بسم الله الرحمن الرحيم

اخواني مهندسي الكهرباء في الوطن العربي

اليكم تنبيه هام

تم تحميل هذا الملف من

موقع

موسوعة الكهرباء

www.electricityencyclopedia.com

موقع متخصص في مجال الهندسة الكهربية وهندسة الإتصالات والميكانيكا

حيث يحتوي علي العديد من المقالات والشروحات في مختلف مجالات الهندسة الكهربية

بالإضافة إلي البرامج الهندسية وشروحاتها (كتب + فيديو)

وكتب ومراجع هندسية

وكورسات كاملة في مختلف مجالات الهندسة الكهربية

ومواصفات تنفيذ الأعمال الكهربية في مختلف المنشآت والمجالات بالعديد من البلدان

وكذلك روابط تحميل جميع الأكواد الكهربية المحلية والعربية والعالمية

والكثير الكثير مما يمكنكم ان تستفيدوا منه في مجال هندسة القوي والالات الكهربية والإتصالات والميكانيكا

أرجو ان تجدوا بالموقع كل ما تبحثون عنه

تقبلوا تحياتى

م. علاء محمد حمادي

مالك ومشرف موقع

www.electricityencyclopedia.com

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصرى
لأسس تصميم و شروط تنفيذ
التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى -
الأنظمة الخاصة

كود رقم (٤/٣٠٢)

المجلد الرابع
التأريض

اصدار ٢٠١٥
طبعة ٢٠١٧

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمجتمعات العمرانية
مكتب الوزير

الرقم البريدي ١١٥١٦

قرار وزاري
رقم (٩١٢) لسنة ٢٠١٥

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية :

- بعد الاطلاع علي القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ في شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلي قانون البناء الصادر بالقانون رقم ١١٩ لسنة ٢٠٠٨ ولائحته التنفيذية.
- وعلي القرار الجمهوري رقم ٦٣ لسنة لسنة ٢٠٠٥ بإعادة تنظيم المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء.
- وعلي القرار الوزاري رقم ٦٤٥ لسنة ٢٠١٣ بشأن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني.

وعلي ما عرضه السيد الأستاذ الدكتور / رئيس مجلس إدارة المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء.

قرر

(المادة الأولى)

يُعمل بالمجلد الرابع من الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية في المباني، الأنظمة الخاصة (التأريض) المرافق لهذا القرار.

(المادة الثانية)

تلتزم الجهات المعنية المنصوص عليها في القانونين رقمي ٦ لسنه ١٩٦٤ ، ١١٩ لسنه ٢٠٠٨ بتنفيذ ما جاء بالمجلد الرابع بهذا الكود وتطبيق أحكامه.

(المادة الثالثة)

يتولى المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء العمل على نشر المجلد المذكور والتعريف به والتدريب عليه.

(المادة الرابعة)

يُنشر هذا القرار في الوقائع المصرية ويعمل به إعتباراً من اليوم التالي لمضي ستة أشهر على تاريخ نشره وعلى الجهات المختصة تنفيذه.

الاسم	التوقيع	التاريخ
أ.د. خالد محمد الذهبي		/ /٢٠١٥
المستشار / أحمد سعد		/ /٢٠١٥

وزير الإسكان
والمرافق والمجتمعات العمرانية

أستاذ دكتور مهندس / مصطفى كمال مدبولي

صدر في ٩/٩/٢٠١٥

مقدمة

تعد التركيبات الكهربائية فى المبانى هى الدعامة الرئيسية للوصول إلى مبنى تعمل به الأنظمة المختلفة على الوجه الأكمل وتكون به المعدات والأجهزة والأدوات الكهربائية، التى انتشرت بشكل واسع فى الآونة الأخيرة، مستخدمة بكفاءة عالية. فضلا عن ذلك، فإن التركيبات الكهربائية تلعب دورا أساسيا فى الحفاظ على سلامة المبانى والمنشآت من أخطار الحريق الناجم من عدم مراعاة الأصول الفنية فى تصميم وتنفيذ هذه التركيبات، هذا بالإضافة إلى توفير الوقاية للإنسان والدواب من الصدمة الكهربائية.

وتعتبر بنود أعمال التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى من أهم البنود فى معظم المشروعات التى يتم تنفيذها فى الوقت الحالى، وقد اتسع مجال استخدامها لتشمل جميع المنشآت العادية وكذلك المنشآت الخاصة.

ونظرا للتوسع المطرد الذى طرأ على التركيبات الكهربائية فى المبانى خلال الحقبة الأخيرة وكذلك التطورات التكنولوجية المتلاحقة فى المعدات والمهمات الكهربائية، فإن الأمر يتطلب القيام دوريا بمراجعة وتحديث الكودات الصادرة عن وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية كل عدة سنوات لإضافة الجديد.
وقد قامت اللجنة الدائمة لتحديث أسس التصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى بتحديث المجلد الأول: أسس التصميم بناءاً على القرار الوزارى رقم ١٥٩ لسنة ٢٠١٣، وتحديث المجلد الثانى: شروط التنفيذ بناءاً على القرار الوزارى رقم ٥٢٠ لسنة ٢٠١٢، وتحديث المجلد الثالث: الاختبارات واستلام الأعمال بناءاً على القرار الوزارى رقم ٥٣١ لسنة ٢٠١٣ وذلك تنفيذاً للقانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ فى شأن تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء، ويتكون هذا الكود من ثلاثة مجلدات.

ونظراً لأن أعمال التصميم وشروط التنفيذ للتوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى تشتمل على العديد من الأنظمة الكهربائية الخاصة، فإن اللجنة الدائمة قامت بتحديث المجلد السادس: تحسين معامل القدرة، على أن يجرى تباعا تحديث باقى مجلدات الأنظمة الخاصة.

ولقد صدر هذا المجلد بالقرار الوزارى رقم ٨٢٩ لسنة ٢٠١٤.

كما قامت اللجنة بتحديث المجلد الرابع: التأريض.

هذا وقد تم بعون الله إصدار هذا المجلد من الكود بالقرار الوزارى رقم ٢١٢ لسنة ٢٠١٥.

اللجنة الدائمة
لإعداد الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ
التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى

أولاً :- أعضاء اللجنة الدائمة

١- أ .د . عادل إبراهيم الملوانى رئيسا

٢- أ .د. عبد العزيز محمود عبد العزيز

٣- أ . د. متولى عوض حسن الشرقاوى

٤- أ . د. هشام كامل عبد اللطيف تمراز

٥- د.م جمال على عبد السلام يونس

٦- أ . د. رفاعى أحمد رفاعى

٧- د.م محمد إبراهيم السيد أحمد

٨- م. محمد أنور خطاب

ثانياً :- الأمانة الفنية

السيد المهندس / محمود محمد عبد الرازق

ثالثاً :- الكتابة على الحاسب الآلى

١- السيد / هيثم وحيد على

٢- السيد / هشام محمد حسين الحلوانى

المحتويات

الصفحة

الباب الأول: المجال والتعاريف والاختصارات ١
١/١ مقدمة ١
٢/١ المجال ٢
٣/١ التعاريف ٣
٤/١ الاختصارات ٩

الباب الثانى : الغرض من التأريض وتأثير الصدمة الكهربية على جسم الإنسان ١٠
١/٢ الغرض من التأريض ١٠
٢/٢ الصدمة الكهربائية ١٠
٣/٢ تأثير التيار الكهربى على جسم الإنسان ١٢
٢/٣-١ تأثير شدة التيار المار فى الجسم ١٢
٢/٣-٢ تأثير زمن مرور التيار فى الجسم ١٣

الباب الثالث : تصميم نظم التأريض ١٥
١/٣ مكونات نظام التأريض ١٥
٢/٣ خصائص القطب الأرضى ١٦
٢/٣-١ كثافة التيار على سطح القطب الأرضى ١٦
٢/٣-٢ تدرج الجهد حول القطب الأرضى ١٧
٢/٣-٣ حساب الجهد على سطح الأرض ٢١
٣/٣ العوامل المؤثرة فى التأريض ٢٥
٣/٣-١ القيم الموصى بها والمقبولة لمقاومة الأرضى ٢٥
٣/٣-٢ المقاومة النوعية للتربة ٢٦
٣/٣-٣ شكل القطب ٢٩
٣/٣-٤ مادة القطب ٣٩
٤/٣ التصميم ٤٤
٤/٣-١ مقاومة الأرض لأقطاب التأريض شائعة الاستخدام ٤٤
٤/٣-٢ العناصر المختلفة المستخدمة كأقطاب تأريض ٥٥

المحتويات

الصفحة

٣/٤-٣ اختيار موصل التأريض وطريقة الربط بقطب الأرضى ٥٩

٣/٤-٤ وصلات تساوى الجهد ٦٥

٣/٤-٥ ترتيبات التأريض المشتركة للأغراض الوظيفية ولأغراض الوقاية ٦٦

٣/٤-٦ ترتيبات التأريض لتركيبات نظم المعلومات ٦٨

٣/٥ تطبيقات على نظم التأريض ٦٩

٣/٥-١ نظم التأريض فى نظام توزيع الكهرباء على الجهد المنخفض ٦٩

٣/٥-٢ المنشآت الصناعية ٧٣

٣/٥-٣ نظم توزيع الجهد المتوسط بالمبنى ٧٦

٣/٥-٤ عربة ورشة متحركة أو متنقلة ٧٨

٣/٥-٥ الهياكل المعدنية ٧٨

٣/٥-٦ المنشآت التجارية ٧٨

٣/٥-٧ مواقع الإنشاءات ٧٩

٣/٥-٨ المقطورات المتحركة وأماكن تجمعها ٨٠

٣/٥-٩ المنشآت الكهربائية الموجودة بالقرب من البحر ٨٢

٣/٥-١٠ المنشآت المزودة بنظام حماية كاثودية ٨٢

٣/٥-١١ أجهزة دوائر الاتصالات ٨٣

٣/٥-١٢ إنارة الطرق والكبارى ٨٤

٣/٥-١٣ تأريض المعدات فى محطات التوليد بالديازيل..... ..... ٨٦

٣/٥-١٤ تأريض مولدات الطوارىء على الجهد المنخفض ٨٧

٣/٥-١٤-١ مولدات تعمل على التوازى بصفة مستمرة مع شبكة الكهرباء العمومية..... ٨٧

٣/٥-١٤-٢ مولدات تعمل مع شبكة التيار العمومى كاحتياطى لها ٨٧

المحتويات

الصفحة

٣/٥-١٤-٣ مولدات تعمل بالتوازى كاحتياطى لمصدر تغذية آخر (الشبكة العمومية)..... ٨٨

٣/٥-١٥ تأريض مولدات الجهد المتوسط ٩١

٣/٥-١٥-١ مولد جهد متوسط احتياطى (لا تتوفر له إمكانية التشغيل على التوازى مع مولدات أخرى) ٩١

٣/٥-١٥-٢ مولدات جهد متوسط تعمل على التوازى ولكن منفردة عن مصدر المدينة ٩٢

٣/٥-١٥-٣ مولدات احتياطية جهد متوسط تعمل على التوازى مع المصدر العمومى ٩٣

الباب الرابع : تنفيذ أعمال التأريض ٩٥

٤/١ اشتراطات عامة..... ٩٥

٤/٢ تركيب قطب التأريض ٩٦

٤/٢-١ قطب التأريض اللوحى ٩٧

٤/٢-٢ قطب تأريض رأسى من الحديد المكسو بالنحاس ١٠١

٤/٢-٣ قطب تأريض رأسى منتهى بحربة ١٠٢

٤/٣ ربط مكونات نظام التأريض ببعضها البعض ١٠٣

٤/٤ غرف التفتيش الخاصة بنظام التأريض ١٠٥

٤/٥ المعالجة الكيميائية للتربة ١٠٥

المحتويات

الصفحة

الباب الخامس : الفحص والاختبار واستلام أعمال التأريض ١٠٨
٥/١ الفحص والاختبار البصرى ١٠٨
٥/٢ قياس مقاومة الأرضى ١٠٨
٥/٣ اختبار مقاومة موصل التأريض ١١٢
٥/٤ اختبار استمرارية موصلات الوقاية شاملة موصلات الربط ١١٢
٥/٥ استلام أعمال التأريض ١١٤
٥/٥-١ الاستلام الابتدائى ١١٤
٥/٥-٢ شهادة إتمام العمل فى التركيبات الكهربائية ١١٥
٥/٥-٣ ضمان الأعمال ١١٥
٥/٥-٤ الاستلام النهائى ١١٥

المراجع ١١٧

الملاحق م١
ملحق رقم (م٣): أمثلة لحساب مقاومة الأرضى لأقطاب مختلفة م١

الباب الأول

المجال والتعاريف والاختصارات

١/١ مقدمة

أحد أهداف كود التركيبات الكهربائية فى المبانى توفير الأمان وعلى وجه الخصوص ضد الصدمات والحروق الكهربائية. ويعتبر التأريض من أهم الوسائل لتحقيق ذلك.

والتأريض هو توصيل شبكات الكهرباء المغذية للمبنى و/أو الأجسام المعدنية غير الحاملة للتيار للمعدات الكهربائية الموجودة فى المبنى وكذلك الموصلات المعدنية الدخيلة بالأرض. ويهدف التأريض إلى وقاية الأشخاص من التعرض لمخاطر صدمات كهربائية يمكن أن تؤذيهم أو تودى بحياتهم، وكذلك وقاية المعدات الكهربائية الخاصة بشبكات الكهرباء أو بالمستهلكين من التعرض لجهود زائدة يمكن أن تتسبب فى إتلافها.

ويوجد نوعان من التأريض، يختص النوع الأول بتوصيل واحد أو أكثر من الموصلات الحاملة للتيار الكهربى والخاصة بشبكات تغذية المبنى بالكهرباء بالأرض، ويسمى "تأريض المنظومة "System earthing or System grounding" وينفذ هذا التوصيل بالأرض فى مكان واحد أو أكثر من شبكة التغذية، ويتوقف ذلك على نوع نظام التغذية المعمول به. وغالبا ما تكون النقطة المستخدمة بشكل أساسى لتأريض شبكات توزيع الكهرباء على الجهد المنخفض هى نقطة التعادل والخاصة بالملفات الثانوية (ملفات الجهد المنخفض) لمحول التوزيع المغذى لشبكة توزيع الجهد المنخفض وكذلك نقطة التعادل الخاصة بالمولدات.

أما النوع الثانى من التأريض، فيختص بتوصيل الأجسام الخارجية المعدنية المكشوفة والمعرضة للمس غير الحاملة للتيار الخاصة بالمعدات التى تعمل بالكهرباء بالأرض، ويسمى ذلك "التأريض الوقائى " Protective (or equipment) grounding ". فعلى سبيل المثال لا الحصر، من المعدات التى يجب أن تؤرض وقائيا، أجسام لوحات توزيع الكهرباء خارج وداخل المبانى، أجسام لوحات الإنارة الداخلية والخارجية، المواسير المعدنية المستخدمة فى تمديدات أسلاك وكابلات الكهرباء، الحوامل المعدنية للكابلات، الأجسام المعدنية لأعمدة الإنارة الخارجية والداخلية، الأجسام المعدنية لوحدات الإنارة الداخلية والخارجية، الأجسام المعدنية لجميع المعدات والأجهزة والأدوات الكهربائية.

ويجب أن تصمم نظم التأريض بحيث توفر الوقاية للأشخاص من احتمال تعرضهم لصدمة كهربائية عند ملامستهم لأجسام المعدات الكهربائية المؤرضة وبحيث تمنع تعرض المعدات المستهلكة للكهرباء فى المبانى أو معدات شبكات الكهرباء المغذية لها لتيارات أو جهود تفوق مقدرة عزلها على التحمل. ويقتضى ذلك تصميم أقطاب وموصلات وقضبان التأريض بحيث تكون

قادرة على القيام بهذه المهمة فى جميع الأحوال، فى ظروف التشغيل العادية للمعدات والشبكات أو عند تعرضها لظروف غير عادية متمثلة فى الأخطاء الأرضية وغيرها.

٢/١ المجال

يقدم هذا الكود الإرشادات اللازمة التى يجب اتباعها عند تأريض نظام كهربائى بغرض الحد من قيمة جهد الموصلات الحاملة للتيار (مقارنة بالنسبة إلى الكتلة العامة للأرض) والتى تشكل جزءاً من النظام وكذلك الأجسام المعدنية غير الحاملة للتيار المرتبطة مع المعدات والأجهزة والأدوات الكهربائية المستخدمة فى النظام.

ويعتبر تأريض نقطة التعادل للنظام فى غاية الأهمية كى يعمل النظام بطريقة جيدة. ويطلق علي عملية تأريض النظام (تأريض القوى)، كما يعتبر تأريض أجسام المعدات والأجهزة المعدنية (الموصلات غير الحاملة للتيار) هاما ويسمى " تأريض الأمان" أو " التأريض الوقائى".

ويعني مصطلح التأريض، وجود مسار رجوع لتيار التسرب عندما ينهار العزل وتصبح معاوقة صغيرة تسمح بمرور التيار إلى الأرض.

ويختص هذا الكود بنظام تأريض المعدات المبنية على الأرض ولا يختص بنظام تأريض المعدات فى السفن والطائرات والمنشآت البحرية.

٣/١ التعاريف

أجزاء مكهربة **Live parts**

عبارة عن موصل أو أجزاء موصل مجهز لحمل جهد كهربائى فى الأحوال العادية مثل خطوط أو موصلات الأطوار وخط التعادل ولا ينطبق هذا على موصل الوقاية.

أجزاء يسهل الوصول إليها آنيا **Simultaneously accessible parts**

الموصلات أو أطراف الموصلات التى يمكن أن يلمسها الشخص آنيا أو يلامسها باليد بطريقة سهلة وميسرة.

الأرض **Earth**

الجزء الموصل من الأرض ذو الجهد المساوى صفراً وهو المستوى الذى يتم قياس جهد الموصلات المكهربة أو الأجزاء المعدنية المكشوفة أو الأجزاء المعدنية الدخيلة مقارنة به.

أقطاب التأريض المستقلة كهربياً **Electrically independent earth electrodes**

أقطاب تأريض موضوعة على مسافات كافية فيما بينها، بحيث إذا مر أقصى تيار خطأ أرضى فى واحد من هذه الأقطاب، لا يسبب تغييراً ملحوظاً فى جهد الأقطاب الأخرى.

انحدار الجهد عند نقطة ما **Potential gradient at a point**

فرق الجهد بين نقطتين المسافة بينهما هى وحدة الأطوال مقاسة فى الاتجاه الذى يجعل قيمته هى القيمة القصوى.

تأريض وظيفى **Functional earthing**

توصيل المعدات الكهربائية بنظام التأريض، بهدف تحقيق أداء أفضل للمعدات الكهربائية.

تجويف (حفرة) الأرضى **Earth Pit (EP)**

تجويف من مستوى سطح الأرض تقع بداخلة مهمات التاريض الخارجية من قضيب ونقاط توصيل.

تيار التسرب الأرضى **Earth leakage current**

التيار الذى يمر إلى الأرض أو إلى أجزاء معدنية خارجية عن الدوائر الكهربائية الأصلية وأحياناً يكون لهذا التيار مركبة سعوية.

تيار الخطأ الأرضى **Earth fault current**

التيار المار فى الأرض فى حالة انهيار عزل المعدة أو الجهاز الكهربائى.

التيار المتبقى المسبب لتشغيل النبيطة **Residual operating current**

القيمة التى تقوم عندها نبيطة تعمل على فرق التيار بفصل الدائرة التى تستخدم فيها النبيطة.

جزء موصل دخيل **Extraneous conductive part**

طرف موصل دخيل لا يمثل جزءا من التركيبات وله نفس جهد الأرض فى الأحوال العادية ولكن من المحتمل ظهور جهد كهربائى عليه.

جزء موصل مكشوف **Exposed conductive part**

طرف معدنى فى معدة يمكن لمسه بأمان فى الحالات العادية ويصبح جزءاً من موصل الطور فى حالة انهيار العزل.

جهد الأرض **Ground potential**

جهد سطح الأرض (بالمقارنة لنقطة بعيدة عن قطب التأريض بمسافة كافية) عند نقطة مجاورة لقطب التأريض وعندما يمر تيار كهربائى من قطب التأريض إلى الأرض أو من الأرض إلى قطب التأريض طبقاً لاتجاه التيار عند لحظة انهيار العزل، وهو الذى يعول عليه فى المقارنة.

الجهد الاسمى **Nominal voltage**

الجهد الذى تصمم عليه توصيلات المنشأة أو جزء منها، ويمكن تقسيم الجهد المقنن إلى نطاقات مختلفة على النحو التالى :

أ- جهد شديد الانخفاض Extra low voltage

ب- جهد منخفض low voltage

ج- جهد متوسط Medium voltage يزيد عن ١٠٠٠ فولت حتى ٣٥ كيلو فولت

د- جهد عالى High voltage يزيد عن ٣٥ كيلو فولت حتى ٢٣٠ كيلو فولت

هـ- جهد فائق Extra High voltage يزيد عن ٢٣٠ كيلو فولت

الخطأ **Fault**

يحدث عندما يمر التيار الكهربائى فى دائرة، وفى حالة غير عادية فى مسار غير مخصص لذلك، وهو ما يحدث عادة نتيجة لانهيار داخلى بالعزل أو سطحى للعزل (الطبقة الملامسة لسطح العزل) وتكون المعاوقة بين الأجزاء الحاملة للتيار(موصلات الطور) وموصلات التأريض فى هذه الحالة مهملة.

الدائرة الكهربائية النهائية **Final electrical circuit**

الدائرة الممتدة مباشرة إلى معدة أو نقطة أو نقاط مخارج لتغذية المعدات التى تستخدم التيار الكهربائى.

شبكة التأريض **Earthing grid**

مجموعتين من الأقطاب الأفقية المتوازية المدفونة تحت مستوى سطح الأرض فى نفس المساحة المستطيلة والتى يتم دفن المجموعتان متعامدتان ويتم ربطهما كهربيا عند نقط التقاطع.

طرف التأريض الرئيسى **Main earthing terminal**

الطرف أو القطب المجهز لربط موصل أرضى خاص بالوقاية مع موصلات تساوى الجهد وموصلات الأرضى الوظيفى إن وجدت بنظام التاريض.

عربات الإقامة المؤقتة **Leisure accommodation vehicles**

وحدات مخصصة للإقامة المؤقتة أو الإقامة الموسمية والتى تتطلب مواصفات خاصة للإنشاء وعند استخدامها كعربات على الطرق.

عزل إضافى **Supplementary insulation**

عزل منفصل يضاف إلى العزل الأساسى، وذلك للوقاية من الصدمات الكهربائية فى حالة انهيار العزل الأساسى.

العزل المقوى **Reinforced insulation**

عزل أحادى يستخدم لعزل الأجزاء المتصلة بالمصدر (أحد الأطوار) وذلك للوقاية من الصدمات الكهربائية وهو ما يعادل العزل المزدوج لنفس الظروف المتعادلة فى المواصفات المناظرة.

عزل مزدوج **Double insulation**

يتكون عزل المعدة أو الجهاز من عزلين أحدهما أساسى خاص بعمل المعدة أو الجهاز لأداء مهمته والآخر عزل إضافى لحماية العاملين.

قطب التأريض **Earth electrode**

موصل أو مجموعة من الموصلات التى تتصل بالأرض أو يتم عن طريقها الاتصال بالأرض.

مجموعة المفاتيح الكهربية بلوحات التوزيع والتحكم **Switchgear**

مجموعة المفاتيح الرئيسية والفرعية لفصل وتوصيل الدوائر، كما تقوم بتنظيم وحماية المنشآت الكهربائية والتحكم فيها.

المعاوقة الحلقية للخطأ الأرضى **Earth fault loop impedance**

معاوقة الدائرة الكهربائية عند مرور تيار الخطأ الأرضى من طرف أحد الأطوار إلى الأرض، وتبدأ الدائرة وتنتهى عند نقطة الخطأ أو التلامس بالأرض ويرمز لها بالرمز Z_s.

معدات لمصدر تغذية مجمع مقطورات **Caravan pitch electrical supply equipment**

المعدات التى تقوم بفصل وتوصيل كابلات مصدر التغذية الكهربائية الخارجى عن نقطة تغذية مجموعات الكارفانات.

معدات كهربائية من الرتبة رقم ١ **Class I electrical equipment**

المعدات ذات الوقاية ضد الصدمات الكهربائية بالاعتماد على العزل الأساسى مع ربط الأجزاء المعدنية المكشوفة منها بموصل الوقاية الثابت فى المنشآت.

معدات كهربائية من الرتبة رقم ٢ **Class II electrical equipment**

المعدات الكهربائية التى لا تعتمد الوقاية ضد الصدمات الكهربائية فيها على العزل الأساسى فقط ولكن يضاف إليها مجموعة من احتياطات الأمان مثل العزل الإضافى، وفى مثل هذه الحالة ليس هناك ضرورة لربط هذه المعدات بأرضى الوقاية أو موصل الوقاية الموجود بالمبنى.

معدة كهربائية نقالية **Portable electrical equipment**

معدة كهربائية متصلة بالمصدر الكهربائى، ويمكن نقلها من مكان إلى مكان آخر بسهولة.

مقاومة قطب التأريض **Earth electrode resistance**

مقاومة الأرض للتيار الكهربى الذى يمر من القطب إلى الأرض أو من الأرض إليه طبقاً لاتجاه سريان التيار.

مقطورة (كارفان) **Caravan**

مكان مؤقت للاستخدام السكنى أو الإدارى أو الصناعى سواء كانت مزودة بمحرك أو بدون ويكثر استخدامها فى مرحلة الإنشاء.

مقطورة مزودة بمحرك **Motor caravan**

مقطورة مجهزة للإقامة بها أثناء السياحة والتى تتطلب طرق إنشاء خاصة، ويمكن استخدامها على الطرقات كعربات، كما يمكن استخدامها كمكان للإقامة الثابتة أو تكون متنقلة.

منطقة مقاومة التأريض **Resistance area (for an earth electrode only)**

المنطقة السطحية من الأرض والمحيطة بقطب التأريض والتى يظهر فيها انحدار الجهد بقيم محسوسة لحظة مرور تيار أرضى بقطب التأريض.

موصل التأريض **Earthing conductor**

موصل الوقاية الذى يقوم بتوصيل نقطة التأريض الرئيسية بالمنشأ بقطب التأريض أو نظام التأريض المستخدم.

موصل التعادل **Neutral conductor**

موصل متصل بنقطة تعادل النظام وأحياناً يشارك فى نقل الطاقة الكهربائية.

موصل الربط **Bonding conductor**

موصل وقاية يربط جسمين معدنيين بحيث يصبحا بنفس الجهد الكهربائى (أى متساويان فى الجهد).

موصل الوقاية **Protective conductor**

موصل يستخدم للوقاية من الصدمات الكهربائية ويستخدم لتوصيل الأطراف التالية:

- الأطراف الموصلة المكشوفة والمعرضة للمس
- الأجزاء الموصلة الدخيلة

- قطب أو أقطاب التأريض
- نقطة تأريض مصدر التغذية أو نقطة التعادل الصورية

موصل الوقاية والتعادل **PEN conductor**

الموصل الذى يجمع أداء موصل الوقاية وموصل التعادل ويكون مندمجاً فى موصل واحداً ويمتد من نقطة تعادل النظام إلى المعدات المختلفة.

موصلات متحدة المركز ذات غلاف معدنى مؤرضة **Earthed concentric wiring**

مجموعة أسلاك معزولة محاطة خلال مسارها بموصل مؤرض (غلاف معدنى) يعمل كموصل متحد للوقاية والتعادل PEN.

موقف المقطورات (الكارفانات) **Caravan park**

مكان من الأرض يحتوى على موقف لاثنين أو أكثر من الكارفانات.

نبيطة تعمل على التيار المتبقى **Residual Current Device (RCD)**

نبيطة ميكانيكية أو مجموعة من النبائط تستخدم لفتح الدوائر أو الدوائر المتصلة بها وذلك عندما تصل قيمة التيار المتبقى (الفرق بين التيارات الداخلة والخارجة بالنبيطة) إلى قيمة محددة سالفا.

نظام التأريض **Earthing system**

الطريقة المتبعة فى تأريض المنشآت وهى عبارة عن قطب واحد أو أكثر، متصلة جميعها عن طريق موصل التأريض إلى نقطة التأريض الرئيسية، وتحدد أنواع التأريض طبقاً لطريقة التوصيل بالأرض وتحدد الرموز IT, TT, TN طرق التوصيل المختلفة بالأرض.

وصلة تساوى الجهد **Equipotential bonding**

الوصلة المعدنية التى تربط أجزاء معدنية موصلة للكهرباء مع أجزاء موصلة خارجية وتجعلها جميعاً عند نفس الجهد فى الحالات العادية أو غير العادية.

٤/١ الاختصارات

تطبق فى هذا الكود الاختصارات التالية:

الرمز المختصر	معنى الرمز
ANSI	American National Standards Institute
CB	Circuit Breaker
EFI	Earth Fault Indicator
EL	Earth Leakage
EMC	Electromagnetic Compatibility
EP	Earth Pit
IEC	International Electro technical Commission
IT	Isolated Terre
LAN	Local Area Networks
NEC	National Electric Code
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PEN	Protective Earth and Neutral
RCD	Residual Current Device
TN	Terre Neutral
TNC	Terre Neutral Combined
TNS	Terre Neutral Separate
TNCS	Terre Neutral Combined Separate
TT	Terre Terre

الباب الثانى

الغرض من التأريض وتأثير الصدمة الكهربية على جسم الانسان

١/٢ الغرض من التاريض

قد يشعر الشخص العادى بعدم وجود أى تأثير للأرضى على المنظومات الكهربائية أو الأجهزة أثناء ظروف التشغيل الطبيعية، مما يعطى انطباعا خاطئا بأنة من الممكن فصل الأرضى بدون أى تأثيرات سلبية، ونتيجة لذلك يبدو ظاهريا فقط بأن موضوع التأريض الجيد ليس ذا أهمية.
والحقيقة أن تأثير الأرضى لا يظهر لغير المتخصصين إلا عند حدوث مشاكل أو أعطال وربما لا تحدث هذه المشاكل لمدة طويلة، مما يولد الشعور الخاطئ بعدم أهمية الأرضى.
التأريض هو توصيل شبكات الكهرباء المغذية للمبنى و/أو أجسام المعدات الكهربائية الموجودة في المبنى بالأرض، ويتم ذلك بغرض وقاية الإنسان والحيوان من الصدمة الكهربائية.
ويمكن إيجاز الغرض من التأريض فيما يلى:

١- حماية الأجهزة الكهربية الموجودة بالمباني من التعرض لتيار الخطأ
٢- حماية الأجهزة والمعدات الكهربية الموجودة بالمباني من التعرض لجهود تفوق مقدرة عزلها علي التحمل
٣- وقاية الأشخاص من التعرض للصدمات الكهربية التي قد تحدث نتيجة لتسرب التيار إلي أجسام المعدات الكهربية الموجودة بالمباني
٤- تحقيق مقاومة كهربية لشبكة الأرضي أقل من مقاومة جسم الإنسان لتحقيق مسار أسهل لمرور تيار الخطأ فيه

٢/٢ الصدمة الكهربية

يمكن أن يصاب الشخص بصدمة كهربية مباشرة، إذا لمس أى طور من أطوار التغذية الكهربية ولمس فى نفس الوقت خط التعادل فى منظومة كهربية ثلاثية الأطوار، ويمكن أيضا أن يصاب بالصدمة المباشرة إذا لمس أى طورين من المنظومة.
كما أنه يمكن أن يصاب أى شخص بصدمة كهربية، إذا لمس فقط الطرف الحى فى أى دائرة كهربية جهدها V، أو لمس أى جسم معدنى يحمل جهدا كهربيا قدره V، بشرط أن يكون هذا الشخص متصلا بالأرض من خلال قدميه أو إحدى يديه أو أى جزء من جسده، فعندئذ سيمر تيار كهربى فى جسد ذلك الشخص كما هو موضح فى الشكل رقم (١/٢)، وتسمى الصدمة فى هذه الحالة "صدمة غير مباشرة" لأنه لم يلمس سلكين مكهربين مباشرة، وإنما جسم معدنى أصبح مكهربا نتيجة لانهيار العزل. وبالطبع فإن الفرق بين الحالتين فقط فى التسمية أما التأثير فمتشابه.

وتحسب شدة التيار المار فى جسم هذا الشخص من قانون أوم :

$$I_{body} = V/R_{body} \qquad (2\text{-}1)$$

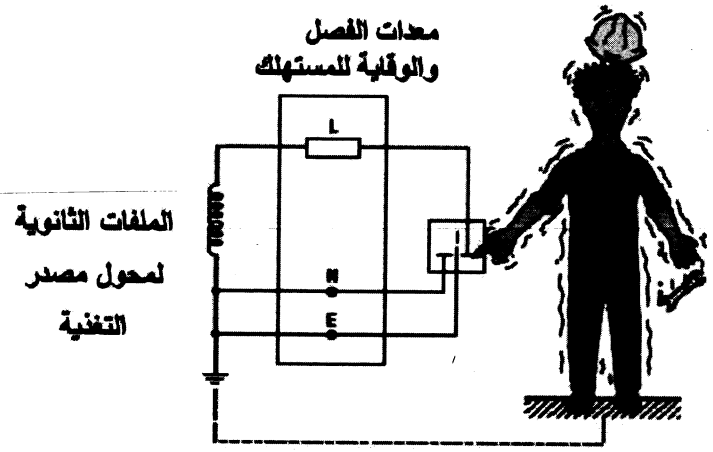
حيث:

I_{body} : شدة التيار خلال جسم الإنسان

R_{body} : مقاومة جسم هذا الإنسان

يلاحظ من الشكل رقم (١/٢) أن التيار قد أكمل دائرته ليس من خلال خط التعادل كما فى الظروف الطبيعية، وإنما أكمل الدائرة من خلال جسم هذا الشخص ثم كتلة الأرض ومنها إلى المصدر مرة أخرى، وبذلك تحقق الربط الأساسى لمرور التيار فى جسم إنسان لوجود فرق جهد على جسمه، الذى يقع ضمن المسار المغلق لمرور التيار.

والسؤال هل كل إنسان يلمس موصلا مكهربا سيصاب حتما بصدمة كهربية ؟ وهل دائما هذه الصدمة مميته ؟ وما هى العوامل التى تجعل الصدمة خطيرة ؟. أى باختصار ما هو تأثير التيار الكهربى على جسم الإنسان ؟.



شكل (١/٢): حدوث الصدمة الكهربية

تسبب الصدمة الكهربية مرور التيار الكهربائى فى جسم الإنسان ويكون نتيجة لمرور هذا التيار آثارا حرارية وتحليلية وبيولوجية، ويتمثل الأثر الحرارى فى الاحتراق الذى يصيب الأجزاء الخارجية للجسم بسبب سخونة الأوعية الدموية.

ويتمثل الأثر التحليلى فى تحلل الدم والسوائل الحيوية الأخرى، مما يؤدى إلى إتلاف تركيبها الفيزيائى والكيميائى، ويتمثل الأثر البيولوجى فى تهييج الأنسجة الحية الذى يمكن أن يترافق مع تقلصات تشنجية غير إرادية للعضلات بما فيها عضلات القلب والرئتين، مما يؤدى إلى تمزق

الأنسجة واختلال عمليتى التنفس ودورة الدم. وتختلف شدة تلك الآثار ودرجة خطورتها تبعا لأربعة عوامل رئيسية هى :

١ – مسار التيار فى جسم الإنسان

٢ – شدة التيار المار فى جسم المصاب

٣ – الفترة التى يبقى المصاب خلالها تحت تأثير الصدمة الكهربية

٤– نوع التيار (مستمر/ متردد) وكذلك قيمة الذبذبة

٣/٢ تأثير التيار الكهربائى على جسم الانسان

يتحدد مسار التيار الكهربائى فى جسم الإنسان بمنطقتين (أو نقطتين) هما : مكان دخول التيار إلى جسم الإنسان، ومكان خروج التيار من جسم الإنسان. وقد يكون هذا المسار قصيرا (بين نقطتين على اليد أو على القدم مثلا)، أو قد يكون طويلا من يد إلى اليد الأخرى، أو بين اليد والقدم. لكن المسار الأكثر خطورة هو من اليد إلى اليد الأخرى مرورا بالقلب حيث قد يسبب الوفاة الفورية. ولذا ينصح أحيانا بوضع اليد اليسرى فى جيب البنطلون وقت التعامل مع الأسلاك الكهربية الخطرة، وهذا لن يمنع حدوث الصدمة إذا لامس الشخص موصل مكشوفا لكن سيجعل مساره لا يمر عبر القلب لوجود اليد اليسرى غير ملامسة لأى نقطة مؤرضة.

٣/٢–١ تأثير شدة التيار المار فى الجسم

تزداد خطورة الكهرباء وآثارها على جسم الإنسان بازدياد شدة التيار المار فيه، وتتحدد قيمة التيار الكهربائى المار فى جسم الإنسان بعاملين:

الأول : جهد الموصل الذى لامسه الشخص، حيث تتناسب خطورة الصدمة مع ارتفاع قيمة هذا الجهد

الثانى : المقاومة الكهربائية لجسم الإنسان، حيث تؤثر قيمتها مباشرة على شدة التيار ولكن بتناسب عكسى، أى يكون تيار الإصابة كبيرا إذا كانت المقاومة الكهربائية لجسم الإنسان صغيرة، و العكس بالعكس

وتتأثر قيمة مقاومة جسم الإنسان بمدى رطوبة الجلد، وسمك طبقة الجلد، فتنخفض المقاومة بشدة إذا كان الجسم رطبا وترتفع قيمتها إذا كان الجلد سميكا، ولهذا فمقاومة الرجل دائما أعلى من مقاومة المرأة لأن جلده أسمك، وبالتالى فالمرأة دائما أكثر عرضة للخطورة فى حالة الصدمات الكهربية من الرجل. وتعتمد قيمة مقاومة الإنسان أيضا على قيمة الجهد المؤثر، فهى ذات قيمة عاليه عند الجهود المنخفضة وتقل القيمة بازدياد الجهد. والقيم التقريبية التالية فى الجدول رقم (١/٢) تبين مدى قيمة شدة التيار الذى يسبب خطورة على الإنسان.

جدول (١/٢) : خطورة الصدمة على الإنسان حسب قيمة التيار

شدة التيار (ملى أمبير)	التأثير على الإنسان
٠.٥	لا يوجد إحساس
١	إدراك حسي
٢	إزعاج، بداية الروع
١٠	ألم وانقباض العضلات
٢٠	ألم قوى وعدم وجود تحكم فى العضلات
٣٠	ألم حاد وبداية عجز التنفس
٨٠	بداية تعذر الانقباض العضلي للقلب
٤٠٠	احتراق حرارى كهربى
١٠٠٠	توقف القلب أو توقف البطين

٢/٣-٢ تأثير زمن مرور التيار فى الجسم

العامل الثالث المؤثر على خطورة الصدمة هو مدة سريان التيار فى الجسم، فالتيار الصغير إذا استمر فى المرور بالجسم لمدة طويلة ربما يصبح أكثر خطورة من التيار المرتفع الذى يمر لبرهة قصيرة فقط. والجدول رقم (٢/٢) يبين علاقة شدة التيار وخطورته بمدة مروره.

جدول (٢/٢): خطورة الصدمة حسب زمن مرور التيار

أقصى تيار (ملى أمبير)	مدة السريان	التأثير البيولوجى
٠ – ١	مستمر	ليس لة تاثير
١ – ١٠	مستمر	يشعر بة الإنسان لكن يمكنه التخلص من الدائرة
٥ – ٣٠	دقائق	عدم الانفصال عن مصدر الكهرباء
٣٠ – ٥٠	ثوانى	عدم انتظام ضربات القلب – إغماء
أكبر من عدة مئات	أكثر من ٢٠ ملى ثانية	إغماء – موت

ويمكن حساب اقصى تيار آمن (I) خلال فترة زمنية معينة (t) من خلال المعادلة التقريبية التالية:

$$I = k / \sqrt{t} \qquad mA \qquad (2\text{-}2)$$

حيث :

k : ثابت تعتمد قيمته على أبعاد الجسم وتتراوح قيمته ما بين (٠.١ – ٠.٢)

ولتلافى الآثار الناجمة عن مرور التيار الكهربى فى جسم الإنسان، فإن هناك أمرين مهمين يجب مراعتهما لمواجهة مخاطر الصدمة الكهربية:

١- العزل الكهربى

٢- التأريض وهو الموضوع الأساسى للمجلد

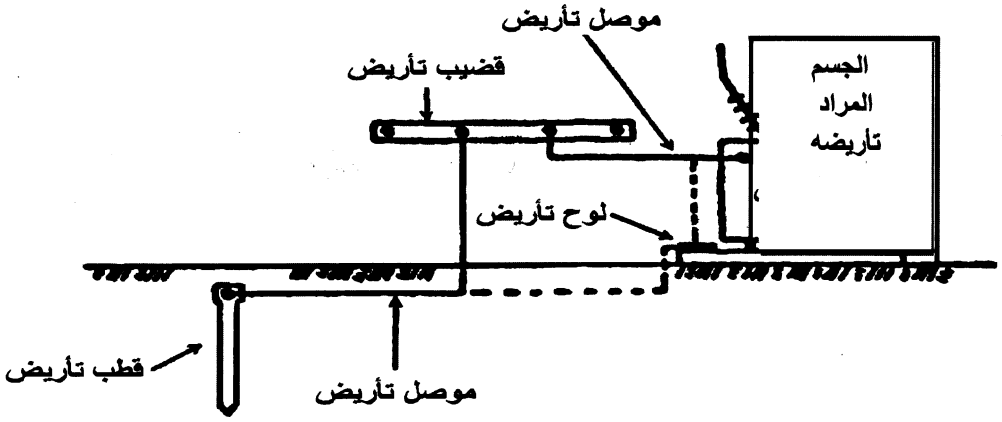
الباب الثالث

تصميم نظم التأريض

١/٣ مكونات نظام التأريض

يتكون نظام التأريض من قطب أرضي (Earth electrode) ويسمى أيضا قطب تأريض وموصلات تأريض (Earthing or Grounding conductors) وقضبان تأريض (Ground buses).

ويوضح الشكل رقم (١/٣) مكونات نظام تأريض مبسط.



شكل (١/٣): نموذج مبسط لنظام تأريض

يتكون قطب الأرضي من واحد أو أكثر من الأجسام المعدنية المدفونة في الأرض والمتصلة ببعضها البعض اتصالا كهربيا جيدا والمزودة بواحد أو أكثر من أطراف التوصيل لإتاحة التوصيل إليها من سطح الأرض. ويستخدم قطب التأريض الوقائي عند حدوث خطأ أرضى، لاستقبال تيار هذا الخطأ من الشبكات أو المعدات المؤرضة ونشره في الأرض التي يسرى من خلالها إلى أن يتم تجميعه وإعادته إلى نظام التغذية مرة أخرى من خلال قطب أو أقطاب تأريض النظام. والمقصود بتيار الخطأ الأرضي هنا هو إما كل التيار المساوى لثلاثة أضعاف مركبة التيار الصفرية (Zero-Sequence current component) أو جزء منه، وينتج هذا التيار عن عدم تماثل التيارات في الأطوار الثلاثة لمصدر التغذية، سواء كان عدم التماثل ناتجا عن عدم تساوى تيارات الأحمال العادية على الأطوار الثلاثة، أو عن حدوث خطأ أرضى عبارة عن اتصالٍ طارئ بين واحد أو اثنين من أطوار مصدر التغذية والأرض.

وتكون الموصلات وقضبان التأريض المخصصة للتأريض هي الأجزاء المستخدمة في توصيل الشبكات أو المعدات بالأرض.

٢/٣ خصائص القطب الارضى

٢/٣-١ كثافة التيار على سطح قطب الأرضى

يجب التأكد من أن القيمة العظمي لسعة حمل التيار بقطب الأرضي ملائمة للنظام المتصل به، مما يعني قدرة الموصل علي تبديد الطاقة الكهربائية في الأرض والمحورة داخل قطب الأرضي علي هيئة طاقة حرارية، وذلك دون ارتفاع درجة حرارة القطب نفسه عن القيمة المسموح بها والتى يمكن أن تؤدى إلي انصهاره. وتتوقف أقصي درجة حرارة يصل إليها قطب الأرضي علي قيمة وفترة مرور تيار الخطأ الأرضي ونوع مادة القطب وكذلك الخواص الحرارية للتربة المحيطة بالقطب.

وبما أن معامل تغير المقاومة الكهربائية للتربة يكون سالباً، فإن التيار يسبب بداية انخفاضاً في مقاومة القطب، وبالتالي زيادة في تيار الخطأ الأرضي. ومع ارتفاع درجة الحرارة إلي ١٠٠ ^{o}م فما فوقها، يتبخر الماء الموجود فى التربة وتتحول تدريجيا إلي مادة عازلة ذات مقاومة عالية وترتفع درجة حرارة القطب إلي درجة قد تصل إلي درجة انصهاره وانهياره وعدم أدائه للوظيفة المنوط بها.

ويجب أن تراعى ثلاثة عوامل عند اختيار مادة ومساحة مقطع قطب التأريض وهى :

١- صمود النظام لمدة طويلة:

ويحدد ذلك سلامة النظام الذى يتصل به قطب الأرضي ليؤدى عمله بصورة طبيعية

٢- سعه تحمل تيار الخطأ لفترة صغيرة:

وهى الفترة التى يمر فيها تيار الخطأ الأرضى إلى الأرض

٣- سعه تحمل تيار الخطأ لفترة طويلة:

وهي الفترة التى يمر فيها تيار الخطأ الأرضى إلي الأرض في حالة النظم المستخدم فيها ملفات على التوالى، لتقليل حدوث القوس الكهربائى

واستنتاجا من مجموعة من التجارب العملية أجريت علي نموذج لقطب أرضي كروى مدفون في طين أو طفلة ذات مقاومة نوعية صغيرة، تم التوصل إلى الحقائق التالية:

أ - تعتبر كثافة التيار ٤٠ أمبير /م^{٢} قيمة مأمونة وتتحقق عندما يحدث خلل في قيم تيارات الأطوار المختلفة وهى تتوقف كذلك على المقاومة النوعية للتربة

ب - تتناسب فترة انهيار قطب الأرضى نتيجة لمرور تيار خطأ أرضى لفترة زمنية قصيرة، عكسياً مع التحميل النسبى، وتكون أقصى كثافة تيار مسموح بها طبقاً للمعادلة التالية:

$$J = 10^3 \sqrt{\left(\frac{57.7}{\rho \times T}\right)} \qquad (3\text{-}1)$$

حيث:

J : كثافة التيار فى قطب الأرضي (أمبير /متر^2)

ρ : المقاومة النوعية للتربة المحيطة بالقطب (أوم . متر)

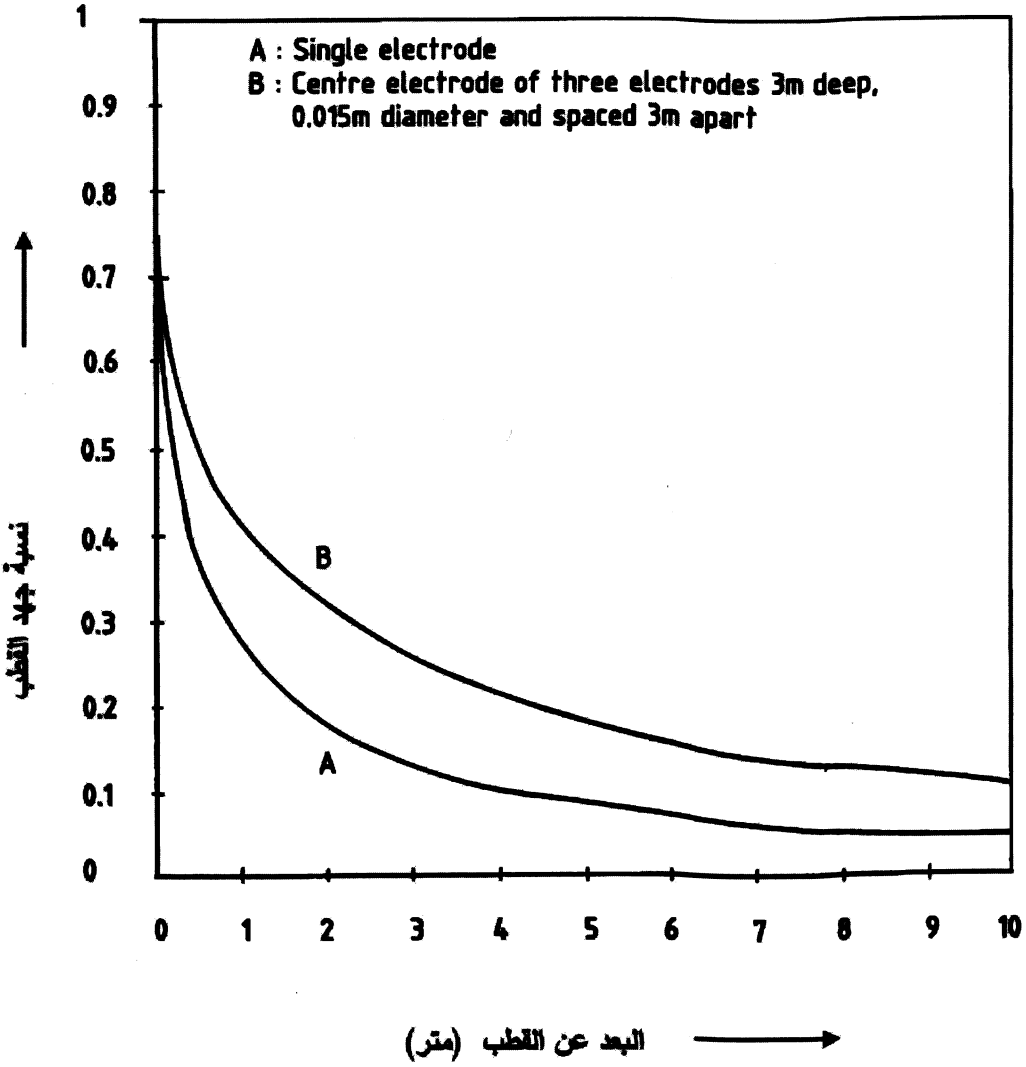
T : زمن بقاء مرور تيار الخطأ الأرضي فى القطب (ثانية)

ولقد أثبتت الخبرة العملية صلاحية هذه العلاقة أيضاً للأقطاب اللوحية.

٢/٣-٢ تدرج الجهد حول القطب الأرضى

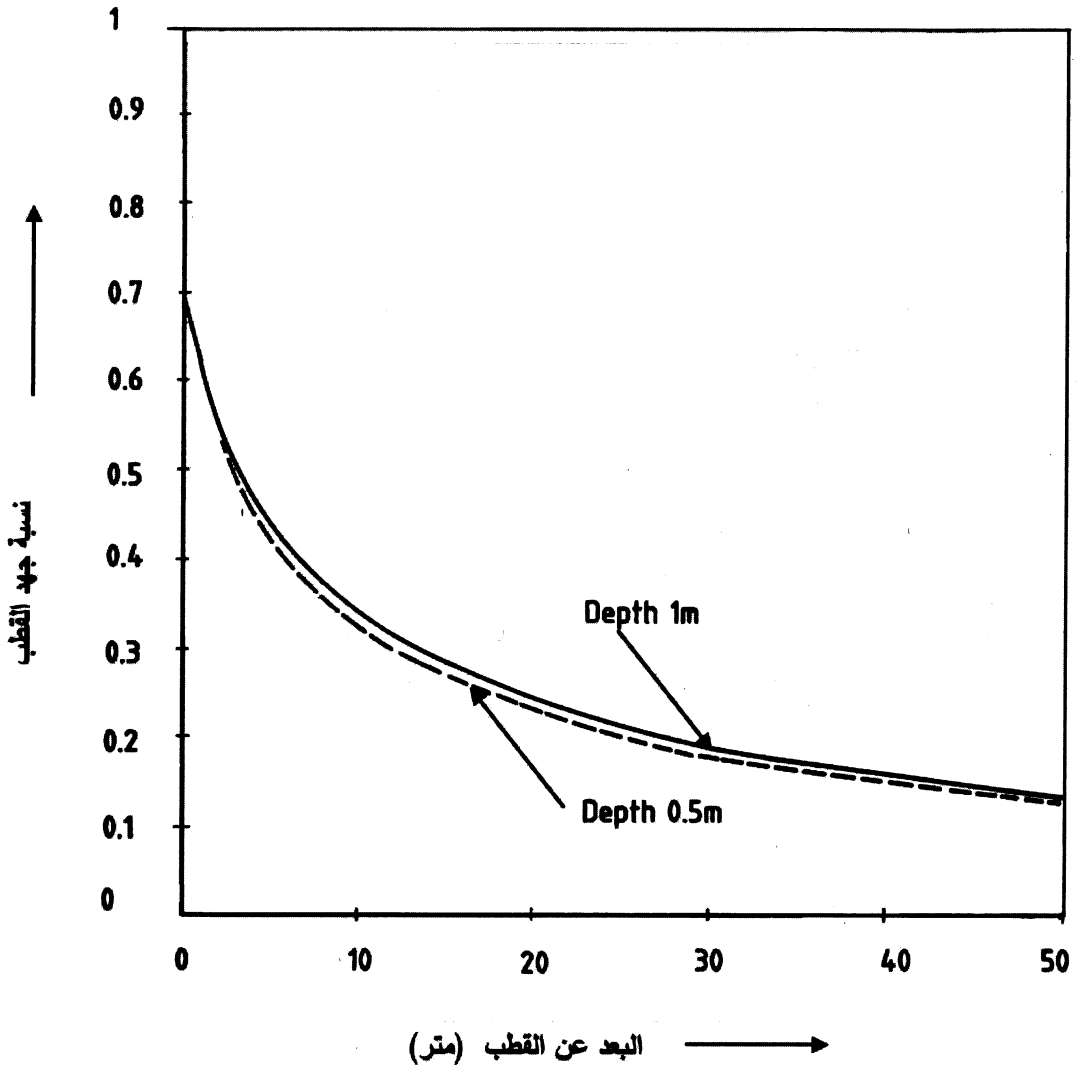
عند انهيار العزل بين موصل الطور والأرض، يمر تيار في قطب الأرض ويرتفع جهده عن جهد الأرض (صفر)، ويعتمد هذا الارتفاع علي قيمة تيار الخطأ الأرضي ومقاومة القطب. ويؤدى هذا إلي ظواهر غير طبيعية في شبكة التليفونات وكابلات نقل المعلومات ذات أقطاب التأريض الموضوعة علي جهد الأرض وتحدث هذه الظواهر أساساً في نظم التأريض ذات الأقطاب الكبيرة كما فى محطات توليد وتوزيع الكهرباء.

ونظراً لارتفاع قيمة تيار الخطأ الأرضي وبالتالى ارتفاع جهد الأرض في المنطقة المحيطة بقطب الأرضي، فغالباً ما يسبب هذا ضرراً للأشخاص وللدواب المتواجدة بهذه المنطقة خاصة عند تلامسهم مع نقطتين متباعدتين علي جهدين مختلفين وذلك عند زيادة الجهد عن قيمة معينة، وتكون الدواب أكثر تعرضاً لذلك. ويوضح الشكل رقم (٢/٣) كيفية تغير الجهد بالمنطقة المحيطة بقطب أرضي طوله ٣ م. ويلاحظ من الشكل أن تدرج الجهد يكون عالياً بالقرب من قطب الأرضي ويكون ذلك في دائرة نصف قطرها في حدود من (١- ٢) مترا من القطب. ولتقليل قيمة تدرج الجهد في هذه المنطقة، يجب أن تكون أعلي نقطة من قطب الأرضي علي مسافة عميقة من سطح الأرض. ويوضح هذا الشكل أيضاً تدرج الجهد علي القطب الأوسط لثلاثة أقطاب مدقوقة علي استقامة واحدة ومتصلة ببعضها. ويلاحظ أن تدرج الجهد علي مسافة ٢ مترا يكون أقل من سابقه. وفي حالة استخدام مجموعة من الأقطاب علي التوازى، فإن مقاومة التأريض والجهد وتدرجه، تقل عن حالة استخدام قطب أرضي واحد.



شكل (٢/٣): جهود سطح الأرض حول قضيب منفرد وكذلك عند القطب الأوسط لثلاثة قضبان مدفونة على استقامة واحدة

ويوضح الشكل رقم (٣/٣) انحدار الجهد بجوار قطب عبارة عن شريحة مدفونة أفقياً حسب البعد عن القطب وذلك عند عمق ٠.٥ ، ١ مترا.

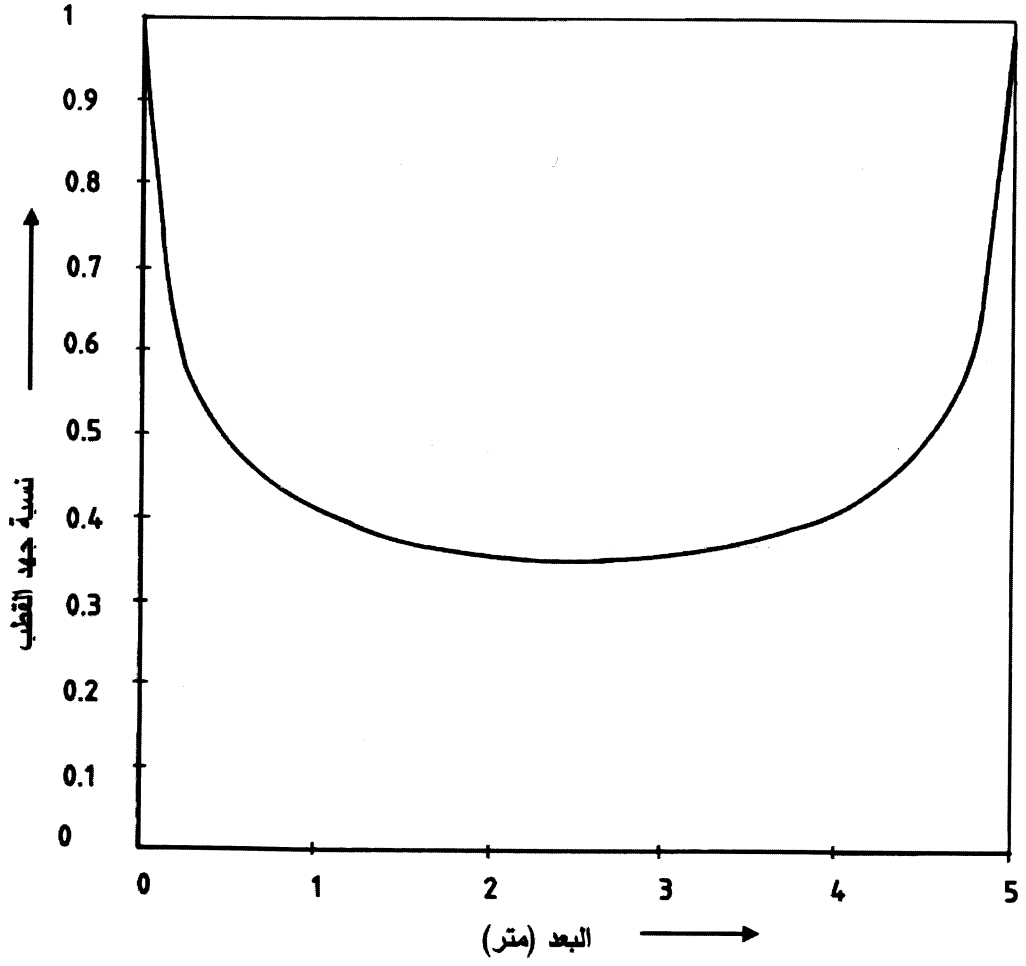


شكل (٣/٣): انحدار الجهد بجوار قطب عبارة عن شريحة مدفونة أفقياً

يتضح من الشكل رقم (٣/٣) أن توزيع الجهد علي سطح الأرض في المنطقة المحيطة بقطب أفقي يكون أقل من مثيله الرأسي، ويكون أعلي تدرج للجهد عند نقطة مساوية لعمق القطب عن سطح الأرض وتكون عندئذ قيمة تدرج الجهد بين قطبي الأرضي صغيرة وكذلك فإن عمق القطب عن سطح الأرض ذو تأثير قليل علي قيمة الجهد عند سطح الأرض.

ويوضح الشكل رقم (٤/٣) توزيع الجهد على سطح الأرض في المنطقة الواقعة بين أربعة أقطاب واقعة غند رؤوس مربع طول ضلعه ٥ مترا، قطر كل منها ١٥ مم ويطول ٣ أمتار والمسافة الفاصلة بينها ٥ أمتار، ويوصي بقياس الجهد في المنطقة المحيطة بالأقطاب،

ويجب أن تكون داخل الحدود المسموح بها، وتستخدم شرائح أفقية مدفونة تحت سطح التربة على عمق حوالى ٦٠ سم لتقليل الجهد علي سطح الأرض وكذلك تدرج الجهد في هذه المنطقة، حيث أن قيمة جهد سطح الأرض حول قطب الأرضي وعلي بعد مسافة صغيرة تبلغ عدة سنتيمترات توضح مدى تأثير مقاومة التربة النوعية علي قيمة الجهد. أما في المناطق ذات المقاومة النوعية العالية حيث لا ينصح باستخدام أقطاب إضافية وإنما يوصي بمعالجة التربة لتغيير مقاومتها النوعية أو باستبدالها بخرسانة موصلة، مع مراعاة أن جودة توصيل التربة تتأثر بشكل واضح بكثافة التربة (عدا التربة المشبعة بالماء) وأن عملية دك التربة والتصاقها بقطب الأرضي من الأمور الهامة لتقليل قيمة مقاومة التأريض.



شكل (٤/٣): توزيع الجهد بين أربع أقطاب أرضية مكونة من قضبان مدفونة على هيئة مربع

ولا يتم وضع أقطاب الأرضي بالقرب من الأسوار المعدنية، إلا إذا كانت هذه الأقطاب مستخدمة لتأريض هذه الأسوار، نظراً لارتفاع جهدها في حالة حدوث انهيار عزل موصل الطور واتصاله بالأرض أو بجسم معدنى متصل بها.

أما في المناطق الريفية حيث يتم نقل الطاقة الكهربائية وتوزيعها باستخدام خطوط هوائية وأبراج، فيجب أن يكون تأريض الأبراج عن طريق وصلات أرضية معزولة، لربط الأبراج بأقطاب الأرضي لحماية الماشية في المنطقة المحيطة بالأبراج.

٣/٢-٣ حساب الجهد على سطح الأرض

٣/٢-٣-١ أقطاب رأسية

يمكن حساب القيمة (E) الناتجة عن ارتفاع الجهد علي القطب الرأسي الذى يظهر عند نقطة P علي سطح الأرضية المطلوب حساب قيمة الجهد عندها من العلاقة التالية :

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n} \ln\left[\nu_i + \sqrt{(\nu^2{}_i + 1)}\right]}{(1 + \lambda\beta)\ln\left(\frac{4L}{d}\right)} \qquad (3\text{-}2)$$

حيث :

$$\nu_i = \frac{L}{r_i}$$

وحيث :

n : عدد الأقطاب

L : طول الجزء المدفون من القطب (متر)

r_i : المسافة بين أى نقطة P علي سطح الأرض والقطب رقم i^{th} (بالمتر)، وتكون أكبر من نصف قطر قطب n_i (متر)

λ : قيمة معامل التجميع معطاة في الجدولين رقمى (١/٣)، (٢/٣)

β : قيمة معامل تحسب من المعادلة (٣-٣)

جدول (١/٣) : معامل التصحيح العددى λ لمجموعة من الأقطاب المتوازية على خط مستقيم واحد

عدد الأقطاب المتوازية على خط مستقيم (n)	معامل التصحيح العددى (λ)
٢	١.٠٠
٣	١.٦٦
٤	٢.١٥
٥	٢.٥٤
٦	٢.٨٧
٧	٣.١٥
٨	٣.٣٩
٩	٣.٦١
١٠	٣.٨١

جدول (٢/٣): معامل التصحيح العددى (λ) لمجموع أقطاب (قضيب أو ماسورة) متوازية رأسية مصفوفة على المحيط الخارجى لمربع خالى من الأقطاب بالداخل

عدد الأقطاب المصفوفة علي جانب واحد من مربع خالي من الأقطاب بالداخل (n1)	معامل التصحيح العددى (λ)
٢	٢.١٧
٣	٤.٥١
٤	٥.٤٨
٥	٦.١٤
٦	٦.٦٣
٧	٧.٠٣
٨	٧.٣٦
٩	٧.٦٥
١٠	٧.٩٠
١٢	٨.٣٢
١٤	٨.٦٧
١٦	٨.٩٦
١٨	٩.٢٢
٢٠	٩.٤٠

ملحوظة:

(١) يكون عدد الأقطاب n حول محيط المربع مساوياً للقيمة 4(n1-1)

(٢) في حالة وضع الأقطاب علي محيط مثلث متساوى الأضلاع أو علي شكل زاوية قائمة، فإن معامل التصحيح العددي (λ) يساوي ١.٦٦ تقريباً

وتحسب β من العلاقة التالية:

$$\beta = \frac{L}{s \times \ln\left(\frac{4L}{d}\right)} \qquad (3\text{-}3)$$

حيث:

d : قطر القضيب (متر)

S : المسافة بين الأقطاب (متر)

تم حساب القيمة السابقة بفرض أن المسافة بين الأقطاب S لا تقل عن طول القطب المستخدم وأنها متساوية بين هذه الأقطاب وكذلك بأن قيمة التيار متساوية بينها.

٣/٢-٣-٢ أقطاب أفقية

يمكن استنتاج علاقة لحساب ارتفاع الجهد علي سطح الأرض (E) الناتج عن عند نقطة P علي سطح الأرض والذى من المطلوب حساب قيمة الجهد عندها وتقع علي خط عمودى علي الخط الواصل أفقيا بين الأقطاب، بفرض أن القطب موجود تحت مستوى سطح الأرض بمسافة صغيرة مقارنة بطول القطب وأن التيارات موزعة بين الأقطاب بالتساوى من العلاقة التالية الواردة بالمواصفات القياسية البريطانية BS 7430-2011 :

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n} 2 \times \ln\left[v_i + \sqrt{\left(v_1^{\,2} + 1\right)}\right]}{F \times \ln\left(\frac{L^{\,2}}{hd}\right)} \qquad (3\text{-}4)$$

حيث:

$$v_i = \frac{L}{2\sqrt{\left(h^2 + r_i^{\,2}\right)}}$$

و حيث:

n : عدد الأقطاب

L : طول كل قطب (متر)

r_i : المسافة علي سطح الأرض الممتدة بين النقطة P علي سطح الأرض ونقطة رأسية فوق القطب رقم i^{th} (متر)

h : عمق الأقطاب من سطح الأرضية (متر)

d : قطر القطب بالمتر

وبالنسبة للأقطاب الشريطية فإن $d = \frac{2w}{\pi}$ ، حيث تكون w هى عرض الشريط (متر)

F : معامل التجميع ويتم حساب قيمته من العلاقة الواردة فى الملحوظة المعطاة فى الجدول رقم (٣/٣)

جدول (٣/٣) : المعاملات P ، Q للشرائح و الموصلات المستديرة

ترتيب الأقطاب		P	Q	
شكل الأقطاب	مواصفات الأقطاب		شريحة	موصل مستدير
(أ) L	موصل من طول واحد (١)	٢	١-	١.٣-
L L	طولان علي زاوية ٩٠°	٤	٠.٥	٠.٩
LL L	ثلاث أطوال علي زاوية ١٢٠°	٦	١.٨	٢.٢
L L	أربعة أطوال علي زاوية ٩٠°	٨	٣.٦	٤.١-

ملحوظة على الجدول رقم (٣/٣):

(أ) عند استخدام موصلين أو أكثر طول كل منهما L والمسافة الفاصلة (S) على التوازى، وتم توصيلهم مع بعضهم، فإن مقاومة التأريض الناتجة تصبح:

$$R_n = F_x R_1$$

حيث :

R_n: مقاومة تأريض النظام المكون من عدد (n) من الأقطاب المتوازية (أوم)

R1 : مقاومة الأرضي لقطب واحد معزول عن النظام (أوم)

Fx: معامل يتم حسابه من المعادلات التالية :

١. بالنسبة لطولين : $F)_{x=2} = 0.50 + 0.078(s/L)^{-0..307}$

٢. بالنسبة لثلاثة أطوال : $F)_{x=3} = 0.33 + 0.071\ (s/L)^{-0.408}$

٣. بالنسبة لأربعة أطوال : $F)_{x=4} = 0.25 + 0.067\ (s/L)^{-0.451}$

وبشرط أن $0.3 \geq (s/L) \geq 0.02$

٣/٣ العوامل المؤثرة فى التأريض

تأريض النظام أو المعدات داخل المبنى يعنى توصيلها جيدا بالأرض والتأكد من أن قيمة مقاومة نظام التأريض أقل من القيمة التى تم التصميم بناءا عليها، حتى يكون قادراً على تحمل أقصى تيار خطأ أرضى دون حدوث انهيار فى قيمة المقاومة إلى الأرض وأن يظل موصل التأريض المدفون فى الأرض والذى يربط ما بين المعدات وقطب التأريض قادرين على تحمل تيار الخطأ الأرضى (تيار انهيار العزل)، ومن هذه العوامل حجم وشكل موصل التأريض وطبيعة الأرض التى يوجد بها الموصل وطريقة ربط النظام بهذا الموصل. كما يجب مراعاة كثافة التيار على سطح قطب التأريض وتوزيع الجهد على سطح الأرض فى المنطقة.

٣/٣-١ القيم الموصى بها والمقبولة لمقاومة الأرضى

قد لا تعمل نظم التأريض فى التركيبات الكهربائية بصورة مرضية إلا إذا تم توصيل النظام إلى الأرض جيدا. ولذا يجب أن يكون التوصيل إلى قطب التأرض بمقاومة صغيرة للمساعدة فى تشغيل نبائط الوقاية فى النظام فورا فى حالة حدوث خطأ أرضى حتى نضمن تحقيق الأمان من الصدمة الكهربائية للأشخاص الموجودين بجوار المعدات أو الملامسين للأجسام المعدنية المكشوفة والمعرضة للمس أو حتى الملامسين لأقطاب التأريض نفسها عند ظهور جهود عالية عابرة عليها. وكلما كانت مقاومة الأرضى منخفضة، كلما أمكن تحقيق ذلك.

وعليه، كلما كانت التركيبات بقيمة منخفضة لتيار الخطأ الأرضى، فأنها لا تحتاج إلى قيم منخفضة لمقاومة التأريض. وعليه فإن مقاومات التأريض من (١-٥) أوم تكون مناسبة لنظم التأريض فى المبانى والتركيبات الصناعية والتجارية الكبيرة (إرجع إلى المواصفات الأمريكية IEEE STD 142-1991).

وقد يتطلب الوصول إلى هذه القيم المنخفضة استخدام أكثر من قطب تأريض على التوازى.

أما فى حالة تأريض نظم التيار الخفيف فى المبنى، فيتم استخدام نظام تأريض ذات مقاومة لا تزيد عن ٠.٥ أوم ، بينما يجب فى المستشفيات تأريض المعدات الطبية بنظام تأريض منفصل وبمقاومة أرضى أقل من ٠.٥ أوم.

٣/٣-٢ المقاومة النوعية للتربة (ρ) بالأوم متر

تعتمد مقاومة الأرضى لقطب التأريض على المقاومة النوعية الكهربائية لمادة التربة التى يوجد بها هذا القطب وهى من العوامل الهامة فى اختيار أنسب نظم التأريض. وتعتمد مقاومة التربة النوعية على المكونات التى توجد بها (كما هو وارد بالجدول رقم (٤/٣)). وحيث أن مقاومة التربة النوعية تتأثر إلى حد كبير بنسبة الرطوبة الموجودة فى التربة وكذلك بالمركبات الكيميائية وتركيز الأملاح الذائبة فى الماء، وأن حجم الحبيبات وتوزيعها واقترابها من بعضها البعض فى كيفية احتفاظ التربة بالرطوبة، وحيث أن عددا كبيراً من هذه العوامل المؤثرة فى المقاومة النوعية للتربة يختلف طبقاً للمكان والوقت من السنة، لذا فإنه من الممكن اعتبار القيم المذكورة فى الجدول رقم (٤/٣) قيماً استرشادية فقط، أما القيم الحقيقية لمقاومة التربة النوعية فيجب التحقق منها بالقياس، وخاصة عندما تكون التربة مكونة من عدة طبقات أفقية، حيث أن المقاومة النوعية لا تعتمد على الطبقة السطحية فقط، وإنما تعتمد على التكوين الجيولوجى للطبقات السفلية. وعلى ذلك، فيجب مراعاة صفوف طبقات التربة عند اختيار طول ونوعية قطب التأريض.

كما تؤثر درجة حرارة طبقة التربة العلوية القريبة من درجة التجمد أو دونها، على مقاومتها النوعية بدرجة قليلة، ويكون جزء قطب التأريض القريب من السطح (على مسافة ١ متر) غير فعال فى حالة تجمد التربة.

أما فى المناطق التى تكون بها مقاومة التربة النوعية ثابتة (مستقرة)، فيتم اختيار الأماكن المناسبة لإنشاء أقطاب التأريض وطرق إعداد المكان المختار للحصول على أفضل وأقل قيم للمقاومة وعلى أن يتم ذلك طبقاً لقيم المقاومة النوعية المقاسة.

يعطى الجدول (٤/٣) أمثلة لقيم المقاومة النوعية تبعا لنوع التربة.

جدول (٤/٣): أمثلة لقيم المقاومة النوعية لأنواع مختلفة من التربة (أوم.متر)

نوع التربة	الظروف المناخية			
	أمطار عادية وعالية أكبر من ٥٠٠ مم /سنة		أمطار قليلة ومناطق صحراوية (أقل من ٢٥٠ مم/سنة)	مياه جوفية عالية الملوحة
	قيم محتملة أوم. متر	المدى أوم. متر	المدى أوم. متر	المدى أوم. متر
طمى رسوبى وطين خفيف	٥	يعتمد على مستوى الرطوبة		١- ٥
طين بدون طفلة	١٠	٥- ٢٠	١٠- ١٠٠	١- ٥
طين يابس	٢٠	١٠- ٣٠	٥٠- ٣٠٠	
حجر جيرى (طباشير)	٥٠	٣٠- ١٠٠		
حجر رملي مسامى	١٠٠	٣٠- ٣٠٠		
كوارتز، حجر جيرى مبلور ومدكوك	٣٠٠	١٠٠- ١٠٠٠		
طين اردوازى	١٠٠٠	٣٠٠- ٣٠٠٠	١٠٠٠<	٣٠- ١٠٠
جرانيت	١٠٠٠			
صخور	٢٠٠٠	١٠٠٠<		

في حالة وجود فرصة متاحة لاختيار نظام التأريض، فإنه من المفضل أن يتم اختياره ليكون في الأنواع التالية من التربة :

أ- أرض مستنقع مبلل

ب- أرض طفلة، طينية

ج- أرض طفلة وطينة مختلطة بالرمل والحجارة

د- أرض رملية رطبة ومبللة

ويجب ألا تختار الأماكن المحتوية علي رمال جافة أو حجر جيرى أو صخور أو جرانيت بقدر الإمكان وكذلك الأماكن التى يوجد بها صخور قريبة من سطح التربة.

يتم اختيار مكان نظام التأريض بعيداً عن الأماكن التي يحدث بها تجريف طبيعي للتربة، كمجارى المياه الطبيعية ويستثنى من ذلك الحالات التي بها رمل وحصي. وكحالة عامة، لا

تؤثر زيادة الرطوبة عن قيم من (١٥- ٢٠) % كثيراً في تقليل مقاومة التربة النوعية، ويراعي استبعاد الأماكن التي ترتفع فيها الرطوبة باستمرار نتيجة لسريان الماء، لأن ذلك يعمل على إزالة الأملاح من التربة فى هذه الأماكن.

ويجب في الأماكن التي يتم فيها إقامة منشآت مع إزالة أو تجريف وإعادة للتربة أو استبدالها، استخدام أقطاب تأريض لها أطوال مناسبة لتصل إلي التربة التي لم يحدث بها تغير في طبيعتها والتي تظل قيمة مقاومة قطب التأريض المستخدم عند قيمة ثابتة تقريباً حتى فى حالة جفاف الطبقات العليا للتربة فى المكان المحيط بقطب التأريض.

تستخدم طرق عديدة لمعالجة التربة أو استبدالها بتربة أخرى لتحسين مقاومة التلامس بين قطب التأريض والتربة فى المناطق ذات المقاومة النوعية العالية والمناطق الصخرية والصلبة. كما أن تسريب أو ترشيح المواد الكيميائية خلال فترة زمنية يقلل من كفاءة طرق معالجة التربة تدريجياً مما يتطلب مراقبة تغير الإضافات الكيميائية. ويجب مراعاة التغيرات البيئية وكذلك تأثير المواد الكيميائية المضافة على مادة قطب التأريض عند معالجة التربة.

وتعتبر هذه الطريقة من الناحية الاقتصادية جيدة على المدى القريب وذلك فى المناطق التى تكون فيها المقاومة النوعية عالية ويكون نظام التأريض مطلوبا لفترة زمنية قصيرة. أما فى حالة ما إذا تتطلب الأمر أن تظل قيمة المقاومة فى الحدود المرغوبة (التى تم تصميم نظام التأريض عليها لتبقى ثابتة لفترة زمنية طويلة)، فإنه يفضل إحلال التربة المحيطة بالأقطاب بنوعيات أخرى من التربة ذات مقاومة نوعية صغيرة مثل:

أ- تربة ذات مكونات أغلبها من الطين

ب- خرسانة

ج- خرسانة موصلة أو أسمنتية بها حبيبات من الكربونات

وتكون هذه المعالجة هامة فى المناطق الصخرية حيث تتكون الأرض من طبقات صخرية، ويتم ذلك بمعالجة التربة فى الحفر بملئها بالمادة الموصلة ثم غرس قضبان التأريض الرأسية فيها أو دفن الشرائح المعدنية الممدودة أفقياً بها، حتى تقل مقاومة التلامس بين قطب التأريض والأرض وذلك فى المنطقة المؤثرة فى مقاومة التأريض للقطب. ولا يوصى باستخدام فحم الكوك كمادة مالئة بجوار أقطاب التأريض، لأنها تعمل على تآكل الأقطاب. ويمكن حساب مقاومة الأرضى لقطب رأسى محاط بمادة من البنتونايت أو بالخرسانة من العلاقة التالية :

$$R=\frac{1}{2\pi L}\left[(\rho-\rho_c)\ \left\{\ln\left(\frac{8L}{D}\right)-1\right\}+\rho_c\left\{\ln\left(\frac{8L}{d}\right)-1\right\}\right] \quad (3\text{-}5)$$

حيث:

R : مقاومة الأرض لقطب التأريض الرأسى (أوم)

ρ : المقاومة النوعية لمادة التربة (أوم .متر)

ρ_c : المقاومة النوعية للمادة المالئة من الخرسانة أو البنتونايت (أوم.متر)

D : قطر المادة المالئة (متر)

d : قطر قضيب التأريض (متر)

L : طول الجزء المدقوق من القطب (متر)

وتتغير المقاومة النوعية للبنتونايت مع مرور الوقت من حوالى ٣ (أوم. متر) إلي قيم أعلي ويعتمد ذلك علي نسبة الرطوبة بالمادة القادرة علي امتصاص الرطوبة من التربة المحيطة بها، ولكنها قد تصبح جافة عند اختفاء الرطوبة من التربة المحيطة بها، وبذلك ترتفع قيمة مقاومتها النوعية وتتكمش بعيداً عن الأقطاب.

أما المقاومة النوعية للمواد الأسمنتية فتتراوح قيمتها بين (٣٠ – ٩٠) أوم. متر.

٣/٣- ٣ شكل القطب

أ) تعد أقطاب التأريض، كما ذكر سابقا، هى أجسام معدنية تدفن فى الأرض للاستفادة بجهد الأرض كجهد مرجعى (Reference voltage) لتوصيله إلى الشبكات والمعدات المؤرضة وكذلك لنقل التيار الكهربى القادم من الأجسام المؤرضة عبر موصلات التأريض من خلالها إلى الأرض (أو العكس). إلا أنه يجب أن تكون هذه الأقطاب متناسبة من حيث أحجامها ومساحة أسطحها مع قيمة التيار المار من خلالها إلى الأرض.

ب) يجب أن تكون الأقطاب متصلة اتصالا جيدا بالتربة المحيطة بها كى تكون قادرة على نقل التيار المار بها إلى الأرض (أو العكس) دون أن يؤدى ذلك إلى ارتفاع فى درجة حرارة التربة إلى الحد الذى يؤدى إلى جفافها أو إلى ظهور توزيعات خطرة للجهد على سطح الأرض فى المنطقة المحيطة بها.

ج) يمكن بصفة عامة، الاستفادة من الأجسام المعدنية المدفونة فى الأرض والمستخدمة لوظائف أخرى (كمواسير المياه أو الغاز ويستثنى من ذلك مواسير الصرف الصحى أو حديد تسليح المنشآت أو قضبان الأوناش، إلخ...) واستخدامها كأقطاب تأريض، طالما كانت هذه الأجسام على اتصال جيد بالأرض. وإذا ما استخدمت تلك الأجسام كقطب تأريض، فإنه يسمى فى هذه الحالة "قطب تأريض طبيعى" (Natural earth electrode).

وعند وجود عدد من هذه الأجسام المعدنية فى المكان المطلوب توفير قطب تأريض به، فلا بد من ربطها ببعضها البعض ربطا كهربائيا جيدا لتقليل المقاومة الكلية لقطب التأريض الذى تكونه. وإذا ما كانت المقاومة الأرضية الكلية لتلك الأجسام أكبر من المطلوب، فإنه يمكن إضافة قطب آخر يوصل معها على التوازى لتحقيق المقاومة المطلوبة ويسمى القطب الإضافى المنفذ خصيصا لأغراض التأريض "القطب الاصطناعى" (Artificial earth electrode).

د) تختلف قيمة المقاومة المطلوبة من مواصفة قياسية لأخرى. ولهذا الغرض لابد من الرجوع للمواصفات القياسية المعمول بها لتحديد قيمة المقاومة الأرضية التى من المطلوب أن يحققها قطب الأرضى الجارى تصميمه. وإذا ما كانت هناك منشآت معدنية مدفونة فى باطن الأرض ومسموح باستخدامها كأقطاب تأريض طبيعية، فيجب (قبل الشروع فى تنفيذ أقطاب تأريض اصطناعية) قياس المقاومة الأرضية لهذه الأقطاب الطبيعية، لتحديد ما إذا كانت هناك حاجة لأقطاب اصطناعية إضافية، من عدمه.

هـ) إذا اتضح من قياس مقاومة قطب التأريض أن المقاومة الأرضية للأقطاب الطبيعية المتاحة أكبر من القيمة التى تحددها المواصفات لقطب التأريض المطلوب تنفيذه، فإن الأمر يستدعى تصميم وتنفيذ قطب تأريض اصطناعى وربطه بالأقطاب الطبيعية المتاحة، للوصول بالمقاومة الأرضية الكلية إلى القيمة المطلوبة. ويجب التنويه إلى أن قيم المقاومة الأرضية التى تنص عليها المواصفات القياسية، هى الحد الأقصى المسموح به لمقاومة القطب فى أشد أوقات العام جفافا، وإذا ما أجريت القياسات فى ظروف مختلفة، فيجب إعادة حساب قيمة المقاومة المقاسة بضربها فى معامل يسمى "معامل الجفاف" والذى يساوى النسبة بين المقاومة النوعية للتربة فى أشد أوقات العام جفافا وقيمتها وقت قياس المقاومة عند توافر بعض الرطوبة فى التربة.

و) تتباين أقطاب التأريض الاصطناعية فى أحجامها وأشكالها، ويتوقف ذلك على قيمة المقاومة المطلوب تحقيقها وطبيعة التربة التى سينفذ فيها قطب التأريض. ويعتبر قضيب التأريض الرأسى الموضح فى الشكل رقم (٣/٥) هو أبسط أشكال أقطاب التأريض. ويستخدم هذا النوع عادة فى الأماكن التى تتميز بتربة ذات مقاومة نوعية منخفضة، مثل التربة الطينية أو الملحية الرطبة. ويمكن أن يقتضى الأمر استخدام شبكة تأريض مترامية الأطراف تغطى مساحة تزيد على مئات الأمتار المربعة كما هو موضح فى الشكل رقم (٣/٦)، وذلك عندما تكون المقاومة النوعية للتربة عالية جدا، كما هو الحال بالنسبة للتربة الرملية الجافة أو التربة الصخرية. ويستخدم القطب البسيط

الأول فى الأماكن التى لا تحتاج إلى مقاومة أرضى صغيرة، أما النوع الثانى فيستخدم غالبا لتأريض محطات توليد الكهرباء ومحطات المحولات الكبيرة.

ز) يتوقف حجم وشكل ومادة الأجسام المعدنية التى يتكون منها قطب التأريض الاصطناعى، على عاملين أساسين هما:

* قيمة المقاومة الأرضية التى من المطلوب أن يحققها القطب
* قيمة المقاومة النوعية والتركيب الكيميائى للتربة التى ستدفن فيها الأجسام المعدنية المكونة للقطب

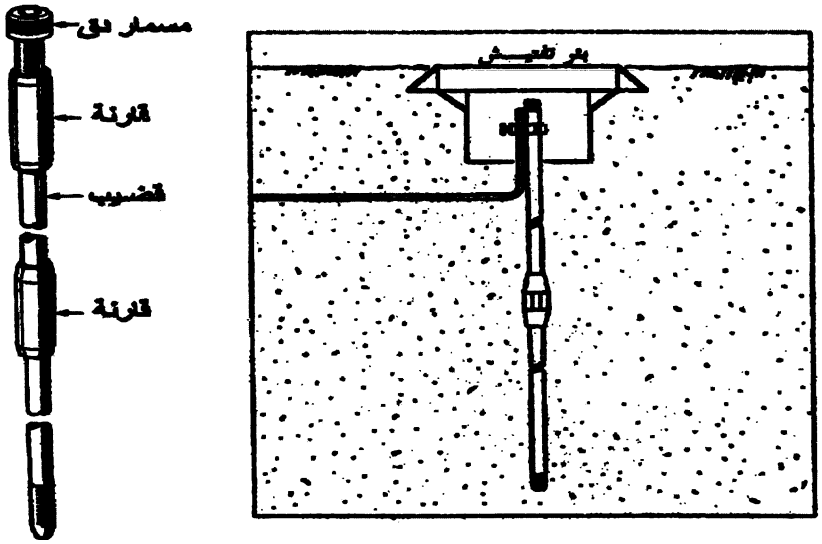
ح) إذا كان الأمر يتعلق بأسس تصميم أقطاب التأريض، فإن التصميم عادة ما يتم على ضوء أى من المطلبين الآتيين أو كليهما معا:

أولا: ألا تزيد المقاومة الأرضية للقطب عن القيمة التى تحددها المواصفات القياسية

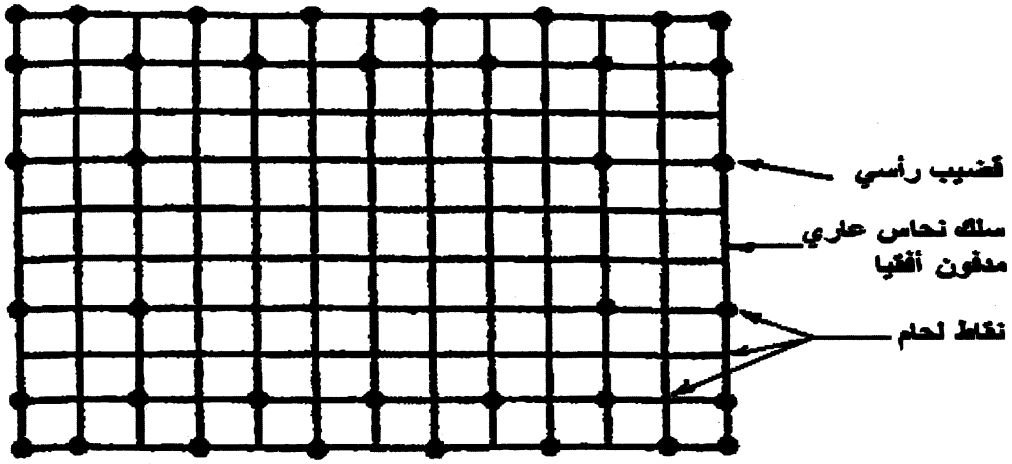
ثانيا: أن يتم التحكم فى توزيع الجهد الكهربى الذى يظهر على سطح الأرض عند مرور تيار الخطأ الأرضى بقطب التأريض، بحيث لا يمثل هذا التوزيع خطورة على حياة الإنسان

وعادة فإن تحقيق كلا المطلبين معا، وبصفة خاصة المطلب الثانى، يكون أساسيا بالنسبة لنظم التأريض الخاصة بمحطات توليد الكهرباء ومحطات المحولات الكبيرة التى تكون تيارات القصر الأرضية المارة بها كبيرة جدا، وهو ما يعتبر خارج نطاق هذا الكود.

وبناءً عليه، ستقتصر المناولة فى هذا الباب على تحقيق المطلب الأول فقط، والذى يختص بتصميم أقطاب التأريض الخاصة بشبكات التوزيع على الجهدين المتوسط والمنخفض وهما الجهدان الخاصان بمحولات التوزيع (Distribution transformers) والمستخدمان فى تغذية الأحمال الكهربائية الخاصة بالمبانى السكنية والادارية والتجارية والتعليمية ومنشآت الصناعات الصغيرة وما شابه ذلك.



شكل (٣/٥): قطب تأريض عبارة عن قضيب رأسى



شكل (٣/٦): قطب تأريض على شكل شبكة موصلات أفقية وعدد من القضبان الرأسية

ط) قبل البدء فى أعمال تصميم أى من أقطاب التأريض الخاصة لهذه الأغراض، لابد من قياس المقاومة النوعية للتربة فى المكان الذى سينفذ فيه القطب. ولا تستخدم قيمة المقاومة النوعية المقاسة، ولكن يجب تصحيحها بضربها فى معامل الجفاف الذى سبق الإشارة إليه. ويمكن أن يكون قطب التأريض الاصطناعى مكونا من قطعة معدنية واحدة أو عدة قطع متصلة ببعضها كهربيا. ويوضح الجدول رقم (٣/٥) عددا من الأشكال للقطع المعدنية الشائعة الاستخدام كأقطاب تأريض.

ى) من بين ما يشتمل عليه الجدول رقم (٥/٣) الصيغ الرياضية التى تحدد قيمة المقاومة الأرضية لأى من تلك الأقطاب إذا ما تم دفنها فى الأرض حسبما هو موضح فى هذا الجدول، وحسبما هو واضح من المعادلات الواردة به، فإن حساب المقاومة الأرضية لأى من تلك الأقطاب، يتوقف بصفة أساسية على المقاومة النوعية للتربة المدفون فيها القطب وعلى أبعاده، ولكن لا تتوقف قيمة المقاومة بأى حال من الأحوال، على مادة القطب بشكل مباشر. ويجدر التنبيه هنا إلى أن هذه المعادلات تفترض أن الأقطاب مدفونة فى تربة متجانسة لانهائية الأبعاد. وهو ما قد يستدعى استخدامها مع بعض التحفظات، إذا ما كانت التربة الفعلية غير متجانسة.

ك) يمكن من الناحية النظرية البحتة استخدام أى من الأقطاب الواردة فى الجدول رقم (٥/٣)، إلا أنه من الناحية العملية، فإن كل منها يعتبر أكثر مناسبة لمكان بعينه وتربة بعينها، فعلى سبيل المثال، فإن القضبان التى تدق رأسيا فى الأرض، تعتبر الأكثر مناسبة من الناحية الاقتصادية والفنية للأماكن التى تتوفر فيها تربة رطبة متوسطة التماسك، كما أنه يعتبر أيضا أنسب الأنواع للاستخدام فى الأماكن التى تتميز بوجود مياه جوفية قليلة العمق. أما القضبان التى تدفن أفقيا فيتم اللجوء إلى استخدامها فى الأماكن التى يصعب فيها دق القضبان رأسيا بسبب صلابة التربة. وتستخدم الأقطاب التى على شكل ألواح مربعة أو مستديرة فى الأماكن التى توجد بها تربة ذات مقاومة نوعية مرتفعة، ولكنها سهلة الحفر نسبيا وقابلة للمعالجة الكيمائية لتخفيض المقاومة النوعية للطبقات الملاصقة للقطب مباشرة والمجاورة له.

ل) يجب فى جميع الأحوال اختيار شكل القطب الممكن تنفيذه عمليا وتحديد أبعاده، وإثبات أنه مجدى اقتصاديا وبعد ذلك يتم حساب المقاومة الأرضية للقطب ومقارنتها بالقيمة المطلوبة. وإذا ما اتضح أن المقاومة المحسوبة أكبر من القيمة المطلوبة، فيجب اتخاذ واحد أو أكثر من الحلول التالية:

الحل الأول : زيادة أبعاد قطب التأريض، وبصفة أساسية طول القضيب الرأسى

الحل الثانى : زيادة عدد الأقطاب المستخدمة على التوازى، (أنظر الشكل رقم (٧/٣))

الحل الثالث : العمل على تقليل المقاومة النوعية للتربة، ويكون ذلك إما باستبدال طبقات التربة المجاورة للقطب مباشرة وبسمك معقول جزئيا، وذلك باستخدام تربة بمقاومة نوعية أقل، أو بتخفيض المقاومة النوعية للتربة الموجودة بمعالجتها كيميائيا أو بتوفير مصدر دائم لترطيبها، (أنظر الشكلين رقمى (٨/٣)، (٩/٣)). ولا يفضل عادة اللجوء لحل الترطيب

بالمياه، لصعوبة استمراريته وخاصة فى الأماكن البعيدة عن العمران وعن مصادر المياه.

وبصفة عامة، فإن القرار فى هذا المجال، لابد وأن يبنى على دراسات كافية تعتمد على اعتبارات اقتصادية متعددة.

جدول (٣/٥): بعض الأشكال السائدة لأقطاب التأريض والمعادلات الرياضية المستخدمة لتحديد مقاومتها الأرضية*

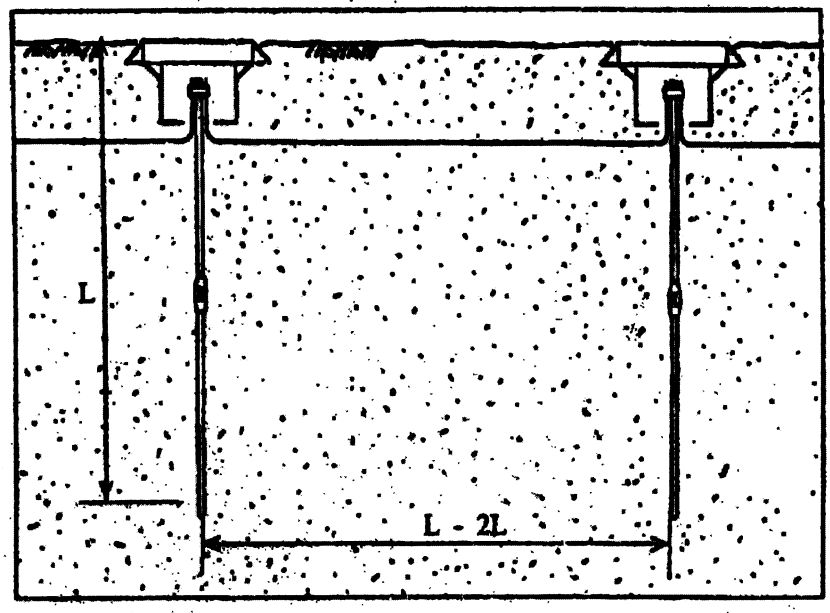
	Hemisphere radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
	One ground rod length L, radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right)$
	Two ground rods $s > L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right) + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \cdots\right)$
	Two ground rods $s < L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \cdots\right)$
	Buried horizontal wire length $2L$, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \cdots\right)$
	Right-angle turn of wire length of arm L, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146\frac{s}{L} + 0.1035\frac{s^2}{L^2} - 0.0424\frac{s^4}{L^4} \cdots\right)$
	Three-point star length of arm L, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209\frac{s}{L} + 0.238\frac{s^2}{L^2} - 0.054\frac{s^4}{L^4} \cdots\right)$
	Four-point star length of arm L, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071\frac{s}{L} + 0.645\frac{s^2}{L^2} - 0.145\frac{s^4}{L^4} \cdots\right)$
	Six-point star length of arm L, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128\frac{s}{L} + 1.758\frac{s^2}{L^2} - 0.490\frac{s^4}{L^4} \cdots\right)$
	Eight-point star length of arm L, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51\frac{s}{L} + 3.26\frac{s^2}{L^2} - 1.17\frac{s^4}{L^4} \cdots\right)$
	Ring of wire diameter of ring D, diameter of wire d, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D}\left(\ln\frac{8D}{d} + \ln\frac{4D}{s}\right)$
	Buried horizontal strip length $2L$, section a by b, depth $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \frac{a^2 - ab}{2(a+b)^2} + \ln\frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \cdots\right)$
	Buried horizontal round plate radius a, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 - \frac{7}{12}\frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40}\frac{a^4}{s^4} \cdots\right)$
	Buried vertical round plate radius a, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 + \frac{7}{24}\frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320}\frac{a^4}{s^4} \cdots\right)$

* المقاومة الأرضية للأقطاب الموضحة فى الجدول تقاس بوحدة أوم

المقاومة النوعية ρ الواردة فى هذا الجدول تقاس بوحدة أوم متر

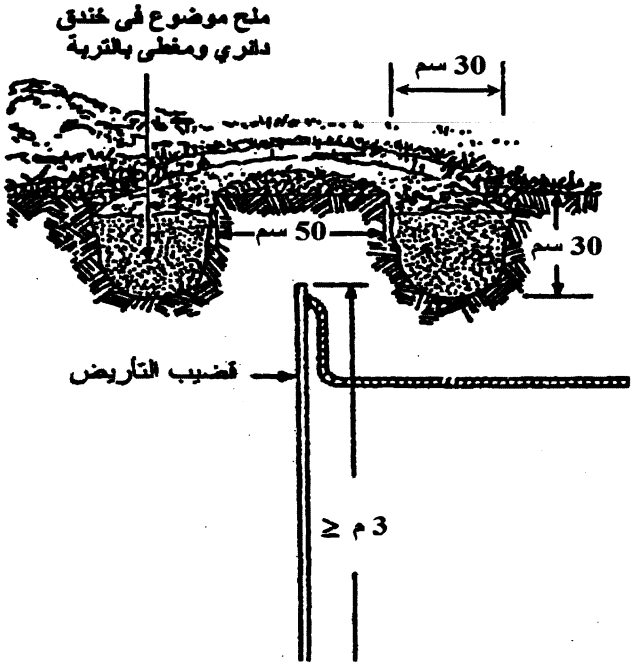
أبعاد الأقطاب (L, D, a) الواردة فى الجدول وعمق دفنها تحت سطح الأرض ومسافاتها البينية (s) تقاس جميعها بوحدة متر

ويوضح الملحق رقم (م٣)، أمثلة لحساب مقاومة أقطاب التأريض إلى الأرض.

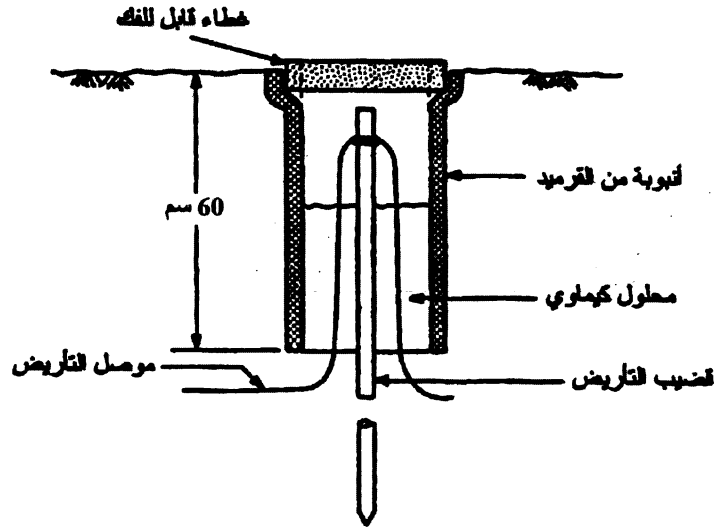


شكل (٧/٣): قطب تأريض مكون من قضيبين رأسيين متصلين من أعلى ببعضهما

م) إذا أثبتت دراسة الجدوى، أن الحل الثانى أفضل من الناحيتين الفنية والاقتصادية، فيجب الانتباه إلى أن تعدد الأقطاب المتصلة على التوازى لا يقلل المقاومة الكلية بالنسبة والتناسب بسبب المقاومة الحثية المتبادلة بين الأقطاب (Mutual resistance between electrodes)، والتى لا يمكن التقليل من أثرها، إلا إذا أبعدت الأقطاب عن بعضها بمسافة كافية مقارنة بأبعادها السابقة (يفضل ألا تقل المسافة بين الأقطاب وبعضها البعض عن ثلاثة أضعاف أكبر أبعادها، حتي تقل المقاومة الحثية المتبادلة بين الأقطاب إلى أقل قيمة ممكنة).



شكل (٣/٨): معالجة التربة بإضافة ملح كيماوى



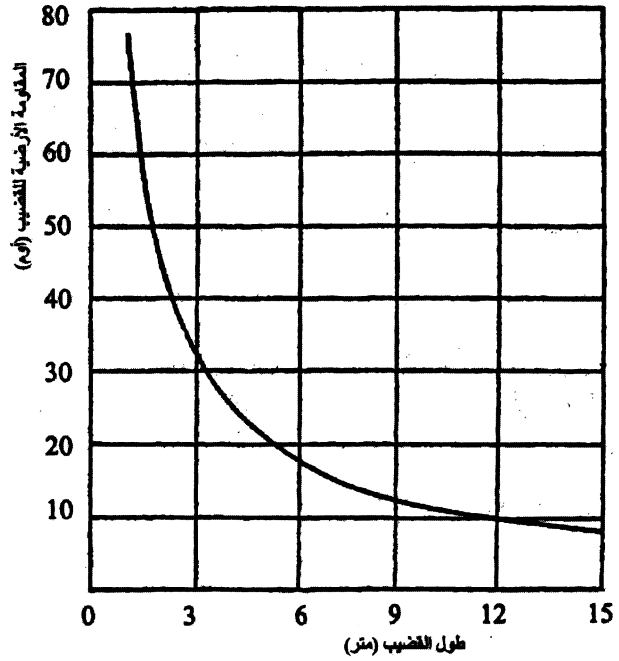
شكل (٣/٩): معالجة التربة بإضافة محلول كيماوى

ن) لدراسة تأثير أبعاد قطب التأريض على مقاومته الأرضية، يوضح الجدول رقم (٣/٦) مقاومة الأرض حول قطب عبارة عن قضيب اسطوانى رأسى، طوله المدفون فى الأرض كما هو موضح فى العمود الأول من الجدول والمقاومة النوعية للتربة ١٠٠ أوم.متر. ويتضمن العمود الثانى من الجدول قيم المقاومة الأرضية للقطب، عندما يكون قطره ٢٥ مم، بينما يتضمن العمود الثالث مقاومة نفس القضيب عند مضاعفة قطره إلى ٥٠ مم. ويتضح من هذا الجدول أيضا أن مقاومة القضيب الاسطوانى الرأسى تتوقف بالدرجة

الأولى على طوله المدفون فى الأرض. أما قطر القضيب نفسه، فتأثيره محدود للغاية. ويتضمن الجدول أيضا مقارنة بين أبعاد القضيب الرأسى ونصف قطر القطب نصف الكروى المكافئ له من حيث مقاومة الأرضى. ويبين الشكل رقم (١٠/٣) العلاقة بين طول قضيب رأسى قطره ٢٥ مم ومقاومة الأرض حوله عندما تكون المقاومة النوعية للتربة ١٠٠ أوم. متر.

جدول (٦/٣): المقاومة الأرضية لقضيب تأريض رأسى

طول القضيب(L) (متر)	المقاومة الأرضية للقضيب (R) (أوم)		نصف قطر القطب نصف الكروى المكافئ بالمتر للقضيب من حيث مقاومته الأرضية
	قطر القضيب ٢٥ مم	قطر القضيب ٥٠ مم	
١	٧٦	٦٥	٠.٢١
٢	٤٤	٣٨	٠.٣٦
٤	٢٥	٢٢	٠.٦٤
٨	١٣.٧	١٢.٣	١.١٦
١٦	٧.٥	٧	٢.١٢



شكل (١٠/٣): المقاومة الأرضية لقضيب رأسى قطره ٢٥ مم فى تربة مقاومتها النوعية ١٠٠ أوم متر

٣/٣-٤ مادة القطب

لا تؤثر مادة قطب الأرضى عامة على مقاومة التأريض للقطب، ولكن يجب أن يحظى اختيار مادة القطب بأهمية خاصة، ليقاوم التآكل بسبب التربة. ويوضح الجدول رقم (٣/٧) المواد الموصى باستخدامها فى إنشاء نظم التأريض. ويراعى عند دراسة تآكل قطب الأرضى أو موصل التأريض، دراسة تأثير التربة والتأثير الجلفانى كعاملين مؤثرين، وربط موصل التأريض أو قطب الأرضى بالأجسام المعدنية المجاورة. ويظهر التأثير الجلفانى بوضوح عند ربط الهياكل المعدنية بنظام التأريض.

٣/٣-٤-١ التآكل ونوعية التربة

يعتمد تآكل المعادن التى لها اتصال بالتربة على عدة عوامل منها:

أ- خواص التربة الكيميائية (درجة الحموضة والأملاح)

ب- درجة التهوية

ج- وجود البكتريا اللاهوائية

وتوضح القائمة التالية أنواعا مختلفة من التربة طبقاً لتأثيرها على زيادة التآكل فى المعادن المتصلة بها أو الموجودة فيها :

أ – تربة حصوية

ب – تربة رملية

ج- تربة طينية

د – تربة طفليه

هـ – تربة بها محتويات من الرمال والطوب

كما أن التربة التى تحتوى على كربونات كالسيوم، يقل بها معدل التآكل، وكذلك يقل التآكل فى التربة المكونة من الأنواع الثلاثة أ، ب، ج المشار إليها عاليه، عندما تكون غير متلاصقة ولا تحتوى على أملاح متحللة فيها أو تكون الأملاح بها طفيفة.

جدول (٧/٣) : المواد التى يوصى باستخدامها فى إنشاء نظم التأريض

١- سبائك الحديد	
برونز المدافع المرصص	- ألومونيوم برونزى
ألومونيوم سليكون برونزى	- سبيكة ألومونيوم
حديد زهر	- حديد مطاوع
٢- المطروقات (التشكيل علي البارد والساخن)	
نحاس	
ألومونيوم	
صلب	
٣- معادن مشكلة بالضغط والتصنيع (من شرائح وملفات ورقائق وألواح)	
نحاس لدن	
ألومونيوم	
صلب لا يصدأ	
صلب (للجلفنة)	
٤- شرائط وقضبان ومواسير (لمكونات الماكينات)	
- نحاس تشغيل علي البارد ولدن	
- نحاس سليكون	
- فوسفور برونزي	
- ألومونيوم برونزي	
- ألومونيوم	
- صلب (عام)	
- صلب (للجلفنة)	
- صلب لا يصدأ (عام - وليس مع موصلات ألومونيوم)	
- صلب لا يصدأ (التقسية)	
٥- الصواميل والمواسير والورد والقلاووظ والتثبيت بالبرشام والقلاووظ الداخلي في قضبان	
<u>للاستخدام مع النحاس</u>	
- برونز فوسفوري	-نحاس سيلكون
<u>للاستخدام مع الألومونيوم</u>	
-سبيكة ألومونيوم	
-صلب لا يصدأ	
-صلب مجلفن (انظر ملحوظة ١)	

تابع جدول (٧/٣) : المواد التى يوصى باستخدامها فى صناعة مكونات نظم التأريض

٦- قضبان مصمتة مستديرة (موصلات مسطحة أو مجدوله)	
نحاس	
- نحاس لدن	- نحاس مسحوب علي البارد
- نحاس مجدول	- نحاس مرن
- جدائل نحاسية مسحوبة علي البارد ونحاس كادميومي (لا يوصي باستخدام أسلاك نحاسية مرنه)	
ألومونيوم	
- شرائح وقضبان من الألومونيوم	- ألومونيوم
- ألومونيوم مقوي بالصلب	- سبيكة ألومونيوم
صلب	
صلب مجلفن (انظر ملحوظة ١)	
شرائح مجلفنة (انظر ملحوظة ١)	

ملحوظة :

١) يجب أن تتم الجلفنة فى المرحلة النهائية بعد التشطيب

٢) يسبب التلاصق بين الصلب الذى لا يصدأ (استنليس ستيل) والألومنيوم أو سبائكه تآكلاً إضافيا للألومنيوم، ويجب فى هذه الحالة اتخاذ الاحتياطات الوقائية مثل استخدام مثبطات التآكل

ويجب اختيار قطب الأرضى فى الأماكن التى لا يتم بها صرف مياه تحتوى على أسمدة أو مواد كيمائية (حيث أن هذه المواد تقلل من مقاومة الأرضى ولكنها تسبب تآكلا للأقطاب الأرضية)، كما لا يوصى بخلط الطبقة العليا من التربة بالمواد المالئة والمحيطة بالقطب لأنه من عادة التربة التى تقلل من التآكل أن تكون ذات مقاومة نوعية عالية.

وللحصول على معلومات مفصلة فى هذا المجال، يجب أن يتم قياس مقاومة التربة النوعية التى تعطى مؤشرات عن نشاط التربة فى تآكل المعادن تحت ظروف التهوية وتواجد البكتريا، ويوضح الجدول رقم (٨/٣) تأثير عوامل التربة المختلفة على تآكل بعض مواد الأقطاب المستخدمة فى التأريض.

ويفضل عادة استخدام النحاس المصمت فى تصنيع أقطاب وموصلات التأريض ويكون ذلك على الأخص مفضلاً فى الأماكن التى تكون فيها تيارات الفقد عالية القيمة، أما فى الأماكن التى تستخدم فيها أقطاب صغيرة مصنوعة من الصلب المكسو بالنحاس ذات الشدة الميكانيكية العالية، فإنه يوصى بالإشارة إلى تأثير الأحماض العضوية والأملاح الذائبة التى تحول التربة إلى حمضية. وإذا تم استخدام حديد تسليح فى المنشآت الخرسانية كأقطاب

تأريض، فإن الخرسانة المحيطة به تكون كافية لحمايته من التآكل، إذا تم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لضمان استمرارية وجودة التوصيل الكهربائى.

وبما أن الجهد الكهربائى لحديد التسليح فى الخرسانة يتساوى على وجه التقريب مع الجهد الكهربائى للنحاس، فلذا يتم ربطه مع أقطاب النحاس أو الصلب المكسو بالنحاس. أما فى حالة استخدام صلب مجلفن كأقطاب أرض والذى يعتبر ذو جهد كهربائى سالب بالنسبة لكل من النحاس وحديد التسليح فى الخرسانة، فلا يتم ربط قطب الأرضى من الصلب المجلفن العارى مع أى من الأقطاب المصنوعة من النحاس أو مع حديد تسليح أساسات المبانى.

جدول (٨/٣): مقاومة التآكل لبعض المواد المصنوع منها أقطاب الأرضى وتوقفها على خصائص التربة

عناصر التربة	مادة قطب التأريض			
	صلب طرى	صلب مجلفن	صلب لا يصدأ	نحاس
١- مقاومة التربة النوعية (اوم. متر)				
أقل من ٧ أوم متر	ض. ج	ض	ج	ج
من (٧ -٤٠) أوم .متر	ض	ض	ج. ج	ج
أكبر من ٤٠ أوم .متر	ج. ج	ج. ج	ج. ج	ج. ج
٢-جهد تقليل التآكل Redox potential (ميللي فولت)				
أكبر من ٤٠٠	ج. ج	ج. ج	ج. ج	ج. ج
من (٢٠٠ - ٤٠٠)	ج	ج	ج. ج	ج
أقل من ٢٠٠	ض. ج	ض	ض.ج	ض
٣-النسبة المئوية للرطوبة (%)				
أكبر من ٨٠	ج	ج	ج	ج
من (١٠ - ٨٠)	ض	ض	ج	ج
أقل من ١٠	ج . ج	ج. ج	ج. ج	ج. ج
٤- الأملاح الذائبة	ض	ض	ج	ض
كلوريد	ض	ض	ض	ض
٥- مقياس pH				
حمض أقل من ٦	ض	ض. ج	ج	ض
متعادل من (٦ - ٨)	ج. ج	ج. ج	ج. ج	ج. ج
قلوي أكبر من ٨	ج	ض	ج. ج	ج
٦- الأحماض العضوية	ض	ض	ج	ض. ج

حيث:

ج. ج : مقاومة المادة للتآكل لا تتأثر بوجه عام

ج : مقاومة المادة للتآكل تنخفض قليلا فقط

ض : مقاومة المادة للتآكل تنخفض بدرجة متوسطة

ض. ج : مقاومة المادة للتآكل تنخفض بدرجة كبيرة

٣/٣-٤-٢ التآكل الناتج عن الربط بالمعادن الأخرى

من الملاحظ أنه لا يمكن تجاهل التلف الناتج فى الكابلات والمواسير المعدنية المدفونة تحت الأرض والمستخدمة فى خدمة المنشآت العادية والمنشآت المعدنية فى منطقة قطب التأريض والتى يتم ربطها بنظام التأريض، ويكون التآكل نتيجة الحت الالكتروليتى بين المعادن المختلفة ملحوظا بشكل خاص. وبينما يعتمد معدل التآكل بدرجة كبيرة على نوعية المعادن الموجودة، فإنه يعتمد بدرجة صغيرة على مساحة سطح هذه المعادن. وقد يحدث فى بعض الأحيان من جراء ربط الأجسام المعدنية تحت الأرض، زيادة معدل تآكلها. وعليه، فإنه يجب فى حالة الضرورة اختيار المواد الملائمة لربط المعادن مع بعضها أو أخذ الاحتياطات اللازمة قبل الربط.

ويوضح الجدول رقم (٩/٣) الأماكن والمنشآت والمواد المستخدمة لإنشاء نظم التأريض المختلفة والتى يراعى فيها أن يكون التآكل أقل ما يمكن.

جدول (٩/٣): مناسبة المواد لبعضها عند الربط بينهما

المادة ذات المساحة السطحية الأكبر من تلك التي تلاصقها	المادة ذات المساحة السطحية الأصغر			
	صلب	صلب مجلفن	نحاس	نحاس مقصدر
صلب مجلفن	✓	✓	✓	✓
حديد تسليح فى خرسانة	×	×	✓	✓
صلب مجلفن فى خرسانة	✓	✓ *	✓	✓
رصاص	✓	✓ *	✓	✓

* ربما تتعرض جلفنة الأقطاب ذات المساحات الصغيرة للتآكل بدرجة كبيرة

× غير مناسبة للربط

✓ مناسبة للربط

٤/٣ التصميم

٤/٣-١ مقاومة الأرض لأقطاب التأريض شائعة الاستخدام

٤/٣-١-١ ألواح معدنية

يمكن حساب مقاومة الأرضى R لقطب عبارة عن لوح معدنى من العلاقة التقريبية التالية:

$$R = \frac{\rho}{4}\sqrt{\left(\frac{\pi}{2A}\right)} \quad (\Omega) \qquad (3\text{-}6)$$

حيث :

ρ : المقاومة النوعية للتربة المحيطة بالقطب (أوم.متر)

A : المساحة السطحية للوح المعدنى المستخدم لقطب تأريض (متر^{٢})

وعندما تكون مقاومة الأرضي لقطب تأريض من لوح معدني واحد أكبر من القيمة المطلوبة، فإنه يمكن استخدام إثنين أو أكثر علي التوازى، حيث أن المقاومة الكلية للمجموعة تتناسب عكسياً مع عدد الأقطاب المستخدمة علي فرض أن القطب المضاف لا يقع في منطقة وقاية القطب الموجود أصلاً، وعادة ما تكون المسافة الفاصلة بين الأقطاب عشرة أمتار، ولكنها قد تصل إلي مترين بين الأقطاب شائعة الاستخدام (بأبعاد أقل من ١.٢ م × ١.٢ م)، ويجب ألا تقل المسافة عن ذلك حتي لا تزيد مقاومة الأرضي عن القيمة المحسوبة من العلاقة السابقة بأكثر من ٢٠ %.

ويكون من المفضل استخدام قطبين على التوازى بنفس مساحة قطب واحد وبمسافة فاصلة بينهما لا تقل عادة عن مترين لأن هذا يعطى نتائج أفضل فنيا واقتصاديا.

ومن الألواح شائعة الاستخدام فى نظم التأريض، استخدام لوح من الحديد الزهر المضلع، وبسماكة لا تقل عن ١٢ مم، ويتم ربطه بموصل التأريض فى موضعين به عند نقطتين منفصلتين.

أما فى حالة استخدام أقطاب من ألواح نحاسية، فيتم التوصيل بها باستخدام موصلات نحاسية ملحومة أو مثبته بالبرشام أو بمواد أخرى تمنع التآكل، ويتم حماية أماكن التوصيل بطلائها بطبقة من القار أو مواد أخرى مناسبة مانعة للتآكل، ويجب ألا يحدث اتصال فى أماكن أخرى موجودة فوق سطح الأرض فى الوصلات بين الأقطاب وحتى مواقع قواطع التيار وذلك حتى يقل الحت الاليكتروليتى.

ويوصى بأن توضع الأقطاب رأسية على مسافة معينة من سطح التربة حتى نضمن أن تظل التربة المحيطة بالأقطاب رطبة وذات مقاومة نوعية صغيرة. ونظراً للتغيرات التى تحدث للطبقة السطحية عند المسافة التى يوضع عندها القطب على عمق ٦٠٠ مم من سطح التربة، فيتم إحلال التربة بأخرى ذات مقاومة نوعية صغيرة، ويستثنى من ذلك الحالات التى تكون التربة فيها صلبة (تربة طباشيرية أو حجر رملى).

ويمكن حساب مقاومة الأرض R بالأوم لقطب تأريض عبارة عن لوح معدني بأبعاد ١.٢ × ١.٢ م من العلاقة التقريبية التالية، والمشتقة من المعادلة رقم (٣-٦) :

$$R = \frac{\rho}{4} \quad (\Omega) \qquad (3\text{-}7)$$

حيث ρ هى المقاومة النوعية للتربة (أوم. متر) وبفرض أن التربة متجانسة.

ونظراً لاختلاف أشكال وأبعاد الألواح المستخدمة فى التأريض، فقد وجد أن مقاومة الأرضى لقطب التأريض تتناسب عكسياً مع الأبعاد وليس مع مساحة سطح اللوح المستخدم، فمثلاً قد تكون مقاومة الأرضى لقطب من النحاس أبعادة ٠.٩ م × ٠.٩ م أكبر بنسبة ٣٣ % من مقاومة الأرضى لقطب تأريض بأبعاد ١.٢ م × ١.٢ م .

٣/٤-١-٢ أقطاب تأريض من قضبان أو مواسير

يمكن حساب مقاومة الأرضى لقطب تأريض عبارة عن قضيب أو ماسورة من العلاقة التالية:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1\right] \qquad (3\text{-}8)$$

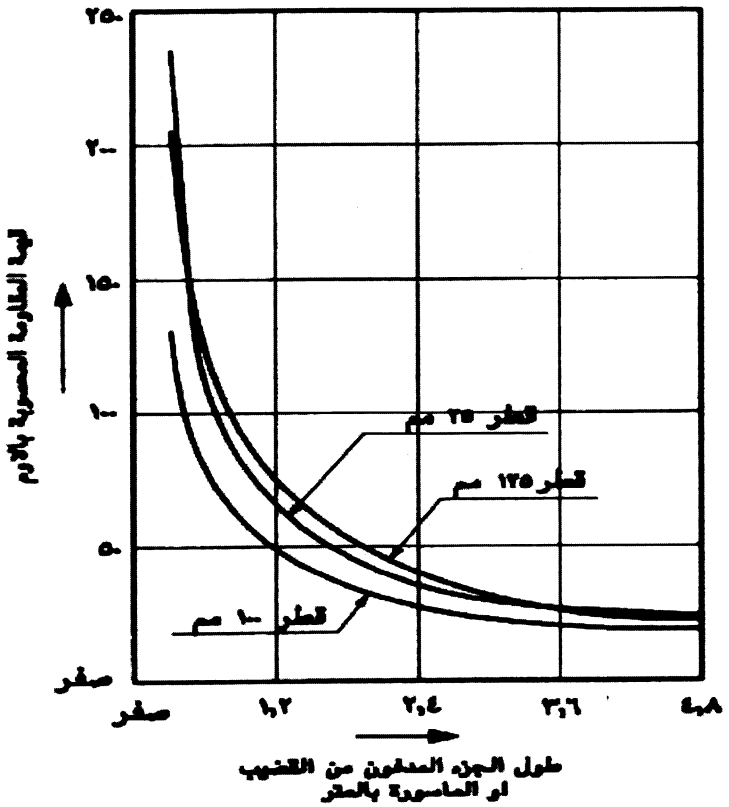
حيث:

L : طول القضيب أو الماسورة المستخدمة لقطب تأريض (متر)

d: قطر القضيب أو الماسورة المستخدم لقطب تأريض (متر)

ρ : مقاومة التربة النوعية (أوم. متر) وبفرض تجانسها وانتظامها

ويوضح الشكل رقم (٣/١١) تأثير الطول المدفون من قطب أرضى علي مقاومة الأرضي لهذا القطب.

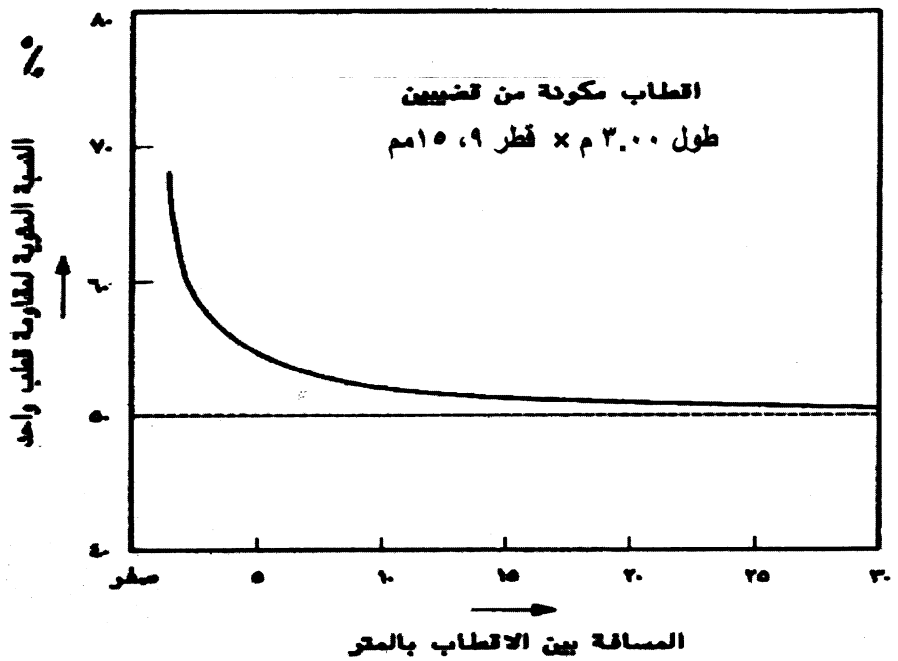


شكل (١١/٣) : تأثير الطول المدفون من قطب أرضى عبارة عن قضيب أو ماسورة على مقاومة التربة المحسوبة فى تربة ذات مقاومة نوعية ١٠٠ أوم .متر (بفرض تجانس للتربة)

ويتم اختيار أبعاد قضيب قطب التأريض طبقاً لطبيعة التربة التي يتم إنشاء نظام التأريض بها حيث أن الشدة الميكانيكية للقضيب (مقاومته للانحناء والتشقق) تعتمد إلي حد كبير علي أبعاده، كما أن التغير في مقاومة الأرضي يكون عندئذ كبيراً في نطاق المسافة القريبة من القطب (حوالى ١ مترا) وتقل تدريجياً كلما ابتعدت المسافة عنه.

ويتم استخدام مجموعة من الأقطاب المتوازية يقع كل قطب منها خارج منطقة مقاومة القطب (تعادل طول القضيب المستخدم تقريباً)، وتتناسب المقاومة الكلية للأقطاب تناسباً عكسياً مع عدد الأقطاب المستخدمة، وفي بعض الأحيان تكون المسافة الفاصلة بين الأقطاب المتوازية ضعف طول القضيب المستخدم، وذلك لمنع التداخل بين الأقطاب.

ويوضح الشكل رقم (١٢/٣) تأثير المسافة الفاصلة بين قضيبين طول كل منهما ٣ أمتار وقطر كل منهما ٩، ١٥ مم، وذلك على المقاومة الكلية للقضيبين معاً.



شكل (١٢/٣) : تأثير المسافة البينية للأقطاب على المقاومة الكلية لها

ويمكن حساب مقاومة الأرضى الكلية لعدد من الأقطاب المتوازية، بفرض أن القضيب يمكن تمثيله بنصف كرة لها نفس مقاومة الأرضى موضوعة على سطح التربة وتكون المسافة الفاصلة بين الأقطاب S لا تقل عن طول القطب المستخدم من العلاقة التالية :

$$R_n = R.\left(\frac{1+\lambda.a}{n}\right) \qquad (3\text{-}9)$$

حيث :

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

R_n : مقاومة الأرضي لنظام تأريض مكون من n من القضبان المتوازية الرأسية (أوم)
R : مقاومة الأرضي لقطب تأريض عبارة عن قضيب رأسي (أوم)
S : المسافة الفاصلة بين الأقطاب المتوازية (متر)
n : عدد الاقطاب المتوازية
ρ: مقاومة التربة النوعية (أوم.متر)
λ : معامل تصحيح عددى يتوقف علي الشكل الهندسي لنظام التأريض (انظر الجدول رقم (١/٣) أو الجدول رقم (٢/٣)).

ويمكن حساب معامل التصحيح العددى (λ) لمجموعة من الأقطاب علي خط مستقيم واحد بطريقة تقريبية من الجدول رقم (١/٣). أما في الحالات التي توضع فيها الأقطاب علي محيط مربع خالي داخليا من الأقطاب (حول مبني مثلاً)، فيمكن أخذ قيمة معامل التصحيح العددي (λ) من الجدول رقم (٢/٣).

ويمكن حساب عدد الأقطاب علي جانب واحد من المربع الخالي داخليا من الأقطاب من العلاقة التالية:

$$n_1 = \frac{No.\ of\ total electrodes(n)}{4} + 1 \qquad (3-10)$$

ويمكن باستخدام المعادلة رقم (٣-١٠)، حساب مقاومة الأرضى لنظام التأريض المكون من مجموعة من الأقطاب المتوازية حول محيط المبني بعد أخذ قيمة معامل التصحيح العددى (λ) من الجدول رقم (٢/٣).

ويلاحظ عند إضافة مجموعة من الأقطاب داخل المربع، أن المقاومة لا تقل كثيراً، غير أن ذلك يؤدى فقط إلي تقليل تدرج الجهد داخل المربع (وبالتالى يؤدى إلي خفض كل من جهد الخطوة وجهد التلامس داخل المربع). وكمثال عملى على ذلك، يمكن استخدام شريحة موصلة على هيئة شبكة أرضية داخل المربع.

ويمكن الاستعانة بالقيم الواردة بالجدول رقم (٢/٣) للأقطاب المصفوفة علي هيئة مستطيل حيث تكون قيمة n_1 في هذا الجدول هي (عدد الأقطاب المستخدمة n مقسومة علي ٤ مضافا إليها ١)، وذلك بفرض أن نسبة طول إلي عرض المستطيل لا تزيد عن ٢، وتكون نسبة الخطأ فى هذه الحالة بما لا يتعدى ± ٦ %.

قد تستخدم أحياناً مواسير من الحديد الزهر كأقطاب تأريض، لا يقل قطرها عن ١٠٠ مم وبطول يتراوح بين ٢.٥ ، ٣ مترا وسمك جدارها لا يقل ١٣ مم، وقد يتعذر استخدام هذه المواسير في الأرض الصلبة لصعوبة دقها، حيث تكون التكلفة أعلي، ولذا فيوصي باستخدام ألواح معدنية لها نفس المساحة.

وتستخدم في أحيان أخرى قضبان الصلب المصمت بقطر ٥٠ مم لقوتها الميكانيكية العالية خاصة فى الأرض الصلبة، ويفضل أيضاً قضبان نحاسية بدلاً منها.

وتكون قضبان التأريض عامة من النحاس المصمت الدائرى أو من الصلب المكسو بالنحاس أو من الصلب المجلفن (لمنع الصدأ) ويفضل أن تكون الأقطار المستخدمة كما هو موضح فى الجدولين رقمى (١٠/٣)، (١١/٣).

جدول (٣/١٠): أقطار الأقطاب المفضلة لبعض المواد المصنع منها القطب

مادة القضيب	القطر المفضل (مم)
نحاس وحديد مكسو بالنحاس	٩ ، ١٢.٥ ، ١٥
حديد مجلفن وصلب لا يصدأ (ستينلس ستيل)	١٦

ويفضل أن تكون أطوال القضيب طبقاً لقطره وكما هو موضح فى الجدول رقم (٣/١١).

جدول (٣/١١): الطول الموصى به لقضيب قطب التاريض طبقا لقطره

القطر (مم)	الطول (م)
٩	١.٢
١٥	من ١.٢ إلي ١.٥

ويجب أن تكون هذه الأبعاد فى أماكن التركيب متوافقة مع القيمة المعطاة في الجدول رقم (٣/١٢).

ولقد وجد عموما أن شكل قطب التأريض المصنوع علي شكل ستار(Y)، يكون أكثر صلابة أثناء إنشاء نظام التأريض، إلا أن زيادة السطح لا توفر ميزات في قدرة النظام علي نقل التيار إلى الأرض أو في تقليل مقاومة الأرضى لنظام التأريض. ويفضل فى بعض الأحيان إضافة أقطاب أفقية.

ويمكن ربط مجموعة من القضبان مع بعضها البعض للحصول علي قطب تأريض واحد طويل يتم دقه فى الأرض، إلا أنه من المفضل استخدام مجموعة من الأقطاب المتوازية بدلاً من ذلك، فى الأماكن التى تكون فيها مقاومة التربة النوعية ثابتة لا تتغير مع العمق.

جدول (١٢/٣): أقل أبعاد مسموح بها لمكونات أقطاب التأريض

مادة قطب التأريض	مساحة المقطع (مم^2)	القطر أو السمك (مم)
شريحة نحاس	٥٠	٣
نحاس لدن مسحوب على البارد أو أسلاك مصمتة لتمديدها أو دقها في الأرض أو أقطاب تأريض	٥٠	٨
قضبان من الحديد المكسو بالنحاس أو – حديد مجلفن * (لأرض متماسكة– صلبة)	١٥٣	١٤
نحاس مجدول	٥٠	٣ لكل جديلة

ملحوظات:

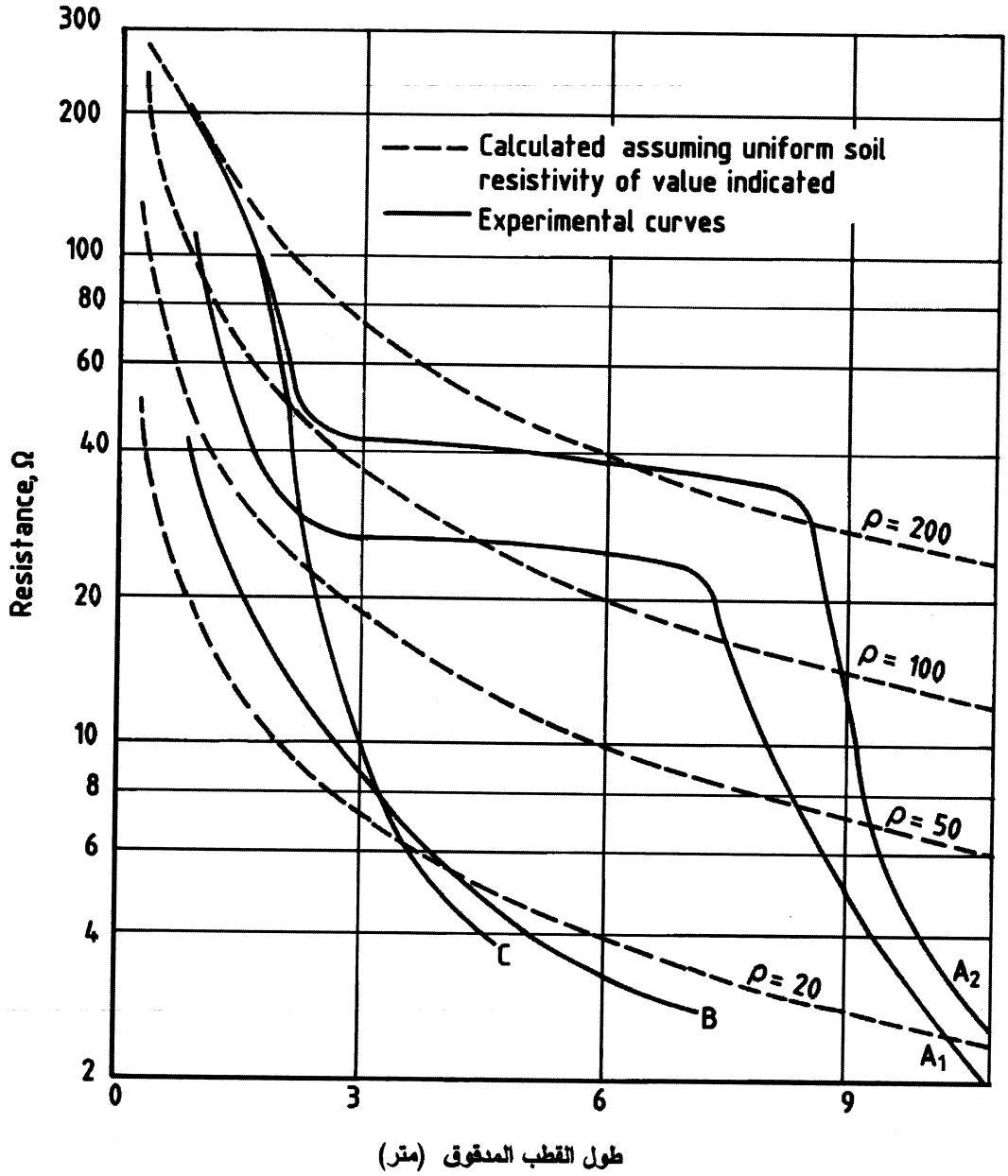
١) يجب أن تكون قضبان الصلب المكسو بالنحاس بها كمية صغيرة من الصلب الكربوني وذات قوة شد ٦٠٠ نيوتن / م^2 ولا تقل درجته عن ASTM A43 وأن يكون نحاس الكسوة بدرجة نقاء لا تقل عن ٩٩.٩ % وسمكه فى اتجاه القطر لا يقل عن ٠.٢٥ مم.

٢) تستخدم سبيكة من السيليكون والبرونز درجة (CS101) (إرجع إلى المواصفات البريطانية BS 2874) أو سبيكة من الألومنيوم والبرونز (CA102) (إرجع إلى المواصفات البريطانية BS CA101) لوصلات الربط بين الحديد المكسو بالنحاس. تكون قضبان الصلب المجلفن بدرجة A43 علي الأقل، وأن يتم قطع سن القلاووظ قبل الجلفنة بالغمر علي الساخن.

وإذا توقفت قيمة المقاومة النوعية للتربة علي العمق (تقل مع زيادة العمق)، فيكون مفضلا من الناحية الاقتصادية استخدام قضبان تأريض طويلة مدقوقة لتصل إلي تربة ذات مقاومة نوعية صغيرة. ويتضح ذلك من الشكل رقم (١٣/٣) لمجموعة من الأماكن حيث تبين المنحنيات A_1 , A_2 أن متوسط مقاومة التربة النوعية الظاهرية علي عمق ٨ مترا هو ١٥٠ أوم. متر، وعلي عمق ١١ مترا هو ٢٠ أوم . متر، وكما يتضح هذا من قياس هذه القيمة عند أعمال الحفر التي تمت عند إنشاء نظام التأريض.

يضاف إلي ما سبق، فإنه عند اختيار قضبان متعددة لنظام التأريض أو قضبان طويلة تكون الطاقة المستخدمة فى إنشاء نظام التأريض في التربة مع العمق كبيرة، وتكون تكاليف الوصلات بين المقاطع المختلفة مرتفعة، ويتم ذلك باستخدام قضيب قطره ١٢.٥ مم (ذى مقاومة عالية للانحناء والتشوه) يدق رأسياً بمطرقة يدوية صغيرة أو بمطارق ميكانيكية مناسبة.

أما في التربة الصلبة أو ذات المقاومة النوعية العالية، فإنه يتم دق القضيب بزاوية ٣٠° مع الأفقي للحصول علي زيادة في طول القضيب، وكذلك لإمكانية حدوث تغيير فى مقاومة التربة النوعية في الأعماق القريبة من السطح.



شكل (٣/١٣): أشكال منحنيات المقاومة المحسوبة وكذلك المحددة بالتجارب لأقطاب أرضى عبارة عن قضيب مدقوق قطر ١٢.٥ مم فى مواقع مختلفة

٣/٤-١-٣ شريحة أفقية أو موصل مستدير

يفضل استخدام أقطاب تأريض من الشرائح الأفقية أو الموصلات المستديرة في الأماكن التي تكون فيها المقاومة النوعية للتربة صغيرة، وأن يكون ذلك عند أعماق صغيرة من الطبقة السطحية للتربة، كما يمكن استخدام شرائح بأبعاد لا تقل عن ٢٥ مم × ٣ مم أو موصلات

نحاسية غير معزولة (عادية) كالتي تستخدم في الخطوط الهوائية، كما يجب ألا تقل أبعاد المكونات المستخدمة مع هذه النوعية من الأقطاب عن القيم المذكورة في الجدول رقم (١٢/٣).

ويمكن حساب مقاومة التأريض لشريحة أو موصل مستدير من العلاقة التالية:

$$R = \left(\frac{\rho}{P\pi \times L}\right)\left[\ln\left(\frac{2L^2}{w\,h}\right) + Q\right] \qquad (3\text{-}11)$$

حيث :

L : طول الشريحة أو الموصل (متر)

h : عمق موضع القطب من سطح التربة (الشريحة أو الموصل) (متر)

w : عرض الشريحة أو قطر الموصل (متر)

ρ : المقاومة النوعية للتربة (أوم. متر)

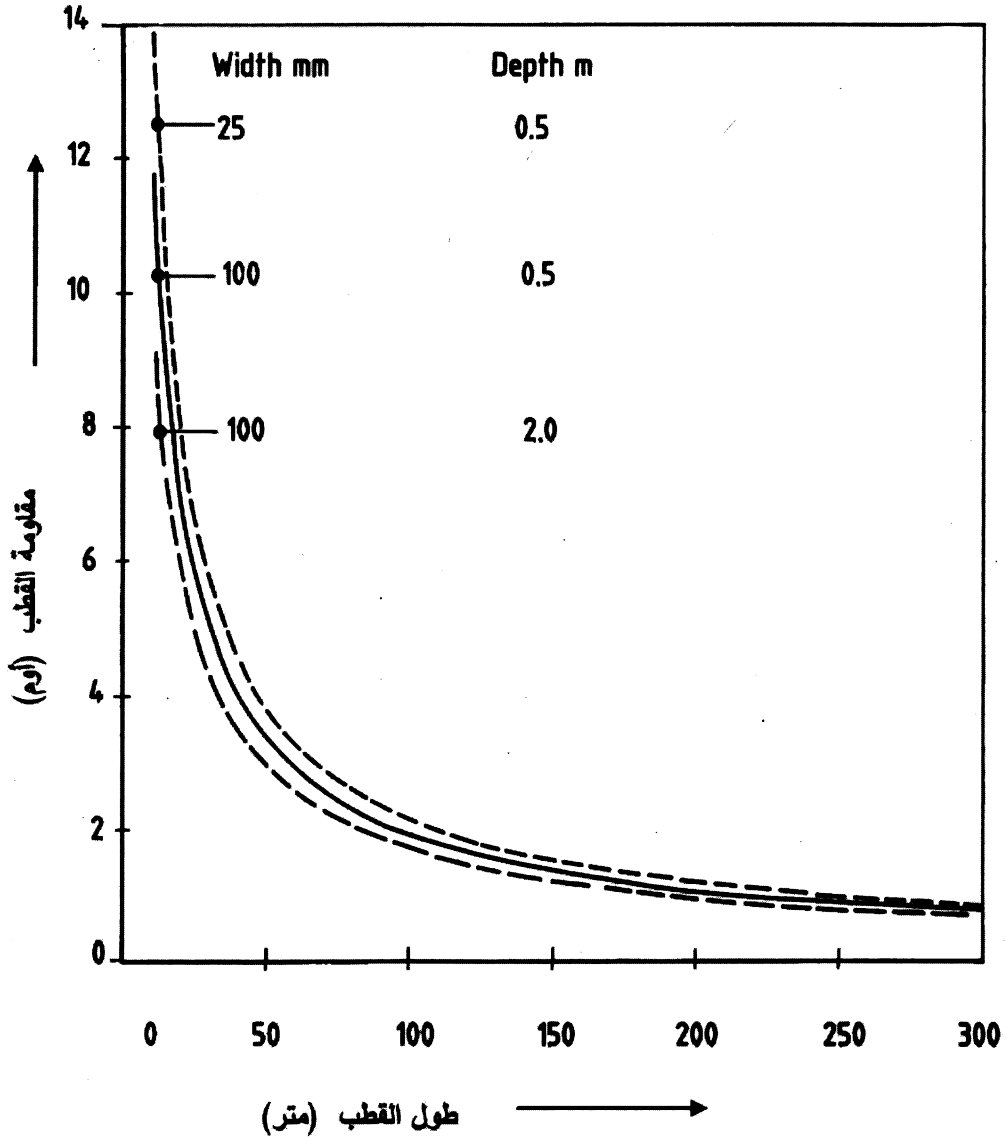
P ، Q : معاملات عددية طبقاً لأشكال الأقطاب المختلفة الموضحة بالجدول رقم (٣/٣)

ولا يزيد سمك الشريحة عادة عن ثمن عرضها، ولذلك فإن سمك الشريحة لا يؤثر بدرجة محسوسة فى حساب قيمة المقاومة، حيث أنها تعتمد إلى حد كبير على طول القطب.

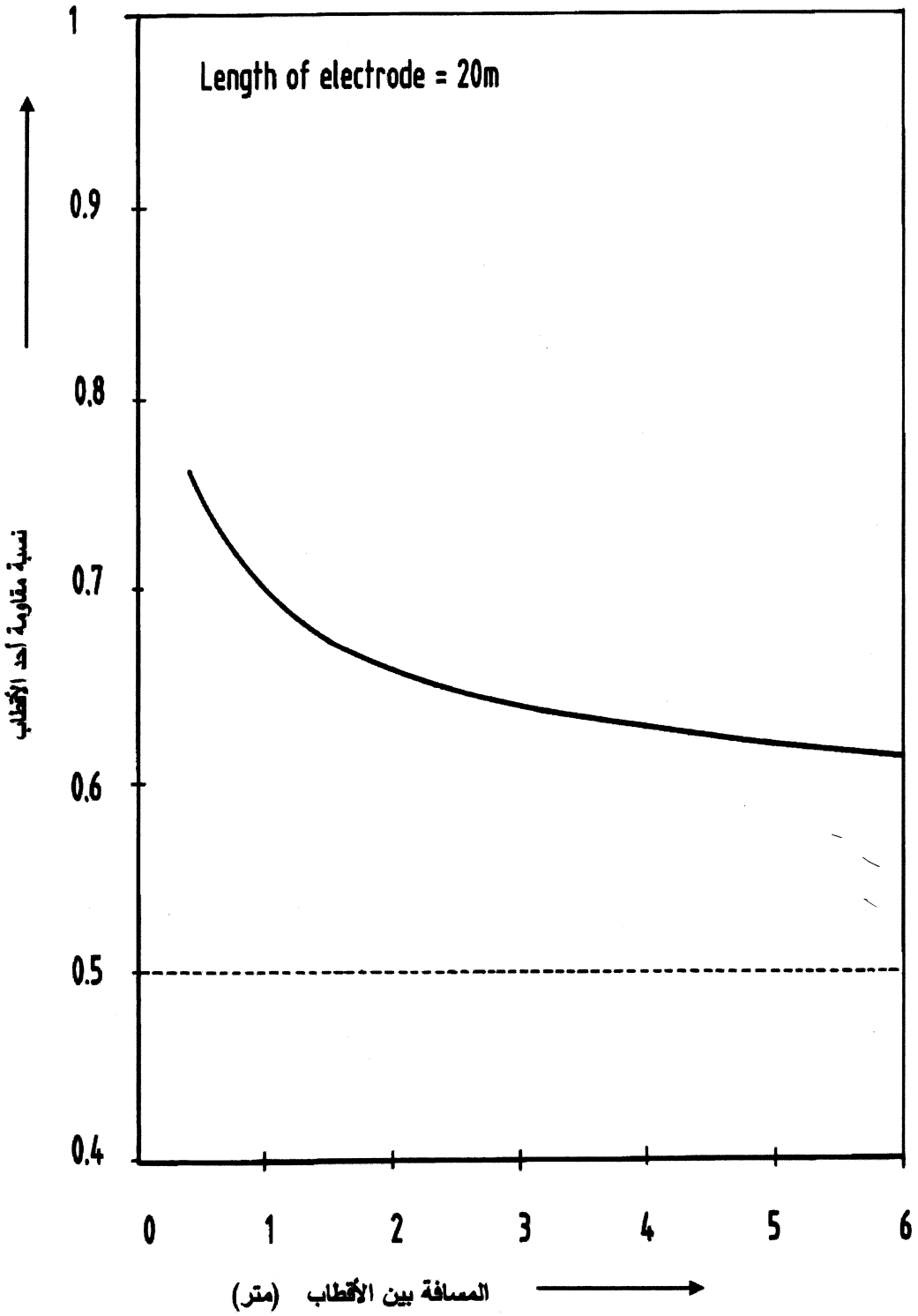
وطبقاً للقيم شائعة الاستخدام، فإن قطر السلك أو عرض الشريحة لا يؤثر بدرجة كبيرة علي مقاومة قطب التأريض في النظام المستخدم، ويتضح هذا من الشكل رقم (١٤/٣) بشكل جيد.

أما إذا استخدم أكثر من قطب تأريض علي التوازى للوصول إلي المقاومة المطلوبة، فيتم توصيل الأقطاب على التوازى في خطوط أو تخرج كلها من نقطة واحدة في اتجاهات مختلفة (لنصف الأقطار لنقطة عند المركز). ويوضح الشكل رقم (١٥/٣) تأثير المسافة الفاصلة بين قطبين متوازيين طول كل منهما ٢٠ مترا على مقاومة الأرضي. ويتضح أن تأثير المسافة الفاصلة علي مقاومة الأرضي للنظام المستخدم قليلا، عندما تزيد هذه المسافة عن ١٥ % من طول القطب المستخدم.

ويجب عموما اتخاذ الاحتياطات اللازمة عند وضع هذه الأقطاب لحمايتها من التلف في الأراضى الزراعية نظراً لقربها من سطح التربة واحتمال تعرضها لذلك أثناء حرث الأرض.



شكل (٣/١٤) : علاقة مقاومة أقطاب عبارة عن شرائح مدفونة أفقياً مع طول القطب



شكل (٣/١٥): تأثير المسافة البينية بين الأقطاب على المقاومة الكلية لقطبين من شرائح مدفونة أفقياً

٣/٤-٢ العناصر المختلفة المستخدمة كأقطاب تأريض

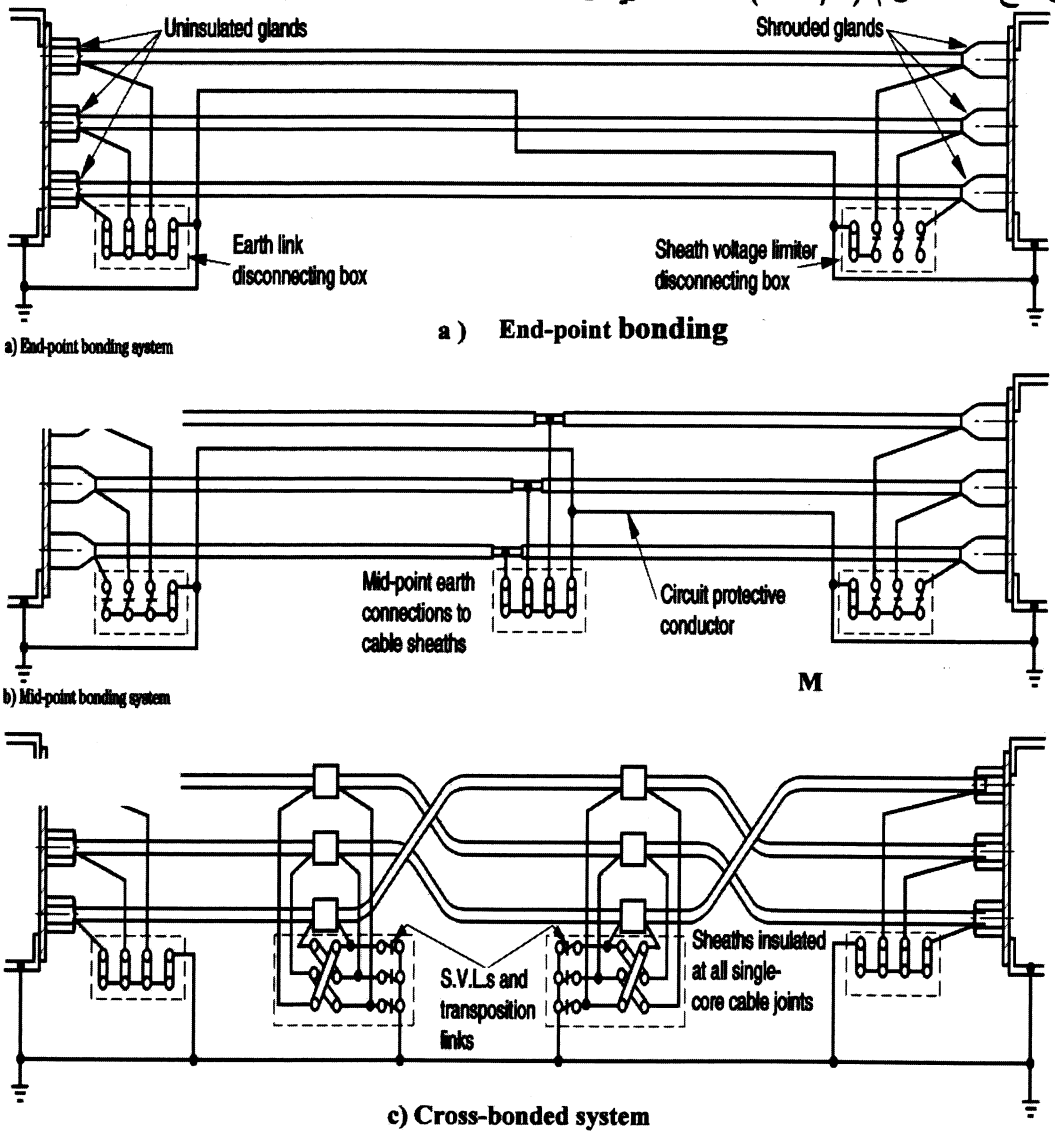
٣/٤-٢-١ أغلفة الكابل

يستخدم تسليح الكابلات أو أغلفتها المعدنية، عادة كمسار لتيار الخطأ الأرضي العائد لنقطة تعادل المصدر عند موضع المحول.

ملحوظة:

عند استخدام نظام مكون من عدة كابلات مسلحة، فإنه يمكن اعتبار الغلاف المعدنى الموصل وكذلك تسليح الكابلات الذى يتلامس أو يتصل بالتربة مباشرة، كقطب أرضى.

ويوضح الشكل رقم (٣/ ١٦) أنظمة تأريض غلاف كابل أحادى الطور.



Non-magnetic glands and insulationg gland plates at all terminations (a), (b), (c)

شكل (٣/ ١٦): أنظمة تأريض لغلاف كابل أحادى الطور

٣/٤-٢-٢ المنشآت المعدنية

تعتبر الأعمال الحديدية الموجودة في أساسات المباني (كشبكة حديد التسليح مثلا) أقطاب تأريض جاهزة وفاعلة، ويمكن اعتبار هذه الأساسات قطب تأريض مساحته كبيرة قد تؤدى إلى أن تكون مقاومة التأريض به بقيم صغيرة، تكون أقل من تلك التي يمكن الحصول عليها باستخدام أقطاب أخرى ويمكن الحصول باستخدامها علي قيم أقل من واحد أوم، إلا أنه يجب مراعاة ما قد يحدث من تآكل بدرجة كبيرة في الأعمال المعدنية وفي حديد التسليح في الخرسانة. وربما يكون هذا التآكل ناتجاً عن وجود معادن أخرى مدفونة في نفس المنطقة أو أقطاب أرضى أخرى تتسبب في أن يمر بها تيارات أرضية بصفة مستمرة. وعموما لا يسبب التيار المتردد تآكلا في الأساسات إلا بدرجة صغيرة ولكن تقوم بذلك مركبة التيار المستمر الموجودة به، وعليه فيجب إتباع الإرشادات المذكورة فى البند رقم (٣/٤-١) بعنوان "مقاومة الأرض لأقطاب التأريض شائعة الاستخدام" والتي توصي بضرورة اختيار المعادن وطريقة ربطها مع الأجزاء المختلفة، خاصة في حالة استخدام أقطاب أرضى إضافية (عندما يكون تيار الخطأ الأرضى بقيمة مرتفعة).

وعندما تكون مساحة مقطع قطب الأرضي صغيرة أو غير مناسبة (أقل من القيمة المسموح بها)، فقد تحدث شروخ فى الخرسانة القريبة من القطب، عندما يتكون قوس كهربائي أو تتبخر الرطوبة سريعاً من داخلها، سواء مرت تيارات خطأ أرضي بقيم تتخطى السعة التيارية للقطب لفترات قصيرة أو طويلة. وتنشأ هذه الحالة، غير المرغوب فيها، إذا تم تصميم القطب للحصول على مقاومة أرضي منخفضة جدا، تفاديا لظهور جهود خطرة علي الأرض.

وتختلف مقاومة التأريض للخرسانة المحتوية علي أعمال حديدية أو للخرسانة المسلحة طبقاً لنوع التربة ونسبة الرطوبة بها وشكل الأساسات.

وتكون المقاومة النوعية لمادة الخرسانة، والتي هي من المواد الشرهة لامتصاص الرطوبة عند وضعها في التربة، عدا في الأماكن الجافة، في حدود (٣٠-٩٠) أوم. متر عند درجة الحرارة العادية، والتي تعد بقيم أقل من مقاومة بعض أنواع التربة.

ومن الضرورى قياس مقاومة التأريض لأى من الأعمال الحديدية المستخدمة كقطب أرضي عند بداية استخدامها وكذلك في فترات منتظمة بعد ذلك، للتأكد من صلاحية هذا القطب كنظام تأريض، وتجرى القياسات لجميع أقطاب الأرضي وهي متصلة جميعها بنقطة التأريض الرئيسية (طرف التأريض الرئيسي)، ومع ذلك فإن مقاومة تأريض الهيكل المعدنى الذى يغطي مساحة كبيرة، تكون نوعاً ما صغيرة، وعادة ما يصبح قياس المقاومة في هذه الحالة غير دقيق، حيث يتم تثبيت المنشأ في أماكن متعددة. وعليه فإنه من المفضل بقدر الإمكان قياس كل طرف علي حدة قبل ربطه كهربائياً ببقية الأطراف – لأنها تكون عادة متوازية وقريبة من بعضها – وذلك لمعرفة التغير في مقاومة التأريض لكل طرف. ويمكن

حساب المقاومة الكلية، بفرض أن جميع الأقطاب متصلة علي التوازى، وذلك من المعادلة رقم (٣-٩).

تعتمد مقاومة التأريض بدرجة كبيرة علي حالة الخرسانة المحيطة بالهيكل المعدني وتتوقف علي نسبة الرطوبة بالخرسانة والتي تتغير بعد فترة زمنية، لذا يجب مراعاة الزيادة المتوقعة فى مقاومة نظام التأريض بعد مرور فترة زمنية من الإنشاء.

ويستخدم اللحام للربط بين الوصلات المعدنية المكونة للنظام، ويمكن اعتبار النظام عبارة عن قضبان رأسية مربوطة بهيكل المنشأ (مع إهمال تأثير الأجزاء الأخرى التي تستخدم لتقوية هيكل المنشأ) وموزعة بانتظام وتكون المسافة الفاصلة بينهم متساوية، وعليه يمكن حساب المقاومة الأرضية من العلاقة التالية :

$$R = \frac{1}{2\pi L}\left[(\rho_c - \rho)\times \ln\left(1+\frac{\delta}{z}\right) + \rho \times \ln\left(\frac{2L}{z}\right)\right] \qquad (3\text{-}12)$$

حيث :

ρ : المقاومة النوعية للتربة (أوم . متر)

ρ_c : المقاومة النوعية للخرسانة (أوم. متر)

L : طول قضيب حديد التسليح تحت مستوى الأرض (متر)

δ : سمك الخرسانة بين القضبان فى التربة (متر)

Z : المسافة المتوسطة الهندسية الفاصلة بين تجمع القضبان (متر)

(أنظر الجدول رقم (٣/١٣))

٣/٤-٢-٣ تسليح عبارة عن شريط صلب حديد فى مكعبات خرسانية

يمكن بالاتفاق مع مهندس الإنشاءات بالموقع الوصول إلي قطب أرضي مناسب وذلك باستخدام طرق ربط مناسبة بين حديد التسليح فى مكعبات الخرسانة أو ألواح الصلب بها.

٣/٤-٢-٤ أنابيب المياه (مواسير المياه)

يمكن في المناطق التي تتوفر بها شبكات لمصادر مياه عمومية، استخدام المواسير المعدنية كأقطاب أرضية، إذا كانت الوصلات بين هذه المواسير معدنية أيضاً. ويلاحظ في الوقت الحاضر استخدام مواسير المياه ووصلاتها من البلاستيك سواء كليا أو فى بعض الأجزاء، مما لا يضمن استمرارية مسار تيار التسرب إلي الأرض. ويوصي في حالة المواسير الحديدية أو المعدنية أن يتوفر قطب أرضي اصطناعى آخر بحيث لا يتم الاعتماد فى نظام التأريض على مواسير المياه اعتماداً كلياً.

أما في المنشآت الخاصة، فيمكن اعتبار مواسير المياه المعدنية المستخدمة المدفونة تحت سطح الأرض وغير المعزولة كنظام مناسب للتأريض، علي أن يقوم مهندس الأعمال الكهربائية بالتأكد من سلامة وتمام التوصيل بالأرض في كل المنشآت مع مراعاة القواعد الخاصة باستخدام المعادن وربط أجزائها ببعضها البعض.

٣/٤-٢-٥ مواسير الخدمات فى المنشآت الحديثة

يجب علي وجه العموم ربط مواسير الخدمات الأخرى (الغاز، الوقود، الهواء المضغوط، مجارى الهواء، إلخ...)، بموصل الوقاية ولكن لا يمكن اعتبار هذا المواسير كنظام تأريض وحيد، وعليه فيجب ربطها بنظام تأريض إضافى ويكون بديلاً عنها فى المنشآت القائمة.

جدول (٣/١٣): المسافة الهندسية المتوسطة الفاصلة (z) للأقطاب المتجاورة من القضبان

عدد الأقطاب	ترتيب الأقطاب	المسافة الهندسية المتوسطة الفاصلة (Z) بالمتر
٢ قطب	O s O	$\sqrt{as}$
ثلاثة أقطاب على شكل مثلث متساوي الأضلاع	O s O O	$\sqrt[3]{a.s^2}$
٤ أقطاب على شكل مربع	O O s O O	$\sqrt[4]{\sqrt{2}(as^3)}$
٦ أقطاب على شكل سداسي منتظم	O O O O O s O	$\sqrt[6]{(6as^5)}$
٨ أقطاب على شكل مثمن منتظم	O O O O O O O s O	$\sqrt[8]{(52as^7)}$
٨ أقطاب موضوعة على محيط مربع	O O O O O O s O O	$\sqrt[8]{23as^7}$

حيث :

A : نصف قطر القضيب المستخدم (متر)

S : المسافة الفاصلة بين قضيبين متجاورين (متر)

ملحوظة : لا يمكن استخدام المواسير الخاصة بمرفق المياه كقطب أرضي منفرد، ولكن يمكن استخدامها كنظام للتأريض منفرد، خاصة في المنشآت الحديثة.

٣/٤-٣ اختيار موصل التأريض وطريقة الربط بقطب الأرضى

يجب عند اختيار مادة موصل التأريض المدفون في الأرض، مراعاة المواءمة بين مادة قطب الأرضي والتآكل الذى تسببه الأرض. كما يجب مراعاة جميع الاحتياطات التي تتبع عند اختيار مادة قطب الأرضي، كما يوصي بعدم استخدام موصلات الألومونيوم أو النحاس المكسو بالألومونيوم في الوصلات الأرضية أو في الأماكن الرطبة أو لعمل الوصلات النهائية لقطب الأرضى.

ويجب مراعاة قدرة الموصل علي تحمل كل من تيارات الخطأ الأرضي العالية وتيارات التسرب وتأثيراتها الحرارية والميكانيكية عند اختيار مقطع موصل التأريض وعلي أن يتحمل هذه التأثيرات بدون انهيار ميكانيكي أو حرارى. ويوضح الجدول رقم (١٤/٣) أعلي درجة حرارة مسموح بها في حالة أن تكون وصلات الموصل مكشوفة، مع وجود تيارات خطأ أرضي عالية طبقاً للظروف الجوية وطرق التوصيل. أما في حالة الوصلات المغطاة بغرض منع التآكل أو في حالة الحماية الميكانيكية أو الموصلات المعزولة، فإن درجة الحرارة العظمى تقل طبقاً لطبقة الغطاء أو العزل.

كما يوضح الجدول رقم (١٤/٣) كثافة التيار (أمبير /مم^2) لمدة زمنية مقدارها ثانية واحدة لكل من موصلات النحاس والألومونيوم والصلب، بفرض أن درجة حرارة الموصل الابتدائية ٣٠ °م .

ويمكن حساب مقطع الموصل من العلاقة التالية:

$$S = \frac{\left(I\sqrt{t}\right)}{k} \qquad (3\text{-}13)$$

حيث :

S : مساحة مقطع الموصل (مم^2)

I : متوسط القيمة الفعالة لتيار الخطأ الأرضى (أمبير)

t : فترة مرور تيار الخطأ الأرضى (ثانية)

k : ثابت يعتمد علي نوع معدن الموصل المستخدم ودرجة حرارته الابتدائية والنهائية وقيمته معطاة فى الجدول رقم (١٤/٣)، بفرض أن درجة حرارة الموصل الابتدائية هى ٣٠ °م

ويمكن حساب قيمة هذا الثابت عند قيم درجات حرارة أخرى لمدة ١ ثانية من العلاقة التالية:

$$k = k_1\left[\sqrt{\ln\left(\frac{T_2+\beta}{T_1+\beta}\right)}\right] \qquad (3\text{-}14)$$

حيث :

T_1 : درجة الحرارة الابتدائية (درجة مئوية)

T_2 : درجة الحرارة النهائية (درجة مئوية)

β ، k_1 : ثابتان معطيان فى الجدول رقم (١٧/٣)

ويوضح الجدولان رقمى (١٥/٣)، (١٦/٣) كيفية اختيار مساحة مقطع شرائح النحاس والألومونيوم لفترات مرور تيار الخطأ الأرضى مقدارها ١، ٣ ثانية على الترتيب.

كما يمكن حساب مساحة المقطع المناسب عند فترات أخرى لمرور تيار الخطأ الأرضى غير الواردة بهذين الجدولين من إحدى العلاقتين التاليتين:

$$I = \frac{k\,s}{\sqrt{t}} \qquad (3-15)$$

$$I = \frac{I_1}{\sqrt{t}} \qquad (3-16)$$

حيث:

I_1 : القيمة المتوسطة للقيمة الفعالة لتيار الخطأ الأرضي بالأمبير لمدة ثانية واحدة (الجدول رقم (١٥/٣) للشرائح النحاسية والجدول رقم (١٦/٣) للشرائح الألومونيوم)

S: مساحة مقطع الموصل (مم^2)

k : ثابت تحسب قيمته من المعادلة (٣-١٧) ومن الجدول رقم (١٤/٣)

وحيث أن الثابت k يعتمد علي درجة حرارة الموصل الابتدائية والنهائية، فإنه يمكن حساب قيمة هذا الثابت لقيم أخرى من درجات الحرارة لمدة ثانية واحدة من العلاقة رقم (٣-١٤).

$$k = k_1\left[\sqrt{\ln\left(\frac{T_2+\beta}{T_1+\beta}\right)}\right] \qquad (3\text{-}17)$$

حيث:

T_1 : درجة الحرارة الابتدائية

T_2 : درجة الحرارة النهائية

k_1, β : ثوابت معطاة بالجدول رقم (١٧/٣)

ويجب التأكد في حالة استمرار مرور تيار التسرب للأرض، من مقدرة الموصل علي تحمل هذا التيار وبحيث ألا تزيد درجة حرارته عن درجة الحرارة العظمي المسموح بها سواء للموصل أو للمادة المعزول بها.

جدول (١٤/٣) : كثافة تيار الخطأ الأرضى لمدة ١ ثانية فى موصلات التأريض عند درجة حرارة ابتدائية ٣٠° م

نوع الوصلة				أقصي درجة حرارة °م (١)	الظروف الجوية طبقاً للمواصفات الكهروتقنية الدولية IEC364 المناسبة للموصلات المكشوفة عند درجات حرارة وحتي القيمة المذكورة	القيمة الفعالة لكثافة التيار K عند ٣٠° م		
ملحومة (باللحام)	مطلية بالنحاس	مربوطة بالمسامير	ملحومة باللحام الطري			نحاس (أمبير/ متر٢)	ألومونيوم (أمبير / متر٢)	صلب (أمبير / متر٢)
✓				٧٠٠		٢٥٤		٩١
✓				٦٠٠		٢٥٢		٨٧
✓				٥٠٠	(٢)	٢٢٨		٨٢
✓	✓			٤٥٠		٢٢٠		٧٩
✓	✓			٤٠٠		٢١١		٧٦
✓	✓			٣٥٠		٢٠١		٧٣
✓	✓			٣٠٠		١٩٠	١٢٥ (٣)	٦٩
✓	✓	✓		٢٥٠		١٧٦	١١٦	٦٤
✓	✓	✓		٢٠٠	(٤)	١٥٩	١٠٥	٥٨
✓	✓	✓	✓	١٥٠	(٥)	١٣٨	٩١	٥٠
✓	✓	✓	✓	١٠٠		-	-	-

(١) تعنى أن الوصلة تستخدم عند درجات حرارة حتى ومتضمنة الدرجة المذكورة

(٢) يجب ملاحظة أن المواد الموجودة في نفس المكان لا تتلف بسبب مخاطر الحريق عند درجات الحرارة المختارة

(٣) يجب عند درجات حرارة تزيد عن ٢٠٠ °م، أن يكون الموصل ظاهراً بكامله وأن يحمل على قواعد من السيراميك أو المعدن ولا يوجد بجوار مادة عضوية لخطورتها بسبب الحريق، ولا يوصى بدرجات أعلى من ٥٠٠ °م

(٤) تقل الشدة الميكانيكية لموصل الألومونيوم عند درجات الحرارة العالية

(٥) فى الحالات العادية وعندما لا يكون الموصل مدفونا على طول مساره

(٦) تسبب بعض المواد الداخلية فى المبانى المجاورة أو الملاصقة للموصل، مخاطر الحريق، إذا زادت درجات الحرارة عن ١٥٠ °م

جدول (٣/١٥): تيارات الخطأ الأرضى لموصلات تأريض من شرائح نحاسية

أ) زمن مرور تيار الخطأ (مدة ١ ثانية)					
قطاع الموصل	أقصى درجة حرارة للموصل (درجة مئوية)				
	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٤٥٠	٥٠٠
مم × مم	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.
٢٠ × ٣	٨.٣	٩.٥	١٠.٦	١٣.٢	١٣.٧
٢٥ × ٣	١٠.٤	١١.٩	١٣.٢	١٦.٥	١٧.١
٢٥ × ٤	١٣.٨	١٥.٩	١٧.٦	٢٢.٠٠	٢٢.٨
٢٥× ٦	٢٠.٧	٢٣.٩	٢٦.٤	٣٣.٠٠	٣٤.٢
٣١ × ٣	١٢.٨	١٤.٨	١٦.٤	٢٠.٥	٢١.٢
٣١ × ٦	٢٥.٧	٢٩.٦	٣٢.٧	٤٠.٩	٤٢.٤
٣٨ × ٣	١٥.٧	١٨.١	٢٠.١	٢٥.١	٢٦.٠٠
٣٨ × ٥	٢٦.٢	٣٠.٢	٣٣.٤	٤١.٨	٤٣.٣
٣٨ × ٦	٣١.٥	٣٦.٣	٤٠.١	٥٠.٢	٥٢.٠٠
٥٠ × ٣	٢٠.٧	٢٣.٩	٢٦.٤	٣٣.٠٠	٣٤.٢
٥٠ × ٤	٢٧.٦	٣١.٨	٣٥.٢	٤٤.٠٠	٤٥.٦
٥٠ × ٦	٤١.٤	٤٧.٧	٥٢.٨	٦٦.٠٠	٦٨.٤

تابع جدول (١٥/٣) تيارات الخطأ الأرضى لموصلات تأريض من شرائح نحاسية

ب) زمن مرور تيار الخطأ (مدة ٣ ثانية)					
قطاع الموصل	أقصي درجة حرارة للموصل (درجة مئوية)				
	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٤٥٠	٥٠٠
مم × مم	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.
٢٠ × ٣	٤.٨	٥.٥	٦.١	٧.٦	٧.٩
٢٥ × ٣	٦.٠٠	٦.٩	٧.٦	٩.٥	٩.٩
٢٥ × ٤	٨.٠٠	٩.٢	١٠.٢	١٢.٧	١٣.٢
٢٥× ٦	١٢.٠٠	١٣.٨	١٥.٢	١٩.١	١٩.٧
٣١ × ٣	٧.٤	٨.٥	٩.٥	١١.٨	١٢.٢
٣١ × ٦	١٤.٨	١٧.١	١٨.٩	٢٣.٦	٢٤.٥
٣٨ × ٣	٩.١	١٠.٥	١١.٦	١٤.٥	١٥.٠
٣٨ × ٥	١٥.١	١٧.٤	١٩.٣	٢٤.١	٢٥.٠
٣٨ × ٦	١٨.٢	٢٠.٩	٢٣.٢	٢٩.٠	٣٠.٠
٥٠ × ٣	١٢.٠	١٣.٨	١٥.٢	١٩.١	١٩.٧
٥٠ × ٤	١٥.٩	١٨.٤	٢٠.٣	٢٥.٤	٢٦.٣
٥٠ × ٦	٢٣.٩	٢٧.٥	٣٠.٥	٣٨.١	٣٩.٥

جدول (١٦/٣) : تيار الخطأ الأرضى لشريحة من الألومنيوم مستخدمة كموصل تأريض

أبعاد الشريحة	مدة مرور تيار الخطأ ١ ثانية				مدة مرور تيار الخطأ ٣ ثواني			
	أقصي درجة حرارة الموصل (°م)				أقصي درجة حرارة للموصل (°م)			
	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠
مم × مم	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.	ك. أ.
٢٠ × ٣	٥.٥	٦.٣	٧	٧.٥	٣.٢	٣.٦	٤	٤.٣
٢٥ × ٣	٦.٨	٧.٩	٨.٧	٩.٤	٣.٩	٤.٥	٥.٠	٥.٤
٢٥ × ٦	١٣.٧	١٥.٨	١٧	١٨.٨	٧.٩	٩.١	١٠.٠	١٠.٨
٥٠ ×٦	٢٧.٣	٣١.٥	٣٤.٨	٣٧.٥	١٥.٨	١٨.٢	٢٤.١	٢٦.٠
٦٠ × ٦	٣٢.٨	٣٧.٨	٤١.٨	٤٥.٠	١٨.٩	٢١.٨	٢٤.١	٢٦.٦
٨٠ × ٦	٤٣.٧	٥٠.٤	٥٥.٧	٦٠.٠	٢٥.٢	٢٩.١	٣٢.١	٣٤.٦

جدول (١٧/٣) : قيم الثوابت k_1 , β فى المعادلة رقم (٣-١٧)

المعدن	الثابت k_1 *	الثابت β *
	أمبير /مم^2 (قيمة فعالة)	(°م)
نحاس	٢٢٦	٢٥٤
الومنيوم	١٤٨	٢٢٨
صلب	٧٨	٢٠٢

* طبقا للمواصفات القياسية البريطانية BS 7430-1991

وتكون قدرة الموصل علي تحمل مثل هذا التيار كافية، بحيث لا تزيد درجة حرارته عن درجة الحرارة العظمى المسموح بها للعزل أو للمواد المستخدمة فى عزل الموصلات.

كما يجب ألا تزيد درجة حرارة الموصل في حالة الموصلات المكشوفة والمعرضة للمس عن ٧٠ درجة مئوية، علماً بأن مرور تيار التسرب لمدة طويلة قبل مرور تيار الخطأ الأرضي يؤدى إلي رفع درجة حرارة الوصلات الابتدائية التي يجب مراعاتها عند اختيار مساحة المقطع المناسب لموصل التأريض.

أما من ناحية الحماية الميكانيكية للموصلات، فيجب مهما كانت تيارات الخطأ الأرضي صغيرة، ألا تقل مساحة مقطع الموصل النحاسي عن ٢.٥ مم^2، وإذا كانت الموصلات مكشوفة، فمن ناحية الحماية من التآكل، يجب ألا تقل هذه المساحة عن ٤ مم^2.

ويجب عموما حماية موصل التأريض من التآكل، إذا كان مدفونا تحت سطح الأرض وبدون كسوة بمادة مانعة لذلك.

ويجب إذا كانت تيارات الخطأ الأرضي عالية وفي حالة عدم حماية الموصلات المدفونة من التآكل، ألا تقل مساحة مقطع الموصل عن ٢٥ مم ^{٢} للنحاس وعن ٥٠ مم ^{٢} للصلب وألا يقل سمك الشرائح عن ٣ مم.

وتستخدم مواد مصنعة من سبيكة نحاس لا تتعدى نسبة الزنك بها عن ١٥ %، لعمل الوصلات بين موصل التأريض وقطب الأرضي، بحيث يكون التآكل الجلفاني أقل ما يمكن وأن تكون الشدة الميكانيكية لهذه الوصلات قوية ومثبتة جيدا وأن تكون مقاومة للتآكل، كما يمكن استخدام وصلات مثبته بالبرشام، بحيث لا يقل عزمها الميكانيكي عن ٢٠ نيوتن.متر.

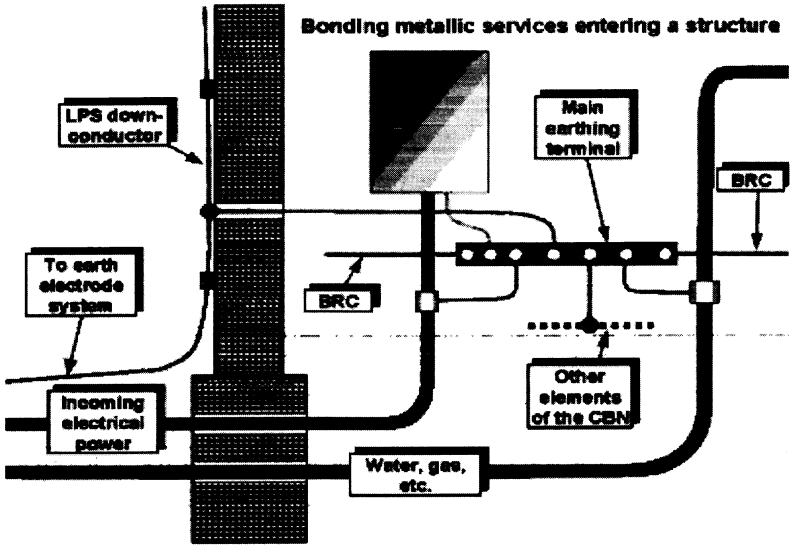
ويجب فى المنشآت الكبيرة (التى بها محطات للقوى الكهربائية، مثلا) التأكد من جودة وسلامة التوصيل بين أقطاب الأرضى المكونة من عدد من الأقطاب المدفونة رأسياً والمتصلة بشبكة التأريض، وذلك باستخدام وصلات مثبتة بالبرشام بالأقطاب، باستخدام البرشام أو ملحومة بها، وتكون مغمورة فى صندوق خرسانى، ويمكن استخدام طرق أخرى بسيطة، ولكن بشرط ضمان سلامة التوصيل والأداء.

٣/٤-٤ وصلات تساوى الجهد

من الاحتياطات الوقائية التي يجب اتباعها عند استخدام ربط متساوى الجهد، فصل مصدر التغذية تلقائياً عند حدوث خطأ، ويجب أن يتحقق ذلك بصرف النظر عن نوع النظم المستخدمة في التركيبات وعلي أن يؤخذ في الاعتبار جودة الربط بين قضبان تساوى الجهد الرئيسية والأجزاء المعدنية الدخيلة، (أنظر الشكل رقم (١٧/٣))، مثل:

أ – مواسير المياه الرئيسية
ب – مواسير الغاز الرئيسية
ج – خطوط الخدمات الأخرى والمجارى المعدنية
د – صواعد مجارى الهواء في نظام التكييف المركزى
هـ– الأجزاء المعدنية المكشوفة من إنشاءات المبني
و – موصلات الوقاية من الصواعق.

ويجب ربط مواسير المياه والغاز عند المدخل الرئيسي للمبني وكذلك عند الوصلات باستخدام اللحام أو البرشام. وفي حالة وجود جزء عازل في المواسير (مواسير من البلاستيك مثلا)، فيتم تأريض الجزء المعدني الموجود جهة المستهلك لكل من مواسير الغاز أو المياه وبالقرب من عدادات قياس الاستهلاك، إذا كانت موجودة داخل المبني، أما إذا كانت موجودة خارجه، فيتم التأريض بالطرق المناسبة.



شكل (٣/ ١٧): وصلات تساوى الجهد للمبنى

٣/٤-٥ ترتيبات التأريض المشتركة للأغراض الوظيفية ولأغراض الوقاية

أ) التأريض الوظيفى

يتم تنفيذ التأريض الوظيفى للتأكد من تشغيل المعدة بطريقة صحيحة، وهو عبارة عن ربط متساوى الجهد Equipotential bonding وفيه يتم فصل موصل التأريض الوقائى عن موصل التعادل ويتم توصيل جميع الأجزاء المعدنية فى المبنى على الرابط متساوى الجهد.
ومن أمثلة التأريض الوظيفى، تأريض معدة نقل البيانات مثل شبكة الإنترنت والتليفونات والتليفزيونات.

ب) التأريض لأغراض الوقاية من الصدمة الكهربائية

- **تدابير وقائية يجب أن تطبق فى أى منشأة أو جزء منها**

- **الوقاية من التلامس المباشر**

يعنى التلامس المباشر للإنسان أو الحيوان مع أجزاء من المواد والمعدات الموجودة فى الخدمة تحت الجهد، وينبغى أن تكون جميع المعدات الكهربائية مزودة بوقاية من التلامس المباشر عند تشغيل هذه المعدات، ويجب على المنوط بهم تشغيلها كل الحرص على تنفيذ جميع التوصيلات لضمان سلامة الأشخاص من الصدمة الكهربائية.

- **الوقاية من التلامس غير المباشر (وقاية من تيار الخطأ Fault protection)**

تنقسم الاحتياطات الوقائية من الصدمة الكهربائية ضد التلامس غير المباشر إلى مستوين:

١) المستوى الأول:

تأريض جميع الأجزاء الموصلة المكشوفة والمعرضة للمس للمعدات الكهربائية فى المنشأة وتكوين شبكة ربط متساوى الجهد.

٢) المستوى الثانى:

تحقيق الفصل التلقائى لمصدر التغذية عن الجزء المطلوب من المنشأة. وبهذه الطريقة يتم تحديد مستويات لجهد التلامس والفترة الزمنية للأمان بالثانية كما هو موضح فى الجدول رقم (١٨/٣) طبقا للمواصفات البريطانية BS 7671.

جدول (١٨/٣): أقصى فترة زمنية للفصل لقيم مختلفة من جهد اللمس Uo

أ- نظام TN

	50 ≤Uo≤ 120	120<Uo≤ 230	230<Uo≤ 400	Uo> 400
Disconnection time [sec]	0.8	0.4	0.2	0.1

ب- نظام TT

	50 ≤Uo≤ 120	120<Uo≤ 230	230<Uo≤ 400	Uo> 400
Disconnection time [sec]	0.3	0.2	0.07	0.04

ويتم فصل المصدر فى حالة حدوث خطأ أرضى بالطرق الآتية :-

- نبيطة تعمل بالتيار المتبقى Residual current device
- نبائط وقاية من التيار الزائد Over current protective devices، ومن هذه النبائط المصاهر وقواطع الدائرة المنمنمة MCB وقواطع الدائرة المقولبة MCCB

ج) ترتيبات التأريض المشتركة للأغراض الوظيفية وأغراض الوقاية

يقوم موصل واحد فى هذه الترتيبات بوظيفة الموصل الوقائى وموصل التعادل معاً (PEN-conductor).

وتكون أقل مساحة مقطع من النحاس لموصل الوقاية والتعادل (مندمجين فى موصل واحد (PEN-conductor)) هو ٤ مم^{٢} .

ويجب عزل موصل الوقاية والتعادل (PEN-conductor) من الجهود العالية وذلك لتجنب التيارات الشاردة.

٣/٤-٦ ترتيبات التأريض لتركيبات نظم المعلومات

تتضمن معدات تقنية المعلومات جميع أشكال معدات الأعمال الالكترونية والكهربائية بالإضافة إلى معدات الاتصالات الكهربائية، فعلى سبيل المثال، معدات وتجهيزات نظم المعلومات التى ينطبق عليها التأريض بهذا القسم هى:

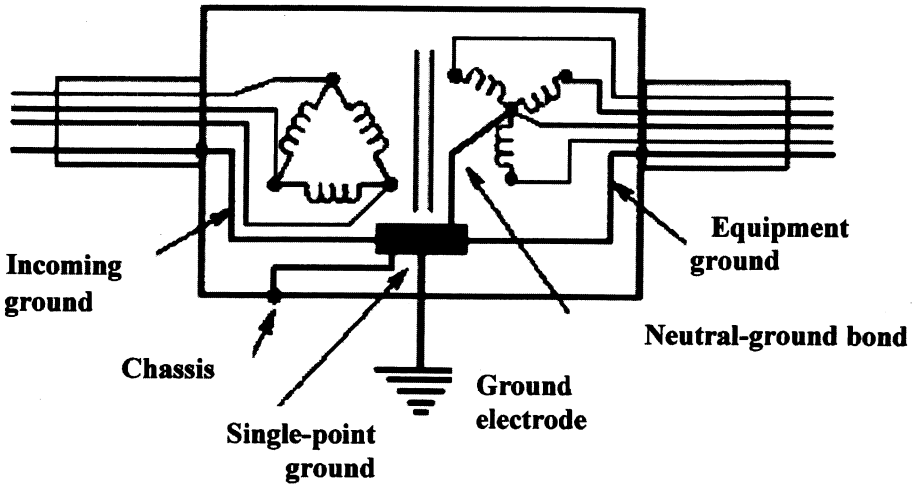
- معدات الاتصالات الكهربائية ومعدات نقل المعلومات وتحضيرها (Processing) أو التجهيزات التى تستعمل فى إرسال الإشارة التى تعود إلى المبانى عن طريق الأرض (Return through earth) وذلك فى التوصيلات الداخلية والتوصيلات الخارجية بها.
- شبكات تغذية الطاقة ذات التيار المستمر، التى تغذى المعدات الخاصة بتقنية المعلومات داخل المبانى
- معدات للتليفونات أو تجهيزات خاصة بمقسم فرعى خاص بالتليفونات (PABX)
- شبكات البيانات للمناطق المحلية (LAN)
- منظومات الإنذار بالحريق (Fire alarm system) والحماية من السرقات
- تجهيزات خدمات المبانى (BMS) مثل أنظمة التحكم الرقمية المباشرة (DDC-systems)
- أنظمة الحاسبات المستخدمة لأغراض التصنيع أو المساعدة للخدمات الأخرى
- التبادل الحثى بين تجهيزات نظم المعلومات وموصلات التعادل والوقاية معا (PEN-conductors) فى المبانى:

لابد من الأخذ فى الاعتبار فى المبانى التى من المتوقع تركيب تجهيزات هامة خاصة بتقنية المعلومات، استعمال موصل وقاية (PE) منفصل عن موصل التعادل (N) بعد نقطة توصيل التغذية، وذلك لتقليل التداخل الكهرومغناطيسى (EMC) إلى الحد الأدنى (وفى حالات خاصة، ازدياد فى قيمة التيار) نتيجة مرور تيار التعادل من خلال كابلات الإشارة.

٣/٥ تطبيقات على نظم التأريض

٣/٥-١ نظم توزيع الكهرباء على الجهد المنخفض

يبين الشكل رقم (١٨/٣) تأريض محول القوى فى شبكات التوزيع للجهد المنخفض، أما الرسومات التالية فتبين كيفية تأريض نظم توزيع الكهرباء على الجهد المنخفض وتأريض المعدات المغذاة منها.



شكل (٣/ ١٨): تاريض محولات توزيع القوى

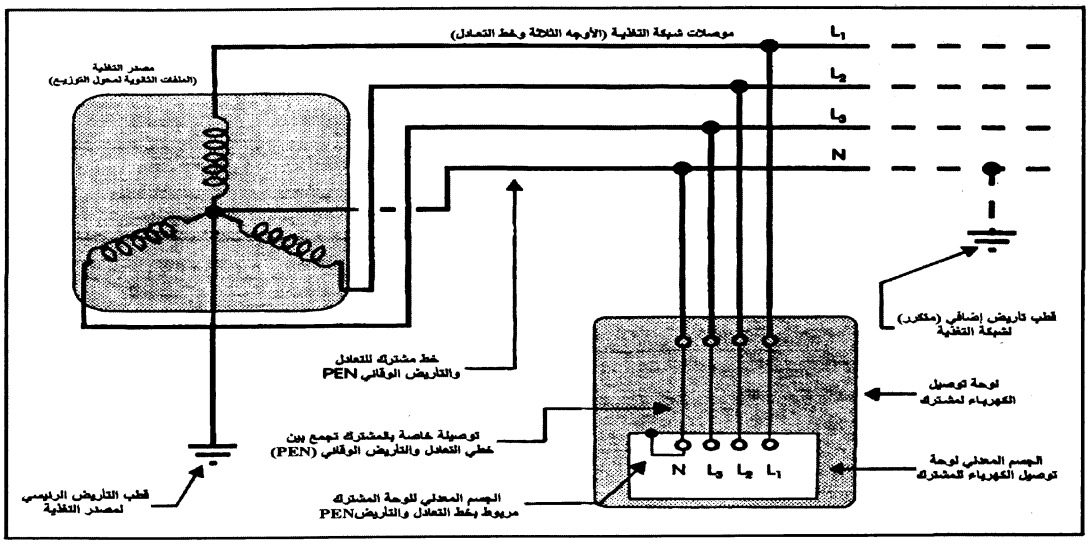
(أ) التأريض فى نظام التوزيع رباعى الأسلاك من النوع " TNC "

يبين الشكل رقم (١٩/٣) مخططا لهذا النظام، ومنه يتضح أن تأريض النظام يستخدم في نفس الوقت كتأريض وقائي للمعدات وأن تأريض النظام يتم من خلال قطب تأريض رئيسي توصل إليه نقطة التعادل الخاصة بالملفات الثانوية لمحول التوزيع المغذى للشبكة ومن خلال أقطاب تأريض إضافية، يتم اختيار الأماكن المناسبة لها في شبكة التوزيع. وفي هذا النظام يستخدم الموصل الرابع كخط للتعادل وكموصل للتأريض الوقائي في نفس الوقت ويطلق عليه موصل (PEN).

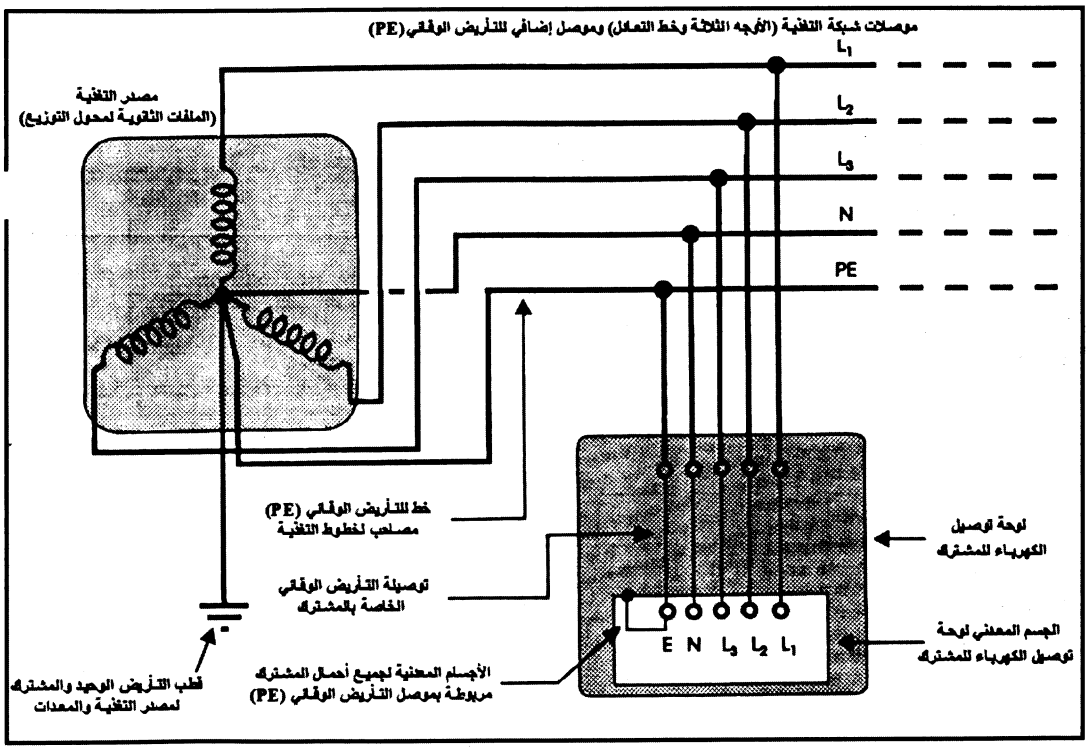
(ب) التأريض فى نظام التوزيع خماسى الأسلاك من النوع " TNS "

يبين الشكل رقم (٢٠/٣) مخططا لهذا النظام، ومنه يتضح توفر قطب تأريض واحد يستخدم في نفس الوقت لتأريض نقطة التعادل فى النظام ولتأريض موصل التأريض الوقائي للمعدات. ويوصل هذا القطب إلى نقطة التعادل الخاصة بالملفات الثانوية لمحول التوزيع والتى منها يمدد خطان مستقلان مع موصلات الأطوار الثلاثة في كل تفرعات شبكة التوزيع. يستخدم الخط الأول كموصل تعادل (N) لشبكة التغذية، أما

الثاني فيمدد كموصل تأريض وقائي (PE) توصل إليه الأجسام المعدنية المكشوفة والمعرضة للمس بجميع مكونات الشبكة ولجميع الأحمال المغذاة منها.



شكل (٣/١٩): التأريض فى نظام التوزيع من النوع "TNC"



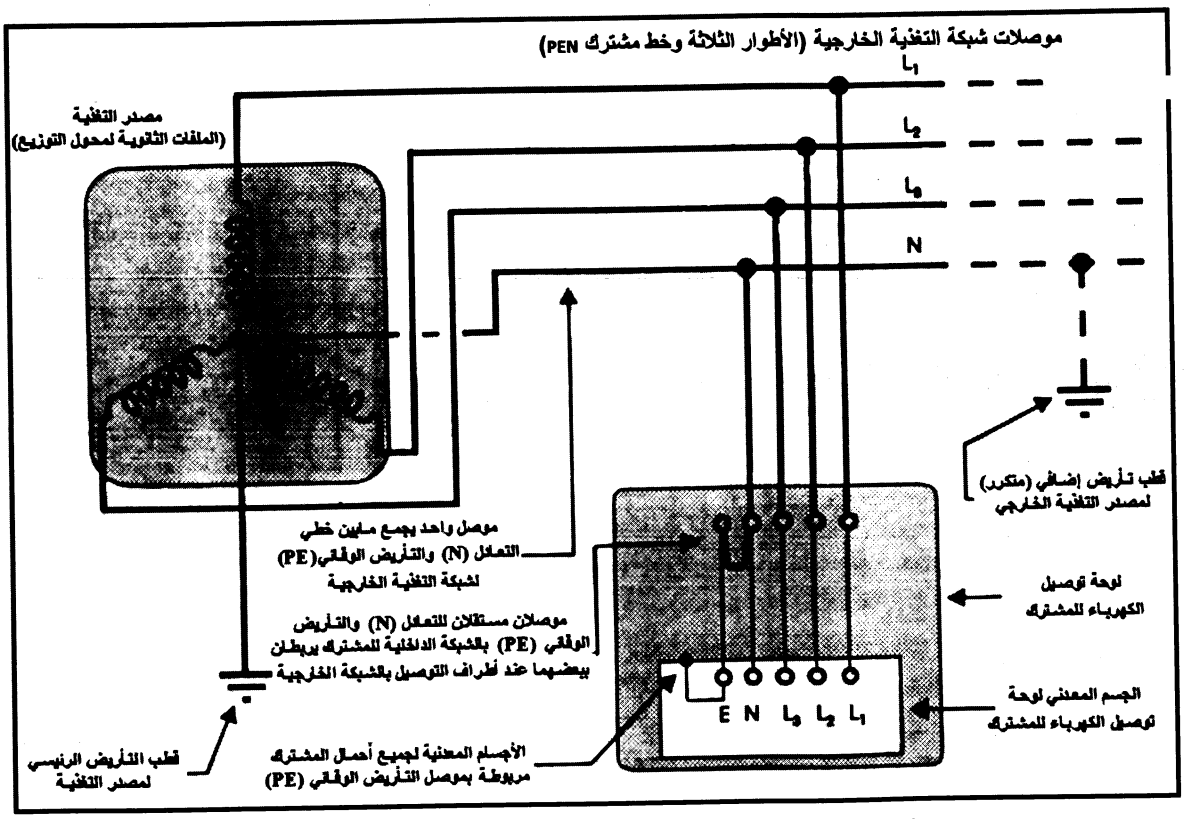
شكل (٣/٢٠): التأريض فى نظام التوزيع من النوع " TNS "

(ت) التأريض فى نظام التوزيع رباعى/خماسى الأسلاك من النوع " TNCS "

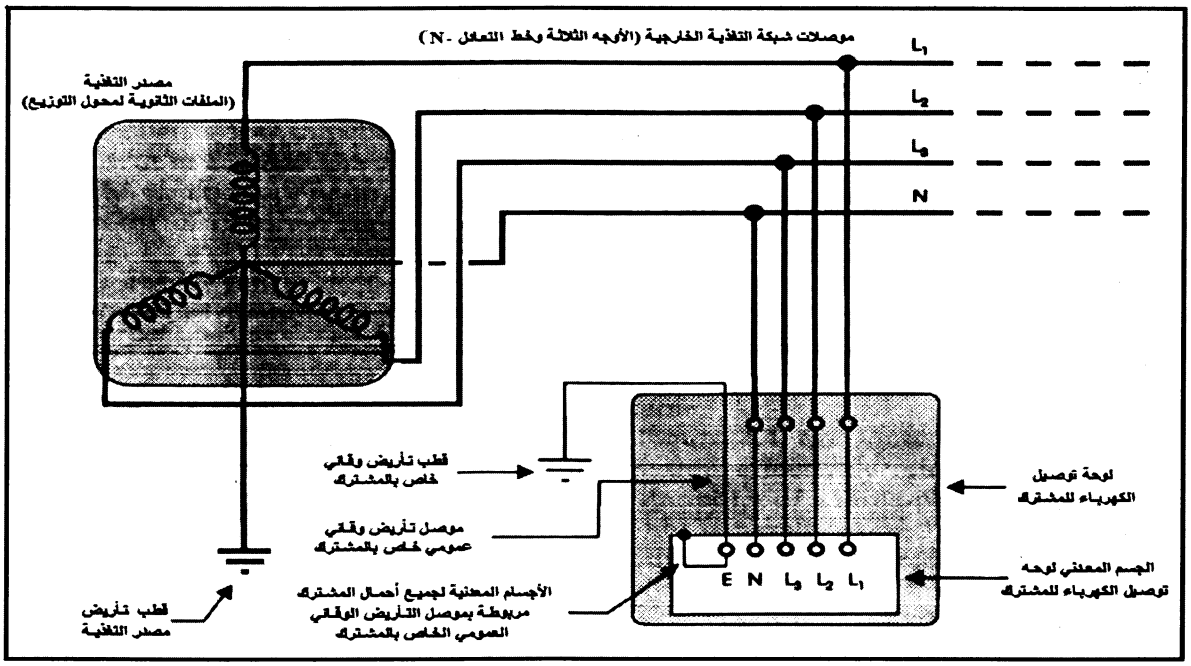
يبين الشكل رقم (٢١/٣) مخططا لهذا النظام، ومنه يتضح أن هذا النظام يوصل فيه قطب التأريض إلى نقطة التعادل الخاصة بالملفات الثانوية لمحول التوزيع والنظام يجمع بين النظامين السابقين حيث تكون الشبكة فى جزء من النظام تعمل بأربعة أسلاك حيث يوجد موصل واحد (PEN) يستخدم في نفس الوقت لتأريض النظام وللتأريض الوقائي للمعدات أما فى باقى أجزاء النظام، فتكون الشبكة بنظام خمسة أسلاك بحيث تؤرض شبكات التغذية الخارجية بنفس الكيفية المستخدمة في النظام " TNS".

(ث) التأريض فى نظام التوزيع رباعى الأسلاك من النوع " TT "

يبين الشكل رقم (٢٢/٣) مخططا لهذا النظام، ومنه يتضح أن هذا النظام يختلف عن النظم الثلاثة السابقة من حيث أنه يستخدم قطب تأريض واحد لشبكة التغذية الخارجية وأقطاب تأريض مستقلة للتأريض الوقائي بواقع قطب واحد لكل مشترك. وتمدد موصلات التأريض الوقائي لدى المشتركين فقط لربط الأجسام المعدنية المكشوفة لأحمالهم بأقطاب التأريض الوقائية الخاصة بهم.



شكل (٢١/٣): التأريض فى نظام التوزيع من النوع " TNCS " شامل موصلى التعادل والتأريض معا فى جزء من النظام ومنفصلان فى جزء آخر



شكل (٢٢/٣): التأريض فى نظام التوزيع من النوع " TT "

ويجب أن يكون مسار دائرة التأريض، كما فى دوائر الجهد المتوسط، ذو مقاومة صغيرة نسبيا للسماح بمرور تيار خطأ أرضى عالى القيمة إلى الأرض ويكون كافيا لتشغيل نبائط الوقاية المستخدمة فى الدوائر الكهربية.

وعند استخدام محول توزيع يتم تأريض نقطة التعادل به باستخدام قطب تأريض يحقق مقاومة أرضى لا تزيد عن ٥ أوم، أما عند استخدام أكثر من محول فيتم ربطهم جميعاً علي نفس قطب الأرضي. وعند إجراء الصيانة أو القياسات اللازمة للتحقق من قيمة مقاومة نظام التأريض، عندما تكون بالدائرة طاقة كهربية كبيرة، فإنه يجب أن يتوفر قطب أرضي إضافي، ولا يسمح مطلقاً أن تفصل نقطة تعادل المحول أو المحولات عن قطب الأرضي ويتم ربط المعدات بنقطة التعادل في دائرة واحدة أو مجموعة دوائر باستخدام غلاف الكابلات المعدنى أو التسليح أو موصل الوقاية.

أما في حالة استخدام كابل أحادى القطب في الجهد المنخفض، فيجب ربط الغلاف المعدني أو تسليح الكابل من كلتا جهتيه. وعند وجود أكثر من كابل علي التوازى، فيكون الربط من طرف واحد فقط لمنع مرور تيارات دورانية فى الأغلفة المعدنية للكابلات أو فى تسليحها.

٣/٥-٢ المنشآت الصناعية

تتم تغذية معظم المنشآت الصناعية الكبيرة بالكهرباء من الشبكة العمومية عند جهد متوسط (أكبر من ١٠٠٠ فولت). وعليه، فإن تيارات الخطأ الأرضى تكون عالية وأكبر من مثيلتها فى المبانى السكنية التى تتم تغذيتها بالجهد المنخفض، ومن ثم يكون نظام التأريض بها ذو أهمية خاصة نظراً لتأثيره على عمليات الإنتاج داخل المصنع.

أما المناطق الخطرة التي يوجد بها غازات ومواد قابلة للاشتعال، فيجب أن تطبق مواصفات خاصة على نظام التأريض. وبالنسبة للدوائر الإلكترونية ودوائر المعلومات الموجودة في المصانع، فعند ربطها مع دوائر التأريض العادية الخاصة بالجهد المنخفض فى المنشأة، قد تحدث تيارات دورانية تنتج عادة من التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي الرئيسي، تعمل على رفع جهد الدوائر الإلكترونية مما يؤثر على عملها أو تلفها، ولذا فإنها تؤرض من نظام أرضى منفصل عن نظام تأريض الجهد المنخفض.

كما يؤدى تأريض الأجسام المعدنية فى المكان مباشرة بالأرض، إلي التداخل بين دائرة التأريض الخاصة بالمعدات الإلكترونية في منطقة الأرض المحيطة بنظم تأريض الهياكل المعدنية، ويلاحظ حدوث هذا فى دوائر الحماية الكاثودية وخطوط التليفونات.

ولمعرفة الخطورة بالمبانى وضرورة الاهتمام بالتأريض فيها والاهتمام بتحقيق مقاومة الأرضى المنشودة، يتطلب الأمر الدراية بتقسيمات المبانى. وعموما تقسم المبانى كمجموعات A, B, E, F, H, I, M, R, S, U حسب استخداماتها، وتكون كل مجموعة مقسمة داخليا حسب وظائف الأماكن أو درجة الإشغال أو درجة الخطورة بها.

فمثلا تضم مجموعة المبانى (GROUP A) كل ما يستخدم لتجمع الأفراد، كما فى مبانى التجمعات الدينية أو أماكن الطعام أو الشراب أو الانتظار للسفر كما فى محطات القطارات والمطارات، إلخ...، وتقسم هذه المجموعة إلى تقسيمات داخلية من (A-1) إلى (A-5)، بدءا من الأماكن المزودة بمقاعد ثابتة كما فى دور السينيما أو المسارح، أو بمقاعد قابلة للتحريك كما فى المطاعم والمقاهى، وهكذا، انتهاء بالأماكن الرياضية والملاعب. وتضم المجموعة (GROUP B) المبانى المخصصة للمتاجرة (BUSINESS) كالمبانى التى بها مكاتب (OFFICES)، ومجموعة المبانى (GROUP E) خاصة بالأماكن التعليمية. ومجموعة المبانى (GROUP F) خاصة بالمصانع (FACTORY INDUSTRIAL GROUP) وتقسيماتها (F-1), (F-2) ومجموعة المباني شديدة الخطورة (GROUP H) بتقسيماتها من (H-1) إلى (H-5)، (أنظر الجدول رقم (٩/٣)) وكذلك مجموعة المبانى (GROUP I) المخصصة للمؤسسات (INSTITUTIONAL) بتقسيماتها من (I-1) إلى (I-4) ومجموعة المبانى (GROUP M) الخاصة بالمبانى التجارية (MERCATILE) ومجموعة المبانى (GROUP R) الخاصة بالمبانى السكنية (RESIDENTIAL)

وتقسيماتها من (R-1) إلى (R-4) ومجموعة المبانى المستخدمة للتخزين (GROUP S) وتقسيماتها (S-2) , (S-1) ومجموعة مبانى الخدمات U.

٣/٥-٢-١ نظم التوزيع للمناطق الصناعية (Factory Industrial Occupancies, Group F):

وقبل التعرض لنظم التوزيع ونظم التأريض بهذه المبانى، يجب التنويه بأنها تشمل المبانى أو أجزاءها المستخدمة لاحتواء العمليات الصناعية المختلفة مثل التربيط والتفكيك والتركيب والصيانة والإنتاج والتعبئة أو أى عمليات مشابهة غير مصنفة بأنها عالية الخطورة (Group H) وكذلك المبانى المستخدمة للتخزين (Group S) كتخزين الحاويات مثلا.

وتصنف المبانى الصناعية إلى صنفين هما: مبانى ذات إشغال متوسط الخطورة (F-1) ومبانى ذات إشغال قليل الخطورة (F-2)، وكما هو مبين فى الجدول رقم (١٩/٣).

أما المبانى عالية الخطورة (High-Hazard Occupancies, Group H) ، فتشمل المبانى أو أجزاءها المستخدمة لإنتاج أو تخزين أو معالجة مواد فيزيائية أو كيميائية ذات خطورة عالية على حياة الإنسان أو صحته وبكميات تزيد عن تلك المحددة فى المواصفات الدولية.

وتصنف المباني عالية الخطورة إلى خمسة أصناف هى (H-1, H-2, H-3, H-4, H5).

جدول (١٩/٣): تصنيف المناطق الصناعية والمناطق الخطرة

التصنيف	فئة التصنيف		أمثلة
المباني الصناعية Group F	F-1	المباني الصناعية أو أجزاؤها غير المصنفة، مصانع منخفضة الخطورة كفئة (F-2)	مصانع الطائرات، والسيارات، والقوارب، والمعدات الزراعية، والسجاد، والأقمشة، والمنتجات الجلدية، والمخابز
	F-2	المباني الصناعية أو أجزاؤها الخاص بمعالجة مواد غير قابلة للاحتراق ولا تشكل خطورة حدوث حريق	مصانع الطوب والسيراميك والزجاج والثلج
المباني عالية الخطورة Group H	H-1	المبانى أو أجزاؤها التى تحتوى على مواد متفجرة بسبب تفاعل ينتقل خلال المادة بسرعة أعلى من سرعة الصوت	
	H-2	المبانى أو أجزاؤها التى تحتوى على مواد سريعة الاشتعال بسبب تفاعل ينتقل خلال المادة بسرعة أعلى من سرعة الصوت	
	H-3	المبانى أو أجزائها التى تحتوى على مواد قابلة للاحتراق أو لها خطورة مباشرة (Physical)	- ألياف قابلة للاشتعال (Combustible fibers) - ألعاب نارية(Consumer fireworks) - موائع مبردة (Cryogenic fluids)، جوامد مؤكسدة وقابلة للاشتعال (Oxidizing flammable solids) - بروكسيدات عضوية (Organic peroxides)، Classes II and III - مؤكسدات (Oxidizers), Classes 1 and 2 - غازات مؤكسدة (Oxidizing gases) - مواد نشطة غير مستقرة (Class 2) (Unstable (reactive) materials) - مواد متفاعلة مع الماء Water-reactive materials, Class 2
	H-4	المباني أو أجزائها التى تحتوى على مواد لها خطورة صحية	- مواد مسببة للصدأ (Corrosives) - مواد شديدة السمية (Highly toxic materials) - مواد سامة (Toxic materials)
	H-5	المبانى أو أجزائها المعدة للبحث والتطوير وتركيب الموصلات الكهربائية وتحتوى على مواد خطرة بكميات تزيد على تلك المحددة فى التوصيف	منشآت لتصنيع أشباه الموصلات وما يشابهها من المنشآت المخصصة للأبحاث والتطوير يوجد بها مواد خطرة مستخدمة فى الإنتاج.

٣/٥-٣ نظم توزيع الجهد المتوسط بالمبنى

قبل بداية تصميم نظم توزيع الجهد المتوسط، يتم تبادل المعلومات لمعرفة القيمة القصوى للقدرة الظاهرية للخطأ عند المبنى (ك. ف. أ) وكذلك مدى ملائمة نظم التأريض الخاصة بالمبنى مع هذه القدرة وكذلك مدى احتياج المستهلك لمولد احتياطى يعمل على هذا الجهد.

وعند استخدام نظم توزيع التى تكون بها نقطة تعادل الملفات موصلة على هيئة ستار ولكن غير مؤرضة، يكون تصميم عزل المعدات محددا، ويتم اختباره طبقاً للجهد بين موصلى طورين مختلفين.

يؤدى انهيار العزل بين موصل أحد الأطوار والأرض في نظام القوى إلي وجود جهود خطرة من بينها:

أ – رفع جهد الأجزاء المعدنية المكشوفة والمعرضة للمس، غير الحاملة للتيار الكهربائي في الظروف العادية، إلي قيم تكون خطرة تسبب صدمة كهربائية للأشخاص الملامسين لها

ب – قد يكون تيار الخطأ الأرضي المار كبيراً (يتوقف علي مدى انهيار العزل) بدرجة قد تسبب تلفا حرارياً أو إجهاداً كهرومغناطيسيا للمعدات شاملة الكابلات، ويحدث هذا نتيجة مرور هذا التيار، مما قد يسبب تلفا دائماً للمعدات أو خطورة اشتعال حرائق بها وبالتالى فى المكان بأكمله

ولتلافى حدوث هذه الظواهر، يجب تأريض هذه الأجزاء باستخدام موصلات تأريض وقائية (PE)، ويجب أن تكون هذه الموصلات ذات مقاومة صغيرة، حتى تكون معاوقة حلقة الخطأ الأرضى بالتالى صغيرة، وحتى لا يتسبب عنها ارتفاع فى درجة الحرارة. ويكون تيار الخطأ الأرضى فى هذه الحالة كبيراً، مما يؤدى إلى سرعة عمل نبائط الوقاية مثل المصاهر وقواطع الدوائر أو نبائط الوقاية التى تعمل على التيار المتبقى (RCD). ولسرعة فصل تيارات الخطأ ألأرضى، يجب أن تعمل نبيطة تيار الخطأ الأرضى فى الدوائر ويتم ضبط قيمة عملها، فور اكتشاف مرور تيار الخطأ الأرضى وبكل دقة.

وعادة لا يمثل الحصول علي معاوقة صغيرة لحلقة الخطأ الأرضي مشكلة وذلك كي تعمل نبيطة الوقاية بسهولة وبسرعة، إلا أنه يجب بالإضافة إلي ذلك، أن تكون الأجزاء المعدنية الدخيلة بالنظام متصلة مباشرة بعضها ببعض عن طريق موصلات معدنية ذات مقاومة صغيرة تربط بين جميع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار لضمان التوصل الجيد بينها.

ويراعي أن يتم تأريض نقطة التعادل لنظام الجهد المتوسط عند نقطة واحدة فقط للأسباب التالية:

أ – إيجاد مسار وحيد لتيارات الخطأ الأرضي

ب – منع حدوث تيارات دورانية بين المحول و المولدات التى تعمل على التوازى

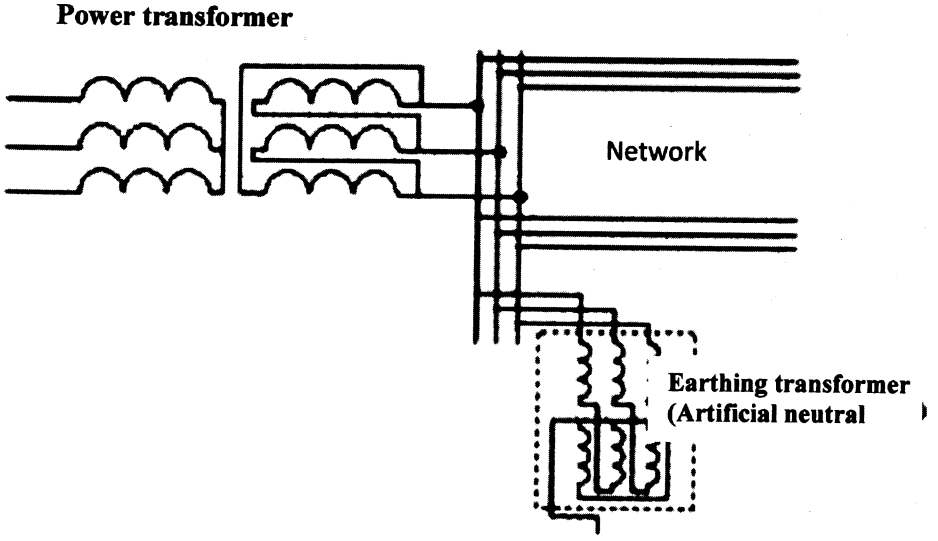
وتؤدى هذه الترتيبات إلى تحديد المنطقة التى يحدث بها تيار خطأ أرضى ووقايتها.

تكون نقطة تعادل المولد أو نقطة تعادل الملفات الثانوية الملفات الموصلة على هيئة ستار لمحول المصدر في المناطق التي يتم تغذيتها عن طريق الشبكة العمومية هى النقطة المناسبة للتأريض، ويتم ذلك، إما مباشرة أو باستخدام شبكة معدنية أو مقاومة سائلة أو ملف ذى معاوقة.

ويتم تأريض النظام في شبكات الجهد المتوسط الفردية ذات السعات العالية والمعاوقة الصغيرة في جهة المصدر عادة عن طريق مقاومة، ولذا، فإنه يتم اختيار قيمة هذه المقاومة، سواء كانت معدنية أو سائلة، بحيث لا يزيد تيار الخطأ الأرضي عن قيم تتراوح بين (١–١.٥)% من قيمة التيار المقنن لنبائط الوقاية المستخدمة فى الدائرة ، ويكون ذلك كافياً لتشغيلها.

أما فى شبكات الجهد المتوسط ذات الملفات الثانوية الموصلة على هيئة دلتا من جهة التوزيع (ليست لها نقطة تعادل لتأريضها)، فيتم استخدام محول تأريض Earthing transformer يصل بين موصلات الأطوار والأرض لإيجاد نقطة تعادل بغرض تأريض النظام منها، (أنظر الشكل رقم (٣/ ٢٣)).

ويراعي عند وجود أكثر من مصدر تغذية كما في حالة محطة توليد احتياطية تبادلية تقوم بالتغذية علي جهد ١١ ك.ف. وبها عدة مولدات تعمل علي التوازى، فيكون من الضرورة استخدام معدات لفتح وغلق الدوائر التى تعمل فى نفس الوقت علي توصيل نقطة التعادل بالأرض عند نقطة واحدة فقط فى كل حالات التشغيل.



شكل (٣/ ٢٣): استخدام محول تأريض لإيجاد نقطة تعادل بغرض تأريض النظام منها

٣/٥-٤ عربة ورشة متحركة أو متنقلة:

عندما يتم تغذية ورشة متحركة أو متنقلة (محمولة داخل سيارة مثلا) علي جهد متوسط باستخدام كابلات طويلة (منها أجزاء ثابتة وأجزاء محمولة)، فإنه من المفضل أن يتم تأريض المصدر الكهربائي من خلال معاوقة حتي يكون الجهد مخفضاً أثناء فصل تيار الخطأ الأرضي المتسرب إلي هيكل معدني وحتى لا يتسبب ذلك فى صدمة كهربائية للعاملين أو فى إحداث قوساً كهربائياً ناتجا من التأثير الكهرومغناطيسى للتيار.

ويستخدم لهذا الغرض مقاومة سائلة تكون قيمتها بالإضافة إلي قيمة مقاومة الغلاف المعدني للكابل المستخدم صغيرة، حتي لا يزيد الجهد في حالة انهيار العزل عن ٥٠ فولت (جهد شديد الانخفاض) وكذلك لتقليل حجم التلف فى المعدات الكهربية المتصلة بالدائرة.

يتم اختيار نبائط قطع الدائرة بحيث تكون مناسبة لنظم التأريض التي تستخدم تأريض بمعاوقة، ويتم كلما اقتضت الضرورة استشارة صانع نبائط الوقاية.

٣/٥-٥ الهياكل المعدنية

عندما يتم إنشاء هياكل معدنية وربطها بواسطة مسامير قلاووظ، تتكون دائرة ذات مقاومة صغيرة، لكنه لا يمكن الاعتماد عليها في استمرار مرور التيار الكهربائي نظراً لطبيعة التصميم بها. ومع ذلك فانه يمكن اعتبار هذا المسار ذو مقاومة كهربية صغيرة إلي حد ما، ومهما كانت طبيعة تثبيت الهياكل المعدنية علي الأرض أو اتصالها بالمباني المجاورة الدائمة، فإنه لا يمكن اعتبار الهيكل المعدني نظام تأريض كاف تتم عن طريقه تأريض المعدات أو الأجسام المعدنية الأخرى.

وعليه، ونظراً لوجود دوائر إنارة ودوائر تغذية للمعدات الكهربائية الموجودة بالمبني، يجب ربط الهيكل المعدنى بموصل أو موصلات وقاية للدوائر الكهربائية الموجودة به، ولا يتم الربط بموصل الوقاية، إذا كان جهد المصدر لا يتعدى ٥٠ فولت (حدود الجهد شديد الانخفاض).

وتعتبر الهياكل المعدنية في دوائر الجهد المتوسط كأنها موصلات دخيلة ويجب ربطها بموصل الوقاية طبقاً للقواعد المعمول بها في تنفيذ الإنشاءات الكهربائية في المباني (إرجع إلى المجلد الأول للكود المصرى للتركيبات الكهربائة فى المبانى).

٣/٥-٦ المنشآت التجارية

تعرف المجمعات التجارية بأنها الأسواق الكبيرة المغلقة والتى عادة ما يطلق عليها اسم المولات (MALLS) والتى تكون عبارة عن مبنى كبير مكون من أكثر من دور يحتوى على عدد كبير من النشاطات من المحلات التجارية وأماكن الترفيه والمطاعم الكبيرة ومطاعم الوجبات الخفيفة.

أما المراكز التجارية فهى عبارة عن أسواق تجارية مفتوحة تشتمل على عدد من المحلات التجارية مجمعة فى موقع واحد وقد تكون ذات نشاط واحد أو متعددة الأنشطة.

ويجب بصفة مستمرة الاهتمام بكافة تجهيزات نظام التأريض وكذلك دوائر الوقاية فى هذه المنشآت لوقاية المتواجدين فى هذه الأماكن من الصدمة الكهربائية. ويتم تطبيق نظام التأريض على جميع منشآت المشروع تجنباً للحوادث والمخاطر الناتجة عن سوء استخدام التيار الكهربائى أو الأجهزة الكهربائية المختلفة على أن يشمل نظام التأريض على ما يلى:

أ- تأريض حديد تسليح أساسات المبانى

ب- تأريض جميع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار الكهربائى مثل مواسير المياه الرئيسية والمواسير المعدنية الأخرى، إلخ....

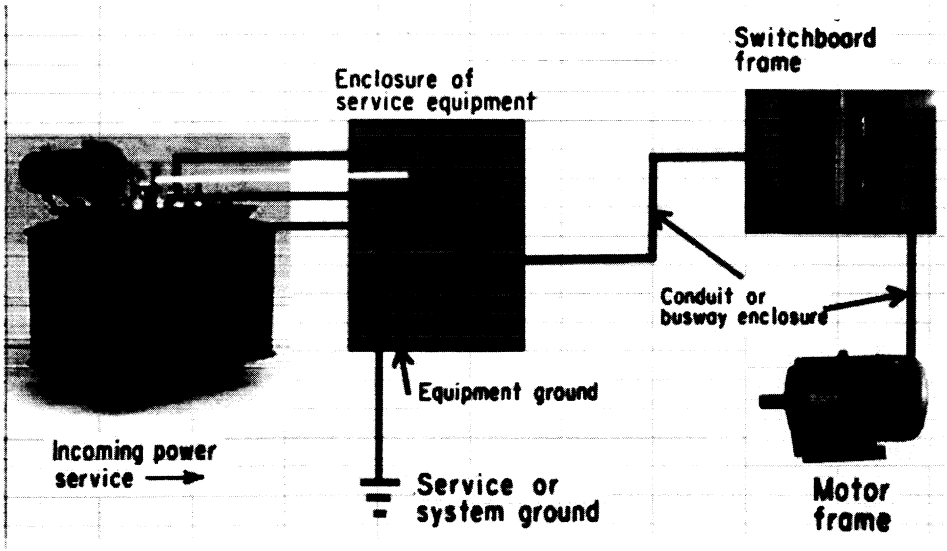
جـ- تأريض لوحات التوزيع الرئيسية والفرعية وتمديدات الكابلات الداخلية ودوائر القوى والإنارة وخلافه

وتطبق عادة الاشتراطات الواردة فى كود التركيبات الكهربائية فى المبانى.

٣/٥-٧ مواقع الإنشاءات

يجب أن تجرى مناقشات بين كل من المالك وشركة التوزيع فى المنطقة لمعرفة خصائص المصدر الكهربى وكذلك نظام التأريض، ولصعوبة إنشاء منطقة ذات جهد متساو، يجب على المقاول القائم بالتنفيذ أن يقوم بعمل نظام متعدد الأقطاب. ويجب على موزع القوى الكهربائية توفير طرف بنظام تأريض متعدد الأقطاب فى المكان عندما لا يوجد نظام تأريض متكامل، وعندما تكون التغذية على الجهد المتوسط، يجب على المقاول القائم بالتنفيذ أن يقوم بتأريض نقطة تعادل المحول، (أنظر الشكل رقم (٣/ ٢٤)).

ويجب أثناء إنشاء التركيبات الكهربائية في الأماكن الرطبة أو ذات الأجواء القاسية التأكد من أن جميع المعدات المستخدمة فى هذه الأماكن من النوع الصامد لذلك وأن يتم فحصها دورياً وبصفة مستمرة، مع الاهتمام بكافة تجهيزات نظام التأريض وكذلك دوائر الوقاية.



Equipment ground must be continuous, low-impedance bonding between ground and all enclosures and frames

شكل (٣/ ٢٤): تأريض المعدات فى مواقع الإنشاءات

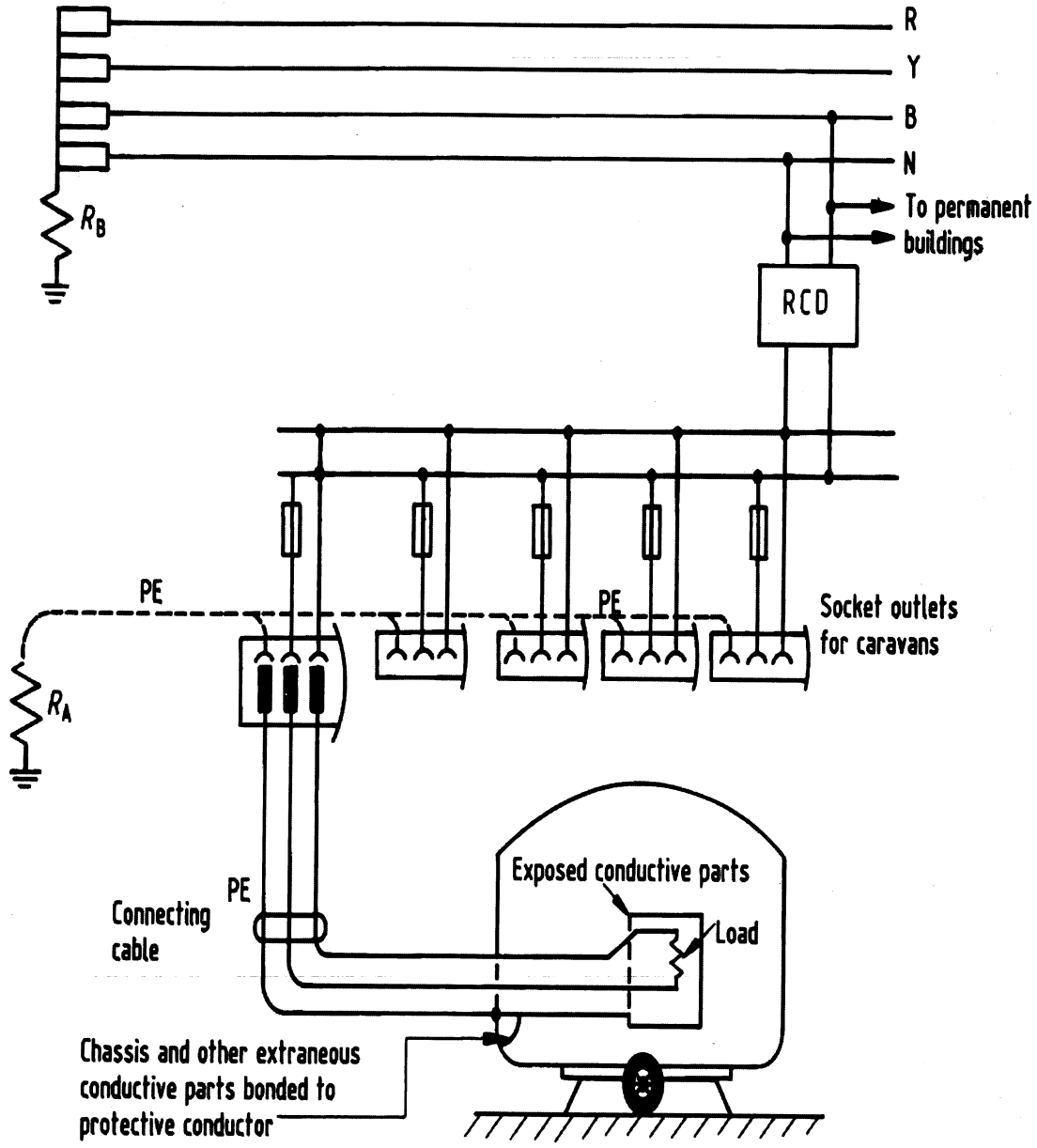
٣/٥-٨ المقطورات المتحركة وأماكن تجمعها

يجب أن تغذى المقطورة (الكارفان) وهيكلها الخارجي عند جهد منخفض لا يزيد عن ٥٠ فولت حتى لا يتسبب انهيار عزل إحدى المعدات بداخلها فى حدوث صدمة كهربائية عندما يلامس الإنسان جسم المقطورة الخارجى.

ونظراً للأخطار الخاصة المرتبطة بالمقطورة، فإن اشتراطات شركات التوزيع لا تسمح باستخدام نظم التأريض المتعددة المستخدمة فى التركيبات بالمبانى الثابتة ومصادر الطاقة الخاصة بها.

وتعامل المباني الدائمة في أماكن تجمع المقطورات (الكرافانات) كالمباني الثابتة من حيث التغذية والوقاية، ويستخدم عادة نظام التأريض (TN-C-S).

ويجب أن تتم الوقاية التي تصل بين طرف تأريض المخارج وطرف التأريض الرئيسي باستخدام كابل مناسب من حيث مساحة المقطع وتضاعف مساحة المقطع إذا تمت التغذية من خطوط هوائية. ويوضح الشكل رقم (٣/٢٥) نظام التغذية الكهربائية للمعدات الموجودة داخل مقطورة فى منطقة تجمع مقطورات.



NOTE: Socket-outlets should be protected individually or in groups of not more than three

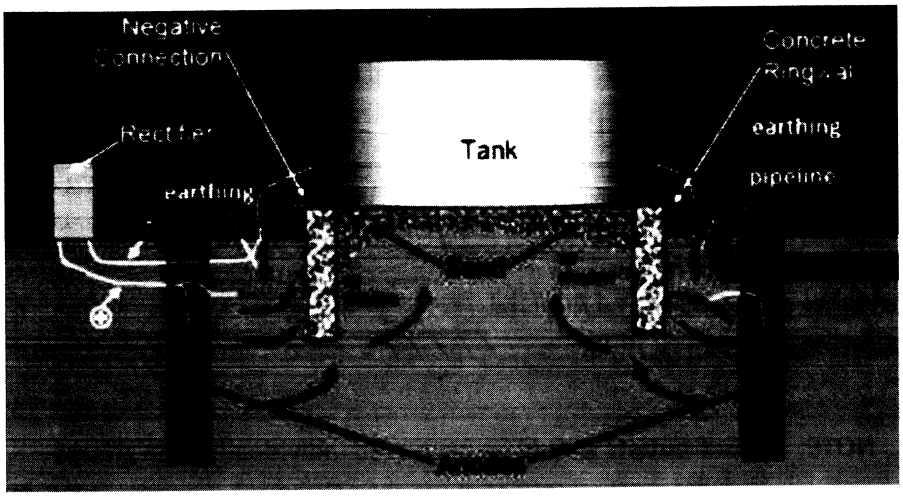
شكل (٢٥/٣) : طريقة إمداد أحد الكارافانات، التى تحتوى على معدات كهربائية، بالكهرباء وذلك فى موقع تجمعها

٣/٥-٩ المنشآت الكهربائية الموجودة بالقرب من البحر

يجب مراعاة المخاطر الكهربائية الناتجة عن الرطوبة العالية والأملاح والمسببة للتآكل فى مثل هذه المنشآت، ولا تسمح الاشتراطات نتيجة للخطورة الشديدة، باستخدام نظام التأريض المتعدد للشبكات المغذية، فى هذه المنشآت.

٣/٥-١٠ المنشآت المزودة بنظام حماية كاثودية

يستخدم نظام الحماية الكاثودية (Cathodic protection) للمنشآت الحديدية لمنع الحت الالكتروليتي بها وذلك يجعل المنشآت الحديدية سالبة الجهد بالنسبة للأرض. ويعتمد نظام الحماية الكاثودية على الظروف المحيطة بالمعدن المطلوب حمايته والتى تختلف من معدن مكشوف متصل اتصالاً مباشراً بالأرض إلى معدن آخر مغطى بطلاء للحماية من التآكل.
ويستخدم نظام الحماية الكاثودية للمعادن المغطاة بطلاء لمنع التآكل فى الأماكن التى يحدث فيها تلف للطلاء ويعتمد التيار الذى يسرى فى الجسم المراد حمايته إلي الأرض على المساحة المكشوفة فى الجسم والتى تلامس الأرض. وعليه فى العادة، تكون قيمة التيار المتسرب إلى الأرض من الجسم المغطى تماماً بالطلاء مانع التآكل، صغيرة، (أنظر الشكل رقم (٣/ ٢٦)).



شكل (٣/ ٢٦): تأريض المنشآت المزودة بنظام حماية كاثودية

وربما يؤدى ربط الجسم (المحمي كاثوديا) بقطب الأرض إلى زيادة تيار التسرب، ويصبح هذا غير مقبول من ناحية الخطورة على المعدة، ومع ذلك، فإنه يصبح ضرورياً ربط هذا الجسم بقطب أرضى واحد أو أكثر للأسباب التالية :

أ – لتحويل تيار التسرب من المعدات الكهربائية الموجودة أو المعلقة والمتصلة بالجسم إلى الأرض

ب – لمنع ارتفاع جهد الهيكل المعدنى عن الأرض نتيجة للحث المغناطيسى لوجوده بالقرب من المعدات الكهربائية أو خطوط نقل الكهرباء الممتدة بجواره

ج – لمنع ارتفاع جهد الهيكل المعدنى عن جهد الأرض فى حالة وجوده بمنطقة خطرة

د – لمنع انهيار معدات الجهد المنخفض الخاصة بالقياس والتحكم والمرتبطة بالهيكل المعدنى وكذلك بأجهزة الحماية الكاثودية، نتيجة ارتفاع الجهد

هـ – لإمداد المعدات الموجودة داخل الهيكل المعدنى بنظام التأريض المناسب

كما يؤدى تزويد الهيكل المعدنى بنظام تأريض ذى معاوقة صغيرة إلى زيادة تيار التسرب من نظام الحماية الكاثودية إلى الأرض والذى يتوقف بدوره على نظام قطب التأريض وطرق التوصيل به.

ويمكن الوصول إلى تيار تسرب صغير من أجهزة الحماية الكاثودية إلى الأرض باستخدام أقطاب أرضى مصنوعة من مادة الزنك وهى شائعة الاستخدام فى أقطاب الأنودات المستهلكة (التى تضمحل مع استمرار الاستخدام)، وفى حالة اختيار المادة والجهد المناسبين الذين تعمل عندهما الحماية الكاثودية، فإن معدل الاستهلاك من الأقطاب يصبح ضئيلاً. ويمكن عمل حماية كاثودية للأقطاب نفسها من التآكل، وذلك بإحاطتها بمادة مالئة مثل البنتونايت التي تقلل التآكل بسبب خلايا الصدأ الموضوعية، وبذلك يمكن الوصول إلى إطالة عمر القطب المستخدم، كما يوصى بعمل اختبار دورى لنظم الحماية الكاثودية (مرة كل ١٢ شهرا مثلا).

وتستخدم بالنسبة للهياكل المعدنية (الحديدية) أقطاب من الصلب الذى لا يصدأ والتى لها جهد جلفاني مساو تقريبا لجهد الهيكل الحديدى، مما يؤدى إلى عدم الزيادة فى تيار التسرب إلى الأرض فى حالة إذا كانت المقاومة لنظام التأريض متوسطة.

ولا يسمح عادة باستخدام أقطاب الأرضى من النحاس المكشوف التى قد تتصل بالجسم مباشرة حيث أن النحاس سالب كهربائياً مقارنة بالهيكل الحديدى، مما يتطلب زيادة تيار الحماية الكاثودية، كما أن أقطاب النحاس تعمل على تعجيل التآكل، ومع ذلك، فإنه يمكن استخدام أقطاب نحاسية ولكن بشرط أن يكون اتصالها بالهيكل الحديدى عن طريق خلايا استقطاب تسمح بمرور تيار مستمر صغيراً جداً بصفة مستمرة (من مصادر الحماية الكاثودية)، كما أنها تسمح بمرور تيار متردد، مما يسبب هبوطاً صغيراً فى الجهد.

٣/٥-١١ أجهزة دوائر الاتصالات

يتناول كود التركيبات الكهربائية في المبانى كافة متطلبات إنشاء أجهزة نظم الاتصالات المغذاة بجهد يزيد عن ٥٠ فولت تيار متردد أو ١٢٠ فولت تيار مستمر. ويتم ربط الأجزاء

الخارجية المكشوفة بدوائر تأريض الوقاية وفى بعض الأحيان يكون من المطلوب عمل نظام تأريض منفصل لأجهزة الاتصالات لتحسين أدائها، وفى هذه الحالة يتم تطبيق القواعد المستخدمة لاختيار موصلات دوائر التأريض الخاصة بالوقاية.

وعند استخدام أجهزة اتصال فى أماكن توليد أو نقل أو توزيع الطاقة الكهربائية على جهد عالي، يجب وضع ضوابط ومحاذير خاصة لمنع ارتفاع جهد نظام التأريض لشبكة الجهد العالى لاحتمال انتقاله إلى دوائر الاتصالات أو تأثر الشبكة كهرومغناطيسيا. كما يجب فصل كابلات دوائر الاتصال عن كابلات دوائر القوى الكهربائية لمنع التداخل بين هذه الدوائر ودوائر الوقاية عند التلامس المباشر بين الدائرتين.

٣/٥-١٢ إنارة الطرق والكبارى

تشمل الإنشاءات الكهربائية للطرق والكبارى أعمدة الإنارة الدائمة ووحدات الإنارة وإشارات المرور، وشبكات تغذيتها بالطاقة الكهربائية. وفى كل الحالات يتم استشارة الجهة المختصة فى المنطقة عند تصميم نظم إنارة جديدة للطرق لتوصيف نظم التغذية لهذه الإنشاءات.

٣/٥-١٢-١ نظام الأرضى لأعمال إنارة الطرق

يتكون نظام الأرضى لإنارة الطرق والكبارى من التالى:

أ- أرضى لوحات التوزيع

كما هو وارد بالبند ٣/٣.

ويمكن أن يتكون من الآتى على سبيل المثال:

- لوح من النحاس الأحمر النقى بأبعاد ٦٠٠ × ٦٠٠ × ٤ مم (مثلا)
- قضيب من الحديد المكسى بطبقة من النحاس بطول ١.٥ م وقطر ١٦ مم
- موصل عارى من النحاس المجدول بمقطع ٧٠ مم^{٢}
- كل ما يلزم للربط والتوصيل من مسامير وصواميل مجلفنة وورد معدنية من النحاس أو الحديد المجلفن

ب- أرضى الأعمدة

كما هو وارد بالبند ٣/٣.

ويمكن أن يتكون من الآتى على سبيل المثال:

- قضيب من الحديد المكسى بطبقة من النحاس بقطر ١٦ مم على الأقل أو من زاوية من الحديد المجلفن ٦٠ × ٦٠ × ٦ مم أو ماسورة من الحديد المجلفن بقطر ٥٠ مم وبطول ١.٥ مترا لكل نوع

• موصل عارى من النحاس المجدول بمقطع ١٦ مم^{٢}

• كل ما يلزم للربط والتوصيل

ج- شبكة تأريض مستمرة

كما هو وارد بالبند ٣/٣.

ويمكن أن تتكون من الآتى على سبيل المثال:

موصل عارى من النحاس المجدول بمقطع ١٦ مم^{٢} .

٣/٥-١٢-٢ نظم التأريض لأعمال إنارة الطرق والكبارى

أ- نظام التأريض (TN-S)

يتم تغذية الإنشاءات الموجودة في الطرق بنظام تأريض (TN-S) حيث يكون موصل دائرة الوقاية منفصلاً عن الموصلات الأخرى (موصل الطور وموصل خط التعادل) ويربط البدن المعدني الخارجى المكشوف المعرض للمس (عمود الإنارة) مع طرف التأريض الخاص به بموصل دائرة الوقاية والذى يتصل بدوره بموصل تأريض الوقاية الخاص بالمصدر.

ب- نظام التأريض (TN-C-S)

يكون به موصل التعادل (N) مندمجا مع موصل الوقاية (PE) فى جزء من الشبكة ويكونان منفصلان عن بعضهما فى باقى الشبكة.

يستخدم فى المنشآت الجديدة موصل لكل طور مضافا إلى ذلك موصل تعادل وموصل وقاية (Ph+N+E)، ويتم ربط الأجزاء المعدنية المكشوفة القابلة للمس (أعمدة الإنارة) بموصل الوقاية الذى يكون بمساحة مقطع لا تقل عن ١٠ مم^{٢} وإذا كان بمقطع أقل من ذلك، فيجب ألا تقل مساحته عن مساحة مقطع موصل التعادل. أما بالنسبة للأجزاء المعدنية المعزولة والتى لا يحدث اتصال بينها وبين أجزاء معدنية أخرى مكشوفة مثل الأبواب المعدنية الصغيرة أو هياكل الأبواب فى الخرسانة أو وحدات بلاستيكية فلا يتم ربطها بنظام التأريض.

وفي الطرق التي توجد بها معدات كثيرة، ويتم تغذيتها بدوائر عديدة، فيجب أن يتوفر بالموقع قطب أرضى واحد على الأقل لا تزيد مقاومته عن ٢٠ أوم وذلك قبل أن يتم توصيل أيه معدات أو أجهزة به أو قبل اتصاله بموصل التعادل، ويكون هذا القضيب في نهاية خط التغذية عند آخر معدة. أما إذا كانت مقاومة الأرضى الواحد بها ذو مقاومة أكبر من ٢٠ أوم، فيتم استخدام مجموعة من أقطاب الأرضى المتوازية وعلى مسافات متساوية للدوائر المطلوب وقايتها. أما إذا كانت المعدات بهذه الدائرة قليلة وقريبة من مصدر التغذية، فيمكن أن يكون عدد الأقطاب صغيراً نسبيا، ويتم فى هذه الحالة توصيل موصل التعادل على النحو التالى :

١- إذا كان نظام التغذية في المنطقة، يستخدم نظام التأريض من النوع (TN-C)، الذى يكون فيه كل من موصلى التعادل والتأريض الوقائى مندمجان (PEN). وطبقاً لتوصيات الجهات المختصة، يجب أن يكون نظام تغذية أعمدة الإنارة منفذا بصفة خاصة، بما يحقق نظام التأريض (TN-S)، والذى يكون به كل من موصلى التعادل والتأريض منفصلان، ليكون مسار تيار الخطأ الأرضى من خلال موصل التاريض الوقائى دون موصل التعادل.

٢- إذا لم يتوفر مع مصدر التغذية طرف تأريض (PE) ممدود خصيصاً لغرض تأريض الأجسام المعدنية المعرضة للمس، فيتم عمل نظام تأريض وقائى منفصل خاص بتأريض الأعمدة.

٣- إذا كان نظام التغذية في المنطقة يستخدم نظام التأريض (TT) نظرا لارتفاع المقاومة النوعية للتربة، يجب أن تكون مقاومة دائرة تيار الخطأ الأرضى أقل ما يمكن، لضمان تشغيل نبائط الوقاية التى تعمل على التيار المتبقى عند حدوث خطأ أرضى بأحد الأعمدة أو فى إحدى وحدات الإنارة بالأعمدة.

وبما أن تحديد مقاومة قطب الأرضى المتصل بنقطة تعادل محول التغذية هام جداً فى تحديد قيمة تيار الخطأ الأرضى والذى هو من مهام شركة توزيع الكهرباء بالمنطقة، فيجب استخدام نبائط وقاية تعمل على التيار المتبقى، نظراً للتغير الواضح فى مقاومة دائرة تيار الخطأ الأرضى. ولا تعتبر أعمدة الإنارة ذاتها، أقطاب للتأريض (لكونها معدنية)، ولا بد من تزويد دوائر تغذيتها بأقطاب أرضى مستقلة، لا تزيد مقاومتها عن ٢٠ أوم بأى حال.

١٣-٥/٣ تأريض المعدات فى محطات التوليد بالديازل

يتم تأريض المعدات في محطة التوليد المحتوية على وحدات توليد تعمل بالديازل بغرض الحد من جهد الموصلات الحاملة للتيار بالنسبة لكتلة الأرض العامة، ويكون ضرورياً كجزء متكامل للوقاية من الصدمة الكهربائية عن طريق التلامس غير المباشر، تحقيق الوقاية بتوصيل شاسيهات المولدات وجميع الأجزاء الموصلة المكشوفة والمعرضة للمس بالأرض عن طريق طرف نظام التأريض الوقائى بالمبنى.

ويتم توصيل طرف التأريض الرئيسى إلى قضيب تأريض قائم بذاته وإلى تسهيلات التأريض المتوفرة بالتركيبات الكهربائية الأخرى كلما كان ذلك مناسباً. وقد يحتاج تأريض النظام استخدام موصل يربط بين نقطة تعادل المولد إلى نقطة التأريض إما مباشرة أو باستخدام معاوقة ذات قيمة محددة سلفاً (للتحكم فى قيمة تيار الخطأ الأرضى بين موصل الطور والأرض).

وفى حالة تغذية المبنى بأكثر من مصدر، يجب التأكد من أن كل مصدر قد تم توصيله بنظام التأريض فى حالة فصل المصادر الأخرى عن هذا النظام.

ولذا فإنه من الموصى به، أن يتم تأريض نظام الجهد المنخفض بمحطة التوليد المحتوية على وحدات توليد تعمل بالديازل سواء فى حالة أن التغذية من الشبكة العمومية أو من المولدات بالاتصال المباشر بالأرض.

أما إذا تمت تغذية التركيبات الكهربية باستخدام واحد أو أكثر من مصادر الطاقة (على سبيل المثال من الشبكة ومن مولد طوارئ)، فيجب أن يكون تصميم نظام تأريض التركيبات، بحيث لا يعتمد كل مصدر فى عمله على المصادر الأخرى ويكون مؤرضا بصفة مستمرة إذا كانت باقى المصادر مفصولة عن النظام. ويجب عموماً استشارة الجهات المختصة لتنفيذ التركيبات طبقاً للكود المعمول به عند عمل المولد والشبكة العامة للكهرباء علي التوازى لتغذية الأحمال.

٣/٥-١٤ تأريض مولدات الطوارىء على الجهد المنخفض

يقتضى الأمر تأريض المولد بقطب أرضى خاص به لا يعتمد على نظم تأريض مصادر أخرى، ويجب أن تكون معاوقة حلقة الخطأ الأرضى (راجع كود التركيبات الكهربائية فى المبانى) صغيرة بدرجة كافية حتي يتم فصل الدائرة باستخدام أجهزة الوقاية ضد تيارات الخطأ الأرضى، علماً بأنه يجب مراعاة قيمة المعاوقة عندما يكون قطب الأرضى جزءا من حلقة الخطأ الأرضى.

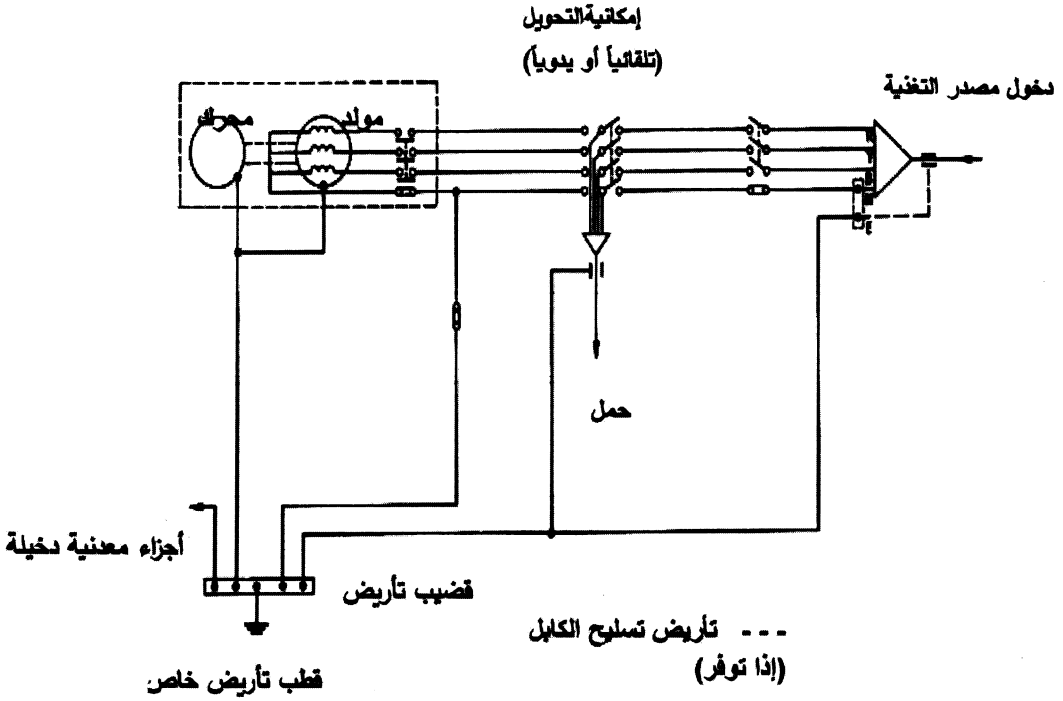
٣/٥-١٤-١ مولدات تعمل على التوازى بصفة مستمرة مع شبكة الكهرباء العمومية

من المسموح به تشغيل مولدات على التوازى، مثل تلك التى يتم إثارتها من مصدر التغذية فى حالة استخدام مولدات حثية (Induction generators) أو استخدام مولدات تزامنية. ويتحقق ذلك فى حالة إدارة المولدات المدارة بطاقة الرياح أو بطاقة المياه أو بطاقة من مصدر بيو-كيمائى.

وفى هذه الحالة، لا يتم تأريض نقطة تعادل المولد، ولكن يتم ربط الأجزاء المعدنية المكشوفة والمعرضة للمس بنظام التأريض المنفذ فى الموقع بما فيه أرضى شبكة التوزيع.

٣/٥-١٤-٢ مولدات تعمل مع شبكة التيار العمومى كاحتياطى لها

يبين الشكل رقم (٣/٢٦) طريقة تأريض مولد واحد يعمل كاحتياطى للشبكة العمومية لتغذية مجموعة الأحمال فى حالة انقطاع مصدر التيار العمومي باستخدام مفتاح تحويل يدوى أو تلقائى.



ملحوظة : يستخدم مفتاح تحويل رباعى الأقطاب مع ربط موصل التعادل للمولد مباشرة بقضيب التأريض

شكل (٢٦/٣) : مولد جهد منخفض احتياطى لمصدر التغذية يعمل منفرداً (لا توجد إمكانية لتشغيله مع مولد آخر على التوازى)

فى هذه الحالة يتم توصيل نقطة التعادل للمولد وكذلك الجسم الخارجى المولد بطرف نظام التأريض المنفذ بالموقع باستخدام قطب تأريض خاص منفصل عن نظم التأريض الأخرى والمتصلة بشبكة الكهرباء العمومية.

٣/٥-١٤-٣ مولدات تعمل بالتوازى كاحتياطى لمصدر تغذية آخر (الشبكة العمومية)

يتم التأكد أن موصلات الأطوار وخط التعادل لكلا المصدرين مفصولة فيما بينهما.

فى حالة استخدام التأريض متعدد الأقطاب، يتم الفصل بين موصلات الأطوار.

أما فى حالة استخدام مجموعة من المولدات لكى تعمل على التوازى مع المصدر، فإنه من المفضل ربط الجسم الخارجى لكل منها بنظام تأريض واحد. أما تأريض نقطة التعادل لكل

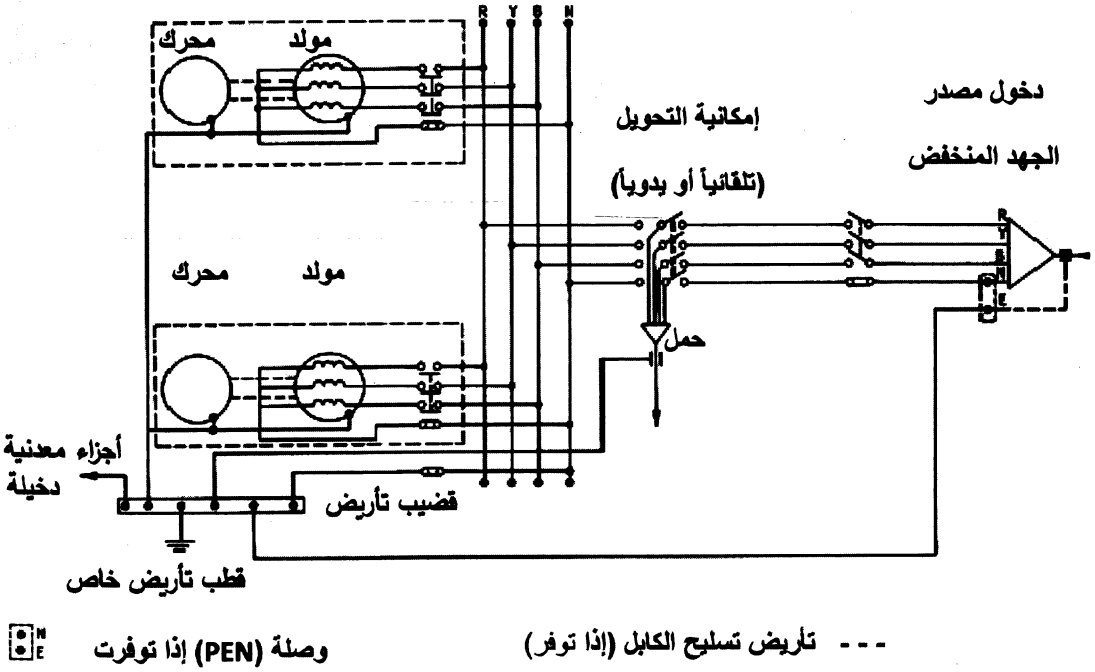
مولد على حدة فيتوقف على التوافقيات التى تنتج عن المولدات على التوازى، ويمكن استخدام إحدى الطرق التالية لتأريض النظام المكون من مجموعة من المولدات تعمل على التوازى:

أ- محول تأريض لنقطة التعادل متصل بين موصلات الأطوار والأرض، حيث يضمن ذلك التأريض الدائم لنقطة التعادل بينما تبقى المولدات متصلة على قضبان التوزيع كمولدات ثلاثية الأسلاك (Three wire machines) فقط أثناء عمل المولدات على التوازى

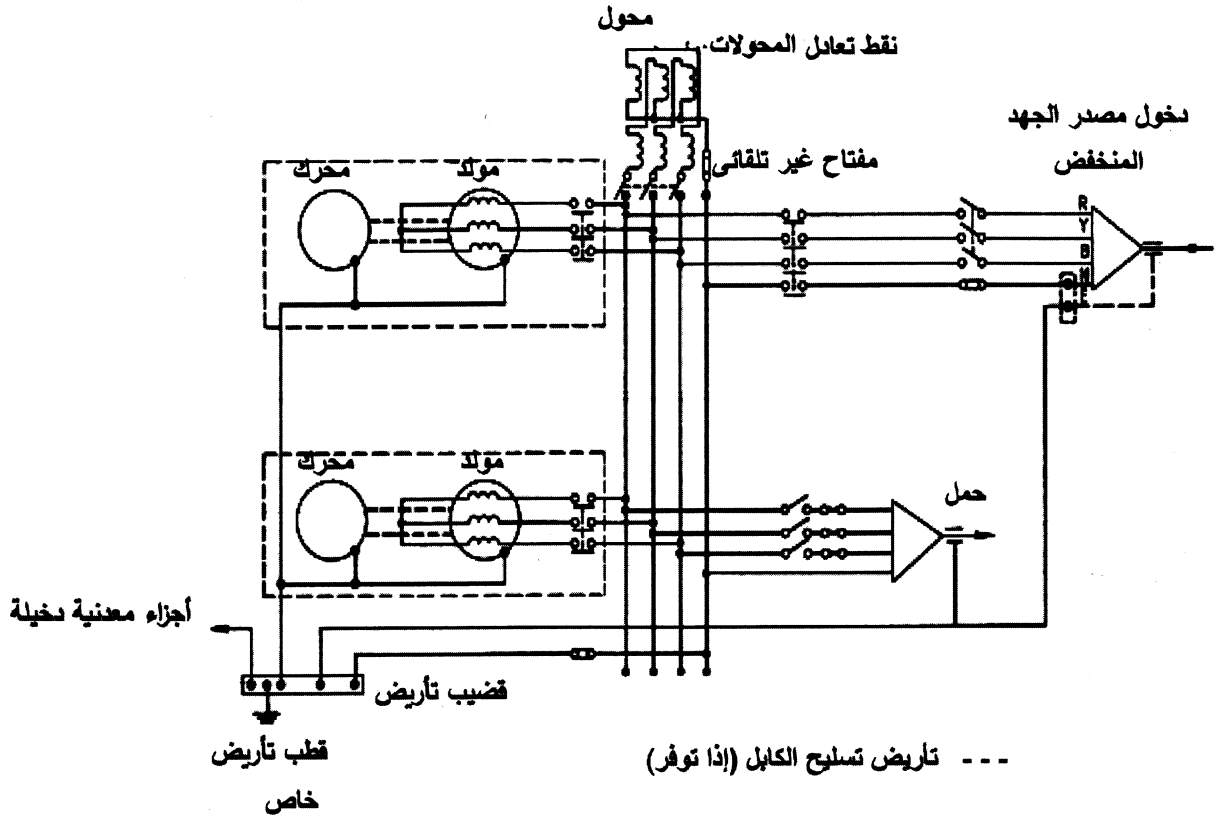
ب-مفتاح لتوصيل نقطة تعادل مولد واحد فقط بالأرض أثناء عمل باقى المولدات على التوازى على أن يتم فصل نقطة التعادل لباقى المولدات بالمفتاح عن الأرض

ج-ملف مناسب يوصل بين نقطة تعادل كل مولد والأرض، ويعمل كمعاوقة كبيرة تقوم بحد قيمة التيارات العالية وتمثل مقاومة صغيرة بالنسبة للتردد الأساسى

أما فى حالة استخدام نظام تأريض متعدد الأقطاب، فإنه يمكن استخدام طريقة ربط نقطة التعادل والجسم الخارجى للمولد كما هو مبين فى الشكل رقم (٢٧/٣). كما توجد مجموعة أخرى من التوصيلات موضحة فى الشكل رقم (٢٨/٣) والشكل رقم (٢٩/٣).

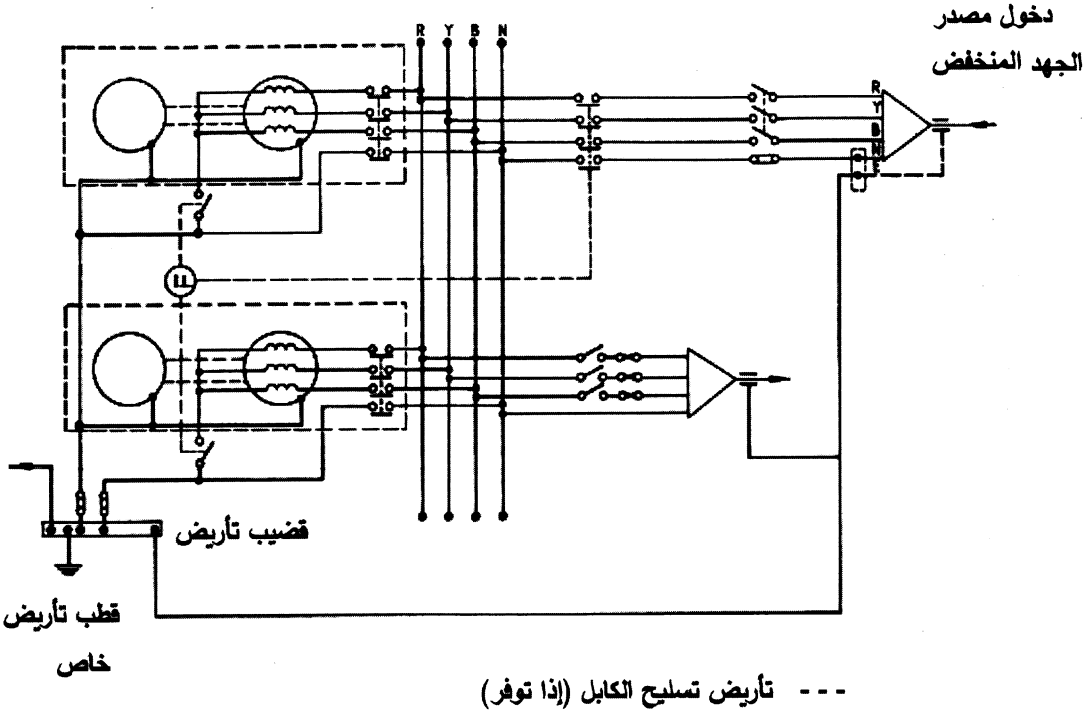


شكل (٢٧/٣) : مولدات جهد منخفض تعمل على التوازى كاحتياطى للمصدر العمومى وذات نقط تعادل مربوطة مع بعضها ومتصلة بقطب التأريض الرئيسى



ملحوظة : إذا تم تركيب مفتاح لربط قطاع قضبان التوزيع، فيجب استخدام محول مع تاريض نقطة التعادل به على كل قطاع من قضبان التوزيع

شكل (٢٨/٣): مولدات جهد منخفض تعمل على التوازى كاحتياطى للمصدر العمومى مع استخدام محول تأريض ذى نقطة تعادل متصلة بقطب التأريض الرئيسى



--- تأريض تسليح الكابل (إذا توفر)

وصلة (PEN) إذا توفرت

.... يستخدم ربط ميكانيكى

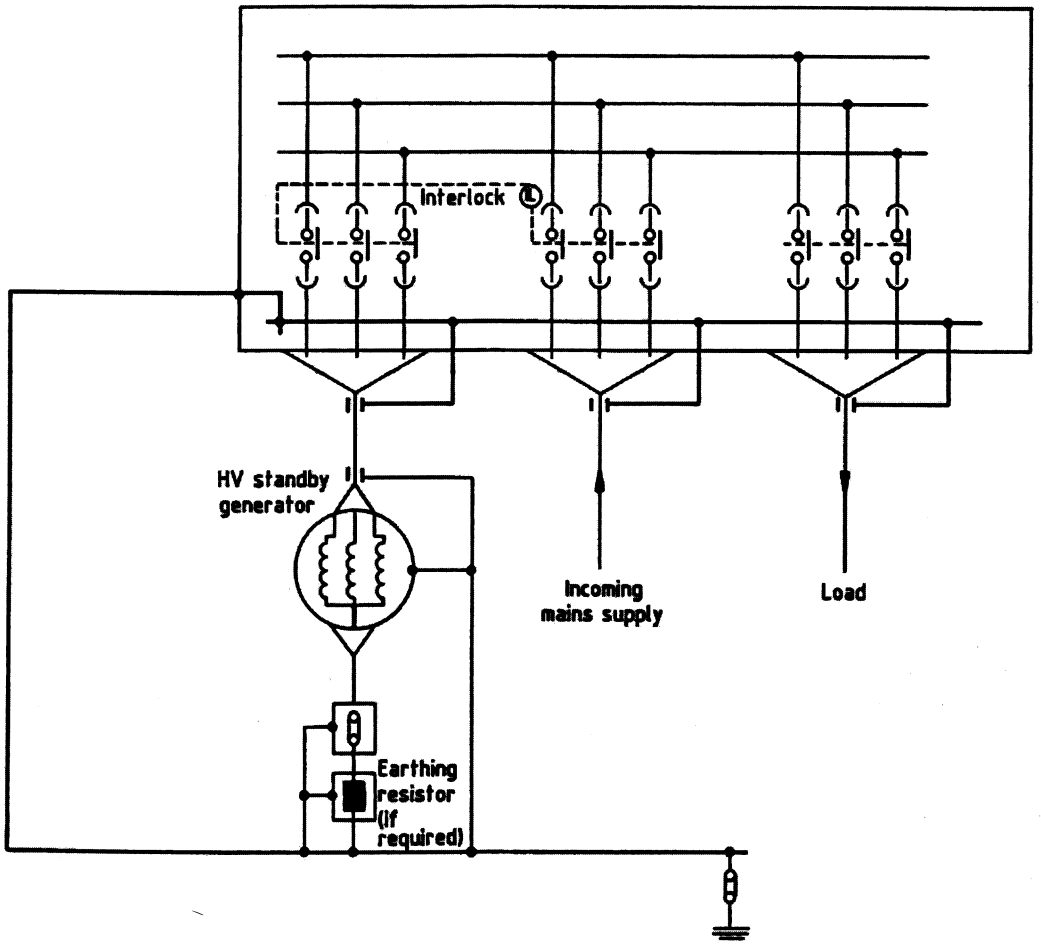
ملحوظة: يستخدم تواشج ميكانيكى لإبقاء نقطة تعادل مصدر التغذية العمومى منفصلة عن نقطة تعادل المولدات

شكل (٣/٢٩): مولدات احتياطية جهد منخفض مع إمكانية فصل نقطة التعادل

٣/٥-١٥ تأريض مولدات الجهد المتوسط

٣/٥-١٥-١ مولد جهد متوسط احتياطى (لا تتوفر له أمكانية التشغيل على التوازى مع مولدات أخرى)

إذا تم تشغيل مولد منفردا (لا يعمل بالتوازى مع مولدات أخرى أو كبديل للمصدر)، فيمكن توصيل نقطة التعادل (نقطة ال Star) من خلال مقاومة (إن كان ذلك ضروريا) مع توفر وصلة بمسامير لأغراض الاختبار إلى موصل التأريض مع توفر قطب تأريض مخصص لذلك. أما إذا تم تشغيل المولد منفردا ولكن ليعمل احتياطا مع مصدر المدينة، فيجب أن تزود لوحة المغذى الداخل من المدينة بتواشج مع قاطع مولد الطوارئ ليحول دون عملهما آنيا، (أنظر الشكل رقم (٣/٣٠)).

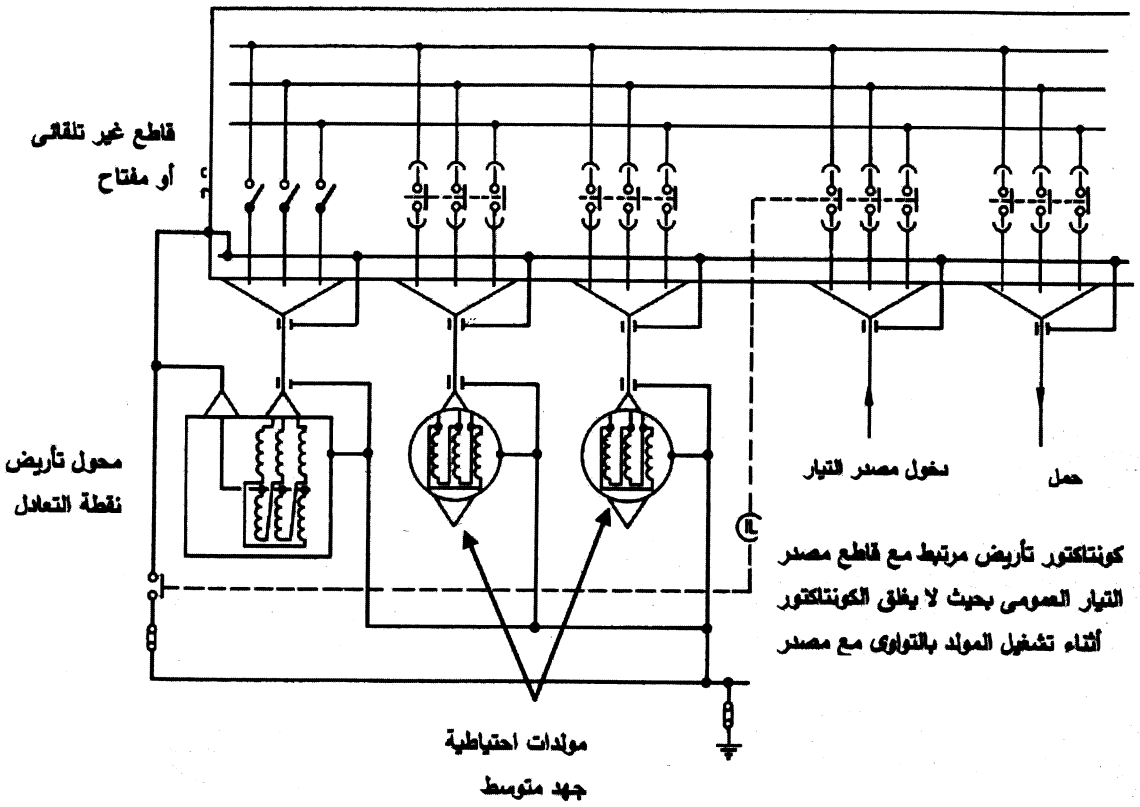


شكل (٣/٣٠): مولدات احتياطية جهد عالى لا تعمل بالتوازى مع مولدات أخرى

٣/٥-١٥-٢ مولدات جهد متوسط تعمل على التوازى ولكن منفردة عن مصدر المدينة

إذا اقتضت الضرورة تشغيل اثنين أو أكثر من المولدات على التوازى وتم تأريض النظام إما مباشرة أو من خلال مقاومة، فيجب تركيب ملامس (Contactor) بين نقطة تعادل كل مولد وموصل التأريض لكل قطب تأريض. ولا بد أن تزود الملامسات بتواشج، بحيث لا يتم توصيل سوى تأريض واحد فقط فى النظام.

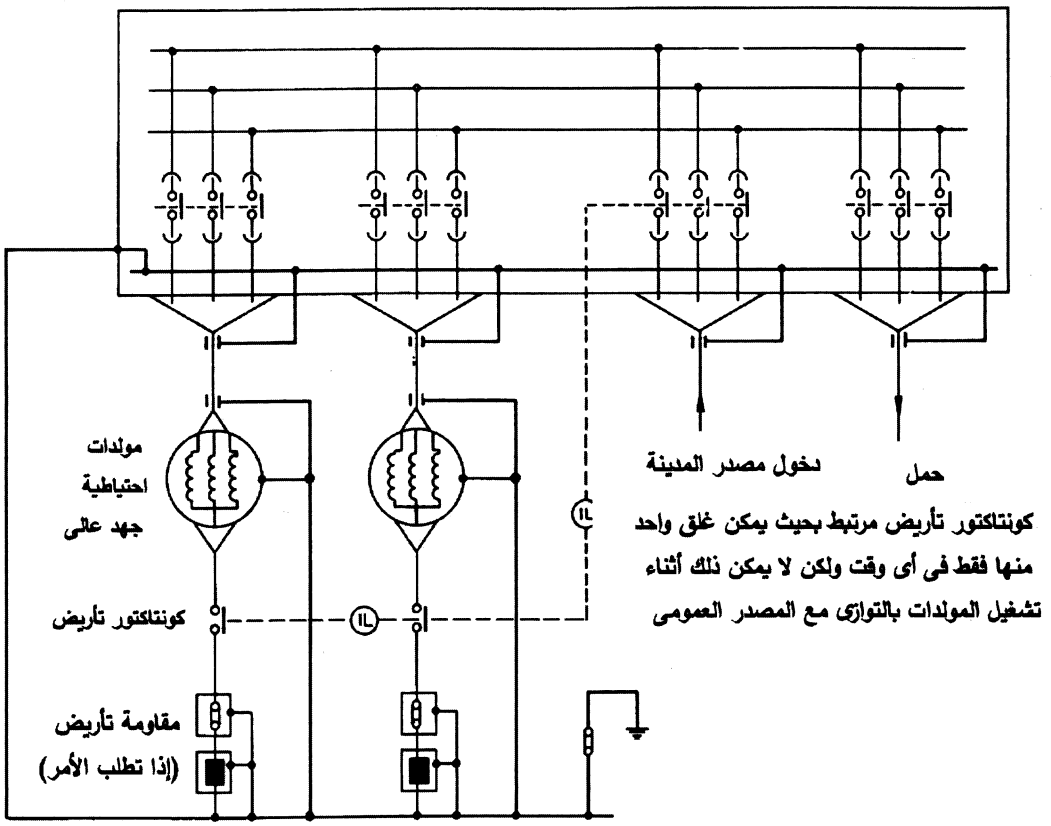
وإذا تم استخدام محول تأريض لتأريض النظام، فيجب التوصيل طبقا للشكل رقم (٣/٣١) إلا فى حالة نظام مولدات معزولة فى نقط التعادل، فيتم الاستغناء عن الملامسات.



(٣١/٣): مولدات احتياطية جهد متوسط تعمل بالتوازى وهى بديل لمصدر التيار العمومى وتستخدم محول لتأريض نقط التعادل مناسب للتشغيل على التوازى لكل منها ومع مصدر التيار العمومى

٣/٥-١٥-٣ مولدات احتياطية جهد متوسط تعمل على التوازى مع المصدر العمومى

إذا تم توصيل مجموعة مولدات بتأريض مباشر أو من خلال مقاومة بقطب التأريض واستخدمت كاحتياطى لمصدر التيار العمومى، فيجب استخدام ملامسات للتأريض عند تشغيل المولدات على التوازى. ويجب أن تكون الملامسات متواشجة مع قاطع دخول التيار العمومى وبحيث تفتح الملامسات عند عمل المولدات على التوازى مع المصدر ولكن يبقى واحدا فقط مغلقا فى كل الحالات الأخرى (أنظر الشكل رقم (٣٣/٣)).



شكل (٣٣/٣): مولدات احتياطية جهد متوسط تعمل بالتوازى وهى مناسبة للعمل على التوازى فيما بينها وكذلك مع مصدر التيار العمومى

الباب الرابع

تنفيذ أعمال التأريض

١/٤ اشتراطات عامة

١- يجب أن تؤرض الأغلفة المعدنية للكابلات الأرضية المسلحة وصناديق وصلاتها ونهاياتها، وكذلك أجسام لوحات توزيع الكهرباء خارج وداخل المبانى، لوحات الإثارة الداخلية والخارجية، المواسير المعدنية المستخدمة فى تمديدات أسلاك وكابلات الكهرباء، إذا كانت الإثارة الخارجية والداخلية، وكذلك الأجسام المعدنية المكشوفة والمعرضة للمس لجميع المعدات التى تعمل بالكهرباء، وجميع الأجزاء المعدنية الدخيلة (غير الحاملة للتيار) فى التركيبات الكهربائية وكذلك جميع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار داخل غرف المعدات، ويستثنى من ذلك مواسير الصرف الصحى.

٢- إذا استعملت الأغلفة المعدنية للكابلات أو المواسير والمجارى المعدنية كموصلات تأريض، فيجب التحقق من استمرار اتصال أجزائها ببعضها البعض ميكانيكياً وكهربائياً أو العمل على تحقيق جودة هذا الاتصال وجودة اتصالها بصناديق السحب والتوصيل بحيث تتحمل الوصلات تياراً لا يقل عما تتحمله المواسير أو المجارى المعدنية مع وقاية الوصلات من التآكل والصدأ.

٣- يجب مسبقا اتخاذ الاحتياطات الكافية لحماية الأجزاء المعدنية المجاورة للتركيبات من ظاهرة التحليل الكهربائى التى تسبب ضررا لها.

٤- يجب اختيار ترتيبات وتركيبات نظام التأريض، بحيث تكون متينة بشكل كاف، أو مزودة بحماية ميكانيكية إضافية مناسبة لتأثيرات العوامل الخارجية المحيطة.

٥- يجب توافر وصلات قابلة للفك فى أماكن يسهل الوصول إليها بين مربط التأريض الرئيسى وموصلات التأريض، تسمح بقياس مقاومة قطب التأريض وتسمى نقطه اختبار (point Test). ويجب أن تكون هذه الوصلة قابلة للفك فقط بواسطة أداة خاصة، وتكون قوية ميكانيكياً، وتضمن استمرارية التوصيل الكهربائى.

٦- تؤرض الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار (Extraneous conducting bodies) (مثل الجمالونات والصهاريج والدربزينات والسياجات المعدنية والهياكل المعدنية للأجزاء الثابتة والمتحركة) المركب بها أجهزة كهربائية مثل ماكينات المصاعد والصاعدات وكذلك دلائل الحركة وثقل الموازنة والأبواب المعدنية والأوناش وما يشابهها.

٧- تؤرض الأجزاء المعدنية للمحولات الكهربائية (الهيكل والجسم الخارجى) وكذلك نقطة التعادل، إذا كان الملف الثانوى للمحول موصلا على شكل ستار.

٨- تؤرض الأجزاء المعدنية للمولدات الكهربائية وكذلك نقطة التعادل.

٢/٤ تركيب قطب التأريض

يتم عمل الأرضى الخاص بالتأريض الوقائى للمعدات أو تأريض شبكات التوزيع إما بحفر بئر ووضع لوح معدنى به أو عن طريق دق قطب أو ماسورة (جميعها معدنية) فى الأرض رأسياً أو أفقيا أو دفن شريط أفقيا بالطول المناسب.

(١) يتم اختيار نوع قطب الأرضى على ضوء العوامل الآتية:

(أ) ظروف المكان والمقاومة النوعية للتربة

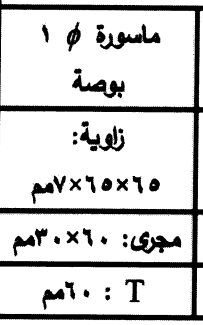
(ب) درجة التوصيل بين القطب والتربة المحيطة وتفضل التربة جيدة التوصيل لدق أو دفن أقطاب الأرضى بها مباشرة

(٢) إذا كانت التربة جافة أو محتوية على حصى وأحجار، فيجب أن يحاط القضيب بطبقة موصلة لخفض قيمة مقاومة الانتشار، والتى تعتمد أساساً على طول الموصل فى حالة استخدام قضبان تأريض مستديرة أو شرائح والتى تعتمد أيضاً على مساحة مقطع القطب.

(٣) يتم دفن قطب التأريض المكون من ألواح أو شرائح أو مواسير أفقية على عمق يتراوح ما بين (٥٠ - ١٠٠) سم أو على عمق أكبر من ذلك، إذا سمحت ظروف التربة بذلك.

(٤) يتم اختيار أبعاد قطب التأريض على سبيل المثال، من القيم الواردة بالجدول رقم (١/٤)، ولكن يمكن أيضا استخدام قيم أخرى حسب طلب الاستشارى.

جدول (١/٤) : بعض أنواع أقطاب التأريض ومقاساتها

نوع القطب	مادة القطب		
	حديد مجلفن	حديد مكسو بالنحاس	نحاس
شريط	- مقطع ١٠٠ مم٢ - أقل سمك ٣ مم - سلك التوصيل بين القطب والمنشأ: نحاس مجدول من جدائل سميكة بقطاع لا يقل عن ٩٥مم٢	قطاع ٥٠ مم٢	- قطاع ٥٠ مم٢ - أقل سمك ٢ مم - سلك التوصيل بين القطب والمنشأ: نحاس مجدول من جدائل سميكة بقطاع لا يقل عن ٣٥مم٢
قضيب	 ماسورة ϕ ١ بوصة زاوية: ٦٥×٦٥×٧مم مجرى: ٦٠×٣٠مم T : ٦٠مم	قضيب مصمت ϕ ١٩مم - يكون سمك طبقة النحاس ٢.٥مم	- شريط قطاع ٥٠ مم٢ - أقل سمك ٢ مم - ماسورة ϕ ٣٠ مم سمك ٣مم - سلك التوصيل بين القطب والمنشأ: نحاس مجدول من جدائل سميكة بقطاع لا يقل عن ٣٥مم٢
لوح □ ١م x ١م	السمك لا يقل عن ٣ مم	--	السمك لا يقل عن ٢ مم

٤/٢-١ قطب التأريض اللوحى

١- يتم حفر الأرض المختارة حسب الأبعاد المطلوبة، ويتم بناء جوانب للحفرة من الطوب.

٢- يوضع لوح التأريض من النحاس مقاسه ١×١×٠.٠٠٥م رأسياً فى الحفرة (على سبيل المثال)، كما يمكن وضعه أفقيا.

٣- يوضع خليط من الفحم المجروش (لا يستخدم الكوك) والملح الرشيدى الخشن بنسبة ١:١ على أن يتم دك الخليط جيداً مع إضافة قليل من الماء، ويفضل استبدال خلطة الفحم والملح بأسمنت موصل، ولا يلجأ إلى خليط الفحم والملح إلا عند الضرورة.

٤- يتم بناء غرفة للتفتيش على لوح الاختبار أبعادها الداخلية ١×١×٠.٦ م وتزود بغطاء مناسب من الزهر الثقيل أو من الخرسانة المسلحة.

٥- يكون قضيب الاختبار من النحاس الأحمر بأبعاد ٠.٦×٠.٢×٠.٠١ م.

٦- يتم تثبيت لوح الاختبار على أرضية الغرفة باستخدام عوازل تثبيت بحيث يكون اللوح مرتفعاً عن أرضية غرفة التفتيش بحوالى ١٥سم.

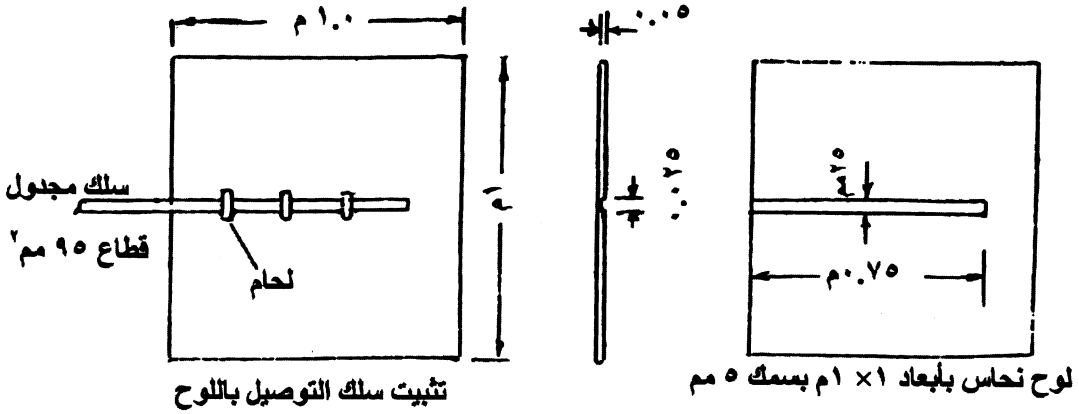
٧- يثبت طرف سلك التوصيل المجدول المزود بكوس نحاسية بلوح الاختبار باستخدام مسمار بصامولة وورد من النحاس الأصفر وكما هو موضح فى الشكل رقم (١/٤) أ.
ويوضح الشكل رقم (١/٤) ب ، الشكل رقم (١/٤) ج نموذجين نمطين لبئر الأرضى.

٨- يجهز قضيب الاختبار بعدة أطراف للتوزيع (طرف اختبار- طرف للربط مع اللوح النحاسى- أطراف للربط مع أسلاك التأريض للربط مع أسلاك التأريض للمبنى)، (أنظر الشكل رقم (٢/٤))، ذات مسمار بصامولة وورد من النحاس لتثبيت أطراف موصلات التأريض الممتدة من القضيب إلى داخل المبنى لتأريض لوحات التوزيع والخوص النحاسية الخاصة بقضيب تساوى الجهد بالمبنى.

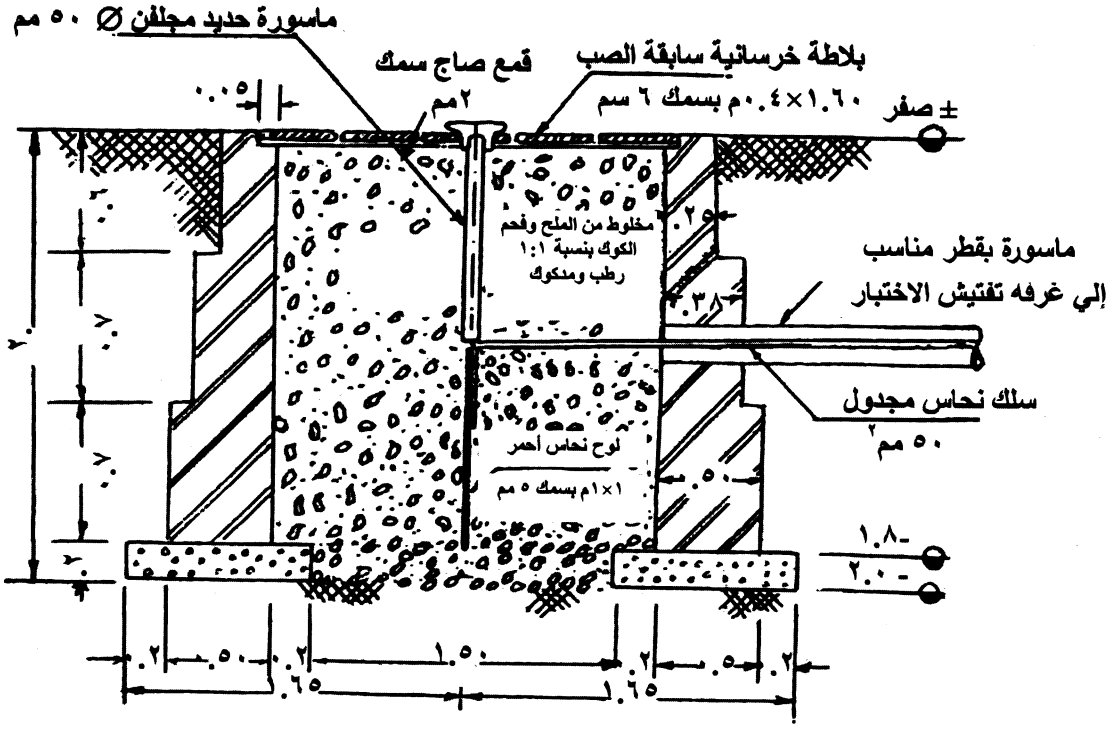
٩- عندما يتم قياس مقاومة قطب التأريض، تكون باقى الأطراف مفصولة عن قضيب الاختبار، عدا السلك المتصل بالقطب. ويتم القياس طبقا لطرق القياس الواردة فى الباب الخامس من هذا الكود. وإذا كانت المقاومة أكبر من القيمة المطلوبة، فلا بد من بناء بئر أرضى آخر (أو أكثر) على التوازى، علما بأن المقاومة الكلية للمجموعة تكون متناسبة عكسياً مع عدد الأقطاب المستخدمة.

١٠- يفضل ألا تقل المسافة الفاصلة بين الأقطاب المتوازية عن خمسة أضعاف أكبر أبعادها. وقد تضطر الظروف أن تقلل هذه المسافة لتصبح ضعفى هذا البعد فقط ولكن ذلك سيكون على حساب المقاومة الكلية لمجموعة الألواح.

١١- يضاف الماء أسبوعياً أو شهريا حسب فصول السنة، من خلال القمع المخصص لذلك بالغطاء وذلك بواقع ٤٠ لتراً أو حسب تعليمات الاستشارى.

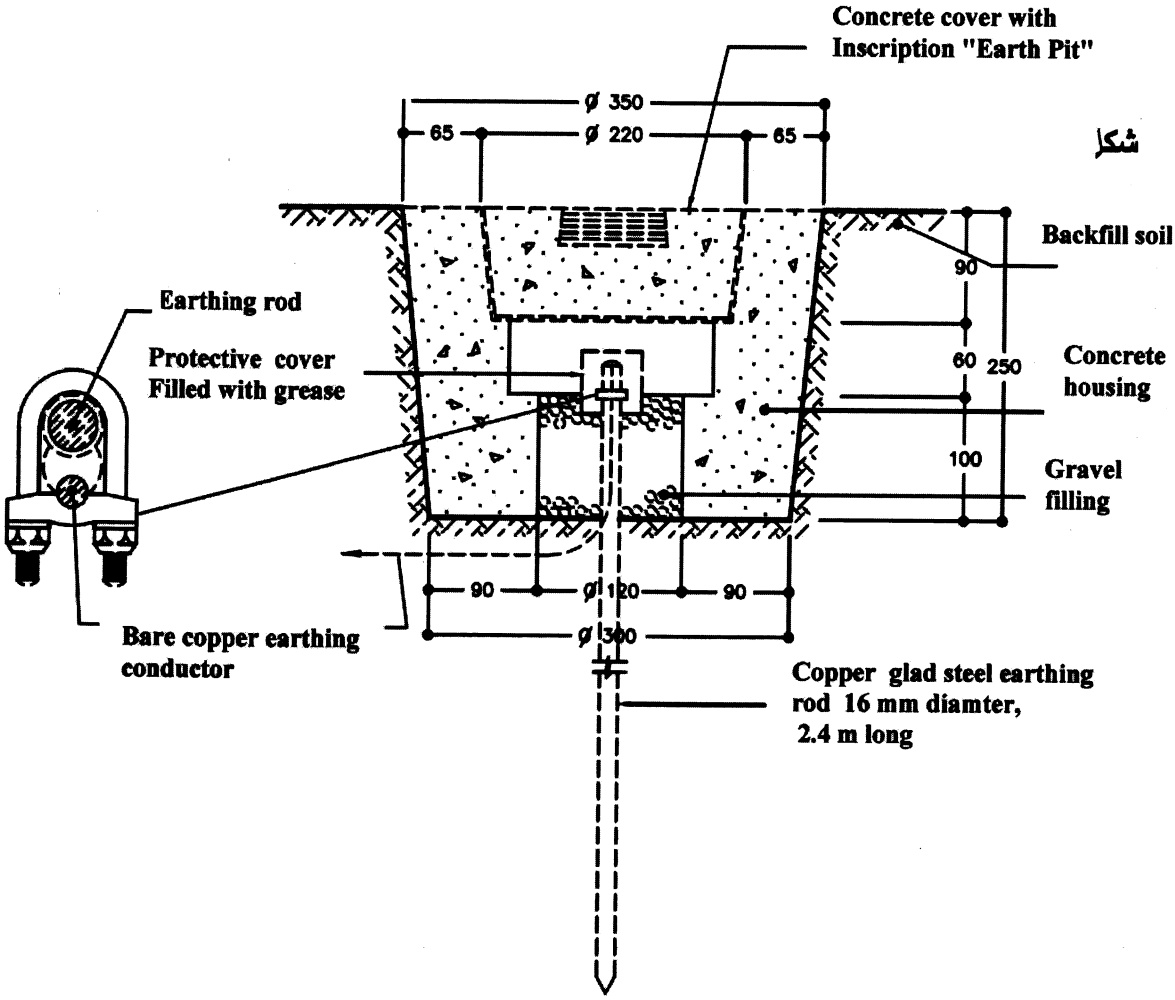


(أ)



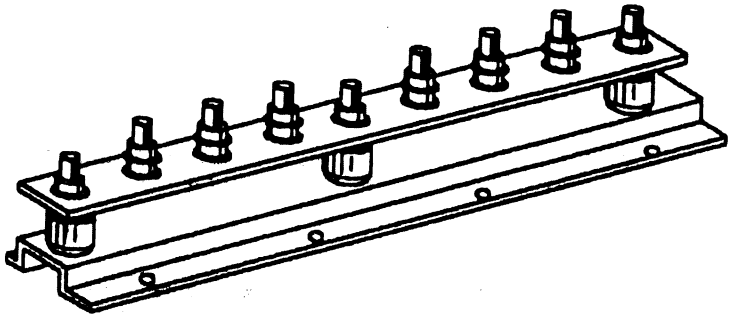
(ب)

شكل (١/٤): بئر الأرضى للوح النحاسى وطريقة تثبيت السلك النحاسى المجدول باللوح

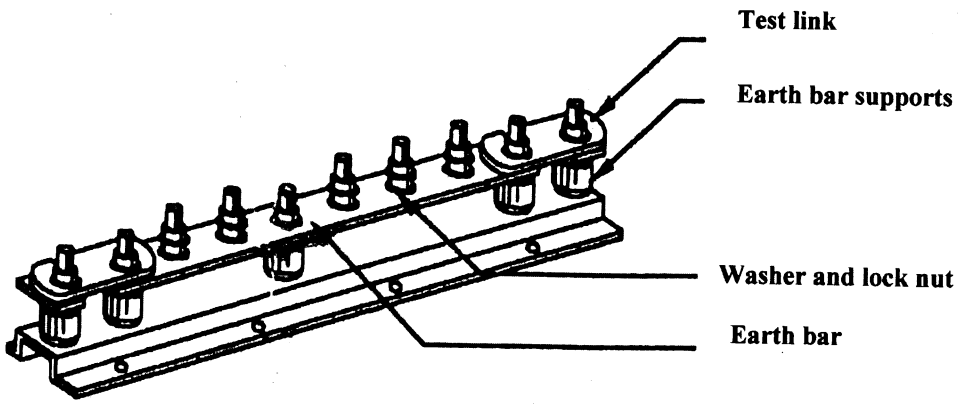


(ج) تفاصيل بئر الأرضى

شكل (١/٤): بئر الأرضى للوح النحاسى وطريقة تثبيت السلك النحاسى المجدول باللوح



(أ) قضيب توزيع (Earth bar) بأبعاد ٠.٦ × ٠.٢× ٠.٠١ م
وارتفاع حوالى ١٥ سم عن أرضية غرفة التفتيش



(ب) قضيب توزيع (Earth bar) بأبعاد ٠.٨ × ٠.٢× ٠.١ م وارتفاع حوالى ٢٠ سم عن
أرضية غرفة التفتيش ويمكن فصل قطب التأريض للاختبار بفك وصلة الربط مع اللوح

شكل (٢/٤): أنواع موزع الأرضى

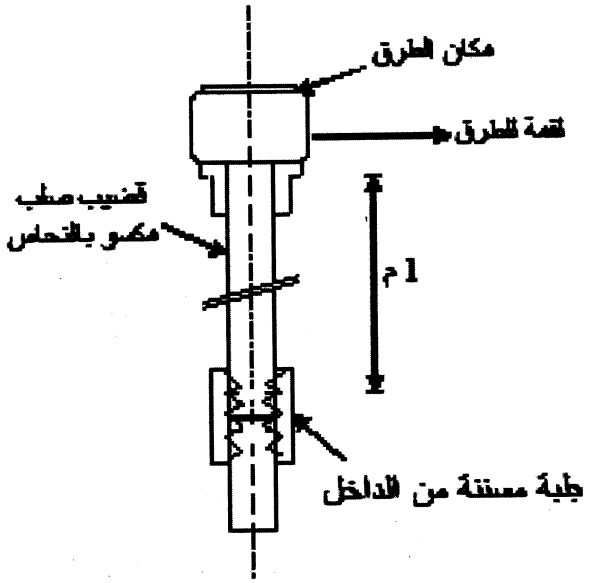
٢/٤-٢ قطب تأريض رأسى من الحديد المكسو بالنحاس

إذا كان منسوب المياه الجوفية منخفضاً، يمكن دق قطب عبارة عن قضيب من الحديد المكسو بالنحاس. ويتم الدق على النحو التالى:

- يتم تثبيت لقمة الطرق فى أول وصلة قضيب ثم يدق عليها بالمطرقة وعند اقتراب لقمة الطرق من مستوى الأرض يتم خلعها من الوصلة الأولى وتضاف وصلة ثانية إذا لزم الأمر يتم

تثبيتها بالوصلة الأولى من خلال جلبة الوصل المسننة من الداخل والموردة مع المجموعة، أنظر الشكل رقم (٣/٤).

- بعد الانتهاء من دق العدد الكلى لوصلات قضيب التأريض بحيث يتم الوصول إلى العمق المطلوب، (أنظر الشكل رقم (٤/٤))، يتم خلع لقمة الطرق وتركب بدلا منها جلبة نهاية خاصة موردة مع المجموعة لربط سلك توصيل الأرضى إلى غرفة التفتيش.

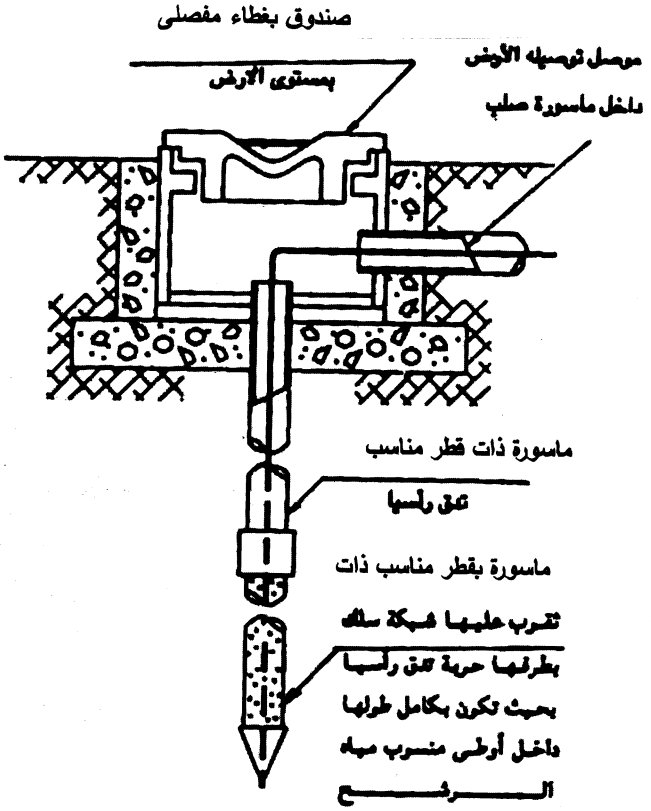


شكل (٣/٤): طريقة توصيل وصلات قضيب التأريض ببعضها البعض

٤/٢-٣ قطب تأريض رأسى منتهى بحربة

١- يستخدم هذا النوع من الأقطاب إذا كانت المياه الجوفية سطحية ويكون طول هذه الماسورة بحيث يكون طرفها السفلى مغمورا بالطول المناسب فى المياه الجوفية فى موقع التركيب. ويكون قطب التأريض عبارة عن ماسورة من الحديد المجلفن قطرها نحو ٥٠ مم. ويتم الدق على الماسورة كما فى البند رقم (٤/٢-٢).

٢- ينتهى الطرف العلوى للماسورة عند سطح الأرض داخل صندوق بغطاء مفصلى ويدلى داخل الماسورة موصل نحاس بمقطع مناسب وطوله أكبر من طول الماسورة.



شكل (٤/٤): التأريض باستخدام حربة

٣/٤ ربط مكونات نظام التأريض ببعضها البعض

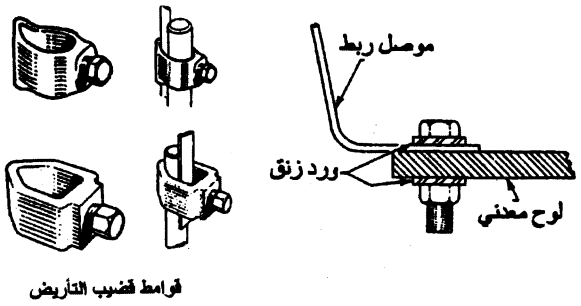
١- يجب أخذ التدابير اللازمة لحماية موصلات التأريض من التلف الميكانيكى والتآكل من الصدأ أو من أى مؤثرات أخرى خاصة.

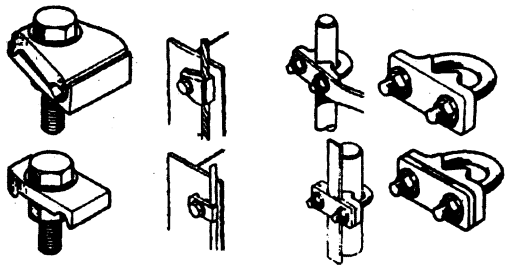
٢- يكون الاتصال بين أقطاب وموصلات التأريض إما بواسطة اللحام أو بمشابك خاصة من مواد غير حديدية. وتوجد ثلاثة طرق لتوصيل أجزاء القضبان النحاسية ببعضها البعض وهى:

أ- التوصيل باستخدام القمط والمسامير المقلوظة (Clamping)، كما فى الشكل رقم (٥/٤)

ب- التوصيل باللحام بالنحاس الأحمر (Brazing)

ج- التوصيل باللحام الكيميائى الحرارى (Exothermic welding)، كما فى الشكل رقم (٦/٤)

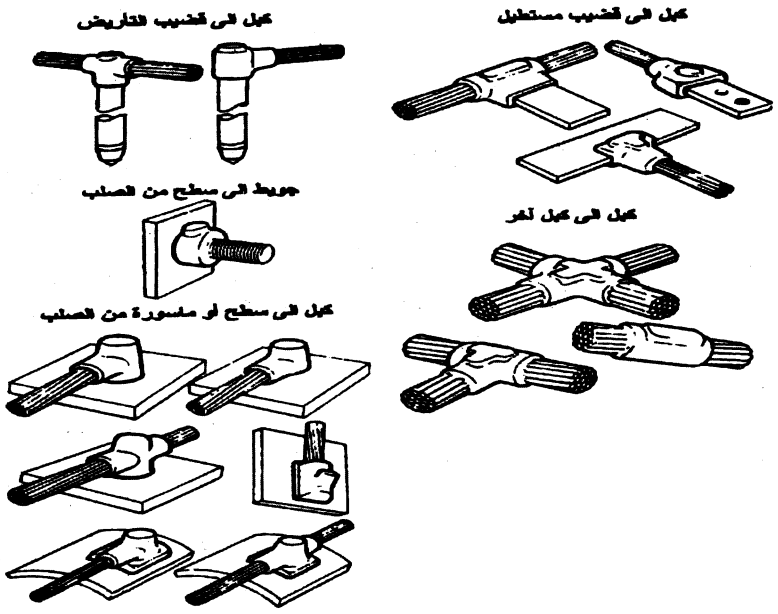




قمط لربط موصلات
تأريض ذات مقاسات مختلفة

قمط لربط موصل
التأريض بهياكل معدنية

شكل (٤/٥): عمل وصلات أسلاك وقضبان التأريض باستخدام القمط والمسامير المقلوظة



شكل (٤/٦): عمل وصلات موصلات وقضبان التأريض باستخدام اللحام الكيميائى الحرارى

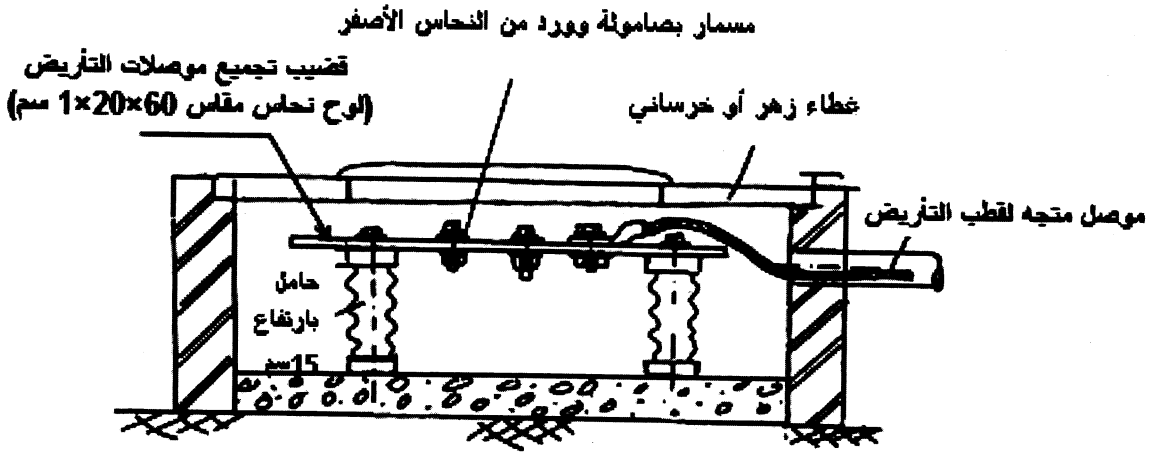
٤/٤ غرف التفتيش الخاصة بنظام التأري

٤/٤ غرف التفتيش الخاصة بنظام التأريض

١- يزود نظام التأريض بغرفة يتصل بها قضيب أو لوح التأريض أو أحد القضبان أو الألواح المكونة لنظام التأريض المتعدد الأقطاب، وكما هو موضح فى الشكل رقم (٧/٤).

٢- يتم إنشاء غرفة التفتيش على هيئة اسطوانة خرسانية سابقة التجهيز بقطر داخلى ١٠٠٠ مم أو إنشاء غرفة من الطوب أو الخرسانة بأبعاد داخلية ١٠٠٠×١٠٠٠ مم وبعمق حوالى ٦٠٠ مم.

٣- يكون سمك جدران غرفة التفتيش حوالى (١٠٠- ١٥٠) مم تحت وصلة الربط لقضيب أو لوح الأرضى، وتغطى الغرفة بغطاء من الخرسانة المسلحة أو الصلب المجلفن أو الحديد الزهر بسمك مناسب لأحمال الحركة الواقعة. ويزود الغطاء بحلقة (أو حلقات) رفع أو أى وسيلة أخرى مناسبة.



شكل (٧/٤): غرفة تفتيش واختبار أبعادها ١×١×٠.٦ م ونقاط توصيل قضيب التأريض (اللوح النحاسى) بقطب التأريض

٤/٥ معالجة التربة كيميائيا

١- تستخدم طرق عديدة لمعالجة التربة لتخفيض مقاومتها النوعية وخاصة بالنسبة للأجزاء المحيطة مباشرة بقطب التأريض. وينطبق ذلك على الأماكن شديدة الجفاف وغير القابلة للتشبع بالرطوبة وغير المشتملة على أملاح ذائبة، ومثال ذلك التربة الزلطية أو الصخرية.

٢- تكون معالجة التربة إما باستبدالها بتربة أخرى، طبيعية أو مصنعة، ذات خواص مناسبة أو بإضافة مواد كيميائية إليها لتساعد على تخفيض مقاومتها النوعية. وفي جميع الأحوال، يجب اختيار أسلوب المعالجة الذى يؤدي إلى ثبات المقاومة النوعية للتربة.

٣- تستخدم أساليب المعالجة الكيميائية للتربة عندما يكون قطب التأريض مطلوباً لفترة زمنية قصيرة، أما إذا كان مطلوبا أن تكون مقاومة القطب مستقرة وثابتة لمدة طويلة فإنه يفضل إحلال التربة المحيطة به بنوعيات أخرى من التربة ذات مقاومة نوعية صغيرة مثل:

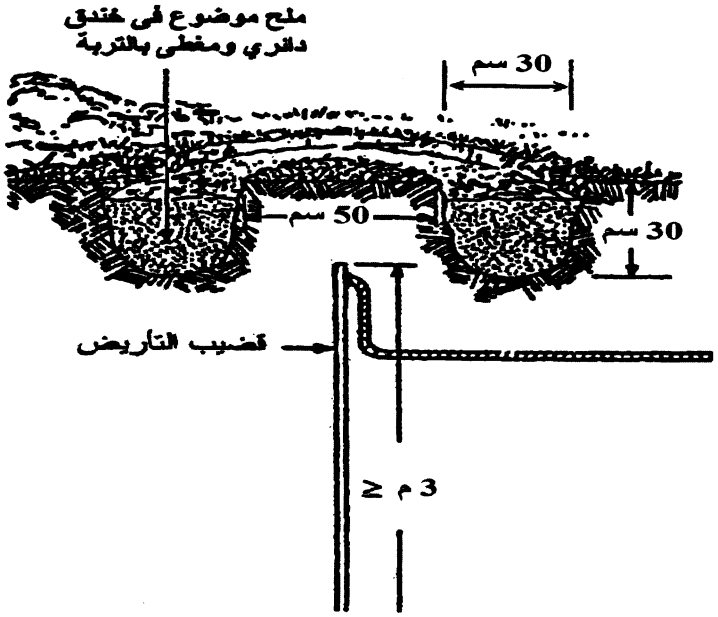
أ- تربة ذات مكونات أغلبها من الطين

ب- خرسانة مسلحة

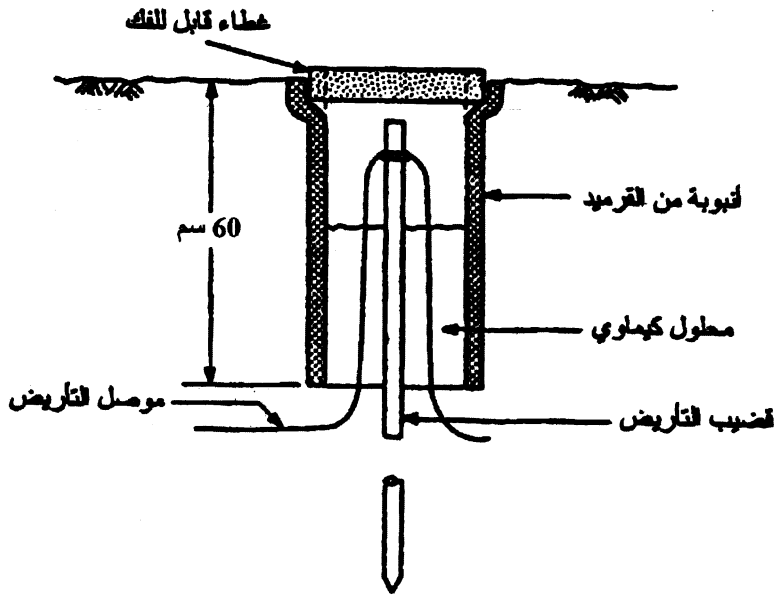
ج- خلطة أسمنتية بها حبيبات من الكربونات

ولا يوصى باستخدام فحم الكوك كمادة مالئة بجوار أقطاب التأريض لأنه يعمل على تآكل الأقطاب.

د- يمكن تخفيض المقاومة النوعية للتربة الموجودة بمعالجتها كيميائيا، وكما هو موضح فى الشكلين رقمى (٨/٤) ، (٩/٤).



شكل (٨/٤): معالجة التربة بإضافة ملح كيميائى



شكل (٩/٤): معالجة التربة بإضافة محلول كيميائى

الباب الخامس
الفحص والاختبار واستلام أعمال التأريض

١/٥ الفحص والاختبار البصرى

تم فى حسابات مقاومة قطب الأرضى اعتبار التربة متجانسة ومستوية تماما، لذا فإن القيم الناتجة عن الحسابات تكون محدودة الدقة نظرا لاختلاف مقاومة التربة النوعية ومدى تطابقها مع القيم الحقيقية. وحيث أن هذه المقاومة تعتمد إلى حد كبير على مكونات التربة ونسبة الرطوبة فيها، فإن قيمتها تتغير موسميا طبقا لكمية المياه المنصرفة، ولذلك فإنه يجب التأكد من كفاءة التصميم والتنفيذ وعلى فترات منتظمة بعد ذلك.

ويوصى بعمل الاختبارات فى نهاية فصل الجفاف على أن يتم مقارنة النتائج لمعرفة مدى كفاءة دوائر الاتصال به.

يتم الفحص البصرى للتركيبات بدءا من غرف التفتيش على أقطاب الأرض والتى يجب أن تكون أبعادها مناسبة للغرض التى عملت من أجله، ويجب أن تكون الغرف نظيفة وخالية من الأحجار والطوب.

ثم يتم بعد ذلك فحص موصل التأريض وهو الموصل بين نقطة التأريض (أو قطب التأريض) بمكان التركيبات وبين القطب الأرضى الذى يضمن الاتصال الجيد بكتلة الأرض وهذا الموصل يمكن أن يكون من النحاس نظرا لجودة التوصيلية الكهربية له وصلابته الميكانيكية.

ويراعى بالنسبة لغطاء غرفة التفتيش أن يكون أفقيا ومستوى مع منسوب الأرض ويتحمل الضغط عليه كما هو منصوص عليه بالمواصفات (حوالى ١٥٠ كجم / سم^{٢})، ويشمل الفحص الظاهرى أيضا التأكد من سلامة موصلات التأريض وكذلك جميع الموصلات التى يمكن أن تتعرض للتلف.

وفى حالة كون المنظومة الأرضية مكونة من عدة أقطاب، يجب قياس مقاومة كل قطب على حدة بعد فصله عن باقى المجموعة.

٢/٥ قياس مقاومة الأرضى

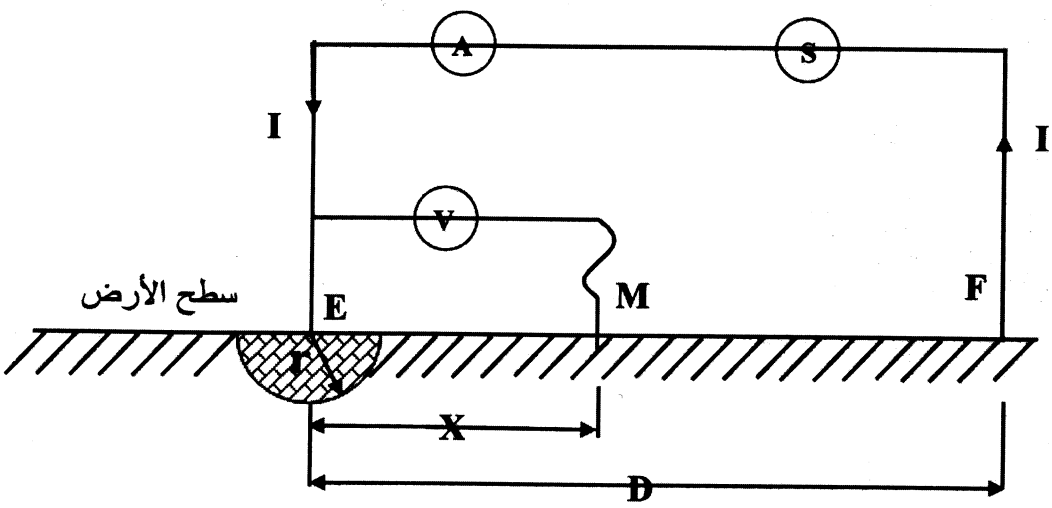
الطريقة الأكثر استخداما لقياس هذه المقاومة هى الطريقة المعروفة باسم طريقة هبوط الجهد Fall - of - potential method.

فى هذه الطريقة كما هو موضح بالشكل رقم (١/٥)، تدق فى الأرض (على خط استقامة واحدة) ثلاثة أقطاب أرضية بحيث يكون:

الأول عند قطب التأريض E (على فرض أن قطب التأريض نصف كرة معدنية نصف قطرها r).

والقطب الثانى عبارة عن قطب مساعد F يسمى (قطب التيار).

والقطب الثالث عبارة عن قطب مساعد آخر M يسمى (قطب الجهد).



شكل (١/٥): قياس مقاومة الأرضى

وتساوى المسافة بين النقطتين E، M البعد X وتساوى المسافة بين النقطتين F، E البعد D، فإذا تم توصيل مصدر للجهد بين القطبين F،E والمصدر المستخدم يمكن أن يكون مصدر تيار متردد (A.C)، وفى هذه الحالة يفضل أن تكون الذبذبة حوالى (٦٠-٩٠) هرتز وذلك لإزالة التيارات الشاردة ذات التردد ٥٠ هرتز. أما إذا كان المصدر تيار مستمر D.C ، فيجب دوريا تغيير اتجاه قطبيته حتى نتفادى حدوث أي تحليل كهربى.

يكون الجهد الناتج عن دخول التيار I عند النقطة E مساويا للقيمة $\frac{I \rho}{2 \Pi r}$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية للتربة

أما الجهد الناتج عن خروج التيار عندالنقطة F مساويا للقيمة $\frac{I\ \rho}{-2\Pi\ (D-r)}$

(العلامة السالبة نتيجة انعكاس اتجاه التيار).

وعليه فإن الجهد عند النقطة E هو:

$$V_E = \frac{I\ \rho}{2\ \Pi}\ (\frac{1}{r}\ -\ \frac{1}{D}) \qquad (5\text{-}1)$$

وبالمثل عند النقطة M فإن الجهد الناتج عن دخول التيار يساوي $\frac{I\ \rho}{2\Pi\ x}$ والجهد الناتج عن خروج التيار يساوى $\frac{I\ \rho}{-2\Pi\ (D-x)}$

أي أن الجهد عند النقطة M

$$V_M = \frac{I\ \rho}{2\Pi}(\frac{1}{x} - \frac{1}{D-x}) \qquad (5\text{-}2)$$

ومن المعادلتين (5-1)، (5-2), يمكن حساب الجهد بين النقطتين M،E كالتالى:

$$V_{EM} = V_E - V_M = \frac{I\rho}{2\Pi}(\frac{1}{r} - \frac{1}{D} - \frac{1}{x} + \frac{1}{D-x})$$

$$= \frac{I\rho}{2\Pi r}(1 - \frac{r}{D} - \frac{r}{x} + \frac{r}{D-x}) \qquad (5\text{-}3)$$

$$V_{EM} \simeq \frac{I\ \rho}{2\Pi r} \qquad (5\text{-}4)$$

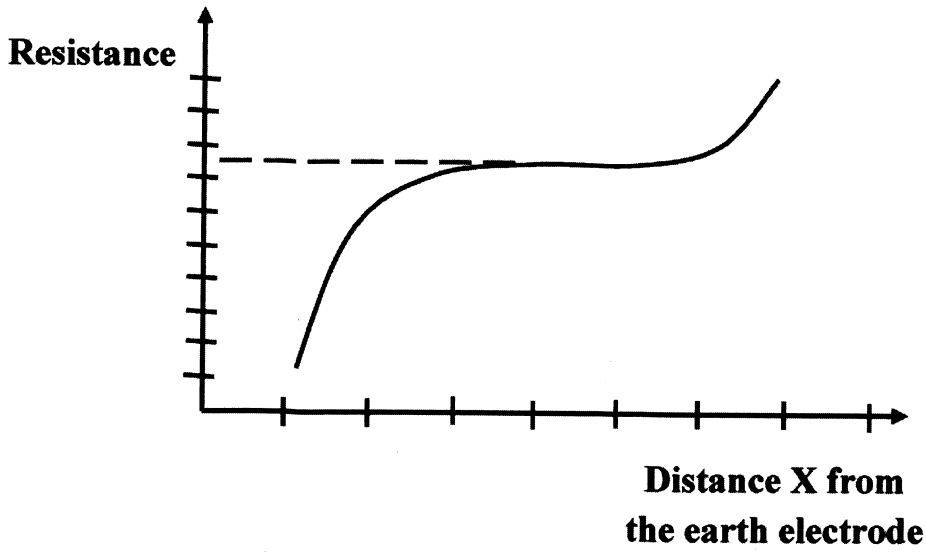
ويمكن الحصول على القيمة المقاسة قريبة من القيمة الحقيقية إذا تم جعل المسافة

$X = 0.618\ D$

وعلى الطبيعة، يمكن قياس المقاومة باستخدام جهاز قياس المقاومة الأرضية Earth tester meter والذى يعمل ببطاريات ويشتمل على ثلاثة أقطاب E، M، F يتم دقهم على خط مستقيم

واحد بحيث يكون E ملاصقا لبئر الأرضى، F على أبعد مسافة ممكنة (٣٠-٥٠) متر، أما M فيمكن دقه على أبعاد مختلفة X من E (يمكن مثلا من ٥-٧ متر).

وتقرأ المقاومة المقاسة على الجهاز وترسم العلاقة بين المسافة X وقيمة المقاومة المقاسة على النحو المبين فى الشكل رقم (٢/٥).



شكل (٢/٥): تغير قيمة المقاومة الأرضية تبعا للبعد بين الالكترودين

وتكون القيمة المعتمدة هى التى عند الجزء شبه الأفقى.

ملحوظة:

في الحالات التى يكون فيها نظام التأريض عبارة عن مجموعة أقطاب أرضية أو مكون من شبكة أرضية، يجب وضع الأقطاب المساعدة خارج المساحة التى يقع فيها نظام التأريض ويكون القطب المساعد M على بعد لا يقل عن خمسة أضعاف طول أطول ضلع قطرى لهذه المساحة ويكون بعد القطب المساعد F على بعد يقل عن ٣٠م.

٣/٥ قياس مقاومة موصل التأريض

يمكن قياس مقاومة موصل التأريض بأحد الطرق التالية:

أ- باستخدام جهاز يعطى قراءة مباشرة (أوميتر للتيار المستمر) يحتوى على مولد يدار يدويا

ب- باستخدام جهاز قياس مباشر للمقاومة يتم تغذيته من بطارية

ج- باستخدام جهاز اختبار يدار من مصدر تغذية يعمل بالتيار المتردد يحتوى على محول عازل مناسب

ولا يسمح باستخدام اختبارات لا تعطى نتيجة نوعية جيدة لبيان كفاءة موصلات التأريض ولا يقرها هذا الكود، نظرا لعدم دقتها مثل اختبار الجرس أو المصباح.

ومن بين الأجهزة المذكورة عالية، يكون الجهازان المذكوران فى أ ، ب مختلفين فقط فى قيمة التيار المستخدم فى الاختبار، فهما يقومان بقياس مقاومة الموصل فقط، ويستخدمان لذلك تيارا صغيرا.

ويمكن أن تقوم أجهزة الاختبار التى تعمل بالتيار المتردد من مصدر بتوفير تيار عالى القيمة لعملية القياس ولكن من الأفضل أن تكون قيمته محدودة ولا تتخطى ٢٥ أمبير، تفاديا لزيادة وزن الجهاز.

ويراعى أن يكون الجهاز المستخدم ذو دقة كافية وفى حدود ٥% لتحقيق الهدف من القياس.

كما يجب مراعاة مقاومة موصلات الرجوع والأطراف. وعليه فيجب مراعاة أن تكون هذه المقاومة صغيرة بقدر الإمكان. أما إذا تم استخدام موصلات من مواد مغناطيسية (حديدية) تتغير معاوقتها مع قيمة التيار المستخدم وأبعاد الموصل تكون قيمتها أكبر ما يمكن عندما يكون التيار بين (٢٥ -٥٠) أمبير ويقل التأثير المغناطيسى كلما زادت قيمة التيار إلى قيمة الخطأ.

أما فى حالة القياسات باستخدام تيار مستمر وكان جزء من طول الموصل مصنوعا من مادة حديدية, فمن الموصى به مضاعفة القيمة المقاسة لمراعاة التأثيرات المغناطيسية.

٤/٥ اختبار استمرارية موصلات الوقاية شاملة موصلات الربط

بعد التأكد من انتهاء الأعمال والتركيبات الخاصة بمنظومة التأريض، يتم التأكد من استمرارية أسلاك وموصلات التأريض المستخدمة وذلك لما قد تمثله فى حالة عدم الاستمرارية من خطورة علي المعدات والأفراد. ويمكن استخدام جهاز خاص لهذا الغرض كما هو موضح في الشكل رقم (٣/٥).

ويجب أن تكون عملية الربط ضرورية, للتأكد من وجود مسار متصل ودائم ذو معاوقة منخفضة لتيار الخطأ الأرضى بمعنى أنه يجب إجراء عمليات الربط بين التجهيزات الآتية المختلفة للتأكد من أنها على اتصال كهربى واحد, وتشمل :

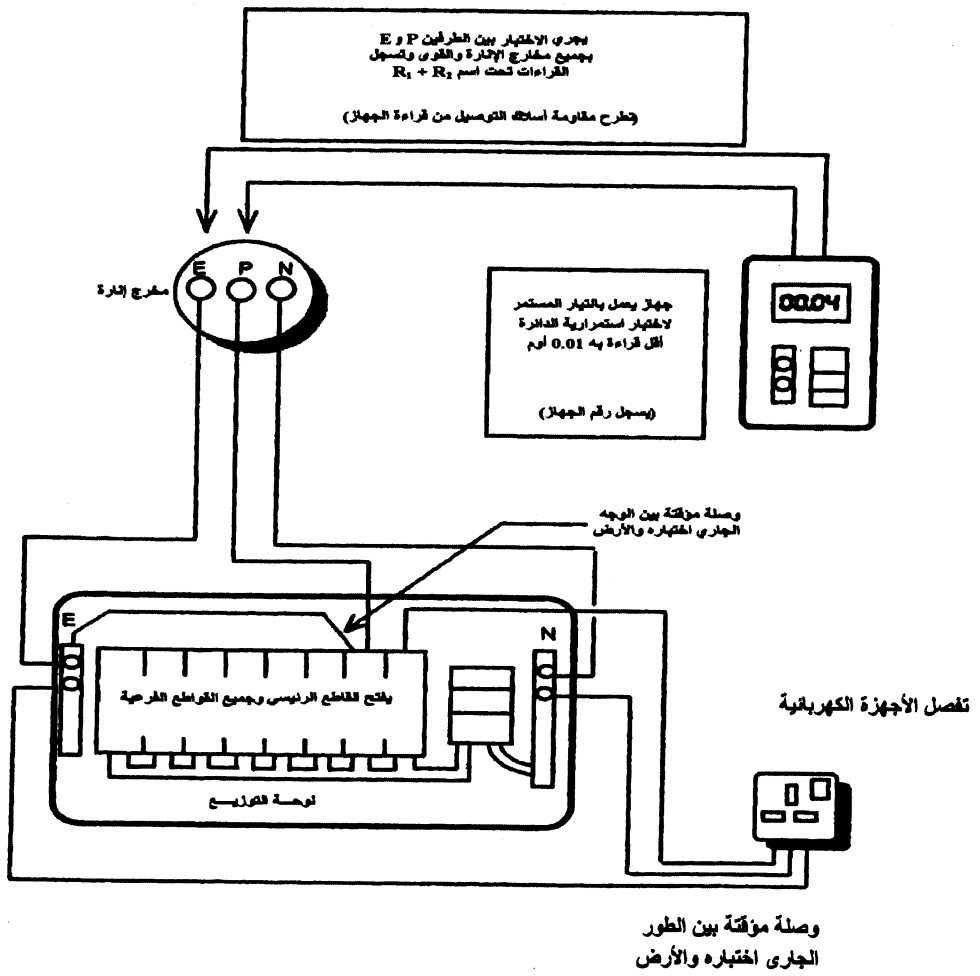
١- جميع أنواع أقطاب التأريض التى تصنع وتركب أساسا بغرض التأريض والتى يتم دفنها فى باطن الأرض أو دفنها لهذا الغرض، كما سبق ذكره فى هذا الكود

٢- أنابيب المياه المستعملة كأقطاب تأريض مساعدة

٣- أغلفة الكابلات المعدنية ومجارى الكابلات المعدنية غير الحاملة للتيار

٤- الأعمدة الحديدية والأعمدة الخرسانية التى تحتوى على حديد تسليح (المتر المكعب من الخرسانة المسلحة يمكن أن يعطى مقاومة حوالى ١٠ أوم)

٥- جميع المنشآت المعدنية الموجودة تحت الأرض والمبنية أساسا لغير أغراض التسليح، ويستثنى من ذلك مواسير الصرف الصحى المعدنية، حيث لا يسمح باستعمالها كأقطاب تأريض



شكل (٣/٥): اختبار استمرارية موصلات التغذية

٥/٥ استلام أعمال التأريض

١- تكون مكونات منظومة الأرضى والأعمال المتصلة بها حتى تاريخ الاستلام الابتدائى لكافة الأعمال فى عهدة المقاول وتحت مسئوليته وعليه أن يعالج أو يستبدل بمعرفته وعلى نفقته جميع العيوب التى تظهر بها سواء كانت قبل أو بعد اعتماد المهندس لها.

٢- بمجرد إتمام الأعمال، يقوم المقاول بإخطار المهندس كتابة ويقوم المهندس بتحديد ميعاد المعاينة التى ستتم بمعرفته فى حضور المقاول أو مندوبه ويمكن أن تجرى المعاينة إذا لم يحضر فى الموعد المحدد بعد إخطاره كتابة بذلك.

٣- إذا اتضح من المعاينة أن العمل قد تم طبقا لهذا الكود وطبقا للمواصفات القياسية وأيضا مواصفات المشروع، يتم البدء فى اتخاذ إجراءات الاستلام الإبتدائى، أما إذا أظهرت المعاينة أن العمل لم ينفذ على الوجه المطلوب, فيتم تأجيل أعمال الاستلام الإبتدائى حتى يتم إجراء التعديلات طبقا للمتطلبات.

٤- يقوم المقاول بعد الإنتهاء من تنفيذ جميع الأعمال وأثناء الاختبارات وقبل التسليم الإبتدائى بتقديم الرسومات النهائية As Built على لوحة كلك بمقياس رسم مناسب وكذلك على قرص مدمج CD لإمكانية الطبع منه ويجب أن يكون واضحا بدقة فى هذه الرسومات كل ما تم تنفيذه من أعمال على الطبيعة متضمنا كافة البيانات وكافة ما توضح على الرسومات التنفيذية بعد إجراء ما تم من تعديلات عليها.

٥/٥ -١ الاستلام الابتدائى

(أ) إذا تم استيفاء جميع المستندات المطلوبة للاستلام الابتدائى وإتمام تدريب المختصين، واتضح من المعاينة والمراجعات وتجارب التشغيل الوظيفى أن جميع الأعمال قد تمت طبقاً لشروط ومواصفات العقد، فيتم عمل إجراءات الاستلام الابتدائى.

(ب) يحرر محضر رسمى للاستلام الابتدائى من ثلاث صور (للمقاول والمالك والمهندس).

ويذكر فى المحضر:

- أن المقاول قد قام بكافه الأعمال على الوجه الأكمل أو
- أنه توجد ملاحظات لا تعيق الاستلام (تذكر)

• ملاحظات يتم الخصم عليها (تذكر) ويذكر الخصم أو نسبه الخصم

• ما تم من تعليه نظير المخالفات ويحدد للمقاول مده لتلافى هذه المخالفات. ويمكن أن تصرف هذه التعليات بشهادة من اللجنة مرة أخرى

(ت) بعد إجراء الاستلام الابتدائى تحرر كشوف الختامى مرفقاً بها دفاتر الحصر وتعتمد من كل من المقاول والمهندس والمالك أو المفوضين من قبلهم لصرف قيمتها بعد خصم قيمة التأمين النهائى للأعمال لحين انتهاء سنة الضمان.

٥/٥ -٢ شهادة إتمام العمل فى التركيبات الكهربائية

بعد إتمام المعاينات والاختبارات المطلوبة واعتمادها من مهندس إستشارى كهربائى متخصص، يقوم المقاول أو من ينوب عنه بتقديم شهادة إتمام العمل إلى المالك أو من ينوب عنه، وذلك بعد استكمال أى أعمال ناقصة وإصلاح أى عيوب تظهر أثناء المعاينة أو الاختبارات. ويجب أن ترفق شهادات المعاينات والاختبارات المعتمدة مع شهادة إتمام العمل فى التركيبات.

٥/٥ -٣ ضمان الأعمال

(أ) يضمن المقاول جميع الأعمال محل التعاقد وذلك لمدة سنة كاملة من تاريخ محضر الاستلام الابتدائى للمشروع وعليه إجراء كافة الإصلاحات اللازمة خلال هذه السنة مع تحمله كافة تكاليف الإصلاحات.

(ب) إذا ثبت تقصير المقاول فى تنفيذ الإصلاحات بحد أقصى ١٥ يوماً من إنذاره كتابة بذلك، (إلا إذا تحددت مدة أقل من ذلك فى مستندات المشروع)، يتم خصم تكاليف هذه الإصلاحات من التأمين النهائى أو من أى مستحقات أخرى للمقاول وليس للمقاول الرجوع إلى القضاء فى هذا الشأن بأى حال من الأحوال.

(ت) يكون المقاول مسئولاً عن كل خطر يحدث للمهمات أو الأفراد طوال مدة الضمان نتيجة التشغيل العادى.

٥/٥ -٤ الاستلام النهائى

(أ) إذا قام المقاول بالوفاء بجميع ما عليه من إلتزامات طبقاً لشروط العقد وبالأخص ضمان الأعمال خلال فترة الضمان المنصوص عليها، يقوم المقاول بإخطار المالك كتابة برغبته فى تسليم الأعمال نهائياً.

(ب) يتم تشكيل لجنة الإستلام وتكون مكونة من المالك والمهندس والمقاول أو من ينوب عنهم ويتم تحرير محضر استلام نهائى للأعمال ويوقع عليه كل من المهندس والمقاول والمالك أو من يفوضونه فى ذلك.

(ت) إذا أخل المقاول بأى إلتزامات عليه وعلى الأخص بالنسبة لضمان الأعمال، فإنه يتم تأجيل الاستلام النهائى لحين تنفيذ كل التزامات المقاول.

(ث) بعد التصديق على محضر الاستلام النهائى، يصرف للمقاول قيمة التأمين النهائى للأعمال والمودع لدى المالك أو رد خطاب الضمان البنكى إلى المقاول خلال أسبوع على الأكثر

ويعطى الجدول رقم (١/٥) نموذجا لاستلام أعمال التأريض.

جدول (١/٥): نموذج لاستلام أعمال التأريض

البند	البيانات طبقا		التطابق		ملاحظات
	للعطاء	التنفيذ	√	X	
*نوع التربة (رملية – طفلية – طينية)					
* أقطاب التأريض – عدد الأقطاب – مادة صنع الأقطاب – المسافات بين الأقطاب – طول القطب – الشكل (مستدير – مربع– مستطيل) – عمق القطب والمسافة بين حافته وسطح الأرض – المواد المحيطة بالقطب (كيماويات)					
* موصلات التأريض – مادة الموصل – مساحة المقطع (مم٢) – طول الموصل – طريقة الربط مع الأقطاب (لحام – رباط)					
* قياس مقاومة بئر الأرضى					
* نقطة الاختبار ومكانها					
* نقاط التوصيل على مسار الموصل الأرضى					

المراجع

١- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى – الأنظمة الخاصة
المجلد الرابع: التأريض – ٢٠٠٤.

٢- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى
المجلد الأول: أسس التصميم – ٢٠١٣.

٣- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى
المجلد الثانى: شروط التنفيذ – ٢٠١٢.

٤- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى
المجلد الثالث: الاختبارات واستلام الأعمال – ٢٠١٣.

٥- الكود العربى للتمديدات الكهربائية وتركيباتها فى الأبنية – ٢٠١٣.

٦- المواصفة القياسية المصرية رقم ٢١٩١ لسنة ٢٠٠٥ :
متطلبات التأريض للتركيبات الكهربائية لمعدات معالجة البيانات.

7- IEC 60364-5-54 Ed. 3.0, 2011
Low-voltage electrical installations - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements and protective conductors.

8- IEC 60950-1 Ed. 2.2 Consol. with am1& 2, 2013
Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements.

9- IEC 60050-195 Ed. 1.0, 1998
International Electro technical Vocabulary - Part 195: Earthing and protection against electric shock.

10- IEC 60050-195-am1 Ed. 1.0, 2001
Amendment 1 - International Electro technical Vocabulary - Part 195: Earthing and protection against electric shock.

11- IEC 60364-1 ed5.0, 2005
Low-voltage electrical installations - Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions.

12- IEC 60364-4-41 ed5.0, 2005
Low-voltage electrical installations - Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock.

13- IEC 61140 ed3.1 Consol. with am1, 2009
Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment.

14- BS 7430 : 2011

Code of practice for protective earthing of electrical installations.

15- BS 7671:2008 + A1
Protective earthing of low voltage installations.

16- BS 7375 : 2010

Distribution of electricity on construction and demolition sites. Code of practice.

17- IEEE Std 80- 2000
IEEE Guide for safety in Ac substation grounding.

ملحق (م٣): أمثلة لحساب مقاومة الأرضى لأقطاب مختلفة

مثال (١):

قطب تأريض على شكل قضيب طوله ٢.٤ متر وقطره ٠.٠١٦ متر موضوع فى تربة ذات مقاومة نوعية مقدارها ١٠٠ أوم . متر، احسب مقاومة القطب إلى الأرض.

الحل:

$\rho L = 2.4$ m , $d = 0.016$ m , Ω m = 100.

تعطى مقاومة القطب فى هذه الحالة من المعادلة (٣-٨) بالباب الثالث:

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

$$\frac{\rho}{2\,\Pi\,L} = \frac{100}{2 \times 3.142 \times 2.4} = \frac{100}{15.081} = 6.63 \therefore$$

and:

$$\left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1\right] = \left[\ln\left(\frac{8 \times 2.4}{0.016}\right) - 1\right] = \left[\ln\left(\frac{19.2}{0.016}\right) - 1\right]$$

$$= 6.09$$

وعليه تكون المقاومة:

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

مساوية للقيمة:

$$= 6.63 \times 6.09 = 40\ \Omega$$

مثال (٢):

فى المثال السابق احسب المقاومة إلى الأرض للحالات التالية:

أ- طول القطب ١.٢ متر (أى النصف)

ب- قطر القطب ٠.٠٠٨ متر (أى النصف)

ج- المقاومة النوعية للتربة ٥٠ أوم . متر (أى النصف)

الحل:

أ- إذا كان:

$$\rho = 100\ \Omega.m \quad L = 1.2\ m\ ,\ d = 0.016\ m\ ,$$

بإتباع نفس الخطوات فى المثال السابق، نجد أن قيمة المقاومة هى:

$$R = 13.261 \times 5.396 = 71.556\ \Omega$$

أى أن المقاومة زادت إلى ما يقرب من الضعف نتيجة انخفاض طول القطب إلى النصف.

ب- أما إذا كان:

$$\rho = 100\ \Omega.m \quad L = 2.4\ m\ ,\ d = 0.008\ m\ ,$$

تكون قيمة المقاومة هى:

$$R = 13.261 \times 6.783 = 89.949\ \Omega$$

أى أن المقاومة زادت إلى ما يزيد قليلا عن الضعف نتيجة انخفاض قطر القطب إلى النصف.

ج- أما إذا كان:

$$\rho = 50\ \Omega.m \quad L = 2.4\ m\ ,\ d = 0.016\ m\ ,$$

تكون قيمة المقاومة هى:

$$R = 3.315 \times 6.09 = 20.188\ \Omega$$

أى أن المقاومة انخفضت إلى النصف نتيجة انخفاض المقاومة النوعية للتربة إلى النصف.

مثال (٣):

فى المثال السابق، احسب المقاومة إلى الأرض فى حالة وجود قطبين والمسافة بينهما ٢ متر.

الحل:

من المعطيات نلاحظ أن $s < L$ ، ومن الجدول رقم (٣-٥) بالباب الثالث، نجد أن المقاومة إلى الأرض تتحدد من العلاقة التالية:

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

$$= \frac{100}{4\times 3.142\times 2.4}\left(\ln\frac{4\times 2.4}{0.016} + \ln\frac{4\times 2.4}{2} - 2 + \frac{2}{2\times 2.4}\right.$$

$$\left. - \frac{4}{16\times 2.4^2} + \frac{2^4}{512\times 2.4^4}\right)$$

$$= 3.315\ (\ln 600 + \ln 4.8 - 2 + 0.41 - 0.043 + 9.4\times 10^{-4})$$

$$= 3.315 \times 6.323 = 20.963\ \Omega$$

يلاحظ هنا أن المقاومة قد انخفضت تقريبا إلى النصف عن المثال السابق نتيجة مضاعفة عدد الأقطاب.

حل آخر:

من المعادلة رقم (٣-٩) بالباب الثالث نجد أن :

$$R_n = R\times\left(\frac{1+\lambda.a}{n}\right)$$

حيث :

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

وبذلك تكون:

$$a = \frac{100}{2 \times 3.142 \times 40 \times 2} = 0.199$$

وحيث أن $\lambda = 1$ (من الجدول رقم (١/٣))

وبذلك تكون:

$$R_2 = \frac{40 \times (1 + 1 \times 0.199)}{2} = 23.98 \quad \Omega$$

وهذه النتيجة متقاربة مع نتيجة الحل السابق.

مثال (٤):

احسب المقاومة إلى الأرض فى المثال رقم (٢) إذا كانت المسافة بين القطبين ٢.٨ مترا.

الحل:

نلاحظ من المعطيات أن $s > L$ ، وبذلك تعطى المقاومة إلى الأرض من العلاقة التالية (أنظر الجدول رقم (٥/٣)) بالباب الثالث:

$$R = \frac{\rho}{4\Pi L}(\ln\frac{4L}{a} - 1) + \frac{\rho}{4\Pi s}(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4})$$

$$= \frac{100}{4 \times 3.142 \times 2.4}(\ln\frac{4 \times 2.4}{0.016} - 1) + \frac{100}{4 \times 3.142 \times 2.8}(1 - \frac{2.4^2}{3 \times 2.8^2} + \frac{2 \times 2.4^4}{5 \times 2.8^4})$$

$$= 3.315\ (\ln 600 - 1) + 2.842\ (1 - 0.245 + 0.216))$$

$$= 3.315\ (5.396) + 2.842 \times 0.971 \quad = 3.315 \times 9.155$$

$$= 20.65 \quad \Omega$$

نلاحظ هنا أن المقاومة إلى الأرض قد نقصت نتيجه زيادة المسافة بين القطبين.

مثال (٥):

احسب المقاومة إلى الأرض فى المثال رقم (٢) إذا كان عدد الأقطاب ثمانية وعلى استقامة واحدة.

الحل:

تعطى المقاومة إلى الأرض من المعادلة (٣-٩)

$$R_n = R \times \left(\frac{1 + \lambda . a}{n} \right)$$

حيث :

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

n = 8

$$\therefore \quad a = \frac{\rho}{2\pi R s} = \frac{100}{2 \times 3.142 \times 40 \times 2} = 0.198$$

وحيث أن $\lambda = 3.39$ (من الجدول رقم (١/٣)) بالباب الثالث

$$\therefore \ R_8 = 40 \left(\frac{1 + \ 3.39 \times 0.198}{8} \right)$$

$$= 8.356 \quad \Omega$$

نلاحظ هنا أن المقاومة إلى الأرض قد انخفضت بدرجة كبيرة نتيجة استخدام عدد من الأقطاب المتصلة على التوازى.

وزارة الإسكان والمرافق والتنميه العمرانيه

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

إدارة المخازن

قائمة الكودات إعتباراً من ٢٠١٦/١/١٠ (١)

م	كود رقم	الكـــود المصـــــــرى	الرقم الكودي	قرار وزارى	المجموعة
١	٠١١٠٠٨٩٠٠٠	تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانيه المسلحه	٢٠٣	٤٤لسنة٢٠٠٧	الخرسانة
	٠١١٠٠٨٩٠٠١	مساعدات التصميم مع أمثله طبقا للكود المصرى ج١	٢٠٠٧/٢٠٣	ـــــ	
	٠١١٠٠٨٩٠٧١	مساعدات التصميم طبقا للكود المصرى ج٢	٢٠٠٧/٢٠٣	ـــــ	
	٠١١٠٠٨٩٠٠٢	دليل التفاصيل الإنشائيه وإعداد الرسومات	٢/٢٠٣	٩٨لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠٠٣	دليل الإختبارات المعمليه لمواد الخرسانه	٣/٢٠٣	٩٨لسنة٢٠٠١	
٢	٠١١٠٠٨٩٠٠٤	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ١ (دراسة المواقع)	٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	الأساسات
	٠١١٠٠٨٩٠٠٥	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٢ (الإختبارات المعملية)	١/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠٠٦	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٣ (الأساسات الضحلة)	٢/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠٠٧	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٤ (الأساسات العميقة)	٣/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠٠٨	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج٥ (الأساسات علي التربة ذات المشاكل)	٤/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠٠٩	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج٦ (الأساسات المعرضة للإهتزازات الأحمال الديناميكية)	٥/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠١٠	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٧ (المنشآت الساندة)	٦/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠١١	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٨ (ثبات الميول)	٧/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠١٢	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٩ (لأعمال الترابية ونزح المياه)	٨/٢٠٢	١٣٩لسنة٢٠٠١	
	٠١١٠٠٨٩٠١٣	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ١٠ (التأسيس علي الصخر)	٩/٢٠٢	٣٥٣لسنة٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠١٤	ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ج ٢٠ (المصطلحات الفنية)	١٠/٢٠٢	٣٥٣لسنة٢٠٠٤	
٣	٠١١٠٠٨٩٠١٥	الدليل الإسترشادى للكود المصرى للأساسات	١١/٢٠٢	ـــــ	دلائل الأساسات
	٠١١٠٠٨٩٠١٦	معجم ميكانيكا التربةوتصميم وتنفيذ الأساسات (إنجليزي - فرنسي - عربي)	١٢/٢٠٢	ـــــ	
٤	٠١١٠٠٨٩٠١٧	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج١ (الدراسات الأولية للطرق)	١/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	الطرق
	٠١١٠٠٨٩٠١٨	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٢ (هندسة المرور)	٢/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠١٩	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٣ (التصميم الهندسي)	٣/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٠	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٤ (مواد الطرق وإختباراتها)	٤/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢١	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٥ (تصميم وإنشاء الجسور)	٥/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٢	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٦ (التصميم الإنشائى للطرق)	٦/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٣	أعمال الطرق الجضريه والخلوية ج٧ (حماية الطرق من أخطار السيول والرمال المتحركة)	٧/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٤	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٨ (معدات تنفيذ الطرق)	٨/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٥	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج٩ (إشتراطات تنفيذ أعمال الطرق داخل وخارج المدن)	٩/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٦	أعمال الطرق الحضريه والخلوية ج١٠ (أعمال صيانة الطرق)	١٠/١٠٤	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	
٥	٠١١٠٠٨٩٠٧٢	الدليل الإسترشادى لكود الطرق الحضرية والخلوية	ـــــ	٣٦٩لسنة٢٠٠٨	دليل الطرق
٦	٠١١٠٠٨٩٠٩٠	كود الكباري الجزء الأول (المجال والأهداف وأسس التصميم والمحتويات)	١/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	الكباري
	٠١١٠٠٨٩٠٩١	كود الكباري الجزء الثاني (تخطيط الكباري والتقاطعات العلوية)	٢/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩٠٩٢	كود الكباري الجزء الثالث (مواد وخلط الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد المستخدمة في الكبار	٣/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩٠٩٣	كود الكباري الجزء الرابع (الأحمال والقوي علي الكباري والتقاطعات العلوية)	٤/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩٠٩٤	كود الكباري الجزء الخامس (تحليل وتصميم الكباري الخرسانية)	٥/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	

وزارة الإسكان والمرافق والتنميه العمرانيه

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

إدارة المخازن

قائمة الكودات إعتباراً من ٢٠١٦/١/١٠ (٤)

م	كود رقم	الكـــود المصـــــرى	الرقم الكودي	قرار وزارى	المجموعة
٣٢	٠١١٠٠٨٩٠٨٨	الكود المصري لتنفيذ أعمال الصوتيات والتحكم في الضوضاء للمباني	ـــــ	٥٧٨لسنة٢٠١٣	الصوتيات والضوضاء
١	٠١١٠٠٨٩٢٠٠	دليل معايير تنسيق عناصر الطرق	ـــــ	ـــــ	معايير وكتب
٢	٠١١٠٠٨٩٢٠١	الأسس والمعايير التخطيطية للمجتمعات العمرانية في جنوب الوادي	ـــــ	ـــــ	
٣	٠١١٠٠٨٩٢٠٣	الكتاب المصرى لندوة المسكن الملائم	ـــــ	ـــــ	

قائمة مواصفات بنود الأعمال الصادرة من المركز

م	كود رقم	مواصفات بنود الأعمال	الرقم الكودي	قرار وزارى	المجموعة
١	٠١١٠٠٨٩٤٠٠	مواصفات بنود أعمال النجاره	٣/٩٠٢	٢٠٧لسنة٩٤	مواصفات
٢	٠١١٠٠٨٩٤٠١	مواصفات بنود أعمال الألومنيوم	٤/٩٠٢	٢٢٠لسنة٩٤	
٣	٠١١٠٠٨٩٤٠٢	مواصفات بنود أعمال الصحيه	١/٩٠٢	٢٠٥لسنة٩٤	
٤	٠١١٠٠٨٩٤٠٣	مواصفات بنود أعمال الأرضيات والتكسيات وأعمال الرخام	٢/٩٠٢	٢٠٦لسنة٩٤	
٥	٠١١٠٠٨٩٤٠٤	مواصفات بنود أعمال عزل الرطوبه والمياه	٦/٩٠٢	٢٠٥لسنة٩٥	
٦	٠١١٠٠٨٩٤٠٥	مواصفات بنود أعمال الدهانات	٨/٩٠٢	٢٠٧لسنة٩٥	
٧	٠١١٠٠٨٩٤٠٦	مواصفات بنود أعمال الخرسانه والخرسانه المسلحه	٧/٩٠٢	٢٠٦لسنة٩٥	
٨	٠١١٠٠٨٩٤٠٧	مواصفات بنود الأعمال الترابيه (الحفر والردم)	٥/٩٠٢	٢٠٤لسنة٩٥	
٩	٠١١٠٠٨٩٤٠٨	مواصفات بنود أعمال المصروفات العموميه والإلتزامات الماليه	٩/٩٠٢	٢٥٦لسنة٩٥	
١٠	٠١١٠٠٨٩٤٠٩	مواصفات بنود أعمال الحداده المعماريه	١١/٩٠٢	١٦٦لسنة٩٧	بنود الأعمال
١١	٠١١٠٠٨٩٤١٠	مواصفات بنود أعمال البياض	١٠/٩٠٢	١٦٤لسنة٩٧	
١٢	٠١١٠٠٨٩٤١١	مواصفات بنود أعمال العزل الحرارى	١٣/٩٠٢	١٧٦لسنة٩٨	
١٣	٠١١٠٠٨٩٤١٢	مواصفات بنود أعمال الكهرباء (جزء أول)	١٢/٩٠٢	١٧٣لسنة٩٨	
١٤	٠١١٠٠٨٩٤٢٢	مواصفات بنود أعمال الكهرباء (جزء ثانى)	١٢/٩٠٣	١٧٣لسنة٩٩	
١٥	٠١١٠٠٨٩٤١٣	عقد خدمات إستشاريه هندسيه للدراسات والتصميمات (نموذج إسترشادى)	١/٩٠١	٢٢١لسنة٩٤	
١٦	٠١١٠٠٨٩٤١٤	عقد خدمات إستشاريه هندسيه للإشراف على التنفيذ (إدارة التشييد)	٣/٩٠١	٢٢٣لسنة٩٤	
١٧	٠١١٠٠٨٩٤١٥	الشروط العامه لعقد أعمال المقاولات (نموزج إسترشادى)	٢/٩٠١	٢٢٢لسنة٩٤	
١٨	٠١١٠٠٨٩٤١٦	عقد تصميم وتنفيذ (بتمويل من المالك)	٥/٩٠١	٢٤٦لسنة٩٩	
١٩	٠١١٠٠٨٩٤١٧	عقد مشترك خدمات إستشاريه هندسيه للدراسات والتصميمات والإشراف المستمر على التنفيذ	٤/٩٠١	١٦٥لسنة٩٧	
٢٠	٠١١٠٠٨٩٤١٨	مواصفات بنود أعمال الخرسانه ذاتية الدمك	ـــــ	٣٦٠لسنة٢٠٠٧	
٢١	٠١١٠٠٨٩٤١٩	المواصفات الفنية للقطاعات المصنعة من UPVC	ـــــ	٣٦٠لسنة٢٠٠٧	
٢٢	٠١١٠٠٨٩٤٢٠	المواصفات الفنية لصناعة الخرسانه في الأجواء الحارة	ـــــ	٣٦٠لسنة٢٠٠٧	
٢٣	٠١١٠٠٨٩٤٢١	المواصفات الفنية للخرسانه الجاهزة عادية الوزن والإشتراطات الفنية والبيئية لمحطات الخلط	ـــــ	٣٦٠لسنة٢٠٠٧	

طبع بمطابع دار أخبار اليوم شارع الصحافة