تصميم نظام تأريض

(محطة بربر التحويلية 220/33 KV)

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية (قدرة)

إعداد الطلاب :

أسامة محمد يوسف جـــلال محمد

ريان حـافظ عبدالهـادي عبدالعظيـم

محمد طارق عبداللطيف محمد حسن

محمد عبدالدائم عثمان محمد أحمد

إشراف :

أ . عماد الدين الجعلي

قسم الهندسة الكهربائية

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبدالله البدري

يناير 2021 م

الآية

قال تعالى :

((اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ * خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ * اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ * الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ * عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ))

صدق الله العظيم

الآية (1-5) سورة العلق

شكر و عرفان

تتناثرالكلمات حبراً وحباً

على صفائح الأوراق لكل من علمني

ومن أزال قيمة جهل مررت بها برياح العلم الطيبة

ولكل من أعاد رسم ملامحي وتصحيح عثراتي أبعث تحياتي شكر وإحترام

في البداية الشكر لله جل في علاه فإليه ينسب الفضل كله في إكمال هذا العمل

(والكمال يبقى لله وحده)

و بعد الحمدلله فاننا نتوجه إلى أستاذنا **الباش مهندس : عماد الدين الجعلي** بالشكر والتقدير

الذي لن تفيه أي كلمات حقه فلولا مسابرته ودعمه المستمر ما تم هذا العمل وبعدها فالشكر

موصول **لأسرة الإدارة العامة للتشغيل والصيانة بشركة نقل الكهرباء**

و نخص بالشكر كل من :

م. عمرو بابكر كرار **م. عبد الماجد عصام عبدالماجد**

م. محمد عبدالفتاح إبراهيم عباس **م. محمد عبدالفتاح محمد خضر**

م. علاء الدين مصطفى على

و لكل أساتذتي الذين تتلمذت على أيديهم في كل مراحل دراستي

حتى أتشرف بوقوفي أمام حضراتكم اليوم .

الإهداء

إذا كان الإهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء فالإهداء

إلى معلم البشرية ومنبع العلم نبينا محمد (صلى الله عليه وسلم)

إلى من بدعائها كل المضائق أوسع ...

أمـــــي العزيزة

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون إنتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل إفتخار ..

أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول إنتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها

اليوم وفي الغد وإلى الأبد ...

أبـــــي العزيز

إلى سندي وقوتي وملاذي بعد الله

إلى من آثروني على نفسهم

إلى من علموني علم الحياة

إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة

إخوتي وأخواتي

إلى من آنسني في دراستي وشاركني همومي

تذكاراً وتقديراً

أصدقائي

المستخلص :

تأريض المحطات الكهربائية هو جزء هام من نظام الطاقة الكهربائية بشكل عام. وهي مصممة ليس فقط لتوفير مسار لتبديد التيارات الكهربائية إلى الأرض دون تجاوز حدود التشغيل للمعدات، ولكن أيضا لتوفير بيئة آمنة للأشخاص المتواجدين داخل المحطة . والهدف من هذا العمل هو تصميم وتطوير نظام تأريض سليم لمحطة بربر التحويلية 220/33 كيلوفولت وتعتمد علي إجراء الحسابات اللازمة لضمان تصميم آمن . وقد تم تصميم شبكة التأريض باستخدام المفاهيم الواردة في اللائحة IEEE standard 80-2000 و المحاكاة بإستخدام برنامج إيتاب وتبلغ مساحة المحطة الإجمالي (900 متر مربع) وشبكة التأريض المتطورة تتألف من 46 موصل نحاسي و موصلات التأريض مدفونة إلى عمق 1 متر والمسافة بين اي موصل والآخر 8 أمتار. قمنا بإجراء الحسابات بإستخدام المعادلات المذكورة في لائحة ال IEEE وتم مطابقتها مع النتائج المتحصل عليها بإستخدام برنامج المحاكاة (إيتاب) ليتحقق تطوير تصميم التأريض الشبكي للمحطة. فيما يلي النتائج المتحصل عليها من العمليات الحسابية، جهد اللمس والخطوة المحتمل 1621.2 فولت و 5568.6 فولت بالترتيب وجهد الارض يعادل 5036.3 فولت ، و قيمة مقاومة الارض 0.739 اوم اقل من واحد أوم فإن مقاومة الأرض في الحد المعقول . جهد الخطوة وجهد اللمس الحقيقيين 317.69 فولت و 898.011 فولت بالترتيب ، جهد الشبكة اقل من جهد اللمس وهذه القيم أيضا في حدود المعقول وبذلك نكون تحصلنا علي تصميم مثالي لنظام التأريض للمحطة. مخرجات نتائج برنامج المحاكاة: جهد اللمس والخطوة المحتمل 1621.4 فولت و5586.9 فولت بالترتيب ، جهد الارض 5040.3 فولت ، و قيمة مقاومة الارض 0.74 اوم بالترتيب ، جهد الشبكة 786 فولت وجهد الخطوة 304.4 فولت. وبذلك نكون قد تحصلنا علي تصميم سليم ومثالي لنظام التأريض للمحطة، سواء بإستخدام المعادلات أو برنامج المحاكاة في حدود المعقول . هنالك تباين بسيط بين النتائج بإستخدام المعادلات وبرنامج المحاكاة إلا ان هذا التباين لا يؤثر في التصميم السليم النهائي لنظام التأريض .

Abstract :

Substation grounding is a critical part of the overall electric power system. It is designed not only to provide a path to dissipate electric currents into the earth without exceeding the operating limits of the equipment, but also to provide a safe environment for any people that are within the surrounding area. The aim of this study is to design and develop a proper grounding system for Barbar Substation 220/33 KV based on necessary calculation to ensure a safe design. An adequate grounding grid has been designed and developed using concepts outlined in IEEE Standard 80-200. The developed grounding mesh consisted of 46 earthing rods (copper) driven to a depth of 1 meter and spaced 8 meters a part on 900 m^2 substation area. Simulations were carried out using ETAP Software for verification of the developed grounding grid design. The obtained results for tolerable touch and step voltage were 1666.6V and 5767.9V, respectively. The ground potential rise (GPR) was 4.652 kV. The grid resistance (Rg) was 0.749 Ω which is within the range of international standards (< 1 Ω).The total mesh and touch voltage were 188.5V and 479V, respectively, all these values are within the limits . Using ETAP simulation the output results of tolerable touch and step voltage were 1621.4 V and 5586.9V, respectively. The GPR and Rg were 5040.3 V and 0.74 ohm, respectively while the total mesh and Step voltage were 786V and 304.4 V, respectively. Both the measured and simulated results values were within the limits. The minor differences between calculated and simulated results do not affect the main design objective. Since these values are within the safe range, it is concluded that the parameters measured for the developed design are with the safe range recommended by international bodies.

فهرس المحتويات

المحتوى	الصفحة
الآية	I
الشكر و العرفان	II
الإهداء	III
المستخلص	IV
Abstract	V
فهرس المحتويات	VI
فهرس الجداول	IX
فهرس الأشكال	X
الفصل الأول (المقدمة)	**1**
1-1 نظرة عامة	2
1-2 الهدف من البحث	2
1-3 محتويات البحث	2
1-4 مشكلة البحث	2
1-5 منهجية البحث	3
1-6 طريقة البحث	3
الفصل الثاني (منظومة التأريض)	**4**
2-1 المقدمة	5
2-2 التأريض Grounding	5
2-3 تعاريف مهمة في عملية التأريض	6
2-4 أهمية التأريض	7
2-5 الفرق بين التأريث Earthing والتأريض Grounding	8
2-6 المنظومة غير المؤرضة Ungrounding system	8

1-6-2 الفرق بين المنظومات المؤرضة وغير المؤرضة	10
7-2 المعدات والأجهزة الواجب تأريضها	11
8-2 أنواع التأريض	11
9-2 طرق تأريض نقطة المتعادل Neutral مع الأرضي	13
1-9-2 التأريض المباشر Direct or Solid Grounding	13
2-9-2 التأريض مع مقاومة Resistance Grounding	14
3-9-2 التأريض بمفاعلة Reactance Grounding	15
4-9-2 التأريض عن طريق ملف كابح القوس Arc Suppression Coil	15
5-9-2 التأريض بإستخدام محولات التأريض	15
الفصل الثالث (مقاومة التأريض و المبادئ والأدوات المستخدمة في التأريض)	**16**
1-3 مقاومة منظومة التأريض	17
2-3 قيمة المقاومة للأرض	17
1-2-3 المقاومة النوعية للتربة	18
2-2-3 طرق خفض مقاومة التأريض	19
3-3 التحات أو التآكل الكيميائي	21
4-3 طرق قياس مقاومة الأرضي	23
5-3 المبادئ العامة للتأريض الشبكي	24
1-5-3 جهد اللمس Touch Potential	25
2-5-3 جهد الخطوة Step Potential	26
6-3 الأجزاء الرئسية لممانعة دائرة العطب الأرضي	27
1-6-3 نظام (TT)	27
2-6-3 نظام (TN)	27
7-3 أدوات التأريض	28
1-7-3 موصل التأريض Grounding conductor	28

2-7-3 قطب التأريض Grounding Electrode	29
3-7-3 لوح التأريض Plate Electrode	31
4-7-3 أدوات الربط Connection Parts	32
8-3 التيار الكهربائي المسموح مروره في موصلات التأريض	34
الفصل الرابع (تصميم شبكة التأريض)	**35**
1-4 تصميم شبكة التأريض	36
2-4 خطوات التصميم	37
1-2-4 قياسات المقاومة النوعية للتربة	37
2-2-4 حساب Surface Layer Derating Factor	37
3-2-4 حساب قيمة أقصى تيار يمر بشبكة التأريض	38
4-2-4 حساب مساحة مقطع الإلكترود	39
5-2-4 حساب الحدود الآمنة لقيم جهد الخطوة وجهد اللمس	41
6-2-4 حساب عدد الإلكترودات وإختيار طريقة وضعها	41
7-2-4 حساب مقاومة شبكة الأرضي	42
8-2-4 حساب الإرتفاع فى جهد شبكة الأرضى GPR	43
9-2-4 الحساب الدقيق لجهد الخطوة وجهد اللمس الحقيقيين	43
10-2-4 المقارنات	45
11-2-4 برنامج Etap	45
الفصل الخامس (الخاتمة و التوصيات)	**49**
1-5 الخاتمة	50
2-5 التوصيات	50
المراجع	**51**
الملاحق	**53**

فهرس الجداول

الجداول	الصفحة
الجدول (2-1) الفرق بين المنظومة المؤرضة والمنظومة الغير مؤرضة	10
الجدول (3-1) متوسط القيم لمقاومة الترب المختلفة والقيم التقريبية	19
الجدول (3-2) الترتيب الجلفاني لبعض المعادن	22
الجدول (3-3) مقاطع الموصلات	29
الجدول (3-4) قيم التيارات المسموح بمرورها خلال موصل التأريض	34
الجدول (4-1) البيانات اللازمة لتصميم شبكة التأريض	36
الجدول (4-2) المقاومة النوعية للطبقة السطحية	37
الجدول (4-3) ثوابت المواد	40

فهرس الأشكال

الشكل	الصفحة
الشكل (2-1) المنظومة الغير مؤرضة	9
الشكل (2-2) المنظومة المؤرضة	9
الشكل (2-3) التأريض المباشر	13
الشكل (2-4) التأريض مع المقاومة	14
الشكل (3-1) الحفرة المجاورة لقضيب التأريض	20
الشكل (3-2) خندق دائري حول قضيب التأريض	21
الشكل (3-3) طريقة هبوط الجهد	23
الشكل (3-4) طريقة Weinner four-pin	24
الشكل (3-5) جهد اللمس	26
الشكل (3-6) جهد الخطوة	27
الشكل (3-7) حصيرة مجدولة	28
الشكل (3-8) أنواع قضيب التأريض الصناعي	31
الشكل (3-9) لوح معدني من الحديد المغلون	32
الشكل (3-10) مشبك معدني	32
الشكل (3-11) أدوات ربط الموصلات بقضيب التأريض	33
الشكل (4-1) الموصلات الافقية و توزيع الالكترودات	41

الفصل الأول

(المقدمة)

الفصل الأول

المقدمة

1-1 نظرة عامة :

يعد تأريض المحطة الفرعية جزءًا مهمًا من نظام القدرة الكهربائية المتكامل . وهو مصمم لتوفير مسار لتبديد التيارات الكهربائية إلى الأرض دون تجاوز حدود تشغيل المعدات ولتوفير بيئة آمنة لأي شخص قريب منها. ستتم مناقشة تصميم نظام التأريض بالإضافة إلى إجراء العمليات الحسابية الضرورية لضمان التصميم الآمن . كما ستتم مناقشة جوانب قياسات المقاومة النوعية للتربة ، فوائد المواد السطحية ، مساحة المقطع المناسب لكل إلكترود من إلكترودات التأريض و عددها و طريقة وضعها ، الحدود الآمنة لقيم جهد الخطوة وجهد اللمس، مقاومة شبكة الأرضي ، قيمة أقصى تيار يمر بشبكة التأريض ، الارتفاع فى جهد شبكة الأرضي ، الحساب الدقيق لجهد الخطوة وجهد اللمس الحقيقيين وأخيراً المقارنات بين قيم الجهود التقريبية والدقيقة لمعرفة هل هذا التصميم يحقق الحدود الآمنة لجهد الخطوة وجهد اللمس ؟ . كما سيتم تطبيق النتائج على برنامج المحاكاة .

2-1 الهدف من البحث :

يهدف هذا البحث إلى دراسة التصميم الآمن لنظام التأريض لمحطات التيار المتردد ، و الذي يضمن عدم تعرض أي فرد يسير داخل حدود المنشأة لمخاطر الصدمة الكهربائية . حيث يجب أن يكون جهد اللمس و جهد الخطوة ضمن حدود القيم الآمنة وتوفير مسار لتبديد التيارات الكهربائية الى الأرض دون تجاوز حدود تشغيل المعدات .

3-1 محتويات البحث :

في الفصل الثاني تم التعرف على منظومة التأريض وأهميتها وأنواع التأريض ، الفصل الثالث تم التعرف على مبادئ التأريض والأدوات المستخدمة في التأريض، الفصل الرابع تم التعرف على الخطوات المتبعة لتصميم شبكة التأريض المناسب بالإضافة إلى إجراء العمليات الحسابية الضرورية لضمان التصميم الآمن ، و يحتوي على بعض القراءات الميدانيية من محطة بربر التحويلية مثل قياسات مقاومة التربة .

4-1 مشكلة البحث :

عدم إستقرار الشبكة بسبب عدم التأريض أو التأريض غير الجيد و الأضرار الناتجة عنه .

5-1 منهجية البحث :

تم إتباع المنهج التجريبي الاستقصائي الذي يعتمد على الحسابات و تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من القياسات الميدانية .

6-1 طريقة البحث:

تم الحصول على معلومات عن المحطة المراد تصميم نظام تإريض لها قبل البدء في عملية التصميم مثل مساحة المحطة و أقصى تيار عطل يمكن أن يمر خلال شبكة التأريض و زمن فصل العطل كما تم إستخدام جهاز (Earth/Ground tester) للحصول على مقاومة التربة و أخيرا تم إتباع الخطوات اللازمة للوصول الى تصميم يحقق الحدود الآمنة لجهد الخطوة و جهد اللمس .

الفصل الثاني

(منظومة التأريض)

الفصل الثاني

منظومة التأريض

2-1 المقدمة :

يعتبر نظام التأريض من أهم وسائل الحماية الكهربائية التي تعمل على توفير إستقرارية وإستدامة الإمداد الكهربائي الذي يساعد في التطور وتنمية البلاد ومن المتطلبات الأساسية لجلب الإستثمارات ورؤوس الأموال الخارجية. حيث يوفر نظام التأريض حماية لأجزاء نظام القدرة إبتداءاً من التوليد مرورا بنظم النقل وختاما بالمستهلك ، وحماية النظام الكهربي من الظواهر الطبيعية التي يمكن أن تؤدي إلى إضطراب أو توقف في عمله كالصواعق أو تجمع الشحنات الكهربائية الزائدة متمثلاً في الكهرباء الساكنة في الأجزاء من المعدات غير موصلة للكهرباء بصورة مباشرة هذا إضافة إلى حماية النظام من جميع أنواع الأعطال الدائم منها واللحظي.

2-2 التأريض Grounding :

يمكن تعريف التأريض أو الأرضي بأنه إتصال كهربائي عمل عن قصد بين جهاز كهربائي أو شبكة أجهزة من جهة وكتلة الأرض من جهة أخرى . ويمكن تعريفه أيضاً بأنه الربط الفعال للأرض . لذا فإن التأريض مطلوب لتوفير السلامة للمنظومة الكهربائية والعاملين بالمؤسسة ، ويمكن تشبيه الأرضي بطوق النجاه أو مظلة الهبوط حيث تقدر قيمتهما عند الحاجة لهما فقط. وهذا يتطلب حفرة لقطب الأرضي (Earthing Rod) بأشكال مختلفة ، يطمر في التربة لأعماق معينة وينبغي أن تحقق هذه الحفرة المتطلبات التالية :

1- أن تكون ذات ناقلية جيدة (مقاومتها صغيرة) بحيث تؤمن حماية فعالة للأشخاص والتجهيزات وتشغيلاً فعالاً لدارات الحواكم (ويقصد بهذا أن يكون تيار العطل الأرضي أكبر من الحد الأدنى لتيار الحاكمة) .

2- أن يكون قادراً على تحمل وتبديد تيارات العطل والتيارات العابرة .

3- أن تكون مكوناته المطمورة في الأرض مقاومة للتآكل في التربة .

4- أن تكون ذات خواص ميكانيكية مناسبة (كأن يكون الوتد الأرضي مثلاً مصمماً بحيث يسهل دقه ودخوله في التربة) .

5- تتعلق مقاومة التأريض بشكل رئيسي بنوع قطب التأريض (أي القسم المطمور في التربة) ونوعية التربة .

3-2 تعاريف مهمة في عملية التأريض:

1. الشبكة الأرضية :

هي مجموعة الموصلات التي يتم بواسطتها إيجاد اتصال كهربائي جيد بين الأجزاء و الهياكل المعدنية المكشوفة وبين كتلة الأرض.

2. الأرضي (Earth Pit) :

هو مجموعة من الموصلات أو الأقطاب (Electrodes) التي تدفن أو تغرز في الأرض بحيث توفر تماسا جيدا و بأقل مقاومة ممكنة مع التربة المحيطة بها و بذلك تشكل إتصال بين أجزاء الشبكة الأرضية وكتلة الأرض .

3. موصل الأرضي الرئيسي (Main Earting Lead) :

الموصل الرئيسي الذي يربط مجموعة المعدات و الأجهزة الكهربائية إلى الأرضي.

4. موصل الربط (Bonding Lead) :

الموصل الذي يربط بين هيكل أو حاوية الجهاز أو المعدة الكهربائية إلى موصل الأرضي الرئيسي .

5. جهد اللمس (touch voltage) :

عند وقوف إنسان ويكون ملامساً لجسماً أو غلاف معدني مؤرض (متصل بالأرض) أثناء مرور تيار خطأ تلامس بالأرض في هذا الجسم فإن هذا التلامس يتسبب في تكوين مسار لتيار القصر داخل جسم الإنسان الملامس له .

6. جهد الخطوة (step voltage) :

عندما يتحرك شخص علي مسافة ليست بعيدة من جسم مؤرض ويتصادف حدوث خطأ تماس في الأرض المار عليها فإنه ينشأ فرق جهد بين قدمي الإنسان نتيجة وجود مقاومة بين القدمين و كذلك مقاومة القدمين ويمر تيار في الجسم بين القدمين .

7. التأريض الوظيفي (Functional Earthing) :

وهو تأريض نقطة الحيادي (Neutral Point) لمحولات القدرة و تأريض النقاط المشتركة

(Common Points) لمحولات التيار وذلك لأسباب تشغيلية.

8. التأريض الإستاتيكي (Static Earthing) :

ويستخدم لغرض ضمان تسرب الشحنات المستقرة التي تتولد في الحاويات و الأوعية و الخزانات نتيجة تصادم السوائل الهيدروكاربونية بجدران تلك الحاويات والأوعية والخزانات أثناء التحميل أو التفريغ حيث إن توفر تأريض جيد يؤدي إلى تسرب الشحنات المتولدة إلى الأرض وعدم تكون جهد خطر على تلك الأوعية و الخزانات و الحاويات.

9. التأريض لغرض الحماية من الصواعق (Lightening Protection Earting) :

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

4-2 أهمية التأريض :

التأريض يشمل عدة جوانب مختلفة ولكنها مترابطة من تصميم شبكة توزيع الكهرباء والبناء والتي جميعها تضمن السلامة وحسن التشغيل لهذا النظام والمعدات المربوطة معه ويمكن التعبير عنه بأنه إتصال سلكي عمل عن قصد بين جهاز كهربائي أو شبكة أجهزة من جهة والأرض من جهة أخرى بدون وجود فيوز أو مفتاح في هذا الإتصال الأرضي .

ومنظومة التأريض أمر ضروري لسلامة الموظفين وتتمثل في ضمان عدم تعرض جميع القطع الغير حاملة للتيار للهياكل والمعدات أو بالقرب من شبكة توزيع الكهرباء لنفس الجهد ولبقاء جهدها هو الصفر وهو جهد الأرض للغالبية وأهمية التأريض كبيرة منها :-

1- يحمي الأفراد من خطر الصعق الكهربائي الناتج عن قصور العزل وإنهياره .

2- يقي من خطر التفريغ الكهربائي الناتج من الصواعق .

3- يؤمن المعدات من أضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في جهة التغذية .

4- يؤمن تشغيلا مناسبا للمعدات والمنظومات الكهربائية .

5- يحافظ على بقاء جهد المتعادل ثابتا .

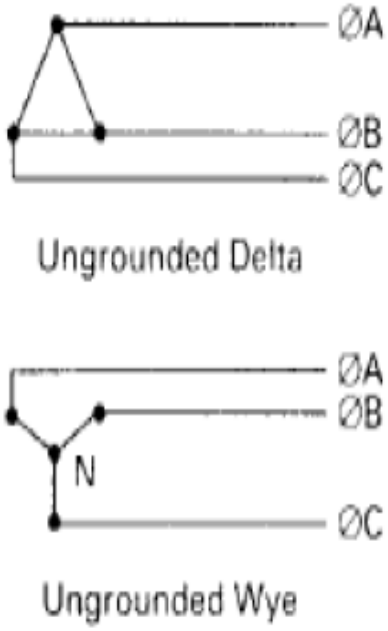
5-2 الفرق بين التأريث Earthing والتأريض Grounding :

يطلق الأوربيون لفظ التأريض على عملية التأريض وذلك على أساس أنها عملية توصيل بالأرض . أما الأمريكيون فإنهم يعتبرون أن هنالك فرق بين التأريث والتأريض ويقولون بأن اللفظ التأريض يكون أدق من التأريث حيث يشير الأول إلى وجود مرجع تقاس بالنسبة إليه جميع الجهود الأخرى وهذا الجسم ليس بالضرورة الأرض ، فعملية التأريض داخل السيارة مثلاً هي في الواقع عملية توصيل بجسم السيارة وعملية التأريض في الطائرة أو حتى في القمر الصناعي هي توصيل بجسم الطائرة أو جسم القمر الصناعي وعلى ذلك فإن لفظ التأريض في جميع المواصفات والمراجع الامريكية تعني الجسم الذي يمر فيه التيارات عن طريق التوصيل الكهربائي معه الذي يعتبر جهده صفراً بالنسبة لباقي المنظومة . أما لفظ التأريث فيستعمل للدلالة على الأرض ذاتها .

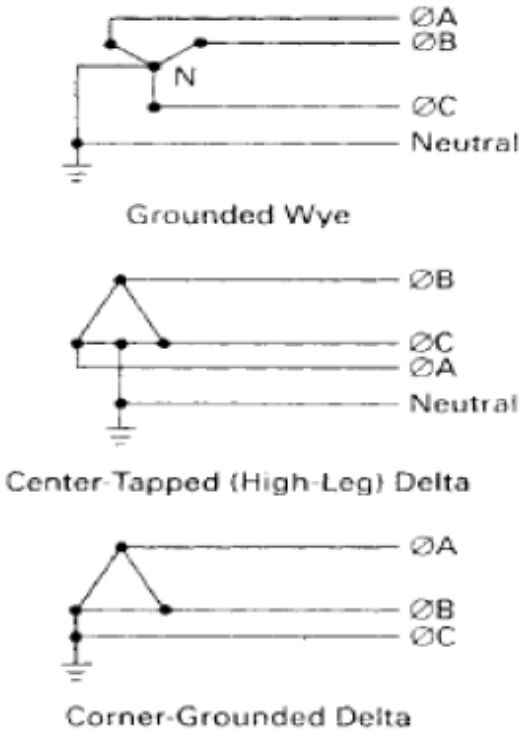
6-2 المنظومة غير المؤرضة Ungrounding system :

يطلق إسم المنظومة غير المؤرضة على المنظومة التي لا تحتوي على إتصال معتمد بالأرض عن طريق توصيل نقطة التعادل بالأرض مثلاً أو عن طريق إستخدام طرق معينة للحصول على مسار أرضي كما في الشكل (2-1) ، علماً أنه لا توجد منظومة كهربائية معزولة عزلاً كاملاً عن الأرض ، إن أي موصل يعمل كمتسعة مع الأرض على ذلك فعندما يرتفع جهد موصل عن جهد الأرض تمر تيارات سعوية بين الموصل والأرض، ويمكن إعتبار أن المنظومات غير المؤرضة هي في الواقع منظومة مؤرضة بواسطة مكثفات .

كانت معظم منظومات القوى في الماضي غير مؤرضة ، حيث كانت نقطة التعادل تترك معزولة ومع زيادة التطور الذي حدث في تلك المنظومات سواء من حيث كمية الأحمال أو عدد الأجهزة الموجودة في المنظومة أصبح تشغيل المنظومة بنقطة التعادل المعزولة أمراً غير مقبول سواء من ناحية سلامة الأفراد وسلامة الأجهزة أو من ناحية متطلبات التشغيل . ومع زيادة متطلبات الطاقة وأهمية إستمرارية التشغيل أصبحت عملية تشغيل المنظومة المؤرضة هي الخيار الأسلم والخبرة السائدة في جميع أنحاء العالم.



الشكل (2-1) المنظومة الغير مؤرضة



الشكل (2-2) المنظومة المؤرضة

2-6-1 الفرق بين المنظومات المؤرضة وغير المؤرضة :

يمكن تلخيص الفرق بين المنظومة المؤرضة كما في الشكل أعلاه والمنظومة الغير مؤرضة حسب الجدول (2-1) .

الجدول (2-1) الفرق بين المنظومة المؤرضة والمنظومة الغير مؤرضة

الموضوع	المنظومة المؤرضة	المنظومة غير المؤرضة
إستمرارية الخدمة	أكثر إستمرارية بالخدمة كما أثبتت التجارب وذلك لتزويدها بأجهزة أكثر حساسية ودقة لتحديد أي خطأ يحدث بالمنظومة وفصلها عنها بإنتقاء كامل	عمرها محدد بحدوث أول عطب بالدائرة لأنها تحتوي على أجهزة حساسة بحالة تسرب تيار الأرضي
مخاطر إرتفاع الجهد	لا تنشأ هذه الظاهرة بين الأطوار السليمة عندما يكون الثالث بحالة قصر مع الأرض	تنشأ هذه الظاهرة بين الأطوار السليمة عندما يكون الثالث بحالة قصر مع الأرض وقد يصل هذا الإرتفاع إلى 170%، وإن هذا الإرتفاع يتسبب في تلف العوازل الكهربائية والكثير من الأجهزة والآلآت .
إمكانية منظومة الحماية	في حالة تأريض المتعادل فإنه يسمح بوجود مسار التيار الصفري وهذا ما يجعل ضبط وأداء أجهزة الحماية أكثر دقة	لا تحتوي على مركبات التتابع الصفري للتيار والفولتية.
ظاهرة القوس الكهربائي	لا تحدث هذه الظاهرة	تحدث هذه الظاهرة عند حدوث دائرة قصر بين أحد الأطوار والأرض حيث يتولد قوس كهربائي بينهما عند نقطة إتصالهما مما يشكل خطر على الأفراد والمنشأت.

إمكانية التأريض الوقائي(يأتي شرحه لاحقا)	تسهل عملية التأريض الوقائي وتأريض الأجهزة حيث يتكون مسار بين إلكترود منظومة التأريض الوقائي ومنظومة القدرة الرئيسية أثناء حدوث قصر أرضي يساعد في خفض قيمة جهد التوصيل	لا توجد هذه الإمكانية .

7-2 المعدات والأجهزة الواجب تأريضها :

1- جميع الأجسام المعدنية الموجودة رأسيا وطولها يزيد عن 2.4 متر أو أفقيا ويزيد طولها عن 1.5متر والمعرضة للملامسة مثل خزان الوقود.

2- جميع الأجهزة الكهربائية .

3- جميع نقاط مخارج القدرة ووحدات الإنارة.

4- قطب المتعادل لضمان سلامة الأشخاص والمعدات وتحقيق التيار الصفري وعدم إرتفاع الجهد في حالة دائرة القصر لأي الاطوار مع الأرض .

8-2 أنواع التأريض :

1- تأريض المتعادل (تأريض الخدمة) Function Grounding :

هو عبارة عن توصيل جسم موصل للتيار في الدائرة الكهربائية إلى الأرض من خلال جهاز كهربائي ، ويستفاد منها كمعادل للحصول على فولتية الموصل الحامل للتيار مقسومة على جذر الرقم ثلاثة ، مثلا إذا كانت الفولتية 380 فولت عند عمل التأريض سوف نحصل على 220 فولت ، وبذلك يتحقق التيار اللازم لتشغيل المعدات التي تعمل على 220 فولت كالإضاءة والأجهزة ....إلخ .

2- التأريض الوقائي أو الواقي Protection Grounding :

هو التأريض جسم غير موصل للتيار الكهربائي إلى الأرض مثل هياكل الأجهزة الكهربائية وتستعمل لحماية الإنسان من التلامس الكهربائي وإنتقال التيارات الساكنة إلى جسم الإنسان ويعمل على :

أ) منع تشكل أي جهد على الوسط المحيط عند حدوث أي خطأ مثلا هياكل المعدات الغير حاملة للتيار الكهربائي ويكون ذلك بربط جميع هياكل المعدات إلى نظام التأريض.

ب) يسمح بتمرير الشحنات الإستاتيكية التي تتشكل على الهياكل المعدنية للمعدات الكهربائية والأجهزة على الأرض.

ت) يعمل على تفريغ الشحنات الكهربائية الناتجة من الصواعق إلى الأرض.

ث) تمرير التيار اللازم لأجهزة الحماية في حالة حدوث دائرة القصر.

3- التأريض المحلي Local Grounding :

يتم التأريض المحلي بالموقع العام في الأبنية الكبيرة أو على مسافات متباينة في المدن حتى تمنع من إرتفاع جهد نقطة التعادل عن القيمة المسموح بها ويتم ذلك ممن خلال ثلاثة أقطاب نحاسية على شكل مثلث أو شكل متوازيا على أن لا يقل طول الضلع عن 2 متر، تدفن داخل الأرض على عمق كبير من سطح الأرض وطبقا للمواصفات المعمول بها حسب الدول ويتم إختياره من النحاس كون مقاومته النوعية قليلة مقارنة مع المعادن الأخرى بالرغم من أن الذهب أقل مقاومة ولكنه باهظ الثمن ويشكل خطورة لتعرضه للسرقة إذا تم إستعماله .

يصلح هذا النوع من التأريض للمناطق الصناعية وللمباني الضخمة للإستهلاك الكهربائي علاوة على ذلك أنه هام للمنازل الصغيرة أيضا ويجب أن يكون بإشراف المختصين من دائرة الكهرباء حتى تصبح العملية بدون مقننات وخلافا للفوضى التأريضية وهو ما يجب أن يسمح بحدوثه خصوصاً ، وهذا التأريض قد يؤثر بطريقة غير مباشرة على قيمة التيارات القصرية التي تمر بالمفاتيح الكهربائية ، وتزيد بقدر غير محسوب ويفوق حدود تشغيلها فتؤدي إلى تدميرها .

4- التأريض الشبكي Grid Grounding :

في محطات التوليد أو محطات التوزيع (محطات المحولات) عالية الجهد يستعمل هذا النوع من التأريض كونه عرضة لتيارات القصر وكون هذه التيارات هائلة القيمة وتعطي جهداً خطراً مع أقل المقاومات ويكون فوق التصور، ولذلك فعدم عمل هذا النوع داخل المحطات يكون العاملون والمتواجدون في المحطات بخطر كبير.

ويكون بجعل مقاومة التأريض متناهية الصغر ، ويمكن تحقيق هذا النوع بجعل قضبان التأريض مربوطة على التوازي لتقليل مقاومتها ، وكذلك يمكن تقليل قيمة محصلة مقاومة التوازي في التأريض الشبكي بأن تستغل الأقطاب الرأسية ليخرج منها على طول إرتفاعها عددا آخر من الأقطاب الأصغر لتكون أفقية الوضع فتصبح كلها متوازية التوصيل لنقل المقاومة لكل قطب رأسي وبذلك يكون جهد التلامس غير خطير أو ضار وتصبح نقطة المتعادل داخل المحطة آمنة ويستطيع الفرد أن يتعامل معها دون خوف وبأمان كامل.

5- التأريض الإستاتيكي Static Grounding :

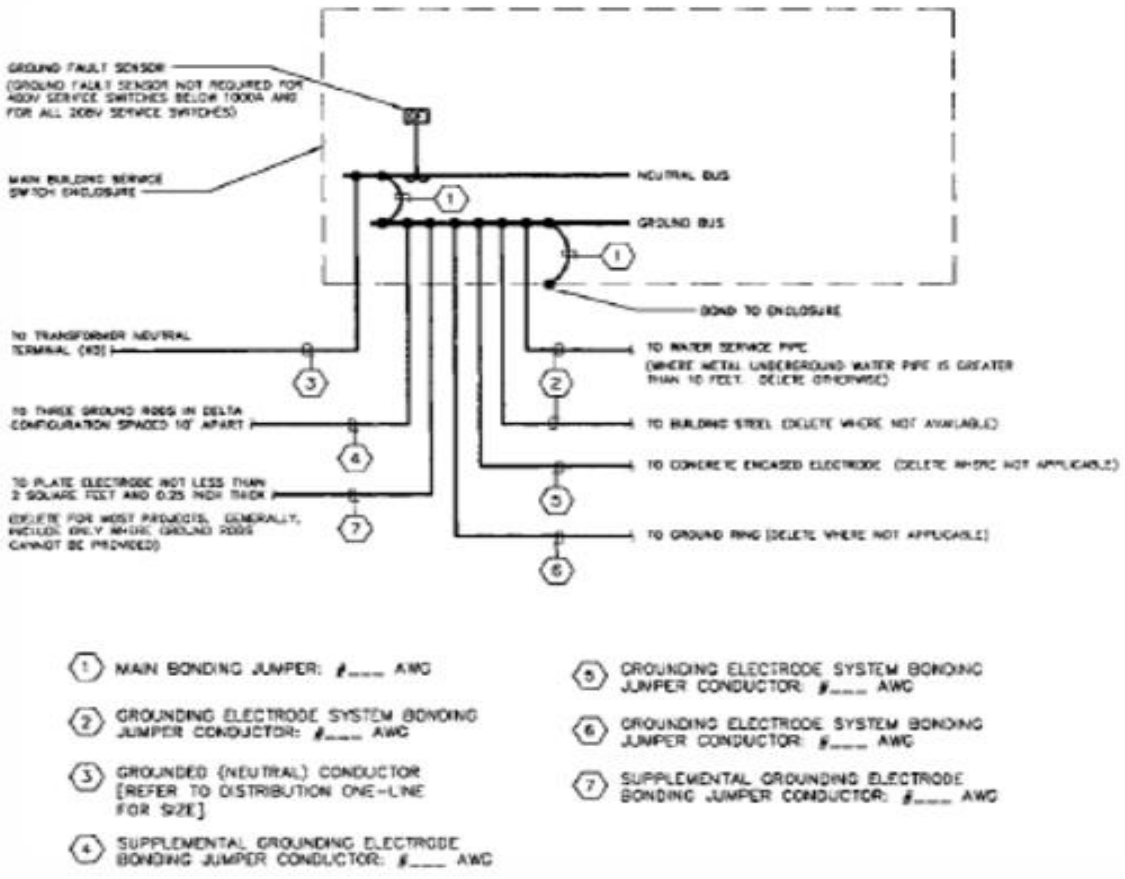
ويستخدم لغرض ضمان تسرب الشحنات المستقرة التي تتولد في الحاويات والأوعية والخزانات أثناء التحميل أو التفريغ حيث إن توفر التأريض الجيد يؤدي إلى تسرب الشحنات المتولدة نتيجة حركة السائل داخل هذه الأوعية إلى الأرض وعدم تكون جهد خطر على تلك الأوعية والخزانات والحاويات .

9-2 طرق تأريض نقطة المتعادل Neutral مع الأرضي :

يتضح مما سبق أن تأريض المنظومة أصبح أمرا ضروريا في عمليات تصميم وأداء وحماية منظومات القوى الكهربائية وطرق عمل التأريض بين نقطة المتعادل والأرض يتم بإحدى الطرق التالية :

1-9-2 التأريض المباشر Direct or Solid Grounding :

يتم فيه التوصيل بين نقطة المتعادل والأرض بموصل دون وجود أي معاوقة بينهما وكما أسلفنا فإن هذه الطريقة تؤدي إلى الخطر على العاملين وذلك عند حصول عطل أرضي (قطع أحد الأطوار وتلامسه مع الأرض) فيسبب بتدفق تيار عالي يسبب عطل المحولة، وكذلك صعود فولتيات باقي الأطوار عند حصول عطل أحد الأطوار .



الشكل (2-3) التأريض المباشر

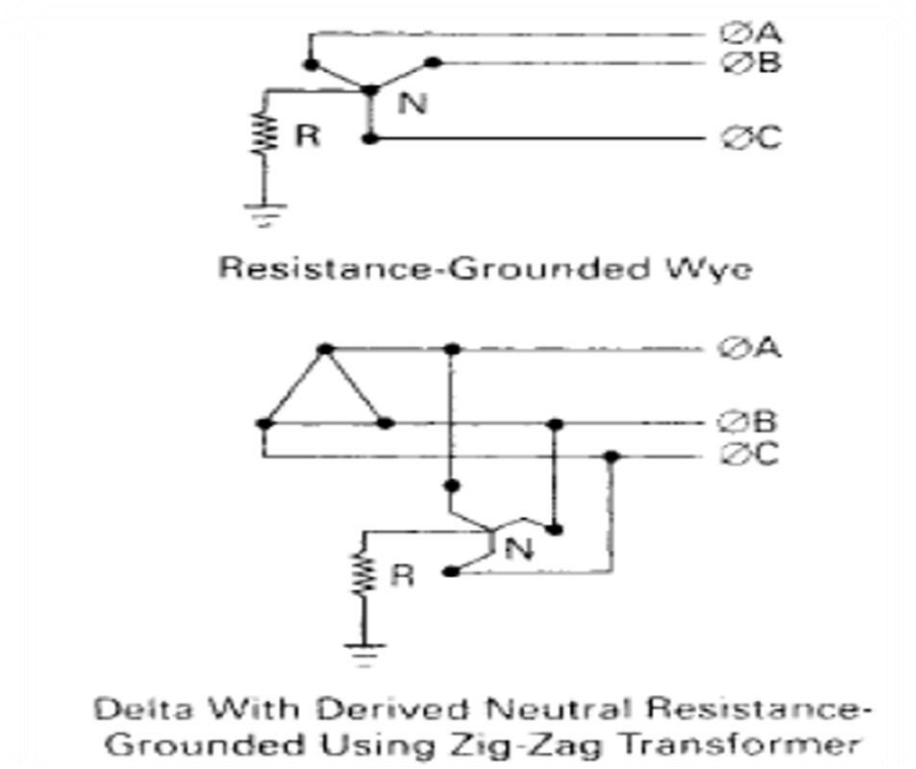
2-9-2 التأريض مع مقاومة Resistance Grounding :

يكون التوصيل للمتعادل مع الأرضي بواسطة معاوقة معظمها مقاومة ويكون فيها مقاومة الأرضي عالية لغرض تحديد تيار العطل مع وجود مشكلة الحرارة في المقاومة وكذلك حجم المقاومة كما في الشكل (4-2) .

ويتم حساب هذه المقاومة حسب القانون التالي :

حيث :

C ≡ متسعة الأرض . r,s,t ≡ الأطوار الثلاثة .



الشكل (2-4) التأريض مع المقاومة

2-9-3 التأريض بمفاعلة Reactance Grounding :

يكون التوصيل فيه من خلال معاوقة عبارة عن مفاعلة ، وتكون ممانعة الأرضي متوسطة بين الأرضي المفتوح والأرضي الصلب ، ولكن يكون سعر هذه المنظومة أعلى من النوع الأول ولكن خصائصه أفضل منه .

2-9-4 التأريض عن طريق ملف كابح القوس Arc-Suppression Coil :

يوضع بين نقطة المتعادل والأرضي ويمكن تنغيمه على رنين مع سعة المنظومة عند حدوث القصر الأرضي .

2-9-5 التأريض بإستخدام محولات التأريض :

في هذه الحالة يستخدم محول زكزاك للحصول على نقطة تعادل للمنظومة في حالة عدم وجود مثل هذه المنظومة كما في حالة توصيلة الدلتا مثلا ، ويسمى هذا المحول بمحول التأريض حيث يتم بعد ذلك توصيل نقطة المتعادل بالأرض، ويمكن إستخدام محول نجمة/دلتا في عملية الحصول على نقطة المتعادل ، ومن أنواع محولات التأريض :

1- محول الزكزاك Zigzag .

2- محول ال Open Delta .

3- محول المعاوقة العالية ، ويستخدم في تأريض المولدات .

محولات التأريض وجدت أساساً لغرض تجهيز نقطة المتعادل لغرض إعطاء إمكانية التأريض منها في الأنظمة التي تفتقدها قد تكون من ملفين إبتدائي أو ثانوي أو ملف واحد وهنا يكون المحول على شكل محول ذاتي Auto Transformer .

وفي هذا النوع ذي الملفين تكون المحولة دلتا/نجمة وهنا في ملف نجمة والذي هو الملف الإبتدائي يعطينا نقطة المحايد التي يمكن تأريضها وفي النوع الثاني يتم ربط المحولات بطريقة النجم المتداخل أو يدعى الزكزاك والغاية من المحولات أعلاه تجهيز مسار لتيار الأعطال الأرضية من خلال المحولة ولتحديد إزاحة المحايد ضمن حدود معينة في بعض الأحيان تربط جهة الدلتا من محولات نقل الطاقة لإمكانية هذه المحولات جهة الضغط الواطئ في إعطاء خط تغذية بأربعة أسلاك يجب أن تكون ممانعة التأريض (ZI) متساوية على الأقل مع فولتية الطور إلى المتعادل.

الفصل الثالث

(مقاومة التأريض و المبادئ والأدوات المستخدمة في التأريض)

الفصل الثالث

مقاومة التأريض و المبادئ والأدوات المستخدمة في التأريض

1-3 مقاومة منظومة التأريض :

هذا هو الموضوع الذي يجب التحقيق فيه عند عمل منظومة الأرضي لكون نجاح المنظومة أو فشلها يعتمد عليه وعلى أساسه تحدد أنواع المنظومات وطريقتها . وتتكون مقاومة منظومة التأريض من :

1- مقاومة قضيب التأريض ومقاومة الموصلات المربوطه مع القضيب .

2- مقاومة التلامس بين قضيب التأريض والتربة .

3- مقاومة الارض المحيطة بقضيب التأريض .

وكما أسلفنا سابقاً أن طول القضيب الأرضي له تأثير كبير بتقليل مقاومة الأرضي لزيادة المساحة السطحية وبلوغ قضيب التأريض مسافة أقرب إلى باطن الارض .

كذلك إن مقاومة قضيب التأريض والموصلات المربوطة معه ليست كبيرة بل يمكن إعتبارها مهملة وكذلك مقاومة التلامس بين القضيب والتربة تكون صغيرة هي الأخرى أي أن مقاومة الأرضي تكمن في مقاومة التربة المحيطة بقضيب التأريض ، ويمكن إعتبارها (مقاومة التربة المحيطة بقضيب التأريض) مجموعة من القشرات المحيطة بقضيب التأريض فكلما زادت المساحة السطحية للقشرة قلت مقاومتها أي مقاومة الأرض تكون غير خطية بمعنى أنها تكون صغيرة قرب مركز الأرض والعكس صحيح .

2-3 قيمة المقاومة للأرض :

إن القيمة المثالية للمقاومة للأرض هي صفر ولا يمكن التوصل إليها عملياً ، ولكن يمكن التوصل إلى قيم صغيرة من أوم واحد ، إلا أن هذه القيم المنخفضة ليست بالضرورة في كثير من الحالات فمن وجه عام فإن قيمة المقاومة اللازمة تتناسب عكسياً وحجم تيار القصر للأرض فكلما كبر هذا التيار وجب أن تصغر المقاومة . وحيث أن مفاعلة الكابلات أصغر من مفاعلة الخطوط الهوائية نجد أن تيارات القصر أكبر في الكابلات .

بالنسبة لمحطات التوليد ومحطات التحويل الكبيرة يجب ألا تزيد قيمة المقاومة للأرض عن أوم واحد. أما بالنسبة لمحطات التحويل الصغيرة والنشآت الصناعية فيستحسن أن تكون المقاومة أقل من 5 أوم .

وجدير بالذكر أنه في كثير من المواصفات القياسية للدول المختلفة القيم القصوى المسموح بها للمقاومة للأرض فمثلاً المواصفات القياسية الأمريكية (1977) ألا تزيد قيمة المقاومة عن 25 أوم في حين أن المواصفات الألمانية القياسية (VDE0100) ألا تزيد المقاومة عن 5 أوم .

من الأمور التي يجب إتباعها الإهتمام بدراسة مقاومة التربة ويجب ملاحظة أن مقاومة التربة تتغير بتغير العمق كما أنها تعتمد على كمية الأملاح ودرجة تركيزها وبالإضافة إلى كمية الرطوبة ودرجة الحرارة .

1-2-3 المقاومة النوعية للتربة :

تؤثر المقاومة النوعية للتربة على مقاومة الأرضي وهي من أهم المؤثرات وتكمن المشاكل الخاصة بالتأريض بتقليل هذه المقاومة النوعية للتربة على عدة عوامل منها :

1- نوع التربة .

2- رطوبة التربه أو مستوى الماء في التربة .

3- المقاومه النوعيه للسوائل الموجوده في التربة .

4- حرارة التربة.

5- الفصل من المناخ (صيف ، شتاء ، خريف ، ربيع) .

كذلك فإن متوسط القيمة لمقاومة الترب المختلفة تبين في الجدول رقم (3-1) كذلك القيم التقريبية .

الجدول (3-1) متوسط القيم لمقاومة الترب المختلفة والقيم التقريبية

نوع التربة	المقاومه النوعيه(أوم.متر)	
	القيمة التقريبية	القيمة المتوسطة
تربه رطبة	10----- 50	30
تربه طينية زراعية	20 ----- 200	100
تربه رملية رطبة عمق 2 متر	200 ----- 600	450
تربه رملية جافة	500 ----- 1500	1000
صخر جامد عمق 2 متر	200 ----- 2000	1500
تربه حجرية	300 ----- 800	3000
تربه صخرية	مقاومة عالية جداً	-----

3-2-2 طرق خفض مقاومة التأريض :

بعد الإنتهاء من تأريض المبنى واللوحات الرئيسية والفرعية يتم قياس مقاومة التأريض بواسطة أجهزة خاصة بذلك فإذا لوحظ أنها تزيد عن الحد المسموح به وهو 25 أوم فإنه يلزم خفض هذه القيمة بإستخدام طريقة أو أكثر من الطرق التالية :

1- زيادة قطر قضيب التأريض :

زيادة قطر قضيب التأريض لتزيد المساحة المعرضة لملامسة التربة إلا أن زيادة قطر

قضيب التأريض لا يتبعها خفض ملموس في مقاومة التأريض بالإضافة إلى أنه لا يفضل إستخدام أقطارأكبر من 18 ملم .

2- زيادة طول قضيب التأريض :

يمكن أن يتم ربط أكثر من قضيب عن طريق جلبة من نفس المعدن للحصول علي الطول المناسب ورغم أن الطول الموصى بإستخدامه في (NEC) هو 240 سم للتربة العادية إلا أنه يمكن زيادة هذا الطول إلى 15 متر لأنواع التربة الرديئة .

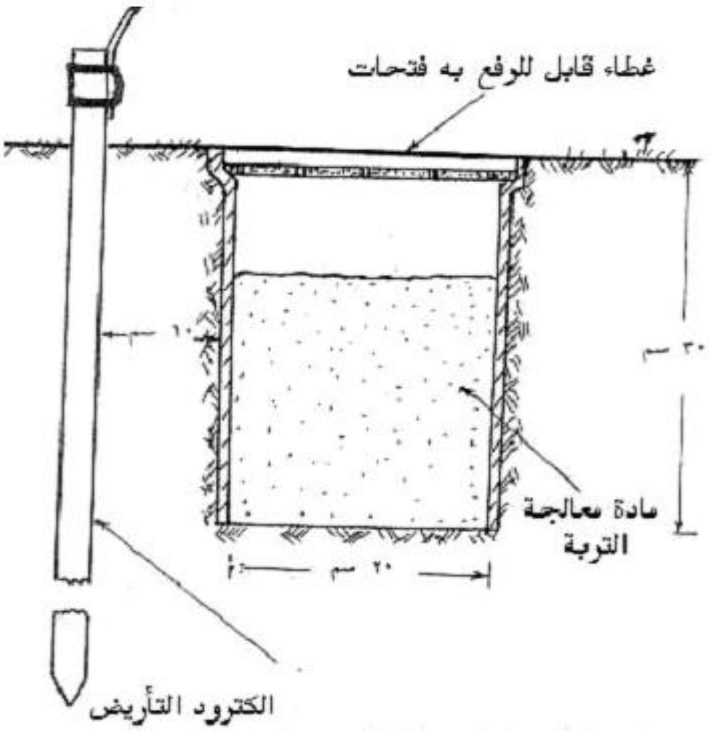
3- زيادة عدد قضبان التأريض :

يمكن إستخدام أكثر من قضيب مدفون في الأرض علي مسافات لا تقل عن 240 سم بين القضيب والآخر وذلك للحصول على أفضل قيمة ممكنة لمقاومة التأريض .

4- معالجة التربة كيميائياً :

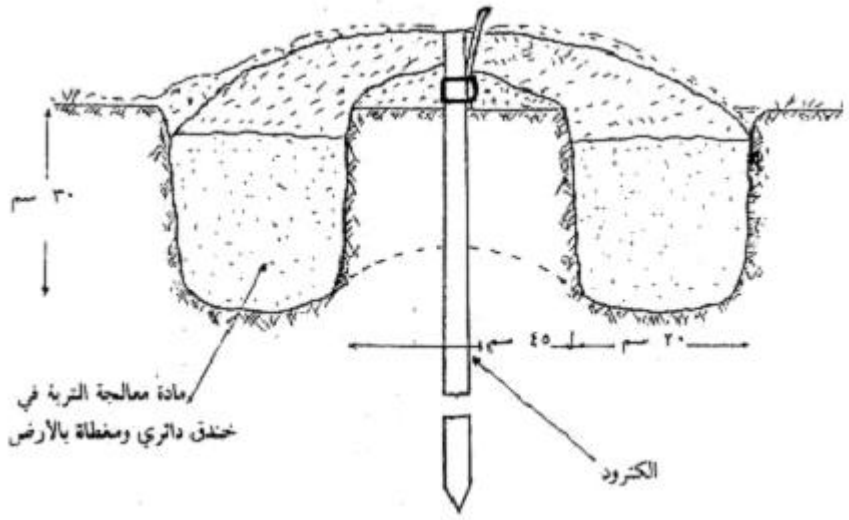
تعالج التربة المحيطة بقضيب التأريض كيميائياً للحصول علي مقاومة للتأريض بأحد الطرق التالية :

أ) تعمل حفرة مجاورة لقضيب التأريض وتبعد عنه بمسافة لا تزيد عن 10 سم وتملأ بأملاح كبريتات الماغنيسيوم أو ملح صخري حتي منسوب 30 سم من سطح الأرض ويصعب تنفيذ هذه الطريقة في حالة عدم وجود فراغ كافي بجوار قضيب التأريض.



الشكل (3-1) الحفرة المجاورة لقضيب التأريض

ب) أو يتم عمل خندق دائري حول قضيب التأريض بحيث لا يقل القطر الداخلي للخندق عن 45 سم وعمق 30 سم ويملأ هذا الخندق بالمواد الكيميائية السابق ذكرها . ويجب ألا يكون هناك إتصال مباشر بين المواد الكيميائية وقضيب التأريض حتى لا يتسبب في تكوين طبقة من الصدأ علي ذلك القضيب. والكمية التي يفضل وضعها تكون في حدود 18 إلى 40 كيلوجرام 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 علي تسرب المواد الكيميائية للتربة أما بعد ذلك فإن مياه الأمطار كافية للقيام بهذه العملية .



الشكل (3-2) خندق دائري حول قضيب التأريض

3-3 التحات أو الالتآكل الكيميائي :

إذا تواجد معدنان مختلفان منفصلان في وسط رطب ، أو تواجدت وصلة من هذين المعدنين في مكان رطب ، نجد أنه مع مرور الوقت يحدث تآكل لأحد المعدنين . والسبب في ذلك هو الفعل الإلكتروليتي الذي يؤدي إلى تحات المعدن الأكثر أنودية . ويبين الجدول (3-2) الترتيب الجلفاني لعدد من المعادن ، ويعتبر المعدن أكثر أنودية من معدن آخر إذا كان يسبقه في الترتيب فمثلاً الصلب المجلفن أكثر أنودية من النحاس (فرق الجهد بينهما هو 0.8 فولت) . وإذا تواجدت ماسورة من الصلب المجلفن مدفونة بجوار إكترود (أو أكثر) تأريض من النحاس فإن ذلك يؤدي إلى تحات الماسورة ولإيصاب النحاس بأي ضرر وقد تتكون طبقة من الأملاح الإلكتروليتي. ولأي معدنين فإن معدل حت المعدن الأكثر أنودية يتناسب طردياً مع مساحة الكاثود وعكسياً مع مساحة الأنود.

الجدول (3-2) الترتيب الجلفاني لبعض المعادن

المعدن	الجهد الجلفاني
أنود	
الماغنيسيوم وسبائكه	-1.6
صلب مجلفن	-1.05
حديد مجلفن	-1.05
ألمنيوم	-0.75
الحديد الزهر	-0.7
ديورااليومين	-0.6
الرصاص	-0.55
الصفيح (صاج مطلي بالقصدير)	-0.5
صلب مطلي بالكروم (سمك 0.005) بوصة	-0.5
صلب الكروم 18/2	-0.35
النحاس وسبائكه	-0.25
لحام الفضة	-0.2
صلب مطلي بالنيكل	-0.15
الفضة والنحاس المطلي بالفضة	0.00
الكربون	0.1
الذهب	0.15
البلاتين	0.15
الكاثود	

إذا كانت وصلات التأريض مكونة من معدنين مختلفين فيجب مراعاة النقاط التالية :

1- أن لا يكون المعدن الأكثر أنودية هو جسم المعدات أو الإنشاءات .

2- أن تكون الوصلات فوق سطح الأرض .

3- أن تكون الوصلات محمية من الرطوبة .

4- أن تكون الوصلات في أماكن يسهل الوصول إليها لغرض التفتيش .

5- أن يتم التفتيش علي الوصلات كل عام .

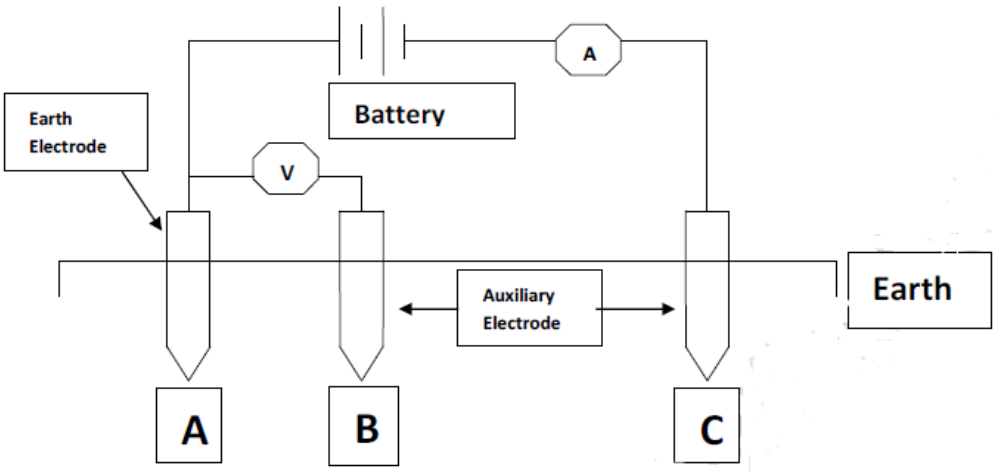
4-3 طرق قياس مقاومة الأرضي :

1. طريقة هبوط الجهد fall potentiol method

يوضح الشكل رقم (3-3) الدائرة الكهربائية التي تستخدم لهذا القياس وهي عباره عن إضافة أقطاب مساعدة لقياس مقاومة القطب المراد حساب مقاومته بقانون أوم.

$$R_a = V_{ab}/I$$

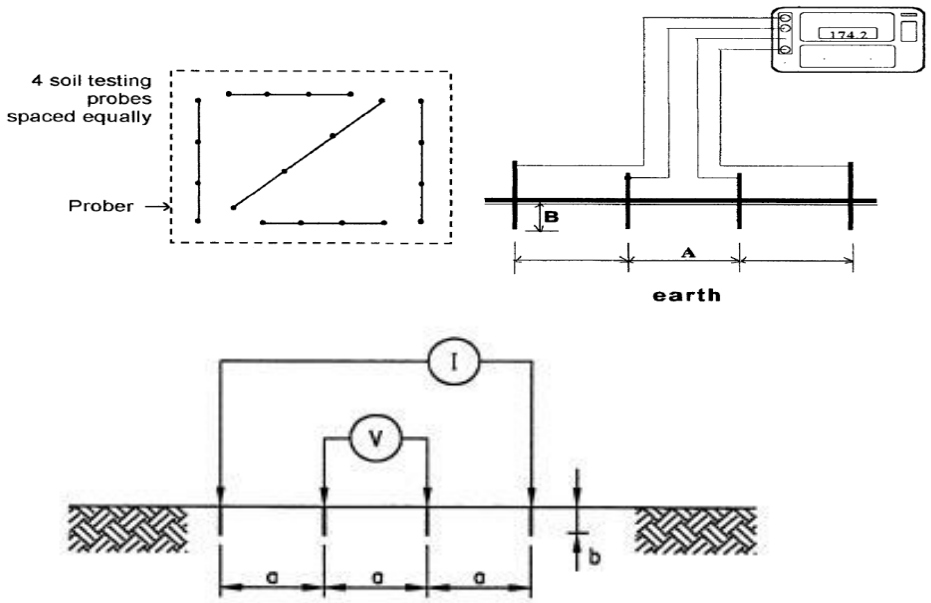
بحيث يمر تيار من القطب a إلى القطب c عن طريق الأرض ، يربط جهاز فولتميتر بين القطب a و b وذلك ليقاس فرق الجهد بينهما ، وكذلك نقوم بربط بطارية و أميتر على الأقطاب a وc لقياس فرق الجهد الناتج في جهاز الفولتميتر وعند التطبيق القانون أعلاه نحصل علي مقاومة القطب a وهي المراد حسابها.



الشكل (3-3) طريقة هبوط الجهد

2. طريقة Weinner four-pin :

يتضمن مفهوم هذه الطريقة إستخدام أربعة أقطاب إلى الأرض على طول خط مستقيم على مسافات متساوية وعمق معين. ثم يتم قياس الجهد بين القطبين الداخليين وقسمته على التيار بين القطبين الخارجيين ، سيعطي هذا قيمة المقاومة R . يمكن ملاحظة هذه الطريقة في الشكل (3-4) حيث a مسافات متساوية متباعدة والعمق b .



الشكل (3-4) طريقة Weinner four-pin

3-5 المبادئ العامة للتأريض الشبكي :

1- تقليل فرق الجهد بين الأجزاء المعدنية المكشوفة المتجاورة وكذلك بينهما والأرض من ناحية أخرى....ويكون ذلك بين الأجزاء المعدنية المتجاورة من ناحية وكذلك ربطها بشبكة أرضية ذات مقاومة كهربائية منخفضة بالربط المتساوي للجهد Equipotential Bonding حيث يؤدي ذلك إلى تقليل جهد التماس قدر الإمكان وكذلك جهد الخطوة (Touch & Step Voltage) وبالتالي إلى حماية الأشخاص من الصعقات المميتة .

2- تقليل ممانعة قطب الأرضي ، ويكون ذلك بإستخدام موصلات التأريض الشبكي ذات حجوم مقاومتها قليلة إضافة إلى إختيار نوع أقطاب الأرضي المدفونة في الأرض و أعدادها وأعماق ومناطق دفنها بحيث توفر أقل مقاومة إلى كتلة الأرض .

إن تقليل ممانعة دائرة العطب الأرضي تؤدي إلى سريان تيارات عالية خلالها عند حدوث تماس كهربائي وهذا هو المهم وما نسعى إليه (لتجنب الأخطار على الإنسان) حيث يؤدي ذلك إلى تحسس أجهزة الحماية الكهربائية وبالتالي إلى قيامها بقطع التيار الكهربائي عن الجزء المعطوب أي عزله عن الأجزاء السليمة من الدائرة الكهربائية وخلال وقت قصير فتوفر الحماية الكافية للتأسيسات من الأعطاب والحرائق وحماية الأشخاص من خطرالصعقة الكهربائية ، وإن زمن القطع عادة يتراوح بين جزء من الثانية الواحدة وبضع ثواني عكسيا مع مقدار العطب الأرضي وجهد التماس .

1-5-3 جهد اللمس Touch Potential :

عند وقوف إنسان ويكون ملامساً لجسماً أو غلاف معدني مؤرض (متصل بالأرض) أثناء مرور تيار خطأ تلامس بالأرض في هذا الجسم فإن هذا التلامس يتسبب في تكوين مسار لتيار القصر داخل جسم الإنسان الملامس له كما بالشكل (3-5) ويكون قيمة التيار المار في الجسم متناسبا مع المقاومات الكلية المكونة التي تحدد قيمة هذا التيار وهي :

أ / مقاومة اللمس بين جسم الإنسان والجسم المعدني.

ب / مقاومة جسم الإنسان نفسه .

ج / المقاومة بين كل قدم من قدمي الجسم والأرض .

د / مقاومة الأرض من نقطة التأريض حتى موضع وقوف الشخص .

هـ / مقاومة الأرض من موضع وقوف الشخص حتى نقطة التأريض اللانهائية .

ولتلاشي الخطر من إرتفاع جهد اللمس أثناء حدوث خطأ القصر الأرضي يجب عمل الآتي :

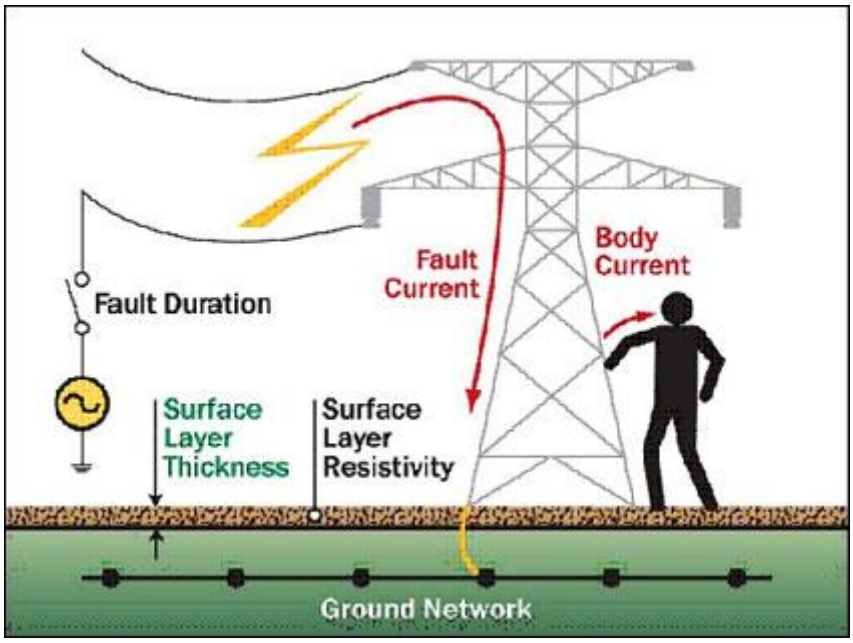
أ / تقليل زمن الصدمة الكهربية عن طريق إستخدام أجهزة حماية وفصل ذات أداء سريع بالنسبة لخطأ التماس بالأرض .

ب / زيادة مقاومة اللمس بين الجسم وكل من الجسم المعدني والأرض عن طريق إستعمال قفازات مطاطية وأحذية عازلة أثناء الوقوف بجانبه أو التعامل مع المعدات الكهربية المؤرضة .

ج / زيادة مقاومة الجسم المكافئة عن طريق استعمال ملابس عازلة و جافة وغير مشبعة بالرطوبة وكذلك مراعاة أن يكون الجسم جافا .

د / تقليل مقاومة الأرض بقدر الامكان .

هذا يؤدي إلي تقليل قيمة التيار المار في جسم الإنسان لنفس ظروف الصدمة الكهربية .



الشكل (3-5) جهد اللمس

3-5-2 جهد الخطوة Step Potential :

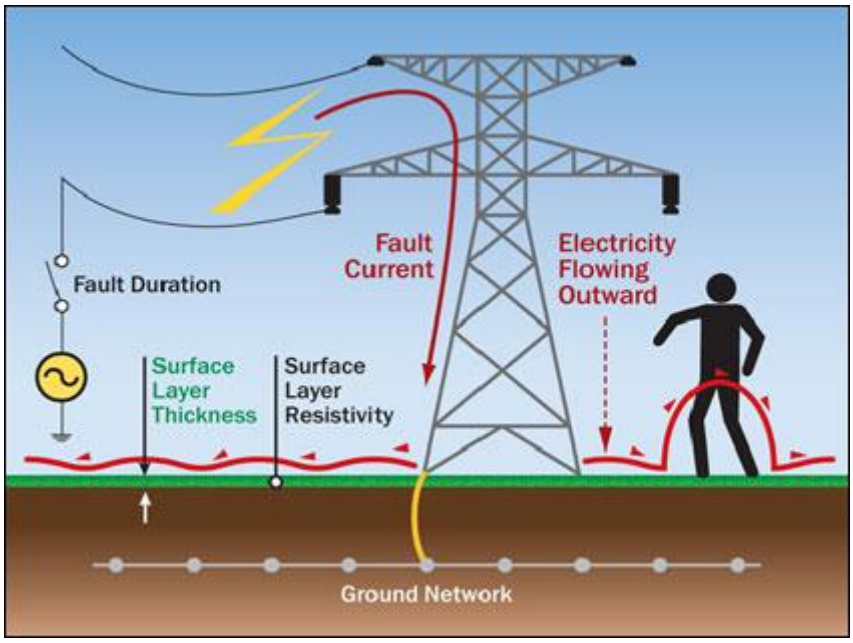
عندما يتحرك شخص علي مسافة ليست بعيدة من جسم مؤرض ويتصادف حدوث خطأ تماس في الأرض المار عليها فإنه ينشأ فرق جهد بين قدمي الإنسان نتيجة وجود مقاومة بين القدمين و كذلك مقاومة القدمين ويمر تيار في الجسم بين القدمين كما بالشكل (3-6) يؤدي إلى حدوث صعق كهربي يؤثر علي حياة الأفراد المتواجدين لحظة حدوث الخطأ .

ولزيادة أمن الأفراد وتلاشي خطر إرتفاع جهد الخطوة داخل المحطات وفي الأماكن القريبة من المعدات المؤرضة يجب عمل الأتي :

أ / إستخدام شبكات تأريض مدفونة كحصائر تأريض تحت سطح مستوى الأرض في محطات الكهرباء والأماكن القريبة من المعدات الكهربية المؤرضة .

ب / تقليل مقاومة الأرض وبالتالي تقل مقاومة الأرض بين قدمي الشخص .

ج / زيادة مقاومة التلامس بين قدمي الشخص المار والأرض وذلك بإرتداء أحذية سلامة عازلة كهربياً .



الشكل (3-6) جهد الخطوة

3-6 الأجزاء الرئسية لممانعة دائرة العطب الأرضي :

3-6-1 نظام (TT) :

تكون ممانعة دائرة العطب الأرضي في هذا النوع عبارة عن مقاومة موصلات الدائرة وموصلات الشبكي وتكون منخفضة جداً، ثم مقاومة أقطاب الأرضي من جهة المصدر (مقاومة نقطة المتعادل للمحولة والأرض) ومن جهة المستهلك ، يفترض أن تكون مقاومتها قليلة (جزء من الأوم لغاية بضعة أومات) إن كانت أقطاب الأرضي بحالة جيدة، وأخيراً مقاومة العطب.

في هذا النوع من المنظومات تشكل مقاومة الأقطاب الأرضية الجزء الأكبر من المقاومة الكلية لدائرة العطب الأرضي ، لذا تلعب دوراً أساسياُ في فعالية التأريض الشبكي ككل ويتطلب الإهتمام بمراقبتها وصيانتها.

3-6-2 نظام (TN) :

تتكون دائرة ممانعة العطب الأرضي هنا كليا من موصلات الدائرة وموصلات الشبكة الأرضية إضافة إلى منطقة العطب دون الإعتماد على مقاومة أقطاب الأرضي ، لذا تكون أجهزة الحماية الكهربائية في الدوائر الكهربايئة المرتبطة بهذه المنظومات ذات تحسس وفعالية أكبر في عزل العطب الأرضي من مماثلاتها من النوع الأول.

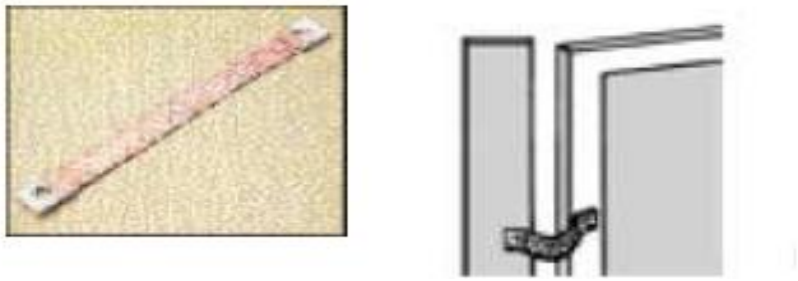
7-3 أدوات التأريض :

1-7-3 موصل التأريض Grounding conductor :

يقوم موصل التأريض بالتوصيل بين الأجهزة أو المعدات أو الأجسام المعدنية المراد تأريضها أو أي شئ اخر مراد تأريضه وقطب التأريض وتحدد مقاومته حسب نوع الإستخدام ويفضل أن تكون مقاومته قليله ويكون موصل التأريض علي عدة أنواع منها:

أ- سلك مجدول من النحاس أو الألمونيوم معزول بمادة بلاستيكية باللون الأخضر أو الاخضر مع الاصفر ويتم تمديده مع موصلات الدوائر الكهربائية وكذلك لربط لوحات التوزيع الفرعية والرئيسية ومنظومة الأرضي الأخرى.

ب- حصيرة مجدولة عارية من النحاس أو الحديد المغلون تستخدم لربط الأجزاء المتحركة مع الأجزاء الثابتة مثل الأبواب والمحركات الكهربائية المتحركة وغيرها كما في الشكل (3-7) .



الشكل (3-7) حصيرة مجدولة

ج- شريط مصمت عريض نحاسي أو من الألمونيوم يستخدم لربط المستقبلات الخاصة بمنظومة الصواعق أو للمساعدة في عملية التأريض مثلاً حول مواقع المبنى أو خلال حديد التسليح أو يستخدم كذلك لربط منظومة الأرضي مع لوحات التوزيع الرئيسية .

د- سلك مجدول من النحاس أو الألمنيوم غير مغلف بمادة بلاستيكية (عاري) يستخدم لنفس الغرض في (ج) الجدول التالي جدول رقم (3-3) يوضح مقاطع التأريض الواجب إستعمالها بالنسبه لمقاطع الموصلات الحامله للتيار (مثلا عندما يكون سلك التيار 20 ملم2 يجب أن لا يقل سلك التأريض عن 16 ملم2) .

الجدول (3-3) مقاطع الموصلات

الموصل النحاس الحامل للتيار ملم2	الموصل الأرضي الرئيسي ملم2		الموصل النحاسي الحامل للتيار ملم2	الموصل الأرضي الرئيسي ملم2
1	1		50	25
1.5	1.5		70	35
2.5	2.5		95	50
4	4		120	70
6	6		150	70
10	10		185	95
16	16		240	120
25	16		300	150
35	16		400	185

3-7-2 قطب التأريض Grounding Electrode :

هو الجزء الذي يكون على إتصال مع الأرض وتختلف أنواعه وإستخداماته ، ويمكن إستخدام الأنواع التالية كقطب أرضي :

أ - الوسائل التالية والمتوفرة في أغلب المباني :

1- تمديدات أنابيب المياه والمجاري المعدنية (يجب ربط أنابيب الماء والغاز مع نظام معادلة الجهد قبل إستخدامها) .

2- القضبان الحديدية المستخدمة في التسليح الكونكريتي للمباني.

3- موصل معدني يتم تمديده حول المبنى وعلى عمق 75 سم من سطح الأرض.

ب- أقطاب تأريض صناعية Industrial Electrode :

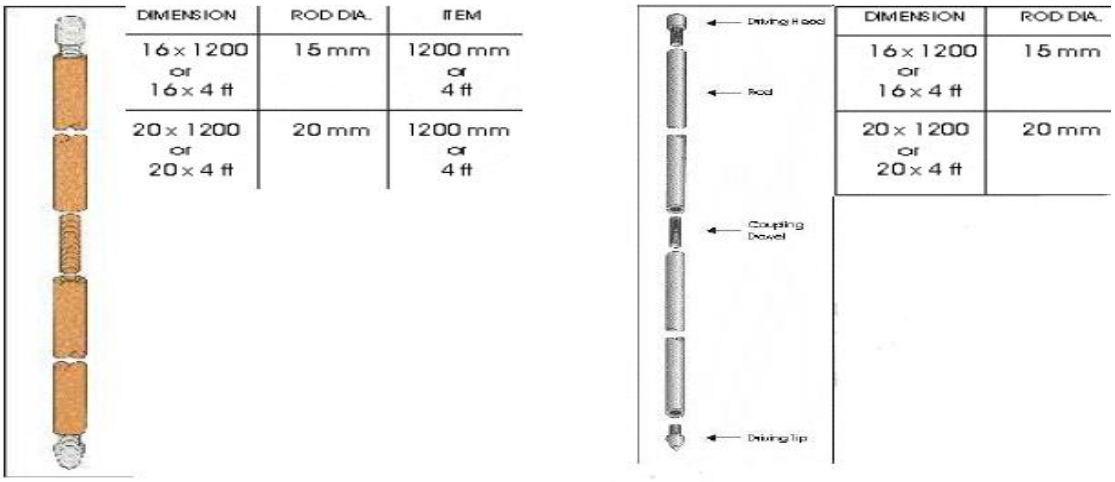
هي أقطاب مصنوعة بأطوال وأحجام مختلفة حسب نوع الإستخدام وتصنع من النحاس أو الحديد المغلون وهي على أنواع منها :

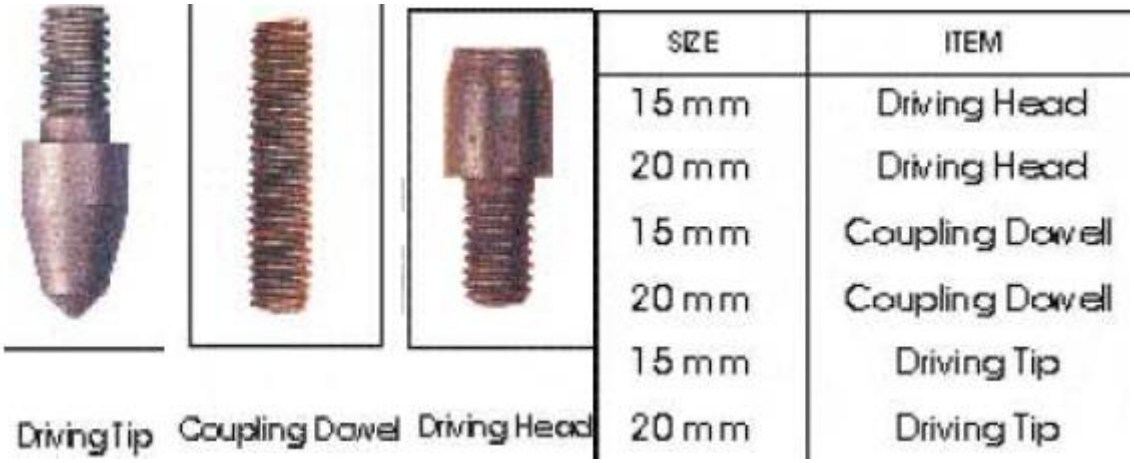
1- قضيب تأريض صناعي :

هو عبارة عن قضيب من النحاس أو الألمنيوم أو الحديد المغلون يكون مصمت مجوف على شكل اسطوانة ويبين الشكل رقم (3-8) بعض الأنواع مع الأطوال المختلفة ، ويجب أن يكون ذو دعامة ميكانيكية قوية وذلك لتحمل عملية الطرق في الأرض (وقد تم التغلب على مشكلة الدعامة الميكانيكية وذلك بإستخدام أجهزة طرق هوائية يتم تعشيق القضيب داخلها لتقوم هذه الاجهزة بعملية الحقن للقضيب داخل الأرض) ، ويختلف طوله وقطره حسب المقاومة المراد إيجادها وتحقيقها (سوف يتم شرحها لاحقا) ، ويدفن بصورة رأسية ملامسة للتربة أما إذا كانت الأرض صخرية فيمكن وضعها بصورة مائلة بدرجة 45 درجة عن المستوى الرأسي ، ويتم حفر حفرة لا يقل عمقها عن 75 سم عن سطح الأرض ثم يدفن القضيب .

DIMENSION ROD SIZE (DIA x LENGTH)	ACTUAL ROD DIA "S"	THREAD DIA "T"
9.5 x 1200 (UN-THREADED)	9.5	-
9.5 x 1800 (UN-THREADED)	9.5	-
14 x 1200	12	14
14 x 1500	12	14
14 x 1800	12	14
14 x 2000	12	14
14 x 2400	12	14
5/8" x 4' or 16 mm x 1200	14.2	5/8"
5/8" x 5' or 16 mm x 1500	14.2	5/8"
5/8" x 6' or 16 mm x 1800	14.2	5/8"
5/8" x 8' or 16 mm x 2400	14.2	5/8"
5/8" x 10' or 16 mm x 3000	14.2	5/8"
5/8" x 4' or 16 mm x 1200	16	5/8"
5/8" x 5' or 16 mm x 1500	16	5/8"
5/8" x 6' or 16 mm x 1800	16	5/8"
3/4" x 4' or 19 mm x 1200	17.2	3/4"
3/4" x 5' or 19 mm x 1500	17.2	3/4"
3/4" x 6' or 19 mm x 1800	17.2	3/4"
3/4" x 8' or 19 mm x 2400	17.2	3/4"
3/4" x 10' or 19 mm x 3000	17.2	3/4"

ROD SIZE "S"	LENGTH
12	1200 (4 ft) or 1800 (6 ft) or 2400 (8ft)
14	1200 (4 ft) or 1800 (6 ft) or 2400 (8ft)
16	1200 (4 ft) or 1800 (6 ft) or 2400 (8ft) or 3000 (10 ft)
19	1200 (4 ft) or 1800 (6 ft) or 2400 (8ft) or 3000 (10 ft)



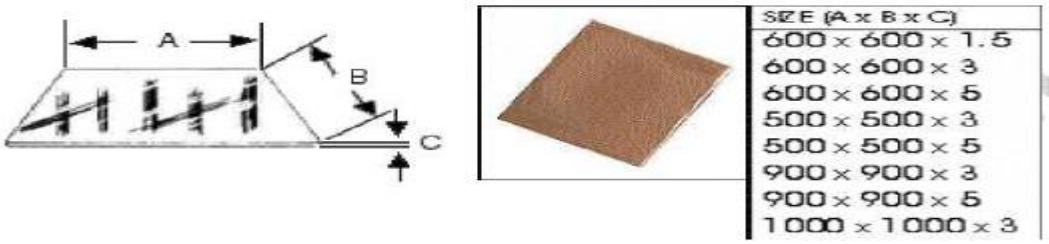


الشكل (3-8) أنواع قضيب التأريض الصناعي

3-7-3 لوح التأريض : Plate Electrode

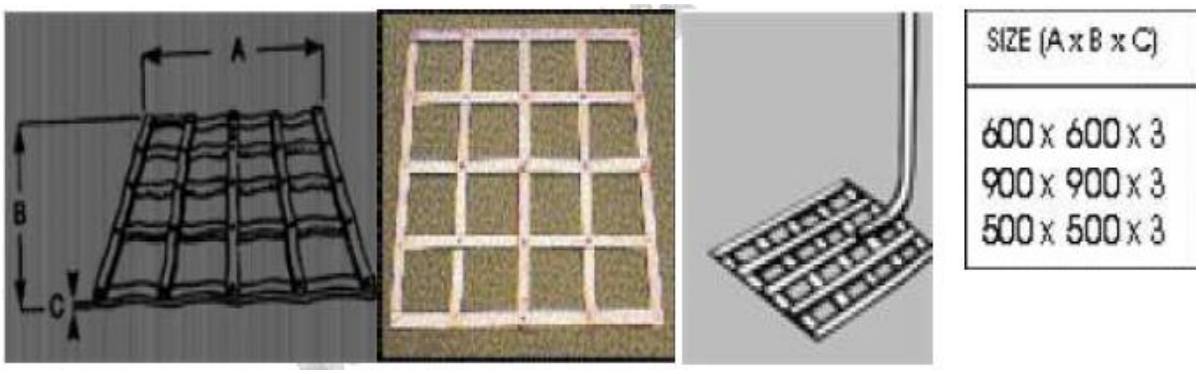
- نوعان :

1. لوح معدني من الحديد المغلون بسمك لا يقل عن 6.35 ملم كما في الشكل رقم (3-9). هنا يجب مراعاة المساحه المعرضه للتربه ويجب ان لا تقل عن 0.186 م2 .



الشكل (3-9) لوح معدني من الحديد المغلون

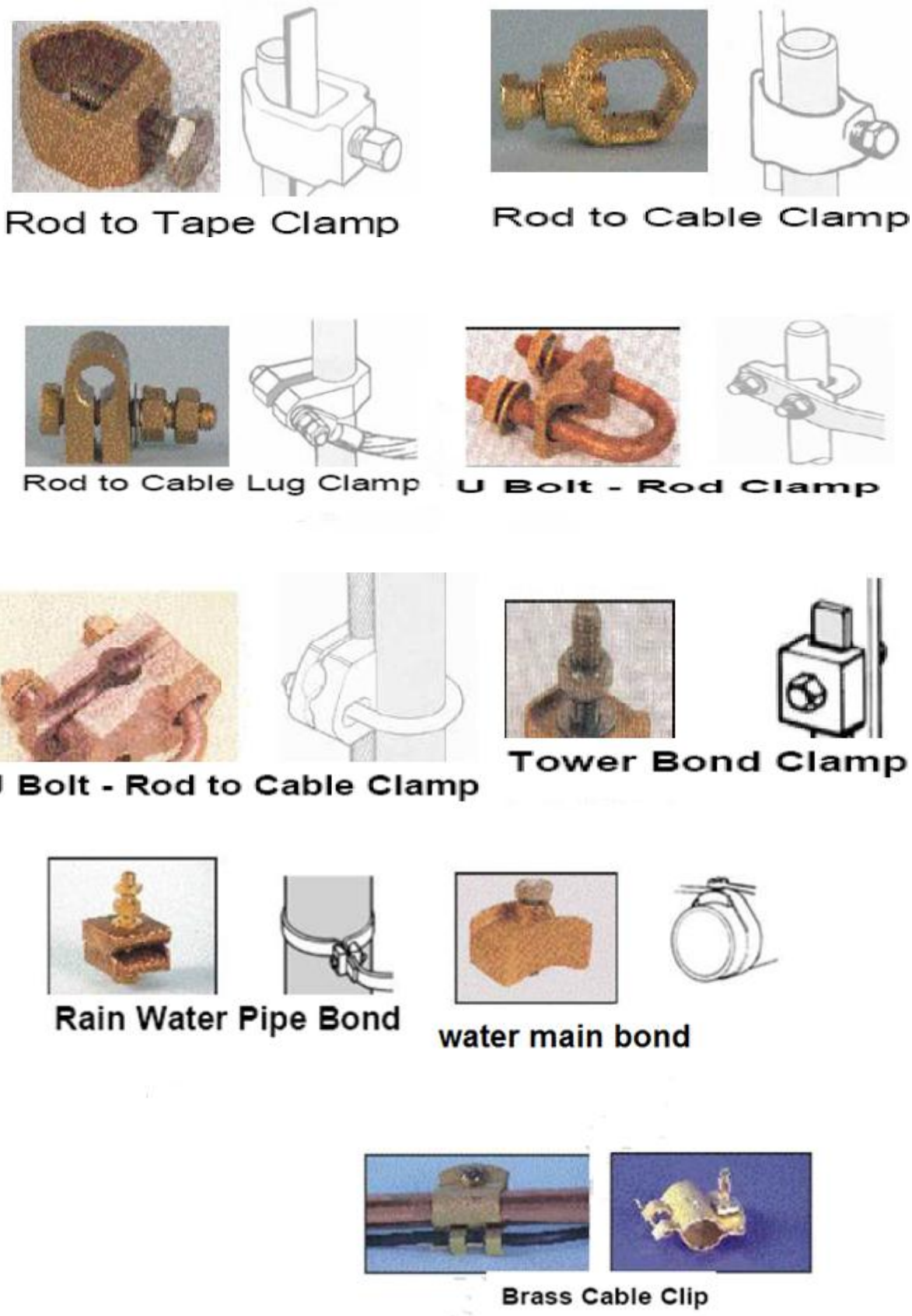
2. مشبك معدني متكون من عدة شرائط نحاسيه بسمك 3 ملم ومربوطه بشكل محكم فيما بينها كما في الشكل (3-10) .



الشكل (3-10) مشبك معدني

3-7-4 أدوات الربط Connection Parts :

تستخدم أدوات الربط لربط الموصلات بقطب التأريض ويجب أن تكون من نفس المادة المصنعة للموصل ولقطب التأريض كما في الشكل رقم (3-11).



الشكل (3-11) أدوات ربط الموصلات بقضيب التأريض

8-3 التيار الكهربائي المسموح مروره في موصلات التأريض :

هنالك تيار يسمح بمروره خلال موصل التأريض يضمن سلامة وعمل أجهزة الحماية وسلامة الأشخاص وسوف نتطرق لإستخدام موصل النحاس والألمونيوم لكونهما أكثر إستخداماً في منظومات التأريض كما في الجدول رقم (3-4) .

الجدول (3-4) قيم التيارات المسموح بمرورها خلال موصل التأريض

مقطع موصل التأريض ملم2	التيار المسموح لمدة طويلة (أمبير)		التيار اللحظي المسموح خلال ثانية واحدة (أمبير)	
	نحاس	ألمونيوم	نحاس	ألمونيوم
16	150	------	2500	------
25	200	160	4000	2700
35	280	200	5500	3700
50	280	250	8000	5300
70	590	240	11500	7400
95	780	430	11600	10500
150	1050	620	27500	18300
185	1380	760	32500	21000

الفصل الرابع

(تصميم شبكة التأريض)

الفصل الرابع

تصميم شبكة التأريض

1-4 تصميم شبكة التأريض :

قبل بدء عملية التصميم تم توفر بعض البيانات عن المحطة مثل مخطط عام للموقع وتحديد مساحة المحطة ، أقصى تيار عطل متوقع مروره خلال شبكة التأريض ، أقصى زمن يستغرقه جهاز الحماية لفصل العطل ، درجة حرارة التربة ، معرفة قيمة المقاومة النوعية للتربة و معرفة قيمة المقاومة النوعية للطبقة السطحية المضافة على التربة و الجدول (4-1) يوضح البيانات اللازمة للتصميم شبكة التأريض .

الجدول (4-1) البيانات اللازمة لتصميم شبكة التأريض

متوسط المقاومة النوعية للتربة	147.23 Ω.m
تيار العطل	9.895 KA
المقاومة النوعية للطبقة السطحية	4200 Ω.m
سمك الطبقة السطحية	0.1 m
وزن المشغل او العامل	50 kg
معامل الحماية	20 %
زمن الإحساس بالعطل	0.15 sec
زمن فصل العطل	0.5 sec
مساحة المحطة	100*90 m
شكل الشبكة	مستطيل
الموصلات الأفقية مدفونة على عمق	1 m
متوسط درجة الحرارة المحيطة	45 ℃
المسافة بين الموصلات	8
division factor	0.6

2-4 خطوات التصميم :

1-2-4 قياسات المقاومة النوعية للتربة :

بإستخدام طريقة Weinner four-pin ، تم حساب المقاومة النوية للتربة من العلاقة :

$$\rho = 2\pi aR$$

حيث :

ρ : المقاومة النوعية للتربة(Ω.m)

a : المسافة بين الأقطاب(m)

R : مقاومة التربة (Ω)

متوسط المقاومة النوعية للتربة تساوي :

ρ =147.23 Ω.m

2-2-4 حساب Surface Layer Derating Factor :

أضيفت طبقة من الحصى بسمك 10 سم تحسن المقاومة النوعية لسطح التربة من أجل أن يقل خطر الـ Touch and Step Voltageو تتأثر المقاومة النوعية لهذه الطبقة بحالة التربة وهل هى رطبة أم جافة و الجدول (4-2) يعطى قيم تقديرية للمقاومة النوعية لهذه الطبقة حسب نوع المادة المستخدمة وحالتها وسمكها .

الجدول (4-2) المقاومة النوعية للطبقة السطحية

Ref. IEEE Std, 80, Table 7. Copyright ©2000. IEEE. All rights Reserved

Number	Description of surface material (U.S. State where found)	Resistivity of sample Ω·m	
		Dry	Wet
1	Crusher run granite with fines (N.C.)	140 x 10^6	1300(ground water, 45 Ω·m)
2	1.5 in(0.04m) crusher run granite (Ga.) with fines	4000	1200(rain water, 100W)
3	0.75-1 in(0.02-0.025 m) granite (Calif.) with fines	-	6513(10 min after 45 Ω·m water drained)
4	#4 (1-2in) (0.025-0.05 m) washed granite (Ga.)	1.5 x 10^6 to 4.5 x 10^6	5000 (rain water, 100 Ω·m)
5	#3 (2-4 in) (0.05-0.1 m) washed granite (Ga.)	2.6 x 10^6 to 3 x 10^6	10 000 (rain water, 100 Ω·m)
6	Size unknown, washed limestone (Mich.)	7 x 10^6	2000-3000 (ground water, 45 Ω·m)
7	Washed granite, similar to 0.75 in (0.02m) gravel	2 x 10^6	10 000
8	Washed granite, similar to pea gravel	40 x 10^6	5000
9	#57 (0.75 om) (0.02 m) washed granite (N.C.)	190 x 10^6	8000 (ground water, 45 Ω·m)
10	Asphalt	2 x 10^6 to 30 x 10^6	10 000 to 6 x 10^6
11	Concrete	1 x 10^6 to 1 x $10^{9\,a}$	21 to 100

أهمية هذه الطبقة تأتى من أنها تلمس مباشرة قدمى الشخص وهذه الطبقة غير سميكة وسطحها غير منتظم . يتم حساب معامل تصحيح Cs لتصحيح قيمة مقاومة سطح التربة ، وتهتم هذه الطبقة في تقليل مقاومة الأرضى إن وجدت وذلك بنسبة تساوى هذا المعامل Cs الذى تتوقف قيمته على المقاومة النوعية للتربة الأصلية وسمك الطبقة السطحية كما فى المعادلة التالية :

$$C_S = 1 - \frac{0.09\left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0.09}$$

حيث :

Cs : معامل التصحيح

ρ_s : المقاومة النوعية للطبقة المضافة (Ω-m)

ρ : المقاومة النوعية للتربة (Ω-m)

h_s: سمك الطبقة المضافة (m)

قيمة معامل التصحيح تساوي :

$$\mathbf{C_s = 0.7005}$$

3-2-4 حساب قيمة أقصى تيار يمر بشبكة التأريض :

قيمة أقصى تيار عطل نحصل عليه من حسابات الـ Short Circuit والأصل أن أقصى تيار هو الـ 3-phase short circuit current و تم إستخدام برنامج ETAP لإيجاد قيمة تيار العطل .
ووجد أن أقصى تيار عطل :

$$I_f = 9.895 \text{ KA}$$

و تم إضافة 20% كنسبة حماية (projection factor) :

$$I_f = 11.874 \text{ KA}$$

تضرب قيمة قيمة التيار I_f بعد إضافة (projection factor) في (decrement factor) :

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f}\left(1 - e^{\frac{-2t_f}{T_a}}\right)}$$

$$T_a = \frac{X}{\omega R}$$

$$T_a = 0.04774$$

$$D_f = 1.1479$$

$$I_F = I_f \bullet D_f$$

$$I_F = 13.630 \text{ KA}$$

4-2-4 حساب مساحة مقطع الإلكترود :

مساحة المقطع المناسب لكل إلكترود من إلكترودات التأريض تتوقف أساسا على قيمة تيار القصر والتيار الطبيعى ، وهي على عكس الكابلات العادية والتى تكون حدود تحملها لتيار القصر متوقفا على تحمل العازل لدرجة الحرارة العالية الناشئة من القصر قبل أن يحدث له إنصهار ، فإن كبلات التأريض لا يوجد عازل عليها ، ومن ثم فالحد الأقصى هو تحمل الموصل نفسه للحرارة لمدة معينة قبل أن يحدث له إنصهار . وقد تصل درجة الحرارة فى بعض المواد إلى فوق الـ 1000 درجة مئوية ، لكن للأمان فإن معظم التصميمات تكتفى بحساب حرارة الموصل عند 500 أو 800 درجة فقط . و يتوقف أقصى تيار قصر يتحمله الموصل على المدة الزمنية التى يستغرقها مرور هذا التيار قبل فصله بأجهزة الحماية . ويتم حساب مساحة مقطع الإلكترود بإستخدام المعادلة :

$$A_{kcmil} = I \cdot K_f \sqrt{t_c}$$

$$A_{mm^2} = \frac{A_{kcmil} \cdot 1000}{1973.52}$$

حيث :

A_{kcmil} : مقطع عرضي للموصل (kcmil)

A_{min} : مساحة مقطع الإلكترود (mm^2)

I_F : تيار القصر (KA)

t_c : زمن فصل العطل (sec)

K_f : ثابت يعتمد على درجات الحرارة المحيطة ودرجة حرارة صهر المواد المستخدمة للموصلات الأرضية .

الجدول (4-3) يوضح ثوابت المواد

Material	Conductivity (%)	T_m [a] (°C)	K_f
Copper, annealed soft-drawn	100.0	1083	7.00
Copper, commercial hard-drawn	97.0	1084	7.06
Copper, commercial hard-drawn	97.0	250	11.78
Copper-clad steel wire	40.0	1084	10.45
Copper-clad steel wire	30.0	1084	12.06
Copper-clad steel rod	20.0	1084	14.64
Aluminum EC Grade	61.0	657	12.12
Aluminum 5005 Alloy	53.5	652	12.41
Aluminum 6201 Alloy	52.5	654	12.47
Aluminum-clad steel wire	20.3	657	17.20
Steel 1020	10.8	1510	15.95
Stainless clad steel rod	9.8	1400	14.72
Zinc-coated steel rod	8.6	419	28.96
Stainless steel 304	2.4	1400	30.05

تم إستخدام موصلات من النوع copper – clad steel wire ، ومن الجدول (4-3) وجد أن قيمة K_f تساوي 10.45 .

قيمة المقطع العرضي للموصل تساوي :

$$A_{kcmil} = 100.715\,kcmil$$

قيمة مساحة مقطع الموصل تساوي :

$$A_{mm^2} = 51.033 mm^2$$

يحسب قطر الموصل من خلال المعادلة :

$$d = \sqrt{\frac{4 \bullet A_{mm^2}}{\pi}}$$

$$d = 8.061mm$$

4-2-5 حساب الحدود الآمنة لقيم جهد الخطوة وجهد اللمس :

القيم الآمنة لجهد الخطوة و جهد اللمس تتوقف على وزن الشخص و على نوع التربة والطبقة السطحية ومدة بقاء تيار العطل قبل فصله بأجهزة الوقاية .

1) **جهد اللمس :**

الحد الآمن لجهد اللمس يحسب من المعادلة :

$$E_{touch} = (1000 + 1.5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{touch} = 1621.2 \text{ V}$$

2) **جهد الخطوة :**

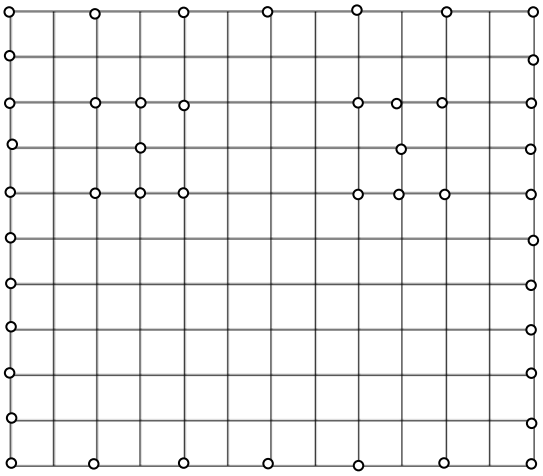
الحد الآمن لجهد الخطوة يحسب من المعادلة :

$$E_{step} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{step} = 5586.6 \text{ V}$$

4-2-6 حساب عدد الإلكترودات وإختيار طريقة وضعها :

شبكة التأريض تتكون من موصلات أفقية على شكل مربعات بطول ضلع لا يزيد عن 8 متر . وتكون كل هذه الموصلات مدفونة تحت سطح الأرض بعمق 1 متر تقريبا ، وأضيفت لها إلكترودات رأسية بطول 3 متر حول محولات القدرة وعند نقاط التقاطع على المحيط كما في الشكل (4-1) .



الشكل (4-1) الموصلات الافقية و توزيع الالكترودات

طول الضلع :

$$D = 8\ m$$

الطول الكلي للموصلات الافقية :

$$L_c = L_1 \cdot L_x + L_2 \cdot L_y$$

$$L_{c\,=}\ 100*11+90*13$$

$$= 2270\ m$$

الطول الكلي للموصلات الرأسية :

$$L_{R=}\ 46*3$$

$$=138\ m$$

الطول الكلي للموصلات الأفقية و الرأسية :

$$L_T = L_c + L_R$$

$$L_{T\,=}\ 2408\ m$$

7-2-4 حساب مقاومة شبكة الأرضي :

مقاومة شبكة الأرضى التى تم رسمها فى الخطوة السابقة و التي تتوقف على إجمالي أطوال الموصلات الأفقية المستخدمة فى شبكة المربعات ، إجمالى عمق الإلكترودات الرأسية ، عمق الدفن ، المساحة المغطاة بشبكة التأريض و المقاومة النوعية للتربة . تحسب من المعادلة :

$$R_g = \rho\left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}}\left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}}\right)\right]$$

حيث :

R_g : مقاومة شبكة الأرضي (Ω)

L_T : إجمالي أطوال الموصلات المدفونة رأسيا و أفقيا (m)

A : مساحةسطح الأرض (m)

h : عمق شبكة التأريض (m)

ρ : المقاومة النوعية للتربة (Ω-m)

قيمة مقاومة شبكة الأرضي تساوي :

$$Rg = 0.739\Omega$$

4-2-8 حساب الإرتفاع فى جهد شبكة الأرضى GPR :

قيمة الإرتفاع فى الجهد على شبكة الأرضي GPR نتيجة حدوث عطل تحسب من خلال المعادلة :

$$GPR = I_G * Rg$$

$$I_G = S_f * D_f * I_f$$

$$I_G = 6.815\ KA$$

حيث :

GPR : الإرتفاع في جهد شبكة الأرضي(V)

Ig : أقصى تيار يمر خلال شبكة الأرضي (KA)

Rg : مقاومة شبكة الأرضي (Ω)

division factor : S_f

decrement factor : D_f

$$GPR = 5036.3\ V$$

4-2-9 الحساب الدقيق لجهد الخطوة وجهد اللمس الحقيقيين :

في هذه الخطوة يتم الأخذ في الاعتبار قيمة تيار العطل ، التباعد بين الموصلات الأفقية ، عمق دفن الإلكترودات الرأسية ، مجموع أطوال الموصلات المدفونة تحت الأرض أفقيا وأيضا مجموع أطوال الالكترودات الرأسية .

1. جهد اللمس :

قيمة جهد اللمس أو (Mesh Voltage) تحسب من المعادلة :

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_M}$$

geometric factor :

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

equivalents of the factors :

$$n_a = \frac{2 \cdot L_C}{L_P}$$

n_a= 11.94736

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}}$$

n_b= 1.000693

n_c=1

n_d=1

n = 11.9556

irregularity factor :

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n$$

K_i = 2.41342

effective buried length :

$$L_M = L_C + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

L_M = 2271.86

corrective weighting factor :

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot n)^{\frac{2}{n}}}$$

K_{ii} = 0.588

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

K_h = 1.4142

geometrical spacing factor for the mesh voltage :

$$K_m = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\left[\ln\left[\frac{D^2}{16\cdot h\cdot d}+\frac{(D+2\cdot h)}{8\cdot D\cdot d}-\frac{h}{4\cdot d}\right]+\frac{K_{ii}}{K_h}\cdot\ln\left[\frac{8}{\pi(2\cdot n-1)}\right]\right]$$

$K_m = 0.842497$

قيمة جهد اللمس (Mesh Voltage) :

$E_m = 898.011$ V

2. جهد الخطوة :

قيمة جهد الخطوة تحسب من المعادلة :

$$E_S = \frac{\rho\cdot K_S\cdot K_i\cdot I_G}{L_S}$$

effective buried conductor length :

$$L_S = 0.75\cdot L_C + 0.85\cdot L_R$$

$L_S = 1819.8$

step factor :

$$K_S = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2\cdot h}+\frac{1}{D+h}+\frac{1}{D}(1-0.5^{n-2})\right]$$

$K_S = 0.23869$

قيمة جهد الخطوة :

$E_S = 317.618$ V

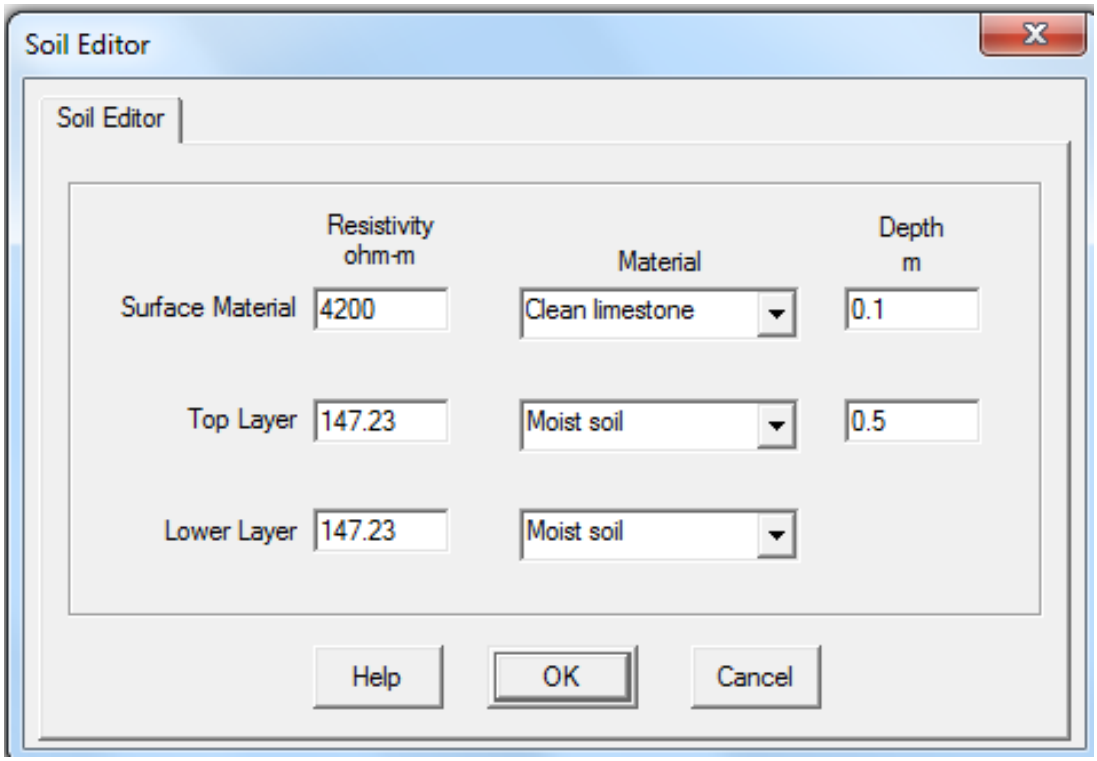
10-2-4 المقارنات :

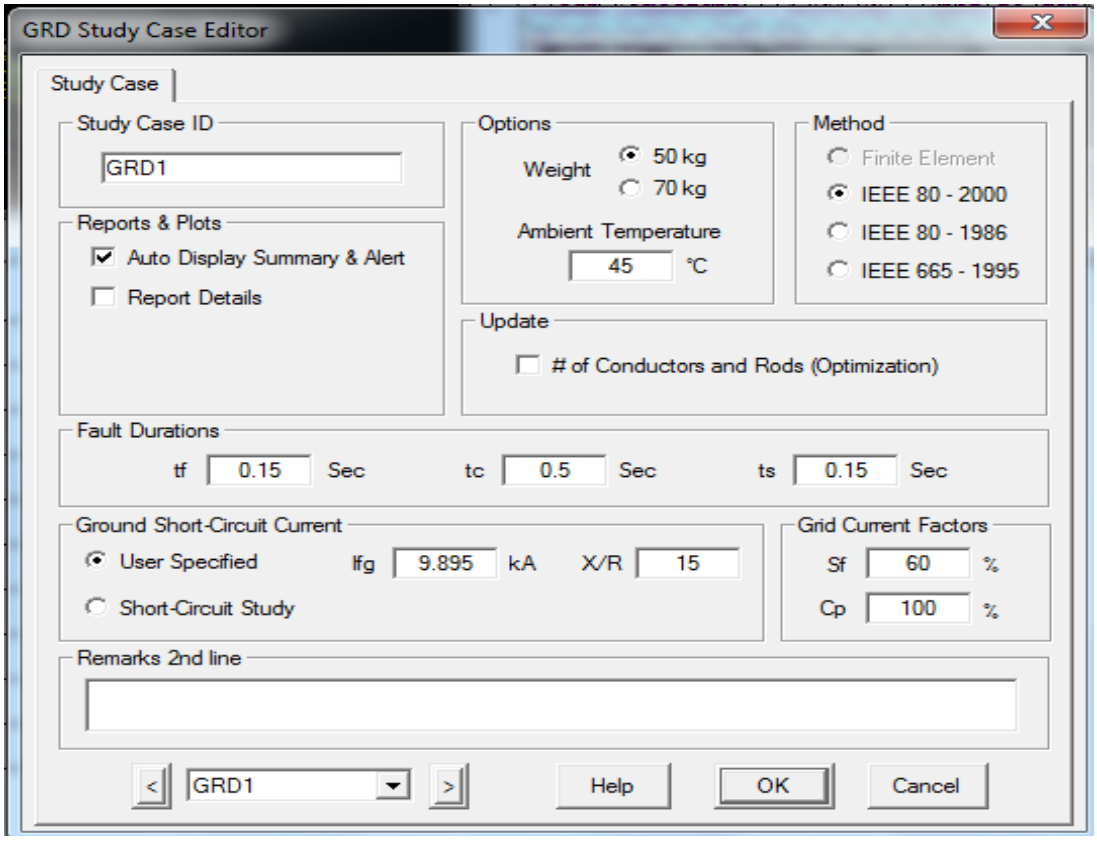
من الحسابات التفصيلية نجد أن جهد اللمس المحسوب يساوي 898.011 V في حين أن القيمة المسموح بها 1621.2 V، و جهد الخطوه المحسوب يساوي 317.618 V في حين أن القيمة المسموح بها 5586.6 V نجد أن التصميم باستخدام هذه الأعداد من الموصلات الأفقية و الرأسية يعتبر كافياً و آمناً .

11-2-4 برنامج ETAP :

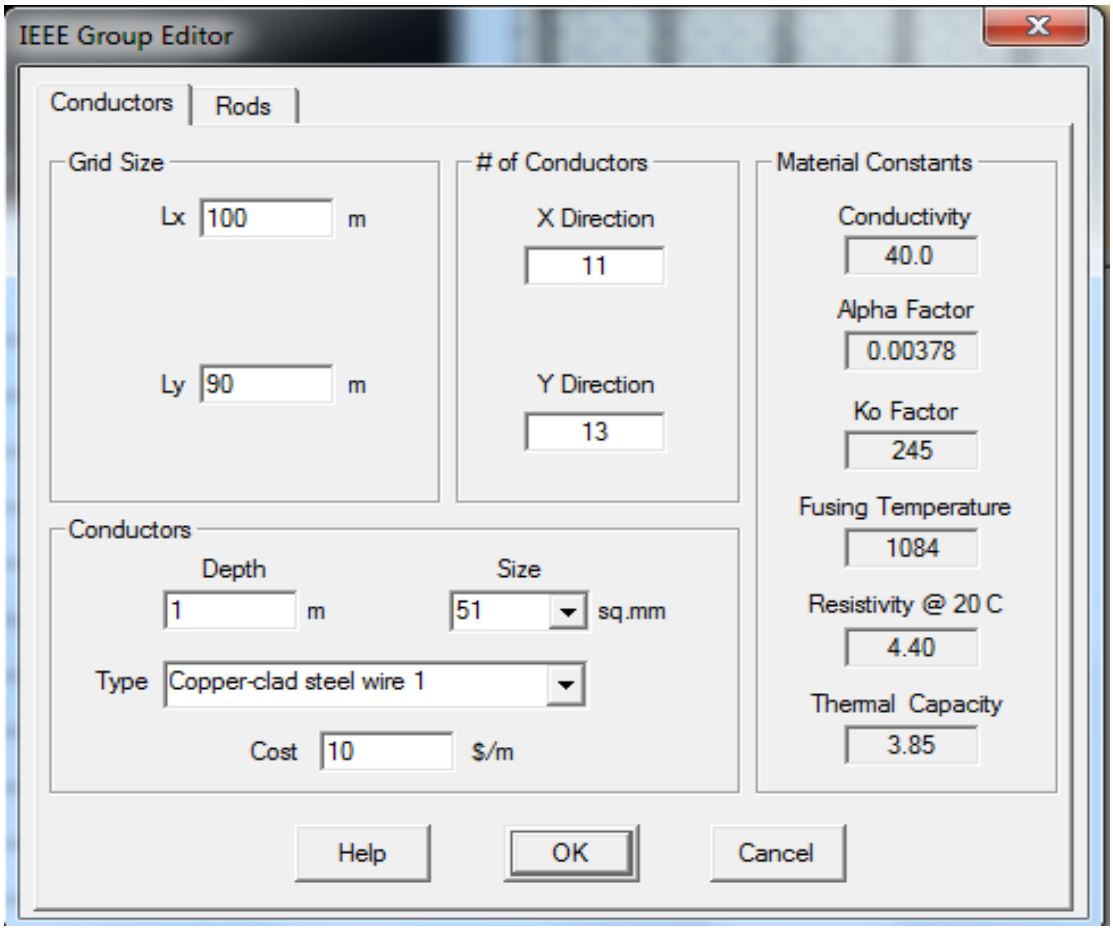
تم إدخال البيانات الموجودة في الجدول (4-1) :

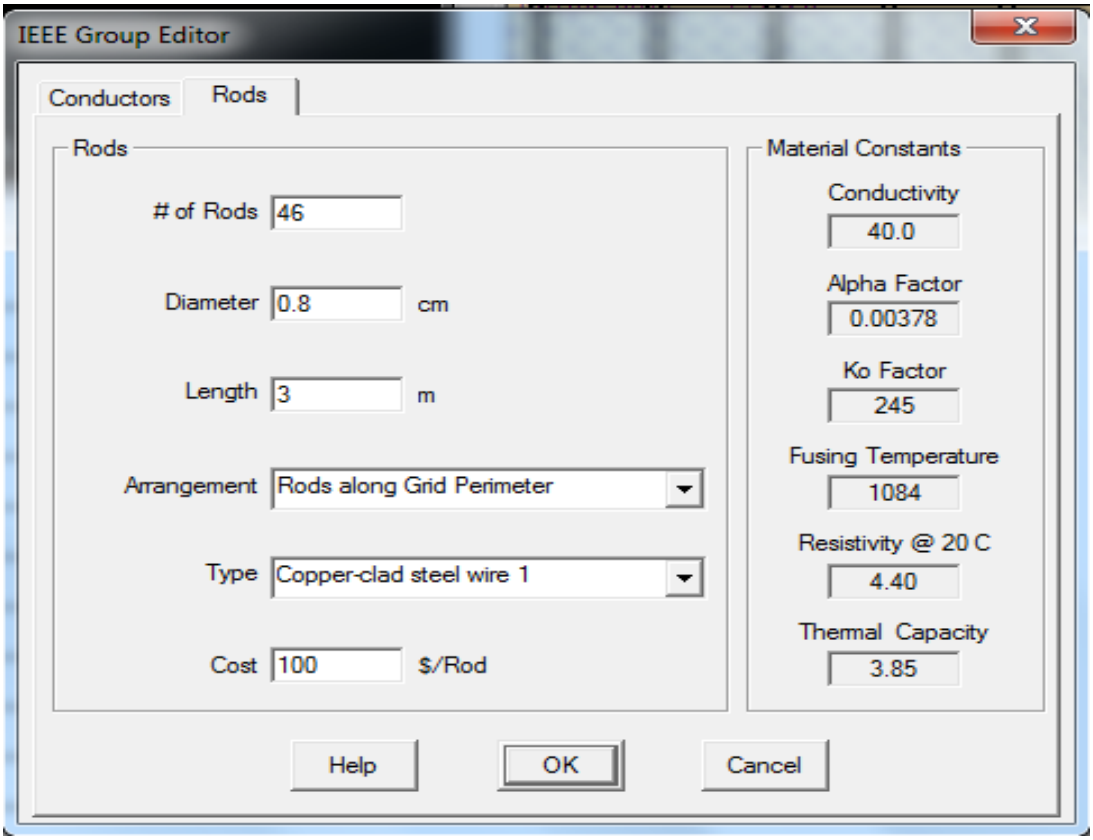
المقاومة النوعية للتربة و الطبقة المضافة :



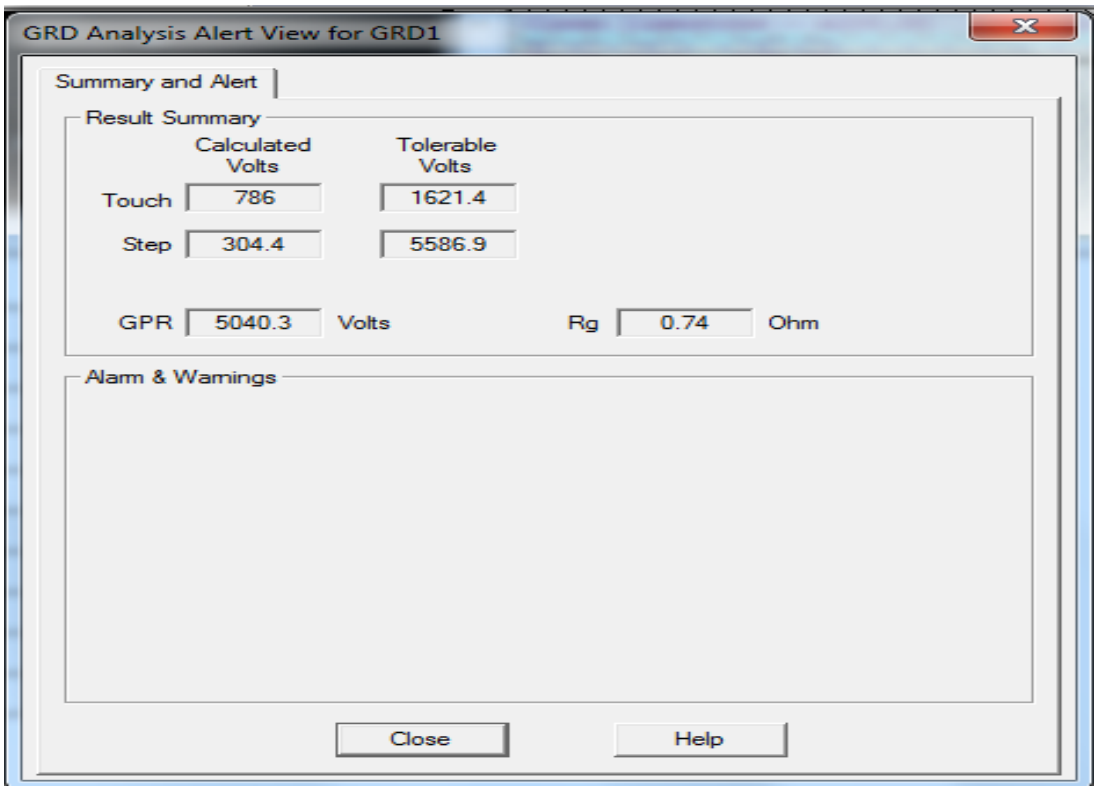


مساحة الشبكة و توزيع الموصلات و الإلكترودات :





النتائج :



ملخص شبكة التأريض :

Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.0H	Date:	01-12-2021
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: GRD1	Filename:	grounding
		Revision:	Base

Ground Grid Summary Report

Rg Ground Resistance ohm	GPR Ground Potential Rise Volts	Touch Potential			Step Potential		
		Tolerable Volts	Calculated Volts	Calculated %	Tolerable Volts	Calculated Volts	Calculated %
0.740	5040.3	1621.4	786.0	48.5	5586.9	304.4	5.4

Total Fault Current:	9.895 kA	Reflection Factor (K):	-0.932
Maximum Grid Current:	6.815 kA	Surface Layer Derating Factor (Cs):	0.701
		Decrement Factor (Df):	1.148

الفصل الخامس

(الخاتمة و التوصيات)

الفصل الخامس

الخاتمة و التوصيات

1-5 الخاتمة :

قدم هذا البحث تصميم نظام تأريض ناجح لمحطة تحويلية 220/33 kv بما يتلائم مع معايير الـIEEE ووفق المعايير الدولية لنظام التأريض الآمن . لإتمام هذا العمل قمنا بحسابات دقيقة لتحديد قيم جهد الخطوة و جهد اللمس (mesh voltage) ، التصميم المقترح يحقق حماية كاملة لأفراد العمل داخل المحطة من خطر الصدمة الكهربائية و يحقق تشغيل آمن لكامل المحطة .

2-5 التوصيات :

ننصح بوجود برنامج صيانة دوري وفعال للتاكد من المحافظة على الحدود الامنة عبر الزمن ، شبكة التاريض يجب ان تفحص بانتظام باستخدام معدات موثوقة لقياس مقاومة شبكة الارض .

المراجع

المراجع الإنجليزية :

1- guide for safety in AC Substation grounding -IEEE std 80-2000 .

المراجع العربية :

1. أ/ د: محمد جيلاني - هندسة القوة الكهربائية - الطبعة الاولى – ٢٠١٦م .
2. د.آسر علي ذكي – التأريض الوقائي والحماية ضد الصواعق – مطبعة الإسكندرية .

(الملاحق)

الملاحق

جهاز القياس المستخدم (Earth/Ground tester 1625)

الأقطاب المستخدمة في عملية القياس

قياس المسافة بين الأقطاب