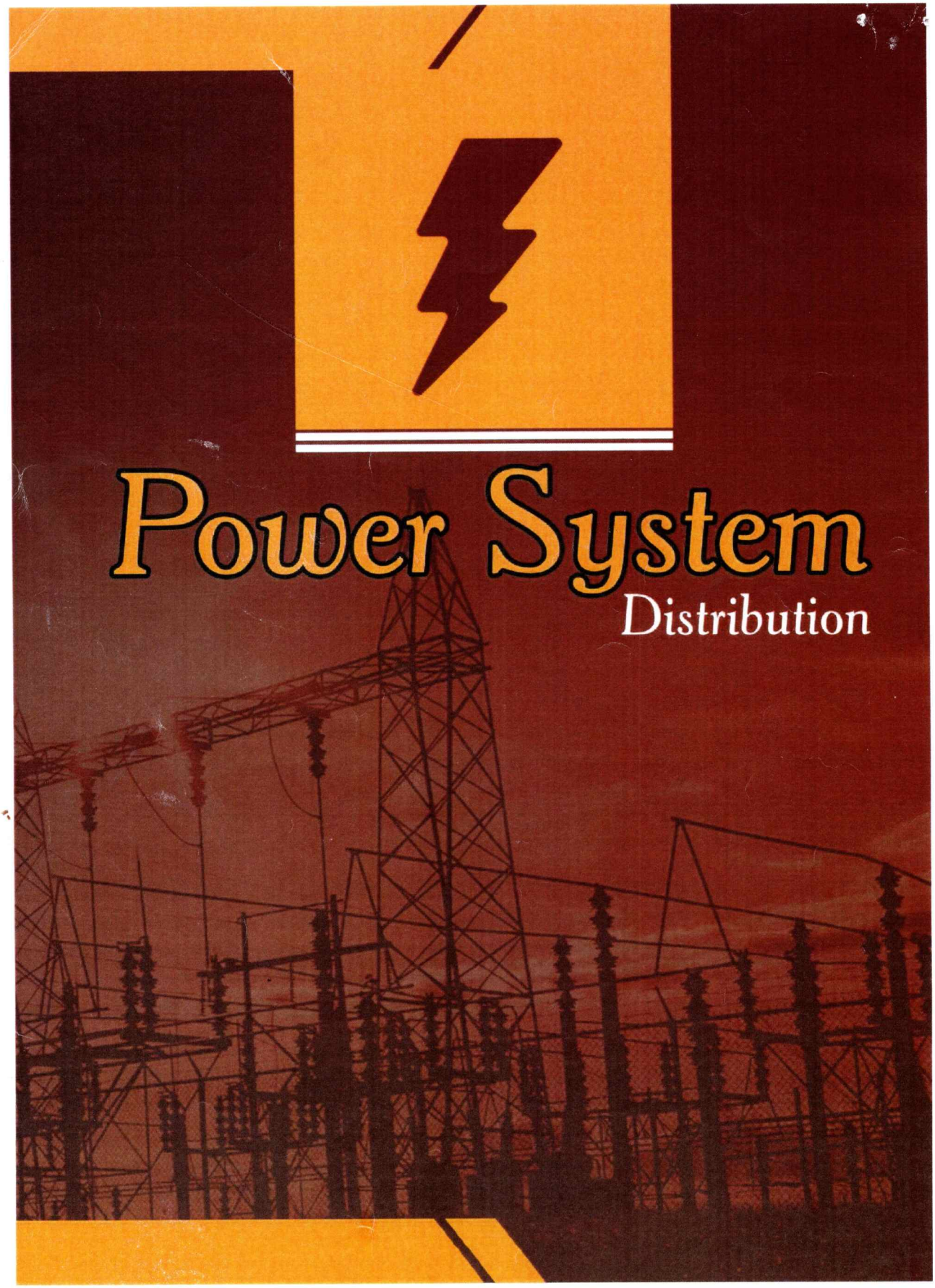

Power System
Distribution

التأريض Earthing

١) تعريف التاريض(Earthing)

٢) الفرق بين Earthing و Ground

٣) الصدمات الكهربية

٤) الهدف من عملية التاريض

٥) أنواع أنظمة التأريض" grounding Systems "

٦) مكونات منظومة التاريض

٧) قياس مقاومة الارضى

٨) تصميم شبكة الارضى

١- تعريف التاريض

هو اتصال الهياكل المعدنية للمعدات الكهربية مثل (لوحات الكهرباء- المحولات – المولدات – حوامل الكابلات – المواتير-------الخ) بالالكترود الارضى من خلال سلك نحاسى معزول ويعرف بموصل الارضى . والغرض منها تغيير مسار التيار عن الإنسان لئلا يصاب بصعقة كهربائية كما أن خط الأرضي لا يفيد كهربائيا عمل الجهاز الموصل به ، بمعنى لتشغيل جهاز ما لا نحتاج للخط الأرضي ، لكنه يفيد فقط في توفير الحماية لمستعمل الجهاز.

٢- الفرق بين Earthing و Ground

The words "**grounding**" and "**Earthing**" have the same meaning. The term "**Earthing**" is used in **U.K.** and **grounding** is used in **U.S.A** both of them electrically mean connection to ground or earth.

٣- الصدمات الكهربائية

يتحدد حجم الضرر الذى يلحق بالانسان المتعرض للصدمة الكهربية على ثلاثة عوامل

a) شدة التيار المار فى جسم الانسان

فكلما ازدادت شدة التيار المار فى جسم الانسان ازدادت شدة الصدمة الكهربية

شدة التيار (مللى أمبير)	التأثير على الإنسان
10-0	لا يشعر به الإنسان .
50-10	يشعر الإنسان بالتيار ويصاب برعشة (تقلص فى العضلات) تأخذه فى الغالب بعيدا عن مصدر الصدمة الكهربية.
100-50	يتوقف مركز رد الفعل اللا إرادى بالمخ مما يترتب عليه عجز الشخص عن تخليص نفسه من الدائرة.
150-100	موت إكلنيكى (يمكن إنقاذ الشخص بإجراءات التنفس الصناعى CPR
200-150	موت محقق .
أكثر من 200	احتراق الجسم .

b) المدة الزمنية التى يمر فيها التيار فى جسم الانسان

كلما ازداد زمن مرور التيار الكهربى فى جسم الانسان ازدادت شدة الصدمة الكهربية مثلا مرور تيار قدرة (from 80 to 90 mA) لمدة ثلاثة ثوانى يؤدى الى توقف القلب والوفاة

أقصى التيار (مللى أمبير)	مدة السريان	التأثير البيولوجى
0 – 0.5	مستمر	ليس له تأثير
0.5 – 5	مستمر	يشعر به الإنسان لكنه يمكنه التخلص من الدائرة
5- 30	دقائق	يصعب الانفصال عن مصدر الكهرباء
50 – 30	ثوانى	عدم انتظام ضربات القلب – إغماء
أكثر من 100	أكثر من 20 مللى ثانية	إغماء – موت

يوجد معادلة تقريبية لحساب اقصى قيمة تيار امن فى حسم الانسان (I) خلال فتره زمنية (t)

$$I = \frac{116\ mA}{\sqrt{t}}$$

c) التردد

حيث ان التيار المتردد اشد خطورة من التيار المستمر فالتيار المتردد الذى تردده **50 HZ** يمثل اقصى خطورة على الانسان

d) مسار التيار فى جسم الانسان

يمكن ترتيب مسار التيار فى جسم الانسان من حيث الخطورة .

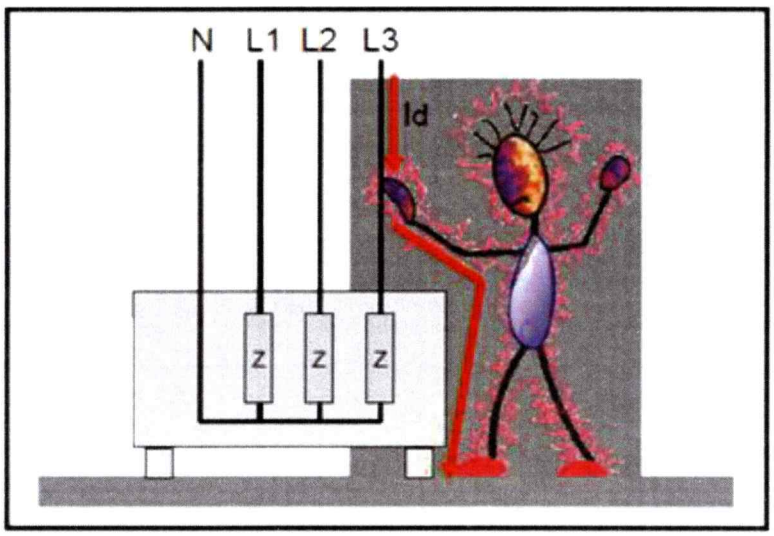
- ♣ قدم الى قدم
- ♣ يد الى يد
- ♣ يد يسرى الى قدمين
- ♣ يد يمنى الى قدمين

أنواع الصدمات الكهربائية (التكهرب)

١) التلامس المباشر

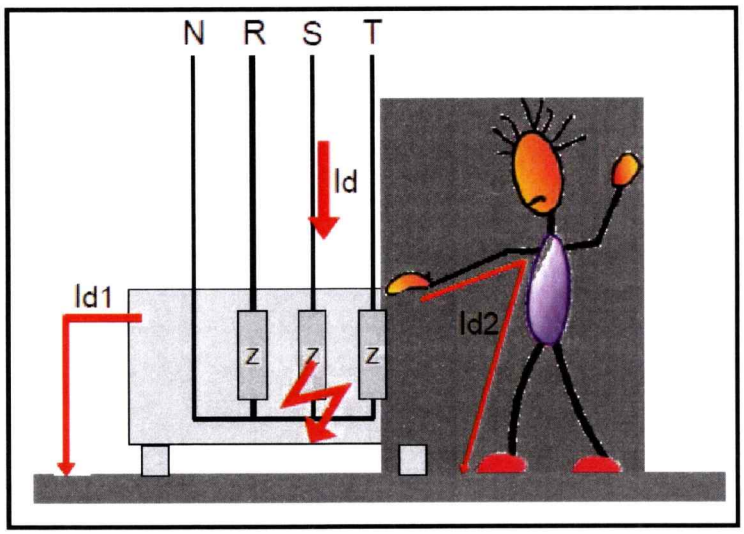
٢) التلامس الغير مباشر

التلامس المباشر :- هوحدوث صدمة كهربائية نتيجة تماس مباشر مع الأجزاء الفعالة اثناء وجود جهد كهربى مثلاً النواقل الكهربائية العارية او نهايات النواقل المعزولة .



نلاحظ فى هذا الشكل لا يوجد مسار لمرور التيار الكهربى (Id) لا من خلال الطور الى الانسان

التلامس الغير مباشر :- وهوحدوث صدمة كهربائية نتيجة تماس اجزاء الات مكهربة بسبب انهيار جزئى او كلى للعزل



يوجد " مساران " لمرور التيار " Id "

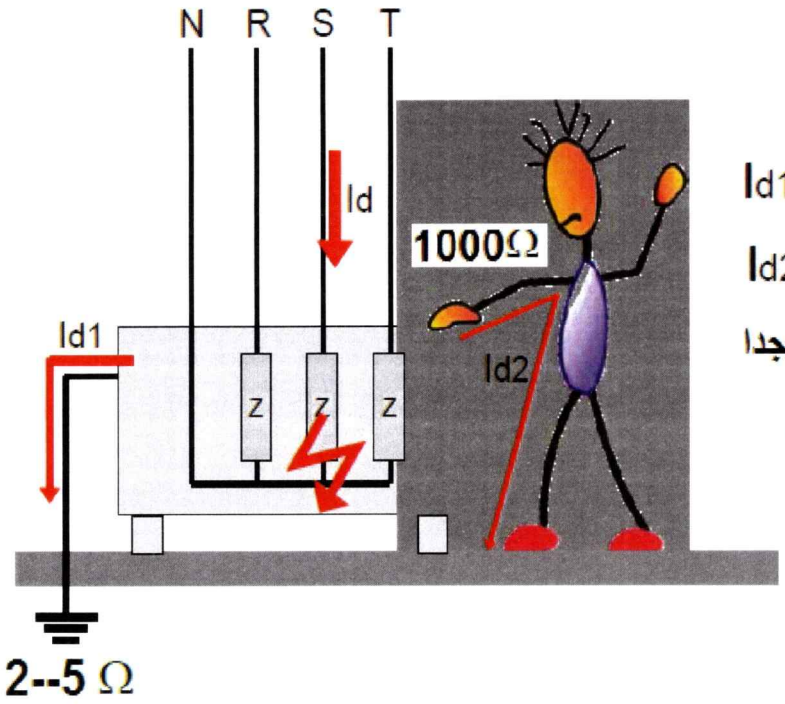
من الطور إلى الأرض ، وهما

التيار المتسرب عبر الآلة وهو Id1

التيار التكهرعبر جسم الانسان وهو Id2

٤- الاهداف الرئيسية من عملية التأريض

- ❖ حماية الاشخاص
- ❖ ايجاد وسيلة لتيار الخطأ دون وقوع حرائق او انفجرات
- ❖ تحسين اداء المنظومة الكهربية



← **التيار المتسرب** عبر الآلة : Id1

← **تيار التكهرب** عبر الجسم : Id2

فى حالة التاريض يكون صغير جدا وبالتالى لا ياثر على الانسان فى الحالة العادية

٥- أنواع أنظمة التأريض " grounding Systems "

١- النوع الاول "TT"

٢- النوع الثانى "TN"

- TN-S
- TN-C
- TN-C-S

٣- النوع الثالث "IT"

طريقة التعريف: -

الحرف الأول يرمز لطريقة توصيل نقطة التعادل للمحولة مع مأخذ التأريض

الحرف " T " يعنى التوصيل المباشر بينهما

الحرف " I " يعنى العزل بينهما

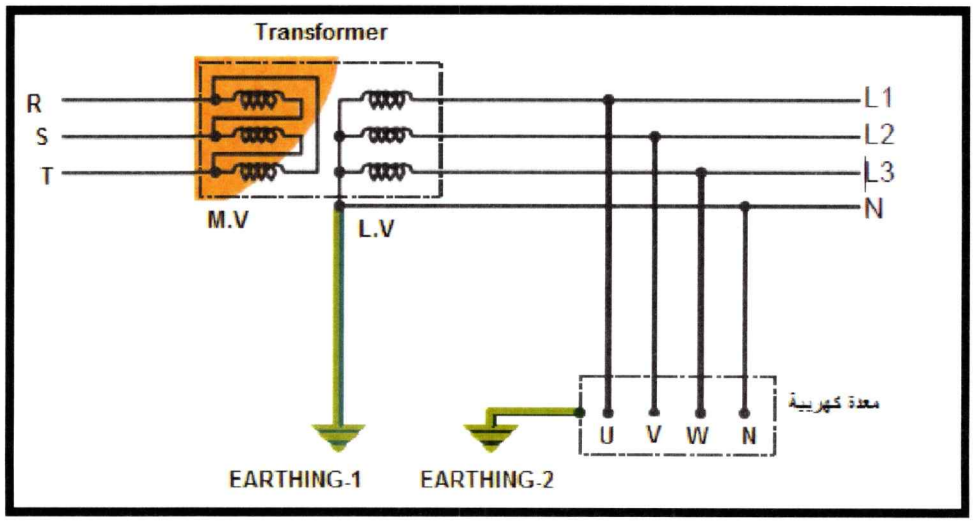
الحرف الثانى يرمز لطريقة توصيل الاجزاء المعدنية للمنشاة مع مأخذ التأريض

الحرف " T " يعنى التوصيل المباشر بينهما

الحرف " N " التوصيل بواسطة بناقل الحماية (حسب الطريقة المتبعة)

النوع الاول "TT"

شبكه ذات اربع اطراف (**R & S & T & N**) يتم توصيل النقطة التعادل للمحول مباشرة إلى مأخذ التأريض وكذلك يتم توصيل الأجزاء المعدنية إلى مأخذ تأريض أخرى.



النوع الثانى "TN"

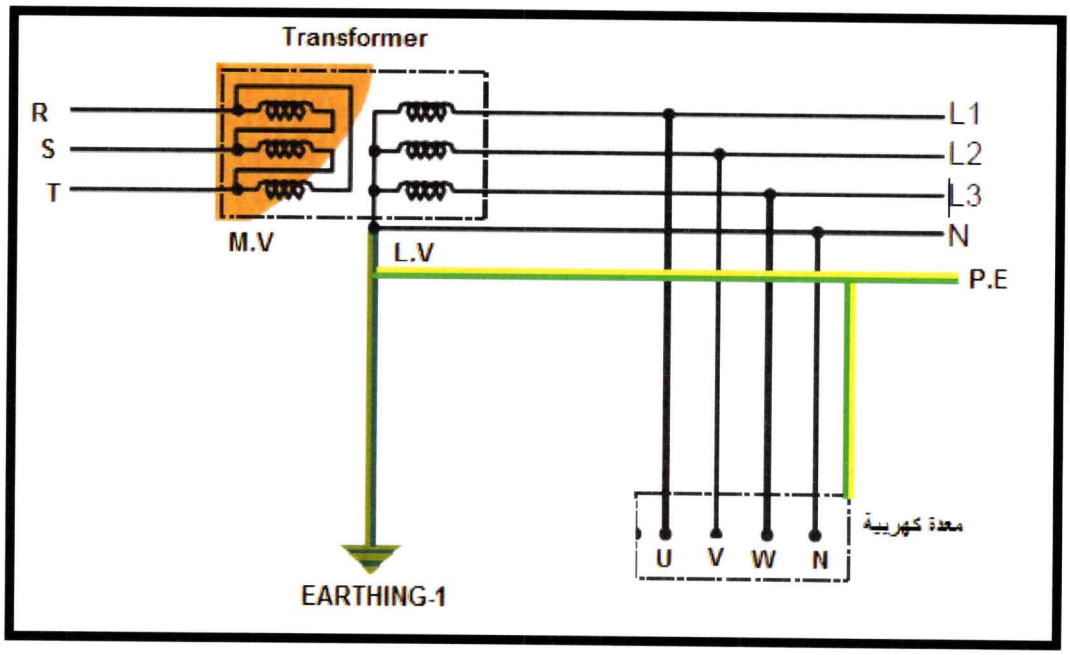
يوجد لهذا النوع نموذجان وهما (TN-S) و (TN-C)

الحرف " S " يعنى Separate

الحرف " C " يعنى common

النموذج "TN -S"

شبكه ذات خمسة اطراف (R & S & T & N & PE) . يتم توصيل نقطة التعادل للمحول مباشرة إلى مأخذ التأريض. وكذلك يتم توصيل الأجزاء المعدنية إلى الكابل P.E . كما هو موضح بالشكل

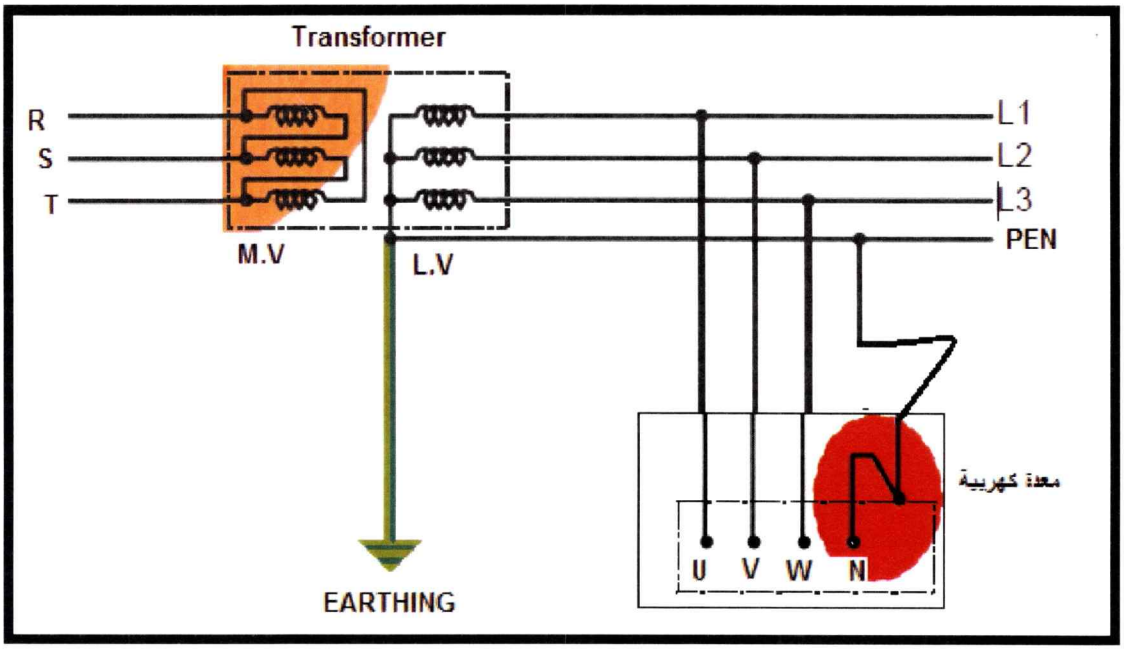


النموذج "TN -C"

شبكة ذات اربع اطراف (R & S & T & PEN) . يتم توصيل نقطة التعادل للمحول مباشرة إلى مأخذ التأريض . و يتم توصيل الأجزاء المعدنية إلى الكابل PEN . كما هو موضح بالشكل

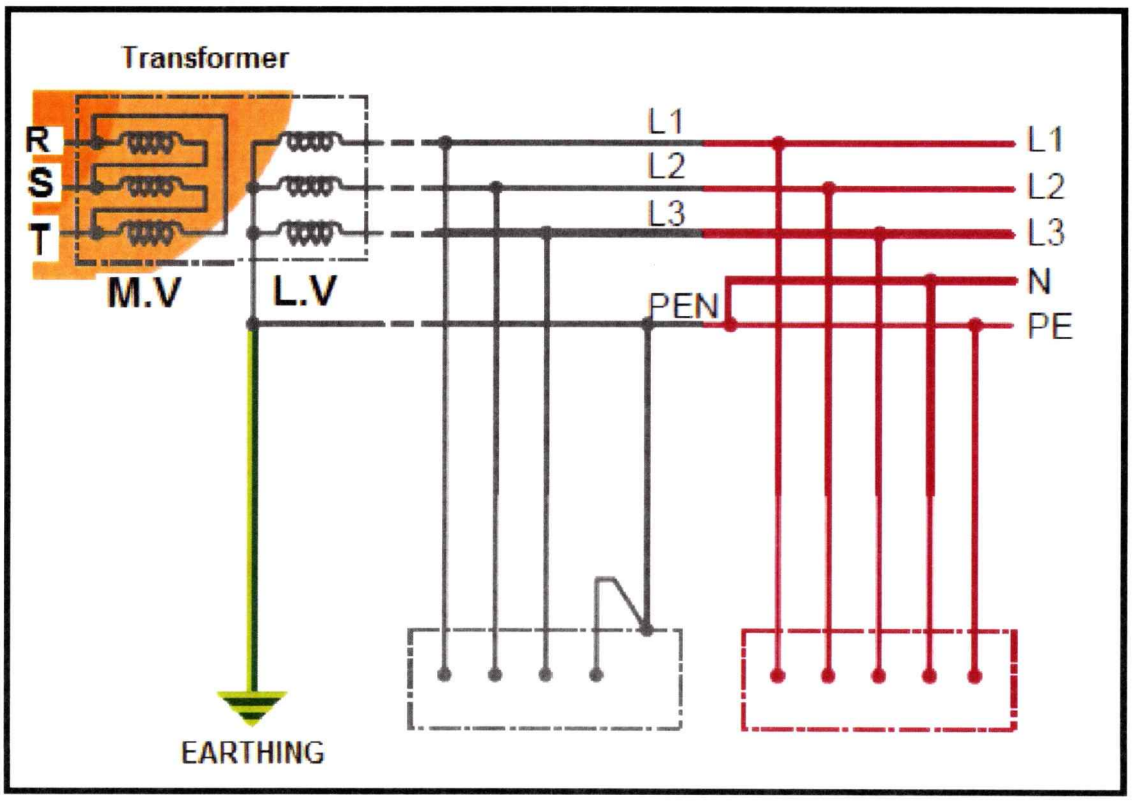
ولكن يجب يجب الإنتباه لوصل الكابل PEN إلى الجسم المعدني أولاً ومن ثم إلى النقطة التعادل (neutral) للآلة .

يجب أن يكون مساحة مقطع الكابل PEN مساوى لمساحة مقطع الطور phase (full neutral)



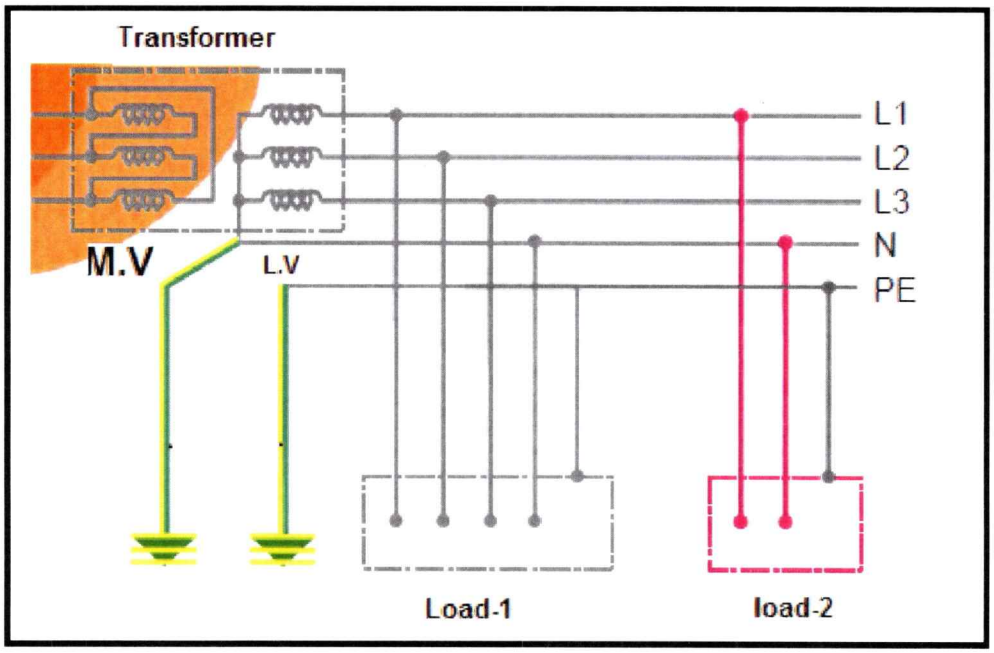
النموذج "TN –C- S"

يجمع بين النموذجين السابقين يجب أن يستخدم أولاً النموذج "TN -C" ثم النموذج "TN -S" ولا يجوز العكس



النموذج "IT"

شبكه ذات خمسة اطراف (R & S & T & N & PE) . يتم توصيل نقطة التعادل للمحول مباشرة إلى مأخذ التأريض مستقل . يتم توصيل الأجزاء المعدنية إلى الكابل P.E . بماخذ تاريض ثانى كما هو موضح بالشكل



بعض التطبيقات لانظمةالارضى

النموذج "TT"

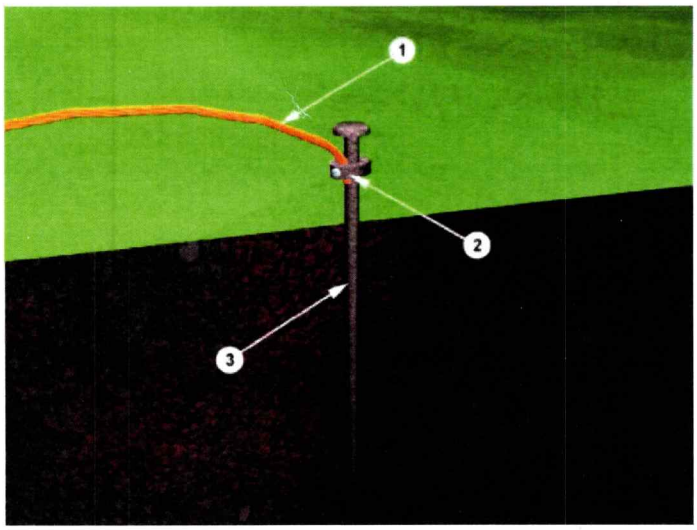
- شبكات التوزيع الهوائية
- المنشئات ذات التوسع الدائم

المنشئات الصناعية

- متوسطة أو صغيرة الحجم " TN-S "
- كبيرة الحجم " TN-S " أو " TN-C "

النموذج "IT"

- المستشفيات
- الفنادق
- المنشات الهامه والحيوية



٦- مكونات منظومة التاريض

تتكوم منظومة التأريض بشكل عام من

١) التربة التى يوضع فيها الالكترود

٢) الكترود التأريض.

٣) كابلات التاريض

٤) تجهيزات الربط والتوصيل

Where:-

1- ground conductor

2- the connection of the conductor to the ground electrode the ground

3- electrode itself

يمكن استخدام احد الوسائل التالية كقضب تاريض

١- تمديد المواسير المعدنية للمياه

٢- اسياخ التسليح للمبنى

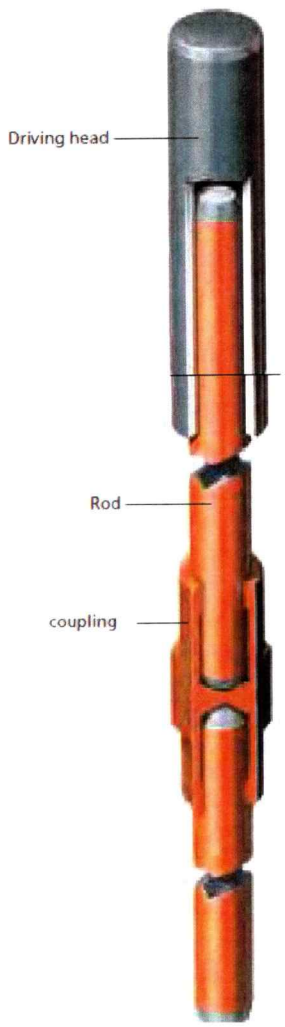
٣- اقطاب التاريض الصناعية

تعتبر الاقطاب المدفونة أنسب وارخص انواع electrodes وتكون عادة إما من النحاس أو من الحديد المجلفن أو المطلى بالترسيب الكهربى بالنحاس أو المكسو بالبثق بالنحاس. ويدفع رأسا بواسطة الدق ، يمكن دفن الالكترود كاملا او ترك جزء على سطح الارض ويكون محميا بصندوق لكى لا يتعرض للتلف.

فى بعض الاحيان تكون الارض صخرية ولا يمكن دفع الالكترود رأسيا فيمكن دفع الالكترود بزاوية لاتقل عن45 درجة وان يدفن كله فى الارض ، اما فى حالة وجود الصخر بالقرب من سطح الارض فيمكن دفن الالكترود افقيا على عمق حوالى متر من سطح الارض.

يجب الانتباه الى انه توجد بعض انواع التربة التى تسبب تاكل سريع للالكترود لذلك يجب الكشف الدورى على الالكترود وقياس مقاومته كل فترة.

ان الاحجام القياسية للالكترود تتراوح من متر الى 3 امتار ويكون على شكل قضبان من الصلب ، فى حالة دفع الالكترود مسافات عميقة يفضل ان يكون الالكترود مفكك وكلما دفع جزء يضاف الاخر بواسطة وصلة ميكانيكية لضمان استمرارية التوصيل.



Diameter	Length
9.0 mm	1200 mm
12.7 mm	1200 mm
12.7 mm	1500 mm
12.7 mm	1800 mm
12.7 mm	2400 mm
14.2 mm	1200 mm
14.2 mm	1500 mm
14.2 mm	1800 mm
14.2 mm	2000 mm
14.2 mm	2100 mm
14.2 mm	2400 mm
14.2 mm	3000 mm
17.2 mm	1200 mm
17.2 mm	1500 mm
17.2 mm	1800 mm
17.2 mm	2000 mm
17.2 mm	2100 mm
17.2 mm	2400 mm
17.2 mm	3000 mm

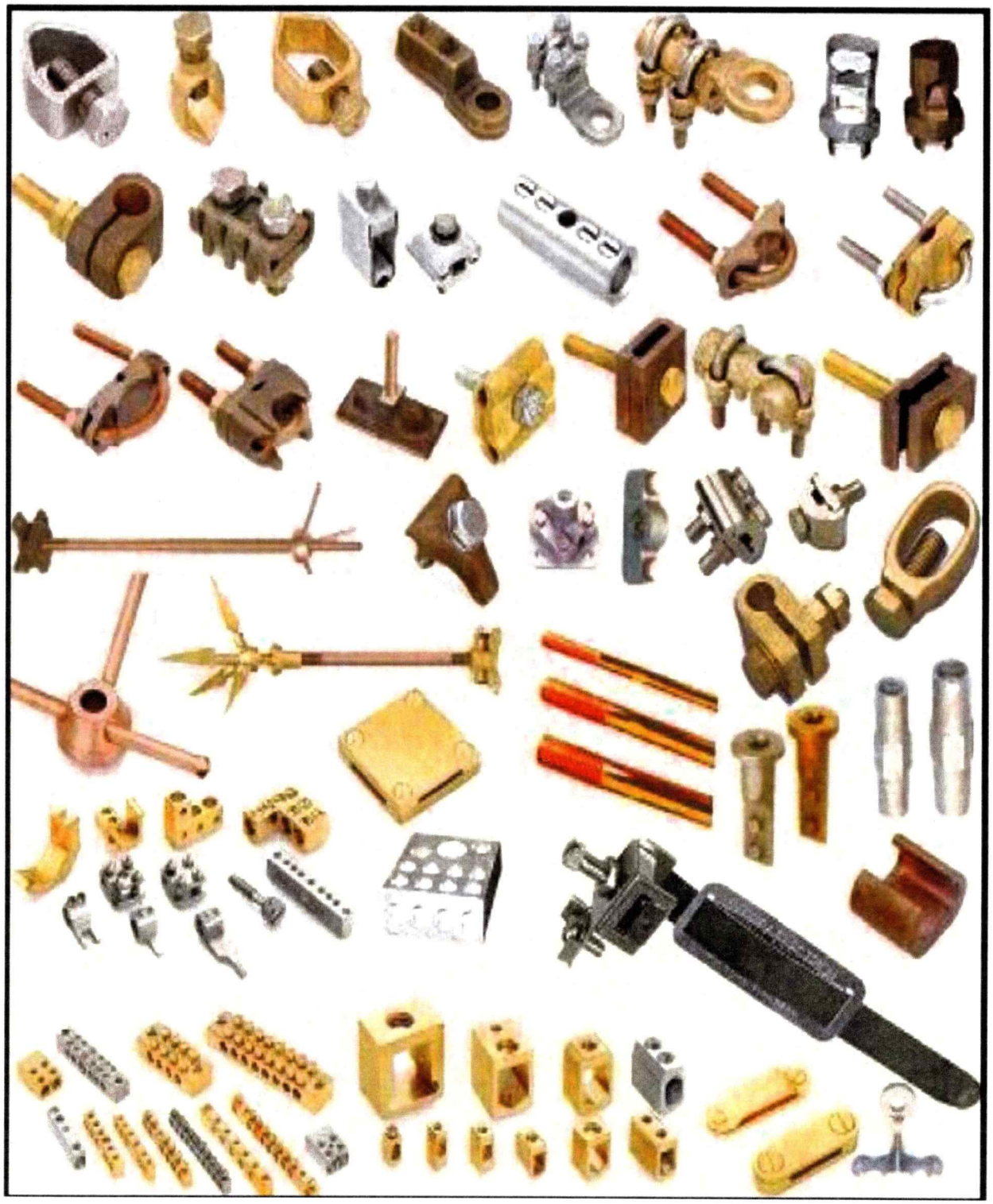
موصل التأريض

هو موصل من النحاس معزول باللون الاصفر فى اخضر ويتم تمديدة مع موصلات الدوائر الكهربية بين اللوحات العمومية والفرعية ثم من اللوحات الفرعية الى الدوائر الكهربية وهذا الجدول يبين العلاقة بين مساحة مقطع موصل التاريض mm^2 مع مساحة مقطع الموصل الحامل للتيار

مساحة مقطع موصل التاريض مم٢ (E)	مساحة مقطع الموصل التيار مم٢ (R,S,T)
$2mm^2$	$2mm^2$
$3mm^2$	$3mm^2$
$4mm^2$	$4mm^2$
$6mm^2$	$6mm^2$
$10mm^2$	$10mm^2$
$16mm^2$	$16mm^2$
$16mm^2$	$25mm^2$
$16mm^2$	$35mm^2$
$25mm^2$	$50mm^2$
$35mm^2$	$70mm^2$
$50mm^2$	$95mm^2$
$70mm^2$	$120mm^2$
$70mm^2$	$150mm^2$
$95mm^2$	$185mm^2$
$120mm^2$	$240mm^2$
$150mm^2$	$300mm^2$

تجهيزات الربط والتوصيل

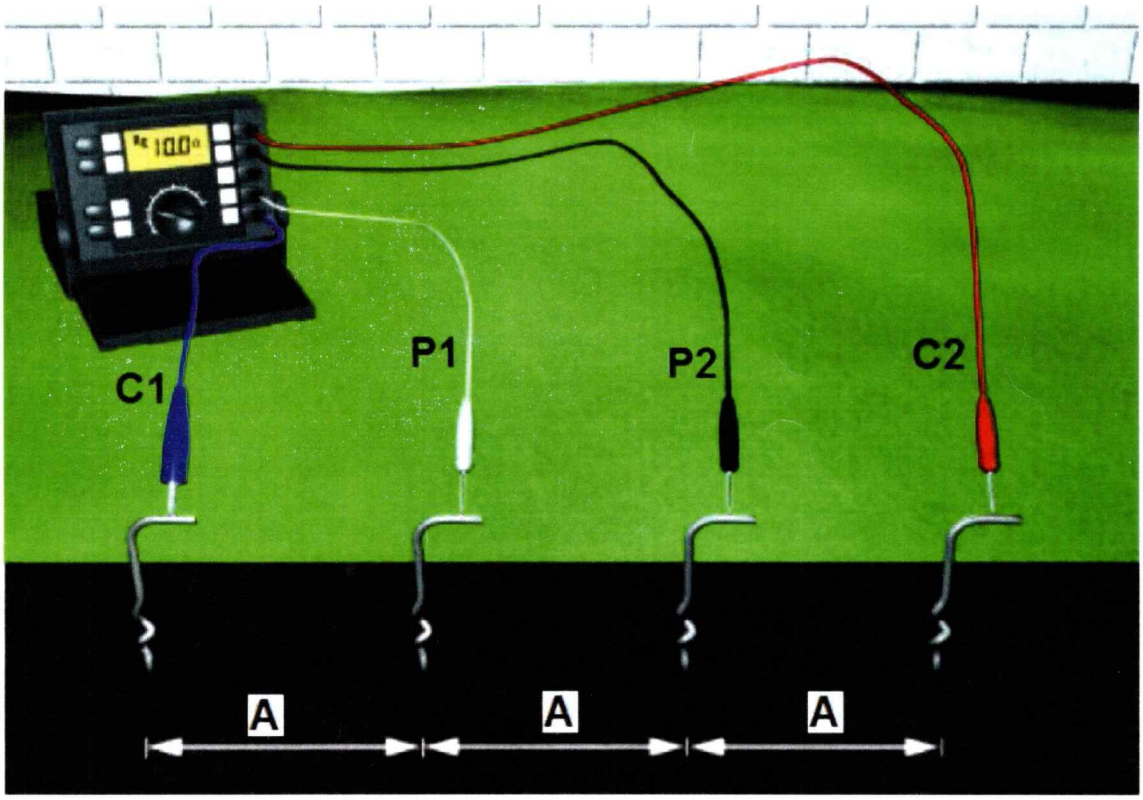
تعتبر عملية الربط عملية مهمة جداً للتاكد من وجود مسار دائم وذى معاوقة منخفضة لتيار الخطأ فى الارضى فيجب الربط بين كل أجزاء منظومة الارضى للتأكد من انها كلها على اتصال كهربى واحد.

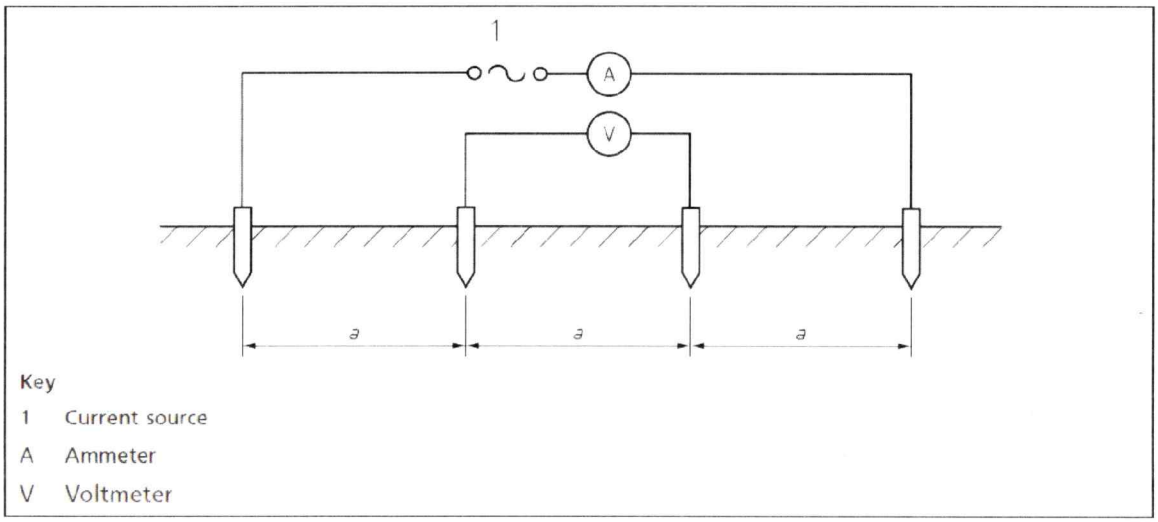


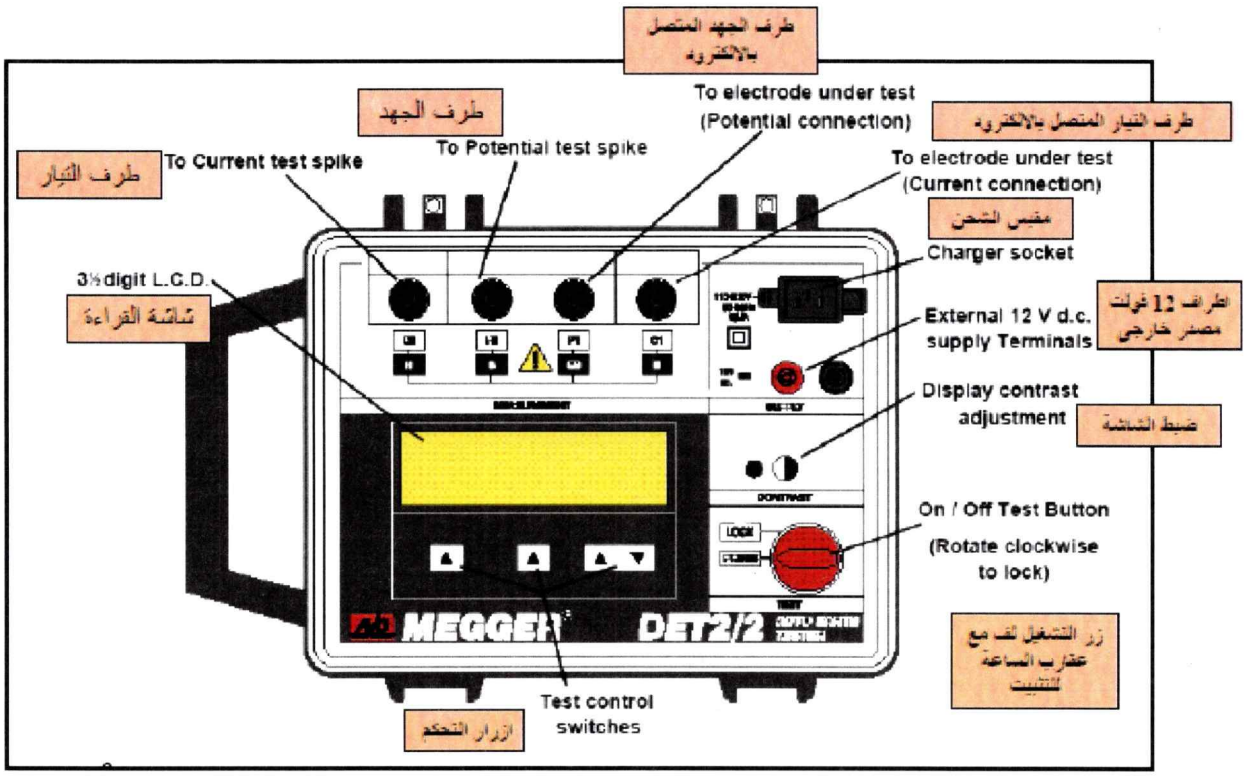
- **قياس مقاومة التربة**

لقياس مقاومة التربة يجب ان تتم على اعماق مختلفة من سطح الارض نظرا لتغير تلك المقاومة مع العمق عن سطح الارض ويتم ذلك باستخدام

- ميجر قياس مقاوم الأرض **Earthing Megger**
- اربعة قضبان طول الواحد حوالى ٦٠ سم وقطره ١٣مم
- اربعة كابلات مجدوله ومرنه







ويتم ذلك بدفع 4 الكترودات على عمق 30 سم على خط مستقيم وتؤخذ المسافات بينهم متساوية ويكون الالكترودان الموجودان على الاطراف (C1 ,C2) هما طرفى التيار والالكترودان المتوسطان هما طرفى الجهد (P1 , P2) يمر التيار خلال طرفى التيار ويقياس الجهاز فرق الجهد بين طرفى الجهد ويعطى المقاومة من العلاقة ،(الجهد ÷ التيار) . ان المقاومة التى قراءها الجهاز هى المقاومة المتوسطة لطبقات التربة من سطح الارض وحتى عمق يساوى (D)

حيث ان :- (D=3/4 A) (A) = هى المسافة بين الالكترودات

يمكن بعد ذلك تحويل قراءة الجهاز الى مقاومية التربة (اوم.متر) بأستخدام العلاقة:

The formula is as follows: $\rho = 2\,\pi\,A\,R$

Where: ρ *= the average soil resistivity to depth A in ohm - m*

π *is the constant 3.1416*

A the distance between the electrodes in m

R the measured resistance value in ohms from the test instrument

• المقاومة النوعية للتربة

نوع التربة	المدى (أوم.متر)	قيم محتملة (أوم.متر)
طمى رسوبى وطين خفيف		٥
طين بدون طفلة	٥ – ٢٠	١٠
طين يابس	١٠ – ٣٠	٢٠
حجر جيرى (طباشير)	٣٠ – ١٠٠	٥٠
حجر رملى مسامى	٣٠ – ٣٠٠	١٠٠
كوارتز ، حجر جيرى مبلور مدكوك	١٠٠–١٠٠٠	٣٠٠
طين اردوازى	٣٠٠–٣٠٠٠	١٠٠٠
جرانيت	--	١٠٠٠
صخور	١٠٠٠ <	٢٠٠٠

EARTHING SYSTEM CALCULATION

ACCORDING TO BRITISH STANDARD (BS 7430)

➢ Resistance of one vertical electrode is given by:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[\log_e\left(\frac{8L}{d}\right) - 1\right]$$

Where:-

R is the resistance of single rod or pipe, in ohms (Ω);

L is the length of rod, in meter (m);

d is the diameter of rod or pipe, in meters (m);

ρ is the soil resistivity in ohm meter (Ω.m).

➢ Total Resistance for n rods in case of

i. vertical parallel electrodes arranged hollow square

$$R_n = R\left(\frac{1+\lambda a}{n}\right) \qquad a = \frac{\rho}{2\pi Rs}$$

Where:

R is the resistance of the rod in isolation, in Ω;

S is the distance between adjacent rods, in m;

ρ is the resistivity of soil, in Ω.m;

λ is a factor given in Table 4 or Table 5;

n is the number of electrodes

Table 2 Factors for vertical electrodes arranged in a hollow square

Number of electrodes (n) along the side of the square	Factor λ	Number of electrodes (n) along the side of the square	Factor λ
2	2.71	9	7.65
3	4.51	10	7.90
4	5.46	12	8.22
5	6.14	14	8.67
6	6.63	16	8.95
7	7.03	18	9.22
8	7.30	20	9.40

NOTE The number of electrodes around the square is 4(n – 1).

ii. Vertical parallel electrodes arranged in a line

$$R_n = R\left(\frac{1+\lambda a}{n}\right) \qquad a = \frac{\rho}{2\pi Rs}$$

Where:

R is the resistance of the rod in isolation, in Ω;

S is the distance between adjacent rods, in m;

ρ is the resistivity of soil, in Ω.m;

λ is a factor given in Table 4 or Table 5;

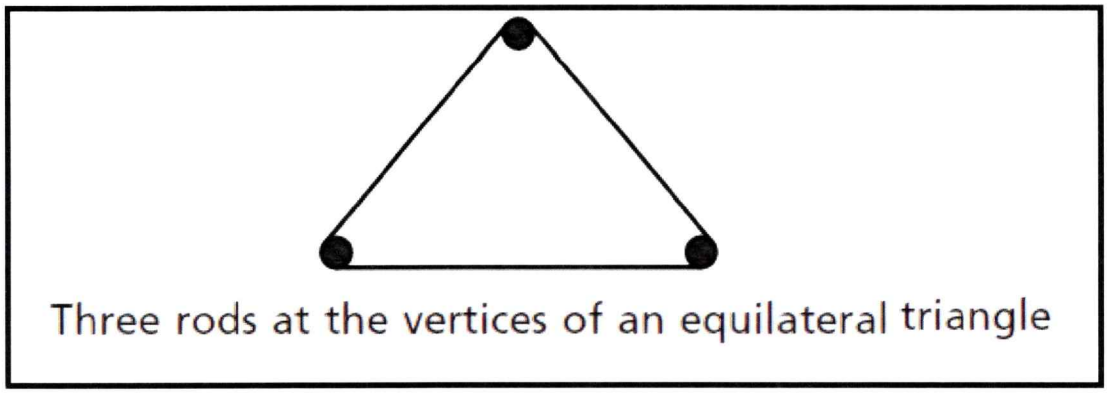
n is the number of electrodes

Factors for vertical parallel electrodes arranged in a line

Number of electrodes n	Factor λ	Number of electrodes n	Factor λ
2	1.00	7	3.15
3	1.66	8	3.39
4	2.15	9	3.61
5	2.54	10	3.81
6	2.87		

iii. Three rods at the vertices of an equilateral triangle

The resistance Re in ohms (Ω) of three interconnected rods set out at the vertices of an equilateral triangle



Three rods at the vertices of an equilateral triangle

$$R_e = \frac{1}{3}\left\{2\left[\log_e\left(\frac{8L}{d}\right) - 1\right] - 1 + 2Ls\right\}$$

where:

ρ	is the resistivity of soil, in ohm metres (Ωm);
L	is the length of rod, in metres (m);
d	is the diameter of rod, in metres (m);
s	is the length of one side of the equilateral triangle, in metres (m).

اذا لم تتحقق قيمة مقاومة الارضى المطلوبة فيمكن:

١) زيادة طول الالكترود.

٢) .زيادة قطر الالكترود(ويكون تأثيرها ضعيف)

٣) زيادة عدد الالكترودات على ان لاتقل المسافة بين اى الكترودان عن 2 متر.

٤) المعالجة الكيميائية للتربة.

أ- تستخدم المعالجة الكيميائية اذا لم نتمكن من خفض المقاومة بالطرق السابقة ويمكن عمل تلك الطريقة عن طريق عمل حفر على بعد 10 سم من الالكترود وبعمق 30 سم تملئ بمادة معالجة التربة (كبريتات المغنسيوم ، كبريتات النحاس ، كلوريد الصوديوم [ملح الطعام])

عند وضع الملح لأول مرة يجب غمره بالماء لينتشر خلال التربة ويمر عليه كل سنتين او ثلاثة لزيادة الملح اذا تطلب الامر.

ب (يتم عمل خندق دائري حول قضيب التأريض بحيث لا يقل القطر الداخلي للخندق عن 45 سم 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 حدود 18إلى 40 كيلو جرام من مادة كبريتات النحاس لرخص ثمنها 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 المطار كافية للقيام بهذه العملية

Selection of an Earthing conductor

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{k}$$

Where:

I is the average fault current, in A (r.m.s)

T is the fault current duration, in low voltage take 0.1 sec.

K is the current density, in A/mm^2

Table 5 **Earth fault current densities for 1 s duration for earthing conductors with initial conductor temperature of 30 °C**

Type of joint[A]				Maximum temperature[B]		R.M.S. current density, k		
Welded	Brazed	Bolted	Soft soldered	°Cs		Copper 0391	Aluminium A/mm²	Steel A/mm²
✓				700		254	—	91
✓				600		252	—	87
✓				500	[C]	228	—	82
✓	✓			450		220	—	79
✓	✓			400		211	—	76
✓	✓			350		201	—	73
✓	✓			300		190	125 [D]	69
✓	✓	✓		250		176	116	64
✓	✓	✓		200	[E]	159	105	58
✓	✓	✓	✓	150	[F]	138	91	50
✓	✓	✓	✓	100		—	—	—

قياس مقاومة الكترود التأريض

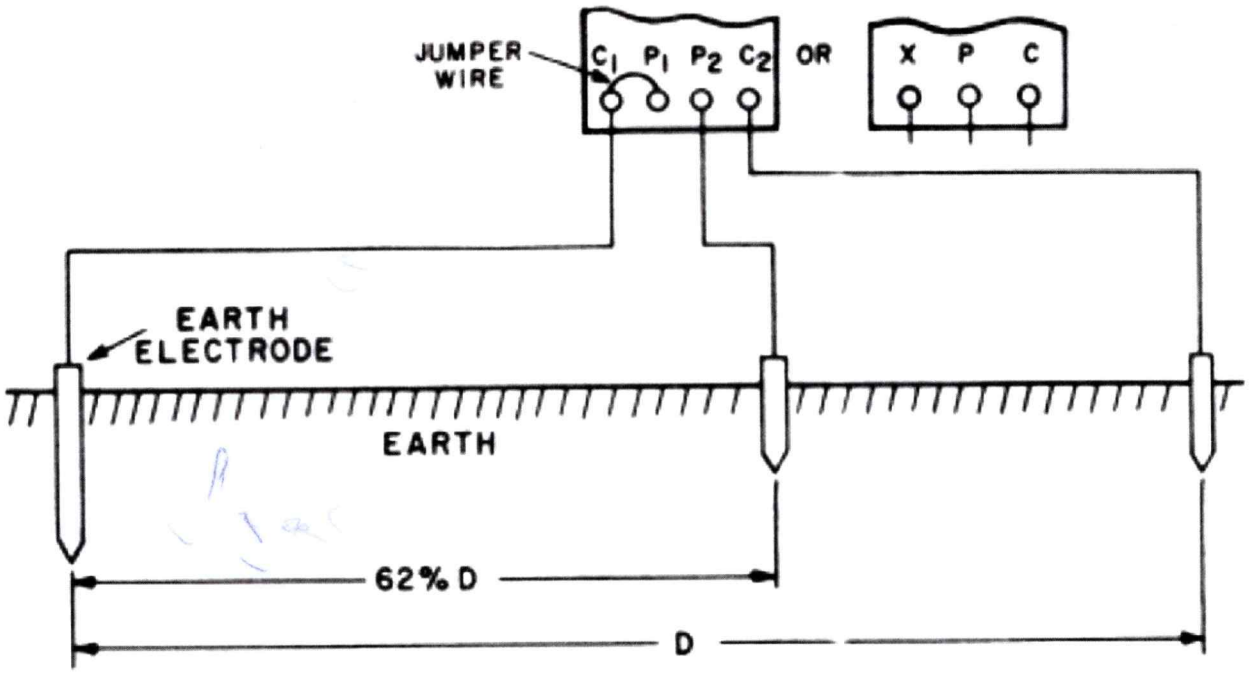
يتم قياس مقاوم الكترو التأريض بعد وضعه بالأرض كما يجب عمل قياسات دورية كل عام للاطمئنان على قيمة تلك المقاومة وتوجد طرق مختلفة لقياس مقاومة الكترود التاريض واكثرها دقة وشهره هى طريقة الهبوط فى الجهد (fall of potential) وتتم كلاتى

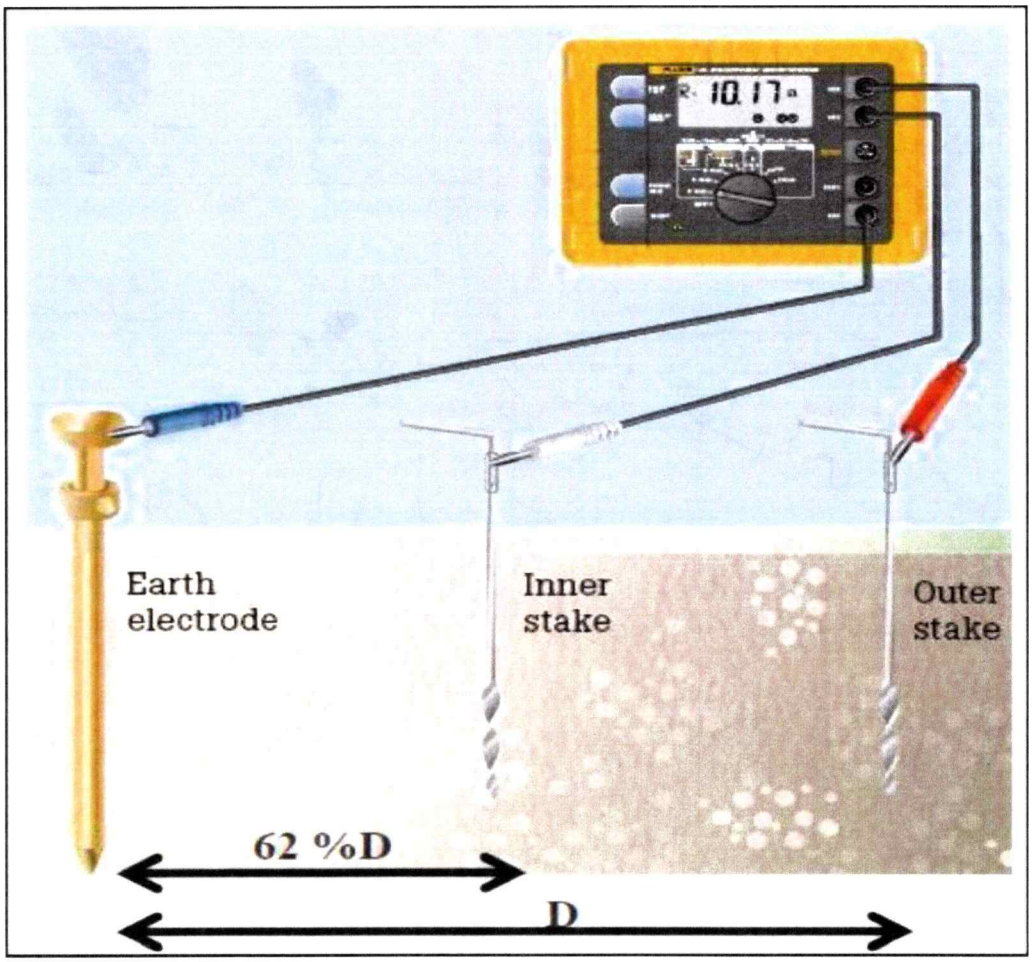
١- يوصل طرف التيار (C1) مع طرف الجهد (P1) ثم يتم توصيلها بالالكترود بحيث يكون جهاز القياس عند الالكترود.

٢- يوصل طرف التيار (C2) بالكترود مساعد يدفع فى الارض من 30 سم الى 60 سم على مسافة لاتقل عن ٤٠ متر

٣- يوصل طرف الجهد (P2) بالكترود مساعد يدفع فى الارض من 30 سم الى 60 سم على مسافة مساوية ل(61.8 %) من المسافة بين الكترود (C2) وبين الالكترود الاصلى المراد قياسه.

٤- يولد الجهاز الجهد وتقرأ قيمة المقاومة.


JUMPER WIRE
C1 P1 P2 C2
OR
X P C
EARTH ELECTRODE
EARTH
62% D
D


Earth electrode
Inner stake
Outer stake
62 %D
D