كودات البناء الوطني الأردني

المجلد الثالث والعشرون

الجزء الثالث

كـودة التأريـض

وضع من قبل

الجمعية العلمية الملكية

وكز بحوث البناء

لصالح مجلس البناء الوطني الأردني

إعداد	مراجعة
المهندس فارس الداود	الدكتور محمد موسى عادل
	الدكتور حافظ الزيات
	الدكتور سعيد اسطيفان
	المهندس عزمي الشريف
	المهندس انطون وكيله
تحرير لغوي	المهندس عادل عباسي
المهندس صالح الجيتاوي	المهندس عاطف عباسي

مقدمــة

من أجل تنظيم أعمال تصميم وتنفيذ المباني في الأردن ، ولتمكين المهندسين والفنيين من القيام بأعمالهم على الوجه الأكمل دون اجتهاد أو تأويل ، ومن أجل وضع حد للمشاكل الناتجة عن اختلاف وجهات نظر الأطراف العاملة في قطاع الإنشاءات فقد أصدر دولة رئيس الوزراء في كتابة رقم 31/46/5/2549 المؤرخ في 27/2/1980 قرارا تم بموجبه تشكيل هيئة عليا لدستور البناء الوطني الأردني برئاسة وزير الأشغال العامة مهمتها العمل على إعداد دستور وطني للبناء في الأردن يعمل على وضع قاعدة علمية قديرة ولغة محددة المعالم لجميع المهندسين والعاملين في قطاع الإنشاءات.

وفي سبيل تحقيق هذا الهدف ، عمدت الهيئة الى عقد اتفاقية مع الجمعية العلمية الملكية، يقوم بموجبها بمركز بحوث البناء التابع لها بإعداد مجلدات دستور البناء الوطني الأردني بحيث تغطي معظم النواحي المعمارية والمدنية والكهربائية والميكانيكية للمباني والمنشآت.

إضافة الى ذلك ، فقد شكلت الهيئة العليا للدستور لجنة فنية دائمة برئاسة وكيل وزارة الأشغال العامة مهمتها الأساسية دراسة المسودات الأولية التي يقوم فريق العمل بإعدادها ومراجعتها مع لجان فرعية متخصصة منبثقة عنها وإجراء أي تعديلات تراها اللجنة ضرورية ومن ثم رفعها الى الهيئة العليا لاقرارها واعتمادها.

ونحن إذ نضع مجلدات هذا الدستور بين أيدي المعنيين ، لنرجو أن يتم الوصول من خلالها الى الهدف المنشود.

والله ولي التوفيق.

وزير الأشغال العامة والإسكان

رئيس الهيئة العليا لدستور
البناء الوطني الأردني

المهندس شفيق زوايده

صادر بموافقة الهيئة العليا لدستور البناء الوطني الأردني

بناء على تنسيب من اللجنة الفنية الدائمة

الهيئة العليا

معالي وزير الإشعال العامة والإسكان–رئيسا للهيئة

معالي وزير النقل

معالي وزير الشؤون البلدية والقروية والبيئة

معالي وزير الصناعة والتجارة

معالي وزير التخطيط

معالي وزير الطاقة والثروة المعدنية

معالي أمين عمان الكبرى

معالي رئيس الجمعية العلمية الملكية

عطوفة مدير عام مؤسسة الإسكان

عطوفة مدير عام بنك الإسكان

سعادة عميد كلية الهندسة / الجامعة الأردنية

سعادة عميد كلية الهندسة/جامعة العلوم والتكنولوجيا

سعادة نقيب المهندسين

اللجنة الفنية الدائمة

المهندس خلف الهواري– رئيسا للجنة

الدكتور داود جبجي– مقرر اللجنة

المهندس نجيب طليل

الدكتور روحي الشريف

الدكتور منذر المصري

المهندس ميشيل مسنات

المهندس حاتم غنيم

الدكتور أسامه العناني

الدكتور منذر حدادين

المهندس مروان زريقات

المهندس داود خلف

المهندس احمد الكيلاني

المهندس توفيق صبلريني

المهندس عوض التل

المهندس أسامة مدانات

المهندس هيثم مريِش

المهندس خضر عكاوي

الفريق العامل على إعداد

دستور البناء الوطني الأردني

الدكتور داود جبجي

المهندس خضر عكاوي

المهندس حسن عكور

المهندس فارس الداود

المهندس كامل مجدي صالح

المهندس محمود الشيشاني

المهندس مقدر عكروش

المهندس عبد المنعم النهار

المهندس صالح الجيتاوي

الفريق المشارك في إعداد

دستور البناء الوطني الأردني

الدكتور وليد الريماوي

المهندس حاتم غنيم

المهندس غسان غانم

المهندس محمد عجور

الدكتور سميح قاقيش

المهندس أكرم عباسي

الدكتور أسامة ماضي

الدكتور رزق شعبان

المهندسة شادية ربكات

الدكتور فيصل الصياغ

المهندس كريم خماش

الدكتور هشام غصيب

جـدول المحـتويات

الباب الأول : عموميات

1/1 المجال.....(4)

2/ 1 الهدف.....(4)

1/3 تعريفات ومصطلحات .....(4)

1/3/1 الأرض

1/3/2 أطراف المستهلك

1/3/3 التأريض

1/3/4 تدرج الجهد عند نقطة

1/3/5 تسرب التيار

1/3/6 تيار أرضي

1/3/7 تيار التسرب

1/3/8 تيار الصهر الأدنى لمصهر خرطوشي

1/3/9 تيار العطل

1/3/10 حي

1/3/11 جزء حي

1/3/12 خط الخدمة

1/3/13 دارة مؤرضة

1/3/14 الربط

1/3/15 الشبكة الكهربائية

1/3/16 طرف التأريض

1/3/17 العطل

1/3/18 فرق الجهد الكهربائي

1/3/19 قطب مؤرض

1/3/20 قياد التأريض

1/3/21 قياد الربط

1/3/22 المغذي

1/3/23 مفاعل (مفاعلة) تأريض

1/3/24 مقاوم (مقاومة) تأريض

1/3/25 المكهر (الألكترود) الأرضي

1/3/26 منطقة المقاومة (المكهر أرضي)

1/3/27 موصل استمرارية التأريض

1/3/28 نظام مؤرض

كودة التأريض (2)

1/3/29 النظام الوقائي

الباب الثاني : ترتيبات التأريض والموصلات الوقائية

2/1 عام.....(10)

2/2 التوصيلات بالأرض.....(10)

2/2/1 ترتيبات التأريض

2/2/2 المكاهر الأرضية

2/2/3 موصلات التأريض

2/2/4 أطراف أو قضبان التأريض الرئيسية

2/3 الموصلات الوقائية.....(13)

2/3/1 مساحات المقاطع

2/3/2 أنواع الموصلات الوقائية

2/3/3 المحافظة على الاستمرارية الكهربائية للموصلات الوقائية

2/4 موصلات الربط الوقائية.....(21)

2/4/1 عام

2/4/2 موصلات ربط تساوي الجهد الرئيسية

2/4/3 موصلات الربط التكميلية

الباب الثالث : مقاومة التربة والمكاهر الأرضية

3/1 مقاومة التربة.....(23)

3/1/1 عام

3/1/2 اختيار الموقع

3/1/3 قيم مقاومات التربة

3/2 المكاهر الأرضية.....(25)

3/2/1 الأنواع

3/2/2 مقاومة المكهر الأرضي

3/2/3 قياس مقاومة الأرضي

3/2/4 مواد ومقاسات المكاهر الأرضية

3/2/5 ترتيب وتركيب المكاهر الأرضية وتوصيلات النظام الأرضي

3/3 الحسابات النظرية لمقاومة المكاهر الأرضية.....(31)

3/3/1 عام

3/3/2 المكاهر الأنبوبية والقضيبية

3/3/3 المقاومة الكهربائية لمختلف أنواع المكاهر

كودة التأريض (3)

الباب الرابع : حسابات الموصلات الوقائية

4/1 تحديد ممانعة عروة العطل الأرضي.....(36)

4/2 العلاقة بين زمن الفصل وتيار العطل الأرضي

4/2/1 المصاهر

4/2/2 قواطع الدارة

4/3 ممانعة عروة العطل الأرضي.....(52)

الباب الخامس : القياس والاختبار

5/1 القياس.....(57)

5/1/1 قياس مقاومية التربة

5/1/2 قياس مقاومة المكهر الأرضي

5/1/3 قياس ممانعة موصلات استمرارية التأريض

5/1/4 قياس ممانعة عروة العطل الأرضي

ملحق (أ) : المصطلحات الفنية.....(63)

المصادر.....(69)

المراجع.....(71)

الباب ال أول

عموميات (Generalities)

1/1 المجال (Scope)

يشمل هذا الكود التعريفات والمصطلحات المتعلقة بنظام التأريض وترتيبات التأريض والموصلات الوقائية ، كما يشمل المكاهر الأرضية ومقاومية التربة والحسابات النظرية لها ، هذا بالإضافة الى حسابات الموصلات الوقائية وطرق القياس والاختبار لنظام التأريض . ولا يشمل هذا الكود تأريض نظام الوقاية من الصواعق وتأريض أجهزة الاتصالات.

2/1 الهدف (Goal)

يهدف هذا الكود الى تقديم إرشادات لإنشاء نظام تأريض لنظام كهربائي بغرض الحد من جهد الموصلات الحاملة للتيار أثناء العطل بالنسبة للأرض والتي تشكل جزءا من نظام التأريض وكذلك للأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار الكهربائي المرافقة للمعدات والأجهزة المربوطة بنظام التأريض بهدف تأكيد سلامة الإنسان والحيوان والممتلكات.

3/1 تعريفات

تستخدم في هذا الكود التعريفات التالية بالإضافة الى التعريفات الواردة في الجزء الأول من مجلد الخدمات الكهربائية للمباني (كود التمديدات الكهربائية وتركيباتها).

3/1/1 الأرض (Earth):

الكتلة الكلية للأرض وتشمل كلمة الأرض كلا من التربة (Soil) والأرضية (Ground).

3/2/1 أطراف المستهلك (Consumer's Terminals):

نقاط التوصيل التي يوصل بها مصدر الطاقة الكهربائية في التركيبات الكهربائية.

3/3/1 التأريض (Earthing):

توصيل نقطة ما بالأرض.

3/4/1 تدرج الجهد عند نقطة (Potential Gradient at a Point):

الفرق في الجهد لكل وحدة طول مقاسا باتجاه النهاية العظمى له ، ووحدة قياسه العملية هي الفولط لكل وحدة طول.

1/3/5 تسرب التيار (Leakage of Current):

مرور تيار كهربائي في مسار غير مقرر له نتيجة لعزل غير كامل.

3/6/1 تيار أرضي (Earth Current):

تيار العطل المار الى الأرض.

1/3/7 تيار التسرب (Leakage Current):

تيار عطل ذو قيمة صغيرة جدا.

3/8/1 تيار الصهر الأدنى لمصهر خرطوشي:
(Minimum Fusing Current of a Cartridge Fuse)

أدنى تيار يذيب وصلة ذلك المصهر.

1/3/9 تيار العطل (Fault Current):

تيار يسري من أحد الموصلات الى الأرض أو الى موصل اخر بسبب وجود عيب في العزل.

1/3/10 حي (Live):

يكون الجسم حيا إذا تواجد فرق في الجهد بين ذلك الجسم والأرض.

1/3/11 جزء حي (Live Part):

موصل أو جزء من موصل يستخدم للتزود بالطاقة الكهربائية في الاستخدام العادي بما في ذلك الموصل الحيادي . ولا يعتبر موصل التأريض مضاعف الوقاية أنه جزء حي.

1/3/12 خط الخدمة (Service Line):

أي خط كهربائي يمكن تزويد الطاقة الكهربائية من خلاله إلى ا لمستهلك من قبل الجهة المختصة بتوزيع الطاقة الكهربائية.

3/13/1 دارة مؤرضة (Earthed Circuit):

دارة كهربائية تكون نقطة واحدة منها أو أكثر موصولة بالكتلة الكلية للأرض.

1/3/14 الربط (Bonding):

وصل الأجزاء المعدنية في المرفق كهربائيا ، بعضها ببعض.

3/15/1 الشبكة الكهربائية (Electrical Network):

مجموعة من عناصر دارة كهربائية مربوطة معا بحيث يمكن تمثيلها بفروع (Branches) وعقد (Nodes).

3/16/1 طرف التأريض (Earthing Terminal):

نقطة أو طرف توصيل في المعدات أو الأجهزة لغرض التوصيل بالأرضي .

3/17/1 العطل (Fault):

أي عيب في نظام أو جهاز أو موصل ما يضر بالتشغيل العادي.

3/18/1 فرق الجهد الكهربائي :(Electrical Potential Difference):

الفرق في الجهد بين نقطة ما والأرض.

كودة التأريض

1/3/19 قطب مؤرض (Earthed Pole):

نقطة أو خط في دارة كهربائية مربوط بالأرضي.

1/3/20 قياد التأريض (Earthing Lead):

الموصل الذي يربط المكهر الأرضي بنظام التأريض في المرفق.

1/3/21 قياد الربط (Bonding Lead):

الموصل النهائي الذي يصل الأجزاء المعدنية في المرفق كهربائيا بنظام التأريض لذلك المرفق.

1/3/22 المغذي (Feeder):

خط يغذي نقطة في شبكة توزيع ما بالتيار الكهربائي دون أن يتفوع عند أي نقطة متوسطة.

3/23/1 مفاعل (مفاعلة) تأريض (Reactance) (Earthing Reactor) :

عنصر ذو مفاعل يؤرض النظام من خلاله ، ويعمل على الحد من التيار الأرضي ، ويصل بين نقطة الوسط – (Mid Point) او نقطة الحيادي لنظام ما من جهة والأرضي من جهة أخرى.

3/24/1 مقاوم (مقاومة) تأريض (Resistance) (Earthing Resistor):

عنصر ذو مقاومة يؤرض النظام من خلاله ويعمل على الحد من التيار الأرضي، ويصل بين نقطة الوسط(Mid-Point) أو نقطة الحيادي لنظام ما من جهة والأرضي من جهة أخرى.

1/3/25 المكهر (الألكترود) الأرضي (Earth Electrode):

واحد أو اكثر من القضبان أو الشرائح أو الصفائح أو الموصلات المغروزة أو المدفونة في الأرض لتصل نظام التأريض في المرفق بالكتلة الكلية للأرض.

1/3/26 منطقة المقاومة (المكهر أرضي):
Resistance Area (of an Earth Electrode)

مساحة من الأرض تحيط المكهر يوجد فيها فرق في الجهد بين المكهر والكتلة الكلية للأرض لمرور تيار عطل أو تيار اختبار في المكهر.

1/3/27 موصل استمرارية التأريض (Earth Continuity Conductor):

الموصل الذي يصل طرف التأريض للمستهلك في المرفق بما في ذلك المرابط المعدنية ، بأجزاء التركيبات الكهربائية المراد تأريضها.

3/28/1 نظام مؤرض (Earthed System):

نظام يربط طرف تأريضه بالأرض مباشرة أو من خلال ممانعة.

3/29/1 النظام الوقائي (Protective System):

نظام يتكون من أجهزة وتوصيلات يستجيب الى الاضطراب (الفولطية المفرطة أو تموّر التيار current Surge) أو العطل الأرضي وغيرها)، ويقي النظام الكهربائي من التأثيرات الضارة التي قد تنتج عنه وذلك باستعزال (Isolating) الجزء المعطل.

الباب الثاني

ترتيبات التأريض والموصلات الوقائية
(Earthing Arrangements and Protective Conductors)

1/2 عام

يجب اختيار وتركيب كل وسيلة للتأريض وكل موصل وقائي بحيث تفي بمتطلبات التنظيمات الخاصة بالسلامة والأداء الصحيح للمعدات ذات العلاقة بالتمديدات الكهربائية.

2/2 التوصيلات بالأرض

2/2/1 ترتيبات التأريض :

(أ) يجب أن يكون طرف التأريض للمستهلك موصولا بالأرضي حسب نظام (TN-S) بحيث يتم توصيل طرف التأريض الرئيسي للمستهلك بالنقطة المؤرضة من مصدر الطاقة .

(ب) يجب أن تكون ترتيبات التأريض بحيث تتوفر فيها الشروط التالية :-

* تكون قيمة المقاومة من طرف التأريض الرئيسي للمستهلك الى النقطة المؤرضة من المورد لأنظمة (TN-S) طبقا للمتطلبات الوقائية والوظيفية للتركيبات على أن تكون فعالة باستمرار.
* تحمل جميع تيارات العطل الأرضي أو تيارات التسرب الأرضي التي يمكن أن تحدث من الاجهادات الحرارية أو الميكانيكية الحرارية أو الكهروميكانيكية وغير ذلك دون خطر.
* تكون متينة أو ذات وقاية ميكانيكية مناسبة لظروف التأثيرات الخارجية المتوقعة.

(ج) يجب أن تشتمل على الاحتياطات اللازمة للوقاية من مخاطر تلف الأجزاء المعدنية الأخرى الناتجة عن تأثير التحليل الكهربائي (Electrolysis).

(د) حيث يكون عدد من التركيبات ذا ترتيبات تأريض منفصلة (كل على حدة)، يجب أن يكون أي موصل وقائي يصل بين أي تركيبين منفصلين أما قادرا على حمل تيار العطل الأقصى المحتمل سريانه خلاله ، أو أن يكون مؤرضا داخل أحد التركيبين فقط ، ومعزولا عن ترتيبات التأريض لأي تركيب آخر . وفي الحالة الأخيرة إذا كان الموصل الوقائي يشكل جزءا من كبل فانه يجب أن يكون مؤرضا في التركيبات التي تحتوي على نبيطة الوقاية المرافقة فقط.

2/2/2 المكاهر الأرضية :

(أ) **يسمح باستخدام الأنواع التالية من المكاهر الأرضية :-**

* قضبان أو مواسير (Rods or Pipes)
* شرائط أو أسلاك (Strips or Wires)
* صفائح (Plates)

وتعتمد فعالية المكهر الأرضي على ظروف التربة الموضعية . ويجب اختيار مكهر واحد أو أكثر للحصول على مقاومة ملائمة لتناسب تلك الظروف.

(ب) يجب أن يكون نوع وعمق المكاهر الأرضية بحيث لا يسبب جفاف التربة أو تجمدها زيادة في مقاومة المكهر عن القيمة المطلوبة.

(ج) يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار الزيادة المحتملة في المقاومة الأرضية للمكهر الأرضي بسبب التآكل وذلك عند التصميم.

(د) يمنع استعمال التركيبات المعدنية في خدمات الغاز العمومية وخدمات المياه كمكاهر أرضية وقائية.

2/2/3 موصلات التأريض :

(أ) يجب أن يكون كل موصل تأريض مطابقا لمتطلبات المادة رقم (2/3).وبالإضافة الى ذلك يجب ألا تقل

مساحة مقطع موصل التأريض المدفون في التربة عما هو وارد في الجدول رقم (1). ويجب أن تكون سماكة الشرائح المستخدمة كموصلات أرضية مناسبة لتحمل التلف الميكانيكي والتآكل.

الجدول رقم (1)

أدنى مساحات مقاطع للموصلات الأرضية المدفونة

طريقة حماية الموصل الأرضي	محمي ميكانيكيا	غير محمي ميكانيكيا
محمي من التآكل	كما هو مطلوب في البند رقم (2/3/1)	(16) ملمتر مربع نحاس أحمر
غير محمي من التآكل	(25) ملمتر مربع نحاس أحمر	(25) ملمتر مربع نحاس أحمر

(ب) يجب عدم استعمال موصلات الألمنيوم أو موصلات الألومنيوم الملبسة بالنحاس الأحمر (Copper Clad) في توصيلات المكاهر الأرضية.

(ج) يجب أن يكون ربط موصل التأريض بالمكهر الأرضي أو بوسائل أخرى من نظام التأريض وثيقا كهربائيا وميكانيكيا.

(د) يجب وضع شريط دليلي فوق موصلات التأريض يبين وجودها وذلك حسبما هو وارد في البند الفرعي رقم (4/1/4و) من الباب الرابع من الجزء الأول (كود التمديدات الكهربائية وتركيباتها).

2/2/4 أطراف أو قضبان التأريض الرئيسية (Main Earthing Terminals or Bars):

(أ) يجب أن تزود التركيبات بطرف تأريض أو قضيب تأريض لربط الموصلات التالية بموصل التأريض :-

* الموصلات الوقائية
* موصلات الربط الرئيسية
* موصلات التأريض الوظيفية (إذا كانت مطلوبة). وهي موصلات تأريض تستخدم لأداء مهمة معينة.

(ب) يجب أن يحتوي نظام التأريض على علبة تفتيش يمكن الوصول اليها بسهولة وذلك من أجل فصل طرف التأريض الرئيسي عن باقي أجزاء نظام التأريض لغرض اختبار وقياس مقاومة نظام التأريض . ويجب أن تكون الوصلة (Joint) داخل العلبة قوية بحيث لا يمكن فصلها الا باستخدام أداة (Tool).

2/3 الموصلات الوقائية (Protective Conductors)

2/3/1 مساحات المقاطع (Cross – sectional Areas)

(أ) يجب أن تكون مساحة المقطع لكل موصل وقائي باستثناء موصل ربط تساوي الجهد (Equipotential Boding) كما يلي:-

* أما محسوبة طبقا لما هو وارد في البند الفرعي رقم (2/3/1ب) .
* أو مختارة طبقا لما هو وارد في البند الفرعي رقم (2/3/1ج).

كما يجب ألا تقل مساحة مقطع الموصل الوقائي في أي حال عما يلي:-

* (2.5)ملمتر مربع إذا زود بالوقاية الميكانيكية.
* (4.0)ملمتر مربع إذا لم يزود بوقاية ميكانيكية.

على ألا يشكل ذلك الموصل جزءا من كبل.

ويجب أن تكون مساحات مقاطع موصلات ربط تساوي الجهد مطابقة لما هو وارد في المادة رقم (2/4) . أما مساحات مقاطع موصلات التأريض المدفونة في الأرض فيجب أن تكون مطابقة لما هو وارد في البند الفرعي رقم (2/2/3أ).

(ب) يجب ألا تكون مساحة المقطع المحسوبة أقل من القيمة الناتجة من المعادلة التالية والتي تنطبق فقط على أزمان الفصل التي لا تزيد عن (5) ثوان :-

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

حيث :

S = مساحة المقطع بالمليمتر المربع،

I = قيمة تيار العطل (ج و م) للتيار المتناوب لعطل ذي ممانعة صغيرة نسبيا والذي يمكن أن ينساب من خلال نبيطة الوقاية المعنية (بالأمبير).كما يجب أخذ أثر ممانعات الدارة وامكانية النبائط الوقائية في الحد من التيار (Current Limiting Capability) في الحسبان.

t = زمن تشغيل نبيطة الفصل (بالثواني) المرافقة لتيار العطل (I)بالأمبير.

K = عامل يعتمد على مادة الموصل الوقائي والعزل والأجزاء الأخرى ودرجات الحرارة الابتدائية والنهائية ، ووحدته أمبير × $\sqrt{\text{ثانية}}$ /ملمتر مربع.

تكون قيم (K) للموصلات الوقائية كما هي واردة في الجداول ذات الأرقام (2) و (3) و (4)و (5).

(ج) في حالة عدم حساب أدنى مساحة مقطع للموصل الوقائي طبقا لما ورد في البند الفرعي رقم (2/3/1ب) فإنه يمكن اختيارها طبقا للجدول رقم (6) أو الجدول رقم (7).

الجدول رقم (2)

قيم العامل (k) للموصلات الوقائية المعزولة غير المشتركة في كبل ، أو الموصلات الوقائية العادية الملامسة لغطاء الكبل

مادة الموصل	قيمة (k) وفقا لعزل الموصل الوقائي أو غطاء الكبل		
	*PVC	مطاط	مادة مصلدة حراريا
	مبلمر كلوريد الفينيل	(85)°س	(90)° س
نحاس أحمر	(143)	(166)	(176)
ألومنيوم	(95)	(110)	(116)

فولاذ	(52)	(60)	(64)
درجة الحرارة الابتدائية المفترضة	(30)° س	(30)° س	(30)° س
درجة الحرارة النهائية	(160)° س	(220)° س	(250)° س

* حسب المواصفات القياسية الأردنية رقم (م ق أ/387/1984).

الجدول رقم (3)

قيمة العامل (k) للموصل الوقائي الذي يشكل قلبا في كبل

مادة الموصل	قيمة (k) وفقا لعزل الموصل الوقائي أو غطاء الكبل		
	PVC* مبلمر كلوريد الفينيل	مطاط	مادة مصلدة حراريا
نحاس أحمر	115	134	143
ألومنيوم	76	89	94
درجة الحرارة الابتدائية المفترضة	(70)°س	(85)°س	(90)°س
درجة الحرارة النهائية	(160)°س	(220)°س	(250)°س

*حسب المواصفات القياسية الأردنية رقم (م ق أ/387/1984).

الجدول رقم (4)

قيمة العامل (k) للموصلات الوقائية التي تشكل قرابا أو تسليحا للكبل

مادة الموصل	قيمة (k) وفقا لعزل الموصل الوقائي أو غطاء الكبل		
	PVC* مبلمر كلوريد الفينيل	مطاط	مادة مصلدة حراريا
	(60)°س	(85)°س	(90)°س
فولاذ	44	44	54
ألومنيوم	81	93	98
رصاص	22	26	27
درجة الحرارة الابتدائية المفترضة	(60)°س	(75)°س	(80)°س
درجة الحرارة النهائية	(160)°س	(220)°س	(250)°س

* حسب المواصفات القياسية الأردنية رقم (م ق أ/387/1984).

الجدول رقم (5)

قيمة العامل (K) للموصلات العارية عندما لا يكون هناك خطر إتلاف لأي مواد مجاورة نتيجة للرجات الحرارة المبينة

مادة الموصل	قيمة (k) في الظروف المختلفة		
	*مرئي وفي مناطق مقيدة	ظروف عادية	أخطار حريق
نحاس أحمر	228	159	138
ألومنيوم	125	105	91
فولاذ	82	58	50
درجة الحرارة الابتدائية المفترضة	(30) °س	(30) °س	(30) °س
درجة الحرارة النهائية:			
موصلات نحاس أحمر	(500) °س	(200) °س	(150) °س
موصلات ألومنيوم	(300) °س	(200) °س	(150) °س
موصلات فولاذية	(500) °س	(200) °س	(150) °س

* تطبق درجات الحرارة المشار إليها في حالة عدم إضرارها بنوعية نقاط الربط فقط

جدول رقم (6)

العلاقة بين مساحة مقطع موصل الطور ومساحة مقطع الموصل الوقائي

مساحة مقطع أكبر موصل للطور (S)	أدنى مساحة مقطع للموصل الوقائي (SP)
(ملم 2)	(ملم2)
$S \le 16$	$SP \ge \frac{S}{2}$
$25 \le S \le 50$	SP = 16
$70 \le S \le 150$	SP = 50
$185 \le S \le 630$	SP = 70

جدول رقم (7)

مساحات مقاطع الموصلات الوقائية المقابلة لمساحة مقطع أكبر موصل للطور

مساحة مقطع أكبر موصل للطور	مساحة مقطع قياد التأريض	مساحة مقطع موصل استمرارية التأريض	مساحة مقطع قياد الربط
(ملم 2)	(ملم 2)	(ملم 2)	(ملم 2)
2.5 – 1.5	6	+ * 1.0	+ * 1.0
6 - 4	6	+ 2.5	+ * 1.0
16 – 10	6	6	+ 2.5
50 – 25	16	16	6
150 – 70	50	50	16
630 – 185	70	70	50

* (1.5) ملم 2 عندما تكون موصلات استمرارية التأريض أو قيادات الربط غير مغلفة.

\+ (6) ملم 2 عند ربط أعمال معدنية أخرى عند نقاط دخولها للمباني.

هذا ، ويمكن استخدام القاعدة العامة التالية :-

يجب ألا تقل مساحة مقطع الموصل الوقائي عن (50) بالمائة من مساحة مقطع الموصل الأكبر، ولأسباب اقتصادية يجب ألا تزيد تلك المساحة عن (70) ملمتر مربع.

2/3/2 أنواع الموصلات الوقائية:

(أ) يجب أن يفي كل موصل وقائي بالمتطلبات المناسبة الواردة في المادة رقم (4/2) من الجزء الأول (كود التمديدات الكهربائية وتركيباتها)، وأن يفي بالمتطلبات الواردة في البنود الفرعية التالية من (ب) الى (و).

(ب) يجب أن يمرر الموصل الوقائي في الدارة النهائية الحلقية (باستثناء الموصل المكون من الغطاء المعدني أو غلاف الكبل) بشكل حلقي يربط طرفاه بالطرف الأرضي عند منبع الدارة.

(ج) يمنع استعمال المواسير بجميع أنواعها كموصلات وقائية.

(د) يجب عدم استعمال الأجزاء الموصلة المكشوفة من المعدات لتشكل جزءا من الموصلات الوقائية لمعدات أخرى.

(هـ) يجب عدم استعمال الأجزاء الموصلة الخارجية كموصلات وقائية.

(و) يمكن أن يكون الموصل الوقائي جزءا من كبل شريطة أن يستوفي المتطلبات الواردة في المواصفات القياسية الأردنية رقم (م ق أ/387/1984)

3/3/2 المحافظة على الاستمرارية الكهربائية للموصلات الوقائية :
(Preservation of Electrical Continuity of Protective Conductors)

(أ) يجب أن تكون الموصلات الوقائية محمية بطريقة مناسبة من التلف الميكانيكي والكيميائي والتأثيرات الكهروحركية ، كما يجب أن يكون كل موصل وقائي ذا مساحة مقطع تصل الى (6) ملمترات مربعة ، وألا يشكل جزءا من كبل ، وأن يكون محميا على طوله كاملا بعزل يكافئ على الأقل عزل كبل أحادي القلب لاقرابي ذي مقاس مناسب مطابق للمواصفات القياسية الأردنية رقم (م ق أ/387/1984) . وهذا المتطلب لا ينطبق على شريط النحاس الأحمر المستعمل كموصل وقائي.

(ب) يجب أن يكون ربط الموصلات الوقائية مطابقا لما هو وارد في البند الفرعي رقم (4/2/5أ) من الجزء الأول (كود التمديدات الكهربائية وتركيباتها) لكي يسهل الوصول اليه. وينطبق ذلك أيضا على جميع الموصلات الوقائية من جميع الأنواع.

(ج) يجب عدم إدخال أي نبيطة إبدال في أي موصل وقائي ، ولكن يسمح باستخدام الوصلات التي يمكن فصلها باستعمال أداة لأغراض الاختبار والكشف.

2/4 موصلات الربط الوقائية (Protective Bonding Conductors)

4/1/2 عام:

يجب استعمال موصلات النحاس الأحمر لربط أنابيب المياه التي يحتمل أن يتكرر تعرضها للتكثيف (Condensation) عند الاستعمال العادي بنظام التأريض.

2/4/2 موصلات ربط تساوي الجهد الرئيسية :

:(Main Equipotential Bonding Conductors)

(أ) يجب ألا تقل مساحة مقطع كل من موصلات ربط تساوي الجهد الرئيسية عن نصف مساحة مقطع موصل التأريض للتركيبات الكهربائية وبحد أدنى مقداره (6) ملمترات مربعة.

(ب) يجب أن تربط التوصيلات الرئيسية لربط تساوي الجهد بين الأنابيب المعدنية الخاصة بخدمات المياه أو الغاز بحيث تكون نقاط الربط قريبة قدر الإمكان من نقطة دخول تلك الخدمات الى المرفق. و إذا وجدت أجزاء عازلة عند تلك النقاط فانه يجب أن يتم الربط بالأعمال المعدنية في جهة المستهلك من تلك الأجزاء . كما يجب عمل قنطرة معدنية تصل جزئي الأنابيب المعدنية اللذين يفصل بينهما الجزء العازل.

2/4/3 موصلات الربط التكميلية :(Supplementary Bonding Conductors)

(أ) يجب ألا تقل مساحة مقطع موصل الربط التكميلي الذي يصل جزأين مكشوفين عن مساحة مقطع أصغر موصل وقائي مربوط بالأجزاء الموصلة المكشوفة وبحد أدنى (2.5)ملمتر مربع إذا لم تتوفر الوقاية الميكانيكية.

(ب) يجب ألا تقل مساحة مقطع موصل الربط التكميلي الذي يصل الأجزاء الموصلة المكشوفة بالأجزاء الموصلة الدخيلة عن مساحة مقطع الموصل الوقائي الموصول بالجزء الموصل المكشوف وبحد أدنى مقداره (2.5) ملمتر مربع إذا توفرت الوقاية الميكانيكية له أو (4) ملمترات مربعة إذا لم تتوفر الوقاية الميكانيكية.

(ج) يجب ألا تقل مساحة مقطع موصل الربط التكميلي الذي يصل جزأين موصلين دخيلين عن (2.5)ملمتر مربع اذا توفرت الوقاية المكيانيكية له أو (4) ملمترات مربعة اذا لم تتوفر الوقاية الميكانيكية.

(د) يمكن إجراء الربط التكميلي بوساطة أجزاء موصلة دخيلة مناسبة ذات طبيعة دائمة و موثوقة (Permanent Nature and Reliable) أو بوساطة موصلات تكميلية أو خليط منها.

الباب الثالث

مقاومية التربة والمكاهر الأرضية
(Soil Resistivity and Earth Electrodes)

3/1 مقاومية التربة

1/1/3 عام :

تعتمد مقاومة المكهر الأرضي ذي الأبعاد المعلومة على مقاومية التربة التي يمدد فيها ذلك المكهر ، إذ أن توصيلية الأرضي تتأثر بمحتويات التربة من الرطوبة وبالتركيب الكيمائي لها وتركيز الأملاح الذائبة في الماء الذي تحتويه تلك التربة. كما أن حجم حبيبات تلك التربة وكذلك توزيعها وتراصها تعتبر عوامل ذات تأثير على مقاوميتها. وتتغير معظم تلك العوامل حسب مكان المكهر وبعضها يتغير مع فصول السنة.

3/1/2 اختيار الموقع (Selection of Location):

(أ) بما أن الطبيعة الأساسية للتربة وخصائصها في موقع معين لا يمكن تغييرهما فانه يمكن الاستفادة من الظروف الموضعية لاختيار الموقع المناسب للمكهر وتحضير ذلك الموقع لضمان مقاومية مثالية للتربة كما يلي:-

* حيث يكون هناك مجال لاختيار الموقع ، تكون الأولوية في الاختيار حسب الترتيب التالي :-

- التربة المستنقعية المبللة (Wet Marshy Ground).
- التربة الطينية (Clay) ، التربة الطفالية (Loamy)، التربة الصالحة للزراعة (Arable)، التربة الطفالية المخلوطة بكميات قليلة من الرمل.
- تربة من الطين و الطفال مخلوطة بنسب متفاوتة من الرمل والحصى والحجلرة.

- تربة من الرمل الرطب (Damp Sand) ، تربة من الرمل المبلل (Wet Sand) ، تربة تحتوي على نباتات متحللة (Peat)

يجب تجنب الرمل الجاف والحصى والطباشير والحجر الجيري و الغرانيت وأي تربة ذات حجلرة كثيرة وجميع الأماكن التي تكون الصخور فيها قريبة من السطح.

* يجب اختيار موقع لا يكون بطبيعته مصرفا جيدا للماء. كما أن الموضع المبتل بالماء ليس ضروريا ما لم تكن التربة رملا أو حصى ، حيث لا فائدة بشكل عام من زيادة نسبة الرطوبة في التربة الى أكثر من (20) بالمائة . ويجب تجنب الموقع الذي يبقى رطبا نتيجة لانسياب الماء فوقه (أرضية جدول ماء) لان الأملاح اللازمة لتخفيف مقاومية التربة قد تزاح منها كليا.

* يجب وضع المكاهر الصفيحية (Plate Electrodes) في تربة ذات تكوين ناعم ترص بالرش بالماء وتدك حتى تماسك معقول . وإذا أمكن ، يجب تنخيل التربة وتكسير جميع الكتل وإزالة الحجارة في المنطقة المجاورة مباشرة للمكهر.

* يجب الاستفادة قدر الإمكان من الأملاح الطبيعية الموجودة في التربة والناتجة من تأثير البكتيريا على الخضراوات والمواد المتعفنة . كما أن مقاومية التربة التي تنمو فيها الخضراوات تكون أدنى من مقاومية التربة نفسها عند غياب الخضروات عنها.

3/1/3 قيم مقاوميات التربة :

يبين الجدول رقم (8) أنواعا مختلفة من التربة ومقاومياتها كدليل لأغراض التصميم.

جدول رقم (8)

أنواع التربة ومقاومياتها

نوع التربة	أرض مستنقعيه Marshy Ground	تربة طفالية تربة طينية وتربة زراعية Loamy,Marshy & Arable Soil	رمل رطب Wet Sand	حصوطب حصجاف Wet Dry Gravel	رمل جاف Dry Sand	أرض حجرية Stony Ground
مقاومية التربة (ρ) أوم .متر	30	100	200	500	1000	3000

3/2 المكاهر الأرضية

3/2/1 الأنواع

تكون المكاهر بشكل عام من الأنواع الواردة في البند الفرعي رقم (2/2/2أ) و أهم تلك الأنواع هي :

(أ) **المكاهر الأرضية الشريطية :**

وهي مكاهر مكونة من شرائط أو من مادة ذات مقطع دائري أو من موصلات مجدولة تدفن على عمق صغير تحت الأرض .كما يمكن أن تدفن في الأرض كشرائط مستقيمة أو تأخذ شكلا شعاعيا أو حلقيا أو شبكيا أو خليطا مما سبق.

(ب) **المكاهر الأرضية القضيبية :**

مكاهر أرضية مكونة من قضبان أو أنابيب تغرز في الأرض.

(ج) **المكاهر الصفيحية:**

مكاهر أرضية مكونة من صفائح معدنية مصمتة أو مخرمة أو منبسطة وتكون بشكل عام مدفونة في الأرض على عمق كبير.

(د) **نقاط الربط :**

تعتبر الأجزاء الموصلة العارية المدفونة والمستخدمة في ربط المكاهر معا تحت الأرض جزءا من المكهر الأرضي.

3/2/2 مقاومة المكهر الأرضي:

تعتمد مقاومة المكهر الأرضي (مقاومة التبديد) على طبيعة وحالة التربة (مقاومية التربة) وعلى أبعاد وترتيبات المكاهر. ويبين الجدول رقم (9) قيما متوسطة لمقاومة المكهر الأرضي ذي الأبعاد الشائعة الاستعمال في تربة مقاوميتها (100) أوم .متر وحسب الأنواع الواردة في الجدول رقم (10).

3/2/3 قياس مقاومة المكهر الأرضي:

يجب أن تكون مقاومة نظام التأريض قابلة للقياس كما يجب أن تتوفر الوصلات ذات البراغي السهلة المنال التي يمكن فكها وربطها كما هو ورد في البند الفرعي رقم (3/2/5ب) لتسهيل عملية القياس لكل مكهر على حدة . هذا ، وليس بالضرورة استنتاج المقاومة الكلية لنظام التأريض من القياسات المنفردة لاجزائه.

الجدول رقم (9)

مقاومات المكاهر الأرضية

نوع المكهر الأرضي مجدول	شريط أو موصل				قضيب أو أنبوب				صفيحة مغروزة رأسيا حافتها العليا على عمق (1) م تحت سطح الأرض تقريبا	
	الطول (م)				الطول (م)				المقاس (م × م)	
المقاس	10	25	50	100	1	2	3	5	0.5 x 1.0	1.0 x 1.0
مقاومة المكهر الأرضي(أوم)	20	10	5	3	70	40	30	2	35	25

يمكن حساب مقاومة المكهر الأرضي في تربة ذات مقاومية تساوي (ρ) بضرب القيمة المأخوذة من هذا الجدول في النسبة (ρ/100).

2/4/3 مواد ومقاسات المكاهر الأرضية:

(Materials and Dimension of Earth Electrodes)

(أ) المواد المناسبة للاستعمال كمكاهر أرضية هي النحاس الأحمر (Copper) أو الفولاذ المغلفن بالغمس الساخن – (Hot dip Galvanized Steel) أو الفولاذ المغطى بالنحاس الأحمر.

(ب) كون المقاسات الدنيا للمكاهر الأرضية كما هي واردة في الجدول رقم (10) وذلك من وجهة النظر المتعلقة بالتآكل والتيار المقرر.

(ج) عند استخدام المكاهر الأرضية للتحكم بالجهد الكهربائي فان أدنى مساحة مقطع للمكهر في حالة استعمال النحاس الأحمر يجب أن تكون (10) ملمترات مربعة . وفي حالة استعمال الفولاذ المغلفن بالغمس الساخن أو الفولاذ المغطى بالنحاس الأحمر (Copper Plated) يجب أن تكون (16) ملمتر مربع.

وحيث يتوقع وجود تآكل غير عادي في التربة ، وحيث تستعمل صفائح أو موصلات مجدولة كمكاهر أرضية فانه ينصح بألا تقل مساحات مقاطعها عن (1.5) مرة من المساحات الواردة في الجدول رقم (10).

جدول (10)

المقاسات الدنيا للمكاهر الأرضية

نوع المكاهر الأرضية	فولاذ مغلفن بالغمس الساخن	فولاذ مغطى بالنحاس الأحمر	نحاس أحمر
مكاهر بشكل شرائط (Strips)	شريط فولاذ مساحة مقطعه (100) ملم2 لا تقل سماكته عن (3) ملم		شريط نحاس أحمر مساحة مقطعه (50) ملم2 لا تقل سماكته عن (2) ملم.
مكاهر بشكل موصلات (Conductors)	موصل مجدول (95) ملم2 (ليس من أسلاك رفيعة)	مساحة مقطعه (50) ملم2 ولا تقل سماكة النحاس عن (2.5) ملم	موصل مجدول مساحة مقطعة (35) ملم2 (ليس مكونا من أسلاك رفيعة).
المكاهر الأرضية القضيبية (Rods)	أنبوب فولاذ لين بقطر خارجي (25.4) ملم	فولاذ قطر (15) ملم مغطى بالنحاس الأحمر بسماكة لا تقل عن (2.5) ملم	قضيب نحاس أحمر مساحة مقطعه (50) ملم2
	أو مقاطع قضبان أخرى مكافئة		سلك أو موصل مجدول مساحة مقطعه (35) ملم 2(ليس مكونا من أسلاك رفيعة)
			أنبوب نحاس أحمر (3) ملم سماكة جداره وقطره الخارجي (30) ملم.
المكاهر الصفيحية	صفيحة فولاذ سماكة (3) ملم		صفيحة نحاس أحمر سماكة (2) ملم

2/5/3 ترتيب وتركيب المكاهر الأرضية و توصيلات النظام الأرضي :

(Arrangement and Construction of Earth-Electrodes and Earthing System Connections)

(أ) ترتيب وتصميم المكاهر الأرضية:

(1) عند اختيار وترتيب المكاهر الأرضية يجب أخذ الظروف الموضعية وطبيعة الأرض ومقاومة المكهر الأرضي المسموح بها في الحسبان.

(2) يجب أن يلامس المكهر الأرضي التربة المحيطة بشكل جيد ، وتفضل الطبقة الجيولوجية ذات التوصيلية الجيدة لتقليل التكاليف . كما يجب أن تسقى التربة غير المتماسكة (Non –binding Soil) بحيث تشكل ملاطا رقيق القوام (Slurry)، حيث أن الحجارة والحصى الخشن المجاورة مباشرة للمكهر الأرضي تزيد من مقاومته . وتعتمد مقاومة المكاهر الشريطية والقضيبية بشكل رئيسي على طولها ومساحة مقطعها.

(3) يجب دفن المكاهر الشريطية بشكل عام الى عمق يتراوح ما بين (0.5)متر و (1)متر إذا كانت ظروف التربة تسمح بذلك. كما يجب أخذ العلاقة بين مقاومة المكهر الأرضي ومحتويات الطبقة السطحية من الرطوبة والصقيع في الحسبان . ويعتمد طول المكهر الشريطي على مقاومة المكهر الأرضي المطلوبة كما هو موضح في الجدول رقم (10) هذا، مع الأخذ بعين الاعتبار أن القيم الواردة في الجدول رقم (9) من العمود الثاني حتى العمود الخامس تعود الى المكاهر الشريطية المدفونة بشكل مستقيم والتي تعطي أدنى مقاومة للمكهر الأرضي. علما بأن دفنها بطرق أخرى (بشكل متعرج Zig – Zag أو تموجي مثلا) يزيد من مقاومة المكهر الأرضي للطول ذاته من المكهر.أما بالنسبة للمكاهر الشعاعية فيجب أن يكون ترتيبها متماثلا، كما يجب ألا تقل الزاوية بين الأذرع المتجاورة عن (60) درجة، علما بأن استخدام أكثر من ستة أذرع لا يعطي بشكل عام تخفيضا مقبولا في مقاومة المكهر نظرا للتأثيرات المشتركة لها.

(4) يفضل غرز المكاهر القضيبية رأسيا في الأرض. ويعتمد طولها على مقاومة المكهر المطلوبة كما هو وارد في الجدول رقم (9).و اذا استلزم الأمر استعمال عدد من المكاهر الأرضية القضيبية للحصول على المقاومة المنخفضة المطلوبة للمكهر الأرضي

فان تلك المكاهر يجب أن تتباعد بعضها عن بعض بمسافات لا تقل عن ضعف طول كل منها. و اذا كانت المكاهر القضيبية الموصولة على التوازي غير فعالة على طولها كاملا(عندما تكون التربة السطحية جافة أو متجمدة مثلا) ، فيجب أن يكون الحد الأدنى للمسافات بين المكاهر مساويا ضعف الطول الفعال.

(5) يجب أن تدفن المكاهر الصفيحية رأسيا في التربة.ويعتمد مقاسها على المقاومة المطلوبة كما هو وارد في الجدول رقم (9).وبشكل عام تستعمل صفائح ذات مقاس يساوي (1) متر × (0.5) متر على أن تكون الحافة العلوية للصفيحة على عمق لا يقل عن (1) متر تحت سطح الأرض.وعند استعمال عدد من الصفائح للحصول على مقاومة منخفضة يجب ألا يقل التباعد بين المكاهر عن (3) متر. مع الأخذ بعين الاعتبار أنه للحصول على

المقاومة ذاتها فان المكاهر الصفيحية تتطلب كمية مادة مكهر أكثر مما تتطلبه المكاهر الشريطية أو القضيبية.

(ب) تصميم التوصيلات الأرضية:

(1) لاعتبارات المتانة الميكانيكية يجب أن تكون أدنى مساحة مقطع لموصلات التأريض كما يلي:-

* للتمديدات الدائمة والمحمية ميكانيكيا. (2.5) ملمتر مربع من النحاس الأحمر.
* للتمديدات الدائمة غير المحمية ميكانيكيا.

(4) ملمترات مربعة من النحاس الأحمر.

(2) لا يسمح باستعمال موصلات الألومنيوم.

(3) في السقوف حيث تمر الموصلات من خلال الجدران، وحيث يوجد خطر معين من التلف الميكانيكي، يجب أن تكون التوصيلات الأرضية محمية بشكل دائم.

(4) لاختبار مقاومة المكهر الأرضي يجب أن تتوفر نقطة فصل سهلة المنال في توصيلات الأرضي، ويفضل أن تكون هذه النقطة في مكان فيه وصلة.

(5) يجب أن تكون نقطة الربط بالمكهر الأرضي قوية ميكانيكيا، كما يجب أن تضمن ربطا كهربائيا وثيقا باللحام أو البراغي القافلة (Locking Bolts) أو القامطات. وعند استعمال القامطات فان البراغي يجب أن تكون ذات مقاس لا يقل عن (M_{10}).

(6) يجب أن تكون الوصلات المدفونة محمية من التآكل.

(7) يجب أن تكون التوصيلات الأرضية فوق الأرض مرئية.وإذا كانت مغلفة فيجب أن تكون سهلة المنال، كما يجب أن تكون محمية من التلف الميكانيكي والكيميائي. ويجب – بشكل عام – عدم استخدام المبدلات أو التوصيلات التي يمكن فكها بسهولة دون استعمال أدوات.

(8) يجب أن تضمن التوصيلات الأرضية المشتركة بشكل عام، ربطا كهربائيا دائما وموثوقا.هذا، مع الآخذ بعين الاعتبار أنه يسمح باستعمال التوصيلات الملحومة والمقلوظة و المقموطة. وللموصلات المجدولة يسمح باستعمال الرابطات الكمية وكذلك المضغوطة والمبرشمة والمقلوظة. كما يجب حماية الرابطات المقلوظة – بما في ذلك المسامير المقلوظة التابعة لها – من التآكل المحتمل

3/3 الحسابات النظرية لمقاومة المكاهر الأرضية
(Theoretical Calculations of Earth Electrodes Resistance)

3/3/1 عام:

تعتمد مقاومة أي مكهر مدفون في الأرض على مكاثفة (Capacitance)ذلك المكهر ونظيره في الفراغ الحر حيث تتطابق خطوط إنسياب التيار الكهربائي مع خطوط القوة الكهربائية الساكنة

(الكهروستاتيكية) التي ستظهر لو كانت الأرض مادة عازلة وأمكن اعتبار المكهر مع نظيره الوهمي على سطح الأرض في الفراغ الحر. ويعبر عن ذلك بالمعادلة التالية : –

$$R = \frac{\rho}{4\pi C}$$

حيث :

R = المقاومة في الوسيط اللامتناهي بالأوم.

ρ = مقاومية الوسيط بالأوم سنتمتر.

C = مكاثفة المكهر ونظيره الوهمي في الفراغ الحر بالفراد الساكنStat)

(Farad حيث الفراد الساكن = 1.112650 فراد .

وفي الحالة العملية يقسم الوسيط الى قسمين بوساطة مستوى سطح الأرض فتصبح العلاقة كما يلي:–

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

وهكذا فانه اذا كانت مكاثفة أي شكل من أشكال المكاهر معلومة في الفراغ الحر بالإضافة الى مقاومية التربة فانه يمكن حساب مقاومة المكهر.علما أن تلك المكاثفة معلومة لبعض أشكال المكاهر البسيطة . كما يمكن استعمال التقريب بدقة كافية في حالات معينة أخرى.

3/3/2 المكاهر الأنبوبية والقضيبية :

تحسب مقاومة المكهر القضيبي أو الأنبوبي من المعادلة التالية :–

$$R = 0.36 \frac{p}{\ell} \log_{10} \frac{3\ell}{d}$$

حيث :

ρ = المقاومية الحجمية للتربة بالأوم سنتمتر.

ℓ = طول المكهر بالسنتمتر.

D = قطر مقطع المكهر بالسنتمتر .

3/3/3 المقاومة الكهربائية لأنواع مختلفة من المكاهر:

يبين الجدول رقم (11) المعادلات العملية التي تحسب منها مقاومة بعض المكاهر الأرضية ذات الأشكال والأوضاع المختلفة.

الجدول رقم (11)

معادلات لحساب مقاومة مكاهر مختلفة الأشكال و الأوضاع

شكل المكهر	وصف المكهر وأبعاده وطريقة تمديده	المعادلة المستعملة لحساب قيمة (R) بالأوم
	مكهر بشكل نصف كرة نصف قطرها (a) سم	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	مكهر بشكل قضيب مستدير المقطع طوله (L) سم ونصف قطر مقطعه (a) مغروز في الأرض بوضع رأسي.	$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right)$
••	مكهران كل منهما بشكل قضيب مستدير المقطع طوله L) (سم ونصف قطر مقطعه (a) سم مغروزان في الأرض بوضع رأسي والبعد بينهما ملاحظ (s)سم حيث s< L.	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \ldots\right)$
—	مكهر عبارة عن سلك مدفون بوضع أفقي في الأرض على عمق $\frac{S}{2}$ سم طوله (2L) سم ونصف قطر مقطعه (a) سم.	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \ldots\right)$
*	مكهر بشكل نجمة ثمانية من قضبان متشابهة طول كل من أذرعها (L)سم ونصف قطر مقطع ذراعها (a) سم مدفون في الأرض على عمق $\left(\frac{S}{2}\right)$ سم.	$R = \frac{\rho}{16\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 1098 - 551\frac{s}{L} + 326\frac{s^3}{L^3} - 117\frac{s^4}{L^4} \ldots\right)$
	مكهر مكون من سلك قطره (d) سم بشكل حلقة قطرها	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D}\left(\ln\frac{8D}{d} + \ln\frac{4D}{s}\right)$

(D)سم مدفون في الأرض على عمق $\left(\frac{S}{2}\right)$سم.

ρ = مقاومية التربة أوم /سنتمتر مكعب أو ميغا أوم /متر مكعب. (IEEE – Std . 142 – 1977)

تابع الجدول رقم (11)

معادلات لحساب مقاومة مكاهر مختلفة الأشكال والأوضاع

شكل المكهر	وصف المكهر وأبعاده وطريقة تمديده	المعادلة المستعملة لحساب قيمةR بالأوم
	مكهر مكون من شريحة طولها(2L) سم ومقطعها ذو بعدين (a) سم،(b) سم مدفون بوضع أفقي في الأرض على عمق $\left(\frac{S}{2}\right)$سم حيث $b < \frac{a}{8}$	$R = \frac{\rho}{4\,L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \frac{a^2 - ab}{2(a+b)^2} + \ln\frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots\right)$
	مكهر بشكل صفيحة مستديرة نصف قطرها (a)سم مدفون في الأرض بوضع رأسي على عمق $\left(\frac{S}{2}\right)$سم	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 - \frac{7}{12}\frac{a^2}{s^2} + \frac{33a^4}{40\,s^4} \dots\right)$
	مكهر بشكل صفيحة مستديرة نصف قطرها (a)سم مدفون في الأرض بوضع رأسي على عمق $\left(\frac{S}{2}\right)$سم	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 + \frac{7}{24}\frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320}\frac{a^4}{s^4} \dots\right)$

ρ = مقاومية التربة أوم /سنتمتر مكعب أو ميغا أوم/متر مكعب
(IEEE-Std.142 – 1977)

الباب الرابع

حسابات الموصلات الوقائية
(Protective Conductors Calculations)

4/1 تحـديد ممانعة عـروة العطل الأرضي
(Limitation of Earth Fault Loop Impedance)

4/1/1 كما ورد في البند الفرعي رقم (2/3/1أ) تحسب مساحة مقطع الموصل الوقائي طبقا لما ورد في البند الفرعي رقم (2/3/1ب) ، أو تختار طبقا لما ورد في البند الفرعي رقم (2/3/1ح).

4/1/2 لكي تستعمل المعادلة الواردة في البند الفرعي رقم (2/3/1ب) ، فانه من الضروري معرفة خاصية نبيطة الوقاية من التيار المفرط التي تربط الزمن بالتيار في الدائرة المعنية . وتبين تلك الخاصية أقصى زمن للفصل للنبيطة المعنية.

4/1/3 على افتراض أن مقاس الكبل الذي سيستعمل ونوعه قد حددا من قبل طبقا لاعتبارات أخرى مثل قيمة تيار التصميم للدارة وهبوط الفولطية المسموح به تحت ظروف تحميل عادية ، فان المرحلة الأولى هي حساب ممانعة عروة العطل الأرضي (Z_s) . وإذا كان الكبل الذي سيستعمل لا يتضمن موصلا وقائيا فانه يجب اختبار ذلك الموصل بشكل مستقل.

1/4/4 يمكن اهمال محاثة الكبال التي تقل مساحة مقطعها عن (35) ملمتر مربع بحيث اذا استعملت تلك الكبال في الدارات الشعاعية فان ممانعة عروة العطل الأرضي (Z_s) تحسب من المعادلة التالية:-

$$Z_s = Z_E + R_1 + R_2$$

حيث :

Z_s = ممانعة عروة العطل الأرضي كمقدار عقدي بالأوم.

Z_E = ذلك الجزء من ممانعة عروة العطل الأرضي خلال الدارة المعنية كمقدار عقدي بالأوم.

R_1 = مقاومة موصل الطور مقاسة من منبع الدارة الى أبعد مخرج مقبس أو نقطة استخدام بالأوم.

R_2 = مقاومة الموصل الوقائي مقاسه من منبع الدارة الى ابعد مخرج مقبس او نقطة استخدام أخرى بالأوم .

وحيث تستعمل الكبال في الدارات الحلقية دون دارات طفيلية فان ممانعة عروة العطل الأرضي Z_S تحسب من المعادلة التالية:-

$$Z_s = Z_E + 0.25R_3 + 0.25R_4 \qquad \text{(أوم)}$$

حيث :

Z_s = ممانعة عروة العطل الأرضي كمقدار عقدي بالأوم

Z_E = ذلك الجزء من ممانعة عروة العطل الأرضي خلال الدارة المعنية كمقدار عقدي بالأوم.

R_3 = المقاومة الكلية لموصل الطور بين نهايتيه قبل ربطهما معا لاكمال الحلقة بالأوم.

R4 = المقاومة الكلية للموصل الوقائي بين نهايتيه قبل ربطهما معا لاكمال الحلقة بالأوم.

وللحصول على قيم $(R_1 + R_2)$ أو $(R_3 + R_4)$ يجب الرجوع للجدول رقم (16).

بعد تعيين قيمة (Z_s) يتم تحديد تيار العطل الأرضي (I_F) بالأمبير من المعادلة التالية:-

$$(I_F) = \frac{U_o}{Z_S} \qquad \text{(أمبير)}$$

حيث :

U_o = الفولطية الاسمية (الفولطية بين الطور والحيادي) بالفولط .

تستخدم هذه المعادلة لحساب تيار العطل الأرضي لغاية تحديد استطاعة المزق لنبيطة الوقاية المستخدمة. ومن أجل سلامة الأشخاص أثناء العطل الأرضي يجب ألا يتجاوز حاصل ضرب تيار التشغيل لنبيطة الوقاية في ممانعة عروة العطل الأرضي (50) فولط.

1/5/4 من الخاصية التي تربط الزمن بالتيار يتم الحصول على زمن فصل التوصيل (t)المقابل لتيار العطل الأرضي . وبتعويض قيمتي (I_F)، (t) والقيمة المناسبة للعامل (K) كما هو وارد في البند الفرعي رقم (2/3/1ب) في المعادلة التالية:-

$$S = \frac{\sqrt{I_F^2 t}}{K}$$

(ملمتر مربع)

فانه يمكن الحصول على أدنى مساحة مقطع للموصل الوقائي . هذا ويجب اختيار مساحة مقطع الموصل الوقائي الدنيا بحيث تكون مساوية لأقرب قيمة قياسية أكبر من القيمة المحسوبة.

2/4 العلاقة بين زمن فصل التوصيل وتيار العطل الأرضي
(Relation between Disconnection Time and Fault Current)

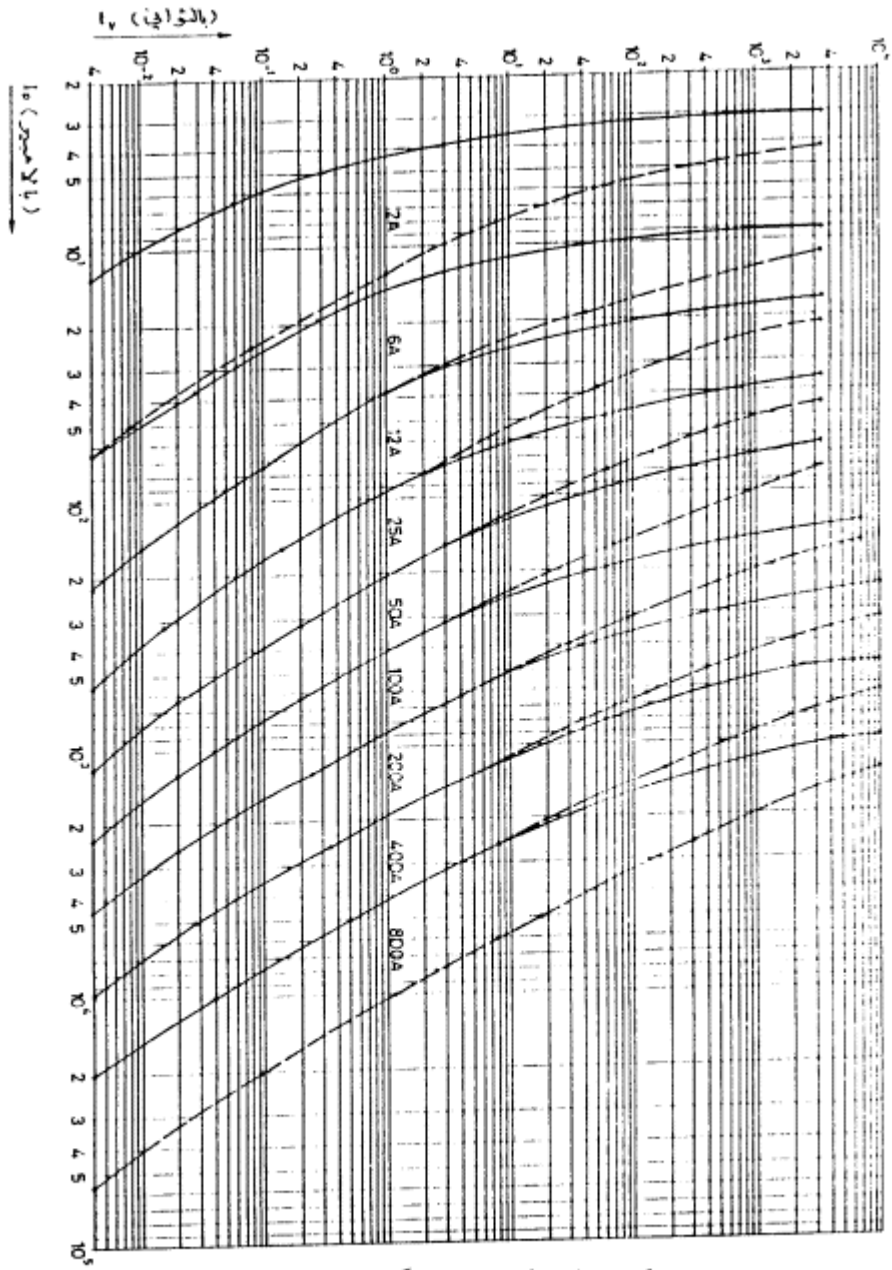
4/2/1 المصاهر (Fuses) :

الرسوم البيانية ذات الأرقام (1) ، (2) ، (3) ، (4) ، (5) ، (6) ، (7) ، (8) ، (9) هي أمثلة لعلاقات مرجعية بين زمن الفصل وتيار الفصل المتوقع للمصاهر الخرطوشية ، و الا فيجب إعادة الحسابات وفقا للعلاقة البيانية الخاصة بالمصاهر المستخدمة.

مثال

الرسم البياني رقم (1)

الزمن / التيار للمنطقة g I



مصنا هر مطابقة لمواصفات هيئة الكهرباء الدولية

(IEC - 269 - 2)

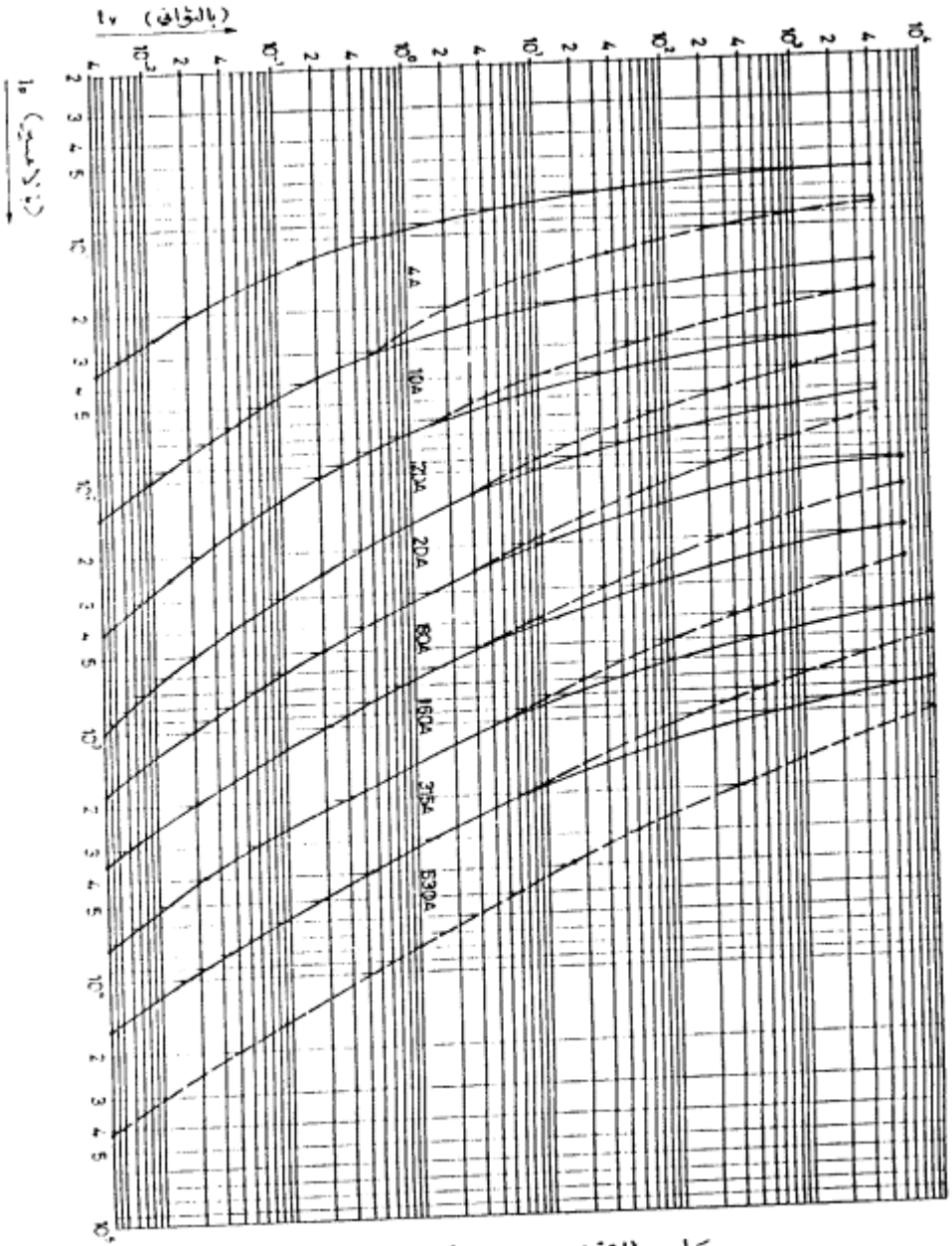
كودة التأريض

مثال

الرسم البياني رقم (2)

الزمن / التيار للمنطقة g I

(Time / Current Zone g I)



مضاهر مطابقة لمواصفات هيئة الكهرباء الدولية

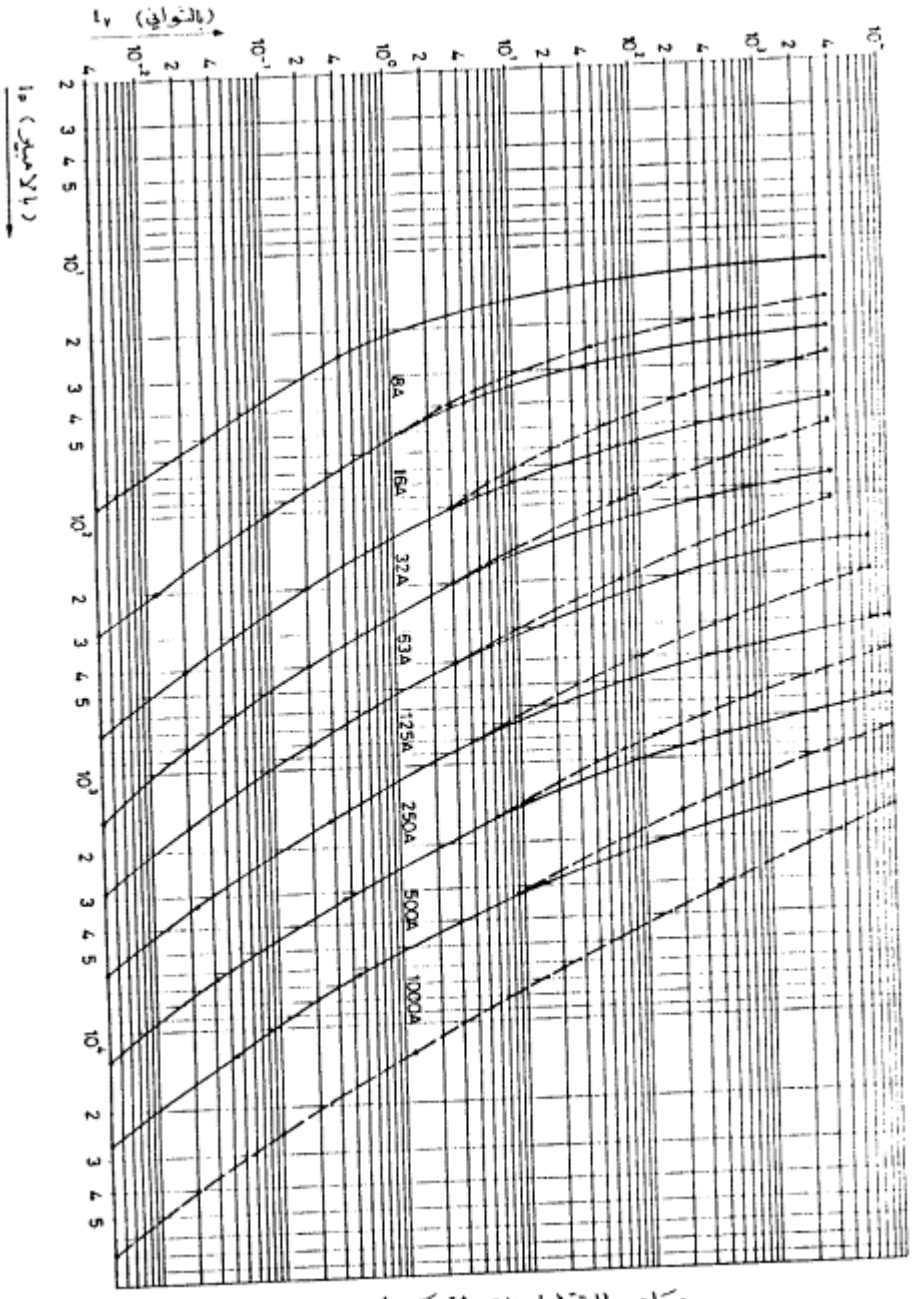
(IEC - 269 - 2)

مثال

الرسم البياني رقم (3)

الزمن / التيار للمنطقة g I

(Time / Current Zone g I)



مصاهر مطابقة لمواصفات هيئة الكهرباء الدولية

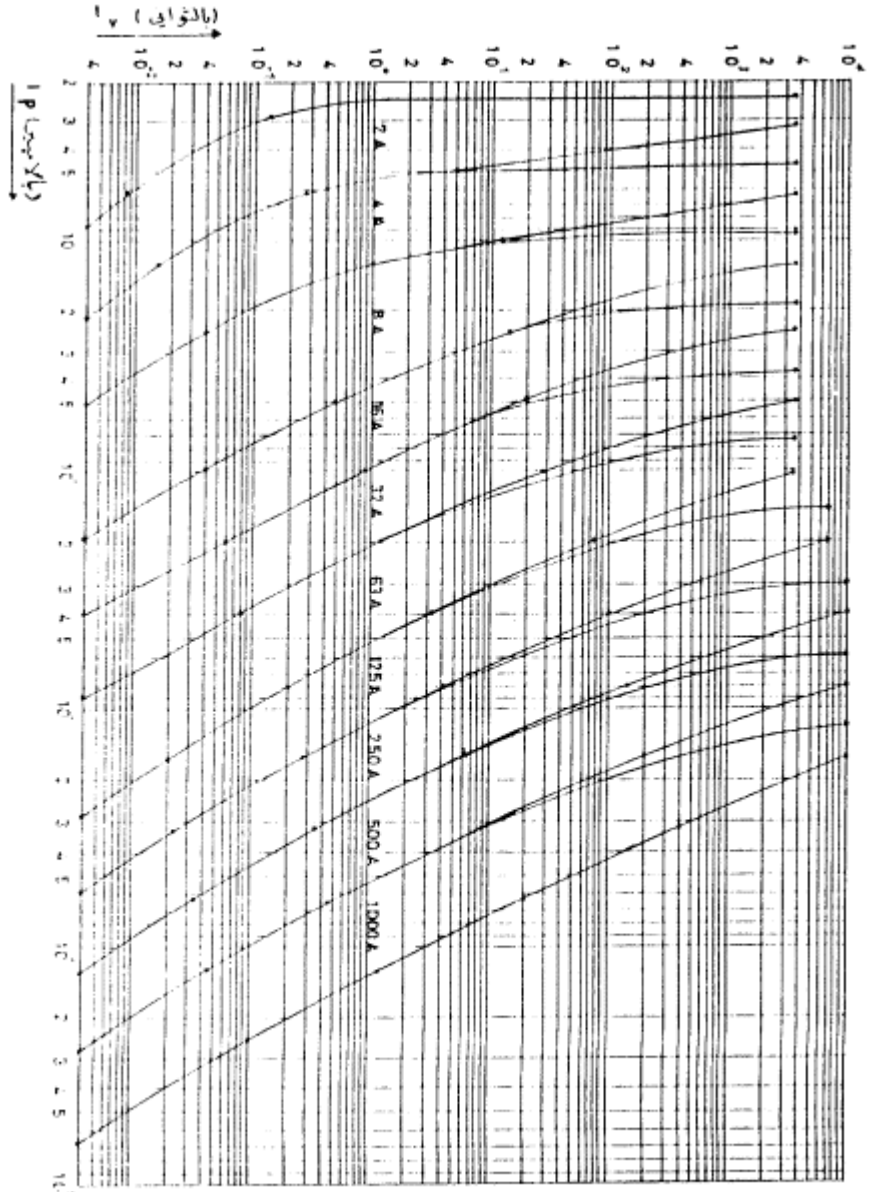
(IEC - 269 - 2)

مثال

الرسم البياني رقم (4)

الزمن / التيار للمنطقة g II

(Time / Current Zone g II)



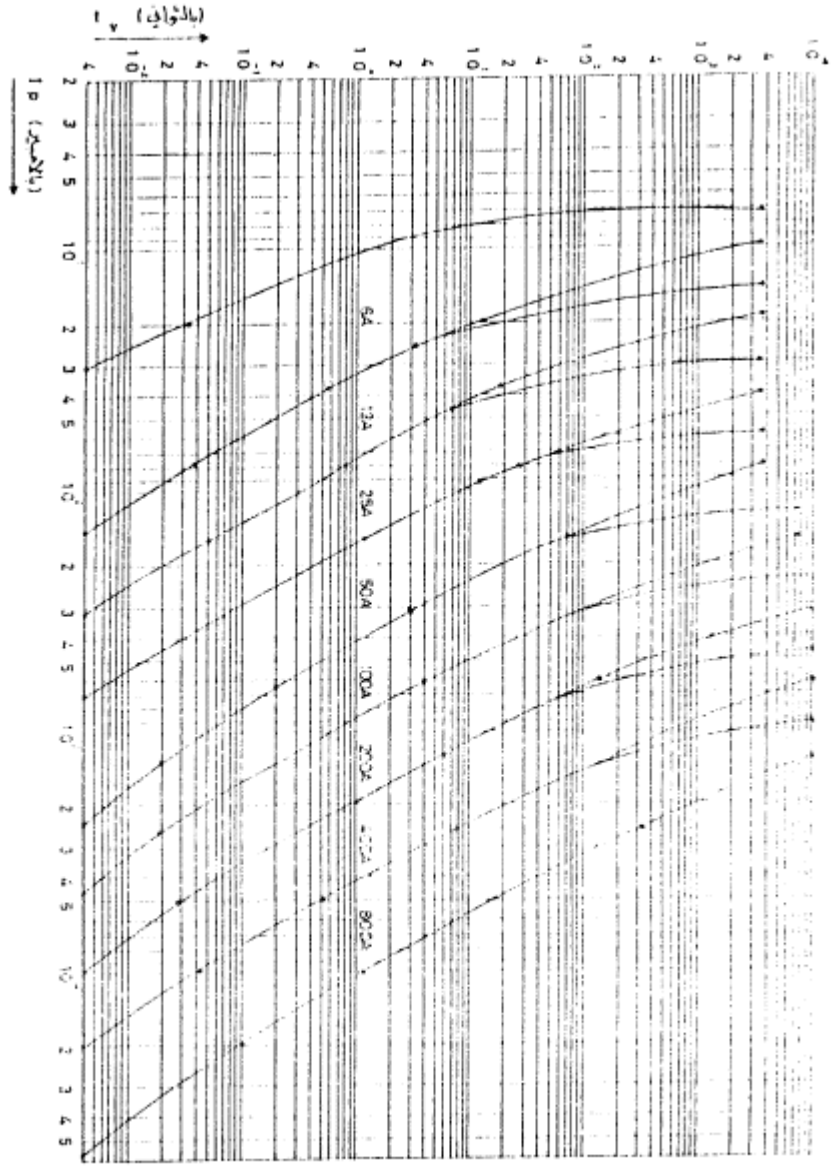
متماشية مع مطابقة لمواصفات هيئة الكهرباء الدولية
(I E C - 269 - 2)

مثال

الرسم البياني رقم (5)

الزمن / التيار للمنطقة g II

(Time / Current Zone g II)



خصائص مطابقة لمواصفات هيئة الكهرباء الدولية

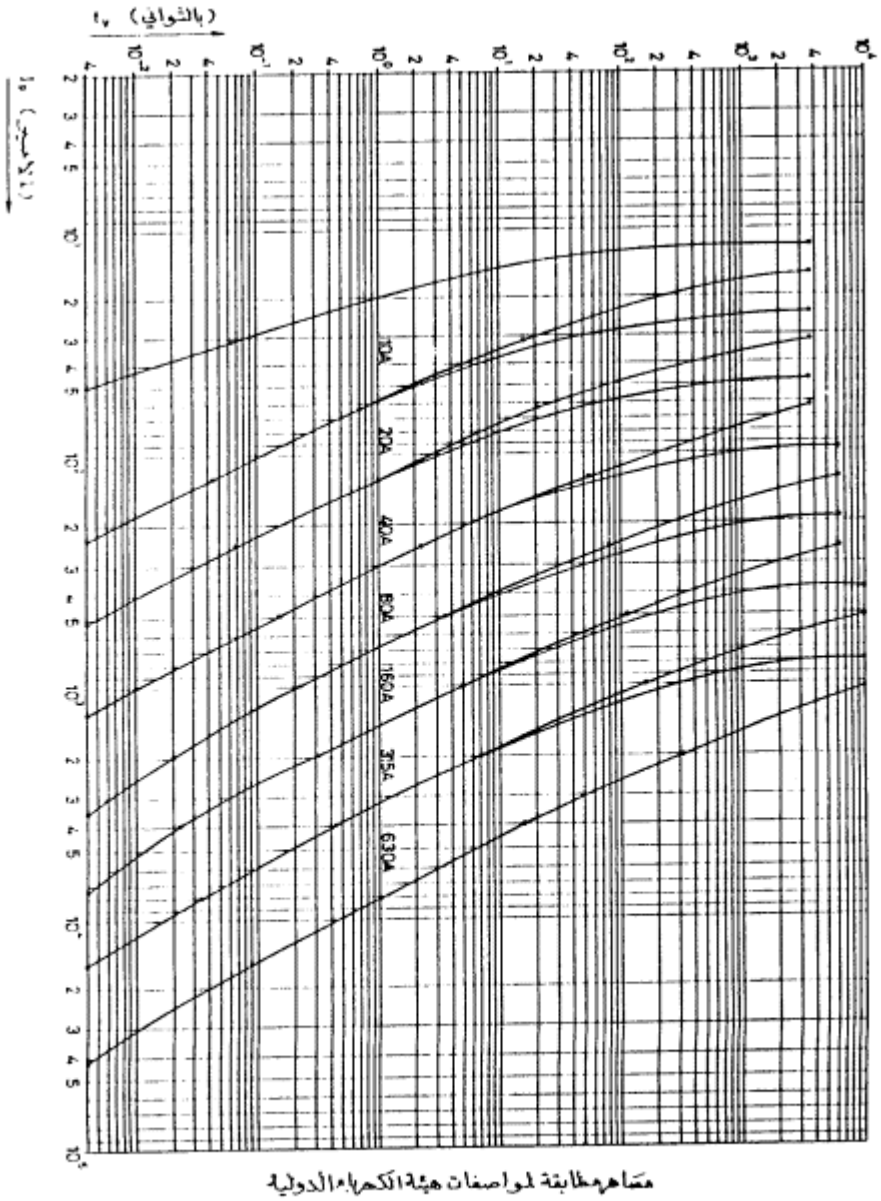
(IEC - 269 - 2)

مثال

الرسم البياني رقم (6)

الزمن / التيار للمنطقة g II

(Time / Current Zone g II)



مصاهر مطابقة لمواصفات هيئة الكهرباء الدولية

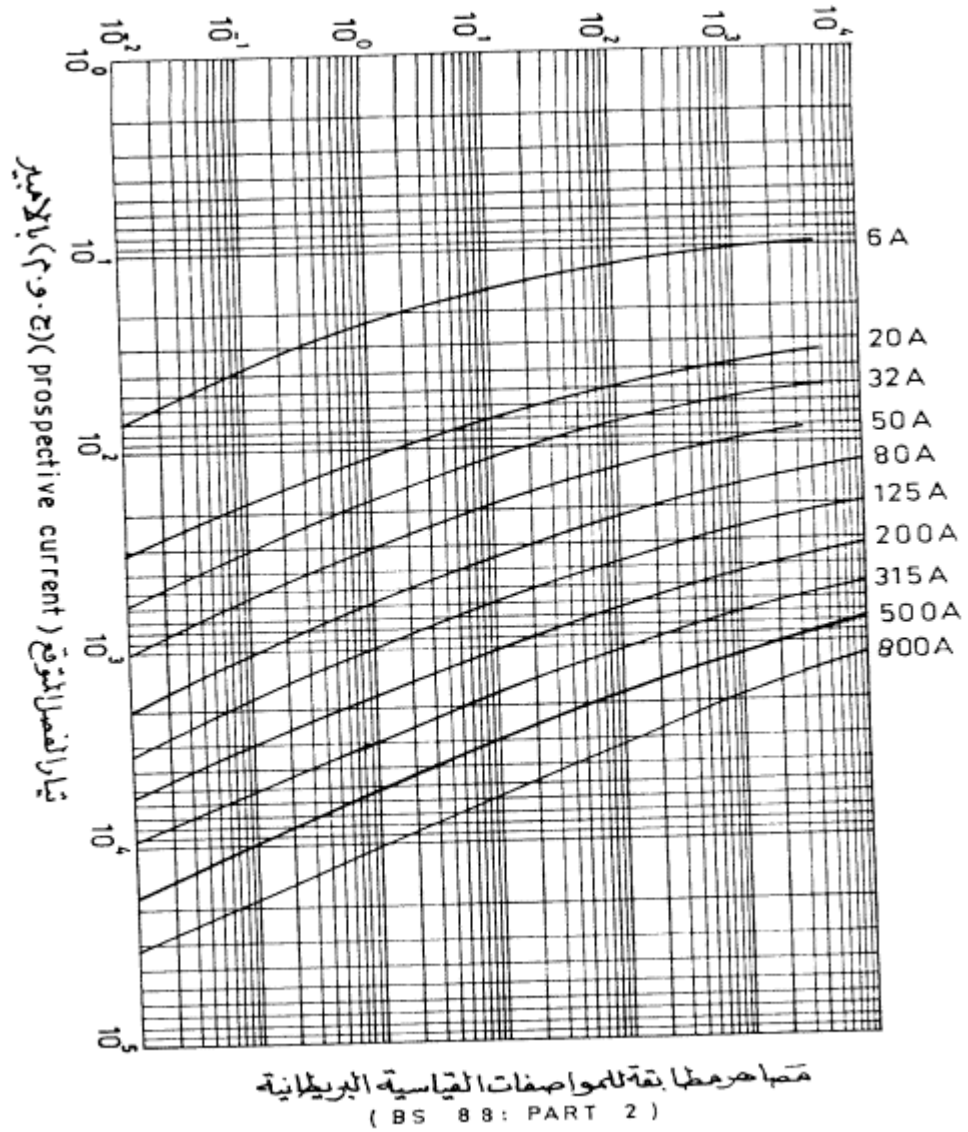
(IEC _ 269 _ 2)

مثال

الرسم البياني رقم (7)

الزمن بالثواني

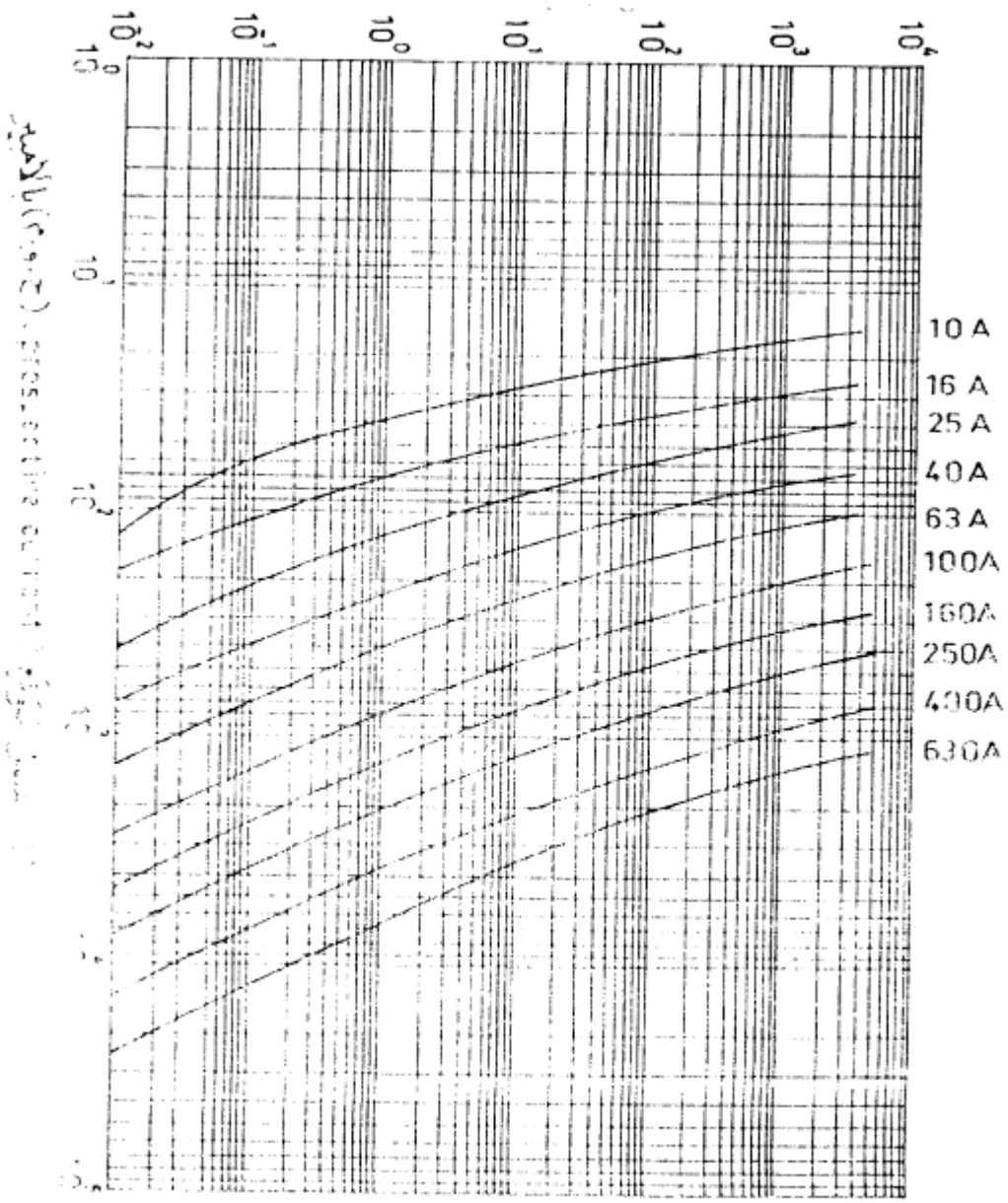
(Time / Current Zone g I)



مثال

الرسم البياني رقم (8)

الزمن بالثواني

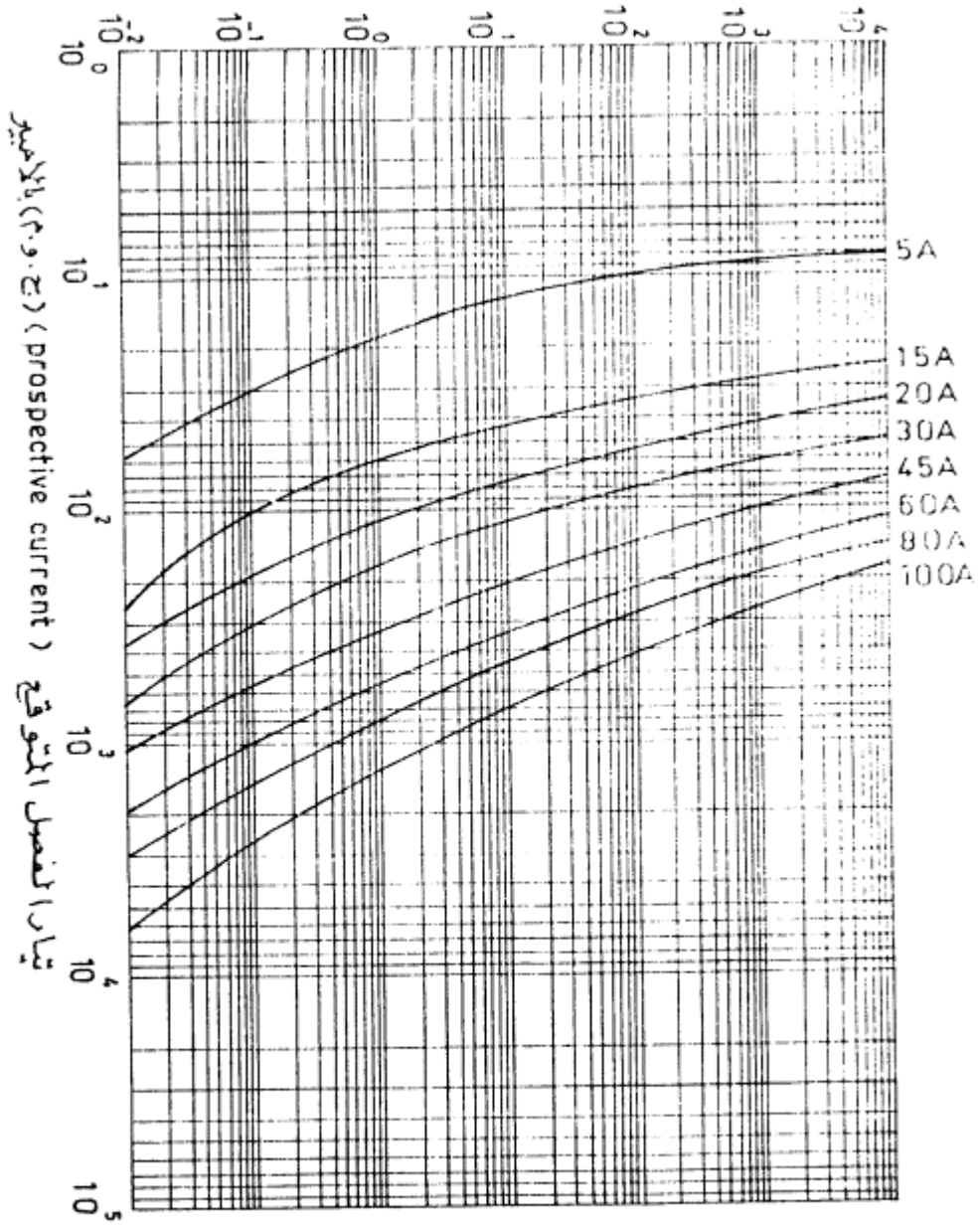


خصائص مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية
(BS 88 : PART 2)

مثال

الرسم البياني رقم (9)

الزمن بالثواني



مميزات مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية
(BS 1361)

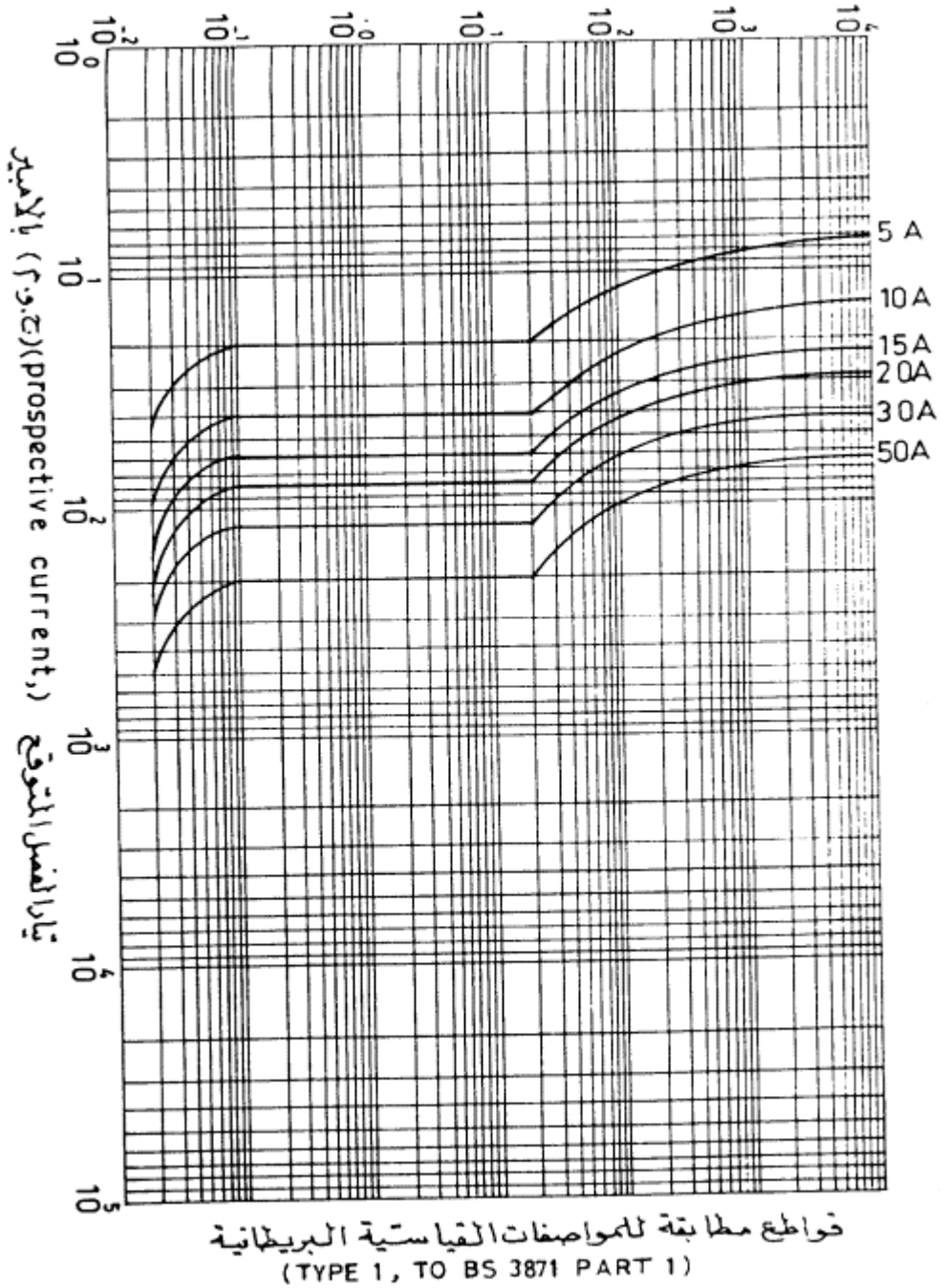
4/2/2 قواطع الدارة :

الرسوم البيانية ذات الأرقام (10) ، (11) ، (12) هي أمثلة لعلاقات مرجعية بين زمن الفصل وتيار الفصل المتوقع للقواطع ذات استطاعة المزق الصغيرة، و الا فيجب إعادة الحسابات وفقا للعلاقة البيانية بين زمن الفصل وتيار الفصل المتوقع الخاصة بالقواطع المستخدمة.

مثال

الرسم البياني رقم (10)

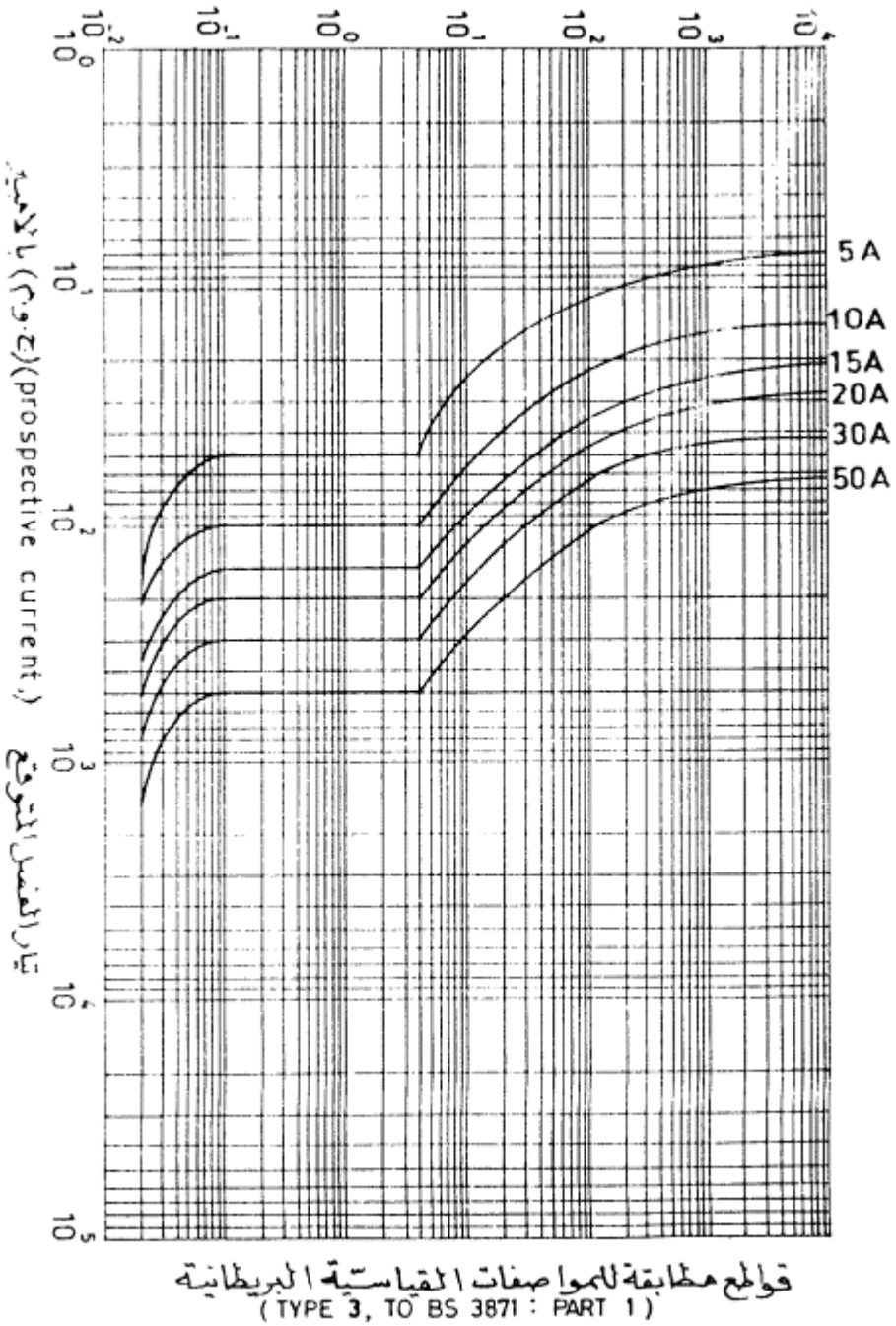
الزمن بالثواني



مثال

الرسم البياني رقم (11)

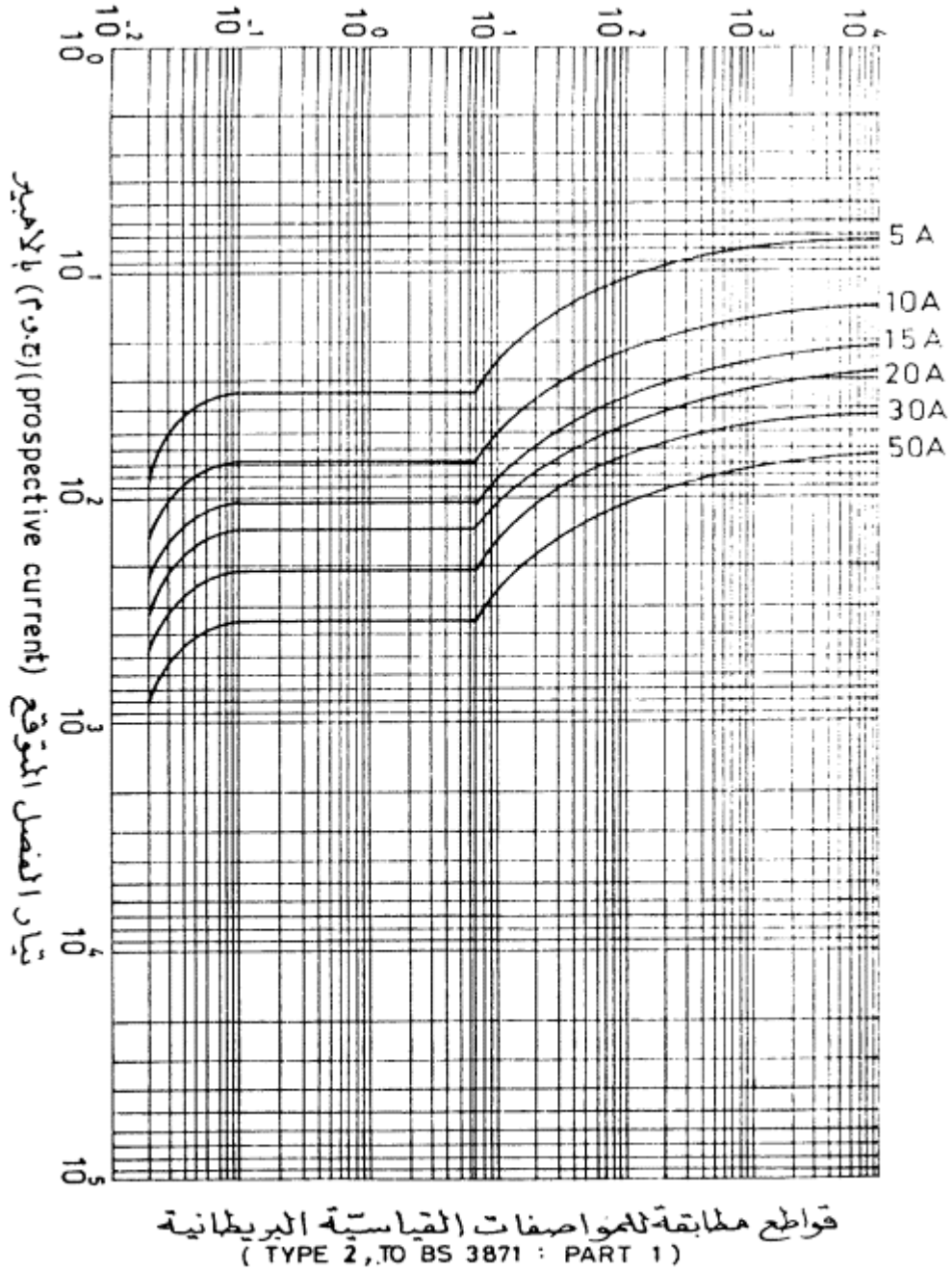
الزمن بالثواني



مثال

الرسم البياني رقم (12)

الزمن بالثواني



(Earth Fault Loop Impedance)

3/1/4 الجداول ذات الأرقام (12) ، (13) ، (14) ، (15) هي أمثلة مرجعية للحد الأقصى لممانعة عروة العطل الأرضي (بالأوم) عند استعمال المصاهر المبينة في تلك الجداول ، وإلا فيجب إعادة الحسابات وفقا للجداول الخاصة بالمصاهر المستخدمة.

الجدول رقم (12)

مصاهر مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 88: Part 2)

لحماية دارات تغذية مخارج المقابس

مقاس الموصل الوقائي (ملم2)	التيار المقرر للمصهر (أمبير)							
	6	10	16	20	25	32	40	50
1	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	(0.92) 1.1	(0.5) 0.63	(0.28)0.34
1.5	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	1.1	(0.7) 0.8	(0.43)0.54
2.5	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	1.1	0.8	0.6
4	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	1.1	0.8	0.6
6	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	1.1	0.8	0.6
10	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	1.1	0.8	0.6
16	8.7	5.3	2.8	1.8	1.5	1.1	0.8	0.6

الجدول رقم (13)

مصاهر مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 88 : Part 2)

لحماية دارات تغذية المعدات الثابتة

مقاس الموصل الوقائي (ملم2)	التيار المقرر للمصهر (أمبير)							
	6	10	16	20	25	32	40	50
1	13.0	7.7	4.4	(2.2)2.5	(1.5)1.7	(0.92) 1.1	(0.6) 0.63	(0.28)0.34
1.5	13.0	7.7	4.4	(2.9)2.2	(2.0)2.2	(1.4)1.6	(0.8) 0 95	(0.44)0.55
2.5	13.0	7.7	4.4	3.0	2.4	1.8	(1.1)1.3	1.1
4	13.0	7.7	4.4	3.0	2.4	1.8	1.4	1.1
6	13.0	7.7	4.4	3.0	2.4	1.8	1.4	1.1
10	13.0	7.7	4.4	3.0	2.4	1.8	1.4	1.1

1.1	1.4	1.8	2.4	3.0	4.4	7.7	13.0	16

الجدول رقم (14)

مصاهر مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية رقم (BS 1361)

لحماية دارات تغذية مخارج المقابس

مقاس الموصل الوقائي (ملم2)	التيار المقرر للمصهر (أمبير)				
	5	15	20	30	45
1	11.4	3.4	1.8	(1.1)1.2	(0.28)0.34
1.5	11.4	3.4	1.8	1.2	(0.44)0.53
2.5	11.4	3.4	1.8	1.2	0.6
4	11.4	3.4	1.8	1.2	0.6
6	11.4	3.4	1.8	1.2	0.6
10	11.4	3.4	1.8	1.2	0.6
16	11.4	3.4	1.8	1.2	0.6

الجدول رقم (15)

مصاهر مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية رقم (B S 1361)

لحماية دارات تغذية المعدات الثابتة

مقاس الموصل الوقائي (ملم2)	التيار المقرر للمصهر (أمبير)				
	5	15	20	30	45
1	17	5.3	(2.4)2.5	(1.1)1.4	(0.28)0.34
1.5	17	5.3	2.9	(1.5)1.7	(0.44)0.53
2.5	17	5.3	2.9	2.0	(0.65)0.75
4	17	5.3	2.9	2.0	(0.90)1.0
6	17	5.3	2.9	2.0	1.0
10	17	5.3	2.9	2.0	1.0
16	17	5.3	2.9	2.0	1.0

مع العلم أن القيم الواردة بين قوسين في الجداول أرقام (12) ، (13) ، (14) ، (15) سارية المفعول عندما يكون الموصل الوقائي ضمن كبل معزول بمبلمر كلوريد الفينيل (PVC) بالاشتراك مع موصلات الطور الأخرى.

3/2/4 اذا كانت قيمة (Z_E) معلومة فانه يمكن تعيين أقصى طول للدارة من الجدول رقم (16) بحيث تطابق ما هو وارد في البند الفرعي رقم (2/3/1أ).

حيث :

R_1 = مقاومة موصل الطور مقاسة من منبع الدارة الى أبعد مخرج مقبس أو نقطة استخدام أخرى بالأوم.

$R2$ = مقاومة الموصل الوقائي مقاسة من منبع الدارة الى أبعد مخرج مقبس أو نقطة استخدام أخرى بالأوم.

R_3 = المقاومة الكلية لموصل الطور بين نهايتيه قبل ربطهما معا لاكمال الحلقة بالأوم.

$R4$ = المقاومة الكلية للموصل الوقائي في الدارات الحلقية بالأوم.

وينطبق هذا الجدول عندما يكون الموصل الوقائي كما يلي:-

* معزولا بمبلمر كلوريد الفينيل (PVC) وغير مشمول ضمن الكبل ذاته مع موصلات الطور أو
* عاريا وملامسا لغطاء الكبل المكون من مبلمر كلوريد الفينيل أو
* معزولا أو عاريا وضمن الكبل ذاته مع موصلات الطور.

الجدول رقم (16)

قيمة (R_1+R_2)، (R_3+R_4) لكل متر من الموصلات

النحاسية المعزولة بمبلمر كلوريد الفينيـل

(R_1+R_2)

مساحة مقطع الموصل (ملم2)		أو (R_3+R_4)
موصل الطور	الموصل الوقائي	(اوم لكل متر)
1	1	0.055
1.5	1	0.046
	1.5	0.037
2.5	1	0.039
	1.5	0.030
	2.5	0.022
4	1.5	0.026
	2.5	0.018
	4	0.014
6	2.5	0.0160
	4	0.0116
	6	0.0092
10	4	0.0098
	6	0.0074
	10	0.0055
16	6	0.0064
	10	0.0045
	16	0.0035

الباب الخامس

القياس والاختبار

5/1 القياس

1/1/5 قياس مقاومية التربة:

* يمكن اتباع طريقة النقاط الأربع (Four Point Method) لقياس معدل مقاومية التربة لحجم كبير مناسب منها.في هذه الطريقة تدفن أربعة مكاهر صغيرة في التربة على عمق (b) وعلى مسافات متساوية مقدار كل منها (a) وفي خط مستقيم واحد. ثم يمرر تيار اختبار (I) بين المكهرين الطرفيين ويقاس الفرق في الجهد (E) بين المكهرين الداخليين باستعمال جهاز قياس فولطية ذي ممانعة عالية . عندئذ تكون المقاومة المشتركة (R) كما يلي:

$$R = E/I$$

حيث :

R = بالأوم

E = بالسنتمتر

I = بالسنتمتر

ويبين الشكل رقم (1) مثالا توضيحيا لاستخدام هذه الطريقة

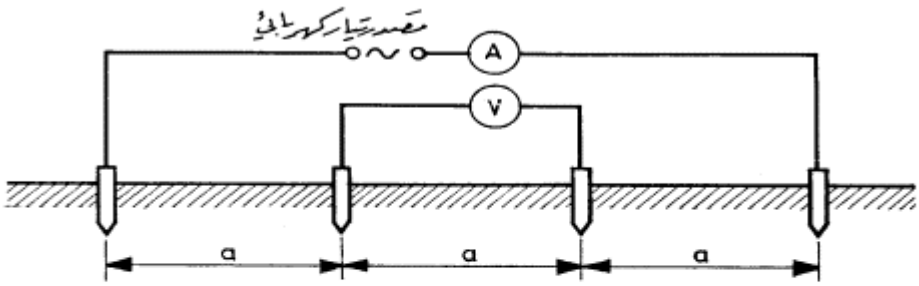
* تعوض قيمة (R) في المعادلة التالية للحصول على مقاومية التربة (ρ):

$$\rho = \frac{4\,\pi\,a\,R}{1+\frac{2\,a}{\sqrt{a^2+4\,b^2}}-\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}} \qquad \text{(اوم سم)}$$

R = بالأوم

a = بالفولط

b = بالأمبير



A = جهاز قياس التيار الكهربائي

V = جهاز قياس الفولطية

الشكل رقم (1)

قياس مقاومية التربة

* لا تنطبق هذه المعادلة على القضبان الأرضية المغروزة الى عمق (b) إذ أنها تنطبق فقط على المكاهر الصغيرة المدفونة على عمق (b) مع أسلاك توصيل مغزولة .ومن ناحية عملية توضع أربعة قضبان في خط مستقيم على مسافات متساوية مقدار كل منها (a) و على عمق لا يزيد عن (0.1a) ثم يفترض أن (b =o) فتصبح المعادلة الواردة في الفقرة السابقة رقم (2) كما يلي:-

$$\rho = 2\pi a R$$ (اوم سنتمتر)

وهذا يعطي تقريبا معدل المقاومية للتربة على عمق (a).

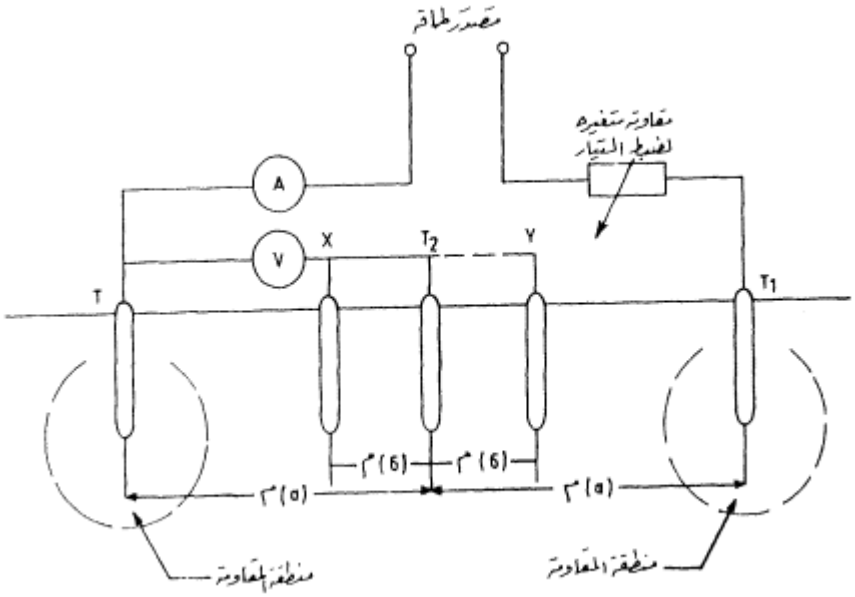
* يؤخذ عدد من القراءات لمسافات مختلفة بين القضبان للحصول على مقاوميات مختلفة ، ثم يرسم المنحنى البياني الذي يمثل العلاقة بين المقاومية والعمق على ورق لوغاريثمي حيث يمكن معرفة ما اذا كان هناك طبقات من التربة جيدة المقاومية أو سيئة المقاومية وذلك ليساعد على تحديد شكل المكهر وتحديد العمق اللازم لدفنه.

5/1/2 مثال على قياس مقاومة المكهر الأرضي:

يبين الشكل رقم (2) طريقة قياس مقاومة المكهر الأرضي (T)كما يلي:-

* يتم تمرير تيار متناوب ذي قيمة مستقرة بين المكهر الأرضي (T) و المكهر الأرضي المساعد (T_1) المثبت على مسافة من المكهر (T) بحيث لا تتراكب منطقتا المقاومة لكلا المكهرين . ثم يثبت المكهر الثالث (T_2) المساعد في منتصف المسافة بين (T_1) و (T).
* يقاس مقدار هبوط الفولطية بين المكهر (T) و المكهر (T_2) فتكون مقاومة المكهر الأرضي (T) مساوية هبوط الفولطية السابق مقسوما على التيار السلري بين المكهر (T) و المكهر (T_1).
* للتأكد من صحة القياس تتم إعادة القياس بعد إبعاد المكهر (T_2) مسافة **(6)** متر نحو المكهر (T_1) ومرة أخرى مسافة **(6)** متر نحو المكهر (T).فإذا كانت نتائج القياس الثلاثة متقاربة بشكل معقول يؤخذ متوسط تلك القياسات على أنه مقاومة المكهر (T).

* يتم القياس إما باستخدام تيار ذي تردد يساوي تردد مصدر الطاقة حيث يجب عندئذ أن تكون مقاومة جهاز قياس الفولطية (Voltmeter) عالية (ما يقارب **200**أوم/فولط) ، أو باستخدام جهاز فحص الأرضي (Earth Tester) الذي يحتوي على مولد يدار يدويا (ومقوم للتيار حيثما يلزم) وجهاز قياس المقاومة الكهربائية.
* اذا استخدم تيار مصدر الطاقة مباشرة فانه يجب استعزال جهاز القياس عن مصدر الطاقة باستعمال محول مزدوج اللف مثلا.



الشكل رقم (2)

قياس مقاومة المكهر

5/1/3 قياس ممانعة موصلات استمرارية التأريض:
(Measurement of Impedance of Earth Continuity Conductors)

(أ) يمكن استعمال أحد انواع أجهزة القياس التالية لقياس ممانعة موصل استمرارية التأريض:-

* جهاز قياس المقاومة الكهربائية (Ohmmeter) ذي القراءة المباشرة الذي يعمل بتيار مباشر باستعمال مولد يشغل يدويا.
* جهاز قياس المقاومة الكهربائية ذي القراءة المباشرة الذي يزود بالطاقة الكهربائية من مدخرات (بطاريات).
* جهاز فحص الاستمرارية (Continuity Tester) الذي يعمل بالتيار المتناوب ويزود بالطاقة الكهربائية من مصدر الطاقة . هذا ويجب عدم استعمال الاختبارات التي لا تعطي نتائج كمية (مثل اختبار الجرس و البطارية) للتأكد من استمرارية موصلات استمرارية التأريض.

عند استعمال أجهزة قياس المقاومة الكهربائية العاملة بالتيار المباشر يجب ألا يزيد تيار الجهاز ذي المولد الذي يشغل يدويا عن (100-10) ميلي أمبير ، بينما يتحدد التيار للجهاز الذي يستعمل البطاريات باستطاعة تلك البطاريات . هذا وقد يصل تيار الأجهزة التي تعمل بالتيار المتناوب (a.c) إلى (15) أمبير

حسب نوع الجهاز.

* أي جهاز آخر لقياس ممانعة موصل استمرارية التأريض.

(ب) يجب أن يتم القياس باستعمال عروة تشمل موصل استمرارية التأريض والموصل الراجع الذي قد يكون موصل الطور بعد فصله عن المصدر العادي. و اذا استعمل جهاز قياس يعمل بالتيار المتناوب فإنه يفضل أن يتراوح تيار الفحص ما بين (10-20) أمبير وأن يكون ذا تردد يساوي (50) هيرتز. وفي هذه الحالة فان الممانعة التي يتم الحصول عليها بطرح مقاومة الموصل الراجع من القيمة المقاسة تكون ذات دقة كافية، على ألا تزيد تلك المقاومة المتبقية بين المكهر الأرضي أو طرف التأريض أو طرف التأريض للمستهلك وأي نقطة على موصل استمرارية التأريض التابع للتمديدات المنجزة عن (1) أوم

(ج) وكطريقة بديلة ، فانه يمكن استعمال تيار مباشر يمر في الدارة المعنية . وفي هذه الحالة يجب ألا تزيد ممانعة موصل استمرارية التأريض بعد إنقاص مقاومة الموصل الراجع من القيمة المقاسة عن (1) أوم ، بشرط ألا يحتوي موصل استمرارية التأريض على محاث أو ملف خانق (Choke).

1/4/5 قياس ممانعة عروة العطل الأرضي:

(Measurement of Earth Fault Loop Impedance):

(أ) تتكون عروة تيار العطل الأرضي (بين الطور والأرضي) من الأجزاء التالية مبتدئة من نقطة العطل :-

* موصل الدارة الوقائي.
* طرف التأريض للمستهلك وموصل التأريض.
* المسار الراجع المعدني حيثما توفر والذي يمكن أن يتكون من الغلاف المعدني للكبل أو موصل التأريض .أو يتكون من المسار الراجع الأرضي (ضمن الأرض الطبيعية) في حالة عدم توفر المسار الراجع المعدني.
* المسار من نقطة الحيادي المؤرضة للمحول وخلال لفات المحول.
* موصل الطور.

(ب) يمكن قياس ممانعة عروة العطل الأرضي باستعمال جهاز قياس التيار الذي يسري بين موصل الطور وطرف

التأريض للمستهلك عند توصيلهما بمقاومة معلومة. وفي هذه الحالة يجب العناية بعدم إحداث أي ضرر اذا وجد عيب في دارة التأريض. كما يمكن استعمال أجهزة قياس مصنعة لهذا الغرض وذلك بموافقة الجهة الرسمية المختصة.

الملحق (أ)

المصطلحات الفنية

(أ)	
أداة	Tool
أربطة	Bonds
أرض	Earth
أرض (أرضية)	Ground
استطاعة	Capacity
استطاعة حمل التيار	Current Carrying Capacity
استطاعة المزق	Rupturing Capacity
استعزال	Isolating
استمرارية	Continuity
أسلاك	Wires
أطراف	Terminals
أطراف المستهلك	Consumer's Terminals
امكانية الحد من	Limiting Capability
أنابيب	Pipes
(ب)	
براغي قافلة	Locking Bolts
بطارية	Battery
(ت)	
تأريض	Earthing
تحليل كهربائي	Electrolysis
تدرج الجهد	Potential Gradient
	Soil

تربة	
تربة طفالية	Loomy Soil
تربة طينية	Marshy Soil
تربة غير متماسكة	Non-binding Soil
تساوي الجهد	Equipotential
تسرب	Leakage
تفريغ	Discharge
تكثيف	Condensation

تكميلي	Supplementary
تموّر (اندفاع)	Surge
تموّر التيار	Current Surge
تيار الصهر	Fusing Current
تيار الفصل المتوقع	Prospective Current
(ج)	
جهاز فحص الاستمرارية	Continuity Tester
جهاز قياس التيار	Ammeter
جهاز قياس الفولطية	Voltmeter
(ح)	
حصى	Gravel
حيادي	Neutral
(خ)	
خشن القوام	Slurry
خط حي	Live Line
خط الخدمة	Service Line
(د)	
	Circuit

دارة	
دارة شعاعية	Radial Circuit
دارة طفيلية	Spur Circuit
دارة مؤرضة	Earthed Circuit
دك	Ramming

(ر)

رئيسي	Main
رابطة	Connector
روابط كمية	Sleeve Connections

رباط	Bond
ربط	Bonding
ربط تساوي الجهد	Equipotential Bonding
روابط	Connectors

(ز)

زراعية	Arable

(س)

سهل المنال	Accessible
سهولة المنال	Accessibility

(ش)

شبكة	Network
شبكة كهربائية	Electrical Network
شبكي	Mesh
شرائط	Strips

(ص)

صفائح	Plates
صهر	Fusing
(ط)	
طفيلي	Spur
(ظ)	
ظروف	Conditions

(ع)	
عروة	Loop
عروة الأرضي	Earth Loop
عطل	Fault
عقدة	Node
(ف)	
فاغ حر	Free Space
فرع	Branch
فصل	Disconnection
(ق)	
قاطع داره	Circuit Breaker
قاطع ذو استطاعة مزق صغيرة	Miniature Circuit Breaker
قامطة	Clamp
قامطات	Clamps
قضبان	Bars (Rods)
قطب	Pole
قلب	Core
قياد	Lead
	Earthing Lead

قياد تأريض	
قياد ربط	Bonding Lead
(ك)	
كتل	Lumps
كم	Sleeve
(ل)	
لحام	Welding

(م)	
مادة عازلة	Dielectric
مبرشمة	Riveted
متحلل	Peat
متموج	Zig – Zag
مجال	Scope
مجدول	Stranded
محاث	Inductor
محاثية	Inductance
موصوصة	Packed
مسار راجع	Return Path
مضغوط	Pressed
معدات	Equipment
مغذي	Feeder
مغلفن بالغمس الساخن	Hot – dip Galvanized
مفاعل	Reactor
مقاوم	Resistor
مقاومية	Resistivity
مقاومية حجمية	Volume Resistivity
	Bolted

مقلوظة	
مكاثفة	Capacitance
مكهر	Electrode
ملبس بالنحاس الأحمر	Copper Clad
ملف خانق	Choke
منطقة المقاومة	Resistance Area
مؤرض	Earthed
موثوق	Reliable
موثوقية	Reliability
موصل	Conductor
موصل حامل للتيار	Current Carrying Conductor
موصل حي	Live Conductor

موصل راجع	Return Conctor
موصل وقائي	Protective Conductor
(ن)	
نظير وهمي	Image
نقطة استخدام	Utilization Point
نقطة ربط (توصيل)	Connection Point
(هـ)	
هدف	Goal
(و)	
وقائي	Protective
وسيط غير متناهي	Infinite Medium
وصلة	Joint
(ي)	
	Bond

المصادر

1. IEE Wiring Regulations,
Regulations for Electrical Installations, 15th Edition 1981

2. British Standard Code of Practise CP 1013 : 1965,
Earthing.

3. Verband Deutscher Elektrotechniker VDE 0100/5.73:
Regulations for the Erection of Power Installations with Rated Voltages below 1000 V.

4. American Standard IEEE Std.142 : 1972,
IEEE Recommendation Practice for Industrial and Commertial Power Systems.

5. American Standard IEEE Std.81 : 1962,
IEE Recommended Guide for Measuring Ground Resistance and Potential Gradient in the Earth.

6. British Standard Bs.88: Part 2 : 1975,
Supplementary Requirements for Fuses of Standard Dimensions and Performance for Industrial Purposes.

7. British Standard BS1361: 1980,
Cartridge Fuses for A.C Circuits in Domestic and Silimar Premises.

8. British Standard BS 3871: Part 1 : 1965,
Miniature Air – break Circuit – breakers for A. C. Circuits.

9. American Standard IEEE Std.100 : 1977,
IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms.

10. IEC Recommendation, Publication 269 – 2 : 1973,

Low Voltage Fuses with High Breaking Capacity for Industrial and Similar Purposes.

11. IEC Recommendation , Publication 364 – 5 – 54 : 1980, Electrical Installations of Buildings (Chapter 54: Earthing Arrangements and protective Conductors)

المراجع

1. Fink and Beaty, “Standard Hand Book for Electrical Engineers”. McGraw Hill, 11th Edition.

2. Joseph F.McPortland “How to Design Electrical Systems”. McGraw Hill.

3. American Standard , IEEE Std. 80 : 1976, IEEE Guide for Safety in Substation Grounding.

وحدات النظام الدولي SI Units

والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	m	م
	سنتمتر	cm	سم
	ملمتر	mm	ملم
	كيلو متر	km	كم
الكتلة	غرام	g	غم
		kg	

	كيلو غرام		كغم
	طن	t	طن
	ميليغرام	mg	ملغم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	°	درجة
	دقيقة	¢	دقيقة
	ثانية	²	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميللتر	mL	مللتر
	متر مكعب	m^3	م3
المساحة	متر مربع	m^2	م2
	مليمتر مربع	mm^2	ملم2
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الإجهاد	نيوتن/ ملمتر مربع	N/mm^2	ن/ ملم2
	كيلو نيوتن/ متر مربع	kN/m^2	كن/م2
درجة الحرارة	درجة مئوية	°C	°س

معاملات التحويل من النظام المتري الى النظام الدولي

نظام متري			نظام دولي
كيلو غرام قوة	=	9,81	نيوتن
كيلو غرام قوة. متر	=	9,81	نيوتن . متر

كيلو غرام قوة / متر	=	9,81	نيوتن / متر
كيلو غرام قوة / سنتمر مربع	=	..,981	نيوتن / ملمتر مربع
كيلو غرام قوة / متر مربع	=	9,81	نيوتن / ملمتر مربع
كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	9,81	نيوتن / متر مكعب
.,102 كيلو غرام قوة	=	1	نيوتن
.,102 كيلو غرام قوة . متر	=	1	نيوتن متر
.,102 كيلو غرام قوة / متر	=	1	نيوتن / متر
10,20 كيلو غرام قوة/ سنتمتر مربع	=	1	نيوتن / ملمتر مربع
.,102 كيلو غرام قوة / متر مربع	=	1	نيوتن / متر مربع
.,102 كيلو غرام قوة / متر مكعب	=	1	نيوتن / متر مكعب

الأسس المتبعة في تبويب وترقيم
دستور البناء الوطني الأردني

أولا : قسم دستور البناء الوطني الأردني الى عدة مجلدات مختلفة العناوين حسب موضوع البحث ، وقد أعطي كل مجلد رقما متسلسلا يميزه عن غيره من المجلدات.

ثانيا : قسم المجلد الواحد الى عدة أبواب رئيسية وأعطي كل باب رقما متسلسلا ضمن المجلد يميزه عن غيره من الأبواب.

ثالثا : قسم كل باب من الأبواب المختلفة لكل مجلد وبترتيب تنازلي الى ما يلي:-

المـادة : ويرمز اليها برقمين مختلفين تفصل بينهما إشارة (/).ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب الذي تفرعت عنه هذه المادة بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم المادة نفسها.

البنـد : ويرمز اليه بثلاثة أرقام مختلفة تفصل بين كل اثنين منها إشارة (/)

ويمثل الرقم الذي على اليمين رقم الباب، ويمثل الرقم الأوسط رقم المادة التي تفرع منها هذا البند بينما يمثل الرقم الذي على اليسار رقم البند نفسه.

البند الفرعي : ويرمز اليه بحرف أبجدي موضوع بين قوسين ويكون متفرعا عن البند ويرجع اليه برمز البند مضافا اليه برمز البند الفرعي نفسه.

الفقرة : ويرمز اليها برقم موضوع بين قوسين وتكون الفقرة متفرعة عن البند الفرعي ويرجع اليها بذكر رقم الفقرة نفسها ورمز البند الفرعي التابع لها.

الكودات الصادرة من دستور البناء الوطني الأردني

رقم المجلد	**اسم المجلد**
المجلد الثاني	كود الأحمال والقوى
المجلد الثالث	كود استطلاع الموقع
المجلد السابع	كود الإنشاءات الفولاذية
المجلد التاسع	كود السقالات
المجلد الحادي عشر	كود مواد البناء واستعمالاتها في البناء
المجلد الثالث عشر	كود العزل الحراري
المجلد الرابع عشر	كود الصوتيات
المجلد الخامس عشر	كود الوقاية من الحرائق
المجلد الثامن عشر	كود تزويد المباني بالمياه
المجلد التاسع عشر	كود التصريف الصحي للمباني
المجلد الحادي والعشرون	كود النفايات
المجلد الثاني والعشرون	كود السلامة العامة في تنفيذ المشاريع الانشائية
المجلد الثالث والعشرون	الخدمات الكهربائية للمباني:-

- الجزء الأول :كود التمديدات الكهربائية وتركيباتها
- الجزء الثاني :كود الإنارة الداخلية

:

- الجزء الثالث كود التأريض
- الجزء الرابع :كود الوقاية من الصواعق
- لجزء الخامس :كود أنظمة الإنذار من الحرائق

المجلد الرابع والعشرون الخدمات الميكانيكية للمباني:-

- الجزء الأول : كود التدفئة المركزية
- لجزء الثاني :كود التهوية الميكانيكية وتكييف الهواء.