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 (٥/٣٠٢)

المجلد الخامس
الوقاية من الصواعق

اصدار ٢٠١٦
طبعة ٢٠١٧

قـــرار

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

رقم (٣٤٥) لسنة ٢٠١٦

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

بعد الاطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ فى شأن اسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الانشائية وأعمال البناء.

وعلى قانون البناء الصادر بالقانون رقم ١١٩ لسنة ٢٠٠٨ ولائحته التنفيذية.

وعلى قرار رئيس الجمهورية رقم ٦٣ لسنة ٢٠٠٥ بإعادة تنظيم المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء.

وعلى قرار رئيس الجمهورية رقم ٦٤ لسنة ٢٠٠٥ فى شأن اللائحة التنفيذية للمركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

وعلى القرار الوزارى رقم ٦٤٥ لسنة ٢٠١٣ بشأن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى لاسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى

وعلى ما عرضه السيد الدكتور/ رئيس مجلس إدارة المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء.

قرر

(المادة الأولى)

يتم العمل بالمجلد الخامس (الوقاية من الصواعق) من الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى، المرافق لهذا القرار.

(المادة الثانية)

تلتزم الجهات المعنية المنصوص عليها فى القانونين رقمى ٦ لسنة ١٩٦٤، ١١٩ لسنة ٢٠٠٨ بتنفيذ ما جاء بهذا الكود وتطبيق أحكامه.

(المادة الثالثة)

يتولى المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء العمل على نشر المجلد السادس المذكور والتعريف به والتدريب عليه.

(المادة الرابعة)

ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية، ويُعمل به إعتباراً من اليوم التالى لمضى ستة أشهر من تاريخ نشره وعلى الجهات المختصة تنفيذه.

وزير الإسكان

والمرافق والمجتمعات العمرانية

أ.د.م

مصطفى مدبولى

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 لأسس التصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى بتحديث المجلد الأول: أسس التصميم والذى صدر بالقرار الوزارى رقم ١٥٩ لسنة ٢٠١٣، وتحديث المجلد الثانى: شروط التنفيذ والذى صدر بالقرار الوزارى رقم ٥٢٠ لسنة ٢٠١٢، وتحديث المجلد الثالث: الاختبارات واستلام الأعمال والذى صدر بالقرار الوزارى رقم ٥٣١ لسنة ٢٠١٣ وذلك تنفيذاً للقانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ والقانون رقم ١١٩ لسنة ٢٠٠٨ فى شأن تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.

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 وصدر هذا المجلد بالقرار الوزارى رقم ٨٢٩ لسنة ٢٠١٤، كما قامت اللجنة الدائمة بتحديث المجلد الرابع: التأريض والذى صدر بالقرار الوزارى رقم ٢١٢ لسنة ٢٠١٥، على أن يجرى تباعا تحديث باقى مجلدات الأنظمة الخاصة.

كما قامت اللجنة بتحديث المجلد الخامس: الوقاية من الصواعق.

هذا وقد تم بعون الله إصدار هذا المجلد من الكود بالقرار الوزارى رقم ٢٤٥ لسنة ٢٠١٦.

ويعتبر هذا الكود بالإضافة إلى مواصفات بنود الأعمال، من العناصر الهامة فى مستندات التعاقد مع المقاول القائم بتنفيذ المشروع والتى يمكن بواسطتها التحقق من سلامة تنفيذ هذه الأعمال.

وعند إعداد هذا الكود، تم الاستعانة بالكود العربى للتركيبات الكهربائية وكذلك المواصفات القياسية المصرية والمواصفات الكهروتقنية الدولية حسب آخر طبعة صادرة منها.

وبتكامل إصدار كود التركيبات الكهربائية فى المبانى وكودات الأنظمة الخاصة، تكون أصول المهنة قد استقرت لعدة سنوات قادمة بإذن الله. إلا أن ذلك لن يحول دون القيام بمراجعة وتحديث كود التركيبات الكهربائية فى المبانى ومواصفات بنود الأعمال وكذلك الدليل الإرشادى دورياً كل عدة سنوات لإضافة الجديد والارتقاء بالأداء، وذلك لمواكبة التطور التكنولوجى حتى نضمن للمشروعات تحقيق آخر ما وصلت إليه التقنيات فى العصر الحديث.

رئيس اللجنة الدائمة
لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات
والتركيبات الكهربائية فى المبانى

أستاذ دكتور مهندس/
عادل إبراهيم الملواني

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 ابراهيم 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 محمد
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 ٢

٤/١ الاختصارات ١٤

الباب الثانى : الغرض والنظم والمكونات ١٥

١/٢ الغرض ١٥

٢/٢ النظم ١٥

٢/٢-١ الأوجه الفنية للصاعقة ١٥

٢/٢-٢ خصائص الصاعقة ١٥

٢/٢-٣ كثافة الصاعقة Ng ٢٠

٣/٢ التأثيرات الكهربائية والميكانيكية لضربات الصاعقة ٢٢

٣/٢-١ التأثيرات الكهربائية ٢٢

٣/٢-٢ التأثيرات الميكانيكية ٢٤

٤/٢ مكونات وخصائص نظام الوقاية من الصواعق ٢٧

٤/٢-١ موصل مانعة الصواعق ووظيفته ٢٧

٤/٢-٢ الخامات ٢٧

٤/٢-٣ المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق ٢٨

٤/٢-٤ أبعاد أجزاء نظم الوقاية من الصواعق ٣١

٤/٢-٥ الحماية من الصدأ ٣٣

٥/٢ تصنيف المنشآت حسب مستوى الوقاية من الصواعق ٣٧

الباب الثالث : تقدير معامل الخطورة والاحتياج للوقاية ٣٨

١/٣ عام ٣٨

٢/٣ مصادر وأسباب الضرر وأنواع الخسائر التى تحدثها تفريغات الصواعق فى المبانى ٣٨

المحتويات

الصفحة

٣/٢-١ مصدر الضرر ٣٨
٣/٢-٢ أنواع الضرر ٣٩
٣/٢-٣ أنواع الخسائر ٣٩
٣/٣ الضرر ومركبات الضرر ٤٠
٣/٣-١ الضرر ٤٠
٣/٣-٢ مركبات الضرر ٤٠
٣/٣-٣ مكونات مركبات الضرر المتعلقة بالمبنى..... ٤٢
٣/٣-٤ تصنيف معامل الضرر R حسب نوع الضرر ٤٢
٣/٣-٥ العوامل المؤثرة فى مركبات الأضرار للمبنى ٤٥
٣/٤ القيم المقبولة لمعامل الضرر R_T ٤٦
٣/٥ المخطط التتابعى لتحديد الاحتياج للوقاية ٤٦
٣/٦ تقدير مركبات الأضرار R الناتجة عن الصاعقة ٤٨
٣/٦-١ حساب قيمة *كثافة الصاعقة* ٥٠
٣/٦-٢ حساب احتمال حدوث أضرار P ٥٥
٣/٦-٣ حساب معامل احتمال الخسائر L ٦٠
٣/٧ اختيار إجراءات الوقاية ٦٦

الباب الرابع: تصميم نظام الوقاية من الصواعق ٦٩
٤/١ عام ٦٩
٤/٢ الاحتياج للوقاية ٧٠
٤/٣ اللواقط ٧٦
٤/٤ شبكة اللواقط ٧٦
٤/٤-١ تحديد أمكان شبكة اللواقط ٧٨
٤/٤-٢ طريقة زاوية الوقاية ٨٠
٤/٤-٣ نظرية كرة الصاعقة المتدحرجة ٨٨
٤/٤-٤ طريقة الموصلات المعشقة (شبكة قفص فرادای) ٩٧

المحتويات

الصفحة

٤/٥ الموصلات الهابطة ٩٨
٤/٥-١ الموصلات الهابطة الطبيعية ٩٨
٤/٥-٢ الموصلات الهابطة المعزولة ١٠٢
٤/٥-٣ الموصلات الهابطة غير المعزولة ١٠٢
٤/٥-٤ الموصلات الهابطة غير المعزولة فى المبانى الصناعية ... ١٠٤
٤/٥-٥ تصميم الموصلات الهابطة ١٠٦
٤/٥-٦ عدد وأماكن الموصلات الهابطة ١٠٩
٤/٥-٧ وصلة الاختبار ١١٤
٤/٥-٨ التثبيت والوصلات ١١٥
٤/٦ شبكة التأريض الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق ١١٥
٤/٦-١ عام ١١٥
٤/٦-٢ الأقطاب الأرضية ١١٨
٤/٦-٣ الوقاية من خطر الصدمة الكهربائية على الحياة ١٢٨
٤/٦-٤ المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق وأبعادها . ١٣٢
٤/٧ تصميم النظام الداخلى للوقاية من الصواعق ١٣٢
٤/٧-١ القيم المميزة للصاعقة عند تصميم نظام الوقاية من الصواعق..... ١٣٣
٤/٧-٢ نبائط التفريغ ١٤٢
٤/٧-٣ تساوى الجهد ١٤٨
٤/٧-٤ مسافة الأمان ١٥٢
٤/٧-٥ موصل الربط ١٥٧

المحتويات

الصفحة

الباب الخامس: تصميم الوقاية من المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة ١٥٨

٥/١ تحجيب وتمديد الموصلات ١٥٨

٥/٢ تحجيب المبنى ١٥٨

٥/٣ مناطق الوقاية ١٦٢

٥/٤ ربط مناطق الوقاية مع بعضها البعض ١٦٤

٥/٥ شدة المجالات الكهرومغناطيسية داخل مناطق الوقاية LPZ0..... ١٦٧

٥/٦ شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حال الإصابة غير المباشرة .....

٥/٧ شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حالة الإصابة المباشرة ١٧١

٥/٨ شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ2 وأكبر ١٧٢

٥/٩ حساب الجهود والتيارات الناتجة بالحث فى الحلقات ١٧٣

٥/١٠ حساب شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حالة الإصابة غير المباشرة ١٧٤

٥/١١ حساب الجهد والتيار فى منطقة الوقاية LPZ1 فى حال الإصابة المباشرة ١٧٦

٥/١٢ حساب الجهد والتيار فى مناطق الوقاية $LPZ \geq 2$ ١٧٧

الباب السادس: تنفيذ النظام الخارجى للوقاية من الصواعق ١٧٨

٦/١ لواقط الصواعق ١٧٨

٦/٢ أمثلة على تنفيذ نظام خارجى للوقاية من الصواعق ١٧٨

المحتويات

الصفحة

٣/٦ تركيب اللوقط ١٩٠
٣/٦- ١ تركيب لواقط الوقاية لموقف سيارات ١٩٠
٣/٦- ٢ استخدام التركيبات الموجودة على السطح كلواقط ١٩٢
٣/٦-٣ استخدام مكونات النظام الخارجى للوقاية من الصواعق فى
تحجيب المبانى ١٩٤
٣/٦-٤ وقاية الأجزاء غير المعدنية البارزة على السطح ١٩٥
٣/٦-٥ لواقط الوقاية من الصواعق للأسقف التى تحتوى على
تجهيزات إلكترونية أو كهربائية ١٩٧
٣/٦-٦ وقاية الأجزاء الموصلة الموجودة على السطح ١٩٨
٣/٦-٧ التركيبات المعدنية التى يمكن استخدامها فى نظام الوقاية ١٩٩
٣/٦-٨ لواقط الوقاية المعزولة ٢٠٣
٤/٦ الموصلات الهابطة ٢٠٧
٤/٦-١ المكونات الطبيعية للموصلات الهابطة ٢٠٩
٥/٦ نظام التأريض فى نظام الوقاية من الصواعق ٢١١
٥/٦-١ التأريض فى نظام الوقاية من الصواعق بواسطة الأساسات .. ٢١١
٥/٦-٢ التأريض فى الأرض الصخرية ٢١٦
٥/٦-٣ نظام التأريض الخاص بالوقاية من الصواعق فى المنشآت
الكبيرة ٢١٦
٥/٦-٤ الوقاية من الصدأ أو التآكل لموصلات التأريض ٢١٨
٥/٦-٥ التثبيت والوصلات ٢٢٠

الباب السابع: تنفيذ الوقاية الداخلية للوقاية من الصواعق ٢٢١
١/٧ تساوى الجهود للتركيبات المعدنية الداخلية ٢٢١
٢/٧ تساوى الجهد للتركيبات المعدنية الخارجية ٢٢٦

المحتويات

الصفحة

٣/٧ الوقاية من أثر التيارات الناتجة بالحث فى التركيبات الداخلية ٢٣١
٤/٧ تنفيذ التحجيب لمناطق الوقاية من الصواعق ٢٣٣
الباب الثامن: فحص ومتابعة واستلام وصيانة نظام الوقاية من الصواعق ٢٣٥
١/٨ متابعة نظام الوقاية ٢٣٥
٢/٨ برنامج متابعة نظام الوقاية من الصواعق ٢٣٥
٣/٨ وثائق (سجلات) المتابعة ٢٣٦
٤/٨ فحص وصيانة نظام الوقاية من الصواعق ٢٣٦
٥/٨ الفترة الزمنية بين فحص وآخر ٢٣٧
٦/٨ تنفيذ الفحص ٢٣٨
٧/٨ الاستلام الابتدائى لأعمال الوقاية من الصواعق ٢٤٣

المراجع: ٢٤٨

الملاحق

ملحق م٣ حساب معامل الضرر، المساحة التجميعية وتحديد مدى الاحتياج للوقاية من عدمه لمبنى سكنى م١
ملحق (م٣-١) أ: كيفية حساب المساحة التجميعية م٤
ملحق (م٣-٢)أ: حساب معاملات الضرر ومدى احتياج المبنى للوقاية من عدمه..... م٥
ملحق (م٣-١) ب: كيفية حساب المساحة التجميعية م١١
ملحق (م٣-٢)ب: حساب معاملات الضرر ومدى احتياج المبنى للوقاية من عدمه..... م١٢

المحتويات

الصفحة

ملحق م٤

ملحق (م٤/١): شبكة موصلات الربط ..... م ١٥

ملحق (م٤/٢): حساب أصغر مقطع مسموح به للأغلفة المعدنية ..... م ١٩

ملحق م٥ أمثلة لحساب شدة المجال المغناطيسى والجهد الناتج بالحث عن تيار الصاعقة
..... م ٢١

ملحق م٦ استخدام حديد التسليح كمكون طبيعى بالمبنى فى نظام الوقاية من الصواعق م ٢٣

الباب الأول

المجال والتعاريف والاختصارات

١/١ مقدمة

تعتبر الصواعق من الظواهر الطبيعية التى تحدث فى أقطار كثيرة من العالم وهى ناتجة عن تفريغ شحنة كهروستاتيكية متولدة فى أجزاء يطلق عليها خلايا (Cells) من سحب رعدية.
ويوجد ملايين من هذه الصواعق من بينها ما يضرب المبانى، أو ما قد يقتل الإنسان أو الحيوان إما مباشرة أو بطريق غير مباشر بإشعالها الحرائق أو إحداث إنفجارات.

يتناول هذا الكود النواحى الفنية للصواعق وبه شرح للمبادئ الكهربائية والحرارية والميكانيكية والتأثيرات الناتجة عنها ويقدم الإجراءات اللازمة لكيفية تفادى الخطر الناجم عن الضربة الصاعقة (Lightning strike) ويقدم طريقة لتحديد قيمة معامل الضرر R لتقدير الخطورة التى تتعرض لها المنشأة ويساعد فى تقرير عما إذا كانت المنشآت تحتاج إلى وقاية من الصواعق أم لا بمقارنتها بالقيمة المقبولة R_T لمعامل الضرر.

وتعتبر الإجراءات المقدمة فى هذا الكود للوقاية من الصواعق ذات طبيعة عامة ويتم تطبيقها على التركيبات فى المبانى.

ومما يجب التأكيد عليه فى هذا المقام أن تطبيق التعليمات الواردة بهذا الكود لا يعنى بالضرورة – وبالرغم من توفر الوقاية من الصواعق – الإزالة الأكيدة للخطر الذى قد يصيب المنشأ بمن فيه وما فيه.

وقد تمت الاستعانة ببعض المراجع المتخصصة فى هذا المجال عند وضع هذا الكود والتى تعتمد بشكل كبير على المواصفات الكهروتقنية الدولية لوقاية المنشآت من الصواعق
.IEC EN 62305

وللمساعدة فى تفسير الكثير من النقاط الواردة فى هذا الكود، تم اضافة بعض الملاحق والتى تشمل:

١- بعض المعلومات التى تشرح التوصيات الواردة بهذا الكود
٢- بعض الإرشادات الخاصة ببعض التطبيقات
٣- بعض التوصيات العامة لوقاية المعدات الإلكترونية ضد الصواعق

٢/١ المجال (Scope)

يقدم هذا الكود الإرشادات اللازمة لتصميم النظم التى تقوم عليها وقاية المنشآت من الصواعق وكذلك لاختيار الخامات والمواد المستخدمة واللازمة لتحقيق ذلك. ولقد تم وضع بعض التوصيات الخاصة ببعض المنشآت الخاصة مثل المخازن التى بها مواد قابلة للاشتعال أو للانفجار والمنشآت المؤقتة مثل الأوناش والسقالات.

ولا يطبق هذا الكود على الحالات التالية:

أ- نظم السكك الحديدية

ب- نظم توليد ونقل وتوزيع القدرة الكهربائية الخارجية (مثل الخطوط الهوائية)

ج- وسائل النقل، كالسفن والطائرات والتركيبات البحرية (Off-shore installations)

د- وقاية المنشآت البحرية الخاصة بتركيبات معامل البترول أو مراوح الهواء (Wind mills) الخاصة بمحطات طاقة الرياح المنشأة فى البحر (Off-shore)

هـ- أبراج الاتصالات فى المناطق الخلوية

٣/١ التعاريف

الإصابة المباشرة **Direct strike**

الصاعقة التى تصيب المبنى أو نظام الوقاية المركب عليه بشكل مباشر.

الإصابة غير المباشرة **Indirect strike**

الصاعقة التى تصيب مواقع قريبة من المبنى الذى تمت وقايته أو إصابة الموصلات المعدنية الداخلة إليه والخارجة منه.

الأضرار المسموحة من الصواعق **Allowable lightning damages**

القيمة العظمى للأضرار التى يسمح بها فى المبنى المراد وقايته عند إصابته بصاعقة، وتحدد القيمة من قبل المهندس المصمم لنظام الوقاية والمالك أو المستثمر.

أضرار ناتجة عن الصاعقة **Damages caused by lightning**

الأضرار عموما التى تسببها التفريغات من الصاعقة للأشخاص أو للممتلكات فى المبنى المراد وقايته.

ألسنة لهب متعددة فى الصاعقة **Multiple streamers**

ألسنة لهب فى صاعقة هابطة تتكون من ٣ إلى ٤ تفريغات متتالية فى نفس قناة الصاعقة. يبلغ

الزمن الفاصل بين تفريغ وآخر حوالى ٥٠ ميللى ثانية. ويمكن مراقبة صاعقة متعددة تتكون من ١٠ تفريغات ويتراوح زمن الاستراحة بين التفريغ والآخر (١٠- ٢٥٠) ميللى ثانية.

تآكل المعدن **Corrosion**

جميع أنواع التآكل التى تحدث فى المعدن (التآكل الكهروليتى أو الكيميائى).

تجنب التشويش على موصل أومعدة كهربائية بالتحجيب **Shielding against electromagnetic waves due to lightning**

المقدرة على تجنب التشويش الناتج عن المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة بدون أى أثر على الموصل أو المعدة الكهربائية.

التوافق الكهرومغناطيسى **Electromagnetic Compatibility (EMC)**

فرع من فروع علم الكهرباء، يعنى بدراسة توليد وانتشار واستقبال الطاقة الكهرومغناطيسية بشكل عفوى، فيما يخص التأثيرات غير المرغوبة، مثل التداخل الكهرومغناطيسى (Electromagnetic Interference "EMI")، الذى يمكن أن يحدث بالحث نتيجة لهذه الطاقة.

تيار الصاعقة **Lightning current**

قيمة التيار فى نقطة الإصابة من الصاعقة.

جزء الصاعقة **Lightning part**

تفريغ كهربائى وحيد فى صاعقة يتوافق مع تيار نبضى أو تيار ثابت.

جهد التمرير **Let through voltage**

أكبر قيمة جهد تحدث خلال ١٠٠ ميكرو ثانية بعد تطبيق موجة الاختبار.

جهد الخطوة **Step voltage**

فرق الجهد الناتج بين قدمى شخص نتيجة سريان تيار الصاعقة فى جسم الإنسان (بين قدم والآخر).

Withstand voltage

جهد الصمود

القيمة العظمى للجهد الذى يتحمله العزل فى معدة ما، دون أن تتعرض لأضرار أو انهيار.

Touch voltage

جهد التلامس

فرق الجهد المطبق على جسم الإنسان عند سريان التيار من اليد خلال الجسم إلى القدمين ثم إلى الأرض.

Earthing network potential

جهد شبكة التأريض

فرق الجهد بين شبكة التأريض والأرض.

Self inductance

الحث الذاتى

خاصية تسبب قوة دفع كهربائية عكسية (Back EMF) تتولد عند مرور تيار متردد من خلال سلك أو ملف، ويمكن التعبير عن الحث الذاتى بالرمز L ويقاس بالهنرى، ويعرف بأنه النسبة بين القوة المحركة الكهربائية ذات التأثيرية الذاتية $N \Phi_m$ المتولدة فى ملف عدد لفاته N، ومعدل تغير شدة التيار I المار بالملف.

Mutual inductance

الحث المتبادل

خاصية لدائرة يتولد بها جهد نتيجة لتغير التيار فى موصل مجاور لها منفصل عنها ويعبر عنه بالهنرى..

Steel rebar

حديد التسليح المعشق

شبكة فولاذية ضمن الهيكل الخرسانى، وتعتبر المنشآت من الأسمنت المسلح باستخدام أسياخ من الصلب ذات استمرارية كهربائية إذا تحققت الشروط التالية:

- لحام ٥٠ % من أسياخ الربط الرأسية والأفقية أو ربطها بأسلاك من الصلب بإحكام
- لحام الأسياخ الرأسية، أو تراكبها متلاصقة فوق بعضها بمسافة مساوية ٢٠ ضعفا من أقطارها كحد أدنى وربطها بأسلاك من الصلب بإحكام
- أن تكون هناك استمرارية كهربائية لحديد التسليح بين بلاطات الأسمنت سابقة التجهيز المتلاصقة بجوار بعضها البعض.

خط نقل بيانات **Data line**

كابل ينقل معلومات ويكون مميزاً عن كابلات القوى. ومن أمثلة خطوط نقل البيانات خطوط التليفونات، وخطوط التحكم والقياس عن بعد وكذلك خطوط نقل الإشارات الكهربائية.

رباط **Bond**

موصل يقوم بربط موصل الوقاية من الصواعق مع التركيبات المعدنية الأخرى وأجزائها.

زمن النبضة **Impulse time**

الفترة الزمنية التى يسرى فيها تيار الصاعقة من خلال نقطة الإصابة.

زمن جبهة النبضة **Impulse front time**

تحدد هذه القيمة T_1 بـ ١.٢٥ من الفارق الزمنى بين النقطتين اللتين تبلغ فيهما قيمة التيار أو الجهد ١٠% & ٩٠% من قيمته الإسمية، وفى حال حدوث ذبذبات أو تحدب لجبهة نبضة التيار أو الجهد، يتم رسم خطا مستقيما يمر من النقاط ١٠% & ٩٠% ويمتد ليتقاطع مع محور الزمن فى نقطة تستخدم لتحديد نقطة بداية قياس الأزمنة القياسية للموجة.

زمن نصف ذيل النبضة **Impulse half tail time**

الفترة الزمنية T_2 المحصورة بين نقطة بداية القياس والنقطة التى ينخفض فيها التيار أو الجهد إلى نصف قيمته العظمى جهة ذيل الموجة.

شبكة التأريض **Earthing network**

جزء من النظام الخارجى فى الوقاية من الصواعق (LPS) والمعد لنقل وتشتيت تيار الصاعقة إلى الأرض.

الشبكة الهوائية (اللواقط) **Air terminals**

جزء من النظام الخارجى فى الوقاية من الصواعق والمعد لالتقاط شرارة الصاعقة.

شبكة منطقة محلية **Local Area Network (LAN)**

نظم اتصالات تستخدم لنقل البيانات بالمنشأة.

Lightning total charge **الشحنة الكلية للصاعقة**

تكامل قيمة التيار خلال زمن الصاعقة.

Charge of small lightning impulse **شحنة لنبضة صاعقة صغيرة**

تكامل قيمة التيار أثناء زمن الجبهة، ويرمز إليها بالرمز Q_S وتقاس بوحدة AS أو كولوم.

Charge of long lightning impulse **شحنة لنبضة صاعقة طويلة**

تكامل قيمة التيار خلال الفترة الزمنية التى يسرى فيها التيار الطويل ويرمز إليها بالرمز Q_L.

Dangerous lightning **صاعقة خطرة**

تفريغ كهربائى غير مسموح به ينتج عن تيار الصاعقة داخل المنطقة المراد وقايتها.

Lightning stroke **ضربة الصاعقة**

النبضة الوحيدة المميزة من نبضات التيار فى وميض الصاعقة.

Return stroke **الضربة المرتدة**

جزء من الومضة الذى يتم فيه تفريغ شحنة من خلية مشحونة فى سحابة رعدية إلى الأرض.

Withstand energy **طاقة التحمل**

القيمة العظمى للطاقة التى تتحملها أى معدة بدون أى أضرار ويرمز إليها بالرمز W_{max}.

Specific energy of lightning impulse current **الطاقة النوعية لنبضة تيار الصاعقة**

الطاقة الناتجة عن مرور نبضة تيار الصاعقة فى مقاومة أومية قدرها ١ أوم، وتعطى هذه القيمة بالتكامل الزمنى لمربع تيار الصاعقة خلال زمن بقائه.

Earth termination or earth termination network **طرف أرضى أو شبكة طرف أرضى**

جزء من نظام الوقاية من الصواعق يقوم بتفريغ تيار الصاعقة إلى الأرض ويضمن التوصيل الكهربائى الجيد مع الأرض.

طرف هوائى أو شبكة طرف هوائى **Air termination or air termination network**

جزء من نظام الوقاية من الصواعق الذى يجمع تفريغ شحنات الصاعقة ليمر من خلاله إلى باقى أجزاء شبكة الوقاية من الصواعق .

عزل الصاعقة **Lightning isolation**

طريقة وضع جسم معدنى مدفوناً أو ظاهراً على المنشأ بالنسبة لنظام الوقاية من الصواعق بطريقة تمنع هذا الجسم من حمل أى جزء من تيار الصاعقة.

القدرة النوعية لنبضة تيار الصاعقة **W/R**

الطاقة الناتجة عن مرور نبضة تيار الصاعقة فى مقاومة أومية قدرها ١ أوم، وتعطى هذه القيمة بالتكامل الزمنى لمربع التيار خلال زمن بقائه.

قضيب الربط **Bonding bus bar**

موصل يستخدم لجعل فرق الجهد الواقع على قضبان حديد التسليح متساويا، وبالتالى توزيع التيار بالتساوى تقريباً فى هذه القضبان.

قطب أرضى حلقى **Ring earth electrode**

قطب يكون حلقة مغلقة حول مبنى أو فوق سطح الأرض أو من خلال أو أسفل المبنى. ويمكن استخدام هذا القطب للتوصيل بين أقطاب التأريض الأخرى.

قطب الأرضى **Earth electrode**

جزء أو مجموعة أجزاء موصلة تقوم بتوصيل تيار الصاعقة إلى الأرض.

قطب التأريض المرجعى **Reference earth electrode**

قطب تأريض يمكن فصله عن شبكة طرف التأريض بغرض إجراء قياس أو اختبار دورى للنظام.

قطب تأريض رأسى **Vertical earthing electrode**

قضيب مدقوق رأسيا فى الأرض.

قطب تأريض فى أساسات المبنى **Foundation earthing electrode**

قطب مدفون داخل الأساسات الأسمنتية للمبنى.

القيمة العظمى لتيار الصاعقة **Impulse current crest value**

أكبر قيمة لنبضة تيار الصاعقة.

القيمة المتوسطة لميل منحنى التيار di/dt

فرق قيمتى التيار I_{90} ، I_{30} عند النقطتين ٣٠ % ، ٩٠ % من قيمته العظمى على المنحنى مقسوما على الفارق الزمنى t_{90} ، t_{30} بينهما.

كتاب رصد بيانات **Log book**

كتاب لتسجيل الاختبارات والبيانات التى يتم الحصول عليها عند التفتيش على الموصلات فى تركيبات خاصة بنظام الوقاية من الصواعق.

كثافة الصاعقة **Lightning density**

عدد الومضات إلى الأرض لكل كم^{2} فى السنة ويرمز لها بالرمز Ng .

الكرة المتدحرجة **Rolling sphere**

كرة وهمية يحدد قطرها حسب المستوى المطلوب للوقاية من الصواعق للمبنى المراد وقايته، وتستخدم للتأكد من دقة الوقاية الخارجية من الصواعق.

لوحة إرشادية لأقطاب الأرضى **Indicating plate for earth electrodes**

لوحة تبين تفاصيل وأعداد وأماكن أقطاب الأرضى.

المرحلة ما قبل الأخيرة لهجمة الصاعقة **Penultimate stage of the lightning strike**

مرحلة من مراحل نمو قناة الصاعقة المتجهة نحو الأرض والتى تحدد مكان الإصابة من الصاعقة وتساوى قطر كرة الصاعقة المتدحرجة والذى يتعلق بقطر قناة الصاعقة الاسطوانية التى تنمو بين السحابة والأرض، ويتحدد قطر هذه القناة حسب تيار الصاعقة.

مساحة التجميع الفعلية لهجمة الصاعقة **Actual collection area of lightning strike**

تحسب مساحة التجميع الفعلى لمبنى على شكل متوازى مستطيلات مثلا بأنها مساحة المسقط الأفقى للمبنى ممتدة فى جميع الاتجاهات مع أخذ ارتفاعه فى الاعتبار.

وتنحرف حافة مساحة التجميع الفعلية عن حافة المبنى بقيمة مساوية لارتفاع المبنى عند هذه النقطة.

مسافة الأمان **Safety distance**

أقل مسافة بين جزئين موصلين موجودين فى المنطقة المراد وقايتها، والتى لا يمكن أن يحدث عندها شرارة خطيرة.

مستوى التصميم للقيم العابرة بالمعدات **Equipment Transient Design Level (ETDL)**

مستوى القيم العابرة التى تجتازها المعدات عند اختبارها،(تسمى أحياناً Immunity level).

مستوى الوقاية **Protection level**

يعبر عن تصنيف نظام الوقاية من الصواعق (LPS) طبقاً لفعاليته وعن الاحتمال الذى يمكن أن يحققه نظام الوقاية من الصواعق فى حماية منطقة ما من آثار الصاعقة.

معدات إلكترونية **Electronic equipment**

معدات للاتصال وأجهزة قياس وتركيبات إلكترونيات القوى وما يماثلهم والتى تحتوى على مكونات إلكترونية.

المقاومة النوعية المكافئة للأرض **Equivalent earth specific resistance**

النسبة بين القيمتين العظميتين لجهد وتيار شبكة التأريض، واللتان لا تحدثان عادةً بشكل متزامن أو آنيا. وتستخدم هذه المقاومة للإشارة إلى فعالية شبكة التأريض.

المكونات الطبيعية فى نظام الوقاية من الصواعق **Natural components of lightning protection system**

الأجزاء التى تؤدى دوراً فى الوقاية من الصواعق ولكنها غير مركبة خصيصاً لهذا الغرض، وهى

تكون إما شبكة هوائية طبيعية، أو موصلات هابطة طبيعية، أو قطب أرضى طبيعى.

المناطق الخارجية للوقاية من الصواعق
External Lightning Protection Zones (LPZ o)

المناطق التى تنتشر فيها المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة بدون أى إعاقة، وتكون تأثيرات تيارات الصاعقة فيها تامة أو جزئية، وتقسم بدورها إلى عدة مناطق كالتالى:

- **منطقة الوقاية ($LPZ\ o_A$)**

منطقة يمكن إصابة الأشياء الموجودة فيها إصابة مباشرة بصاعقة، ويسرى كامل تيار الصاعقة فى نقطة الإصابة.

- **منطقة الوقاية ($LPZ\ o_B$)**

منطقة لا يمكن إصابة الأشياء الموجودة فيها إصابة مباشرة بصاعقة، لذلك يسرى فى الموصلات جزء من تيار الصاعقة.

- **منطقة الوقاية ($LPZ\ o_C$)**

منطقة داخل مسافة على بعد ٣ م من محيط الجدران الخارجية للمبنى ولا يمكن إصابة الأشياء الموجودة فيها إصابة مباشرة بصاعقة، ولكن يحدث فيها خطر على الإنسان والحيوان من جهد الخطوة وجهد اللمس الناشئين من الصاعقة ولارتفاع حتى ٣ م من الأرض.

المناطق الداخلية للوقاية من الصواعق
Internal lightning protection zones $LPZ_{1...n}$

مناطق لا يمكن إصابة الأشياء الموجودة بداخلها إصابة مباشرة بصاعقة، وتصنف حسب شدة المجال الكهربائى السائد فيها وتقسم كالتالى:

أ- **منطقة الوقاية LPZ_1**

منطقة تنخفض فيها قيمة التيارات فى الصاعقة نتيجة تفريع تيار الصاعقة فى عدة موصلات، أو فى معدات الوقاية من الجهود الزائدة المركبة على حدود منطقة الوقاية (المنطقة (0-1))، أو نتيجة لتخفيض شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل هذه المنطقة بسبب التحجيب (Screening).

ب- منطقة الوقاية LPZ_2

تنخفض قيمة التيارات فى الصاعقة فى هذه المنطقة مرة ثانية نتيجة تفريع تيار الصاعقة من جديد فى عدة موصلات، أو فى معدات الوقاية من الجهود الزائدة بين هذه المنطقة بالإضافة إلى منطقة الوقاية LPZ_1 أو نتيجة لتخفيض شدة المجال الكهربى مرة ثانية بسبب التحجيب (Screening).

منسوب القيم العابرة فى التحكم **Transient Control Level (TCL)**

أقصى قيمة لمنسوب القيم العابرة التى تحدث فى نظام الوقاية والتى يتم الوصول إليها عن طريق تصميم هذا النظام (مثلاً استخدام تحجيب (Screening) أو ما يماثله).

المنشآت **Constructions**

المنشآت المستخدمة للأغراض العادية (تجارية، صناعية، زراعية، تعليمية، سكنية، الخ ...).

المنشآت المعدنية **Metallic structures**

الأجزاء المعدنية المركبة فى المنطقة المراد وقايتها والتى يمكن أن تشكل ممراً لتيار الصاعقة، كشبكة المواسير المعدنية والسلالم الحديدية وسكك المصاعد وفتحات ومجارى التهوية والتكييف وحديد التسليح المعشق للبناء (ذو استمرارية توصيل كهربائى).

منطقة الوقاية **Zone of protection**

الحيز الذى يقوم خلاله موصل الوقاية من الصواعق بالوقاية ضد ضربة الصاعقة المباشرة عند توجه الصاعقة ناحيته.

الموصل الداخلى **Internal conductor**

الموصل الموجود داخل البناء المراد وقايته، مثلاً أسياخ حديد التسليح المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق.

موصل الربط **Bonding conductor**

موصل يستخدم لربط التركيبات المعدنية مع أسياخ حديد التسليح فى الخرسانة، والأجزاء الموصلة الخارجية وخطوط الاتصالات، وخطوط نقل القدرة الكهربائية والكابلات الأخرى إلى نظام الوقاية من الصواعق.

Ring conductors

الموصلات الحلقية

ذلك الجزء من النظام الخارجى للوقاية من الصواعق الذى يربط الموصلات الهابطة مع بعضها البعض لكى يتوزع تيار الصاعقة بالتساوى فى هذه الموصلات.

Down conductors

الموصلات الهابطة

ذلك الجزء من النظام الخارجى للوقاية من الصواعق والمعد لتمرير تيار الصاعقة من الشبكة الهوائية إلى شبكة التأريض المحتوية على أقطاب تأريض حلقية رأسية.

Equipotential conductors

موصلات تساوى الجهد

ذلك الجزء من النظام الداخلى للوقاية من الصواعق الذى يخفض من فرق الجهد الناتج عن تيار الصاعقة.

Safety Protection Devices, (SPD)

نبائط الوقاية من الجهود الزائدة

نبائط تستخدم للحد من قيمة الجهود الزائدة إلى قيمة معينة وتنقل التيارات فى الصاعقة إلى الأرض، وتحتوى على عنصر واحد غير خطى على الأقل.

Impulse current

نبضة التيار

جزء من تيار الصاعقة، يكون زمن نصف ذيل الموجة له أقل من ٢ مللى ثانية.

Lightning protection system

نظام الوقاية من الصواعق

النظام الكامل من موصلات وتركيبات، المستخدم لحماية منطقة ما من آثار الصاعقة، وهو يتألف من نظام خارجى و/ أو نظام داخلى للوقاية من الصواعق.

Strike point

نقطة الإصابة

الموضع الذى تمس فيه الصاعقة الأرض أو المبنى أو نظام الوقاية من الصواعق الخاصة بهذا المبنى، وقد يوجد أكثر من نقطة إصابة لشرارة الصاعقة.

Upward streamer

نهير الصاعقة الصاعد

ألسنة لهب فى الصاعقة تتكون من تفريغات (Leaders) تبدأ من قمم الأجسام العالية المؤرضة باتجاه السحابة المشحونة. تترافق الصاعقة الصاعدة مع نبضة تيار أولى ذات زمن طويل مع

نبضات متتالية أو بدونها.

نهير الصاعقة الهابط **Downward streamer**

ألسنة لهب فى الصاعقة تتكوّن من تفريغات (Leaders) على شكل قناة اسطوانية تبدأ من السحابة المشحونة باتجاه الأرض. تترافق ألسنة اللهب فى الصاعقة الهابطة مع نبضة رائدة للتيار (يمكن حدوث عدة نبضات) مع إمكانية أن يرافق النبضة تيار ثابت ذو زمن طويل.

هجمة الصاعقة **Lightning strike**

وميض الصاعقة الذى يلحق ضررا بمنشأ معين.

وتيرة تفاضلية **Differential mode**

فرق الجهد الذى يظهر بين موصلين فى مجموعة واقعة عند موضع محدد. وتعرف الوتيرة التفاضلية أحياناً بأنها الوتيرة المستعرضة (Transverse mode).

وتيرة معتادة **Common mode**

قيمة يتم قياسها بين جميع الموصلات الخاصة بمجموعة ويتم قياسها بين موصلات هذه المجموعة فى مكان معين وموضع مرجعى اعتيادى (عادة الأرض). وتعرف الوتيرة المعتادة أحياناً بأنها الوتيرة الطولية (Longitudinal mode).

وصلة **Joint**

توصيلة ميكانيكية أو كهربائية بين جزئين أو أكثر من أجزاء نظام الوقاية من الصواعق.

وصلة اختبار **Test joint**

وصلة مصممة وموضوعة خصيصا بحيث تسمح عندها بقياس المقاومة مع إمكانية استمرار قياسها مستقبلاً.

وصلة تساوى الجهد **Equipotential bond**

وصلة معدنية تستخدم لربط الأغلفة المعدنية للموصلات الداخلة من الخارج إلى المبنى (كهرباء، معلومات، إلخ....) والتركيبات المعدنية داخل وخارج المبنى بواسطة موصلات الربط والوصل مع موصلات نظام الوقاية من الصواعق للحد من فرق الجهد الناتج عن تيار الصاعقة بين هذه التركيبات.

Lightning flash

وميض الصاعقة

تفريغ كهربائى بين السحب والأرض ذو أصل ينتمى إلى الجو المحيط ويحتوى على نبضات ذات تيارات بسعة قد تصل إلى عدة كيلو أمبيرات.

٤/١ الاختصارات

تطبق فى هذا الكود الاختصارات التالية:

الرمز المختصر	معنى الرمز
ANSI	American National Standards Institute
CM	Common Mode
DC	Down Conductor
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
ETDL	Equipment Transient Design Level
GL	Ground Level
HC	Horizontal Conductor
IEC	International Electric Commission
LAN	Local Area Network
LEMP	Lightning Electromagnetic pulse
LPL	Lightning Protection Level
LPMS	Lightning Protection Measures System
LPS	Lightning Protection System
LPZ	Lightning Protection Zone
NEC	National Electric Code
SPD	Surge Protection Devices
TCL	Transient Control Level
VC	Vertical Conductor
ZP	Zone of Protection
ZS	Zone of a Structure

الباب الثانى

الغرض والنظم والمكونات

١/٢ الغرض

يوضح الكود الخطوات اللازمة لتحديد مدى احتياج المبنى لإجراءات الوقاية من الصواعق.

كما يتناول الكود أسس تصميم نظام الوقاية من الصواعق واشتراطات تنفيذ النظام الخارجى للوقاية وكذلك تنفيذ نظام الوقاية الداخلية بحيث يتحقق الأمان للأشخاص والممتلكات.

ويجب متابعة نظام الوقاية بشكل دورى حتى يتم التأكد من فعاليته، وعند تغيير شكل أو استخدامات المبنى يجب مراجعة النظام والتأكد من إيفائه بمتطلبات نظام الوقاية أو تعديله ليتطابق مع شروط هذا الكود. فى هذه الحالة، يجب تحديد مستوى الوقاية المطلوب وتحليل معامل الخطورة للمبنى من جديد.

٢/٢ النظم

٢/٢-١ الأوجه الفنية للصاعقة

يختلف نشاط الصواعق من بلد إلى آخر فى أحد الاتجاهات مقارنة بالاتجاه الآخر من الاتجاهات الأصلية الأربعة، وعلاوة على ذلك فهناك تغير تبلغ نسبته ١:٢ على امتداد فترة زمنية مقدارها ١١ سنة وهى مرتبطة بدورة البقع الشمسية.

وتحدد بقدر المستطاع الخطوة الأولى لتقليل الخطر الناجم من آثار الصواعق بمعرفة طبيعة وخصائص الصاعقة.

٢/٢-٢ خصائص الصاعقة Lightning characteristics

أ- التيار المصاحب لضربة الصاعقة

من الأسهل وبدلا من وصف " قيمة متوسطة" لومضة الصاعقة، تحديد قيم المعاملات المختلفة، وتعتبر " الضربة المرتدة Return stroke" الجزء الهام بومضة الصاعقة استنادا لما تسببه من أضرار وهو الجزء من الومضة الذى يتم به تفريغ شحنة من خلية مشحونة فى سحابة رعدية إلى الأرض (أنظر الشكل رقم (١/٢)). ويبين الشكل رقم (٢/٢) كيفية تكون الخلايا المشحونة بواسطة الهواء. وتتراوح قيمة التيار فى الضربة العائدة ما بين (٣- ٢٠٠) ك.أ.، ويمكن توزيع قيم هذا التيار بالصورة التى تتكرر فى الطبيعة والتى تسمى "القيم العادية Log normal " على النحو التالى:

١% من الضربات يزيد تيارها عن ٢٠٠ كيلو أمبير

١٠ % من الضربات يزيد تيارها عن ٨٠ كيلو أمبير

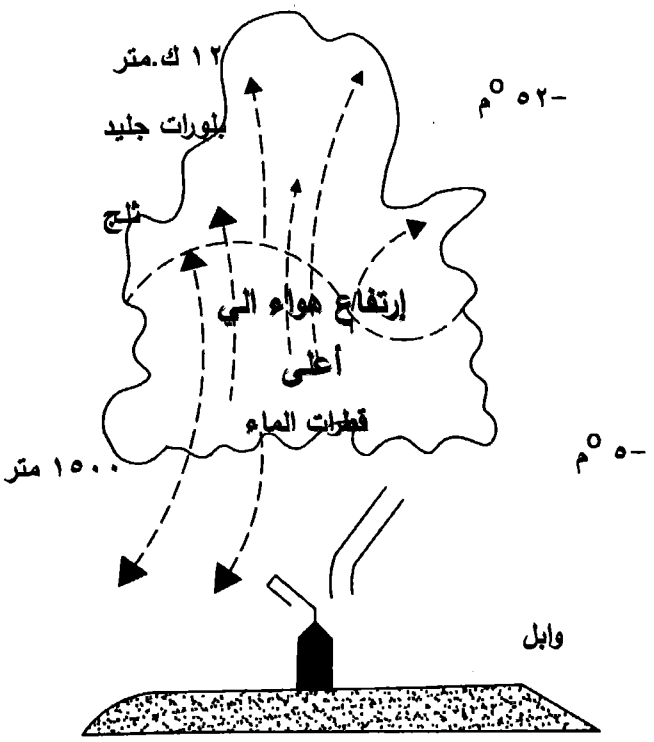
٥٠ % من الضربات يزيد تيارها عن ٢٨ كيلو أمبير

٩٠ % من الضربات يزيد تيارها عن ٨ كيلو أمبير

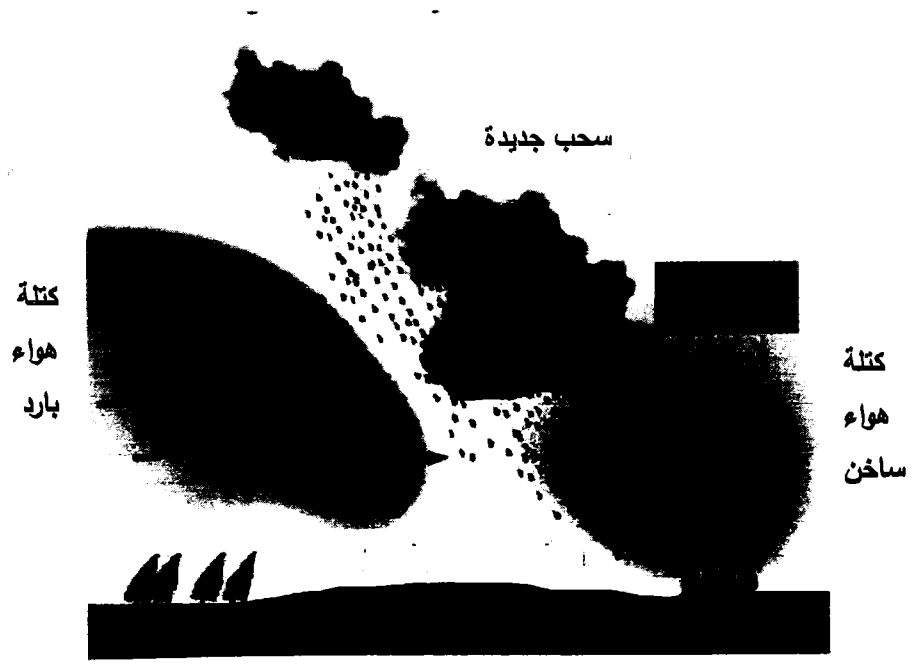
٩٩% من الضربات يزيد تيارها عن ٣ كيلو أمبير

ويكون تيار التفريغات الأرضية من النوع الناتج عن سحابة رعدية مشحونة بشحنات سالبة، وعليه فإن اتجاه مرور التيار يكون سالباً من السحابة إلى الأرض (أنظر الشكل رقم (١/٢)أ). أما مرور تيار موجب من الأجزاء المشحونة بشحنة موجبة فهو من الأمور غير المتكررة ويكون التيار على وجه العموم فى هذه الحالة ذو اتجاه واحد. وعادة ما يكون زمن جبهة نبضة التيار T_1 (زمن ارتفاع الموجة النبضية من الصفر إلى القمة Rise time to crest value or Front time) أقل من ١٠ ميكرو ثانية بالنسبة للومضات السالبة ويكون أكبر من ذلك فى حالة الومضات الموجبة، ويحدث بعد ذلك اضمحلال سريع للموجة إلى قيم صغيرة وفى زمن أقل من ١٠٠ ميكرو ثانية بالنسبة لموجات الضربة البسيطة Simple single strokes ليصل إلى نصف قيمته ويسمى هذا الزمن زمن الوصول إلى نصف القيمة كما هو موضح فى الشكل رقم (٣/٢).

قد تحتوى بعض الومضات على ضربات متعددة (اثنين أو أكثر) وينطبق على أى منها التوصيف المماثل على الضربة الأحادية Single stroke ولكن قد تكون الفترة الزمنية بين كل منها ما بين (٥٠ - ١٠٠) ميللى ثانية ويندر أن يطول زمن بقاء الضربة المتعددة وقد تحتوى على ضربات يزيد عددها عن ١٠ ضربات وبأزمنة قد تصل مدتها إلى ١٠٠٠ ميللى ثانية (ثانية كاملة).

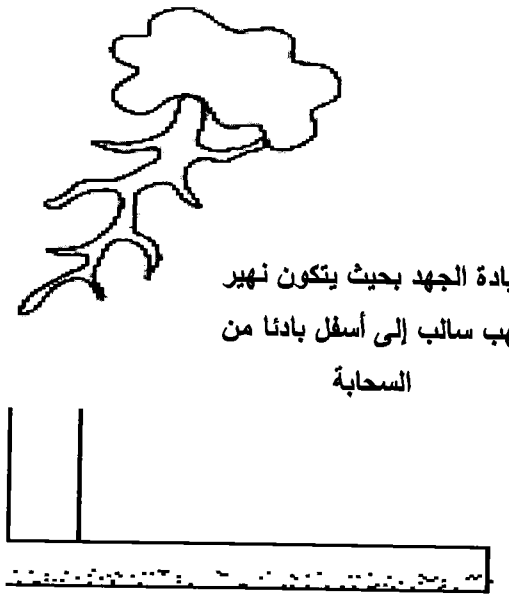


(أ): عاصفة ذات حرارة (Heat storm)



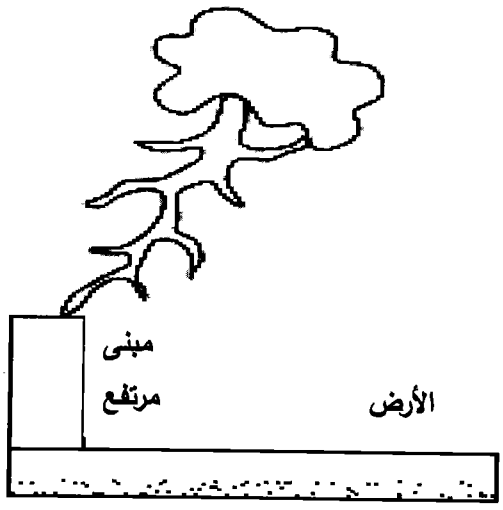
(ب): عاصفة ذات جبهة باردة (Cold frontal storm)

شكل (١/٢): تكون الخلايا المشحونة بواسطة العواصف



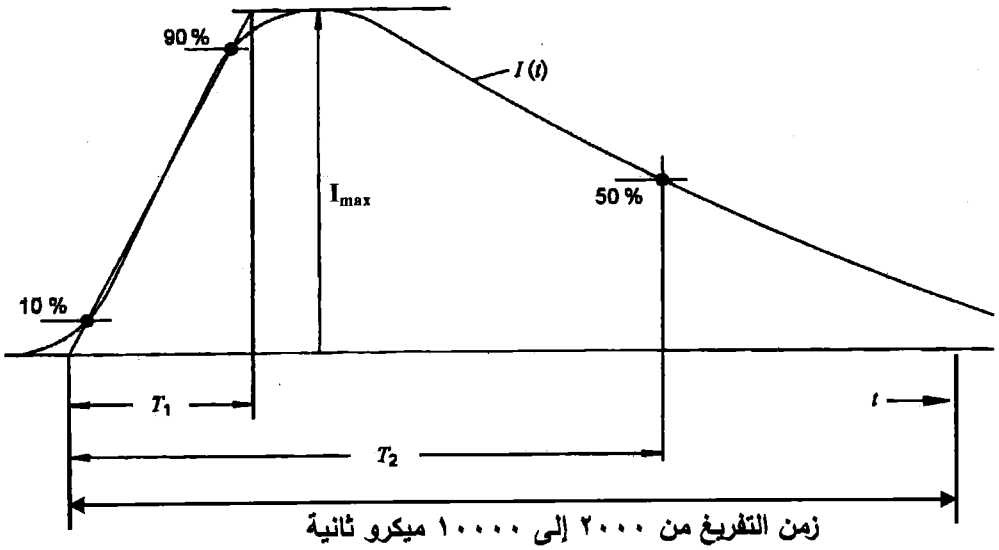
(أ): تكون نهير لهب متدرج متجه إلى أسفل

(ب): تكون نهير لهب متدرج متجه إلى أسفل
ونهير متجه إلى أعلى



(ج): ضربة صاعقة مرتدة ذات توهج شديد

شكل (٢/٢): تفريغ شحنات السحب الى الأرض



I_{max} : القيمة العظمى T_1: زمن الجبهة T_2 : زمن نصف الذيل

شكل (٣/٢): العلاقة بين قيم التيار وزمن التفريغ بموجة لضربة صاعقة، وطريقة تحديد زمن جبهة الموجة وزمن نصف الذيل لتيار الصاعقة

تحدد القيم التالية والواردة بغرض الاستفادة منها عند تصميم نظم الصواعق، أقصى قيمة للتيار I_{max} وكذلك معدل ارتفاع تيار الصاعقة وهى قيم كبيرة جداً مقارنة بالقيم العادية:

$$I_{max} = 200 \quad (kA) \qquad (2\text{-}1)$$

$$[\frac{di}{dt}] = 200 \quad (kA/\mu s) \qquad (2\text{-}2)$$

ب- جهد الخلية المشحونة داخل السحابة

يمكن حساب الجهد فى الخلية المشحونة داخل سحابة رعدية قبل حدوث الومضة بطريقة تقريبية وذلك باعتبار أن قيمة الشحنة (Q) قد تصل إلى ١٠٠ كولوم وأن نصف قطر الخلية المكافئ داخل السحابة قد يبلغ ١ كم وتكون السعة (C) طبقاً لذلك حوالى $١٠^{-٧}$ فاراد . ويمكن حساب الجهد (V) من العلاقة ($Q = C\ V$) والذى يبلغ فى العادة قرابة $١٠^{٩}$ فولت. ولذلك فإنه من المناسب فرض قيمة جهد السحابة بأكثر من ١٠٠ ميجا فولت ويكون عندئذ هذا الجهد عال بالدرجة الكافية للتأكيد بأنه يمكن حساب الجهود الموجودة قبل حدوث الضربات الصاعقة مباشرة

من حاصل ضرب التيار والمقاومة. ونظرا لأن الناتج من حاصل الضرب الذى يتم الحصول عليه لن يكون ذو قيمة مرتفعة بما فيه الكفاية مقارنة بجهد السحابة، الأمر الذى يتطلب تعديل قيمة التيار إذا تم استخدام هذا الجهد. وبالرغم من أن الضربة العائدة (Return stroke) هى أهم نبضة فى ضربات الصاعقة إلا أنه من الضرورى معرفة بعض الأمور عن العملية التى تتم حتى يتسنى فهم السبب أن الخطر الذى تتعرض له المنشآت المرتفعة عند حدوث الصواعق، أكبر من المنشآت منخفضة الارتفاع.

تبدأ ضربة الصاعقة عندما تتقدم "الضربة الرائدة Leader stroke" خطوة بخطوة بدءاً من السحابة فى اتجاه الأرض. وقد تطول خطوتها فى نفس الوقت حتى تصل بضع عشرات من الأمتار. وعند الخطوة الأخيرة وبينما تكون الضربة الرائدة قد اقتربت بالمسافة الكافية من الأرض، يرتفع لسان نهير من اللهب (Upward streamer) تاركا الأرض من نقطة انبعاث (Emission point) ساعيا ليتصل بحافة الضربة الرائدة القادمة من السحابة ويعتمد بدء انبعاث اللسان المتجه من الأرض الي أعلى على العوامل التالية:

١- قيمة المجال الكهربائى عند نقطة انبعاث اللسان

٢- قيم الشحنات القادمة من أعلى

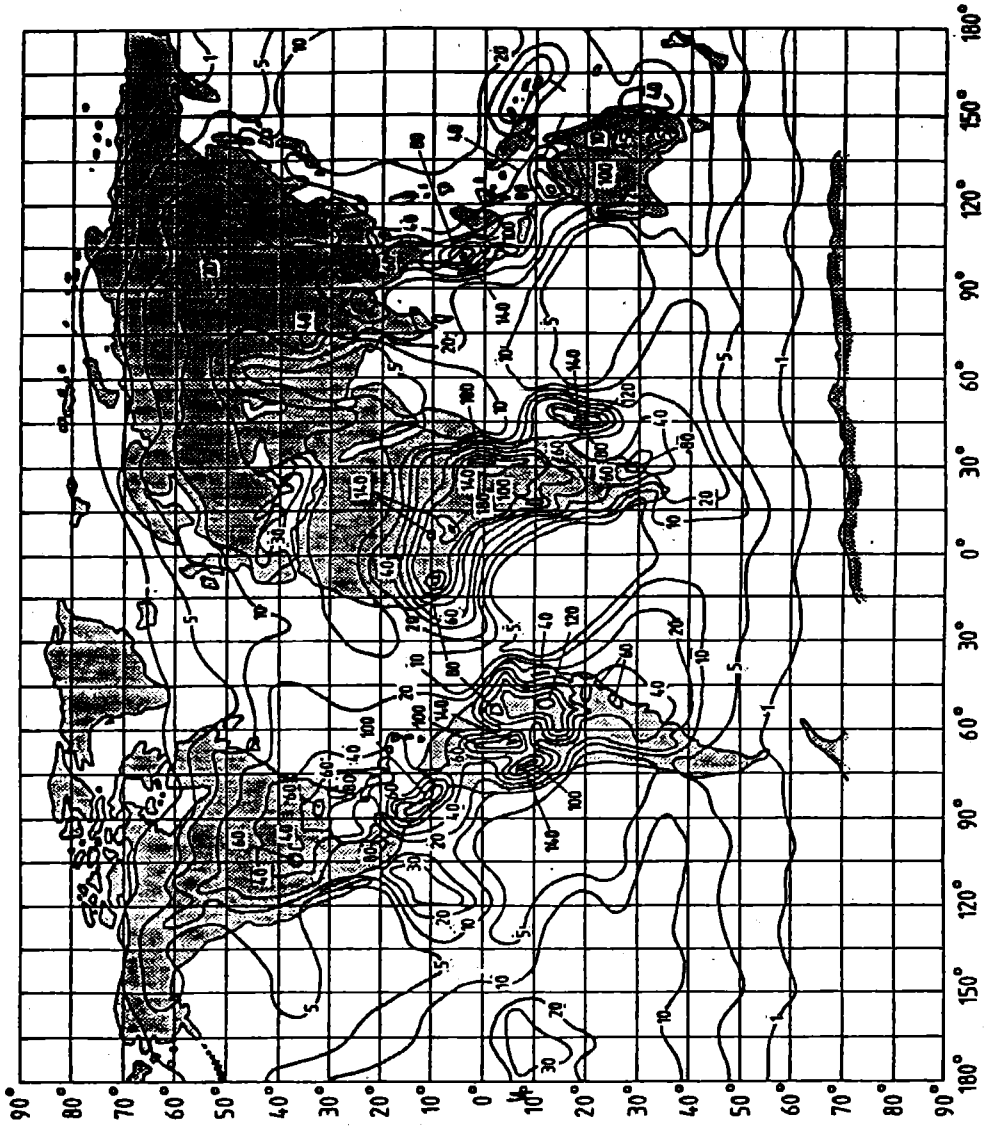
٣- أى تعزيزات أخرى ناتجة عن طبيعة الأرض

لذا كلما زادت قيم الشحنات، زاد امتداد اللسان المتجه الى أعلى، وعليه تكون ومضات التيار تفضيلية تبدأ من المبانى الأعلى وبصورة أقوى حيث أن المجال الكهربائى عند نقطة الانبعاث تكون أكثر شدة عن النقاط فى المبانى الأخرى الأقل ارتفاعا.

٢/٢-٣ كثافة الصاعقة Ng

تعرف كثافة الصاعقة بأنها عدد الومضات الواصلة إلى الأرض فى السنة لكل كم^{٢}.

وتختلف قيم Ng بشكل خاص حسب مواقع البلاد على الكرة الأرضية. ويبين الشكل رقم (٤/٢) هذه القيم محسوبة بعد مراقبة المواقع وتقييم الكثافة المتوسطة سنوياً على مدى عدة سنوات فى البلاد المختلفة كما هو مبين فى الجدول رقم (١/٢) والموضح به متوسطات وحدود هذه القيم.



شكل (٢/٤): خريطة تبين أيام العواصف الرعدية فى السنة لبلدان العالم

جدول (٢/١): العلاقة بين عدد أيام العواصف الرعدية كل سنة وعدد الومضات لكل سنة لكل كم^{٢}

عدد أيام العواصف الرعدية كل سنة T_d	Ng عدد الومضات /سنة /كم٢	
	المتوسط	الحدود
٥	٠.٢	من ٠.١ إلى ٠.٥
١٠(*)	٠.٥	من ٠.١٥ إلى ١
٢٠	١.١	من ٠.٣ إلى ٣
٣٠	١.٩	من ٠.٦ إلى ٥
٤٠	٢.٨	من ٠.٨ إلى ٨
٥٠	٣.٧	من ١.٢ إلى ١٠
٦٠	٤.٧	من ١.٨ إلى ١٢
٨٠	٦.٩	من ٣ إلى ١٧
١٠٠	٩.٢	من ٤ إلى ٢٠

ملحوظة : (*) هذه البيانات تطبق علي حالة جمهورية مصر العربية وكما هو واضح من الخريطة فى الشكل رقم (٢/٤).

٢/٣ التأثيرات الكهربائية والميكانيكية لضربات الصاعقة

٢/٣-١ التأثيرات الكهربائية

ينتج عند مرور تيار التفريغ من خلال مقاومة قطب التأريض الخاص بنظام الوقاية من الصواعق ، فرق فى الجهد على هذه المقاومة من الممكن أن يؤدى إلى رفع جهد النظام بالكامل إلى قيم مرتفعة بالنسبة إلى جهد الأرض الحقيقى، كما يمكن أن يؤدى ذلك أيضاً إلى حدوث تدرج شديد الانحدار للجهد (High potential gradient) فى المنطقة المحيطة بقطب التأريض بالنسبة للإنسان والحيوان الواقع تحت تأثيره.

كما أنه يجب مراعاة الحث (Induction) المتسبب فى نظام الوقاية نظراً للانحدار الحاد وارتفاع القيمة العظمى لجبهة موجة الصاعقة (Crest value) وعليه يكون ناتج فرق الجهد على نظام

الوقاية من الصواعق ناتجا من مجموع مركبات مكونة من مقاومة أومية ومفاعلة حثية كما سبق التنويه عن ذلك.

أ - الومضة الجانبية Side flash over

قد يؤدى حدوث ضربة صاعقة على نقطة من نظام الوقاية من الصواعق إلى رفع قيمة فرق الجهد بين هذه النقطة والأجسام المعدنية المجاورة لها إلى قيم عالية، وبذلك يتواجد خطر حدوث ومضة جانبية (شرارة) بينها وبين هذه الأجسام سواء كانت ظاهرة أو مدفونة داخل المنشأ أو ممدودة ظاهرة على سطحه.

وعند حدوث مثل هذه الومضة، فإن ذلك يعنى مرور جزء من تيار الصاعقة خلال التركيبات الداخلية بالمنشأ مثل المواسير والأسلاك، وبهذا يتعرض شاغلو المنشأ وتتعرض مكوناته لخطر داهم.

ب - التأثيرات الحرارية

يقتصر التأثير الحرارى الناتج عن تفريغ الصاعقة فى نظام الوقاية على رفع درجة حرارة الموصل الذى يمر التيار من خلاله إلى الأرض، وبالرغم من ارتفاع قيمة هذا التيار إلا أن فترة بقائه قصيرة جدا، وبالتالى يكون تأثيره الحرارى ضئيلا.

ملحوظة :

فى الفقرة السابقة، تم إهمال تأثير انصهار أو التحام الموصلات التالفة أو الموصلات ذات السعات الصغيرة وقت تركيبات النظام والتى أصبحت بسعات غير كافية. وعامة، فإنه ومن البداية يتم اختيار مساحة مقطع موصلات الوقاية من الصواعق بحيث يتحقق لها الثبات الميكانيكى مما يعنى اختيارها بأبعاد مناسبة وبالدرجة التى تكون الزيادة فى درجة حرارتها عند مرور تيار فى حدود ١ °م .

فعلى سبيل المثال، عند استخدام موصل نحاس بقطاع ٥٠ مم^{٢} وعند حدوث ضربة صاعقة قوية ذات تيار ١٠٠ ك.أمبير وفترة بقاء ١٠٠ ميكرو ثانية، فإن الحرارة المتولدة تكون فى حدود ١٠٠ جول/م من طول الموصل مما يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الموصل بمقدار ١ °م تقريباً. أما إذا تم استبدال موصل النحاس بآخر من الحديد بذات القطاع، فإن هذا الارتفاع قد يصل إلى حوالى ١٠ °م.

يؤدى مرور التيار المرتفع لفترة زمنية قصيرة إلى رفع درجة حرارة الموصلات ذات مساحة مقطع أكبر من ١٠ مم٢. ويمكن بشكل تقريبى حساب مساحة أقل قطاع (S) بالميللى متر المربع لموصل الأرضى النحاسى من العلاقة:

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{143} \qquad \text{mm}^2 \qquad (2\text{-}3)$$

حيث:

I : القيمة الفعالة للتيار المرتفع (تيار الخطأ أو الصاعقة) بالأمبير

t : زمن بقاء هذا التيار بالثانية

ويفترض فى هذه العلاقة أن درجة حرارة الموصل ترتفع نتيجة لمرور هذا التيار بمقدار ١٢٠ °م فوق درجة حرارة الهواء المحيط وهى ٢٥ °م، وأن الموصل من النحاس عالى النقاوة.

٢/٣/٢- التأثيرات الميكانيكية

تتولد قوى ميكانيكية كبيرة إذا تم تفريغ تيار كهربائى عالى الشدة فى موصلات متوازية قريبة من بعضها أو فى موصل واحد به انحناءات حادة.

يتحدد التأثير الميكانيكى غير العادى بما ينتج عن ومضة الصاعقة من ارتفاع مفاجئ فى درجة حرارة الهواء إلى حوالى ٣٠٠٠٠ °كلفن وكذلك من التأثيرات الانفجارية التمددية للهواء المجاور للقناة الحرارية المتكونة والتى يتقدم التفريغ من خلالها إلى النظام. ويرجع ذلك إلى أنه عندما تتبدل نوعية التوصيل من انتقال فى قناة هوائية إلى توصيل عن طريق قوس كهربائى عند نقطة الاتصال مع النظام، فإن الطاقة الناجمة ترتفع بمقدار ١٠٠ ضعف تقريباً وفى هذه الحالة يمكن أن تصل القدرة القصوى فى الضربة المرتدة Return stroke إلى حوالى ١٠٠ ميجاوات/ م.

وتتسبب الموجة التصادمية المصاحبة لهذه الضربة فى إزاحة البلاطات أو القرميد من سطح المنشأ وتناثره.

وبالمثل فإن الومضة الجانبية Side flash والموجة التصادمية يمكن أن يؤديا إلى تلف المواد الداخلة فى بناء المنشأ.

ولذلك فإنه من الضرورى استخدام قطع ربط قوية (أنظر الجدول رقم (٢/٢) والشكل رقم (٥/٢)).

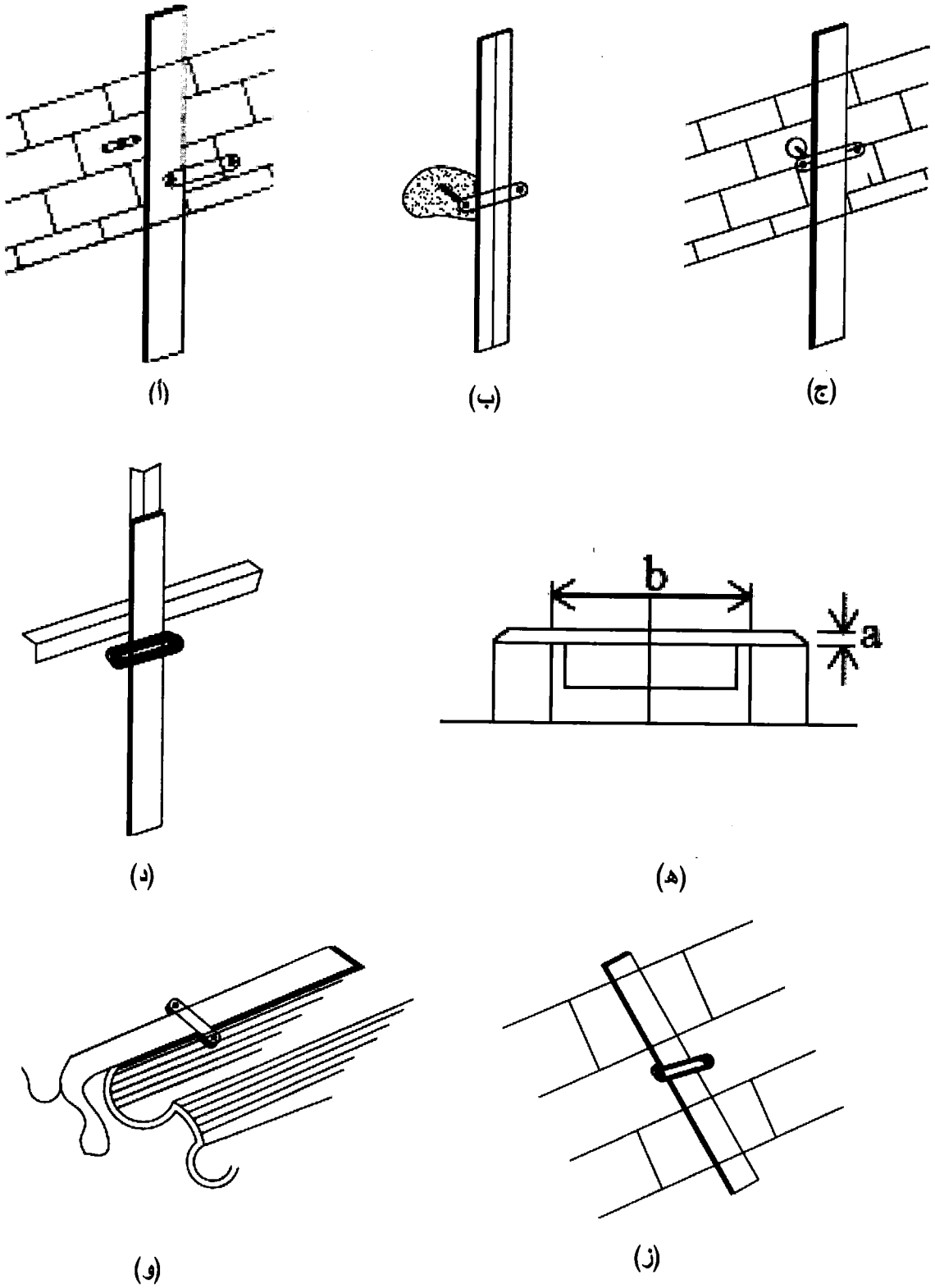
جدول (٢/٢): مراكز تثبيت الموصلات المكشوفة

(Fixing centers of conductors)

ترتيب الموصلات	المسافة بين مركزى التثبيت (مم)
- موصل أفقى على سطح أفقى	١٠٠٠
- موصل أفقى على سطح المبنى العمودى	٥٠٠
- تثبيت الموصل بشكل عمودى على الجدران	١٠٠٠
- موصل عمودى بارتفاع أقل من ٢٠ م	٧٥٠
- موصل عمودى بارتفاع أكبر من ٢٠ م	٥٠٠

ملحوظة:

لا ينطبق هذا الجدول على قطع التثبيت المدفونة والتى تتطلب معاملة خاصة



شكل (٢/٥): تصميمات نوعية لرابطات موصلات مانعة الصواعق

ملحوظات:

١ – يجب أن تكون الرباطات الخاصة بموصلات مانعة الصواعق مصنوعة طبقاً للغرض المستخدمة من أجله وطبقاً لأبعاد القضبان يكون البعد " a " فى الشكل (هـ) مساويا لسمك القضيب والبعد " b " مساويا للعرض مضافا إليه ١.٣ مم (للسماح بالتمدد). وتعامل الموصلات المستديرة بالمثل

٢ – يجب تثبيت وسائل الرباطات جيدا إلى المنشأ ولذا تستخدم وصلات بالمونة الأسمنتية

٤/٢ مكونات وخصائص نظام الوقاية من الصواعق

٤/٢–١ موصل مانعة الصواعق ووظيفته

لا يؤدى الموصل المستخدم فى نظام الوقاية من الصواعق وظيفته لتفريغ سحابة رعدية إلا إذا تكونت ومضة برقية (Lightning flash) وتكون وظيفته فى هذه الحالة توجيهها ناحيته وتحويل الشحنة بأمان إلى الأرض وإلا حدثت ضربة صاعقة للمنشأ قد تكون مدمرة بالنسبة للمنشأ المراد وقايته. عادة لا تكون قيمة المدى الذى يقوم الموصل فيه بجذب ومضة الصاعقة جهته ثابتة ولكنها متغيرة، وتعتمد على شدة التفريغ وبذلك يمكن اعتبار قيمة هذا المدى كمية إحصائية (Statistical quantity). ولا يتأثر مدى الجذب من جهة أخرى إلا قليلاً بترتيبات وضع الموصل ويكون فى حالة الوضع الرأسى والأفقى متماثلاً وبذلك فانه ليس من الضرورى استخدام أطراف هوائية مدببة أو حليات رأسية وبارزة فوق المبانى إلا إذا تم طلبها طبقاً لاعتبارات عملية.

٤/٢–٢ الخامات

يوضح الجدول رقم (٣/٢) بعض المواصفات المطلوبة للخامات المستخدمة فى تصنيع مكونات نظم موانع الصواعق، كما يبين الجدول رقم (٤/٢) بعض خصائص هذه الخامات.

ويوصى عموماً باستخدام النحاس أو الألومنيوم للوصول إلى تركيبات طويلة العمر، أما إذا كانت هناك صعوبات فى استخدامهما، فيمكن الاستعاضة عن ذلك بالحديد المجلفن بذات مساحة المقطع الموصى به فى حالة النحاس ويفضل استخدام هذه المادة فى حالة التركيبات المؤقتة مثل المعارض وما شابه ذلك.

ويجب عند اختيار الخامات أن يراعى تأثير التآكل والصدأ الذى يحدث لهذه المواد بما فى ذلك التآكل المصاحب للجلفنة، ويجب بذل العناية الخاصة لوقاية الموصلات باستخدام التغطيات المناسبة لمنع التآكل خاصة فى الأجواء المسببة له وكما هو موضح فى الأمثلة التالية:

- تغطية الموصلات بكسوة على هيئة شرائح بالرصاص (يكون الرصاص بسمك ٢ مم على الأقل) تعتبر من أنسب الوسائل لحماية الأجزاء العلوية من المداخن ويجب أن يكون التغليف بالرصاص محكماً عند أطرافه، كما يجب عدم إزالة التغليف عند عمل وصلات أو رباطات

- تعتبر التغطية باستخدام البلاستيك بولى فينيل كلورايد (P.V.C) سمك ١مم مناسبة تماما لحماية النحاس والألومنيوم والصلب من الصدأ عند تنفيذها فى أجواء عديدة ، وإذا استخدمت طلاءات أو أغطية، فيجب مراعاة قوة تحملها وعدم قابليتها للاشتعال.

ويجب كلما أمكن استخدام أطراف هوائية عارية أما فى حالة وجود أجواء مسببة للصدأ وخاصة عند استخدام ألومنيوم يصبح من الضرورى استخدام طلاء أو دهان بسمك حوالى ١مم. كما يمكن استخدام الطلاء أو الدهان من مادة البلاستيك (P.V.C).

ويجب عند استخدام وسائل تثبيت غير معدنية، مراعاة تأثيرها وتأثر وظيفتها نتيجة لأشعة الضوء فوق البنفسجية أو لتراكم الصقيع عليها أو ما شابه ذلك.

كما يجب أن تكون هذه الوسائل سهلة التركيب غير مسببة للصدأ بسبب خواصها الكهروجلفانية وبحيث لا تكون هناك ضرورة لتغييرها بصفة متكررة.

وبالرغم من أنه عملياً قد سبق استخدام مواد على صورة قضبان مستطيلة المقطع لبناء أطراف هوائية أفقية أو موصلات هابطة (Down conductors) أو رباطات (Bonds)، إلا أنه من المناسب استخدام قضبان مستديرة حيث يسهل ثنيها فى أى اتجاه.

كما أنه من المسموح به استخدام رباطات داخلية مدفونة بنصف مساحة مقطع الرباطات الخارجية تقريبا.

٢/٤-٣ المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق

تحدد الإجهادات الناتجة عن الصاعقة أبعاد المواد المستخدمة فى نظام الوقاية، فى حين تلعب الظروف الجوية والتآكل والصدأ الدور الأساسى فى اختيار نوعية المواد ومواصفاتها.

جدول (٢/٣): مواصفات المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق وظروف تركيبها

المادة	مكان التركيب			الصدأ		
	فى الهواء	فى الأرض	فى الخرسانة	الاستمرارية	عوامل زيادة تأثير الصدأ	تآكل المواد عند الترابط الجلفانى
نحاس	- مصمت - أسلاك مجدولة	- مصمت - أسلاك مجدولة	- مصمت - أسلاك مجدولة	جيد فى أغلب الحالات	- وجود مواد كبريتية - وجود مواد عضوية	
حديد مجلفن	- مصمت - أسلاك مجدولة	- مصمت	- مصمت - أسلاك مجدولة	- جيد فى الهواء والخرسانة المسلحة والأرض الحامضية	- وجود كلورايد بكثره	- النحاس - حديد تسليح
صلب لا يصدأ	- مصمت - أسلاك مجدولة	- مصمت	- مصمت -أسلاك مجدولة	- جيد فى أغلب الحالات	- محاليل الكلورايد	
ألومنيوم	-مصمت -أسلاك مجدولة	غير مسموح	غير مسموح	- جيد فى الهواء بدون كبريت أو كلورايد	- محاليل	- نحاس

ملاحظات:

هذا الجدول عام ويجب فى بعض الحالات الخاصة إجراء تجارب دقيقة لدراسة حالات الصدأ

يكون الموصل ذو الأسلاك المجدولة أكثر حساسية للصدأ من الموصل المصمت، وهذا يظهر بشكل خاص فى نقاط الدخول إلى الخرسانة أو الأرض

- يجب ألا يلامس الحديد المجلفن المستخدم فى الخرسانة التربة بسبب إمكانية الصدأ فى نقاط الخروج من الخرسانة

جدول (٤/٢): الخامات والمواد الموصى بها فى صناعة مكونات مانعة الصواعق

الخامة والتصنيع	الخامة والتصنيع
مسبوكات:	**صواميل ومسامير وورد وبرشام للاستخدام مع النحاس:**
- سبيكة برونز المدافع (Metal gun)	- برونز فوسفورى
- برونز من سبيكة الألومنيوم والسيليكون	- نحاس أصفر نقى
- سبيكة ألومنيوم	- نحاس سيليكونى
- حديد زهر	
- حديد مطاوع	
مطروقات (بارد/ساخن):	**صواميل ومسامير وورد وبرشام للاستخدام مع الألومنيوم:**
- نحاس	- سبيكة ألومنيوم
- نحاس أصفر نقى	- صلب لا يصدأ
- ألومنيوم	- صلب مجلفن
- صلب	
مشغولات:	**موصلات نحاسية مصمتة مستديرة أو مستطيلة المقطع:**
- نحاس أحمر مخمر	- نحاس مخمر
- ألومنيوم	- نحاس صلب مسحوب على الساخن
- نحاس أصفر نقى	- نحاس (عادى)
- صلب لا يصدأ	- نحاس مرن
- صلب مجلفن	- نحاس كادميومى

تابع جدول (٤/٢): الخامات والمواد الموصى بها فى صناعة مكونات مانعة الصواعق

الخامة والتصنيع	الخامة والتصنيع
قضبان مستديرة وأنابيب (لزوم القطع والمستلزمات):	**موصلات من الألومنيوم:**
- نحاس أحمر مخمر	- ألومنيوم شريط / قضيب
- نحاس سليكونى	- ألومنيوم
- برونز فوسفورى	- ألومنيوم مقوى بالصلب
- برونز ألومنيومى	- سبيكة ألومنيوم
- ألومنيوم	
- نحاس أصفر نقى	
- صلب	
- صلب مجلفن	
- صلب لا يصدأ	
موصلات من الصلب :	
- صلب مجلفن	

ملحوظات:

١ - تتم الجلفنة للحديد بعد التصنيع

٢ - إذا تم تلامس بين ألومنيوم أو سبيكة ألومنيوم مع صلب لا يصدأ، فإن هذا يؤدى إلى صدأ إضافى للألومنيوم وفى هذه الحالة يجب اتخاذ الاحتياطات الوقائية الهامة مثل استخدام مثبطات للصدأ

٣ - يتم تطبيق المعلومات الواردة بهذا الجدول على الحليات والبروزات مثل موجهات الهواء فوق الكنائس والتى تستخدم أحياناً كجزء من شبكة الأطراف الهوائية لمانعة الصواعق

٤/٢-٤ أبعاد أجزاء نظم الوقاية من الصواعق

يجب ألا تقل أبعاد الأجزاء التى يتكون منها نظام الوقاية من الصواعق عن القيم الواردة بالجداول أرقام (٥/٢)، (٦/٢) عدا المبانى منخفضة التكاليف المقامة فى المناطق المعرضة بكثرة لضربات الصواعق، أما فى الأماكن التى تكون فيها المعاينة والإصلاح صعبة على خلاف العادة، فإنه يجب مراعاة استخدام أبعاد أكبر من القيم المعطاة فى الجدول رقم (٥/٢).

جدول (٢/٥) : أقل أبعاد لأجزاء نظم الوقاية من الصواعق[١]

أجزاء نظام مانعة الصواعق	الأبعاد (مم)
أطراف هوائية:	
– قضبان مستطيلة من النحاس[٢]	٣ X ٢٠
– قضبان مستديرة من النحاس[٢]	١٠ Φ
أقطاب أرضية Earth electrodes	
– قضبان مستطيلة من النحاس	٣x٢٠
– قضبان مستديرة من النحاس[٢]	٨ Φ
– قضبان مستديرة من الحديد المكسو بالنحاس الصلب للدق فى التربة	١٥ Φ
– قضبان مستديرة من الصلب المجلفن للدق فى التربة	١٦ Φ
موصلات هابطة Down conductors:	
– قضبان مستطيلة من النحاس[٢]	٣ x ٢٠
– قضبان مستديرة من النحاس[٢]	١٠ Φ

(١) فى حالة استخدام موصلات ألومنيوم، يرجع للمصنع لاختيار القطاع المناسب

(٢) لا يجوز تطبيق أقل أبعاد فى جميع الحالات التصميمية

جدول (٦/٢): أقل سماكة لألواح الصلب المستخدمة فى كسوة الأسطح ومكونات شبكة الأطراف الهوائية

المادة	أقل سماكة (مم)
- صلب مجلفن	٠.٥
- صلب لا يصدأ	٠.٤
- نحاس	٠.٣
- ألومنيوم وزنك	٠.٧
- رصاص	٢.٠

ملحوظة:

الأرقام الواردة بهذا الجدول محددة طبقاً للخبرة العملية المكتسبة بالنسبة للمبانى العادية وتعتبر كافية لكسوة الأسطح التى تكون جزءاً من نظام الوقاية من الصواعق. ومع ذلك فإنه من الممكن حدوث تلف أو احتراق لهذه الأسطح عند تعرضها لضربة صاعقة ينجم عنها قوس كهربى يشتعل على الأسطح.

٢/٤-٥ الحماية من الصدأ

يجب تنفيذ نظام الوقاية من الصواعق بمواد غير قابلة للصدأ، مثل النحاس، والألومنيوم، والحديد المجلفن.

كما يجب أن يتناسب معدن اللواقط الإبرية والموصلات الأفقية مع معدن الوصلات والمثبتات المستخدمة لتثبيتها، ويجب أن تكون المعادن المستخدمة مقاومة للصدأ الناتج عن الظروف المحيطة.

ويجب كذلك تجنب الربط بين أنواع مختلفة من المعادن، وفى حال ربط هذه المعادن يجب حماية مكان الربط من الصدأ.

ويجب عدم تلامس موصلات النحاس مع موصلات الحديد، إلا عندما تكون موصلات الحديد معالجة ضد الصدأ.

كما يجب عدم ملامسة موصلات الألومنيوم لسطح الطبقة التى تحتوى على مواد كلسية، مثل الخرسانة، والمحارة الإسمنتية، وكذلك يجب عدم استخدام موصلات الألومنيوم فى التأريض ويكون الصدأ فى المعادن على النحو التالى:

أ - المواد المستخدمة فى الأرض والهواء

يعتمد الصدأ الذى تتعرض له المعادن على نوع المعدن وعلى الظروف المحيطة به (الرطوبة، الملوحة التى تكون طبقة كهروليتية موصلة على المعدن، درجات الحرارة، إلخ...)، ويتداخل أثر الظروف الجوية على المعدن مع سرعة تشكل طبقة موصلة على سطحه، مما يجعل من عملية تشكل الصدأ عملية معقدة.

وتؤثر الظروف الطبيعية والصناعية فى منطقة ما على المعادن المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق، وتختلف هذه الظروف من منطقة إلى أخرى. ولحل مشكلة الصدأ فى المواد المستخدمة فى نظام الوقاية، واختيار المعدن المناسب يفضل استشارة متخصص فى علم المعادن.

يؤدى ربط معادن مختلفة مع بعضها البعض بشكل كلى أو جزئى إلى زيادة الصدأ للمعادن النشيطة (المعادن الأنودية) ونقص الصدأ فى المعادن غير النشيطة (المعادن الكاثودية).

لا يمكن تجنب الصدأ فى المعادن غير النشيطة بشكل تام، ويمكن أن يتشكل الصدأ فى هذه المعادن نتيجة الرطوبة، أو نتيجة المياه الجوفية على المعادن الممددة فى الأرض، أو نتيجة الندى على الأجزاء الممددة فوق سطح الأرض وخاصةً فى الفجوات الهوائية فى نقاط التثبيت والوصل.

ويجب لتخفيف الصدأ المتشكل على موصلات الوقاية من الصواعق اتباع الإجراءات التالية:

- اختيار المعدن المناسب للمنطقة التى ينفذ فيها نظام الوقاية، وتجنب استخدام المعادن غير المناسبة لهذه المنطقة، ويتم ذلك باستشارة متخصص فى مجال المعادن.
- تجنب ربط معادن مواصفاتها الكيميائية وشدة الجلفنة لها مختلفة عن بعضها البعض.
- اختيار المقطع المناسب للموصل ونوع الوصلات وتجهيزات الحماية الأخرى، بحيث تحافظ على عمر زمنى طويل على الرغم من الصدأ الذى يحدث عليها.
- استخدام مواد عازلة للرطوبة فى الفجوات الهوائية التى يمكن أن تتشكل فى نقاط الوصل والتثبيت، تمنع تغلغل الرطوبة فى هذه الوصلات، أو شد الوصلات بشكل جيد بحيث نتجنب وجود هذه الفجوات.
- يتم حماية المعادن المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق والقابلة للصدأ الناتج عن الرطوبة أو دخان المعامل بواسطة الدهان، أو مواد عازلة أو تمدد هذه الموصلات داخل ماسورة معزولة.
- يجب مراعاة شدة الجلفنة للمواد الموصلة الأخرى (مواسير معدنية، إلخ...) التى تربط معها موصلات التأريض.
- يجب تجنب ربط معدن النحاس (الكاثودى) مع معدن الحديد (الأنودى) لمنع حدوث أكاسيد

النحاس على المعدن.

ويمكن استناداً إلى الملاحظات السابقة ولحماية الموصلات من الصدأ، القيام بالإجراءات التالية:

- يجب ألا يقل أصغر قطر جديلة فى موصل من الحديد أو الألومنيوم، أو النحاس مكون من عدة أسلاك مجدولة، عن ١.٥ مم.
- ينصح باستخدام مادة عازلة بين معدنين مختلفين إذا كان الصدأ ناتجاً عن الاحتكاك بينهما وكان هذا الاحتكاك غير ضرورى للاستمرارية الكهربائية.
- يجب ألا تقل سماكة الجلفنة لموصلات الحديد المجلفن غير المحمية من الصدأ بمواد أخرى عن ٥٠ ميكرو متر .
- يجب تجنب تمديد موصلات الألومنيوم فى الأرض، أو فى الخرسانة مباشرةً، إلا إذا كان هذا الموصل معزولاً بطبقة عازلة تحافظ على عازليتها طالما بقى الموصل فى الخدمة.
- يجب تجنب وصل موصلات الألومنيوم، مع موصلات النحاس قدر الإمكان، وفى حال عدم القدرة على تجنب ذلك، يجب استخدام اللحام فى نقطة الوصل، أو استخدام وسيط ثنائى المعدن (الكوبال (Cu-Al)).
- يجب أن تكون المثبتات المستخدمة لتثبيت موصلات الألومنيوم من نفس المعدن ومناسبة لقطر الموصل وذلك لتجنب تغلغل الهواء الرطب داخل المثبتات وبالتالى حدوث صدأ.
- يستخدم النحاس فى التأريض فى أغلب الحالات إلا فى الأرض الحامضية، أو الأرض التى تحوى مركبات ألومونيوم، أو الأرض الكبريتية. كذلك يجب مراعاة أن التربة التى تحتوى على فلزات الحديد، تسبب حدوث أكسدة فى موصلات النحاس، ويفضل فى هذه الحالة استشارة متخصص فى مجال المعادن وبشكل خاص عندما يراد أخذ الحماية المهبطية بالحسبان.
- يجب مراعاة أن اللواقط والموصلات الهابطة الممددة بالقرب من المداخن تتعرض للصدأ بشكل كبير، وفى هذه الحالة الخاصة، يفضل استخدام موصلات من سبائك تحتوى على نسب محددة من النيكل والتيتانيوم والكروم (يرجع فى ذلك لمتخصص فى علم المعادن).
- تستخدم المعادن غير القابلة للصدأ أو سبائك النيكل فى نظام الوقاية من الصواعق، ولكن فى بعض الحالات وعند تمديد هذه الموصلات فى أرض طينية، فإنها تتعرض للصدأ بسرعة مثلها مثل بقية المعادن عند ربط هذه الموصلات مع موصل التأريض الوقائى PE فى نظام توزيع التأريض من النوع TNC-S. وتكون هذه المعادن حساسة للصدأ الكهروليتى مثلها مثل الحديد والنحاس.
- يجب عند الربط بين موصلات أو سبائك من النحاس والحديد فى الهواء، وفى حال عدم

استخدام اللحام فى الوصل طلاء مكان الوصل بالقصدير، أو بمواد عازلة أخرى مانعة للرطوبة.

- يفضل عدم استخدام النحاس والسبائك النحاسية الحساسة للصدأ فى الأجواء التى تحوى على النشادر (NH3).
- يجب أن تكون جميع الوصلات المستخدمة فى موصلات الوقاية من الصواعق بالقرب من شواطئ البحار من النوع المجلفن.

ب - المواد المستخدمة فى الخرسانة

يساعد دفن الحديد أو الحديد المجلفن فى الخرسانة على تساوى الجهد فى الموصل، حيث تتراوح المقاومة النوعية ρ_c للخرسانة غير المسلحة ما بين (٢٠٠ - ٥٠٠) أوم. م، لذا فإن أسياخ حديد التسليح فى الخرسانة المسلحة تقاوم الصدأ أكثر من أسياخ الحديد الموجودة فى الهواء الطلق.

ولا يسبب استخدام حديد التسليح كموصلات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق حدوث صدأ عند استخدام مادة عازلة للرطوبة فى مكان ربط هذه الموصلات مع أى موصلات أخرى.

ولا يمكن استخدام موصلات نحاسية غير معزولة كموصلات ربط بدلاً عن موصلات الحديد بسبب الصدأ فى الخرسانة الرطبة.

٥/٢ تصنيف المنشآت حسب مستوى الوقاية من الصواعق

تقسم مستويات الوقاية الخارجية من الصواعق طبقا للمواصفات الكهروتقنية الدولية IEC 62305 إلى أربع مستويات حسب أهمية المبنى والتجهيزات المتواجدة فيه وذلك على النحو التالى:

١- مستوى الوقاية من الصواعق I

وتشمل المنشآت ذات الوقاية العالية جداً. وتتضمن المبانى التى إذا أصابتها صاعقة، تتسبب فى كارثة بشرية وبيئية مثل المعامل الكيميائية، والمبانى التى تحتوى على مواد قابلة للاشتعال أو الانفجار والمحطات النووية

٢- مستوى الوقاية من الصواعق II

وتشمل المنشآت ذات الوقاية العالية. وتتضمن المبانى الأثرية، المتاحف، المعارض الفنية والمستشفيات والمصانع الكبيرة

٣- مستوى الوقاية من الصواعق III , IV

وتشمل المنشآت ذات الوقاية العادية. وتتضمن المبانى السكنية والمكاتب والمبانى الإدارية، إلخ....

ولا بد من التنويه إلى أن اعتماد مستوى وقاية معينة، يعنى بدوره تحديد النقاط التالية:

أ- فعالية نظام الوقاية

ب- المسافة بين الموصلات الهابطة

ج- قطر كرة الصاعقة المتدحرجة – زاوية الوقاية – أبعاد فتحات شبكة نظام الوقاية

د- القيم الاسمية للصاعقة

هـ - المعامل K_1 لتحديد مسافة الأمان بين موصلات الوقاية والأجسام المعدنية والتجهيزات الإلكترونية

و- أطوال أقطاب التأريض

ويجب مراعاة المنشآت الصناعية الكبيرة التى قد تحتوى على أكثر من مستوى للوقاية.

الباب الثالث

تقدير معامل الخطورة والاحتياج للوقاية

١/٣ عام

تحتاج المنشآت المعرضة لأخطار الانفجار، مثل المصانع التى بها مواد قابلة للاشتعال وكذلك المخازن ومقالب القمامة وخزانات الوقود، إلى نظام وقاية من الصواعق على درجة عالية من التقنية، وتحتاج المبانى الأخرى إلى تطبيق الاشتراطات العادية الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق الواردة فى هذا الكود. ويبقى السؤال: ما مدى احتياج المبنى لاتخاذ إجراءات الوقاية من الصواعق؟

يستهدف تحليل معامل الضرر دراسة أثر إصابة المبنى ومحتوياته بصاعقة تضربه بإصابة مباشرة، أو غير مباشرة، حيث تقارن قيمة معامل الضرر عند مراعاة الأضرار التى يمكن أن تسببها الصاعقة للمبنى وقيمته التى يتم الحصول عليها حسابيا مع تحديد قيمة الأضرار المسموح بها، لتحديد ما إذا كان المبنى بحاجة إلى تركيب نظام وقاية من الصواعق أم لا. وفى حال الحاجة إلى ذلك، يتم تحديد نوعية نظام الوقاية من الصواعق المطلوب استخدامه والتكلفة المترتبة عن ذلك.

ومن الممكن أن يتبين عند تحليل معامل الضرر، أن المبنى بحاجة فقط إلى تركيب نبائط لتفريغ الجهد (SPD)، عند نقطة دخول الموصلات إلى المبنى ليكون نظام الوقاية من الصواعق فعال وموثوق به بدون الحاجة لتركيب نظام وقاية خارجى، وذلك عندما تكون الأضرار التى تحدث فى المبنى فى حال الإصابة المباشرة بصاعقة أقل من قيمة الضرر المسموح به، وذلك فى حالة عدم مراعاة الأضرار الناتجة عن الإصابة المباشرة وغير المباشرة للموصلات الداخلة للمبنى.

وعموما يجب أن يقوم مصمم نظام الوقاية من الصواعق قبل البدء فى التصميم بتحليل معامل الخطورة للمبنى للوقوف على مدى احتياج المبنى لنظام الوقاية من الصواعق.

٢/٣ مصادر وأسباب الضرر وأنواع الخسائر التى تحدثها تفريغات الصواعق فى المبانى

٢/٣-١ مصدر الضرر (Source of damage)

يمكن تصنيف مصادر الضرر على النحو التالى:

S1 : إصابات مباشرة للمبنى

S2 : (إصابة غير مباشرة للمبنى) إصابة خارجية بجوار أى من جوانب المبنى

S3 : إصابة مباشرة للموصلات الداخلة إلى المبنى

S4 : (إصابة غير مباشرة للموصلات) إصابة بجوار الموصلات الداخلة إلى المبنى

٣/٢-٢ أنواع الضرر (Types of Damage)

يمكن تصنيف أنواع الضرر على النحو التالى:

D1 : صعق كهربائى للإنسان نتيجة جهد الخطوة وجهد اللمس

D2 : آثار فيزيائية كحدوث حريق أو انفجار نتيجة للصاعقة

D3 : تشويش واضطراب فى عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية داخل المبنى

٣/٢-٣ أنواع الخسائر (Types of Loss)

يمكن تصنيف أنواع الخسائر كالآتى:

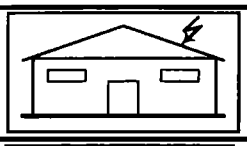
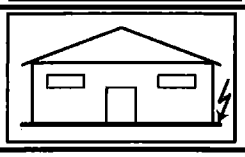
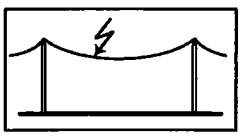
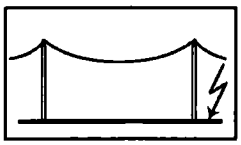
L1 : موت أو إصابة أشخاص

L2 : انقطاع فى الخدمات العامة

L3 : خسائر فنية أو أثرية غير قابلة للتعويض

L4 : خسائر اقتصادية

يبين الشكل رقم (١/٣) أنواع وأسباب ومصادر الأضرار وأنواع الخسائر التى تحدثها تفريغات الصواعق فى المبانى حسب مكان الإصابة بالصاعقة.

مكان الإصابة	مثال	أنواع الضرر	مصدر الضرر	نوع الخسائر
الإصابة على سطح المبنى		D1 D2 D3	S1	L1, L4[b] L1, L2, L3, L4 L1[a], L2, L4
الإصابة على الأرض قرب المبنى		D3	S2	L1[a], L2, L4
الإصابة على الموصلات الداخلة إلى المبنى		D1 D2 D3	S3	L1 L1, L2, L3, L4 L1[a], L2, L4
الإصابة على الأرض بالقرب من الموصلات الداخلة إلى المبنى		D3	S4	L1[a], L2, L4

a : *فقط للمبانى التى تتعرض للانفجار، والمستشفيات والمبانى الأخرى حيث يتعلق انهيار الأنظمة الداخلية فى الحال على حياة الإنسان*

b : *فقط للخصائص حيثما يكون هناك فقد للماشية*

شكل (١/٣): أنواع وأسباب ومصادر الأضرار حسب مكان الإصابة

٣/٣ الضرر ومركبات الضرر

٣/٣-١ الضرر

معامل الضرر الكلى R هو القيمة المتوسطة السنوية للخسائر بالمبنى. ويجب تقدير قيمة هذا المعامل لكل نوع من أنواع الضرر.

تعرف معاملات الضرر التى يجب تقديرها للمبنى كالآتى:

R_1 : الضرر نتيجة موت أو جرح أشخاص

R_2 : الضرر نتيجة انقطاع الخدمات العامة

R_3 : الضرر نتيجة خسائر فنية أو أثرية غير قابلة للتعويض

R_4 : الضرر نتيجة خسائر اقتصادية

٣/٣-٢ مركبات الضرر

معامل الضرر الكلى R هو المجموع الكلى لعدة مركبات فرعية R_x كما يتضح من المعادلة التالية:

$$R = \sum_X R_x \qquad (3\text{-}1)$$

وتتعلق كل من مركبات الضرر R_x بمصدر الضرر حسب مكان الإصابة S.

٣/٣-٢-١ مركبات الضرر نتيجة الإصابة المباشرة فى المبنى (S1)

R_A : مركبة فرعية تعبر عن الضرر الناتج عن جرح أو موت أشخاص بسبب جهد الخطوة وجهد التلامس فى مسافة مقدارها ٣ م من المحيط الخارجى للمبنى، ويكون فى هذه الحالة نوع الخسائر L1 هو الفعال، أما فى المناطق الريفية، فيمكن اعتبار نوع الخسائر L4 هو الفعال (بسبب احتمال صعق الماشية).

R_B : مركبة فرعية تعبر عن الضرر الناتج عن حدوث حريق أو انفجار فى الوسط المحيط بسبب شرارة الصاعقة، وفى هذه الحالة يؤخذ فى الحسبان جميع أنواع الخسائر L1, L2, L3, L4.

R_C : مركبة فرعية تعبر عن الضرر الواقع على التجهيزات الكهربائية والإلكترونية نتيجة الجهود الزائدة الناتجة عن الصاعقة، وفى هذه الحالة تؤخذ فى الحسبان أنواع الخسائر L2, L4. كذلك يؤخذ فى الحسبان نوع الخسائر L1 فى المبانى التى تحتوى على مواد قابلة للانفجار وفى المستشفيات وجميع المبانى التى يمكن أن يؤدى فيها التشويش الكهرومغناطيسى على عمل الأجهزة الكهربائية والإلكترونية إلى خطرٍ على حياة الإنسان.

٣/٣-٢-٢ مركبات الضرر نتيجة للإصابة غير المباشرة (S2)

R_M: مركبة فرعية تعبر عن الضرر الواقع على التجهيزات الكهربائية والإلكترونية، وفى هذه الحالة تؤخذ أنواع الخسائر L2 , L4. كذلك يراعى نوع الخسائر L1 فى المبانى التى تحتوى على مواد قابلة للانفجار والمستشفيات وجميع المبانى التى يمكن أن يؤدى فيها التشويش الكهرومغناطيسى على عمل الأجهزة الكهربائية والإلكترونية إلى خطر على حياة الإنسان.

٣/٣-٢-٣ مركبات الضرر نتيجة إصابة مباشرة فى الموصلات الداخلة إلى المبنى (S3)

R_U: مركبة فرعية تعبر عن الضرر الناتج عن جرح أو موت أشخاص داخل المبنى بسبب جهد الخطوة أو جهد التلامس الناتج عن نشوء جهد من أثر الصاعقة على الموصلات الداخلة إلى المبنى، وفى هذه الحالة يؤخذ نوع الخسائر L1.

R_V: مركبة الضرر نتيجة لحدوث حريق أو انفجار بسبب الشرارة الناتجة من التفريغ الذى يحدث بين الموصلات والتجهيزات الموجودة داخل المبنى نتيجة مرور جزء من تيار الصاعقة فى هذه الموصلات، وبشكل خاص فى نقطة دخول الموصلات إلى المبنى، ويمكن فى هذه الحالة حدوث جميع أنواع الخسائر L1, L2, L3, L4.

R_W: مركبة فرعية تعبر عن الضرر نتيجة للتشويش والاضطراب فى عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية نتيجة الجهود الزائدة التى تنتج بالحث على طول الموصلات الداخلة إلى المبنى، وتكون أنواع الخسائر فى هذه الحالة L2 , L4 هى الفعالة. ويجب أيضاً أن يراعى نوع الخسائر L1 وذلك فى المبانى التى تحتوى على مواد قابلة للانفجار وفى المستشفيات وجميع المبانى التى يمكن أن يؤدى فيها التشويش الكهرومغناطيسى على عمل الأجهزة الكهربائية والإلكترونية إلى خطر على حياة الإنسان.

٣/٣-٢-٤ مركبات الضرر نتيجة إصابة غير مباشرة للموصلات الداخلة للمبنى (S4)

R_Z: مركبة فرعية تعبر عن نتيجة التشويش والاضطراب فى عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية نتيجة الجهود الزائدة الناتجة عن الحث على طول الموصلات الداخلة للمبنى، وتكون أنواع الخسائر فى هذه الحالة L2 , L4 هى الفعالة، ويكون أيضاً نوع الخسارة L1 فعالاً فى المبانى التى تحتوى على مواد قابلة للانفجار والمستشفيات وجميع المبانى التى يمكن أن يؤدى فيها التشويش الكهرومغناطيسى على عمل الأجهزة الكهربائية والإلكترونية إلى خطر على حياة الإنسان.

٣/٣-٣ مكونات مركبات الضرر المتعلقة بالمبنى

R_1 : الضرر نتيجة لموت أو جرح أشخاص

$$R_1 = R_A + R_B + R_C\,{*} + R_M\,{*} + R_U + R_V + R_W\,{*} + R_Z\,{*} \qquad (3\text{-}2)$$

(*) فى حالة المستشفيات والمبانى التى تحتوى مواد قابلة للانفجار

R_2 : الضرر نتيجة انقطاع الخدمات العامة

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z \qquad (3\text{-}3)$$

R_3 : الضرر نتيجة خسائر فنية أو أثرية غير قابلة للتعويض

$$R_3 = R_B + R_V \qquad (3\text{-}4)$$

R_4 : الضرر نتيجة خسائر اقتصادية

$$R_4 = R_A\,{**} + R_B + R_C + R_M + R_U\,{**} + R_V + R_W + R_Z \qquad (3\text{-}5)$$

(**) خسائر زراعية (حالات إصابة الماشية أو احتراق المحاصيل الزراعية)

لحساب مركبات الضرر الفرعية ($R_A, R_B, \ldots$) يرجع إلى البند (٦/٣) والجدول رقم (٤/٣).

٤/٣-٣ تصنيف معامل الضرر R حسب نوع الضرر

١-٤/٣-٣ بالنسبة إلى مكان الإصابة

$$R = R_d + R_i \qquad (3\text{-}6)$$

حيث:

R_d : مركبات الضرر الفرعية نتيجة الإصابة المباشرة للمبنى بصاعقة

R_i : مركبات الضرر الفرعية نتيجة الإصابة غير المباشرة للمبنى بصاعقة

وفيها تكون:

$$R_d = R_A + R_B + R_C \qquad (3\text{-}7)$$

$$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z \qquad (3\text{-}8)$$

لحساب مركبات الضرر الفرعية ($R_A , R_B , \ldots$) يرجع إلى البند (٦/٣) والجدول رقم (٤/٣).

٣/٣-٤-٢ سبب الضرر

ويكون معامل الضرر كما يلى:

$$R = R_S + R_f + R_O \qquad (3 - 9)$$

حيث :

R_s : مركبة الضرر الفرعية نتيجة لصعق كهربائى للإنسان

وفيها تكون:

$$R_S = R_A + R_U \qquad (3 - 10)$$

R_f : مركبة نتيجة الضرر الفرعية نتيجة لحدوث انفجار أو حريق ناجم عن الصاعقة:

$$R_f = R_B + R_V \qquad (3 - 11)$$

R_O : مركبة الضرر الفرعية الناتجة عن التشويش أو الاضطراب فى عمل الأجهزة الكهربائية والإلكترونية وفيها تكون:

$$R_O = R_M + R_C + R_W + R_Z \qquad (3 - 12)$$

لحساب مركبات الضرر الفرعية ($R_A , R_B , \ldots$) يرجع إلى البند (٦/٣) والجدول رقم (٤/٣).

يبين الجدول رقم (١/٣) الضرر المتوقع فى المبنى حسب نوع وأسباب الضرر.

جدول (٣/١): الضرر المتوقع فى المبنى حسب نوع وأسباب الضرر

نوع الخسارة / سبب الضرر	L1 موت أو جرح للأشخاص	L2 انقطاع فى الخدمات العامة	L3 فنية وأثرية غير قابلة للتعويض	L4 اقتصادية
D1 صعق كهربائى للإنسان	R_S	–	–	R_S [a]
D2 حريق، انفجار، أضرار كيميائية وميكانيكية	R_F	R_F	R_F	R_F
D3 تشويش واضطراب فى عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية	R_O [b]	R_O	–	R_O

a : خسائر زراعية (حالات إصابة الماشية أو احتراق المحاصيل الزراعية)

b: فى حالة المستشفيات والمبانى التي تحتوى مواد قابلة للانفجار

٣/٣-٥ العوامل المؤثرة فى مركبات الأضرار للمبنى

يوضح الجدول رقم (٢/٣) تأثير خصائص المبنى وتدابير الوقاية على مركبات الضرر المختلفة للمبنى.

جدول (٢/٣): تأثير خصائص المبنى وتدابير الوقاية على مركبات الضرر المختلفة للمبنى

خصائص المبنى وتدابير الوقاية	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
المساحة التجميعية **Collection area**	X	X	X	X	X	X	X	X
المقاومة النوعية لسطح التربة **Surface soil resistivity**	X							
المقاومة النوعية لأرضية المبنى **Floor resistivity**					X			
القيود الطبيعية والعزل وإشعار التحذير وتساوى الجهد على سطح التربة **Physical restrictions, insulation, warning notice, soil equipotentialization**	X				X			
نظام الوقاية من الصواعق LPS	X	X	X	X	X	X		
التنسيق بين نبائط الوقاية من الصواعق **Coordinated protection SPD**			X	X			X	X
التحجيب المكانى **Spatial shield**			X	X				
تحجيب الخطوط الخارجية **External lines shielding**					X	X	X	X
تحجيب الخطوط الداخلية **Internal lines shielding**			X	X				
احتياطات المسارات **Routing precautions**			X	X				
شبكة الربط **Bonding network**				X				
احتياطات الحريق **Fire precautions**		X			X			
الحساسية للحريق **Fire sensitivity**		X			X			
خطر الانفجار **Special hazard**		X			X			
جهد الصمود للنبضة **Impulse withstand voltage**		X	X	X	X	X	X	X

٤/٣ القيم المقبولة لمعامل الضرر R_T

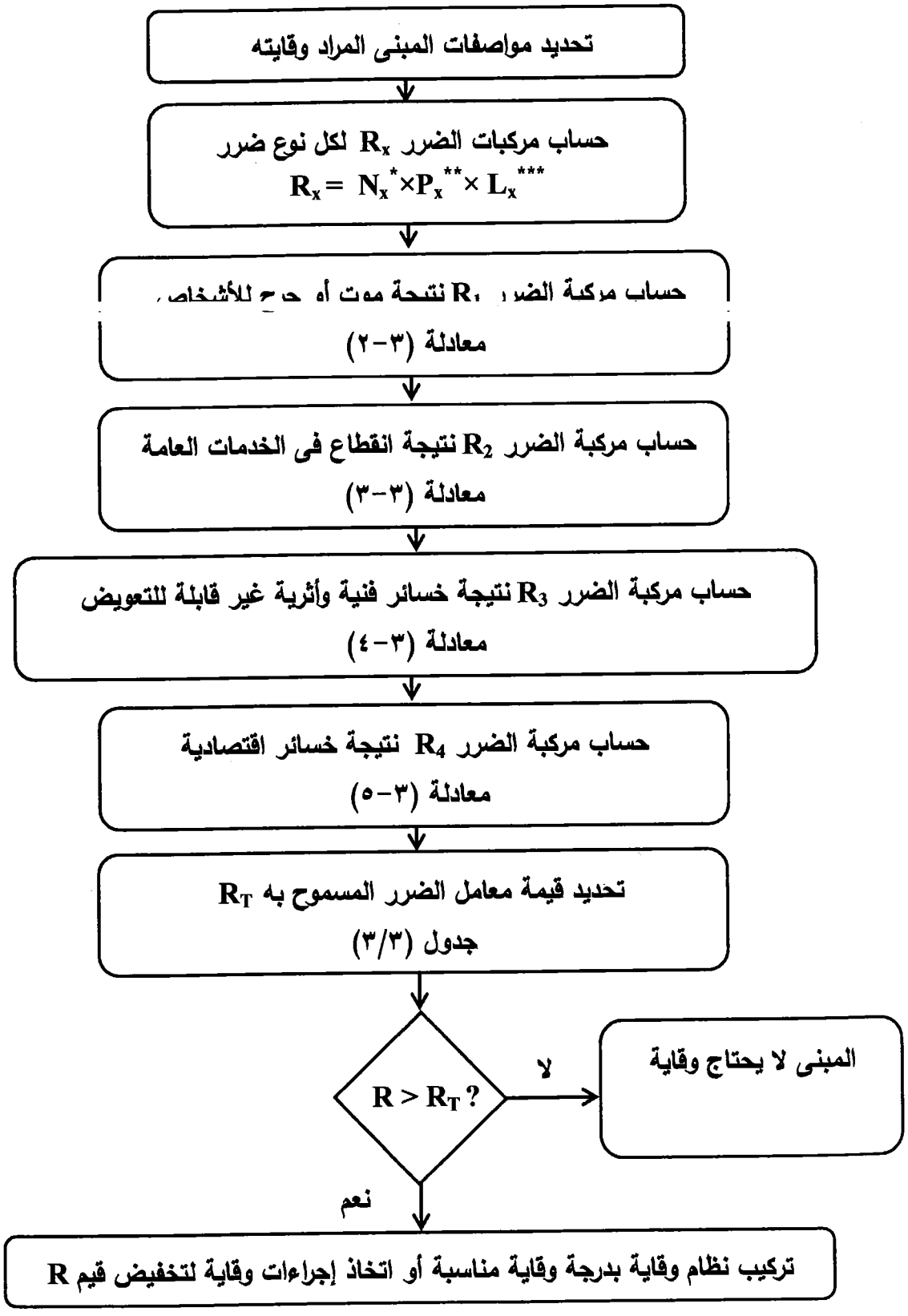
يوضح الجدول رقم (٣/٣) القيم المقبولة لمعامل الضرر R_T نتيجة للإصابة المباشرة للمبنى بصاعقة لكل نوع من أنواع الخسائر سواء نتيجة لموت أو جرح أشخاص أو نتيجة انقطاع الخدمات العامة وكذلك نتيجة خسائر فنية وأثرية غير قابلة للتعويض.

جدول (٣/٣): قيم معامل الضرر R_T المقبولة حسب نوع الخسائر

نوع الخسائر	قيمة معامل الضرر المقبولة R_T
موت أو إصابة أشخاص	10^{-5}
إنقطاع الخدمات العامة	10^{-3}
خسائر فنية أو أثرية غير قابلة للتعويض	10^{-3}
خسائر اقتصادية	تقدر بالاتفاق مع مالك ومستثمر المبنى

٥/٣ المخطط التتابعى لتحديد مدى الاحتياج للوقاية:

يبين الشكل رقم (٢/٣) المخطط التتابعى لتحديد مدى احتياج المبنى للوقاية.



شكل (٢/٣): المخطط التتابعى لتحديد الاحتياج للوقاية

N_x*: احتمال إصابة المبنى بصاعقة كما سيرد فى المعادلات (٣-١٤)، (٣-١٦)، (٣-١٨)، (٣-١٩) وتحسب المساحة التجميعية من المعادلة (٣-١٥)، (٣-١٧)

P_x**: احتمال حدوث أضرار كما سيرد فى الجداول (٣/١٠)، (٣/١٥)، والمعادلات (٣-٢١) حتى (٣-٢٣)

L_x***: معامل احتمال الضرر كما سيرد فى الجداول (٣/١٦) حتى (٣/٢٢)، والمعادلات (٣-٢٤) حتى (٣-٣١)

٣/٦ تقدير مركبات الأضرار R الناتجة عن الصاعقة:

تحدد قيمة مركبة الضرر الفرعية R_x من العلاقة:

$$R_X = N \times P \times L \qquad (3 - 13)$$

وتمثل القيمة **N** احتمال إصابة المبنى بصاعقة مباشرة أو غير مباشرة، وتتوقف على الآتى:

- المعدل السنوى لحدوث الصواعق لكل كيلومتر مربع فى المنطقة التى يتواجد فيها المبنى المراد وقايته من الصواعق
- أبعاد المبنى المراد وقايته من الصواعق
- مواصفات الوسط المحيط بالمبنى
- عدد ومواصفات الموصلات الداخلة إلى والخارجة من المبنى

وتمثل القيمة **P** احتمال حدوث عطل فى المبنى، وتتوقف على الآتى:

- مواصفات المبنى
- مواصفات الأرضية داخل وخارج المبنى
- محتويات المبنى
- مواصفات الكابلات الداخلة إلى والخارجة من المبنى
- مواصفات التركيبات والتجهيزات الموجودة داخل المبنى
- استخدام تجهيزات وقاية فى المبنى أم لا

وتمثل القيمة L معامل احتمال الخسائر، ويتوقف على الآتى:

- الغاية من استخدام المبنى
- عدد الأفراد المتواجدين فى المبنى ومدة إقامتهم بداخله
- نوعية الخدمات العامة التى يقدمها المبنى
- قيمة التحف الفنية والقطع الأثرية الموجودة داخل المبنى
- إجراءات الوقاية الموجودة داخل المبنى (الوقاية من الحريق، من الانفجار، من الجهود الزائده، إلخ...)

ويوضح الجدول رقم (٤/٣) مركبات الخطورة لمصادر وأسباب الضرر المختلفة.

جدول (٤/٣): مركبات الخطورة لمصادر وأسباب الضرر المختلفة

مصدر الضرر / سبب الضرر	مكان الإصابة بالنسبة للمبنى				مركبات الضرر R_s, R_f, R_o
	إصابة مباشرة	إصابة غير مباشرة			
	S1 إصابة مباشرة للمبنى	S2 سقوط الصاعقة بالقرب من المبنى (إصابة غير مباشرة)	S3 إصابة مباشرة في الموصلات الداخلة إلى المبنى	S4 سقوط الصاعقة بالقرب من الموصلات الداخلة إلى المبنى	
D1 صعق كهربائى للأشخاص	$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A$		$R_U = N_L \cdot P_U \cdot L_U$		$R_S = R_A + R_U$
D2 حريق، انفجار، أضرار كيميائية وميكانيكية	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B$		$R_V = N_L \cdot P_V \cdot L_V$		$R_f = R_B + R_V$
D3 تشويش في عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية	$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C$	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M$	$R_W = N_L \cdot P_W \cdot L_W$	$R_Z = N_I \cdot P_Z \cdot L_Z$	$R_o = R_C + R_M + R_W + Rz$
مركبات الضرر R_I ، R_d	$R_d = R_A + R_B + R_C$	$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$			

٣/٦-١ حساب قيمة كثافة الصاعقة

حيث أن:

N_D: احتمال إصابة المبنى إصابة مباشرة بصاعقة

N_M: المعدل السنوى لحدوث الصواعق لكل كيلومتر مربع فى المنطقة المحيطة بالمبنى، والتى قد تؤثر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لها على أداء التجهيزات الكهربائية والإلكترونية

N_L: احتمال إصابة الموصلات الداخلة إلى والخارجة من المبنى إصابة مباشرة بصاعقة

N_i: احتمال سقوط الصاعقة بالقرب من الموصلات الداخلة إلى والخارجة من المبنى، والتى تسبب جهودا زائدة تتولد بالحث فى هذه الموصلات

فيمكن حساب الآتى:

٣/٦-١-١ حساب قيمة N_D

تحدد قيمة N_D من العلاقة:

$$N_D = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6} \qquad (3 - 14)$$

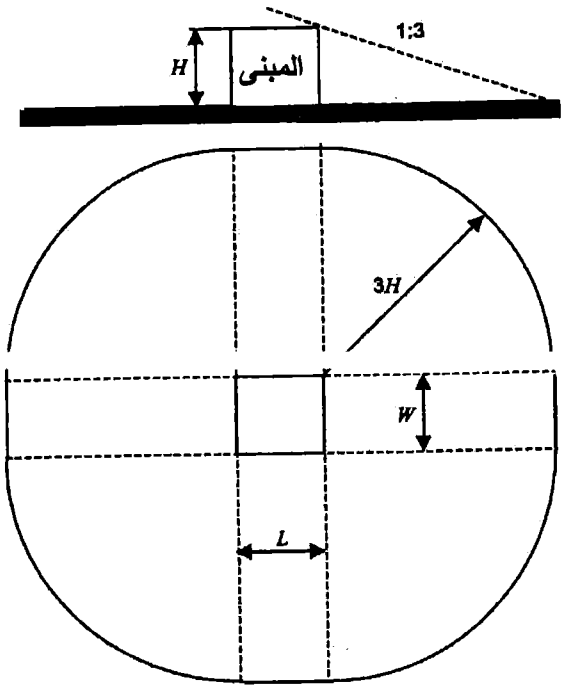
حيث:

N_g: المعدل السنوى لحدوث الصواعق لكل كيلومتر مربع فى المنطقة الواقع بها المبنى، ويحدد هذا المعدل من الجدول رقم (١/٢) والشكل رقم (٤/٢).

A_d : *المساحة* التجميعية المكافئة للمبنى

وتتحدد المساحة التجميعية لمبنى ما والذى لا تجاوره مبان أخرى، بالمساحة التى يتم تحديدها بالاستعانة بالارتفاع H المحصورة بين مستقيم ميله (٣:١) مرسوم من زوايا المبنى وأعلى نقطة فيه مع الأرض وكما هو موضح فى الشكل رقم (٣/٣).

C_d: معامل يراعى طبيعة الأشياء الموجودة على بعد يساوى ثلاثة أضعاف الارتفاع من المبنى، ويعطى من الجدول رقم (٥/٣)



شكل (٣/٣): تحديد المساحة التجميعية المكافئة A_d للمبنى المراد وقايته

وعندما يكون المبنى على شكل متوازى مستطيلات طوله L وعرضه W وارتفاعه H، تعطى المساحة التجميعية المكافئة من العلاقة:

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times \pi \times H^2 \qquad (3 - 15)$$

جدول (٥/٣) : حساب قيمة المعامل C_d

C_d	طبيعة الأشياء المحيطة بالمبنى
0.25	المبنى موجود فى محيط مبانى أو منشآت متساوية الارتفاع أو أعلى منه (أبراج، أشجار، إلخ...)
0.5	المبنى موجود فى محيط أبنية منخفضة عنه
1	عدم وجود أى مبنى مجاور على مسافة 3H من المبنى، (H هى ارتفاع المبنى)
2	المبنى موجود على قمة ربوة أو جبل

ويوضح الملحق رقم (م٣-١) مثالا لحساب المساحة التجميعية.

٣/٦-١-٢ حساب قيمة N_M

تعطى قيمة N_M بالعلاقة:

$$N_M = N_g \times A_M \times 10^{-6} \qquad (3\text{-}16)$$

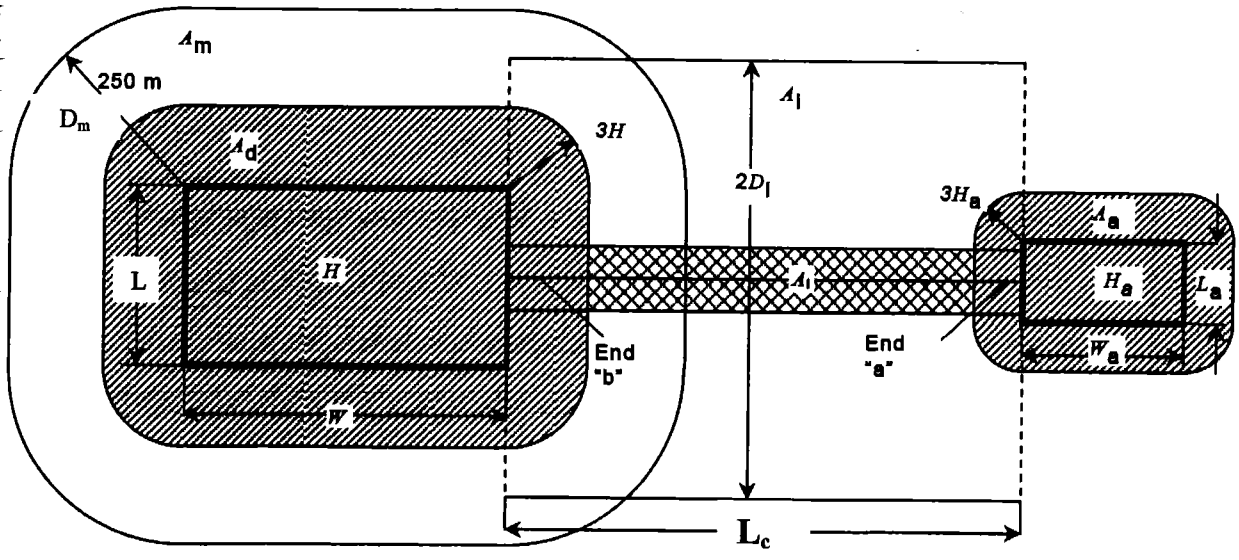
حيث:

[illegible] والتى تحدث بها مجالات كهرومغناطيسية نتيجة لحدوث الصواعق، أو تحدث تفريغا يؤدى إلى حدوث تشويش واضطراب فى عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الموجودة داخل المبنى

وتتحدد المساحة المكافئة A_M لمبنى مستطيل الشكل، طوله L وعرضه W وارتفاعه H من العلاقة:

$$A_M = L \times W + 2 \times D_m \times (L + W) + \pi \times D_m^2 - C_d \times A_d \qquad (3\text{-}17)$$

وللسهولة، تؤخذ فى الحسبان المسافة $D_m = 250$ m عن حدود المبنى كما هو مبين فى الشكل رقم (٣/٤).



شكل (٣/٤) : تحديد المساحات المكافئة حسب مكان الإصابة

ملاحظة:

عندما تكون فى المعادلة قيمة $(C_d \times A_d) > A_M$، يصبح ناتج المعادلة سالبا وتؤخذ عندئذ قيمة A_M صفرا.

٣/٦-١-٣ حساب قيمة N_L

وهى تتعلق بكثافة عواصف الصاعقة فى المنطقة التى توجد فيها هذه الموصلات، وطول ونوع الموصلات (خطوط هوائية أو كابلات ذات جهود عالية أو منخفضة)، وتتحدد من العلاقة الآتية:

$$N_L = N_g \times A_l \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \qquad (3\text{-}18)$$

حيث:

A_l : المساحة المكافئة عند إصابة الصاعقة للموصلات إصابة مباشرة وتعطى من الجدول رقم (٦/٣) وطبقا للشكل رقم (٤/٣)

C_d : معامل يراعى الطبيعة المحيطة بالموصلات ويؤخذ من الجدول رقم (٥/٣)

C_t : معامل يراعى وجود محول جهد بين مكان إصابة الموصلات وبين المبنى، ويؤخذ من الجدول رقم (٧/٣)

جدول (٦/٣): حساب المساحة A_l

موصلات أرضية (كابلات)	موصلات هوائية	المساحة
$[l_C - 3\times(H_a + H_b)]\times\sqrt{\rho}$	$[l_C - 3\times(H_a + H_b)]\times 6\times H_C$	A_l

حيث:

H_a : ارتفاع المبنى الذى تدخله موصلات الخدمات من الطرف الأول (م)

H_b : ارتفاع المبنى الذى تدخله موصلات الخدمات من الطرف الآخر (م)

H_c : ارتفاع الموصلات الداخلة عن سطح الأرض (م)

ρ : المقاومة النوعية للتربة (أوم.م) فى حالة الموصلات الأرضية (كابلات مدفونة)، وأقصى قيمة يمكن افتراضها هى ٥٠٠ (أوم.م)

l_C : طول الموصلات (م)، ويؤخذ من حافة المبنى إلى أول نقطة تفريع، أو أول جهاز وقاية من الجهود الزائدة، وتؤخذ القيمة العظمى لهذا الطول مساوية للقيمة ١٠٠٠ م.

جدول (٣/٧): معامل المحولات C_t

وجود محول فى المبنى أم لا	C_t
خطوط جهد منخفض فقط وبدون محول	1
خطوط جهد منخفض مع وجود محول	0.2

٣/٦-١-٤ حساب قيمة N_i

تحدد للخطوط الهوائية ولكابلات الجهد العالى والمنخفض المسلحة وغير المسلحة من العلاقة:

$$N_i = N_g \times A_i \times C_t \times C_e \times 10^{-6} \qquad (3\text{-}19)$$

حيث:

A_i : المساحة المكافئة التى يسبب تفريغ الصاعقة فيها تولد جهود زائدة بالحث على الخطوط وتكون قيمتها أكبر أو تساوى جهد الصمود الكهربائى للتجهيزات داخل المبنى. وتؤخذ قيمة هذه المساحة من الجدول رقم (٣/٨) وطبقا للشكل رقم (٣/٤)

C_t: معامل يراعى وجود محول جهد بين مكان إصابة الموصلات وبين المبنى، ويؤخذ من الجدول رقم (٣/٧)

C_e: المعامل البيئى، وتؤخذ قيمته من الجدول رقم (٣/٩)

جدول (٣/٨) : حساب قيمة A_i

موصلات أرضية (كابلات)	موصلات هوائية	المساحة
$25\, L_c\sqrt{\rho}$	$1000\, L_c$	$A_i =$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية للتربة (أوم.م) فى حالة الموصلات الأرضية (كابلات مدفونة)، وأقصى قيمة يمكن افتراضها هى ٥٠٠ (أوم.م)

l_C : طول الموصلات (م)، ويؤخذ من حافة المبنى إلى أول نقطة تفريع، أو أول جهاز وقاية من الجهود الزائدة، وتؤخذ القيمة العظمى لهذا الطول مساوية للقيمة ١٠٠٠ م

جدول (٣/٩): المعامل البيئى C_e

البيئة المحيطة	C_e
مناطق حضرية ذات مبانى يزيد ارتفاعها عن ٢٠ متر	0
مناطق حضرية ذات مبانى يتراوح ارتفاعها بين (١٠ – ٢٠) متر	0.1
[illegible]	0.5
مناطق ريفية	1

ملاحظة:

إذا كانت $l_C > 1000\ m$ ، $\rho > 500\ [\Omega \cdot m]$ لا تؤخذ الزيادة فى المساحة المكافئة A_l، A_l بالحسبان.

٣/٦-٢ حساب احتمال حدوث أضرار P

يجب اعتبار المركبات التالية لاحتمال حدوث أضرار فى المبنى:

P_A , P_U : الإصابة المباشرة للمبنى أو الموصلات الداخلة إليه والخارجة منه إصابة مباشرة بصاعقة تسبب حدوث جهد خطوة، وجهد تلامس بقيم كبيرة مما قد يؤدى للصعق الكهربائى للإنسان أو الحيوان

P_B , P_V : الإصابة المباشرة للمبنى أو الموصلات الداخلة إليه والخارجة منه إصابة مباشرة بصاعقة تسبب حدوث أخطار فيزيائية (حريق، انفجار، آثار ميكانيكية وكيميائية)

P_C , P_M , P_V , P_Z : الإصابة المباشرة وغير المباشرة للمبنى أو الموصلات الداخلة إليه والخارجة منه بصاعقة تسبب تشويشا واضطرابا فى عمل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الموجودة فى المبنى بسبب جهود زائدة فيها ناتجة عن الحث

٣/٦-٢-١ حساب قيمة P_A

P_A : احتمال حدوث صعق كهربائى للإنسان أو الحيوان، وتؤخذ هذه القيمة من الجدول رقم (٣/١٠)

جدول (٣/١٠): قيمة احتمال حدوث صعق كهربائى للإنسان أو الحيوان

إجراءات الوقاية	p_A
لا يوجد	1
عزل كهربى للموصلات الهابطة المكشوفة	10^{-2}
تساوى جهد التربة الفعالة	10^{-2}
إشعارات التحذير	10^{-1}

٣/٦-٢-٢ حساب قيمة P_B

P_B : احتمال حدوث أعطال فيزيائية وتعتمد هذه القيمة على مستوى الوقاية، وتؤخذ هذه القيمة من الجدول رقم (٣/١١)

جدول (٣/١١): قيمة احتمال حدوث أعطال فيزيائية

مستوى الوقاية	P_B
عدم وجود نظام وقاية	1
نظام وقاية من المستوى الرابع IV	0.2
نظام وقاية من المستوى الثالث III	0.1
نظام وقاية من المستوى الثانى II	0.05
نظام وقاية من المستوى الأول I	0.02
نظام وقاية من المستوى الأول I مع استخدام الهيكل المعدنى أو هيكل الخرسانة المسلحة كموصلات هابطة	0.01
نظام وقاية باستخدام السطح المعدنى واستخدام الهيكل المعدنى أو هيكل الخرسانة المسلحة كموصلات هابطة	0.001

٣/٦-٢-٣ حساب قيمة P_C

P_C : احتمال حدوث أعطال للأنظمة الكهربية والإلكترونية الداخلية نتيجة الإصابة المباشرة، وتعتمد هذه القيمة على مستوى الوقاية وكذلك أجهزة نبائط الوقاية من الجهود الزائدة حيث:

$$p_C = p_{SPD} \qquad (3-20)$$

ونؤخذ هذه القيمة من الجدول رقم (١٢/٣)

جدول (١٢/٣): قيمة احتمال حدوث أعطال للأنظمة الكهربية والإلكترونية الداخلية نتيجة الإصابة المباشرة

مستوى الوقاية	P_C (p_{SPD})
عدم وجود نظام وقاية	1
نظام وقاية من المستوى الثالث III والرابع IV	0.03
نظام وقاية من المستوى الثانى II	0.02
نظام وقاية من المستوى الأول I	0.01

٣/٦-٢-٤ حساب قيمة P_M

P_M : احتمال حدوث أعطال للأنظمة الكهربية والإلكترونية الداخلية نتيجة الإصابة غير المباشرة، وتعتمد هذه القيمة على تدابير الوقاية من الصواعق طبقا للمعامل K_{MS}

حيث K_{MS} هو معامل يتعلق بأداء تدابير الوقاية

فى حالة عدم وجود أجهزة نبائط للوقاية، فإن $P_M = K_{MS}$

تحسب من المعادلة:

$$K_{MS} = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4} \qquad (3-21)$$

حيث:

K_{S1} : معامل يتعلق بتحجيب محيط المبنى الخارجى

K_{S2} : معامل يتعلق بتحجيب المبنى الداخلى

$$K_{S1} = K_{S2} = \quad 0.12\ w \qquad (3-22)$$

حيث w هى عرض فتحة شبكة الوقاية (Mesh window)

أما فى حالة التحجيب المعدنى المستمر باستخدام كسوة ذات سماكة من ٠.١ مم إلى ٠.٥ مم، فإن قيمة

$$K_{S2} = K_{S1} = 10^{-4} \text{ to } 10^{-5} .$$

وعموما فإن أقصى قيمة للمعامل K_{S1} هى ٠.١ وذلك فى حاله استخدام موصلات للتحجيب.

K_{S3} : معامل يتعلق بخصائص الموصلات الداخلة إلى المبنى ويتم تحديده من الجدول رقم (١٣/٣)

جدول (١٣/٣) : قيم K_{S3} المتعلقة بخصائص الموصلات الداخلة إلى المبنى

خصائص الموصلات الداخلة المبنى	K_{S3}
كابل غير محجب – حلقة الموصلات فى مسارات مختلفة فى المبانى الكبيرة	1
كابل غير محجب – حلقة الموصلات فى نفس المسار أو حلقة الموصلات فى مسارات مختلفة فى المبانى الصغيرة	0.2
كابل غير محجب – حلقة الموصلات فى نفس الكابل	0.02
كابل محجب بمقاومة تحجيب R_s حيث $5 < R_s \le 20\ \Omega/km$	0.001
كابل محجب بمقاومة تحجيب R_s حيث $1 < R_s \le 5\ \Omega/km$	0.0002
كابل محجب بمقاومة تحجيب R_s حيث $R_s \le 1\ \Omega/km$	0.0001

K_{S4} : معامل يتعلق بنبضة جهد الصمود ويتم تحديده من العلاقة التالية:

$$K_{S4} = 1.5/U_w \qquad (3-23)$$

حيث:

U_w : القيمة العظمى لنبضة جهد الصمود للنظام المراد وقايته (كيلو فولت)

٣/٦-٢-٥ حساب قيمة P_U

P_U : احتمال حدوث صعق كهربائى للإنسان أو الحيوان نتيجة الإصابة المباشرة بصاعقة تسبب حدوث جهد خطوة، وجهد تلامس بقيم كبيرة

تعتمد قيمة P_U على قيمة مقاومة الكابل المحجب R_S وكذلك قيمة نبضة جهد الصمود U_w

ويوضح الجدول رقم (١٤/٣) قيم P_U أو P_V أو P_W .

جدول (١٤/٣) : قيم $P_W / P_V / P_U$

U_W (kV)	$5 < R_S \leq 20$ (Ω/km)	$1 < R_S \leq 5$ (Ω/km)	$R_S \leq 1$ (Ω/km)
1.5	1	0.8	0.4
2.5	0.95	0.6	0.2
4	0.9	0.3	0.04
6	0.8	0.1	0.02

٣/٦-٢-٦ حساب قيمة P_V

P_V : احتمال حدوث أعطال فيزيائية نتيجة الإصابة المباشرة للموصلات الداخلة للمبنى.

وتعتمد قيمة P_V على قيمة مقاومة الكابل المحجب R_S وكذلك قيمة نبضة جهد الصمود U_w.
يتم حساب قيم P_V من الجدول رقم (١٤/٣).

٣/٦-٢-٧ حساب قيمة P_W

P_W : احتمال حدوث تشويش واضطراب نتيجة الإصابة المباشرة للموصلات الداخلة للمبنى.

تعتمد قيمة P_W أيضا على قيمة مقاومة الكابل المحجب R_S وكذلك قيمة نبضة جهد الصمود U_w.
يتم حساب قيم P_W أيضا من الجدول رقم (١٤/٣).

٣/٦-٢-٨ حساب قيمة P_Z

P_Z : احتمال حدوث تشويش واضطراب نتيجة الإصابة غير المباشرة للموصلات الداخلة للمبنى.

تعتمد قيمة P_Z على قيمة مقاومة الكابل المحجب R_S وكذلك قيمة نبضة جهد الصمود U_w.

[illegible] P_Z [illegible] (١٥/٣)

جدول (١٥/٣) : قيم P_Z

U_m (kV)	لا يوجد تحجيب	التحجيب غير متصل بقضيب تساوى الجهد	التحجيب متصل بقضيب تساوى الجهد		
			$5 < R_S \le 20$ (Ω/km)	$1 < R_S \le 5$ (Ω/km)	$R_S \le 1$ (Ω/km)
1.5	1	0.5	0.15	0.04	0.02
2.5	0.4	0.2	0.06	0.02	0.008
4	0.2	0.1	0.03	0.008	0.004
6	0.1	0.05	0.02	0.004	0.002

٣/٦-٣ حساب معامل احتمال الخسائر L

يقدم معامل احتمال الضرر تصوراً عن القيمة المتوسطة للخسائر المادية للأضرار وآثارها نتيجة الصواعق، ويختلف هذا المعامل باختلاف نوع الخسائر (*L1, L2. L3 & L4*) وكذلك سبب الضرر (D1, D2 & D3) وتستخدم لهذه الغاية المركبات التالية لمعامل احتمال الضرر:

L_t : معامل احتمال الخسائر نتيجة لجهد الخطوة ولجهد التلامس

L_f : معامل احتمال الخسائر لحدوث حريق، انفجار، أضرار كيميائية وميكانيكية

L_o : معامل احتمال الخسائر نتيجة لحدوث جهود زائدة

٣/٦-٣-١ معامل الخسائر فى حالة موت أو إصابة الأشخاص نتيجة الصواعق

تحسب قيمة الثوابت النسبية L_t , L_f , L_o من العلاقة التالية:

$$L_X = \frac{n_p}{n_t} \times \frac{t_p}{8760} \qquad (3-24)$$

حيث:

n_p : عدد الضحايا الممكنة نتيجة تفريغ صاعقة

n_t : أقصى عدد للأشخاص المتوقع تواجدهم داخل المبنى

t_p : الزمن (بالساعة فى العام) التى يتواجد فيها الأشخاص فى المناطق الخطرة

تكون L_t خارج المبنى هى الفعالة فقط، وداخل المبنى تكون الثوابت (L_f , L_o , L_t) هى الفعالة .

ملحوظة:

فى حالة صعوبة تحديد قيم n_p , n_t , t_p ، تستخدم القيم الموضحة فى الجدول رقم (١٦/٣) لتحديد الثوابت (L_o , L_f , L_t).

جدول (١٦/٣): قيم الثوابت (L_o , L_f , L_t)

نوع المبنى	L_t
لجميع المبانى فى حال حدوث جهد الخطوة وجهد التلامس خارج المبنى	0.01
لجميع المبانى فى حال حدوث جهد الخطوة وجهد التلامس داخل المبنى	0.0001

نوع المبنى	L_f
للمستشفيات، فنادق، وما شابه ذلك من مبانى عامة	0. 1
للمنشآت الصناعية، مدارس، مكاتب، وما شابه ذلك	0.05
مساجد كبيرة، كنائس، متاحف وما شابه ذلك	0.02
لبقية المبانى	0. 01

نوع المبنى	L_o
للمنشآت الصناعية المحتوية على مادة قابلة للانفجار	0. 1
للمستشفيات	0.001

يتأثر معامل الضرر فى حالة موت أو إصابة الأشخاص بخصائص المبنى مع الأخذ فى الاعتبار معامل زيادة الخطورة h_Z ومعاملات تخفيض الأضرار r_u, r_a, r_p, r_f.

حيث أن:

$$L_A = r_a \times L_t \quad (3\text{-}25)$$

$$L_U = r_u \times L_t \quad (3\text{-}26)$$

$$L_B = L_V = r_p \times h_z \times r_f \times L_t \quad (3\text{-}27)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_z = L_0 \quad (3\text{-}28)$$

وحيث :

r_a : معامل تخفيض الضرر حسب طبيعة التربة (جدول ٣/١٧)

r_u : معامل تخفيض الضرر حسب طبيعة الأرض (جدول ٣/١٧)

r_p : معامل تخفيض الضرر المتعلق بوجود أجهزة وقاية من الحريق (جدول ٣/١٨)

r_f : معامل تخفيض الضرر المتعلّق باحتمال حدوث حريق أو انفجار أو أعطال ميكانيكية وكيميائية (جدول ٣/١٩)

h_Z : معامل زيادة الخطورة فى حال توقع نشوب حريق، أو الخوف من حدوث ذعر وتدافع بين الأشخاص (جدول ٣/٢٠)

جدول (٣/١٧) : معامل تخفيض الضرر r_u , r_a حسب طبيعة التربة والأرض

سطح الأرض	r_u , r_a
أرض زراعية، خرسانية	10^{-2}
رخام، سيراميك	10^{-3}
الحصى والموكيت والسجاد	10^{-4}
أسفلت، لينوليوم، خشب	10^{-5}

جدول (١٨/٣) : معامل تخفيض الضرر r_p المتعلق بوجود أجهزة وقاية من الحريق

إجراءات الوقاية	r_p
عدم وجود إجراءات وقاية	1
وجود أجهزة إنذار بالحريق وإطفاء حريق معلقة تعمل يدوياً	0.5
وجود أجهزة إنذار بالحريق (الزمن اللازم لوصول سيارات الإطفاء أقل من ١٠ ثوانى) وأجهزة إطفاء حريق معلقة تعمل آلياً بالإضافة إلى وجود ممرات هروب تستخدم أثناء الحريق	0.2

جدول (١٩/٣) : معامل تخفيض الضرر r_f المتعلق باحتمال حدوث حريق أو انفجار أو أعطال ميكانيكية و كيميائية

نوع الخطر	r_f
خطر الانفجار	1
أخطار عالية للحريق والأضرار الفيزيائية	10^{-1}
أخطار عادية للحريق والأضرار الفيزيائية	10^{-2}
أخطار ضعيفة للحريق والأضرار الفيزيائية	10^{-3}
عدم وجود خطر الحريق أو الأضرار الفيزيائية	0

جدول (٣/٢٠): قيم معامل زيادة الخطورة h_Z فى حال توقع نشوب حريق

نوع زيادة الضرر	h_Z
عدم وجود احتمال لحدوث ذعر أو تدافع بين الأفراد	1
احتمال حدوث ذعر وتدافع قليل، مثلاً حالة مبنى مكون من طابقين وعدد المتواجدين داخل المبنى لا يزيد عن ١٠٠ شخصا	2
صعوبة فى إخلاء الأفراد، مثلاً مبنى يحتوى على مواطنين ذوى احتياجات خاصة (دار مسنين مثلاً)	5
احتمال حدوث ذعر وتدافع متوسط الحالة، مثلاً حالة مبنى ثقافى أو صالة رياضية بحيث يتراوح عدد المتواجدين بين (١٠٠ – ١٠٠٠) شخصا	5
احتمال حدوث ذعر وتدافع كبير، مثلاً حالة مبنى ثقافى أو صالة رياضية بحيث يزيد عدد المتواجدين عن ١٠٠٠شخصا	10
خطر على الوسط المحيط	20
وجود خطر من انصهار معادن داخل المبنى	50

٣/٦-٣-٢ معامل الخسائر عند حدوث تعطل فى الخدمات العامة للمبنى:

تتحدد قيم معامل الخسائر L_f , L_o من العلاقة التالية:

$$L_X = \frac{n_p}{n_t} \times \frac{t}{8760} \qquad (3-29)$$

حيث:

n_p: متوسط عدد الأفراد الذين يستعملون المكان المحدد للخدمة، والذين يتأثرون بانقطاع هذه الخدمة

n_t: متوسط العدد الكلى للأفراد الذين يستعملون مكان الخدمة

t: ساعات انقطاع الخدمة فى العام

عند صعوبة تحديد t , n_t , n_p أو عندما تكون الأرقام غير دقيقة، تستخدم الأرقام المبينة فى الجدول رقم (٣/٢١) لحساب القيم L_f , L_o.

جدول (٢١/٣): قيم L_o , L_f حسب نوع الخدمة

نوع الخدمة	قيمة L_f	قيمة L_o
خدمة تأمين الماء والغاز	0.1	0.01
خدمة التليفون والتلفزيون والكهرباء	0.01	0.001

٣/٦-٣-٣ معامل الخسائر فى القطع الفنية والأثرية والتى لا يمكن تعويضها

تعطى قيمة المعامل L_f من العلاقة التالية:

$$L_f = \frac{C}{C_t} \qquad (3-30)$$

حيث:

C: قيمة القطع الفنية والأثرية التى يمكن أن تتضرر من جراء سقوط الصاعقة

C_t: القيمة الكلية للقطع الفنية والأثرية الموجودة فى المبنى

عند صعوبة تحديد قيم C , C_t تؤخذ قيمة $L_f = 0.1$ فى المناطق الأثرية والمعارض الفنية، إلخ....

٣/٦-٣-٤ معامل الخسائر الاقتصادية

تتحدد قيمة معامل الخسائر الاقتصادية L_o , L_f , L_t من العلاقة التالية:

$$L_x = \frac{C}{C_t} \qquad (3-31)$$

حيث:

C: القيمة المتوسطة للخسائر المحتملة فى المبنى

C_t: القيمة الكلية لمحتويات المبنى

وعند صعوبة تحديد قيم C , C_t أو عند عدم إمكانية الحصول على قيم دقيقة لهما، يتم استخدام القيم المبينة فى الجدول رقم (٢٢/٣) للمعاملات L_o , L_f , L_t .

جدول (٢٢/٣): قيم L_o , L_f , L_t حسب نوع المبنى

نوع المبنى	L_t
لجميع المبانى – داخل المبنى	0.0001
لجميع المبانى – خارج المبنى	0.01

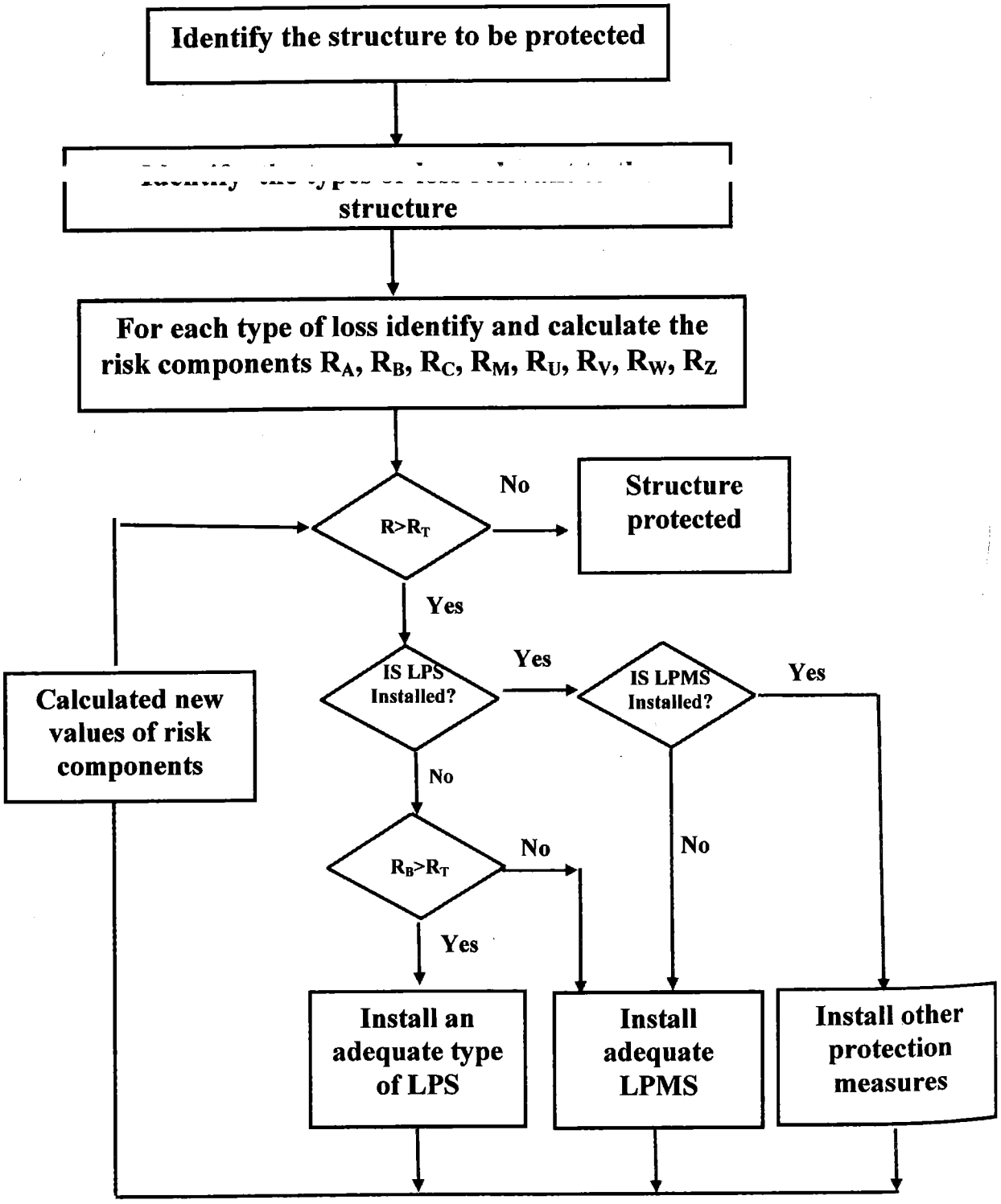
مستشفيات، منشآت صناعية، متاحف، منشآت زراعية، وما شابه ذلك	0. 5
فنادق، مدارس، مكاتب، مساجد كبيرة، كنائس، وما شابه ذلك	0.2
لبقية المبانى	0. 1

نوع المبنى	L_o
منشآت صناعية محتوية على مواد قابلة للاشتعال أو للانفجار	0. 1
مستشفيات، منشآت صناعية، مكاتب، فنادق، وما شابه ذلك	0.01
متاحف، مدارس، مكاتب، مساجد كبيرة، كنائس، وما شابه ذلك	0.001
لبقية المبانى	0.0001

٧/٣ اختيار إجراءات الوقاية

يبين الشكل رقم (٥/٣) المخطط التتابعى لاختيار إجراءات الوقاية، ويجب متابعة هذه الإجراءات طالما كان $R > R_T$ وذلك بتعديل مستوى الوقاية، أو تركيب أجهزة تفريغ الجهد فى نقطة دخول الموصلات من الخارج إلى المبنى، وزيادة فعالية التحجيب (تصغير أبعاد فتحات الشبكة بين الموصلات المعدنية) وزيادة قيمة المقاومة النوعية للطبقة السطحية الخارجية (باستخدام الأسفلت) والداخلية (باستخدام الخشب) واستخدام موصلات تساوى الجهد للحد من جهد الخطوة، تحجيب التجهيزات والموصلات الداخلية، استخدام موصلات خارجية محجبة،

استخدام شبكة إنذار من الحريق، ووجود نظام إطفاء آلى أو يدوى، وطرق نجاة تستخدم لإخلاء المبنى أثناء الحريق، إلخ...، حتى يصبح $R < R_T$.



شكل (٣/٥): المخطط التتابعى لاختيار إجراءات الوقاية المناسبة

ويوضح الملحق (م٣-٢) أمثلة لحساب معامل الضرر فى حالات مختلفة، بينما يوضح الملحق (م٣-٣) أمثلة لتحديد مدى احتياج المبنى لإجراءات الوقاية. وقد يتطلب الأمر مستقبلا إعداد دليل إرشادى لهذا الكود يشتمل على شرح تفصيلى أكبر وحالات تصميمية مختلفة، وقد يتطرق الأمر إلى إعداد برنامج على الحاسب الآلى.

الباب الرابع
تصميم نظام الوقاية من الصواعق

٤/١ عام

الغرض من نظام الوقاية من الصواعق (LPS) هو وقاية الأشخاص وحماية الممتلكات داخل المبنى المراد وقايته من خطر تفريغ الشحنات الناتجة عن الصواعق. وتتم وقاية الأشخاص بتنفيذ [illegible] الخطوة والتلامس الواردين فى هذا الكود، وقاية التجهيزات الكهربائية فى المبنى من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة، باتخاذ بعض الإجراءات عند تنفيذ المبنى المراد وقايته كما هو وارد فى الباب الخامس.

ويجب مراعاة الخطوات الضرورية التالية قبل البدء فى إجراء التصميمات المفصلة لنظام الوقاية من الصواعق:

أ- دراسة متطلبات المبنى المراد وقايته، وإذا وجب ذلك، تدرس الشروط الخاصة المطلوبة

ب- أن يكون القائم بالتصميم على دراية تامة بمواصفات المبنى، واستخداماته، ومحتوياته، وما هو المسموح والممنوع عند تمديد الموصلات، ويتم ذلك بالتشاور مع عدد من القائمين بباقى الأنشطة (المهندس المعمارى- المهندس الإنشائى-السلطات المختصة- المالك)، للاتفاق على بعض النقاط الأساسية، ومن ثم يحدد المصمم ما إذا كان المبنى فى حاجة إلى نظام وقاية من الصواعق وذلك بتحليل معامل الضرر ومقارنة الأضرار الناتجة عن الصاعقة مع الأضرار المسموحة R_T كما هو وارد فى الباب الثالث.

وعندما تكون قيمة ($R > R_T$)، تكون هناك حاجة أكيدة إلى نظام وقاية، كما يجب تحديد الإجراءات التى يتم اتخاذها حتى تصبح قيمة ($R < R_T$).

ج- يجب أن يصمم وينفذ نظام الوقاية من الصواعق، بواسطة مختصين فى هذا المجال يكونون على معرفة تامة بالآثار الكهربائية والمغناطيسية المصاحبة للصاعقة بالإضافة إلى المعرفة الواسعة فى مجال التوافق الكهرومغناطيسى

Electromagnetic Compatibility (EMC)

د- ضرورة الاتفاق على خطوات الاختبار وعلى وضع النظام فى وضع التشغيل وكذلك على إجراء الصيانة المستقبلية لهذا النظام.

٢/٤ الاحتياج للوقاية

تحتاج المنشآت المعرضة لأخطار الانفجار، مثل المصانع التى بها مواد قابلة للاشتعال وكذلك المخازن ومقالب القمامة وخزانات الوقود، إلى نظام وقاية من الصواعق على درجة عالية من التقنية، وتحتاج المبانى الأخرى إلى تطبيق الاشتراطات العادية الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق الواردة فى هذا الكود.

ويتضح فى حالات كثيرة ضرورة الحاجة إلى هذا النوع من الوقاية، تبعاً لسببين الأمان.

أ- إذا كانت هناك حشود من الناس فى المكان

ب- إذا كان المبنى مخصصا لأداء خدمات عامة

ج- إذا كانت المنطقة التى يقام بها المنشأ معرضة للصواعق

د- إذا كانت المبانى شاهقة الارتفاع أو كانت فى منطقة منعزلة

هـ- إذا احتوى المبنى على مواد قابلة للاشتعال أو للانفجار

وعند الرغبة فى تلافى أية أخطار قد لا يمكن تحاشيها بالنسبة لحياة الإنسان أو تلك الحالات التى تتطلب أن يشعر فيها شاغلى المكان بالأمان التام، عندها يلزم استخدام نظام الوقاية من الصواعق بالرغم من أن الحسابات والدلائل قد تشير إلى إمكانية الاستغناء عنه، وفى هذه الحالة لا تصدر توصيات بتنفيذ النظام ولكن تصدر تعليمات باتباع إرشادات معينة أخذا فى الاعتبار الخطر الناجم عند التعرض لمخاطر الصاعقة (مثل خطر أن تحدث ضربة صاعقة للمنشأ) وكذلك العوامل التالية:

أ- موقع المبنى

ب- طبيعة استخدام المبنى

ج- قيمة محتويات المبنى والآثار المترتبة على تعرضه للخطر

د- طبيعة إنشاء المبنى

هـ - ارتفاع المبنى (فى حالة وجود مجمع من المبانى يؤخذ أعلى ارتفاع)

وعموما يجب أن يقوم مصمم نظام الوقاية من الصواعق قبل البدء فى التصميم بإجراء الاستشارات اللازمة، بحيث يتم تحقيق نظام وقاية من الصواعق فعال وينفذ بأنسب التكاليف، وينصح فى هذه الحالة باتباع الإجراءات الواردة فى الجدول رقم (١/٤).

كما يجب مراقبة نظام الوقاية بعد تنفيذه بشكل دورى حتى يتم التأكد من فعاليته، وكذلك يجب أن تتم المراقبة عند تغيير شكل أو استخدامات المبنى، كما يجب الوفاء بمتطلبات نظام الوقاية حسب شروط هذا الكود. وفى هذه الحالة، يجب تحديد مستوى الوقاية فى نظام الوقاية من الصواعق

وتحليل معامل الخطورة للمبنى من جديد، كما يجب كذلك التأكد من أن تنفيذ نظام الوقاية يحقق المتطلبات الضرورية للمبنى.

جدول (٤/١): تصميم نظام وقاية من الصواعق

١- مخططات نظام الوقاية :

١-١ الغاية والهدف

- جمع المخططات اللازمة
- تحديد مستوى الوقاية
- تحديد مناطق الوقاية وحدودها
- التحجيب

١-٢ المشاركون ومسئولياتهم

- الجهة صاحبة المشروع
- الجهة المستفيدة من المبنى
- المهندس المعمارى
- مصمم نظام الوقاية
- المسئول عن تنفيذ نظام الوقاية
- الجهة الاستشارية

٢. التصميم الأولى :

٢-١ الغاية والهدف

- رسم المخططات
- وضع المذكرة الفنية
- تحديد جدول زمنى لتنفيذ نظام الوقاية

٢-٢ المشاركون ومسئولياتهم

- مصمم نظام الوقاية
- الجهة الاستشارية

٣. التصميم النهائى :

٣-١ الغاية والهدف

- رسم مخطط الوقاية النهائى
- وضع التفصيلات الجزئية

٣-٢ المشاركون ومسئولياتهم

- مصمم نظام الوقاية
- الجهة الاستشارية
- منفذ نظام الوقاية

٤. تنفيذ نظام الوقاية ومراقبة دقة التنفيذ :

٤-١ الغاية والهدف

- المستندات
- تغير فى رسم المخططات والتفصيلات (As-built)

٤-٢ المشاركون ومسئولياتهم

- مصمم النظام
- مورد التجهيزات
- منفذ النظام
- مهندس الاستلام

٥. الاستلام :

٥-١ الغاية والهدف :

- التأكد من دقة نظام الوقاية ومطابقته للكود والمواصفات المطروحة

٥-٢ المشاركون ومسئولياتهم

- منفذ نظام الوقاية
- مهندس محايد
- مصمم نظام الوقاية
- مهندس الاستلام (يجب أن يكون متخصصاً فى مجال الوقاية)

٦. مراقبة النظام:

٦-١ الغاية والهدف

- التأكد من أن نظام الوقاية المنفذ مطابقا للمواصفات المطروحة
- التأكد من دقة شكل المبنى وتنفيذ إجراءات الوقاية الإضافية
- تعديل نظام الوقاية إذا كان ذلك ضرورياً

٦-٢ المشاركون ومسئولياتهم

- مصمم نظام الوقاية
- مورد التجهيزات
- جهة الإشراف
- منفذ نظام الوقاية
- مهندس الاستلام

ومن أهم النقاط التى يجب الاتفاق عليها، هو أن يتم الاتفاق مع المهندس المصمم ومع الجهات المذكورة أعلاه على ما يلى:

أ- مكان تمديد جميع موصلات نظام الوقاية من الصواعق

ب- نوع المعدن المستخدم فى نظام الوقاية، ويحبذ استشارة متخصص فى مجال تآكل المعادن والوقاية من الصدأ عند الحاجة

ج- تحديد مسار جميع المواسير المعدنية الموجودة فى المبنى (مواسير المياه – تصريف مياه الأمطار – مجارى تكييف الهواء، إلخ...)

د- تحديد مكان تركيب التجهيزات الكهربائية والإلكترونية فى المبنى أو بالقرب منه، والتى يجب أن تربط مع نظام الوقاية من الصواعق: مثلاً (أجهزة الإنذار- كاميرات المراقبة – كابلات الإشارة والمعلومات، الهوائيات، إلخ...)

هـ – تحديد نوع ومكان التجهيزات، والمواسير المدفونة فى الأرض، والداخلة إلى المبنى المراد وقايتها من ضرب الصواعق، والتى تحتاج إلى مسافة أمان بينها وبين نظام الوقاية من الصواعق

و- تحديد شكل نظام الوقاية المستخدم (مثلا، اللواقط: هل هى أقطاب على هيئة إبر فرانكلين أو قفص فراداى، وهل الموصلات الهابطة مدفونة داخل الأعمدة أم مركبة ظاهرة، إلخ...)

ز- تحديد المساحة التى يمكن استخدامها فى تأريض نظام الوقاية وتحديد شكل هذا التأريض

ح- الاتفاق على شكل نظام الوقاية فى حالة أن يكون سطح المبنى مصنوعاً من مادة قابلة للاشتعال

ط- تحديد أماكن تركيب نبائط الوقاية من الجهود الزائدة

(Surge Protection Devices, (SPD))

ى- الاتفاق على شكل وسائل تثبيت موصلات الصواعق المركبة على السطح بحيث لا يسبب تمديد الشبكة ضرراً فى طبقة العزل المستخدمة لعزل الرطوبة

ك- تحديد حلقات تساوى الجهد المنفذة فى المبانى المجاورة، والتى يمكن ربطها مع نظام الوقاية من الصواعق للمبنى، إذ لا يمكن أن يتم ربط حلقات تساوى الجهد فى المبانى المجاورة إلى نظام الوقاية من الصواعق بدون دراسة تأثير ذلك على النظام

ومن أهم نقاط الاتفاق بين المصمم والجهة المنفذة ما يلى:

أ- شكل ومكان وعدد وسائل تثبيت موصلات نظام الوقاية المستخدمة على الجدران أو الأسطح

ب- أماكن موصلات التأريض

ج- إمكانية استخدام بعض أجزاء نظام الوقاية من الصواعق أثناء التنفيذ، في تأريض الروافع والأوناش المستخدمة فى الإنشاء

د- إمكانية استخدام الموصلات المعدنية الموجودة فى المبنى كمكونات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق

هـ - كيفية ومكان ربط التجهيزات وصوارى الهوائيات الموجودة على الأسطح، مع نظام الوقاية من الصواعق ونظام تساوى فرق الجهد

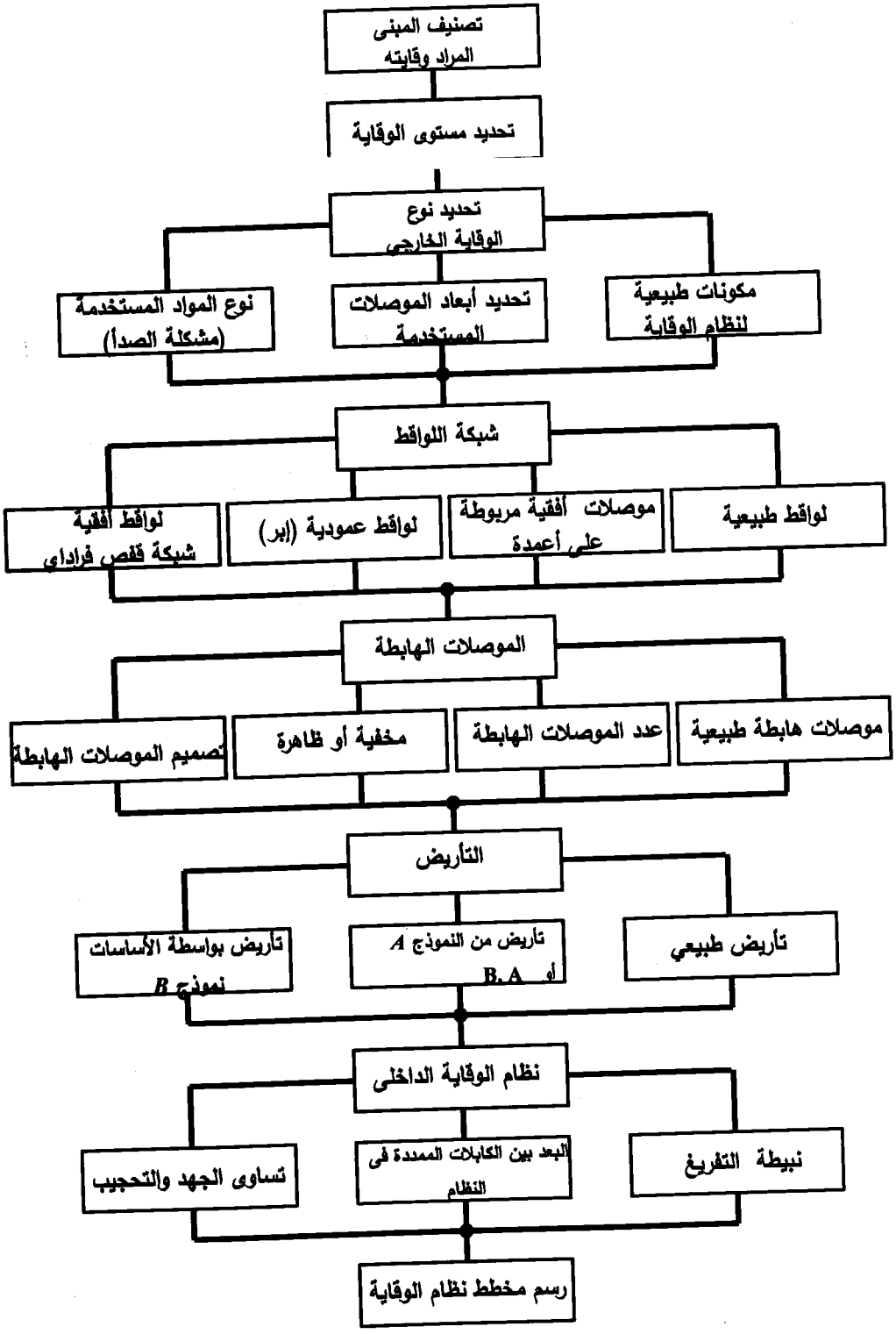
و- تحديد الفترات الزمنية لاختبار نظام مهمات الوقاية من الصواعق وبشكل خاص النظام المستخدم مع المداخن (إن وجدت)

ز- تحديد نوعية المعدن المستخدم فى نظام الوقاية مع مراعاة التآكل والصدأ وبشكل خاص فى نقاط الوصل بين المعادن المختلفة

ح- تحديد نوع وسائل تثبيت موصلات نظام الوقاية المستخدمة بحيث لا تؤثر هذه الوسائل على كفاءة العزل من الرطوبة

ط- نوع وكيفية ربط أجزاء نظام الوقاية من الصواعق مع بعضها البعض

ويوضح الشكل رقم (١/٤) المخطط الانسيابى لتصميم نظام الوقاية من الصواعق.



شكل (١/٤): المخطط الانسيابى لتصميم نظام الوقاية من الصواعق

٣/٤ اللواقط

عند استخدام موصلات إبرية بأقطار تحقق الشروط الواردة فى الجدول رقم (٥/٢)، فإن ارتفاع درجة حرارة هذه الموصلات نتيجة مرور تيار الصاعقة فيها يجب ألا يتجاوز درجة الحرارة المسموحة للموصل المثبت على سطح غير قابل للحريق.

يتم فى المعادن ذات التوصيلية الصغيرة (مثلاً الحديد غير القابل للصدأ) الاحتياج أن تكون [illegible]

ويجب للحد من الخطر الناتج عن ارتفاع درجة حرارة موصلات نظام الوقاية من الصواعق نتيجة سريان تيار الصاعقة فيها على الأسقف المكونة من مواد سريعة الاشتعال، اتباع الإجراءات التالية:

أ- خفض درجة حرارة الموصل عن طريق زيادة مقطعه

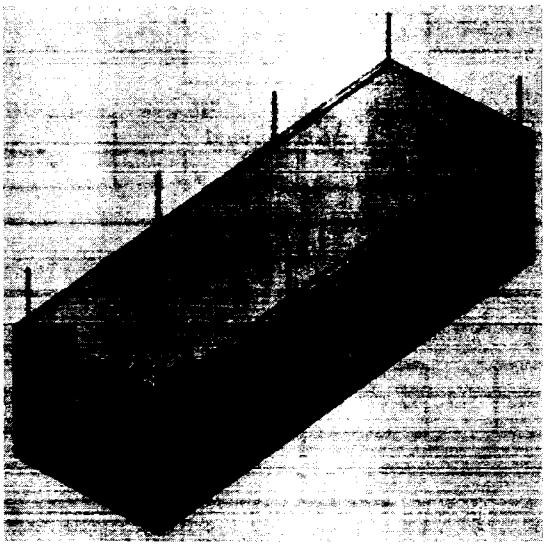
ب- زيادة المسافة بين موصلات نظام الوقاية من الصواعق والسقف

ج- وضع طبقة من مادة صعبة الاحتراق بين موصلات الوقاية والسقف

٤/٤ شبكة اللواقط

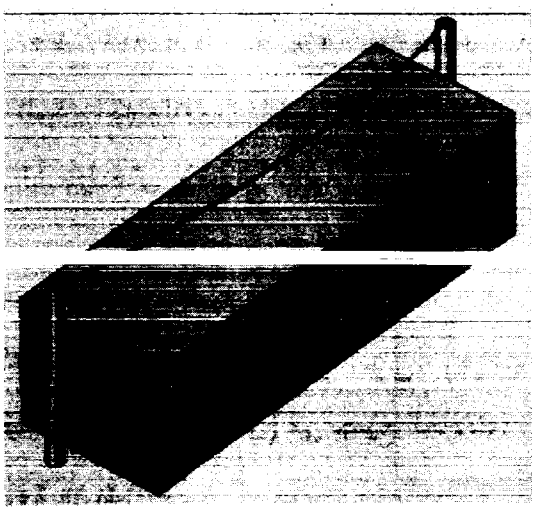
تتناقص إمكانية ضرب الصاعقة للمجال المراد وقايته عند توفر التصميم المناسب للشبكة الهوائية، وتصمم هذه الشبكة وفق إحدى أو بعض الطرق التالية:

١- لواقط عمودية (إبر) سواء كانت لواقط عمودية منفصلة أو لواقط عمودية متصلة مع بعضها عن طريق ربطها بموصلات لتكوين شبكة على سطح المبنى (أنظر الشكل رقم (٢/٤)).



شكل (٢/٤): مثال للواقط العمودية

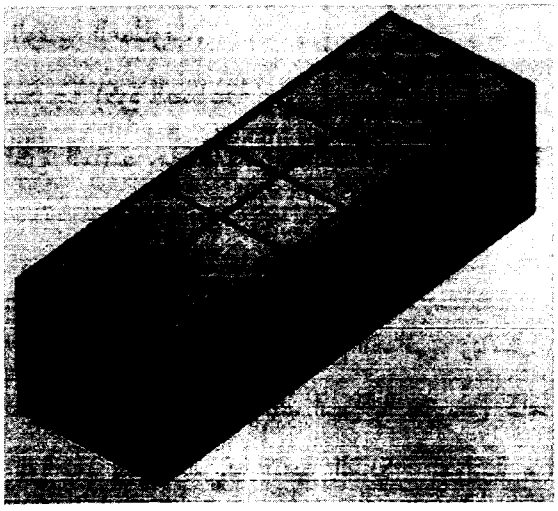
٢- موصلات أفقية مربوطة على أعمدة (أنظر الشكل رقم (٣/٤))



شكل (٣/٤): مثال لموصلات أفقية مثبتة على أعمدة

٣- لواقط أفقية (شبكة قفص فرادى)

شبكة من الموصلات سواء تكون متصلة مباشرة بالسطح أو معلقة فوق السطح (أنظر الشكل رقم (٤/٤))



شكل (٤/٤): مثال لواقط أفقية (شبكة قفص فرادى)

تقوم جميع أنواع اللواقط بنفس الوظيفة، ولكن عند اختيار نوع اللواقط يجب مراعاة الملاحظات التالية:

أ- تستخدم اللواقط العمودية فى نظام الوقاية المعزول، وفى المبانى ذات الأبعاد الصغيرة، أو فى وقاية جزء صغير من المبانى ذات الأبعاد الكبيرة. يتراوح ارتفاع هذه اللواقط *فى نظام* الوقاية غير المعزول *من* (٢-٣) مترا حتى لا تزيد إمكانية الإصابة بصاعقة من جهة، ولسهولة التنفيذ من جهة أخرى.

ب- تستخدم الموصلات الأفقية فى المبانى المستطيلة ذات الطول الكبير والعرض القليل، ($a/b > 4$) حيث a طول المبنى ، b عرض المبنى.

ج- تستخدم اللواقط الأفقية (شبكة قفص فراداى) فى جميع الحالات.

٤/٤-١ تحديد أماكن شبكة اللواقط

يجب أن تثبت مكونات شبكة لواقط الهواء على زوايا وأركان المبنى المكشوفة.

ومن الطرق المناسبة لتحديد أماكن شبكة لواقط الهواء ما يلى:

١- زاوية الوقاية

تستخدم طريقة زاوية الوقاية فقط لوقاية المبانى البسيطة أو جزء صغير من المبنى، وهذه الطريقة لا تستخدم فى حالة ما إذا كان ارتفاع المبنى يزيد عن نصف قطر كرة الصاعقة المقابل لمستوى الوقاية المطلوب.

٢- نظرية الكرة المتدحرجة (كرة الصاعقة)

تناسب طريقة الكرة المتدحرجة المبانى ذات الأشكال المعقدة ولكن يمكن استخدامها فى جميع الحالات.

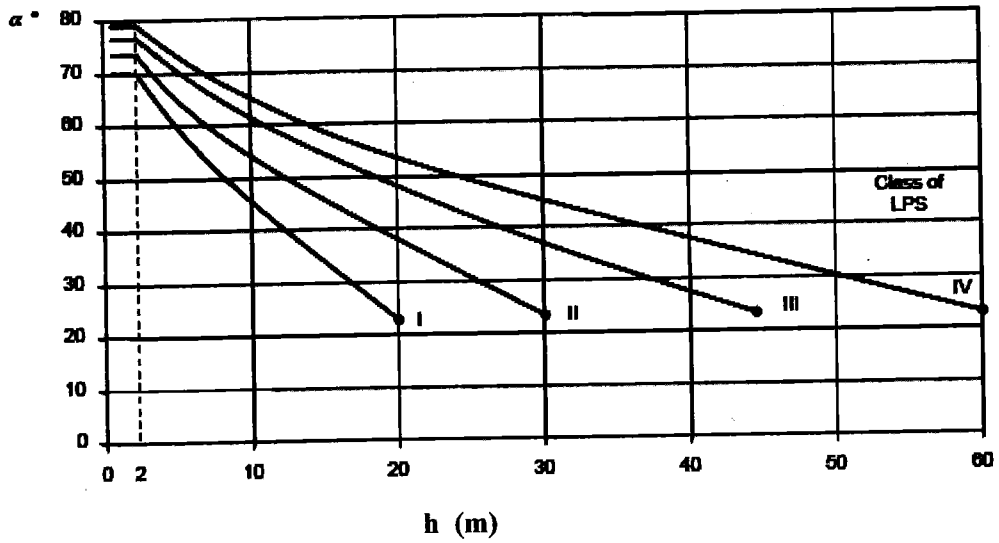
٣- شبكة فراداى

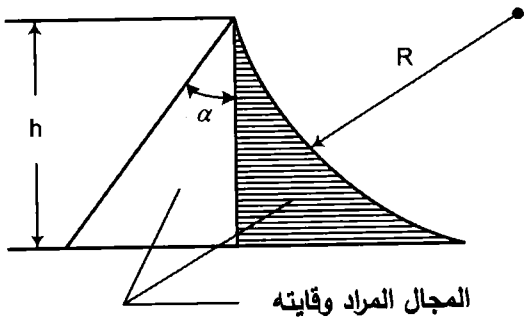
تستخدم طريقة شبكة فراداى فى وقاية جميع المبانى، وبشكل خاص المبانى الأفقية.

يجب التأكد عند تصميم شبكة اللواقط الهوائية من أن كامل المبنى المراد وقايته، يقع ضمن مجال الوقاية، وتعد طريقة تنفيذ الشبكة الهوائية مناسبة إذا تحققت المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٢/٤) لأبعاد فتحات شبكة قفص فراداى وزاوية الوقاية للقطب الإبرى ونصف قطر الكرة المتدحرجة وذلك حسب مستوى الوقاية المطلوب.

جدول (٢/٤): زاوية الوقاية وأبعاد فتحات شبكة قفص فراداى ونصف قطر الكرة المتدحرجة التى تحققها الشبكة الهوائية حسب مستوى الوقاية

مستوى الوقاية	زاوية الوقاية (α °)	أبعاد شبكة قفص فراداى (م×م)	نصف قطر الكرة المتدحرجة (كرة الصاعقة) (م)
I	أنظر الشكل رقم (٥/٤)	5×5	20
II		10×10	30
III		15×15	45
IV		20×20	60





شكل (٥/٤): زاوية الوقاية تبعا لمستوى الوقاية وارتفاع عمود الوقاية

ملاحظة ١:

عند أبعاد أكبر من البعد المبين بالنقطة • لا يمكن استخدام نظرية زاوية الوقاية وإنما يتم استخدام نظرية قفص فراداى أو نظرية الكرة المتدحرجة.

ملاحظة ٢:

h: ارتفاع العمود المعدنى (عمود الوقاية)

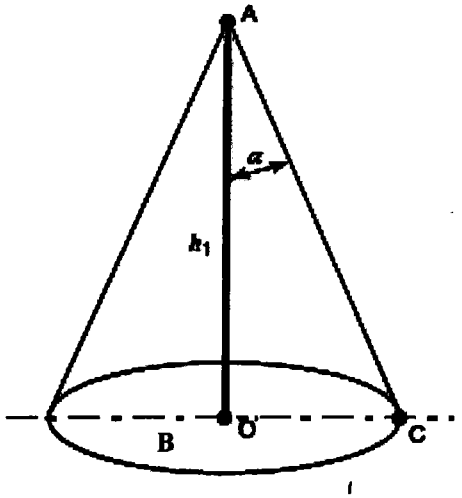
R : نصف قطر الكرة المتدحرجة

[illegible]

يجب أن تمدد اللواقط الإبرية والأعمدة المعدنية والوصلات الأفقية المثبتة على أعمدة، بحيث تقع المسافة المراد وقايتها بالكامل داخل نطاق الوقاية لهذه الموصلات والتى تصنعها الزاوية α فى جميع الاتجاهات.

تتعلق قيمة الزاوية α بارتفاع موصل الوقاية h عن المستوى الأفقى المراد وقايته وتؤخذ من الجدول رقم (٢/٤).

يبين الشكلان رقمى (٦/٤)، (٧/٤) كيفية وقاية حيز ما بالاعتماد على نظرية زاوية الوقاية لموصلات مختلفة.



شكل (٦/٤): حيز الوقاية بواسطة لاقط بسن مدبب حسب نظرية زاوية الوقاية

حيث:

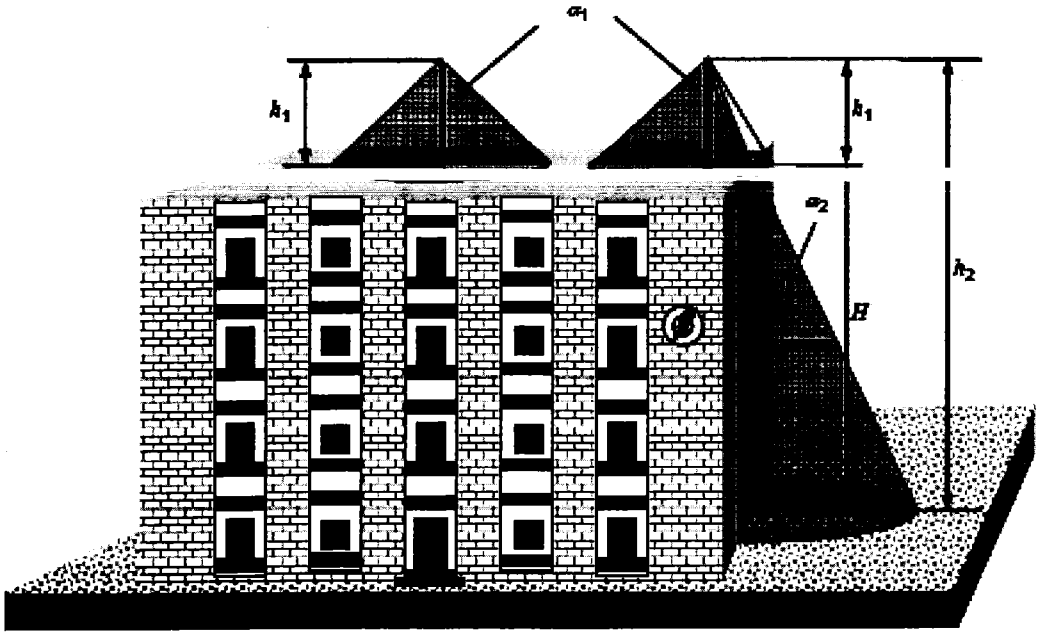
A: سن اللاقط الإبرى

B: المستوى الأفقى لحيز الوقاية

OC: نصف قطر دائرة الوقاية (منطقة الوقاية)

h_t : ارتفاع رأس لاقط الوقاية فوق المستوى الأفقى لحيز الوقاية

α: زاوية الوقاية حسب الجدول رقم (٢/٤)



حيث:

H: *ارتفاع المبنى من سطح الأرض*

h_1: ارتفاع طرف الهوائى

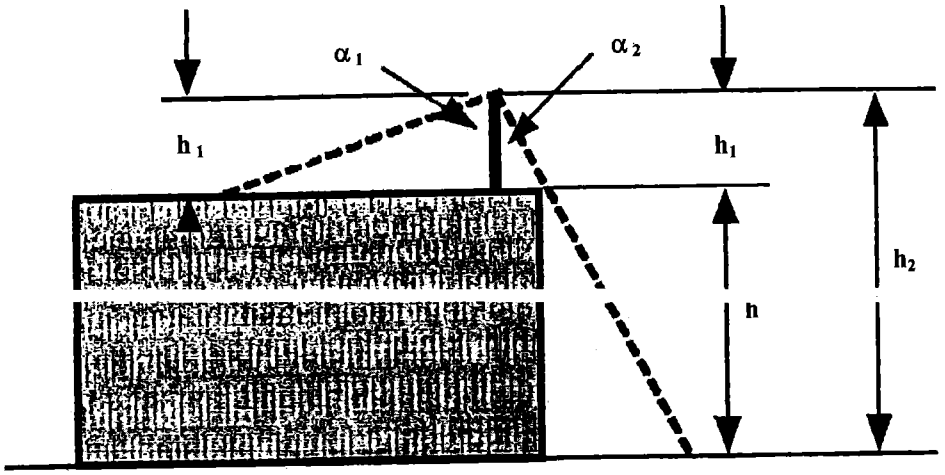
h_2: ارتفاع طرف اللاقط عن سطح الأرض $(H + h_1)$

α_1: زاوية الوقاية تبعا لارتفاع طرف اللاقط $(h= h_1)$

α_2: زاوية الوقاية المناظرة للارتفاع h_2

شكل (٧/٤): تحديد حيز الوقاية لمبنى عند ارتفاعات مختلفة باستخدام طريقة زاوية الوقاية

يلاحظ من الجدول رقم (٢/٤) أن زاوية الوقاية التى يحققها اللاقط تتعلق بارتفاعه عن مستوى مساحة الوقاية الأفقية، انظر الشكل رقم (٨/٤).



h_1: ارتفاع اللاقط

شكل (٨/٤): تصميم مجال الوقاية باستخدام نظرية زاوية الوقاية للاقط معدنى لارتفاعات مختلفة عن المستوى الأفقى للوقاية

ملاحظة:

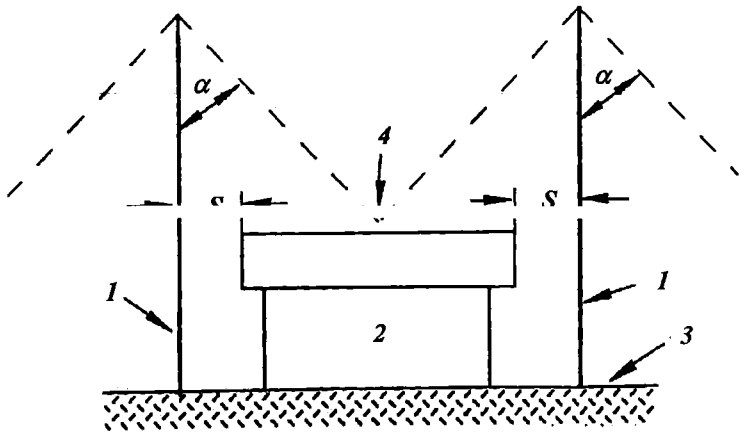
زاوية الوقاية α_1 محسوبة على أساس أن ارتفاع اللاقط هو $h = h_1$ (حيث يشكل سطح المبنى المستوى الأفقى للوقاية).

زاوية الوقاية α_2 محسوبة على أساس الارتفاع $h_2 = h_1+h$ (حيث يشكل سطح الأرض المستوى الأفقى للوقاية).

لا تستخدم زاوية الوقاية عندما يكون الارتفاع h أكبر من قطر كرة الصاعقة المتدحرجة المقابل لمستوى الوقاية المطلوب والمعطى بالجدول رقم (٢/٤).

تبين الأشكال أرقام (٩/٤)، (١٠/٤)، (١١/٤) كيفية تحديد حيز الوقاية من الصواعق باستخدام نظرية زاوية الوقاية فى حالة نظام الوقاية المعزول، وتبين الأشكال أرقام (١٢/٤)، (١٣/٤)، (١٤/٤) حيز الوقاية فى حالة نظام الوقاية غير المعزول.

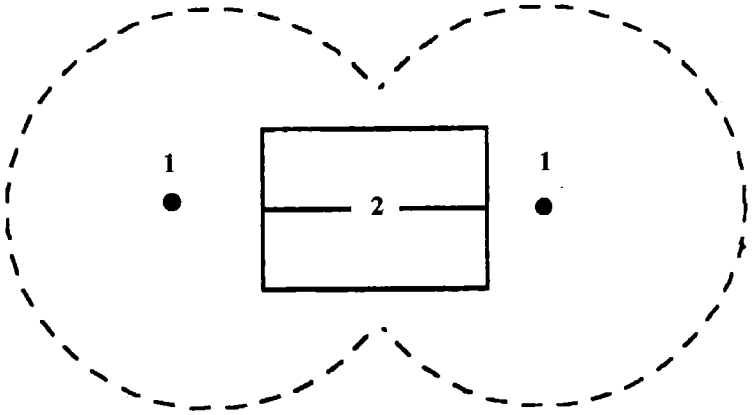
يكون مجال الوقاية للواقط التى يزيد ارتفاعها عن قطر كرة الصاعقة المتدحرجة المقابل لمستوى الوقاية المطلوب، مساويا لمجال الوقاية للاقط ارتفاعه يساوى قطر كرة الصاعقة المقابل لمستوى الوقاية المطلوب. لذلك تعطى زاوية الوقاية فى الجدول رقم (٢/٤) حتى ارتفاع مساوى لقطر كرة الصاعقة فقط.



حيث:

1: لا قط عمودى
2: *المبنى* المراد وقايته
3: المستوى الأفقى للوقاية
4: نقط التقاء حيز الوقاية لكل من العمودين
S: مسافة التقارب
α : زاوية الوقاية حسب الجدول رقم (٢/٤)

(أ) مسقط رأسى لتحديد المساحة العمودية

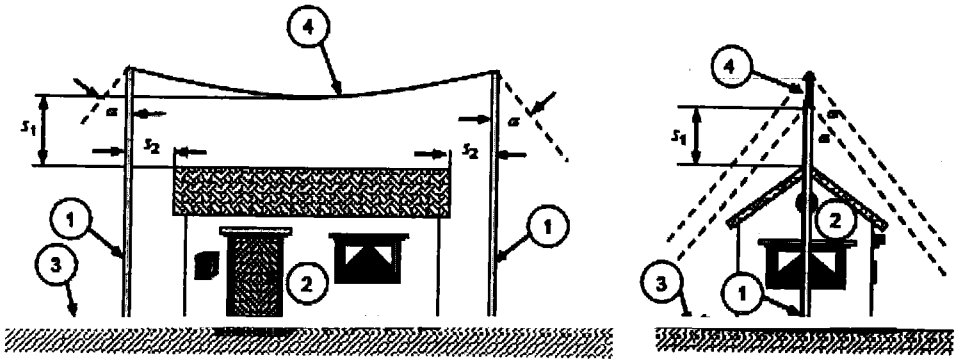


(ب) مسقط أفقى لتحديد المساحة الأفقية

ملاحظة:

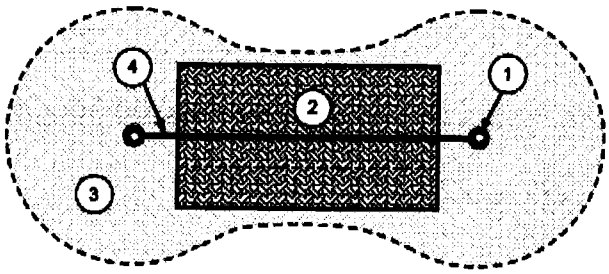
الدائرتان تحددان حيزى الوقاية على المستوى الأفقى المراد وقايته.

شكل (٩/٤): تصميم نظام وقاية خارجى معزول بواسطة عمودين منفصلين بالاعتماد على زاوية الوقاية



(أ) مسقط رأسى يحتوى على عمودى الوقاية

(ب) مسقط جانبى يبين المبنى وعمودى الوقاية وزاوية الوقاية



(ج) مسقط أفقى يبين المبنى وعمودى الوقاية وموصل الوقاية

حيث:

١: عمود حمل اللاقط

٢: المبنى المراد وقايته

٣ : المساحة المحمية على المستوى الأفقى

٤: موصل الوقاية الأفقى

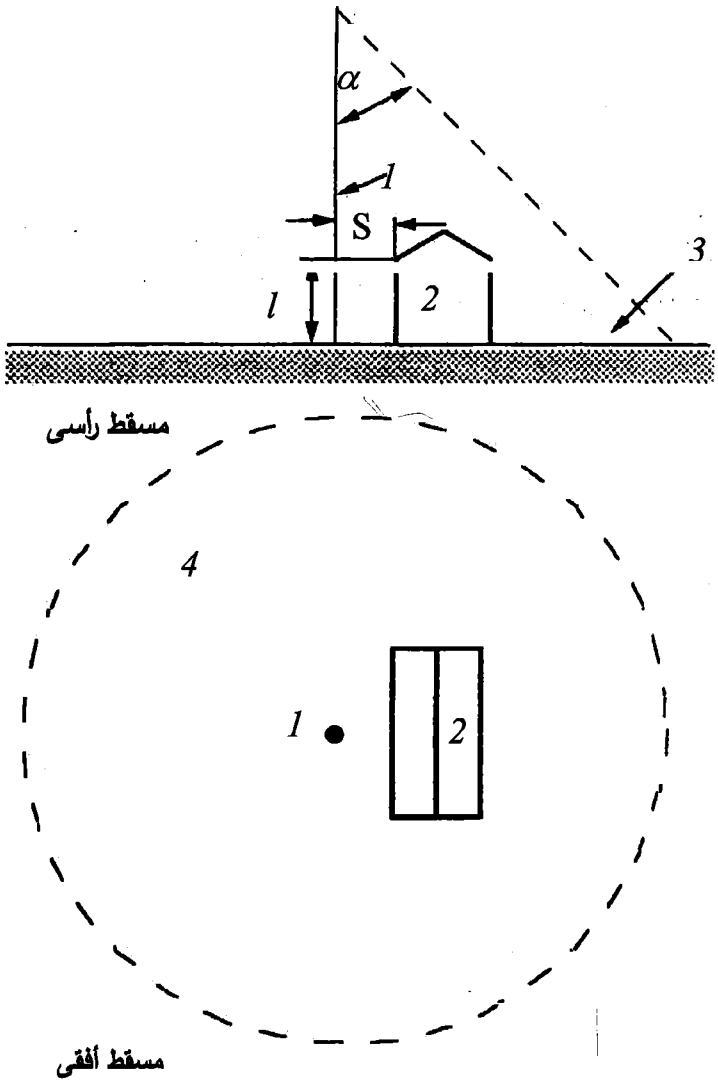
α : زاوية الوقاية

S_1, S_2: مسافات التقارب

ملحوظة:

يجب أن يقع المبنى بالكامل داخل حيز الوقاية

شكل (٤/١٠): نظام وقاية خارجى معزول باستخدام عمودين عليهما لاقطين معزولين مربوط بينهما موصل أفقى



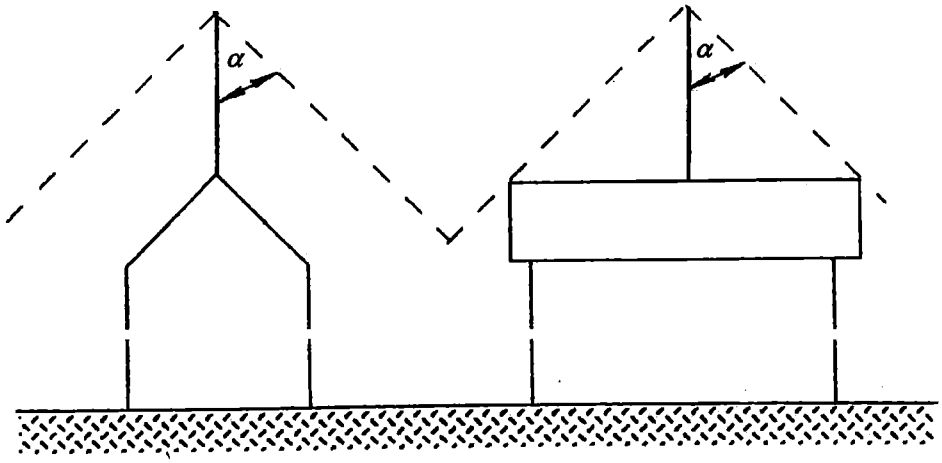
حيث:

1: عمود وقاية
2: المبنى المراد وقايته
3: المستوى الأفقى للوقاية
4: مساحة حيز الوقاية على المستوى الأفقى المطلوب
l: الطول اللازم لحساب مسافة الأمان
α: زاوية الوقاية
S: مسافة التقارب

ملاحظة :

يجب أن يصمم ارتفاع عمود الوقاية بحيث يقع كامل المبنى المحمى ضمن مجال الوقاية للعمود.

شكل (١١/٤): تصميم نظام وقاية خارجى لمبنى بواسطة عمود وقاية



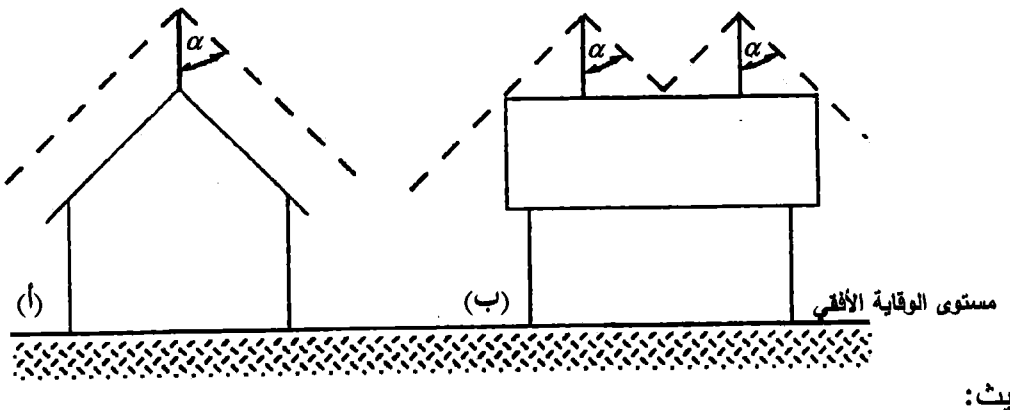
حيث:

α : زاوية الوقاية

ملاحظة:

يجب ألا يكون ارتفاع رأس قطب الوقاية إبرى الشكل أكبر من القيم الواردة في الجدول رقم (٢/٤)، ويعد سطح الأرض مستوى الوقاية الأفقى.

شكل (١٢/٤): مثال لتصميم نظام وقاية غير معزول بواسطة قطب وقاية إبرى الشكل على سطح المبنى المراد وقايته اعتمادا على نظرية زاوية الوقاية



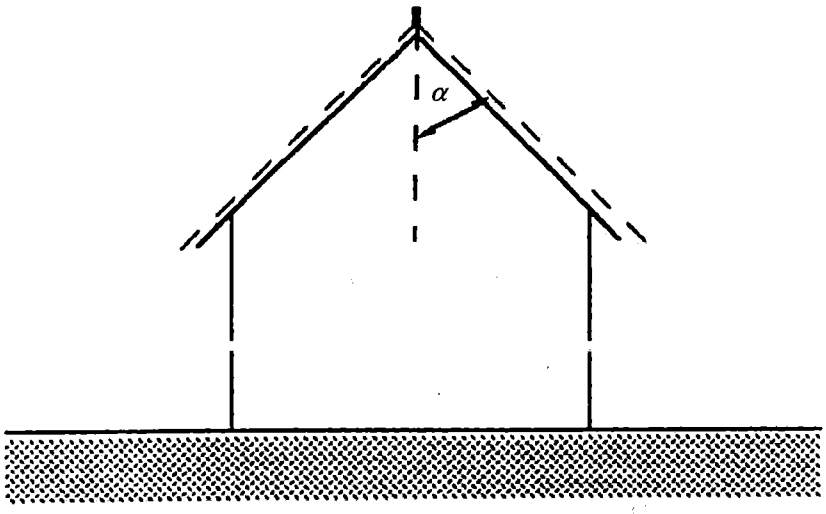
حيث:

α : زاوية الوقاية

ملاحظة:

يجب أن يقع المبنى المراد وقايته بالكامل داخل نطاق الوقاية باستخدام أقطاب إبرية الشكل كما هو موضح بالأشكال (أ) ، (ب).

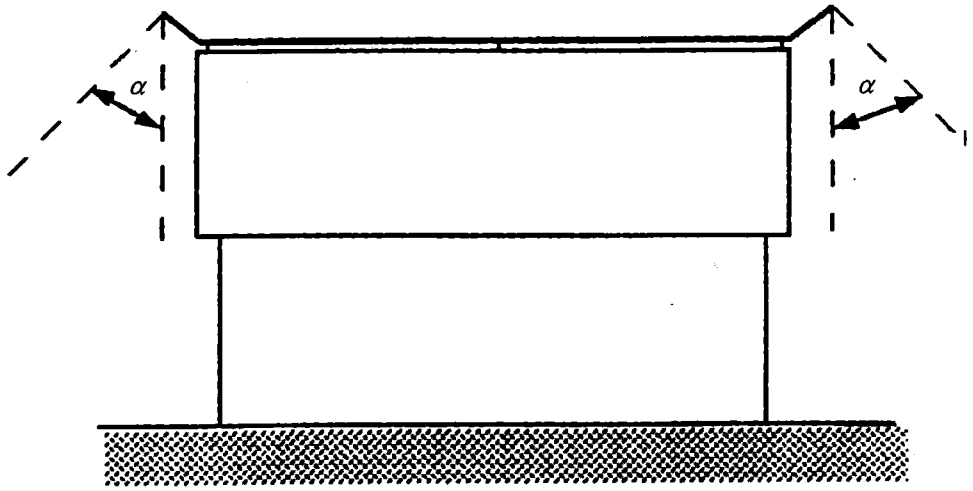
شكل (١٣/٤): تصميم لواقط نظام وقاية غير معزول بواسطة أقطاب وقاية إبرية الشكل بالاعتماد على نظرية زاوية الوقاية



حيث:

α : زاوية الوقاية

(أ) شكل موصلات الوقاية فوق سطح جمالونى (مسقط رأسى)



حيث:

α: زاوية الوقاية

(ب) شكل موصلات الوقاية فوق سطح مستوٍ (مسقط رأسى)

شكل (١٤/٤): مثال على تصميم لواقط الوقاية فى نظام وقاية غير معزول بواسطة موصلات أفقية حسب نظرية زاوية الوقاية (مسقط رأسى)

ملاحظة:

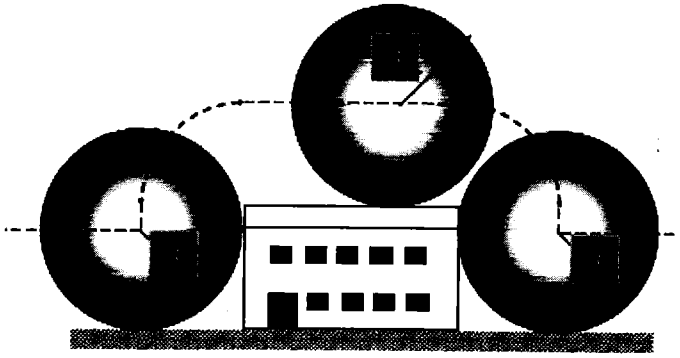
يجب أن يقع المبنى المراد وقايته بالكامل داخل نطاق الوقاية.كما هو موضح بالأشكال (أ) ، (ب).

٤/٤-٣ نظرية كرة الصاعقة المتدحرجة

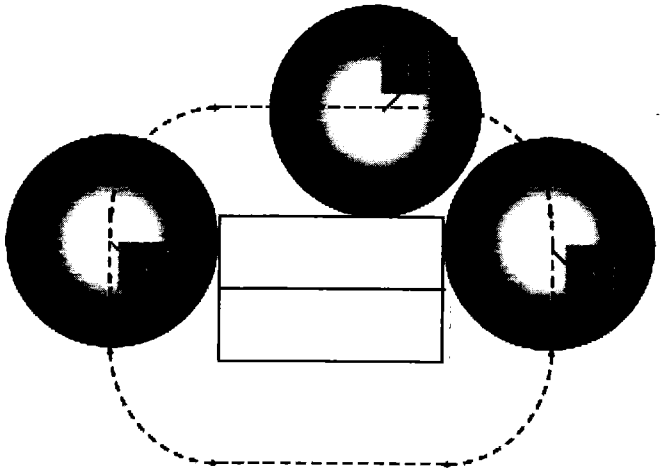
تستخدم طريقة الكرة المتدحرجة لتحديد الأجزاء المحمية من المبنى المراد وقايته عندما لا تستخدم نظرية زاوية الوقاية. ويحدد مستوى الوقاية المطلوب نصف قطر كرة الصاعقة حسب الجدول رقم (٢/٤).

تكون الشبكة الهوائية ممددة بشكل صحيح حسب متطلبات هذا الكود عندما لا تمس كرة الصاعقة المتدحرجة أى جزء من المبنى فى حال قذف الكرة من السحابة المشحونة إلى المبنى من جميع الاتجاهات، ويجب أن تمس كرة الصاعقة الأرض وموصلات الوقاية فقط.

يبين الشكل رقم (١٦/٤) كيفية تحديد حيز الوقاية لمبنى باستخدام طريقة كرة الصاعقة المتدحرجة.



(أ) مسقط رأسى لمبنى موضحا عليه النقاط التى من الممكن أن تصيبها كرة الصاعقة



(ب) مسقط أفقى لمبنى موضحا عليه النقاط التى من الممكن أن تصيب المبنى من الاتجاه الأفقى

شكل (١٥/٤): تحديد حيز الوقاية لمبنى باستخدام طريقة كرة الصاعقة المتدحرجة

تبين الأشكال أرقام (١٦/٤)، (١٧/٤)، (١٨/٤) آلية استخدام نظرية الكرة المتدحرجة للتأكد من دقة نظام الوقاية لمبانى ذات أشكال مختلفة.

وللتأكد من أن نظام الوقاية من الصواعق منفذ بشكل صحيح، يتم التصور بأن الكرة تتدحرج على المبنى من جميع الاتجاهات بما فيها الاتجاه العلوى وحتى تلامس موصلات الوقاية أو الأرض فقط. فإذا لامست كرة الصاعقة أى جزء من المبنى، يوجد عندئذ احتمال لحدوث إصابة فى هذا الجزء.

ويجب عند استخدام طريقة الكرة المتدحرجة للتأكد من دقة نظام الوقاية، أن يرسم منظور للمبنى يظهر الواجهات والسقف بمقياس رسم يساوى مقياس رسم كرة الصاعقة

ويكون مجال الوقاية من الصواعق لموصل ما، هو الحيز الذى لا يمكن أن تلامسه كرة الصاعقة والتى بدورها تلامس الموصل أو الأرض فقط.

يبين الشكل رقم (١٦/٤) أ حيز الوقاية لإبرة مدببة أو عمود معدنى ارتفاعه $h_T = h$ حيث h هى قيمة أقل من نصف قطر كرة الصاعقة r .

فى حال وجود موصلين للوقاية ممددين بشكل أفقى متوازيين أو بشكل عمودى، فيجب حساب المسافة P التى يمكن لكرة الصاعقة أن تخترقها تحت ارتفاع الموصلين وكما هو مبين فى الشكل رقم (١٦/٤) ب، ويجب أن تكون المسافة P أقل من h_T.

وتعطى المسافة P بالعلاقة:

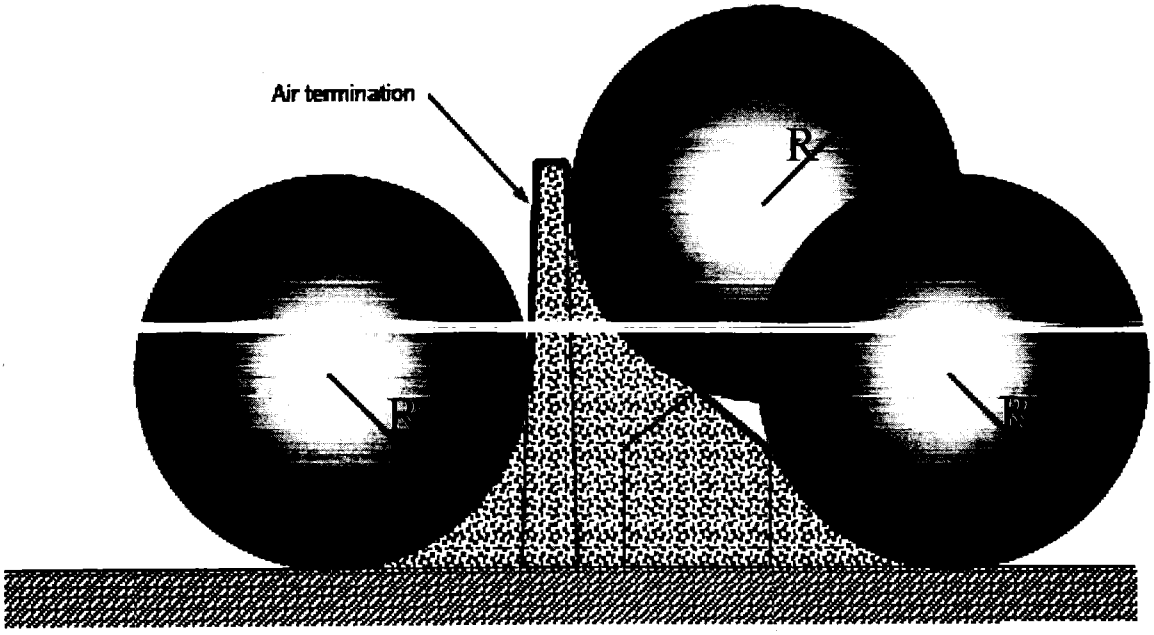
$$P = R - \sqrt{R^2 - (\frac{d}{2})^2} \qquad (4\text{-}1)$$

حيث:

R: نصف قطر كرة الصاعقة حسب مستوى الوقاية

d: المسافة بين العمودين أو الموصلات المتوازية (أبعاد فتحات قفص فرادای)

يعد المثال المبين فى الشكل رقم (١٨/٤) صحيحا أيضاً لثلاثة لواقط إبرية مثلاً أو أربعة لواقط إبرية لها نفس الارتفاع h مركبة عند زوايا مربع، وتكون المسافة d فى هذه الحالة مساوية لقطر المربع.



R : نصف قطر الكرة المتدحرجة

ملحوظة:

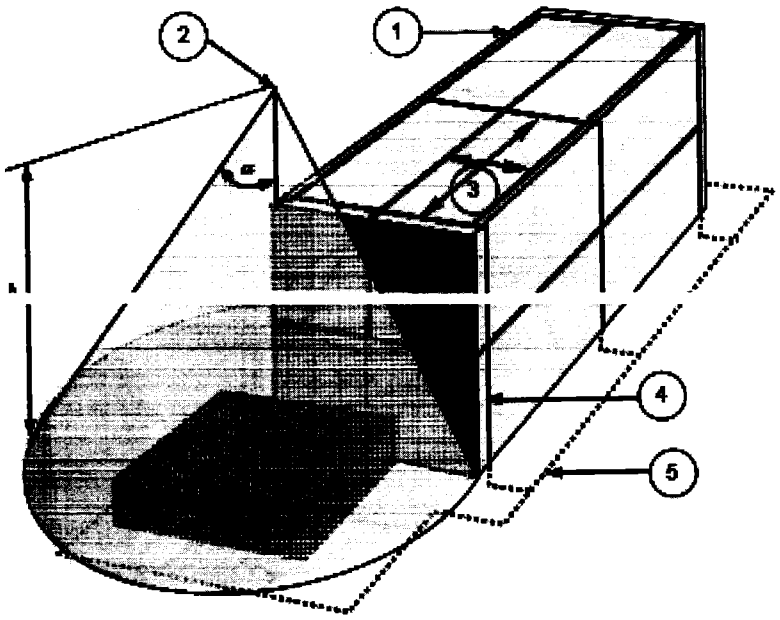
تركب الأطراف الهوائية عند كل النقاط والأجزاء التى يمكن أن تقابل كرة الصاعقة، والتى يكون نصف قطرها متطابقا مع مستوى الوقاية المطلوب عدا الجزء السفلى من المنشأ.

يؤخذ نصف قطر كرة الصاعقة المتدحرجة r من الجدول رقم (٢/٤) حسب مستوى الوقاية.

شكل (١٦/٤) أ: تصميم لواقط الوقاية اعتمادا على طريقة كرة الصاعقة المتدحرجة لمبانى متجاورة ذات ارتفاعات مختلفة

ملاحظة:

يجب تمديد موصلات وقاية إضافية على جميع نقاط المبنى التى تمسها كرة الصاعقة المتدحرجة.



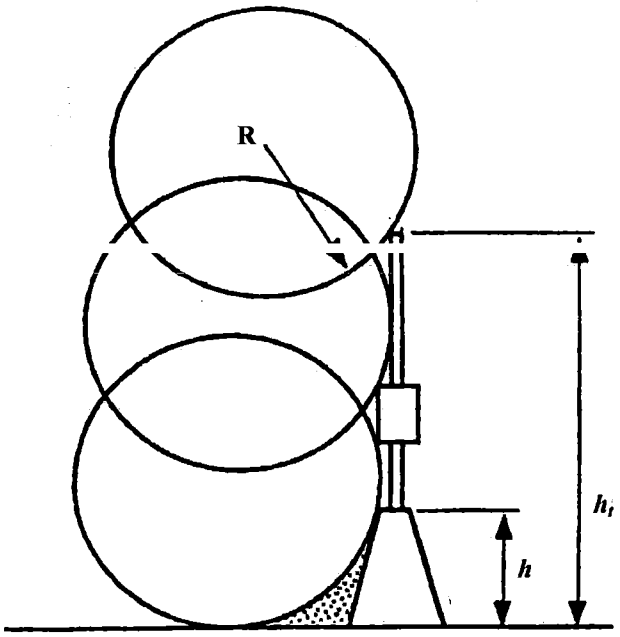
1: موصل طرف هوائى
2: عمود طرف هوائى
3: شبكة فراداى
4: موصل هابط
5: شبكة تأريض حلقية فوق مستوى الأرض
α: زاوية الوقاية
h : *ارتفاع عمود الوقاية*

تؤخذ قيمة زاوية الوقاية α من الجدول رقم (٢/٤)

تؤخذ قيم أبعاد شبكة قفص فراداى M من الجدول رقم (٤ /٢)

تؤخذ قيمة نصف قطر كرة الصاعقة r من من الجدول رقم (٤ /٢)

شكل (١٦/٤) ب: تصميم لواقط الوقاية اعتمادا على طريقة كرة الصاعقة المتدحرجة، طريقة زاوية الوقاية وشبكة فراداى وترتيب عام لعناصر الأطراف الهوائية (كرة الصاعقة تمس الموصلات والأرض فقط)



حيث:-

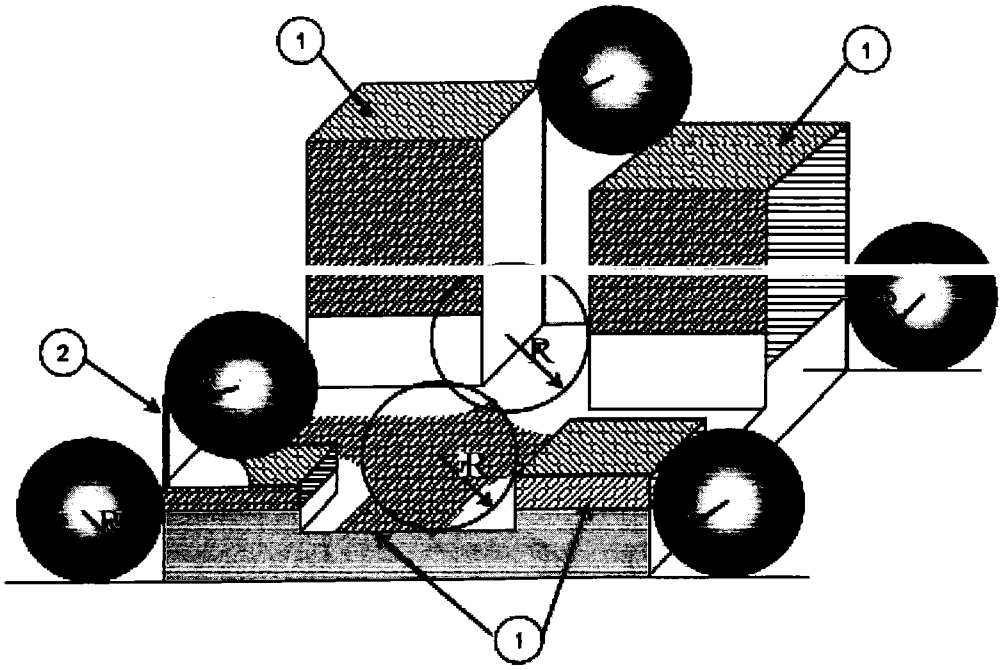
R: نصف قطر كرة الصاعقة حسب الجدول رقم (٢/٤)

h_t: ارتفاع البرج أو عمود الوقاية عن سطح الأرض

h: ارتفاع عمود الوقاية كما هو وارد فى الجدول رقم (٢/٤)

يجب تمديد موصلات وقاية إضافية فى جميع نقاط البرج التى تمسها كرة الصاعقة.

شكل (١٧/٤): تصميم نظام وقاية من الصواعق لبرج حسب طريقة الكرة المتدحرجة



١: المنطقة المظللة معرضة لسقوط ضربة الصاعقة وتحتاج إلى وقاية

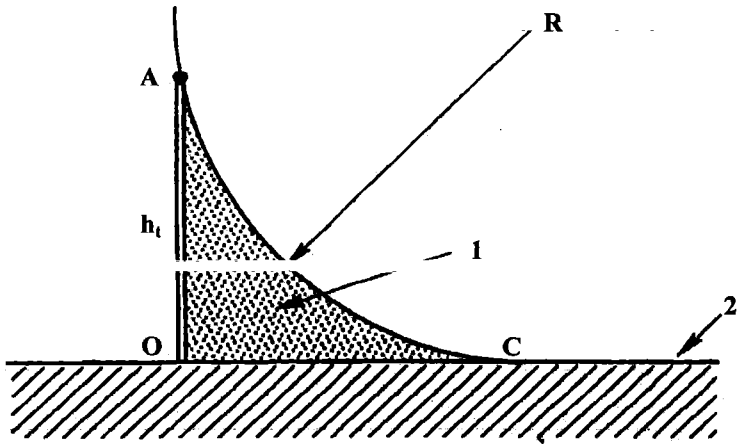
٢: عمود وقاية فوق المبنى R: نصف قطر كرة الصاعقة

ملحوظة:

مطلوب وقاية ضد الضربات الجانبية

شكل (١٨/٤): تصميم نظام وقاية لمبنى مركب الشكل وبارتفاعات مختلفة حسب طريقة الكرة المتدحرجة

وتوضح الأشكال أرقام (١٩/٤)، (٢٠/٤)، (٢١/٤) حيز الوقاية اعتمادا على طريقة الكرة المتدحرجة فى حالات مختلفة.



حيث:

1: الحيز المحمى 2: المستوى الأفقى للوقاية

R: نصف قطر كرة الصاعقة حسب الجدول رقم (٢/٤)

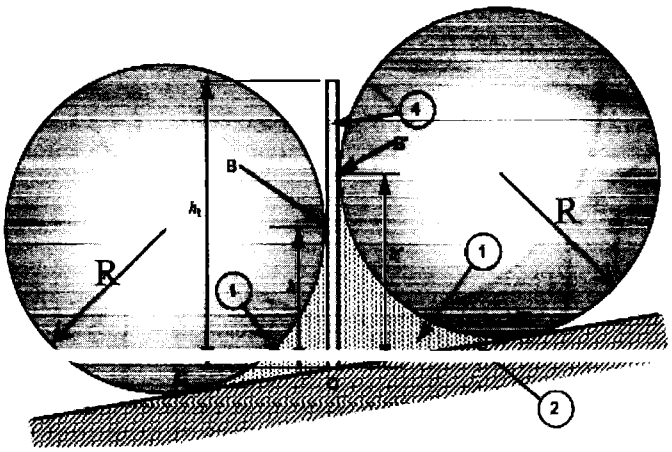
OC: نصف قطر المنطقة المحمية على مستوى الوقاية الأفقية

A: نقطة من موصل وقاية أفقى

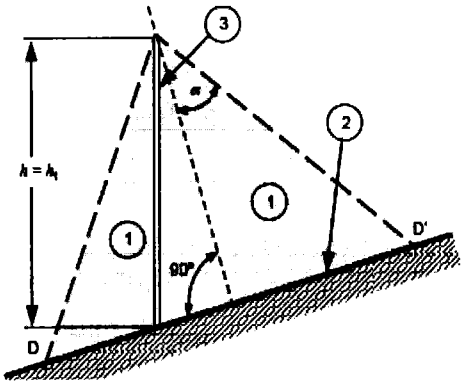
$h_t = h$: ارتفاع قضيب الوقاية حسب الجدول رقم (٢/٤)

شكل (١٩/٤): حيز الوقاية باستخدام قضيب وقاية أو موصل أفقى اعتمادا على طريقة الكرة المتدحرجة

حيث *تكون* ($h_t < r$) والأرض مستوية



(أ) حيز الوقاية لعمود مركب على سطح مائل باستخدام طريقة كرة الصاعقة (h_t>r)



(ب) حيز الوقاية لعمود على سطح مائل باستخدام طريقة زاوية الوقاية

1: حيز الوقاية
2: المستوى المراد وقايته
3: طرف هوائى
4: عمود الوقاية

R: نصف قطر كرة الصاعقة

h, h′ : الارتفاعات الخاصة بالطرف الهوائى طبقا للجدول رقم (٢/٤)

h_t: الارتفاع الفعلى للعمود فوق منسوب المستوى المراد وقايته

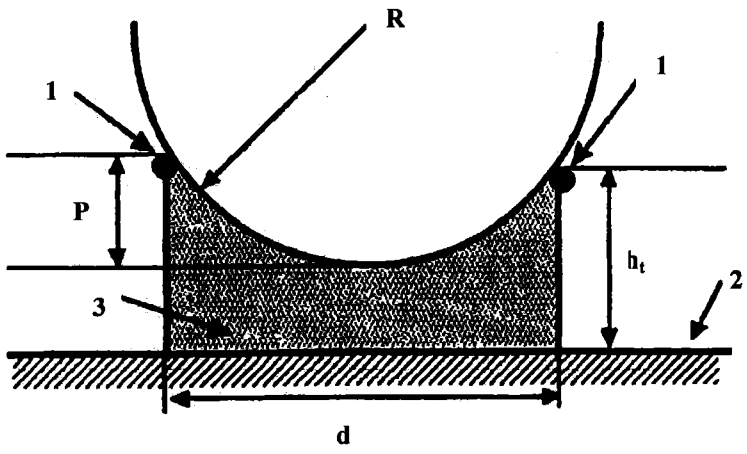
A: نقطة من موصل وقاية أفقى
α: زاوية الوقاية

B, C, B′ , C′ : نقاط التلامس مع الكرة
C, C′, D , D′ : حدود المساحة المحمية

ملحوظة :

يجب أن تكون الارتفاعات h و h′ أصغر من h_t .ويلاحظ أن الارتفاعين h ، h′ يطبقان فى حاله المستوى المائل.

شكل (٢٠/٤): حيز الوقاية بواسطة قضيب أو عمود وقاية أو موصل أفقى اعتمادا على طريقة الكرة المتدحرجة حيث تكون (h_t < r) والأرض مائلة



1: الحيز المحمى بواسطة موصلين أفقيين متوازيين

2: مستوى الوقاية الأفقى

3: المساحة الكلية المحمية

h_t: ارتفاع الموصل عن مستوى الوقاية الأفقى

P: عمق دخول كرة الصاعقة بين الموصلين الأفقيين

H: ارتفاع موصلات الوقاية حسب الجدول رقم (٢/٤)

R: نصف قطر كرة الصاعقة

d: المسافة بين موصلين أفقيين متوازيين أو عمودين متوازيين

ملاحظة :

يجب أن يكون عمق دخول كرة الصاعقة بين الموصلين الأفقين P أصغر من الارتفاع h_t حتى يمكن وقاية المسافة بين الموصلين بالكامل.

شكل (٢١/٤): حيز الوقاية بواسطة موصلين أفقيين متوازيين أو عمودين منفصلين، حيث ($r > h_t$) اعتمادا على نظرية كرة الصاعقة مع مراعاة المسافة P

٤/٤-٤ طريقة الموصلات المعشقة (شبكة قفص فراداى)

تمدد شبكة من الموصلات فى المساحات الأفقية لتحمى المساحة المراد وقايتها بالكامل عندما تتحقق المتطلبات التالية:

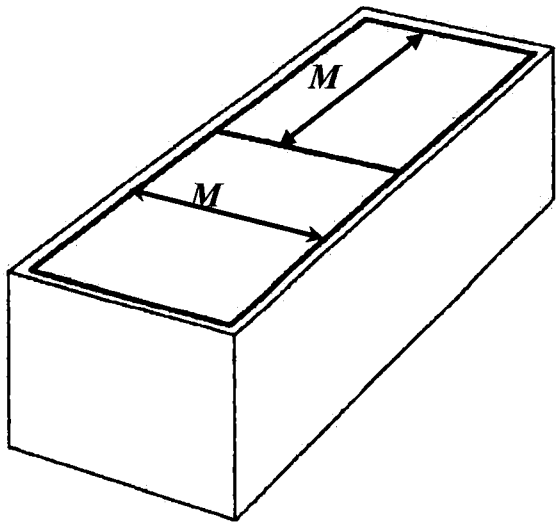
أ- تمديد الموصلات:

- على حواف المبنى المراد وقايته
- على سطح المبنى المراد وقايته
- على قمة المبنى إذا كان ميل السطح أكبر من $\frac{1}{10}$

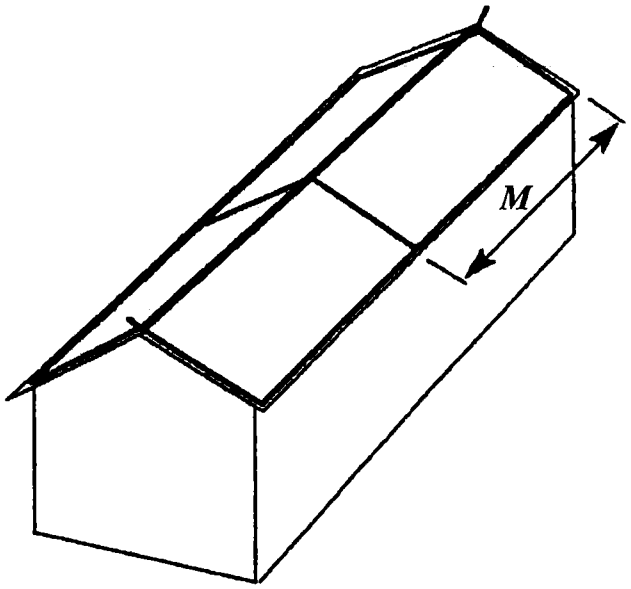
ب- تمديد موصل معدنى يحيط بالمبنى من الخارج إذا كان ارتفاع المبنى يزيد عن نصف قطر الصاعقة المقابل لمستوى الوقاية المطلوب (أنظر الجدول رقم (٢/٤)).

تكون أبعاد الفتحات بين الموصلات المعشقة (أبعاد فتحات قفص فراداى) لا تزيد عن الأبعاد الواردة فى الجدول رقم (٢/٤) حسب مستوى الوقاية المطلوب للمبنى.

يبين الشكل (٢٢/٤) كيفية وقاية مبانى ذات أشكال مختلفة بواسطة قفص فراداى.



(أ) تصميم لواقط نظام وقاية من الصواعق على سطح مستوٍ



(ب) تصميم لواقط نظام وقاية من الصواعق على سطح مائل

ملاحظة:

يجب أن تحقق أبعاد فتحات الموصلات M الشروط الواردة فى الجدول رقم (٢/٤).

شكل (٢٢/٤): تصميم لواقط نظام وقاية من الصواعق حسب قفص فراداى

تمدد الموصلات (اللواقط) على السطح بحيث يتم تفريغ تيار الصاعقة إلى الأرض من خلال موصلين اثنين على الأقل. ولا يسمح ببروز التجهيزات المعدنية خارج المساحة التى تحميها لواقط الوقاية من الصواعق.

يجب أن تسلك الموصلات التى تنقل تيار الصاعقة من اللواقط إلى الأرض أقصر طريق ممكن بين هذه اللواقط والأرض.

٥/٤ الموصلات الهابطة Down conductors

يجب ربط اللواقط الهوائية المثبتة على سطح المبنى التى تقوم بتجميع تيار التفريغ من السحب مع شبكة التأريض بواسطة موصلات يطلق عليها الموصلات الهابطة، وذلك لتقليل احتمال حدوث تفريغ خطر داخل النطاق المراد وقايته.

٥/٤-١ الموصلات الهابطة الطبيعية

يمكن اعتبار الأجزاء التالية من المبنى موصلات هابطة طبيعية:

أ- التركيبات المعدنية

بشرط أن يتحقق الآتى:

- تكون الاستمرارية الكهربائية جيدة ودائمة بين اللواقط وموصلات التأريض
- تكون ذات أبعاد مساوية على الأقل للأبعاد القياسية للموصلات الهابطة ويمكن أن تكون التركيبات المعدنية مغطاة بمادة عازلة

ب- الهيكل المعدنى للمبنى

ج- حديد التسليح للمبنى

يجب الانتباه لتجنب خطورة التأثيرات الميكانيكية المرفوضة، والناتجة جزئياً عن تيار الصاعقة فى حالة بناء الحوائط من الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد، وذلك نتيجة توصيل نظام الوقاية من الصواعق مع حديد التسليح.

د- عناصر الواجهات وأطرها والتركيبات الفرعية للواجهات المعدنية

وبشرط أن يتحقق الآتى:

- أن تكون أبعادها مطابقة لمتطلبات الموصلات الهابطة وبسماكة لا تقل عن القيم الواردة فى الجدول رقم (٦/٢)
- أن تتحقق الاستمرارية الكهربائية فى الاتجاه الرأسى، وألا تتجاوز المسافة بين الأجزاء المعدنية ١ مم وألا تقل مساحة التراكب (Over lap) بين عنصرين عن ١٠٠ سم^{٢}

ملحوظة:

فى حال استخدام الهيكل المعدنى للمبانى المنشأة من الفولاذ، أو استخدام حديد التسليح للمنشآت الخرسانية تصبح الموصلات الحلقية الأفقية فى نظام الوقاية من الصواعق غير ضرورية.

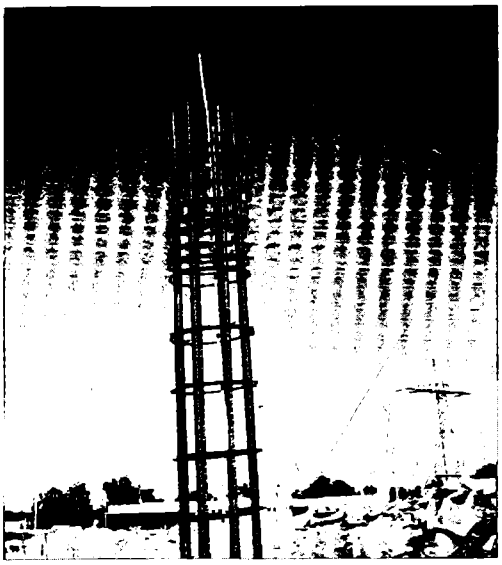
وينصح باستخدام موصلات هابطة طبيعية لزيادة عدد الموصلات الهابطة المتوازية التى يتفرع بها تيار الصاعقة، وبالتالى يؤدى إلى خفض قيمة هبوط الجهد فى الموصلات الهابطة وتخفيض أثر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة على التجهيزات الإلكترونية المتواجدة داخل المبنى المراد وقايته.

ويمكن فى المبانى الكبيرة، وبشكل خاص المبانى العالية، والمبانى العامة ذات الهياكل المعدنية والمزودة بنوافذ زجاجية عريضة، أو فى المبانى ذات الجدران من الخرسانة المسلحة والتى تحقق الأجزاء المعدنية فيها متطلبات نظام الوقاية من الصواعق، استخدام هذه المعادن فيها كموصلات هابطة طبيعية، وبذا تكون الممانعة الكلية لموصلات نظام الوقاية من الصواعق فى هذه المبانى قليلة جداً، وبالتالى تشكل هذه المبانى وقاية جيدة للتجهيزات الإلكترونية الموجودة بداخلها. وفى حال استخدام الصفائح المعدنية للجدران الخارجية (فى حال وجودها) كموصلات هابطة طبيعية،

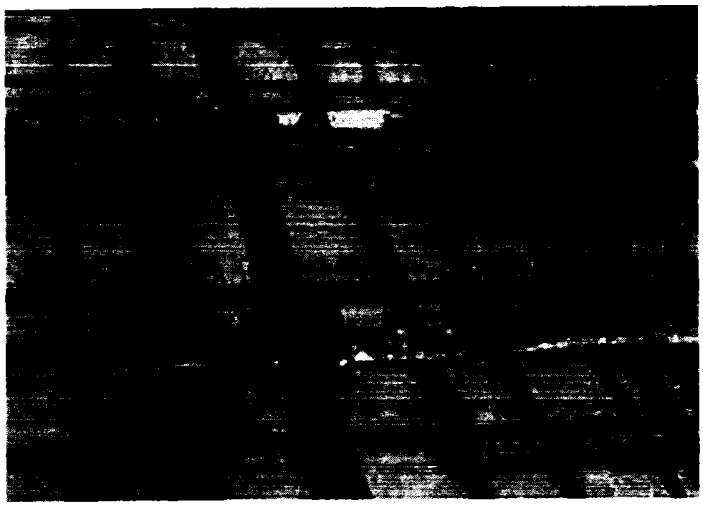
فإن الممانعة الكلية لموصلات نظام الوقاية من الصواعق تكون قليلة جداً، حيث تشكل هذه المبانى وقاية مثالية من المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة.

وعند إقرار استخدام حديد التسليح كموصلات هابطة طبيعية فى الخرسانة المسلحة في المبانى قيد الإنشاء كجزء من نظام الوقاية من الصواعق، يجب أن تحقق أسياخ حديد التسليح الاستمرارية الكهربائية. وفى حال عدم التأكد من استمرارية التوصيلية الكهربائية للموصلات الهابطة الطبيعية، يجب استخدام موصلات خاصة من الحديد المجلفن (أنظر الشكل رقم (٢٣/٤)) كموصل هابط يثبت مع حديد التسليح. ويبين الشكل رقم (٢٤/٤) كيفية ربط الموصلات الإضافية مع حديد التسليح للخرسانة المسلحة.

فى المبانى التى لا تحتاج إلى مستوى وقاية عالى (مثل مستوى وقاية IV)، يمكن استخدام مزاريب المطر المعدنية كموصلات هابطة طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق عندما تحقق هذه الموصلات المتطلبات.



شكل (٤/ ٢٣): تمديد موصل إضافى ضمن حديد التسليح للعمود يربط مع موصلات التأريض ومع اللواقط على السطح



شكل (٤/٢٤): تمديد موصلات إضافية فى فرشة تسليح السقف

٤/٥-٢ الموصلات الهابطة المعزولة

١- يعرف نظام الوقاية المعزول بموصلات هابطة معزولة بأنه مجموعة الموصلات التى تربط مع الأجزاء المعدنية فى المبنى ومع موصلات تساوى الجهد على مستوى الأرض، ويمكن تحقيق نظام الوقاية المعزول بواسطة لواقط إبرية، أو أعمدة معدنية تركب بالقرب من المبنى المراد وقايته، ويمكن فى بعض الحالات الخاصة الوصل بين هذه اللواقط أو الأعمدة بموصل أفقى يحافظ على مسافة الأمان المطلوبة.

٢- يمكن تركيب نظام وقاية معزول على المبانى المشيدة من مواد غير موصلة (أحجار، قرميد، خشب)، بحيث يتم المحافظة على مسافة الأمان، ويجب ألا يوجد أى ربط بين نظام الوقاية من الصواعق والتركيبات المعدنية الموجودة على أو داخل المبنى باستثناء الربط مع موصلات التأريض.

٣- يجب أن تبعد جميع التركيبات المعدنية والموصلات والتجهيزات الإلكترونية الموجودة داخل المبنى عن موصلات نظام الوقاية بمسافة تزيد عن مسافة الأمان المطلوبة، ويجب أن تستوفى جميع الأعمال والتركيبات المعدنية التى ستتم لاحقا، متطلبات الوقاية المعزولة الواردة فى هذا الكود، ويجب أن تحاط الجهة التى تستغل المبنى علما بذلك من كل من مصمم نظام الوقاية ومنفذ هذا النظام، وكذلك على مستغل أو مالك المبنى إبلاغ مصمم ومنفذ نظام الوقاية بأى عمل يتم إجراؤه لاحقا داخل أو خارج المبنى.

٤- يفضل تركيب النظام المعزول للوقاية من الصواعق على المبانى التى تحتوى على عدد كبير من الأجزاء المعدنية المربوطة مع بعضها البعض، لمنع سريان جزء من تيار الصاعقة فى جدران المبنى وفى التجهيزات المعدنية داخل المبنى.

٥- عند تثبيت الموصلات الهابطة على الجدار الخارجى للمبنى مباشرة، وكانت المسافة بين هذه الموصلات والتجهيزات الإلكترونية داخل المبنى صغيرة، فيجب عندها إبعاد الموصلات الهابطة عن الجدار بواسطة مثبتات عازلة بحيث تتم المحافظة على مسافة الأمان المطلوبة.

٦- يجب أن تربط موصلات الوقاية من الصواعق مع التركيبات المعدنية الموجودة على السطح، وغير المربوطة مع موصلات نظام الوقاية، والتى تكون المسافة بينها وبين موصلات نظام الوقاية أقل من مسافة الأمان المطلوبة.

٧- يجب أن تقع جميع التركيبات والتجهيزات المعدنية فى المبنى المركب عليها نظام وقاية معزول داخل حيز الوقاية للواقط.

٤/٥-٣ الموصلات الهابطة غير المعزولة

١- توزع الموصلات الهابطة على محيط المبنى المراد وقايته، بحيث لا تزيد القيمة المتوسطة

للمسافة بينها عن القيم المشار إليها في الجدول رقم (٣/٤). وفي كل الحالات، يجب تمديد موصلين هابطين على الأقل، ويجب أن يكون الموصل الهابط، كلما أمكن، قريباً من كل ركن فى المبنى.

٢- يجب تمديد موصل واحد على الأقل، عندما تكون اللواقط الهوائية عبارة عن قضيب معدني (إبرة فرانكلين)، وعند استخدام عدة قضبان إبرية منفصلة عن بعضها البعض كلواقط هوائية، يجب تمديد موصل هابط واحد على الأقل لكل إبرة.

٣- يجب فى المبانى التى تحتوى على فناء داخلى مغلق (Pathio) ويكون طول محيطه يزيد عن

٣٠ مترا، تمديد الموصلات الهابطة فى الفناء الداخلى حسب المسافة بين الموصلات الهابطة الواردة فى الجدول رقم (٣/٤) وبحيث لا يقل عددها عن موصلين هابطين.

٤- يجب تمديد موصل هابط واحد عندما تكون اللواقط الهوائية عبارة عن موصلات أفقية متعامدة أو مفردة، وذلك من كل طرف على الأقل.

٥- يجب في المبانى العالية ربط الموصلات الهابطة مع بعضها البعض بواسطة موصلات حلقية أفقية قرب مستوى الأرض وبحلقات أفقية إضافية بفواصل رأسية، البعد بينها كما هو معطى فى الجدول رقم (٣/٤)، وذلك لتحسين توزيع تيار الصاعقة فى الموصلات الهابطة المختلفة.

٦- تركب الموصلات الهابطة لنظام الوقاية من الصواعق غير المعزول، كما يلى:

- يمكن تمديد الموصلات الهابطة إما على سطح الجدار أو مدفونة بداخله، إذا كان الجدار مصنوعاً من مادة غير قابلة للاشتعال.
- يجب وضع الموصلات الهابطة بحيث تكون المسافة بينها وبين الحيز المراد وقايته أكبر من ٠.١ مترا، إذا كان الجدار مصنوعا من مادة قابلة للاشتعال وكان ارتفاع درجة حرارة الموصلات الهابطة يشكل خطرا، ويمكن للمنشآت المعدنية أن تكون ملامسة لهذا الجدار.

ولا يجوز تركيب الموصلات الهابطة داخل المجارى، أو مزاريب المطر النازلة حتى ولو كانت مغطاة بمادة عازلة، لأن تأثير الرطوبة داخل هذه المجارى سيؤدى إلى تآكل شديد فى الموصلات الهابطة.

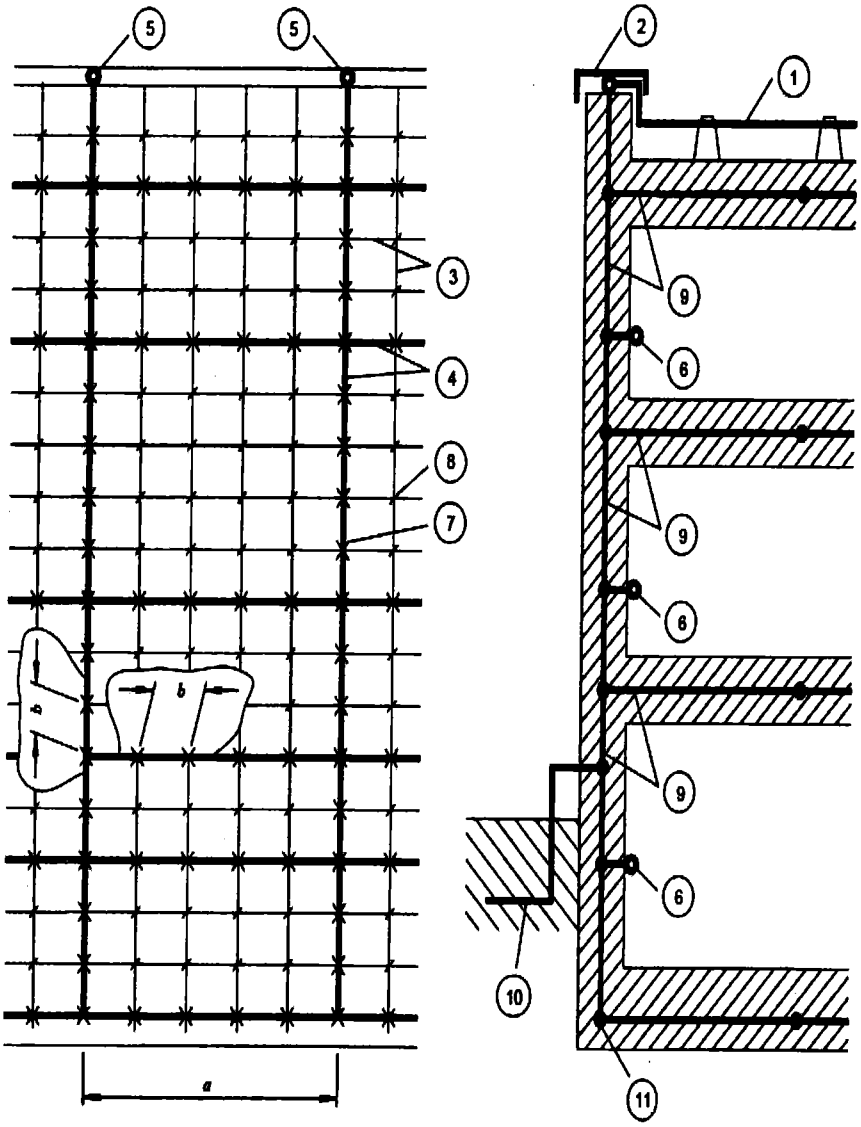
٤/٥-٤ الموصلات الهابطة غير المعزولة فى المبانى الصناعية

يفضل وجود مسافات متساوية بين الموصلات الهابطة حول محيط الحيز المراد وقايته، ويجب أن تكون تلك الموصلات قريبة قدر الإمكان من زوايا المبنى.

يجب ربط اللواقط وموصلات التأريض فى المبانى التى تحتوى جدرانها الخارجية على أجزاء موصلة بارزة، مع هذه الأجزاء الموصلة فى عدة نقاط، ويؤدى هذا إلى أن تقل مسافة الأمان بالإضافة إلى تخفيض شدة المجال الكهرومغناطيسى المرافق لقناة الصاعقة داخل المبنى، وكنتيجة لهذا الربط، فإنه يمكن استخدام الأجزاء الموصلة على الجدران كموصلات هابطة طبيعية، وكذلك كموصلات تساوى جهد، وتصبح فى هذه الحالة شدة المجال الكهرومغناطيسى السائد داخل المبنى وقيمة الجهود الزائدة الناتجة بالحث فى الحلقات التى تشكلها الموصلات المعدنية المختلفة داخل المبنى، صغيرة ويمكن إهمال تأثيرها.

يجب ربط جميع الأجزاء الموصلة فى أعمدة وجدران المبنى المراد وقايته (مثلاً حديد التسليح)، والتى لا تحقق مسافة الأمان المطلوبة مع كل من اللواقط وموصلات التأريض، لأن هذا يسبب خفض قيمة مسافة الأمان المطلوبة وكذلك يؤدى إلى تخفيض شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل المبنى.

يبين الشكل رقم (٢٦/٤) طريقة تنفيذ نظام وقاية من الصواعق لمبنى يحتوى على أعمدة داخلية من الخرسانة المسلحة، حيث تم ربط أسياخ حديد التسليح لهذه الأعمدة مع اللواقط على السطح، ومع موصلات تساوى الجهد على مستوى سطح الأرض، لتجنب تفريغ خطر بين هذه الموصلات. ونتيجة لهذا الربط سوف يسرى جزء من تيار الصاعقة فى حديد تسليح هذه الأعمدة ويكون شكله مشابها لشكل تيار الصاعقة الأساسى. وفى حال عدم ربط هذه الموصلات مع بعضها البعضّ، ومع حدوث انهيار للمادة العازلة بين اللواقط، وحديد تسليح الأعمدة، فإن تيار الصاعقة سوف يسرى في حديد التسليح لعمود واحد أو فى بعض الأعمدة، وبالتالى سوف يزداد معدل تغير للتيار (di/dt) الذى يسرى فى هذه الأعمدة بالمقارنة مع حالة سريان التيار فى باقى الأعمدة الأخرى، مما يسبب زيادة كبيرة فى قيمة الجهود الناتجة بالحث فى الحلقات التى تشكلها الموصلات المعدنية المختلفة داخل المبنى.



1: موصل لاقط هوائى أفقى
2: تغطية طبان السطح بغطاء معدنى
3: أسياخ حديد التسليح
4: شبكة موصلات موضوعة على حديد التسليح
5: وصلة شبكة الموصل
6: وصلة قضيب الربط الداخلى
7: التوصيل بواسطة اللحام أو التثبيت بإحكام
8: توصيل اختيارى فى حديد الخرسانة المسلحة (بواسطة شبكة موصلات موضوعه عليها)
9: موصلات الشبكة
10: قضيب حلقة التأريض (إذا كانت موجودة)
10: قطب تأريض الأساسات
a: المسافة المتعارف عليها لشبكة الموصلات الموضوعه هى ٥ م
b: المسافة المتعارف عليها لوصل الشبكة بالتسليح هى ١ م

شكل (٢٥/٤): ربط اللواقط مع حديد التسليح

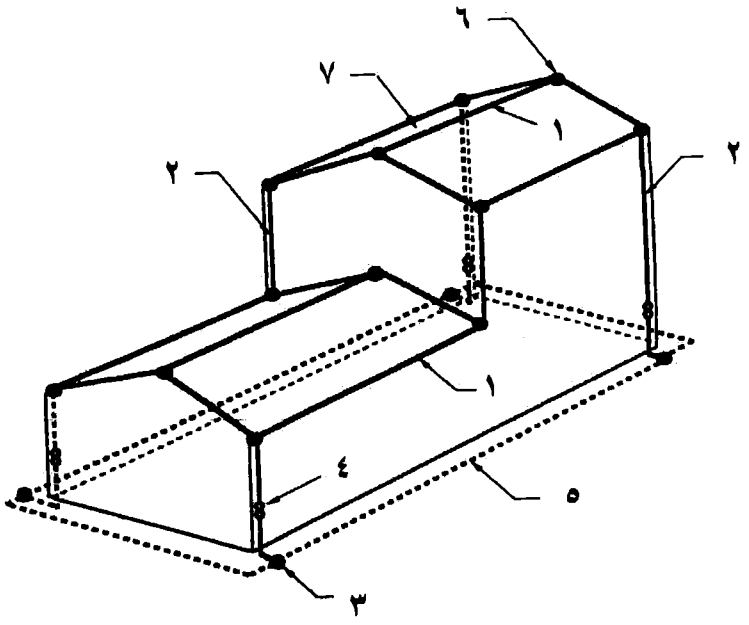
٤/٥-٥ تصميم الموصلات الهابطة

تصمم الموصلات الهابطة عادة، بحيث يتم تفريغ تيار الصاعقة فى الأرض من خلال عدة تفريعات على التوازى فى مسارات للتيار. ويجب أن يسلك الموصل الهابط أقصر طريق ممكن بين اللواقط الهوائية على السطح وموصلات التأريض. وتحدد المسافة البينية للموصلات الهابطة مستوى الوقاية كما هو مبين فى الجدول رقم (٣/٤)، وتتعلق قيمة مسافة الأمان المطلوبة بالمسافة بين الموصلات الهابطة.

ويبين الشكل رقم (٢٦/٤) كيفية تمديد موصلات الوقاية من الصواعق على مبنى ذى ارتفاعات مختلفة يكون سقفه مصنوعا من مواد غير موصلة.

جدول (٣/٤): البعد المتوسط بين الموصلات الهابطة والموصلات الحلقية الأفقية حسب مستوى الوقاية

مستوى الوقاية	البعد المتوسط بين الموصلات الهابطة (م)
I	١٠
II	١٠
III	١٥
IV	٢٠



١ : موصلات وقاية أفقية

٢: موصلات هابطة

٣: وصلة على شكل حرف T محمية من الصدأ

٤: وصلة التفتيش

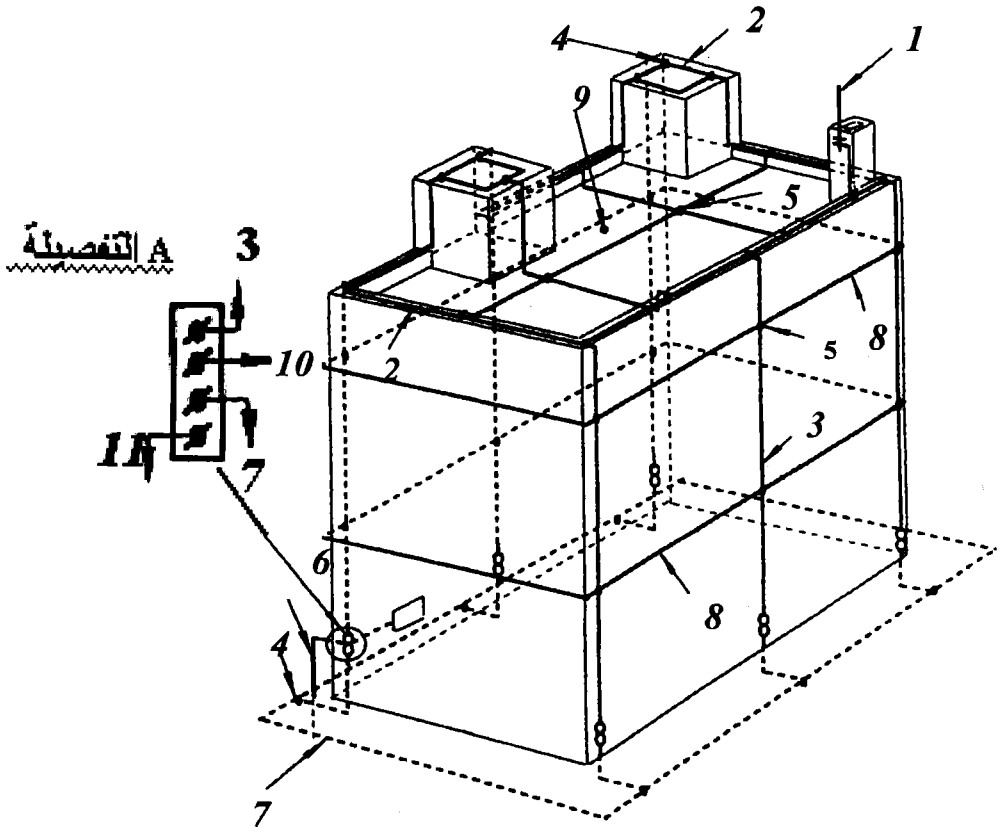
٥: نموذج تأريض B

٦: وصلة T على سطح المبنى

٧: شبكة قفص فراداى

شكل (٢٦/٤): الموصلات الهابطة ضمن نظام الوقاية الخارجى من الصواعق لمبنى سقفه غير مستو مصنوع من مواد عازلة (غير موصلة) وذى ارتفاعات مختلفة

ويبين الشكل رقم (٢٧/٤) كيفية تمديد موصلات الوقاية من الصواعق على سطح مستوٍ لمبنى ارتفاعه حتى ٦٠ مترا.



١: لاقط إبرى
٢: لاقط وقاية أفقى على قمة السطح
٣: موصل هابط
٤: مثبت على شكل حرف T
٥: مثبت صليبى
٦: علبة تفتيش
٧: نظام تأريض حسب النموذج B
٨: موصل حلقى
٩: سطح مستوٍ
١٠: وصلة لربط موصل تساوى الجهد للوقاية الداخلية
١١: نقطة وصل مع التأريض من النموذج A

ملاحظة : تستخدم موصلات حلقية لتوزيع التيار بشكل متساوٍ فى الموصلات الهابطة. توضح التفصيلة A شكل وصلة التفتيش. يحقق البعد بين الموصلات الهابطة المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٣/٤) حسب مستوى الوقاية.

شكل (٤/ ٢٧): تصميم نظام الوقاية الخارجى من الصواعق لمبنى مصنوع من مواد عازلة (مثلاً قرميد أو خشب أو من الخرسانة) والسقف مستو بارتفاعات مختلفة

٤/٥-٦ عدد وأماكن الموصلات الهابطة

فى المبانى التى لا تحتوى على تركيبات معدنية ذات استمرارية كهربائية حتى الأرض، يسرى تيار الصاعقة فى الموصلات الهابطة الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق فقط، وفى هذه الحالة فإن شدة المجال الكهرومغناطيسى السائد داخل المبنى المراد وقايته هى التى تحدد شكل وعدد الموصلات الهابطة.

تتسبب زيادة عدد الموصلات الهابطة فى مبنى ما، فى خفض شدة المجال الكهرومغناطيسى السائد داخل هذا المبنى ويكون ذلك مطلوبا على وجه الخصوص فى المبانى التى تحتوى على الكثير من التجهيزات الإلكترونية الحساسة (مثل البنوك ومراكز القيادة والتحكم فى المنشآت الصناعية). وينصح كذلك باتخاذ إجراءات إضافية لوقاية هذه التجهيزات من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة.

ويقلل استخدام هذه الموصلات كموصلات هابطة طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق وبالأعداد الكبيرة من قيمة هبوط الجهد بين اللواقط ونظام التأريض، بالإضافة إلى ذلك خفض أثر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة داخل المبنى.

أ- **عدد الموصلات الهابطة**

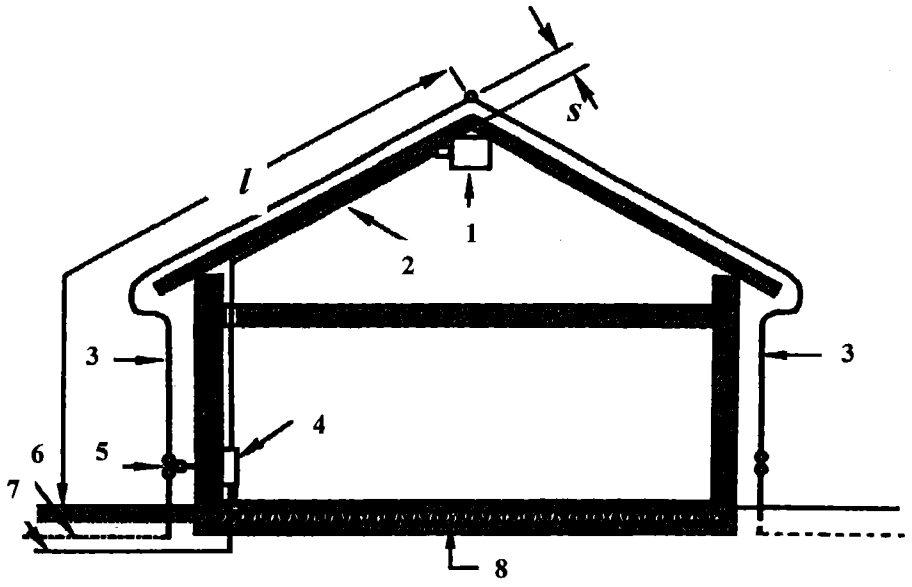
١- يجب تمديد موصلين هابطين على الأقل لكل مبنى (أنظر الشكلين أرقام (٤/٢٨)، (٤/٢٩))، بالاضافة إلى تمديد موصل هابط واحد فقط على الأعمدة غير المعدنية صغيرة الأبعاد.

٢- يجب أن تكون المسافة بين الموصلات الهابطة متساوية قدر الإمكان، وأن تتم المحافظة على المسافة الواردة فى الجدول رقم (٤/٣) حسب مستوى الوقاية المطلوب للمبنى.

٤- إذا كان محيط المبنى لا يقبل القسمة على القيم المبينة فى الجدول رقم (٤/٣)، فيضاف موصل هابط واحد مهما كان حاصل القسمة، وتوزع المسافة بين الموصلات الهابطة بالتساوى، (مثال:لمبنى محيطه ١٨٥ مترا ومستوى وقايته IV، فيجب تمديد عشرة موصلات هابطة إلى الأرض، ويكون البعد بين الموصل الهابط والذى يليه ١٨.٥ مترا).

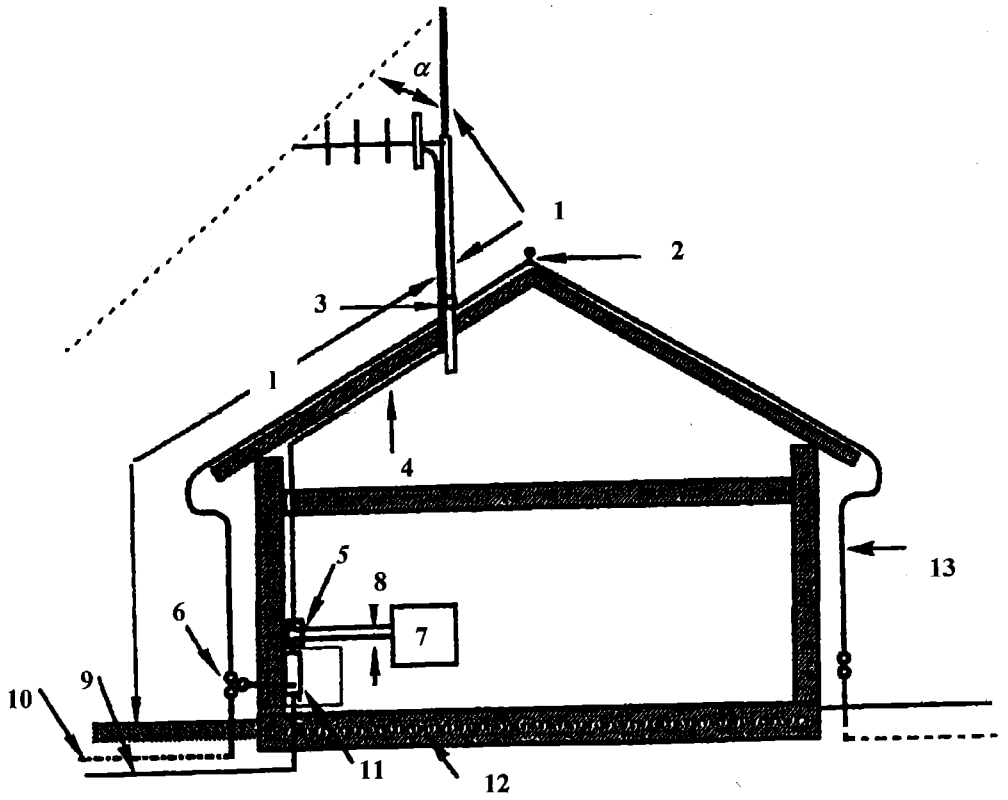
٥- عند تعذر المحافظة على المسافة المحددة بين موصل هابط وآخر لأى سبب من الأسباب، فيجب المحافظة على عدد ثابت من الموصلات الهابطة، وزيادة هذا العدد فى أحد الجوانب بحيث لا تقل المسافة بين موصل هابط وآخر يليه عن ٥ أمتار.

٦- يجب ألا يقل البعد بين الموصل الهابط وأطر الأبواب والنوافذ عن مسافة الأمان المطلوبة.



1: جهاز كهربائى داخل المبنى
2: موصلات كهربائية
3: موصل هابط
4: لوحة التوزيع الكهربائية الأساسية مع مفرغ الجهد
5: علبة تفتيش
6: تأريض
7: كابل قوى كهربائية داخل إلى المبنى
8: تأريض بواسطة الأساسات
s: مسافة التقارب
l: الطول اللازم لحساب مسافة الأمان

شكل (٤/ ٢٨): نظام وقاية خارجى من الصواعق بموصلين هابطين مع تأريض بواسطة الأساسات



1: موصل معدنى (لاقط)
2: لواقط أفقية على قمة السطح
3: ربط الهوائى المعدنى مع لواقط نظام الوقاية
4: كابل الهوائى
5: وصلة تساوى جهد يربط معها غلاف الكابل الهوائى
6: علبة تفتيش
7: جهاز تلفزيون
8: مسافة التجاور بين كابل الهوائى وكابل القوى
9: كابل قوى
10: تأريض
11: شبكة توزيع مع مفرغ جهد
12: تأريض بواسطة الأساسات
13: موصل هابط
l : الطول اللازم لحساب مسافة الأمان
α: زاوية الوقاية

ملاحظة : يمكن استخدام موصلين هابطين فقط فى حالة المبانى الصغيرة.

شكل (٢٩/٤): نظام الوقاية من الصواعق لمبنى مركب على سطحه هوائى تلفزيون حيث يتم استخدام صارى الهوائى كموصل وقاية (يربط الصارى مع موصلات نظام الوقاية)

٦ - عندما تكون اللواقط الهوائية على شكل إبر مثبتة على صوارى منفصلة، يجب استخدام موصل هابط واحد على الأقل لكل صارى، وعندما تكون هذه الصوارى مصنوعة من مادة معدنية، فلا يوجد حاجة لاستخدام موصلات هابطة معها، وإنما يكتفى بتأريض هذه الصوارى عند قاعدتها.

٧- إذا كانت اللواقط الهوائية عبارة عن موصلات أفقية منفصلة، أو موصل واحد، يجب تمديد موصل هابط من كل طرف من أطراف الموصلات الأفقية إذا كانت هذه الموصلات مثبتة على أعمدة غير معدنية.

٨- إذا كانت اللواقط الهوائية مؤلفة من موصلات متصلة ومثبتة على أعمدة غير معدنية، فيجب تمديد موصل هابط واحد عند كل عمود (من نهاية الموصل). ويكتفى بتأريض هذه الأعمدة عند قاعدتها، إذا كانت الأعمدة معدنية وتحقق متطلبات نظام الوقاية من الصواعق.

ب-موقع الموصلات الهابطة

١- لا يتحسن توزيع تيار الصاعقة بين الموصلات الهابطة بزيادة عددها فقط، وإنما بتمديد موصل حلقى على محيط المبنى يربط بينها أيضا.

٢- من المفيد جدا أن تكون الموصلات الهابطة بعيدة قدر الإمكان عن الموصلات، والأجسام المعدنية الداخلية فى المبنى لتجنب استخدام موصلات تساوى الجهد بين هذه الأجسام المعدنية، وبين النظام الداخلى للوقاية من الصواعق.

٣- يجب أن تسلك الموصلات الهابطة أقصر طريق ممكن بين الشبكة الهوائية والأرض (للوصول إلى أقل حث بين الموصلات)، كما يجب تفادى تشكيل زوايا حادة فى الموصل الهابط إلى الأرض.

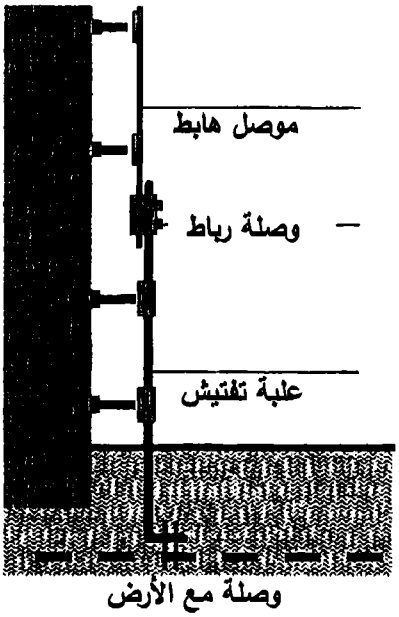
٤- تستخدم وصلة قابلة للفك على كل موصل هابط، تركب على ارتفاع من (١-٢) مترا عن سطح الأرض وذلك لقياس مقاومات الأرضى، وفى حال العمل الطبيعى تكون الوصلة مغلقة، ويجب أن يكون عدد الوصلات مساويا لعدد المآخذ الأرضية كى يتم التمكن من قياس مقاومة الأرضى لكل مكان على حدة.

٥- في حال عدم إمكانية تثبيت موصلات هابطة لنظام الوقاية من الصواعق على جدران المبنى بواسطة مثبتات عازلة لأسباب معمارية، يمكن تنفيذ هذه الموصلات بتمديدها داخل ماسورة تركب داخل الجدار، ويجب فى هذه الحالة المحافظة على مسافة الأمان المطلوبة بين موصلات نظام الوقاية من الصواعق والتجهيزات المعدنية الموجودة داخل المبنى بشكل خاص.

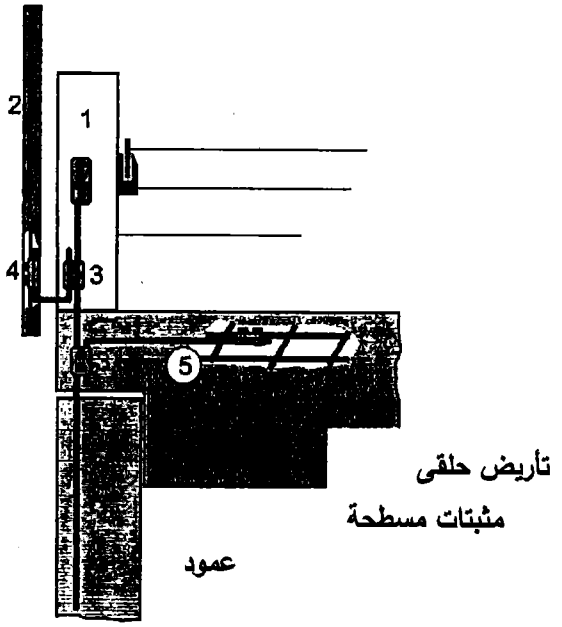
٦- لا ينصح بتنفيذ الموصلات الهابطة ضمن طبقة المحارة الخارجية للجدران، لأن هذه الطبقة يمكن أن تتأثر نتيجة تمدد الموصلات بسبب ارتفاع درجة حرارتها عند سريان تيار الصاعقة فيها، كذلك يمكن أن تتأثر طبقة المحارة بالإجهادات الميكانيكية المصاحبة لتيار الصاعقة.

٧- لا يسمح أيضا بتمديد الموصلات الهابطة تحت أحجار الزينة المستخدمة فى المبانى الحديثة،

تجنبا لسقوط هذه الأحجار نتيجة للإجهادات الميكانيكية المصاحبة لسريان تيار الصاعقة فى هذه الموصلات، ويمكن أن يحد من هذه الآثار تمديد الموصلات الهابطة داخل مواسير بلاستيك PVC. ويبين الشكلان رقمى (٣٠/٤)، (٣١/٤) بعض الأمثلة على تنفيذ الموصلات الهابطة.



شكل (٣٠/٤): كيفية تثبيت الموصلات الهابطة على الجدار الخارجى



1: عمود معدنى
2: صفائح معدنية
3: نقطة ربط
4: نقطة وصل الصفائح مع الموصلات الهابطة
5: شبكة تساوى الجهد

شكل (٤/٣١): تنفيذ الموصلات الهابطة فى مبانى تحتوى على أعمدة معدنية مثبتة على قواعد من الخرسانة وربطها مع الأغلفة المعدنية للمبنى (مستودعات معدنية مثلاً)

٤/٥-٧ وصلة الاختبار

يجب تزويد كل موصل هابط بوصلة اختبار تركب غالباً على ارتفاع يتراوح بين (١-٢) م عند وصله بشبكة التأريض باستثناء حالة الموصلات الهابطة الطبيعية. ويجب أن تكون الوصلة قابلة للفتح بأدوات طبيعية لأغراض القياس، وتكون فى حالة العمل الطبيعى مغلقة، وتسهل وصلة الاختبار عملية قياس قيمة مقاومة الأرضى.

ويمكن ربط عدة موصلات إلى هذه الوصلة، مثل موصلات تساوى الجهد المستخدمة فى النظام الداخلى للوقاية من الصواعق، ففى المبانى العالية قد تكون أحياناً الموصلات الهابطة غير ظاهرة بالعين المجردة أو تكون مخفية داخل الجدار، ولذلك فلا بد للتأكد من عدم حدوث قطع فى هذه الموصلات بإجراء القياسات الكهربائية عليها.

٤/٥-٨ التثبيت والوصلات

أ- التثبيت

يجب تثبيت الشبكة الهوائية والموصلات الهابطة بإحكام وبحيث لا تتسبب القوى الكهروديناميكية أو القوى الميكانيكية المفاجئة (كالاهتزازات اللحظية مثلاً) فى كسر الموصلات أو ارتخائها.

ب- الوصلات

يجب استخدام أقل عدد من الوصلات على طول الموصل، وأن تكون مربوطة بواسطة اللحام أو بواسطة مسمار وصامولة.

٤/٦ شبكة التأريض الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق

٤/٦-١ عام

١- الوظيفة الأساسية لموصلات التأريض هى:

- تفريغ تيار شحنة الصاعقة فى الأرض
- تساوى الجهد بين الموصلات الهابطة
- تحسين توزيع الجهد بالقرب من جدران المبنى المراد وقايته
- التقاط تيار الصاعقة عند انتشاره فى الأرض

٢- يحقق نظام التأريض بواسطة الأساسات، والتأريض حسب النموذج *B* الوظيفة الأساسية للتأريض المذكورة أعلاه، أما التأريض الصليبى أو التأريض بواسطة الأوتاد حسب النموذج *A* فلا يحققان وظيفة تساوى الجهد بين الموصلات الهابطة، ولا يحسنان توزيع الجهد بالقرب من جدران المبنى.

٣- يمكن استخدام حديد التسليح لأساسات البناء كتأريض بواسطة الأساسات، وفى هذه الحالة يتم الحصول على قيمة صغيرة لمقاومة التأريض، بالإضافة إلى ذلك فإن هذا التأريض يحقق خطوة جيدة فى تساوى الجهد، وفى حال عدم إمكانية استخدام الأساسات فى التأريض يستخدم تأريض حلقى حسب النموذج *B* حول المبنى.

٤- يجب أن تحقق الموصلات المستخدمة في تأريض نظام الوقاية من الصواعق، المتطلبات الواردة فى الباب السابع (الجداول أرقام (١/٧)، (٢/٧)) مع الأخذ بالحسبان الصدأ الذى يحدث على الموصلات.

٥- لضمان تشتيت تيار الصاعقة (ذى التردد العالى) فى الأرض دون حدوث أى جهد زائد خطر، فإن شكل وأبعاد شبكة التأريض الخاصة بالنظام يعتبران ذوات أهمية أكبر من أهمية القيمة المحددة لمقاومة القطب الأرضى، وبشكل عام يوصى باستخدام شبكة تأريض بحيث تكون المعاوقة الأرضية محققة للقيم الواردة فى الجدول رقم (٤/٤) تبعا للمقاومة النوعية للتربة.

جدول (٤/ ٤): قيم المعاوقة الأرضية تبعا للمقاومة النوعية للتربة

المقاومة النوعية للتربة (أوم. متر)	قيم المعاوقة الأرضية تبعا لمستوى الوقاية المطلوب(*) (أوم)		
	I	II	III - IV
≤ ١٠٠	٤	٤	٤
٢٠٠	٦	٦	٦
٥٠٠	١٠	١٠	١٠
١٠٠٠	١٠	١٥	٢٠
٢٠٠٠	١٠	١٥	٤٠
٣٠٠٠	١٠	١٥	٦٠

ملحوظات:

١- القيم الموضحة فى هذا الجدول تخص قيم المعاوقة الأرضية لموصل مدفون

٢- فى حالة أن تكون المقاومة النوعية للتربة بينية للقيم المعطاة فى الجدول، تؤخذ القيمة الأقل

(*) القيم الموضحة يجب تحقيقها فى أشد أوقات العام جفافا

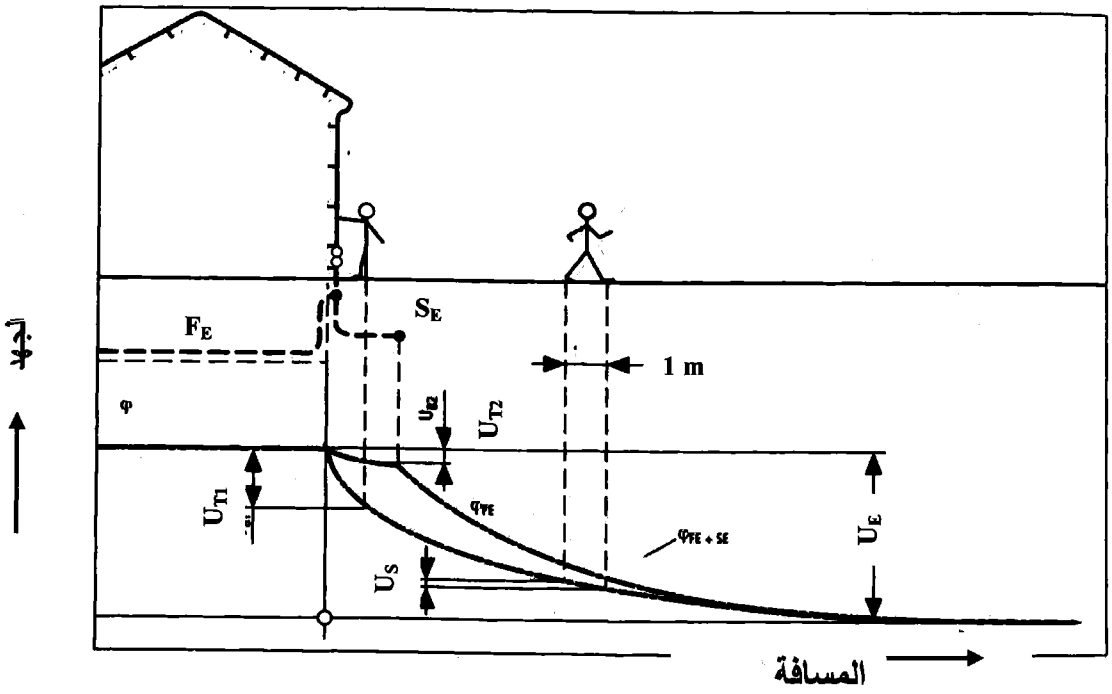
٦- يجب أن تصمم شبكة التأريض بشكل مناسب وطبقا لما هو وارد بالمجلد الرابع للأنظمة الخاصة: التاريض، بحيث يتم تجنب حدوث قيم مرتفعة لكل من جهدى الخطوة والتلامس اللذين يشكلان خطراً على حياة الإنسان، كما هو موضح فى الشكل رقم (٤/ ٣٢).

٧- يمكن حدوث مشاكل تآكل خطيرة عندما تكون شبكات التأريض مصنعة من معادن مختلفة وموصولة مع بعضها البعض.

٨- عند تمديد شبكة التأريض فى تربة ذات مقاومة عالية، يمكن أن تساهم شبكة التأريض بالتقاط تيارات الصاعقة المارة من خلال التربة، والناتجة عن شرارات صواعق أصابت الأرض فى مناطق مجاورة.

٩- لا تلعب قيمة مقاومة التأريض دورا فى تحديد أى أثر على حجم الأضرار التى يمكن أن تحدث فى المبنى الذى يتعرض للإصابة بصاعقة، وعلى الرغم من ذلك يفضل أن تكون قيمة المقاومة النوعية للتربة ρ() التى تمدد فيها أقطاب التأريض أقل من ٥٠٠ أوم. متر حتى

يتم تفريغ الجزء الأكبر من تيار الصاعقة الذى يسرى فى موصلات التأريض فى الأرض، وبالتالى فإن جزء تيار الصاعقة الذى يسرى فى الموصلات المعدنية الأخرى المتواجدة بالقرب من موصلات التأريض يكون صغيرا، ويمكن لهذا الجزء الصغير من تيار الصاعقة الذى يسرى فى الموصلات الداخلة إلى المبنى (كموصلات القوى مثلا)، أن يسبب أضرارا فى المبنى.



U_E: جهد الأرض U_B: جهد التلامس

U_{T1}: جهد التلامس بدون وجود حلقات تساوى الجهد

U_{T2}: جهد التلامس مع وجود حلقات تساوى الجهد

U_S: جهد الخطوة

F_E: التأريض بواسطة الأساسات

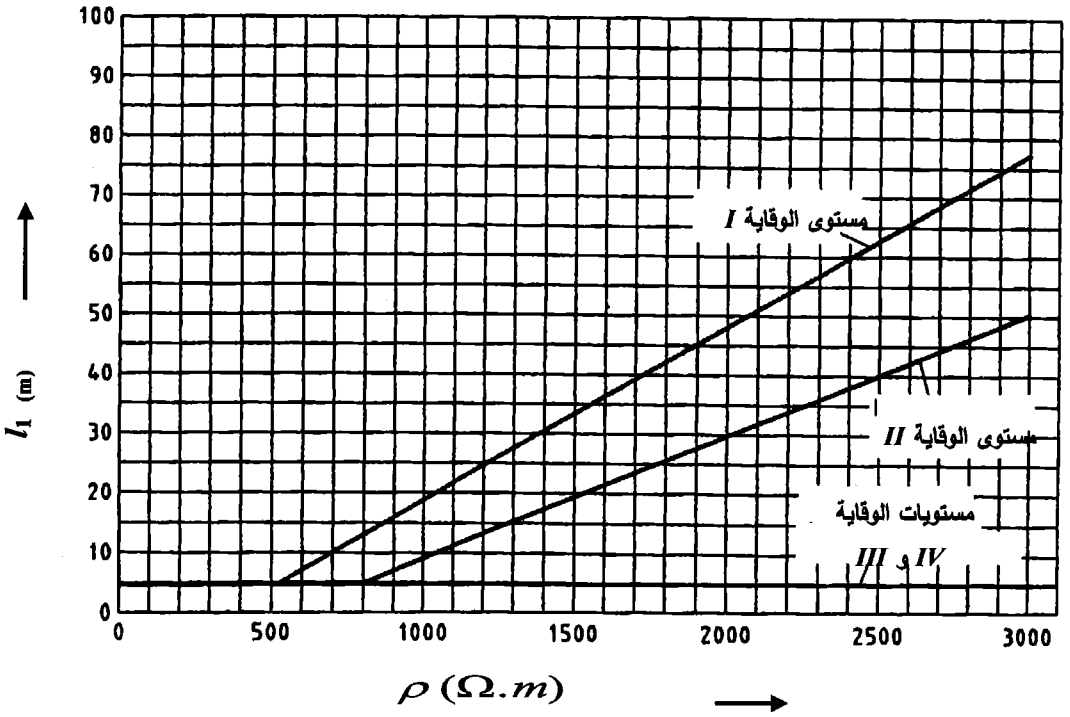
S_E: التأريض الحلقى

شكل (٣٢/٤): توزيع جهدى الخطوة والتلامس على سطح الأرض نتيجة تفريغ تيار الصاعقة

٤/٦-٢ الأقطاب الأرضية

يستخدم واحد أو أكثر من الأقطاب الحلقية، الأقطاب الرأسية أو المائلة، الأقطاب الشعاعية أو قطب الأساسات الأرضى فى شبكة التأريض الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق. ويمكن اختيار قطب التأريض على هيئة صفيحة أو شبكة تأريض صغيرة (معشقة) ويفضل تجنب استخدامها عند وجود إمكانية حدوث تآكل، وخاصة عند وصلات الربط. ويفضل استخدام عدد من موصلات التأريض عن استخدام موصل أرضى طويل منفرد.

يبين الشكل رقم (٣٣/٤) الحد الأدنى لأطوال الأقطاب الأرضية المتوافقة مع مستويات الوقاية عند مقاومات نوعية مختلفة للتربة.



ملاحظة:

طول موصل التأريض عند مستويات الوقاية III , IV لا تتعلق بالمقاومة النوعية للتربة.

شكل (٣٣/٤): طول موصل التأريض l_1 وعلاقته بمستوى الوقاية والمقاومة النوعية للتربة

يستخدم نموذجين أساسيين من الأقطاب الأرضية فى الظروف العامة: أقطاب تأريض نموذج A، أقطاب تأريض نموذج B. وبصفة عامة يجب الأخذ فى الاعتبار ما يلى:

١- يجب اختيار نوع قطب التأريض وعمق دفنه بحيث يكون أثر التآكل وجفاف التربة

وانكماشها نتيجة الصقيع، أقل ما يمكن، وبالتالى تبقى مقاومة التأريض ثابتة تقريبا على مدار العام

٢- فى حالة التربة القابلة للانكماش، ينصح بعدم اعتبار المتر الأول العلوى، من القضبان المدقوقة فى التربة رأسيا، كطول فعال عند حساب قيمة مقاومة التأريض

٣- ينصح فى التربة الصخرية استخدام التأريض طبقا للأقطاب من النموذج B

٤- يكون التأريض بواسطة القضبان الإبرية المدقوقة فعالا، عندما تتناقص المقاومة النوعية للتربة كلما زاد العمق، وفى الأماكن التى تكون فيها المقاومة النوعية لطبقات التربة صغيرة على عمق كبير

٥- عند استخدام حديد الأساسات فى التأريض، يجب ربط الحديد مع بعضه البعض بشكل جيد لتجنب الإجهادات الميكانيكية على الخرسانة المسلحة، أما فى حالة الخرسانة سابقة الإجهاد، فيجب منع حدوث إجهادات ميكانيكية نتيجة سريان تيار الصاعقة

٦- يجب أن يتم الاتفاق بين مصمم نظام الوقاية من الصواعق، والجهة المنفذة لهذه النظام على نموذج التأريض، كذلك يجب عليهما الاتفاق على المسافات بين موصلات التأريض، ومداخل ومخارج المبنى، وبين موصلات التأريض والموصلات الخارجية الأخرى، وبشكل خاص يجب الاتفاق على كيفية التخلص من أثر جهد الخطوة بالقرب من موصلات التأريض

٧- يجب فى شبكات التأريض ذات المساحات الشاسعة (كما فى المصانع الكبيرة)، مراعاة إمكانية اختلاف الخواص الكيميائية والكهربائية للتربة التى تدفن فيها موصلات التأريض بين مكان وآخر، حيث يساعد هذا فى إمكانية زيادة الصدأ

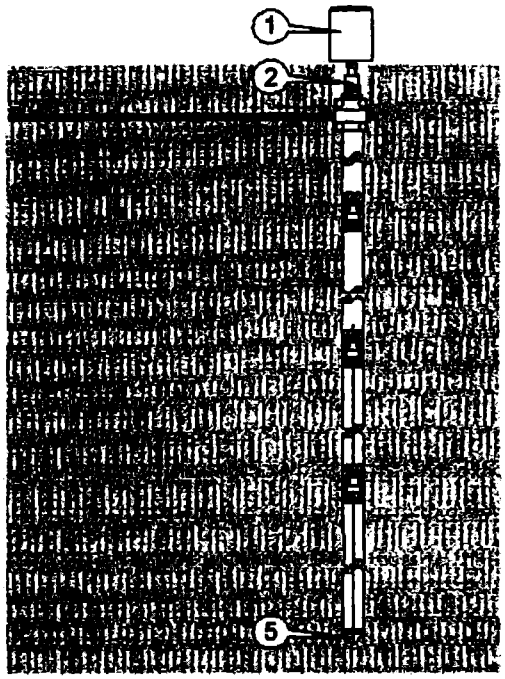
٨- لا يفضل استخدام موصلات من الألومنيوم أو سبائك الألومنيوم فى التأريض

٤/٦-٢-١ أقطاب تأريض نموذج A (تأريض أفقى + أوتاد)

يتكون هذا النموذج من أقطاب أرضية رأسية أو شعاعيه وفيها يوصل كل موصل هابط إلى قطب أرضى منفصل واحد على الأقل مؤلف من قطب أفقى أو قطب رأسى أو مائل.

يبين الشكل رقم (٤/٣٤) تأريض من النموذج *A* حيث يتم استخدام قطب يحقق المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٤/٥).

ويمكن استخدام أقطاب مساعدة لدق القضيب الأساسى على أعماق كبيرة، ودق القضبان بهذه الطريقة له فائدة كبيرة حيث نتجنب وصل الأقطاب مع بعضها البعض فى الأرض، كما هو مبين فى الشكل رقم (٤/٣٤).



1: رأس طرق *2*: الجزء العلوى من قطب التأريض يمكن أن يكون معزولاً
3: تربه *4*: موصلات تأريض
5: قطب التأريض الذى يبقى في الأرض

ملاحظة:

يتم دق القضبان بدون وصلات لعمق كبير بواسطة قضبان الطرق، ويمكن أن تكون قضبان الطرق ضمن بعضها البعض، وتلعب استمرارية التوصيل للقضبان الأرضية دوراً فى قيمة المقاومة.

شكل (٣٤/٤): مثال على التأريض من النموذج *A*، التأريض بواسطة قطب عمودى

جدول (٤/ ٥): قطر قضبان التأريض تبعا لنوع المادة

نوع المادة	الشكل	قطر قضبان التأريض (مم)
نحاس	- مصمت - ماسورة	٢٠ ٢٠
حديد	- مجلفن مصمت [a, b] - مجلفن عبارة عن ماسورة [a, b] - مطلى بالنحاس مصمت	٢٠ ٢٥ ١٤
حديد غير قابل للصدأ	مصمت [c]	٢٠

a: يجب أن تكون طبقة الجلفنة مستمرة وخالية من المواد القابلة للصدأ وسماكتها لا تقل عن ٥٠ ميكرومتر للموصل

b: يجب أن يأخذ المعدن شكله النهائى قبل الجلفنة

c: يمكن استخدامه للربط بين أقطاب التأريض والموصلات الهابطة

يجب عند استخدام أقطاب التأريض من النموذج A اتباع ما يلى:

١- التأكد من استمرار التوصيلية الكهربائية لقضبان التأريض، وأن تحقق هذه القضبان تلامس جيد مع الأرض طالما بقى نظام الوقاية من الصواعق قائما. وعند دق قضبان التأريض فى الأرض بواسطة قضبان مساعدة يمكن قياس مقاومة التأريض أثناء الدق، وفى حال عدم حدوث تخفيض ملموس لقيمة مقاومة الأرضى نكتفى بذلك، وتدق قضبان أخرى فى مكان مناسب.

٢- أن يحافظ موصل التأريض على مسافة محدودة عن الكابلات الأرضية، والموصلات المعدنية الأخرى المدفونة بالأرض، وهذه المسافة تتعلق بالمتانة الكهربائية للتربة، وبمقاومتها النوعية، وقيمة التيار الذى يسرى فى هذه الموصلات. وتعطى هذه المسافة بين موصلات التأريض والموصلات المعدنية الموجودة فى الأرض وغير المربوطة مع نظام الوقاية من الصواعق بالعلاقة التالية:

$$D = b \cdot \rho^{0.4} \cdot K_C^{0.5} \quad (m) \qquad (4-2)$$

حيث:

b: ثابت يتعلق بمستوى الوقاية المطلوب حسب الجدول رقم (٦/٤)

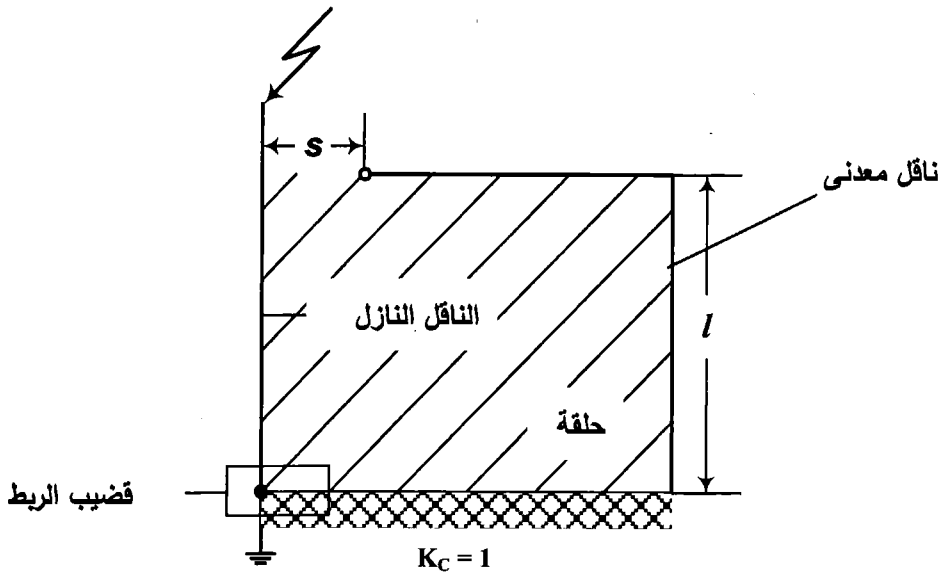
K_C: ثابت يعطى فى الأشكال أرقام (٣٥/٤)، (٣٦/٤)، (٣٧/٤)، المعادلة (٤-٣)

ρ : المقاومة النوعية للتربة، (Ω. m)

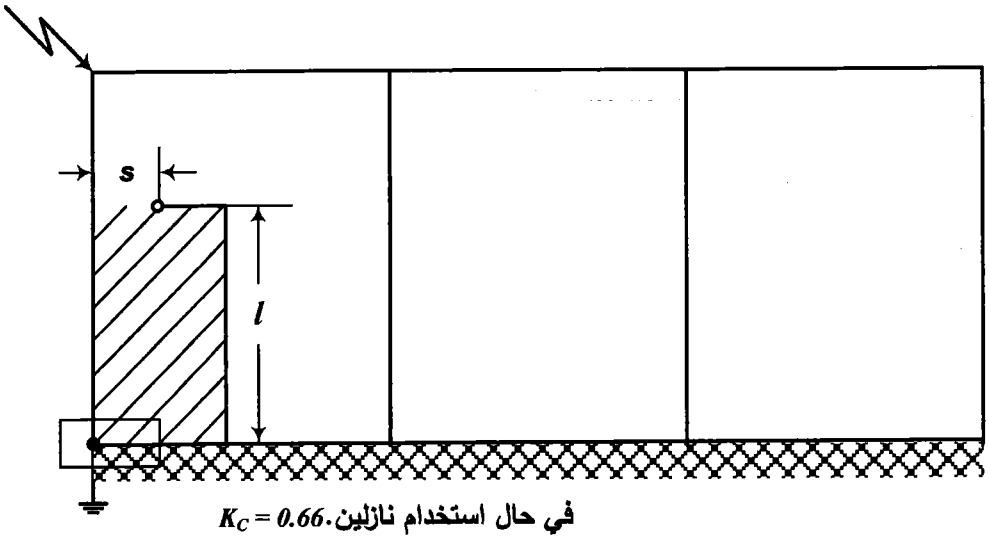
تتراوح هذه المسافة عمليا فى حالة أن تكون المقاومة النوعية للتربة ١٠٠٠ أوم. متر بين (١-٤) م.

جدول (٦/٤): قيمة الثابت b لمستويات وقاية مختلفة

مستوى الوقاية	قيمة الثابت b
I	0.4
II	0.3
III and IV	0.25



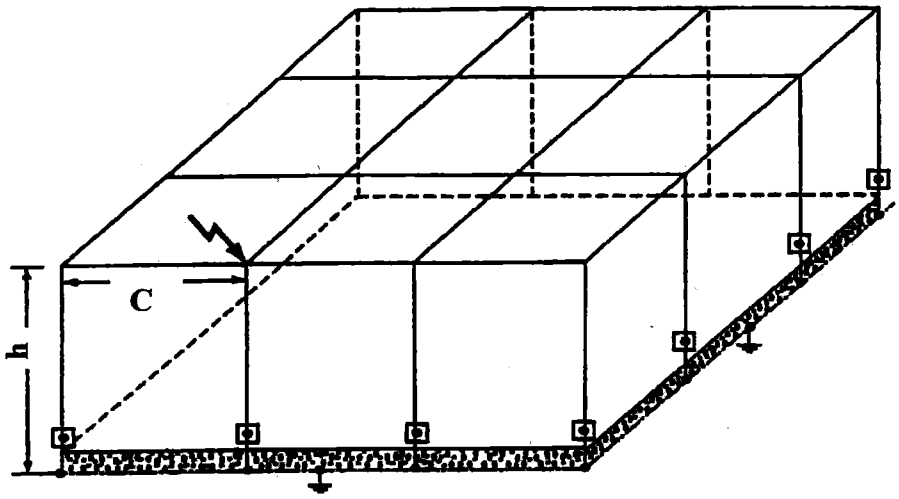
شكل (٤/ ٣٥): قيم المعامل K_C فى حال استخدام نازل واحد تأريض من النموذج A



في حال استخدام نازلين. $K_C = 0.66$

في حال استخدام أربع نوازل وأكثر. $K_C = 0.44$

شكل (٤/ ٣٦): قيم المعامل K_C فى حال استخدام أكثر من نازل، وتأريض من النموذج A



شكل (٤/ ٣٧): قيم المعامل K_C فى حال نواقط ممددة بشكل أفقى وتأريض من النموذج B

$$K_C = \frac{1}{2n} + 0.1 + 0.2\sqrt[3]{\frac{C}{h}} \qquad (4\text{-}3)$$

حيث :

C: المسافة بين النوازل

h: الارتفاع أو المسافة بين النوازل الحلقية

n: عدد *النوازل*

٣- عند الاعتقاد أن المقاومة النوعية للطبقة السطحية من التربة سوف تزداد (نتيجة الجفاف مثلاً) نستخدم قضباناً ذات أطوال أكبر.

٤- يجب أن يدفن الموصل الأفقى فى الأرض على عمق ٠.٥ م أو أكثر، ويكون دفن هذا الموصل على عمق أكبر ذا فائدة كبيرة فى الأماكن التى تنخفض فيها درجات الحرارة بشكل كبير خلال فصل الشتاء حيث تتكمش حبيبات التربة فى درجات الحرارة المنخفضة، وتصبح توصيليتها صغيرة جدا، والفائدة الأخرى لدفن موصلات التأريض على عمق كبير هى التخفيف من فرق الجهد على سطح الأرض وبالتالى تخفيض جهد الخطوة على سطح الأرض.

٥- للمحافظة على قيمة ثابتة لمقاومة التأريض خلال فصول العام، ينصح بدفن موصلات التأريض على أعماق كبيرة (أكبر من ١.٥ م).

٦- عند اختيار النموذج *A* للتأريض، فإن تساوى الجهد بين الموصلات الهابطة لنظام الوقاية يتم بواسطة موصلات تساوى الجهد المستخدمة داخل المبنى.

٧- يكون فى الغالب التأريض طبقا للنموذج *A* أرخص من التأريض طبقا للنموذج B ويعطى قيمة ثابتة لمقاومة الأرضى أكثر من الموصلات السطحية.

وفيما يلى بعض الملاحظات على التأريض بالنموذج A:

- يجب أن يكون عدد الأقطاب الأرضية فى هذا النموذج اثنين على الأقل وأن يكون الحد الأدنى لطول القطب هو:

  l_1 للأقطاب الأفقية الشعاعية

  $0.5\,l_1$ للأقطاب الرأسية المائلة

حيث:

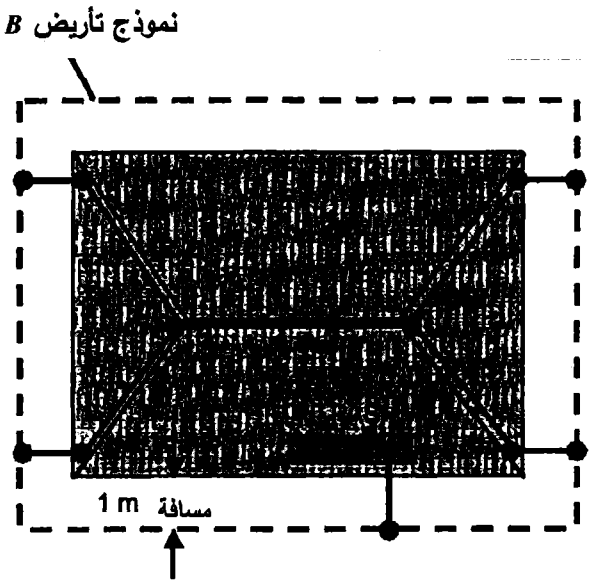
l_1: الحد الأدنى لطول الأقطاب الشعاعية

- يجب فى حالة الأقطاب المختلطة مراعاة الطول الإجمالى.
- يعد نموذج قطب التأريض A مناسبا للتربة ذات المقاومة النوعية المنخفضة والمبانى الصغيرة، ويفضل استخدام قطب التأريض من النموذج A من أجل لواقط هوائية على شكل إبر مدببة (قضبان فرانكلين) أو موصلات ممددة بشكل أفقى أو فى نظام الوقاية المعزول.
- عندما يكون الموصل الحلقى، الذى يوصل بين الموصلات الهابطة على تلامس مع التربة فى بعض النقاط، فإن التأريض يصنف ضمن أقطاب التأريض من النموذج A عندما تقل مسافة تلامس الموصل الحلقى مع الأرض عن ٨٠ % من طوله.

٤/٦-٢-٢ أقطاب تأريض نموذج B (التأريض الحلقى)

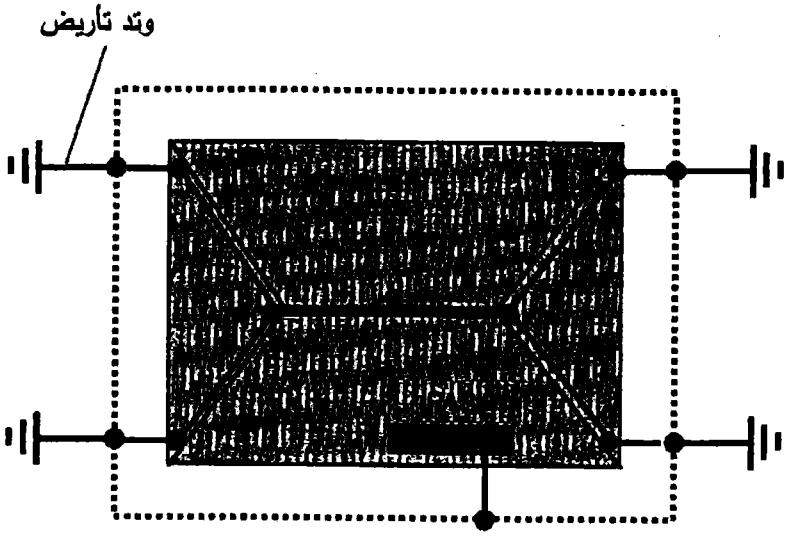
١- يتكون هذا النموذج من التأريض من موصل تأريض حلقى يدفن فى الأرض على عمق لا يقل عن ٠.٥ م ويبعد عن الجدار الخارجى للبناء بمقدار ١ م، ويجب أن يكون طوله ٨٠ % من طول الموصل الحلقى وعلى تلامس مع التربة أو يتم استخدام التأريض بواسطة الأساسات.

٢- فى المبانى المشيدة من مواد عازلة (الجدران من القرميد أو الخشب) وبدون أساسات من الحديد المسلح، ينصح باستخدام وصلة ربط تساوى الجهد من النموذج *B*، (الشكل رقم (٣٨/٤)). ولخفض قيمة مقاومة التأريض عند استخدام هذا النموذج للتأريض، يمكن إضافة أقطاب أو تمديد موصلات أفقية (الشكل رقم (٣٩/٤)).



PAS: وصلة تساوى الجهد

شكل (٣٨/٤): وصلة تساوى جهد على شكل حلقة نموذج *B*



PAS: وصلة تساوى الجهد

شكل (٣٩/٤): تأريض نموذج *B* مع أقطاب تأريض

٣- تمدد موصلات التأريض من النموذج B بحيث تبعد عن الجدار بمقدار ١ م وتدفن على عمق لا يقل عن ٠.٥ م من سطح الأرض، ويجب أن تغلق الحلقة حول المبنى المراد وقايته بشكل تام، ويكفى البعد عن الجدار وكذلك عمق الدفن للتخلص من ارتفاع الجهد الذى يسبب تفريغ تيار الصاعقة فى التربة بالقرب من الجدار. وفى المناطق التى تنخفض فيها درجات الحرارة بشكل كبير فى فصل الشتاء، يجب زيادة عمق دفن الموصلات للتخلص من ظاهرة انكماش التربة.

٤- يقوم التأريض من النموذج *B* أيضا بدور موصلات تساوى الجهد بين الموصلات الهابطة على مستوى سطح الأرض حيث يختلف الجهد من موصل هابط إلى آخر نتيجة اختلاف توزيع تيار الصاعقة فى هذه الموصلات الهابطة، أو نتيجة اختلاف قيمة مقاومة التأريض بالقرب من هذه الموصلات الهابطة. ويسبب اختلاف الجهد بين الموصلات الهابطة سريان تيار موازنة فى الموصلات الحلقية للتأريض، وبالتالى خفض ارتفاع الجهد فى بعض المناطق بحيث تبقى موصلات تساوى الجهد الداخلية المربوطة مع نظام التأريض على جهد ثابت تقريباً.

٥- فى حال وجود عدة مبانى متلاصقة تعود ملكيتها لعدة أشخاص، يكون من الصعب إغلاق حلقة التأريض حول كامل الأبنية، وفى هذه الحالة فإن فعالية نظام التأريض تقل قليلا لأن التأريض الحلقى يساعد على تحسين توزيع الجهد كما ورد سابقا.

٦- فى حال تواجد أشخاص كثيرين بالقرب من المبنى المراد وقايته، يجب استخدام موصلات إضافية لتحسين توزيع الجهد على الأرض فى هذه المنطقة لحماية هؤلاء الأشخاص من خطر جهد الخطوة، وذلك باستخدام موصل تأريض حلقى ثانى بحيث يبعد عن موصل التأريض الحلقى الأول بمسافة لا تقل عن ٣ م، وموصلات التأريض التى تبعد عن الجدار بمسافة أكبر يجب أن تدفن على عمق أكبر أيضا. مثلا عندما يبعد الموصل الحلقى عن البناء ٤م ، يجب أن يدفن هذا الموصل على عمق ١ م، وعندما يبعد عن الجدار بمقدار ٧ م يجب أن يدفن على عمق ١.٥ م، ويجب أن يربط الموصل الحلقى الثانى مع الموصل الحلقى الأول بموصل أفقى، وتغطية محيط المبنى بطبقة من الإسفلت تتراوح سماكتها بين (١٥٠ – ٢٠٠) مم توصيليتها صغيرة جدا فهذا يكفى لوقاية الأشخاص الذين يقفون عليها.

وفيما يلى بعض الملاحظات على التأريض بالنموذج B:

- يجب فى حالة القطب الأرضى الحلقى (أو قطب الأساسات الأرضى)، ألا تقل أنصاف الأقطار المتوسطة (r) للمساحة المحاطة بالقطب الأرضى الحلقى عن القيمة l_1. وعندما تكون $r \geq l_1$ ، تؤخذ قيمة l_1 من الشكل رقم (٣٣/٤) وفقاً لمستويات الوقاية (I) , (II)

حتى (IV) على التوالى، وعندما تكون القيمة المطلوبة l_1 أكبر من القيمة المناسبة للقيمة (r)، يجب إضافة أقطاب شعاعية إضافية أو أقطاب رأسية إضافية أو مائلة بالأطوال l_r للأفقي، l_V للرأسى المعطاة بالعلاقتين التاليتين:

$$l_r = l_1 - r \qquad (4-4)$$

$$l_V = \frac{(l_1 - r)}{2} \qquad (4-5)$$

- يفضل استخدام أقطاب من النموذج B فى التأريض للواقط الهوائية المكونة من شبكة موصلات معشقة (قفص فرادای) ولنظام وقاية من الصواعق له عدة موصلات هابطة.
- من المفيد استخدام التأريض حسب الأقطاب من النموذج B الذى يبعد عن أساسات المبنى مسافة ١ م حيث يمكن استخدام هذا النوع من التأريض فى التخلص من خطر جهد الخطوة فى هذه المنطقة، عن طريق زيادة عدد موصلات التأريض فيها، أو باستخدام طبقة من الأسفلت أو الحصى سماكتها ٢٠٠ مم وذات مقاومة نوعية عالية.

٦/٤-٣ الوقاية من خطر الصدمة الكهربائية على الحياة

تعد الوقاية من الصواعق وقاية من خطر الصدمة الكهربائية على حياة الانسان والدواب حيث يمكن أن يشكل كل من جهد الخطوة U_S وجهد التلامس U_T خطراً على حياة الإنسان ضمن النطاق المراد الوقاية بداخله، من الإصابة المباشرة بصاعقة على الرغم من تنفيذ نظام خارجى للوقاية وفقا لمتطلبات هذا الكود.

ويجب المحافظة على شروط الأمان حسب المتطلبات الواردة فى المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC 61662 بالحد من جهدى الخطوة والتلامس.

يتم تفريغ شحنة الصاعقة فى الأرض على شكل نصف كرة وبالتالى يكون منحنى الجهد على شكل مخروطى، ويلاحظ أن فرق الجهد يقل كلما ابتعدنا عن مكان تفريغ شحنة الصاعقة بالأرض (أنظر الشكل رقم (٤/ ٣٣)).

٤/٦-٣-١ الوقاية من جهد الخطوة

يمكن الحد من أثر جهد الخطوة، عندما يتم تحقيق إحدى المتطلبات التالية:

- الحد من تواجد الأشخاص بالقرب من الجدران الخارجية للمبنى بوضع لوحات تحذيرية، أو وضع عوائق حول المبنى
- ارتداء العاملين لملابس الوقاية
- تصغير أبعاد الفتحات (Screening spacing) التي تتشكل نتيجة تشابك الموصلات مع بعضها البعض
- ألا تقل المقاومة النوعية للطبقة السطحية للأرض حتى مسافة ٣ أمتار من الموصلات الهابطة عن ٥ ك.أوم.متر (يتحقق هذا الشرط باستخدام طبقة عازلة من الإسفلت سماكتها ٥٠ مم)

٤/٦-٣-٢ إجراءات الوقاية من جهد التلامس

يمكن الحد من أثر جهد التلامس عندما يتم تحقيق إحدى المتطلبات التالية:

- الحد من تواجد الأشخاص بالقرب من الموصلات الهابطة بوضع لوحات تحذيرية أو وضع عوائق حول المبنى
- تغليف الموصلات الهابطة بمادة عازلة بصمود كهربائى لا يقل عن ١٠٠ ك.ف. لموجة صاعقة نبضية ذات شكل 1.2/50 µs، ويتم تحقيق ذلك بالتغليف بمادة من البلاستيك من البولى إيثيلين المتشابك سماكتها ٣ مم
- ألا تقل المقاومة النوعية للطبقة السطحية للأرض حتى مسافة ٣ أمتار من الموصلات الهابطة عن ٥ ك.أوم.متر (يمكن تحقيق هذا الشرط باستخدام طبقة عازلة من الأسفلت سماكتها ٥٠ مم)
- ارتداء العاملين لملابس الوقاية
- يجب عند استخدام موصلات هابطة طبيعية (أعمدة معدنية أو حديد التسليح للأعمدة الخرسانية)، التأكد من ربطها مع موصلات التأريض ومع بعضها البعض بشكل جيد

للوقاية من جهدى الخطوة والتلامس، يجب أن تحقق المقاومة النوعية السطحية القيم التالية:

أولا: قيم المقاومة النوعية السطحية للوقاية من جهد الخطوة

أ) - نظام التأريض حسب النموذج A:

أنظر المعادلة رقم (٤-٦).

$$\rho_S \geq 1200 \cdot \rho^{0.215} \qquad (4-6)$$

ب) - نظام التأريض حسب النموذج B:

أنظر المعادلة رقم (٤-٧).

$$\rho_S \geq 140 \cdot K_C \cdot Z \qquad (4-7)$$

ثانيا: قيم المقاومة النوعية السطحية للوقاية من جهد التلامس

أ) نظام التأريض حسب النموذج A:

أنظر المعادلة رقم (٤-٨).

$$\rho_S \geq 1250 \cdot K_C - 250 \qquad (4-8)$$

ب) نظام التأريض حسب النموذج B:

أنظر المعادلة رقم (٤-٩).

$$\rho_S \geq 400 \cdot K_C . Z - 250 \qquad (4-9)$$

حيث:

ρ_s : المقاومة النوعية للطبقة السطحية من التربة، $(\Omega . m)$

ρ : المقاومة النوعية للتربة، $(\Omega . m)$

K_C : معامل تجزئة التيار لمختلف عناصر النظام الخارجى للوقاية، ويعطى كما هو وارد فى الأشكال أرقام (٤/٣٥) حتى (٤/٣٧)

Z : مقاومة الأرض الصدمية، وتؤخذ من الجدول رقم (٤/٤)

٤/٦-٣-٣ الإجراءات المتبعة لتقليل احتمال الإصابة بصعقة كهربائية

يمكن تقليل احتمال الإصابة بصعقة كهربائية باتباع الإجراءات التالية:

أ) عند استخدام التأريض بواسطة الأساسات:

- **الصعقة الكهربائية نتيجة جهد الخطوة:**

  - تصغير قيمة المعامل K_C
  - زيادة عدد الموصلات
  - زيادة قيمة المقاومة النوعية للطبقة السطحية من التربة ρ_S أو باستخدام طبقة سطحية من الأسفلت أو المواد العازلة سماكتها ٥٠ مم

- **الصعقة الكهربائية نتيجة جهد التلامس:**

  - تصغير قيمة المعامل K_C
  - زيادة قيمة المقاومة النوعية للطبقة السطحية من التربة ρ
  - استخدام مادة عازلة لعزل الموصلات الهابطة تتحمل موجة صاعقة نبضية ذات زمن 1.2/50 µs بصمود كهربائى لا يقل عن ١٠٠ ك.ف.، ويتم تحقيق ذلك بالتغليف بمادة من البلاستيك من البولى إيثلين المتشابك سماكتها ٣ مم

ب) فى حال استخدام التأريض الحلقى:

- **الصعقة الكهربائية نتيجة جهد الخطوة:**

  - زيادة النسبة ρ_S / z
  - زيادة قيمة المقاومة النوعية للطبقة السطحية من التربة ρ_S
  - زيادة عدد الموصلات الهابطة
  - تصغير أبعاد الفتحات (Screen spacing) التى تتشكل نتيجة تشابك الموصلات مع بعضها البعض

- **الصعقة الكهربائية نتيجة جهد التلامس:**

  - زيادة قيمة المقاومة النوعية للطبقة السطحية من التربة ρ_S
  - زيادة عدد الموصلات الهابطة
  - أبعاد الفتحات (Screening spacing) التى تتشكل نتيجة تشابك الموصلات مع بعضها البعض

٤/٦-٤ المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق وأبعادها

- يجب أن تتحمل المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق جميع الإجهادات الناتجة عن الصاعقة، والإجهادات التى تسببها الظروف الجوية المحيطة، ففى حين أن الإجهادات الناتجة عن الصاعقة تحدد أبعاد المواد المستخدمة فى نظام االوقاية فإن الصدأ وتآكل المعدن يلعبان الدور الأساسى فى اختيار نوعية هذه المواد ومواصفاتها (أنظر البندين (٢/٦-٢) (٢/٦-٣)).
- عند استخدام أى مواد أخرى غير تلك الواردة فى الجداول السابقة، يجب أن تحقق هذه المواد المواصفات الكهربائية والميكانيكية والكيميائية، (أنظر الجدولين (٢/٣)، (٢/٤)).
- يزداد الصدأ بشكل عام فى نقاط وصل معادن مختلفة مع بعضها البعض، لذا يجب عدم وضع النحاس فوق الحديد المجلفن، أو الألومنيوم حيث يسبب المطر، أو المحاليل الأخرى تسرب ذرات النحاس إلى المعادن الموجودة تحته.
- الحديد المدفون فى الخرسانة له نفس الصفات الكهربائية للنحاس، أو المعادن غير القابلة للصدأ المدفونة بالأرض.

لا يمكن تمديد الموصلات من الألومنيوم أو من سبائك الألومنيوم فى الخرسانة.

٤/٧ تصميم النظام الداخلى للوقاية من الصواعق

من أهم متطلبات النظام الداخلى للوقاية من الصواعق، علاقة النظام الخارجى للوقاية بالتجهيزات المعدنية داخل المبنى بالإضافة إلى الإجراءات المتخذة للحد من أثر الصاعقة على التجهيزات داخل المبنى. ويجب الملاحظة بأنه لا يمكن تصميم نظام وقاية من الصواعق كلى فعال بدون تنفيذ نظام داخلى فعال للوقاية.

وتعد الغاية من النظام الداخلى للوقاية من الصواعق هى منع حدوث شرارات كهربائية خطيرة داخل المبنى المراد وقايته، نتيجة سريان جزء من تيار الصاعقة فى الموصلات الخارجية لنظام الوقاية، وفى الموصلات الداخلة إلى والخارجة من المبنى (كابلات قوى، كابلات معلومات، إلخ...) أو فى التركيبات المعدنية داخل المبنى، ويجب بشكل خاص اتخاذ إجراءات وقاية إضافية فى المبانى التى تحتوى على مواد قابلة للاشتعال أو للانفجار.

ملاحظة:

يكون النظام الداخلى للوقاية من الصواعق ضرورياً أحياناً بالرغم من أن تحليل معامل الضرر قد يظهر عدم الحاجة إلى النظام الخارجى للوقاية، ولا يتعلق النظام الداخلى للوقاية بمستويات الوقاية من I حتى IV كما هو الحال فى النظام الخارجى للوقاية، وإنما تؤخذ قيمة تيار الصاعقة المقابلة

لمستوى الوقاية لتحديد مسافة الأمان أو تحديد مواصفات نبائط تفريغ الجهد (SPD).

وتحدث الشرارة الكهربائية عادة بين موصلين، عندما يكون فرق الجهد بينهما أكبر من جهد الصمود الكهربائى للمادة العازلة بينهما. ويمكن الحد من حدوث شرر خطر بالطرق التالية:

- استخدام وصلات تساوى الجهد
- استخدام مادة عازلة أو مسافة عزل مناسبة بين الموصلات الخارجية للمبنى والتركيبات المعدنية داخله أو بين التركيبات المعدنية وبعضها

ويمكن الحد من الأضرار التى تحدث فى التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الحساسة داخل المبنى، نتيجة التأثير الحثى بين الموصلات التى يمر فيها أجزاء من تيار الصاعقة وباقى هذه التجهيزات وذلك على النحو التالى:

- باستخدام كابلات محجبة
- باستخدام نبائط تفريغ الجهد (SPD) على هذه الكابلات

٤/٧-١ القيم المميزة للصاعقة عند تصميم نظام الوقاية من الصواعق

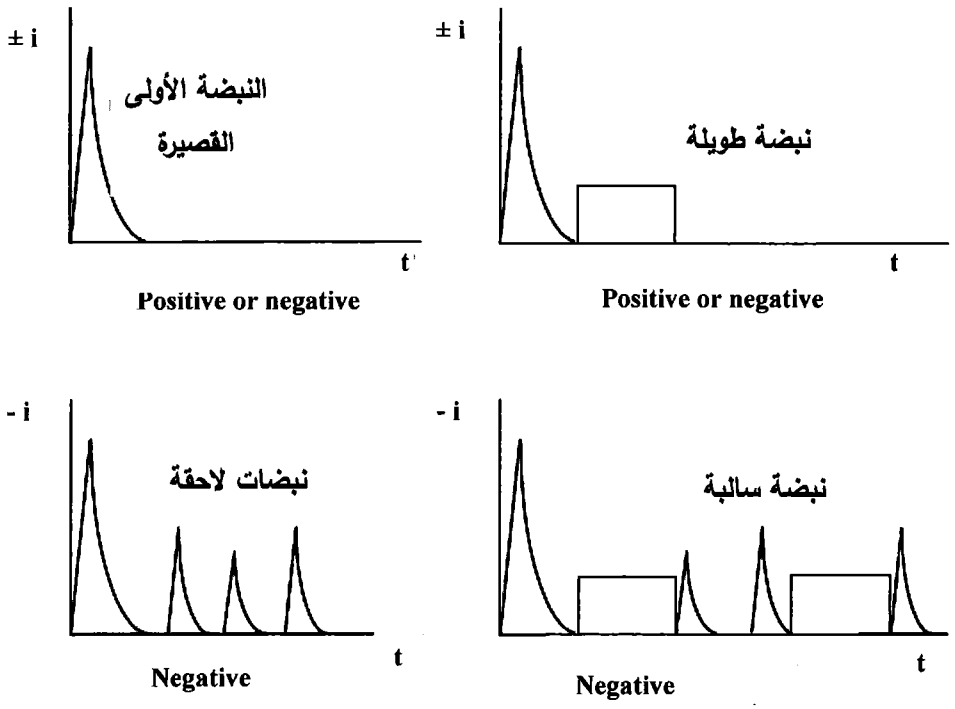
لتصميم نظام وقاية من الصواعق لا بد من معرفة مجموعة من المحددات المميزة للصاعقة، ونظراً لأن هذه القيم ذات طبيعة احتمالية، فإنه تم اعتماد القيم الإحصائية لهذه المحددات، ومن أهم هذه المحددات المميزة للصواعق ما يلى:

- تيار الصاعقة كدالة فى الزمن
- زمن جبهة الموجة T_1 وزمن نصف ذيل الموجة T_2
- القيمة العظمى والصغرى لتيار الصاعقة
- شحنة الصاعقة Q
- القدرة النوعية لتيار الصاعقة
- القيمة المتوسطة لمعدل تغير تيار الصاعقة (di/dt)
- قطبية الصاعقة
- تردد الصاعقة
- الآثار الميكانيكية للصاعقة

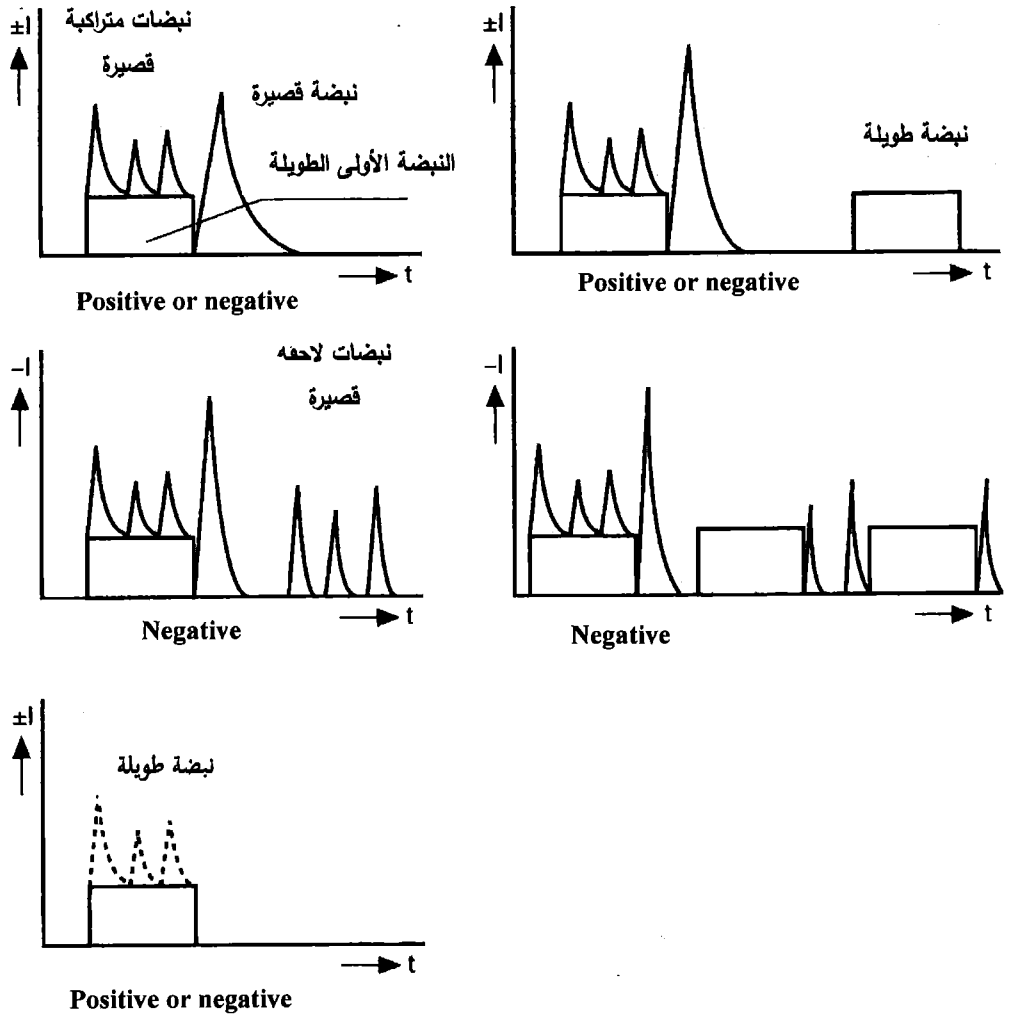
أ) تيار الصاعقة كدالة فى الزمن

تبين الدراسات الإحصائية أن تيار الصاعقة بين السحابة المشحونة والأرض، وبين الأرض والسحابة يمكن أن تأخذ أشكالاً مختلفة (أنظر الشكلين رقمى (٤/٤٠)، (٤/٤١)). وعند تصميم نظام وقاية من الصواعق تكون الصورة الزمنية لتيار الصاعقة المبينة فى الشكل

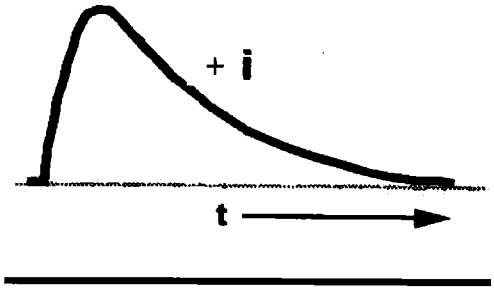
رقم (٤٢/٤) باعتبار أن المحددات الأخرى للصاعقة والتى تتعلق بالمسار الزمنى لتيار الصاعقة، محصورة بين هذه الأشكال.



شكل (٤٠/٤): الأشكال المحتملة لتيار صاعقة نازلة من السحابة المشحونة إلى الأرض

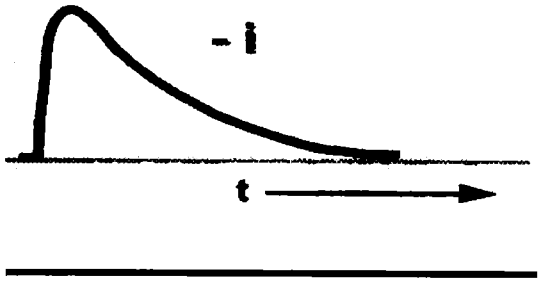


شكل (٤/٤١): الأشكال المحتملة لتيار صاعقة صاعدة من الأرض إلى السحابة المشحونة



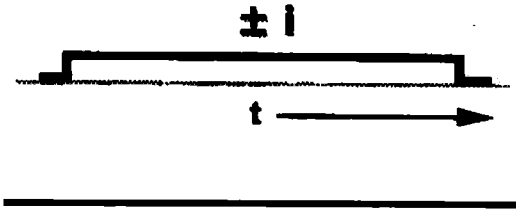
نبضة رائدة

200 kA (10/350 µs)



نبضة مرتدة

50 kA (0.25/100 µs)



نبضة طويلة

400 A (0.5 s)

ملحوظة: إشارة (+) تعنى مرور تيار الصاعقة من السحابة المشحونة إلى الأرض، أما إشارة (-) تعنى مرور تيار الصاعقة من الأرض إلى السحابة المشحونة

شكل (٤/٤٢): المنحنيات الزمنية التى يعتد بها لتيار الصاعقة عند تصميم نظام وقاية من الصواعق

ب) زمن جبهة الموجة وزمن نصف الذيل لموجة نبضية

يبين الشكل رقم (٣/٢) كيفية تحديد هذه الأزمنة.

ج) القيمة العظمى والقيمة الصغرى لتيار الصاعقة

لدراسة الآثار المختلفة للصاعقة، يحدد عند كل مستوى وقاية من المستويات I حتى IV قيمة عظمى وقيمة صغرى لتيار الصاعقة. وتعد معرفة القيمة العظمى I_{max} لتيار الصاعقة ضرورية جداً لمعرفة فرق الجهد بين نقطة تفريغ تيار الصاعقة بالأرض ونقطة أخرى تبعد بضعة أمتار، ويحدد فرق الجهد من العلاقة:

$$u_{max} = I_{max} \times R_e \qquad (kV) \qquad (4-5)$$

حيث:

I_{max} : القيمة العظمى لتيار الصاعقة (kA)

R_e : قيمة مقاومة الأرضى (Ω)

كذلك تستخدم القيمة العظمى لتيار الصاعقة I_{max} لحساب القوى الإلكتروديناميكية F بين الموصلات المتوازية وفقا للعلاقة التالية:

$$F(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \times I_{max}^2 \times \frac{l}{d} \qquad (4-6)$$

حيث:

$F(t)$: القوة الإلكتروديناميكية

μ_0 : السماحية المغناطيسية فى الهواء $(4\pi \times 10^{-7}\ H/m)$

l : طول الموصلات المتوازية، (م)

d : المسافة بين الموصلات ، (م)

وتكون القوة المؤثرة بين الموصلين قوى جذب فى حال كان سريان التيار فيها بنفس الاتجاه، وقوة تنافر عندما يكون اتجاه التيار فيها متعاكس.

تحدد القيمة العظمى لتيار الصاعقة شحنة الصاعقة والقدرة النوعية لها، أما القيمة الصغرى له فتساعد فى تحديد قطر الكرة المتدحرجة للصاعقة، حيث يعتمد احتمال التقاط الصاعقة وتفريغها فى موصلات نظام الوقاية على نصف قطر كرة الصاعقة، أى يمكن تحديد فعالية نظام الوقاية بالاعتماد على نظرية كرة الصاعقة. ويحدد ارتفاع المرحلة الأخيرة نصف قطر كرة الصاعقة بدلالة تيار الصاعقة من العلاقة:

$$R = 10 \times I^{0.65} \qquad (4-7)$$

حيث:

R: نصف قطر كرة الصاعقة، (م)

I: القيمة الصغرى لتيار الصاعقة ، (ك.أ.)

وعند تصميم نظام الوقاية على نصف قطر محدد لكرة الصاعقة، فإن ذلك يعنى افتراض أن جميع الصواعق ذات تيار أكبر من القيمة الصغرى لتيار الصاعقة.

يبين الجدول رقم (٧/٤) القيمة العظمى والقيمة الصغرى لتيار الصاعقة المقابلة لمستوى الوقاية، واحتمال أن يكون تيار الصاعقة أكبر من القيمة العظمى، أو أصغر من القيمة الصغرى. ويعبر هذا الاحتمال عن فعالية نظام الوقاية فى التقاط كرة الصاعقة.

جدول (٧/٤): القيم العظمى والصغرى لتيار الصاعقة واحتمال تجاوزها

مستوى الوقاية	القيمة العظمى (لتحديد أبعاد الموصلات المستخدمة فى نظام الوقاية)		القيمة الصغرى (لتحديد احتمال التقاط كرة الصاعقة)		نصف قطر كرة الصاعقة (م)
	القيمة العظمى لتيار الصاعقة *(kA)*	القيمة الاحتمالية ليكون تيار الصاعقة أصغر من هذه القيمة	القيمة الصغرى لتيار الصاعقة *(kA)*	القيمة الاحتمالية ليكون تيار الصاعقة أكبر من هذه القيمة	
I	200	99 %	2.9	99 %	20
II	150	98 %	5.4	97 %	30
III	100	97 %	10.1	91 %	45
IV	100	97 %	15.7	84 %	60

د) شحنة الصاعقة

هى التكامل الزمنى لمنحنى التيار $Q = \int i_t \ dt$، وتتكون شحنة الصاعقة الهابطة من شحنة نبضة التيار المستعرضة Q_S وشحنة التيار الطويل Q_L. ومعرفة هذه القيمة ضرورية لتحديد كمية الطاقة المنقولة W فى نقطة الإصابة وفى جميع الأماكن التى يسرى فيها تيار الصاعقة على شكل قوس كهربى يقوم بالمرور فى جزء عازل فى حال وجوده على مساره. وقد تتسبب الطاقة w فى صهر جزء من نظام الوقاية، كما يمكن أن تتسبب هذه الطاقة أيضا فى ثقب الصفائح المعدنية التى تكسو الأسقف أو الجدران حسب سماكتها.

وقد بينت النتائج التجريبية أن شحنة التيار الطولية Q_L هى المسئولة عن خرق الصفائح المعدنية وليس شحنة نبضة التيار المستعرضة Q_S. وبالاعتماد على النتائج التجريبية لسماكة الصفائح التى يمكن أن تثقبها صاعقة ذات شحنة تتراوح قيمتها بين (١٠٠ - ٢٠٠) كولوم، تم تحديد سماكة الصفائح المستخدمة كلواقط فى نظام الوقاية عند السماح بحدوث خرق فيها أم لا.

هـ) القدرة النوعية للصاعقة

تتحدد المفقودات الأومية التي تحدث فى موصلات الوقاية من الصواعق نتيجة مرور تيار الصاعقة فيها من العلاقة التالية:

$$p = i^2 \times r \qquad (4-8)$$

حيث:

r : مقاومة الموصل للتيار المستمر بالأوم، وهى تعتمد على درجة الحرارة

ويتحول هذا الفقد إلى طاقة حرارية تسبب زيادة درجة حرارة الموصل، وتتحدد كمية الطاقة المحولة فى موصل مقاومته r من العلاقة التالية:

$$W = r \times \frac{W}{r} \quad (Joule) \ , \ (W \cdot s) \qquad (4-9)$$

$\frac{W}{r}$: الطاقة النوعية المحولة فى مقاومة قدرها ١ أوم

وباعتبار أن الشكل المألوف لتيار الصاعقة بزمن نصف ذيل موجة قصير (بضع مئات μs) وقيمة عظمى عالية، وكذلك بمراعاة أثر الخاصية القشرية للتيار على قيمة مقاومة الموصل، يتم عملياً اختيار نوعية المواد المستخدمة فى نظام الوقاية ومقاطعها بحيث يكون أثر الخاصية

القشرية (Skin effect) على زيادة قيمة المقاومة للموصل صغيرا، وبالتالى زيادة الفقد الأومى الذى يؤدى إلى زيادة درجة حرارة الموصلات، أى أن معرفة القدرة النوعية لتيار الصاعقة ضرورى لتحديد نوعية الموصلات المستخدمة وأبعادها.

و) القيمة المتوسطة لمعدل تغير تيار الصاعقة (di/dt)

تساعد معرفة هذه القيمة فى حساب قيمة الجهود التى تولدها المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة فى الأجسام المعدنية، والحلقات المغلقة والمفتوحة التى تشكلها الموصلات المختلفة بالقرب من مكان سقوط الصاعقة.

ولتصميم نظام وقاية من الصواعق، يتم اعتماد القيم الإحصائية الواردة فى الجدول رقم (٨/٤) للمحددات السابقة وذلك وفق درجة وقاية المبنى.

ز) قطبية الصاعقة

بينت الدراسات الإحصائية أن ١٠ % من الصواعق الهابطة من السحابة إلى الأرض ذات قطبية موجبة ، وأن ٩٠ % منها ذات قطبية سالبة. وتكون القيم $I\ ,\ Q\ ,\ W/r$ الواردة فى الجدول رقم (٨/٤) لتحقيق مستوى الوقاية I والتى تحدد القيم التصميمية لنظام الوقاية، تعطى للصاعقة الموجبة، أما القيمة di/dt فتكون فعالة فقط فى حالة النبضة السالبة المرتدة حيث بيّنت النتائج الإحصائية أن (٧٠ - ٨٠) % من النبضات السالبة تحتوى على نبضات مرتدة (Return strokes).

ح) تردد تيار الصاعقة

يعتمد تردد تيار الصاعقة ذات الجهد النبضى على زمن جبهة الموجة T_1. ويكون على النحو التالى :

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{max} = \omega_0 \times \hat{I} = 2\pi \times f_0 \times \hat{I} \qquad (4-10)$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{max} = \frac{\hat{I}}{T_1} \qquad (4-11)$$

حيث:

$\hat{I}$: *القيمة العظمى لتيار الصاعقة*

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot T_1} \cdot \left(\frac{di}{dt}\right)_{max} \qquad (4\text{-}12)$$

بالاستناد إلى القيم الواردة فى الجدول رقم (٤/٧) لقيم T_1 , di/dt، وبالتعويض فى العلاقة (٤-١٠)، يكون تردد الصاعقة نتيجة النبضة الأولى هو $f_0 = 16\ kHz$ ، ونتيجة النبضة المرتدة هو $f_0 = 640\ kHz$ ، ويقع تردد جميع أنواع النبضات التى فى الصاعقة بين القيمتين المذكورتين. ويساعد تحديد تردد الصاعقة فى معرفة قيمة هبوط الجهد المتولد بالحث فى الموصلات التى يسرى فيها تيار الصاعقة، وفى تحديد قيمة تيار الترابط السعوى الذى يتولد بالحث فى الموصلات القريبة من مكان سقوط الصاعقة.

ط) الآثار الميكانيكية للصاعقة

يعتمد الأثر الميكانيكى لتيار الصاعقة على قيمة وزمن تيار الصاعقة، ومرونة وخواص التجهيزات الميكانيكية المصابة بالصاعقة، وكذلك على قوى الاحتكاك والترابط بين أجزاء نظام الوقاية من الصواعق.

جدول (٤/٨): القيم المميزة للصاعقة عند تصميم نظام الوقاية من الصواعق

(أ) القيم المميزة من أجل النبضة الرائدة

القيم المميزة	مستوى الوقاية		
	I	II	III & IV
القيمة العظمى للتيار I [kA]	200	150	100
زمن جبهة الموجة للتيار T_1 [μs]	10	10	10
زمن نصف الذيل للموجة T_2 [μs]	350	350	350
شحنة التيار Q_s [A.s]	100	75	50
الطاقة النوعية للتيار W/r [MJ/Ω]	10	5.6	2.5

(ب) القيم المميزة من أجل النبضة المرتدة

القيم المميزة	مستوى الوقاية		
	I	II	III & IV
القيمة العظمى للتيار I [kA]	50	37.5	25
زمن جبهة الموجة للتيار T_1 [µs]	0.25	0.25	0.25
زمن نصف الظهر للموجة T_2 [µs]	100	100	100
ميل منحنى تيار الصاعقة di/dt [kA/µs]	200	150	100

ت) القيم المميزة من أجل نبضة طويلة

القيم المميزة	مستوى الوقاية		
	III & IV	II	I
الشحنة Q_l [A.s]	100	150	200
زمن الموجة T[µs]	2.5	0.5	0.5

٤/٧-٢ نبائط التفريغ (SPD)

يجب ألا يسبب تيار الصاعقة المتوقع سريانه فى هذه النبائط أى ضرر عليها. كما يجب اختيار نوع نبيطة التفريغ طبقا للمواصفات الكهروتقنية الدولية IEC الخاصة بذلك، وفى هذه الحالة تراعى القيم الاسمية التالية لتيار الصاعقة:

أ- تكون قيمة $I_n > 10$ kA لتيار نبضى 8 / 20 µs فى نبيطة التفريغ التى تستخدم لوقاية التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الداخلية. ولا يكون استخدام نبائط التفريغ ضروريا فى حالة الكابلات المحجبة والتى لا يزيد طولها عن ٨٠ مترا ويكون مقطع غلافها المعدنى أكبر من١٠ مم^2 وذلك عندما تكون هذه الكابلات مربوطة من كلا الطرفين مع التجهيزات الكهربائية، ويربط غلافها المعدنى مع موصلات تساوى الجهد

ب- يتحدد التيار الإسمى لنبائط التفريغ التى ستركب على الموصلات الإلكترونية (موصلات إشارة، تحكم، معلومات، إلخ...) الداخلة إلى المبنى من العلاقة:

$$I_n \geq \frac{I_f}{n} \quad (4-13)$$

حيث :

I_f : جزء تيار الصاعقة الذى يسرى في الكابل

n : عدد الموصلات فى الكابل

لا تكون نبيطة التفريغ ضرورية فى الكابلات المحجبة والتى يربط غلافها المعدنى مع نظام الوقاية من الصواعق عندما لا يقل مقطع الغلاف المعدنى للكابل عن المقطع المحسوب فى الملحق رقم (م٤-٢).

يجب الأخذ بالحسبان عدم تجاوز درجة الحرارة المسموح بها للمادة العازلة للكابل عندما يسرى جزء تيار الصاعقة فى الغلاف. وتعطى القيمة المسموح بها للتيار الذى يسرى فى أغلفة الكابلات من العلاقات التالية:

للموصلات المحجبة $I_f = 8 \times a \ (A)$

للموصلات غير المحجبة $I_f = 8 \times n' \times a' \ (A)$ (4-14)

حيث :

I_f : التيار الذى يسرى فى الغلاف المعدنى للكابل (kA)

n' : عدد الموصلات فى الكابل

a : مقطع الغلاف المعدنى للكابل (مقطع التحجيب) (مم^2)

a' : مقطع كل موصل داخل الكابل (مم^2)

وتعد هذه العلاقات صحيحة لغلاف نحاسى ومسموح لدرجة الحرارة أن ترتفع بمقدار 80 K°.

ويجب أن تتحمل نبيطة تفريغ الجهد التيار المحسوب بدون أى ضرر، بالإضافة إلى ذلك يجب أن تتحمل هذه النبيطة الجهد المتبقى الناتج عن تفريغ تيار الصاعقة. وعند استخدام نبيطة تفريغ الجهد على أطوار الشبكة الكهربائية، يجب أن تكون قادرة على قطع تيار الشبكة اللاحق.

ويتحدد جهد التفريغ الناتج من الضربة المرتدة للنبيطة المركبة على مدخل المبنى المراد وقايته، حسب جهد العزل للتجهيزات المراد وقايتها.

ويجب على نبيطة التفريغ المركبة على مدخل المبنى المراد وقايته، أن تبقى الجزء الأكبر من القدرة النوعية للصاعقة بعيداً عن التجهيزات الموجودة داخل المبنى.

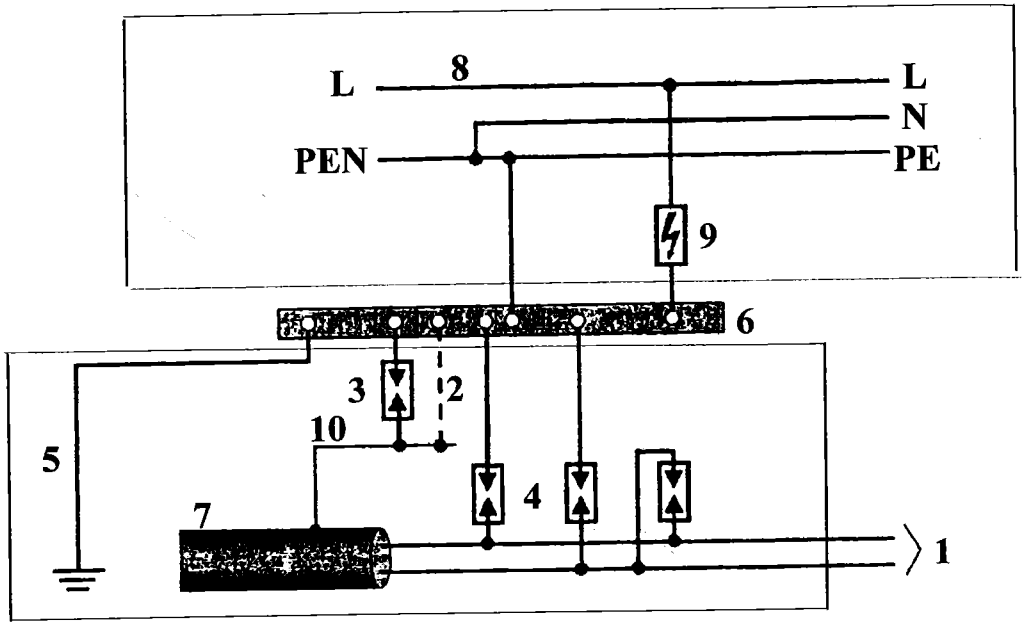
ويجب أن تركب نبيطة التفريغ ذات الجهد المتبقى المنخفض على مدخل المبانى المراد وقايتها، وفى حالة تعذر تركيب هذه النبيطة على المدخل، يستخدم مرشح تمرير منخفض (Low bypass filter) مناسب بين النبيطة المركبة على المدخل، ونبيطة التفريغ المركبة قرب الجهاز المراد وقايته.

ويمكن تركيب نبيطة التفريغ ذات الجهد المتبقى العالى المتصل بمرشح التمرير المنخفض (Low pass filter) بالقرب أو داخل الجهاز المراد وقايته. ويكون مرشح التمرير المنخفض المستخدم بين نبيطة التفريغ المركبة على المدخل، ونبيطة التفريغ المركبة بالقرب من الجهاز المراد وقايته من النوع الحثى، ويمكن أن يكون هذ الحث الناتج عبارة عن الحث بين الموصلات المربوطة بين النبيطتين.

كما يجب تركيب نبيطة حث من النوع الطولى أو تركيب مقاومة بين نبيطة التفريغ المركبة على المدخل، ونبيطة التفريغ المركبة بالقرب من الجهاز المراد وقايته لكى تعمل نبائط التفريغ المربوطة على التتابع والمركبة على خطوط التليفونات بشكل صحيح (تكون الوقاية هنا على مراحل).

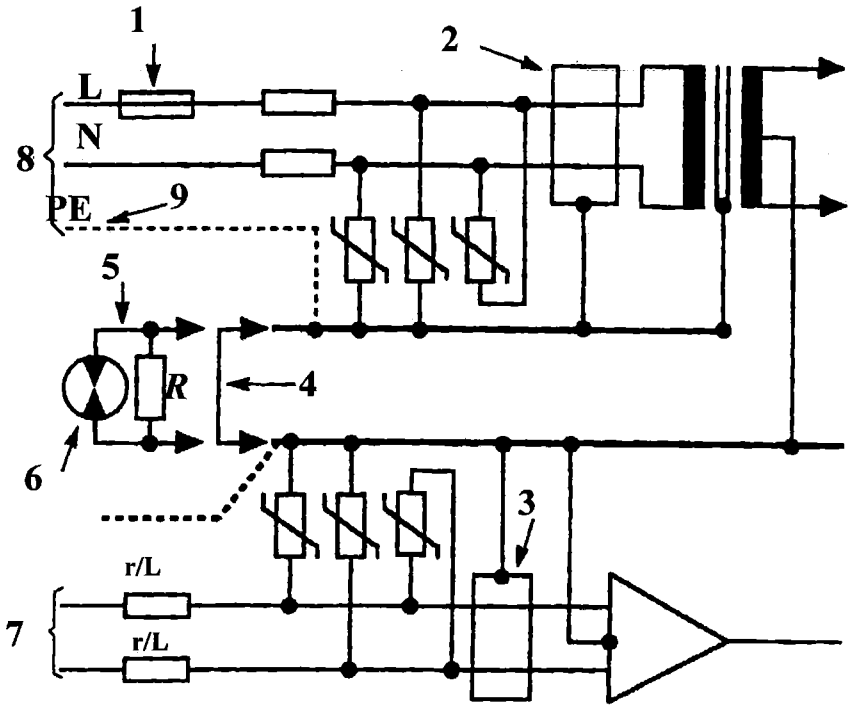
يبين الشكلان رقمى (٤٣/٤)، (٤٤/٤) نبائط تفريغ الجهد مركبة داخل لوحة توزيع الجهد المنخفض أو بالقرب منها وضمن الأجهزة المراد وقايتها.

ويجب بشكل خاص مراعاة الجهود الطولية بين موصلات شبكة توزيع الجهد المنخفض وبين موصلات نظم المعلومات الواصلة إلى التجهيزات الإلكترونية.



1 : إلى الجهاز المراد وقايته
2 : ربط مباشر
3 : نبيطة تفريغ جهد بثغرة غازية
4 : نبيطة تفريغ جهد بثغرة غازية
5 : ربط مع نظام التأريض
6 : وصلة تساوى الجهد
7 : موصل التليفون
8 : موصل قدرة
9 : نبيطة تفريغ للوقاية من الجهود الزائدة
10 :غلاف معدنى لكابل التليفون فى حال وجوده

شكل (٤/٤٣): نبائط تفريغ جهد مركبة داخل لوحة توزيع جهد منخفض كذلك داخل لوحة توزيع لموصلات التليفونات



1 : نبيطة وقاية　　2 : مرشح تمرير منخفض على موصلات القدرة

3 : مرشح تمرير منخفض (موصلات نظم معلومات)

4 : الحالة (1) تستخدم فقط فى شبكات TN-S

5 : الحالة (2) تستخدم فى شبكات TN-S ، TN-C

6 : نبيطة تفريغ جهد غازية

7 : موصلات تليفونات (أغلفة معدنية لكابلات التليفونات)

8 : كابلات قدرة

9 : ربط فى حال وجوده　　r/ L : مقاومة أو محاثة

شكل (٤/٤٤): نبائط تفريغ جهد بالقرب من أو داخل الأجهزة المحمية

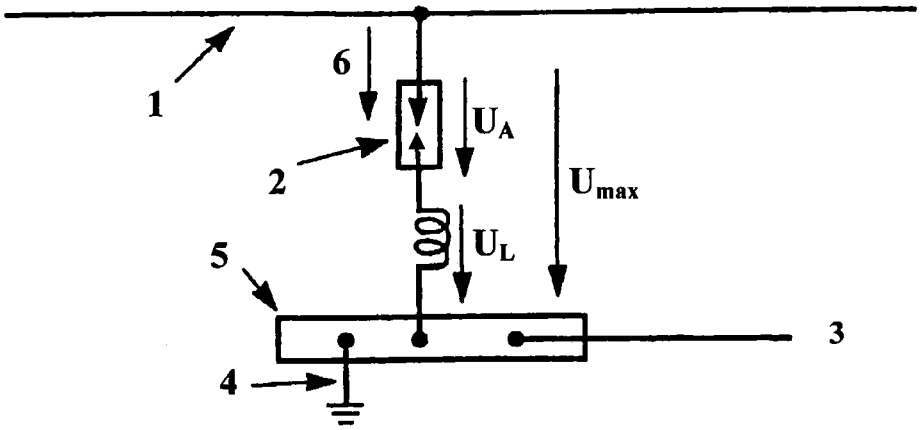
يؤدى التحجيب والتمديد الصحيح للكابلات إلى تخفيض قيمة الجهود على امتداد طول الكابل.

يتم تركيب نبائط تفريغ الجهد على الموصلات المعدنية عندما لا يمكن تخفيض قيمة الجهود المتولدة فيها بالحث باستخدام طرق أخرى، أو عندما تؤكد الدراسة صعوبة فى تنفيذ هذه الطرق (مثلاً نتيجة لارتفاع التكلفة الناتجة عند مراقبة نظام الوقاية، أو عند محاولة تخفيض الأخطار الناتجة عن الجهود الزائدة على نظام المعلومات).

ويجب دائماً تركيب نبائط تفريغ الجهد (SPD) المستخدمة لتخفيض قيمة الجهود الزائدة على

موصلات القوى والتى تركب بعد مواقع نبائط الوقاية (قاطع تفاضلى أو قاطع القدرة) والتى تقوم بالفصل عند زيادة التيار. ويجب توصيل نبيطة تفريغ الجهد مع حلقات تساوى الجهد بأقصر وصلة ممكنة.

يتكون هبوط الجهد الذى ينتج على النبيطة والموصلات المستخدمة بينها وبين الموصل، أو بينها وبين الأرض من مركبتين: هبوط الجهد على النبيطة U_A وهبوط الجهد على الموصلات U_L. ولا تحدث القيمة العظمى لهاتين المركبتين فى نفس اللحظة الزمنية ويجب أن تكون محصلة المركبتين أقل من القيمة العظمى لنبضة الجهد U_{max} المسموح بها بين موصلات القدرة وموصلات تساوى الجهد (أنظر الشكل رقم (٤/ ٤٥)).



1 : موصل مكهرب　　2 : نبيطة تفريغ جهد للوقاية (SPD)
3 : موصل التأريض الوقائى (PE) فى الجهد المنخفض
4 : نظام التأريض　　5 : حلقة تساوى الجهد
6 : جزء تيار الصاعقة

شكل (٤/٤٥): مركبات الجهد النبضى بين موصل الطاقة ووصلة تساوى الجهد عند تركيب نبيطة تفريغ الجهد (SPD) (مثلاً عند نقطة دخول الموصل إلى المبنى)

يجب تركيب نبيطة تفريغ الجهد على كل موصل عند نقطة دخوله للمبنى، ويجب أن تتحمل هذه النبيطة جزء من تيار الصاعقة الذى سيمر فيها، ويحسب هذا الجزء من تيار الصاعقة.

كما يجب على الشخص الذى يقوم بتركيب التجهيزات الكهربائية والإلكترونية أن يراعى توزيع الطاقة النوعية للصاعقة بين النبائط المختلفة.

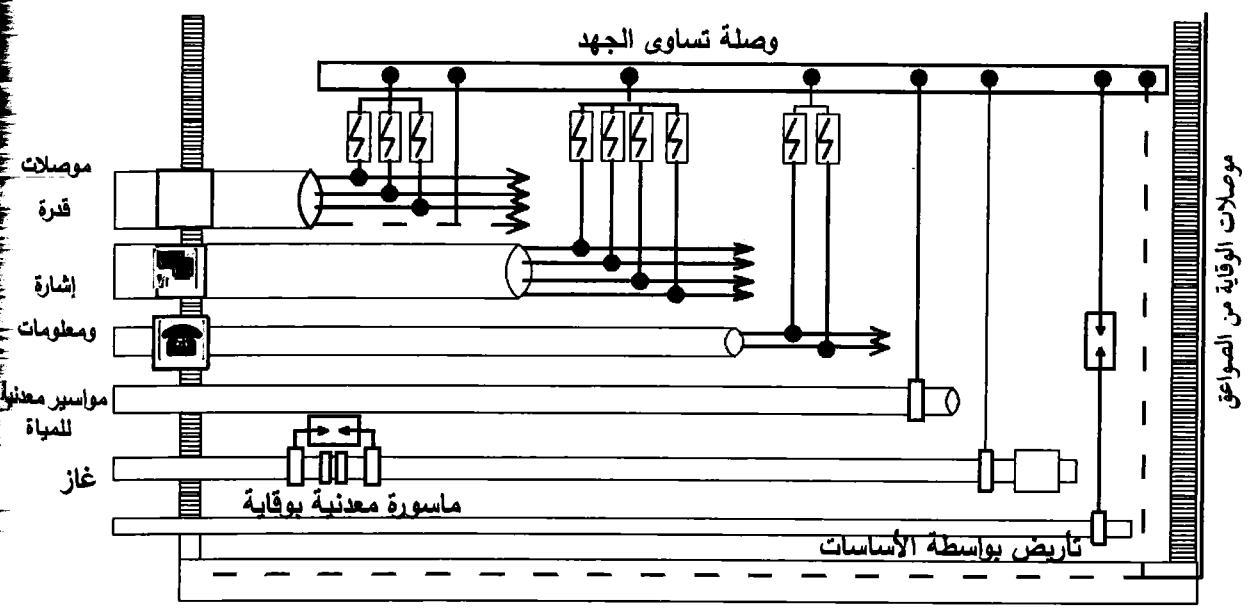
٤/٧-٣ تساوى الجهد

يمكن تحقيق تساوى الجهد فى المبنى بتوصيل جميع الأغلفة المعدنية للموصلات الداخلة إليه (كابلات قوى، معلومات،إلخ...)، بالإضافة إلى الموصلات الخارجة منه لنظام الوقاية وجميع التجهيزات المعدنية الموجودة داخل الحيز المراد وقايته.

ويتحقق تساوى الجهد بواسطة موصلات ربط، أو نبائط تفريغ الجهد (SPD) متصلة بالنظام الخارجى للوقاية من الصواعق أو بالهيكل المعدنى للمبنى أو بالتركيبات المعدنية أو بالأجزاء الموصلة الخارجية والتجهيزات الكهربائية وأجهزة نقل المعلومات داخل النطاق المراد وقايته.

وعند وجود نظام وقاية من الصواعق على مبنى ما، يمكن للهيكل المعدنى الموجود خارج الحيز المراد وقايته أن يتأثر بذلك، فيجب مراعاة ذلك عند تصميم مثل هذه النظم، وعندها يمكن أن يكون هناك ضرورة لربط هذا الهيكل المعدنى مع وصلة تساوى الجهد الموجودة بالمبنى.

وإذا كان من المطلوب تأمين وقاية جيدة لموصلات الخدمات (كابلات قوى، كابلات معلومات، إلخ...) من تأثير الصواعق، فيجب عندئذٍ استخدام وصلة تساوى جهد توصل إليها جميع الأغلفة المعدنية لهذه الكابلات، وتربط هذه الوصلة مع أقطاب الأرض، (أنظر الشكل رقم (٤/ ٤٦)).



شكل (٤/٤٦): وصلة تساوى جهد توصل إليها الموصلات المعدنية الداخلة إلى المبنى

٤/٧-٣-١ وصلة تساوى الجهد للتجهيزات المعدنية

عند تنفيذ وصلة تساوى الجهد يراعى التالى:

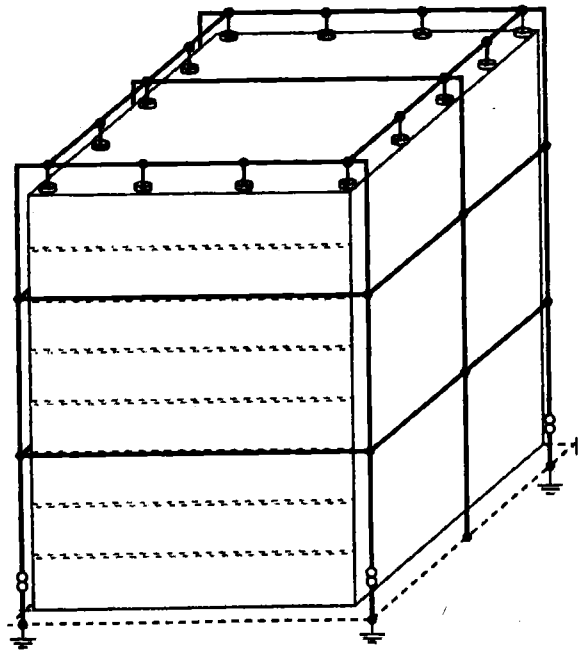
أ) تكون الوصلة فى مستوى البدروم أو فى مستوى الدور الأرضى تقريبا، يجب ربط موصلات الربط مع قضيب تساوى الجهد، بحيث يسهل الوصول إلى هذا القضيب لفحصه. كذلك يجب ربط قضيب تساوى الجهد مع شبكة التأريض العمومية. وفى المبانى الكبيرة يمكن ربط أكثر من قضيب معا

ب) تكون الوصلة فوق الأرض بفواصل رأسية لا تتجاوز الأبعاد الواردة فى الجدول رقم (٣/٤) عندما تزيد ارتفاعات المبانى عن ٢٠ مترا، وتربط قضبان الربط مع الموصلات الحلقية الأفقية التى تصل الموصلات الهابطة مع بعضها، (أنظر الشكل رقم (٤٧/٤)).

ملحوظة:

يراعى أن وجود وصلات تساوى جهد للتجهيزات المعدنية داخل النطاق المراد وقايته غير ضرورى فى الحالات التالية:

- المبانى ذات الهياكل المعدنية
- فى نظام الوقاية من الصواعق المعزول، ولكن يجب تركيب وصلة تساوى الجهد فى مستوى الأرض فقط.



شكل (٤٧/٤): تمديد موصلات حلقية حول منشأ مرتفع

- يجب فى حالة استخدام قطع من المواسير المعزولة فى خطوط الغاز أو فى مواسير المياه، أن تقصر هذه القطع بنبائط تفريغ جهد بأقل مقطع مسموح لوصلة تساوى الجهد من النحاس أو الحديد المجلفن ٥٠ مم٢ .

ويمكن تحقيق تساوى الجهد كما يلى:

- بموصلات الربط عندما لا يكون تحقيق الاستمرارية الكهربائية بالوصلات الطبيعية مضمونا
- عندما يمر تيار الصاعقة كاملاً أو جزء كبير منه باستخدام موصلات الربط، وتكون أقل أبعاد لمقطع موصلات الربط كما هو وارد فى الجدول رقم (٩/٤)، وفى الحالات الأخرى التى يمر فيها جزء غير كبير من تيار الصاعقة، تحدد المقاطع وفقا لما هو وارد فى الجدول رقم (١٠/٤)
- تستخدم نبائط تفريغ الجهد (SPD)، حين لا يُسمح باستخدام موصلات الربط، كما يجب أن تركب نبائط تفريغ الجهد بطريقة يسهل فحصها.

جدول (٩/٤): أقل مساحة مقطع لموصلات الربط الحاملة للجزءالأساسى من تيار الصاعقة

مستوى الوقاية	المادة	المقطع (مم٢)
من I إلى IV	Cu	١٦
	Al	٢٥
	Fe	٥٠

جدول (٤/١٠): أقل مساحة مقطع لموصلات الربط الحاملة للجزء غير الهام من تيار الصاعقة

مستوى الوقاية	المادة	المقطع (مم٢)
من I إلى IV	Cu	٦
	Al	١٠
	Fe	١٦

٤/٧-٣-٢ وصلة تساوى الجهد للأجزاء الموصلة الخارجية

يجب وضع وصلة تساوى الجهد للأجزاء الموصلة الخارجية والداخلة إلى المبنى، قدر الإمكان بالقرب من نقطة دخول هذه الأجزاء إلى المبنى، ويجب توقع مرور الجزء الأكبر من تيار الصاعقة من خلال موصلات الربط، ولهذا يجب تطبيق المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٤/٩).

٤/٧-٣-٣ شروط خاصة عند استخدام وصلة تساوى الجهد فى التجهيزات الكهربائية وتجهيزات الاتصالات والأجزاء الموصلة الخارجية

عندما يتطلب الأمر وجود نظام خارجى للوقاية من الصواعق، يجب وصل التجهيزات المعدنية الكهربائية وكذلك الخاصة بنظم المعلومات والأجزاء الموصلة الخارجية الأخرى، فى مستوى الأرض إلى شبكة التأريض العمومية للمبنى.

٤/٧-٣-٤ وصلة تساوى الجهد للتجهيزات الكهربائية وتجهيزات الاتصالات فى الحالات العامة

يجب تركيب وصلة تساوى الجهد للتجهيزات الكهربائية وتجهيزات الاتصالات قدر الإمكان عند أقرب نقطة من دخولها المبنى.

ويمكن الاكتفاء بالربط مع طبقة التحجيب فقط، إذا كانت الموصلات محجبة أو ضمن مجارى معدنية وبشرط أن تكون المقاومة الكهربائية لهذه الطبقة صغيرة، بحيث لا يشكل فرق الجهد عليها خطراً على الكابل أو على التجهيزات الموصولة معه.

ويتم ربط جميع موصلات الخطوط بشكل مباشر أو غير مباشر، ويتم أيضا باستخدام نبائط تفريغ

الجهد (SPD)، ربط موصلات الأطوار إلى نظام الوقاية من الصواعق، وفى نظام توزيع التأريض من النموذج (TN) يجب ربط موصلات التأريض الوقائى (PE) أو الموصلات المدمجة للتأريض والوقاية (PEN) مباشرةً إلى نظام الوقاية من الصواعق.

٤/٧-٤ مسافة الأمان (d)

عند عدم التمكن من استخدام وصلات تساوى الجهد، وبهدف تجنب خطر حدوث شرارات تفريغ، يجب زيادة مسافة التقارب (S) بين نظام الوقاية من الصواعق والتركيبات المعدنية، كذلك المسافة بين الأجزاء الموصلة الخارجية والخطوط بحيث تصبح أكبر من مسافة الأمان:

حيث:

$$S \geq d$$

$$d = K_i \times \frac{K_C}{K_m} \times l \quad (m) \qquad (4-15)$$

حيث :

K_i : ثابت يتعلق بمستوى الوقاية المختار لنظام الوقاية من الصواعق المطبق فى المبنى كما هو وارد فى الجدول رقم (٤/١١)

K_C : معامل تجزئة التيار (قيمة التيار الذى يسرى فى كل موصل من الموصلات الهابطة)، ويعتمد على نوع التأريض وعدد الموصلات الهابطة، (أنظر الأشكال أرقام (٤/ ٣٥)، (٤/ ٣٦)، (٤/ ٣٧)).

أما قيمة K_C فى حالة استخدام لواقط ممدة بشكل أفقى وقطب تأريض من النموذج B كما هو موضح فى الشكل رقم (٤/٤٠)، فتحسب من المعادلة رقم (٤-٩).

K_m : ثابت يتعلق بمادة العزل فى المسافة الفاصلة (أنظر الجدول رقم (٤/١٢))

l : طول الموصل الهابط بدءاً من نقطة التقارب المعتبرة وحتى أقرب نقطة وصل تساوى الجهد

جدول (٤/١١): قيم الثابت K_i المستخدم لحساب مسافة الأمان

مستوى الوقاية	K_i
I	0.08
II	0.06
III و IV	0.04

جدول (٤/١٢): قيم الثابت (K_m) المستخدم لحساب مسافة الأمان

نوع مادة الفصل	K_m
هواء	1
PVC	20
PE	60

تتحقق متطلبات التقارب فى مبانى الأسمنت المسلح بواسطة حديد التسليح المعشق، وكذلك فى المبانى ذات الهيكل المعدنى والمبانى ذات الأداء المكافئ لوسائل التحجيب.

يجب المحافظة على مسافة الأمان بين موصلات النظام الخارجى للوقاية، وجميع الأجزاء الموصلة المربوطة مع وصلة تساوى الجهد للمبنى.

ويجب ربط الأغلفة المعدنية لكابلات القوى الكهربائية، والتجهيزات الخاصة بالتليفونات، ونظم المعلومات مع وصلات تساوى الجهد، وذلك بالإضافة إلى التجهيزات المعدنية الموجودة داخل المبنى. أما فى المبانى التى تستخدم فيها التجهيزات المعدنية (مثل أسياخ حديد التسليح فى الخرسانة المسلحة) كمكونات طبيعية للموصلات الهابطة فى نظام الوقاية من الصواعق، فتؤخذ النقطة المرجعية اللازمة لحساب الطول l بأنها نقطة الربط بين موصلات نظام الوقاية مع هذه الموصلات الهابطة الطبيعية فى الحالات التالية:

١- مبانى من الخرسانة المسلحة، يؤخذ حديد التسليح المتشابك مع بعضه البعض

٢- المبانى المعدنية (المبنى من هيكل معدنى يحوى نوافذ عريضة من الزجاج)

٣- المبانى المحجبة

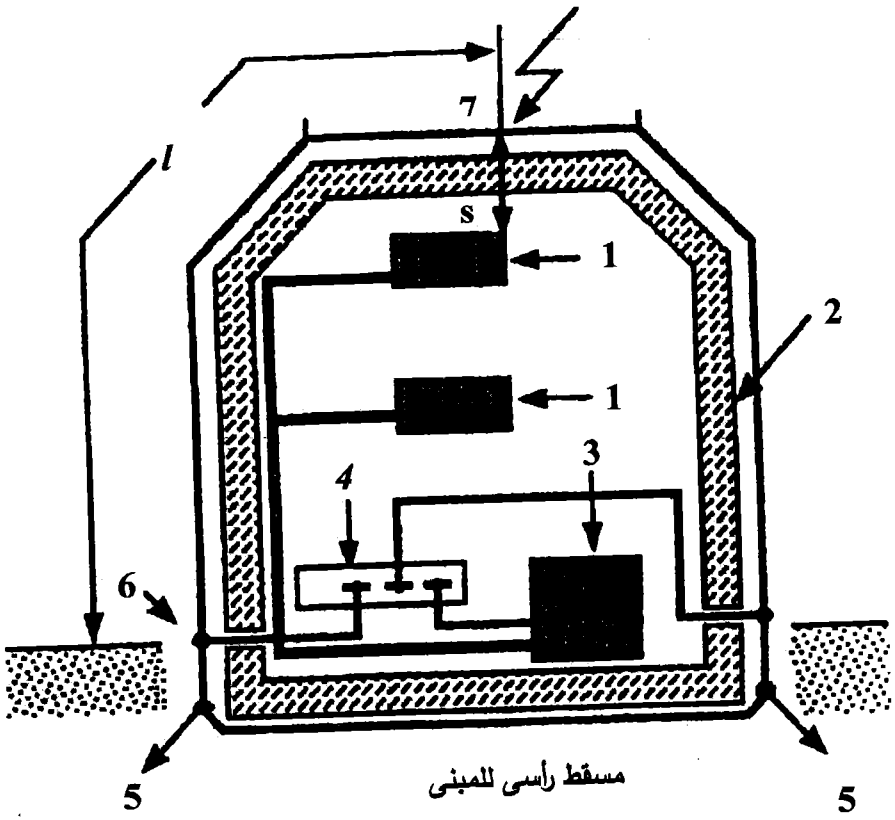
٤- نظام الوقاية المعزول

ويجب تمديد موصلات تساوى الجهد فى مستوى سطح الأرض. ويمكن فى بعض الحالات

الخاصة أن يمدد نظام تساوى الجهد فى مستوى السقف.

ويتم فى المبانى الصناعية استخدام الموصلات المعدنية الموجودة فى المبنى وفى السقف المعدنى، كموصلات تحجيب من تأثير المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة، وكمكونات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق بالإضافة إلى استخدامها فى تساوى الجهد. أما فى المبانى التى لا تحتوى أسطحها الخارجية على أجزاء معدنية موصلة، مثل المبانى الخشبية والمبانى المنشأة من الحجارة، أو القرميد، فيجب عند حساب مسافة الأمان، مراعاة أن الطول l هو المسافة الكلية على طول الموصل الخارجى للوقاية من الصواعق، وذلك من نقطة الإصابة بالصاعقة وحتى النقطة التى تربط الموصل الهابط مع وصلة تساوى الجهد للنظام الداخلى للوقاية.

تبين الأشكال أرقام (٤٨/٤)، (٤٩/٤) كيفية حساب الطول الحدى l اللازم لحساب مسافة الأمان.



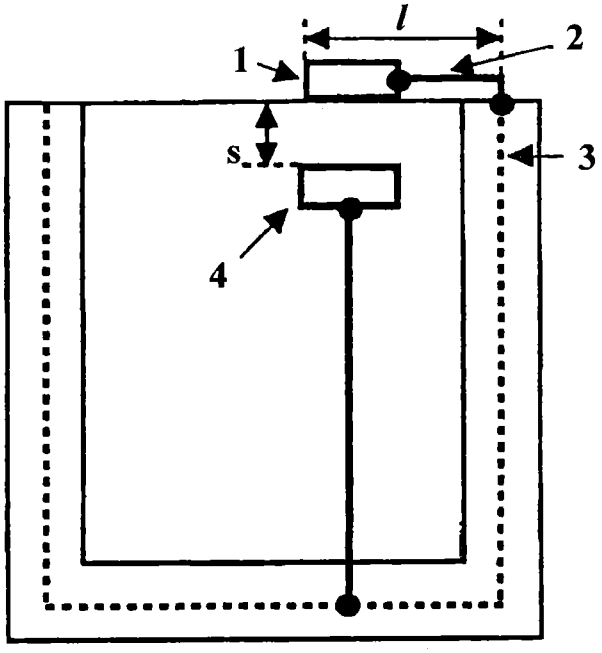
مسقط رأسى للمبنى

1 : جسم معدنى
2 : جدار من خشب أو قرميد
3 : غلاف
4 : وصلة تساوى الجهد
5 : نظام التأريض
6 : ربط وصلات تساوى الجهد مع الموصلات الهابطة والتأريض
7 : نقطة الإصابة
l: الطول اللازم لحساب مسافة الأمان
s : مسافة التقارب : $s \geq d$ حيث d : مسافة الأمان

ملاحظة :

البناء من القرميد

شكل (٤/ ٤٨): بيان كيفية حساب المسافة l فى حال الإصابة المباشرة بصاعقة لنقطة فى المبنى (المسافة بين نقطة الإصابة وبين نقطة ربط وصلة تساوى الجهد مع الموصلات الهابطة)



مسقط رأسى للمبنى

1 : تجهيزات معدنية على السطح
2 : موصلات ربط
3 : حديد التسليح للجدران
4 : تجهيزات معدنية داخل البناء
l : الطول اللازم لحساب مسافة الأمان
s : مسافة التقارب : $s \geq d$
حيث d مسافة الأمان

شكل (٤/ ٤٩): تحديد الطول l اللازم لحساب مسافة الأمان فى مبنى جدرانه من الحديد المسلح

عندما تكون المسافة بين موصلات الوقاية من الصواعق المركبة على السطح (اللواقط) والتجهيزات الكهربائية داخل المبنى أقل من مسافة الأمان المطلوبة، فيجب فى هذه الحالة، إما نقل موصلات الوقاية المركبة على السطح، أو نقل التجهيزات الكهربائية من داخل المبنى إلى مكان آخر.

ويجب فى المبانى الكبيرة وعند تعذر جعل المسافة بين موصلات الوقاية من الصواعق والتجهيزات المعدنية أكبر من مسافة الأمان على امتداد التجهيزات، ربط هذه التجهيزات مع موصلات تساوى الجهد فى نقطة أخرى تكون أبعد نقطة عن نقطة الربط السابقة. فى هذه الحالة سيسرى جزء من تيار الصاعقة فى التجهيزات المعدنية، ونتيجة لهذا التيار سيتم بالحث إنتاج

مجال كهرومغناطيسى، مما يستوجب مراعاته عند تصميم نظام الوقاية. وفى هذه الحالة يجب إما تمديد الموصلات الكهربائية بحيث تتحقق مسافة الأمان المطلوبة أو تمديد هذه الموصلات داخل مواسير معدنية تربط مع الموصلات الهابطة فى أبعد نقطة عن وصلة تساوى الجهد.

عندما توصل التجهيزات المعدنية مع نظام الوقاية من الصواعق مع وصلة تساوى الجهد وفى أبعد نقطة عن هذه الوصلة، يجب المحافظة على مسافة الأمان على طول المسافة بالكامل.

٤/٧-٥ موصل الربط

يسرى جزء من تيار الصاعقة فى الموصلات التى تربط بين التجهيزات المعدنية الخارجية، ونظام الوقاية من الصواعق. ويجب أن تحقق مساحة مقطع هذه الموصلات المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٤/٩) أو أن تكون قادرة على تحمل جزء من تيار الصاعقة.

يجب أن يتحمل موصل الربط جزءا من تيار الصاعقة الذى يسرى فيه بدون أى ضرر. ويجب ألا يسرى أى جزء من تيار الصاعقة فى الموصلات التى تربط بين التجهيزات المعدنية الداخلية ووصلات تساوى الجهد، وبالتالى يجب أن تحقق مساحة مقطع هذه الموصلات الشروط الواردة فى الجدول رقم (٤/١٠).

ويوضح الملحق رقم (م٤-١) تفاصيل أكثر عن شبكة موصلات الربط.

الباب الخامس
تصميم الوقاية من المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة

يمكن وقاية التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الموجودة فى المبانى الجديدة من تأثير المجالات الكهرومغناطيسية (Electro Magnetic Compatibility(EMC)) المرافقة لقناة الصاعقة بأقل التكاليف وذلك عند تصميم نظام الوقاية لهذه التجهيزات قبل تنفيذ المبنى. ويمكن فى هذه الحالة استخدام التركيبات المعدنية الموجودة فى المبنى (كأسياخ حديد التسليح مثلاً) لوقاية التجهيزات الكهربائية والإلكترونية.

٥/١ تحجيب وتمديد الموصلات

يجب عند تمديد الموصلات، مراعاة تخفيض قيمتى الجهد والتيار الناتجين بالحث فى التجهيزات الكهربائية والإلكترونية، حيث تعتمد هاتين القيمتين على مساحة الحلقات التى تشكّلها هذه الموصلات. ويمكن تقليل مساحة هذه الحلقات بتمديد الموصلات بالقرب من بعضها البعض، كما يمكن تخفيض هذه القيم أيضاً بتحجيب المبنى أو باستخدام كابلات أو موصلات محجّبة.

٥/٢ تحجيب المبنى

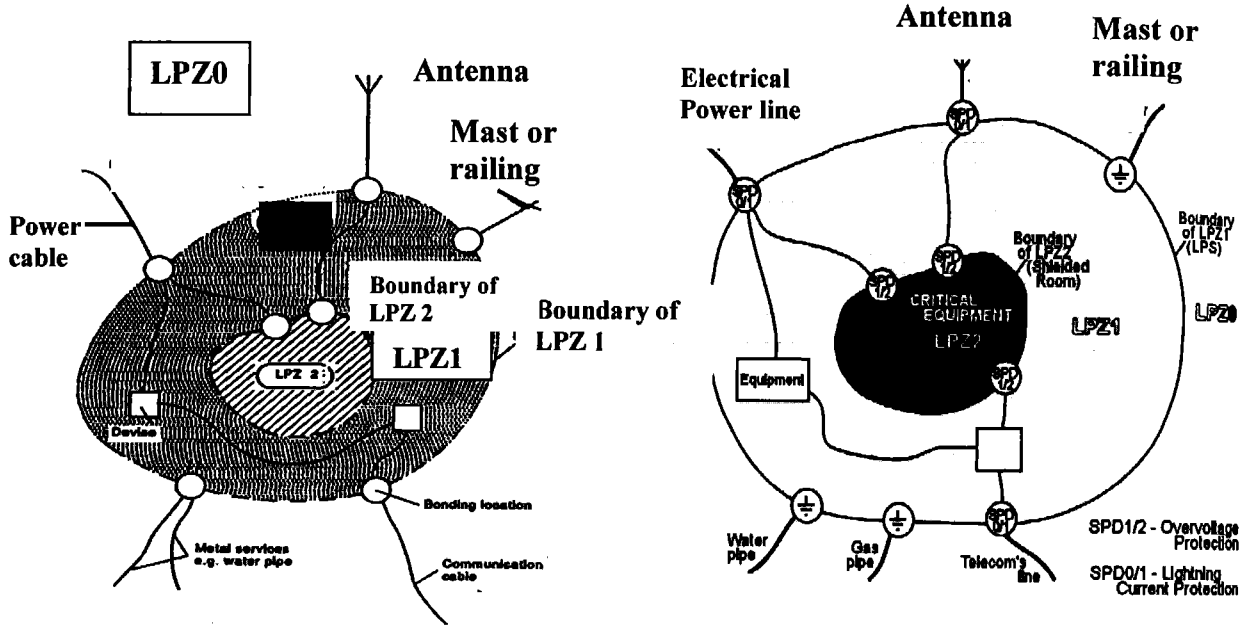
المقصود بتحجيب المبنى هو استخدام مجموعة الموصلات الممدّدة لهذه الغاية أو التركيبات المعدنية الموجودة فى المبنى والتى تستخدم لخفض شدة المجال الكهرومغناطيسى المرافق لقناة الصاعقة داخل مناطق الوقاية بغرض التقليل من قيمة الجهود والتيارات التى تنتج بالحث داخل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية فى المبنى.

٥/٣ مناطق الوقاية من الصواعق LPZ

يعتبر فهم مناطق الوقاية من الصاعقة هو المدخل الرئيسى لفهم الوقاية من الصواعق. وتتركز الفكرة فى الحد من الزيادات الحادة فى التيار والجهد الناتج بالحث عن الصاعقة الداخلة إلى المنشأ. ويكون ذلك بتقسيم المنشأ إلى سلسلة من مناطق الخطر (تتداخل داخل بعضها البعض). ومن خلال الاستخدام الحذر لتقنيات التحجيب ونبائط تفريغ التيار والجهد (SPDs) يكون من المفترض نظريا أن يتم تخفيف آثار حدة ضرب الصاعقة للمنطقة الخارجية من المبنى قبل أن تصل إلى المناطق الداخلية. ويعد نظام الوقاية من الصواعق (LPZ) هو الأساس لمفهوم جميع أنواع الوقاية من الصواعق.

يجب تقسيم الحيز المراد وقايته إلى عدة مناطق وقاية حسب تغير خواص المجال الكهرومغناطيسى المرافق لقناة الصاعقة على حدود هذه المناطق.

ويبين الشكل رقم (١/٥) رسما تخطيطيا لمناطق الخطر. وتتم السيطرة على تأثير الزيادات الحادة التى تأتى للمبنى من الخارج بواسطة التأريض من خارج كل منطقة تحجيب إلى داخل منطقة التحجيب المجاورة لها،. وتجدر الإشارة إلى ضرورة الحد من الزيادات الكبيرة على كابلات القوى وكابلات البيانات الداخلة للمبنى.

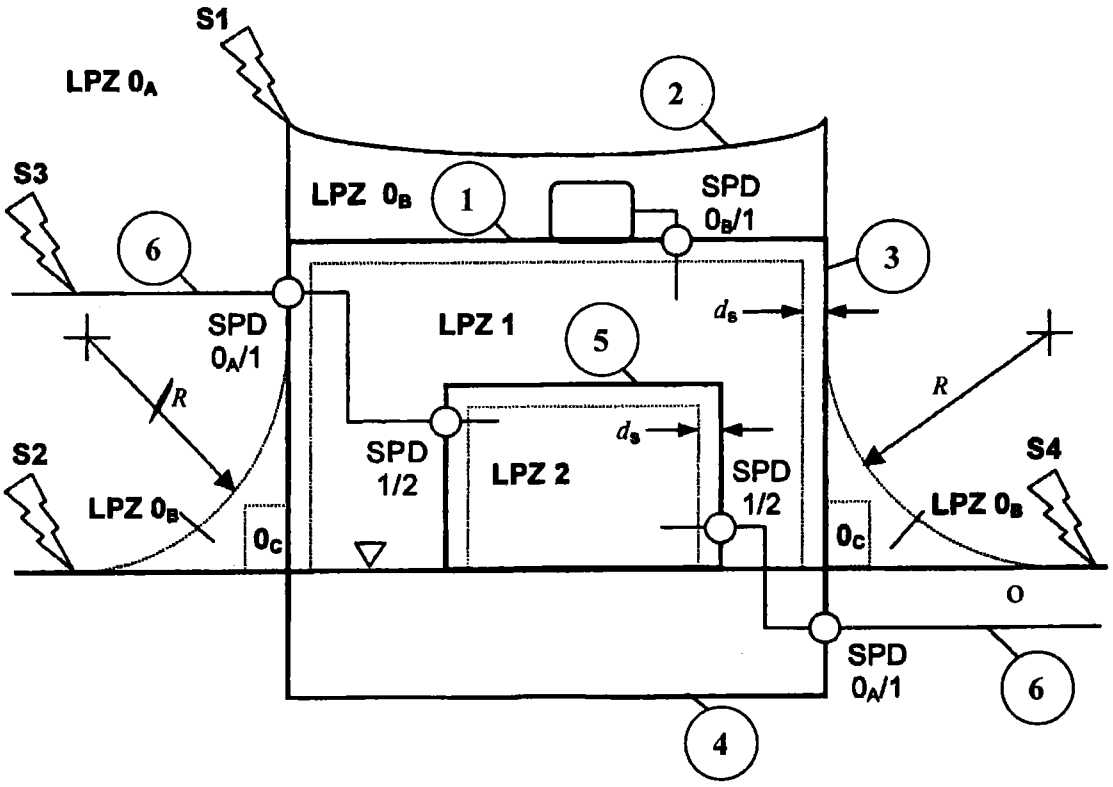


- SPD (Surge Protection Device) : نبيطة وقاية تحد من موجات الجهد الزائد العابر ولتوجيه تيار الصاعقة النبضى للأرض

شكل (١/٥): رسم تخطيطى لتقسيم مناطق الوقاية

ويوضح الشكل الغرض لتخفيف تأثير الصاعقة القادمة من الخارج. النظام الوارد فى المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC للمناطق LPZ له علاقة مع نبائط الوقاية ووقاية المنشآت التى تم اعتبارها مناسبة، وبالتالى فإن تنظيم استخدامها أصبح مطلوبا. فعلى سبيل المثال، تصر المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC 62305 على أن الصاعقة المباشرة يجب أن تتميز بموجة الاختبار النبضية ٣٥٠/١٠ مللى ثانية.

ويبين الشكل رقم (٢/٥) كيفية تحديد مناطق الوقاية.



1: مبنى (تحجيب منطقة الوقاية LPZ1)
2: لواقط
3: موصلات هابطة
4: وصلات تساوى الجهد
5: تحجيب منطقة الوقاية LPZ2
6: موصلات هوائية وأرضية داخلة إلى المبنى
SPD: نبيطة تفريغ تيار أو جهد

S1: الإصابة المباشرة للمبنى بصاعقة
S2: الإصابة بالقرب من المبنى
S3: إصابة الموصلات الداخلة إلى المبنى إصابة مباشرة
S4: إصابة بالقرب من الموصلات
R : نصف قطر كرة الصاعقة
d_s : مسافة الأمان

شكل (٢/٥): مسقط رأسى لمبنى مبين به التقسيم إلى عدة مناطق وقاية

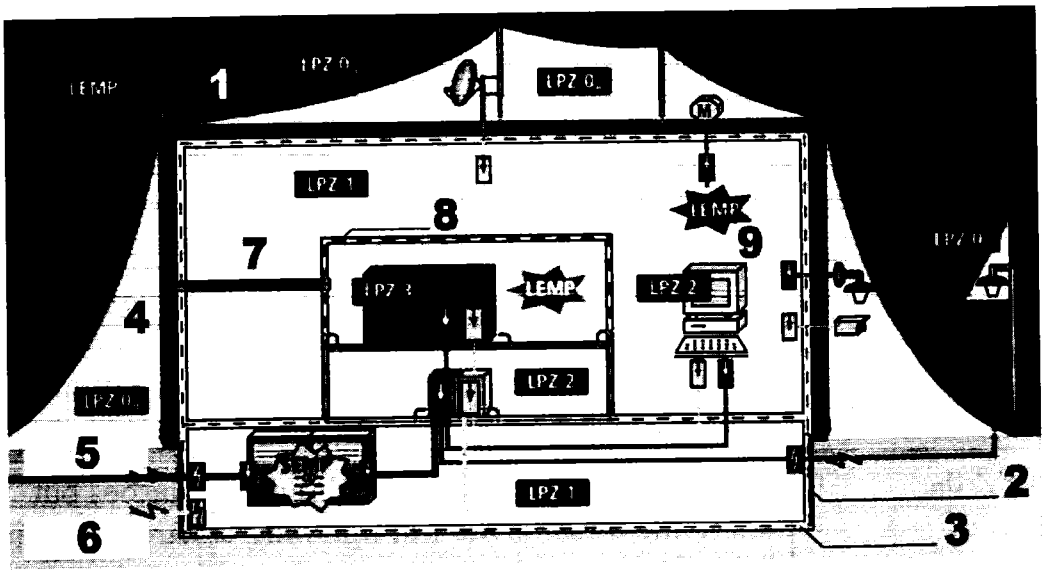
وتعود الحاجة لتشكيل مناطق وقاية داخلية (LPZ1, LPZ2, ... LPZn) إلى الصمود الكهربائى وحساسية التجهيزات الكهربائية والإلكترونية المراد وقايتها. ويجب كما يبين الشكل رقم (٢/٥)، توصيل جميع الموصلات الداخلة إلى المبنى مع وصلات تساوى الجهد على حدود منطقة الوقاية (LPZ0/ LPZ1). إضافةً إلى ذلك، تُربط جميع الموصلات التى تدخل إلى منطقة الوقاية LPZ2 (مثلاً غرفة حاسبات أو مركز تحكم وسيطرة، إلخ...) مع وصلات تساوى الجهد على حدود منطقة الوقاية (LPZ1/ LPZ2).

ولكن هناك بعض المشاكل الفنية وهى:

١) تمثيل الصاعقة بموجة نبضية ٣٥٠/١٠ مللى ثانية قد لا يطابق الواقع الفعلى

٢) استخدام فجوة لإحداث شرارة "مانعات الصواعق" به الكثير من العيوب الجوهرية

وتم تطوير مفهوم وقاية مناطق الصاعقة ليكون وسيلة متكاملة فى الوقاية من الصواعق. وفيها يتم تقسيم الحيز المراد وقايته إلى مناطق مختلفة (أنظر الشكل رقم (٣/٥)).



شكل (٣/٥): تقسيم مناطق الوقاية

1 **Air termination system**
2 **Foundation earthing electrode**
3 **Steel reinforcement**
4 **Down conductor system**
5 **Low voltage power supply system**
6 **IT system**
7 **Air ventilation system**
8 **Spatial shield**
9 **Terminal equipment**

Lightning equipotentional bonding Lightning current arrester (SPD Type 1)

Local equipotentional bonding Surge arrester (SPD Type 2, SPD Type 3)

Lightning equipotentional bonding Lightning current arrester

Local equipotentional bonding Surge arrester

ويتشكل هذا بواسطة تحجيب المبنى والغرف والمعدات باستخدام المكونات المتوفرة (مثل الواجهات المعدنية، حديد التسليح والحاويات المعدنية، إلخ...).

من ناحية المنطقة ($LPZ0_A$)، حيث تضرب الصاعقة مباشرة وتنمو المجالات الكهرومغناطيسية الناشئة عن الصاعقة التى لم يصبها الوهن بعد
(Lightning Electromagnetic Pulse, (LEMP)) ، فإن مناطق الوقاية من الصواعق تتبع انخفاضا فى الخطر فى ضوء التداخلات التى حدثت والآثار المترتبة على ذلك.
يبين الجدول رقم (٥/١) التعريفات لمناطق الوقاية من الصواعق (LPZ) كما وردت فى المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC 62305-4.

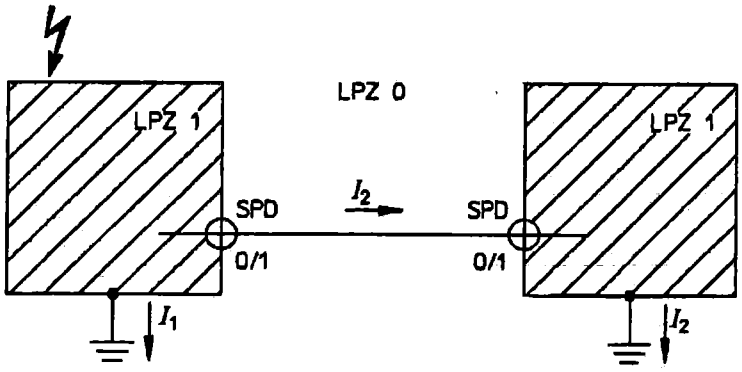
جدول (٥/١): تعريفات مناطق الوقاية من الصواعق (LPZ)

LEMP protection of structures with electrical and electronic systems in **accordance with IEC 62305-4**	
Zone	**Description**
LPZ 0_A	Zone where the threat is due to the direct lightning flash and the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to full lightning surge current.
LPZ 0_B	Zone protected against direct lightning flashes but where the threat is the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to partial lightning surge currents.
LPZ 1	Zone where the surge current is limited by current sharing and by SPDs at the boundary. Spatial shielding may attenuate the lightning electromagnetic field.
LPZ 2	Zone where the surge current may be further limited by current sharing and by additional SPDs at the boundary. Additional spatial shielding may be used to further attenuate the lightning electromagnetic field.

٥/٤ ربط مناطق الوقاية مع بعضها البعض

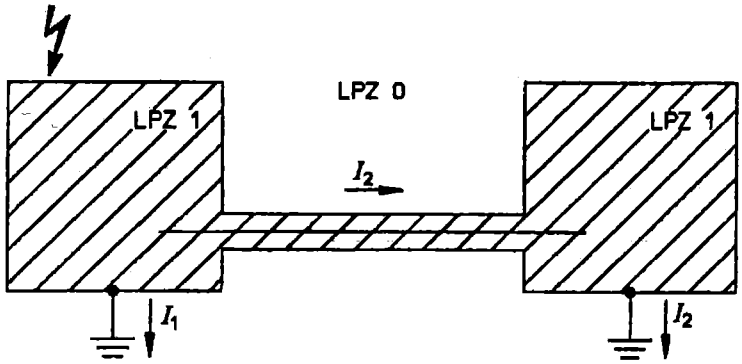
يكون توصيل مناطق الوقاية المتشابهة مع بعضها البعض ضرورياً، عند وجود موصلات معدنية (كابلات قوى أو معلومات) تصل بين مبنيين منفصلين ولها نفس رقم منطقة الوقاية وذلك باستخدام نبائط تفريغ جهد أو تيار على حدود منطقة الوقاية. يبين الشكل رقم (٥/٤) كيفية ربط منطقتى وقاية مع بعضهما البعض. ويلاحظ من هذا الشكل الاستغناء عن استخدام نبائط تفريغ

جهد أو تيار عند استخدام كابلات محجّبة أو خنادق كابلات لربط مناطق الوقاية المختلفة.



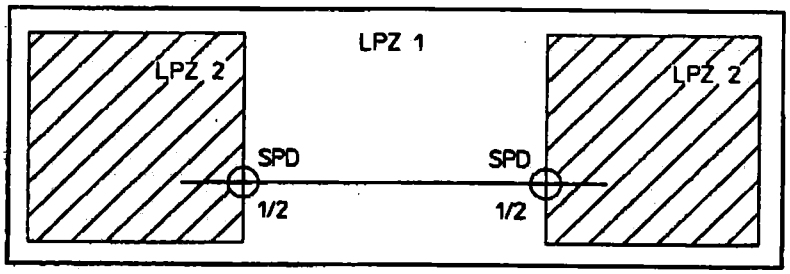
I_1 ، I_2 أجزاء تيار الصاعقة

(أ) ربط منطقتى وقاية LPZ1 باستخدام نبائط تفريغ جهد على حدود منطقة الوقاية

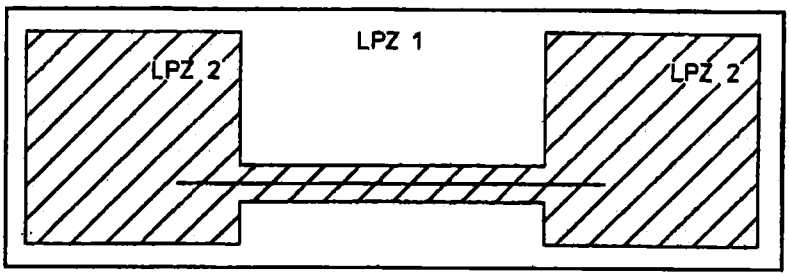


I_1، I_2 أجزاء تيار الصاعقة

(ب) ربط منطقتى وقاية LPZ1 باستخدام كابلات محجّبة أو خنادق للكابلات



(ج) ربط منطقتى وقاية LPZ2 باستخدام نبائط تفريغ جهد على حدود منطقة الوقاية

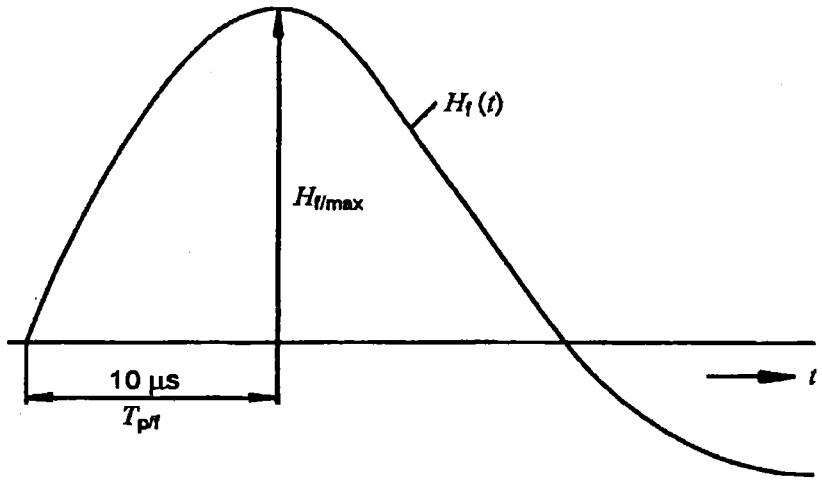


(د) ربط منطقتى وقاية LPZ2 باستخدام كابلات محجّبة أو خنادق للكابلات

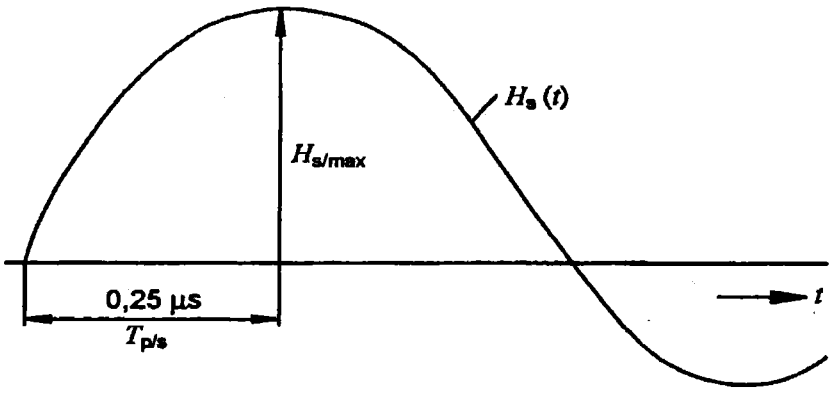
شكل (٥/٤): ربط منطقتى وقاية مع بعضهما

٥/٥ شدة المجالات الكهرومغناطيسية داخل مناطق الوقاية LPZ0

يتسبب التغيّر الزمنى السريع جداً لتيار الصاعقة فى توليد مجالات كهرومغناطيسية كبيرة. فتيار النبضة الأولى (الرائدة) يولد المجال الكهرومغناطيسى H_f ، وتيار النبضة المرتدة يولد المجال الكهرومغناطيسى H_s ، كما أن شكل المجال الكهرومغناطيسى يشبه تماماً شكل التيار المسبب له. يبين الشكل رقم (٥/٥) شكل المجال الكهرومغناطيسى طبقا للمواصفات الكهروتقنية الدولية IEC.



أ) شكل توضيحى للمجال الكهرومغناطيسى الناتج عن النبضة الأولى (الرائدة)
(10/350 µs) بتردد 25 kHz



ب) شكل توضيحى للمجال الكهرومغناطيسى الناتج عن النبضة المرتدة للتيار
(0.25/100 µs) بتردد 1 kHz

f: النبضة الرائدة

s: النبضة المرتدة

$H_{fmax} / H_{smax} = 4/1$

شكل (٥/٥): شكل موجات المجال الكهرومغناطيسى حسب المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC 61000-4-10

وتتحدد شدة المجال الكهرومغناطيسى H_0 للمنطقة (LPZ0) بدلالة التيار بشكل عام من العلاقة التالية:

$$H_0 = \frac{I_0}{2\pi \cdot S_a} \quad (A/m) \qquad (5-1)$$

حيث:

I_0: قيمة تيار الصاعقة حسب درجة الوقاية (أمبير)

S_a: المسافة بين مكان الإصابة والنقطة المراد تحديد شدة المجال عندها (م)

وبالتالى تتحدد شدة المجال فى مناطق الخارجية للوقاية LPZ0 نتيجة النبضة الرائدة والمرتدة لتيار الصاعقة من العلاقتين التاليتين:

$$(H_0)_{f\max} = I_{f\max} / (2\pi \cdot S_a) \quad (A/m) \qquad (5-2)$$

$$(H_0)_{S\max} = I_{S\max} / (2\pi \cdot S_a) \quad (A/m) \qquad (5-3)$$

حيث:

$(H_0)_{f\max}$: القيمة العظمى لشدة المجال داخل منطقة الوقاية LPZ0 نتيجة النبضة الرائدة

$(H_0)_{S\max}$: القيمة العظمى لشدة المجال داخل منطقة الوقاية LPZ0 نتيجة النبضة المرتدة

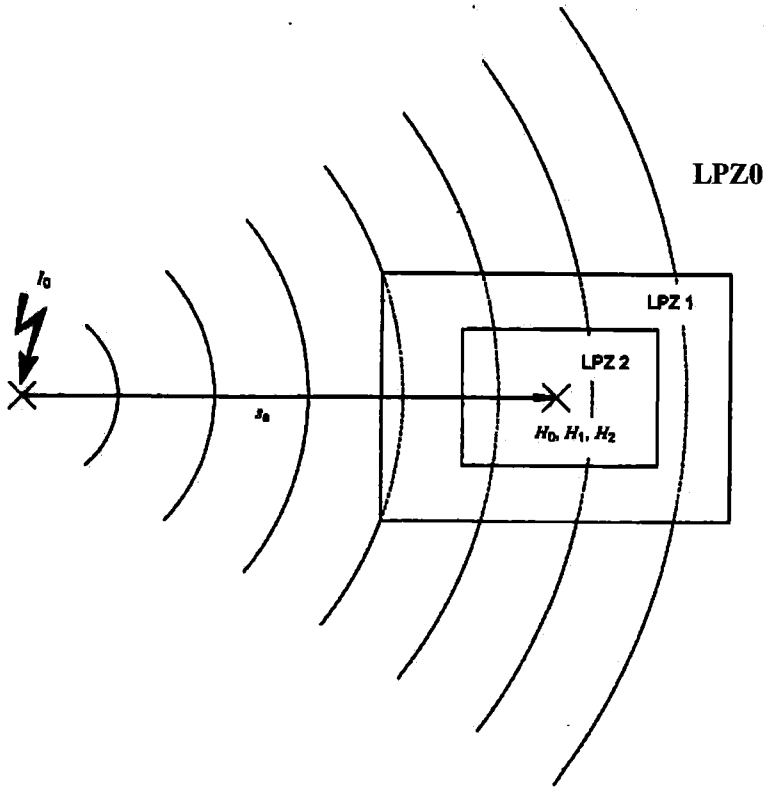
$I_{f\max}$: القيمة العظمى لتيار النبضة الرائدة حسب مستوى الوقاية، (أنظر الجدول رقم (٨/٤))

$I_{S\max}$: القيمة العظمى لتيار النبضة المرتدة حسب مستوى الوقاية، (أنظر الجدول رقم (٨/٤))

وتختلف شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل مناطق الوقاية الخارجية (LPZ1 , LPZ2) حسب مكان الإصابة. ولتحديد القيمة العظمى لتيار النبضة الرائدة والنبضة المرتدة، يرجع إلى الجدول رقم (٨/٤).

٦/٥ شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حال الإصابة غير المباشرة

يبين الشكل رقم (٦/٥) شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل مناطق الوقاية فى حال الإصابة غير المباشرة (يمكن اعتبار موجة المجال مستوية).



بدون تحجيب	$H_0 = \frac{I_0}{2 \cdot \pi \cdot S_a}$
داخل منطقة الوقاية LPZ1	$H_1 = \frac{H_0}{10^{SF1/20}}$
داخل منطقة الوقاية LPZ2	$H_2 = \frac{H_1}{10^{SF2/20}}$

حيث SF1, SF2 معامل التحجيب فى الحالتين، أنظر الجدول رقم (٢/٥).

شكل (٦/٥): شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل مناطق الوقاية فى حال الإصابة غير المباشرة

تعتمد عملية تخفيض شدة المجال داخل منطقة الوقاية LPZ1 من H_0 إلى H_1 بمعامل التحجيب S_F لمنطقة الوقاية:

$$H_{1/max} = \frac{H_{0/max}}{10^{S_F/20}} \qquad (5-4)$$

حيث:

H_0: شدة المجال داخل منطقة الوقاية

S_F : معامل التحجيب، ويحسب من العلاقات الواردة فى الجدول رقم (٢/٥) (dB)

جدول (٢/٥): معامل التحجيب لتخفيض المجال الكهرومغناطيسى

	معامل التحجيب لتخفيض المجال الكهرومغناطيسى(*) $S_F(dB)$	
	(للنبضة الأولى) 25 kHz	(للنبضة المرتدة) 1 MHz
نحاس أو ألمنيوم	$20\times\log(8.5/M)$	$20\times\log(8.5/M)$
حديد مجلفن	$20\times\log\left[\frac{(8.5/M)}{1+18\times10^{-6}/r^2}\right]$	$20\times\log(8.5/M)$

M: أبعاد فتحات التحجيب (م)

r: نصف قطر موصلات التحجيب (م)

(*)

$S_F = 0$ عندما تكون نتيجة العلاقة سالبة

S_F تزداد بمقدار 5 dB عند استخدام حلقات تساوى جهد

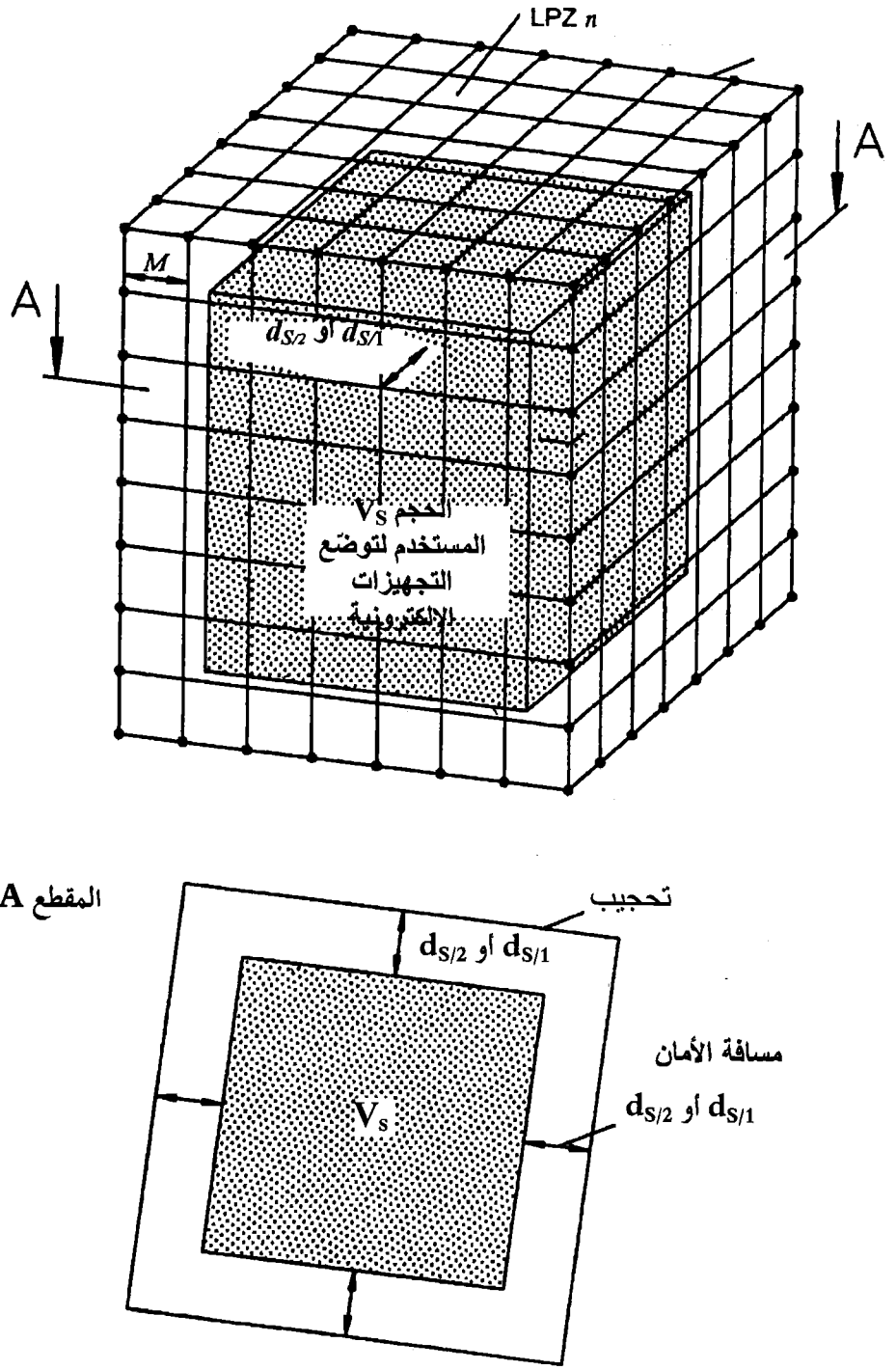
شدة المجال الكهرومغناطيسى نتيجة النبضة الرائدة :

$$(H_1)_{f\,max} = \frac{(H_0)_{f\,max}}{10^{S_F/20}} \qquad (A/m) \qquad (5-5)$$

شدة المجال الكهرومغناطيسي نتيجة النبضة المرتدة:

$$(H_1)_{S\max} = \frac{(H_0)_{S\max}}{10^{S_F/20}} \qquad (A/m) \qquad (5-6)$$

وتعد هذه القيمة صحيحة لحيز V_s داخل منطقة الوقاية مع مسافة أمان، (انظر الشكل رقم (٧/٥)).



شكل (٧/٥): الحجم V_S الذى يمكن استخدامه لوضع التجهيزات الإلكترونية داخل مناطق الوقاية LPZn

ويمكن حساب مسافة الأمان من العلاقة التالية:

$$d_{S/1} = \frac{M \cdot S_F}{10} \qquad (5-7)$$

إذا كانت $S_F > 10$

وتكون:

$$d_{S/1} = M$$

إذا كانت $S_F < 10$

حيث:

M: أبعاد فتحات التحجيب (م)

ويعود هذا السبب إلى القيمة الكبيرة لشدة المجال الكهرومغناطيسى بالقرب من الجدار نتيجة جزء تيار الصاعقة الذى يسرى فى موصلات التحجيب.

٧/٥ شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حالة الإصابة المباشرة

تتحدد شدة المجال الكهرومغناطيسى فى أى نقطة داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حالة الإصابة المباشرة بشكل عام من العلاقة التالية:

$$H_1 = k_H \times I_0 \times \left(\frac{M}{d_w \times \sqrt{d_r}}\right) \qquad (A/m) \qquad (5-8)$$

حيث:

d_r: أقصر مسافة بين النقطة المراد حساب شدة المجال عندها وبين السقف، (م)

d_W: أقصر مسافة بين النقطة المراد حساب شدة المجال عندها وبين جدار منطقة الوقاية LPZ1، (م)

I_0: تيار الصاعقة حسب مستوى الوقاية، (A)

k_H: ثابت لمستوى الوقاية المطلوب = $0.01/\sqrt{M}$

M : أبعاد فتحات التحجيب فى منطقة ا الوقاية LPZ1 ، (م)

ويتم أخذ القيمة المتوسطة لها إذا كانت هذه الفتحات غير متساوية.

وبالتالى، تتحدد شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 الناتجة عن النبضة ا الرائدة والنبضة المرتدة من العلاقات التالية:

$$H_{1/f\max} = k_H \times I_{f\max} \times \left(\frac{M}{d_w \times \sqrt{d_r}}\right) \quad (A/m) \qquad (5-9)$$

$$H_{1/S\max} = k_H \times I_{S\max} \times \left(\frac{M}{d_w \times \sqrt{d_r}}\right) \quad (A/m) \qquad (5-10)$$

حيث:

$I_{f\max}$: القيمة العظمى لتيار النبضة الرائدة حسب مستوى الوقاية، (أنظرالجدول رقم (٨/٤))

$I_{S\max}$: القيمة العظمى لتيار النبضة المرتدة حسب مستوى الوقاية، (أنظرالجدول رقم (٨/٤))

ملاحظة:

شدة المجال الكهرومغناطيسى تقل بمقدار النصف فى حال تنفيذ حلقات تساوى الجهد.

وهذه القيم لشدة المجال الكهرومغناطيسى تكون صحيحة داخل الحجم V فى حال كون المسافة $d_{S/2} = M$ كما هو مبين فى الشكل رقم (٧/٥).

٨/٥ شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ2 وأكبر

لا يسرى جزء كبير من تيار الصاعقة فى مناطق الوقاية LPZ2 وأكبر منها، لذلك يمكن بالمقارنة مع التخفيض الحاصل فى شدة المجال بين منطقة الوقاية (0/1) وباستخدام معامل التحجيب S_F الوارد فى الجدول رقم (٢/٥)، حساب شدة المجال الكهرومغناطيسى فى هذه المناطق من العلاقة التالية:

$$H_{n+1} = \frac{H_n}{10^{S_F/20}} \quad (A/m) \qquad (5-11)$$

حيث:

H_n : شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZn

S_F : معامل التحجيب، ويحسب كما هو وارد فى الجدول رقم (٢/٥)

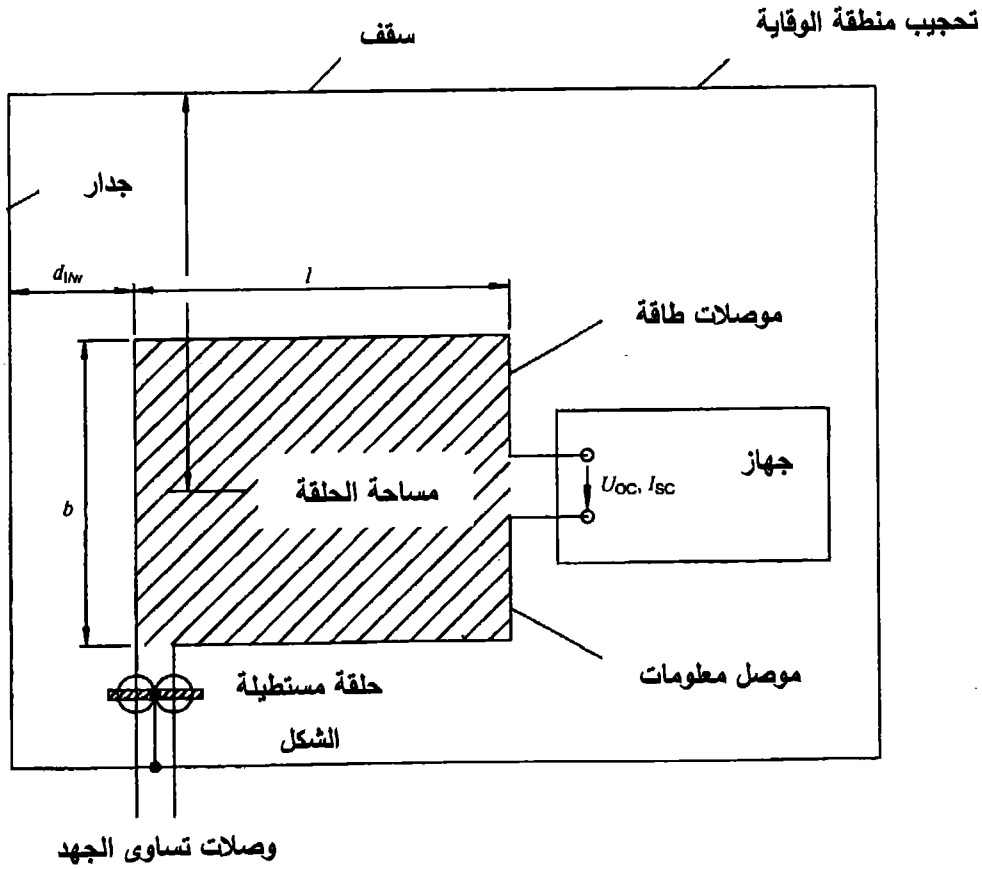
وهذه القيم صحيحة لمسافة $d_{s/2} = M$ كما هو مبين فى الشكل رقم (٦/٥).

ويوضح الملحق رقم (م٥) مثالا لحساب شدة المجال المغناطيسى داخل مناطق الوقاية.

٩/٥ حساب الجهود والتيارات الناتجة بالحث فى الحلقات

تؤخذ حلقة الموصلات المعدنية المختلفة على شكل مستطيل كما هو مبين فى الشكل رقم (٨/٥).

ملاحظة: إذا كانت الحلقة المشكلة بين الموصلات غير مستطيلة الشكل يمكن تحويلها إلى شكل مستطيل له نفس المساحة.



شكل (٨/٥): الجهود والتيارات الناتجة بالحث فى الحلقات

٥/١٠ الجهد والتيار الناتج بالحث داخل منطقة الوقاية LPZ1 فى حالة الإصابة غير المباشرة

تتحدد قيمة الجهد الناتج بالحث "U" على حيز ما بفرض أن المجال الكهرومغناطيسى داخل الحجم V_S فى منطقة الوقاية LPZ1 منتظم، من العلاقة التالية:

$$U_{0C} = \mu_0 \times b \times l \times \frac{dH_1}{dt} \qquad (V) \qquad (5-12)$$

وأثناء زمن جبهة الموجة T_1 يتم الحصول على القيمة العظمى للجهد الناتج بالحث $(U_{oc})_{max}$ من العلاقة التالية:

$$(U_{oc})_{max} = \mu_0 \times b \times l \times \frac{(H_1)_{max}}{T_1} \qquad (V) \qquad (5-13)$$

حيث:

μ_0: *معامل* سماحية الفراغ، ويساوى $4\pi\times10^{-7}$ (H/m)

b: عرض الحلقة، (م)

H_1: شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1، (A/m)

$(H_1)_{max}$: الفيمة العظمى لشدة المجال الكهرومغناطيسى العظمى داخل منطقة الوقاية LPZ1،(A/m)

l: طول الحلقة، (م)

T_1: زمن جبهة الموجة النبضية للمجال الكهرومغناطيسى وتساوى زمن الجبهة لنبضة التيار (ثانية)

وتعطى قيمة تيار القصر I_{SC} بين طرفى الحلقة فى الجهاز الكهربائى بالعلاقة التالية (طالما أهملنا المقاومة الأومية للموصلات):

$$I_{SC} = \mu_0 \times b \times l \times \frac{H_1}{L} \qquad (A) \qquad (5-14)$$

القيمة العظمى للتيار تعطى بالعلاقة:

$$(I_{sc})_{\max} = \mu_0 \times b \times l \times \frac{(H_1)_{\max}}{L} \qquad (A) \qquad (5-15)$$

حيث:

L: المحاثة الذاتية للحلقة، وتتحدد من العلاقة التالية:

$$L = \left\{ 0.8 \times \sqrt{l^2 + b^2} - 0.8(l+b) + 0.4 \times l \times \ln\left(\frac{2b/r}{1+(b/l)^2}\right) + \right.$$
$$\left. + 0.4 \times b \times \ln\left(\frac{2l/r}{1+\sqrt{1+(l/b)^2}}\right) \right\} \times 10^{-6} \quad (5-16)$$

حيث :

r: نصف قطر موصل الحلقة

وبالتالى تتحدد القيم العظمى للتيار والجهد نتيجة النبضة الرائدة ($T_1 = 10\ \mu s$) من العلاقات التالية:

$$(I_{sc})_{f\max} = 1.26 \times 10^{-6} \times b \times l \times (H_1)_{f\max} \qquad (A) \qquad (5-17)$$

$$(U_{oc})_{f\max} = 0.126 \times b \times l \times (H_1)_{f\max} \qquad (V) \qquad (5-18)$$

ونتيجة النبضة المرتدة:

$$(I_{sc})_{S\max} = 1.26 \times 10^{-6} \times b \times l \times (H_1)_{S_{\max}} \qquad (A) \qquad (5-19)$$

$$(U_{oc})_{S\max} = 5.04 \times b \times l \times (H_1)_{S_{\max}} \qquad (V) \qquad (5-20)$$

حيث:

$(H_1)_{f\max}$: القيمة العظمى لشدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 نتيجة النبضة الأولى

$(H_1)_{S\max}$: القيمة العظمى لشدة المجال الكهرومغناطيسى داخل منطقة الوقاية LPZ1 نتيجة النبضة المرتدة

٥/١١ حساب الجهد والتيار فى منطقة الوقاية LPZ1 فى حال الإصابة المباشرة

تتحدد قيمة الجهد U_{0C} الناتجة على حيز ما من العلاقة التالية:

$$U_{0C} = \mu_0 \times b \times \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \times k_H \times \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \times \frac{dI_0}{dt} \quad (V) \qquad (5-21)$$

وتحدث القيمة العظمى للجهد خلال زمن الجبهة T_1:

$$(U_{oc})_{\max} = \mu_0 \times b \times \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \times k_H \times \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \times \frac{(I_0)_{\max}}{T_1} \quad (V) \qquad (5-22)$$

حيث:

μ_0 : سماحية الفراغ، وتساوى $4\pi \times 10^{-7}$ $[H/m]$

b : عرض الحلقة، (م)

$d_{1/W}$: بعد الحلقة عن الجدار $d_{1/W} \geq d_S/2$، (م)

$d_{1/r}$: بعد الحلقة عن السقف، (م)

$(I_0)_{\max}$: القيمة العظمى لتيار الصاعقة حسب مستوى الوقاية، (A)

k_H : ثابت = $0.01/\sqrt{M}$

l : طول الحلقة ، (م)

T_1 : زمن الجبهة لنبضة تيار الصاعقة، (ثانية)

M : أبعاد فتحات التحجيب، (م)

وتتحدد قيمة التيار عند إهمال المركبة الأومية لمقاومة الموصلات من العلاقة التالية:

$$I_{SC} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \cdot k_H \cdot \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \cdot \frac{I_0}{L} \quad [A] \qquad (5-23)$$

وتتحدد القيمة العظمى للتيار من العلاقة التالية:

$$(I_{sc})_{\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \cdot k_H \cdot \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \cdot \frac{(I_0)_{\max}}{L} \quad [A] \qquad (5-24)$$

حيث:

L : المحاثة الذاتية للحلقة (H)، وتتحدد من العلاقة (٥-١٥)

وتتحدد القيم العظمى للجهد والتيار نتيجة النبضة الرائدة من العلاقات التالية:

$$(U_{sc})_{f\max} = 1.26 \cdot b \cdot \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \cdot k_H \cdot \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \cdot I_{f\max} \quad [V] \qquad (5-25)$$

$$(I_{sc})_{f\max} = 1.26\times10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \cdot \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \cdot \frac{I_{f\max}}{L} \quad [A] \qquad (5-26)$$

وتتحدد القيم العظمى للجهد والتيار نتيجة النبضة المرتدة من العلاقات التالية:

$$(U_{sc})_{S\max} = 50.4 \cdot b \cdot \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \cdot \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \cdot I_{S\max} \quad [V] \qquad (5-27)$$

$$(I_{sc})_{S\max} = 1.26\times10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1+\frac{l}{d_{1/W}}) \cdot \frac{M}{\sqrt{d_{1/r}}} \cdot \frac{I_{S\max}}{L} \quad [A] \qquad (5-28)$$

حيث:

$I_{f\max}$: القيمة العظمى للتيار نتيجة الضربة الرائدة

$I_{S\max}$: القيمة العظمى للتيار نتيجة الضربة المرتدة

١٢/٥ حساب الجهد والتيار فى مناطق الوقاية LPZ ≥ 2

يمكن استخدام نفس العلاقات السابقة لحساب الجهد والتيار الناتج بالحث فى الحلقات التى تشكلها الموصلات داخل هذه المناطق بعد الاستعاضة عن قيمة H_1 بالقيمة H_n وبفرض أن المجال الكهرومغناطيسى متجانس داخل مناطق الوقاية LPZn حيث $n \geq 2$.

ويوضح الملحق رقم (م٥) مثالا لحساب الجهد والتيار الناتج بالحث داخل مناطق الوقاية.

الباب السادس
تنفيذ النظام الخارجى للوقاية من الصواعق

١/٦ لواقط الصواعق

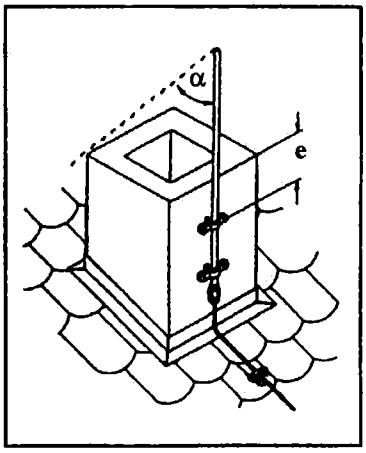
يجب تركيب لواقط الصواعق للحصول على نظام جيد للوقاية من الصواعق. كما يجب توصيل اللواقط المركبة فوق السقف مع الموصلات الهابطة بشكل جيد، وتكون المسافات بين المثبتات المستخدمة لتثبيت هذه الموصلات الهابطة على سطح أو الجدار كما هو مبين فى الجدول رقم (٢/٢).

٢/٦ أمثلة على تنفيذ نظام خارجى للوقاية من الصواعق

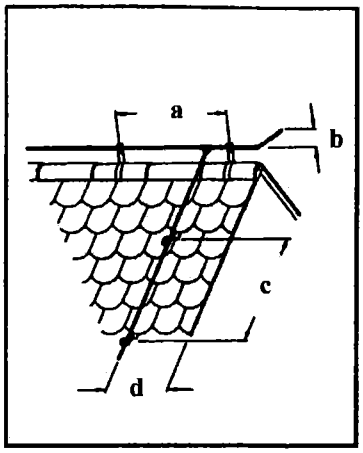
تمدد لواقط نظام الوقاية من الصواعق فى المبانى ذات الأسقف المائلة (المغطاة بالقرميد)، على قمة السقف المائل، بحيث تُربط هذه اللواقط مع الموصلات الهابطة من جهتين على الأقل. يبين الشكل رقم (١/٦) أ، ب، ج، د كيفية تمديد اللواقط على السطح، وتثبيت الموصلات الهابطة على الواجهات والمسافات المقترحة بين المثبتات المستخدمة.

يجب أن تثبّت الموصلات الموجودة على السطح والموصلات التى تصل بين إبر الوقاية (اللواقط) على السطح بواسطة مثبتات معدنية موصلة أو من البلاستيك (غير موصلة)، كذلك يجب تثبيت هذه الموصلات على واجهات المبنى، عندما لا تكون هذه الواجهات مصنوعة من مواد قابلة للاشتعال.

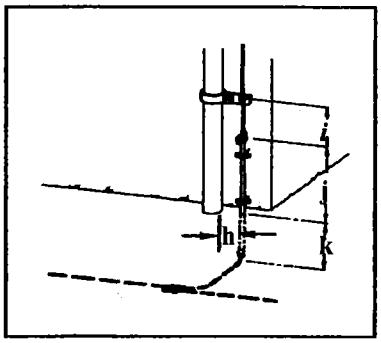
كما يبين الشكل رقم (١/٦) أ ، ب، ج، د كيفية تثبيت الموصلات المعدنية على أسطح مائلة، أما الشكل رقم (٢/٦) فيبين كيفية تثبيت الموصلات المعدنية على سطح مستو عند استخدام لواقط وموصلات طبيعية.



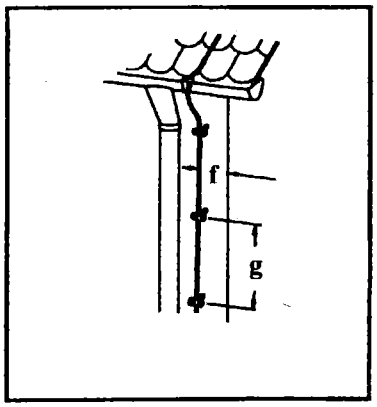
ب) تمديد نظام الوقاية لمدخنة مبنى بواسطة لواقط إبرية حسب نظرية زاوية الوقاية



أ) تمديد موصلات لواقط وموصلات هابطة مربوط معها على قمة سطح مائل عند القمة



د) علبة تفتيش (وصلة اختبار) على موصل مثبت بجوار الماسورة المعدنية لصرف المطر (المزراب)

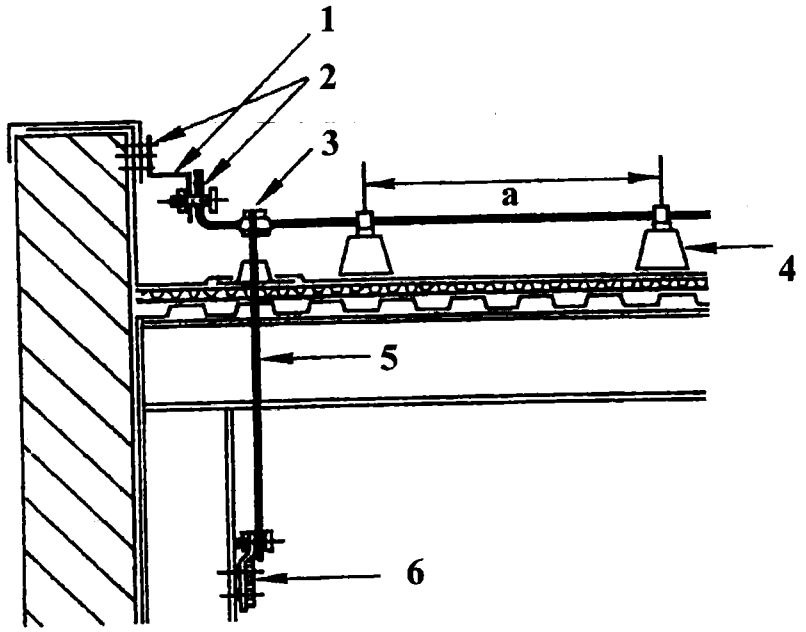


ج) تثبيت الموصل الهابط على الماسورة المعدنية لصرف المطر (المزراب)

الأبعاد المسموحة للتثبيت :

a = 1 m	d = 0.4 m	g = 1 m	j = 1.5 m
b = 0.15 m	e = 0.2 m	h = 0.05 m	k = 0.5 m
c = 1 m	f = 0.2 m	i = 0.3 m	

شكل (١/٦): أمثلة لكيفية تمديد اللواقط على أسطح مائلة من القرميد وتثبيت الموصلات الهابطة



1 : موصل ربط مرن　　2 : مثبتات

3 : مثبتات على شكل حرف T　　4 : تثبيت الموصلات

5 : ماسورة عبور مطاطية (يمرر الموصل بداخلها) لمنع تسرب المياه

6 : وصلة اختبار

ملاحظة:

تستخدم النتوءات المعدنية البارزة على السطح كلواقط طبيعية، وتربط هذه النتوءات مع الأعمدة المعدنية التى تستخدم كموصلات طبيعية. المسافة a تتراوح بين (٠.٨ - ١.٠) م

شكل (٢/٦): استخدام الموصلات المعدنية الموجودة على السطح كلواقط طبيعية فى نظام الوقاية من الصواعق

ويجب أن تراعى فى هذه الحالة النقاط التالية:

أ- يجب استخدام موصلات إضافية تربط مع التجهيزات المعدنية، وبالتالى يسرى جزء من تيار الصاعقة عبر هذه التجهيزات إلى الأرض نظرا لأن مسافة الأمان تكون كبيرة فى المبانى الضخمة ولا يمكن المحافظة عليها ثابتة

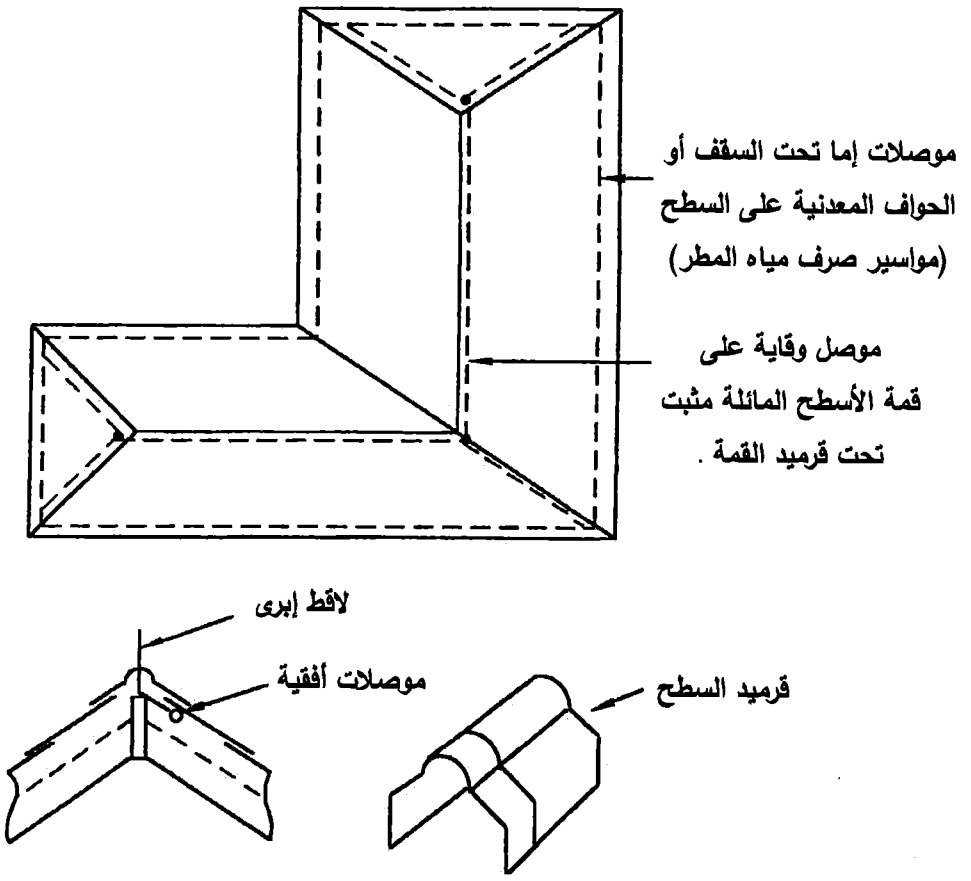
ب- يسبب جزء تيار الصاعقة الذى يسرى فى هذه التجهيزات مجالا كهرومغناطيسيا يؤثر عليها، لذلك يجب مراعاة هذه الحالة عند تصميم نظام الوقاية من الصواعق، وكذلك عند تحديد مناطق الوقاية داخل المبنى، إلا أنه فى هذه الحالة يكون أثر المجال

الكهرومغناطيسى أقل بكثير من الأثر الذى يحدث عند حدوث شرارة خطيرة فى هذه النقطة

ج- فى حالة عدم القدرة على نقل التجهيزات الكهربائية والإلكترونية إلى مسافة الأمان المطلوبة، يجب استخدام موصلات تساوى الجهد بين هذه التجهيزات وموصلات نظام الوقاية

ويجب تمديد موصلات هابطة إضافية فى المبانى العالية، وتربط هذه الموصلات الهابطة مع اللواقط الممددة على قمة السقف المائل. ويجب المحافظة قدر الإمكان على تمديد الموصلات بشكل أفقى.

ويمكن تمديد اللواقط فوق السقف أو أسفله فى الأسقف المصنوعة من مواد غير موصلة، مع العلم بأن تمديدها تحت السقف أسهل ويحميها من الصدأ، ولكن فى هذه الحالة يجب أن تبرز إبر معدنية مربوطة مع اللواقط الممددة تحت السقف، وبالتالى يتم تجنب أثر الضربة المباشرة على السطح. ويكون ارتفاع الإبر المدببة التى تبرز فوق السقف حوالى ٣٠٠ مم، ويعتمد البعد بين هذه الإبر على مستوى الوقاية المطلوب وعلى ارتفاع هذه الإبر فوق السقف. فعلى سبيل المثال، تبلغ المسافة ١٠ أمتار بين الإبر التى ارتفاعها فوق السقف حوالى ٣٠٠ مم لمستوى وقاية II، بينما تكون هذه المسافة ٥ أمتار لمستوى وقاية I، (أنظر الشكل رقم (٣/٦)).



شكل (٣/٦): لواقط الوقاية وموصلات الوقاية المخفية (ممددة تحت السقف) لمبنى ارتفاعه أقل من ٢٠ مترا و له سطح مائل

يجب تمديد اللواقط الهوائية في المبانى ذات الأسقف المستوية على الحواف الخارجية للمبنى، وإذا لم يكن ذلك ممكناً لسبب ما، فيجب عندها تمديد هذه الموصلات قدر الإمكان بالقرب من حواف المبنى. ويبين الشكل رقم (٢٨/٤) نظام خارجى للوقاية من الصواعق مركب على سطح مستوٍ من مواد عازلة (خشب أو قرميد). ويبين الشكل رقم (٢٣/٤) كيفية تمديد موصلات الوقاية الخارجية على سطح مصنوع من مادة عازلة بارتفاعات مختلفة.

يجب تثبيت جميع موصلات الوقاية من الصواعق بشكل جيد بحيث تتحمل الإجهادات الناتجة عن الرياح والظروف الجوية والأعمال التى يمكن أن تجرى على السطح.

يمكن استخدام جميع التركيبات المعدنية الموجودة على السطح كمكونات طبيعية لنظام الوقاية، ويمكن اعتبار الأجزاء التالية مكونات طبيعية للشبكة الهوائية:

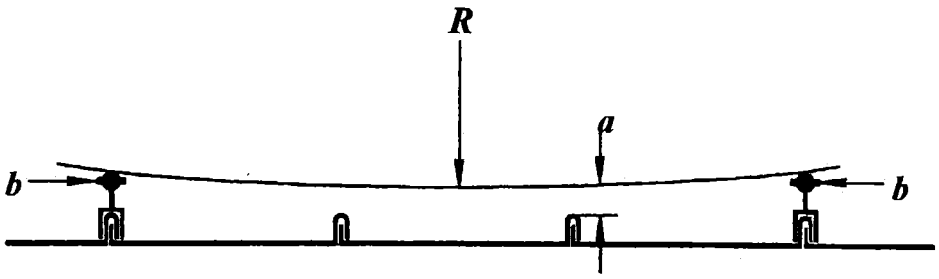
أ- صفائح معدنية تغطى النطاق المراد وقايته، بشرط أن يتحقق الآتى:

- أن تكون الاستمرارية الكهربائية بين الأجزاء المختلفة لهذه التركيبات دائمة
- ألا تقل سماكة الصفيحة المعدنية عن القيمة t_1 المعطاة فى الجدول رقم (١/٦) وذلك إذا كان من الضرورى أخذ الحذر من حدوث خرق للصفيحة إذا تعرضت لضربة صاعقة أو مراعاة مشاكل تكون بقعة ساخنة
- ألا تقل سماكة الصفيحة المعدنية عن السماكة t_2 المعطاة فى الجدول رقم (١/٦)، إذا لم يكن من المهم منع حدوث خرق للصفائح أو عدم مراعاة اشتعال أى مادة قابلة للاحتراق تحتها مباشرة
- ألا تكون مغطاة بمادة عازلة
- تستثنى المواد غير المعدنية الموجودة على أو فوق التركيبات المعدنية من النطاق المراد وقايته
- في حال عدم السماح بانصهار جزء من معدن الصفيحة فوق السقف، يجب تمديد لواقط أفقية فوق هذه الصفائح (أنظر الأشكال أرقام (٤/٦) حتى (٩/٦))، وعند استخدام مثبتات من مادة عازلة لتثبيت هذه اللواقط على الصفائح المعدنية، يجب المحافظة على مسافة الأمان، أما عند استخدام مثبتات من مادة موصلة لتثبيت هذه اللواقط على الصفائح المعدنية، فإن جزء تيار الصاعقة الذى سوف يسرى فيها، يجب ألا يسبب أى ضرر.

ب- المكونات المعدنية لسقف الهيكل (كمر الجمالون - حديد التعشيق) الموجودة تحت السقف غير المعدنى شريطة إمكانية استثناء الجزء الأخير من النطاق المراد وقايته.

جدول (١/٦): أقل سماكة للصفائح المعدنية أو سماكة جدران المواسير المعدنية فى الشبكة الهوائية

مستوى الوقاية	المادة	السماكة t_1 (مم)	السماكة t_2 (مم)
من I إلى IV	نحاس	٤	٠.٥
	ألومونيوم	٥	٠.٧
	حديد	٧	٠.٥



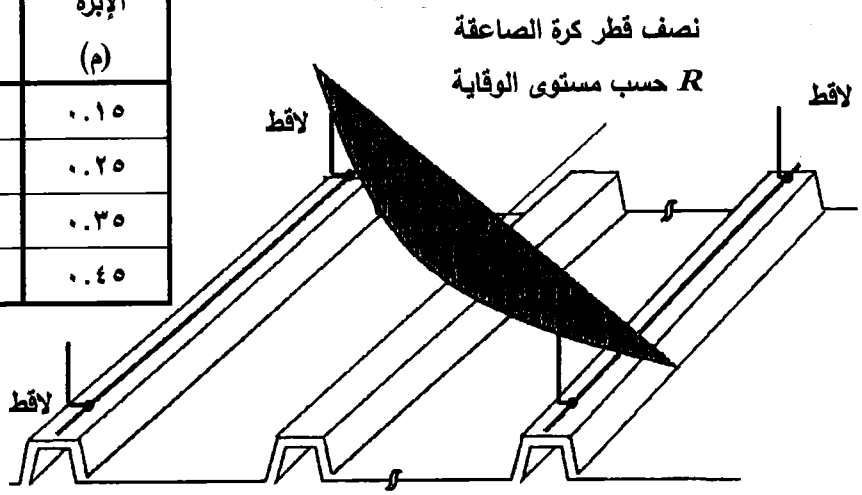
R : نصف قطر كرة الصاعقة حسب الجدول

a : يجب ألا تلامس كرة الصاعقة الأجزاء المعدنية على السطح

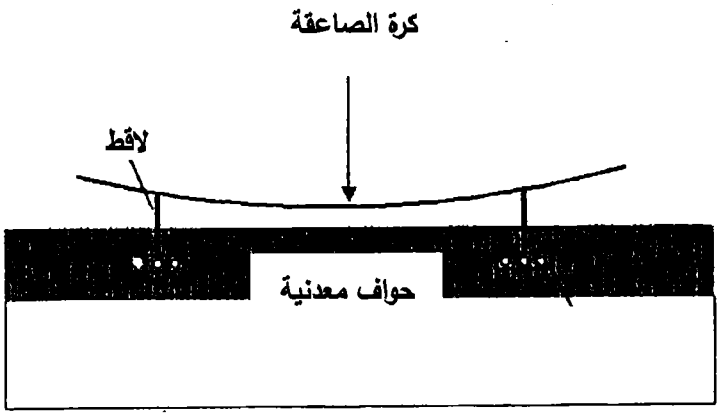
b : لاقط وقاية أفقى

شكل (٤/٦): تنفيذ لواقط نظام الوقاية من الصواعق على سقف مصنوع من مواد موصلة (صفائح معدنية) عندما يكون انصهار جزء من الصفائح غير مسموح به

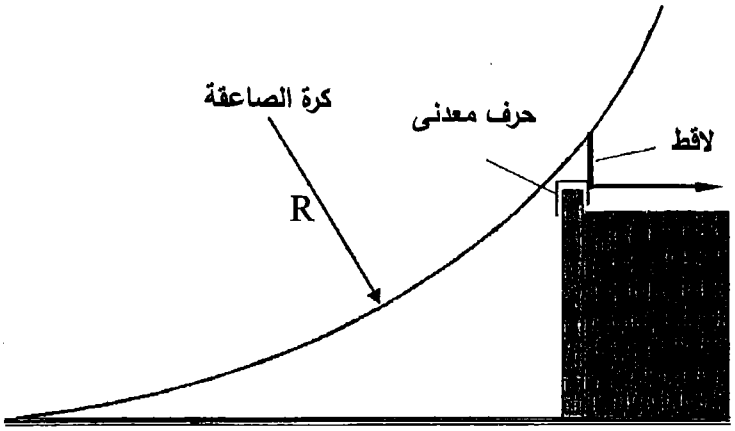
ارتفاع الإبرة (م)	البعد بين الموصلات الأفقية (م)
٠.١٥	٣
٠.٢٥	٤
٠.٣٥	٥
٠.٤٥	٦



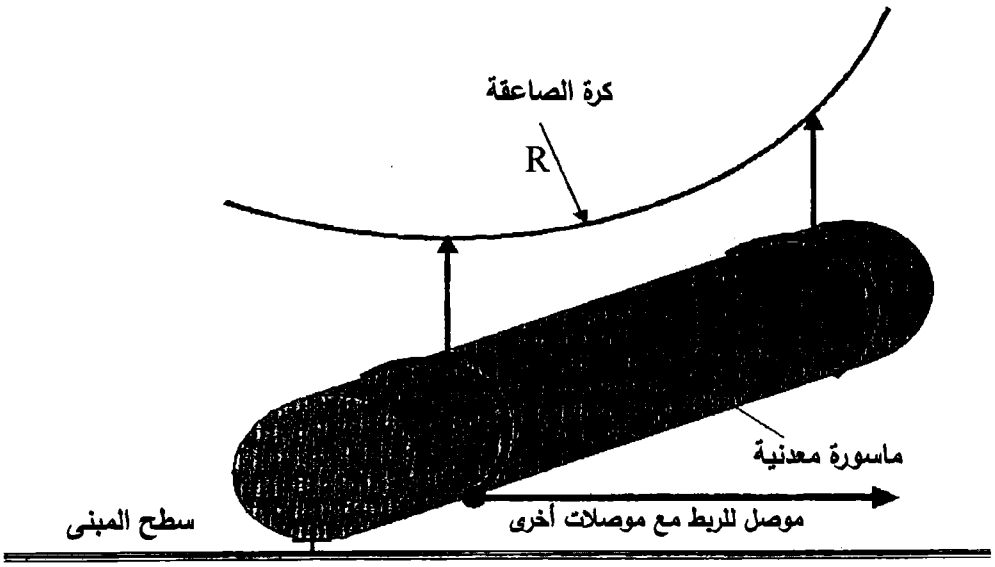
شكل (٦/٥): لواقط إضافية مركبة على سطح معدنى، وتربط هذه اللواقط مع السقف (ارتفاع هذه اللواقط يتعلق بالبعد بين الموصلات الأفقية)



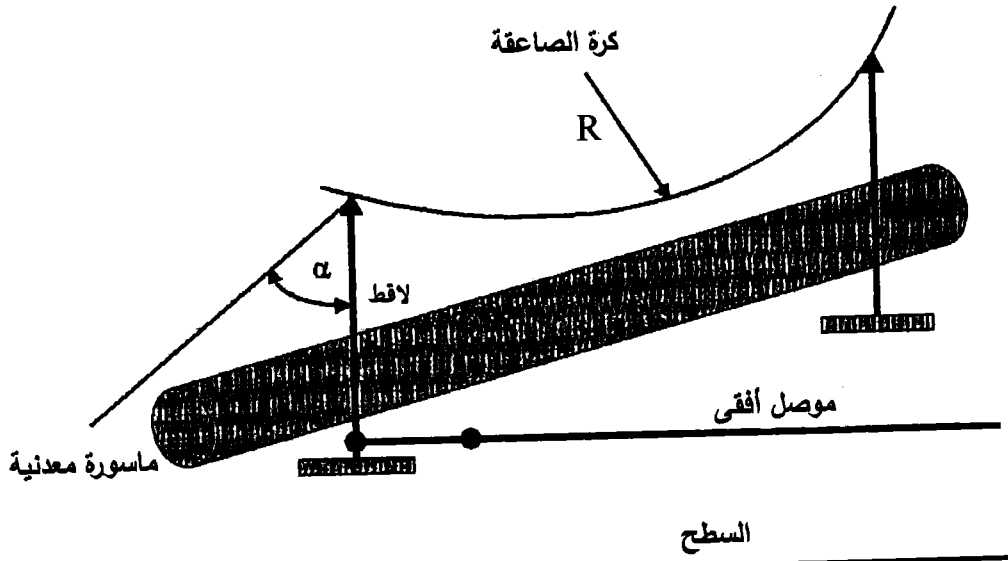
شكل (٦/٦): مثال على وقاية حواف معدنية للمبنى عندما يكون انصهارها غير مسموح به (مسقط أمامى)



شكل (٦/٧): مثال على وقاية حواف معدنية للمبنى عندما يكون انصهارها غير مسموح (مسقط جانبى)



شكل (٦/٨): مثال على وقاية ماسورة معدنية موجودة على سطح معدنى عندما يكون خرقه غير مسموح به، ولكن يمكن ربط هذه ماسورة مع لواقط أخرى



شكل (٩/٦): مثال على وقاية ماسورة معدنية موجودة على السطح عندما يكون خرقه غير مسموح، ولا يمكن استخدام هذه الماسورة للربط مع لواقط أخرى

ج- الأجزاء المعدنية مثل المزاريب والزخارف والأطر، شريطة ألا يقل مقطعها عن المقطع المسموح للموصلات الهوائية.

د- المواسير والخزانات المعدنية، شريطة ألا تقل سماكتها عن ٢.٥ مم وألا تتسبب فى أية أخطار أو حالات أخرى غير مقبولة فى حال ثقبها.

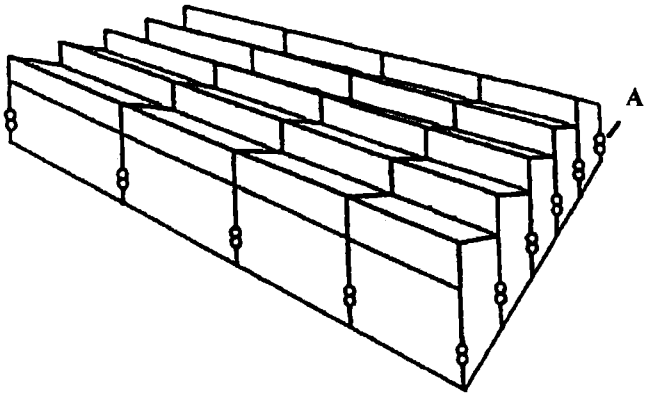
هـ- المواسير والخزانات المعدنية بشكل عام، شريطة ألا تكون مصنوعة من مادة لا تقل سماكتها عن القيمة المعطاة فى الجدول رقم (٦/٢)، وألا يشكل ارتفاع درجة حرارة سطحها الداخلى عند موضع الإصابة أى خطر.

ولا تعتبر طبقة الطلاء الرقيقة أو طبقة الأسفلت سماكة ٠.٥ مم أو طبقة من مادة البلاستيك PVC سماكة ١ مم طبقة عازلة.

ويجب عند استخدام بعض المواسير المعدنية الخاصة (مواسير تنقل مواد قابلة للاشتعال أو للانفجار) فى نظام الوقاية من الصواعق، الرجوع إلى المواصفات الكهروتقنية الدولية IEC الخاصة بذلك.

كما يجب أن تقع جميع التجهيزات الموجودة على السطح داخل نطاق الوقاية للواقط، ويجب أيضا أن تربط جميع هذه التجهيزات مع نظام الوقاية من الصواعق.

ويبين الشكل رقم (٦/١٠) كيفية تركيب لواقط الوقاية على مبنى متعدد الجمالونات.



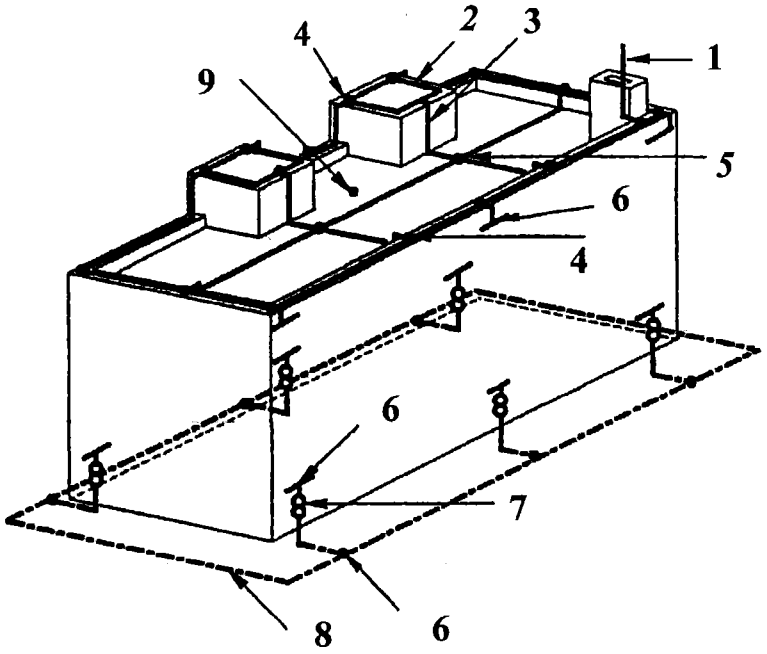
A : علبة تفتيش.

ملاحظة :

يجب أن تحقق الأبعاد بين الموصلات جميع المتطلبات الواردة فى هذا الكود.

شكل (٦/١٠): نظام وقاية من الصواعق لمبنى متعدد الجمالونات

أما الشكل رقم (٦/١١) فيبين نظام الوقاية من الصواعق لمبنى من الخرسانة المسلحة، حيث يتم استخدام حديد التسليح المعشق فى جدرانه الخارجية كموصلات هابطة طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق. ويلاحظ من الشكل عدم تمديد موصلات هابطة أخرى والاكتفاء بوصل حديد التسليح مع أقطاب التأريض. ويبين الشكل رقم (٦/١٢) كيفية تثبيت لواقط الوقاية على سقف مبنى من الخرسانة المسلحة عندما لا يكون مسموحاً أن تحدث إصابة مباشرة للمبنى.

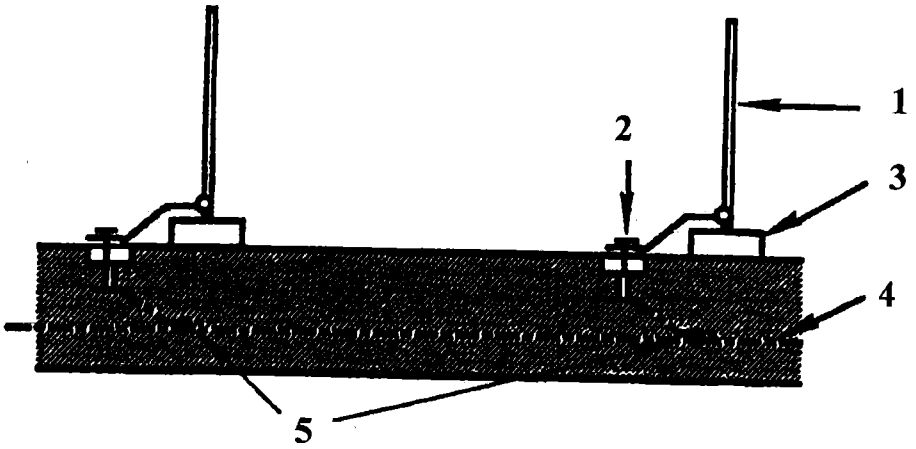


1 : لاقط إبرى
2 : موصلات أفقية
3 : موصلات هابطة
4 : وصلة على شكل حرف T
5 : وصلة صلبية
6 : وصلات ربط فى حديد التسليح
7 : علبة تفتيش (وصلة اختبار)
8 : نموذج تأريض B
9 : سطح مستوٍ ذو ارتفاعات مختلفة

ملاحظة :

يجب أن يحقق حديد التسليح للمبنى المتطلبات وكما يجب أن تحقق جميع أبعاد نظام الوقاية من الصواعق متطلبات مستوى الوقاية للمبنى

شكل (٦/١١): تنفيذ نظام الوقاية من الصواعق لمبنى من الخرسانة المسلحة مع استخدام حديد التسليح للجدران الخارجية للمبنى كموصلات هابطة طبيعية



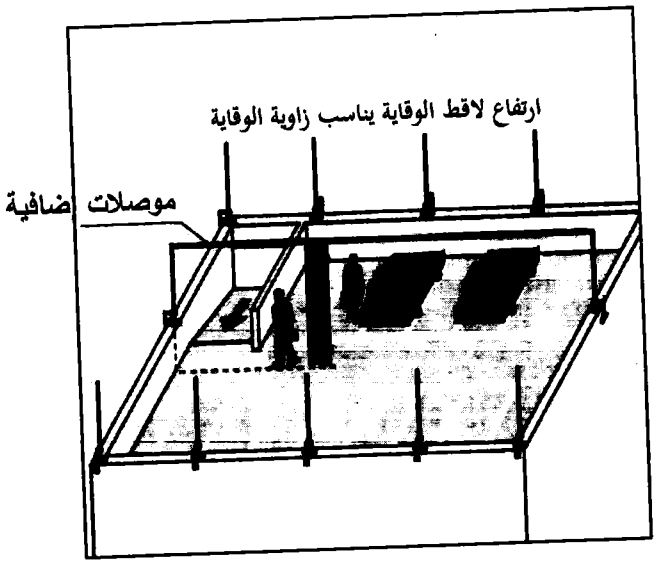
1: لاقط إبرى 2: نقطة ربط
3: مثبت للاقط إبرى على جزء من مادة عازلة أو خرسانة
4: حديد التسليح فى خرسانة السقف
5: موصل ربط

شكل (١٢/٦): تثبيت لواقط الوقاية الإبرية على سقف مبنى من الخرسانة المسلحة عندما لا يكون مسموحاً أن تحدث الإصابة المباشرة فى حديد التسليح

٣/٦ تركيب اللواقط

٦/٣-١ تركيب لواقط الوقاية لمواقف سيارات

يجب وقاية المسافرين المتواجدين فى مواقف السيارات من خطر الإصابة المباشرة بصاعقة.
تستخدم الإبر المدببة أو الموصلات الأفقية (أسلاك ممددة) المثبتة على أعمدة عند تصميم لواقط النظام الخارجى للوقاية من الصواعق لموقف سيارات، ويوضح الشكل رقم (١٣/٦) وقاية موقف سيارات من خطر التفريغات من الصاعقة.

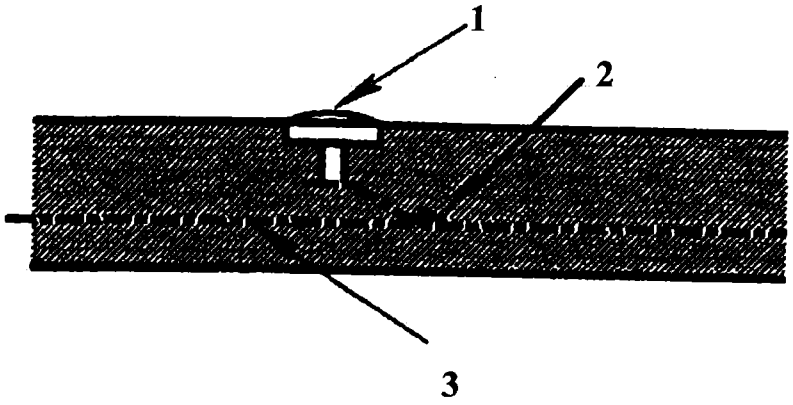


شكل (١٣/٦): وقاية موقف سيارات من خطر التفريغات من الصاعقة

عندما يتم تركيب لواقط وقاية على شكل قوقعة (على شكل نبات الفطر) على سطح موقف السيارات كما هو وارد فى الشكل رقم (١٤/٦)، فهذا يعنى أن الأشخاص المتواجدين والسيارات فى الموقف قد تم وقايتهم من الصواعق.

عند تحديد مسافة الأمان، يحدد ارتفاع لاقط الوقاية كما هو وارد فى الشكل رقم (١٣/٦)، وعند حساب مسافة الأمان فى اللواقط العمودية يجب مراعاة المسافة التى تصلها الأيدى المرفوعة، ويمكن الحصول على مسافة الأمان المطلوبة بواسطة حواجز معدنية حول الأعمدة المستخدمة كلواقط معدنية.

يمكن إهمال أثر جهدى الخطوة والتلامس على الإنسان عند تغطية أرضية الموقف بطبقة من الأسفلت سماكتها لا تقل عن ٥٠ مم.



1: موصل وقاية على شكل قوقعة
2: موصل ربط
3: حديد تسليح فى الخرسانة

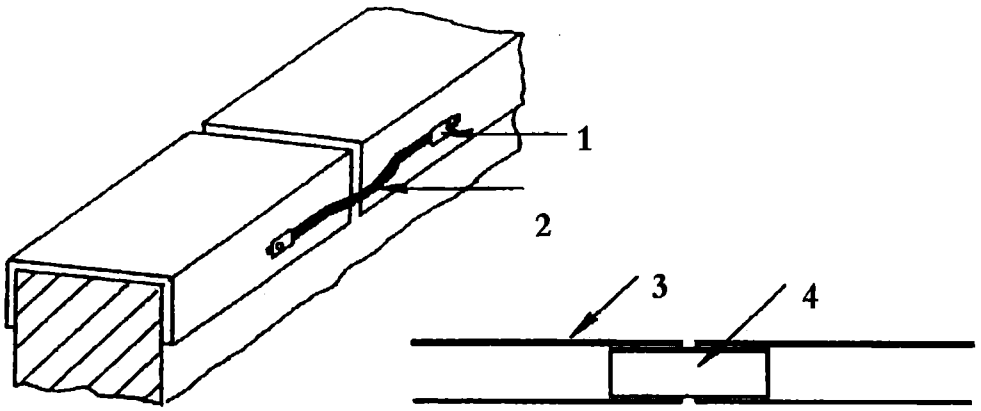
شكل (١٤/٦): لواقط وقاية على شكل قوقعة (تشبه نبات الفطر) على سطح موقف سيارات

٦/٣- ٢ استخدام التركيبات الموجودة على السطح كلواقط

يمكن استخدام الموصلات المعدنية الموجودة على السطح أو حواف المبنى البارزة كموصل ربط بين اللواقط المركبة على السطح، أنظر الشكلين رقمى (٢/٦) ، (١٥/٦) حيث يبين الشكل رقم (١٥/٦) كيفية استخدام صفائح معدنية على السطح كلواقط في نظام الوقاية، وفى حال عدم استمرارية التوصيل فى هذه الصفائح، يمكن ربطها مع بعضها بواسطة وصلات ربط معدنية أو بواسطة وصلة معدنية من نفس الصفائح تركب فوق صفائح السطح.

عندما تحدث الإصابة فى حديد التسليح للمبنى ويكون ذلك مسموحاً (أى أن تضرر طبقة عزل السطح من الرطوبة غير هام)، يمكن استخدام حديد التسليح للسقف كلواقط طبيعية لنظام الوقاية، وتقوم الخرسانة بحماية حديد التسليح من التآكل، لذلك تكون توصيلية الحديد المغموس بالخرسانة عالية.

يسبب تفريغ الصاعقة بسطح المبنى بشكل مباشر تلفا لطبقة العزل ضد الرطوبة للسطح، وبالتالى يمكن لمياه المطر أن تتسرب من خلال الخرسانة وتسبب تآكلا (صدأ) فى حديد التسليح، وعندما يكون إضعاف حديد التسليح غير مسموح به، يجب استخدام لواقط وقاية تمنع الإصابة المباشرة فى حديد التسليح. ويبين الشكلان رقمى (١٢/٦)، (١٣/٦) مثالين للواقط معدنية مربوطة مع حديد التسليح حيث تمنع هذه اللواقط تأثير الصاعقة على مادة عزل الرطوبة المستخدمة لعزل السطح.



ب) الربط بواسطة صفيحة وصل معدنية أ) الربط بوصلات مرنة

1: وصلة مقاومة للصدأ 2: وصلة ربط مرنة
3: تركيبات معدنية 4: وصلة معدنية إضافية لوصل الصفائح

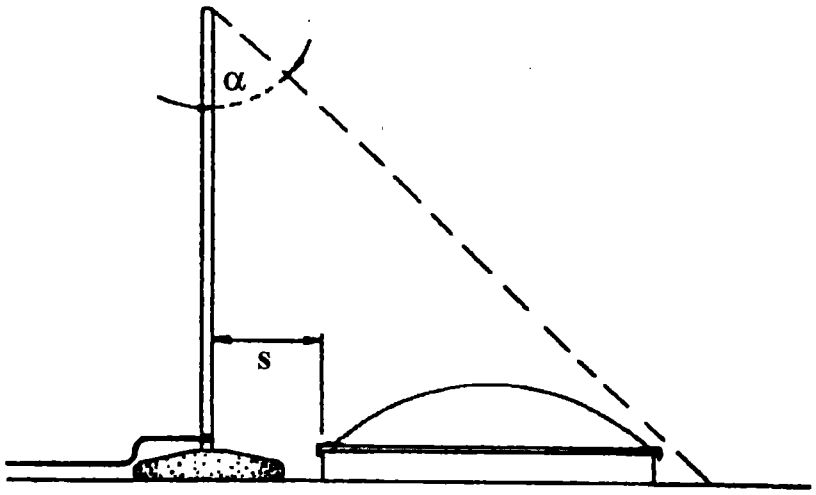
ملاحظة :

يجب للتخلص من الصدأ، اختيار المعدن بشكل صحيح واختيار الوصلات والمثبتات بعناية فائقة.

شكل (١٥/٦): طريقتان لوصل الأجزاء المعدنية لتصبح موصلة مع بعضها البعض

وفى حالة استخدام لواقط وقاية على شكل أسلاك أفقية ممددة ومثبتة على أعمدة من مادة عازلة، يجب المحافظة على مسافة الأمان بين هذه الأسلاك والسطح، وعند استخدام أعمدة من مادة موصلة يجب ربط هذه الأعمدة مع السطح المعدنى وعندئذ يجب أن تتحمل نقاط الربط جزء تيار الصاعقة الذى يسرى فيها.

يبين الشكل رقم (١٦/٦) مثالا على كيفية وقاية فتحات التهوية والإضاءة على السطح بواسطة لاقط إبرى مثبت على قاعدة من الخرسانة.



S: مسافة التقارب α: زاوية الوقاية

ملاحظة :

يجب أن تكون مسافة التقارب s أكبر من مسافة الأمان.

شكل (١٦/٦): لاقط إبرى مثبت على قاعدة من الخرسانة لوقاية سطح مبنى به فتحة اضاءة حسب مستوى الوقاية المطلوب

عندما تكون الأضرار المسموح بها فى المبنى عند الإصابة بضربة الصاعقة تشمل إمكانية سقوط قطعة من خرسانة المبنى بأبعاد حتى ١٠٠ مم وكذلك حدوث بعض الأضرار الأخرى، يمكن استخدام الموصلات المعدنية الموجودة على السطح (مثلاً المزاريب الدائرية على محيط السطح) كموصلات تربط بين اللواقط.

٦/٣-٣ استخدام مكونات النظام الخارجى للوقاية من الصواعق فى تحجيب المبانى

يمكن استخدام موصلات النظام الخارجى للوقاية من الصواعق وكذلك التركيبات المعدنية الموجودة على الجدران الخارجية وعلى سقف المبنى كوسيلة لتحجيب المبنى لحماية التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الموجودة بداخله من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة، ويبين الشكل رقم (١١/٦) مبنى من الخرسانة المسلحة يشكل حديد التسليح المعشق داخل الخرسانة مع بعضه البعض، موصلات هابطة طبيعية للنظام الخارجى للوقاية من الصواعق وتحجيب للمبنى المراد وقايته.

يجب ربط جميع التجهيزات المعدنية الموجودة على السطح، والتى تقع ضمن نطاق الوقاية

للواقط الهوائية والتى تزيد ارتفاعاتها عن ١ م مع موصلات الوقاية الممدة على السطح. ويمكن استخدام الأجسام المعدنية الموجودة على سطح المبنى كلواقط طبيعية لنظام الوقاية عندما تحقق الشروط المطلوبة، وتسبب الإصابة المباشرة لسطح المبنى بصاعقة أضرارا فى طبقة عزل الرطوبة للسطح. أما الأجسام المعدنية التى لا تحقق الشروط المطلوبة، فيمكن استخدامها كموصلات ربط إضافية على السطح. ويبين الشكل رقم (٢/٦) مثالا على استخدام لواقط طبيعية مركبة فوق مبنى معدنى حيث يستخدم البروز المعدنى للسطح كلواقط وقاية، ويستخدم الهيكل المعدنى.

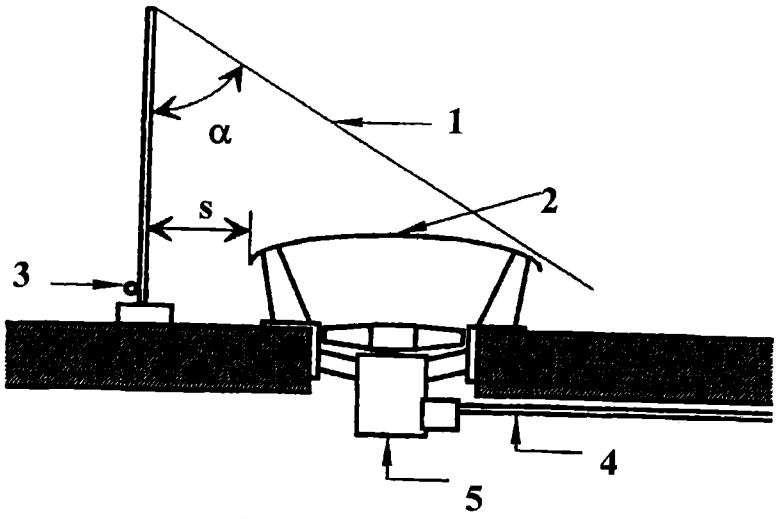
وعند تصغير المسافة بين الفتحات المعدنية فى المبانى ذات الهيكل المعدنى، فإن تيار الصاعقة سيتوزع فى عدد كبير من الموصلات، مما يؤدى إلى تقليل ممانعة المجال الكهرومغناطيسى المرافق لقناة الصاعقة (زيادة فعالية التحجيب)، وبالتالى تكون مسافة الأمان المطلوبة أصغر عما قبل، مما يساعد على تحقيق المسافة المطلوبة بسهولة.

يشكل حديد تسليح السقف فى أغلب المبانى تحجيباً طبيعيا للمبنى، لذلك فإنه يجب مراعاة تحسين هذا التحجيب وذلك بالتأكد من أن ربط أسياخ حديد التسليح قد تم بشكل جيد مع موصلات التأريض، وفى حالة عدم وجود أجزاء موصلة على سطح المبنى المراد وقايته، فيتم تحسين تحجيب السطح بتقليل المسافة بين فتحات شبكة الموصلات (Screening windows) عن القيم الواردة فى الجدول رقم (٣/٧) بحيث لا تزيد هذه المسافة عن ٥ أمتار وبذلك يتم الوصول إلى أعلى مستوى وقاية (مستوى وقاية I).

٦/٣-٤ وقاية الأجزاء المعدنية البارزة على السطح

يجب لوقاية الأجزاء المعدنية البارزة على السطح، أنظر الشكل رقم (١٧/٦)، أن تقع هذه التجهيزات بكامل ارتفاعها داخل نطاق الوقاية للواقط والذى تحدده الكرة المتدحرجة للصاعقة، بحيث لا تمس هذه الكرة هذه التجهيزات بأى شكل من الأشكال، أو أن تقع هذه الأجزاء ضمن مخروط زاوية الوقاية α، ويجب أن تحقق المسافة بين هذه الأجزاء وموصلات نظام الوقاية مسافة الأمان المطلوبة.

ويبين الشكل رقم (١٨/٦) كيفية وقاية تجهيزات على السطح بواسطة لواقط إبرية يتم تحديد ارتفاعها حسب نظرية زاوية الوقاية.



1: حد زاوية الوقاية
2: غطاء معدنى
3: موصل أفقى
4: موصلات القوى الكهربائية (من الممكن أن تمدد داخل ماسورة معدنية)
5: تجهيزات كهربائية
s: مسافة التقارب
α: زاوية الوقاية

ملاحظة:
يجب أن يحقق ارتفاع اللاقط المتطلبات الموضحة مع الشكل رقم (٥/٦).

شكل (١٧/٦): لاقط إبرى لوقاية سطح يحتوى على تجهيزات كهربائية مغطاة بغطاء معدنى غير مربوط مع اللواقط

تتعلق قيمة زاوية الوقاية للاقط مدبب بمستوى الوقاية المطلوب، أنظر الجدول رقم (٢/٤).
الأجزاء المعدنية الموجودة على السطح والتى لا تقع ضمن نطاق الوقاية للواقط، لا تحتاج إلى وقاية إضافية، عندما لا تزيد أبعادها عن القيم التالية:

- ارتفاعها عن سطح البناء ١ م
- مساحتها الكلية ١ م^{٢}
- طولها أقل من ٢ م

ولا تحتاج الأجزاء غير الموصلة على سطح المبنى والتى لا تقع ضمن نطاق لواقط الوقاية، والبارزة عن هذا النطاق بمقدار لا يزيد عن ١ م، إلى وقاية إضافية.

يمكن أن يسرى جزء من تيار الصاعقة فى الموصلات المعدنية الممددة على السطح (مثل المواسير)، وفى هذه الحالة يجب وقاية سطح المبنى من خطر الإصابة المباشرة بواسطة لواقط. ويجب أن تقع هذه الموصلات المعدنية داخل نطاق وقايتها (أنظر الشكلين رقمى (١١/٦)، (١٢/٦))، وفى حال تعذر ذلك أو إن كان ذلك غير اقتصادى، فيجب أن تستخدم فى هذه الموصلات (المواسير) وصلة عازلة طولها يزيد عن ضعفى مسافة الأمان.

يجب وقاية المداخن، والفتحات غير المعدنية للإضاءة والتهوية الموجودة على السطح بواسطة لواقط معدنية على شكل إبر مدببة أو موصلات أفقية، خاصةً عندما لا تقع هذه المداخن داخل نطاق الوقاية للواقط المستخدمة فى وقاية سطح المبنى. ويتم تحديد ارتفاع اللواقط المستخدمة في وقاية المدخنة بحيث تقع كامل فتحة المدخنة المراد وقايتها داخل نطاق الوقاية لهذه اللواقط. يبين الشكل رقم (١/٦) ب كيفية حماية مدخنة بواسطة لواقط معدنية.

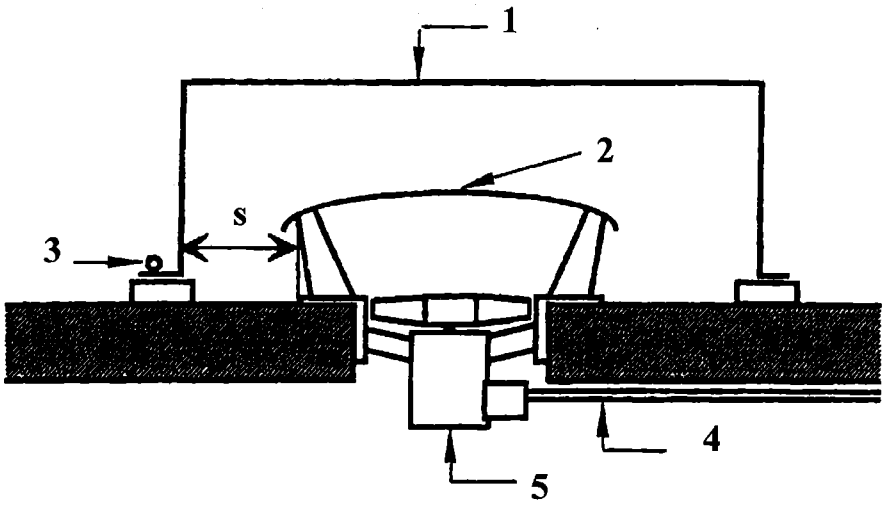
عندما لا تقع المدخنة داخل نطاق الوقاية للواقط، يكون من المحتمل جداً إصابة المدخنة إصابة مباشرة بصاعقة، حيث يكون الجدار الداخلى للمداخن مغطى بطبقة من هباب الفحم وتكون توصيليتها كبيرة، فإن هذه الطبقة تنقل تيار الصاعقة لمسافة كبيرة داخل المدخنة.

فى حال عدم القدرة على المحافظة على مسافة الأمان المطلوبة، يتم ربط جميع الأجزاء المعدنية الموجودة على السطح مع نظام الوقاية.

٦/٣-٥ لواقط الوقاية من الصواعق للأسقف التى تحتوى فوقها على تجهيزات إلكترونية أو كهربائية

يجب أن تقع جميع الأسقف المعدنية وغير المعدنية المركب فوقها تجهيزات إلكترونية أو كهربائية (و/أو) أجهزة إرسال، داخل نطاق الوقاية للواقط الهوائية المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق، وذلك عند احتمال إصابة سطح المبنى إصابة مباشرة بصاعقة تسبب أضراراً فى جميع التجهيزات الإلكترونية داخل وخارج المبنى بالإضافة إلى الأضرار التى تحدث على السطح.

تبين الأشكال أرقام (١٨/٦)، (١٩/٦)، (٢٢/٦) عدة أمثلة على لواقط وقاية مثبتة فوق أسقف معدنية وغير معدنية مركب عليها تجهيزات إلكترونية أو كهربائية.



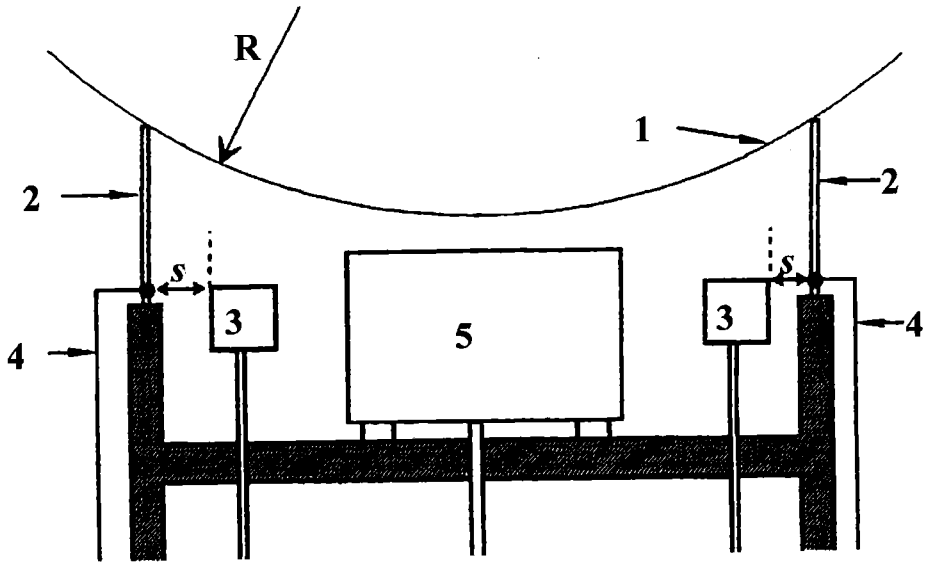
1: لاقط أفقى 2: غطاء من مادة عازلة
3: موصل أفقى
4: موصلات القوى الكهربائية (من الممكن أن تمدد داخل مواسير معدنية)
5: تجهيزات كهربائية s: مسافة التقارب

شكل (١٨/٦): لاقط لوقاية تجهيزات كهربائية موضوعة تحت غلاف عازل مع مثبتات موصلة

(ينصح باستخدام هذا النظام فى حالة شبكة توزيع تأريض من النوع (TN-S)) فى المبنى

٦-٣/٦ وقاية الأجزاء الموصلة الموجودة على السطح

يجب وقاية الأجزاء المعدنية الموصلة الموجودة على سطح المبنى المراد وقايته، والتى لا تحقق سماكتها الشروط الواردة فى الجدول رقم (١/٦) بحيث تسبب الإصابة المباشرة بصاعقة فى هذه الأجزاء أضراراً، وذلك بواسطة لواقط وقاية تحقق متطلبات مستوى الوقاية المطلوب. وللتأكد من وقوع هذه الأجزاء المعدنية داخل نطاق الوقاية للواقط، تستخدم للوقاية نظرية الكرة المتدحرجة. ويبين الشكل رقم (١٩/٦) لواقط لوقاية تجهيزات كهربائية مركبة فوق السطح.



1: كرة الصاعقة
2: لاقط إبرى
3: تجهيزات كهربائية
4: موصلات هابطة
5: خزان معدنى
s: مسافة التقارب
R: نصف قطر الكرة المتدحرجة للصاعقة

شكل (٦/١٩): تنفيذ اللواقط لوقاية تجهيزات معدنية على سطح مبنى من الإصابة المباشرة بصاعقة باستخدام نظرية الكرة المتدحرجة

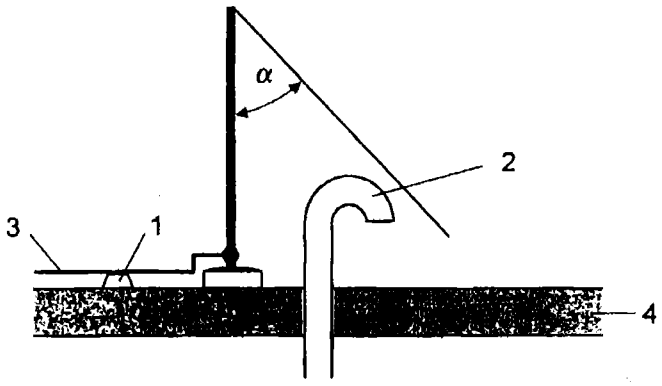
٦/٣-٧ التركيبات المعدنية التى يمكن استخدامها فى نظام الوقاية

تشكل الصفائح المعدنية الموجودة على سطح مستوٍ (الحواف المعدنية البارزة من المبنى) موصلات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق، وتكون هذه الصفائح مصنوعة من النحاس أو الألومونيوم أو الحديد المجلفن. وتستخدم هذه الحواف المعدنية لتصريف مياه الأمطار أو لحماية النوافذ من تسرب مياه الأمطار، ويجب ربط جميع الموصلات الموجودة على السطح (اللواقط) بالإضافة إلى الموصلات الهابطة الخاصة بنظام الوقاية مع هذه النتوءات المعدنية البارزة الموجودة على السطح، كذلك يجب ربط هذه الصفائح المعدنية مع بعضها البعض، ويتم استخدام صفائح معدنية أو موصلات معدنية مرنة للربط كما هو وارد فى الشكلين رقمى (٦/٢)،

(١٦/٦). ويجب ألا تقل مساحة الربط فى هذه الحالة عن ١٠٠ سم^{٢}.

لا يجوز استخدام الخزانات المعدنية الموجودة لتخزين ونقل الغازات أو السوائل بضغط عالٍ كموصلات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق، وفى حال عدم إمكانية تجنب استخدام هذه الأجزاء المعدنية كمكونات طبيعية لنظام الوقاية، يجب مراعاة أثر ارتفاع درجة حرارة هذه الموصلات على متانتها نتيجة الإصابة المباشرة بصاعقة.

وتكون الخزانات المعدنية الموجودة فوق سطح المبنى موصولة غالباً مع مواسير معدنية تمتد إلى داخل المبنى. ولذا يجب وقاية هذه المواسير من خطر الإصابة المباشرة بواسطة لواقط كما هو مبين فى الشكلين رقمى (٢٠/٦)، (٢١/٦) حتى يمكن منع سريان كامل تيار الصاعقة إلى داخل المبنى من خلالها.

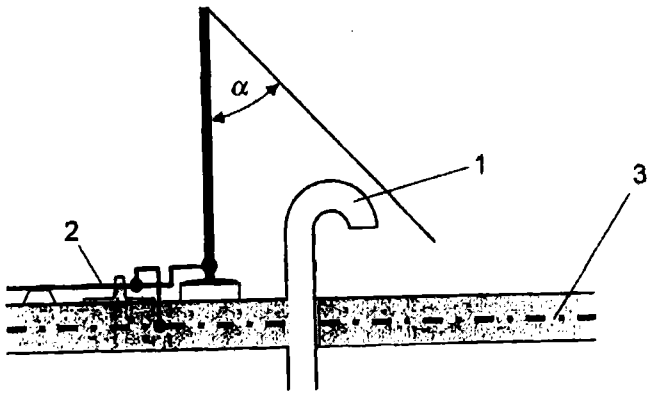


1: مثبتات اللواقط على السطح
2: ماسورة معدنية
3: اللواقط الأفقية على السطح
4: سقف المبنى من مواد عازلة

ملاحظة:

يجب أن تتحمل موصلات الربط والوصلات بين الموصلات كامل تيار الصاعقة، ويجب أن تتحقق المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٢/٢). كما يجب أن تحقق الماسورة المعدنية المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (١/٦).

شكل (٢٠/٦): ربط لاقط طبيعى (ماسورة معدنية) مع موصلات الوقاية من الصواعق على سطح من مواد عازلة



1: ماسورة معدنية
2: اللواقط الأفقية على السطح
3: التسليح فى الخرسانة

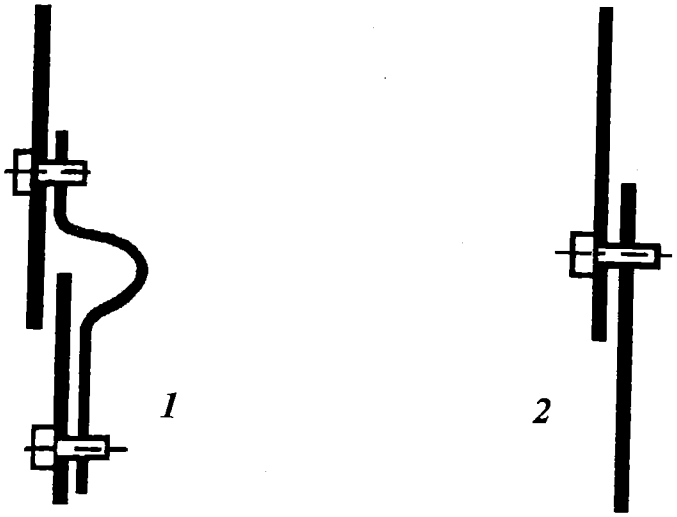
ملاحظة:

يجب أن تحقق الماسورة المعدنية المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (١/٦) ويجب أن تحقق الوصلات المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٢/٢)، ويجب أن تكون المواسير المخترقة للسطح حاكمة ضد تسرب المياه.

شكل (٢١/٦): ربط لاقط طبيعى (ماسورة معدنية) مع موصلات الوقاية من الصواعق على سطح من الخرسانة وموصلات تساوى الجهد للمبنى مع حديد التسليح للسقف

يجب ربط التجهيزات المعدنية الموجودة فوق السطح (الخزانات المعدنية أو حديد التسليح فى الخرسانة) مع موصلات نظام الوقاية، وذلك بواسطة موصلات تحقق الشروط الواردة فى الجدول رقم (٢/٢)، ويجب أن تقع هذه الأجزاء داخل نطاق الوقاية للاقط المعدنى عندما لا تكون الإصابة المباشرة بصاعقة لهذه التجهيزات مسموحة.

يبين الشكل رقم (٢٢/٦) كيفية ربط الصفائح المعدنية مع بعضها البعض بواسطة وصلة مرنة أو بواسطة مسامير مقلوظة. أما الشكل رقم (٢٣/٦) فيبين كيفية ربط الصفائح المعدنية المستخدمة كموصلات هابطة مع الحواف المعدنية للنوافذ.

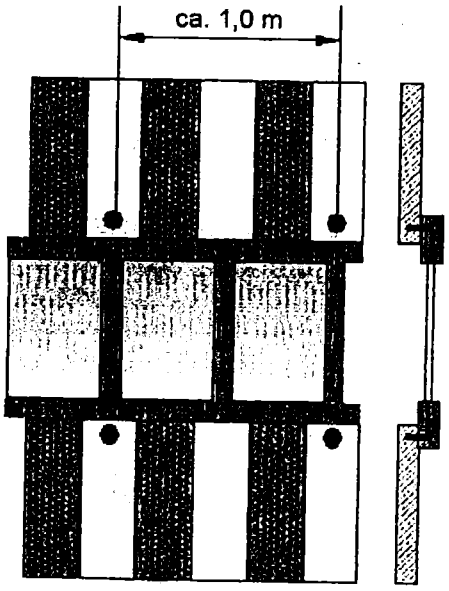


2: الربط مباشرة بواسطة مسمار وصامولة 1: الربط بواسطة وصلة مرنة

ملاحظة:

يحسن ربط التجهيزات الموصلة ببعضها البعض إجراءات الوقاية من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة.

شكل (٢٢/٦): ربط الصفائح المعدنية ببعضها البعض



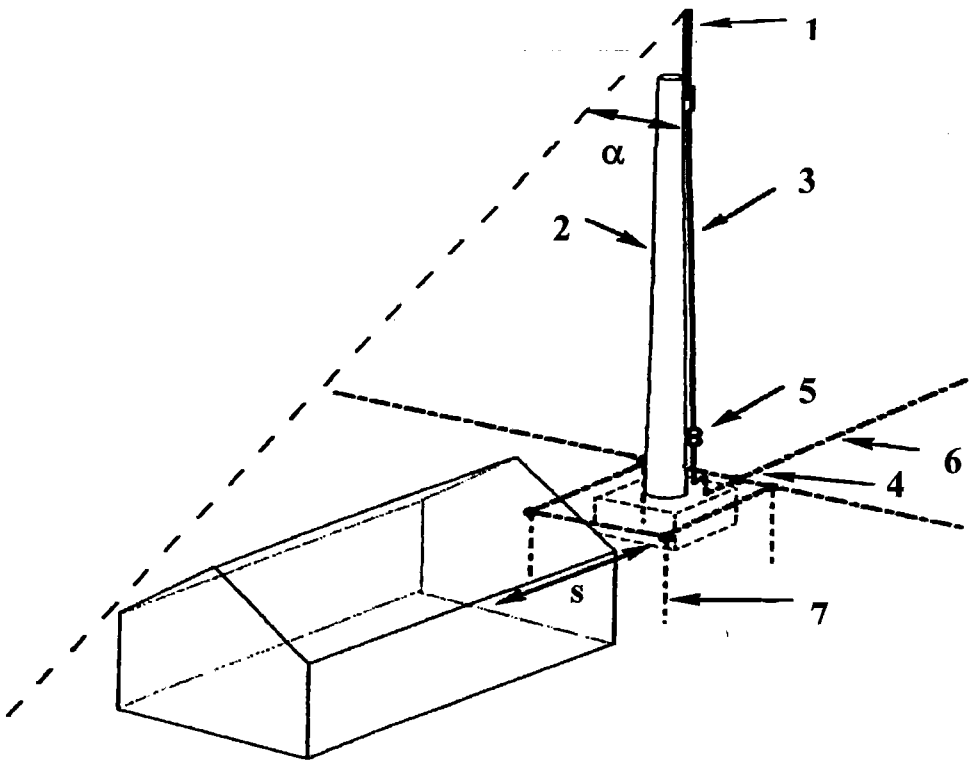
شكل (٢٣/٦): ربط الصفائح المعدنية مع الحواف المعدنية للنوافذ

٦/٣-٨ لواقط الوقاية المعزولة

إذا تم وقاية مبنى ما من الصواعق باستخدام لواقط وقاية معزولة، فإن ذلك يمنع إصابة المبنى إصابةً مباشرةً بصاعقة عندما يقع المبنى داخل نطاق الوقاية لهذه اللواقط.

يبين الشكلان رقمى (٦/٢٤)، (٦/٢٥) أمثلة عملية لنظام وقاية من الصواعق معزول وذلك باستخدام لاقط واحد على شكل عمود، واحتمال لضربة صاعقة بإصابة مباشرة فى النطاق المراد وقايته، يحدد حسب مستوى الوقاية المطلوب، وفى هذه الحالة تبقى شدة المجال الكهرومغناطيسى المرافق لقناة الصاعقة، والذى يؤثر على التجهيزات الكهربائية والإلكترونية داخل الحيز المراد وقايته بدون أى تخفيض.

وعند استخدام عدد من الأعمدة كلواقط وقاية لمبنى ما، يجب ربط هذه الأعمدة مع بعضها البعض، وفى هذه الحالة يجب المحافظة على مسافة الأمان بين موصلات الوقاية والسطح. ويبين الشكل رقم (٦/٢٦) نظام وقاية من الصواعق لمبنى، تكون فيه اللواقط مكونة من عدة أعمدة منفصلة عن بعضها فيربط بينها بموصلات أفقية تزيد من الحيز المراد وقايته وتؤدى إلى توزيع تيار الصاعقة فى عدة موصلات هابطة، الأمر الذى يؤدى بدوره إلى خفض قيمة هبوط الجهد على موصلات الوقاية، كذلك تقل شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل النطاق المراد وقايته بالمقارنة مع شدة المجال الكهرومغناطيسى السائد داخل هذا النطاق فى حال استخدام نظام وقاية غير معزول.

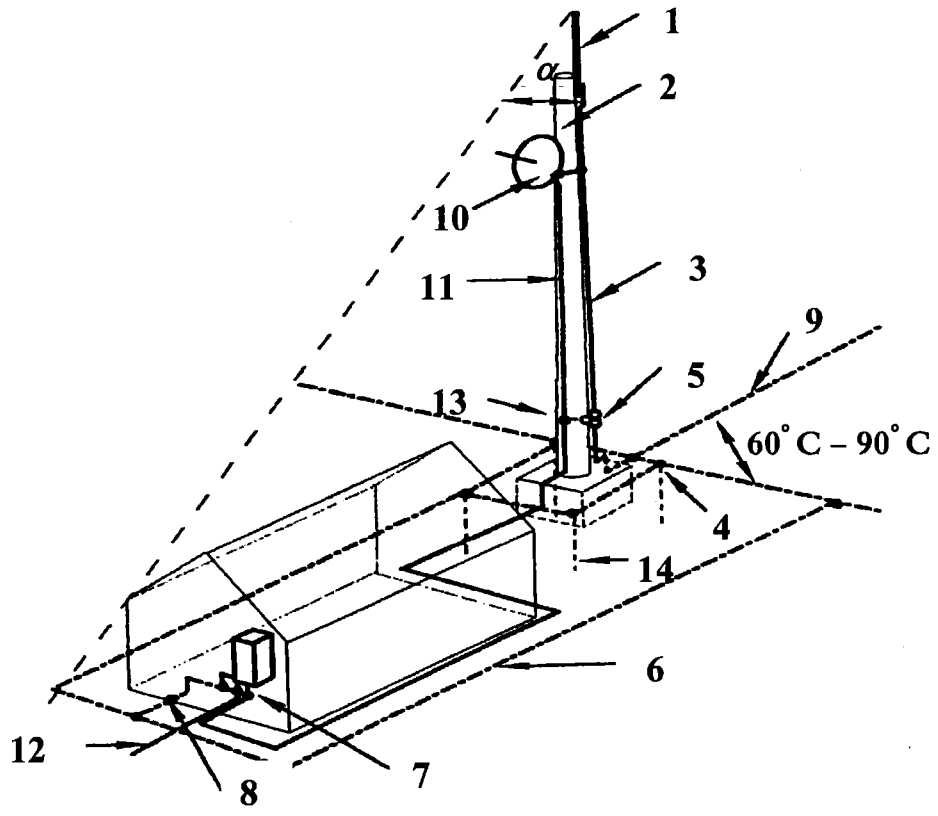


1: لاقط إبرى
2: عمود معدنى
3: موصل هابط
4: وصلة تثبيت على شكل حرف T مقاوم للصدأ
5: علبة تفتيش (وصلة اختبار)
6: تأريض نموذج A بموصلات أفقية
7: تأريض عمودى في حال وجوده
s: مسافة التقارب
α: زاوية الوقاية

ملاحظة:

تكون مسافة التقارب s بين المبنى واللواقط أكبر من مسافة الأمان المحسوبة وتكون المسافة بين موصلات التأريض والأجزاء الموصلة من المبنى أكبر من مسافة الأمان.

شكل (٦/٢٤): نظام وقاية خارجى معزول لمبنى ما بدون وجود موصلات أو كابلات ممدودة إلى داخل المبنى



1: لاقط إبرى
2: عمود معدنى
3: موصل هابط
4: وصلة على شكل حرف T مقاومة للصدأ
5: علبة تفتيش
7: وصلة تساوى الجهد
6: تأريض نموذج B (تأريض حلقى أو بواسطة الأساسات)
8: موصل ربط حديد التسليح أو تأريض الأساسات
9: تأريض نموذج A (موصلات أفقية)
10: هوائى
11: كابل هوائى التيفزيون
12: كابل تليفون
13: نقطة ربط كابل هوائى التيفزيون
14: تأريض عمودى فى حال وجوده
α: زاوية الوقاية

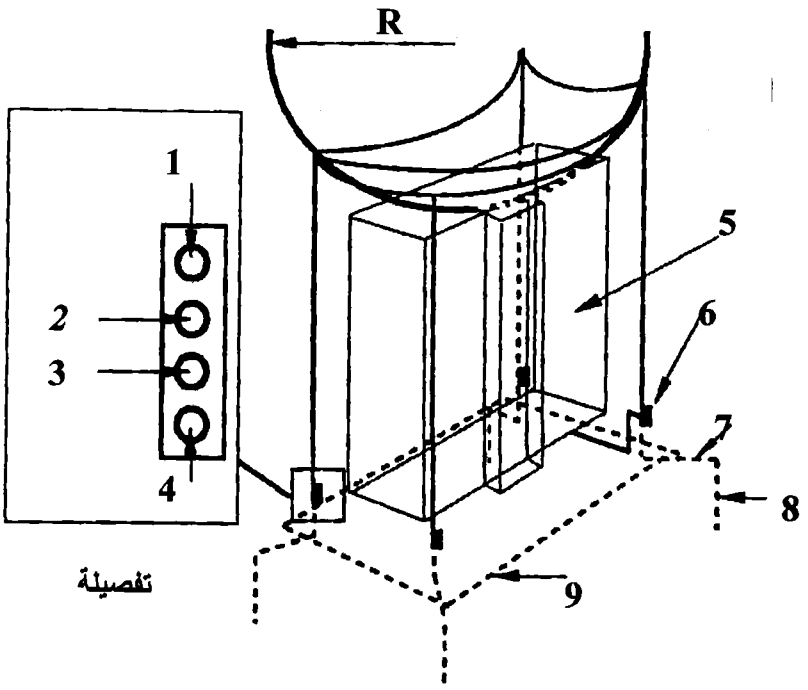
ملاحظة ١:

يجب أن تكون مساحة الحلقة بين كابل الهوائى والموصل الهابط لنظام الوقاية قليلة.

ملاحظة ٢:

يربط موصل تأريض نظام الوقاية الخارجى المعزول مع الأجزاء الموصلة فى المبنى وكذلك مع التأريض من النموذج B.

شكل (٢٥/٦): نظام وقاية خارجى معزول لمبنى ما بوجود موصلات أو كابلات داخلة إليه



1: نقطة وصل الموصلات الهابطة
2: نقطة وصل النظام الداخلي للوقاية
3: نقطة وصل حديد التسليح (فى حال استخدامه)
4: نقطة وصل موصلات التأريض
5: مبنى من الخرسانة المسلحة
6: مقطع فى علبة التفتيش
7: تأريض من النموذج A بموصلات أفقية
8: تأريض من النموذج A (تأريض بموصلات عمودية)
9: تأريض من النموذج B، (تأريض حلقى)
R: نصف قطر الكرة المتدحرجة للصاعقة

ملاحظة ١:

يجب أن تحقق جميع مسافات التقارب s بين نظام الوقاية من الصواعق LPS وأجزاء المبنى المتطلبات الواردة فى هذا الكود.

ملاحظة ٢:

يجب أن ينفذ تصميم لواقط نظام الوقاية الخارجى حسب نظرية كرة الصاعقة ونظام تأريض مختلط من النموذج A *والنموذج* B.

شكل (٢٦/٦): نظام وقاية خارجى معزول مكون من أعمدة معزولة يربط بينها بموصلات أفقية

ويعود سبب ذلك التخفيض فى شدة المجال الكهرومغناطيسى إلى زيادة المسافة بين نقطة إصابة الصاعقة، وبين التجهيزات الإلكترونية بالمقارنة مع إصابة السطح مباشرة بصاعقة، ويمكن ربط نظام الوقاية المعزول من الصواعق مع حديد تسليح المبنى مما يساعد فى الحصول على تحجيب جيد، وبالتالى خفض شدة المجال الكهرومغناطيسى داخله.

وعموما لا يمكن تنفيذ نظام وقاية غير معزول على المبانى العالية جداً. فعندما لا تربط اللواقط الهوائية على السطح والموصلات الهابطة على الواجهات مع الأجزاء المعدنية الموصلة من المبنى يمكن اعتبار ذلك كنظام وقاية معزول.

٤/٦ الموصلات الهابطة

يجب ربط اللواقط الهوائية المثبتة على السطح مع شبكة التأريض بواسطة موصلات يطلق عليها الموصلات الهابطة، وذلك لخفض إمكانية حدوث تفريغ شرارى خطر داخل النطاق المراد وقايته، وتصمم الموصلات الهابطة بحيث يتم تفريغ تيار الصاعقة فى الأرض عبر عدة تفريعات تكون فيها مسارات للتيار على التوازى. ويجب أن يسلك الموصل الهابط أقصر طريق ممكن بين اللواقط الهوائية وموصلات التأريض.

تحدد المسافة بين الموصلات الهابطة مستوى الوقاية، وتتعلق مسافة الأمان بالمسافة بين الموصلات الهابطة. ويبين الشكل رقم (٣/٦) كيفية تمديد موصلات الوقاية من الصواعق على مبنى ذى ارتفاعات مختلفة يكون سقفه مصنوعا من مواد غير موصلة، أما الشكل رقم (٢٨/٤) فيبين كيفية تمديد موصلات الوقاية من الصواعق على سطح مستوٍ لمبنى يبلغ ارتفاعه حتى ٦٠ مترا.

يسرى تيار الصاعقة فى المبانى التى لا تحتوى على تركيبات معدنية ذات استمرارية كهربائية حتى الأرض، فى الموصلات الهابطة الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق فقط، وفى هذه الحالة، فإن شدة المجال الكهرومغناطيسى السائد داخل المبنى المراد وقايته هى التى تحدد شكل الموصلات الهابطة وعددها، ويمكن خفض شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل المبنى بزيادة عدد الموصلات الهابطة.

ويجب تمديد موصلين هابطين على الأقل لكل مبنى (أنظر الشكل رقم (١/٦) أ).

يمدد موصل هابط واحد فقط على الأعمدة غير المعدنية قليلة العرض، عندما لا توجد متطلبات إضافية لنظام الوقاية من الصواعق.

يؤدى زيادة عدد الموصلات الهابطة فى مبنى ما، إلى خفض شدة المجال الكهرومغناطيسى السائد داخل هذا المبنى.

يمكن فى المبانى الكبيرة، وبشكل خاص المبانى العالية، والمبانى العامة ذات الهيكل المعدنى والمزودة بنوافذ زجاجية عريضة، أو فى المبانى ذات الجدران من الخرسانة المسلحة والتى تحقق فيها هذه الأجزاء المعدنية المتطلبات الواردة فى هذا الكود، استخدام هذه المعادن كموصلات هابطة طبيعية، وتكون الممانعة الكلية لموصلات نظام الوقاية من الصواعق فى هذه المبانى صغيرة جداً، وبالتالى تشكل هذه االمبانى وقاية جيدة للتجهيزات الإلكترونية الموجودة بداخلها، وفى حال استخدام الصفائح المعدنية للجدران الخارجية (إن وجدت) كموصلات هابطة طبيعية، فإن الممانعة الكلية للموصلات فى هذا النظام تكون صغيرة جداً، حيث تشكل هذه المبانى وقاية مثالية من المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة.

وعندما تكون الأجزاء المعدنية الموصلة من الأعمدة الموجودة داخل المبنى مربوطة مع اللواقط المثبتة على السطح، ومع موصلات تساوى الجهد الممددة على سطح الأرض، فإن جزء من تيار الصاعقة سوف يسرى فى هذه الموصلات الهابطة، وبالتالى سوف يؤثر المجال الكهرومغناطيسى المرافق لهذا الجزء من تيار الصاعقة على التجهيزات الكهربائية والإلكترونية القريبة من مكان سريانه، ولذا يجب مراعاة ذلك عند تصميم وتنفيذ النظام الداخلى للوقاية من الصواعق، وتعتمد قيمة هذا الجزء من تيار الصاعقة على أبعاد المبنى وعدد الأعمدة المستخدمة كموصلات هابطة طبيعية، مع التنويه إلى أن شكل نبضة التيار الذى يسرى فى هذه الأعمدة مشابهاً للنبضة الرائدة لتيار الصاعقة.

أما عندما تكون الأعمدة المعدنية الداخلية غير مربوطة مع اللواقط المثبتة على السطح، فلا يسرى أى جزء من تيار الصاعقة فى هذه الأعمدة إذا كانت المادة العازلة بين اللواقط والأعمدة الداخلية قادرة على الصمود والاحتفاظ بهذه العازلية. وفى حالة انهيار هذه المادة العازلة فى نقطة ما، فإن تيار أكبر من التيار الذى يسرى عادة فى هذا العمود القريب من هذه النقطة، مقارنة بالحالة التى يتم فيها ربط جميع الأعمدة الداخلية مع اللواقط. ويؤدى ذلك إلى زيادة مقدار القيمة العظمى لمعدل تغير تيار الصاعقة (di/dt) الذى يسرى فى هذا العمود، وبالتالى سوف يكون تأثير المجال الكهرومغناطيسى على التجهيزات الكهربائية والإلكترونية المجاورة له أكبر من تأثيره عند استخدام جميع الأعمدة كموصلات هابطة طبيعية، ويجب أيضاً مراعاة ذلك عند تصميم وتنفيذ النظام الداخلى للوقاية من الصواعق.

أما فى حالة عدم إمكانية تثبيت موصلات هابطة لنظام الوقاية من الصواعق على جدران المبنى بواسطة مثبتات عازلة لأسباب معمارية، فيمكن تنفيذ هذه الموصلات بتمديدها داخل ماسورة تركب داخل الجدار، ويجب فى هذه الحالة المحافظة على مسافة الأمان المطلوبة بين موصلات نظام الوقاية من الصواعق والتجهيزات المعدنية الموجودة داخل المبنى بشكل خاص.

ولا ينصح بتنفيذ الموصلات الهابطة ضمن طبقة المحارة الخارجية للجدران، لأن هذه الطبقة يمكن أن تتأثر نتيجة تمدد الموصلات بسبب ارتفاع درجة حرارتها عند سريان تيار الصاعقة فيها، كذلك يمكن أن تتأثر طبقة المحارة بالإجهادات الميكانيكية المصاحبة لتيار الصاعقة.

ولا يسمح أيضا بتمديد الموصلات الهابطة تحت أحجار الزينة المستخدمة فى المبانى الحديثة، تجنبا لسقوط هذه الأحجار نتيجة للإجهادات الميكانيكية المصاحبة لسريان تيار الصاعقة فى هذه الموصلات، ويمكن أن يحد من هذه الآثار بتمديد الموصلات الهابطة داخل مواسير بلاستيك PVC. ويبين الشكلان رقمى (٣٠/٤)، (٣١/٤) بعض الأمثلة على تنفيذ الموصلات الهابطة.

٦/٤-١ المكونات الطبيعية للموصلات الهابطة

يمكن اعتبار الأجزاء التالية من المبنى موصلات هابطة طبيعية:

أ- التركيبات المعدنية بشرط أن يتحقق الآتى:

- استمرارية كهربائية جيدة ودائمة بين اللواقط وموصلات التأريض
- تكون ذات أبعاد مساوية على الأقل للأبعاد القياسية للموصلات الهابطة

ويمكن أن تكون التركيبات المعدنية مغطاة بمادة عازلة.

ب- الهيكل المعدنى للمبنى

ج- حديد التسليح للمبنى

يجب الانتباه لتجنب خطورة التأثيرات الميكانيكية المرفوضة، والناتجة جزئياً عن تيار الصاعقة فى حالة بناء الحوائط من الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد، وذلك نتيجة وصل حديد التسليح مع نظام الوقاية من الصواعق.

د- عناصر الواجهات وأطرها والتركيبات الفرعية للواجهات المعدنية بشرط أن يتحقق الآتى:

- أن تكون أبعادها مطابقة لمتطلبات الموصلات الهابطة وبسماكة لا تقل عن القيم الواردة فى الجدول رقم (١/٦)
- أن تتحقق الاستمرارية الكهربائية فى الاتجاه الرأسى، وألا تتجاوز المسافة بين الأجزاء المعدنية ١ مم وألا تقل مساحة التراكب (Over lap) بين عنصرين عن ١٠٠ سم^{٢}

ملحوظة: فى حال استخدام الهيكل المعدنى للمنشآت الفولاذية، أو استخدام حديد التسليح للمنشآت الخرسانية تصبح الموصلات الحلقية الأفقية غير ضرورية.

يبين الشكل رقم (١/٦) كيفية تثبيت الموصلات على السطح والموصلات الهابطة على

الواجهات والمسافة بين هذه المثبتات. كذلك يبين الشكلان رقمى (١/٦) ج، (١/٦) د كيفية ربط الموصلات الهابطة مع المزاريب المعدنية للمبنى ومع موصلات التأريض.

يتم وضع نقطة الوصل بين الصفائح المستخدمة كموصلات هابطة طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق واللواقط على الحواف العليا للصفائح، أما نقطة الوصل بين هذه الصفائح وموصلات التأريض، أو موصلات تساوى الجهد، فيتم وضعها على الجهة السفلى للصفائح.

يجب مراعاة التمدد والتقلص الحرارى لمعدن الصفائح عند تثبيتها مع بعضها البعض على جدران المبنى، ويحسب هذا التمدد والتقلص عند درجة حرارة عليا قدرها ٨٠ °م ودرجة حرارة دنيا قدرها – ٢٠ °م (أى عند فرق درجة حرارة مقداره ١٠٠ °م)، وهذا يعنى تمدد طولى قدره ٠.٢٤ % لصفائح الألمنيوم و ٠.١١ % لصفائح الحديد من الطول الكلى.

عندما يزيد سطح التلامس بين الصفائح المتجاورة عن ١٠٠ سم^{٢} ، فلا توجد حاجة لعمل ربط باستخدام مسامير بصامولة لتثبيت هذه الصفائح مع بعضها.

يؤدى ربط الصفائح مع بعضها البعض كما هو وارد فى الشكل رقم (٢٢/٦) إلى توزيع منتظم للتيار فى الصفائح المعدنية، وبالتالى خفض أثر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة داخل المبانى، وبالإضافة إلى ذلك فإن الصفائح المعدنية تؤدى إلى تحجيب فعال جداً للمبنى من أثر المجالات الكهرومغناطيسية عندما تغطى هذه الصفائح كامل مساحة المبنى.

أما فى حالة وجود صفائح معدنية صغيرة على جدران المبنى غير مربوطة مع بعضها البعض، فلا يمكن استخدامها فى نظام الوقاية من الصواعق سواء كانت للاستخدام كموصلات هابطة طبيعية أو للتحجيب بغرض التخفيف من أثر المجالات الكهرومغناطيسية المنتشرة داخل المبنى.

ويمكن الحصول على تحجيب جيد لخفض شدة المجالات الكهرومغناطيسية داخل المبنى المراد وقايته، بربط الصفائح المعدنية التى تغطى جدار المبنى مع بعضها البعض عند عدد كبير من النقاط وعلى مسافات متقاربة، ويتعلق التوزيع المنتظم لتيار الصاعقة فى هذه الصفائح بعدد نقاط الربط هذه.

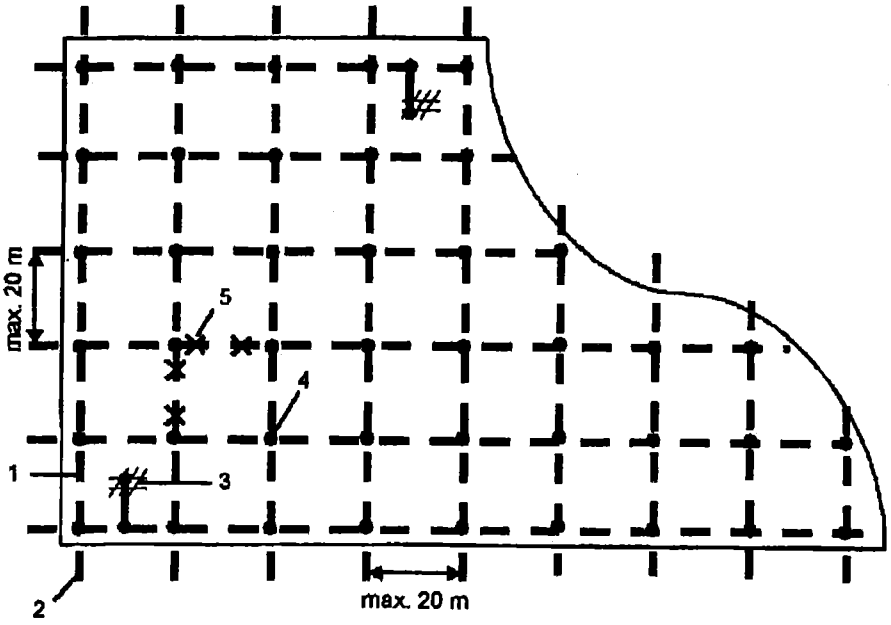
وعندما يكون من الضرورى خفض شدة المجالات الكهرومغناطيسية السائدة داخل المبنى المراد وقايته، وفى حالة وجود نوافذ فى جدران المبنى المغطى بصفائح معدنية، يجب ربط الحواف المعدنية لهذه النوافذ مع الصفائح المعدنية بواسطة موصلات قصيرة فى عدد كبير جداً من النقاط، وفى جميع الحالات يجب منع حدوث انحناءات حادة فى هذه الموصلات التى يسرى فيها تيار الصاعقة.

٥/٦ نظام التأريض فى نظام الوقاية من الصواعق

- قد يتطرق التفكير عند تنفيذ نظام الوقاية من الصواعق وجود شبكة تأريض وحيدة ومتكاملة للمبنى، بحيث تكون شاملة لكافة الأغراض (نظم الوقاية من الصواعق – نظم القدرة للجهد المتوسط –نظم القدرة للجهد المنخفض – نظم الاتصالات). ولكن بالنسبة لشبكات التأريض الخاصة بنظام الوقاية من الصواعق، فيفضل أن تبنى منفصلة عن باقى شبكات التأريض فى المبنى، ثم توصل فى النهاية إلى شبكة التأريض المتكاملة بربطها مع وصلة تساوى الجهد فى المبنى.
- يمكن الاستفادة عند تمديد موصلات التأريض فى تربة خواصها الكيميائية غير معروفة، من الخبرة العملية لحالات الصدأ التى حدثت على موصلات التأريض فى تربة مجاورة قريبة منها، حيث تكون الخواص الكيميائية للتربتين غالباً متماثلة وذلك لمعرفة مقدار الصدأ الذى سيحدث على هذه الموصلات لاحقاً.
- توجد عوامل أخرى تتسبب فى زيادة الصدأ على موصلات التأريض مثل الصدأ الكيميائى الناتج عن التيار الجلفانى. فعند ربط حديد التسليح داخل الخرسانة مع أى حديد آخر مدفون فى التربة، فإن ذلك ينتج جهدا جلفانيا مقداره ١ فولت يسبب سريان تيار فى الأرض وفى الخرسانة الرطبة، مما يسبب صدأ وتحللا للحديد فى التربة.
- عند ردم الخندق المحفور لتمديد موصلات التأريض، يجب التأكد من عدم وجود تماس بين موصلات التأريض ونواتج حريق، أو أى أحجار كلسية أو بقايا البناء فى حال استخدام هذه المواد فى ردم الخندق لأن ذلك يساعد فى زيادة الصدأ.

٥/٦-١ نظام التأريض للوقاية من الصواعق باستخدام الأساسات

يتكون هذا النظام من موصل التأريض الذى يتم تمديده داخل أساسات المبنى، ويكون على شكل حلقة مغلقة على مسار الجدران الخارجية للمبنى، أو على محيط فرشة الأساسات مع تمديد موصلات مستعرضة بحيث تشكل هذه الموصلات شبكة أبعاد فتحاتها لا تزيد عن (٢٠ x ٢٠) مترا، كما هو مبين فى الشكل رقم (٢٧/٦).



1: موصلات تأريض، (مثلاً موصلات مستطيلة المقطع ٣٠ × ٣.٥ مم من الحديد المجلفن)
2: موصل ربط بين تأريض الأساسات والموصلات الهابطة أو موصلات تساوى الجهد من الحديد المجلفن
موصلات مستطيلة المقطع ٣٠ × ٣.٥ مم
3: نقطة ربط مع حديد التسليح بواسطة وصلات ربط
4: وصلات ربط موصلات التأريض مع بعضها البعض
5: نقطة ربط إضافية مع حديد التسليح

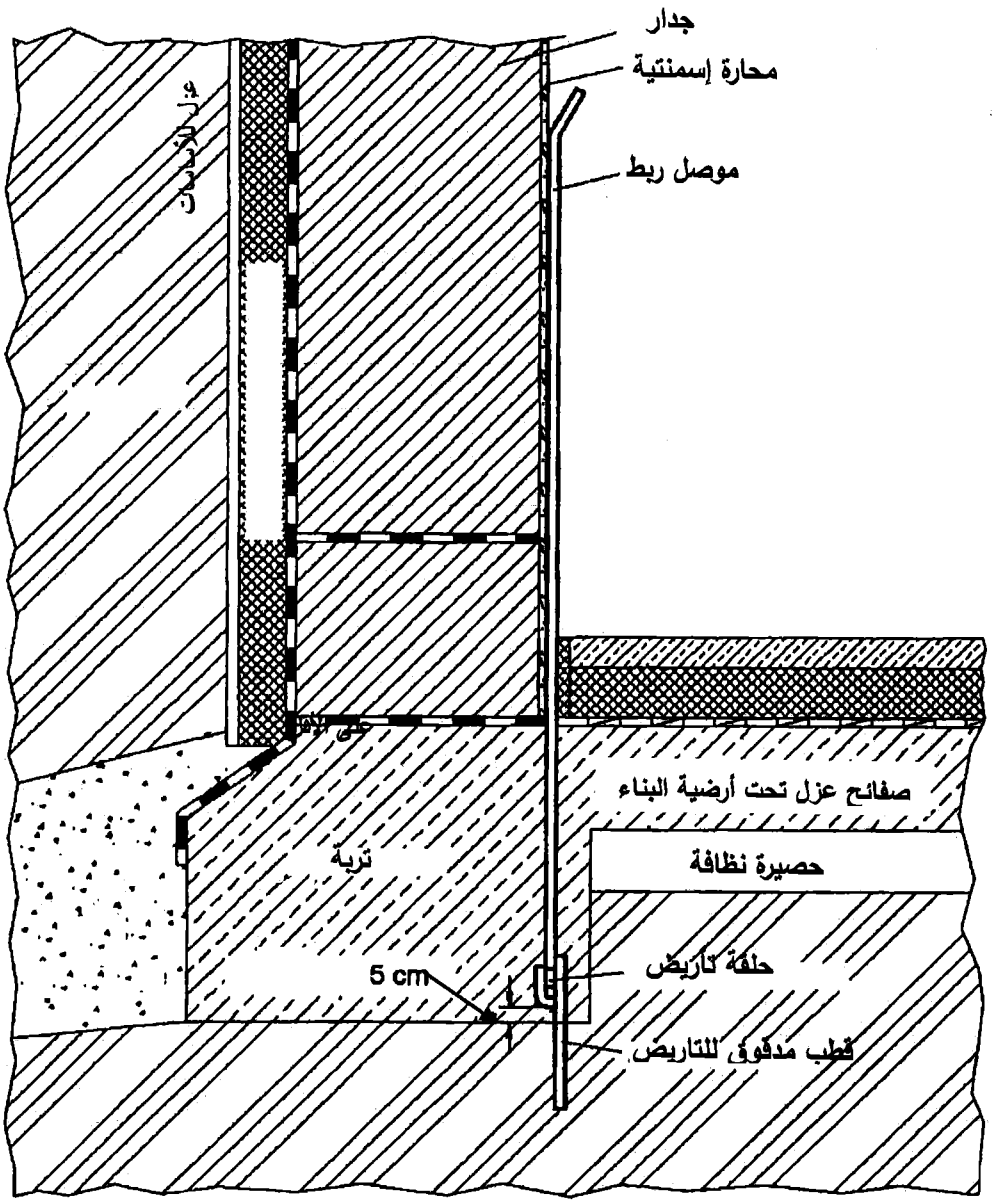
شكل (٢٧/٦): مثال على التأريض لنظام الوقاية من الصواعق بواسطة الأساسات باستخدام شبكة موصلات بفتحات (٢٠ × ٢٠) مترا كحد أقصى وربطها مع حديد التسليح

يكون للتأريض بواسطة الأساسات فائدة كبيرة، وذلك عندما تبلغ سماكة الخرسانة فوق موصلات التأريض ٥٠ مم على الأقل، حيث تكون طبقة الخرسانة كافية لحماية موصلات التأريض من الصدأ مع مراعاة أن توصيلية الحديد المدفون فى الخرسانة تساوى توصيلية النحاس المدفون فى الأرض، لذا فإن استخدام الأساسات فى المبانى من الخرسانة المسلحة يحل مشكلة الصدأ بشكل جيد (يجب مراعاة الصدأ الذى تتعرض له موصلات التأريض).

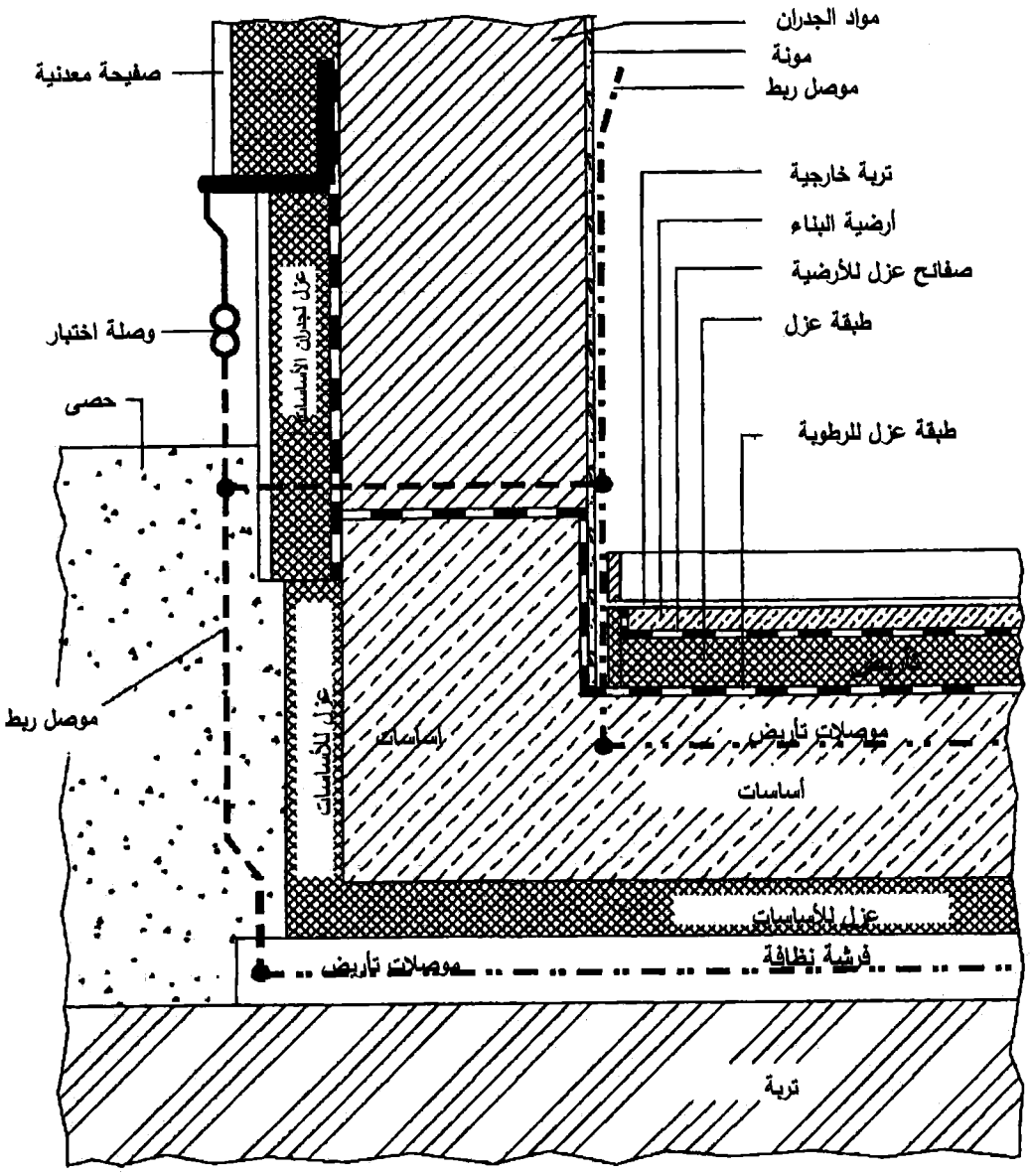
ويجب أن تكون موصلات التأريض التى تتصل مع حديد تسليح الأساسات مصنوعة من معدن غير قابل للصدأ.

يتم ربط شبكة الموصلات مع الموصلات الهابطة عند وصلة الاختبار بموصل ربط يمدد على الجدار من الخارج، أو فى المحارة الخارجية، وعند اختراق موصل الربط لهذه الطبقة بفرشة النظافة المكونة من الخيش المقطرن، فيجب ألا يتسبب خرق هذه الطبقة أى مشكلة لتسرب المياه.

وفى حالة استخدام مادة عازلة تحت الأساسات لعزل المياه الجوفية عن دور البدروم، فإن هذه المادة تؤثر على مقاومة الأرضى، وتحول موصلات التأريض إلى موصلات تساوى الجهد فقط، لذلك تمدد موصلات إضافية تحت هذه الطبقة، وتربط هذه الموصلات مع الموصلات الممددة فى الأساسات بواسطة موصلات ربط خارج فرشة النظافة فى الخرسانة، أو ضمنها عندما يسمح المهندس الإنشائى بذلك. وتبين الأشكال أرقام (٢٨/٦)، (٢٩/٦) أمثلة على تنفيذ نظام التأريض بواسطة الأساسات.



شكل (٢٨/٦): تمديد موصلات التأريض فى الأساسات غير المسلحة



شكل (٢٩/٦): موصلات التأريض ممددة تحت فرشة النظافة بالخرسانة

٦/٥-٢ التأريض فى الأرض الصخرية

عموما عند تنفيذ التأريض، يجب تمديد موصلات التأريض داخل خراسانات الأساسات، وباعتبار أن قيمة مقاومة الأرضى فى الأرض الصخرية كبيرة جداً، لذا يكون فائدة التأريض بواسطة الأساسات هو الحصول على قيمة مقاومة أرضى صغيرة. وفى هذه الحالة يمكن استخدام موصلات التأريض كموصلات تساوى الجهد أيضاً.

ويمكن خفض قيمة مقاومة الأرضى فى هذه الحالة، بتنفيذ موصلات تأريض أخرى تربط مع موصلات التأريض الممددة داخل الأساسات، ومع الموصلات الهابطة لنظام الوقاية فى وصلة الاختبار.

في حالة الأرض الصخرية وعدم استخدام التأريض داخل الأساسات، يجب استخدام تأريض من النموذج B (تأريض حلقى). وفى حال عدم إمكانية تمديد موصلات التأريض الحلقى فى التربة الصخرية، يمكن تمديد هذه الموصلات على سطح الأرض، وفى هذه الحالة يجب حماية الموصلات من الصدمات الميكانيكية وذلك بدفن الموصل الأفقى الممدد على، أو بالقرب من سطح الأرض بطبقة من الحصى أو الخرسانة.

ويجب فى حالة وجود شوارع ملاصقة للمبنى المراد وقايته، تمديد موصل حلقى حول المبنى بجوانب الشوارع، أما فى حالة عدم القدرة على تمديد موصل حلقى حول كامل محيط المبنى، يجب تحسين توزيع الجهد بالقرب من الموصلات الهابطة على الأقل.

كما يجب فى بعض الأحيان دراسة ما إذا كان من الواجب تمديد موصلات على شكل جزء من حلقة أخرى، لتحسين توزيع الجهد بالقرب من المدخل الرئيسى للمبنى المراد وقايته، أو زيادة قيمة مقاومة الطبقة السطحية فوق موصل التأريض باستخدام طبقة من الحصى.

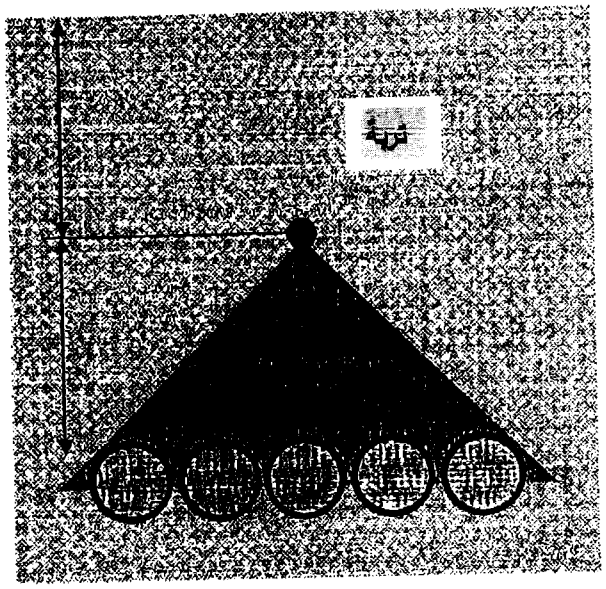
٦/٥-٣ نظام التأريض الخاص بالوقاية من الصواعق فى المنشآت الكبيرة

يوجد فى المنشآت الصناعية الكبيرة عدد من المبانى المتجاورة أو المتلاصقة تمتد إلى مسافة كبيرة، ويوجد بين هذه المبانى عدد كبير من كابلات القدرة الكهربائية، أو كابلات المعلومات الممدودة بينها. ويكون تأريض هذه المبانى بشكل جيد، ضرورياً لتأمين وقاية للتجهيزات الكهربائية والإلكترونية المربوطة معها، وبالتالى الحد من التشويش الحاصل على هذه التجهيزات. كما أنه من المهم جداً أن يكون نظام التأريض ذا ممانعة حثية صغيرة لتقليل فرق الجهد بين هذه المبانى، وبالتالى التقليل من خطر الحث التبادلى.

يمكن الحصول على ممانعة حثية صغيرة لنظام التأريض باستخدام التأريض داخل أساسات

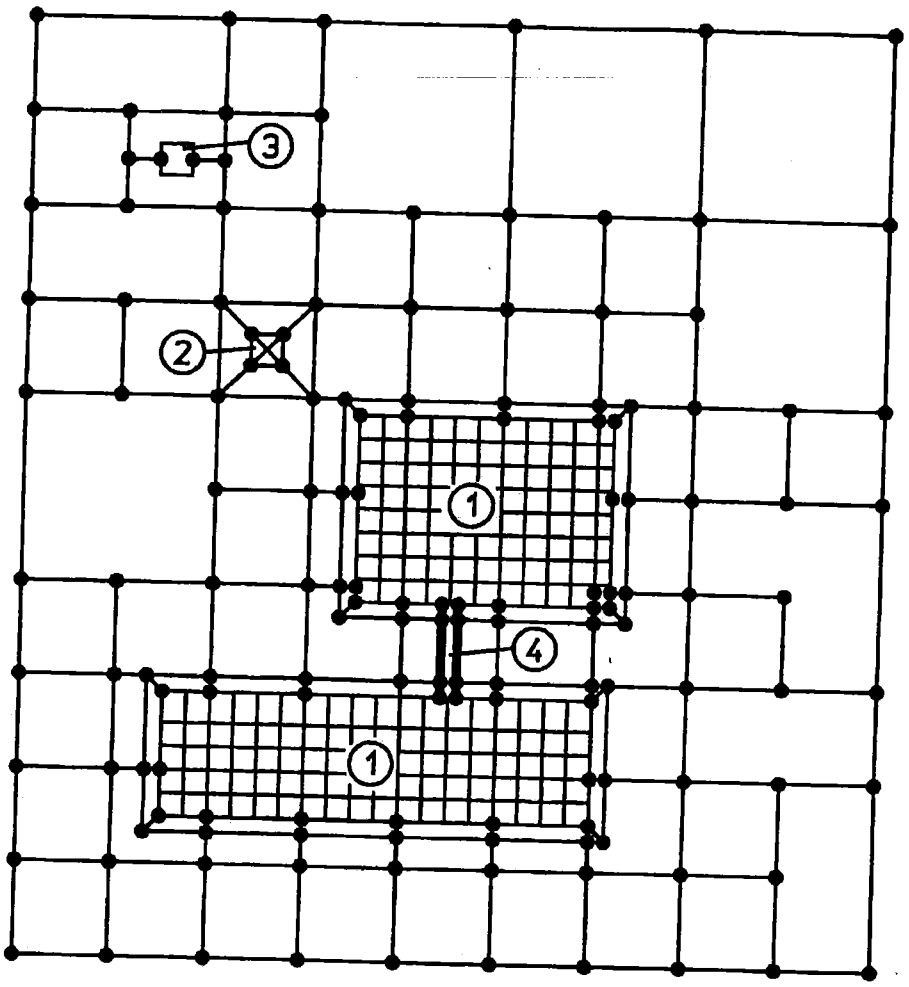
المبانى مع إضافة تأريض من النموذج A أو النموذج B ليحقق المتطلبات الواردة فى هذا الكود. ويتم الربط فى وصلات الاختبار بين كل من موصلات نظام التأريض والموصلات الهابطة فى نظام الوقاية من الصواعق، كذلك يجب أن تربط موصلات تساوى الجهد الداخلية إلى بعض هذه الوصلات أيضاً.

ويجب أن يتم تمديد موصل أرضى (كموصل تحجيب) فوق مجارى الكابلات المعرضة بالخارج، وإذا كانت الكابلات ممدودة فى مجارى أو موضوعة علي سلالم كابلات، يمدد فوقها أكثر من موصل أرضى لتقليل احتمال إصابة الكابلات إصابة مباشرة بصاعقة. وفى الكابلات الأرضية يتم تمديد موصل تأريض فوق خنادق الكابلات كما هو مبين فى الشكل رقم (٣٠/٦).



شكل (٣٠/٦): وقاية مجارى كابلات فى التربة بتمديد موصل تأريض إضافى

تشكل موصلات التأريض عندما تربط عدة مبانى متجاورة مع بعضها البعض، شبكة تأريض كما هو مبين فى الشكل رقم (٣١/٦). كذلك يبين هذا الشكل كيفية تمديد موصلات التأريض في خنادق الكابلات.



1: مبانى متجاورة
2: برج معدنى ضمن المساحة المراد وقايتها
3: تجهيزات معدنية في الهواء الطلق
4: مجارى كابلات

شكل (٦/٣١): مسقط أفقى لنظام تأريض فى منشأة صناعية كبيرة

٦/٥-٤ الوقاية من الصدأ أو التآكل لموصلات التأريض

- يجب ربط موصل التأريض من الحديد المجلفن مع قضبان حديد التسليح فى الخرسانة، بواسطة ثغرة وقاية (Protection gap) قادرة على تمرير أقصى قيمة من تيار الصاعقة فى حال انهيارها.
- فى حال الربط المباشر بين موصلات التأريض المدفونة فى التربة، وحديد تسليح

أساسات المبنى فى الأرض يصبح احتمال الصدأ أكبر.

- يستخدم موصل من الحديد المجلفن مستطيل المقطع للتأريض فى التربة فقط فى حالة عدم ربطه مع أجزاء من حديد التسليح الخرسانة، ويمكن ربط هذا الموصل مع حديد الأساسات عند تمديده ضمن الأساسات ودفنه بالخرسانة (التأريض بواسطة الأساسات).
- فى حال وجود مواسير معدنية مدفونة فى الأرض ومربوطة مع موصلات تساوى الجهد ومع موصلات التأريض، فإن معدن الماسورة يجب أن يتناسب مع موصل التأريض فى حال عدم عزله عن الأرض، وتعامل المواسير المعزولة بطبقة من الطلاء كالمواسير غير المعزولة، وعندما لا يمكن استخدام نفس المعدن للتأريض وللمواسير المعدنية، يتم ربط هذه المواسير مع موصلات تساوى الجهد بواسطة موصل يحتوى على جزء عازل، ويقصر هذا الجزء العازل بواسطة ثغرة وقاية.
- يجب عند استخدام قطعة عازلة فى الماسورة المعدنية المستخدمة فى نظام الحماية الكاثودية (Cathodic protection) قصر هذه المنطقة المعزولة من الماسورة المعدنية بواسطة ثغرة وقاية تكون قادرة على تمرير الجزء الأكبر من تيار الصاعقة أثناء انهيارها.
- يجب عند ربط موصلات تأريض من معدن غير قابل للصدأ أو قليل الصدأ(نحاس مثلاً) مع قضبان حديد التسليح فى الخرسانة المسلحة، معالجة نقطة الربط وجزء المعدن الملامس للخرسانة من الصدأ والتآكل.
- يجب عدم تمديد موصل معدنى بغلاف من الرصاص مباشرةً بالخرسانة، إنما يجب معالجته قبل ذلك بواسطة معالج للصدأ أو بتمديده داخل غلاف من مادة عازلة (يمكن تغليف الموصل بمادة البلاستيك PVC مثلا).
- يجب معالجة موصل التأريض ضد الصدأ فى نقطة دخوله إلى الأرض ولمسافة ٣٠ سم فوق سطح الأرض و٣٠ سم تحت سطح الأرض، أو بتمديده داخل ماسورة عازلة على طول هذه المسافة.
- يجب أيضاً أن تكون الوصلات المستخدمة للربط بين الموصلات فى الأرض مقاومة للصدأ، ومن غير المسموح به غالباً استخدام الوصلات التى تثبت بواسطة المسامير، ويجب فى حالة استخدام هذه الوصلات أن تكون أيضاً معالجة ضد الصدأ، كذلك يجب عند ربط الموصلات مع بعضها البعض بواسطة اللحام معالجة منطقة الوصل من الصدأ.
- يجب عند اختبار نظام الوقاية من الصواعق، مراقبة الصدأ الذى يحدث على موصلات

هذا النظام، وبشكل خاص الصدأ الذى يحدث على موصلات التأريض. ولقد بينت الخبرة العملية ما يلى:

- يجب عدم استخدام موصلات الألومونيوم فى التأريض
- الموصلات المعدنية المغلفة بالرصاص غير مناسبة للتأريض
- لا تستخدم موصلات نحاسية في التأريض فى أرض أو خرسانة تحتوى على نسبة كبيرة من الكالسيوم.

٦/٥-٥ التثبيت والوصلات:

التثبيت:

يجب تثبيت الشبكة الهوائية والموصلات الهابطة بإحكام وبحيث لا تتسبب القوى الكهروديناميكية أو القوى الميكانيكية المفاجئة (كالاهتزازات اللحظية مثلاً) فى كسر الموصلات أو ارتخائها.

الوصلات:

يجب استخدام أقل عدد من الوصلات على طول الموصل، وأن تكون موصولة بواسطة اللحام أو مربوطة بواسطة مسامير وصواميل.

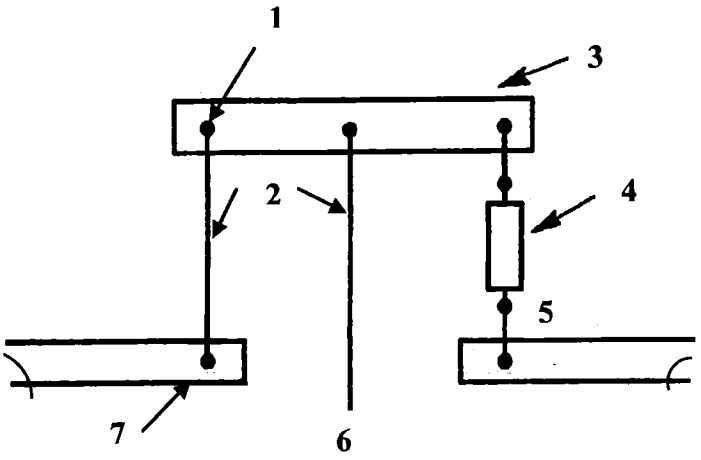
الباب السابع

تنفيذ الوقاية الداخلية للوقاية من الصواعق

يختص هذا الباب بكيفية تنفيذ الوقاية الداخلية لمبنى ما. ويكون من الضرورى عندما يحتوى المبنى على عدد كبير من التجهيزات الكهربائية والإلكترونية الحساسة، إنشاء مناطق وقاية جديدة، (أنظر الباب الرابع والخامس).

١/٧ تساوى الجهود للتركيبات المعدنية الداخلية

١- تنفذ وصلة تساوى الجهد بين التركيبات المعدنية بحيث تُربط التركيبات المعدنية الداخلية والخارجية والأغلفة المعدنية للكابلات المختلفة (كابلات القوى، كابلات المعلومات الواصلة إلى الحاسابات، كاميرات المراقبة، إلخ...) بواسطة موصلات قصيرة إلى هذه الوصلات مباشرةً أو باستخدام نبائط تفريغ جهد SPDS إذا كان ذلك ضرورياً. ويبين الشكل رقم (١/٧) كيفية تنفيذ نظام تساوى الجهد لمبنى ما.



1: ربط بواسطة الضغط أو المسامير بصامولة أو اللحام
2: موصلات الربط
3: وصلة تساوى الجهد
4: نبيطة تفريغ جهد SPD
5 جزء أو نظام موصلات يربط مع وصلات تساوي الجهد من خلال نبيطة تفريغ جهد
6: توصيل إلى نظام التأريض
7: جزء أو نظام موصلات يربط مباشرةً مع وصلات تساوى الجهد

شكل (١/٧): كيفية تنفيذ ربط الموصلات فى المبنى مع بعضها البعض، (مثلاً ربط المواسير المعدنية للمياه) مع التأريض بواسطة موصلات تساوى الجهد

ملاحظة :

يجب استخدام مثبتات خاصة عند الربط مع حديد التسليح.

٢- تركب وصلة تساوى الجهد على جدار المبنى من الداخل بالقرب من سطح الأرض (على ارتفاع حوالى ٢٥ سم) وقريباً من لوحة التوزيع العمومية. وتربط هذه الوصلة بأقصر طريق مع نظام التأريض (التأريض الحلقى أو التأريض بواسطة الأساسات)، كذلك تربط هذه الوصلة مع موصل الربط بأسياخ حديد التسليح مع بعضها البعض (فى حالة وجوده).

ويمكن استخدام أسياخ حديد التسليح فى تساوى الجهد وذلك فى المبانى المنشأة من الخرسانة المسلحة والتى تحقق أسياخ حديد التسليح بها المتطلبات الكهربائية لنظام الوقاية، فى هذه الحالة نحتاج إلى شبكة من موصلات الربط تتقاطع مع أسياخ حديد التسليح التى تثبت معها بواسطة شريط ربط أو بواسطة اللحام، وتُربط هذه الموصلات إلى وصلات تساوى الجهد بواسطة موصل ربط.

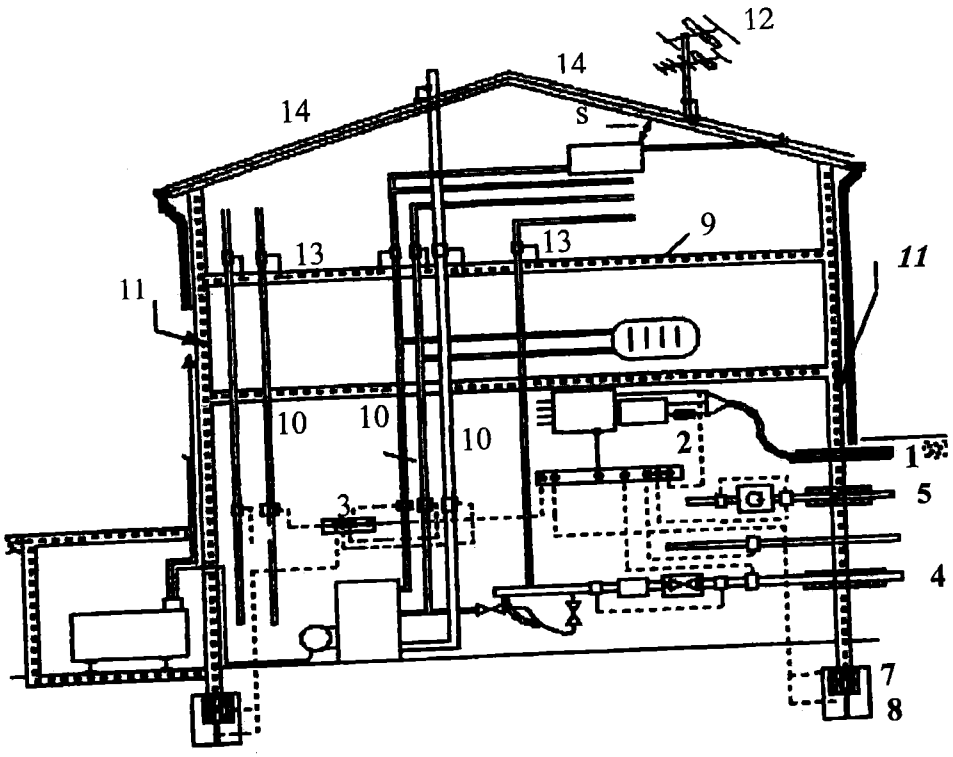
٣- تربط موصلات الربط وموصلات الوصل مع بعضها البعض بواسطة اللحام.

٤- يجب ألا يقل أصغر مقطع لموصلات تساوى الجهد المصنوعة من النحاس، الألومنيوم أو الحديد المجلفن عن القيم الواردة فى كل من الجدول رقم (٩/٤) والخاص بأقل مساحة مقطع لموصلات الربط الحاملة للجزء الأساسى من تيار الصاعقة، والجدول رقم (١٠/٤) والخاص بأقل مساحة مقطع لموصلات الربط الحاملة للجزء غير الأساسى من تيار الصاعقة، ويجب ربط جميع الموصلات المعدنية ذات المقاطع الكبيرة (دلائل المصاعد، روافع، صفائح معدنية، مواسير معدنية، كابلات قوى ومعلومات، إلخ...) مع وصلة تساوى الجهد بواسطة موصل على مستوى الأرض وعلى ارتفاعات مناسبة.

٥- يجب أن تتحمل موصلات ووصلات تساوى الجهد جزءاً من تيار الصاعقة الذى يسرى فيها.

وفى المبانى المشيدة جدرانها الخارجية من الخرسانة المسلحة، سوف يسرى جزء من تيار الصاعقة فى أسياخ التسليح. ويبين الشكل رقم (٢/٧) كيفية تنفيذ نظام وقاية داخلى لمبنى يحتوى على تجهيزات هاتفية، وفى هذه الحالة يتم استخدام حديد التسليح للمبنى كجزء من النظام الداخلى للوقاية من الصواعق ونظام تساوى الجهد.

تبين الأشكال أرقام من (٣/٧) حتى (٥/٧) كيفية تنفيذ وصلات تساوى الجهد فى مبنى عند دخول الموصلات الخارجية المختلفة (مواسير معدنية، كابلات قوى ومعلومات ، إلخ...) إلى داخل المبنى من عدة أماكن.

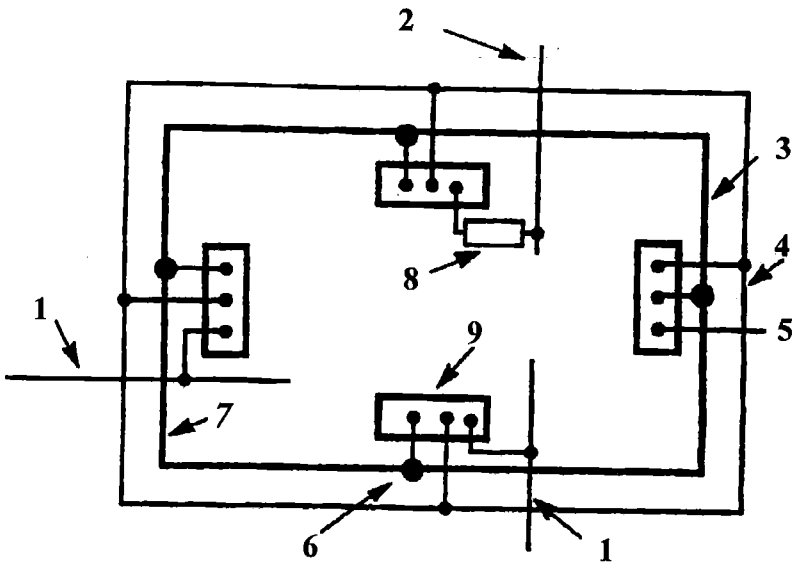


1: كابل مزود بعزل اضافى فى الخارج
2: موصل التأريض الوقائى PE فى نظام TN-S
3: وصلة تساوى الجهد
4: مواسير المياه المعدنية
5: مواسير غاز
6: أغلفة معدنية لعدّاد الغاز
7: استخدام حديد تسليح الأساسات لمكونات طبيعية للتأريض
8: تأريض بواسطة الأساسات
9: استخدام حديد التسليح فى السقف كمكونات طبيعية لنظام الوقاية
10: أنابيب معدنية داخل المبنى
11: موصلات هابطة طبيعية
12: هوائى يستخدم كلاقط طبيعى
13: الربط مع حديد التسليح بسقف المبنى
14: لواقط أفقية
15: عدّاد استهلاك (مياه، طاقة كهربائية، غاز)
16: الربط مع الأساسات
17: نبيطة تفريغ جهد SPD
S: مسافة التقارب

* يمكن الاستعاضة عن الأغلفة المعدنية بواسطة ثغرة حماية عندما يكون ذلك ضروريا للتخلص من الصدأ

ملاحظة:يمكن استخدام حديد التسليح لتساوى الجهد عندما يربط به جميع الموصلات المعدنية فى المبنى.

شكل (٢/٧): مثال للوقاية الداخلية فى مبنى من الخرسانة المسلّحة

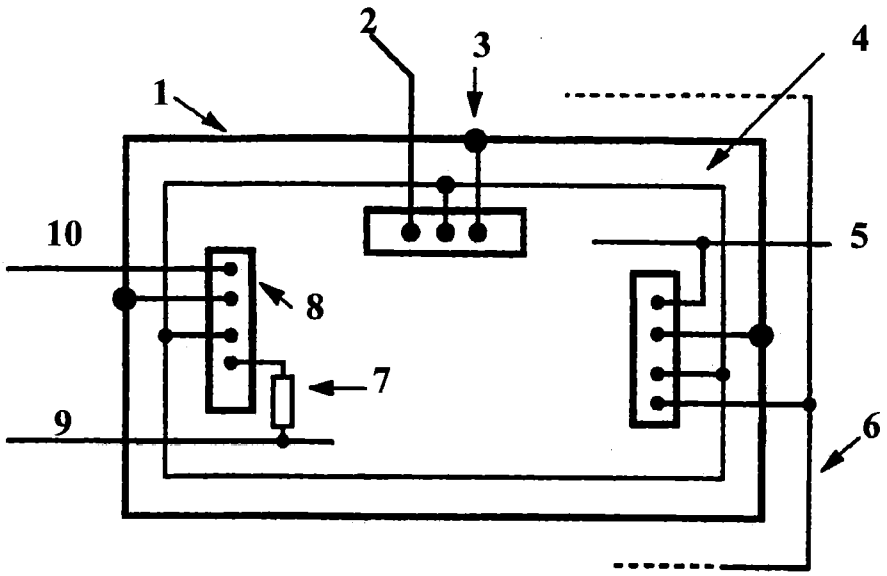


1: موصلات خارجية مثلاً مواسير المياه
2: موصلات قدرة كهربائية أو تليفونات
3: حديد التسليح فى الجدران والأساسات
4: تأريض حلقى
5: الربط مع التأريض الإضافى
6: الربط مع حديد الأساسات
7: الربط مع حديد التسليح فى الجدران الخارجية كما هو فى 3
8: نبيطة تفريغ جهد SPD
9: وصلة تساوى الجهد

ملاحظة:

تم استخدام حديد التسليح للأساسات كتأريض طبيعى.

شكل (٣/٧): مثال على وصلة تساوى الجهد فى مبنى تدخل إليه الموصلات من الخارج من عدة أماكن مع موصلات أرضى حلقى يربط هذه الوصلات مع بعضها البعض

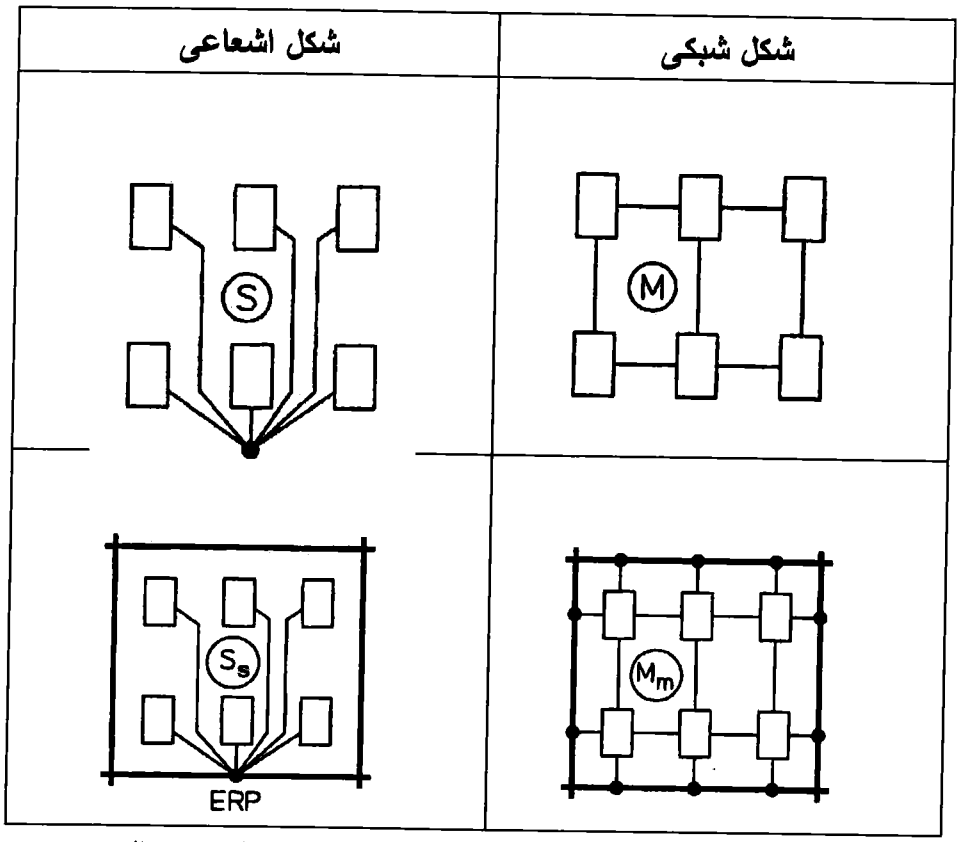


1: حديد التسليح للجدران الخارجية والأساسات
2: تأريض مع شبكة أرضى أخرى
3: الربط مع حديد التسليح
4: حلقة تساوى الجهد الداخلية (موصل حلقى)
5: الربط مع الموصلات الخارجية، مثلاً مواسير المياه المعدنية
6: نموذج تأريض B تأريض حلقى
7: نبيطة تفريغ جهد SPD
8: وصلة تساوى الجهد
9: كابلات قوى أو معلومات
10: الربط مع مع شبكة تأريض أخرى

شكل (٤/٧): مثال على وصلات تساوى الجهد فى مبنى تدخل إليه الموصلات من الخارج من عدة أماكن مع موصل داخلى (موصل حلقى) يربط هذه الوصلات مع بعضها البعض

ويتم وصل الأغلفة المعدنية للتركيبات المعدنية الموجودة داخل المبنى مع وصلات تساوى الجهد، كما هو مبين فى الشكل رقم (٥/٧).

ويجب ضم التركيبات المعدنية المتواجدة فى الحيز المراد وقايته من الصواعق إلى نظام الوقاية فى المبنى، و ذلك بوصلها إلى النظام المستخدم للوقاية من الصواعق.



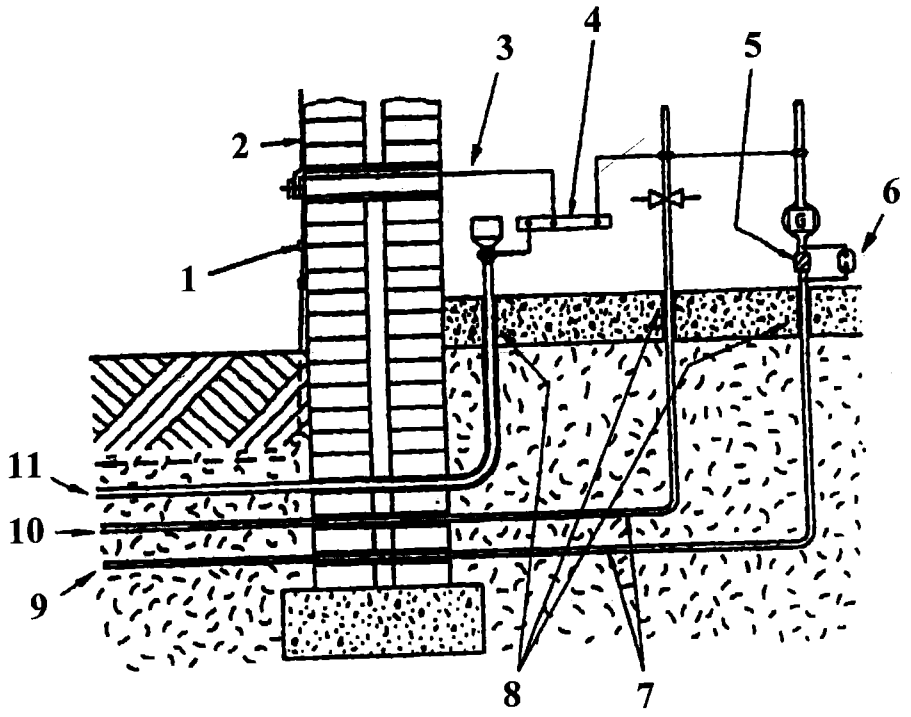
شكل (٥/٧): ربط التجهيزات المعدنية مع وصلات تساوى الجهد

٢/٧ تساوى الجهد للتركيبات المعدنية الخارجية

١- يجب إدخال جميع الموصلات الخارجية (مواسير معدنية، موصلات قوى، موصلات معلومات، إلخ...) إلى المبنى بالقرب من سطح الأرض ومن مكان واحد قدر الإمكان، ويبين الشكلان

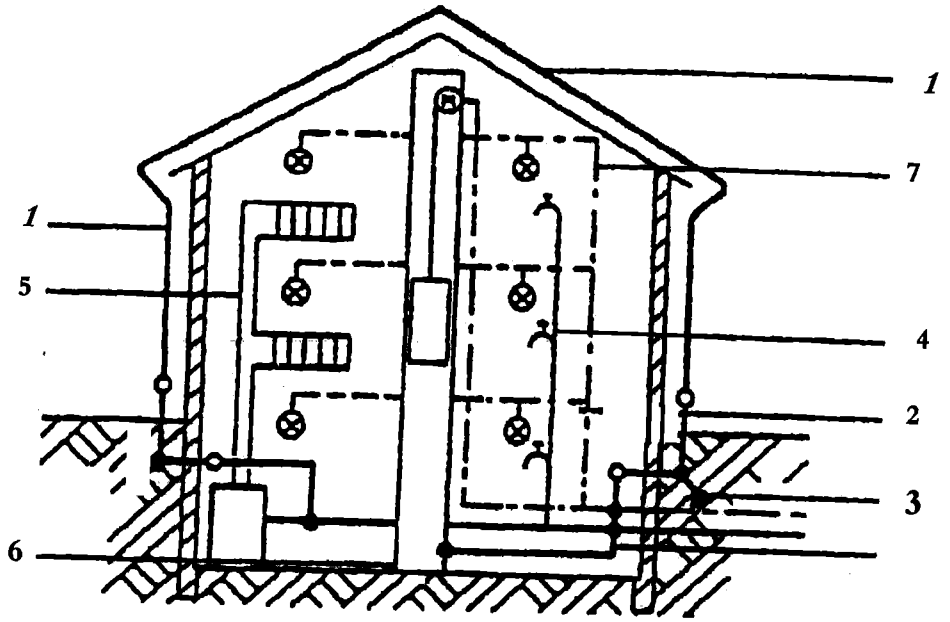
رقمى (٦/٧)، (٧/٧) أمثلة على ذلك، أما الشكل رقم (٨/٧)، فيبين مثالاً على دخول جميع كابلات التليفونات إلى داخل المبنى من مكان واحد.

٢- يجب ربط وصلة تساوى الجهد المستخدمة فى نقطة دخول الموصلات الخارجية إلى داخل المبنى مع موصلات التأريض بأقصر طريق.



1: علبة التفتيش
2: موصل هابط
3 : الربط مع قضيب تساوى الجهد
4: وصلة تساوى الجهد
5: قطعة عزل
6: ثغرة وقاية (Protection gap)
7: موصلات معدنية
8: إجراءات عزل (Sleeves)
9: ماسورة غاز
10: ماسورة معدنية للمياه
11: موصل تأريض

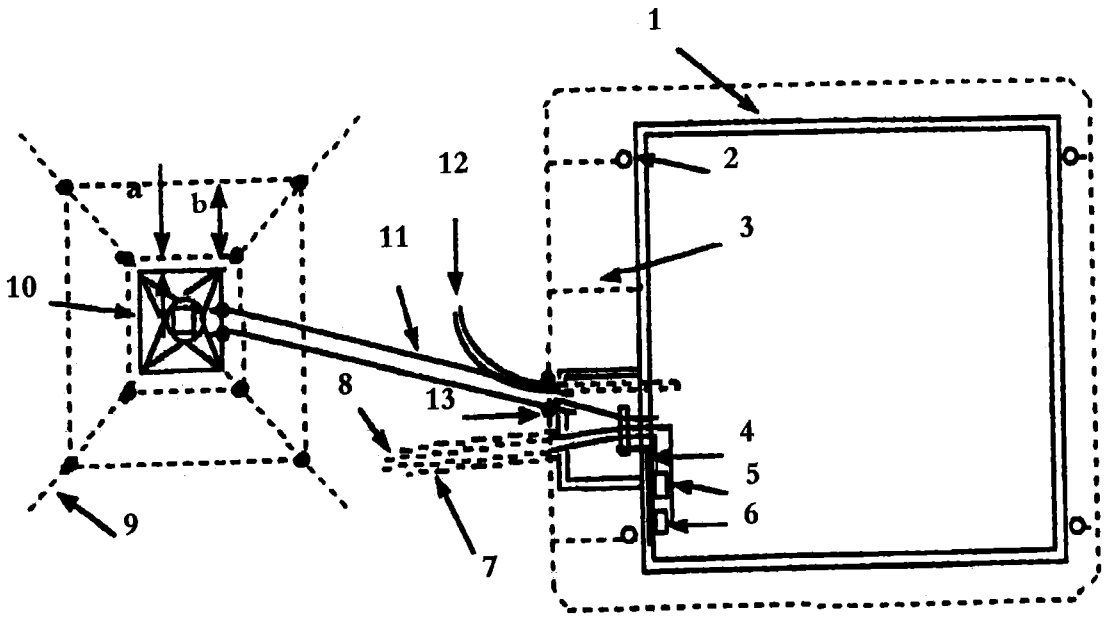
شكل (٦/٧): مثال على تصميم نظام داخلى للوقاية ووصلات تساوى الجهد للموصلات المعدنية (مواسير غاز، ماء، كابلات قوى كهربائية) فى مبنى ما بدون جدران مسلّحة بحيث تدخل جميع هذه الموصلات إلى المبنى من مكان واحد



1: موصلات الوقاية الخارجية (لواقط، موصلات هابطة)
2: تأريض نموذج B، تأريض حلقى
3: وصلات تساوى الجهد
4: مواسير مياه معدنية
5: مجارى مركزية
6: دلائل المصعد
7: تجهيزات الجهد المنخفض

ملاحظة:
جميع المواسير المعدنية تدخل إلى المبنى من جهة واحدة فى أماكن متقاربة.

شكل (٧/٧): تنفيذ نظام داخلى للوقاية من الصواعق وربطه مع النظام الخارجى للوقاية من الصواعق فى مبنى بدون حديد تسليح



مسقط أفقى

1: مبنى من خرسانة مسلّحة به نوافذ ونظام خارجى للوقاية من الصواعق 2: موصلات هابطة

3 ربط حديد التسليح مع موصلات التأريض من النموذج B (تأريض حلقى)

4: تستخدم صفيحة من الحديد المجلفن سماكتها أكبر من ٢ مم كصفيحة تساوى الجهد بدلاً من وصلات تساوى الجهد مع ربط الغلاف المعدنى للكابل مع هذه الصفيحة، (وتحد السماكة الأكبر لهذه الصفيحة من خطر التشبع المغناطيسى)

5: لوحة توزيع جهد منخفض مع نبيطة تفريغ جهد 6: وصلة تليفون مع نبيطة تفريغ جهد

7: كابلان جهد منخفض وجهد عالى فى خندق كابلات (ممانعة منخفضة) وجدران الخندق من حديد متشابك

8: كابل تليفون فى خندق كابلات أو كابل محجّب بشكل خاص 9: نظام تأريض نموذج A

10: أبراج الإرسال

11: مواسير معدنية مجلفنة أو مجارى معدنية سماكتها أكبر من ٢ مم لتخفيض المجال الكهرومغناطيسى مربوطة مع الغلاف المعدنى للكابلات

12: مواسير معدنية للمياه 13: الربط بين مجارى معدنية ونظام التأريض. a=0.5 m, b= 5 m

شكل (٨/٧): تنفيذ نظام خارجى للوقاية وتأريض التجهيزات المعدنية الخارجية في محطة بث إذاعى أو تلفزيونى مع مجارى كابلات (أطول من ١٠ أمتار) تحت الأرض بين البرج والتجهيزات الموجودة داخل المبنى

ملاحظة ١:

يفضل استخدام موصلات من النحاس فى التأريض بدلاً من الحديد المعرض للصدأ (توصيلية الحديد داخل الخرسانة المسلحة تساوى توصيلية النحاس المدفون فى الأرض).

ملاحظة ٢:

يسمح فى الأنظمة ذات مجارى الكابلات القصيرة، أن يُربط تأريض برج الإرسال، وتأريض المبنى مع بعضها البعض بواسطة موصل أرضى إضافى.

٣- يجب عند دخول الموصلات الخارجية بما فى ذلك موصلات القدرة والمعلومات إلى داخل المبنى من أكثر من مكان لأى سبب من الأسباب، تركيب عدة وصلات تساوى جهد فى نقاط دخول هذه الكابلات وربط هذه الوصلات مع موصلات التأريض من النموذج B (تأريض حلقى أو تأريض بواسطة الأساسات) عبر أقصر طريق.

أما فى حالة استخدام موصلات تأريض من النموذج A لنظام الوقاية من الصواعق، فيجب ربط وصلة تساوى الجهد مع موصل تأريض واحد، ومع الموصل الحلقى الداخلى أو موصل داخلى يشكل جزءاً من حلقة كما هو مبين فى الشكل رقم (٧/٧).

٤- عند إدخال الموصلات الخارجية إلى المبنى وهى فوق سطح الأرض، يجب ربط وصلات تساوى الجهد إلى موصل حلقى أفقى يمدد داخل أو خارج الجدران الخارجية للمبنى، ويتم ربط هذا الموصل الأفقى مع الموصلات الهابطة لنظام الوقاية ومع حديد التسليح للجدران فى حال استخدام حديد التسليح فى نظام الوقاية من الصواعق.

٥- يجب أن يتم ربط الموصل الحلقى مع حديد تسليح الجدران فى حالة استخدامه فى نظام الوقاية، أو مع الأجزاء المعدنية الأخرى وذلك على مسافات متساوية (تساوى المسافة بين الموصلات الهابطة)، (أنظر الجدول رقم (٣/٤) والخاص بالبعد المتوسط بين الموصلات الهابطة والموصلات الحلقية الأفقية حسب مستوى الوقاية).

٦- فى المبانى المستخدمة للتجهيزات المحتوية على معدات الكترونية والمبانى الأخرى التى تحتاج إلى مستوى وقاية عالية من أثر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة، يجب ربط الموصل الحلقى مع حديد التسليح كل ٥ أمتار، كما يجب عند ربط المواسير المعدنية القادمة من الخارج للدخول فى هذه المبانى، استخدام صفيحة ربط معدنية ذات سماكة مناسبة لا تقل عن ٢ مم تربط معها هذه الموصلات الداخلة إلى المبنى، ويجب أن تربط هذه الصفيحة مع حديد تسليح المبنى والأجزاء المعدنية الأخرى فى عدة نقاط.

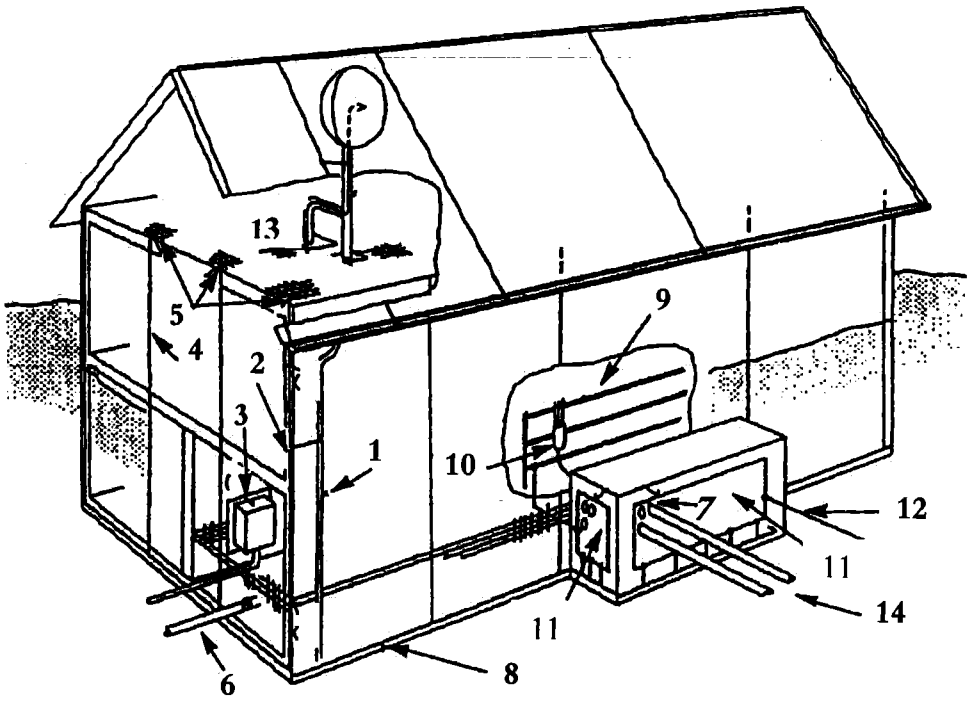
٧- يجب أن تكون أبعاد موصل تساوى الجهد المستخدم لربط الأجزاء الموصلة الخارجية قادرة على تحمل تياراً أكبر من كامل تيار الصاعقة بنسبة ٢٥% وأن يحقق المتطلبات الواردة فى الجدول

رقم (٥/٢).

ويبين الشكل رقم (٩/٧) كيفية تنفيذ النظام الداخلى للوقاية من الصواعق لمبنى منشأ من الخرسانة المسلحة.

٣/٧ الوقاية من أثر التيارات الناتجة بالحث فى التركيبات الداخلية

تسبب التيارات التى تسرى فى موصلات النظام الخارجى للوقاية من الصواعق نشوء جهود كبيرة جداً فى التركيبات المعدنية الداخلية نتيجة التبادل الحثى الكهرومغناطيسى، وبالإضافة إلى الإجراءات الواردة فى الفقرة (٢/٧)، (٣/٧)، فإن تأثير هذه التيارات يقل بشكل كبير عند مراعاة الإجراءات الواردة فى الباب الخامس من هذا الكود.



1: ماسورة مطر معدنية (مزراب) مستخدم كموصل هابط طبيعى
2: علبة تفتيش (وصلة اختبار)
3: علبة توزيع الجهد المنخفض الأساسية
4: موصل معدنى إضافى مدفون فى الخرسانة يستخدم كموصل هابط
5: الربط مع حديد التسليح
6: ماسورة معدنية للمياه تحتوى على منطقة عازلة مركب عليها ثغرة وقاية
7: ماسورة معدنية بداخلها كابل التلفزيون
8: استخدام حديد التسليح كتأريض طبيعى
9: مثبتات الكابلات
10: نبيطة تفريغ تيار لموصلات التليفونات
11: صفائح معدنية تستخدم في الربط لتساوى الجهد
12: موصل تأريض أفقى فى خندق الكابلات (تأريض نموذج A)
13: كابل التلفزيون
14: كابلات قوى كهربائية ومعلومات

ملاحظة:

مثال للنظام الداخلى للوقاية من الصواعق مع استخدام صفائح معدنية لتساوى الجهد.

شكل (٩/٧): نظام الوقاية من الصواعق وتساوى الجهد لنظام تليفزيون وتليفونات فى مبنى من الخرسانة المسلّحة

٤/٧ تنفيذ التحجيب لمناطق الوقاية من الصواعق

يتم عملياً تحجيب مناطق الوقاية باستخدام التركيبات المعدنية الموجودة على الحواف الخارجية لهذه المناطق، مثل حديد تسليح السقف والجدران والأرضيات، بالإضافة إلى الأطر المعدنية للنوافذ والأبواب حيث تشكل هذه التركيبات عند وصلها مع بعضها البعض بشبكة معدنية. وتكون هذه الشبكة فعالة فى تخفيض شدة المجال الكهرومغناطيسى المصاحب لقناة الصاعقة عندما لا تزيد المسافة بين أبعاد فتحاتها عن ٥ أمتار.

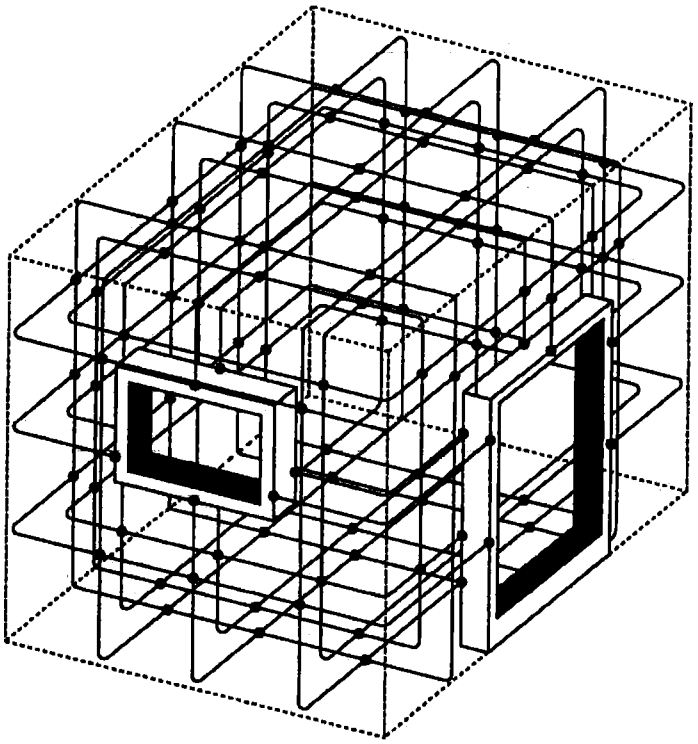
ملاحظات:

1 – يمكن إهمال أثر موصلات النظام الخارجى للوقاية فى تحجيب منطقة الوقاية من النوع LPZ1، وذلك عندما تزيد أبعاد الموصلات (اللواقط والموصلات الهابطة) عن ٥ أمتار

٢ – لزيادة فعالية التحجيب لمناطق الوقاية من النوع LPZ2 وما يليه، يمكن استخدام الحاويات والأغلفة المعدنية للتجهيزات الكهربائية والإلكترونية بالإضافة إلى حديد تسليح للجدران (فى حالة وجوده)

٣ – عند وجود تركيبات معدنية أو حديد تسليح فى الغرف الداخلية للمبنى، يجب تمديد موصلات إضافية تحقق المتطلبات الواردة فى الجدول رقم (٥/٢) والمركبة على أو مدفونة فى جدران هذه الغرف وذلك على شبك لا تزيد أبعاد فتحاته عن ٥ أمتار.

يبين الشكل رقم (١٠/٧) أساسيات استخدام أسياخ حديد التسليح والأطر المعدنية للنوافذ والأبواب المعدنية فى تحجيب المبانى.



ملاحظة:

يكفى فى التنفيذ العملى ربط الموصلات مع بعضها كل ١ متر.

شكل (٧/١٠): استخدام حديد التسليح والحواف المعدنية للأبواب والنوافذ فى تحجيب المبنى

الباب الثامن

فحص ومتابعة واستلام وصيانة نظام الوقاية من الصواعق

١/٨ متابعة نظام الوقاية

١- تفقد بعض تجهيزات الوقاية من الصواعق فعاليتها فى الوقاية نتيجة الصدأ أو الظروف الجوية، أو الإجهادات الميكانيكية التى تتعرض لها، أو نتيجة الأضرار الناتجة عن تفريغ تيار الصاعقة لعدة أعوام، لذا تكون متابعة نظام الوقاية من الصواعق مهمة.

٣- يجب أن تحافظ تجهيزات الوقاية من الصواعق على المتطلبات الكهربائية والميكانيكية خلال عمر نظام الوقاية بالكامل، كذلك يجب أن تحافظ هذه التجهيزات على المتطلبات الواردة فى هذا الكود.

٤- يجب تعديل نظام الوقاية من الصواعق عند حدوث تغيير فى شكل المبنى أو استخداماته، بحيث يلائم التغيير الجديد فى شكل المبنى مستوى الوقاية الجديد.

٢/٨ برنامج متابعة نظام الوقاية من الصواعق

١- يجب أن توضع برامج المتابعة والصيانة من قبل مصمم أو منفذ نظام الوقاية من الصواعق بالاتفاق مع المالك أو المستفيد من المبنى أو من يمثله.

٢- يجب أن تتلاءم برامج المتابعة والصيانة مع بعضها البعض.

٣- يجب وضع برنامج متابعة لجميع تجهيزات نظام الوقاية من الصواعق، ويتعلق عدد مرات إجراء هذه المراقبة بالعوامل التالية:

- الظروف الجوية وأثرها على تغيير مواصفات المواد المستخدمة
- معرفة الخسائر الناتجة عن الصاعقة بعد الإصابة بها
- مستوى الوقاية للمبنى.

ويجب وضع برنامج لمتابعة كل جزء من أجزاء نظام الوقاية من الصواعق على حدة، كما يجب أن يحتوى برنامج المتابعة على بعض النقاط الروتينية بحيث توضع لائحة للمتابعة، يتم على أساسها متابعة نظام الوقاية من الصواعق، وتقارن النتائج التى يتم الحصول عليها بعد كل عملية متابعة مع النتائج السابقة. ويجب مراعاة برنامج متابعة نظام الوقاية من الصواعق باتباع ما يلى:

- متابعة جميع موصلات نظام الوقاية من الصواعق وجميع تجهيزات هذا النظام
- متابعة استمرار توصيلية موصلات الوقاية من الصواعق (التأكد من عدم وجود قطع فى هذه الموصلات)
- قياس قيمة مقاومة الأرضى
- متابعة واختبار كل من نبائط تفريغ التيار والجهد المركبة فى النظام
- اعادة تثبيت الموصلات والتجهيزات
- التأكد من فعالية نظام الوقاية من الصواعق فى حال تغير شكل المبنى أو استخداماته

٣/٨ وثائق (سجلات) المتابعة

يجب عمل سجل (Log book) بعد كل متابعة لنظام الوقاية من الصواعق، يُسجل فيه جميع قيم الاختبارات والتغيرات التى طرأت على عناصر نظام الوقاية (الموصلات والتجهيزات المستخدمة فى نظام الوقاية، إلخ...) ويعتبر هذا التوثيق ضروريا عند تقييم أداء نظام الوقاية وتجهيزاته، ويجب أن تُضاف هذه الوثائق إلى مجموعة وثائق تصميم وتنفيذ نظام الوقاية من الصواعق.

٤/٨ فحص وصيانة نظام الوقاية من الصواعق

١- يتم فحص نظام الوقاية من الصواعق، ويجب أن يحقق الفحص الشروط الواردة فى هذا الكود.

٢- يجب أن يحصل الشخص الذى يقوم بفحص نظام الوقاية من الصواعق على وثائق تتضمن الدراسة الفنية لهذا النظام ومراحل تنفيذها ونتائج الاختبارات السابقة.

٣- يجب معاودة المعاينة النظرية على فترات ثابتة ومن المفضل ألا تزيد عن ١٢ شهرا.

٤- تجرى فحوصات للتأكد من النقاط التالية:

أ- مطابقة نظام الوقاية من الصواعق المركّب فعلا على المبنى مع النظام المصمم لهذه الغاية

ب- أن تكون كافة مكونات نظام الوقاية من الصواعق (LPS) فى حالة جيدة وقادرة على القيام بوظيفتها المخصصة لها، ولا يوجد بها أى تآكل

ج- يجب أن يكون نظامى الوقاية الخارجى والداخلى من الصواعق مطابقان للمواصفات العالمية المعتمدة فى وقت الفحص والصيانة وذلك فيما لم يرد بشأنه شىء فى هذا الكود.

٥- يجب عندما تقتضى القوانين اختبار نظام القوى الكهربائية الذى يغذى المبنى المركّب عليه نظام الوقاية بشكل دورى، أن يتم اختبار نظام الوقاية فى نفس الوقت أيضاً.

٦- يجب فحص جميع مكونات نظامى الوقاية من الصواعق (الداخلى والخارجى) فى الحالات التالية:

- أثناء تنفيذ نظام الوقاية، وبشكل خاص عند توريد مكونات نظام الوقاية، بحيث يتم التحقق من جودة هذه المكونات ومطابقتها للمواصفات، وخاصة التجهيزات التى يصعب الوصول إليها بعد تركيبها
- بعد الانتهاء من تنفيذ نظام الوقاية

٨/٥ الفترة الزمنية بين فحص وآخر

تعتمد المدة الزمنية بين فحص وآخر لنظامى الوقاية من الصواعق (الداخلى والخارجى) على العوامل التالية:

١- يجب فحص نظام الوقاية من الصواعق عند صيانة المبنى المركّب عليه هذا النظام، وبعد كل إصابة صاعقة، إذا كان ذلك ممكنا وذلك للتأكد من صلاحية مكوناته

٢- نوعية المبنى المراد وقايته، وتراعى الأضرار التى تسببها إصابة الصاعقة للمبنى

٣- مستوى الوقاية للمبنى

٤- المنطقة التى يوجد بها نظام الوقاية، مثلاً: فى حال وجود نظام الوقاية فى منطقة ظروفها الجوية تساعد على الصدأ، يجب أن يتم فحص هذا النظام فى فترات متقاربة، وخاصة نقاط الربط

٥- نوعية المواد المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق، ونوعية السطح الذى تثبت عليه الموصلات المستخدمة

٦- نوعية التربة التى تدفن فيها موصلات التأريض، وأثر ذلك على الصدأ الذى قد يحدث فى هذه الموصلات.

يبين الجدول رقم (١/٨) الفترة الزمنية بين فحص شامل لنظام الوقاية وآخر ما لم يتم إجراء أى تغيير على شكل المبنى.

جدول (٦/٨-١): الفترات الزمنية بين اختبارات نظام الوقاية من الصواعق

مستوى الوقاية	الفترة الزمنية للاختبار فى الحالة الحرجة	الفترة الزمنية بين اختبارين كاملين
I	٦ أشهر	سنتين
II	١٢ شهر	٤ سنوات
III and IV	١٢ شهر	٦ سنوات

ويجب مراعاة تغير المقاومة النوعية للتربة فى المناطق التى تتغير فيها درجات الحرارة، وكمية الأمطار الساقطة خلال فصول السنة بشكل كبير، وذلك بقياس قيمة هذه المقاومة خلال عدة فصول فى العام، ويجب العمل على تحسين قيمة مقاومة الأرضى عندما يلاحظ تغيراً كبيراً فى قيمة المقاومة النوعية للتربة خلال فصول العام عن القيمة التى اعتبرت عند تصميم النظام، وبشكل خاص عندما نلاحظ أن قيمة المقاومة النوعية للتربة تزداد من فحص إلى آخر بشكل مضطرد ويكون ذلك بزيادة عدد أقطاب التأريض مثلاً.

٦/٨ تنفيذ الفحص

يشمل فحص نظام الوقاية ما يلى:

١- الاطلاع على المخططات المتعلقة بنظام الوقاية
٢- فحص المواد المتعلقة بنظام الوقاية
٣- فحص واختبار أجزاء نظام الوقاية التى تركب أثناء إنشاء المبنى
٤- الفحص الدورى
٥- القياسات
٦- وثائق الفحص
٧- التسجيلات

٦/٨-١ الاطلاع على المخططات

يجب الاطلاع على مخططات النظام الخارجى والداخلى للوقاية الخاصة بالمبنى المراد وقايته، والتأكد من أن هذه المخططات تطابق بنود هذا الكود. ويتم هذا الاطلاع قبل تركيب نظام الوقاية.

٨/٦-٢ فحص المواد المتعلقة بنظام الوقاية

يجب التأكد من أن جميع المواد والمهمات الخاصة بنظام الوقاية الخارجى والداخلى تطابق بنود هذا الكود أو المواصفات العالمية وذلك فيما لم يرد بشأنه شىء فى هذا الكود.

٨/٦-٣ فحص واختبار أجزاء نظام الوقاية التى تركب أثناء انشاء المبنى

يجب فحص واختبار أجزاء نظام الوقاية التى تركب أثناء إنشاء المبنى وخاصة التى لا يمكن الوصول إليها لاحقاً كموصلات التأريض فى الأساسات، أو فى التربة أو موصلات الربط فى حديد تسليح الخرسانة، إلخ...، كلما كان ذلك ممكناً.

٨/٦-٤ الفحص الدورى

يتم الفحص الدورى للتأكد من النقاط التالية:

١- نظام الوقاية من الصواعق فى حالة جيدة ويطابق متطلبات هذا الكود
٢- لا يوجد قطع فى موصلات نظام الوقاية ولا خلخلة فى مسامير ربط الوصلات بين الموصلات
٣- عدم وجود نقاط ضعف فى أى جزء من أجزاء نظام الوقاية نتيجة الصدأ وبشكل خاص على ارتفاع مستوى سطح الأرض
٤- جميع الوصلات فى حالة جيدة وبخاصة الوصلات الأرضية
٥- جميع الموصلات مثبتة بشكل جيد وجميع نبائط تفريغ الجهد والتيار تعمل بشكل جيد
٦- عدم وجود تغيير فى شكل واستثمار المبنى المراد وقايته بحيث يتطلب هذا التغيير تعديلاً فى نظام الوقاية
٧- عدم وجود أى علامة تدل على تغيير مواصفات نبائط تفريغ الجهد
٨- جميع وصلات وموصلات تساوى الجهد فى المبنى موجودة وتعمل بشكل جيد
٩- عند ترميم نظام الوقاية من الصواعق نتيجة تغيير شكل أو الغرض من إنشاء المبنى عن الاختبار الأخير، يجب التأكد من أن موصلات تساوى الجهد المربوطة مع التركيبات المعدنية الجديدة منفّذة بشكل جيد وصحيح
١٠- التأكد من المحافظة على مسافة الأمان الواردة فى الباب الرابع
١١- التأكد من أن نقاط الوصل فى تحجيب الكابلات مع نبائط تفريغ الجهد ومع موصلات تساوى الجهد جيدة

٨/٦-٥ القياسات

الغرض من قياسات نظام الوقاية هى التأكد من أن النظام المركّب على المبنى متطابق مع المتطلبات والشروط الواردة فى هذا الكود، والذى يتطابق بدوره مع المواصفات القياسية العالمية للوقاية من الصواعق.

يجب إجراء القياسات التالية سواء بعد إتمام التركيبات أو إجراء أية تعديلات عليها ومراجعة التركيبات، كما يجب تسجيلها فى سجل بيانات خاص بنظام الوقاية من الصواعق:

- قيمة مقاومة الأرض لطرف شبكة التأريض وكذلك لكل قطب تأريض على حدة
- تسجيل نتائج المعاينة النظرية لجميع الموصلات والرباط والتوصيلات مع قياس استمرار التوصيل لهذه الأجزاء.

عموماً يجب مراعاة ما يلى:

- تقليل مقاومة الأرضى لنظام الوقاية من الصواعق بحيث تقل عن المقاومة المقابلة لأقصى قيمة للتربة النوعية للأرض وحسب مستوى الوقاية المطلوب (أنظر الجدول رقم (٤/٤))
- عند اكتشاف أن قيمة مقاومة الأرضى قد زادت عما قبل، حتى وإن كانت أقل من القيمة الواردة بالجدول رقم (٤/٤)، فيجب التحقق من سبب هذه الزيادة وإيجاد الحل اللازم لذلك
- تجرى الاختبارات الدورية طبقا لما ورد فى الجدول رقم (١/٨).

يجب إجراء بعض القياسات على نظام الوقاية من الصواعق ويشمل ذلك:

١- إجراء القياسات على بعض أجزاء نظام لوقاية من الصواعق للتأكد من مطابقتها للمواصفات وبشكل خاص للتأكد من جودة نقاط الوصل للواقط والموصلات الهابطة ووصلات تساوى الجهد (يجب أن تكون قيمة مقاومة الموصل أقل من ١ أوم)

٢- قياس مقاومة موصلات التأريض للتأكد من استمراريتها وعدم حدوث قطع فيها (يجب أن تكون قيمة مقاومة الأرضى المقاسة أقل من١ أوم)

٣- قياس قيمة مقاومة الأرضى بعد فصل الأجزاء الأخرى (اللواقط والموصلات الهابطة) من وصلة الاختبار ويجب أن تقارن نتائج هذه القياسات مع نتائج القياسات السابقة أو الأساسية ومع القيم المناسبة لقيمة مقاومة الأرضى، ويجب عندما تختلف القيم المقاسة حالياً عن القيم المقاسة سابقاً وفق نفس تقنية القياس، إجراء عدد من القياسات لمعرفة سبب هذا الاختلاف ومعالجته.

٦/٨-٦ وثائق الفحص

يجب عند إجراء فحص نظام الوقاية من الصواعق، الاطلاع على نتائج الفحوص السابقة، ويجب أن تحتوى وثائق هذا الفحص على معلومات كافية عن نظام الوقاية، ويجب وضع برنامج للفحص يوضح للشخص الذى يقوم بالفحص الأعمال التى يجب عليه القيام بها، كما يجب أن يقدم هذا الشخص تقريراً مفصلاً يتضمن نتائج الفحوص التى قام بها ومقارنة هذه النتائج مع المخططات الأساسية لنظام الوقاية ومع نتائج الاختبارات السابقة، ويجب أن يتضمن هذا التقرير النقاط التالية:

أ- معلومات عامة:

- اسم المبنى ومالكه أو مستغله
- اسم مصمم ومنفذ نظام الوقاية من الصواعق
- سنة تنفيذ نظام الوقاية من الصواعق

ب- معلومات عن مواصفات المبنى:

- عنوانه ومكوناته
- نوع البناء
- نوعية سطح المبنى
- نوعية استخدام المبنى
- مستوى الوقاية

ج- معلومات عن نظام الوقاية:

- نوع ومقاطع الموصلات المستخدمة فى نظام الوقاية
- عدد الموصلات الهابطة
- نوع التأريض المستخدم وشكل الكترودات التأريض (أقطاب مدقوقة، حلقة، التأريض بواسطة الأساسات ألخ....)
- تحديد مكان وصلات تساوى الجهد والموصلات التى تصل بينها وبين التركيبات المعدنية والتجهيزات الكهربائية فى حال وجودها

د- القواعد الأساسية للاختبار:

- وصف ورسم نظام الوقاية
- أسس تصميم نظام الوقاية ومطابقتها لمتطلبات هذا الكود أو المواصفات العالمية IEC

المعتمدة أثناء إجراء الاختبار ويعتمد ما جاء بالكود المصرى فى حاله الاختلاف

هـ- نوع الاختبار:

- فحص المخططات
- فحص دورى
- فحص أجزاء نظام الوقاية التى تركب أثناء البناء
- القياس

و- نتائج الاختبار:

- التأكد من التعديلات والإضافات التى تم إجراؤها على البناء (و/أو) على نظام الوقاية
- تحديد جميع القيم والملاحظات التى لا تتفق مع متطلبات هذا الكود أو المواصفات القياسية العالمية IEC المعتمدة أثناء فترة الصيانة
- تحديد قيمة مقاومة التأريض (تحديد طريقة القياس ومواصفات الأجهزة المستخدمة)

ز- معلومات عن الشخص أو الشركة التى قامت بالفحص

ح- الاسم والجهة التى يتبع لها الشخص الذى قام بالفحص

ط- أسماء الأشخاص المرافقين أثناء الاختبار وصفاتهم

ى- عدد صفحات تقرير الاختبار

ك- تاريخ الاختبار

ل- توقيع الشخص الذى قام بالاختبار وخاتم الجهة التى يتبع لها

٨/٦-٧ التسجيلات

يجب أن يقوم الشخص المسئول عن التركيبات بالموقع بإجراء التسجيلات التالية:

١- إعداد رسومات بمقياس رسم توضح طبيعة وأبعاد المواد المستخدمة وكذلك جميع الأجزاء المستخدمة فى نظام الوقاية من الصواعق

٢- تحديد طبيعة التربة والترتيبات الخاصة المستخدمة فى التركيبات

٣- تحديد نوع وأماكن تركيب أقطاب الأرضى بما فيها الأقطاب المرجعية

٤- تحديد شروط الاختبارات المستخدمة والنتائج التى تم الحصول عليها

٥- تسجيل التعديلات أو الإضافات أو الإصلاحات التى أجريت على النظام

٦- اسم الشخص (الأشخاص) المسئول عن التركيبات أو عن متابعة النظام بالموقع، كما يجب وضع بطاقة على التركيبات بالنص التالى:

"تم تزويد المبنى بنظام الوقاية من الصواعق طبقاً لآخر إصدار من الكود المصرى للوقاية من الصواعق طبقا لآخر إصدار ويجب صيانة جميع التوصيلات ورباطات معادلة الجهد بالنظام طبقاً لذلك"

٧/٨ الاستلام الابتدائى لأعمال الوقاية من الصواعق

٧/٨-١ عام

١- تكون جميع الأجهزة والمهمات والمعدات والأعمال الكهربائية حتى تاريخ الاستلام الابتدائى لكافة الأعمال فى عهدة المقاول وتحت مسئوليته، وعليه أن يعالج بمعرفته وعلى نفقته، جميع العيوب التى تظهر أو الأضرار التى تنشأ من أى سبب كان، سواء كان ذلك قبل أو بعد اعتماد المهندس لهذا الجزء من الأعمال الذى حدثت به الأضرار.

٢- على المقاول أن يزيل من الموقع جميع المنشآت المؤقتة والأعمال المؤقتة من كل نوع مع نقل المخلفات الخاصة إلى المقالب العمومية وأن يرمم كل التلفيات فى أعمال الدهانات والناتجة عن التركيبات وذلك فور الانتهاء من أعمال التعاقد.

٣- بمجرد إتمام الأعمال، يقوم المقاول بإخطار المهندس كتابة بأنه تم الانتهاء من الأعمال المطلوبة، ويقوم المهندس بتحديد اليوم الذى ستتم فيه المعاينة التى تجرى بمعرفة المهندس وبحضور المقاول أو مندوبه وتجرى فى غيابه إذا لم يحضر فى الموعد المحدد بعد إخطاره كتابة بذلك.

٤- إذا اتضح من المعاينة أن العمل قد تم طبقا للكود والمواصفات القياسية ومواصفات المشروع، يتم البدء فى اتخاذ إجراءات الاستلام الابتدائى. أما إذا أظهرت المعاينة أن العمل لم ينفذ على الوجه الأكمل، فيؤجل الاستلام الابتدائى إلى أن يتضح أن الأعمال قد تمت بما يطابق المتطلبات.

٧/٨-٢ المستندات والإجراءات التى تسبق الاستلام الابتدائى

يجب استيفاء المستندات والإجراءات التالية حتى يمكن البدء فى أعمال الاستلام الابتدائى:

١- الرسومات النهائية (As-built drawings)

يقوم المقاول بعد الانتهاء من تنفيذ جميع الأعمال وأثناء اختبار تشغيلها وحصرها وقبل تسليمها ابتدائياً بتجهيز هذه الرسومات بمقياس رسم مناسب (١ : ١٠٠ ، ١ : ٥٠) على ورق (Hard copy) لإمكانية إعادة الطبع منها وكذلك على قرص مدمج (CD) ويكتب عليها (As-built drawings) أو (As-constructed) وكذلك (الرسومات النهائية)، ويجب أن يكون واضحاً بدقة فى هذه الرسومات جميع ما تم تنفيذه من أعمال على الطبيعة متضمناً كافة البيانات والأبعاد وكافة ما توضح على الرسومات التنفيذية بعد إجراء ما تم من تعديلات عليها.

٢- دليل التشغيل والصيانة (Operation & maintenance manuals)

(أ) على المقاول تقديم كافة النشرات الخاصة بالتشغيل و الصيانة لجميع أجزاء ومفردات المشروع تحت الاستلام وهى التى يلزم الرجوع إليها عند عمل الصيانة أو عند عمل أى تعديلات أو توسعات فى المستقبل (ويجب أن تحدد عدد النسخ بالعطاء ولا تقل عن عدد (٢) نسخة).

(ب) يجب أن يقدم المقاول كشفا بعناوين جميع الموردين لمهمات ومعدات المشروع وتليفوناتهم وبريدهم الإلكترونى وأقرب مراكز للصيانة وقطع الغيار لمهمات المشروع للرجوع إليهم عند الحاجة.

٣- قوائم قطع الغيار

(أ) يقوم المقاول بتسليم بيان بقطع الغيار التى يمكن أن يكون المشروع فى حاجة إليها خلال فترة تشغيل عادية لمدة ٥ سنوات أو المدة التى يحددها المالك والاستشارى طبقا لمستندات المشروع معتمدة من الوكلاء التجاريين للمعدات والأجهزة والمهمات الموردة بالمشروع ويذكر كذلك الأرقام الخاصة بهذه القطع (Spare part No.) والمصادر التى يمكن منها الحصول عليها.

(ب) قد يرى مالك واستشارى المشروع وأثناء إعداد مستندات النشر أن ينص فى دفتر الشروط والمواصفات والكميات على قيام المقاول بأعمال الصيانة الوقائية بعد سنة الضمان وقد يكون هذا النص شاملاً قيام المقاول بتدبير قطع الغيار اللازمة أو بدونه.

٤- دفاتر حصر الأعمال

حيث أن الكميات الواردة بمقايسة الأعمال هى كميات استرشادية، كما أن ما يجرى أثناء التنفيذ من تعديلات قد تكون صغيرة أو كبيرة، وبالإضافة إلى ما تم أثناء التنفيذ من حصر الأعمال دورياً لعمل المستخلصات أولا بأول مع تقدم سير العمل بالمشروع، فإنه يتم الحصر والقياس تبعاً لنوع الوحدة المنصوص عليها فى دفتر البنود والكميات سواء بالعدد أو بالمتر الطولى بالنسبة للكابلات أو بالمقطوعية. هذا ويتم إعداد دفاتر الحصر بحيث يدون كل بند فى صفحة ويدون بالصفحة المقابلة تفاصيل الحصر بالأدوار أو المبانى المختلفة أو للأطوال من/إلى وهكذا، بحيث يكون أمام كل بند تفاصيل تنفيذه عداً أو قياساً من الطبيعة ومن الرسومات النهائية.

٥- شهادات الاختبارات

يجب أن ترفق كافة شهادات الاختبارات لجميع المهمات والأجهزة والمعدات بالمشروع فى ملف خاص يسلم قبل إجراء الاستلام الابتدائى للمشروع.

وتشمل الاختبارات على تقارير الاختبارات النوعية، اختبارات المصنع المنتج (الاختبارات الروتينية) واختبارات الموقع.

٦- قوائم استلام الأعمال

يتم استيفاء نماذج قوائم استلام الأعمال.

٧- تدريب المختصين

نظرا لأهمية تدريب الكوادر وتأهيلهم لتشغيل وصيانة المشروع بعد انتهائه، فإن المقاول يكون مسئولا عن تدريب طاقم التشغيل من قِبَل المالك (مهندسين وفنيين ومتخصصين) وتزويدهم بكافة المعلومات والبيانات الضرورية اللازمة سواء لأعمال التشغيل أو الصيانة. ويتم التدريب من قِبَل مهندسى المقاول أو الشركة المنتجة على أعمال تشغيل المهمات ومراقبتها وصيانتها طبقاً لنصوص العقد الذى يحدد مدة ومكان التدريب سواء بالموقع أو بمصانع الشركة المنتجة.

٨- الاستلام الابتدائى

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

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

ويذكر فى المحضر:

- أن المقاول قد قام بكافه الأعمال على الوجه الأكمل أو
- أنه توجد ملاحظات لا تعوق الاستلام (وتذكر)
- ملاحظات يتم الخصم عليها (وتذكر) ويذكر الخصم أو نسبته
- ما تم من تعلية نظير المخالفات ويحدد للمقاول مدة زمنية لتلافى هذه المخالفات. ويمكن أن تصرف هذه التعليات بشهادة من اللجنة مرة أخرى (إذا كانت تستدعى حضور اللجنة) أو بشهادة من القائمين بالتشغيل بموقع المشروع

(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 فترة الضمان.

٩- شهادة إتمام العمل فى التركيبات الكهربائية

بعد إتمام المعاينات والاختبارات المطلوبة واعتمادها من مهندس 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.

١٠- ضمان الأعمال

(أ) يضمن المقاول جميع الأعمال محل التعاقد وذلك لمدة سنة كاملة من تاريخ محضر الاستلام الابتدائى للمشروع أو حسب ما يذكر فى مستندات المشروع وعليه إجراء كافة الإصلاحات اللازمة خلال هذه الفترة مع تحمله كافة تكاليف الإصلاحات.

(ب) إذا ثبت تقصير المقاول فى تنفيذ الإصلاحات بحد أقصى ١٥ يوماً من تاريخ إنذاره كتابة بذلك، (إلا إذا تحددت مدة غير 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 وتجدد فترة الضمان لتبدأ من زمن تاريخ عمل الإصلاحات.

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

١١- الاستلام النهائى

(أ) إذا قام المقاول بالوفاء بجميع ما عليه من التزامات 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 الاستلام 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.

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

(د) بعد التصديق على محضر الاستلام النهائى، يصرف للمقاول قيمة التأمين النهائى للأعمال والمودع لدى المالك أو يتم رد خطاب الضمان البنكى إلى المقاول خلال أسبوع على الأكثر (إلا إذا تحددت مدة غير ذلك فى مستندات المشروع).

المراجع

١- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى، المجلد الأول: أسس التصميم – ٢٠١٢.

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

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

٤- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى- الأنظمة الخاصة، المجلد الخامس: الوقاية من الصواعق – ٢٠٠٤.

٥- الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى- الأنظمة الخاصة، المجلد الخامس: التأريض – ٢٠١٥.

٦- الكود العربى للتمديدات الكهربائية وتركيباتها فى الأبنية- ٢٠٠٣.

7- IEC 62305-1 Ed. 01,2006
General principles.

8- IEC 62305-2 Ed. 01,2006
Risk management.

9- IEC 62305-3 Ed. 01,2006
Physical damage to structures and life hazard.

10- IEC 62305-4 Ed. 01,2006
Electrical and electronic systems within structures.

11- IEC 61643-1 Ed. 03,2005
Low voltage surge protective devices.

ملحق ٣

حساب معامل الضرر، المساحة التجميعية وتحديد مدى الاحتياج للوقاية من عدمه لمبنى سكنى

١- عام

فى هذا الملحق سوف يتم تطبيق الدراسه على مثالين لمبنى سكنى بأبعاد مختلفة بغرض تحديد الآتى :

- **كيفيه حساب المساحة التجميعية للمبنى وكابلات الكهرباء والاتصالات الداخلة للمبنى وتأثيرها على حساب معامل الضرر**
- **مساهمة كل جزء من مكونات الضرر فى حساب معامل الضرر الكلى**
- **كيفيه حساب معامل الضرر وتحديد مدى الاحتياج للوقاية من عدمه**

وفى هذين المثالين يتم حساب قيمة المعامل (R_1) ويتم مقارنتها بقيمة المعامل ($R_T = 10^{-5}$).
وبناءا على ذلك يتم تحديد هل يحتاج المبنى إلى نظام وقاية من الصواعق أو لا .
ويقع المبنى المستخدم فى هذين المثالين فى منطقة مستوية وفى نطاق مبانى منخفضة عنه

مثال ١:

مبنى سكنى متصل بكابل كهرباء ثانوى يمتد إليه مدفونا فى الأرض وكذلك كابل اتصالات ثانوى ممتد هوائيا.
والمطلوب فى هذه الحالة حساب معامل الضرر R_1 (نتيجة موت أو جرح أشخاص).
أبعاد المبنى:
طول المبنى (L) = ١٥ م
عرض المبنى (W) = ١٠ م
ارتفاع المبنى (H) = ٤.٥ م
وحيث أن المبنى المستخدم هو مبنى سكنى، تصبح المعادلة كالآتى:

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$$

- تحديد القيم

أولا: القيم الخاصة بطبيعة المبنى والظروف البيئية المحيطة:

البند	الوصف	الرمز	القيمة
أبعاد المبنى (م)		L, W, H	15, 10, 4.5
معامل وجود المبنى	المبنى موجود فى نطاق أبنية منخفضة عنه	C_d	0.5
البيئة المحيطة	منطقة حضرية ذات مبانى تتراوح ارتفاعاتها بين (١٠ – ٢٠) متر	C_e	0.1
مستوى الوقاية	لا يوجد	P_B	1
تحجيب المبنى الخارجى	لا يوجد	K_{S1}	1
تحجيب المبنى الداخلى	لا يوجد	K_{S2}	1
كثافة الصاعقة	–	N_g	0.7
المقاومة النوعية	Ωm	ρ	100

ثانيا: القيم الخاصة بكابل القوى الكهربائية الثانوى الداخل للمبنى والمتصل بالمعدات الداخلية للمبنى:

البند	الوصف	الرمز	القيمة
طول كابل الكهرباء الثانوى (م)		L_C	50
ارتفاع الكابل (م)	مدفون	H_C	-
المحول	لا يوجد	C_t	1
خصائص الكابل	غير محجب	K_{S3}	1
جهد الصمود	$U_m = 2.5$ kV	K_{S4}	0.6
نبائط تفريغ الجهد	لا يوجد	P_{SPD}	1

ثالثا: القيم الخاصة بكابل الاتصالات الثانوى الداخل للمبنى والمتصل بالمعدات الداخلية للمبنى:

البند	الوصف	الرمز	القيمة
طول كابل الاتصالات الثانوى (م)		L_C	50
الارتفاع (م)	هوائى	H_C	4.5
خصائص الكابل	غير محجب	K_{S3}	1
جهد الصمود	$U_m = 1.5$ kV	K_{S4}	1
نبائط تفريغ الجهد	لا يوجد	P_{SPD}	1

- أحوزة ومناطق المبنى

طبقا لطبيعة المبنى يتم تقسيمه إلى الأحوزة التالية:

- الحيز الأول Z1 : المنطقة خارج المبنى
- الحيز الثانى Z2 : المنطقة داخل المبنى

بافتراض عدم تواجد أفراد خارج المبنى، يمكن إهمال قيمة معامل الضرر (R_1) للمنطقة (Z1) ويتم حساب معامل الضرر للمنطقه (Z2) فقط

- خصائص حيز Z2 داخل المبنى

البند	الوصف	الرمز	القيمة
طبيعة الأرض	خشب	r_u / r_a	$1x10^{-5}$
خطر الحريق	عادى	r_f	$1x10^{-2}$
زيادة الخطر	لا يوجد	h_z	1
الخسارة نتيجة جهد التلامس والخطوة	يوجد	L_t	$1x10^{-4}$
الخسارة نتيجة حدوث إنفجار	يوجد	L_f	1

ملحق (م٣-١) أ

كيفية حساب المساحة التجميعية

من خلال البيانات الواردة أعلاة للمبنى السكنى، يمكن حساب المساحات التجميعية كالآتى:

أولا: المساحة التجميعية للمبنى:

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times \pi \times H^2$$

$A_d = 15 \times 10 + 6 \times 4.5\ (15+10) + 9 \times \pi \times (4.5)^2$

$A_d = 1397.265\ m^2$

ثانيا: المساحة التجميعية لكابل القوى الكهربائية:

$A_{lp} = [l_C - 3 \times (H_a + H_b)] \times \sqrt{\rho}$

$H_a = 0$

$H_b = 4.5$

$L_C = 50\ m$

$A_{lp} = 320\ m^2$

ثالثا: المساحة التجميعية للمنطقة القريبة من كابل القوى الكهربائية:

$A_{ip} = \sqrt{\rho}\ 25\ L_c$

$A_{ip} = 12500\ m^2$

رابعا: المساحة التجميعية لكابل الاتصالات:

$A_{lt} = [l_C - 3 \times (H_a + H_b)] \times 6 \times H_C$

$H_a = 0$

$H_b = 4.5$

$H_c = 4.5$

$L_C = 50\ m$

$A_{lt} = 985.5\ m^2$

خامسا: المساحة التجميعية للمنطقة القريبة من كابل الاتصالات:

$A_{it} = 1000\ L_c$

$A_{it} = 50000\ m^2$

ملحق (م٣-٢) أ

حساب معاملات الضرر ومدى احتياج المبنى للوقاية من عدمه

ملحق (م٣-٢- ١) أ : حساب معاملات الضرر

توضح الخطوات التالية كيفية حساب معاملات الضرر

اولا: حساب قيم N (احتمال إصابة المبنى بالصاعقة)

- حساب قيمة N_D:

$$N_D = N_g \times A_d \times C_d \quad 10^{-6}$$

$$N_D = 0.7 \times 1397.265 \times 1 \times 10^{-6} = 9.7 \times 10^{-4}$$

- حساب قيمة N_{LP} (كابل القوى الكهربائية):

$$N_{LP} = N_g \times A_{lp} \times C_d \times C_t \quad 10^{-6}$$

$$N_{LP} = 0.7 \times 320 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 2.24 \times 10^{-4}$$

- حساب قيمة N_{IP} (كابل القوى الكهربائية):

$$10^{-6}\ N_{IP} = N_g \times A_{ip} \times C_t \times C_e$$

$$N_{IP} = 0.7 \times 12500 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 8.75 \times 10^{-3}$$

- حساب قيمة N_{LT} (كابل الاتصالات):

$$N_{LT} = N_g \times A_{lt} \times C_d \times C_t \quad 10^{-6}$$

$$N_{LT} = 0.7 \times 985.5 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 6.89 \times 10^{-4}$$

- حساب قيمة N_{IT} (كابل الاتصالات):

$$N_{IT} = N_g \times A_{it} \times C_t \times C_e \quad 10^{-6}$$

$$N_{IT} = 0.7 \times 50000 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 0.035$$

ثانيا: حساب قيم L (معامل الضرر)

- حساب قيمة L_A:

$$L_A = r_a \times L_t$$

$$L_A = 0.00001 \times 0.0001 = 1\times10^{-9}$$

- حساب قيمة L_B:

$$L_B = h_z \times r_p \times r_f \times L_f$$

$$L_B = 1 \times 1 \times 0.01 \times 1 = 1\times10^{-2}$$

- حساب قيمة L_U:

$$L_U = r_u \times L_t$$

$$L_U = 0.00001 \times 0.0001 = 1\times10^{-9}$$

- حساب قيمة L_V:

$$L_V = h_z \times r_p \times r_f \times L_f$$

$$L_V = 1 \times 1 \times 0.01 \times 1 = 1\times10^{-2}$$

ثالثا: كيفية حساب معامل الضرر R1

- حساب قيمة R_A:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

$$R_A = 9.7\times10^{-4} \times 1 \times 1\times10^{-9} = 9.7 \times 10^{-13} \text{ (say= 0)}$$

- حساب قيمة R_B:

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

$$R_B = 9.7\times10^{-4} \times 1 \times 1\times10^{-2} = 9.7 \times 10^{-6}$$

- حساب قيمة R_{UP} (كابل القوى الكهربائية):

$$R_{UP} = N_{LP} \times P_U \times L_U$$

$$R_{UP} = 2.24\times10^{-6} \times 1 \times 1\times10^{-9} = 2.24 \times 10^{-15} \text{ (say= 0)}$$

- حساب قيمة R_{VP} (كابل القوى الكهربائية):

$$R_{VP} = N_{LP} \times P_V \times L_V$$

$$R_{VP} = 2.24\times10^{-6} \times 1 \times 1\times10^{-2} = 2.24 \times 10^{-8}$$

- حساب قيمة R_{UT} (كابل الاتصالات):

$$R_{UT} = N_{LT} \times P_U \times L_U$$

$$R_{UT} = 6.89\times10^{-6} \times 1 \times 1\times10^{-9} = 6.89\times 10^{-15} \text{ (say= 0)}$$

- حساب قيمة R_{VT} (كابل الاتصالات):

$$R_{VT} = N_{LT} \times P_V \times L_V$$

$$R_{VT} = 6.89\times10^{-6} \times 1 \times 1\times10^{-2} = 6.89 \times 10^{-8}$$

حساب قيمة R_1:

$$R_1 = R_A + R_B + R_{UP} + R_{VP} + R_{UT} + R_{VT}$$

$$R_1 = 0 + 9.7\times10^{-6} + 0 + 2.24\times10^{-8} + 0 + 6.89\times10^{-8} = 9.79 \times 10^{-6}$$

ملحق (م٣-٢-٢) أ مدى إحتياج المبنى للوقاية من عدمه

عند تحديد قيمة معامل الضرر ($R1$) التي تم حسابها وتساوى (9.79×10^{-6}) ومقارنته بالقيمة المقبولة R_T والتى تساوى (1×10^{-5})، نجد أن قيمة (R_1) أصغر من القيمة المقبولة R_T، وبناء على ذلك فإن المبنى لا يحتاج إلى نظام وقاية من الصواعق.

مثال٢ :

مبنى سكنى متصل بكابل قوى كهربائية رئيسى يمتد إليه مدفونا فى الأرض وكذلك كابل اتصالات رئيسى هوائى.

والمطلوب فى هذه الحالة حساب معامل الضرر R_1 (معامل الضرر نتيجة موت أو جرح أشخاص).

أبعاد المبنى:

طول المبنى (L) = ٢٠ م

عرض المبنى (W) = ٢٥ م

إرتفاع المبنى (H) = ٦ م

والمطلوب فى هذه الحالة حساب معامل الضرر R_1 (معامل الضرر نتيجة موت أو جرح أشخاص).

$$R_1 = R_A + R_B + R_C\,^* + R_M\,^* + R_U + R_V + R_W\,^* + R_Z\,^*$$

ملحوظة:

: تضاف* **فى حالة المستشفيات والمبانى التى تحتوى مواد قابلة للانفجار فقط

وحيث أن المبنى هو مبنى سكنى، تصبح المعادلة كالآتى:

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$$

- تحديد القيم

أولا: القيم الخاصة بطبيعة المبنى والظروف البيئية المحيطة:

البند	الوصف	الرمز	القيمة
أبعاد المبنى (م)	-	L, W, H	20, 25, 6
معامل موقع المبنى	المبنى موجود فى نطاق أبنية منخفضة عنه	C_d	0.5
البيئة المحيطة	منطقة حضرية ذات مبانى تتراوح ارتفاعاتها بين (١٠ – ٢٠) متر	C_e	0.1
مستوى الوقاية	لا يوجد	P_B	1
تحجيب المبنى الخارجى	لا يوجد	K_{S1}	1
تحجيب المبنى الداخلى	لا يوجد	K_{S2}	1
كثافة الصاعقة	–	N_g	0.7
المقاومة النوعية	Ω.m	ρ	100

ثانيا: القيم الخاصة بكابل القوى الكهربائية الداخل للمبنى والمتصل بالمعدات الداخلية به:

البند	الوصف	الرمز	القيمة
طول كابل الكهرباء (م)	-	L_C	1000
ارتفاع الكابل (م)	مدفون	H_C	-
المحول	لا يوجد	C_t	1
خصائص الكابل	غير محجب	K_{S3}	1
جهد الصمود	$U_m = 2.5$ kV	K_{S4}	0.6
نبائط تفريغ الجهد	لا يوجد	P_{SPD}	1

ثالثا: القيم الخاصة بكابل الاتصالات الداخل للمبنى والمتصل بالمعدات الداخلية به:

البند	الوصف	الرمز	القيمة
طول كابل الاتصالات (م)	-	L_C	1000
الارتفاع (م)	هوائى	H_C	6
خصائص الكابل	غير محجب	K_{S3}	1
جهد الصمود	$U_m = 1.5$ kV	K_{S4}	1
نبائط تفريغ الجهد	لا يوجد	P_{SPD}	1

- أحوزة ومناطق المبنى

طبقا لطبيعة المبنى يتم تقسيمه إلى الأحوزة التالية:

- الحيز الأول Z1 : المنطقة خارج المبنى
- الحيز الثانى Z2 : المنطقة داخل المبنى

بافتراض عدم تواجد أفراد خارج المبنى، يمكن إهمال قيمة معامل الضرر (R_1) للمنطقة (Z1) ويتم حساب معامل الضرر للمنطقه (Z2) فقط.

- خصائص حيز Z2 داخل المبنى

البند	الوصف	الرمز	القيمة
طبيعة الأرض	خشب	r_u / r_a	$1x10^{-5}$
خطر الحريق	عادى	r_f	$1x10^{-2}$
زيادة الخطر	لا يوجد	h_z	1
الخسارة نتيجة جهدى التلامس والخطوة	يوجد	L_t	$1x10^{-4}$
الخسارة نتيجة حدوث إنفجار	يوجد	L_f	1

ملحق (م٣-١) ب
كيفية حساب المساحة التجميعية للمبنى

يمكن بواسطة البيانات الواردة فى الحسابات للمبنى السكنى، حساب المساحات التجميعية كالآتى:

أولا: المساحة التجميعية للمبنى:

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times \pi \times H^2$$

$$A_d = 20 \text{ x } 25 + 6 \text{ x } 6 \ (20+25) + 9 \text{ x } \pi \times (6)^2$$

$$A_d = 3137.36 \text{ m}^2$$

ثانيا: المساحة التجميعية لكابل القوى الكهربائية:

$$A_{lp} = [l_C - 3 \times (H_a + H_b)] \times \sqrt{\rho}$$

$H_a = 0$
$H_b = 6$
$L_C = 1000$ m
$A_{lp} = 9{,}820$ m^2

ثالثا: المساحة التجميعية للمنطقة القريبة من كابل القوى الكهربائية:

$$A_{ip} = \sqrt{\rho}\ 25\ L_c$$

$$A_{ip} = 250{,}000 \text{ m}^2$$

رابعا: المساحة التجميعية لكابل الاتصالات:

$$A_{lt} = [l_C - 3 \times (H_a + H_b)] \times 6 \times H_C$$

$H_a = 0$
$H_b = 6$
$H_c = 6$
$L_C = 1000$ m
$A_{lt} = 35{,}352$ m^2

خامسا: المساحة التجميعية للمنطقة القريبة من كابل الاتصالات:

$$A_{it} = 1000\ L_c$$

$$A_{it} = 1{,}000{,}000 \text{ m}^2$$

ملحق (م٣-٢) ب

حساب معاملات الضرر ومدى إحتياج المبنى للوقاية من عدمه

ملحق (م٣-٢- ١) ب حساب معاملات الضرر

توضح الخطوات التالية كيفية حساب معاملات الضرر

أولا: حساب قيم N (إحتمال إصابة المبنى بالصاعقة)

- حساب قيمة N_D:

$$10^{-6}\ N_D = N_g \times A_d \times C_d$$

$$N_D = 0.7 \times 3137.36 \times 1 \times 10^{-6} = 0.00219$$

- حساب قيمة N_{LP} (كابل القوى الكهربائية):

$$N_{LP} = N_g \times A_{lp} \times C_d \times C_t \quad 10^{-6}$$

$$N_{LP} = 0.7 \times 9{,}820 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 0.0069$$

- حساب قيمة N_{IP} (كابل القوى الكهربائية):

$$N_{IP} = N_g \times A_{ip} \times C_t \times C_e \quad 10^{-6}$$

$$N_{IP} = 0.7 \times 250{,}000 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 0.175$$

- حساب قيمة N_{LT} (كابل الاتصالات):

$$10^{-6}\ N_{LT} = N_g \times A_{lt} \times C_d \times C_t$$

$$N_{LT} = 0.7 \times 35{,}352 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 0.0247$$

- حساب قيمة N_{IT} (كابل الاتصالات):

$$10^{-6}\ N_{IT} = N_g \times A_{it} \times C_t \times C_e$$

$$N_{IT} = 0.7 \times 1{,}000{,}000 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = 0.7$$

ثانيا: حساب قيم L (معامل الضرر)

- حساب قيمة L_A:

$$L_A = r_a \times L_t$$

$$L_A = 0.00001 \times 0.0001 = 1\times10^{-9}$$

- حساب قيمة L_B:

$$L_B = h_z \times r_p \times r_f \times L_f$$

$$L_B = 1 \times 1 \times 0.01 \times 1 = 1\times10^{-2}$$

- حساب قيمة L_U:

$$L_U = r_u \times L_t$$

$$L_U = 0.00001 \times 0.0001 = 1\times10^{-9}$$

- حساب قيمة L_V:

$$L_V = h_z \times r_p \times r_f \times L_f$$

$$L_V = 1 \times 1 \times 0.01 \times 1 = 1\times10^{-2}$$

ثالثا: كيفية حساب معامل الضرر R_1

- حساب قيمة R_A:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

$$R_A = 0.00219 \times 1 \times 1\times10^{-9} = 2.19 \times 10^{-12} \text{ (say= 0).}$$

- حساب قيمة R_B:

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

$$R_B = 0.00219 \times 1 \times 1\times10^{-2} = 2.19 \times 10^{-5}$$

- حساب قيمة R_{UP} (كابل القوى الكهربائية):

$$R_{UP} = N_{LP} \times P_U \times L_U$$

$$R_{UP} = 0.0069 \times 1 \times 1\times10^{-9} = 6.9 \times 10^{-12} \text{ (say= 0)}$$

- حساب قيمة R_{VP} (كابل القوى الكهربائية):

$$R_{VP} = N_{LP} \times P_V \times L_V$$

$$R_{VP} = 0.0069 \times 1 \times 1\times10^{-2} = 6.9 \text{ x } 10^{-5}$$

- حساب قيمة R_{UT} (كابل الاتصالات):

$$R_{UT} = N_{LT} \times P_U \times L_U$$

$$R_{UT} = 0.025 \times 1 \text{ x } 1\times10^{-9} = 2.5 \times 10^{-11} \text{ (say= 0)}$$

- حساب قيمة R_{VT} (كابل الاتصالات):

$$R_{VT} = N_{LT} \times P_V \times L_V$$

$$R_{VT} = 0.0247 \text{ x } 1 \text{ x } 1\times10^{-2} = 24.7 \times 10^{-5}$$

حساب قيمة R_1:

$$R_1 = R_A + R_B + R_{UP} + R_{VP} + R_{UT} + R_{VT}$$

$$R_1 = (0 + 2.19 + 0 + 6.9 + 0 + 24.7) \text{ x } 10^{-5} = 33.79 \text{ x } 10^{-5}$$

ملحق (م٣-٢-٢) ب: مدى إحتياج المبنى للوقاية من عدمه

من خلال معرفة قيمة معامل الضرر (R_1) التى تم حسابها والتى تساوى ($33.79 \text{ x } 10^{-5}$) ومقارنتها بالقيمة المقبولة R_T والتى تساوى ($1 \text{ x } 10^{-5}$)، نجد أن قيمة (R_1) أكبر من القيمة المقبولة R_T، وبناء على ذلك يحتاج المبنى إلى نظام وقاية من الصواعق يتم تحديده طبقا لما جاء بالباب الثالث من هذا الكود.

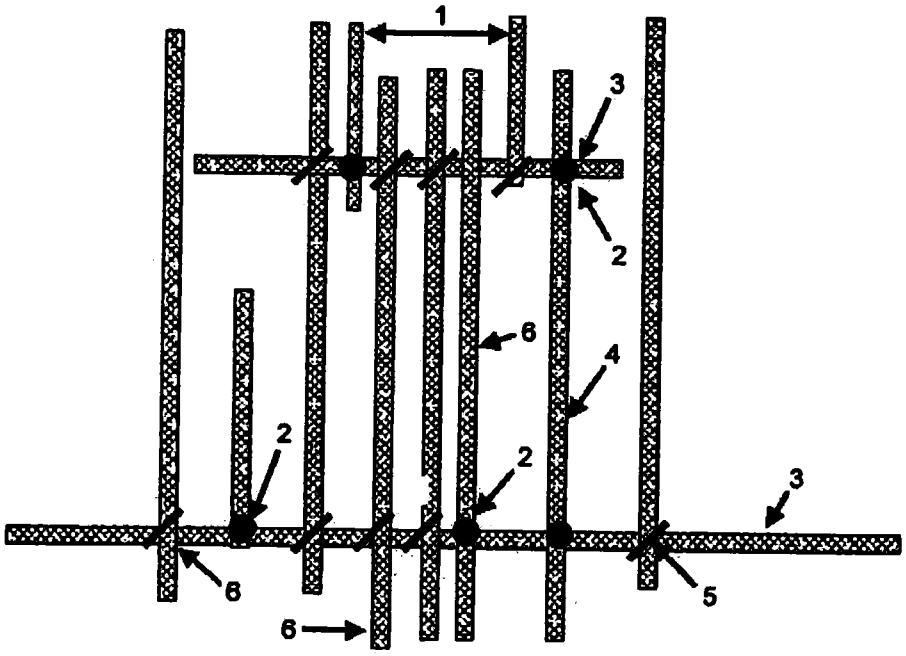
ملحق (م١/٤)

شبكة موصلات الربط

١- عام

عندما يكون من الضرورى الحصول على عدد كبير من نقاط الوصل فى مبنى كبير، وبشكل خاص عندما يكون المطلوب التقليل من الحث الناتج من موصلات الوقاية عند استخدام حديد التسليح للجدران فى تساوى الجهد وفى تحجيب الغرف الداخلية للمبنى المراد وقايته، يجب تمديد موصلات ربط فى عدد كبير من الطوابق وتربط موصلات الربط الأفقية مع موصلات عمودية من معدن مرن كل ١٠ م. ويأتى الشكل رقم (م١/٤-١) كمثال لشبكة موصلات ربط تربط هذه الموصلات مع حديد التسليح للخرسانة المسلحة لتخفيض ممانعة حديد التسليح وتأمين تساوى جهد جيد للنظام الداخلى للوقاية.

عند ربط شبكة الموصلات المعدنية (موصلات الربط وموصلات الوصل) مع وصلات تساوى الجهد، والتى تكون مربوطة من جهة أخرى مع الغلاف المعدنى لكابلات القوى الكهربائية، يجب مراعاة إمكانية سريان تيار كبير فى هذه الموصلات وذلك عند حدوث عطل أو قصر فى الكابل.



1: موصل وصل
2: ربط بواسطة اللحام
3: قضيب ربط
4: أسياخ حديد التسليح فى الخرسانة
5: ربط بواسطة الجدل
6: موصلات وصل إضافية من حديد مرن

ملاحظة:
تربط موصلات ربط من معدن مرن فى الخرسانة مع أسياخ حديد التسليح بواسطة أسلاك ربط بشكل جيد.

شكل (م١/٤-١): كيفية ربط أسياخ حديد التسليح وموصلات الربط في جميع طوابق مبنى من الخرسانة المسلّحة (يستخدم حديد التسليح به كموصلات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق)

٢- ربط المدادات المعدنية إذا كانت متصلة أو غير متصلة بالأرض

إذا تم مد جزء معدنى وكان مدفوناً داخل أو مركباً على سطح منشأ ولم يكن متصلا بنظام الوقاية من الصواعق ولكنة يتلامس مع الأرض ويتصل بها (على سبيل المثال مواسير المياه أو مواسير الغاز أو ألواح معدنية أو تركيبات كهربائية، إلخ...)، فيجب بالضرورة أن يظل هذا الجزء عند جهد الأرض أثناء تفريغ الصاعقة، وحتى إذا لم يتلامس هذا الجزء مع الأرض فسوف

يظهر فرق للجهد بينه وبين نظام الوقاية من الصواعق، تكون قيمته أقل مما لو كان هذا الجزء مؤرضاً.

أما إذا كان فرق الجهد الناتج بين أى جزء فى نظام الوقاية من الصواعق وجزء معدنى مجاور له قد تجاوز لفترة قصيرة جهد انهيار عزل المسافة الفاصلة التى قد تكون هواء أو عبارة عن حائط أو أى مواد بناء أخرى، فتحدث ومضة جانبية (Side flashover) مما قد يؤدى إلى تلف أو اشتعال المواد القابلة للحريق أو قد تسبب صدمة كهربائية لإنسان أو حيوان.

٣- ربط المدادات المعدنية عند كل من أطرافها

يجب عموماً ربط المعدن الممدود من طرفيه بنظام الوقاية من الصواعق، وقد يكون هذا المعدن جزء من مسار التفريغ، ومع ذلك فيجب تحاشى حدوث تلف أو ضرر من جراء ذلك.

٤- اتخاذ قرار بتحديد المعدن الذى يحتاج إلى ربط

تنشأ صعوبات عند تقرير ما هى الأجزاء المعدنية التى تتطلب ربط أو أيها يمكن التغاضى عن فعل ذلك لها، ويجب عموماً ألا تنشأ مثل هذه الصعوبات بالنسبة للتركيبات الدائمة (مثل مواسير الخدمات الدائمة ومجارى هواء التكييف والمصاعد والسلالم، إلخ...) حيث يمكن ربطها عادة إلى نظام الوقاية من الصواعق دون حدوث معوقات أو تكلفة إضافية. ويمكن من ناحية أخرى إهمال وجود أجزاء معدنية قصيرة معزولة مثل أطر النوافذ التى قد يتعذر توصيلها عرضيا بالأرض عن طريق أسطح المبنى المغطاة بكسوة ضد المطر. أما إذا كان المبنى منشأ من إطارات من الصلب أو كان مزوداً بكسوة تتكون من شبكة معدنية مستمرة الاتصال، مثل شبكة حديد التسليح، فإنه يقترب من حالة المنشآت التى يمكن اعتبار المعدن المدفون غير متصل ولكن له نفس فرق الجهد الخاص بالمنشأ نفسه. وبذلك تقل على هذا المنشأ خطورة الومضة الجانبية بدرجة ملحوظة.

٥- مخاطر استخدام كسوة للمبنى من معادن رقيقة

إذا تم تغطية أجزاء خارجية من المبنى بكسوة معدنية رقيقة، فقد يصبح هذا المعدن - نتيجة للتعرض لحادثة أو نتيجة لظروف التصميم نفسه- مساراً لتيار الصاعقة أثناء سريانه للأرض. وقد يقوم التيار بترك مساره فى معدن الكسوة واستكمال هذا المسار فى الهواء، إما لأن هذا المسار متقطع أو لأن مساحة المقطع غير كافية لحمل هذا التيار دونما أن ينصهر. وفى كلتا الحالتين يتكون قوس كهربائى يؤدى إلى وجود خطورة الحريق عند وجود مادة قابلة للاشتعال، طبقا للتوصيات الواردة بهذا الكود والخاصة بالخلوصات المطلوبة لتجنب خطورة حدوث ومضة جانبية.

ملحق (م٤/٢)

حساب أصغر مقطع مسموح به للأغلفة المعدنية

يعود سبب الجهد الذى ينشأ بين الموصلات والغلاف المعدنى لكابل ما إلى جزء تيار الصاعقة الذى يسرى عبر هذا الغلاف، وتتعلق قيمة هذا الجزء من التيار بنوع معدن الغلاف الخارجى ومقطعه، كذلك تتعلق قيمة هذا التيار بطول الكابل ومكان تواجده.

يمكن حساب أصغر مقطع لغلاف الكابل A_{min} الذى لا يحتاج عنده الكابل إلى وقاية إضافية (تركيب مفرغ جهد) من العلاقة التالية:

$$A_{\min} = \frac{I_f \cdot \rho_C \cdot l_C \cdot 10^6}{U_C} \qquad (4-2-1)$$

حيث :

I_f : جزء تيار الصاعقة الذى يسرى بالغلاف المعدنى (I_u , I_0)، (kA)

ρ_c : المقاومة النوعية لمادة الغلاف المعدني (انظر الجدول (٤/٢-١))، ($\Omega\, m$)

l_C : مسافة، (m) تتعلق بحالة تأريض الغلاف المعدنى (مؤرض أو غير مؤرض)، ويعطى كما هو وارد في الجدول (٤/٢-٢)

U_C : المتانة الكهربائية للمادة العازلة المستخدمة فى الكابل (المتانة عند تطبيق جهد نبضى)، (kV) (انظر الجدول (٤/٢-٣))

جدول (٤/٢-١):المقاومة النوعية لمادة الغلاف المعدنى

المادة	المقاومة النوعية ρ_c عند درجة الحرارة 20^0C
نحاس	17.8×10^{-9}
ألمونيوم نقى	28.6×10^{-9}
سبائك ألمونيوم	33.3×10^{-9}
نحاس أصفر	55.5×10^{-9}

جدول (٤/٢-٢): العلاقات اللازمة لحساب طول الكابل وعلاقتها بمكان تمديده

غلاف الكابل	l_C
له اتصال مباشر بالأرض ذات المقاومة النوعية $\rho\,(\Omega\,\mathrm{m})$	$l_c \le 8\sqrt{\rho}$
معزول عن الأرض أو ممدد فى الهواء	l_C : المسافة بين المبنى وأقرب نقطة تأريض لغلاف الكابل

جدول (٤/٢-٣): جهد العزل النبضى U_C لكابلات معزولة

الجهد (kV)	U_C (kV)
≤ 0.05	5
0.22	15
10	75
15	95
20	125

ملحق (م٥)

أمثلة لحساب شدة المجال المغناطيسى والجهد الناتج عن الحث من مرور تيار الصاعقة

مثال (١):

إذا كان تيار الصاعقة $I_0 = 100$ kA وكانت النبضة الرائدة 10 / 350 µs .

احسب شدة المجال المغناطيسى عند نقطة تبعد مسافة ٣٠ م عن مكان الإصابة المباشرة بالصاعقة إذا كان المطلوب فى المكان مستوى وقاية III (أنظر الشكل رقم ٦/٥).

الحل:

شدة المجال المغناطيسى

$$H_0 = \frac{I_0}{2 \Pi S_a}$$

$$= \frac{100000}{2 \Pi \times 30} = 530 \text{ W/m}$$

وباعتبار أن قيمة معامل التحجيب S_F من الجدول رقم (٢/٥) فى حالة النبضة الأولى (الرائدة):

$S_F = 20 \log 8.5 / M$ ،

وبفرض أن أبعاد فتحات التحجيب M=15 m ، يكون

$S_F = 20 \log 8.5 / 15 = - 4.9$ ،

وتؤخذ $S_F = 0$

وتحسب شدة المجال المغناطيسى H_1 داخل منطقة الوقاية LPZ1 من المعادلة رقم (٥-٥) كالآتى:

$$H_1 = \frac{H_{0max}}{10^{\frac{SF}{20}}} = = 530 \text{ W/m} \quad \frac{530}{10^{\frac{0}{20}}} = \frac{530}{1}$$

وتحسب شدة المجال المغناطيسى H_2 داخل منطقة الوقاية LPZ2 من المعادلة رقم (٥-١١) كالآتى:

$$H_2 = \frac{H_1}{10^{\frac{SF}{20}}} = 530/\ 1 = 530 \quad W/m$$

مثال (٢):

فى المثال السابق، إذا كانت أبعاد الحلقة ١٠ × ١٥ م عند نفس المسافة من مكان الإصابة بالصاعقة، احسب قيمة الجهد المتولد بالحث من النبضة الأولى.

تعطى قيمة التيار العظمى نتيجة النبضة الأولى من المعادلة رقم (٥-١٧) كالآتى:

$$(I_{sc}) = \mu_0 \times b \times l \times (H_1)_{fmax}$$

$$= 1.26 \times 10^{-6} \times 10 \times 15 \times 530 = 100.17 \quad mA$$

ويعطى الجهد الناتج بالحث من المعادلة رقم (٥-١٨) كالآتى:

$$U_{oc} = 0.126 \times b \times l \times (H_1)$$

$$= 0.126 \times 10 \times 15 \times 530 = 10017\ V$$

$$= 10.016 \quad kV$$

ويجب مراعاة ذلك عند اختيار الأجهزة والمعدات وعلى الأخص الالكترونية منها بحيث يكون الجهد الذى تتحمله (Withstand voltage) أكبر من القيمة المحسوبة.

ملحق (م٦)

استخدام حديد التسليح كمكون طبيعى بالمبنى فى نظام الوقاية من الصواعق

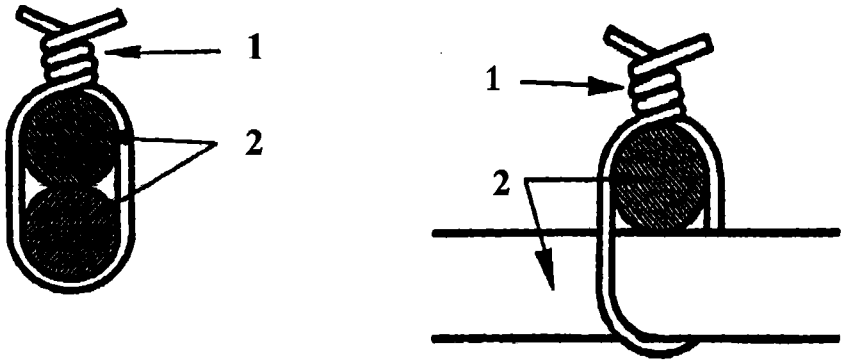
١- عام

يمكن استخدام أسياخ حديد التسليح فى خرسانة المبنى كمكون طبيعى لنظام الوقاية من الصواعق.

ويمكن أن يشكل حديد التسليح عند استخدامه بشكل صحيح الحل الأمثل لتساوى الجهد فى النظام الداخلى للوقاية، بالإضافة إلى ذلك تشكل أسياخ حديد التسليح فى المبنى تحجيبا معدنيا يساعد على وقاية التجهيزات الكهربائية والإلكترونية داخل المبنى من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة.

عندما تربط أسياخ حديد التسليح والتركيبات المعدنية الأخرى بشكل جيد من الداخل والخارج مع بعضها البعض بحيث تحقق استمرارية التوصيلية الكهربائية، يمكن أن يشكل ذلك وقاية جيدة من الإصابة بالصواعق.

يستخدم حديد التسليح فى الخرسانة للحصول على المتانة الميكانيكية المطلوبة، ويكون الحديد داخل الخرسانة على شكل أسياخ متوازية، أو منحنية تربط مع بعضها البعض بواسطة شريط مرن، وبالتالى تنشأ شبكة معدنية من الموصلات تتحمل الإجهادات المختلفة التى تتعرض لها الخرسانة. ويبين الشكل رقم (م٦/١) طريقتين لربط أسياخ حديد تسليح مربوطة مع بعضها البعض.



a) موصلات معدنية متوازية

b) موصلات معدنية متعامدة

1: شريط ربط معدنى

2: حديد التسليح

شكل (م٦/١): ربط أسياخ حديد التسليح بواسطة شريط ربط أو سلك يجدل على الأسياخ

يجب عند استخدام حديد التسليح فى نظام الوقاية من الصواعق، أن تكون ثلث الأشرطة المعدنية المستخدمة لربط الأسياخ مع بعضها البعض من مادة موصلة لتؤمن استمرارية التوصيلية الكهربائية لأسياخ حديد التسليح، ويجب التأكد من ذلك بواسطة القياسات، ويتم الربط بين التركيبات المعدنية الخارجية وقضبان حديد التسليح بواسطة مسامير أو بواسطة اللحام. ويكون استخدام اللحام بشكل عام فى ربط قضبان حديد التسليح مع بعضها البعض، أو مع التركيبات المعدنية الخارجية غير مرغوب فيه، لأنه يؤدى إلى إضعاف الصمود الكهربائى للحديد، ويجب فى حالة عدم السماح بلحام حديد التسليح، استخدام موصل ربط من معدن مرن بشكل مستعرض يتقاطع مع عدد كبير من أسياخ حديد التسليح، ويثبت معها بواسطة أشرطة ربط. وتقوم موصلات الربط وموصلات الوصل المربوطة معها باستخدام حديد التسليح كموصل تساوى جهد والتى يجب أن تحقق المتطلبات الواردة فى هذا الكود.

ونظرا لأن تيار الصاعقة يتجزأ فى عدد كبير من الموصلات، لذلك تكون ممانعة شبكة أسياخ حديد التسليح قليلة، وبالتالى فإن هبوط الجهد على هذه الأسياخ والناتج عن سريان تيار الصاعقة فيها، يكون أيضاً قليلا، وتكون شدة المجال الكهرومغناطيسى الناتج بالحث عن جزء تيار الصاعقة الذى يسرى فى سيخ التسليح ضعيفاً مما يجعل من أثر هذا المجال الكهرومغناطيسى على التجهيزات المعدنية المتجاورة ضعيفاً.

عند وجود غرفة جدرانها الأربعة من الخرسانة المسلحة ويكون حديد تسليح الجدران بها مربوطا مع بعضه البعض بشكل جيد، فإن شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل الغرفة والناتج عن سريان تيار الصاعقة فى حديد تسليح الجدران، أو فى تجهيزات معدنية أخرى قريبة من الجدران تكون أقل بكثير من شدة المجال الكهرومغناطيسى داخل الغرفة، عندما يركب على جدرانها الخارجية موصلات هابطة عادية، كذلك فإن الجهد الناتج بالحث فى الحلقات التى تشكلها الموصلات المختلفة فى هذه الغرفة يكون قليلاً جداً.

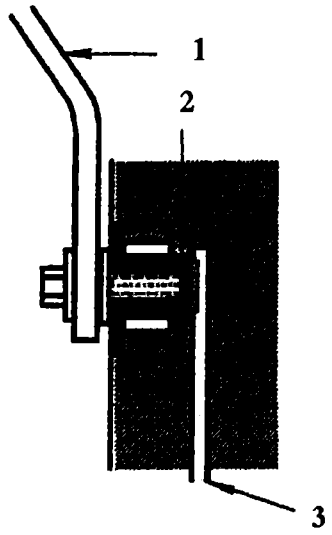
يجب فى نقطة بروز موصل الربط من الخرسانة المسلحة، مراعاة الصدأ الذى يتعرض له هذا الموصل، وتكون أفضل وسيلة للحماية من الصدأ هى استخدام الطلاء أو قطعة من السيلكون المطاطى تركب على المعدن فى منطقة بروزه من الجدار بمقدار ٥٠ مم داخل الجدار ، ٥٠ مم خارج الجدار.

ويلاحظ أن استخدام الحديد المجلفن كحديد تسليح فى الخرسانة يكون غالباً غير مرغوب فيه من شركات البناء، على الرغم من أن خطر الصدأ فى هذا المعدن أقل بكثير من الحديد العادى.

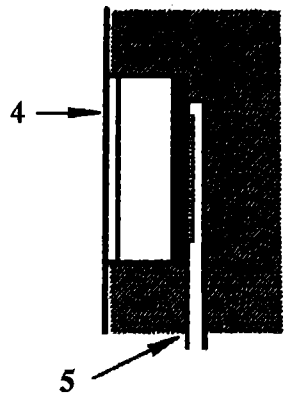
ويفضل عند احتمال حدوث صدأ كبير فى موصل الربط (كالقرب من مياه البحر مثلاً)، أن يكون المعدن الذى يبرز من البناء غير قابل للصدأ.

٢- استخدام حديد التسليح فى الخرسانة فى نظام الوقاية من الصواعق

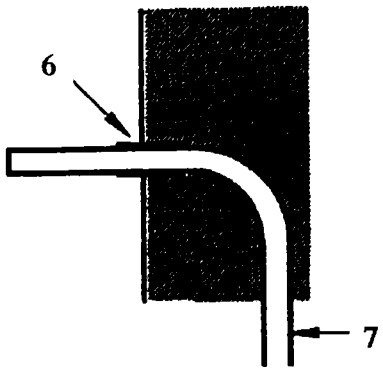
يحقق ربط أسياخ حديد التسليح مع بعضها البعض بواسطة موصل يسمى موصل الربط، استمرار التوصيلية الكهربائية بين أسياخ حديد التسليح، ويربط هذا الموصل مع موصل آخر يسمى موصل الوصل (الموصل الذى تربط معه التركيبات المعدنية الأخرى) بواسطة اللحام أو بواسطة مسامير، وتكون موصلات الربط دائرية أو مفلطحة، وتمدد بشكل مفرد أو على شكل شبكة. يوضح الشكل رقم (م٦/٢) بعض الأمثلة على كيفية ربط موصل الربط وموصل الوصل وتشكيل نقاط وصل فى جدار من الخرسانة المسلحة.



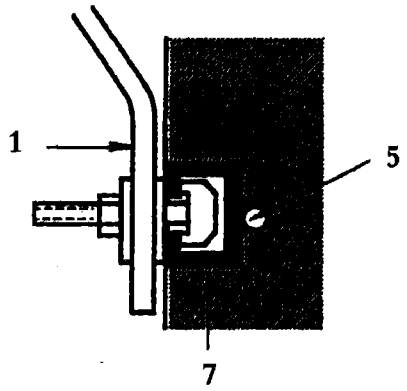
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

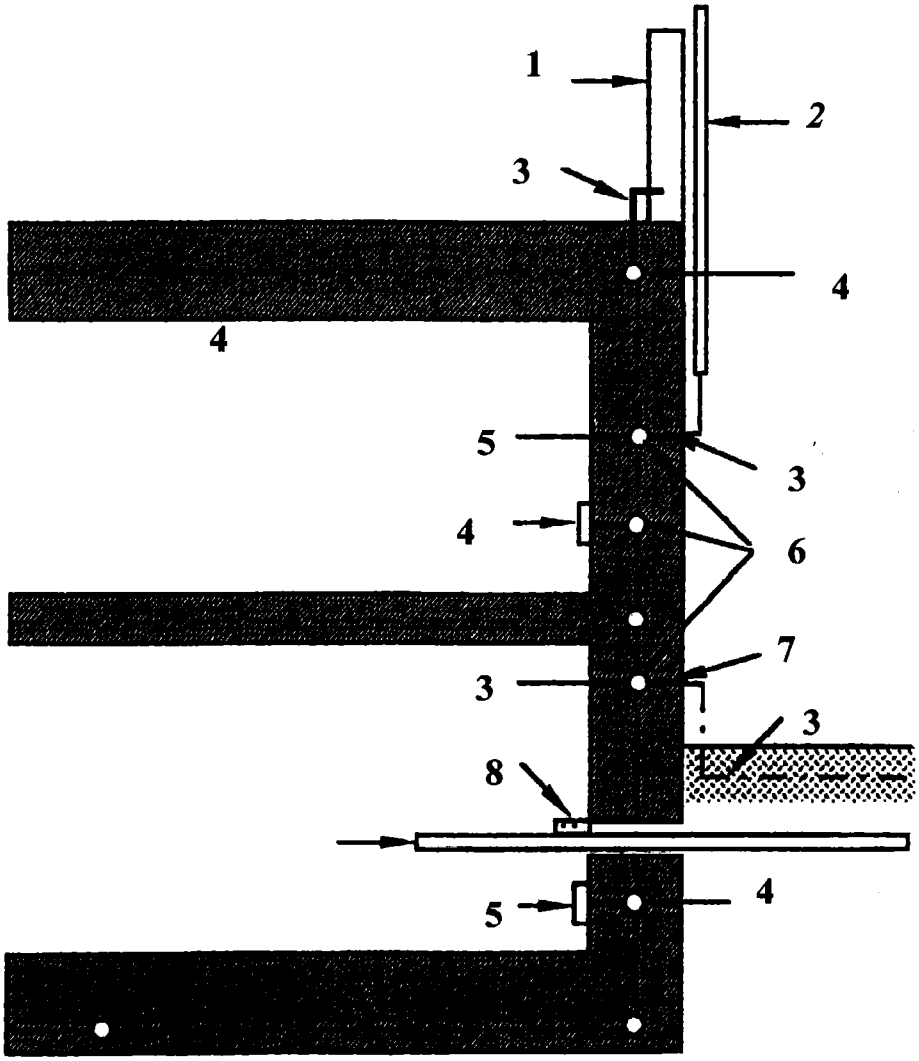
1: موصل ربط
2: مسمار وصل ملحوم مع موصل الوصل
3: قضيب ربط مربوط مع حديد التسليح فى عدة نقاط
4: وصلة تساوى الجهد
5: موصل وصل
6: إجراء المعالجة من الصدأ
7: موصل

شكل (م٦/٢): أمثلة على نقاط وصل فى حديد تسليح لجدار من الخرسانة المسلحة

ملاحظة:

غالباً ما يربط موصل الربط مع حديد التسليح فى عدة أماكن.

يمكن استخدام المثبتات المعدنية المستخدمة فى تثبيت التركيبات المعدنية كأجزاء طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق ونقاط ربط لموصلات تساوى الجهد، مثلاً ربط القواعد المعدنية لآلة كهربائية أو الغلاف المعدنى لجهاز ما مع حديد الأساسات. ويبين الشكل رقم (م٦/٣) مثالا على كيفية ربط حديد التسليح للأساسات مع الموصلات الأخرى فى منشأة صناعية.



1: أعمدة معدنية
2: غطاء معدنى
3: وصل
4: موصل وصل من معدن مرن
5: وصلة تساوى الجهد
6: موصل وصل حلقى
7: موصل تأريض
8: ماسورة معدنية (موصل)

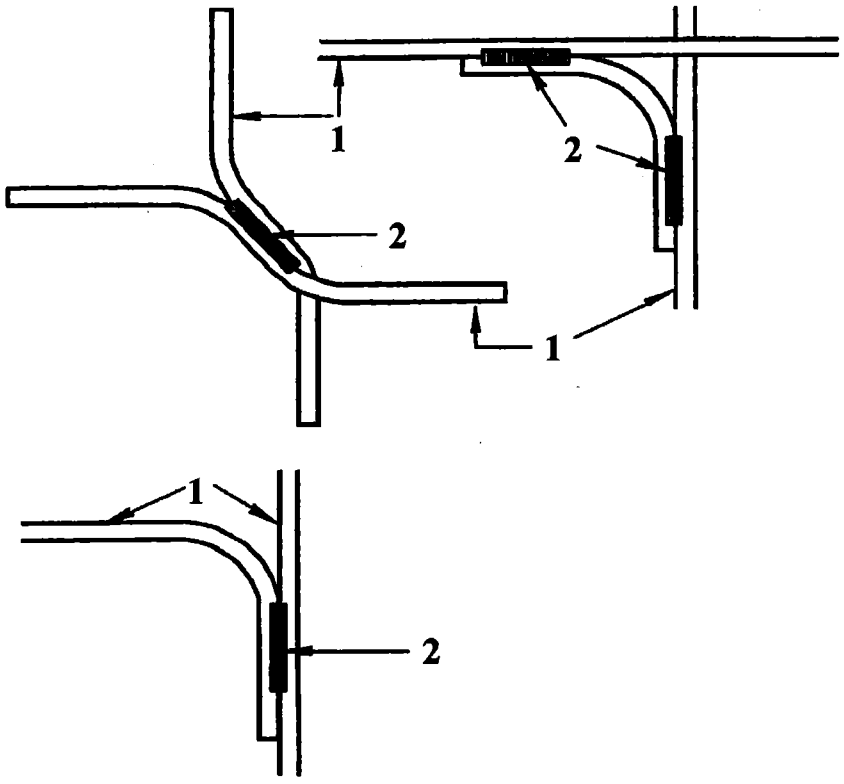
شكل (م٦/٣): مثال على تشكيل أماكن ربط فى منشأة صناعية ذات جدران من الخرسانة المسلحة بحيث يحقق حديد التسليح المتطلبات

يجب أن يتم تحديد أماكن نقاط الربط فى الجدار عند وضع المخططات الأولية لنظام الوقاية من الصواعق، وأن يتم إبلاغ المهندس الإنشائى بذلك.

يجب الاتفاق مع الشركة المنفذة للبناء، أو مع المهندس الإنشائى على إمكانية استخدام اللحام فى قضبان حديد التسليح، وعلى إمكانية استخدام موصلات ربط ووصل فى حديد التسليح، وجميع الأعمال الضرورية لنظام الوقاية من الصواعق التى تتم فى حديد التسليح، كما يجب الاتفاق مع المهندس الإنشائى على تنفيذها ومراقبتها قبل صب الخرسانة فى القوالب الخاصة بذلك، وهذا يعنى أن تصميم نظام الوقاية من الصواعق يجب أن يواكب تصميم المبنى.

٣- اللحام والربط فى قضبان حديد التسليح:

عندما يكون استخدام اللحام فى قضبان حديد التسليح مسموحاً من قبل المهندس الإنشائى، يجب ألا تقل وصلة اللحام عند ربط قضيبين مع بعضهما بعضاً عن ٥٠ مم (أنظر الشكل رقم (م٦/٤)).

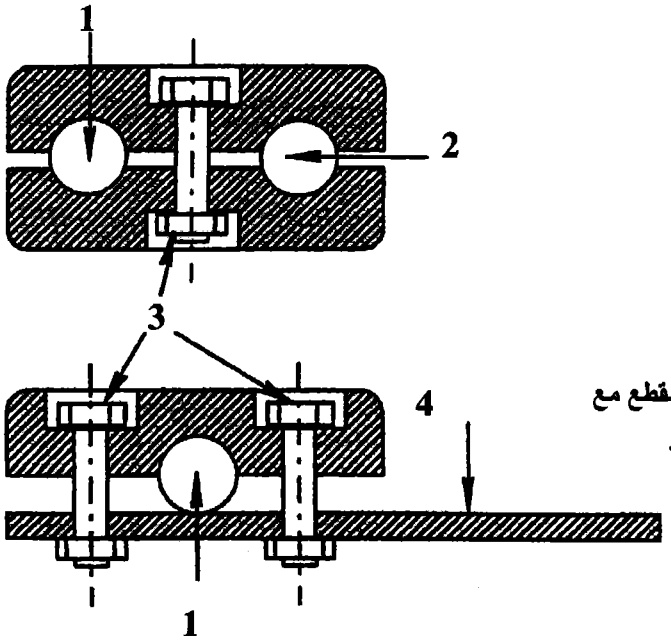


1: أسياخ حديد التسليح أو موصلات الوصل 2: طول وصلة اللحام ٥٠ مم

شكل (م٦/٤): وصلة اللحام بين أسياخ حديد التسليح أو موصلات الوصل فى الخرسانة المسلحة

يجب أن يبرز سيخ حديد التسليح الذى يبرز خارج الخرسانة، من نقطة محددة أو أن يلحم هذا السيخ داخل الخرسانة مع موصل ربط يبرز خارج الخرسانة. وعندما يبرز سيخ حديد التسليح من الخرسانة، يكون ربطه مع الموصلات الأخرى غير عملى عند استخدام حديد التسليح فى الخرسانة كموصلات هابطة طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق.

يجب عند ربط حديد تسليح الخرسانة مع موصل الربط بواسطة مسامير، استخدام موصلى ربط أو موصل ربط واحد وربطه مع عدة أسياخ من حديد التسليح باستخدام مربطين بدلاً من مربط واحد لزيادة الأمان، لأن عملية الربط داخل الخرسانة لا يمكن مراقبتها بعد صب الخرسانة، وعندما يكون موصل الربط من معدن آخر (غير الحديد)، فإنه يجب حماية مكان الربط من الرطوبة لتجنب الصدأ. يبين الشكل رقم (م٦/٥)) بعض مرابط لربط أسياخ حديد التسليح مع موصلات دائرية أو مفلطحة.



a) موصلات دائرية

b) موصل مستطيل المقطع مع موصل دائرى.

1: موصل سيخ تسليح
2: إلى منطقة الوصل
3: مسمار ربط
4: موصل معدنى عريض إلى نقطة الوصل

شكل (م٦/٥): وصلات ربط تستخدم لربط أسياخ حديد التسليح مع موصلات دائرية أو مفلطحة

يجب أن يتحمل موصل الربط تيار الصاعقة الذى يسرى فيه.

وعند لحام أسياخ حديد التسليح مع بعضها البعض، لا يكتفى بوصلة لحام طولها بضع ميلليمترات فقط حيث من الممكن أن يفك هذا اللحام عند سكب الماء على الخرسانة، وإنما يجب ألا يقل طول وصلة اللحام عن ٥٠ مم، ويجب ثنى الأسياخ بحيث تصبح متعامدة مع بعضها البعض بحيث تتجاور على مسافة لا تقل عن ٥٠ مم لزوم اللحام.

٤- استخدام موصلات إضافية فى حديد التسليح قابلة للحام

عندما يكون استخدام اللحام فى أسياخ حديد التسليح غير مسموح به، يتم استخدام موصل ربط معدنى يربط مع أسياخ حديد التسليح بواسطة شريط ربط (قوة الربط بين هذا الموصل وأسياخ حديد التسليح تعادل قوة الربط بين أسياخ حديد التسليح مع بعضها البعض) ويلحم موصل الربط مع موصل الوصل (لا يستخدم موصل الربط لزيادة المتانة الميكانيكية للخرسانة) وينصح كموصلات ربط باستخدام موصلات مرنة يمكن ثنيها ولحامها بسهولة. يبين الشكل رقم (م٦/٥) الربط الصحيح بين موصل الربط وحديد التسليح.

يمكن أن يمدد موصل الربط فى الخرسانة المسلحة وفق الأشكال التالية:

أ- موصل ربط مستقيم

عند استخدام موصل معدنى واحد كموصل ربط يربط مع أسياخ حديد التسليح للجدران، يجب ألا يقل طول هذا الموصل عن ٢ م يربط بواسطة شريط ربط مع عدد كبير من أسياخ حديد التسليح بشكل مستعرض، ويلحم عليه موصل الوصل الأساسى، ويتم الربط مع موصل وصل واحد فقط عندما يكون تيار التشويش صغيراً.

ب- موصل ربط حلقى

تستخدم فى المبانى العالية عدة موصلات ربط من قضبان مرنة تلحم مع بعضها البعض ومع حديد تسليح الخرسانة (إذا كان ذلك مسموحاً) بحيث يتشكل موصل حلقى، ويخرج موصل الربط فى النقاط المحددة (نقاط الوصل) خارج الخرسانة ويثبت على الجدار، ومن ثم يربط مع اللواقط أو موصلات التأريض، أو مع التركيبات المعدنية الموجودة على الجدران والتى تستخدم كموصلات طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق، أو فى ربط الأعمدة المعدنية للمبنى مع بعضها البعض أو الموصلات التى تستخدم فى تساوى الجهد داخل المبنى.

ج- شبكة موصلات ربط

عندما يكون من الضرورى الحصول على عدد كبير من نقاط الوصل فى مبنى كبير، وبشكل خاص عندما يكون المطلوب التقليل من الحث الناتج من موصلات الوقاية عند استخدام حديد التسليح للجدران فى تساوى الجهد وفى تحجيب الغرف الداخلية للمبنى المراد وقايته، يجب تمديد موصلات ربط فى عدد كبير من الطوابق وتربط موصلات الربط الأفقية مع موصلات عمودية

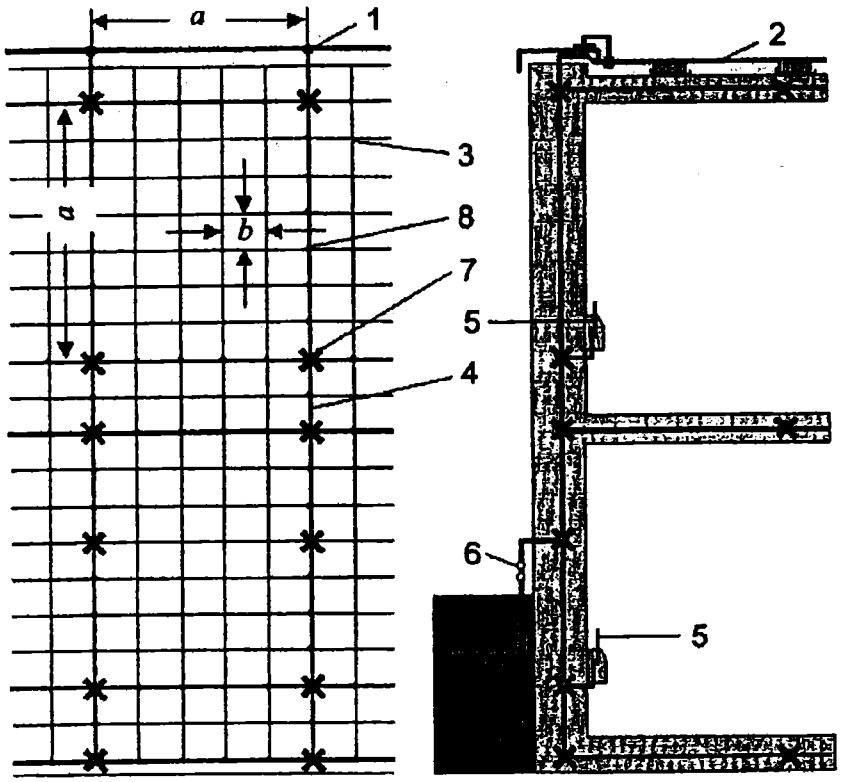
من معدن مرن كل ١٠ م ويوضح الشكل رقم (م٤/١-١) شبكة موصلات ربط تربط هذه الموصلات مع حديد التسليح للخرسانة المسلحة لتخفيض ممانعة حديد التسليح وتأمين تساوى جهد جيد للنظام الداخلى للوقاية.

عند ربط شبكة الموصلات المعدنية (موصلات الربط وموصلات الوصل) مع وصلات تساوى الجهد، والتى تكون مربوطة من جهة أخرى مع الغلاف المعدنى لكابلات القوى الكهربائية، يجب مراعاة إمكانية سريان تيار كبير فى هذه الموصلات وذلك عند حدوث عطل أو قصر فى كابل القوى الكهربائية.

٥- مبنى مكون من هيكل معدنى وخرسانة مسلحة

يمكن استخدام حديد تسليح الجدران، أو الأعمدة المعدنية، أو صفائح التجليد المعدني التي تغطي الجدران والتي تحقق المتطلبات الواردة في هذا الكود، كموصلات هابطة طبيعية لنظام الوقاية من الصواعق، و تربط هذه الموصلات الهابطة الطبيعية مع اللواقط الممددة على السطح ومع موصلات التأريض على مستوى سطح الأرض في حال عدم استخدام أسياخ حديد تسليح للأساسات في التأريض.

يبين الشكل رقم (م٦/٦) كيفية استخدام حديد التسليح كتحجيب للمبنى للوقاية من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة.



1: ربط بين اللواقط والموصلات الهابطة
2: لواقط أفقية
3: أسياخ حديد تسليح
4: موصلات هابطة وموصلات حلقية من معدن مرن
5: وصلة تساوى الجهد
6: علبة تفتيش
7: وصلات تتحمل جزء من تيار الصاعقة
8: وصلات جدل

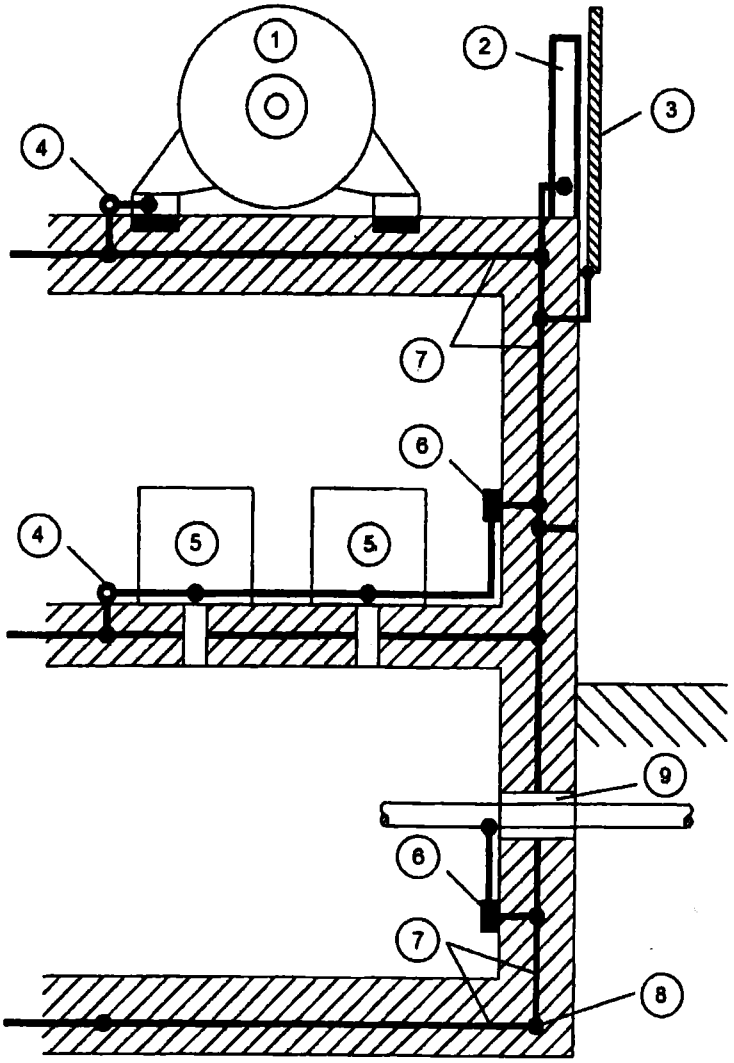
$a \leq 5$ m $b \leq 1$ m

ملاحظة:

يكون تنفيذ نظام الوقاية من الصواعق بهذا الشكل ذا فائدة كبيرة عندما يكون المطلوب هو الوقاية من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة داخل المبنى، ويجب أن تحقق موصلات حديد التسليح المتطلبات الواردة في هذا الكود، ويبين الشكل المسافة بين نقاط ربط موصلات الربط الإضافى وأسياخ حديد التسليح.

شكل (م٦/٦): نظام الوقاية من الصواعق لمبنى من الحديد المسلح يستخدم فيه حديد التسليح كتحجيب للمبنى للوقاية من خطر المجالات الكهرومغناطيسية المرافقة لقناة الصاعقة وكموصلات هابطة طبيعية وموصلات تساوى الجهد فى النظام الداخلى للوقاية من الصواعق

ويوضح الشكل رقم (م٦/٧) مثال عن تساوى الجهد فى مبنى يستخدم حديد التسليح فى الجدران كموصلات طبيعية للوقاية من الصواعق.



1: محرك كهربائى
2: حوامل معدنية
3: صفائح معدنية
4: موصلات تساوى الجهد
5: معدات كهربائية أو إلكترونية
6: وصلات تساوى الجهد
7: شبكة موصلات فى الأساسات
8: حديد تسليح فى الأساسات
9: نقطة دخول جميع الكابلات إلى المبنى

شكل (م٦/٧): مثال عن تساوى الجهد فى مبنى يستخدم حديد التسليح فى الجدران كموصلات طبيعية للوقاية من الصواعق

وزارة الإسكان والمرافق والتنميه العمرانيه

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

إدارة المخازن

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

م	كود رقم	الكـــود المصـــــرى	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 (التاسيس 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 (٢)

م	كود رقم	الكـــود المصـــــــرى	الرقم الكودي	قرار وزارى	المجموعة
٦	٠١١٠٠٨٩٠٩٥	كود الكباري الجزء السادس(تحليل وتصميم الكباري المعدنية) (Analyisis&Design Of Steel Bridges)	٦/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	الكباري
	٠١١٠٠٨٩٠٩٦	كود الكباري الجزء السابع (الركائز وفواصل التمدد والأسوار والحواجز)	٧/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩٠٩٧	كود الكباري الجزء الثامن (الأساسات والأكتاف والحوائط الساندة)	٨/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩٠٩٨	كود الكباري الجزء التاسع (تنفيذ الكباري الخرسانية المسلحة وسابقة الإجهاد والصلب)	٩/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩٠٩٩	كود الكباري الجزء العاشر (صيانة ومراقبة الكباري والتقاطعات العلوية)	١٠/٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
	٠١١٠٠٨٩١٠٠	ملحق عام لكود الكباري (إشتراطات إضافية للكباري الخرسانية سابقة الإجهاد) (الجزاء المجمعة)	٢٠٧	٢٣٣لسنة٢٠١٥	
٧	٠١١٠٠٨٩٠٢٧	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد الأول (أسس التصميم)	٣٠٢	١٥٩لسنة٢٠١٣	الكهرباء
	٠١١٠٠٨٩٠٢٨	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد الثاني (شروط التنفيذ)	١/٣٠٢	٥٢٠لسنة٢٠١٢	
	٠١١٠٠٨٩٠٢٩	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد الثالث (الإختبارات وإستلام الأعمال)	٢/٣٠٢	٥٣١لسنة٢٠١٣	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٠	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد الرابع (التأريض)	٣/٣٠٢	١٦لسنة ٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٣١	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد الخامس (الوقاية من الصواعق)	٤/٣٠٢	١٦لسنة ٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٢	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد السادس (تحسين معامل القدرة)	٥/٣٠٢	٨٢٩لسنة ٢٠١٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٣	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد السابع (التوافقيات)	٦/٣٠٢	١٦لسنة ٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٤	التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد الثامن (الملامسات والبادئات المستعملة في التحكم للمحركات التأثيرية ثلاثية ا	٧/٣٠٢	١٦لسنة ٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٥	تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد التاسع (التحكم في الإضاءة)	٨/٣٠٢	١٦لسنة ٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٦	تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات الكهربائيه فى المبانى المجلد العاشر (مولدات الطوارئ)	٩/٣٠٢	١٦لسنة ٢٠٠٤	
٨	٠١١٠٠٨٩٠٣٧	الدليل الإسترشادى لكود الكهرباء الجزء الأول (أعمال التصميم)	١٠/٣٠٢	———	دلائل الكهرباء
	٠١١٠٠٨٩٠٣٨	الدليل الإسترشادى لكود الكهرباء الجزء الثاني (تنفيذ الأعمال)	١١/٣٠٢	———	
	٠١١٠٠٨٩٠٣٩	الدليل الإسترشادى لكود الكهرباء الجزء الثالث (إستلام الأعمال)	١٢/٣٠٢	———	
٩	٠١١٠٠٨٩٠٦٦	الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ أعمال الإنارة (الإنـــارة ج ١)	٣٠٨	٣٦٨لسنة٢٠٠٨	الإنارة
	٠١١٠٨٩٠٧٣	الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ أعمال إنارة الطرق والأنفاق (الإنـــارة ج ٢)	٢/٣٠٨	٣٣٤لسنة٢٠١٠	
١٠	٠١١٠٠٨٩٠٤٠	الكود المصرى لتكييف الهواء والتبريد الجزء الأول (تكييف الهواء)	٣٠٤	١٣٩لسنة٢٠٠٤	التكييف
	٠١١٠٠٨٩٠٤١	الكود المصرى لتكييف الهواء والتبريد لجزء الثاني (التبريد)	١/٣٠٤	١٣٩لسنة٢٠٠٤	
	٠١١٠٠٨٩٠٤٢	الكود المصرى لتكييف الهواء والتبريد الجزء الثالث (أعمال التحكم والكهرباء)	٢/٣٠٤	١٣٩لسنة٢٠٠٤	
١١	٠١١٠٠٨٩٠٤٣	المنشآت والكبارى المعدنيه (A.S.D (Steel Construction	٢٠٥	٢٧٩لسنة٢٠٠١	STEEL
	٠١١٠٠٨٩٠٤٤	الكود المصرى لتنفيذ المنشآت المعدنية علي أساس الأحمال والمقاومة المعيارية L.R.F.D	١/٢٠٥	٣٥٩لسنة٢٠٠٧	
١٢	٠١١٠٠٨٩٠٤٥	أسس تصميم وإشتراطات تنفيذ أعمال المبانى ١٩٩٤	٢٠٤	٣٥١لسنة٢٠٠٤	المباني
١٣	٠١١٠٠٨٩٠٤٦	أسس تصميم وإشتراطات تنفيذ إستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف في مجال التشييد		٤٩٢لسنة٢٠٠٥	بوليمرات
١٤	٠١١٠٠٨٩٠٤٧	تحسين كفاءة إستخدام الطاقة في المباني الجزء الأول (المباني السكنية)	١/٣٠٦	٤٨٢لسنة ٢٠٠٥	تحسين
	٠١١٠٠٨٩٠٦٨	تحسين كفاءة إستخدام الطاقة في المباني الجزء الثاني (المباني التجارية)	٢/٣٠٦	١٩٠لسنة ٢٠٠٩	
			———	———	إستخدام الطاقة
١٥	٠١١٠٠٨٩٠٤٨	حساب الأحمال والقوى الإنشائيه وأعمال المبانى	٢٠١	٤٣١لسنة ٢٠١١	الأحمال

وزارة الإسكان والمرافق والتنميه العمرانيه

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

إدارة المخازن

قائمة الكودات إعتباراً من ٢٠١٦/١/١٠ (٣)

م	كود رقم	الكـــود المصـــــرى	الرقم الكودي	قرار وزارى	المجموعة
١٦	٠١١٠٠٨٩٠٤٩	تصميم الفراغات الخارجيه والمبانى لإستخدام المعاقين	٦٠١	٣٠٣لسنة٢٠٠٣	المعاقين
١٧	٠١١٠٠٨٩٠٥٠	تصميم وإختيار أسس البياض الخارجى - الداخلى - الخاص	٤٠١	٤٥٤لسنة١٩٩١	البياض
١٨	٠١١٠٠٨٩٠٥١	الكود المصرى للحريق الجزء الأول (أسس التصميم وإشتراطات التنفيذ لحماية المنشآت من الحر	٣٠٥	١٥٢لسنة١٩٩٨	الحريق
	٠١١٠٠٨٩٠٥٢	الكود المصرى للحريق الجزء الثانى (متطلبات أنظمة خدمات المبنى للحد من أخطار الحريق)	١/٣٠٥	١٥٤لسنة٢٠٠٠	
	٠١١٠٠٨٩٠٥٣	الكود المصرى للحريق الجزء الثالث (أنظمة الكشف والإنذار عن الحريق)	٢/٣٠٥	٢٦٠لسنة١٩٩٩	
	٠١١٠٠٨٩٠٥٤	الكود المصرى للحريق الجزء الرابع (أنظمة الإطفاء بالمياه)	٣/٣٠٥	٣٤٤لسنة٢٠٠٧	
١٩	٠١١٠٠٨٩٠٥٥	إشتراطات الأمان للمنشآت متعددة الأغراض الجزء الأول (الجراجات)	ــــــ	٣٧٩لسنة٢٠٠٧	الجراجات
٢٠	٠١١٠٠٨٩٠٥٦	كود التركيبات الصحية في المباني الجزء الأول (أسس تصميم وشروط التنفيذ)	٣٠١	٥٣٢لسنة٢٠١٣	التركيبات الصحية
	٠١١٠٠٨٩٠٧٨	كود التركيبات الصحية في المباني الجزء الثانى (أعمال التغذيه بالمياه ومعالجة المياه فى التجمعات السكنيه الص	١/٣٠١	١٠لسنة٢٠١٢	
	٠١١٠٠٨٩٠٧٩	كود التركيبات الصحية في المباني الجزء الثالث (أعمال التغذيه بالمياه الساخنه وحمامات السباحه)	٢/٣٠١	١٤٩لسنة١٩٩٩	
	٠١١٠٠٨٩٠٨٠	كود التركيبات الصحية في المباني الجزء الرابع (تجهيز المطابخ - المستشفيات - التخلص من القمامه)	٣/٣٠١	١٤٠لسنة٢٠٠١	
٢١	٠١١٠٠٨٩٠٥٧	كود المحطات المجلد الأول أسس تصميم وشروط تنفيذ محطات الرفع (صرف صحى)	١٠١	١٦٨لسنة١٩٩٧	المحطات
	٠١١٠٠٨٩٠٥٨	كود المحطات المجلد الثانى أسس تصميم وشروط تنفيذ أعمال المعالجه (صرف صحى)	١/١٠١	١٦٩لسنة١٩٩٧	
	٠١١٠٠٨٩٠٥٩	كود المحطات المجلد الثالث أسس تصميم وشروط تنفيذ محطات التنقيه (مياه الشرب)	٢/١٠١	٥٢لسنة ١٩٩٨	
	٠١١٠٠٨٩٠٦٠	كود المحطات المجلد الرابع أسس تصميم وشروط تنفيذ الروافع (مياه الشرب)	٣/١٠١	٥٣لسنة ١٩٩٨	
٢٢	٠١١٠٠٨٩٠٦١	تصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحى	١٠٢	١٩٧لسنة٢٠١٠	المواسير
٢٣	٠١١٠٠٨٩٠٦٢	كود الريوز (إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجه فى مجال الزراعه)	٥٠١	٣٨٣لسنة٢٠١٥	الريوز
	٠١١٠٠٨٩٠٨١	الملحق الأول لكود الريوز (الدليل الإرشادى لإستغلال مياه الصرف الصحى المعالجه فى مجال الزراعه)	١/٥٠١	٣٨٣لسنة٢٠١٥	
٢٤	٠١١٠٠٨٩٠٨٣	أسس تصميم وشروط تنفيذ المصاعد في المباني الجزء الأول (المصاعد الكهربائية)	١/٣٠٣	١٢٦لسنة٢٠٠٧	المصاعد
	٠١١٠٠٨٩٠٨٤	أسس تصميم وشروط تنفيذ المصاعد في المباني الجزء الثانى (المصاعد الهيدروليكية)	٢/٣٠٣	١٣٦لسنة٢٠٠٧	
	٠١١٠٠٨٩٠٨٥	أسس تصميم وشروط تنفيذ المصاعد في المباني الجزء الثالث (السلالم والمشايات الكهربائية)	٣/٣٠٣	٣٢١لسنة٢٠١٠	
	٠١١٠٠٨٩٠٦٣	أسس تصميم وشروط تنفيذ المصاعد في المباني الجزء الرابع (مصاعد البضائع فقط)	٤/٣٠٣	٤٤٠لسنة٢٠١٥	
٢٥	٠١١٠٠٨٩٠٦٤	تشغيل وصيانة محطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها الجزء الأول (محطات تنقية مياه الشرب)	١/١٠٣	٣٢١لسنة٢٠٠٧	تشغيل وصيانة مياه الشرب
	٠١١٠٠٨٩٠٦٥	تشغيل وصيانة محطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها الجزء الثاني (صيانة شبكات المياه)	٢/١٠٣	٣٣١لسنة٢٠٠٧	
٢٦	٠١١٠٠٨٩٠٦٧	الكود المصري لإدارة مشروعات التشييد	٣١١	٣٦٤لسنة٢٠٠٩	التشييد
٢٧	٠١١٠٠٨٩٠٦٩	الكود المصري لمعايير تصميم المسكن والمجموعة السكنية	٦٠٢	٨٠لسنة٢٠٠٩	المسكن والسكنية
٢٨	٠١١٠٠٨٩٠٧٠	المعايير التصميمية والمنشآت الصحية كود المستشفيات ج١(مكونات عامة - مركزية - خاصة ومتطلباتها)	١/٦٠٣	٢٢٢لسنة٢٠١٠	المستشفيات
	٠١١٠٠٨٩٠٧٧	المعايير التصميمية والمنشآت الصحية كود المستشفيات ج٢(متطلباتهاوالشبكات الخدميةومعايير الحفاظ علي بيئة نظيفة	٢/٦٠٣	٣٧٥لسنة٢٠١١	
	٠١١٠٠٨٩٠٨٦	المعايير التصميمية والمنشآت الصحية كود المستشفيات ج٣ (تطوير المباني القائمة)	ــــــ	٨٢٨لسنة٢٠١٤	
٢٩	٠١١٠٠٨٩٠٧٦	الكود المصري للتهوية في المباني	ــــــ	١٦٠لسنة٢٠١٣	التهوية
٣٠	٠١١٠٠٨٩٠٨٩	أسس تصميم وإشتراطات تنفيذ عزل الرطوبة والمياه في المباني	ــــــ	٥٥٩لسنة٢٠١٢	عزل رطوبة
٣١	٠١١٠٠٨٩٠٨٧	الكود المصري لأخلاقيات وقواعد سلوكيات ممارسة مهنة الهندسة (المسودة النهائية)	ــــــ	٢٣لسنة٢٠١٣	أخلاقيات الهندسة

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
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	الأعمال
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