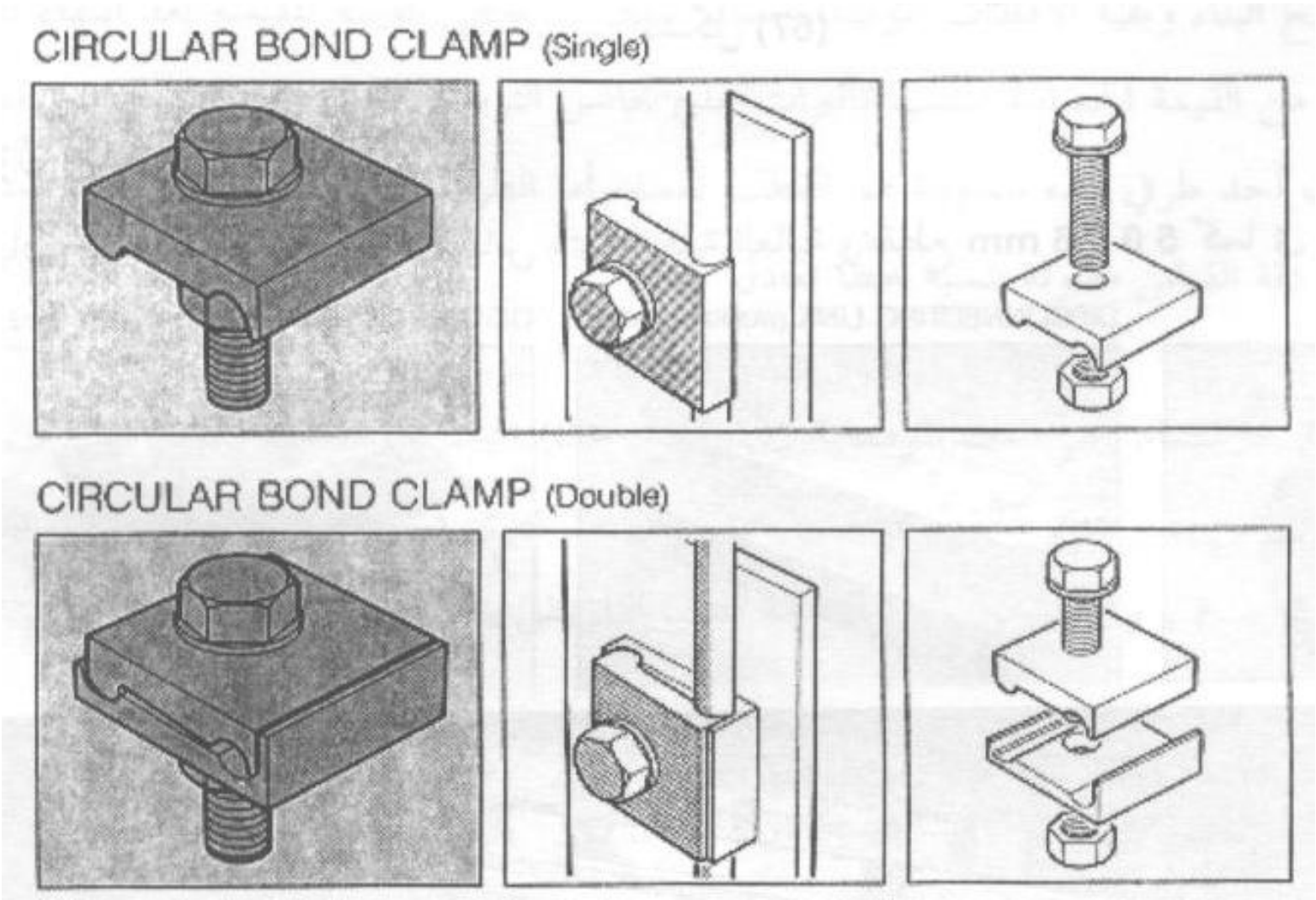
مربط ناقل مع أنابيب المياه الرئيسية، وهو متوفر لناقل مبسط عرض 25 mm.



مربط ناقل مع أنابيب المياه المطرية، وهو متوفر لناقل مبسط عرض 25 mm.



مربط ناقل دائري مع سطح معدني، وهو متوفر لربط ناقل يتراوح قطره بين *16-70 mm* و *70-120 mm*.

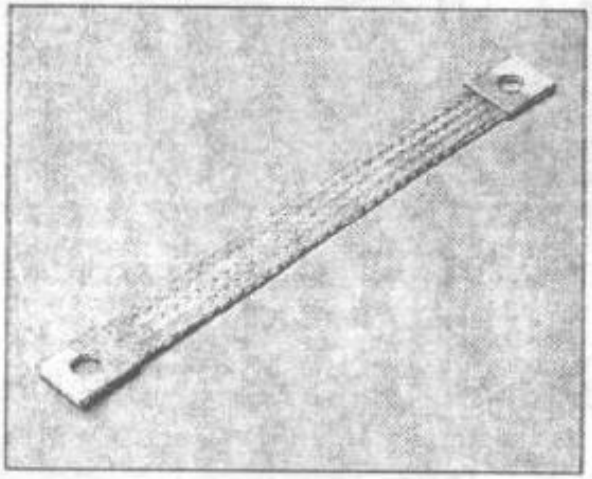


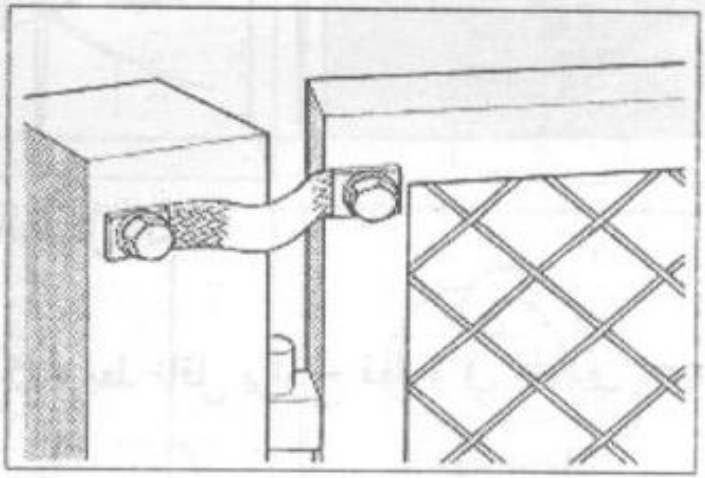
مرابط مجدولة ومرنة:

تستخدم لربط البوابات الكبيرة والأبواب والأسوار، وهي ذات مقطع تقريبي $35\ mm^2$

المسافة بين مركزي الثقبين [mm]	قطر الثقب [mm]	أبعاد المربط [mm]
200	11	25 ×3.5
400	11	25 ×3.5

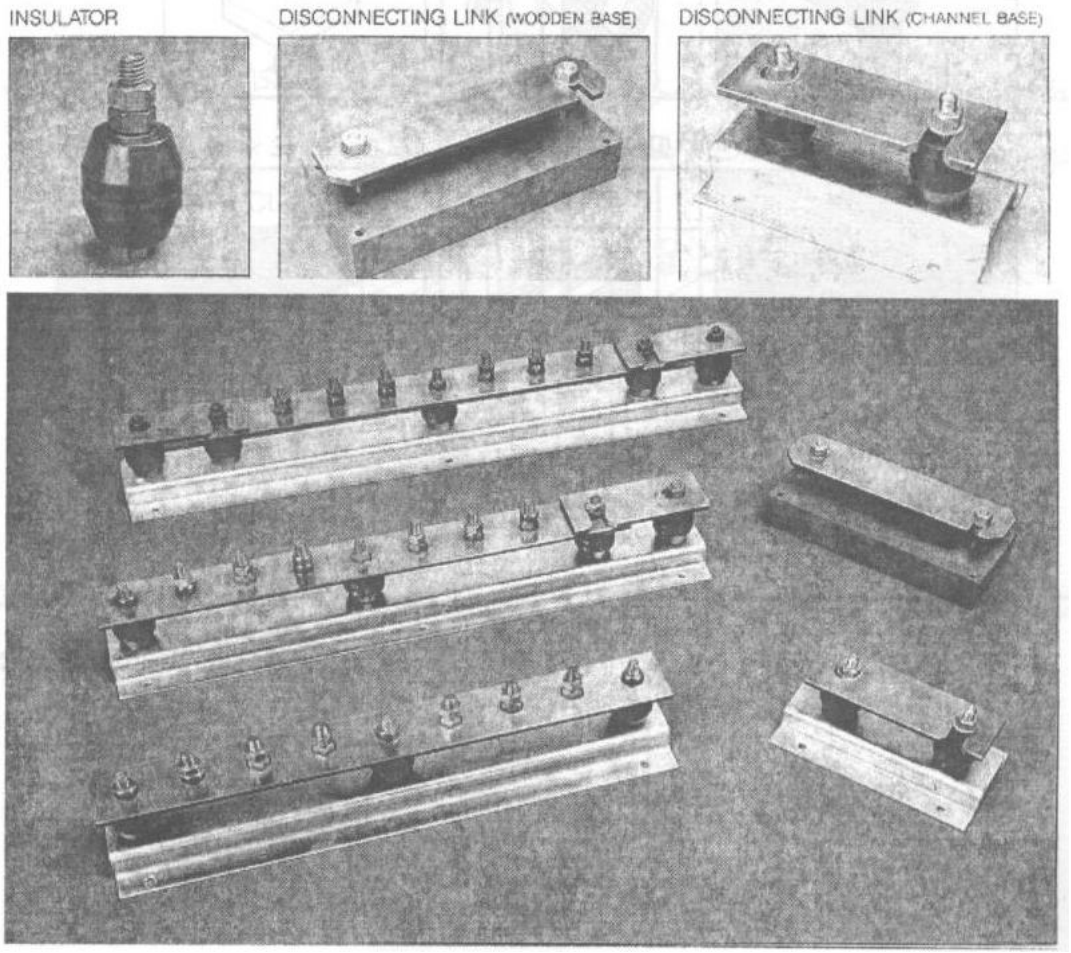
FLEXIBLE BRAID BOND



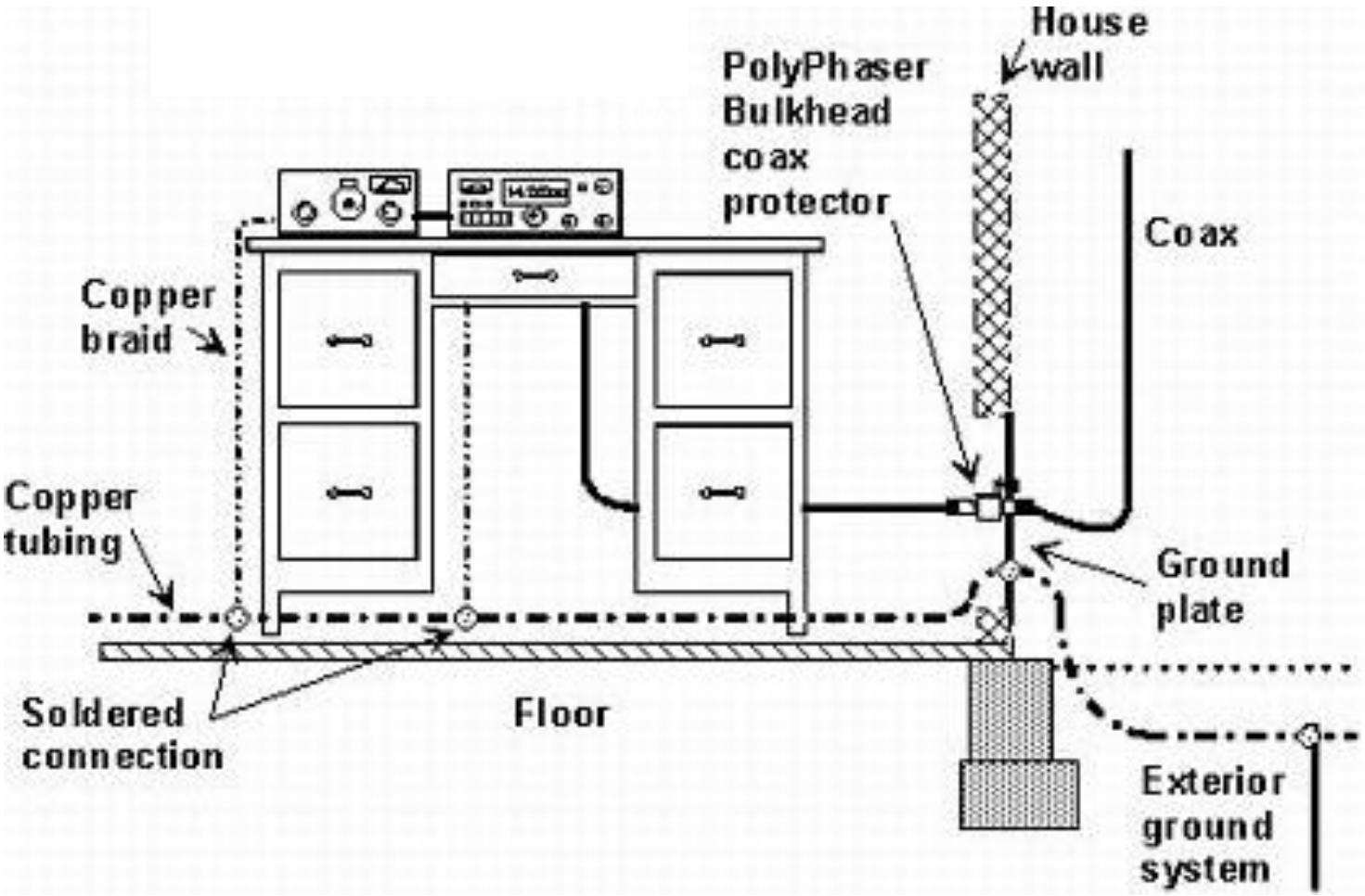


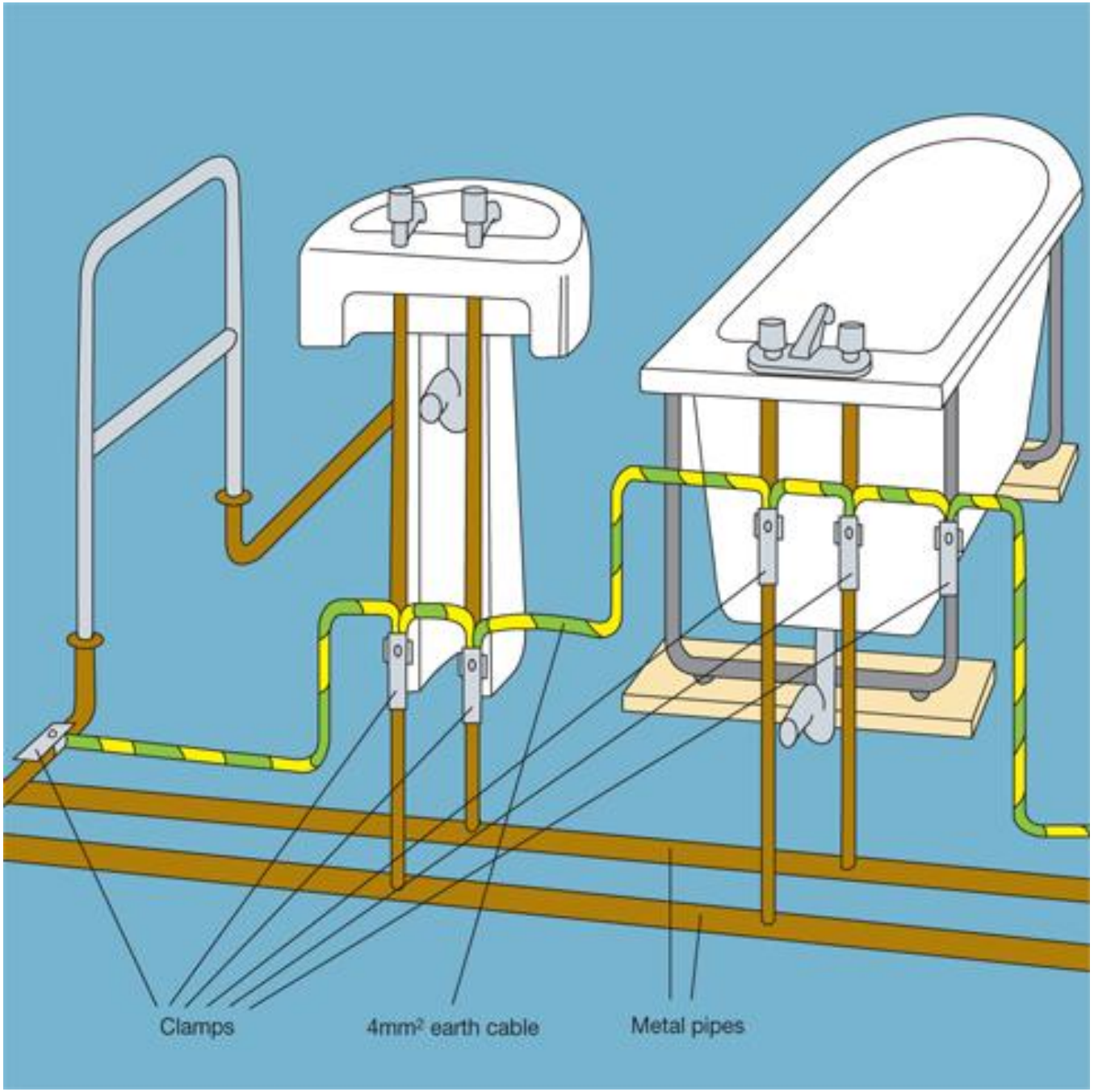
العوازل وبارات التأريض:

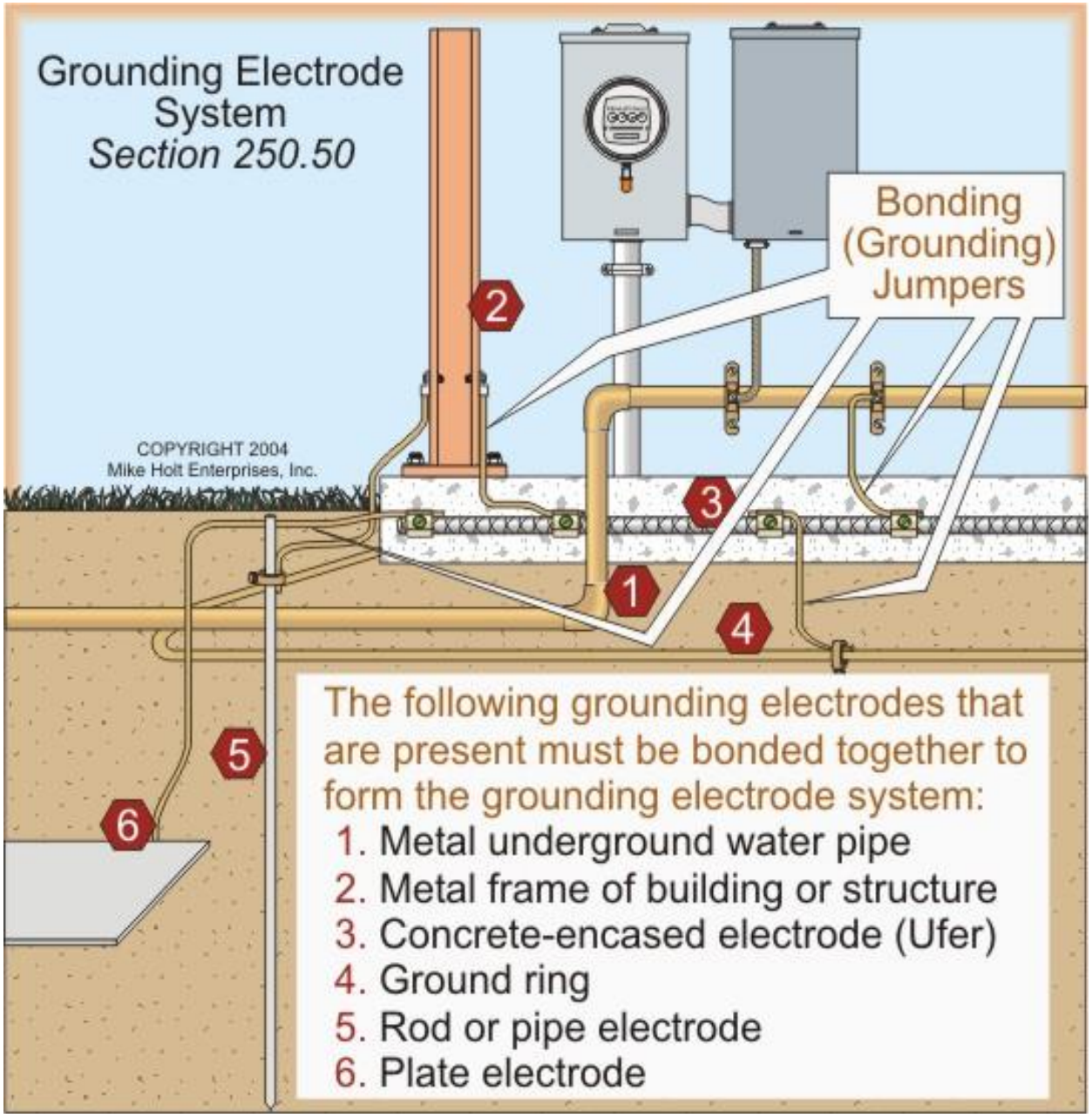
تصنع بارات التأريض من النحاس ذي الناقلية العالية وبمقطع 50×6 mm.



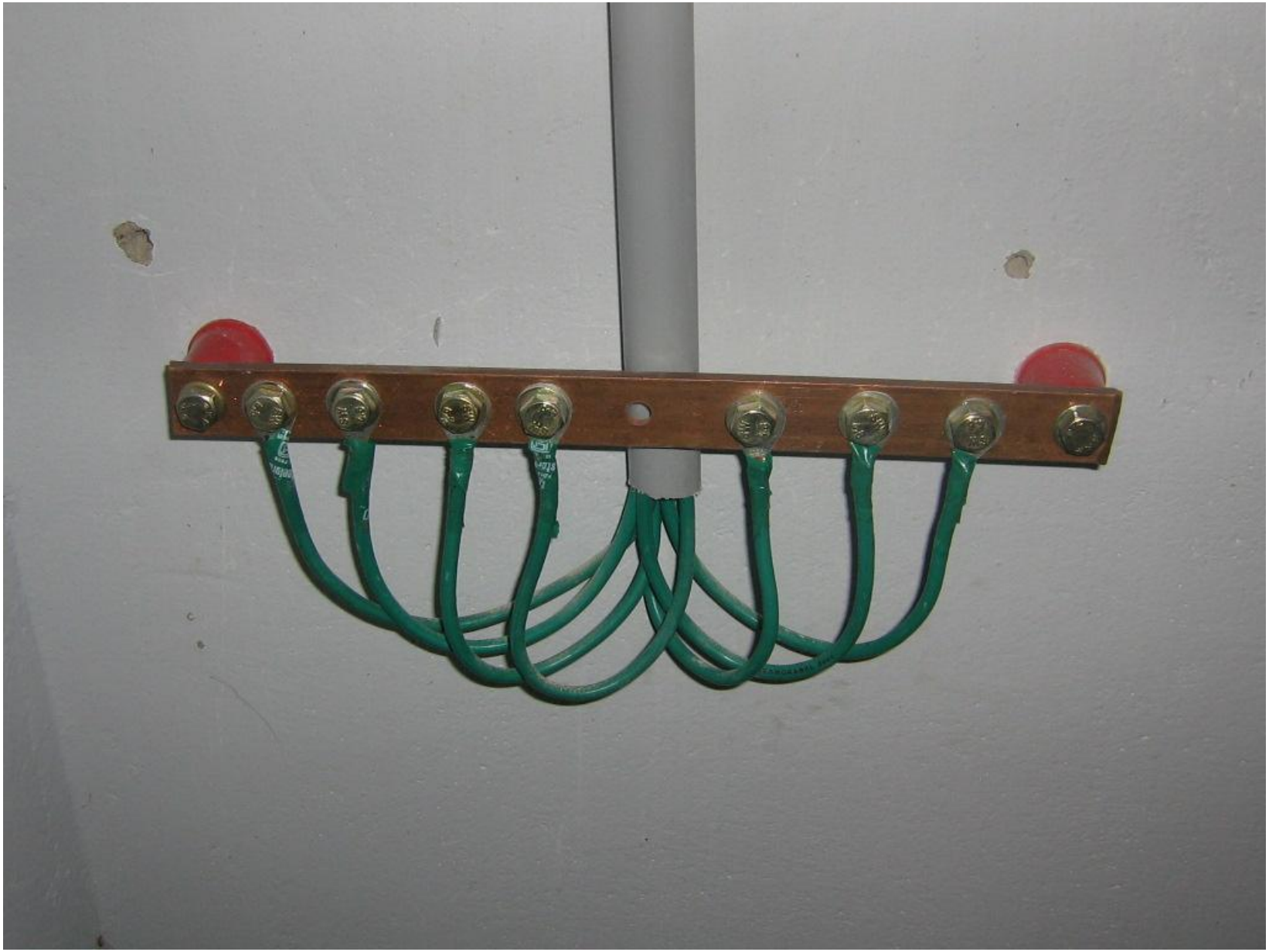
كيفية تأريض المعدات والأجهزة في المباني:

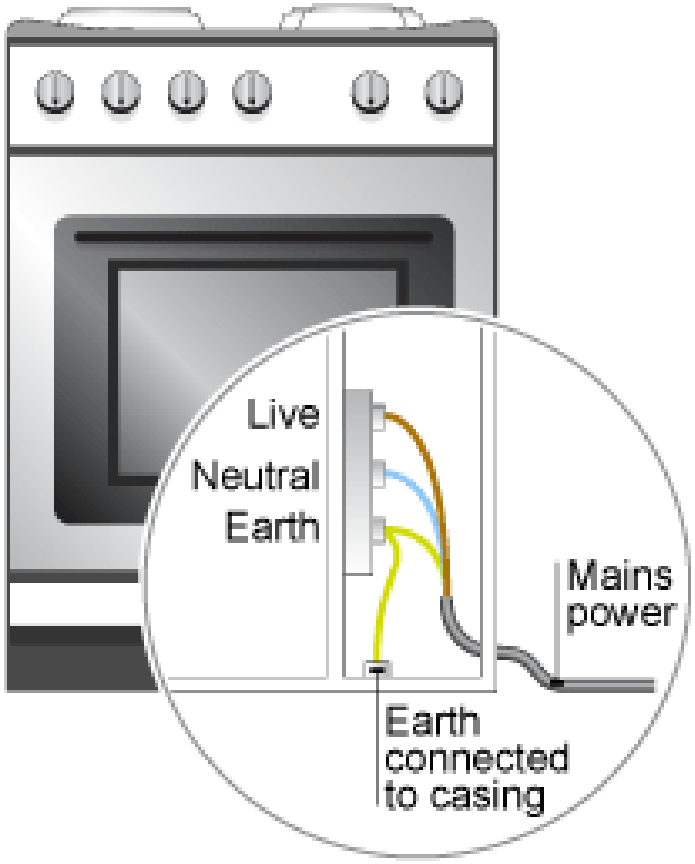



Clamps
4mm² earth cable
Metal pipes


Grounding Electrode System
Section 250.50
COPYRIGHT 2004
Mike Holt Enterprises, Inc.
Bonding (Grounding) Jumpers
2
3
1
4
5
6
The following grounding electrodes that are present must be bonded together to form the grounding electrode system:
1. Metal underground water pipe
2. Metal frame of building or structure
3. Concrete-encased electrode (Ufer)
4. Ground ring
5. Rod or pipe electrode
6. Plate electrode

HIOKI 3288
25.38
DIGITAL CLAMP ON HITESTER
RANGE
HOLD
COM
600V
TEMP




Live
Neutral
Earth
Mains power
Earth connected to casing

المواد المستخدمة في نظام التأريض
Earthing System Materials

تخضع أبعاد أقطاب التأريض المدفونة تحت الأرض والنواقل المنفذة فوق الأرض في الأنظمة الدولية إلى حدود دنيا لا يمكن تجاوزها بسبب ضعف مقاومتها الميكانيكية ومقاومتها للصدأ، وتعد أقطاب التأريض المصنوعة من مادة النحاس مناسبة لأحمال ذات تيارات عطل كبيرة لأن ناقليتها الكهربائية عالية مقارنة مع تلك الأقطاب المصنعة من الفولاذ، وبوجه عام فإن الأقطاب المصنعة من النحاس العاري أو النحاس المغلف بالقصدير تقاوم التآكل في التربة إلا أنه لا يوجد أي ميزة إضافية من جراء تغليف النحاس بالقصدير.

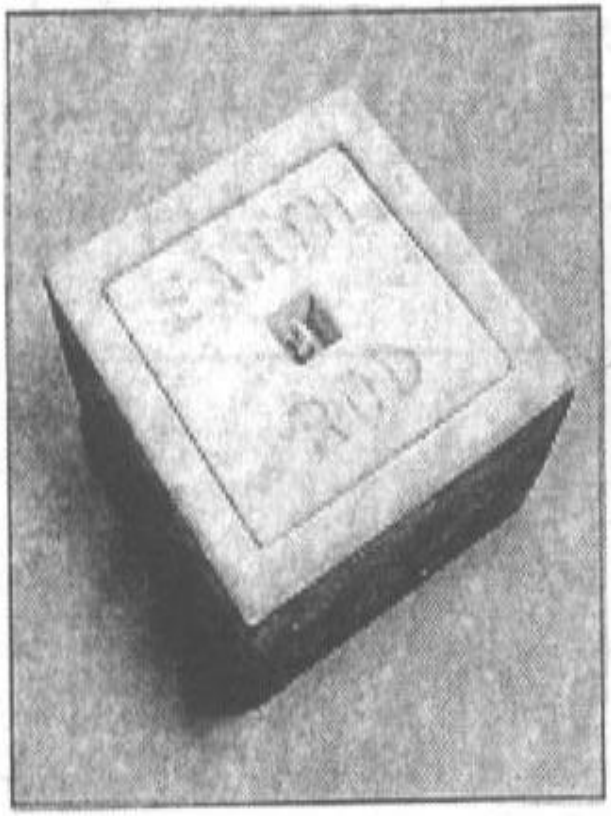
وفيما يلي أهم المواد المستخدمة في شبكات التأريض:

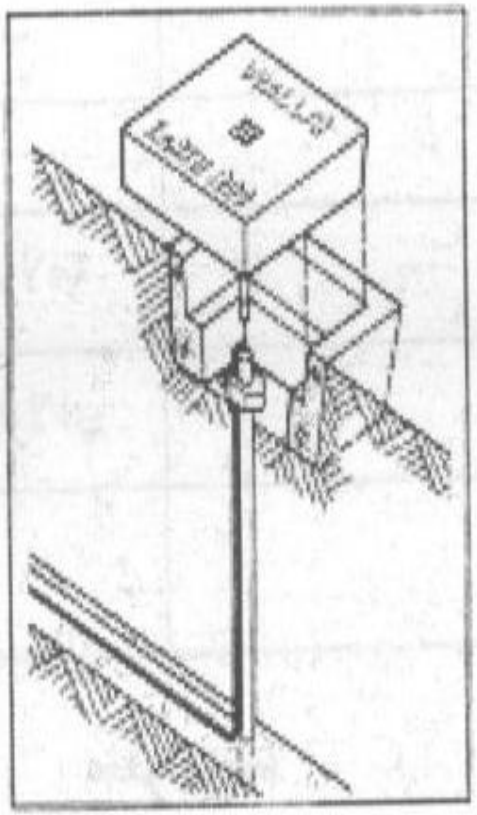
غرف تفتيش شبكة التأريض
Earth Inspection Housings

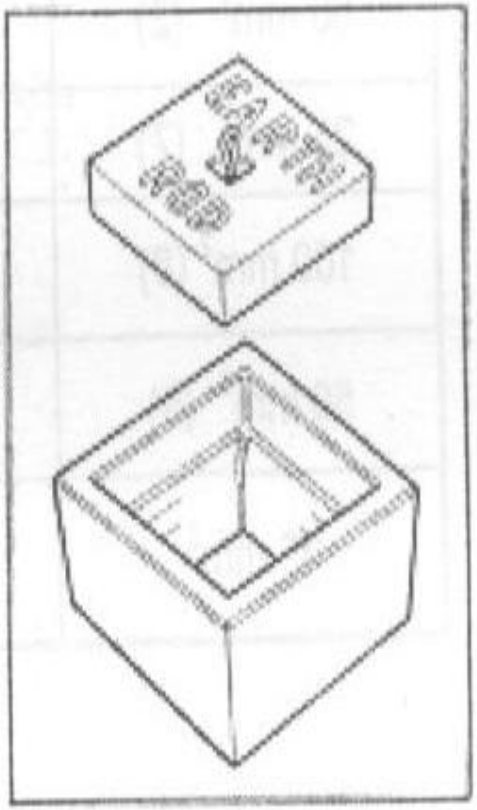
الغرف المصنوعة من الاسمنت:

وهي مصنّعة لحماية القطب وتوصيلات شبكة التأريض، وهي تسهل الوصول إلى هذه التوصيلات لإجراء فحوصات الصيانة الدورية، ويوجد فيها مجرى خاص لوضع شريحة (باسبار) لتوصيل النواقل لعمليات الفصل والوصل.

CONCRETE INSPECTION HOUSING

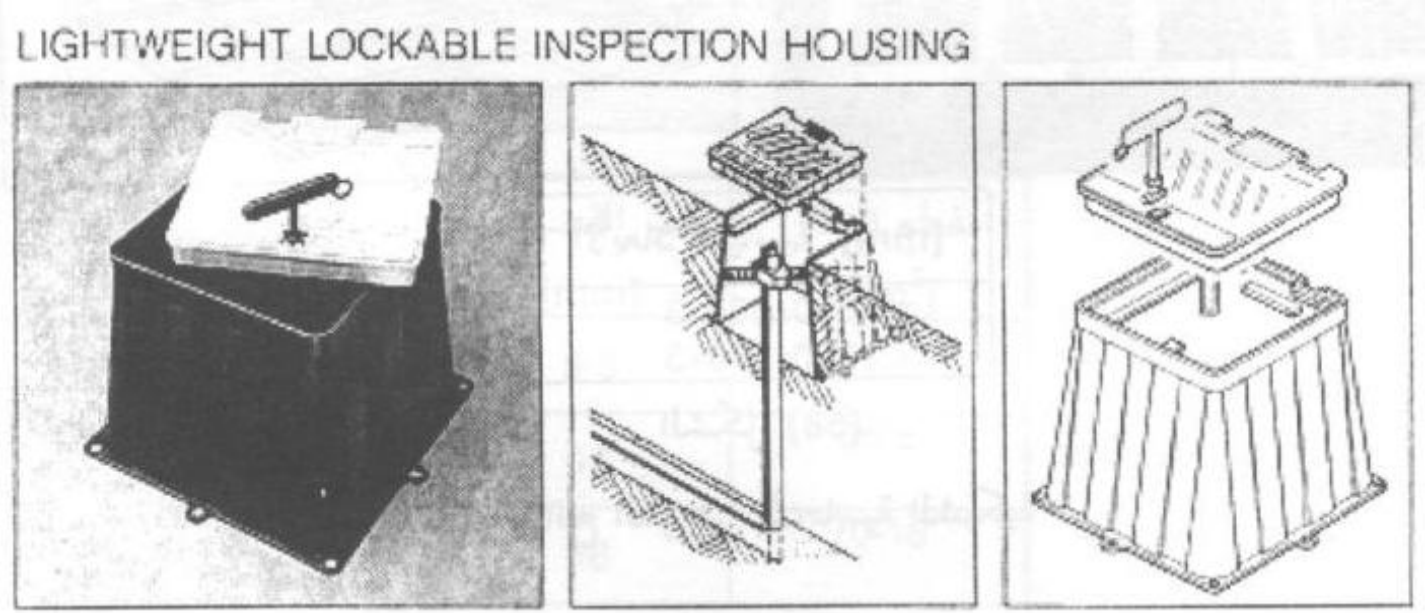






الغرف الخفيفة الوزن القابلة للقفل:

وهي مصنوعة من مادة البولي بروبيلين *Polypropylene* وتتحمل إجهادات عالية ومزودة بقفل خاص لضمان سلامة الوصلات الموجودة داخلها، وتسمح خفة وزنها بسهولة نقلها، ويمكن وصل غرفتين إحداهما بالأخرى، وهذا ما يسمح بوضع الوصلات على عمق أكبر للإقلال من خطورة تدرج الكمون حول القطب.

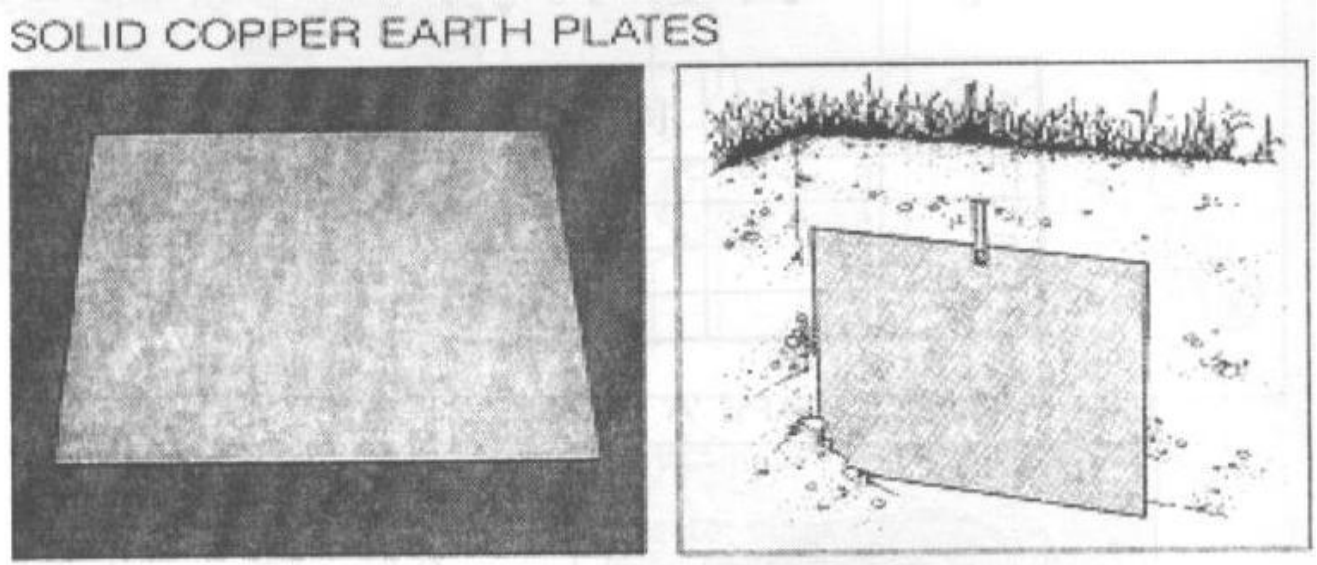


EARTH ROD

قطب التأريض على شكل صفيحة *Earth Plate*:

وهي على أحد شكلين:

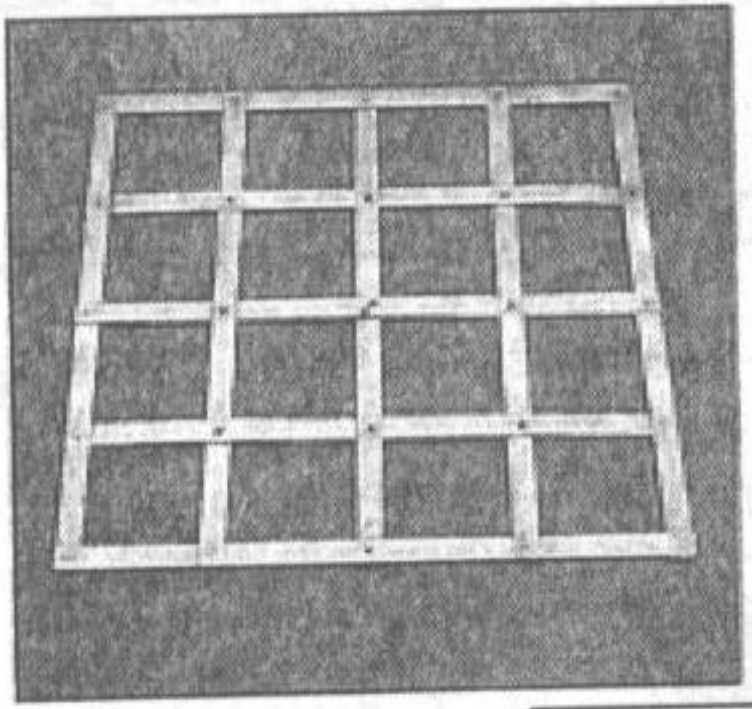
صفائح مصمته مصنوعة من النحاس.

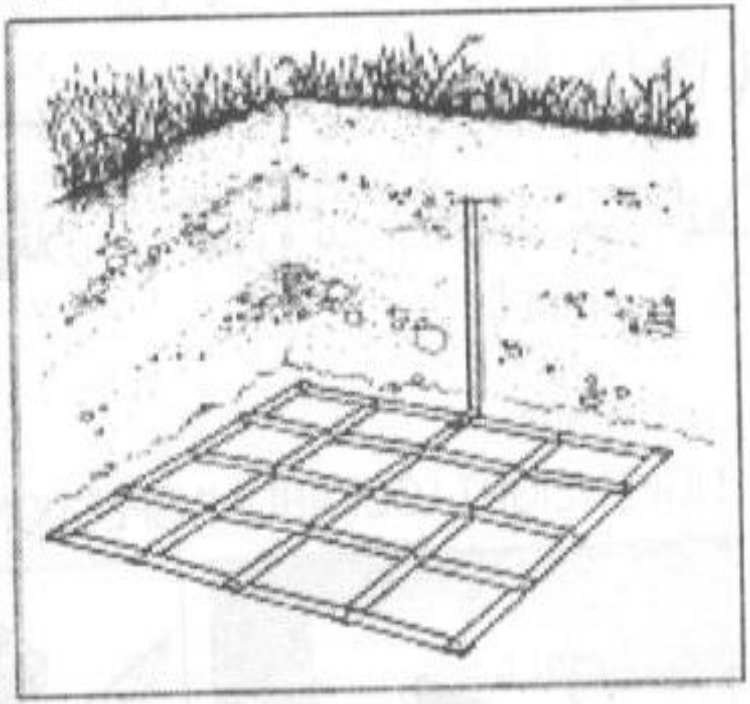


الأبعاد القياسية [mm]
600×600×1.5
600×600×3
900×900×1.5
900×900×3

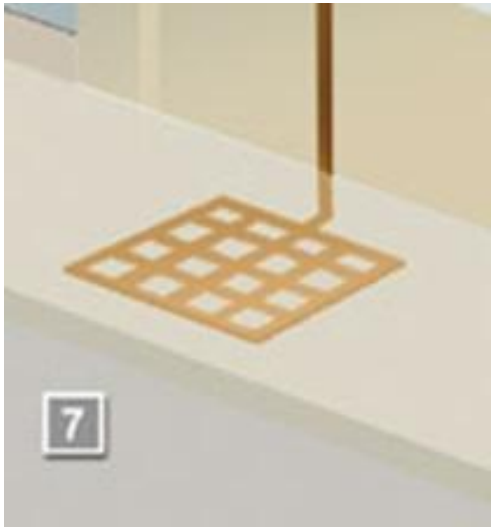
صفائح شبكية مصنوعة من النحاس.

LATTICE COPPER EARTH MATS





الأبعاد القياسية [mm]
600×600×3
900×900×3

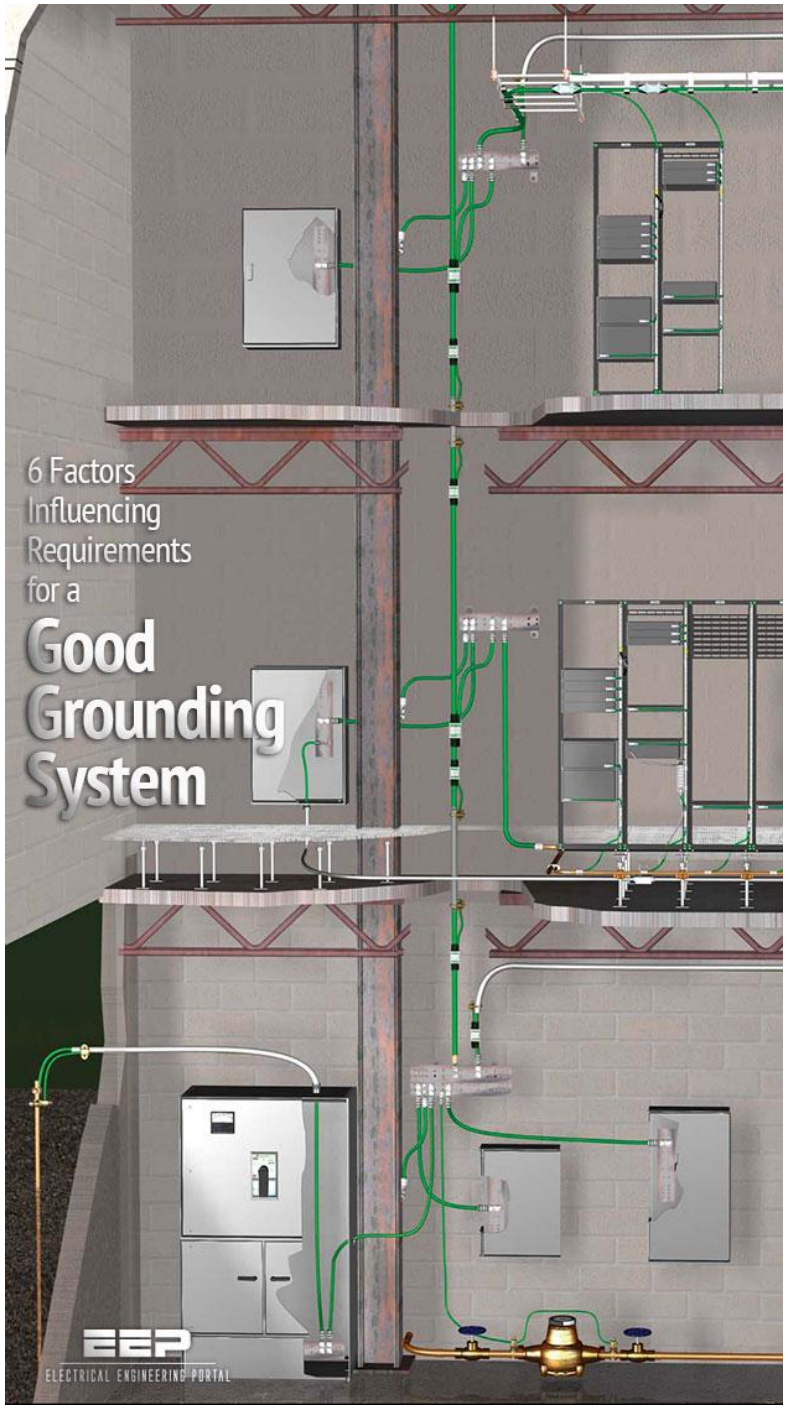

7

2

1

7

6


6 Factors
Influencing
Requirements
for a
Good
Grounding
System
EEP
ELECTRICAL ENGINEERING PORTAL

وفق المواصفات القياسية السورية، يتم حساب مقاومة تأريض وتد بالعلاقة:

$$R = \frac{\rho[\Omega \cdot m]}{l[m]}\,[\Omega]$$

عند اختيار الشبكة الأفقية حول محيط المبنى فإن المقاومة الأرضية لهذه الشبكة ستكون:

$$R = \frac{2\rho[\Omega \cdot m]}{l[m]}\,[\Omega]$$

مثال عن حساب التأريض

المطلوب تصميم التأريض لمنشأة صناعية طولها $42\ m$ وعرضها $22\ m$، بفرض أن أرض المنشأة طينية زراعية.

نوع الأرض	مجال المقاومة النوعية $[\Omega \cdot m]$	المقاومة النوعية الوسطية $[\Omega \cdot m]$
رطبة، ملحية، مستنقعات	10 - 50	30
طينية – زراعية	20 - 200	100
رملية رطبة	100 - 600	200
بيتون	100 - 500	300
بحصة رطبة	300 - 1000	500
رملية جافة	500 - 1500	1500
بحصة جافة	1000 - 2000	1500
صخرية - حجرية	2000 - 8000	3000

أمثلة على قيمة مقاومة التربة مقدرةً بـ $[\Omega.m]$.

من الجدول نجد أن المقاومة النوعية للتربة هي:

$$\rho = 100\ [\Omega \cdot m]$$

عند اختيار الأوتاد كأقطاب تأريض، وبفرض أن طول الوتد هو $l = 2\ m$ فإن المقاومة الأرضية للوتد الواحد تساوي:

$$R = \frac{\rho}{l} = \frac{100}{2} = 50\ [\Omega]$$

للحصول على مقاومة أرضية إجمالية قدرها مثلاً (4Ω) فإن عدد الأوتاد اللازمة:

$$n = \frac{R}{4} = \frac{50}{4} \approx 13$$

أي يجب غرس 13 وتد على التفرع حول محيط المبنى، على ألا تقل المسافة بين وتدين عن $4\ m$

عند اختيار الشبكة الأفقية حول محيط المبنى فإن المقاومة الأرضية لهذه الشبكة ستكون:

$$R = \frac{2\rho}{l} = \frac{2 \times 100}{2 \times (42 + 22)} = 1.6\ [\Omega]$$

وهي قيمة جيدة وتنفيذ الشبكة الأفقية ضمن أرض زراعية أفضل من الأوتاد.

يتم اختيار مقاطع النواقل للشبكة الأرضية حسب مقاطع نواقل الأطوار الممددة معها وفق الجدول التالي:

مقطع الناقل الأرضي الفرعي $[mm^2]$	مقطع ناقل الطور $S\ [mm^2]$
S	$16 \geq S$
16	$35 > S > 16$
$S/2$	$35 < S$

عند تمديد نواقل التأريض الفرعية بشكل مستقل عن نواقل الأطوار فإن نواقل التأريض يمكن أن تكون معزولة أو عارية، على أن تمدد بشكل سليم وبنفس الإجراءات المرعية لتمديدات نواقل الأطوار. أما مقطعها فيكون حسب الجدول السابق على ألا يقل المقطع في كل الأحوال عن $6\ mm^2$ نحاس.

نظام التأريض ومدى فاعليته في حماية الأشخاص من أخطار التكهرب:

عندٍ تعرّض الأجسام المعدنية للتماس مع الأجزاء الحيّة (الحاملة للتوتر بشكل طبيعي) تصبح أجساماً مكهربة، ويظهر عليها توتر التماس (اللمس). فإذا كانت هذه الجسام المعدنية مؤرضة فإن التيار الناتج عن توتر التماس سيسري إلى الأرض عبر الناقل الأرضي.

وحتى يكون التأريض فعالاً في حماية الأشخاص من التكهرب يجب أن يحقق ما يلي:

✓ ألا ينشأ توتر تماس على الأجسام المعدنية أكبر من التوتر الخطر على الإنسان وهو 65 V.

✓ حين نشوء توتر تماس أكبر من 65 V يجب أن يؤدي ذلك إلى مرور تيار من ناقل الطور عبر الجسم المعدني المكهرب إلى الأرض عبر ناقل التأريض، بحيث تكون قيمة هذا التيار كافية لعمل أداة الحماية المركبة على الجهاز المكهرب (قاطع آلي)، وبالتالي قطع التغذية فوراً عن الجهاز، ومنع احتمال أن يقوم أي شخص بلمسه وهو مكهرب إلى أن يتم اكتشاف العطل وإزالته.

وحتى تعمل أداة الحماية تلك، يجب أن يمر بها تيار القطع الذي تتحسس به، ويجعلها تفصل التغذية فوراً عن الجهاز المكهرب.
وحتى يمر تيار القطع هذا عبر أداة الحماية فإن مقاومة الأرضي يجب أن تكون:

$$R \leq \frac{65\,[V]}{K \cdot I_n\,[A]}$$

عتبة التوتر الخطر على الإنسان.

التيار الاسمي لأداة الحماية المربوطة مع الجهاز الكهربائي.

عامل يتعلق بنوع أداة الحماية، وبالنسبة للقواطع الآلية K = 1.7.

إذا كان الجهاز الكهربائي محمياً بقاطع آلي حراري مغناطيسي عياره الاسمي *10 A* مثلاً فإن مقاومة الأرضي المطلوبة تكون:

$$R \le \frac{65\,[V]}{K \cdot I_n\,[A]} = \frac{65}{1.7 \times 10} \le 3.8\,\Omega$$

أما إذا كان الجهاز الكهربائي محمياً بقاطع عياره *25 A* مثلاً فإن قيمة مقاومة الأرضي المطلوبة تكون:

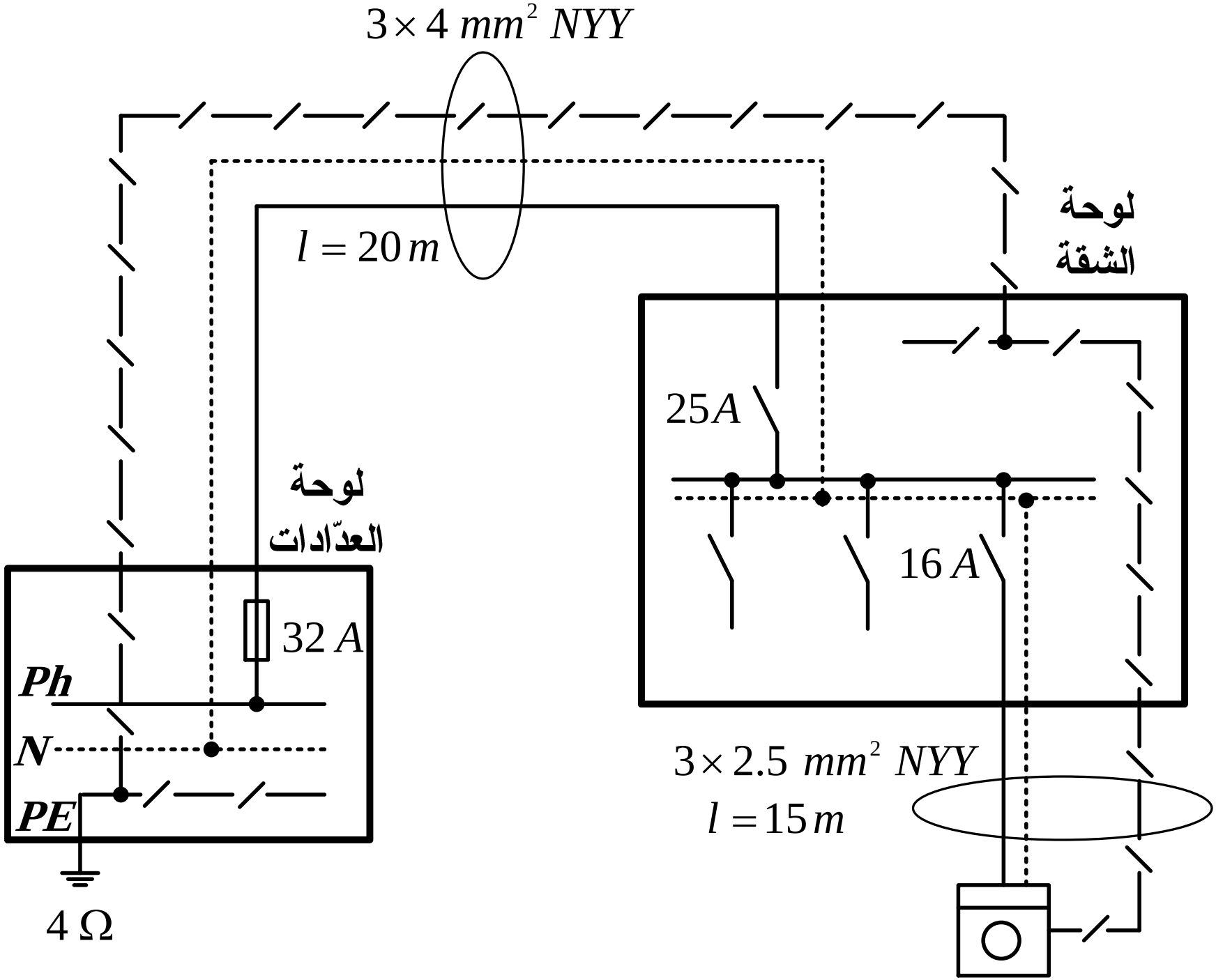
$$R \le \frac{65}{1.7 \times 25} \le 1.5\,\Omega$$

نلاحظ أنه كلما زادت العيارات الاسمية لقواطع الحماية، كلما تطلب الأمر أن تكون مقاومة التأريض أصغر لضمان الحماية الكافية من أخطار التكهرب وعدم ظهور توتر تماس أكبر من 65 V.

تطبيق عملي:

غسالة كهربائية منزلية تتغذّى من مأخذ مؤرض مغذّى بخط مقطعه $2.5\ mm^2$ ومحمي بقاطع آلي حراري مغناطيسي عياره $16\ A$.

المطلوب: دراسة فعالية التأريض كإجراء لحماية الأشخاص من التكهرب، علماً أن مقاومة أرضي البناء تساوي $R_E = 4\ \Omega$.


$3\times4\ mm^2\ NYY$
$l=20\,m$
لوحة
الشقة
25A
16 A
لوحة
العدّادات
32 A
Ph
N
PE
4 Ω
$3\times2.5\ mm^2\ NYY$
$l=15\,m$

الحل:

يمكن بشكل سريع وأولي التأكد من فعالية نظام التأريض في الحماية من التكهرب عن طريق معادلة الحد الأعلى لمقاومة التأريض.

$$R \le \frac{65\,[V]}{K \cdot I_n\,[A]}$$

$$R \le \frac{65[V]}{1.7 \times 16[A]} \le 2.3\,\Omega < 4\Omega$$

يتضح من خلال ذلك أن قيمة مقاومة أرضي البناء هي أكبر من المقاومة الحدية المطلوبة، وبالتالي فنظام التأريض غير كاف ولا يؤمن الحماية المطلوبة، مما سيؤدي إلى احتمالً نشوء توتر تماس أكبر من $65\ V$. ولحساب هذا التوتر المحتمل يجب حساب المقاومة الكلية للتأريض من نقطة احتمال التماس حتى مكان أرضي البناء، وهي تساوي مجموع مقاومة أرضي البناء R_E، ومقاومة الناقل الأرضي من لوحة البناء إلى لوحة المنزل R_{01}، ومقاومة الناقل الأرضي من لوحة المنزل إلى مأخذ الغسالة R_{02}.

قيمة مقاومة أرضي البناء تساوي $R_E = 4\,\Omega$.

قيمة مقاومة الناقل الأرضي من لوحة البناء إلى لوحة المنزل :

$$R_{01} = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{\frac{1}{56} \times 20}{4} = 0.09\ [\Omega]$$

قيمة مقاومة الناقل الأرضي من لوحة المنزل إلى مأخذ الغسالة :

$$R_{02} = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{\frac{1}{56} \times 15}{2.5} = 0.11\ [\Omega]$$

قيمة المقاومة الكلية للتأريض:

$$R = R_E + R_{01} + R_{02} = 4 + 0.09 + 0.11 = 4.20\ [\Omega]$$

قيمة توتر التماس الذي يمكن أن يظهر على الغسالة هي:

$$R = 4.20 = \frac{V}{1.7 \times 16} \Rightarrow V = 1.7 \times 16 \times 4.2 = 114\ [V]$$

أي أن القاطع ذو العيار *16 A* يقوم بالفصل بعد تجاوز توتر التماس للقيمة *114 V*، وبالتالي فإن التأريض لم يشكل وسيلة فعالة وموثوقة لحماية الأشخاص من التكهرب لأنه يسمح بظهور توتر تماس أكبر من *65 V* على الغسالة.

يوضّح هذا المثال أن تأريض الأجسام المعدنية لا يقدم حماية فعالة للأشخاص من التكهرب إلا عند تحقيق مقاومة تأريض منخفضة جداً، وهذا لا يمكن تحقيقه دوماً بتكاليف اقتصادية مقبولة، إضافة إلى أن المقاومة الأرضية بحد ذاتها تكون عرضة للتبدل والتغير حسب الظروف المناخية على مدار السنة، إضافة إلى الظروف الخاصة بالتربة.

هذا الأمر لا يعني إلغاء دور التأريض، ولا يقلّل من شأنه لأنه يبقى ضرورياً لضمان كون الأجسام المعدنية ذات توتر قريب من توتر الأرض، ولضمان المحافظة على عدم ارتفاع توتر الشبكة بالنسبة للأرض عن الحدود المسموحة.

وعندما نريد تأمين حماية الأشخاص من التكهرب بطريقة موثوقة وفعالة لا بد من استخدام القواطع التفاضلية التي تعمل بتيار التسريب الأرضي بالإضافة إلى نظام التأريض.

الميزة الأساسية للقواطع التفاضلية في حماية الأشخاص من التكهرب أنها تقوم بفصل التغذية عن الدارة المصابة بالعطل حين وجود تماس أو خطأ في العازلية أو أي سبب يؤدي إلى مرور تيار ولو بسيط جداً (أجزاء الأمبير)، وذلك دون الحاجة إلى وجود مقاومة أرضية منخفضة لنظام التأريض:

1. **إذا كانت حساسية القاطع التفاضلي عادية** $I_{\Delta n} = 500\,mA$ **فإن القيمة الحدّية لمقاومة الأرضي اللازمة لمرور هذا التيار (وبالتالي عمل القاطع بحيث لا يتجاوز توتر التماس عن 65 V) هي:**

$$R \le \frac{65[V]}{\frac{500}{1000}[A]} \le 130\ \Omega$$

2. إذا كانت حساسية القاطع التفاضلي عالية ($I_{\Delta n} = 30\,mA$) (المستخدم في المنازل) فإن القيمة الحدّية لمقاومة الأرضي اللازمة لمرور هذا التيار (وبالتالي عمل القاطع بحيث لا يتجاوز توتر التماس عن 65 V) هي:

$$R \le \frac{65[V]}{\frac{30}{1000}[A]} \le 2160\ \Omega$$

وهي أكبر بكثير من مقاومة أي أرضي منزلي مهما كان تنفيذه سيئاً، ومهما تبدلت قيمة مقاومة الأرضي حسب الظروف المناخية وحسب ظروف التربة.

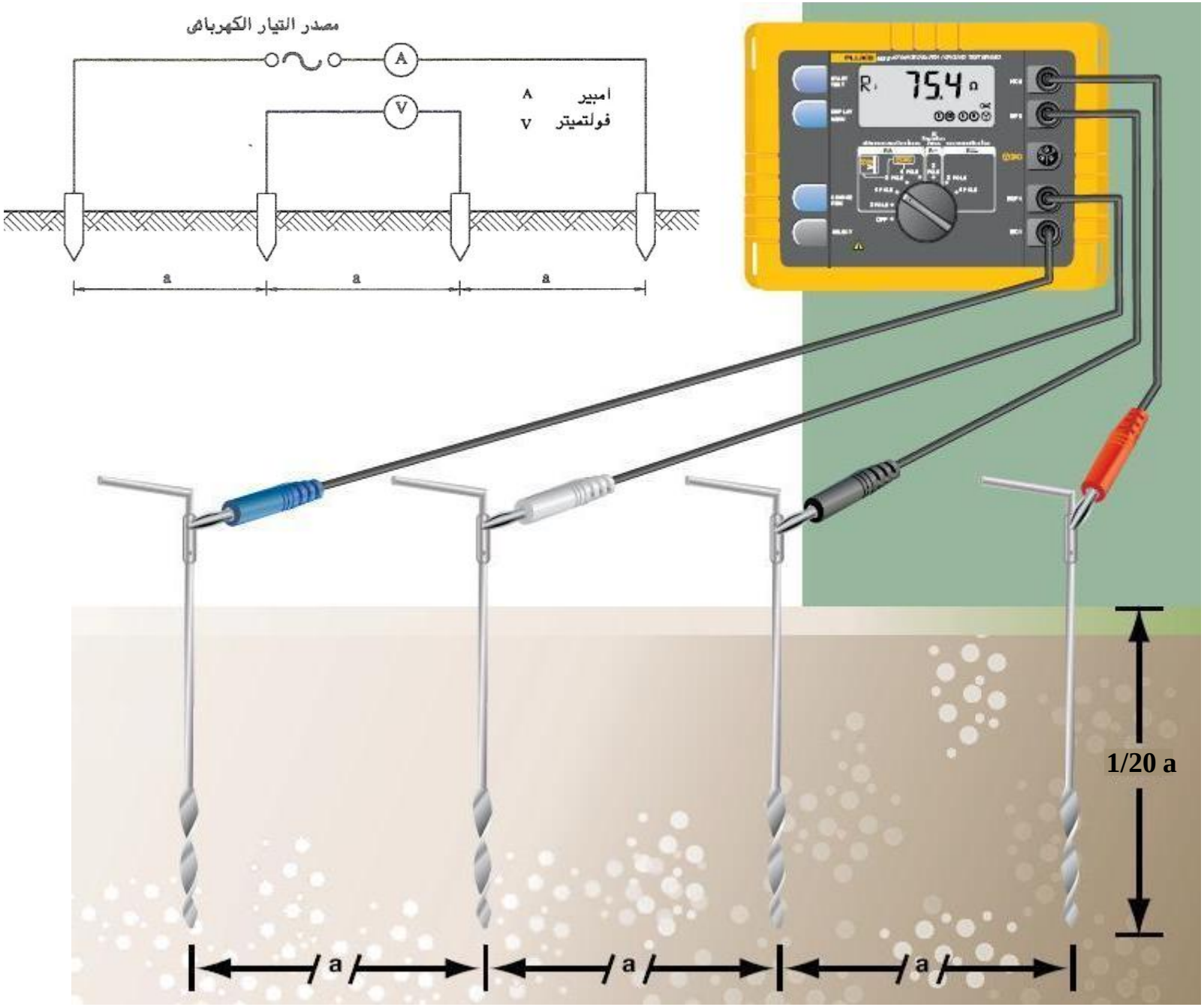
THE
END

يوضع الكترود التيار على مسافة من 30 الى 50 متر ويوضع الكترود الجهد على مسافة 61.8 ٪ من المسافة الكلية. عند قياس شبكة الأرضى يجب زيادة المسافة الموضوع عليها الكترود التأريض. يوضح الجدول التالى المسافات التى يجب ان يوضع عليها الالكترودات:

Maximum dimension in metres	Distance to Potential spike in metres from centre of earth system	Distance to Current spike in metres from centre of earth system
5	62	100
10	93	150
20	124	200

قياس مقاومة التربة :

تعتمد مقاومة التربة على العديد من العوامل التى تؤثر فى مقاومتها مثل نوع التربة وتجانسها ونسبة الرطوبة، ومن المهم قبل البدء فى عمل منظومة التأريض القيام بقياسات مقاومة التربة لتحديد أماكن دفن الالكترودات (الأوتاد)، وكذلك عمق الدفن وعدد الالكترودات فعمل مسح لمقاومات التربة يوفر الكثير من التكاليف فى إنشاء منظومة التأريض.


مصدر التيار الكهرباى
A
V
امبير A
فولتميتر V
a
a
a
R 75.4 Ω
1/20 a
a
a
a

يتم قياس المقاومة النوعية للتربة باستخدام أربعة أقطاب كما هو موضح في الشكل حيث تكون المسافة الفاصلة بينهم متساوية وتكون الأقطاب مدفونة علي عمق لا يتعدي 5 ٪ من المسافة الفاصلة بين الأقطاب المستخدمة في القياس وأن تكون هذه المسافة كافية لمنع التداخل بين هذه الأقطاب.

تسجل قراءة المقاومة، ومنها يمكن حساب مقاومة التربة عن طريق المعادلة :

$$\rho = 2\pi \cdot R \cdot a$$

حيث :

R: هي المقاومة المقاسة $[\Omega]$.

ρ: هي مقاومة التربة النوعية $[\Omega.m]$.

a: هي المسافة الفاصلة بين كل قطبين $[m]$.

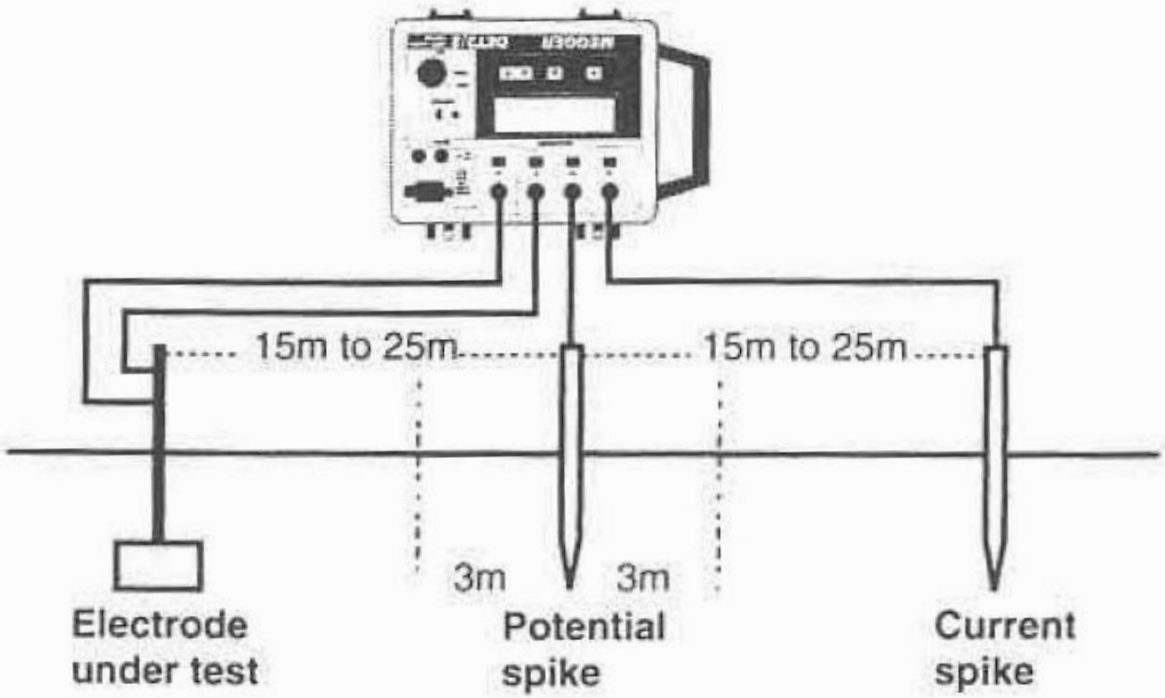
تقنيات قياس الارضى :

1. تقنية انحدار الجهد.
2. استخدام تقنية قاعدة *61.8%*.
3. تقنية ميل المنحني.
4. تقنية الأرضي الميت.

تقنيات قياس الارضى :

1. تقنية انحدار الجهد :

هذه التقنية هي الأساسية في قياسات الارضى ولكنها تنفذ على مستوى أنظمة الارضى الصغيرة مثل وتد واحد أو عدة أوتاد.

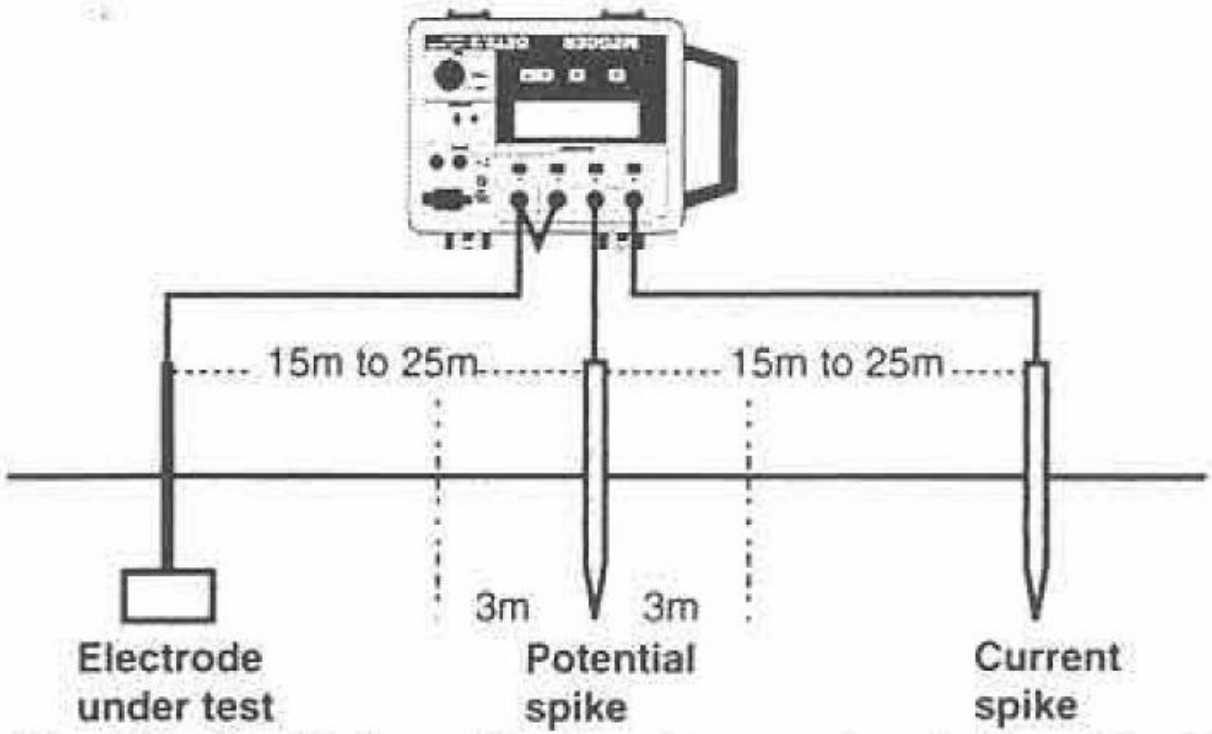


Fall-of-Potential method connections.

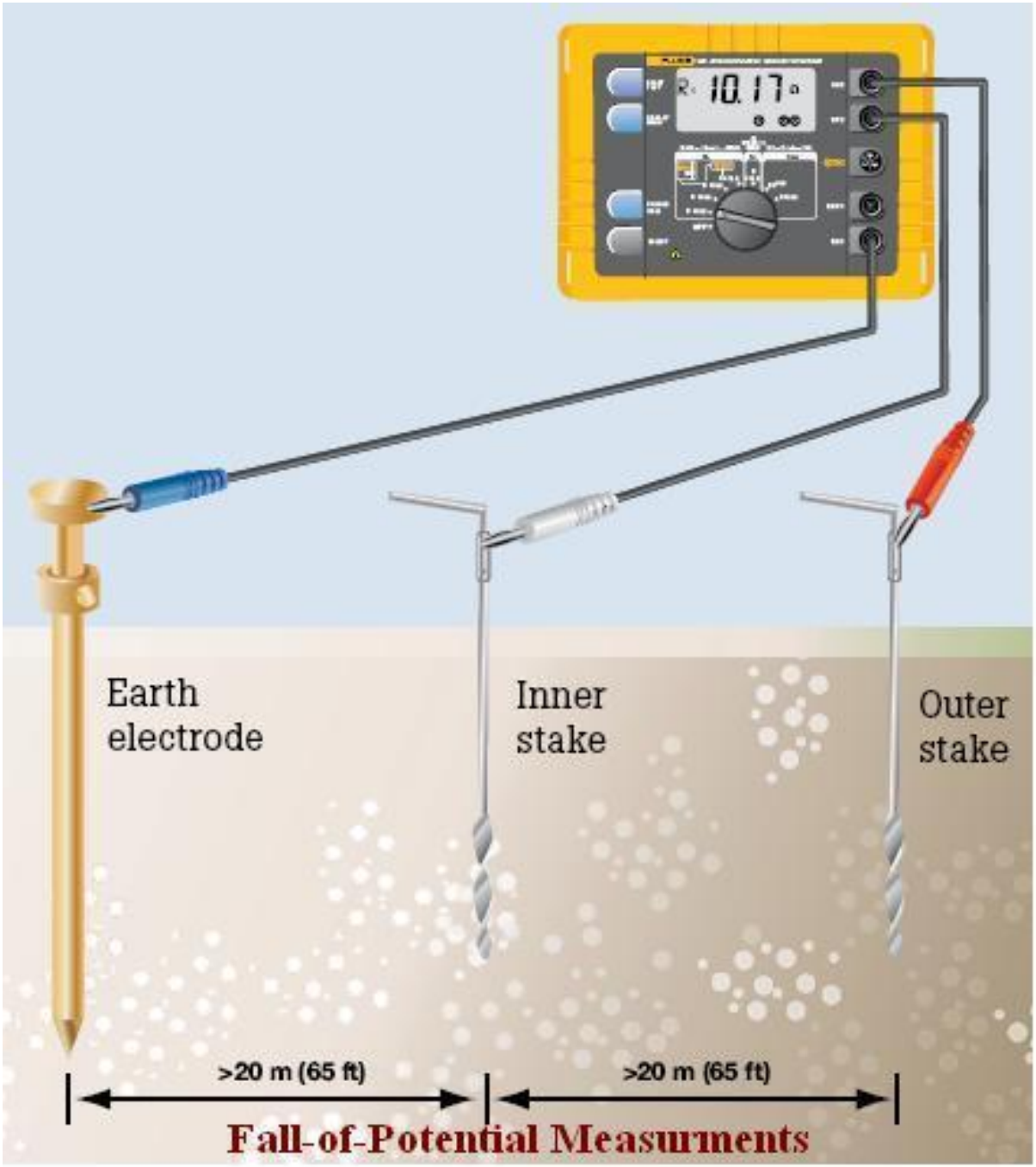
يوضع الكترود التيار (*C2*) على بعد *30-50 m* من الكترود التاريض، ويوضع الكترود الجهد (*P2*) في منتصف المسافة بين الكترود التأريض والكترود التيار، ويوصل (*P1* و *C1*) بألكترود التأريض، ويؤخذ قياس الأرضي، ثم يحرك الكترود الجهد (*P2*) لمسافة *3 m* من موضعه الأصلي، ويؤخذ القياس، ثم لمسافة *3 m* من موضعه الأصلي في الاتجاه الآخر ويؤخذ القياس. إذا كانت القياسات متفقة فيما بينها وبالحدود المقبولة يتم حساب المتوسط، ويكون هو الناتج النهائي.

يجب الانتباه أن تكون الالكترودات على خط مستقيم واحد وأن الأسلاك لا تلمس إحداها الأخرى.

يجب الحذر عند استخدام سلك واحد للتوصيل الى الكترود التأريض لأن ذلك يؤدى الى دخول مقاومة السلك فى القياس ويمكن استخدام هذه الطريقة عند استخدام سلك قصير، يتم في هذه الحالة وصل ($P2$ و $C2$) وتشغيل الجهاز. أي لا نحتاج توصيل الارضى بسلكين منفصلين.



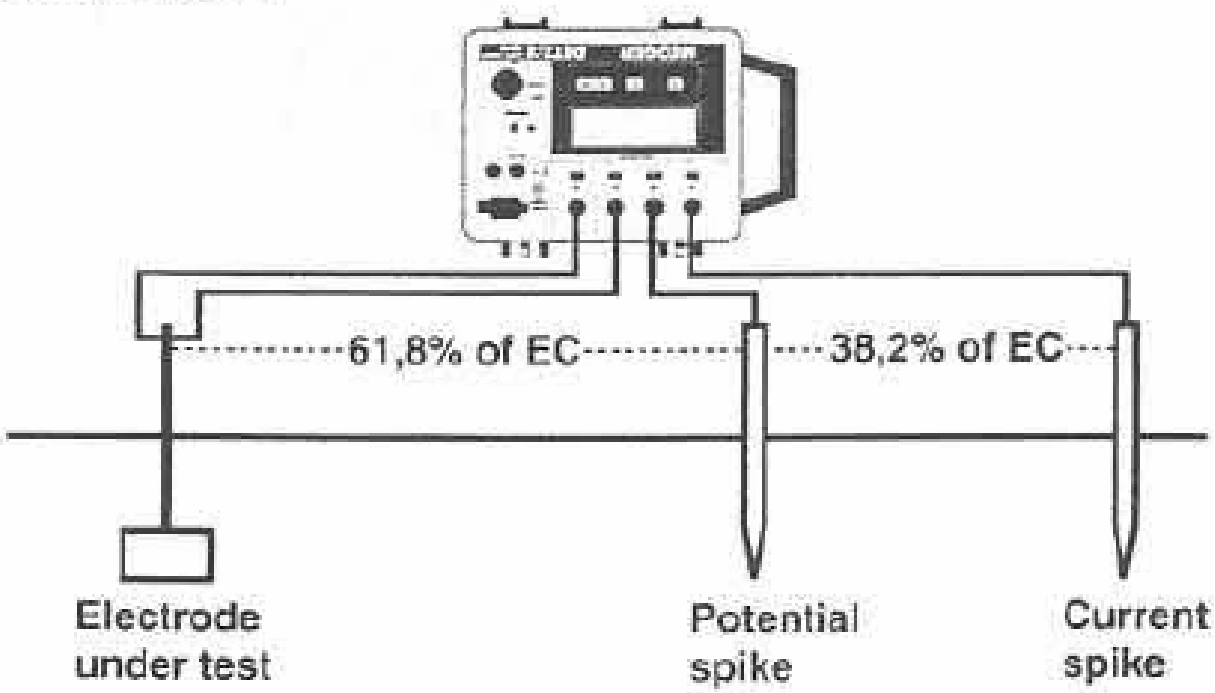
Fall-of-Potential method using a single lead to the earth electrode.


Earth
electrode
Inner
stake
Outer
stake
>20 m (65 ft)
>20 m (65 ft)
Fall-of-Potential Measurments

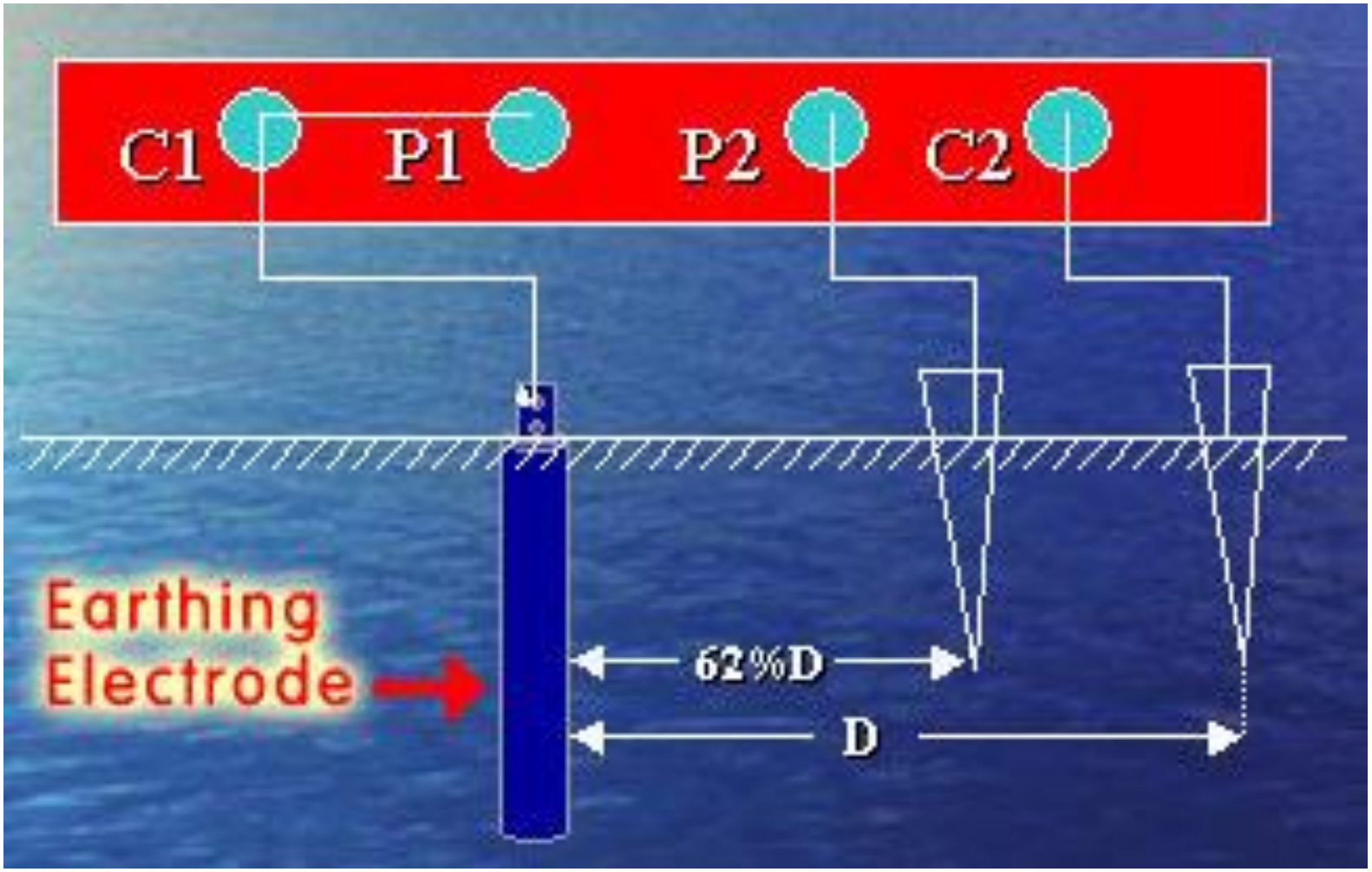
2. استخدام تقنية قاعدة 61.8% :

لقياس الارضى الحقيقى بطريق انحدار الجهد يجب ان ننتبه الى أن الكترودا التيار لا يتدخل احدهما فى مجال الاخر حيث لكل منهما مجاله الخاص، ويجب أن يكون الكترود الجهد بين المجالين وأن لا يكون متدخل فى مجال الاخر. لقياس المقاومة الحقيقية يجب وضع الكترود الجهد على مسافة 61.8 ٪ من المسافة الكلية بين الكترود التيار والكترود التأريض.

يجب الانتباه الى أن تكون الالكترودات على خط مستقيم واحد، وأن تربة الارض متجانسة.

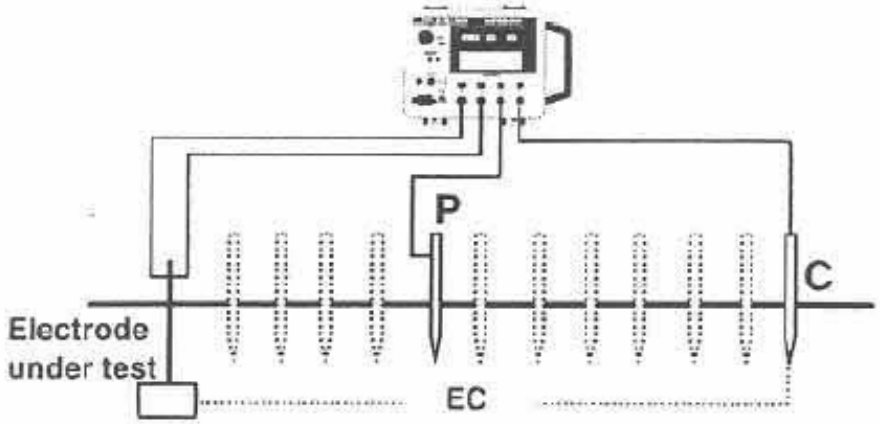


Connections for the 61,8% Rule.

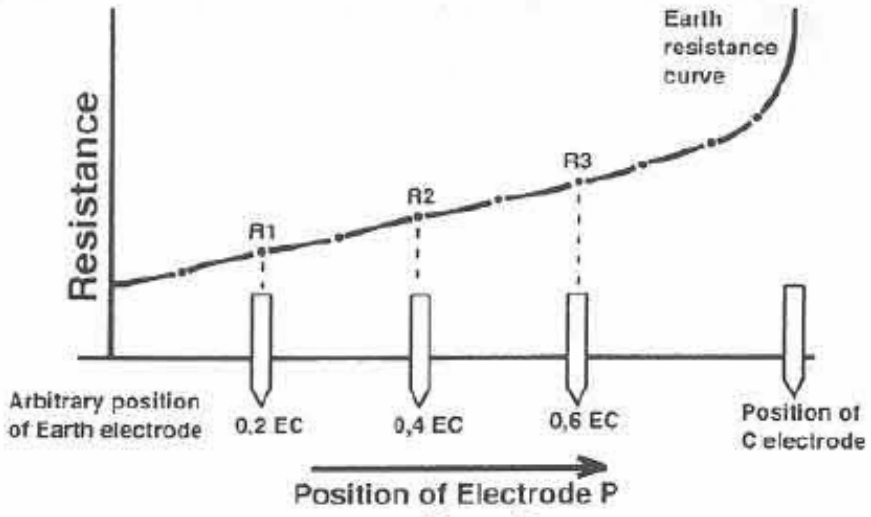

C1
P1
P2
C2
Earthing
Electrode
62%D
D

3. تقنية ميل المنحني:

تستخدم هذه التقنية في قياس منظومات التأريض الكبيرة أو منظومات التأريض التى يكون مركزها غير متاح أو مساحة الارض المتاحة ليست كبيرة كما أنها تعطى قيمة أكثر صحة من الطرق السابقة. يوضع الكترود التيار على مسافة $50\ m$ ثم تقاس مقاومة الأرضى على مسافات متتالية متساوية ويجب أن تكون الالكترودات الثلاثة على خط مستقيم. يؤخذ على الاقل 6 قراءات ويرسم منحى بهذه القراءات (القراءة التى تشذ عن المنحنى يعاد قياسها أو تهمل) .



Connections for the Slope method



لو ان المسافة بين الكترود التأريض و الكترود التيار هى(EC) فإن القراءات التى سنأخذها ستكون عند المسافات ($0.2\ EC\ ,\ 0.4\ EC\ ,\ 0.6\ EC$)، وتكون قراءات الأرضي عندها ($R1\ ,\ R2\ ,\ R3$)، ونحسب الميل الذى هو المعامل (μ) الذى يساوى:

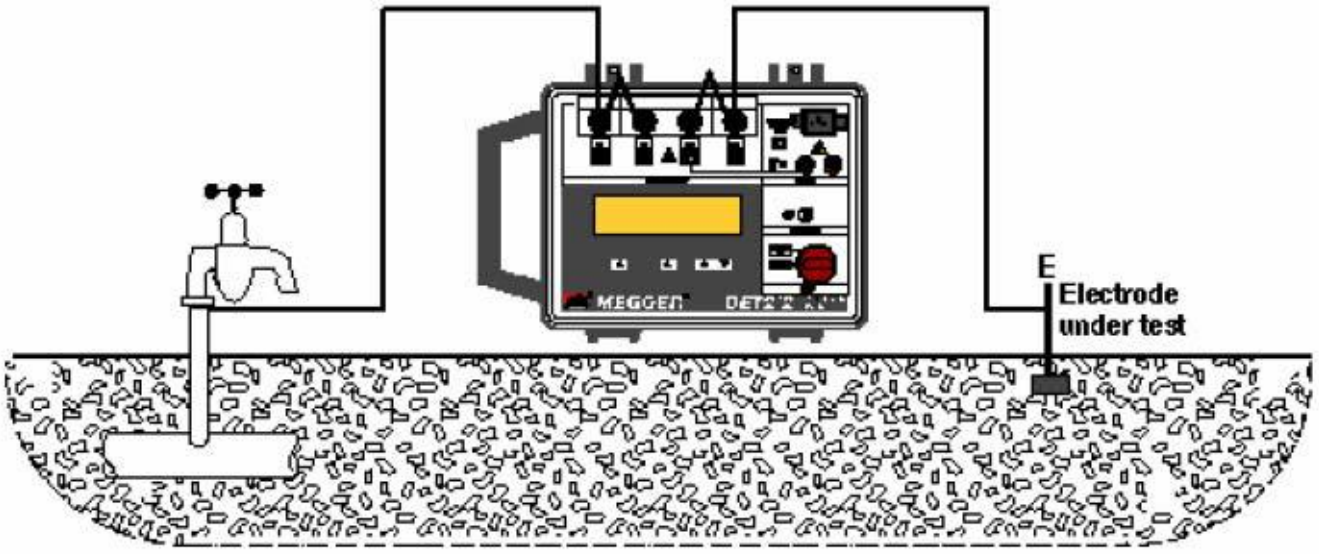
$$\mu = \frac{(R_3 - R_2)}{(R_2 - R_1)}$$

4. تقنية الأرضي الميت:

تستخدم هذه الطريقة فى حالة عدم وجود مكان لوضع الكترودات الاختبار أو عدم وجود مساحة كافية. تستخدم فى هذه الحالة أنابيب مياه الشرب والتى يشار إليها بالارضي الميت. يجب الانتباه إلى أن هذه الطريقة غير مستحبة، كما يجب الانتباه أنه لا توجد أى قطع بلاستكية فى أنابيب مياه الشرب أو أى عازل كهربى فيها.

تتم عملية القياس كما يلى:

1. يتم توصيل (*P1* و *C1*) معاً ويتم توصيلهم بالكترود التأريض.
2. يتم توصيل (*P2* و *C2*) معاً ويتم توصيلهم بأنابيب المياه.
3. يشغل الجهاز وتسجل القراءة.



'Dead' earth testing

يجب الانتباه الى أن القراءة هى مجموع مقاومة الالكترود مع أنابيب المياه فإذا كانت مقاومة أنابيب المياه مهملة فلا مانع، يدخل فى المقاومة أيضاً مقاومة سلك الاختبار والذى يمكن قياسه بتوصيل الطرفين ببعضهما وتشغيل الجهاز وتطرح هذه القيمة من المقاومة الكلية .