جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة التأريض والوقاية من الصواعق

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٦٠٣/٤٠٢

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخـطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة التأريض والوقاية من الصواعق

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٦٠٣/٤٠٢

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

اللجنـــــــــــــــة العليا لمشـــــروع المـــــواصفات الفنيـــة والمدونـــات العراقيـــــــــــة

محمد صـاحب الدراجـــي / وزيـــر الاعمـــــار والاســـــــكان / رئيـس اللجنـــــــــــة

اسـتبرق ابراهيـم الشـــوك / الوكيـــل الاقـدم لـــوزارة الاعمـــــــــار والاســـــــــكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المســتشـــــارين / الامانـة العامة لمجلس الـــــــوزراء

سعـد عبـد الوهـــــــاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسـيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنيـة

حســين مجيـد حســين / مديرعام الهيئة العامة للمباني / وزارة الإعمار والإسكان / مديرالمشـــروع

ريـاض حمـودي الوزيـــر/ مدير عام التخطيط والمتابـــعة / وزارة البلديـات والأشغـال العامـــــة

جـلال حسيـن حســـــن / مدير عام شـركة الرشـــــيد / وزارة الصنـــــاعة والمعـــــادن

لـــــواء كريـم العبيـــدي/ وزارة البـيـئـــة

د.نمير خورشيـــد سعـــيد / قسم هندســة البناء والانشـــاءات / الجامعـة التكنولوجيـــــــــــــة

رعد عبد الجليل عبد الامير/ مدير عام دائرة التصـاميـــم الهندسية / وزارة الموارد المائيـــــــــة

صـــادق محمـود الشمـــري / مدير عام شـــركة ابن الرشـــــــــد / أمانة بغـــــــــــــــــداد

خضـير عباس داود/ مديرعام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم/ وزارة العلوم والتكنولوجيـا

الفريـــــــــق العامل على إعـــــــــداد

مدونة التاريض والـوقاية مـن الصواعـــق

الدكتـــــــــور / خلـــــــدون عبد الجبار حـمـــد

الدكتـــــــــور/ قاســـم عبد الـــرزاق عـــــلـي

الاستشـــــاري/ ريـــاض غـــــانم عـــــمر

الدكتـــــــــور/ خـمـيـــس عـواد عـــيـــدان

الدكتـــــــــور/ سـعـــد فـــرحـان ابـراهـــيم

الفريـــــــــق العامل على تدقيـــــــــق

مدونة التاريض والـوقاية مـن الصواعـــق

الدكتـــــــــور / جعـــفـر حـمـيـد عـــــلـــوش

الدكتـــــــــور/ قيـــس سعيـد اســـــماعـيـــل

الاستشـــــاري/ عبـــــــد الصـاحب عبـــاس

اللجنـــــــــــــــة الفنيـــــــــــــــة للمشـــــــروع

الخبير المهندس سعـد عبـد الوهـــاب / رئيس اللجنـــــة

الدكتور المهندس علي عبـــــد الحسيـــــن مجبـــــــل

الدكتور الجيولـوجـي فـــراس فيصـــل عبـد الحمـيـــــد

ر.مهندسين أقدم حســـــيـــن محمـــــد علـــــــــي

الدكتورالمهندس خالـــد احـــمـــد جـــــــــــودي

الدكتورالمهندس خالـــــــد كامـــــــــــــل داود

الدكتورالمهندس رائـــــد رمـــــــزي العمـــــــري

الدكتورالمهندس محمـــــــــد مصلـــح ســـــلمـــان

ر.مهندسين أقدم داود عـــــــــواد حـــــمـــــود

الدكتور المهندس ليـــــث خـــالـــــد كامـــــــــل

ر.مهندسين أقدم نيـــــران حســـــيـــن علـــــوان

ر.مهندســـين جنـــان رضـــــــا محـــــمـــــد

اللجنـــــــــــة الاداريـــــــــــة للمشـــــــــــروع

الخبير المهندس حسين مجيـد حسيـن / مديـرالمشـــروع

الدكتورالمهندس رائـــد حســـــــــــن عبـــــود

م.ر.مهندسيـــن الهـام ابراهيـــم عـــبـد الـــــــرزاق

لجنـــــــــــة متابعـــــــــــة المدونـــــــــــة

الخبير المهنـدس جبار حمزة لطيـــف / رئيـــس اللجنـــة

م.ر.مهنـــدســـين ثنـــــاء عبـــــد الغفـــــــــار

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كانَ يَحِقُّ للأُمَمِ والأفرادِ أنْ تفْتخرَ بنتاجِها الفِكْريّ و العِلْميّ مِمّا يُجَلِّي مَنْقبَةً ظاهِرةً، أو مَزيَّةً يَصْعُبُ مَرامُها، فلوزارةِ الاعمارِ والاسْكانِ السَّبْقُ والقدْحُ المُعَلَّى في أنْ تكُونَ قد اضْطَلَعتْ بأعباءِ قيادةِ مهمةِ مشروعِ إصدارِ مُدَوَّناتِ ومواصفاتِ البناءِ في العراق.

فانْبرتْ لهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمّاءَ لاتقفُ دُونَها غايةٌ، بأنْ كَلّفتْ أُولي العِرفانِ وأهلِ التحصيلِ في كلِّ علمٍ (من عُلُومِ مُدَوَنَّاتِ ومواصفاتِ البناء) مِمَّن هُمْ أهْلٌ للاعدادِ، أَعَانَهم في ذلك نُظراءُ لَهم بالرّأيِ و المَشُورةِ مُدَقِقينَ عَمَلِ أقرانِهم، مُؤازرينَ لَهُم برأيٍ حَصِيفٍ ومَشُورةٍ صَواب .

فَسَارَتْ عَمَلِيّةُ إعْدَادِ كُلِّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوَثَّق، مُيَمّمَةً سَمْتَ غايتِها مُقْتَصَّةً أَثَرَ تَجَارب الآخرينَ في مُدَوّنَاتهم، تَنْحُو نَهْجَاً مُسَدَّداً. فَجَاءَتْ حَسَنَةَ الدِّيباجةِ، مُحْكَمَةَ التّبويبِ، مُطَّرَدَةَ الفُصُولِ، جَزِيلَةَ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةَ العِبَارةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأطْرافِ غاياتِها، على النّحوِالذي بَيْنَ يَديّ قَارِئِها.

وما بقيَ على عَاتقِ الغيرِ إلّا الانتفاعُ من عُصَارةِ الفِكْرِ هذهِ بجَلِيلِ المَنفعةِ وأَرْجَاها، وأنْ تَتَضَافرَ الجّهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعِ التّطبيقِ والإلْزامِ، بنيَّةٍ جَازِمةٍ حَازِمةٍ. وعندَ ذلك لَنْ يَغدُوَ المَطْلَبُ صَعْباً في أنْ يأتيَ البناءُ في العراق مُحْكَمَ السّمَاتِ والأشْرَاطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِوالإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوَّنَةَ لَبِنَةً تَرْصُفُها لإعْلاءِ صَرْحِ رايةِ العلمِ والبناءِ في عِراقِنا العزيز، واللهُ المُوفِّقُ لِسَواءِ السبيلِ. إنهُ نِعْمَ الهادي ونِعْمَ النصير.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار و الإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

مقدمة فريق الأعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

يقدم فريق إعداد مدونة التأريض والوقاية من الصواعق ثمرة جهوده هذه للعاملين في قطاع المباني مرتبة في موضوعين رئيسين ، كلٌ وضعَ في باب منفصل.

اعتمدَ الفريق أسلوباً انسيابياً متسلسلاً في تقديم الفقرات وتوضيح المفاهيم الأساسية لمتطلبات منظومات التأريض والوقاية من الصواعق.

الجزء المختص بمنظومات التأريض في المدونة شمل ثمانية فصول والجزء المختص بمنظومات الوقاية من الصواعق شمل تسعة فصول.

في إعداد المدونة تم الاعتماد بشكل كبير على المدونات العالمية الرئيسة والتي تمثل الأساس الذي تعتمد عليه مدونات دول المنطقة والتي تُعتمد أحيانا في تنفيذ الأبنية في العراق لعدم وجود مواصفات ملزمة محليا.

بسبب خلو اغلب الأبنية العامة والخاصة من منظومات التأريض أساسا او وجود منظومات تأريض غير فعالة، فقد كثرت حوادث الصعق الكهربائي وحوادث حرائق التماس الكهربائي في الأبنية العامة والخاصة مما تسبب في خسائر مادية كبيرة. ومما عقد المشكلة ، التوسع الكبير غير المحسوب في المنظومات الكهربائية في الأبنية رافقه استخدام أجهزة ومعدات كهربائية رديئة المواصفات. هذا الأمر جعل هناك حاجة ماسة لتشريع مواصفات ملزمة لتجهيز الأبنية بمنظومات التأريض وبصورة خاصة الأبنية العامة أو ذات الخطورة العالية.ويأمل فريق الأعداد أن يكون جهده في هذا المجال خطوة على هذا الطريق.

كذلك فالمتوقع أن تزداد أهمية منظومات الوقاية من الصواعق مع تزايد الأبنية والهياكل الشاهقة في القطر والتي ستشكل نقاط جذب للصواعق مما قد يتسبب في حوادث تشمل الحياة والممتلكات بالإضافة إلى الوقع النفسي الكبير لمثل هذه الحوادث.

في تقديم هذا الجهد ، يتقدم فريق الأعداد بخالص الشكر والتقدير لوزارة الأعمار والإسكان والجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية لتبنيهما هذا المشروع الفائق الأهمية وللجنة العليا لمشروع المدونات وإدارة مشروع إعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات ومدونات البناء واللجنة الفنية لمشروع إعداد المدونات ، وكما يشيد فريق الأعداد بجهود التدقيق والتقويم والتصحيح والمتابعة من كافة الجهات وكل من قدم رأياً ومشورة وساعد في إخراج هذه المدونة.

وفق الله الجميع لما فيه خير وتقدم العراق

د.خلدون عبد الجبار حمد

رئيس فريق الأعداد

الـــمـــــحـــتـــــوى

التسلسل	رقم الصفحة	العنوان	Title
الباب الأول	1/1	المقدمة	Introduction
1-1	1/1	توطئة	Foreword
2-1	3/1	مجال المدونة	Domain
3-1	4/1	التعاريف	Definitions
الباب الثاني	1/2	منظومة التأريض	Earthing system
1-2	1/2	أنظمة التأريض	Earthing systems
1/1-2	1/2	المقدمة	Introduction
2/1-2	1/2	تصنيف الانظمة واطئة فرق الجهد	Classification of low voltage systems
3/1-2	5/2	تأريض الاجهزة الكهربائية	Electrical equipment earthing
4/1-2	5/2	حماية الانظمة والأجهزة	System and equipment protection
5/1-2	5/2	الحماية الكهربائية للأنظمة	Electrical protection of systems
6/1-2	5/2	حماية الاجهزة – اختيار المكونات	Equipment protection : selection of components
2-2	5/2	العوامل المؤثرة على التأريض الفعال	Factors involved in effective earthing
3-2	9/2	الاقطاب الارضية	Earth electrodes
1/3-2	9/2	مقدمة	Introduction
2/3-2	9/2	تأثير الشكل على مقاومة الاقطاب	Effect of shape on electrode resistance
3/3-2	9/2	مقاومة الانواع الشائعة من الاقطاب الارضية	Resistance of common types of earth electrodes
1/3/3-2	9/2	الالواح	plates
2/3/3-2	12/2	القضبان والأنابيب	Rods and pipes

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Horizontal strip and round conductor electrodes	الاقطاب الشريطية و الاقطاب الدائرية المقطع	19/2	3/3/3-2
Selection of a material for an earth electrode	اختيار مواد الاقطاب	20/2	4/3/3-2
Miscellaneous types of electrode	الانواع الاخرى من الاقطاب	22/2	5/3/3-2
Earthing cathodically protected structures	تأريض الابنية المحمية كاثودياً	23/2	6/3/3-2
Current density consideration	اعتبارات كثافة التيار	24/2	4-2
Introduction	مقدمة	24/2	1/4-2
Selection of an earthing conductor and connection to an electrode	اختيار الموصلات الارضية وتوصيلاتها الى الاقطاب	24/2	2/4-2
Calculation by using adiabatic equation	الحساب بالمعادلة الاديباتيكية	25/2	1/2/4-2
Selective method	الطريقة الاختيارية	31/2	2/2/4-2
Current density at the surface of an earth electrode	كثافة التيار السطحية للأقطاب الارضية	32/2	3/4-2
Circuit protective conductors	موصلات حماية الدوائر الكهربائية	33/2	4/4-2
Types of circuit protective conductors	انواع موصلات حماية الدوائر الكهربائية	36/2	1/4/4-2
Equipotential bonding conductors	موصلات الربط للحماية وتسمى موصلات ذات فرق الجهد المتساوي	36/2	2/4/4-2
Protection against indirect contact by automatic disconnection of supply in (TT) earthing system.	الحماية ضد التماس غير المباشر بواسطة الفصل الاوتوماتيكي للطاقة المجهزة في انظمة التأريض (TT)	37/2	3/4/4-2
Potential gradient around earth electrodes	انحدار الجهد الكهربائي حول الاقطاب الارضية	39/2	5-2
Introduction	المقدمة	39/2	1/5-2
General rules	قواعد عامة	39/2	2/5-2
Calculation of ground surface potentials for vertical electrodes	حسابات جهد سطح الارض للأقطاب العمودية	42/2	3/5-2

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Calculation of ground surface potentials for horizontal electrodes	حسابات جهد سطح الارض للاقطاب الافقية	43/2	4/5-2
Testing and inspection of earthing systems and soil resistivity test	فحص واختبار منظومات التأريض وفحص مقاومة التربة	48/2	6-2
Soil resistance	مقاومة التربة	48/2	1/6-2
Factors affecting the soil resistivity	العوامل المؤثرة على مقاومية التربة	48/2	2/6-2
Resistivity of soil	مقاومية التربة (ρ)	50/2	3/6-2
Measuring the ground resistance	قياس مقاومة الارض	50/2	4/6-2
Periodic inspection and testing of the Earthing system	التحري والاختبار الدوري لمنظومة التأريض	52/2	5/6-2
Introduction	المقدمة	52/2	1/5/6-2
Measurement of earth electrode resistance	قياس مقاومة الاقطاب الأرضية	53/2	2/5/6-2
Measurement of resistance of earthing conductor	قياس مقاومة الموصلات الارضية	56/2	3/5/6-2
Tele communication circuits and equipment	دوائر وانظمة الاتصال عن بعد	57/2	7-2
Introduction	المقدمة	57/2	1/7-2
Recommendations for installing and earthing of telecommunication equipments	تعليمات نصب القابلوات وتأريض اجهزة الاتصال	57/2	2/7-2
Precautions to be taken in earthing on telecommunication circuits	الاحتياطات الواجب اتخاذها في تأريض دوائر الاتصال عن بعد	57/2	3/7-2
Segregation from mains power	الفصل من القدرة الرئيسة	60/2	4/7-2
Recommended sizing of the telecommunications bonding backbone and grounding equalizer	الاحجام المطلوبة للجزء الرئيس لروابط انظمة الاتصال عن بعد وعامل التأريض	60/2	5/7-2
Temporary scaffolding and similar metallic structure	تأريض السقالات الوقتية والهياكل المعدنية المماثلة	62/2	8-2

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Metallic structures assembled by means of bolted joints or screw climbs	الهياكل المعدنية المجمعة بواسطة البراغي او الملازم الملولبة	62/2	1/8-2
Lightning protection	الحماية من الصواعق	62/2	2/8-2
other temporary structures	الهياكل الوقتية الاخرى	63/2	3/8-2
References	المراجع	64/2	
Lighting protection system	منظومات الوقاية من الصواعق	1/3	الباب الثالث
Lightning	الصواعق	1/3	1-3
Introduction	مقدمة	1/3	1/1-3
Lightning specifications	مواصفات الصواعق	2/3	2/1-3
Lightning Effects	تأثيرات الصواعق	3/3	3/1-3
Introduction	المقدمة	3/3	1/3/1-3
Electrical Effects	التأثيرات الكهربائية	4/3	2/3/1-3
Thermal Effects	التأثيرات الحرارية	4/3	3/3/1-3
Mechanical Effects	التأثيرات الميكانيكية	5/3	4/3/1-3
Protection from lightning	الحماية من الصواعق	6/3	2-3
Introduction	مقدمة	6/3	1/2-3
Need of lightning protection system consideration	اعتبارات الحاجة لنظام الحماية من الصواعق	7/3	2/2-3
Estimation of lightning Exposure Risk	تقدير خطر التعرض للصواعق	8/3	3/2-3
Lightning Strike Density	كثافة ضربات الصعق	8/3	1/3/2-3
Collection Area	المساحة الفعالة للتجميع	8/3	2/3/2-3
Risks to life	تعرض الحياة للخطر	10/3	4/2-3

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Estimation of risk level	تقدير مستوى الخطورة	10/3	5/2-3
Introduction	مقدمة	10/3	1/5/2-3
Factors affecting the risk level	العوامل المؤثرة على مستوى الخطورة	11/3	2/5/2-3
Derivation of total risk factor	حساب عامل الخطورة الكلي	13/3	3/5/2-3
Evaluation of total risk factor	تقييم عامل الخطورة الكلي	14/3	6/2-3
Lightning protection zone	نطاق الحماية من الصواعق	14/3	3-3
Introduction	مقدمة	14/3	1/3-3
Protection angle	زاوية الحماية	15/3	2/3-3
Rolling sphere method	طريقة الكرات المتدحرجة	17/3	3/3-3
System materials	المواد المستعملة في المنظومات	21/3	4-3
Introduction	المقدمة	21/3	1/4-3
Materials specifications	مواصفات المواد	21/3	2/4-3
Electrical mechanical and corrosion resistance specifications	المواصفات الكهربائية والميكانيكية ومقاومة التآكل	21/3	1/2/4-3
Material dimensions	ابعاد المواد	24/3	2/2/4-3
Lightning protection system design considerations	اعتبارات تصميم منظومات الحماية من الصواعق	28/3	5-3
Introduction	المقدمة	28/3	1/5-3
System components	اجزاء المنظومة	29/3	2/5-3
Air terminals	هوائيات او نهايات التسلم	29/3	1/2/5-3
Introduction	المقدمة	29/3	1/1/2/5-3
Horizontal air terminals	النهايات الهوائية الافقية	30/3	2/1/2/5-3

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Vertical air terminals	النهايات الهوائية العمودية	34/3	3/1/2/5-3
Conductors	الموصلات	39/3	2/2/5-3
Main lateral conductors	الموصلات العرضية الرئيسة	39/3	1/2/2/5-3
Down conductors	الموصلات النازلة	41/3	3/2/5-3
Introduction	مقدمة	41/3	1/3/2/5-3
Number and distribution of down conductors	عدد وتوزيع الموصلات النازلة	42/3	2/3/2/5-3
Routing of conductors to prevent side-flashing	ربط الموصلات لمنع التسرب الجانبي	46/3	4/2/5-3
Earthing networks	شبكات النهايات الارضية	48/3	5/2/5-3
Earth-electrodes	الاقطاب الارضية	49/3	1/5/2/5-3
Earth rods	القضبان الارضية	50/3	2/5/2/5-3
Strip electrodes	الاقطاب الشريطية	52/3	3/5/2/5-3
Common earthing	التأريض المشترك	53/3	6/2/5-3
Bonds	الروابط	54/3	7/2/5-3
Introduction	المقدمة	54/3	1/7/2/5-3
Electrical and mechanical requirements	المتطلبات الميكانيكية والكهربائية	54/3	2/7/2/5-3
Materials and applications rules	المواد وقواعد الاستعمال	54/3	3/7/3/5-3
Protection of metal structures	حماية الهياكل المعدنية	56/3	6-3
Introduction	مقدمة	56/3	1/6-3
Metal structure protection method	طرائق حماية المنشآت المعدنية	56/3	2/6-3
Introduction	مقدمة	56/3	1/2/6-3
Bonding methods	عملية الربط	56/3	2/2/6-3

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Isolation	العزل	58/3	3/2/6-3
Introduction	المقدمة	58/3	1/3/2/6-3
Estimation of clearances to prevent side-flashing	حساب المسافة الدنيا(او السماح) اللازمة لمنع التفريغ الجانبي	59/3	2/3/2/6-3
Protection of metal scaffolding and similar structures	حماية السقالات المعدنية والمنشآت المشابهة	61/3	3/6-3
Protection of buildings containing explosive or highly flammable materials	حماية الابنية الحاوية على مواد او ابخرة قابلة للاشتعال	64/3	7-3
Introduction	المقدمة	64/3	1/7-3
Protection methods	طرائق الحماية	65/3	2/7-3
Suspended air terminations method	طريقة النهايات الهوائية المعلقة	65/3	1/2/7-3
Vertical air terminations method	طريقة الموصلات العمودية	70/3	2/2/7-3
Protection of special types of building and structures	حماية الانواع الخاصة من الابنية او المنشآت	72/3	3/7-3
Introduction	مقدمة	72/3	1/3/7-3
Buried or partially buried structures	الابنية المدفونة كلياً أو جزئيا"	72/3	2/3/7-3
Metal tanks	الخزانات المعدنية	72/3	3/3/7-3
Protection of building services	حماية ملحقات وتأسيسات الابنية	74/3	4/3/7-3
Protection of aerials and structures near trees	حماية الهوائيات والابنية القريبة من الاشجار	77/3	8-3
Aerials protection	حماية الهوائيات	77/3	1/8-3
Indoor aerials	الهوائيات الداخلية	77/3	1/1/8-3
Outdoor aerials	الهوائيات الخارجية	77/3	2/1/8-3
The employment of earth electrodes	استعمال الاقطاب الارضية	77/3	3/1/8-3
Protection of building near trees	حماية الابنية القريبة عن الاشجار	78/3	2/8-3

Title	العنوان	رقم الصفحة	التسلسل
Introduction	مقدمة	78/3	1/2/8-3
Protection of trees from lightning	حماية الاشجار من الصواعق	78/3	2/2/8-3
Protection of buildings near trees	حماية الابنية القريبة من الاشجار	79/3	3/2/8-3
Inspection and maintenance	الفحص والصيانة	81/3	9-3
Introduction	مقدمة	81/3	1/9-3
System inspection methods	عملية فحص المنظومات	81/3	2/9-3
Buildings under construction and new buildings	الابنية تحت الانشاء او حديثة الانشاء	81/3	1/2/9-3
Buildings in use	الابنية تحت الاستعمال (القديمة)	82/3	2/2/9-3
Inspections schedules	جدولة الفحوص	82/3	3/9-3
Maintenance	الصيانة	33	4/9-3
Records	السجلات	84/3	5/9-3
References	المراجع	86/3	
)أAppendix(	امثلة منظومة التأريض	أ/1	الملحق (أ)
)بAppendix(	امثلة منظومات الوقاية من الصواعق	ب/1	الملحق (ب)

الباب الاول

المقدمة

1-1 توطئة

رغم الأهتمام الكبير في موضوع تأريض الأجهزة والآلات والمنظومات الكهربائية في القطاعات الأنتاجية في العراق والتي تتوفر لها تعليمات محددة وصارمة في أغلب الأحيان ، إلا ان قطاع المباني السكنية والخدمية يعاني من اهمال كبير في هذا الموضوع. إذ يلاحظ ان نسبة كبيرة جداً من المباني السكنية تخلو من منظومات تأريض مناسبة.

كنتيجة لما ورد انفا فان حوادث الصعق والحرائق التي يسببها التماس او الخلل الكهربائي في ازدياد مستمر .ان التوسع الكبير في استعمال الأجهزة الكهربائية في كافة المجالات الخدمية والسكنية والتوسع المتوقع مستقبلاً فيها يجعل من الضروري ايلاء إهتمام كبير في موضوع التأريض يتمثل بوضع اسس علمية وعملية له وربما الحاجة لأصدار التعليمات والتشريعات الضرورية لحماية الأشخاص والممتلكات من مخاطر سوء الأستعمال وعدم تأريض المنظومات الكهربائية. ويأتي جهد وزارة الأعمار والأسكان والجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية في تبني هذه المدونة كخطوة في هذا المجال .

من ناحية اخرى فالمتوقع لموضوع الوقاية من الصواعق ان يأخذ أهمية متزايدة في ضوء التطور المتوقع للبناء العمودي في العراق وتكاثر الأبنية والهياكل الشاهقة التي ستشكل نقاط جذب للصواعق مما يحتم ضرورة تزويدها بأنظمة الوقاية من الصواعق على وفق اسس علمية وعملية صحيحة .وهذا ما تتطرق اليه هذه المدونة في جزئها الثاني .

في اعداد هذه المدونة تم الأعتماد بشكل كبير جداً على المدونات البريطانية والأمريكية والأوربية باعتبارها الاكثر شمولية لهذين الموضوعين، ولأعتماد مدونات اغلب الدول بما فيها الدول المجاورة للعراق والدول المشابهة لظروفه عليها، بالأضافة لكونها متعارفا" عليها من قبل الأوساط الهندسية العراقية المتخصصة .

في اعداد هذه المدونة تم الأخذ بما يلائم ظروف العراق من المحددات والتصاميم لمنظومات التأريض والوقاية من الصواعق والمتعارف عليه من تقنيات وأنظمة في هذه المجالات، كذلك تم اعتماد الأنسيابية والتسلسل في تقديم واستعراض الفقرات والأبتعاد قدر الأمكان عن تشابك التوجيهات والتعليمات بحيث لا يضطر مستعملها الى الأنتقال بين الفصول لأستخلاص المعلومات. وتضمنت المدونة استعراضا وشرحا مركزا" للفقرات وتوضيحا" للمفاهيم الاساسية لمتطلبات منظومة التأريض والوقاية من الصواعق مع عدم الاسهاب في الخلفيات النظرية للخطوات والمحددات الواجب اتباعها في تصميم وتنفيذ المنظومات. كما تم اعتماد التسميات والمصطلحات العلمية الصحيحة باللغة العربية بدل التسميات الدارجة التي تكون غير صحيحة علميا في بعض الأحيان.

لم تتضمن المدونة المخططات والبيانات البيئية الخاصة بتوزيع مناسيب المياه الجوفية ونسب الأملاح في التربة وتوزيع تكرارية العواصف الرعدية على نطاق العراق ككل او المحافظات لعدم وجودها في الوقت الحاضر. لذا فسيكون من الضروري إضافتها للمدونة في عمليات التحديث المستقبلية لها.

ولكون المدونة تشمل موضوعين منفصلين الى حد ما فقد رتب ما يخص كل موضوع في باب منفصل مع مراعاة عدم تكرار المعلومات المشتركة بينهما وجعل المتطلبات والتعليمات الخاصة بكل من الموضوعين مستقلة تماما أحداهما عن الأخرى.

تتألف المدونة من ثلاثة أبواب، تضمن الباب الأول منها المقدمة والمجال الذي تغطيه مع التعاريف المهمة للأجزاء والمصطلحات والتسميات باللغة العربية وما يقابلها باللغة الانكليزية .والباب الثاني اختص بموضوع التأريض، اما الباب الثالث فأختص بموضوع الوقاية من الصواعق. والحق بالمدونة ملحقان للأمثلة والتطبيقات كل في احد مجالي المدونة.

1-2 مجال المدونة

هذه المدونة تغطي حقلي منظومات التأريض ومنظومات الوقاية من الصواعق وكالتالي :

1-2/1 منظومات التأريض:

هذه المدونة تقدم التوجيه والإرشاد للطرائق التي من الممكن اتباعها لتأريض الأنظمة الكهربائية لغرض تحديد جهد التيار المحمول من قبل الموصلات التي تكون احد أجزاء النظام وكذلك الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار والمتعلقة بالأجهزة والآلات المرتبطة بالمنظومة .

تتناول هذه المدونة ترتيب وربط ووصل موصلات الحماية لغرض تحقيق الأمان للتأسيسات الكهربائية.

1-2/2 منظومات الوقاية من الصواعق :

هذه المدونة تغطي متطلبات تصميم وتنفيذ منظومات الوقاية من الصواعق للأبنية الاعتيادية والأبنية الخطرة (الحاوية على مواد قابلة للاشتعال أو مواد لأبخرتها القابلية على الاشتعال).

الأبنية الأعتيادية تشمل :

1- الأبنية السكنية والثقافية والدينية.
2- الأبنية التجارية.
3- الأبنية الصناعية الأعتيادية.
4- الأبنية الزراعية.
5- الأبنية الحكومية (الإدارات والوزارات).

الحالات التالية خارج نطاق هذه المدونة

1- أنظمة الاتصال عن بعد خارج الأبنية.
2- انظمة توليد ونقل وتحويل الكهرباء خارج الأبنية.
3- انظمة سكك الحديد.
4- المركبات والسفن والطائرات والمنشآت البحرية.

3-1 التعاريف

(1)الاجزاء الموصلة الثانوية او العرضية (Extraneous-Conductive-Parts)

اجزاء موصلة لا تشكل جزءاً من التأسيسات الكهربائية ولكن لها القابلية على أظهار جهد كهربائي مساوٍ غالبا" لجهد الأرض.

(2)الاجزاء الموصلة المكشوفة (Exposed Conductive Parts)

اجزاء موصلة في جهاز والتي يمكن لمسها والتي لاتشكل جزءا" ناقلا" للتيار ولكن تنقل التيار تحت ظروف حصول عطل.

(3)الأرض (Earth)

كتلة الأرض ذات التوصيلية العالية التي يكون فيها الجهد الكهربائي مساوياً إلى الصفر.

(4)الأقطاب الأرضية المستقلة كهربائيا (Electrically Independent Electrodes)

اقطاب أرضية توضع على مسافات بحيث لا يؤثر التيار الأقصى المتوقع مروره في احدها بصورة ملحوظة على جهد باقي الأقطاب

(5)التأريض الوظيفي (Functional Earthing)

توصيل ضروري الى الارض لغرض العمل الصحيح للاجهزة الكهربائية.

(6) التسليك بموصل أرضي محيطي متحد المركز (Earth Concentric Wiring)

وهو نظام تسليك يتم خلاله الأحاطة بشكل كامل بموصل معزول واحد أو أكثر بغلاف معدني (Metallic sheth).

(7) التيار المتخلف (Residual Operating Current)

قيمة التيار اللازم لتشغيل جهاز التيار المتخلف تحت ظروف العطل.

(8) التوصيل للربط (Bonding)

توصيلة كهربائية بين جزءٍ موصل كهربائيا وجزءٍ من منظومة الوقاية من الصواعق واجبها خفض فرق الجهد الذي تسببه تيارات الصعق بصورة كبيرة.

(9) الجزء الحامل للتيار(Live Part)

موصل او جزء موصل مخصص لحمل التيار في الاستعمال العادي.

(10) الجهد الارضي (Ground Potential)

الجهد الكهربائي بالنسبة لكتلة الارض والذي يحدث على او تحت سطح الارض حول قطب ارضي عند مرور تيار من القطب الى الارض.

(11) الجهد الاسمي (Nominal Voltage)

الجهد المخصص لآلة او جزءٍ من آلة حيث ان الجهد الكهربائي الحقيقي لآلة ما قد يختلف عن الجهد الاسمي بمقدار يقع ضمن الحدود المقبولة.

(12) الدائرة النهائية (Final Circuit)

دائرة مربوطة بصورة مباشرة الى جهاز مستعمل لتيار كهربائي او الى مأخذ كهرباء او نقاط تغذية اخرى لربط اجهزة .

(13)الرابط (Bond)

موصل عمله توفير توصيل كهربائي بين منظومة الوقاية من الصواعق والاجزاء المعدنية الاخرى وبين مكونات الأجزاء المعدنية.

(14)الربط متساوي الجهد (Equipotential Bonding)

رابط كهربائي يحافظ على جهد متساو للاجزاء الموصلة غير المغطاة والاجزاء الخارجية.

(15)الشبكة الأرضية (Earth Grid)

قطب ارضي على شكل مجموعتين من الموصلات الأفقية المدفونة في مساحة مستطيلة مشتركة .كل مجموعة مكونة من موصلات متوازية وتوضع المجموعتان بشكل تتعامد فيه الموصلات تقريباً وتربط موصلات المجموعتين في تقاطعاتها

(16) الشوط العائد (Return Stroke)

جزءٌ من ومضة الصعق يتم خلال تفريغ خلية من سحابة عاصفة الى الارض.

(17) العزل (Isolation)

تموضع معدن في اعلى بناية او هيكل بالنسبة الى منظومة وقاية من الصواعق بحيث لايحمل المعدن اي جزءٍ من تيار الصعق.

(18)العزل الاضافي (Supplementary Insulation)

عزل مستقل يضاف الى العزل الاساسي لتوفير حماية ضد الصعق الكهربائي في حالة فشل العزل الاساسي

(19)العزل المدعم (Reinforced Insulation)

عزل مفرد للاجزاء الحاملة للتيار والذي يحقق درجة من الحماية ضد الصعق الكهربائي. ولايعني العزل المفرد ان العازل يتكون من قطعة متجانسة واحدة بل ربما يتكون من عدة طبقات.

(20)العطل (Fault)

حالة دائرة كهربائية يمر فيها التيار خلال مسار غير مقصود او غير مخصص لنقل التيار.

(21) الفولاذ المكسو بالنحاس (Copper Clad Steel)

فولاذ مغطى بطبقة من النحاس الموصل معه.

(22) القطب الارضي (Earth Electrode)

جزءٌ موصل او مجموعة من الأجزاء الموصلة في تماس كهربائي تام مع الأرض تستعمل لإيصال تيار الصعق او الخلل الى الأرض

(23) القطب الارضي المرجعي (Reference Earth Electrode)

قطب ارضي قابل للعزل الكلي عن شبكة النهايات الارضية يستعمل في الفحص الدوري.

(24) المحاثية الانتقالية (Transfer Inductance)

خاصية لدائرة يتولد فيها جهد في حلقة بسبب وجود تيار متغير في دائرة اخرى وقسم من هذا التيار يمر في الحلقة.

(25) المحاثية التبادلية (المشتركة) (Mutual Inductance)

خاصية لدائرة يتولد فيها جهد في حلقة بسبب وجود تيار متغير في موصل منفصل.

(26) المحاثية الذاتية (Self Inductance)

خاصية لسلك او دائرة التي تسبب تولد جهد مرتد عندما يمر تيار متغير خلالها.

(27) الموصل الافقي الرئيس (Main Horizontal Conductor)

موصل يستعمل كنهاية هوائية افقية او يربط بين النهايات الهوائية الافقية او العمودية.

(28) الموصل المحايد (Neutral Conductor)

موصل يربط نقطة المحايد لأي نظام مع نظام نقل الطاقة الكهربائية ويعني المصطلح ايضا" الموصل المكافئ لأنظمة ITأو DC.

(29) الموصل المشترك (PEN Conductor)

موصل يجمع بين وظيفة موصل حماية وموصل محايد.

(30)الموصل النازل (Down Conductor)

موصل يستعمل لحمل تيارات الصعق بين النهايات الهوائية والنهايات الارضية.

(31) ادوات الفتح (Switchgear)

مجموعة من الادوات الرئيسة او الثانوية تستعمل لتشغيل و تنظيم و حماية و السيطرة على جهاز كهربائي.

(32) انحدار الجهد (Potential Gradient)

فرق الجهد في وحدة طول مقيسه في نقطة بالاتجاه الذي يكون فيه بأقصى قيمة.

(33) تيار التسرب الى الارض(Earth Leakage Current)

وهو التيار الذي يسري الى الأرض أو الى الأجزاء الموصلة الخارجية للآلات في دائرة كهربائية يفترض ان تكون محكمة العزل وقد يحتوي هذا التيار على مركبة سعوية من ضمنها تلك الناتجة من أستعمال متسعات متوازية.

(34) تيار العطل الأرضي (Earth Fault Current)

تيار العطل المتسرب الى الأرض.

(35) جهاز التيار المتخلف (Residual Current Device)

جهاز فتح ميكانيكي او فتح مجموعة اجهزة مترابطة يستعمل لفتح نقاط التماس عندما يصل التيار المتخلف الى قيمة معينة تحت ظروف محددة.

(36) شبكة النهايات الارضية (Earth Termination Network)

جزءٌ من منظومة الوقاية من الصواعق الغرض منها تسريب تيارات الصعق الى كتلة الارض.

(37) شوط الصعق (Lightning Stroke)

واحدة من نبضات التيار المحددة لومضة الصعق.

(38) ضربة الصعق (Lightning Strike)

نبضة الكهرباء عندما تمس بناء او هيكلا".

(39) عازل مزدوج (Double Insulation)

عازل يتكون من عازل اساسي وعازل أضافي

(40) قطب حلقي أرضي (Ring Earth Electrode)

قطب ارضي على شكل حلقة مغلقة يمتد حول البناية او المنشأة ويكون إما تحت او على سطح الارض او خلال او تحت أسس البناء.

(41) مساحة المقاومة للاقطاب (Electrodes Resistance Area)

المساحة السطحية للارض (او حول الاقطاب) التي يتواجد فيها انحدار جهد ملحوظ.

(42) ممانعة دائرة العطل الأرضي الحلقية (Earth Fault Loop Impedance)

وهي الممانعة الحلقية التي تظهر امام تيار العطل وتبدأ وتنتهي في نقطة العطل وهذه الممانعة يرمز لها بالرمز (Zs)وتشمل ما يلي:

- ممانعة موصل حماية الدائرة.
- ممانعة نهايات موصلات وأطراف الأرضي للمستهلك.
- ممانعة خط الرجوع المعدني لأنظمة TNأو TT,IT.
- ممانعة المسار الذي يمر خلال نقطة المحايد المؤرضة للمحولات وملفاتها.
- ممانعة المسار خلال الموصل الذي يربط أطوار المحولة وصولا" الى نقطة العطل.

(43) منظومة الوقاية من الصواعق (Lightning Protection System)

نظام كامل من الموصلات يستعمل لحماية بناية او هيكل من تأثيرات الصعق.

(44) موصل الربط (Bonding Conductor)

موصل يستعمل لتساوي الجهد بين اجسام معدنية مؤرضة ومنظومة وقاية من الصواعق.

(45) موصل حلقي (Loop Conductor)

موصل يحيط بمنشأة ويكون مستعملا" لغرض توصيل النهايات الارضية والموصلات الرئيسة او اجزاء اخرى مؤرضة.

(46) موصل حماية (Protective Conductor)

موصلات تستعمل لمستويات حماية ضد الصعق الكهربائي وتقوم بربط اي من الحالات التالية:

أ- الجهد المنخفض جداً الذي لايتجاوز في العادة 50 فولت (تيار متناوب) او 120فولت (تيار مستمر خالٍ من التموجات) سواء بين الموصلات او الى الارض.

ب-الجهد المنخفض الأعلى من السابق ولايتجاوز 1000 فولت (تيار متناوب) او 1500 فولت (تيار مستمر) بين الموصلات او 600 فولت (تيار متناوب) او 900 فولت (تيار مستمر) بين الموصلات والارض.

ت–جهد عال يتجاوز 1000 فولت (تيار متناوب) او 1500 فولت (تيار مستمر) بين الموصلات او يتجاوز 600 فولت (تيار متناوب) او 900 فولت (تيار مستمر) بين الموصلات والارض.

(47) موصل تأريض (Earthing Conductor)

موصل حماية يربط النهاية الأرضية مع القطب الأرضي او وسيلة اخرى للتأريض.

(48) نطاق الحماية (Zone of Protection)

الحيز الذي ضمنه يهيء موصل صعق حماية ضد ضربة صعق مباشرة بتحويل الضربة الى جسم الموصل.

(49) نظام التأريض (Earthing System)

قطب ارضي او اكثر مع موصلات تأريض قابل للربط مع نهاية تأريض رئيسة

(50) نهاية التأريض الرئيسة (Main Earthing Terminal)

نهاية طرف او قضيب ترتبط معه نهايات موصلات الحماية من ضمنها موصلات الربط متساوية الجهد وموصلات الأرضي الفعالية من جهة والأرضي الرئيس من جهة أخرى.

(51) وصلة (Joint)

توصيلة ميكانيكية او كهربائية بين جزأين او اكثر من منظومة الوقاية من الصواعق.

(52) وصلة فحص (Test Joint)

وصلة مصممة لغرض وفي موضع يسمح بقياس المقاومة او الاستمرارية الكهربائية.

(53) ومضة الصعق (Lightning Flash)

عملية التفريغ الكهربائي بين سحابة والارض تحوي على نبضة او نبضات بسعة عدة آلاف من الامبيرات.

الباب الثاني

منظومة التأريض

2-1 انظمة التأريض

2-1/1 المقدمة

يكون النظام الكهربائي مؤرضا بشكل صحيح اذا تمكنت آلات الحماية من ازالة الاخطار المصاحبة للاعطال الكهربائية والتي تؤثر في الاجزاء المعدنية الموصلة بصورة مستمرة لخط المنظومة المحايد.

إن اغلفة القابلوات المعدنية المطمورة المؤرضة و الموصل المحايد لانظمة Protective Multiple Earthing (PME) وسلك التأريض في خطوط نقل القدرة كلها قد تهيء مساراً واطئ المقاومة في مكان العطل الى محايد المنظومة.

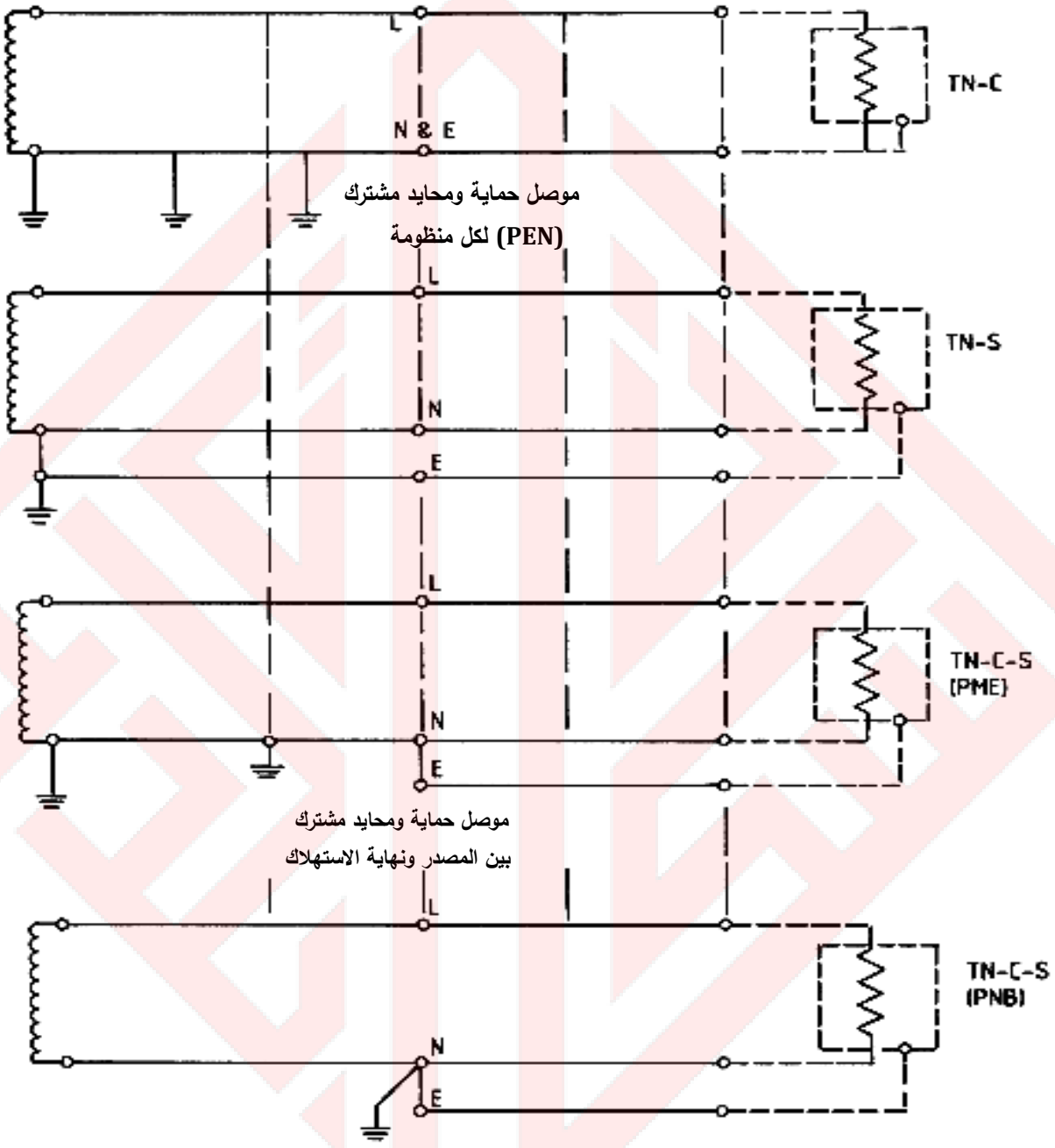
كذلك مع بعض الخطوط الرئيسة وبسبب المقاومية العالية للارض فقد لايكون من الممكن اقتصاديا الحصول على مسار عطل بمقاومة منخفضة وكنتيجة تكون عملية الحماية من التيارات العالية قد تعثرت او انتهت كلياً. ولاغراض هذه المدونة فمن المناسب ان تعتبر المنظومة مكونة من مصدر للطاقة ومجموعة الاجهزة والآلات. وتعد الموصلات التي تربط أجزاء المنظومة ضمن مصدر الطاقة. وفي اغلب الحالات يكون مصدر الطاقة ضمن مسؤولية مجهز الكهرباء في حين تكون الاجهزة والآلات من مسؤولية المستهلك. وحتى في التطبيقات الصناعية حيث يكون مصدر الطاقة مملوكاً ومسيطراً عليه من قبل المستهلك فمن المناسب اعتبار مصدر الطاقة منفصل عن الدوائر الكهربائية المستعملة في الاجهزة والآلات في المنظومة .

2-1/2 تصنيف الانظمة واطئة فرق الجهد

إن الانظمة العالمية لتصنيف منظومات التأريض واطئة الجهد هي كالتالي:

أ. نظام Terre-Neutral (TN)

لهذا النظام نقطة او اكثر لتجهيز الطاقة مؤرضة بصورة مباشرة ، في حين أن الاجزاء الخارجية والمكشوفة الموصلة من المنظومة تكون متصلة بواسطة موصل محمي فقط بنقطة او نقاط التأريض للمصدر. اي ان هناك مسار معدني يسمح بسريان تيار الاعطال من الاجهزة والآلات الى نقطة او نقاط تأريض المصدر وكما موضح في الشكل (2-1/1).



الشكل 2-1/1: أنظمة التأريض من النوع TN [1]

انظمة (TN) تقسم بدورها الى:

1- انظمة (TN-C) Terre-Neutral-Combined

حيث توحد مهام الحماية والمحايد في موصل واحد مشترك(PEN) خلال المنظومة.إن كلاً من التسليك المركزي المؤرض ونظم تسليك الاغلفة المؤرضة المعادة (ESRW) هي امثلة لهذا النظام.

2- انظمة (TN-S) Terre-Neutral-Separate

هنا تكون موصلات المحايد وموصلات الحماية منفصلة في جميع مكونات المنظومة. كذلك عندما يكون المسار المعدني بين مصدر الطاقة والاجهزة والآلات هو بين الغلاف والتدريع للمجهز فيعتبر هذا نظام TN-S .

3- انظمة (TN-C-S) Terre-Neutral-Combined-Separate

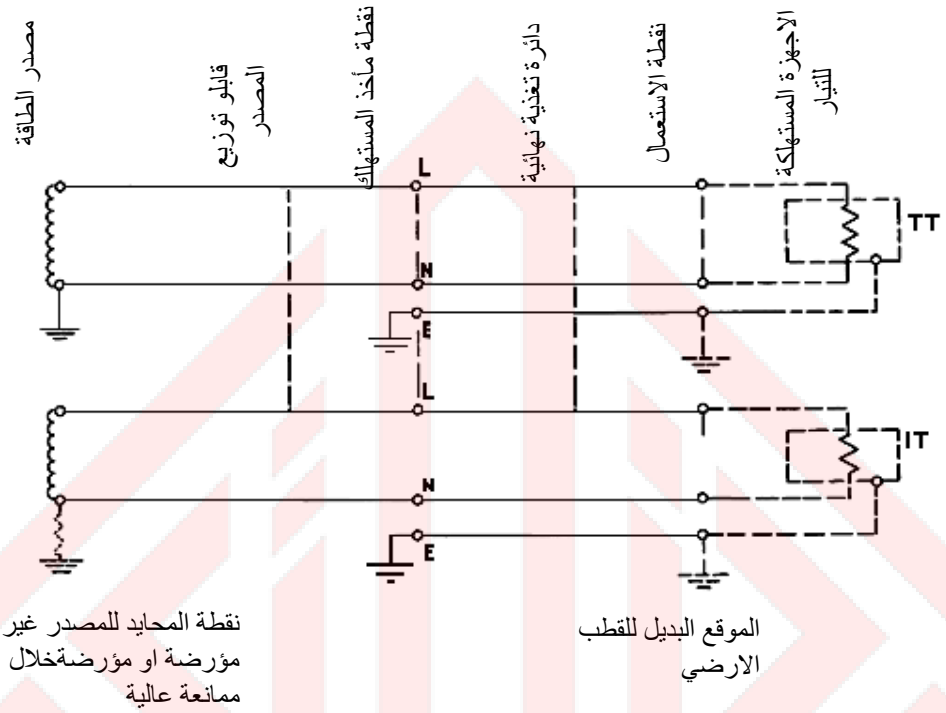
هنا تكون مهام المحايد والحماية موحدة في موصل واحد ولكن في جزء من المنظومة. ونظام التوزيع المسمى نظام الحماية متعدد التأريض هوضمن انظمة TN-C-S حيث يكون نظام المصدر TN-C في حين يكون نظام الاجهزة والآلات TN-S. كذلك فان نظام المحايد المحمي المترابط (PNB) هو احد انواع TN-C-S ويكون حاوياً على نقطة تأريض مفردة .

ب. نظام (TT) Terre-Terre

في هذا النظام يتم تأريض مصدر الطاقة بصورة مباشرة في حين ترتبط اجزاء المنظومة الخارجية والمكشوفة بقطب او اقطاب تأريض محلية والتي تكون مستقلة عن مؤرض او مؤرضات مصدر الطاقة.

ج. نظام (IT) Isolation-Terre

في هذا النظام يكون مصدر الطاقة اما غير مؤرض او مؤرضاً من خلال ممانعة عالية في حين تكون اجزاء المنظومة المكشوفة والموصلة مربوطة الى قطب تأريض مستقل كهربائيا وكما مبين في الشكل(2-2/1). هذا النظام لايستعمل في شبكات التجهيز للابنية العامة. وفي بعض الحالات العملية فقد يستعمل اكثر من نظام من الأنظمة المذكورة آنفاً في منظومة معينة. وكمثال فقد يستعمل نظام TN في جزء حيث تتطلب دائرة او دوائر كهربائية معينة حماية بواسطة جهاز التيار المتخلف. واذا كانت الاجزاء الموصلة المكشوفة من هذه الدائرة او الدوائر موصولة الى قطب تأريض مستقل فيعامل هذا الجزء من المنظومة كنظام (TT). الغالبية العظمى من منظومات الاجهزة والآلات تكون جزءاً من منظومات TN-S وTN-C-S وTT ويجب الانتباه لتعليمات مجهزي التيار الكهربائي بهذا الخصوص. عند الحاجة الى تأريض منظومة أجهزة وآلات ذات تسليك مركزي لابد من أستعمال نظام TN-C.



الشكل 2 -2/1 : نظاما التأريض من النوع(IT) و (TT) [1]

مفتاح الرموز المستعملة في الشكل

T = اطر مكشوفة ومؤرضة بصورة مباشرة

T= اتصال مباشر لمحايد المحول مع الارض

N= الاطر مربوطة بنقطة التجهيز المؤرضة اما بموصل حماية ارضية منفصل (S) او بصورة مشتركة مع المحايد (C)

I = المحايد غير مؤرض او مؤرض خلال ممانعة

إن النظام الشائع للتأريض في العراق هونظام (TT) حيث تتصل نقطة المحايد في المحولات بصورة مباشرة مع الاقطاب الارضية وتتصل الاجزاء الموصلة المكشوفة من الاجهزة والآلات بقطب ارضي مستقل كهربائياً. وتجدر الاشارة الى ان تأريض محايد المحولات الكهربائية يقع ضمن اختصاص وتعليمات وزارة الكهرباء.

2-1/3 تأريض الاجهزةالكهربائية

إن وجوب تأريض الاجهزة الكهربائية هو لضمان اداء فعال لاجزاء الحماية في حالة حدوث خلل في التيارات المتسربة التي قد تؤدي في خلاف ذلك الى حدوث تلف في الممتلكات, وكذلك للحماية من الخطر على الحياة الذي ينتج من حصول فرق جهد عالٍ بين الاجزاء المعدنية للاجهزة والآلات والارض. وعلى الطريقة المستعملة في ربط هذه الاجزاء المعدنية بالارض ان تتوافق مع نوع الاجهزة والآلات ونوع نظام تجهيزها بالكهرباء ، كذلك يجب تعيين متطلبات ربط الاجزاء المعدنية من الاجهزة الكهربائية التي ليست مجهزة او حاملة للتيار بقطب تأريض.

2-1/4 حماية الانظمة والاجهزة

واحد من اوائل مهمات التأريض هو تهيئة قابلية فصل مصدر الطاقة عن المنظومة او الاجهزة لمنع تأثير التيار الزائد المتولد نتيجة خلل ارضي والاداة المؤدية لهذا الغرض تعرف بحامية الاجهزة.

2-1/5 الحماية الكهربائية للانظمة

يعتبر هذاالموضوع ذا خصوصية بالغة وبالتحديد لحالة منظومات الجهد العالي (HV) ويمكن الرجوع الى IEC 2SS-20-1984 او BS 142 للحصول على تفاصيل هذا الموضوع.

2-1/6 حماية الاجهزة – اختيار المكونات

يعتمد اختيار آلات الحماية للفصل الذاتي للتيار الكهربائي على مواصفات وخواص نظام التجهيز الكهربائي وعلى دائرة توزيع الكهرباء بالاضافة للجهاز المطلوب حمايته.

إن اختيار اجهزة الفصل الكهربائية تلقائية التشغيل عند حدوث عطب هو خارج نطاق هذه المدونة ويمكن الحصول على المعلومات ذات الصلة من المدونات الخاصة بها مثل المدونة البريطانية (BS 88) والخاصة بالفواصل لفرق جهد لحد 1000 فولت (AC) و 1500 فولت (DC) والمدونة البريطانية (BS 842) الخاصة بمواصفات قواطع الدورة المختصة بالتسرب الارضي والعاملة بموجب فرق الجهد (AC) .

2-2 العوامل المؤثرة على التأريض الفعال

عملية التأريض هي ربط او توصيل اجزاء معدنية بكتلة الارض. إن جريان تيار العطل الارضي يعتمد على المقاومة الكلية لمنظومة التأريض، التي تعتمد على :

ا-حجم وطول موصل التأريض .

ب-التوصيلات التي تشكل جزءاً من منظومة التأريض .

ج-مقاومة التربة من سطح القطب الى الخارج في الترتيب الهندسي لجريان التيار الكهربائي من القطب الى الارض غير المحددة.

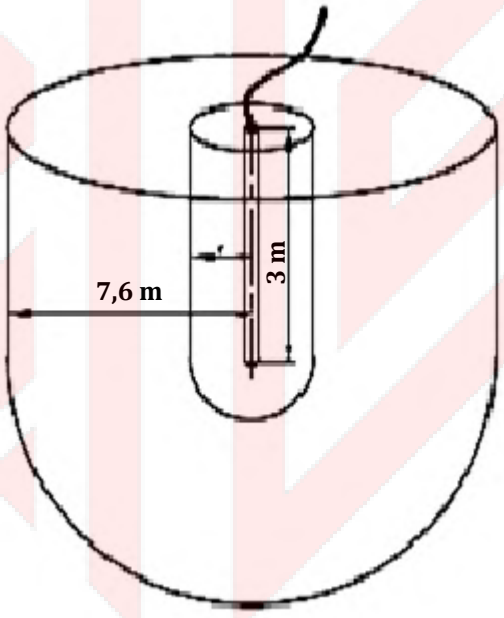
د–مقاومة شبكة التجهيز بما فيها تأريض المحولة.

كلما كانت مقاومة دائرة التأريض اقل ازداد مقدار تيار الحماية و لأصبحت تجهيزات الحماية اسرع في العمل وبذا ستقل خطورة الصعق الكهربائي أو الحريق.

من بين العوامل المذكورة آنفاً تشكل مقاومة التربة العامل الاكثر فعالية حول القطب الارضي .

تتكون مقاومة التربة من مجموع مقاومات متعاقبة لاغلفة من الارض تقع بالتتابع الى الخارج من القضيب الذي يشكل قطب التأريض. الغلاف الاقرب الى القضيب له مساحة المحيط الاصغر ومساحة المقطع الاصغر لذلك تكون لهذا الغلاف المقاومة الاكبر.أما الاغلفة التي تعقبه فتكون لها مساحات اكبر بالتتابع ولهذا لها مقاومة اصغر بالتتابع. ان التغير في قيمة مقاومة التربة المحيطة بقضيب التأريض نسبة الى طول نصف القطر محسوبا من مركز قضيب التأريض ليس ثابتاً، حيث وجد ان التغير ينخفض كلما ازدادت المسافة عن مركز قضيب التأريض وصولا بشكل تقريبي الى مسافة تبقى قيمة مقاومة التربة ثابتة بغض النظر عن البعد عن مركز قضيب التأريض[2].

لتوضيح ما ورد تفصيله آنفاً، يلاحظ الشكل (2–1/2) الذي يوضح قطباً ارضياً نموذجياً بابعاد 3م طولاً و 16 ملم قطراً مثبت في الارض. مسار التيار الارضي الى الخارج من سطح القضيب يتكون من اغلفة اسطوانية ونصف كروية متتابعة وكلما زادت المسافة من القضيب زادت مساحة الاغلفة وبزيادة هذه المساحة تقل مقاومة هذه الاغلفة بتناسب عكسي.



الشكل 2–1/2: يمثل تكون مقاومة قضيب التأريض [2]

يبين الجدول(2–1/2) حسابات هذه الحالة استنادا الى اعتبار مسافة 7.6 م ممثلة لكامل المقاومة الارضية . إذ يتضح منه ان خلال أول 0.03 م الى الخارج من سطح القضيب تولدت 25% من المقاومة الكلية، في حين كانت النسبة 52% على بعد 0.15 م و 68% على بعد 0.3 م لهذا تكون السنتمترات

الاولى بعيدا عن سطح القضيب هي الأهم في تحديد مقاومة التربة ويشكل تخفيض هذه المقاومة في التربة عالية المقاومة عاملاً مهماً في تصميم منظومات التأريض. يتم هذا التخفيض اما بالمعاملة الكيميائية او باستعمال الخرسانة حيث سيؤدي هذا الى تحسين فعالية نظام الأقطاب الأرضية.

الجدول 2-1/2: المقاومة الأرضية على مسافة نصف قطر r متر من مركز قضيب تأريض طوله 3 متر و قطره 16 ملم (حيث تم افتراض أن المقاومة الأرضية على مسافة r=7.6 متر من مركز قضيب التأريض تساوي (100%) [2]

المسافة من سطح القضيب m (r)	النسبة المئوية التقريبية من المقاومة الكلية
0.03	25
0.06	38
0.09	46
0.15	52
0.3	68
1.5	86
3.0	94
4.6	97
6.1	99
7.6	100
30.5	(104)
305.0	(117)

* تبين هذه الارقام ان معظم المقاومة التي تبديها الارض تحدث ضمن مسافة لا تتجاوز 7.6 متر من موقع قضيب التأريض لاغلب الاستعمالات العملية

مكونات التربة تحدد الى درجة كبيرة مقاوميتها والتي هي ذات طبيعة الكتروليتية ، ولهذا تتاثر بالمحتوى الرطوبي للتربة والتركيب الكيميائي وتركيز الاملاح المذابة في المياه البينية في التربة. كذلك حجم حبيبات التربة وتوزيعها ومقدار الرص هي عوامل مساهمة في تحديد مقاومية التربة طالما انها تحدد الطريقة التي تحتفظ بها التربة بالماء.

إن الكثير من هذه العوامل يتغير موقعيا وبعضها يتغير فصليا . ان ترتيب طبقات الارض يجب ان يؤخذ بالاعتبار عندما يتم اختيار نوع وعمق القطب الأرضي. كذلك يجب ملاحظة ان لدرجات الحرارة بعض التأثير, وهذا يتحدد بدرجات حرارة التجمد او الدرجات الاوطأ حيث تستدعي هذه الدرجات الواطئة ان تنصب الاقطاب الارضية الى عمق لايصل اليه الصقيع, ولهذا يعتبر العمق لحد 1م غير فعال تحت ظروف الصقيع.

عندما لايمكن تغيير المواصفات الاساسية للتربة في منطقة معينة يمكن حينئذٍ الاستفادة من ظروف منطقة محددة في اختيار مواقع لاقطاب مع الاستفادة من طرائق تحضير الموقع للحصول على المقاومية الافضل.

يفضل اختيار المواقع التي ليس لها قابلية تصريف ماء عالية او المواقع غير المجففة كما ان المواقع العائقة لتسرب الماء لاتكون ضرورية الا في حالة التربة الرملية او التربة الحاوية على الحصى, حيث انه وبصورة عامة لاتنتج فائدة من زيادة المحتوى الرطوبي للتربة اعلى من 15%الى 20%. كما يجب اخذ الاحتياطات لتجنب اختيار مواقع يجري الماء عليها مثل قاع مجرى المياه, حيث ربما تتلاشى الفائدة من الرطوبة بتاثير ازالة الاملاح المفيدة من التربة في مثل هذه المواقع.

عندما تكون هناك اعمال بناء او تكون هناك عمليات حفر واعادة طمر او اعادة طمر بمواد خارجية فالتغيير الحاصل قد يغير ظروف ومواصفات تربة الموقع. في هذه الحالات قد يكون من الضروري استعمال عمق اكبر للاقطاب للوصول الى طبقات لها مقاومية مقبولة وكذلك للوصول الى ارض مستقرة بحيث تحافظ قيمة مقاومية التربة على استقرارها عندما تجف الطبقات العليا من التربة. معالجة التربة او تغييرها لتحسين مقاومة تماس القطب الارضي ممكن استعمالها في المواقع الخاصة او الصعبة. وحيث ان عملية غسل التربة المعاملة كيميائياً قد تؤدي الى انتقال المواد الكيميائية المضافة عبر الوقت مع تدنٍ مستمر في فعالية عملية تقليل مقاومتها، لذلك يستوجب قياس وتعويض المواد المضافة بصورة مستمرة. كذلك يجب الاخذ بالاعتبار التأثيرات البيئية قبل مباشرة معالجتها كيميائياً, كما يجب الاخذ بالاعتبار اي تاثير مؤذٍ لهذه المواد على مادة الاقطاب.

رغم هذا ففي بعض الإنشاءات الكهربائية المؤقتة في الاراضي ذات المقاومة العالية قد تكون هذه الطريقة الافضل اقتصاديا للحصول على مقاومة مرضية لفترة قصيرة. اما اذا كانت فترة استعمال الاقطاب طويلة فيكون من المفضل استبدال التربة المحيطةحول الاقطاب بمادة ذات مقاومية واطئة مثل:

أ- مادة ذات قوام طيني.

ب- الخرسانة.

ج- سمنت او خرسانة موصلة مصنوعة من ركام كاربوني بدل الركام الاعتيادي او الرمل.

إن هذه المعاملة ممكن استعمالها في الاراضي الصخرية او عندما تثقب حفر في اراضٍ صخرية مغطاة بطبقة خفيفة من التربة ذات المقاومة الواطئة او عند استعمال اقطاب ارضية شريطية تحت هذه الطبقة الرقيقة حيث تعطي هذه المعاملة مقاومة تماس واطئة بالنسبة لكتلة الارض.

2-3 الأقطاب الأرضية

2-3/1 مقدمة

يجب أن يقوم القطب الأرضي المناسب بتسريب أقصى تيار منساب خلاله الى التربة بدون ان يسبب خطراً على الحياة قد يتسبب عن فروق الجهد العالية أو تدرج الجهد أو الاجهادات الحرارية أو الميكانيكية .

2-3/2 تأثير الشكل على مقاومة الأقطاب.

على مصمم منظومة التأريض التركيز على تحقيق قيمة الممانعة المطلوبة والتي يمثل جزءاً رئيساً منها ترتيب واتجاه الأقطاب الأرضية .

ففي الأقطاب المفردة فان الجزء الأعظم من هبوط الجهد يحدث في حيز التربة الواقع ضمن حدود حوالي المتر من سطح القطب حيث تكون كثافة التيار هي الأعلى.

وللحصول على مقاومة كلية واطئة فان كثافة التيار يجب ان تكون منخفضة قدر الإمكان في المنطقة المحيطة بالقطب الذي يجب ان يصمم بحيث تنخفض كثافة التيار بشدة مع بعد المسافة عن القطب. ويمكن تحقيق ذلك بجعل الأبعاد في احد الاتجاهات كبيرة بالنسبة الى الأبعاد الأخرى. ولهذا تكون للأنابيب والقضبان والأشرطة مقاومات اوطأ بكثير من الألواح المساوية لها بالمساحة السطحية. وتجدر الإشارة هنا الى ان المقاومة في الأقطاب لاتتناسب عكسيا مع المساحة السطحية للقطب.

2-3/3 مقاومة الأنواع الشائعة من الأقطاب الأرضية

2-3/3/1 الألواح

تعتبر القابلية الكبيرة للألواح لاستيعاب التيار الميزة الرئيسة لها، ولكن هذه الميزة تقابلها غالبا مقاومة تشتت عالية وبصورة خاصة في التربة والأوساط (الأرض) عالية المقاومية. ويمكن حساب مقاومة الأرض التقريبية للألواح (R) مقيسة بالاوم (Ω) من المعادلة التالية[3]:

$$R = \frac{\rho}{4}\sqrt{\left(\frac{\pi}{A}\right)} \qquad (2-3/1)$$

حيث تمثل (ρ) مقاومية التربة بالاوم.متر(Ω .m) و(A) هي مساحة وجه واحد من اللوح مقيسة بالامتار المربعة (m^2) وفي هذه المعادلة يجب مراعاة مايلي:-

1. قيمة مقاومية التربة (ρ) تتغير مع الظروف المناخية لذلك تكون قيمتها تقريبية وتقرب الى اقرب رقم صحيح.
2. اذا كانت الحسابات تعتمد التخمينات باستعمال القيم المبينة في الجدول (2-3/1) فيجب استعمال اقصى قيم (ρ) لنوع التربة المعنية والواردة في الجدول (2-3/1) او يتم قياس(ρ) موقعيا وكما سيرد في الفصل السادس.

3. في حالة استعمال لوح منفرد وظهر ان المقاومة الأرضية الناتجة ذات قيمة عالية نسبيا(أعلى من القيمة المطلوبة عند تصميم منظومة التأريض) فيجب استعمال لوحين أو أكثر ينصبان بالتوازي وفي هذه الحالة فان المقاومة الأرضية المكافئة تتناسب بصورة عكسية مع عدد الألواح المستعملة على شرط ان يتم نصب كل لوح خارج حدود مساحة المقاومة الأرضية الخاصة باللوح المجاور وهذا يتطلب نظريا الفصل بين الألواح بمسافة 10 م. أما بالنسبة لاحجام الألواح الأرضية شائعة الاستعمال فان المسافة الفاصلة بين الالواح عادة ما تكون 2 م وهذه المسافة كافية لضمان ان المقاومة الكلية لاتتجاوز أكثر من 20% من المقاومة الكلية المحسوبة على وفق المعادلة السابقة. ومع هذه المسافة (2م) فقد وجد ان استعمال لوحين للتأريض يتم نصبهما بالتوازي وكل منهما بمساحة سطحية معينة أفضل اقتصاديا من استعمال لوح مفرد بمساحة سطحية مضاعفة، علما ان أبعاد ألواح التأريض شائعة الاستعمال عالميا لاتتجاوز 1.2م ×1.2م.

4. التوصيلات لألواح الأقطاب النحاسية يجب ان تكون باستعمال موصلات نحاسية سواء كانت ملحومة او مدسرة او موصلة باي طريقة أخرى وبدون استعمال المواد القابلة للتاكسد ويجب حماية هذه الوصلات باستعمال طبقة كثيفة من القير او المواد المشابهة.

5. التوصيلات بين اللوح الأرضي ومفتاح الفصل يجب ان تكون معزولة ولتقليل الفعل الالكتروليتي يجب وضع الألواح بصورة عمودية وعلى عمق يؤمن ان تكون الارض المحيطة باللوح بحالة رطبة دائما.

ويكون ارتفاع الأرض فوق الحافة العليا للوح 0.6 م على الأقل باستثناء عندما تكون الأرض صلدة (صخرية أو جيرية) قرب السطح فيجب أن تكون الحافة العليا للوح بنفس مستوى السطح العلوي لهذه الطبقة.

يجب إزالة كمية مناسبة من الطبقة الصلدة في مكان وضع لوح القطب كما يدفن اللوح باستعمال تربة ناعمة للحصول على مقاومة منخفضة مناسبة.

6. مقاومة الأرض (R) محسوبة بالاوم للوح بقياس 1.2م ×1.2م من الممكن أن تحسب من العلاقة التقريبية التالية[2]:

$$R = \frac{\rho}{4} \qquad (2/3\text{-}2)$$

حيث تمثل(ρ)مقاومية التربة (على افتراض أنها منتظمة) وتقاس بالاوم.متر(Ω .m)

7. للأحجام المعتادة للألواح تتناسب المقاومة بصورة تقريبية عكسيا مع أبعاد اللوح وليس مع مساحتها السطحية. مثلا لوح بأبعاد0.9م ×0.9م له مقاومة اكبر من لوح بقياس 1.2م ×1.2م بمقدار 25% تقريبا[1].

الجدول 2-1/3: نماذج لقيم مقاومية التربة (اوم.متر) (Ω .m) [1]

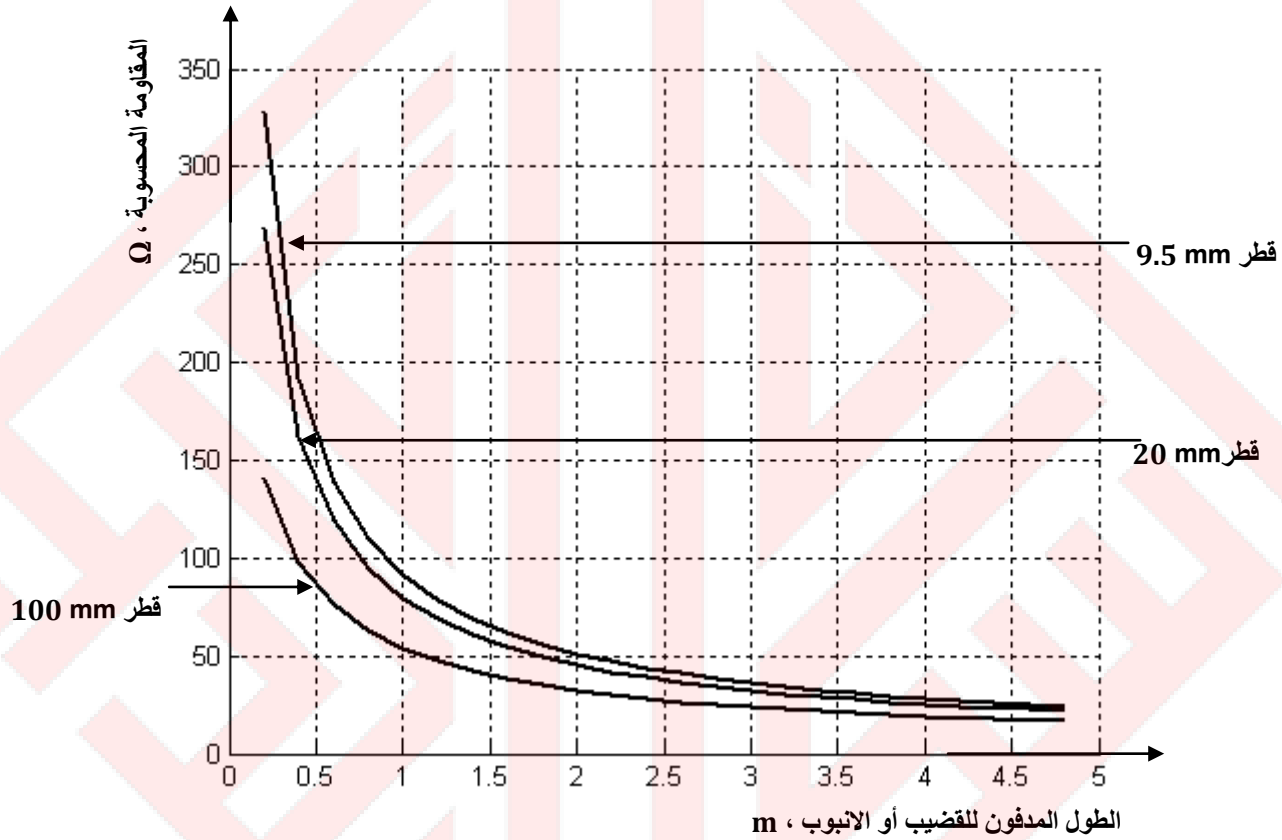
نوع التربة	الشروط الجوية			
	أمطار اعتيادية وعالية (اكبر من 500 ملم في السنة)		أمطار قليلة مع مناخ صحراوي (اكبر من 250 ملم في السنة)	مياه مالحة جوفية
	القيم المحتملة	حدود القيم المقاسة	حدود القيم المقاسة	حدود القيم المقاسة
التربة الغرينية	5	*	*	1-5
التربة الطينية	10	5-20	10-100	1-5
التربة الجيرية	20	10-30	50-300	-
الحجر الجيري النفاذ	50	30-100	-	-
التربة الرملية	100	30-300	-	-
التربة الكوارتيزية والتربة الحجرية البلورية	300	100-1000	-	-
التربة الصخرية	1000	300-3000	1000 فما فوق	30-100
حجر كرانيت	1000	-	-	-
الصخور الصفائحية والنارية	2000	1000 فما فوق	-	-
* تعتمد على نسبة الماء موقعيا				

2-3/3/2 القضبان والأنابيب

يوضح الحقل الأفقي الثاني من الجدول (2-2/3) معادلة حساب المقاومة الأرضية للقضبان والأنابيب (R) المنفردة مقاسة بالاوم(Ω) [2]. وبحسب هذه المعادلة تم رسم المنحنيات المبينة في الشكل (2-1/3) والتي

هي لأقطاب بأقطار 9.5 ملم و 20 ملم و100 ملم في تربة بمقاومية مقدارها 100 Ω .m. يلاحظ ان تغيير القطر له تأثير ثانوي على المقاومة لذلك فان أقطار الأنابيب تحددها الاعتبارات الميكانيكية (من مقاومة انحناء ومقاومة تشقق)عند اختيارها .

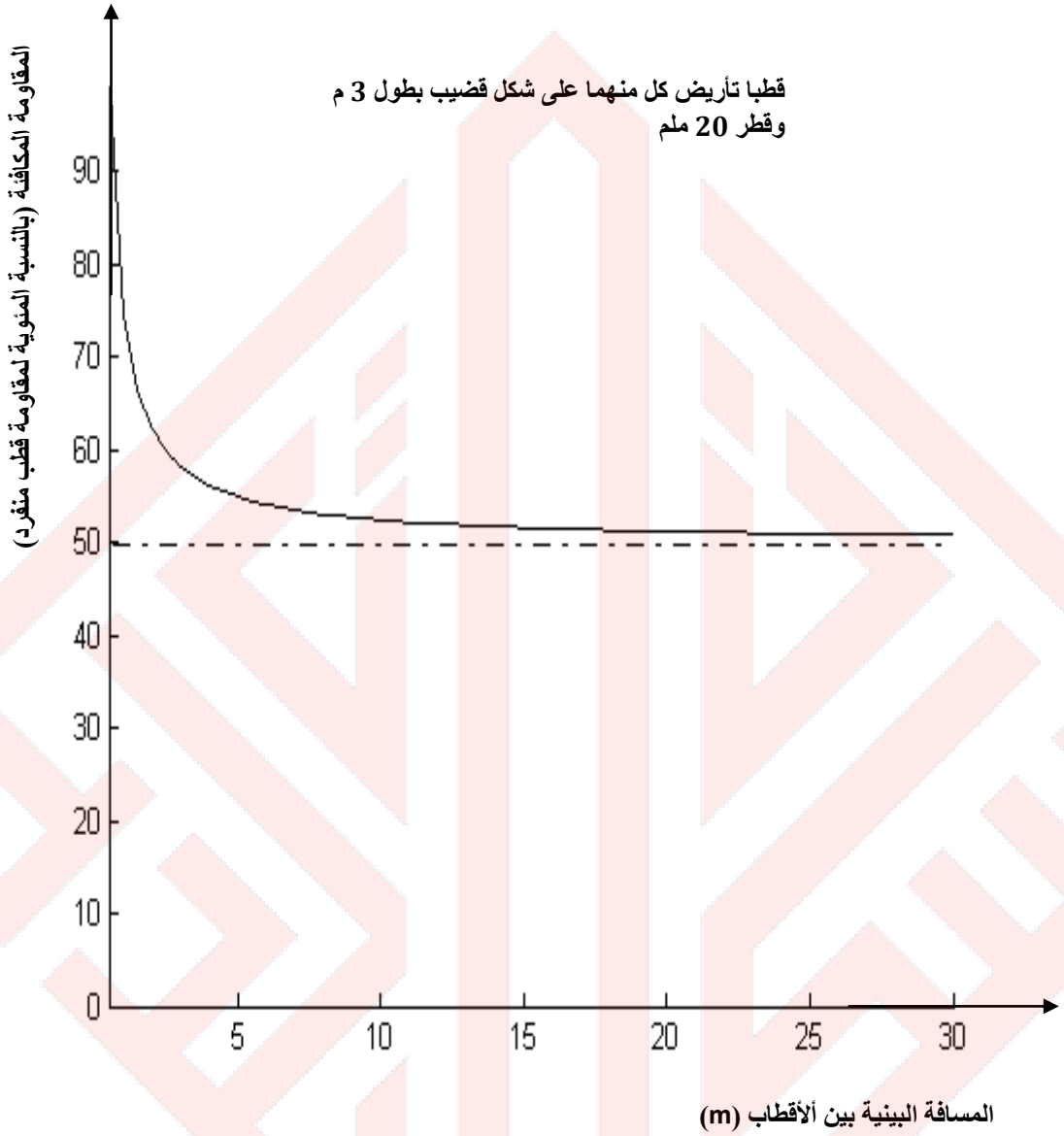
كذلك يلاحظ من الشكل (2-1/3) ان المقاومة تتناقص بمعدل كبير عند النزول بعمق دفن الأقطاب حتى متر واحد تقريبا ثم بمعدلات اقل لأعماق 2م الى 3م في التربة منتظمة المقاومية.



الشكل2-1/3: تأثير الطول المدفون لقطب تأريض على شكل قضيب أو أنبوب على المقاومة المحسوبة لتربة ذات مقاومية منتظمة قدرها 100 Ωm[1]

الحقول في الصفين الثالث والرابع من الجدول (2-3 /2) تمثل المقاومة الأرضية لقضيبي تأريض ويمكن ربط عدد من القضبان أو الأنابيب بصورة متوازية حيث ستكون المقاومة الكلية لها متناسبة مع مقلوب العدد المستعمل طالما ان مواقعها المتجاورة تكون خارج حدود مساحة المقاومة لكل منهما.

وفي الواقع العملي يمكن تلبية هذا بجعل المسافة بين القضبان أو الأنابيب مساوية للعمق الكلي للقضيب أو الأنبوب ويكون الفرق قليلاً إذا كانت المسافة بين القضبان ضعف العمق الكلي . الشكل(2-2/3) يوضح تأثير المسافة البينية بين قطبين بطول 3م وبقطر 20 ملم .



الشكل2-2/3: تأثير المسافة الفاصلة بين قطبي تأريض على المقاومة الكلية المكافئة

الجدول 2-2/3: معادلات حساب مقاومة الارض لأقطاب تأريض ذات اشكال ومقاطع مختلفة [2]

شكل القطب	التفصيل	المعادلة
	نصف قطر الكرة a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
	قضيب أرضي منفرد طوله L ونصف قطره a	$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right)$
	قضيبان أرضيان كل قضيب طوله L ونصف قطره a ومسافة بينية $s < L$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right) + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4}\ldots\right)$
	قضيبان أرضيان كل قضيب طوله L ونصف قطره a ومسافة بينية $s < L$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4}\ldots\right)$
	سلك أفقي طوله $2L$ مدفون بعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4}\ldots\right)$
	سلك بزاوية قائمة طول الذراع L وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.215\frac{s}{L} + 0.1035\frac{s^2}{L^2} - 0.042\frac{s^4}{L^4}.\right)$
	نجمة ثلاثية طول الذراع L وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{6\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209\frac{s}{L} + 0.24\frac{s^2}{L^2} - 0.054\frac{s^4}{L^4}\ldots\right)$
	نجمة رباعية طول الذراع L وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{8\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 2.91 - 1.07\frac{s}{L} + 0.645\frac{s^2}{L^2} - 0.145\frac{s^4}{L^4}\ldots\right)$
	نجمة سداسية طول الذراع L وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{12\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128\frac{s}{L} + 1.758\frac{s^2}{L^2} - 0.490\frac{s^4}{L^4}\ldots\right)$
	نجمة سداسية طول الذراع L وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{16\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51\frac{s}{L} + 3.26\frac{s^2}{L^2} - 1.17\frac{s^4}{L^4}\ldots\right)$
	سلك على شكل حلقة قطرها D وقطر السلك d وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D}\left(\ln\frac{8D}{d} + \ln\frac{4D}{s}\right)$
	شريط أفقي مدفون طوله $2L$ أبعاد مقطعه a و b حيث ان $\frac{a}{8} > b$ وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln\frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4}\right)$
	لوح دائري مدفون أفقيا نصف قطرها a وعمق $\frac{s}{2}$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 - \frac{7}{12}\frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40}\frac{a^4}{s^4}\right)$
	لوح دائري مدفون عموديا نصف	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 + \frac{7}{24}\frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320}\frac{a^4}{s^4}\right)$

يمكن حساب المقاومة الكلية (المركبة) لقضبان الأقطاب المتوازية (Rn) محسوبة بالاوم من المعادلة التالية[1]:-

$$Rn = R\left[\frac{1+\lambda\alpha}{n}\right] \qquad (3/3-2)$$

حيث يمثل

(R) مقاومة القضيب المنفرد، Ω

(n) عدد الأقطاب

(λ) عامل رقمي موضحة قيمه في الجدولين (2-3/3) و(2-4/3) والعامل (α)

يحسب من المعادلة:-

$$\alpha = \left[\frac{\rho}{2\pi Rs}\right] \qquad (4/3-2)$$

(ρ) مقاومية التربة ، Ω.m

(s) المسافة بين الأقطاب المتجاورة ،m

تفترض المعادلات المبينة آنفاً تمثيل قضبان الأقطاب بصورة تقريبية كأنصاف كرات لها نفس المقاومة الأرضية وموضوعة على سطح الأرض.هذه الفرضية تكون مرضية إذا كانت المسافات بين القضبان ليست بأقل من أطوالها.

ويتوجب مراعاة مايلي عند إجراء الحسابات

1. اذا كانت القضبان على خط مستقيم والمسافة بينها متساوية, فتؤخذ قيمة (λ) من الجدول (2-3/3).
2. للأقطاب متساوية الأبعاد فيما بينها والمترتبة حول أضلاع مربع (كان تكون حول محيط بناية) تؤخذ قيمة (λ)من الجدول (2-4/3).
3. إذا كانت ثلاثة قضبان مرتبة على شكل مثلث متساوي الأضلاع أو على شكل حرف (L) فنفرض القيمة للعامل λ =1.66
4. عند استعمال أقطاب إضافية داخل المستطيل فسوف تنخفض المقاومة الكلية للمنظومة بمقدار قليل ولكن مثل هذه الأقطاب الإضافية ستخفض انحدار فرق الجهد على سطح التربة داخل المربع. مثل هذه الحالة تحدث عند استعمال شبكة من الأقطاب الشريطية داخل مربع.

5. للأقطاب الموضوعة على شكل مستطيل، يمكن استعمال الجدول (2-4/3) على آن يحسب العدد المكافئ (n)باستعمال المعادلة .

$$n = \left(\frac{\text{العدد الكلي للأقطاب}}{4}\right) + 1 \qquad (5/3-2)$$

ويشترط أن لا يتجاوز طول المستطيل ضعف عرضه ويكون الخطأ في حساب (n) هنا اقل من 6%.ألأمثلة (1- أِ) و (2- أِ) و (3- أِ) في الملحق (أ) توضح أسلوب حساب مقاومة التأريض لقضبان مغروسة بنسق معين.

6. الأقطاب تكون من احد البدائل التالية:-

أ. الأقطاب القابلة للغرس في الأرض وهذه تتكون من إما قضبان نحاسية صلدة دائرية المقطع أو من الفولاذ المغلف او الفولاذ غير قابل للصدأ أو الفولاذ المغلون وكما سيرد لاحقا في الجزء الخاص باختيار مواد الأقطاب .الأقطار المفضلة للقضبان الأرضية هي 9 و 12,5 و15 ملم للقضبان النحاسية والفولاذية المغلفة و16 ملم لقضبان الفولاذ المغلون والفولاذ غير قابل للصدأ وتستعمل أقطار اكبر للسماح بتسنين الأقطاب أو استدقاق نهاياتها لغرض الربط .

الأطوال المفضلة للقضبان الأرضية هي 1,2 م لقطر 9 ملم و1,2م أو 1,5م لقطر 15 ملم. الأبعاد الدنيا لهذه الأجزاء معطاة في الجدول (2-5/3).

ب. الأنابيب تكون من الاهين بقطر لايقل عن 100 ملم وطول بين 2,5 م الى 3م وسمك 13 ملم (بموجب المواصفات البريطانية BS1256 وBS143) تجدر الإشارة الى ان مثل هذه الأنابيب لايمكن إدخالها في التربة بالقوة لذا تكون كلفة استعمالها أعلى من كلفة استعمال الألواح لنفس المساحة الفعالية .كبديل يمكن استعمال أنابيب فولاذية (بحسب المواصفة البريطانية BS1387). بأقطار لحد 50 ملم والتي يمكن غرسها بالتربة باستعمال القوة. هذه الأنابيب لها عمر تشغيلي اقل من قضبان النحاس.

7. الأقطاب ذات المقطع على شكل صليب أو نجمة لها جساءة أعلى عند إدخالها بالقوة في الأرض رغم أن الزيادة في مساحتها السطحية لاتسبب زيادة ملحوظة في استيعابها للتيار أو انخفاض المقاومة.في بعض الحالات الخاصة يكون من المفيد إضافة أقطاب أفقية مكونة من عدد من القطع مربوطة بعضها ببعض لأجل الحصول على أطوال كبيرة, حيث أن في الحالة العامة يكون استعمال عدد من القضبان بالتوازي أفضل من استعمال قضيب منفرد بطول اكبر. الأطوال الكبيرة للقضبان تكون فعالية عندما تنخفض مقاومية التربة مع العمق أو عندما تكون هنالك طبقة منخفضة المقاومة على عمق اكبر من العمق الاقتصادي المحدد للأقطاب.

8. عند المفاضلة بين استعمال أنبوب أو قضيب منفرد بعمق كبير أو عدد من الأنابيب أو القضبان مربوطة على التوازي بعمق صغير يؤخذ بالحسبان الجهد المطلوب لغرس الانابيب او القضبان وكلفة الغرس بالإضافة الى كلفة الربط. ويفضل الخيار الأول عندما يمكن تقليل القطر حيث يمكن للقطر 12,5 ملم ان يمد الى أعماق كبيرة نسبيا بدون التعرض للانحناء أو التشوه نتيجة الطرق عليه على ان يراعى ان تكون الضربات خفيفة نسبيا وبتكرار كبير.

في حالة وجود طبقة ارض صلدة أو وجود طبقة ارض بمقاومية عالية على عمق قليل نسبيا يمكن غرس الأقطاب بزاوية 30 درجة تقريبا مقاسة من الأفق مع زيادة طول الأقطاب للحصول على العمق المطلوب.

الجدول 2-3/3: عوامل الأقطاب المتوازية المرتبة خطيا [3]

عدد الأقطاب	العامل λ
2	1.00
3	1.66
4	2.15
5	2.54
6	2.87
7	3.15
8	3.39
9	3.61
10	3.81

الجدول 2-4/3: عوامل الأقطاب المرتبة على محيط مربع [3]

عدد الأقطاب عند كل ضلع من أضلاع المربع (n)	العامل λ
2	2.71
3	4.51
4	5.46
5	6.14
6	6.63
7	7.03
8	7.30
9	7.65
10	7.90
12	8.22
14	8.67
16	8.95
18	9.22
20	9.40
ملاحظة : عدد الاقطاب الكلي على محيط المربع هو 4* (n -1)	

الجدول 2-5/3: الأبعاد الدنيا لأقطاب التأريض المستعملة اعتياديا ونوعيات معادنهاً من وجهة النظر الى التآكل والمتانة الميكانيكية [4]

المادة	السطح	الشكل	ألابعاد الدنيا				
			القطر mm	مساحة المقطع mm^2	السمك mm	سمك الطلاء/ التغليف	
						القيمة المفردة	متوسط القيمة
فولاذ	مغلون حراريا [أ] أو فولاذ غير قابل للصدأ[أ،ب]	شرائط [ج]		90	3	63	70
		مقاطع		90	3	63	70
		قضيب مدور للأقطاب الأرضية العميقة	16			63	70
		سلك مدور للأقطاب السطحية[ز]	10				50[هـ]
		أنبوب	25		2	47	55
	مغلف بالنحاس	قضيب مدور للأقطاب الأرضية العميقة	15			2000	
	مع نحاس مرسب على السطح	قضيب مدور للأقطاب الأرضية العميقة	14			90	100
نحاس	غير مغلف [أ]	شريط		50	2		
		سلك مدور للاقطاب الارضية [ز]		25[و]			
		حبل	1.8 لكل جديلة من الموصل	25			
		انبوب	20		2		
	مغلف بالقصدير	حبل	1.8 لكل جديلة من الموصل	25		1	5
	مغلف بالخارصين	شريط [د]		50	2	20	40
نحاس*	غير مغلف	قضيب صلد	20	314			

أ – ممكن استعمالها للأقطاب الموضوعة في الخرسانة

ب- بدون استعمال عملية طلاء

ج- للشرائط المقطوعة أو المدرفلة وبحافات مدورة

د- للشرائط بحافات مدورة

هـ- في حالة الطلي بالغمر المستمر من الممكن الحصول تقنيا على سمك 50 ملم حاليا

و- عندما تكون خطورة التآكل والتلف الميكانيكي نادرة بحسب الخبرة يمكن استعمال مقطع 16 ملم

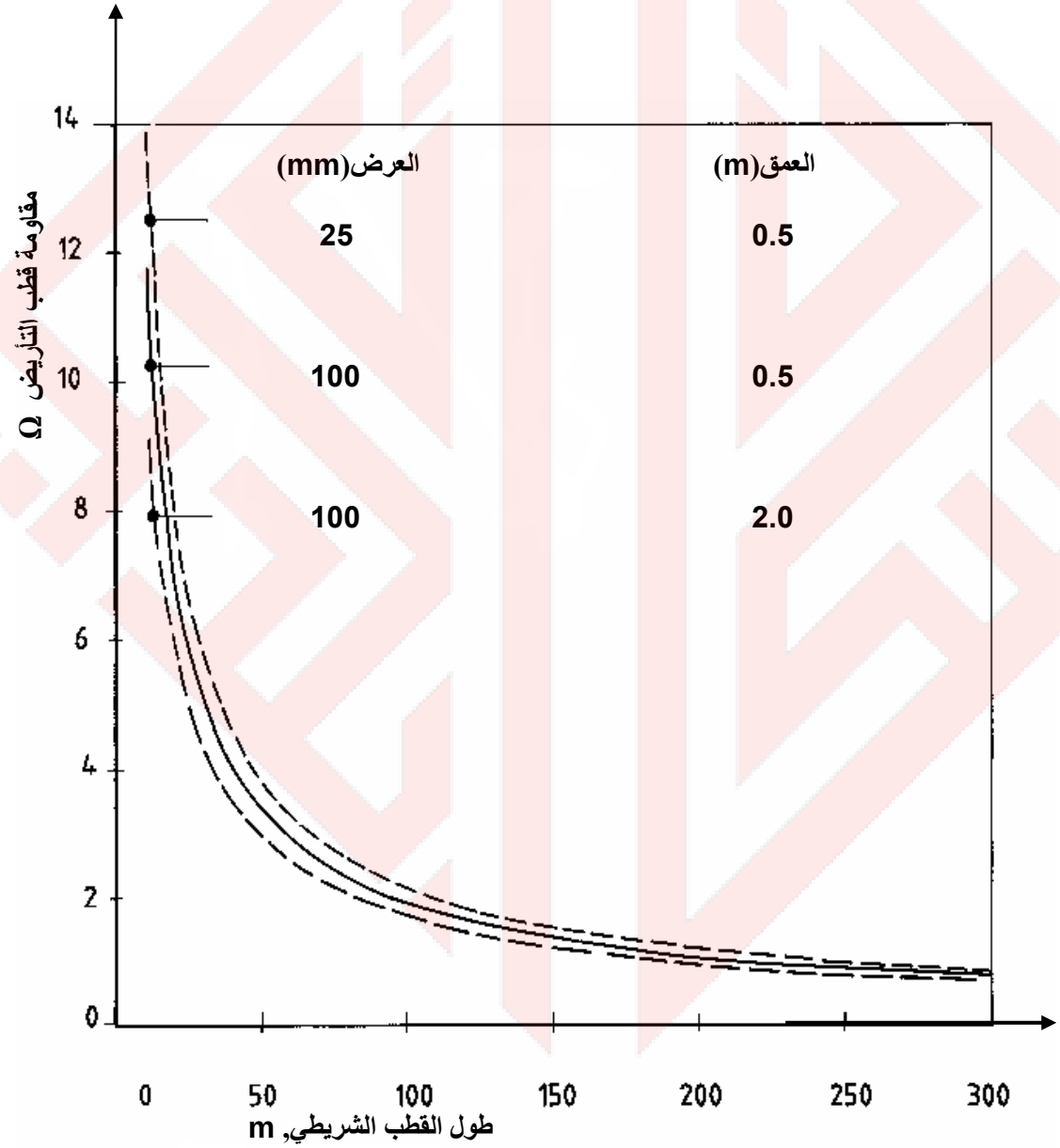
ز- يعتبر القطب الأرضي قطباً سطحياً إذا كان على عمق لايتجاوز 0.5m

*الحقل المضاف يمثل النوع الشائع الاستخدام حاليا في العراق

3/3/3-2 الاقطاب الشريطية و الاقطاب دائرية المقطع

معادلات حساب المقاومة الأرضية للأشرطة والأقطاب المدورة مبينة في الجدول (2-3/2) لمختلف وضعيات استعمال الأقطاب. كل من الأشرطة والأقطاب المدورة لها ميزات خاصة عندما تكون الطبقة السطحية ذات المقاومية الواطئة قليلة السمك تتبعها طبقة عالية المقاومية.

الأشرطة تكون عادة من النحاس غير المطلي بأبعاد مقطع 25 ملم*3 ملم وتتأثر المقاومة الأرضية بالطول كما مبين في الشكل (2-3/3) الذي يبين تأثير عمق الغرس والقطر أو عرض الشرائط على المقاومة الأرضية للأقطاب الشريطية.المثال(4-أ) في الملحق(أ) يبين أسلوب حساب مقاومة التأريض للأقطاب الشريطية.



الشكل 2-3/3: مقاومة القطب الشريطي الأفقي [1]

4/3/3-2 اختيار مواد الأقطاب

عند اختيار مواد الأقطاب الأرضية أو الموصلات الأرضية المدفونة غير المحمية يجب الأخذ بعين الاعتبار مقاومة التآكل بالأكسدة وبحسب نوعية التربة. ويؤخذ بالاعتبار الاول الطبيعة الكيميائية للتربة وبصورة خاصة الحامضية ومحتوى الأملاح ووجود البكتريا غير الهوائية.

إن وجود كاربونات الكالسيوم في التربة يساعد على خفض معدلات التآكل بالأكسدة والجدول (2-6/3) يبين قابلية التأكسد لبعض مواد الأقطاب بحسب مكونات وخواص التربة.

يشكل النحاس واحداً من أحسن المواد المستعملة للأقطاب الأرضية والموصلات المطمورة ويمثل استعمال النحاس الصلد اختياراً" عمليا" عندما يكون من المتوقع حدوث تيار عطل عالٍ. اما في الاستعمالات الأخرى فيكون الفولاذ المغطى بالنحاس أكثر فعالية.

الفولاذ في المنشآت والاسس الخرسانية يكون محمياً بصورة عامة من التآكل بواسطة الخرسانة ويؤدي عمل الأقطاب بصورة مرضية إذا تم تحقيق شرطي الاستمرارية الكهربائية والتوصيل المناسب.

الاعتبار الثاني الذي يجب مراعاته لمنع التآكل هو الارتباط مع الأجزاء المعدنية الأخرى حيث ان القابلوات وخدمات تحت الأرض الاخرى بالإضافة الى مواد التسليح والتي تقع بالقرب من الأقطاب الأرضية من الممكن ان تتضرر بسبب الفعل الالكتروليتي بين المعادن المختلفة.

يعتمد معدل التآكل في الأقطاب على المساحة السطحية ،اذ يمكن ان يزداد بسبب التوصيلات المعدنية المطمورة. لهذا يجب استعمال مواد ملائمة للاستعمال مع المواد المجاورة تحت أرضية الأبنية. يبين الجدول (2-7/3) مدى ملائمة المواد المختلفة مع بعضها البعض لهذا الغرض. كذلك يتم اختيار مواد وأبعاد الأقطاب الأرضية للحصول على متانة ميكانيكية ملائمة. يبين الجدول (2-5/3) الأبعاد الدنيا المستعملة اعتياديا لتلبية متطلبات التآكل والمتانة الميكانيكية للأقطاب الأرضية .

الجدول 2-6/3: مقاومة التآكل لبعض مواد الاقطاب وبحسب علاقتها بثوابت التربة [3]

ثابت التربة		مادة القطب			
		نحاس	حديد مغلون	فولاذ اوستنتيكي	فولاذ واطى الكاربون
المقاومية اوم. متر	7>	g	n	g	nn
	7 الى 40	g	n	gg	n
	40<	gg	gg	gg	gg
معامل ريدكس مللي .فولت *	200>	n	nn	n	nn
	200 الى 400	g	g	gg	g
	400 <	gg	gg	gg	gg
المستوى الرطوبي %	10>	gg	gg	gg	gg
	10 الى 80	g	n	g	n
	80<	g	g	g	g
الأملاح المذابة		n	n	g	n
الكلوريدات المذابة		n	n	n	n
عامل pH					
حامضي	6>	n	nn	g	n
متعادل	6 الى 8	gg	gg	gg	gg
قاعدي	8<	g	n	gg	g
حوامض عضوية		nn	n	g	n

مفتاح الرموز

gg يعني مقاومة التآكل تقريبا لا تتأثر

g يعني مقاومة التآكل تنخفض قليلاً

n يعني مقاومة التآكل تنخفض باعتدالً

nn يعني مقاومة التآكل تنخفض كثيراً

***معامل جهد الأكسدة والأختزال(ريدكس) oxidation-reduction(redox) potential هو أحد ثوابت التربة وخصائص بيئتها الكيميائية والتي تؤثر على تأكل الأقطاب الأرضية حيث انها مؤشر على تركيز الأوكسجين في التربة. إن جهد ريدوكس لتربة ما يؤشر على مدى قابليتها على ديمومة البكتريا غير الهوائية anaerobic bacteria التي تقلل الكبريتات والتي تساهم بشكل كبير في التآكل. إذا كانت القيم المقاسة لجهد ريدوكس واطئة فان ذلك يؤشر على أن محتوى التربة من الأوكسجين قليل وكنتيجة لذلك فان ظروف الانتشارالسريع للبكتريا المذكورة تكون مثالية وبالتالي تكون بيئة القطب الأرضي مساعدة على تآكله .**

المادة التي لها اكبر مساحة سطحية	مادة القطب أو الجزء الذي له اصغر مساحة سطحية			
	فولاذ	مغلون	نحاس	نحاس مغلف
الحديد المغلون	✓	✓	✓	✓
الفولاذ في الخرسانة	✗	✗	✓	✓
الحديد المغلون في الخرسانة	✓	✓ a	✓	✓
الرصاص	✓	✓ a	✓	✓

مفتاح الرموز
X غير ملائم للوصل
✓ ملائم
a الغلونة الموجودة على المساحة الأصغر قد تتأ ثر

5/3/3-2 الأنواع الأخرى من الأقطاب

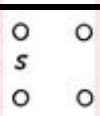
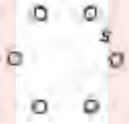
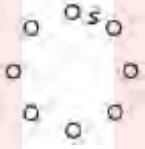
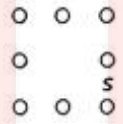
تمثل شبكات الفولاذ المستعمل في الأسس الخرسانية المطمورة وحديد التسليح (عدا في الخرسانة مسبقة الجهد) أقطاباً أرضية فعالية ،مع الاخذ بالاعتبار احتمالية تعرضها للتآكل. فعند حدوث تلف سيكون على شكل شقوق او تصدعات بسبب تبخر الماء الفجائي أو بسبب حصول قوس كهربائي.هذا يحدث بسبب زيادة التيارات المتسربة على المدى الطويل أو القصير على قابلية الأقطاب لنقل التيار.

المقاومة الأرضية للفولاذ المستعمل في الخرسانة المسلحة تتغير بحسب نوعية التربة والمستوى الرطوبي وتصميم الأسس. و يمكن تقدير قيمة المقاومة الأرضية للأسس من الخرسانة المسلحة (R) مقاسة بالاوم بافتراض ان القضبان الفولاذية العمودية فقط مربوطة بهيكل البناية او بمنظومة التأريض. كذلك يفترض ان القضبان موزعة على مسافات ثابتة وبشكل متناسق. على وفق هذه الفرضيات يمكن تطبيق المعادلة التالية**[1]**:-

$$R = \frac{1}{2\pi L}\left[(\rho_c - \rho)\ln\left\{1+\frac{\delta}{z}\right\} + \rho\ln\left\{\frac{2L}{z}\right\}\right] \quad \text{حيث تمثل:} \qquad (6/3-2)$$

(ρ) مقاومية الأرض ، Ω .m
(ρ_c) تمثل مقاومية الخرسانة ، Ω .m
(L) يمثل طول قضيب التسليح تحت مستوى الأرض ، m
(δ) تمثل سمك الخرسانة بين القضبان والتربة ،m
(z) المتوسط الهندسي للمسافة الخاص بمجموعة القضبان مقاسة،m ومعطاة في الجدول (2-8/3)

الجدول 2- 8/3: المتوسط الهندسي للمسافة (z) للقضبان المسلحة المتقاربة[1]

عدد القضبان	ترتيب القضبان	z بالامتار
2		$\sqrt[2]{(as)}$
3		$\sqrt[3]{(as^2)}$
4		$\sqrt[4]{(2as^3)}$
6		$\sqrt[6]{(6as^5)}$
8		$\sqrt[8]{(52as^7)}$
8		$\sqrt[8]{(23as^7)}$

مفتاح الرموز
a نصف قطر قضيب التسليح، m
s المسافة بين قضيبين متجاورين، m
z المتوسط الهندسي للمسافة، m

6/3/3-2 تأريض الابنية المحمية كاثوديا

عندما يكون البناء محمياً كاثوديا فان سريان التيار من مصدر التيار المحمي يكون متناسبا مع مساحة المعدن المكشوف الملامس للأرض. لذلك ففي المنشآت المطلية جيدا فان التيار المجهز يكون قليلاً نسبياً. إن ربط قطب ارضي لمثل هذه المنشآت ربما يسبب زيادة غير مقبولة في تسرب التيار. ان وجود توصيل ارضي بممانعة منخفضة بصورة ملاءمة لكي يمنع حصول تسرب تيار غير مقبول من منظومة الحماية الكاثودية يستدعي مراعاة خاصة لاختيار نوع الأقطاب الأرضية وتوصيلاتها.

يمكن تجنب مرور تيار حماية كاثودي عالٍ باستعمال ما يلي:-

1. اختيار مواد كالخارصين المستعمل في عمل الانود الذواب لصناعة الأقطاب الأرضية . واذا كان اختيار فرق الجهد الذي تعمل به الحماية الكاثودية مناسبا فان ذوبان الانود سيكون طفيفاً.
2. يجب إحاطة القطب بمواد طمر مثل البنتونايت والتي تقلل التآكل بسبب الخلايا المحلية.

3. للمنشات الحديدية يستعمل فولاذ غير قابل للصدا اوستينيتي لصناعة الأقطاب كي يؤدي الى حصول قابلية كلفانية مقاربة لما في المنشآت. واذا كان المطلوب مقاومة تأريض معتدلة فسوف لن تتولد زيادة غير مقبولة في تسرب التيار.
4. الأقطاب النحاسية المجردة يجب ان لاتربط بصورة مباشرة مع المنشآت المحمية حيث ان هذا المعدن يظهر كاثودية عالية قبالة المواد الحديدية، وربما يتسبب ربطها هكذا في تسرب تيار عالٍ غير مقبول في حالة الاحتياج الى حماية المنشآت عند فشل مصدر تيار الحماية .عندئذٍ ستعجل الاقطاب النحاسية معدل تآكل المنشأ.

2- 4 اعتبارات كثافة التيار

2-1/4 مقدمة

هذا الفصل يستعرض الطرائق المناسبة لاختيار مساحة المقطع للموصلات الأرضية وموصلات الحماية الرئيسة, ويتم هذا الاختيار لتلافي الاجهادات الحرارية والالكتروميكانيكية. كذلك يستعرض هذا الفصل ملاءمة سعة التحميل للأقطاب الأرضية .

2-2/4 اختيار الموصلات الأرضية وتوصيلاتها الى الأقطاب

يجب اعتماد العوامل التالية عند اختيار مواد الموصلات الأرضية.

أ-ملاءمتها مع مواد الأقطاب الأرضية.

ب-للموصلات المدفونة يجب الأخذ بالاعتبار تأثير التربة في التآكل.

ج-العوامل المؤثرة في العبارة (2-3-3/4) والخاصة بالأقطاب الأرضية والتي تطبق أيضا على الموصلات الأرضية غير المغلفة .

يجب أن لايستعمل الألمنيوم والنحاس المطلي بالألمنيوم في الموصلات الملامسة للأرض.

يتم اختيار مساحة مقطع موصلات التأريض ونوعية مساندها للتحمل وبدون خطورة أقصى تيار متسرب محتمل حدوثه. كذلك يجب ان تتمتع بالمتانة لتحمل الأحمال الميكانيكية وتقاوم التآكل. ان حساب واختيار مساحة مقطع الموصلات الأرضية يتم باستعمال احدى الطرائق المبينة لاحقاً.

2-4/2/1 الحساب بالمعادلة الاديباتيكية

يمكن حساب مساحة المقطع للموصلات الأرضية باستعمال المعادلة التالية التي تعرف بالمعادلة الاديباتيكية [1]

$$s = \frac{I\sqrt{t}}{k} \qquad (1/4-2)$$

حيث يمثل (S) مساحة المقطع، mm^2

(I) هو قيمة جذر متوسط التربيع (r.m.s) للتيار المتسرب المتوقع لعطل بممانعة مهملة والذي يمكن سريانه خلال الجهاز المطلوب حمايته ، A

(t) هو زمن اشتغال جهاز الحماية لفصل الدائرة تلقائيا" ، s

(k) هو عامل محسوب بوحدة $A.s^{\frac{1}{2}}/mm^2$ ، وهذا العامل يعتمد على نوعية مادة الموصل وعزل الموصل ودرجة الحرارة الأولية والنهائية.

تفترض المعادلة الاديباتيكية أن الحرارة لاتنتقل من الموصل خلال العطل الأرضي ولهذا فالمعادلة تحسب بدرجة أمينة ومع هذا فمساحة المقطع الناتج للموصل تكون في أحيان كثيرة اقل من تلك المستعملة لموصلات الأطوار للدائرة الكهربائية المعنية. وهذا يعتبر مقبولاً فالمعادلة تنطبق لأزمنة فصل لاتزيد عن خمسة ثوانٍ. إذا كانت مساحة المقطع المحسوبة على وفق هذه المعادلة غير قياسية فيؤخذ مقطع قياسي اكبر لمساحة مقطع الموصل.

العامل (k) يحسب من المعادلة التالية[4]، [5]، [6]:-

$$k = K\sqrt{\left[\ln\left\{1+\frac{\theta_f - \theta_i}{\beta + \theta_i}\right\}\right]} \qquad (2/4-2)$$

حيث ان العامل Kيحسب من المعادلة التالية:

$$K = \sqrt{\left[\frac{Q_c(\beta + 20C^o)}{\rho_{20}}\right]} \qquad (3/4-2)$$

حيث يمثل

(Q_c) السعة الحرارية الحجمية لمادة الموصل محسوبة ($J/^0C.mm^3$)وبدرجة حرارة 20°C

(β) مقلوب عامل مقاومية الحرارة بدرجة حرارة صفر مئوي للموصل (°C)

(ρ_{20}) مقاومية مادة الموصل بدرجة 20م° ووحداته ($\Omega.mm$)

(θ_i) درجة الحرارة الابتدائية للموصل، (^0C)

(θ_f) درجة الحرارة النهائية للموصل،(^0C)

إن قيم العوامل المذكورة آنفاً المتعلقة بحساب العامل (K) وللمواد المختلفة موضحة في الجدول (2-1/4) ويمكن اعتبار العامل (k) أنه يمثل كثافة التيار بصيغة جذر متوسط التربيع (r.m.s) وبوحدة ($\frac{A}{mm^2}$) لفترة زمنية ثابتة. إن قيم العامل (k) محسوبة لفترة ثانية واحدة موضحة في الجدول (2-2/4) ولمواد موصلة من النحاس والألمنيوم والفولاذ وبافتراض درجة حرارة ابتدائية مقدارها 30 م^0. كذلك يعطي الجدول (2-2/4) مؤشراً لدرجات الحرارة القصوى لتيارات العطل الكهربائي للموصلات غير المغلفة.

الجدول 2-1/4: قيم عوامل مواد موصلة مختلفة[4]

المادة	مقلوب عامل الحرارة مقاومية $\beta\ ^0C$	السعة الحرارية الحجمية Q_0 $J/^0C.mm^3$	مقاومية مادة الموصل بدرجة 20 ^0C ρ_{20} Ωmm	$K=\sqrt{\left[\frac{Q_\delta(\beta+20C^\circ)}{\rho_{20}}\right]}$ $\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$
نحاس	234.5	$3,45\ x\ 10^{-3}$	$17.241\ x\ 10^{-6}$	226
المنيوم	228	$2,5\ x\ 10^{-3}$	$28.264\ x\ 10^{-6}$	148
رصاص	230	$1,45\ x\ 10^{-3}$	$214\ x\ 10^{-6}$	41
فولاذ	202	$3,8\ x\ 10^{-3}$	$138\ x\ 10^{-6}$	78

الجدول 2-2/4: قيم العامل k لموصلات التأريض والتي تمثل كثافة تيار العطل الارضي لفترة ثانية واحدة علما ان درجة الحرارة الابتدائية للموصل 50مئوية [1]

نوع التوصيلة [أ]				أقصى درجة حرارة [ب] (م°)	شروط المحيط الملائمة لاستعمال الموصلات غير المغلفة بدرجة حرارة تصل لحد القيم المؤشرة	العامل k (كثافة التيار بصيغة جذر متوسط التربيع (r.m.s) لفترة زمنية محددة) (A/mm^2)		
ملحومة	ملحومة بالنحاس	مثبتة بالبراغي	ملحومة بالقصدير			نحاس	ألمنيوم	فولاذ
✓				700		247	—	88
✓				600		235	—	84
✓	✓			500	جـ	220	—	79
✓	✓			450		212	—	76
✓	✓			400		203	—	73
✓	✓			350		192	—	69
✓	✓			300		180	119[د]	65
✓	✓	✓		250		165	109	60
✓	✓	✓		200	هـ	147	98	54
✓	✓	✓	✓	150	و	124	82	45
✓	✓	✓	✓	100		—	—	—

أ. الموءشرة (✓) تعني ان نوع التوصيلة ملائمة للاستعمال عند درجات الحرارة المؤشرة في الجدول او اقل منها.

ب. يجب تدقيق المواد التي تشغل نفس الموقع الذي يشغله الموصل بانها لن تتعرض للتلف او احتمال الاشتعال بدرجة الحرارة المختارة.

جـ. عند درجات حرارة تتجاوز $200\ ^0C$ يجب ان يكون الموصل مكشوفاً للنظر على طوله وان تكون مسانده من السيراميك او المعدن وان لاتكون هناك احتمالية تماسه مع مواد عضوية. علماً انه لايوصى بتجاوز درجة حرارة مقدارها $500\ ^0C$.

د. المتانة الميكانيكية للالمنيوم جيد التوصيل تقل بصورة خطيرة بدرجات حرارة اعلى .

هـ. للظروف الاعتيادية التي يكون فيها الموصل مخفيا".

و. بعض مواد البناء الملاصقة للموصل قد تولد خطر حريق اذا تجاوزت درجة حرارة $150\ ^0C$

بالنسبة للموصلات المغلفة أو المعزولة للحماية من عوامل المحيط ونوع التوصيلات المستعملة معها للحصول على الحماية من التآكل أو العوامل الميكانيكية فتكون أقصى سعات تحمل لتيار العطل لأشرطة النحاس والألمنيوم ولمجموعة من الأحجام القياسية ولفترتي مرور للتيار قدرهما ثانية واحدة و3 ثواني موضحة في الجداول (2-3/4)،(2-4/4)، (2-5/4) ، و(2-6/4).

ولفترات زمنية غير ماورد آنفا", يمكن حساب سعة تيار العطل من احدى المعادلتين التاليتين[1] :-

$$I = ks/(\sqrt{t}) \qquad \textbf{(4/4-2)}$$

أو

$$I = I_1/(\sqrt{t}) \qquad \textbf{(5/4-2)}$$

حيث يمثل (I_1) تيار العطل لفترة ثانية واحدة، (A) بصيغة جذر متوسط التربيع (r.m.s)

(s) تمثل مساحة المقطع (mm^2)

(k) يمثل العامل بصيغة جذر متوسط التربيع (r.m.s) بوحدة $A.s^{\frac{1}{2}}/mm^2$

(t) هو زمن اشتغال جهاز الحماية لفصل الدائرة أوتوماتيكيا ، s

قيم العامل (k) لانواع الموصلات المختلفة وانواع المواد المستعملة موضحة في الجدولين (2-7/4) و (2-8/4).

الجدول 2-3/4 :أكبرمقدار تيار عطل أرضي(kA) تتحمله مساحات مقطع مختلفة من موصلات التأريض النحاسية الشريطية خلال زمن مرور ثانية واحدة [1]

فترة مرور التيار ثانية واحدة					
أقصى درجة حرارة للموصل					قياس الموصل mm*mm
500 ^{0}C	450^0 C	250^0 C	200^{0}C	150^0 C	
13.7	13.2	10.6	9.5	8.3	20 × 3
17.1	16.5	13.2	11.9	10.4	25 × 3
22.8	22	17.6	15.9	13.8	25 × 4
34.2	33	26.4	23.9	20.7	25 × 6
21.,2	20.5	16.4	14.8	12.8	31 × 3
42.4	40.9	32.7	29.6	25.7	31 × 6
26	25.1	20.1	18.1	15.7	38 × 3
43.3	41.8	33.,4	30.2	26.2	38 × 5
52	50.2	40.1	36.3	31.5	38 × 6
34.2	33	26.4	23.9	20.7	50 × 3
45.6	44	35.2	31.8	27.6	50 × 4
68.4	66	52.8	47.7	41.4	50 × 6

الجدول 2-4/4: أكبرمقدار تيار عطل أرضي(kA) تتحمله مساحات مقطع مختلفة من موصلات التأريض النحاسية الشريطية خلال زمن مرور 3 ثوانٍ[1]

فترة مرور التيار ثلاث ثوانٍ					
أقصى درجة حرارة للموصل					قياس الموصل mm*mm
500 ^{0}C	450 ^{0}C	250 ^{0}C	200 ^{0}C	150 ^{0}C	
7.9	7.6	6.1	5.5	4.8	20 × 3
9.9	9.5	7.6	6.9	6	25 × 3
13.2	12.7	10.2	9.2	8	25 × 4
19.7	19.1	15.2	13.8	12	25 × 6
12.2	11.8	9.5	8.5	7.4	31 × 3
24.5	23.6	18.9	17. 1	14.8	31 × 6
15	14.5	11.6	10.5	9.1	38 × 3
25	24.1	19.3	17.4	15.1	38 × 5
30	29	23.2	20.9	18.2	38 × 6
19.7	19.1	15.2	13.8	12	50 × 3
26.3	25.4	20.3	18.4	15.9	50 × 4
39.5	38.1	30.5	27.5	23.9	50 × 6

الجدول 2-5/4: أكبرمقدار تيار عطل أرضي(kA) تتحمله مساحات مقطع مختلفة من موصلات التأريض النحاسية الشريطية من الألمنيوم خلال زمن مرور ثانية واحدة [1]

فترة مرور التيار ثانية واحدة				
أقصى درجة حرارة للموصل				قياس الموصل mm*mm
300 ^{0}C	250 ^{0}C	200 ^{0}C	150 ^{0}C	
7.5	7	6.3	5.5	20 × 3
9.4	8.7	7.9	6.8	25 × 3
18.8	17.4	15.8	13.7	25 × 6
37.5	34.8	31.5	27.3	50 × 6
45	41.8	37.8	32.8	60 × 6
60	55.7	50.4	43.7	80 × 6

الجدول 2-6/4: أكبرمقدار تيار عطل أرضي(kA) تتحمله مساحات مقطع مختلفة من موصلات التأريض النحاسية الشريطية من الألمنيوم خلال زمن مرور 3 ثوانٍ[1]

قياس الموصل mm*mm	فترة مرور التيار ثلاث ثوانٍ			
	أقصى درجة حرارة للموصل			
	150 ^{0}C	200 ^{0}C	250 ^{0}C	300 ^{0}C
20 × 3	3.2	3.6	4	4.3
25 × 3	3.9	4.5	5	5.4
25 × 6	7.9	9.1	10	10.8
50 × 6	15.8	18.2	20.1	21.7
60 × 6	18.9	21.8	24.1	26
80 × 6	25.2	29.1	32.1	34.6

الجدول 2-7/4: قيم العامل (k) لموصلات الحماية ممثلة كقلب غير منفرد ضمن قابلو او كقلب ممدود مع حزمة من الموصلات المعزولة [4]

عازل موصل	درجة الحرارة م هـ		مادة الموصل		
	الابتدائية	النهائية	نحاس	المنيوم	فولاذ
	قيم (k) (A/mm^2) لفترة ثانية واحدة				
70°C PVC	50	160/140 [a]	130/119 [a]	86/79 [a]	47/44 [a]
90°C PVC	50	160/140[a]	130/119[a]	86/79 [a]	47/44 [a]
معدل الحرارة 90°C	50	250	165	109	60
مطاط 60°C	50	200	147	98	54
مطاط 85°C	50	220	155	103	56
مطاط سيلكوني	50	350	192	127	69
a القيم الدنيا للعامل (k) تلائم الموصلات المعزولة بمادة (PVC) التي مساحة مقطعها اكبر من 300 ملم 2					

الجدول (2-4/8): قيم العامل (k) لموصلات الحماية الماسة لغلاف قابلو وغير المحزمة مع قابلوات اخرى[4]

مادة غطاء القابلو	درجة الحرارة ^0C		مادة الموصل		
	الابتدائية	النهائية	نحاس	المنيوم	فولاذ
	قيم (k)(A/mm^2) لفترة ثانية واحدة				
PVC	50	200	147	98	54
بولي اثلين	50	150	124	82	45
CSP	50	220	155	103	56

2-4/2/2 الطريقة الاختيارية

في هذه الطريقة تربط مساحة المقطع للموصلات الأرضية اختياريا مع مساحة المقطع للموصلات الطورية المستعملة للدائرة الكهربائية المعنية ، وكما مبين في الجدول (2-4/9). ومن الجدير بالذكر ان هذه الطريقة قد تنتج مساحات مقطع اكبر من المساحات الضرورية للتصميم.

اذا كان موصل التأريض يستعمل بغرزه في الأرض فيجب ان تتلاءم قيمة مساحة مقطعه مع القيم الواردة في الجدول (2-4/10).

يجب ان تكون توصيلات الموصل الأرضي الى القطب الأرضي محكمة ومرضية كهربائيا، كما يجب ان تتم بواسطة اللحام الحراري او الروابط بالضغط او الملازم او باي ملزمة ميكانيكية.

الجدول 2-4 /9: المساحة الدنيا لمقاطع موصلات الحماية [4]

مسا حة مقطع الموصل الخطي (mm^2)	المساحة المكافئة الدنيا لمقطع موصل التأريض أو الحماية المكافئ (mm^2)	
	إذا كان موصل الحماية من نفس مادة الموصل الخطي	إذا كان موصل الحماية من غير مادة الموصل الخطي
$16 \geq s$	s	$\left[\frac{k_1}{k_2}\right] \times s$
$16 \leq s \leq 35$	16	$\left[\frac{k_1}{k_2}\right] \times 16$
$35 < s$	$s/2$	$\left[\frac{k_1}{k_2}\right] \times (s/2)$

k_1 هي قيمة العامل k للموصل الخطي(مختارة من الجدول (2-4 /1) بحسب مادة الموصل والعازل

k_2 هي قيمة العامل k لموصل الحماية مختارة من الجدولين (2-4/7) و(2-4 /8) وبحسب الحالة

الجدول2-4/ 10:الحد الادنى لمساحة المقطع لموصلات التأريض المدفونة بالتربة [4]

	محمية ميكانيكيا	غير محمية ميكانيكيا
محمية ضد التآكل	نحاس 2.5 ملم ^{2} فولاذ 10 ملم ^{2}	نحاس 16 ملم ^{2} فولاذ 16 ملم ^{2}
غير محمية ضد التآكل	نحاس 25 ملم^2 فولاذ 50 ملم ^{2}	

2-4/3 كثافة التيار السطحية للأقطاب الأرضية

يصمم القطب الأرضي بموجب سعة تحميل مناسبة للمنظومة التي يمثل القطب جزءاً منها, لذا يجب ان تكون للقطب القابلية على تسريب الطاقة الكهربائية الى الأرض في منطقة استعماله تحت اي ظرف من ظروف تشغيل المنظومة.

يكون فشل القطب الأرضي في أداء مهامه بسبب ارتفاع درجات الحرارة بصورة كبيرة جدا على سطحه. لذا من المهم جدا معرفة العوامل المؤثرة في ارتفاع درجة حرارة سطح القطب الأرضي. وهذه تتمثل في كثافة التيار ومدة التأثير بالإضافة الى خواص التربة الكهربائية والحرارية.

بصورة عامة للتربة معامل مقاومة حراري سالب. وهذا يعني ان استمرار تحميل التيار يسبب نقصاً ابتدائياً في مقاومة القطب وهذا يؤدي عند فرق جهد ثابت الى زيادة في تيار العطل الأرضي. وفي حالة كون الزيادة في هذا التيار بمستوى عال فسوف يؤدي هذا الى طرد رطوبة الأرض من على سطح التلامس بين القطب والأرض مما ينتج منه زيادة في المقاومة وزيادة في درجة حرارة القطب والتربة المحيطة به. هذه العملية تستمر لحين وصول درجة الحرارة الى حوالي 100م^0 حيث يحدث بعدها فشل كلي للقطب.

يجب الأخذ بالاعتبار ثلاث حالات من تشغيل المنظومة, هي التحميل على المدى البعيد(وهي الحالة الطبيعية للتشغيل) والتحميل الزائد قصير المدى (وهي حالة حدوث عطل في الأنظمة المؤرضة) والتحميل الزائد بعيد المدى(وهي حالة حدوث عطل في الأنظمة المحمية بملفات تخميد). تجب ملاحظة التالي في هذا المجال[1].

1. إن التحميل طويل المدى مع وجود عدم توازن في المنظومة لايؤدي الى فشل في الأقطاب الأرضية إذا كانت كثافة التيار على سطح الأقطاب لاتتجاوز 40 امبير/م^2. ولتحقيق كثافة تيار باقل من هذا يستوجب ضرورة ان تكون مقاومة التأريض منخفضة.

2. تتناسب الفترة الزمنية المستغرقة لفشل الأقطاب الأرضية عند حالات التحميل الزائد قصير المدى عكسيا مع التحميل النوعي والذي يعرف بحاصل ضرب مربع كثافة التيار على سطح القطب (J) مع مقاومية الارض (ρ). للترب الطينية والمزيجية ذات المقاومية الواطئة يمكن استعمال المعادلة التالية لحساب أقصى كثافة تيار مسموح بها في التصميم[1].

$$J = 10^3 \sqrt{\left(\frac{57.7}{\rho t}\right)} \qquad \textbf{(6/4-2)}$$

حيث يمثل (J) كثافة التيار على سطح القطب (A/m^2)

(t) هي فترة العطل الأرضي (s)

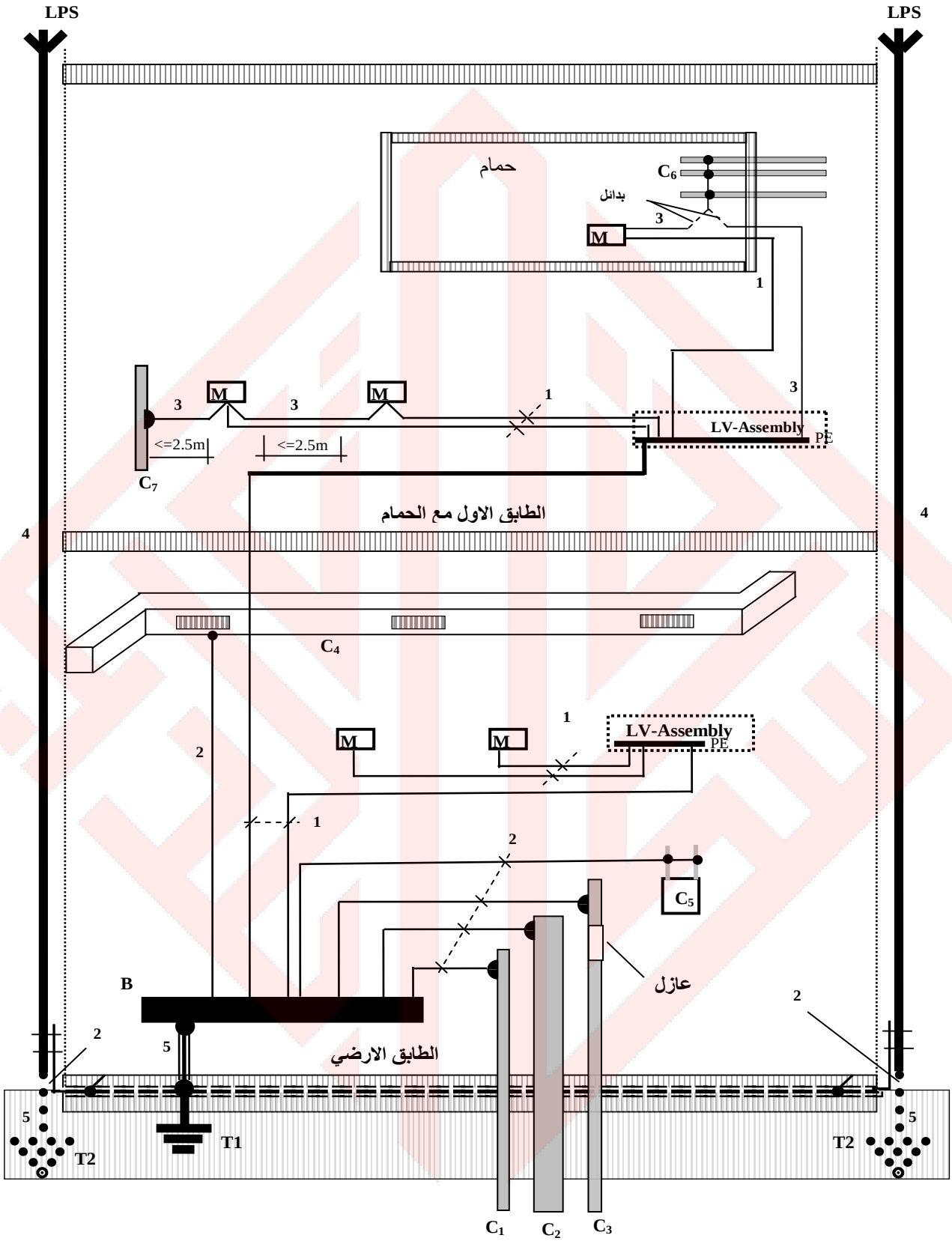
(ρ) هي مقاومية الأرض ($\Omega.m$)

2-4/4 موصلات حماية الدوائر الكهربائية

التسمية القديمة لهذه الموصلات كانت (موصلات استمرارية التأريض) وقد أبدلت هذه التسمية في المراجع الحديثة الى موصلات حماية الدوائر الكهربائية [7].

يبين الشكل(2-4/1) أنواع موصلات الحماية التي من أهم متطلباتها أن تكون ذات سعة كافية لتحميل تيار التأريض المتسرب خلال فترة العطل حتى انتهائها.

اما بخصوص اختيار مساحة مقطع الموصل فبالاضافة الى ماورد سابقا ، فان مساحة المقطع لموصلات الحماية التي لاتشكل جزءاً من قابلو او لاتمثل غلافاً مشتركاً مع الموصلات الطورية يجب ان لاتكون اقل من 4 ملم^2 نحاس او 16 ملم^2 ألمنيوم اذا كانت الحماية ضد التلف الميكانيكي غير موجودة [4].



الشكل 2-1/4: ترتيب التأريض وموصلات الحماية لمنظومة منزلية [4].

مفتاح الرموز للشكل 2-1/4

B	طرف تأريض رئيس(خط تجميع تأريض رئيس)
T	قطب تأريض
T_1	خرسانة مؤرضة
T_2	قطب تأريض لمنظومة مانعة الصواعق(عند الحاجة)
1	موصل حماية
2	موصل حماية رابط
3	موصل حماية رابط للربط المساعد
4	الموصل النازل لمنظومة مانعة الصواعق
5	موصل تأريض
M	جزءٍ موصل غير مغطى
C	جزءٍ موصل خارجي
C_1	انبوب ماء بمعدن من الخارج
C_2	انبوب مجاري بمعدن من الخارج
C_3	انبوب غاز معزول داخلياً وبمعدن من الخارج
C_4	وحدة تكييف
C_5	منظومة تدفئة
C_6	انبوب ماء معدني (مثلاً في الحمام)
C_7	جزءٍ موصل خارجي على مرمى اليد من جزء موصل غير محمي

2-4/4/1انواع موصلات حماية الدوائر الكهربائية

تتضمن هذه الفقرة أنواع الموصلات الكهربائية أو الأجزاء المعدنية الأخرى التي يمكن ان تكون جزءاً من شبكة موصلات حماية الدائرة الكهربائية التي هي من العناصر المهمة في منظومة التأريض. هناك أربعة انواع من هذه الموصلات وهي :-

أ. الموصلات في القابلوات متعددة القلوب.

ب. الموصلات المعزولة او غير المغلفة والتي تشترك مع الموصلات الحية بحيز مشترك.

ج. الموصلات المعزولة او غير المغلفة المثبتة بصورة دائمية.

د.الاغلفة المعدنية للقابلوات والتي تمثل شبكات فصل تسليح للقابلوات او مجاري مسارات للقابلوات.

إذا كانت التجهيزات تضم أجهزة بأغلفة أو محيط معدني مثل عدة ومفاتيح التبديل أو السيطرة أو منظومات صناديق مفاتيح الفصل والتقسيم فيمكن استعمال هذه الأغلفة المعدنية كموصلات حماية إذا كانت تحقق شرطين في آن واحد.الشرط الأول ان تكون لهذه الأغلفة قابلية كافية لحمل التيار في أثناء العطل والشرط المتلازم الثاني هو ان تتحقق الاستمرارية الكهربائية لها اما من خلال تصميمها وتنفيذها او من خلال تهيئة توصيل مناسب. الأجزاء المعدنية التالية لايسمح باستعمالها كموصلات حماية للدوائر الكهربائية او كموصلات ربط لأغراض الحماية:-

أ. أنابيب الماء المعدنية.

ب. الانايب الحاوية على سوائل وغازات قابلة للاشتعال.

ج.الأجزاء المعدنية المرنة.

د.أجزاء المنشآت المعدنية المعرضة لاجهادات ميكانيكية عالية خلال عملها الاعتيادي.

موصلات الحماية يجب ان تكون محمية من الأضرار الميكانيكية والتلف الكيميائي او الكيميائي-الكهربائي, كذلك لايسمح بنصب أدوات فتح او تشغيل في موصلات الحماية ويمكن استعمال توصيلات قابلة للفحص بصورة مباشرة.

2 -2/4/4 موصلات الربط للحماية وتسمى موصلات الربط ذات فرق الجهد المتساوي

لهذه الموصلات يجب أن تتحقق المتطلبات التالية:-

أ. مساحة مقطع موصل الربط للحماية الموصلة للطرف الأرضي يجب ان لا تكون اقل من 6 ملم^2 نحاس او 16 ملم^2 ألمنيوم او 50 ملم^2 فولاذ[4].

ب. موصلات الربط للحماية الموصلة لجزأين موصلين مكشوفين يجب ان تكون لها موصلية لاتقل عن موصلية موصل الحماية الأصغر المربوط للأجزاء المكشوفة.

ج.موصل الربط للحماية المستعمل في ربط أجزاء موصلة مكشوفة الى أجزاء موصلة خارجية يجب ان يكون له موصلية لاتقل عن نصف تلك التي لمقطع المساحة لموصل الحماية المكافئ.

2-3/4/4 الحماية ضد التماس غير المباشر بواسطة الفصل التلقائي للطاقة المجهزة في أنظمة التأريض (TT).

يكون الفصل التلقائي للطاقة المجهزة مطلوبا عندما تكون احتمالية الأذى من التأثيرات الفيزيائية واردة على الأشخاص نتيجة حدوث عطل بسبب مقدار وفترة فرق جهد التماس.هذا المقدار من الحماية يستوجب التنسيق بين نوع التأريض للأجهزة ومواصفات موصلات الحماية ومستلزماتها.

إن أجهزة الحماية يجب ان تفصل الطاقة المجهزة بصورة ذاتية عن الدائرة الكهربائية للاجهزة والآلات المطلوب حمايتها في حالة التماس المباشر. لذا في حالة حصول عطل بين جزء يحمل تياراً كهربائياً وموصل مكشوف او موصل حماية في الدائرة الكهربائية او في جهاز فسوف لن يسمح لفرق جهد متوقع يزيد عن 50 فولت (AC) او 120 فولت (DC) للاستمرار فترة كافية لإلحاق أذى فيزيائي بالشخص الذي في حالة تماس مع الأجزاء الموصلة التي يستطيع الوصول اليها.

وبغض النظر عن فرق جهد التماس فزمن فصل الدائرة بما لايزيد عن (5) ثوانٍ يكون مسموحاً به تحت بعض الظروف واعتمادا على نوع منظومة التأريض. بالإضافة لما ذكر آنفاً يجب مراعاة مايلي:-

أ. يجب أن تكون كافة الأجزاء الموصلة المكشوفة والمحمية بصورة مجتمعة بواسطة جهاز حماية مربوطة معا. كما يجب ان تكون جميعها مربوطة مع موصلات الحماية الى قطب ارضي مشترك. وعندما تكون هناك مجموعة من أجهزة الحماية تعمل بصورة متتابعة فيراعى أن يتحقق ما تم ذكره آنفاً لكل الأجزاء الموصلة المكشوفة والمحمية بكل جهاز وكل على حدة.

ب. تحسب المقاومة المسموح بها (R_A) والتي تمثل مجموع مقاومة القطب الأرضي وموصلات الحماية للأجزاء الموصلة المكشوفة ، من المعادلة التالية[8]:-

$$R_A \le \frac{V_t}{I_a} \qquad (7/4-2)$$

حيث يمثل (V_t) فرق جهد التماس المسموح به (volts)

(I_a) تيار الفصل والمحدد بتيار التحررالتلقائي لجهاز الحماية من التيار الزائد. وعندما يكون جهاز الحماية يعمل بالتيار المتخلف فان مقدار تيار الفصل (I_a) يكون هو معدل التيار المتخلف ($I_{\Delta n}$) .

ج- عندما يكون الجهاز المستعمل للحماية ضد التماس غير المباشر من نوع جهاز حماية من التيارالزائد ذي مواصفات الزمن المعكوس(Inverse time-current characteristic over current protective device) فان التيار I_a المذكور في المعادلة السابقة يمثل قيمة التيار الذي يسبب العمل الذاتي للجهاز خلال مدة زمنية لاتتجاوز (5) ثوانٍ للدوائر الكهربائية التي تغذي أجهزة ثابتة(غير محمولة يدويا) أما إذا كان

الجهاز المستعمل للحماية ضد التماس غير المباشر من نوع جهاز حماية من التيار الزائد ذي الفصل الآني(اللحظي) (Instantaneous tripping characteristic over current protective device) فان التيار I_a يمثل قيمة الحد الأدنى الذي يؤدي الى عمل جهاز الحماية بشكل لحظي[8].

د.المقاومة الأرضية الكلية للمنظومة يجب ان لاتتجاوز (1 أوم) [4].

هـ. أجهزة الحماية من التيار الزائد تستعمل فقط للحماية من الاتصال غير المباشر في منظومات (TT) عند وجود مقاومة كلية (R_A) منخفضة جداً.

و. عند حدوث عطل بمقاومية واطئة فيجب على جهاز الحماية من التيار العالي فصل الدائرة الكهربائية ذاتيا خلال مالايزيد عن (0,2 ثانية) [8].

ز. اذا لم يكن من الممكن تحقيق متطلبات فرق الجهد المسموح به والفصل الذاتي للطاقة المجهزة فيمكن استعمال موصل توصيل إضافي متساوي فرق الجهد.

ح. الربط الإضافي متساوي فرق الجهد يجب ان يضم كل الأجزاء الموصلة والمكشوفة التي يمكن الوصول إليها آنيا للأجهزة الثابتة والأجزاء الخارجية الموصلة. وهذا الربط من الممكن ان يضم أجزاء التسليح الرئيسة في الخرسانة المسلحة. والمنظومة ذات فرق الجهد المتساوي تكون مربوطة مع موصلات الحماية لكل الأجهزة والآلات بما فيها نقاط مواقع التجهيز.

ط. إذا كانت المقاومة الأرضية الكلية للمنظومة ذات قيمة مرتفعة يتم اللجوء الى استعمال أجهزة حماية من التسرب الأرضي التي تعمل بمبدأ فرق الجهد (voltage operated) أوالتي تعمل بمبدأ التيارالمتخلف (residual current) حيث تسمح باستعمال قيم أعلى لمقاومة الأرض الكلية (R_A). ان أجهزة الحماية من التسرب الأرضي التي تعمل بمبدأ فرق الجهد تكون فعالية إذا كانت قيمة مقاومة التأريض الكلية لاتتجاوز (500) اوم (بحسب المواصفات البريطانيةBS 842) وهي اقل من القيم النظرية المسموح بها في اغلب الأحيان [8].

ك. في أجهزة الحماية من التسرب الأرضي العاملة بالتيار تحسب القيمة المسموح بها لمقاومة الأرض الكلية (R_A) من المعادلة التالية:

$$R_A \le \frac{V_t}{I_{\Delta n}} \qquad \textbf{(8/4-2)}$$

يوضح المثالان (5-أ)و(6-أ) في الملحق(أ) طريقة تحديد اسلوب الحماية ضد التماس غير المباشر للأجزاء المعدنية المكشوفة من الدائرة الكهربائية بناء على المقاومة الأرضية.

2-5 انحدار الجهد الكهربائي حول الاقطاب الارضية

2-5/1 المقدمة

للحماية من الصعق الكهربائي يشكل كل من الجهد الكهربائي لقطب التأريض (V_E) وتوزيع جهد سطح الارض (V_x) خلال سريان التيار في منظومة التأريض عاملين اساسيين يتطلبان من مصمم المنظومة ايلائهما عناية كبيرة. حيث انه في ظروف العطل يرتفع جهد قطب التأريض بالنسبة الى جهد كتلة الارض، ويمكن حساب الجهد هذا من خلال معرفة قيمة تيار العطل والمقاومة الارضية للقطب. وينتج من ذلك نشوء فرق جهد في مساحة الارض المحيطة بالقطب والتي من الممكن ان تكون مؤذية لاسلاك الخدمات التي جهدها بالاساس هو جهد الارض.

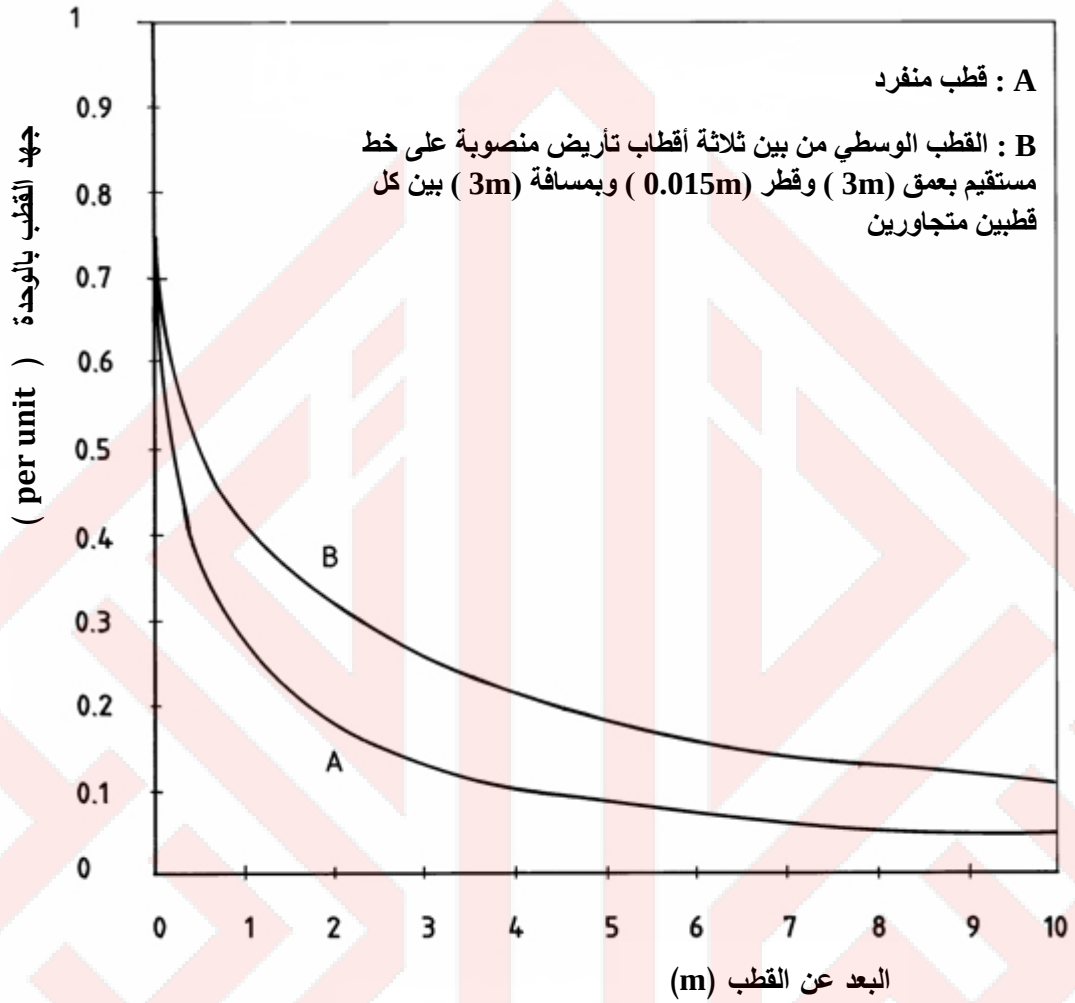
من المهم ايضا معرفة انحدار الجهد على سطح الارض ، فقد يتسبب فرق الجهد في نشوء خطر على حياة الاشخاص الذين على تماس مباشر مع نقطتين تكونان على مسافة كافية ، أو قد يسبب فرق الجهد هذا تلفا" في الأجهزة الكهربائية.

2-5/2 قواعد عامة

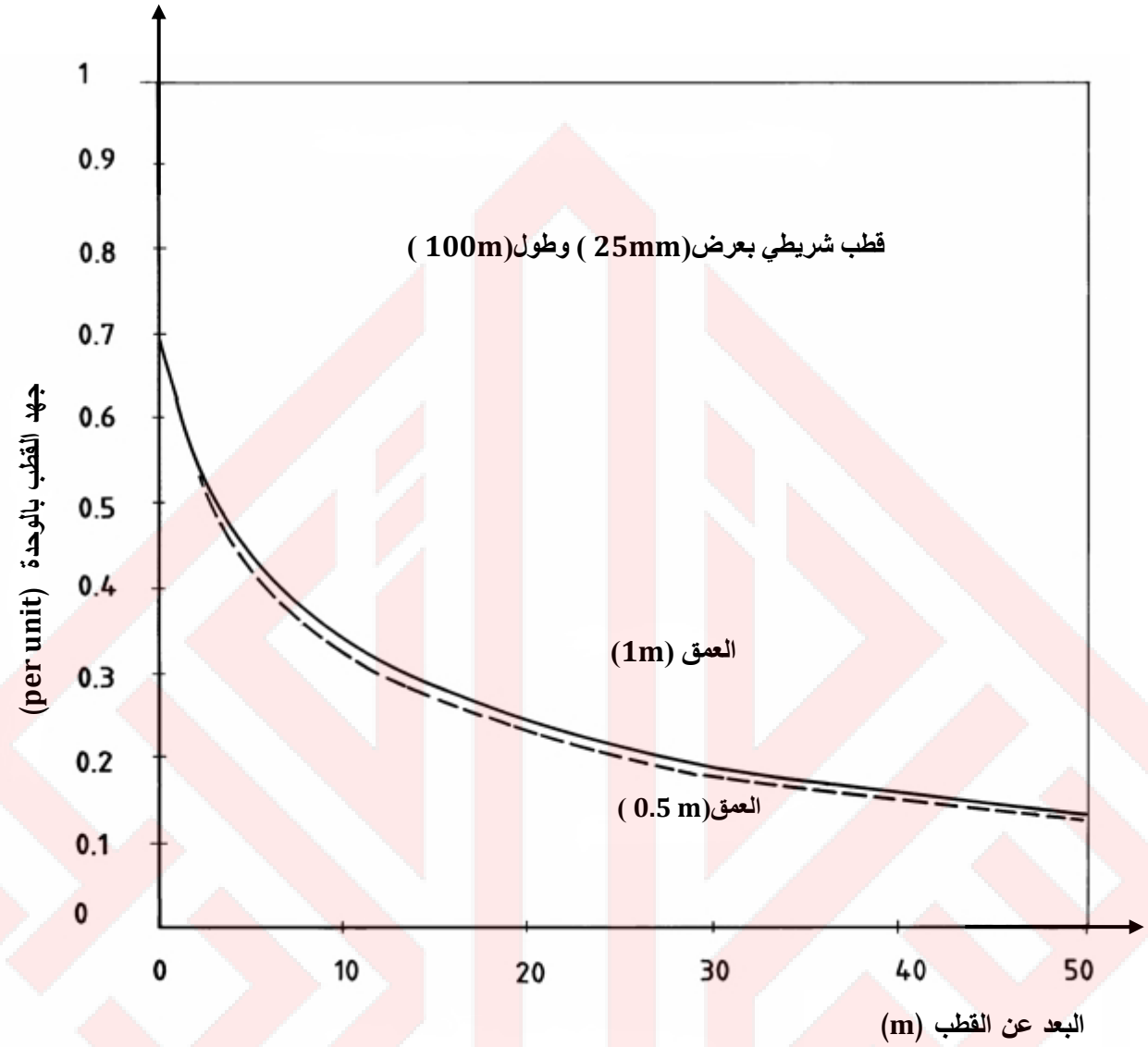
التالي يمثل القواعد العامة للجهد وانحدار الجهد في الارض حول اقطاب التأريض [1].

1-يكون انحدار الجهد الابتدائي عالياً للاقطاب العمودية خلال السنتمترات القليلة القريبة من القطب كما مبين في الشكل (2-5/1) الذي يوضح انحدار الجهد قرب سطح الارض حول قضيب قطب مفرد طوله (3م) المنحنى(A) ويوضح المنحنى (B) في نفس الشكل السابق انحدار الجهد محسوبا عموديا على الخط الواصل بين ثلاثة اقطاب منصوبة على خط مستقيم وتفصل مسافة (3م) بين كل قطبين متجاورين فيها. من الواضح هنا انه رغم الانخفاض المحدود لجهد قطب معين وعلى بعد حوالي (2م) منه. الا أن التأثير العام على مسافات اكبر هو زيادة جهد الارض وانحدار الجهد. ولتيار عطل معين فان استعمال أقطاب متعددة للتأريض سوف يساعد على تقليل قيمة المقاومة الأرضية المكافئة(وجعلها تصبح اقل من المقاومة الارضية للقطب المفرد) وسوف ينتج من ذلك جهد وانحدار جهد اقل بكثير من ذلك الناتج من القطب المفرد.

2-يكون انحدار الجهد للاقطاب الافقية اصغر بكثير من انحدار جهد الاقطاب العمودية كما هو موضح في الشكل (2-5/2) والذي يبين توزيع انحدار جهد الارض قرب قطب تأريض افقي شريطي. ان اعلى انحدار جهد يقع على بعد من القطب يساوي طوله. كذلك يكون انحدار الجهد بين الاقطاب الافقية اقل من السابق. تجدر الاشارة الى ان تحديد القطب الافقي ضمن الحدود المستعملة الاعتيادية له تاثير قليل على بعد سطح الارض.



الشكل 2-1/5: جهد سطح الارض حول قطب منفرد(A) وحول القطب الوسطي (B)لثلاثة اقطاب تأريض منصوبة بخط مستقيم[1]



الشكل 2-2/5 : انحدار الجهد قرب قطب تأريض شريطي افقي[1]

3- يتكون توزيع جهد الأرض الناتج من نصب اكثر من قطب من مساحات معزولة حول كل قطب، حيث يكون كل من الجهد وانحدار الجهد عاليين وربما يتسببان في اخطار. كما يكون توزيع الجهد بين هذه المساحات على شكل ممرات بجهد واطئ والتي قد تشكل قيمها خطرا على شخص يلامس أجزاء موصلة تكون بتماس اما مع الاقطاب أو مع كتلة الارض بمواقع أبعد.الشكل (2-3/5) يوضح توزيع جهد سطح الارض على الحد الوسطي لخط مكون من اربعة اقطاب كل منها على شكل قضيب قطره 15 ملم وطوله (3 متر) وموضوعة بمسافات بينية مقدارها (5 م). إن مثل هذا التغيير الشديد في جهد الارض قرب او ضمن منشاة ربما يكون غير مقبول وقد يتطلب المعالجة لخفض جهد الارض. ومن الطرائق المناسبة للمعالجة أن يتم استعمال اقطاب اضافية مكونة من شرائط او اسلاك مدفونة على عمق (0.25-0.6)م تحت سطح الارض .

4- تكون الأقطاب الإضافية المدفونة المكونة من شرائط او اسلاك من مادة النحاس او الفولاذ غير المغلف جزءاً من منظومة التأريض. اختيار عمق القطب يجب ان يضمن حماية الموصلات وروابطها بالاضافة لحمايتها من الصقيع. اما استعمال الالمنيوم فيتم تحت الارض فقط محميا من التماس مع الارض والرطوبة.

5-تكون لمقاومية الارض اهمية كبيرة بسبب ان جزءاً كبيراً من جهد القطب يتولد في السنتمترات القريبة من الارض المحيطة به. ففي التربة عالية المقاومية وعندما يتعذر استعمال اقطاب اضافية يتوجب معالجة الارض او استبدالها بالخرسانة لتقليل مقاومة الاقطاب وهذه المعالجة او عملية الاستبدال تتم في منطقة نصب الاقطاب فقط. وطالما ان موصلية التربة تتأثر بكثافتها باستثناء التربة المشبعة بالماء فستكون هناك اهمية كبيرة للرص الجيد مع عدم اثارة التربة المماسة للاقطاب .

2-5/3 حسابات جهد سطح الارض للاقطاب العمودية

يمكن بصورة تقريبية تقدير النسبة بين جهد نقطة ما على مساحة الارض المحيطة بقطب التأريض كما في الشكل (2-5/4) وتبعد بمسافة x عنه (V_x) وجهد قطب التأريض (V_E) الناشئ بسبب مرور تيار العطل خلال قطب التأريض العمودي باستعمال المعادلة التالية[1] :

$$\frac{V_x}{V_E} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\ln\left\{\alpha_i + \sqrt{(\alpha_i^2+1)}\right\}\right]}{\left\{(1+\lambda\beta)\left(\ln\left(\frac{4L}{d}\right)\right)\right\}} \qquad \textbf{(1/5-2)}$$

حيث أن:

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

$$\beta = \frac{L}{s\ln\left(\frac{4L}{d}\right)}$$

(V_x) هو الجهد الكهربائي على نقطة تبعد بمسافة x عن مركز قطب التأريض

(V_E) جهد قطب التأريض(على افتراض ان جهد كتلة الارض كمرجع يساوي صفرا")

(L) هو الطول المدفون للقطب (m)

(r_i) هو المسافة من نقطة (x) على الارض الى القطب رقم(i^{th}) على ان تكون المسافة اكبر من نصف قطر القطب (m)

(n) هو عدد اقطاب التأريض

(λ) هي عامل ترتيب مجموعة الاقطاب (يؤخذ من الجدولين(2-3/3) و (2-4/3) من الفصل الثالث)

(d) هو قطر القطب او الاقطاب (m)

(s) يمثل المسافة البينية للاقطاب بافتراض ان المسافة البينية متساوية لكافة الاقطاب(m)

يفترض عند استعمال المعادلة 2-5/1 ان المسافة البينية بين الاقطاب(s) لاتقل عن ($\frac{2}{3}$) طول قطب التأريض وان تيارات الاقطاب متساوية.

عند استعمال قطب مفرد تكون القيم :

$n = 1$, $\lambda = 0$, $\frac{V_x}{V_E}$ يمثل نسبة جهد المحل الهندسي لنقاط متساوية الجهد على نصف القطر (r) حول القطب.

2-5/4 حسابات جهد سطح الارض للاقطاب الافقية

تحسب النسبة ($\frac{V_x}{V_E}$) من جهد قطب التأريض الافقي لنقطة (x) واقعة على الخط العمودي على خط الاقطاب (الشكل 2-5/5) من المعادلة التالية [1]:

$$\frac{V_x}{V_E} = \frac{\sum_{i=1}^{n} 2\left[\ln\left\{\alpha_i + \sqrt{(\alpha_i^2 + 1)}\right\}\right]}{\left\{F\left(\ln\left(\frac{L^2}{hd}\right)\right)\right\}} \qquad \textbf{(2/5-2)}$$

$$\alpha_i = \frac{L}{2\sqrt{(h^2 + r_i^2)}}$$

حيث:

(n) يمثل عدد الاقطاب

(h) عمق الاقطاب بعداً عن سطح الارض(m)

(r_i) المسافة على سطح الارض من نقطة (x) الى نقطة عمودية فوق القطب رقم (i^{th}) (m)

(L) طول كل قطب (m)

(d) هو قطر كل قطب (m) اما بالنسبة للأقطاب الشريطية فان العامل d يحسب من العلاقة التالية:-

$$d = \frac{2w}{\pi}$$

حيث ان w عرض القطب الشريطي (m)

(F) هو عامل المجموعة الذي يعتمد على عدد من الاطوال (L) الموضوعة بصورة متوازية وعلى مسافة

(s) عن بعضها البعض والمربوطة معا" ويحسب هذا العامل كالتالي:

- اذا كانت الاطوال مستقيمة وبعدد (2) فان قيمة العامل F

$$F = 0.5 + 0.078\left\{\left(\frac{s}{L}\right)^{-0.307}\right\} \qquad \textbf{(3/5-2)}$$

- اذا كانت الاطوال مستقيمة وبعدد (3) فان قيمة العامل F

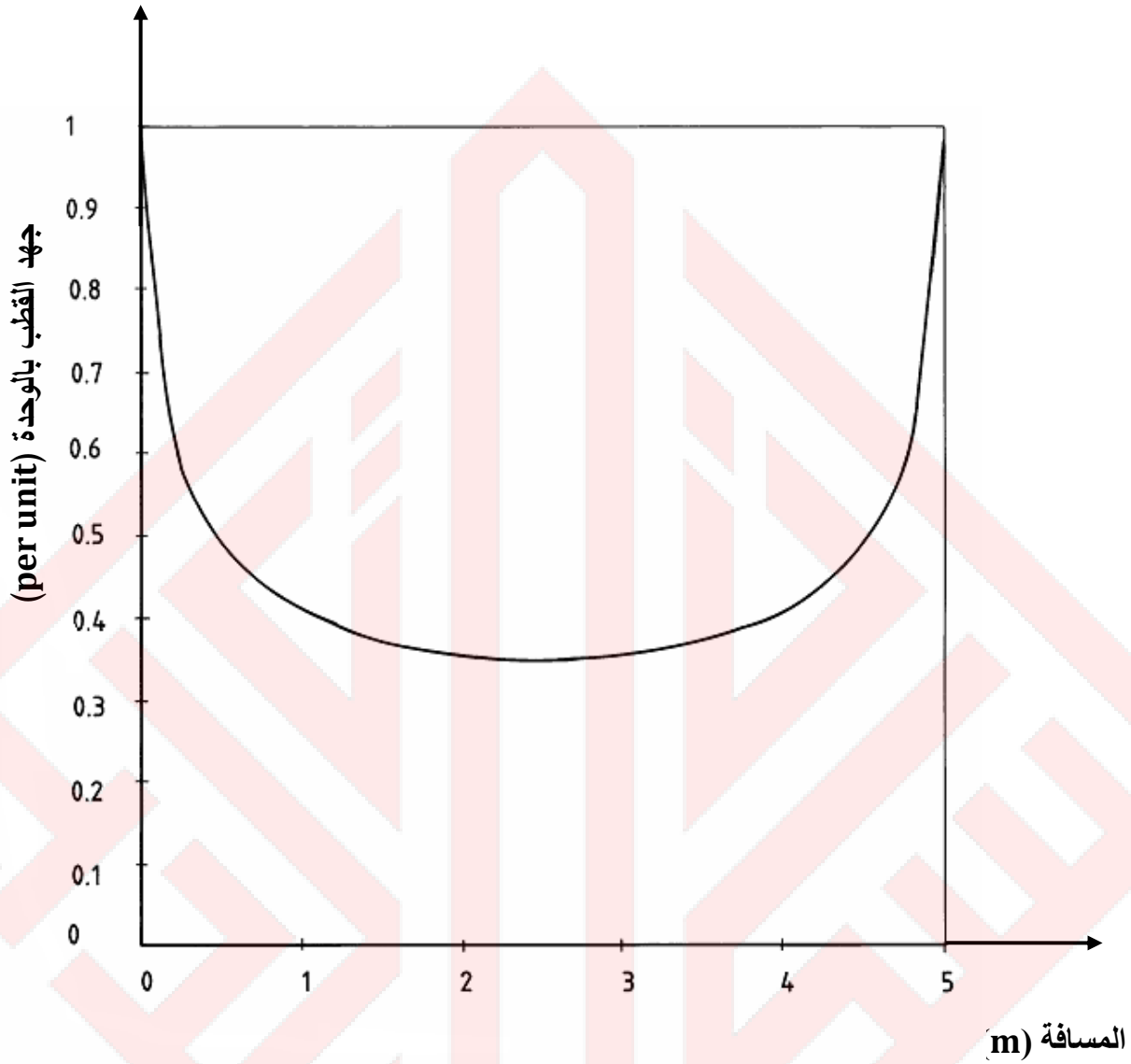
$$F = 0.33 + 0.071\left\{\left(\frac{s}{L}\right)^{-0.408}\right\}$$

- اذا كانت الاطوال مستقيمة وبعدد (4) فان قيمة العامل F

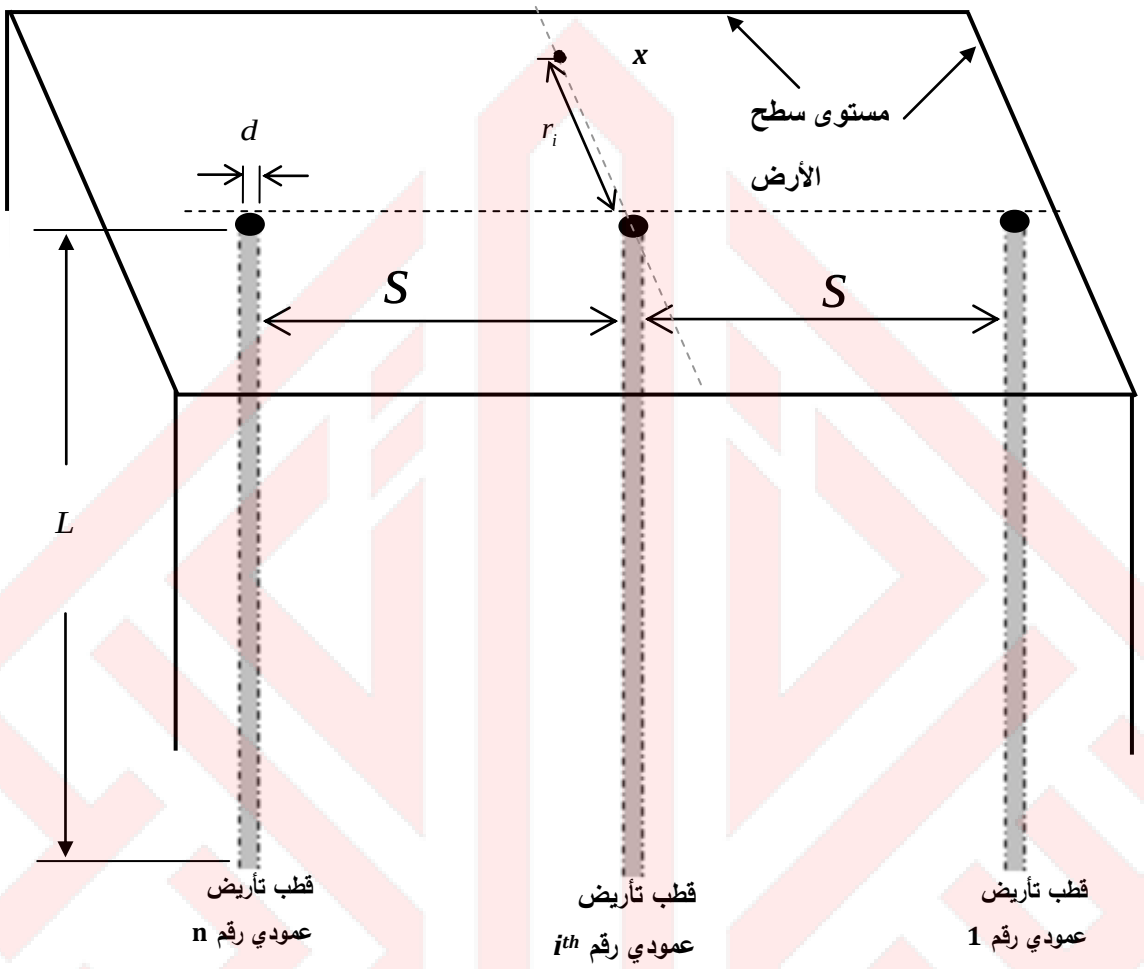
$$F = 0.25 + 0.067\left\{\left(\frac{s}{L}\right)^{-0.451}\right\}$$

بشرط $0.02 \le \left(\frac{s}{L}\right) \le 0.3$

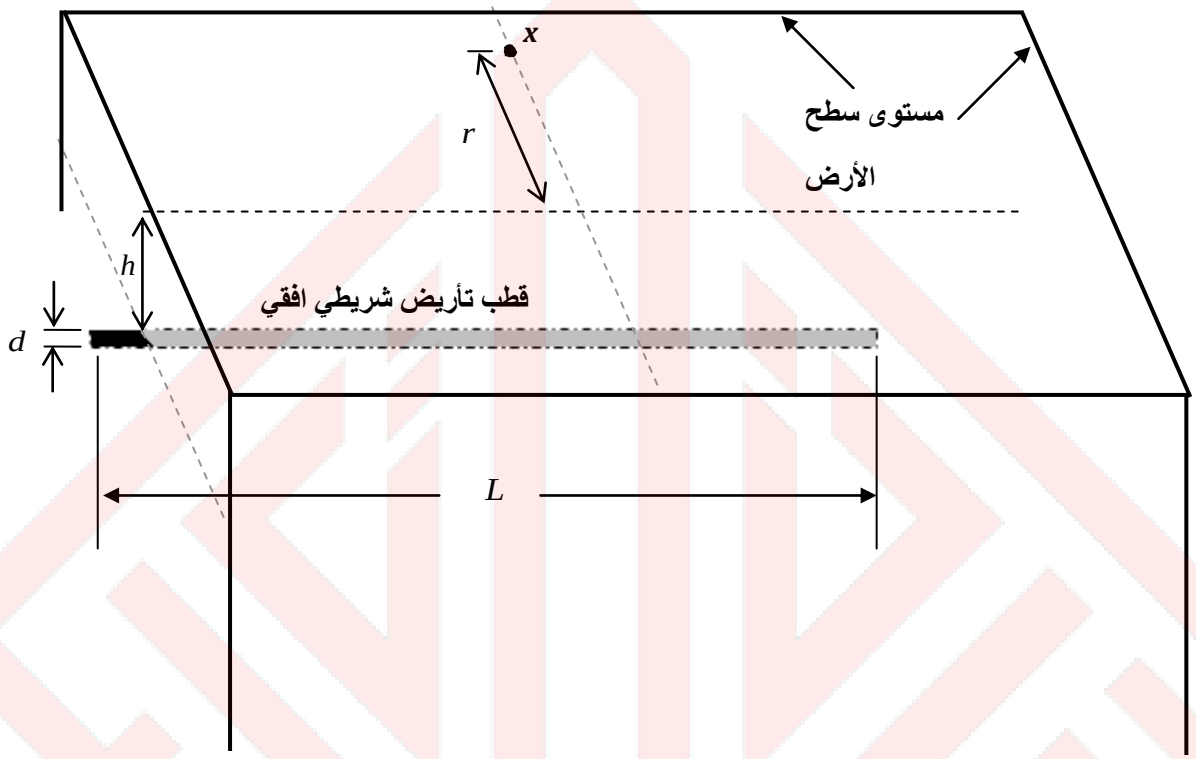
عندما يكون هناك قطب منفرد (n =1) يكون عامل المجموعة (F=1) علما أن المعادلات المذكورة آنفا" تفترض ان عمق القطب يكون قليلا" نسبة الى طوله وان تيارات الاقطاب متساوية.



الشكل 2-3/5: توزيع جهد سطح ألارض على طول الخط الواصل بين كل قطبين متجاورين والمسافة البينية بينهما(5m)[1]



الشكل2-4/5: حساب الجهد عند النقطة *x* قرب مجموعة أقطاب تأريض عمودية طول كل منها *L* وقطره *d* والمسافة البينية بين كل قطبين متجاورين *S*



الشكل2-5/5: حساب الجهد عند النقطة *x* قرب قطب تأريض افقي شريطي طوله *L* وقطره *d* مدفون بعمق *h*

2-6 فحص واختبار منظومات التأريض وفحص مقاومة التربة

2-6/1 مقاومة التربة

المقاومة الأرضية لأي قطب تعتمد على المقاومية الكهربائية للتربة التي يغرزفيها القطب ولهذا يعد هذا العامل مهماً في اختيار نوع منظومة الحماية المناسبة.

إن تركيب ونوع التربة هما من ضمن عوامل أخرى تحدد مقدار المقاومية وكما مبين في الجدول (2-6/1). وبسبب الخاصية الالكتروليتية لهذه المقاومية فإنها تتأثر بالمحتوى الرطوبي للتربة والتركيب الكيميائي وتركيز الأملاح المذابة في المحتوى المائي .كذلك يؤثر حجم حبيبات التربة وتوزيعها ومدى انضغاطها على المقاومية، فهذه العوامل تسيطر على طريقة حفظ الرطوبة في التربة. وحيث إن هذه العوامل تتغير موقعيا ومع الزمن فان القيم الواردة في الجدول (2-3/1) هي تقريبية جدا وتؤخذ كمؤشر عام للمقاومية فقط. لذا يجب قياس القيم المحلية للمقاومية.

2-6/2 العوامل المؤثرة على مقاومية التربة

إن قيم مقاومية التربة الحقيقية لا تعتمد على الطبقات السطحية من التربة فقط وإنما على الطبقات الجيولوجية تحت هذه التربة السطحية وعلى ترتيب طبقاتها .حيث تحدد الأخيرة نوع وعمق القطب الأرضي المناسب.

وكذلك يجب الانتباه إلى إن لدرجة الحرارة قرب وتحت درجة الانجماد تأثيراً على المقاومية . ففي المناطق المعرضة للصقيع يجب أن يكون غرز الأقطاب إلى أعماق لاتتاثر به, لذلك تعتبر في هذه الحالة مسافة المتر الاول من عمق قطب نظام التأريض غير فعالية.

وحيث أنه لايمكن تغيير طبيعة ومواصفات التربة الأساسية في أي منطقة لذلك فبالأمكان إما معالجة تثبيت الأقطاب الأرضية كما سيرد في البند (3)أو اختيار المكان الأفضل لتثبيت الأقطاب ضمن خيارات منطقة المنشاة المراد حمايتها للحصول على مقاومية الأرض المناسبة.

فعندما تكون هنالك خيارات في الموقع فالافضلية لأنواع التربة تكون كالتالي.

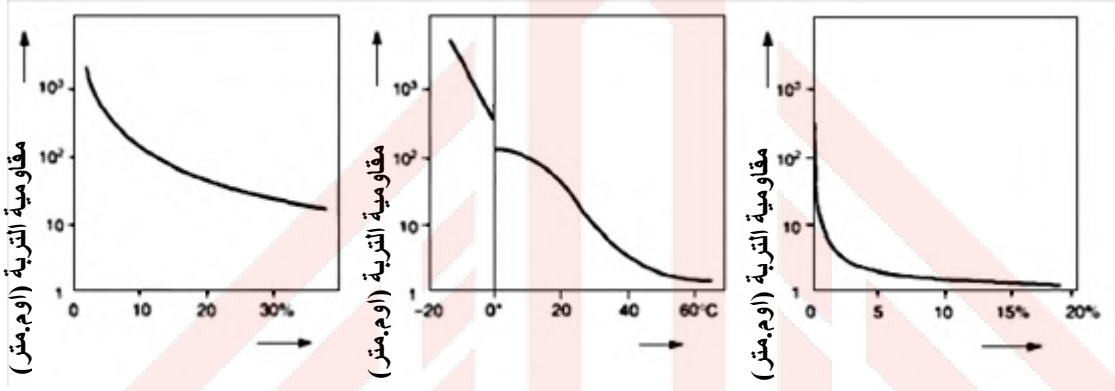
1. ارض مشبعة بالماء(مستنقع).

2-ارض طينية او تربة طفلية(ناعمة) او ارض صالحة للزراعة او تربة طينية او طفلية مع محتوى قليل من الرمل.

3. تربة طينية طفلية مخلوطة بكميات من الرمل والحصى والركام .

4. رمل او تربة ملبدة برطوبة عالية او مشبعة بالماء.

أما الرمل والحصى والركام والتربة الجيرية والكلسية والغرانيتية والصخرية فيجب تجنبها وكذلك الترب التي تكون فيها طبقة صخرية قريبة من السطح. في مثل هذه الحالات يجب حفر واستبدال التربة في موقع القطب.



الشكل 2-1/6: **تأثير المحتوى الرطوبي ودرجة الحرارة ونسبة تركيز الاملاح على مقاومية التربة[** 9]

الجدول 2-1/6 **متوسط قيم مقاومية الارض [9].**

نوع التربة	متوسط المقاومية (Ω.m)
تربة عضوية رطبة	10
تربة رطبة	$^{2}10$
تربة جافة	$^{3}10$
تربة صخرية	$^{4}10$

3/6-2 مقاومية التربة (ρ)

تعتمد قيمة مقاومية التربة (اوم- م) على نوع ومكونات التربة وعلى تركيبها الكيميائي والمقصود به تركيبة الأملاح والمعادن فيها كذلك تعتمد القيمة على المحتوى الرطوبي ومستوى سقوط الامطار في المنطقة. الجدول (2-1/6) [1] يوضح القيم المتوقعة التقريبية لمقاومية أنواع مختلفة من التربة. وهذه القيم تستعمل في الحسابات الاولية فقط إذ يتطلب تصميم محطة التأريض بصورة صحيحة إجراء قياس لمقاومة التربة في مواقع محيطة بمنطقة غرز الأقطاب والاعتماد على قيمة متوسطة للقيم التي يتم قياسها.

ان تأثير عوامل الرطوبة والحرارة ومحتوى الملح في التربة على المقاومية مبين في الشكل (2-1/6)، والذي يبين التأثير الكبير لهذه العوامل . وحيث أنه ليس بالأمكان تغيير درجة حرارة التربة بشكل دائمي لبلوغ مقاومية اقل لها، الا ان كلاً من المحتوى الرطوبي والتركيب الكيميائي للتربة يمكن تغييرهما للحصول على مقاومية اقل للتربة. وقد وجد انه من الممكن تخفيض مقاومية التربة بنسب 15-90 % بواسطة المعاملة الكيميائية مع الاملاح التالية: [1]

1. الملح الاعتيادي (كلوريد الصوديوم ومزيج من الملح الاعتيادي والفحم الناعم).
2. سلفات المنغنيز.
3. سلفات النحاس.
4. كلوريد الكالسيوم.
5. كاربونات الصوديوم.

والشائع في العراق استعمال الفقرة (1) باستعمال مزيج من الملح الاعتيادي والفحم الناعم وذلك لوجود هذه المواد ورخص تكلفتها ويمكن التحكم بنسبة الإضافة للوصول للمقاومية المطلوبة, علما" أن هذه الطريقة بالمعالجة محددة في المناطق التي لاتحتوي على منسوب مياه جوفية مرتفع وذلك لتأثيره على المواد المذكورة آنفاً.

4/6-2 قياس مقاومة الارض

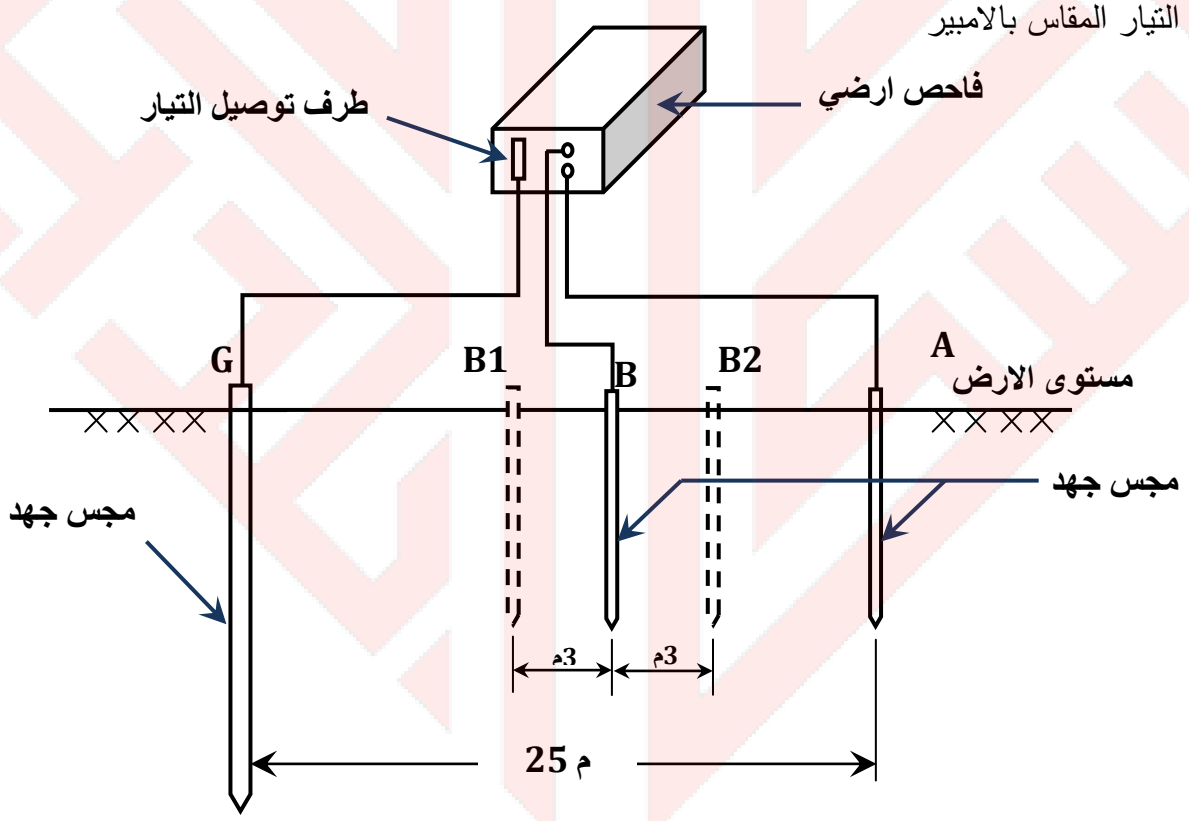
لغرض تصميم منظومات التأريض يتوجب معرفة مقاومة التربة الحقيقية في موقع محطة التأريض وبالرجوع للقيم النظرية المعطاة في الجدولين (2-1/3) و (2-1/6) يمكن وعند الحاجة تغيير معاملات التأريض للحصول على القيم المطلوبة لمقاومة الارض. تقاس مقاومة التربة باستعمال منظومة فحص مكونة من فاحص ارضي وجهاز. يعمل الفاحص على توليد فرق جهد ثابت،أما الجهاز فله ثلاثة مجسات، أثنان لقياس فرق الجهد والثالث لقياس التيار. الشكل (2-2/6) يوضح طريقة القياس حيث يثبت احد مجسي فرق الجهد (A) بثقب في الارض على بعد 25 مترا" من محطة التأريض (G) التي يجري قياس المقاومة فيها.

اما مجس فرق الجهد الثاني (B) فيوضع بين المحطة والمجس الاول (A). يرتبط مجس التيار بمحطة التأريض كما مبين في الشكل (2-6/2) . يتم قياس المقاومة عند موقعي المجسين (A)(B) ثم يتم اخذ قياسين اخرين بعد تحريك المجس (B) مسافة حوالي 3م لكل جانب من الموقع الاول. فاذا كانت القيم المقروءة ثابتة قبل وبعد تحريك المجس (B) يمكن عندها حساب القيمة الحقيقية لمقاومة التربة. اما اذا كانت القيم مختلفة فيتم تحريك المجس (A) لمسافة ابعد بحوالي 6م من موقعه الاول وتعاد العملية وتستمر هذه الطريقة لحين الحصول على قراءات متساوية للمواقع الثلاثة للمجس (B)[6] ويمكن اجراء نفس القياس باستعمال نضيدة ومقياس فرق جهد ومقياس تيار كما مبين في الشكل (2-6/3) وهنا يجب ان تكون قراءة مقياس فرق الجهد ثابتة للمواقع الثلاثة كما في الجهاز الاول. وتحسب مقاومة القطب الى الارض (Rg) باستعمال المعادلة البسيطة [1].

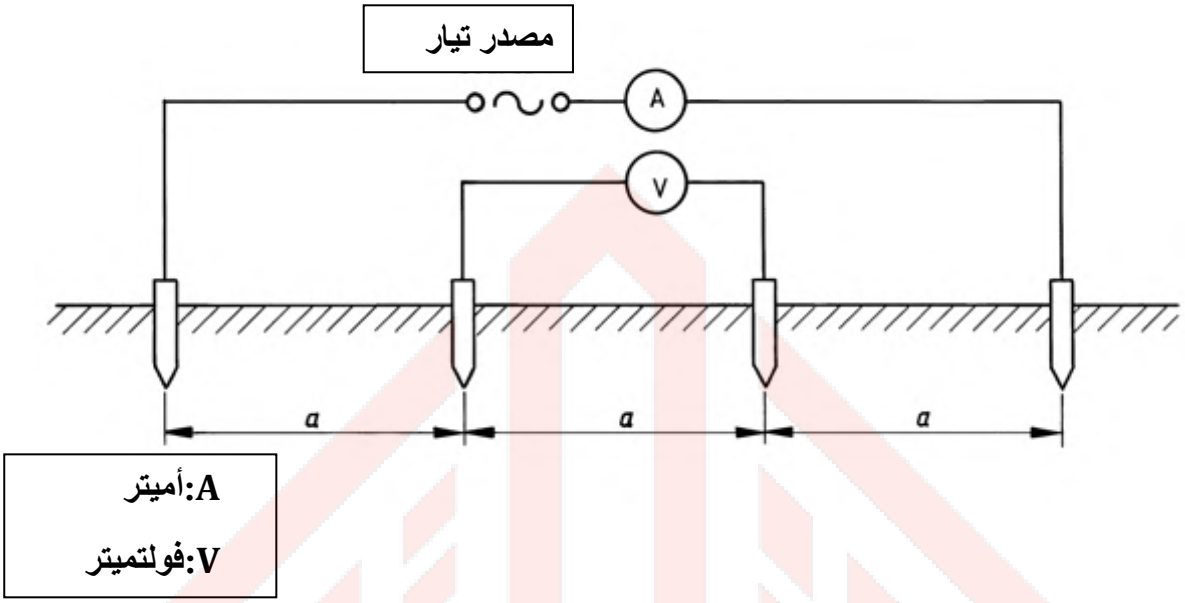
$$Rg = V/I \ (\Omega) \qquad (2-6/1)$$

حيث يمثل V فرق الجهد المقاس بالفولت

و I التيار المقاس بالامبير



الشكل 2-6/2 قياس مقاومة الارض باستعمال فاحص ارضي[9] .



الشكل 2-3/6 قياس مقاومية الارض باستعمال مقياسي تيار و جهد كهربائي[1] .

2-5/6 التحري والاختبار الدوري لمنظومة التأريض

2-1/5/6 مقدمة

من المتوقع ان تكون القيم الحسابية النظرية لمقاومة الاقطاب محدودة الدقة بسبب أن القيم الحقيقية لمقاومية التربة وتجانسها طوال السنة لاتتوافق في اغلب الاحيان مع القيم المفروضة. فكما ورد سابقا تتغير مقاومية الارض باستمرار اعتماداً على المحتوى الرطوبي للتربة الذي يتغير في اغلب الاحيان مع المواسم السنوية وربما باستمرار بسبب عوامل تغير المياه الجوفية وعملية البزل المستمرة، كذلك تتغير مقاومية الأرض مع تغير درجات حرارة التربة مع المواسم. لذلك ينصح بفحص مقاومة الاقطاب عند نصب المنظومة وبعدها, مع تكرار الفحص على فترات منتظمة.إن هذه القياسات تضمن التأكد من فعالية منظومة التأريض في مرحلتي التصميم وعند الاستعمال. ولمقارنة نتائج الفحص يجب ان يجري في اوقات متماثلة كل سنة لجعل تأثير المحتوى الرطوبي للتربة ودرجة حرارتها في هذه القياسات متجانس قدر الامكان. كما يفضل اجراء هذا الفحص في نهاية فترة الجفاف كل عام.

وبمقارنة النتائج السنوية يمكن ملاحظة وجود الحاجة للمعالجة الفورية او الحاجة للمعالجة في المستقبل. كذلك تعطي القياسات القيم الأعلى (الاسوأ) للمقاومة والتي يتم التحقق عندها من الاداء المطلوب من اجهزة فصل الدوائر الكهربائية.

إن عملية الفحص المتكرر يجب ان تتضمن اختبار الاداء الجيد للموصلات وملحقاتها حتى عندما تكون معرضة للتلف، كذلك ملاحظة اي مؤشرات قد تؤدي الى زيادة مقاومية التربة حول الاقطاب.

2-6/5/2 قياس مقاومة الاقطاب الأرضية

يجب اخذ الحيطة عند فحص الاقطاب الارضية حيث ان فرق الجهد المستعمل قد يتضمن خطورة في بعض الاحيان. عند نصب الاقطاب سيكون من المؤكد ان ترتبط بصورة متعامدة او عرضية باجزاء اخرى .

للمنظومات الجديدة او لعمليات نصب الاقطاب الجديدة من الممكن اجراء القياسات قبل توصيل الاقطاب التي ستكون معزولة كهربائيا.اما في فحص الاقطاب الارضية المنضّدة فلا يسمح بفصلها عن الدائرة الكهربائية الا اذا كانت المنظومة مفصولة كهربائيا من كافة مصادر الطاقة. ويمكن حل مشكلة فصل الاقطاب كهربائيا في بعض الاحيان عند وجود اقطاب متعددة في منظومة بفصل احدها للفحص على ان تكون المقاومة للاقطاب المتبقية في المنظومة وافية لعملها.

إن دقة القياسات تخضع لعدة عوامل يجب اخذها بالاعتبار عند تقييم معطيات هذه القياسات. فبالاضافة الى تغير مقاومية الارض الموسمية فوجود اجسام اخرى موصلة قريبة في الارض مثل القابلوات والانابيب وحديد التسليح في الاسس بالاضافة الى الاقطاب الموصلة الاخرى كلها قد تؤثر في عملية القياس. لذلك فالقيم التي يتم الحصول عليها عند فحص المنظومات المنضدة على الرغم من عدم دقتها فأنها تعطي معلومات مفيدة عن استقرارية منظومة التأريض. وهكذا ستتوافر معلومات أفضل عند اجراء قياسات المنظومات الجديدة من تلك التي تستند على معطيات نظرية لان القياسات تشمل ضمنيا اي عدم تجانس في مواصفات التربة .ورغم ان قواعد القياس بسيطة نسبيا الا انها تحتاج الى تعديل بسبب الظروف والمتطلبات العملية. فلمقارنة القطب الارضي المفرد تتوفر نهاية واحدة فقط وهي القطب نفسه اما النهاية الاخرى لقياس المقاومة فيجب ان تكون نظريا على مسافة غير محددة منه.

عمليا القياس يجري على ان تتضمن نهايته الجزء الاعظم من المقاومة الكلية . وتعتبر نسبة 98% من المقاومة الكلية جيدة جدا ان امكن الحصول عليها. وفي اغلب الاحيان ليست هناك فائدة من بذل الجهد للحصول على دقة اكبر حيث ان ضمن هذه النسبة من المقاومة يوجد عدم تجانس ملحوظ في التربة بالاضافة للعوامل المؤثرة الاخرى. لذلك فنسبة خطأ 2% تعتبر مقبولة جدا وخطأ بنسبة 5% يكون في العادة مقبولا" والشكل (2-6/4) يوضح الطريقة المفضلة لعملية القياس حيث يمرر تيار معلوم بين القطب المراد قياس مقاومته (X) وقطب اضافي (Y) ثم يتم قياس انخفاض فرق الجهد بين القطب (X) وقطب اضافي اخر(Z).وبذلك ستكون مقاومة القطب (X) هي حاصل قسمة فرق الجهد بين القطبين (X) و (Z) مقسومة على التيار المار بين القطبين (X) و (Y). علما" أن وسيلة تجهيز التيار وقياس فرق الجهد والتيار او النسبة بينهما تكون جهازاً واحداً وان كان هذا ليس ضروريا .

ان دقة القياس تتأثر بالعوامل التالية:

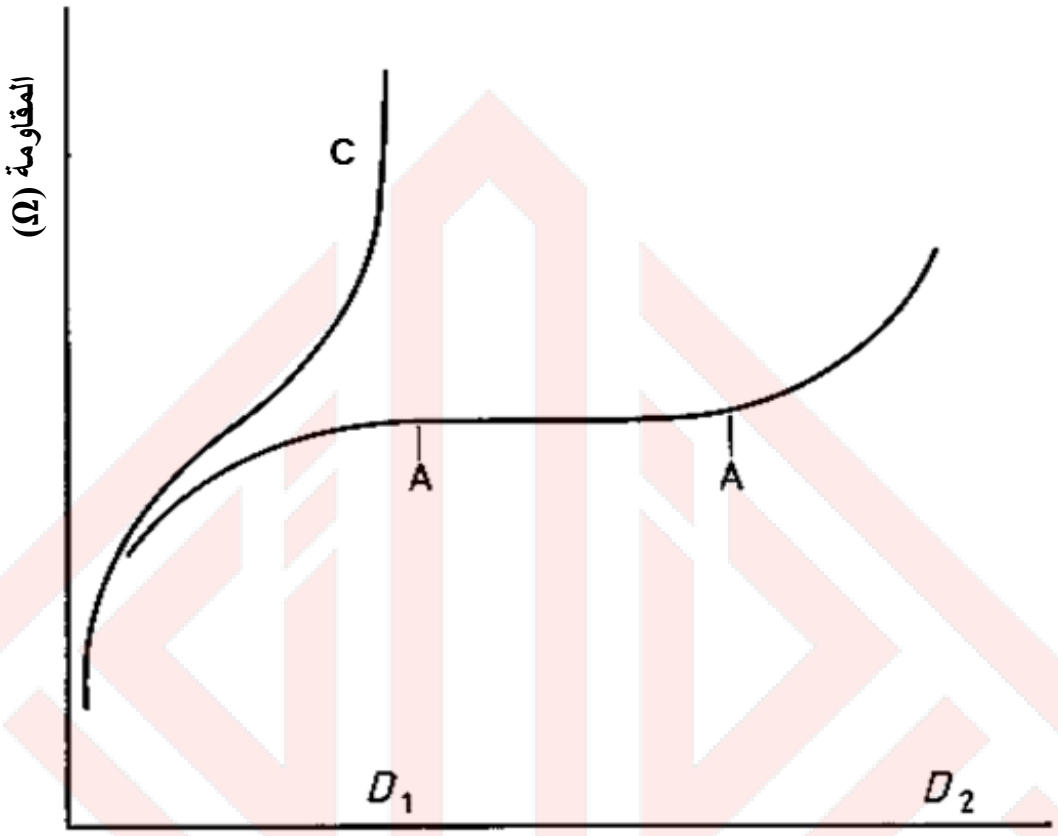
1. المسافة بين الاقطاب

المسافة بين القطبين (X) و (Y) يجب ان تكون كافية بحيث ان مساحة المقاومة لكل منها ،اي المساحة التي خلالها يتم الحصول على 98% من المقاومة, تكون مستقلة احدهما عن الاخرى.

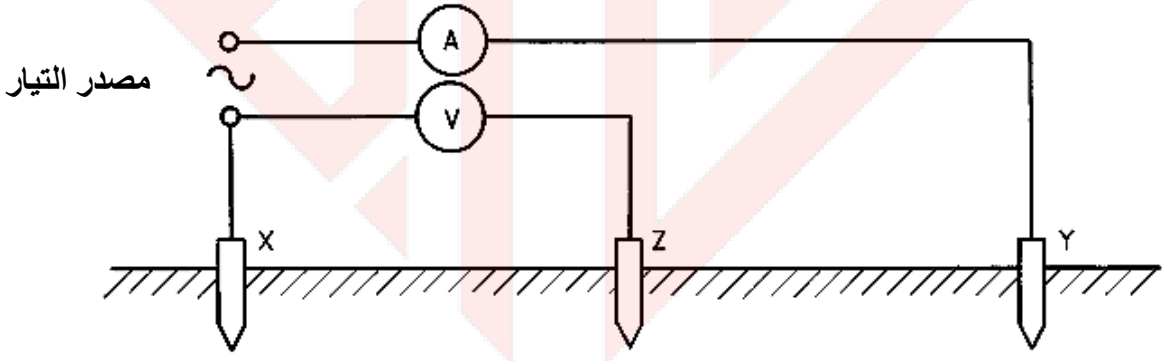
اذا كان (X) عبارة عن قضيب او لوح فيجب ان ينصب (Y) على بعد 30–50م و (Z) ينصب في نصف المسافة بينهما. بعد أخذ القراءات يتم تحريك مكان تنصيب(Z) على مسافة (7متر)تقريبا مرة بأتجاه (X) ومرة بأتجاه (Y) وتتم القراءات في كل حالة. فاذا كانت القراءات الثلاث تنتج قيم مقاومة تتفق مع درجة الدقة المطلوبة يكون معدلها هو مقاومة القطب(X)، اما اذا كانت الفروق في القراءات الثلاث خارج الدقة المطلوبة فيتم زيادة المسافة بين (X) و (Y) وتعاد العملية وهكذا لحين الحصول على الدقة المطلوبة. ان الطريقة المذكورة آنفاً لن تكون مناسبة عندما تكون للقطب (X) مقاومة منخفضة (اقل من 1 أوم). وهذا يحدث عندما يكون (X) قطباً ممتداً او يكون عبارة عن نظام اقطاب متصلة ضمن مساحة كبيرة ولايمكن فحص احدها على انفراد. في هذه الحالة يتم اللجوء الى رسم منحنيات مقاومة التربة وذلك بوضع القطب (Y) على مسافة بعيدة عن (X). وتكون هذه المسافة في العادة عدة مئات من الامتار ثم تتم عملية القياس كما ذكر آنفا" مع وضع القطب (Z) في عدة مواضع بين (X) و (Y). ويتم رسم علاقة بين المقاومة والمسافة بين القطبين (X) و (Z) ،فاذا لم يعطِ رسم هذه العلاقة جزءاً افقياً جيداً كما في المنحنى C المبين في الشكل (2–4/6), تعاد العملية باستعمال مسافات اكبر لوضع القطب(Y) وتكرر العملية لحين الحصول على جزء افقي من المنحنى (A-A) الذي يمثل مقاومة القطب كما مبين في الشكل المذكور آنفاً. في هذه العملية لايشترط ان يكون القطب (Z) في منتصف المسافة بين (X) و
(Y) .

2. التشويش بسبب تيارات الارض المشتتة .

إن توصيل الارض هو ظاهرة اليكتروليتية لذلك تنشا فروق جهود مستمرة صغيرة بين الاقطاب وفروق الجهود المستمرة والمتذبذبة المشتتة في الارض يتم التقاطها من قبل الاقطاب اذا كان هناك نظام جذب في المنطقة. يتم التخلص من كلا النوعين من التشويش باستعمال تيار متناوب بتردد مختلف عن ذلك الذي لتيار القدرة او توافقاته. يتم هذا باستعمال تردد مقداره 60–70 ذبذبة/ثانية. وفي حالة استعمال مولد صغير لتجهيز الطاقة لاجهزة القياس فيتم تغيير تردد التيار للحصول على افضل النتائج, علماً ان اجهزة القياس التي تستعمل التيار المتناوب تكون مجهزة عادة بمقوم تزامني في دائرة قياسها بحيث تستجيب فقط لاشارات فرق جهد بتردد مماثل لتردد تيارها.



الشكل 2–4/6 منحنيات مقاومة الارض[1] .



الشكل 2–5/6 قياس مقاومة القطب الارضي X [1] .

3. مقاومة الاقطاب الاضافية

مقاومات القطبين (Y) و (Z) تكون على التوالي مع دوائر اجهزة القياس ومولد الطاقة. يكون هذان القطبان بالغالب وللسهولة من الاقطاب المفردة والتي ربما تكون لها مقاومة عالية اعتمادا على مقاومية التربة التي يغرزان فيها. المقاومة في (Y)تزيد من متطلبات تجهيز القدرة المطلوبة لضمان قياس دقيق لفرق الجهد بين (X) و (Z) ومقاومة (Z) تكون على التوالي مع دائرة قياس فرق الجهد وربما تؤثر في دقة القياس. والمعلومات لاعلى القيم المقبولة لمقاومة الاقطاب الاضافية تجهز في العادة مع ادوات قياس مقاومة الارض.

2-3/5/6 قياس مقاومة الموصلات الارضية [1]

يمكن استعمال الانواع التالية من اجهزة قياس المقاومة .

1. مقياس مباشر للمقاومة (تيار مستمر) مزود بمولد يدوي.

2 مقياس مباشر للمقاومة مزود ببطارية.

3.طقم فحص (تيار متناوب) يستعمل التيار الرئيس ويحوي على محول مناسب لتوفير عزل يطابق المواصفة [10]

إن المقاييس التي لاتعطي نتائج على شكل قراءات رقمية مثل تلك التي تصدر اصواتاً او تتغير اضاءة مصابيحها يجب ان لاتستعمل مطلقاً لاثبات ملاءمة موصلات التأريض من الاجهزة الثلاثة المذكورة آنفاً.

النوعان الاول والثاني يختلفان فقط في مقدار تيار الفحص ويستطيعان قياس مقاومة الموصل فقط.

أما النوع الثالث فيستطيع تجهيز تيار فحص عالٍ والذي يحدد بالعادة بحدود 25 أمبير بسبب قدرة و وزن المحول.

إن دقة القيم المقيسة لمقاومة الموصلات الأرضية تكون مفضلة إن كانت بحدود خطأ تبلغ 5%. وللحصول على مثل هذه الدقة مع المقاومة المنخفضة للموصل يكون من المهم اختيار طرائق القياس المناسبة مع وجوب الرجوع الى تعليمات مصنعي الاجهزة للتأكد من الشروط الواجب توافرها للحصول على الدقة المطلوبة. ان المقاومة او الممانعة المقيسة عدا في قياسات الاطراف الاربعة تشكل حلقة تحوي الموصل المطلوب فحصه وموصل الارجاع واسلاك القياس. ولغرض ان لايكون هناك خطا كبير يجب ان تكون مقاومة كل من موصل الارجاع واسلاك القياس منخفضة قدر المستطاع. وكذلك يجب ان تكون لكافة اجزاء الربط مقاومة منخفضة.

إن ممانعة الموصلات ذات المغناطيسية الحديدية (Ferromagnetic Conductor) تتغير مع التيار ونسبة" لأحجام الموصلات المستعملة فأن أعلى ممانعة تحدث غالبا" عند تيارات ضمن حدود 25-50 أمبير لذلك فان الفحص بهذه القيم للتيار سيعطي قيمة غير دقيقة لمقاومة هكذا موصلات لأن التأثير المغناطيسي يتناقص مع زيادة التيار وصولاً لتيار العطل (Fault current) المستقر كون هذا التأثير يكون كبيرا في المرحلة الأنتقالية(Transient)من تيار العطل. لذلك عند القيام بالفحوص باستعمال التيار

المستمر (DC)ويكون الجزء الرئيس من طول الموصل من معدن ذي خصائص مغناطيسية حديدية (Ferromagnetic) ينصح بأن يتم مضاعفة القيمة المقيسة للتعويض عن التأثير المغناطيسي[1].

2-7 دوائر وانظمة الاتصال عن بعد

2-7/1 المقدمة

في هذا الفصل يتم التطرق الى التعليمات الخاصة بطرائق تأريض قابلوات واجزاء منظومات الاتصال السلكية واللاسلكية مع ضوابط ومحددات منظومة الارضي والاحتياطات المتخذة لمنع الزيادة المفرطة في جهد منظومة الارضي للالآت ذات الضغط العالي.

2-7/2 تعليمات نصب القابلوات وتأريض اجهزة الاتصال

تشمل هذه التعليمات والقواعد حقلا واسعا جدا من التفاصيل والمفردات كما تشمل ايضا الاجهزة المستعملة في محطات الجهد العالي وتفرد الموصفات العالمية مدونات(كودات)خاصة بتأريض مثل هكذا محطات ومنها المواصفة (BS 6701-1).

2-7/3 الاحتياطات الواجب اتخاذها في تأريض دوائر الاتصال عن بعد

إن الاحتياطات والشروط الواجب توافرها او اتخاذها عند تصميم وتنفيذ منظومات التأريض للدوائر الكهربائية للاتصال عن بعد هي التالية.

1. تجهز المنشآت الكهربائية بروابط متساوية الجهد بحسب ماتشترطه المواصفتان (HD 384) و (BS)EN50310)

2. اجزاء الربط الارضي تنصب على وفق المواصفة (BS)EN50310 وتفحص على وفق المواصفة (BS7671).

3. اي جزء معدني خارجي (مثل اجزاء التسليح او التمدد) في قابلوات الالياف الضوئية يجب ان يكون جزءا" من منظومة التأريض بحسب المواصفة (BS7671) .

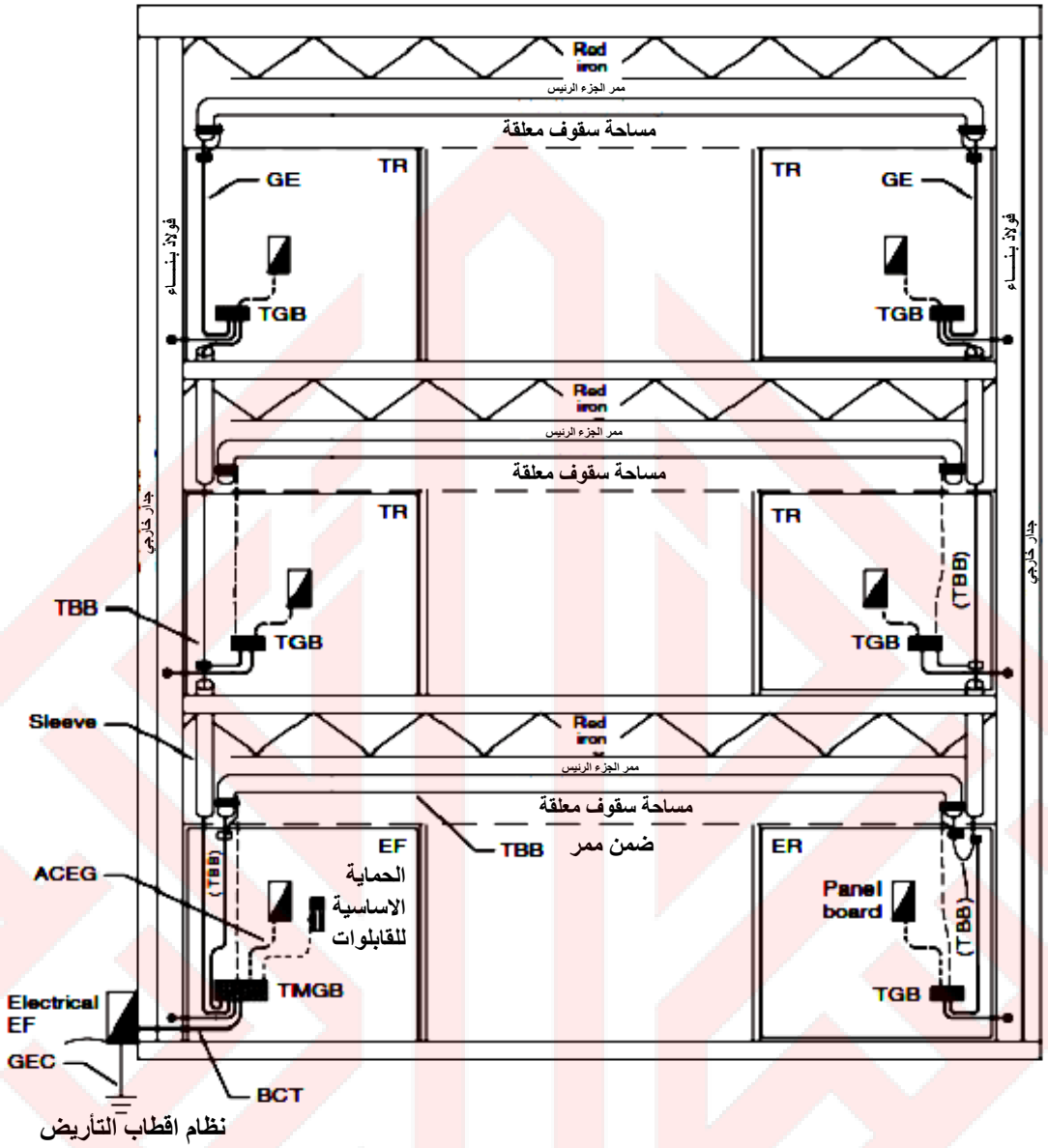
4. اي خطر جهد كهربائي من اي جزءٍ معدني في القابلوات يجب ان يحسب او يقدر ويخفض تأثيره قبل ان تنفذ عملية التأريض .

5. يجب تجنب الدوائر الحثية باختيار مسار مشترك لتسليك الانظمة المختلفة.
6. يجب استعمال القابلوات المعزولة مع او قابلوات الاشارة الثنائية المفتولة.

7. يجب ان تكون توصيلات الربط باقصر طول ممكن.

8.جميع الانابيب المعدنية لتجهيز الماء او الغاز او اي خدمات اخرى والقابلوات يجب ان تدخل البناية من نفس الموضع . كما يجب ان تربط وتوصل الالواح والشبكات المعدنية والانابيب المعدنية وروابط هذه الاجزاء بوحدة الربط الرئيسة متساوية الجهد الكهربائي Main Equipotential Bonding (MEB) للبناية التي يجب ان يكون لها موصلات ذات مقاومة منخفضة.الشكل (2-1/7) يوضح الطريقة الصحيحة لدخول القابلوات والانابيب الى البناية .

9. الواح السيطرة للتيار المتناوب يجب ان تؤرض بحسب المواصفات كما يجب تأريض محتوياتها بحسب مواصفات المصنع للالواح كما تكون مسؤولية المنفذ لمنظومات القابلوات الراسية والتي تحوي اجزاء معدنية متعددة ومربوطة معا ان يؤمن الربط لجميع المكونات وذلك بوصلها معا كهربائيا وبحسب المواصفات المطلوبة .



نظام اقطاب التأريض

Alternating current equipment ground	**ACEG**	ارضي اجهزة التيار المتناوب
Bounding conductor	**BC**	موصل ربط
Bounding conductor for communication	**BCT**	موصل ربط للاتصال
Entrance facility	**EF**	مدخل
Equipment room	**ER**	غرفة الاجهزة
Grounding equalizer	**GE**	معادل التأريض
Grounding electrode conductor	**GEC**	موصل قطب التأريض
Telecommunication bonding backbone	**TBB**	الجزءالرئيس لربط الاتصال عن بعد
Telecommunication grounding busbar	**TGB**	ساعد توصيل التأريض للاتصال عن بعد
Telecommunication main grounding busbar	**TMGB**	ساعد التوصيل الرئيس لتأريض الاتصال عن بعد
Telecommunication room	**TR**	غرفة الاتصال عن بعد

الشكل 2-1/7 مثال لمواصفات ترتيب منظومة تأريض لمركز معلومات[11].

2-7/4 الفصل من القدرة الرئيسة .

يجب فصل الدوائر الكهربائية لانظمة الاتصال عن بعد بحسب ماتشترطه المواصفة (BS7671)، مع الاخذ بالاعتبار الحيطة لتخفيض التشويش الكهربائي وعلى وفق المواصفة BSEN50174 وعندما تتشارك قابلوات القدرة وقابلوات المعلومات في المسارات نفسها يكون الفصل بينهما اماعلى وفق متطلبات المواصفة HD384 او المواصفة (BS EN5017-2) ايهما اكثر امانا".

2-7/5 الاحجام المطلوبة للجزء الرئيس لروابط انظمة الاتصال عن بعد وعامل التأريض [10]

يتكون الجزء الرئيس لروابط انظمة الاتصال عن بعد (TBB) من موصل نحاسي يتم اختيار مساحة مقطعه باصغر قياس ممكن اعتماداً على الطول المستعمل منه.وتتم عملية اختيار مساحة المقطع على وفق وحدات (kcmil)(thousand circular mils) التي تستعمل لقياس مساحة المقطع للقابلوات ذات القياسات الكبيرة غير الموجودة في مقياس الوحدات (IEC) كما مبين ذلك في الجدول (2-1/7). ويلاحظ منه ان اكبر قياس يمكن استعماله هو بمساحة مقطع (185 ملم^2) علما" أنه يفضل ان يكون هذا الرابط الرئيس من مكونات المنظومة (TBB) معزولا" كهربائيا". وتنطبق نفس الاشتراطات المذكورة آنفا"على موصل الربط لمنظومة الاتصال (BCT) الذي يجب أن تكون قياساته مشابهة لقياسات موصل الربط للمنظومة الرئيسة (TBB).

الجدول 2-1/7: مساحات المقطع المطلوبة بحسب الطول المستعمل في المنظومة [11].

اختيار مساحة المقطع (TBB)	
قياس القابلو (ملم^2)	طول (TBB) متر
16	اقل من 4
35	اكبر من 4 حتى 6
50	اكبر من 6 حتى 8
70	اكبر من 8 حتى 10
95	اكبر من 10 حتى 13
120	اكبر من 13 حتى 16
150	اكبر من 16 حتى 20
185	اكبر من 20

2-8 تأريض السقالات الوقتية والهياكل المعدنية المماثلة

2-8/1 الهياكل المعدنية المجمعة بواسطة المسامير اللولبية(البراغي) او الملازم الملولبة

بسبب استعمال المسامير اللولبية (البراغي) والملازم الملولبة في انشاء الهياكل المعدنية ولتعدد هذه التوصيلات فانها ستهيئ مسارات متعددة بمقاومة قليلة.
ورغم ان هذه الهياكل لاتصمم على اساس ان تكون متصلة كهربائيا الا ان واقع حالها يجعل من الممكن فتراض كل مقاومتها الكهربائية منخفضة. وبغض النظر عن نوعية المثبتات الارضية وروابط الاجزاء وكذلك بغض النظر عن طريقة اتصال هذه الهياكل والسقالات الوقتية بالمنشأة او البناية الاصلية, لايمكن افتراض ان هذه الهياكل والسقالات مؤرضة بصورة فعالية.
إن توزيع التجهيزات الكهربائية لمواقع العمل يجب ان يطابق المواصفة [B.S.7375-1996] باستثناء متطلبات الوقاية من الصواعق حيث يجب ان لايربط تأريض الهياكل والسقالات المعدنية المنصوبة خارج البناية بمنظومة التأريض الرئيسة للبناية نفسها عدا تلك الحالات التي يلزم فيها حماية هذه التراكيب من خطر الصواعق.
وعندما ينصب هيكل اوسقالة معدنية على جهة او حول بناية رئيسة لاتحوي على خدمات كهربائية وعندما لايتوقع استعمال اجهزة وآلات كهربائية لاعمال البناء لن تكون هناك ضرورة لتجهيز منظومة تأريض.
بخلاف ذلك وعند الحاجة لمنظومة تأريض للهياكل والسقالات يجب استعمال موصلات حماية من النحاس محمية ضد التاكل على الاقل بغلاف مكافئ لعازل قابلو مكشوف مفرد.ويجب ان يختار مسار الموصلات بحيث يمكن تجنب التلف الممكن حدوثه في اثناء العمل بسبب آلات العمل.
كما يجب ربط الموصلات على الهياكل والسقالات المعدنية بواسطة روابط مضادة للتاكل وبحسب المواصفة BS-951 وان تحمى هذه الروابط من التلف الميكانيكي.للاجزاء الشاملة (المحيطة بالبناية) من الهياكل والسقالات يجب ان تكون اجزاء ربط منظومة تأريض السقالات متواجدة على نقاط لاتبعد عرضيا اكثر من 20م بعضها عن بعض.

2-8/2 الحماية من الصواعق

اذا كانت الهياكل والسقالات المعدنية مرتبطة ببناية او منشاة مزودة بنظام مانعة صواعق خارجي فيجب ان يرتبط الهيكل بشبكة النهايات الهوائية والارضية للبناية. بخلاف ذلك يجب توفير حماية من الصواعق للهيكل المعدني المؤقت.
كذلك فأن الهياكل المعدنية الوقتية ذات الأرتفاعات العالية ربما تحتاج الى اقطاب تأريض منفصلة لتجهيز حماية كافية من الصواعق وكما سيرد بالتفصيل في الباب الثالث من هذه المدونة.

3/8-2 الهياكل الوقتية الاخرى

إن الهياكل الوقتية الأخرى التي لاتتطلب حماية من الصواعق والتي لاتكون قرب خطوط نقل الكهرباء الرأسية والتي لاتحوي دوائر كهربائية تعمل على جهد كهربائي متناوب اكبر من 25 فولت لاتحتاج الى منظومة تأريض او الربط بمنظومات اخرى.

مراجع الباب الثاني

[1].British Standard; BS 7430: 1998 "*Code of Practice for Earthing*",British Standards Institution, Second Edition, Nov. 1998.

[2].IEEE Standard 124™-2007, "*IEEE Recommended Practice for Commercial Power System"*, Green book, Institute of Electrical & Electronic Engineers.

[3] British Standard; BS 7430: 2011 **"**Code of practice for protective earthing of electrical installations "December 2011**.**

[4].ABB Sace "*Electrical Installation Handbook*" ,Italy ,2nd Edition,2004

[5].John D. McDonald,Editor, "*Electric Power Substations Engineering* ",CRC press, NewYork,2003.

[6]. Sverak,J.G., "*Sizing of Ground Conductors Against Fusing* ", IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-100, No.1, Jan.1981.

[7]Thompson, "*Electrical Installation* ",Vol.3, 2nd Edition, Longman,1983.

[8].Seip, "*Electrical Installation Handbook*",Siemens Aktiengesellschaft & John Wiley &sons,1987.

[9].Agrawal, "*Fundamentals of Industrial Protection*",2002.

[10].British Standard; BS3535: 1998 British Standards Institution, second Edition, Nov. 1998.

[11].Telecommunications Industry Association, "*Commercial Building Grounding (Earthing) and Bonding Requirements For Telecommunications*", J-STD-607-A,October 2002.

الباب الثالث

منظومات الوقاية من الصواعق

3-1 الصواعق

3-1/1 مقدمة

الصواعق هي ظاهرة طبيعية اذهلت واخافت الانسان منذ القدم ونتيجة للدراسات المستمرة تم التعرف على طبيعتها ومقادير توزيع فرق الجهد الناتج منها والتيارات المتولدة وآلية توليد الصواعق. وبواسطة اجهزة التصوير فائقة السرعة تم التعرف مؤخرا" على الفترات الزمنية ومسارات الصواعق.

تتولد الصواعق بصورة اساسية نتيجة نوعين من آليات السُحب التي تولد شحنات كهربائية ساكنة موجبة وسالبة وتركزها في مناطق مختلفة من السحب. النوع الأول تسمى بُسحب عواصف الحمل حيث في الايام الدافئة او الحارة يرتفع الهواء الرطب الدافيء من الارض ويلتقي بهواء بارد نازل ليحل محله.وبانتقال الحرارة بالحمل يبرد الهواء الصاعد تدريجياً مما يؤدي الى تكثف بخار الماء وتوليد السحب التي تحوي على جزيئات ماء في اسفلها ومن ثم وعلى ارتفاعات اعلى تنخفض درجات الحرارة اكثر فتتكون بلورات ثلجية.نتيجة لاحتكاك الهواء الصاعد مع الهواء النازل تتولد وتنفصل شحنة سالبة يكون موقعها في العادة عند قاعدة السحابة وشحنة موجبة في أعلاها ونتيجة ذلك تتولد خلية كهربائية مفردة ،بل عدة خلايا في السحابة عند ارتفاع بين (7.5 كم) و (18كم) [1]. أما النوع الثاني من السحب وتسمى السحب الركامية. فتتكون عند التقاء جبهتين احداهما من الهواء الرطب الدافيء والاخرى من الهواء البارد حيث تصعد الجبهة الدافئة على الجبهة الباردة بعد ان تصطدم بها ونتيجة لهذا تتولد قطرات ماء في السحابة تتحول مع زيادة الارتفاع الى بلورات ثلج. وكما في الحالة الاولى تحمل قطرات الماء في الاسفل بشحنة سالبة في حين يحمل الثلج في الاعلى بشحنة موجبة.

إن عملية توليد الشحنات في السحابة تستمر وتتزايد، وفي نفس الوقت تتولد شحنة موجبة على سطح الارض الذي يبعد عن السحابة كيلومتراواكثر. ينشأ من وجود الشحنة السالبة في قاعدة السحابة والشحنة الموجبة على سطح الارض فرق جهد يتزايد حتى يصل الى مقدار يكفي لكسر مقاومة الهواء مما يسبب تفريغا" كهربائيا" يصاحبه في مرحلته الاولى تكُون دليل متعرج نازل خلال السحابة ثم في الهواء بشكل غير مرئي للعين المجردة وعند وصوله قرب سطح الارض يرتفع دليل متعرج آخرمن الارض ليلتقي بالدليل النازل. وعند التقاء الدليلين يتولد مسار توصيل يسري خلاله تيار هائل لمساواة فرق الجهد بين الارض والسحابة وهذه تسمى بالضربة الراجعة.

إن سريان التيار الناتج يعمل على تأيين ورفع درجة حرارة الهواء على مساره، حيث ترتفع درجة حرارة هواء المسار الى حوالي (30000 ^{0}م) والهواء المتأين يشع بلون براق مما يولد البرق، والزيادة المفاجئة في درجة حرارته تمدد الهواء في المسار المجاور له مما يولد موجة ضغط التي تولد بدورها الرعد [2].

2/1-3 مواصفات الصواعق

رغم وجود انواع مختلفة من الصواعق والتي تتضمن الصواعق داخل السُحب او الصواعق التي تنتقل افقياً لمسافات قد تصل الى 30 كم افقياً ثم تعود وتدخل السحب [3]إلاّ أن وما يهم موضوع مانعات الصواعق هي التي تحدث بين السحب والارض.

إن الاعم الاغلب من هذه الصواعق يولد تيارا" سالبا"، بسبب ان شحنة السحب في الغالب تكون سالبة في اسفلها فتولد شحنة موجبة على سطح الارض وفي حالات قليلة يكون العكس ويتولد تيار موجب. كذلك قد تحدث عدة ضربات ضمن الومضة الواحدة قد تصل في حالات نادرة الى عشر ضربات وبفاصل زمني بين ضربة واخرى مقداره بين 0.05 ثانية و 0.1 ثانية [2] يتراوح التيار الكهربائي في ضربة الصاعقة بين 2000 أمبير الى 200000 أمبير ويكون توزيع مقدار التيار خلال الضربة تابعاً للتوزيع الطبيعي اللوغارتمي وكما يلي:

1 % من تيار الضربة يتجاوز 200000 أمبير

10 % من تيار الضربة يتجاوز 80000 أمبير

50 % من تيار الضربة يتجاوز 25000 أمبير

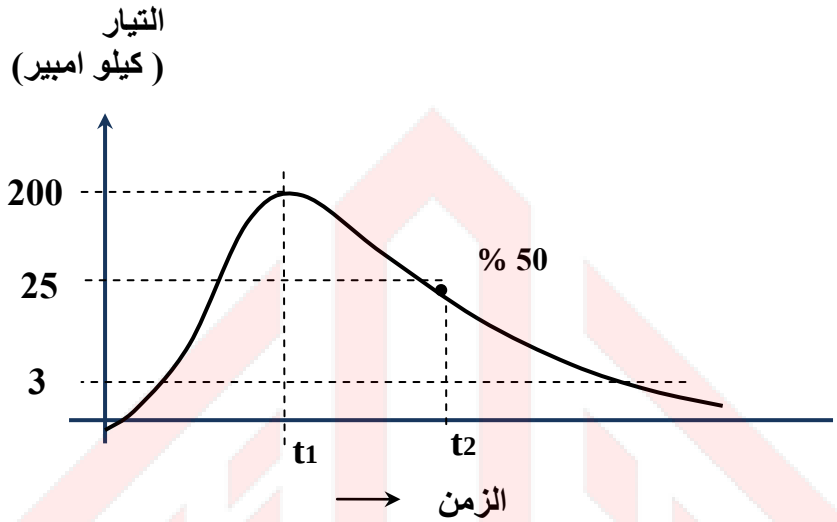
90 % من تيار الضربة يتجاوز 8000 أمبير

99 % من تيار الضربة يتجاوز 3000 أمبير

اما زمن بلوغ التيار حده الاقصى فيكون اقل من $(10)^{-5}$ ثانية للتيار السالب واكثر من هذه القيمة للتيار الموجب. ثم تنخفض قيمة التيار لضربة مفردة خلال $(10)^{-4}$ ثانية او اقل ،ويبين الشكل (3-1/1) العلاقة بين تيار الصعق والزمن لضربة صعق ابتدائية [1] .

اما فرق الجهد المتولد في الصواعق فيقدر بحدود $(10)^{9}$ فولت [1] وهذا محسوب على اساس فرض ان الشحنة في خلية السحابة مقدارها 100 كولومب قبل حدوث الصعقة وان القطر المكافئ لخلية كروية مقداره 1كم فتكون سعة الخلية حوالي $(10)^{-7}$ فاراد ومن قسمة الشحنة على السعة ينتج فرق الجهد البالغ $(10)^{9}$ فولت.

عند تلقي جسم ضربة صاعقة فان فرق الجهد لهذا الجسم يتم تحديده بحاصل ضرب تيار الصعق مع ممانعة الجسم. وحيث ان من المستحيل ان يكون حاصل الضرب هذا كبيرا" بالمقارنة مع فرق جهد السحابة $(10)^{9}$ فولت فمن غير المحتمل ان يتغير مقدار تيار الصعق الذي يتعرض له الجسم المضروب عن القيم الواردة آنفا".



t1 اقل من 10 $^{-5}$ ثا
t2 اقل من 10 $^{-4}$ ثا

الشكل (3-1/1): تغير تيار الصعق مع الزمن لضربة صعق ابتدائية [1] .

3-1/3 تأثيرات الصواعق

3-1/3/1 المقدمة

يُقصد بتأثيرات الصواعق ما تسببه (في حالة عدم وجود وقاية منها) من خسائر ومضار للكائنات الحية بسبب فرق الجهد العالي المتولد في اثنائها وبسبب الحرارة الموضعية العالية الناتجة من سريان التيار العالي المصاحب لها.كذلك يكون تأثير الصواعق في التلف الناتج من الحرائق والانفجار الذي يحصل في اجزاء ميكانيكية في الهياكل والابنية وحتى الاشخاص احياناً. واخيراً التلف الذي من الممكن ان يلحق بالاجهزة والآلات.

ورغم ان التأثير المنظور للصواعق يكون في اغلب الاحيان محصورا" في منطقة حصول الضربة الا ان من الممكن لموجة التيار ان تستمر في الاجزاء الموصلة للابنية والانابيب والقابلوات وحتى في الاسلاك والانابيب المدفونة تحت الارض.

ولتلخيص تأثيرات الصواعق الواردة آنفا" يمكن ان ينظر اليها من النواحي الكهربائية والحرارية والميكانيكية وتأثير كل منها على الحياة والممتلكات والتأسيسات.

3-1/3/2 التأثيرات الكهربائية

في الحالات غير المحمية من الصواعق يكون لفرق الجهد المتولد في اثناء فترة التفريغ الكهربائي رغم قصرها اثر مدمر على حياة الانسان والحيوان. حيث يتسبب التيار الساري خلال جسم الكائن الحي حتى وان ضعف(بسبب تشتته في الاجسام الموصلة) اما بايقاف القلب عن العمل ونتيجته الموت الفجائي او يسبب تلفا" في الدماغ يؤدي اما الى الموت او الاعاقة.كذلك يمكن لفرق الجهد والتيار الناتج اتلاف الاجهزة والآلات الكهربائية ليس في منطقة ضربة الصاعقة فقط وانما ومن خلال انتقال التيار عبر القابلوات والانابيب لاتلاف اجهزة وآلات كهربائية قد تبعد عن منطقة الضربة 1.6 كم [3].

اما في المنشآت المحمية من الصواعق فيتم تفريغ التيار الناتج من الضربة من خلال مقاومة القطب الارضي لمنظومة الوقاية ولهذا يولد خفضا" في فرق الجهد بسبب المقاومة وزيادة لحظية كبيرة في فرق الجهد لنظام الوقاية بالنسبة للارض.

ومن الممكن ايضاً ان يولد هذا انحدار جهد عاليا" في المنطقة حول الاقطاب الارضية مما يولد أخطارا" على الكائنات الحية. إن التخفيض الكلي الناتج لفرق الجهد في منظومة الوقاية يكون مساوياً لفرق الجهد الناتج من المقاومة ومن المحاثية للمنظومة.

كذلك وفي المنشآت المحمية من الصواعق قد يتولد قوس ومضي بسبب ارتفاع فرق الجهد بين نقطة تسلم الضربة في النهاية الهوائية وبين جزء معدني من المنشأة الداخلية كالانابيب والاسلاك مما قد يتسبب في خطر على الاشخاص والبناية.

3-1/3/3 التأثيرات الحرارية

ان سريان التيار في الهواء خلال ضربة الصاعقة يولد درجة حرارة في هواء المسار قد تصل الى30000 ^{0}م وتكون هذه الدرجة من الحرارة ،رغم قصر فترتها، كافية لحرق الانسان والحيوان والاشجار والابنية الحاوية على مواد قابلة للاشتعال. كذلك تتسبب في حصول انفجارات في الابنية الحاوية على مواد متطايرة او قابلة للانفجار. مقابل هذه التأثيرات الكبيرة في المنشآت غير المحمية يكون تأثير الحرارة ثانويا" في المنشآت المزودة بنظم وقاية من الصواعق .حيث تنحصر تأثيرات الحرارة في ارتفاع طفيف بدرجات حرارة الموصلات التي يمر من خلالها التيار إذ بالرغم من ان التيار الكهربائي عال جداً الا ان فترة تأثيره قصيرة جداً .

واذا تم اختيار مساحة مقطع موصل المنظومة بصورة صحيحة فيكون الارتفاع بدرجة حرارته بحدود

1 ^{0}م للنحاس واقل من 10 ^{0}م للفولاذ. هذا الارتفاع لدرجات الحرارة محسوب على اساس ان مساحة المقطع 50 ملم^2 وتيار الضربة 100 كيلو امبير ولفترة زمنية مقدارها 10^{-2} ثانية وبهذا تكون الطاقة المتشتتة في متر واحد من الموصل 400 جول.

هنالك تأثير سلبي للحرارة قد يحدث في الموصلات التالفة او المختارة بأقطار غير كافية وهو احتمال ذوبان اللحام بين الاجزاء وهذا يكون نتيجة وجود خلل في المنظومة اساساً .

3-1/3/4 التأثيرات الميكانيكية

في مسار ضربة الصاعقة ولارتفاع درجة حرارة هواء المسار يتمدد هذا الهواء والمنطقة المحيطة به محدثاً موجة صدمة انفجارية حيث تتولد قدرة اقصاها 100 ميكاواط / متر محسوبة على اساس موصلية قوس هوائي وهي مئة ضعف القدرة عند مرور تيار في موصل [2] بسبب ان الموصلية للاجسام تكون بحدود مئة ضعف موصلية الهواء. ان هذا الانفجار قد يلحق اضرارا" في المباني والاشجار وقد يلقي بشخص مسافة عدة امتار ، كذلك عند مرور تيار عالٍ في موصلين متوازيين متقاربين او عند مروره في موصل مفرد بانحناءة حادة تتولد قوى ميكانيكية كبيرة قد تسبب ازاحة او قلع الموصل . لذا من الضروري ان يكون تثبيت الموصلات في السقوف والجدران والارضيات محكماً وسترد طرائق التثبيت المحكم للاجزاء لاحقا .

3-2 الحماية من الصواعق

3-2/1 مقدمة

الحماية من الصواعق تعني حماية البناية او المنشأة كهيكل او مكونات بناء ومحتوياتها وبالدرجة الأساس حماية الأشخاص داخل وفي محيط البناية .

الحماية تتم بتسلم تيار الصعق عند سطح او جانب البناية او من خارج سطحها مع تهيئة مسار آمن له ضمن البناية او من خارجها لايصاله الى الأرض ليتم تشتيته. إن نظام الحماية المثالي لبنايةٍ ما ومحتوياتها والتأسيسات الملحقة بها يتضمن إحاطتها بشبكة موصلات معدنية متكاملة ومؤرضة مما يجعل البناية تعمل كصندوق فرداي بأن تربط كافة التأسيسات في نقطة دخولها الى البناية. هذا الأجراء كفيل نظريا بمنع اختراق البناية من قبل تيار الصعق والحقول الكهرومغناطيسية المتولدة .

وبالطبع فان هذا الأجراء غير ممكن عملياً ولا من الممكن بلوغ هذا المدى من الحماية أقتصاديا.

للأسباب المذكورة آنفا" تصمم منظومات الوقاية من الصواعق ضمن مجموعة محددات وعاملات وقاية من الصواعق وتتخذ سلسلة من الاجراءات تهدف الى تخفيض التلف واي فقدان مهم قد ينتجان من ضربة صاعقة وهذا التلف او الفقدان يتحقق اذا كانت عوامل الصعق تقع ضمن حدود واحتمالية معروفة مسبقاً.وبسبب التأثيرات الحرارية والانفجارية ومنها(تولد شرارة) في نقطة ضربة الصاعقة والتأثيرات اللاحقة لمرور تيار الصعق على البناية يتوجب اختيار احد نوعي انظمة الوقاية من الصواعق اما النظام المعزول او النظام غير المعزول .

فالنظام المعزول يعتمد على ان تكون عملية تسلم تيار الصعق وامراره الى الأرض خارج البناية. وهذا النظام يصلح للاستعمال عندما تكون البناية اوسقفها مكون من مواد قابلة للاشتعال او عندما تحوي هذه البناية على مواد قابلة للاشتعال اولأ بخرتها القابلية على الاشتعال .عدا ذلك وهي الابنية الاعتيادية فيمكن استعمال انظمة الحماية من الصواعق غير المعزولة والتي تعني امكانية استعمال السطوح او موصلات مثبتة على السطوح لتسلم تيار الصعق وامراره خلال جدران البناية لايصاله الى الارض. في كلا النظامين المعزول وغير المعزول تتكون منظومة الوقاية من الصواعق من الاجزاء التالية.

1. نظام استلام هوائي (نهايات هوائية)
2. نظام موصلات نازلة
3. نظام نهايات ارضية

ويجب ربط هذه الانظمة بعضها ببعض مع ربط مكونات كل نظام منها باستعمال اجزاء ربط مناسبة.

هذه المدونة تقدم الاختيارات والترتيبات والمحددات المتعلقة بهذه المتطلبات لمنظومة الوقاية من الصواعق بما يضمن الاقلال من اي تلف او فقدان للأجزاء المهمة من المباني نتيجة مرور تيار الصعق والجهد الكهربائي الناتج في حالة تعرضها لضربة صاعقة .

3-2/2 اعتبارات الحاجة لنظام الحماية من الصواعق

قبل البدء بخطوات التصميم لنظام وقاية من الصواعق يجب اتخاذ الخطوات الاساسية التالية :

1.يجب ان يقرر فيما اذا كانت البناية او المنشأة بحاجة الى حماية. واذا كان الامر كذلك فيجب ان تحدد الاعتبارات الخاصة التي يتطلب التصميم مراعاتها .

2.يجب التشاور بين مصمم المنظومة ومصمم البناية او المنشأة ومن يكلف ببنائها والسلطه المختصة قبل وخلال مرحلتي التصميم والتنفيذ.

3.يجب ان تحدد طريقة الفحص والتشغيل والصيانة المستقبلية.

في عدة حالات تكون الحاجة لمنظومة الوقاية من الصواعق بديهية وهذه الحالات هي :

1-عندما يتعلق الأمر باجتماع عدد كبير من الناس

2-عندما يتعلق الأمر بالتأسيسات العمومية الأساسية

3-عندما تكون المنطقة التي فيها البناء معرضة للصواعق بكثرة مثل الأبنية المقامة فوق المرتفعات

4-عندما يكون البناء مرتفعا" جداً او معزولا"

5-عندما يكون هناك بناء او هيكل ذو أهمية تأريخية كبيرة

6-عندما يكون البناء حاوياً على مواد متفجرة او قابلة للأشتعال او لها ابخرة قابلة للأنفجار.

ورغم هذا فهناك العديد من الحالات التي ليس من السهل فيها اتخاذ قرار بوجوب الحماية مما يستدعي دراسة العوامل المختلفة التي تؤثر على خطورة التعرض لضربة صاعقة والتأثيرات اللاحقة لحصول الضربة .كما إن هناك عوامل لايمكن تخمينها وهذه ربما تكون اهم من باقي العوامل القابلة للدراسة ،مثل الرغبة ان لاتكون هناك اي خطورة على الحياة بصورة مطلقة ومثل ان مستعملي البناية يجب ان يشعروا أنهم في أمان مطلق وبصورة دائمية .

هكذا عوامل قد تؤدي الى اتخاذ قرار في صالح تزويد البناية بمنظومة وقاية من الصواعق رغم عدم وجود حاجة لها. إذ لايمكن في هذه الحالات وضع توجيهات مناسبة ولكن فيما عداها يمكن اجراء تقييم على اساس عامل احتمال التعرض للصعق والعوامل الأخرى التالية :

1.طبيعة استعمال البناية

2.طبيعة المواد المستعملة في البناء وطريقة البناء

3.قيمة محتويات البناية وتأثرها بضربة الصعق والتأثيرات اللاحقة

4.موقع البناية

5.ارتفاع البناية الكلي

3-2/3 تقدير خطر التعرض للصواعق

يقصد بخطر التعرض للصعق هو مدى احتمالية تعرض بناية او منشأة لضربة صاعقة خلال مدة سنة .هذه النسبة هي حاصل ضرب كثافة ضربات الصعق مع مساحة التجميع الفعالة للبناية .

3-2/3/1 كثافة ضربات الصعق (ك)

هذه الكثافة هي عدد ضربات الصعق للأرض لكل كيلو متر مربع من مساحة الأرض خلال العام الكامل. إن كثافة ضربات الصعق تتغير من عام الى آخر بصورة ملحوظة ،وتقديرها يجب ان يعتمد على قياسات واحصاءات لسنوات عديدة وللمناطق المختلفة .ولعدم وجود مثل هذه الأحصاءات في مدن ومحافظات العراق لفترات كافية فقد اعتمدت هذه المدونة على الخارطة العالمية لتوزيع ايام العواصف الرعدية [4] والتي تقسم القارات الى مناطق محددة بخطوط تمثل أيام العواصف الرعدية في السنة. يستعان بالاستكمال الخطي لمعرفة ايام العواصف الرعدية لاي منطقة . بحسب هذه الخارطة تكون هذه الأيام 10 في مناطق الجنوب و14 في مناطق شمال العراق وحوالي 12 للمناطق الوسطى .

ولايجاد كثافة ضربات الصعق تستعمل المعادلة التالية التي تنطبق على المناطق شبه المدارية قليلة الأمطار نسبياً [1].

ك = عدد ايام الصواعق الرعدية × (0.1) (1/2-3)

وعليه تكون الكثافة 1/ كم ^{2} في السنة لمناطق جنوب العراق 1.2 / كم ^{2} في السنة لمناطق الوسط 1.4 / كم ^{2} في السنة للمناطق الشمالية من العراق .

3-2/3/2 المساحة الفعالة للتجميع (مس)

تعرف المساحة الفعالة للتجميع بانها المساحة المحيطة ببناية والمحددة بحسب ارتفاعها والتي في حال حصول تفريغ صاعقة في اي نقطة فوق هذه المساحة فان البناية ستتلقى هذه الضربة .

ويتم حساب مساحة التجميع الفعال لبناية بامرار خط مستقيم من نقطة في اعلى البناية بانحدار 1:1 في الابنية الاعتيادية وانحدار 1:3 للابنية الحاوية على مواد خطرة او قابلة للاشتعال. تقاطع هذا الخط المنحدر مع مستوى الارض ودورانه حول البناية يشكل مساحة التجميع.

النسبة 1:1 مستعملة في المدونات البريطانية والمدونات التي تعتمد عليها [2] في حين أن النسبة 1:3 مستعملة في المدونات الامريكية والأوربية [1] و [5].

وعلى هذا الاساس تكون مساحة التجميع لبناية اعتيادية مستطيلة الشكل أو مستطيلة المسقط العمودي بأبعاد محسوبة بالمتر كما يلي:

مساحة التجميع (مس) = ل ع + 2 ل أ + 2 ع أ + ط أ^2 (م^2) **(2/2-3)**

حيث يمثل:

(أ)ارتفاع البناية. (ل) طول البناية . (ع) عرض البناية. و(ط) النسبة الثابتة.

ويمثل الحد الأخير مساحة اربع اركان كل منها ربع دائرة في مساحة التجميع كما موضح في الشكل (3-2/2 أ).

ولنفس البناية أن كانت تحوي على مواد خطرة او متفجرة ، تكون مساحة التجميع

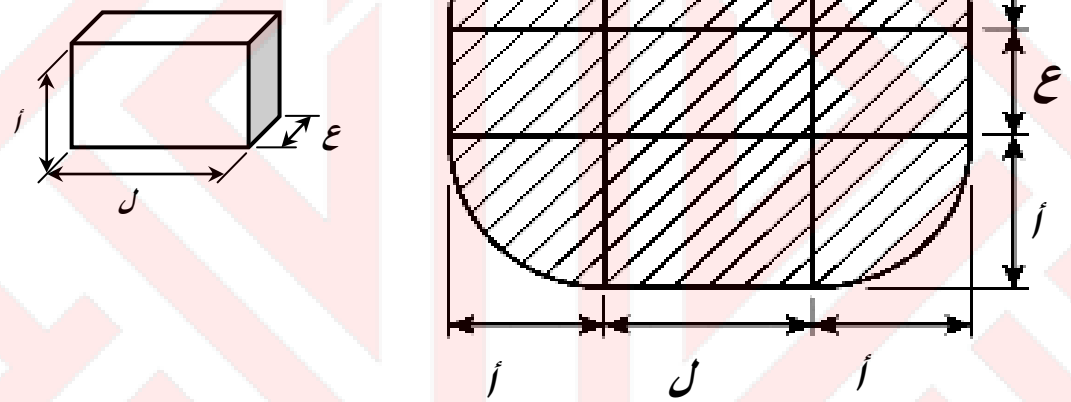
مس = ل * ع +6 أ ل + 6أ ع + 9 ط $أ^2$ ($م^2$) **(3/2-3)**

وكما موضح في الشكل (3–2 /2 ب) .

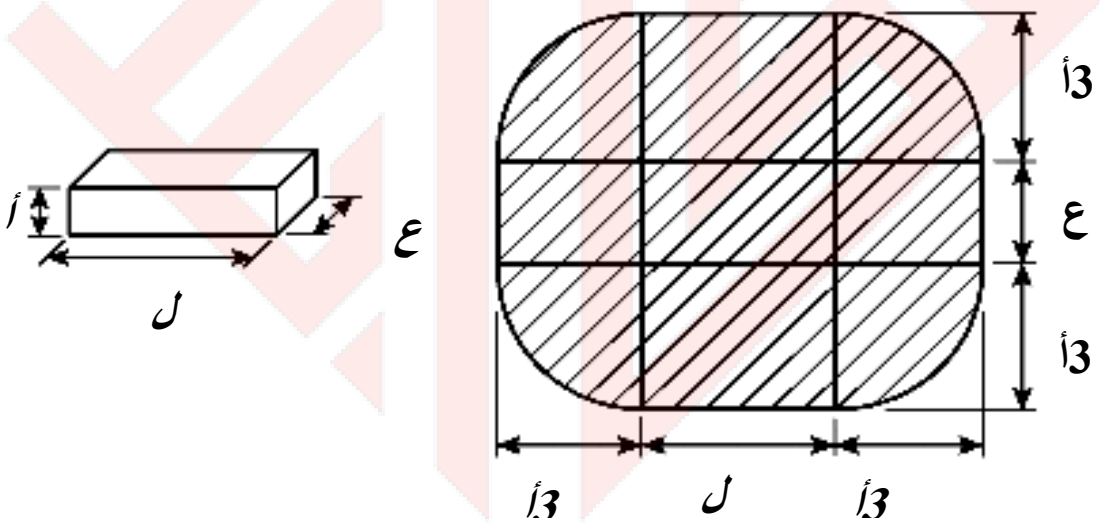
وللأشكال المعقدة يمكن أيجاد مساحة التجميع باستعمال الرسم ومد كافة حافات مسقط البناء العمودي بقدر ارتفاع البناء او ثلاثة امثال ارتفاع البناء بحسب طبيعة استعمال البناء ويوظف احد برامج الرسم بالحاسوب (CAD) لهذا الغرض لايجاد مساحة التجميع وكما في الامثلة(1 و 2) من الملحق ب .

واستناداً الى ماورد في الفقرتين المذكورتين آنفا" فأن كانت ابعاد البناية بوحدات المتر المربع تكون احتمالية عدد مرات تعرض البناية لضربة صاعقة (p) [2].

$p = ك * مس * 10^{-6}$ **(4/2.3)**



(أ) مساحة التجميع للابنية الاعتيادية



(ب) مساحة التجميع للابنية الحاوية على مواد خطرة.

الشكل 3–2/2 مساحة التجميع للابنية الاعتيادية والابنية الحاوية على مواد خطرة.

3-2/4 تعرض الحياة للخطر

الخطورة الناتجة من تأثير ضربة صاعقة على الحياة تشمل الموت او التعرض للجروح او الحرق او العاهات العقلية بسبب تيار الصعق وتأثيره على الكائنات الحية. لاتوجد احصاءات لمثل هذه الاصابات في عموم محافظات العراق ولكن يعتقد انها تشكل نسبة صغيرة جداً. وعندما تحدث مثل هذه الاصابات وعلى قلتها إلا ان لها تأثيرا" نفسيا" كبيرا" على سكان المنطقة التي تحصل فيها بسبب احتمالية عنفها وكونها تحدث فجأة بدون ان يتوقع احد حدوثها .وعندما تبين الحسابات ان احتمالية الخطورة تبلغ 10^{-5} فأعلى من ذلك تكون هناك ضرورة ملزمة لوقاية البناية من الصواعق.

اما في حالة الأبنية الخطرة فيكون الحد الفاصل لهذه الاحتمالية هو 10^{-4}. إن هذه الاحتماليات تكون غير مقبولة عندما يتخذ مبدأ وجوب معالجة مصادر الخطر مهما تكن احتمالية حدوثه طالما كان بالأمكان معالجة ذلك الخطر وطالما ان هذا الأمر يتطلب صرف اموال أضافية فيترك القرار بشأنه للجهة المالكة للبناية او المنشأة .

3-2/5 تقدير مستوى الخطورة

3-2/5/1 مقدمة

يتحدد مستوى الخطورة لمبنى على وفق احتمال حدوث الخسائر التالية نتيجة تعرض البناية او المنشأة لضربة صاعقة

1-خطورة فقدان الحياة او الاصابة بجروح او عاهات

2-خطورة فقدان التأسيسات العامة

3-خطورة فقدان او تلف الصروح الحضارية والثقافية

4-خطورة الفقدان المادي

ولتقدير خطورة الفقرات المذكورة آنفا" تستعمل مجموعة عوامل تتضمن طبيعة الأبنية واستعمالاتها وموقعها ونوعية محتوياتها وكما مبين لاحقا.

3-2/5/2 العوامل المؤثرة على مستوى الخطورة

تم اعتماد قيم العوامل المؤثرة في مستوى الخطورة والمستعملة في المواصفة البريطانية [2] وباستعمال الرموز A ،B ،C ،D،E وكما في الأصل .

الجدول (3-2/1) يوضح قيم العامل (A) الخاص بطبيعة استعمال المباني والجدول (3-2/2) يخص قيم العامل (B) لنوع مواد البناء ونوع سقوف المباني والجدول (3-2/3) يخص العامل (C) لمحتويات المبنى او نوع مستعمليه والجدول (3-2/4) يخص العامل (D) والخاص بموقع المبنى ووضعيته بين المباني الأخرى واخيراً الجدول (3-2/5) والخاص بالعامل (E) المتعلق بالموقع الجغرافي للمبنى .

الجدول 3-2/1: قيم عامل استعمال المبنى (A) [2]

استعمال المبنى	قيم العامل (A)
البيوت السكنية والابنية المقاربة لها في الحجم	0.3
البيوت السكنية والابنية المقاربة لها في الحجم المزودة بهوائي خارجي	0.7
ابنية المعامل والورش والمختبرات	1
ابنية المكاتب والفنادق والمحلات والعمارات السكنية	1.2
ابنية الاجتماعات مثل الجوامع والقاعات والمسارح والسينمات وقاعات العرض والمتاحف والملاعب الرياضية والمحطات والمطارات والاسواق المركزية.	1.3
المدارس والمستشفيات ودور رعاية الاطفال	1.7

الجدول 3-2/2: قيم عامل مادة بناء وسقف المبنى (B) [2]

نوع مادة بناء وسقف المبنى	قيم العامل (B)
خرسانة مسلحة مع سقف معدني	0.1
هيكل حديدي مع سقف غير معدني*	0.2
خرسانة مسلحة مع سقف غير معدني	0.4
هيكل من الطابوق او البلوك او الحجر مع سقف من مادة غير المعدن او القش او القصب.	1
هيكل خشبي او مغطى بالخشب مع سقف من مادة غير المعدن او القش او القصب.	1.4
هيكل من الطابوق او البلوك او الحجر او الخشب مع سقف معدني	1.7
اي بناية مع سقف من القش او القصب	2

* الابنية من الهياكل المعدنية المكشوفة والمتصلة بالارض لاتحتاج الى حماية من الصواعق.

الجدول 3-2/3: قيم عامل محتوى الابنية (C) [2]

محتوى الابنية	قيم العامل (C)
الابنية السكنية الاعتيادية او ابنية المكاتب والعامل والورش غير المحتوية على محتويات ثمينة او قابلة للاشتعال	0.3
محطات الطاقة ، محطات البث ، منشآت تجهيز الغاز ، البدالات .	1
المباني الصناعية والزراعية والحاوية على مواد قابلة للاشتعال	0.8
العامل الصناعية المهمة ، الابنية والنصب التاريخية ، المتاحف التاريخية والفنية والمباني الحاوية على محتويات ثمينة.	1.3
المدارس والمستشفيات وقاعات الاجتماعات ودور رعاية الاطفال	1.7

الجدول 3-2/4: عامل موقع المبنى ووضعيته بين المباني المحيطة به (D) [2]

موقع المبنى ووضعيته بين المباني المحيطة به	قيم العامل (D)
مبنى يقع ضمن مساحة كبيرة من المباني والاشجار المساوية له بالارتفاع او الاعلى منه	0.4
مبنى في موقع قليل البناء او الاشجار المساوية له في الارتفاع.	1
مبنى منعزل تماماً او يكون ارتفاعه على الاقل ضعف ارتفاع المباني او الاشجار المحيطة به	2

الجدول 3-2/5: عامل الطبيعة الجغرافية للمنطقة (E) [2]

نوع المنطقة	قيم العامل (E)
منطقة مستوية	0.3
منطقة تلال	1
منطقة جبلية بارتفاع 300 م __ 900 م	1.3
منطقة جبلية بارتفاع اكثر من 900 م	1.7

عند اختيار العوامل من الجداول المذكورة آنفا" وعندما تكون البناية متعددة الاغراض فتأخذ قيمة العامل الأعلى الذي يمثل التأثير الاكبر على درجة الخطورة .

3-2/5/3 حساب عامل الخطورة الكلي

عامل الخطورة الكلي هو حاصل ضرب العوامل (A) الى (E) في احتمالية عدد الضربات المتوقعة للبناية في سنة واحدة .

3-2/6 تقييم عامل الخطورة الكلي

لتقييم عامل الخطورة الكلي المستحصل عليه من الطريقة المبينة آنفا" تتم مقارنته مع الاحتمالية المقبولة لخطر الصعق (10^{-5} للأبنية الأعتيادية و 10^{-4} للأبنية الخطرة) فاذا كانت نتيجة عامل الخطورة الكلي اكبرمن الاحتمالية المقبولة لخطر الصعق فستحتاج هذه البناية الى تزويدها بمنظومة وقاية من الصواعق وبخلاف ذلك لا تكون هناك حاجة لهذه المنظومة وهذا موضح في المثالين (1و2) من الملحق (ب) .

رغم سهولة وضع هذا الحد الفاصل بين الحاجة او عدم الحاجة لتزويد الابنية والمنشآت بمنظومات الوقاية من الصواعق الا أنه في بعض الأحيان لايكون الأمر بهذه السهولة. فعندما يظن ان النتائج المترتبة على تلقي البناية لضربة صاعقة ستكون قليلة وان تأثير الضربة يؤدي الى تلف محدود في مكونات البناء فربما سيكون قبول الخطورة وعدم تحمل كلفة منظومة الوقاية مبررا" اقتصاديا رغم ان عامل خطورتها الكلي اكبر من 10^{-5}.

كذلك هناك حالات تكون فيها مجاهيل لايمكن تقييمها باعطاء ارقام محددة لها مما يستدعي ان يتخذ القرار باعتبار الوقاية من الصواعق ضرورية ام لا وهنا ربما يستعمل التقدير الذاتي لهذا القرار، فعلى سبيل المثال ربما يكون لبناية من هيكل فولاذي عامل خطورة كلي قليل ولكن باضافة منظومة تأريض وحتى اضافة نهايات هوائية ان دعت الضرورة ربما تولد حماية اضافية كبيرة تبرر الكلفة الاضافية البسيطة للحصول على منظومة وقاية من الصواعق كذلك هناك حالات لاتنطبق عليها استنتاجات طريقة حساب عامل الخطورة الكلي فربما ينتج عامل خطورة قليل لمدخنة او منفث غاز من الطابوق او الخرسانة ولكن عندما تكون هذه المنشآت مفردة بدون بنايات مجاورة او عندما تكون وسط بنايات ولكن ترتفع لمسافة اكبر من 4.5 م فوق مستوى الأبنية المجاورة فستكون وقايتها من الصواعق ضرورية بغض النظر عن مقدار عامل خطورتها الكلي [2].

3-3 نطاق الحماية من الصواعق

3-3/1 المقدمة

يعرف نطاق الحماية بانه الحجم الذي يحقق له موصل(على شكل نهاية هوائية او شريط متصل بالأرض) حماية بدرجة محددة سابقاً من الموثوقية من ضربة صاعقة و ذلك بتوجيه الضربة نحو جسم الموصل ثم مرورها الى الارض.

يمكن حماية بناية او منشأة معينة بموثوقية 100% نظريا" و ذلك باحاطتها كلياً بموصلات توزع على السقف و كافة الجدران و تتصل بالأرض لتحولها الى قفص معزول تماماً عن تأثيرات ضربات الصواعق. و مثل هذه المتطلبات نادرة الحدوث عملياً لارتفاع كلفتها. يتحدد نطاق الحماية عمليا" بحسب عدة عوامل أهمها استعمال البناية و درجة الخطورة المتوقعة في حالة حصول ضربة صاعقة.

و تقسم الأبنية الى :

1. أبنية اعتيادية (تشمل الأبنية السكنية و التجارية و الصناعية الاعتيادية و الزراعية).
2. الابنية ذات الاهمية الخاصة (تشمل مقرات تقديم الخدمات مثل البنوك و المستشفيات و البدالات و اي بناء يعطي اهمية خاصة).

3. الأبنية الحساسة (و تشمل الأبنية المستعملة في تصنيع او خزن المواد القابلة للاشتعال او الانفجار).

كذلك يتحدد نطاق الحماية بحسب ارتفاع البنايات و ابعادها الهندسية و شكل سقوفها و انواع السقوف فيها و بحسب شيوعها في العراق كالتالي:

1. السقوف المستوية او المنحدرة قليلاً.
2. السقوف المستوية متعددة الطبقات.
3. السقوف المتعرجة او التي لها جزء ناتيء يمثل غرفة سلم او غرفة مصاعد او مدخنة.
4. السقوف المائلة مع وجود نتوء.
5. السقوف على شكل قباب.

3-2/3 زاوية الحماية

في الحالات البسيطة لحساب نطاق الحماية يكون الحجم الذي يقوم بحمايته موصل نهاية هوائية عمودي عبارة عن مخروط رأسه في اعلى الموصل وقاعدته على الارض، اما في الموصلات الهوائية الافقية فيعرف نطاق الحماية بالحيز المتولد من مخروط رأسه على الموصل الافقي و يتحرك من احدى نهايتيه الى النهاية الاخرى.

وتعرف زواية الحماية بانها الزاوية المحصورة بين العمود المار من راس المخروط وخط جانب المخروط. ومقدار هذه الزاوية يتراوح بين ^{0}30 و ^{0}63. وكلما قلت هذه الزاوية زادت الحماية التي يضمنها موصل الوقاية.

وتعتمد هذه الزاوية على نوع وارتفاع البناية كالتالي :

1-للابنية الاعتيادية وبارتفاع لحد 7.6 م تكون زاوية الحماية ^{0}63 او ان انحدار جانب المخروط يكون بنسبة 1:2 كما مبين من الشكل (3-1/3) [5].

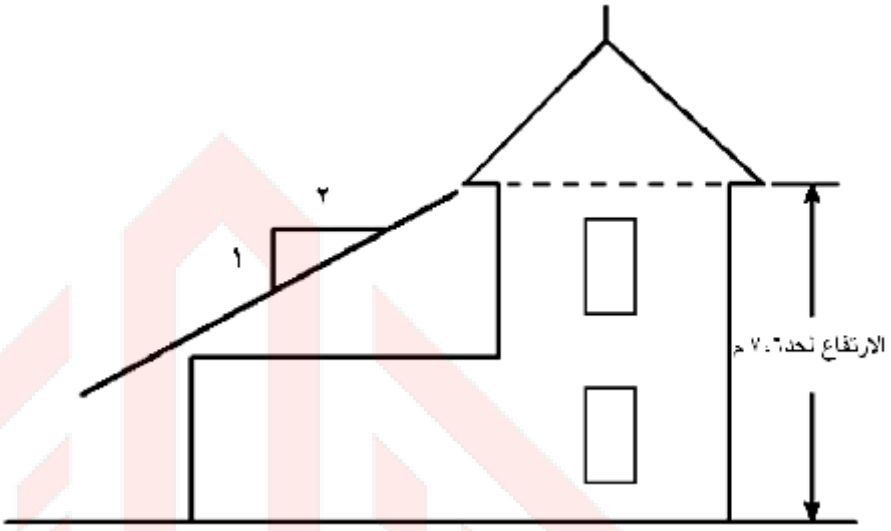
2-للابنية الاعتيادية ذات السطوح المفردة المستوية أو المائلة قليلا" وبارتفاع بين 7.6 م- 20 م [2] وللأبنية متعددة السقوف المستوية بأرتفاع بين 7.6م-15م تكون زاوية الحماية ^{0}45 كما مبين في الشكل (3-2/3) [5].

3- للابنية الحساسة وبارتفاع لحد 15 م تكون زاوية الحماية ^{0}30 [2].

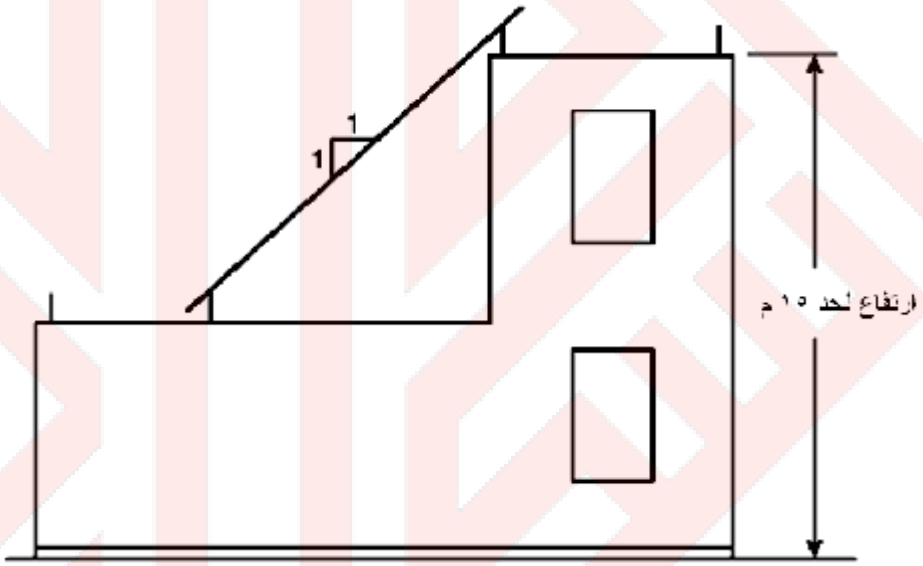
4-بين نهايتي موصلين هوائيين في البناية الواحدة تكون زاوية الحماية ^{0}60 في الابنية الاعتيادية و^{0}45 في الابنية الحساسة على ان لاتزيد المسافة البينية للموصلات على ضعف ارتفاع الموصل [2].

5-للابنية الاعتيادية بارتفاع اكبر من 20 م وللابنية الحساسة بارتفاع اكبر من 15 م لاتنطبق طريقة المخروط وتستعمل موصلات اضافية على الجوانب او تستعمل طريقة الكرات المتدحرجة في تحديد نطاق الحماية وكما سيرد لاحقاً .

6- للابنية ذات السطوح المستوية كبيرة المساحة لاتستعمل الزوايا المذكورة المذكورة آنفا" وانما تستعمل ترتيبات لتوزيع النهايات الهوائية وكما سيمر ذكره بالتفصيل في(3-5/2/1)



الشكل 3–1/3 حماية السقوف الواطئة للابنية متعددة السقوف المستوية بارتفاع لحد 7.6 م [5]



الشكل 3–2/3: حماية السقوف الواطئة للابنية متعددة السقوف المستوية بارتفاع لحد 15 م [5]

3/3-3 طريقة الكرات المتدحرجة

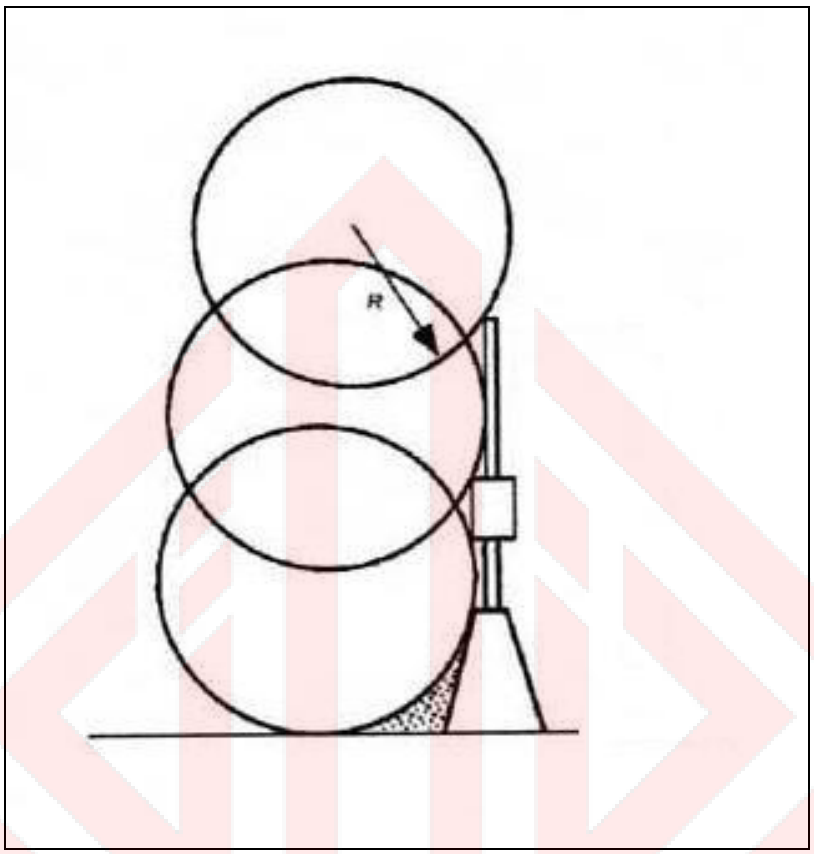
إن آلية التفريغ الكهربائي للصواعق المبينة في البند 3-1/1 والمتضمنة التقاء الدليل النازل من السحب (والحامل لشحنة سالبة في اغلب الاحيان) مع الدليل الصاعد(والحامل لشحنة موجبة في اغلب الاحيان)وحصول التفريغ الكهربائي نتيجة فرق الجهد بين الدليلين والذي يصل لمقدار يكفي لكسر مقاومة الهواء، هذه العملية تتم بين السحابة واقرب نقطة على سطح الارض او النقطة التي لها اعلى تأين على سطح الارض والتي قد تمثل جسماً موصلا" او ناتئا" في بناية او منشأة .في الأبنية الاعتيادية ذات السقوف المتعددة المستوية بارتفاع لحد 15م او ذات السطوح المستوية المفردة والتي يكون ارتفاعها لحد 20م والأبنية الحساسة الحاوية على مواد قابلة للأنفجار او الأشتعال او الحاوية على مراكز معلومات حساسة وبارتفاع لحد 15م يكون نطاق الحماية الذي تغطيه النهايات الهوائية وزوايا الحماية المبينة في البند 3-2/3 كافيا" لمنع حدوث تفريغ كهربائي مع جوانب البناية.أما في الأرتفاعات الأكبر لأنواع الأبنية المبينة آنفا" فهناك احتمال حصول ضربة صاعقة تسقط على جوانب البناية بدلا" عن سطحها.

في هذه الحالات تستعمل طريقة الكرات المتدحرجة ، ومبدأ هذه الطريقة يعتمد على رسم كرة مركزها نقطة التقاء الدليلين الصاعد والنازل ونصف قطرها مساو لطول الدليل الصاعد وبهذا فسيمثل غلاف هذه الكرة النقاط التي لها نفس البعد عن المركز وبهذا تكون هذه النقاط هدفا" لضربة الصاعقة . يتم تحريك هذه الكرة حول جوانب وسطح البناية (ولذلك تسمى هذه الطريقة الكرات المتدحرجة) [2][5] وحيثما تمس هذه الكرة جوانب البناية او سطحها فستكون نقطة التماس موضعا" محتملا" لحصول التفريغ الكهربائي مما يستوجب تهيئة جزء موصل عند ذلك الموضع، يكون إما على شكل نهاية هوائية ان كانت هذه النقاط ناتئة أو بارزة أو على شكل أرتباط مع شبكة موصلات عرضية أو نازلة.

الشكل(3-3/3) يبين استعمال هذه الطريقة في تحديد النقاط الواجب تزويدها بموصلات حماية في برج أو مأذنة والتي تحددها نقاط التماس بين الكرات المتدحرجة والبناية.

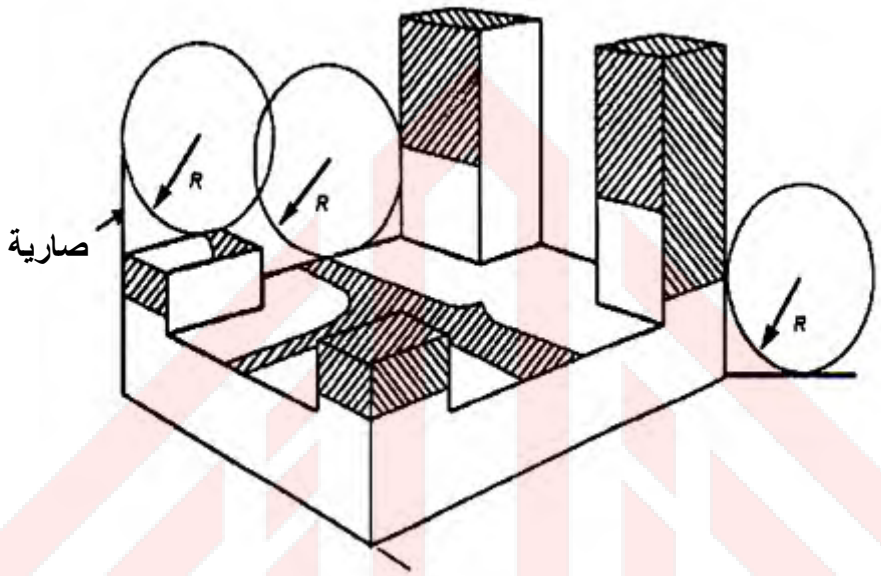
في حالة الأبنية ذات الأرتفاع الكبير (كما سيرد لاحقا") والأبنية متعددة الأجزاء والأرتفاعات تكون طريقة الكرات المتدحرجة واجبة الأستعمال في تحديد المناطق التي تتطلب حماية من الصواعق.

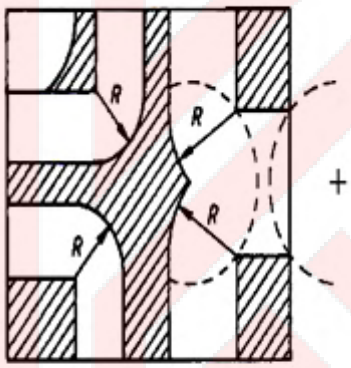
الشكل (3-4/3) يوضح استعمال هذه الطريقة في بناية متعددة الأجزاء والأرتفاعات حيث تحتاج المناطق المظللة والتي تمثل مناطق نقاط التماس بين البناية والكرات المتدحرجة الى الحماية بتزويدها بأحد انواع نهايات استلام الصواعق.

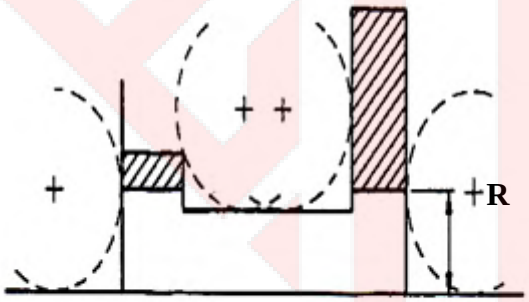


الشكل 3-3/3 تصميم نطاق الحماية من الصواعق لبرج او ماذنة باستعمال طريقة الكرة المتدحرجة

.







- R تمثل نصف قطر الكرة المتدحرجة ويحدد مقدارها بحسب نوع البناية
- المناطق المظللة تحتاج الى حماية من الصواعق.

الشكل 3-4/3 تصميم نطاق الحماية من الصواعق لبناية متعددة الارتفاعات باستعمال طريقة الكرة المتدحرجة

كذلك يمكن استعمال هذه الطريقة لاي بناية او منشأة بسيطة او متعددة الاجزاء لغرض تدقيق فعالية شبكات النهايات الهوائية او الموصلات كما يمكن استعمالها في المنشآت المعلقة.

لأجل أختيار نصف قطر الكرة المتدحرجة، تقدر المراجع المختصة بشرح ظاهرة التفريغ الكهربائي في الصواعق معدل طول الدليل الصاعد بحدود 50م[1][3] والذي يمثل نصف قطر الكرة المتدحرجة في حين تستعمل مدونات الدول المختلفة أنصاف أقطار تتراوح بين 20م و60م وبحسب التطبيقات وأنواع الأبنية المختلفة.[2][4][5][6].

في هذه المدونة نوصي بأستعمال أنصاف الأقطار التالية وبحسب نوع البناية أو المنشأة.

1-نصف قطر 60 م للابنية الاعتيادية .

2-نصف قطر 46 م للابنية المهمة (كالمدارس والمستشفيات ودور العبادة).

3-نصف قطر 30م للصواري بأرتفاع أكبر من 15م ولحد 30م.

4-نصف قطر 20 م للابنية الحاوية على مواد قابلة للانفجار او الاشتعال او التي تحوي تجهيزات الكترونية اوالتي تتعامل مع معلومات حساسة .

3- 4 المواد المستعملة في المنظومات

3-4/1 المقدمة

المواد المستعملة في منظومات الوقاية من الصواعق تنحصر في ثلاث مواد مع بعض سبائكها وهي النحاس والالمنيوم والحديد (او الفولاذ) المغلون. ورغم تفوق النحاس وبعض سبائكه على الالمنيوم وبعض سبائكه والحديد المغلون في الاستعمال في اغلب اجزاء المنظومة الا ان ارتفاع سعره قد يجعل للبدائل الارخص ثمناً افضلية في الاستعمال .

تشكل الاكسدة والتآكل العاملين الاساسيين في تحديد عمر المنظومة ويكون لهما الدور الاكبر في اختيار المواد المناسبة لكل جزء.

كما يشكل التآكل بسبب المزدوجات الالكتروليتية عند استعمال مادتين بجزأين يُربطان معاً عاملا" مهما" آخر يجب اخذه بالاعتبار عند اختيار مواد المنظومة .

3-4/2 مواصفات المواد

3-4/2/1 المواصفات الكهربائية والميكانيكية ومقاومة التآكل .

إن معرفة خواص ومواصفات المواد والمواد البديلة التي تفي بمتطلبات اجزاء منظومة الوقاية وشروط استعمال هذه المواد ومحددات استعمالها تعتبر من المتطلبات الاساسية في تصميم وتنفيذ هذه المنظومات الجدول (3-4/1) يبين المواصفات الكهربائية ومقاومة التآكل وكثافة المواد المستعملة في المنظومات والجدول (3-4/2) يبين المواصفات الميكانيكية لهذه المواد مع بعض الملاحظات المهمة في استعمال الجدولين وقد تم الاعتماد على المرجع [2] في هذه المواصفات والمرجع [5] في تحديد الملاحظات وشروط الاستعمال.

الجدول3-1/4: المواصفات الكهربائية ومواصفات التآكل للمواد المستعملة في منظومات مانعة الصواعق

[2]

المادة ورقمها [1]	ملاحظات عامة	المقاومة الكهربائية $x10^{-8}$ اوم . متر	مقاومة التآكل			الكثافة كغم /م3
			حضري	صناعي	مياه مالحة	
الالمنيوم (1350)	موصل جيد للكهرباء. مطيل ويسهل حنيه	2.8	أ	ب	أ	2703
الالمنيوم(A 6001)	موصل جيد للكهرباء ذو جساءة اعلى من الألمنيوم(1350) يحتاج الى تسخين لعمل الانحناءات الحادة	3.1	ب	ب	ب	2700
سبيكة الالمنيوم (6082)	التوصيل الكهربائي اقل من توصيل الالمنيوم واستعمالها اقل منه ولكنها تتحمل قوى اكبر	3.6	ب	ج	ب	2700
النحاس الملدن (C101)او(C102)	موصل ممتاز للكهربائية مع مطيلية عالية	1.7	أ	أ	أ	8900
سبيكة نحاس كادميوم (C 108)	موصل جيد للكهرباء و متانة عالية مع مطيلية جيدة	2	أ	أ	أ	8900
سبيكة نحاس سليكون (CS 101)	موصلية واطئة مع متانة ومطلية متوسطة. مقاومة تآكل جيدة خاصة في المياه المالحة	24	أ	أ	أ	8550
النحاس الاصفر (CZ 112)	موصلية متوسطة مع متانة عالية	6.5	أ	أ	أ	8400
البرونز الفسفوري (PB 102)	موصلية واطئة مع متانة عالية ومقاومة تآكل جيدة	11	أ	أ	أ	8850
فولاذ ضد الصدأ اوستينيتي (316S12)	موصلية واطئة مع مطيلية ممتازة ومتانة عالية ومقاومة تآكل ممتازة	73	أ	أ	د	7005

<u>ملاحظات عن الجدول (3-1/4)</u>

ملاحظة (1) الارقام للمواد بحسب المواصفات البريطانية

ملاحظة (2) الارقام في حقل مقاومة التآكل تعني ما يلي:

(أ)في ظروف التعرض الاعتيادية للجو يحدث تحلل قليل للسطح مع الزمن .

(ب)اذا استعملت المادة بدون حماية فستكون هناك خسارة طفيفة جداً في الخواص الميكانيكية وتكون الخسارة مغطاة جيداً بصورة طبيعية بواسطة عوامل الامان الاعتيادية المستعملة في التصميم .

(ج)استعمال هذه المادة بدون حماية يتطلب خبرة ومراجعة دقيقة .

(د) غير مناسب للاستعمال المستمر في المياه المالحة.

الجدول 3-2/4: المواصفات الميكانيكة للمواد المستعملة في منظومات مانعات الصواعق[2]

المادة ورقمها	المواصفات الميكانيكية الاعتيادية								
	اجهاد المطاوعة (دليل 0.1 %) (نيوتن / ملم2)			اجهاد الخضوع (نيوتن / ملم2)			الاستطالة %		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
الالمنيوم (1350)	31	–	–	60	–	–	25	–	–
الالمنيوم(6001A)	–	180(4)	–	–	210(4)	–	–	10(4)	–
سبيكة الالمنيوم (6082)	-	270 (5)	-	-	310 (4)	-	-	9 (4)	-
النحاس الملدن (C101)او(C102)	-	325	60	-	385	220	-	4	55
سبيكة نحاس كادميوم (C 108)	-	460	60	-	700	280	-	4	45
سبيكة نحاس سليكون (CS 101)	390	-	–	460	-	340	32	-	40
النحاس الاصفر (CZ 112)	250	-	-	430	-	-	30	-	-
البرونز الفسفوري (PB 102)	-	420	120	-	540	340	-	20	55
فولاذ ضد الصدأ اوستينيتي (316S12)	-	-	190	-	-	490	-	-	40

(1) يعني غير مُعَامَل (2) يعني مصلد (3)ملدن

(4)المادة هي سبيكة المنيوم مُعَامَلَة حرارياً بصورة كاملة

(5)اجهاد المطاوعة محسوب على اساس (دليل 0.2%)

عند اختيار المواد لاجزاء المنظومة يجب مراعاة مايلي :

1- نظام الوقاية يجب ان يصنع من مواد مضادة للتأكسد والتآكل او من مواد محمية منها .

2- النحاس يجب ان يكون من الصنف الملائم للاعمال الكهربائية الاعتيادية وان تكون له موصلية لاتقل عن 95% عندما يكون النحاس ملدناً .

3- سبائك النحاس يجب ان تكون لها نفس مقاومة التآكل كما في النحاس .

4-الاجزاء النحاسية المثبتة تحت مدخنة او مجرى هوائي لغازات مؤكسدة ولحد مسافة 600 ملم يجب حمايتها بواسطة التغطيس بالرصاص او طلائها بالقصدير .

5-استعمال دسر تثبيت داخلية مصنوعة من البرونز الفسفوري قد تعطي مقاومة اقل من مقاومة الروابط الخارجية التي لها اقطار اكبر .

6-عند استعمال الالمنيوم كموصل يجب ان تكون سبيكته من الصنف الملائم للاستعمالات الكهربائية .

7-الموصلات المصنوعة من الالمنيوم يجب ان لاتوضع بتماس مع الارض او عند احتمال حصول تدهور او تلف مفاجئ في المنظومة .

8-لايسمح باستعمال خليط مواد يولد مزدوجات الكتروليتية التي بوجود الرطوبة تتسارع فيها عملية التآكل .

9-مواد اجزاء مانعات الصواعق النحاسية لا تنصب على السطوح او الجوانب او اي سطح مصنع من الالمنيوم وكذلك العكس حيث لايسمح للاجزاء المصنعة من الالمنيوم ان تنصب على السطوح النحاسية .

10- يجب ان لا يستعمل الالمنيوم اذا كان هناك مجرى مائي يمر عليه بعد مروره على جزء نحاسي.

11-يجب ان لا توضع الموصلات المصنوعة من الالمنيوم بتماس مع الاصباغ ذات الاساس القاعدي او تكون ضمن خرسانة او بلوك او ان تنصب في مكان معرض لرطوبة عالية .

12-الحديد المغلون يكون بديلا" مفضلا" من النحاس او الالمنيوم في بعض الاستعمالات قصيرة العمر .

3-4/2/2 ابعاد المواد

الابعاد بالحدود الدنيا المسموح باستعمالها في اجزاء منظومات مانعات الصواعق في الظروف الاعتيادية مبينة في الجدولين (3- 3/4 و 3-4/4) وبحسب متطلبات كل جزء .

يجب ملاحظة ان في الحالات التي يكون فيها اجراء عمليات الفحص والتصليح يمثل صعوبة كبيرة فيجب اخذ احجام اكبر من الواردة في الجدول (3-4/4) ومن المعتاد اخذ الحجم القياسي الاكبر التالي في القيم الواردة في الجدول .

كذلك يجب اخذ احجام اكبر من الواردة في الجدول في المنشآت ذات الارتفاع الاكبر من 20 م وعند وجود احمال ميكانيكية كبيرة او مسببات تآكل وفي الانواع الخاصة من الهياكل.

كذلك يجب مراعاة النقاط التالية :

1- اجزاء الربط الداخلية تتطلب حوالي نصف مساحة مقطع اجزاء الربط الخارجية .

2- من المفضل استعمال مواد على شكل قضبان في النهايات الهوائية الافقية والموصلات النازلة وفي عمليات الربط بدلاً من استعمال المواد الشريطية عندما يتطلب نصبها عمل انحناءات بمستويات مختلفة

3- روابط قضبان الفولاذ المغلف بالنحاس يجب ان يكون الغلاف فيها من سبيكة النحاس والسليكون او سبيكة الالمنيوم البرونزي مع محتوى نحاسي لايقل عن 75 % .

4- في قضبان الفولاذ المغلفة بالنحاس يجب ان يكون الفولاذ من النوع واطئ الكاربون باجهاد مطاوعة بحدود 600 نيوتن / ملم^2 والغلاف يجب ان يكون من النحاس الالكتروليتي بنقاوة 99.9 % ومرتبط جزئياً بالقلب الفولاذي، كما يجب ان يكون سمك النحاس المغلف للقضيب لايقل عن 0.25 ملم .

5- الاسنان في الحديد المغلون القياسي يجب ان تعمل قبل عملية التغطيس الحار التي تتطلبها عملية الغلونة

6- يجب استعمال اجزاء موصلة وتجهيزات ثنائية المعدن في توصيل او ربط المواد مختلفة المعادن قبل ربط الموصلات النازلة المصنوعة من الالمنيوم مع اجزاء التأريض النحاسية او المطلية بالنحاس. ويقصد بالاجزاء ثنائية المعدن احتواؤها على معدن مشابه للمعدن المربوط من جهته .

7- ادوات الربط ثنائية المعدن يجب ان تستعمل بارتفاع لايقل عن 460 ملم من مستوى سطح الارض.

8- اجزاء التوصيل وتجهيزاتها يجب ان تحقق متطلبات التوصيل مع الموصلات والسطوح التي تثبت عليها .

9- لحماية الموصلات يجب الاخذ بالاعتبار الحاجة الى استعمال التغليف بالرصاص بما لايقل عن سمك 2 ملم عند نصب هذه الموصلات في الاجواء والظروف الصعبة، كما في اعالي المداخن. كذلك يجب ان تكون نهايات التغليف محكمة وان لاتتعرض طبقة الرصاص للازاحة في مناطق الربط .

10- رغم ان كون النهايات الهوائية غير مغلفة يؤدي الى الحصول على اقصى فعالية لها لكن لوجود احتمال تآكل هذه الاجزاء والذي يصاحب مادة الالمنيوم او لاسباب تحسين منظر الاجزاء يمكن تغليفها باستعمال طبقة رقيقة من مادة pvc بسمك بحدود 1 ملم او استعمال الصبغ لحماية هذه النهايات الهوائية

11-عندما تستعمل مواد التثبيت غير المعدنية (كالبلاستك مثلاً) لسهولتها في العمل ولعدم تعرضها للتآكل الكهربائي الكَلفاني فيجب الاخذ بالاعتبار احتمال تلفها بسبب تعرضها للاشعة فوق البنفسجية او تعرضها للصقيع. مما يستوجب استبدالها بين فترة واخرى .

12-اجزاء المنظومة التي من الممكن تعرضها لتلف ميكانيكي او تشوه انحناء بسبب الاحمال الميكانيكية يجب حمايتها بزيادة جساءتها بواسطة غلاف مقولب وعندما يستعمل انبوب معدني حول الموصل يجب ضمان وجود توصيل كهربائي بين نهايتي الانبوب والموصل .

13-الموصلات من اسلاك او جدائل مفتولة يجب ان لا تستعمل في الموصلات النازلة او الارضية .

الجدول 3-3/4: القيم الدنيا للسمك المطلوب للالواح المعدنية المستعملة في السقوف التي تشكل جزءا" من شبكة النهايات الهوائية[2]

المـــــادة	ادنى سمك (ملم)
حديد مغلون	0.5
فولاذ مقاوم للصدأ	0.4
نحاس	0.3
المنيوم مع خارصين	0.7
رصاص	2

الجدول 3-4/4 الابعاد الدنيا للمواد المكونة لاجزاء منظومة مانعة الصواعق[5]

جزء المنظومة والمعدن	الابعاد (ملم)	المساحة (ملم2)
النهايات الهوائية :		
شرائط الالمنيوم او النحاس او الحديد المغلون	2.5x20	50
قضبان الالمنيوم وسبائك الالمنيوم والنحاس والبرونز الفسفوري والحديد المغلون.	قطر 8	50
الموصلات المعلقة :		
المنيوم قياسي	7/3	50
نحاس قياسي	101/3	500
المنيوم قياسي مدعم بالفولاذ	7/3	50
حديد مغلون قياسي	7/3	50

تكملة الجدول 3-4/4

جزء المنظومة والمعدن	الابعاد (ملم)	المساحة (ملم2)
الموصلات النازلة :		
شرائط المنيوم او نحاس او حديد مغلون	2.5 x 20	50
قضبان المنيوم او سبائك الالمنيوم او نحاس او حديد مغلون	قطر 8	50
النهايات الارضية :		
فولاذ اوستنيتي	قطر 14	153
شرائط نحاس او حديد مغلون	2.5 x 20	50
قضبان نحاس او حديد مغلون	قطر 8	50
قضبان نحاس مقسى بالسحب للغرز المباشر في التربة الرخوة	قطر 8	50
قضبان او الاسلاك الصلدة من النحاس المقسى بالسحب او الملدن للغرز غير المباشر او التثبيت في الارض.	قطر 8	50
القضبان للاراضي الصلبة	قطر 12	113
القضبان المغلفة بالنحاس او قضبان الحديد المغلون للارض الصلبة	قطر 14	153
توصيلات الربط الثابتة من الالمنيوم او سبائك النحاس او الالمنيوم او الحديد المغلون :		
شرائط خارجية	2.5 x 20	50
قضبان خارجية	قطر 8	50
شرائط داخلية	1.5 x 20	30
قضبان داخلية	قطر 6.5	30
توصيلات الربط المرنة او الصفائحية :		
المنيوم لتوصيلة خارجية	2.5 x 20	50
نحاس ملدن لتوصيلة خارجية	2.5 x 20	50
المنيوم لتوصيلة داخلية	1.5 x 20	30
نحاس ملدن لتوصيلة داخلية	1.5 x 20	30

3-5 اعتبارات تصميم منظومات الحماية من الصواعق

3-5/1 المقدمة

لغرض تصميم منظومة وقاية من الصواعق تكون الخطوة الاولى دراسة البناية المطلوب حمايتها ان كانت قائمة ،او مخططاتها ومواصفاتها ان كانت في مرحلة التصميم اوالانشاء.

إن اهداف تصميم منظومة الوقاية من الصواعق هي تحقيق الحماية المطلوبة باقل كلفة مع الاقلال من او بدون التأثير على المظهر الخارجي للبناية او ادائها لوظائفها.

إن المواد المستعملة في انشاء البناية او الهيكل تشكل اهمية كبيرة في تصميم منظومات الوقاية من الصواعق فوجود المعادن ضمن الهيكل والجدران والسقوف يهيء مسارات توصيل جيدة لأجزاء المنظومة وبدون اي كلف اضافية او تشويه او تحوير لمظهر البناية. قضبان التسليح في الخرسانة والهياكل الحديدية والاجزاء المعدنية مهمة الحجم في السقوف وحتى سكك تنظيف النوافذ الخارجية في العمارات الشاهقة من الممكن ان تستعمل كمسارات توصيل وتكون جزءا" من منظومة الوقاية من الصواعق.كذلك الأسس المعدنية مثل الواح الركائز الفولاذية والتي تكون على تماس مباشر مع كتلة الارض يمكن استعمالها كأقطاب تأريض بدون الحاجة الى اضافة اجزاء اخرى لها [2و5].

كذالك يجب على المصمم ان يتعامل مع البناية بكامل اجزائها كمنظومة واحدة اذ لايحبذ تصميم منظومات متعددة لأجزاء البناية المتعددة وان يؤخذ هذا في الأعتبار عند استعمال المواد المعدنية في او على البناية كاجزاء من منظومة الوقاية من الصواعق.

من الناحية المعمارية والتصميمية للبناية فيجب ان يقرر مايلي:

1-مسار كافة اجزاء البناية الموصلة.

2-المساحة التي ستحتاجها شبكة النهايات والأقطاب الأرضية.

3-المادة او المواد المطلوبة للموصلات.

4-حجم العمل وتوزيع المسؤوليات وبصورة خاصة اعمال النصب والتثبيت لأجزاء المنظومة وتأثيرها على البناية.

5-المواد التى ستستعمل في انشاء البناية وبصورة خاصة المواد التي تشكل اجزاء معدنية مستمرة مثل استعمال الخرسانة المسلحة او الدعائم الفولاذية.

6-استعمال البناية بعد الأنشاء.

7-تفاصيل كافة التأسيسات المعدنية، من انابيب ومجاري مياه امطار وسكك ومماشٍ ، التي تدخل الى او تخرج من البناية او تكون ضمن هيكلها والتي قد تحتاج الى الربط مع منظومة الوقاية من الصواعق.

8-التأسيسات المدفونة التي قد تؤثر على اماكن نصب شبكة النهايات الأرضية.

9-تفاصيل الأجهزة والآلات ووحدات انظمة التدفئة والتبريد التي ستجهز بها البناية او تنصب قربها فتحتاج الى ربط مع منظومة الوقاية من الصواعق.

ومن الناحية الأنشائية فيجب اقرار مايلي:

1-نوع وموقع واعداد المثبتات لأجزاء منظومة الوقاية من الصواعق الواجب توافرها.

2-مواقع الموصلات التي يجب وضعها تحت البناية.

3-الاتفاق على امكانية استعمال اجزاء من منظومة الوقاية من الصواعق في اثناء فترة انشاء البناية مثل استعمال شبكة النهايات الأرضية لتأريض السقالات او الرافعات.

4-للأبنية ذات الهياكل الفولاذية يجب ان تقرر اعداد ومواقع الدعائم الفولاذية ونوع تثبيتها وتوصيلاتها لأغراض نصب النهايات الأرضية.

5-اقرار فيما اذا كانت اغطية السقف المعدنية(اذا استعملت) ستكون مناسبة للاستعمال كجزء من منظومة الوقاية من الصواعق كذلك تبيان طريقة توصيلها الى الأرض.

6-اعداد ومواقع الصواري وساريات الأعلام وغرف آلات المصاعد والتهوية والتدفئة والتبريد وخزانات المياه.

7-نوع بناء الجدران والسقوف لغرض اقرار الطرائق الصحيحة لتثبيت الموصلات وباقي اجزاء منظومة الوقاية من الصواعق.

8-عمل ممرات وثقوب خلال الشُرف والسواتر لامرار الموصلات النازلة.

9-تيسير الوصول الى وصلات الفحص وتهيئة الحماية بواسطة اغطية غير معدنية للاجزاء المعرضة للتلف الميكانيكي.

3-5/2 اجزاء المنظومة

3-5/2/1 هوائيات أو نهايات التسلم

3-5/2/1/1 المقدمة

النهايات الهوائية تمثل اقرب نقطة على سطح أو جوانب بناية أو منشأة إلى المسار النازل من السحب عند مرحلته أو خطواته الأخيرة كما موضح سابقا. في هذه النهاية الهوائية تتركز الشحنات الكهربائية بطبيعة مضادة لشحنة السحابة وبالنتيجة ينطلق منها المسار الصاعد ليلتقي المسار النازل للصاعقة ثم يحدث التفريغ الكهربائي عبر هذه الهوائيات ليتسرب إلى الأرض أو اقرب جسم موصل .

في المنظومات البسيطة تزود النهايات الهوائية بموصل نازل لإيصال التيار إلى شبكة التأريض في حين أن في المنظومات الأكثر تعقيدا توصل الهوائيات بموصل رئيس ومنه عبر موصلات نازلة يصل التيار إلى شبكة التأريض .

هناك ثلاثة أنواع من النهايات الهوائية المستعملة في تصاميم منظومة الوقاية من الصواعق وهي :

1- النهايات الهوائية الأفقية .

2- النهايات الهوائية العمودية .

3- النهايات الهوائية المعلقة .

ويعتبر النوع الأول الأهم بالنسبة للتطبيقات في العراق، لكون متطلبات أنظمة الوقاية من الصواعق تتعلق في الأغلب بالأبنية ذات الارتفاعات الكبيرة والأحجام الكبيرة والسطوح المستوية المزودة بغرف فوقية مستوية السطوح أيضا تقع في وسطها أو في احد جوانبها، تمثل غرف نهاية السلالم وخدمة المصاعد وأحيانا غرف خدمات أخرى .هذا النوع من البناء يستلزم استعمال النهايات الهوائية الأفقية لأسباب عملية واقتصادية .

النوع الثاني يستعمل في الأبنية الصغيرة المفردة أولحماية جزء من الأبنية بالمشاركة مع النوع الأول. أما النوع الثالث فيختص بصوره رئيسة بأنظمة الوقاية من الصواعق للمباني والمنشآت الحساسة وسترد تفاصيله في الفصل السابع من هذه المدونة .

3-2/1/2/5 النهايات الهوائية الأفقية

من الممكن استعمال هذا النوع في كافة انواع واحجام الأبنية، ولكن بسبب الكلفة لايتم استعماله عندما يكون من الممكن استعمال نهايات هوائية عمودية ذات المتطلبات الأقل والكلفة الأوطأ .

في البنايات المرتفعة والبنايات كبيرة الحجم والبنايات متعددة السطوح يكون من المحتم استعمال الهوائيات الأفقية لحماية كل البناء اوجزء منه. كذلك تستعمل هذه الهوائيات في السطوح للسقوف المستوية او المائلة وتعتبر السطوح المائلة قليلا ضمن السطوح المستوية. يعرف السطح المائل لسقف البناية بأنه السقف الذي يكون انحداره 1/8 او اكثر ضمن امتداد افقي قدره 12م او اقل. او الذي له انحدار 1/4 او اكثر ضمن امتداد افقي قدره اكثر من 12م. وفي كلتا الحالتين وعندما يكون الانحدار اقل من المحدد تعتبر السقوف ذات سطوح مائلة قليلا وتعامل كالسطوح الافقية .

إن قواعد تصميم النهايات الهوائية الافقية لكافة انواع الاسطح هي:

1-يجب وضع الموصلات الافقية في السطوح المفردة المستوية او المائلة قليلا على كافة حافات الاسوار او الحواجز لتشكيل شبكة على محيط السقف كما مبين في الشكل (3-1/5).

2-في السطوح متعددة الطبقات لايشترط ان توضع الموصلات الافقية على كافة حافات الاسوار او الحواجز اذ يولد الموصل الافقي نطاق حماية بزاوية $^{\circ}$ 60 للأبنية الأعتيادية وبأرتفاع كلي للبناية لحد 20 م كما موضح في الشكل (3-2/5).

3-للأبنية بارتفاع اكبر من 20 م تستعمل طريقة الكرة المتدحرجة لتعيين الأماكن التي تحتاج الى وضع الموصلات الأفقية .

4-للسطوح المستوية كبيرة المساحة تستعمل شبكة موصلات هوائية افقية بمسافات لاتزيد عن10 م x 20 م .

5-عند استعمال النهايات الهوائية الأفقية لايجب ان تبعد أي نقطة على السطح اكثر من 5 م عن اقرب هوائي أفقي باستثناء السقوف متعددة الطبقات. وفي حالة كون الهوائي أعلى من مستوى السطح التالي فيسمح

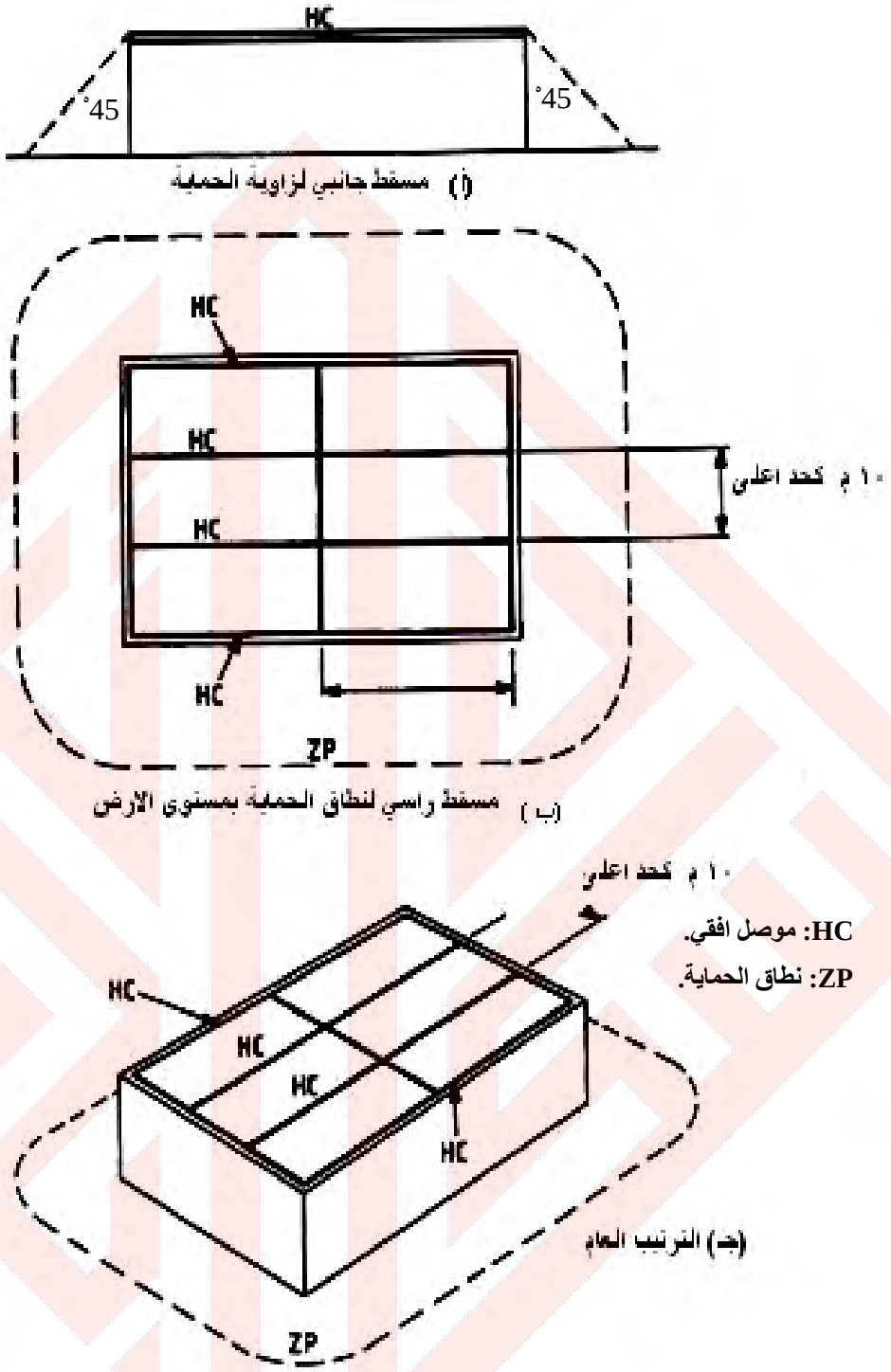
باضافة متر للمسافة لأية نقطة في السطح المنخفض لكل متر انخفاض في مستوى هذا السطح وبحسب زاوية الحماية 45^0 لحافة السطح الاعلى.[2]

6-سطوح السقوف المستوية او المائلة قليلا وذات المحيط غير المنتظم تعامل على اساس الحافات الأبعد للجدران الخارجية للبناية وكما موضح في الشكل (3-5/3) .

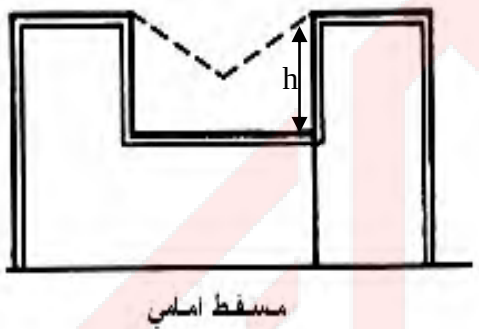
7-السقوف المستوية الكبيرة الحاوية على فسحات داخلية محيطها اكبر من 92 م تحتاج الى حماية اذا كان طول اي ضلع في محيط الفتحة لايقل عن 15 م [5].

8-اذا كان الفرق في ارتفاع جزء من السقوف كبير جداً فيجب ان يكون لكل سطح شبكة نهايات هوائية افقية مستقلة. ويجب ان ترتبط شبكة السطح المنخفض مع الموصلات النازلة لشبكة السطح المرتفع بالاضافة الى تجهيزها بموصلات خاصة بها .

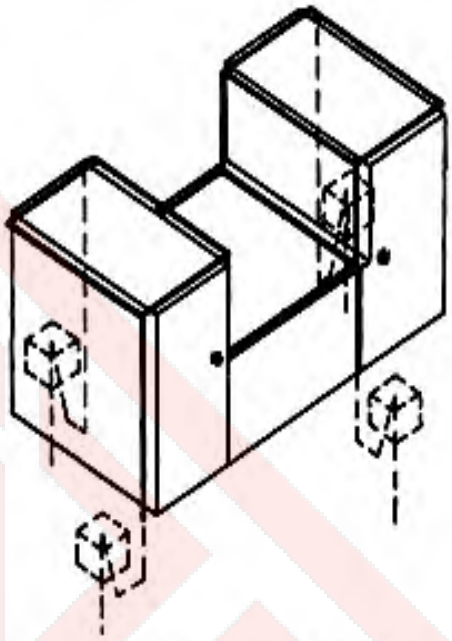
9-في كل الأحوال يجب ان تشكل الهوائيات الافقية شبكة متكاملة للاقلال من خطر تولد التسرب الجانبي الذي قد يسببه وجود دائرة حث كبيرة .



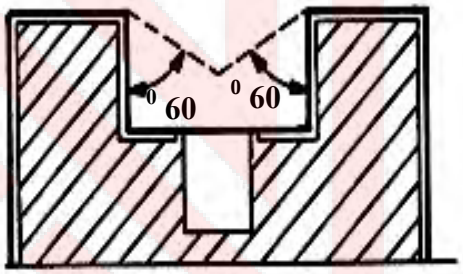
الشكل 3-1/5 النهايات الهوائية لسقف مستو [2]



مسقط امامي



ربط الموصل العازل مع الموصل الافقي عند الحاجز الاسفل



المقطع A-A

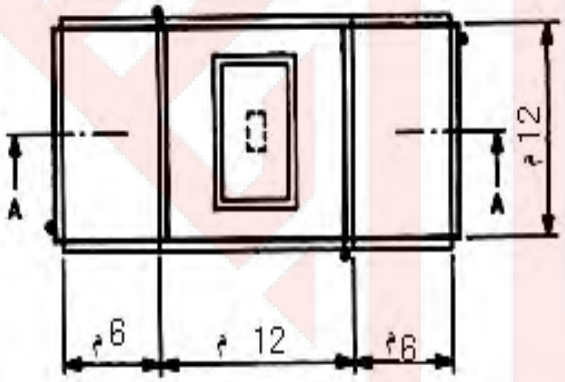
الرموز

● موصل نازل .

— موصل افقي .

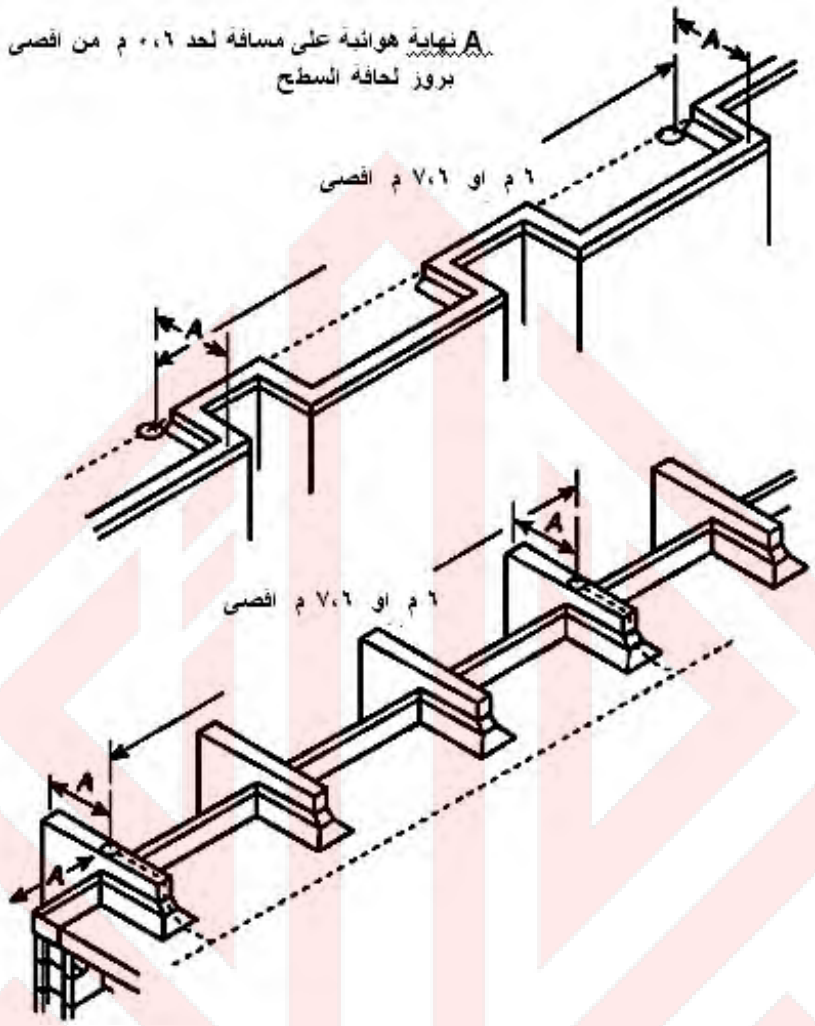
المحيط = 24+12+12=72م

عدد الموصلات النازلة المطلوبة = $\frac{72}{20} = 4$



* زاوية الحماية 60^0 تنطبق للابنية بارتفاع داخلي(h) لحد 7.6 م

الشكل 3-2/5: النهايات الهوائية للسطوح المستوية ولنهاية متعددة الارتفاعات[2] .



الشكل 3-5/3: المحيط غير المنتظم للسطوح المستوية او المائلة قليلاً[5].

3-5/2/1/3 النهايات الهوائية العمودية

هذه النهايات تمثل نتوءا" معدنيا" على شكل قضيب في أغلب الأحيان ترتفع قمته فوق مستوى الاجزاء المحيطه به مما يؤهله لان يكون منطلقا" للمسار الصاعد عند توليد عملية الصعق بسبب الشحنة الكبيرة (الموجبة في اغلب الأحيان) التي تتولد في نهايته الهوائية وبالنتيجة يتسلم تيار الصعق بأكمله. تستعمل النهايات الهوائية العمودية اما بصورة مفردة لتوليد نطاق حماية على شكل مخروط او على شكل مجاميع لعمل نطاق حماية لحجوم اكبر كما سبق ذكره في الفصل الثالث. تيار الصعق المتسلم في النهايات الهوائية العمودية اما يمرر الى موصل نازل بصورة مباشرة او يمرر عبر موصل رئيس ترتبط به مجاميع الهوائيات العمودية ثم عبره الى الموصلات النازلة التي بدورها تقوم بايصال التيار الى النهايات الأرضية . الشكل (3-5/4) يبين انواعا" مختلفة من الهوائيات العمودية وطرائق تثبيتها .

إن قواعد استعمال النهايات الهوائية العمودية هي:

1- عند استعمال نهائي هوائي عمودي لحماية بناية صغيرة يحسب الأرتفاع المطلوب لنهاية الهوائي بحسب ارتفاع البناية وزاوية الحماية التي يشكلها الهوائي كما مبين في الشكل (3-5/5).

2- يجب ان توزع النهايات الهوائية العمودية على الحافات أو الزوايا الخارجية للسطوح المستوية او المائلة قليلاً بمسافات بينية لاتتجاوز 6 م كما مبين في الشكل (3-6/5) .

3- يجب ان توضع النهايات الهوائية العمودية على السقوف المائلة ضمن مسافة 0.6 م من نهاية حد السقف كما مبين في الشكل (3-3/5) وان توزع بمسافات بينية لا تتجاوز 6 م كما مبين في الشكل (3-7/5) .

4- يسمح للهوائيات العمودية التي يتجاوز ارتفاعها 0.6 م فوق مستوى السطح او الجزء المطلوب حمايته أن توزع بمسافات بينية لاتتجاوز 7.6 م .

5- السقوف المائلة التي يكون ارتفاعها لحد 15 م تتطلب توزيع الهوائيات العمودية على طول الخط الأعلى للسقف على ان لاتكون هناك بروزات افقية في نهاية الخط الأعلى اكبر من منافذ مياه الامطار .

6- السقوف المائلة التي يزيد ارتفاعها عن 15 م تتطلب توزيع الهوائيات العمودية وتحديد مواقعها باستعمال طريقة الكرة المتدحرجة .

7- السقوف المستوية او المائلة قليلاً التي يتجاوز عرضها او طولها 15 م يجب ان تزود بموصلات هوائية عمودية اضافية على مسافات بينية لاتزيد عن 15 م ضمن مساحة السطح كما مبين في الشكل (3-7/5) او تستعمل نهايات هوائية بارتفاع عالٍ يحدد باستعمال طريقة الكرة المتدحرجة

8- السقوف المائلة الحاوية على بروزات او نتوءات (فتحات الأنارة او التهوية مثلاً) بنفس اقصى أرتفاع للسقف او أعلى تتطلب تزويد هذه النتوءات بهوائي عمودي خاص بها .

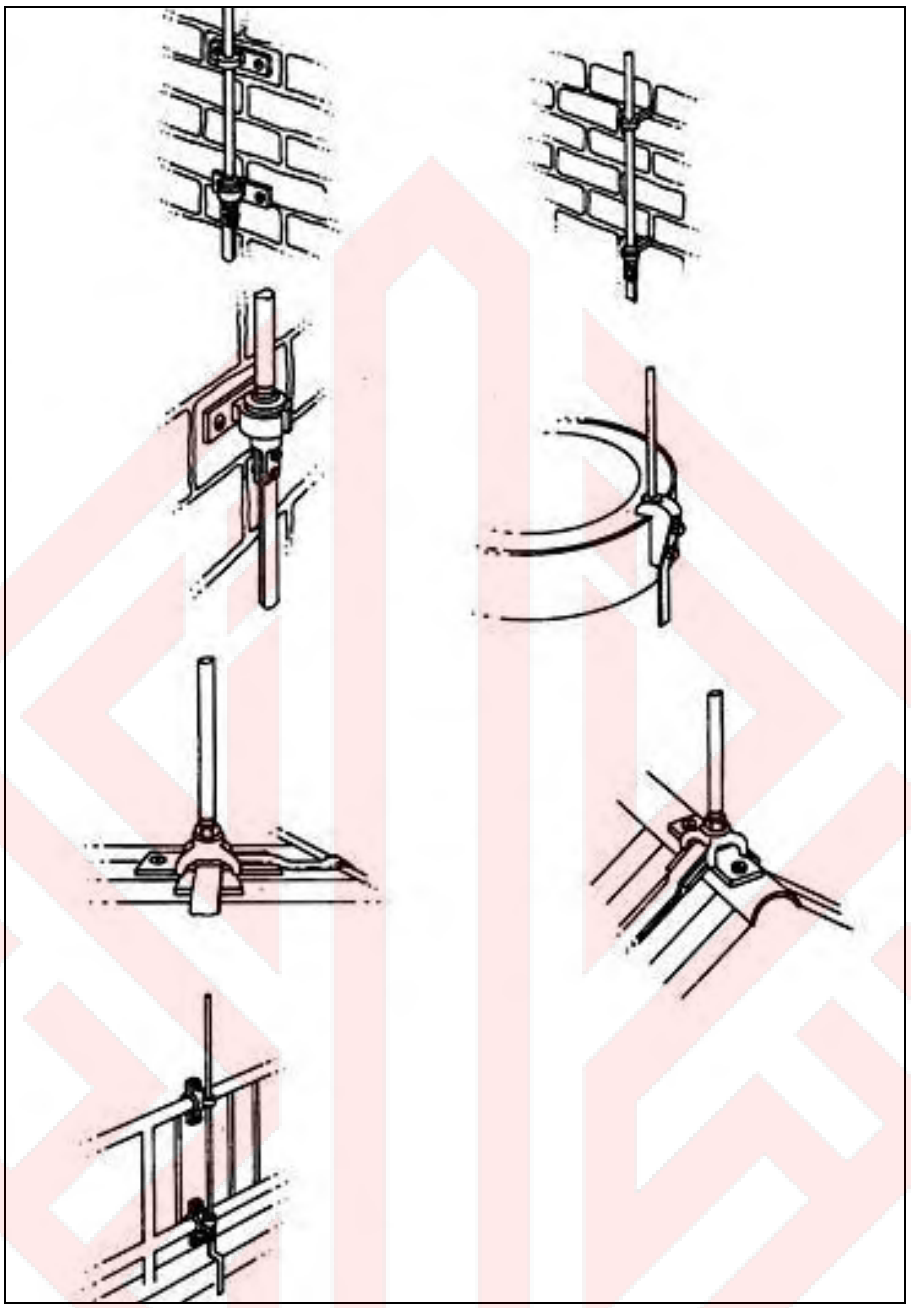
9- قمة اي هوائي عمودي يجب ان تكون على ارتفاع صافٍ لايقل عن 254 ملم فوق مستوى الجسم او المساحة التي يقوم الهوائي بحمايتها كما مبين في الشكل (3-8/5).

10- نهاية الهوائي يمكن ان تكون مستوية او حادة كما مبين في الشكل (3-8/5) .

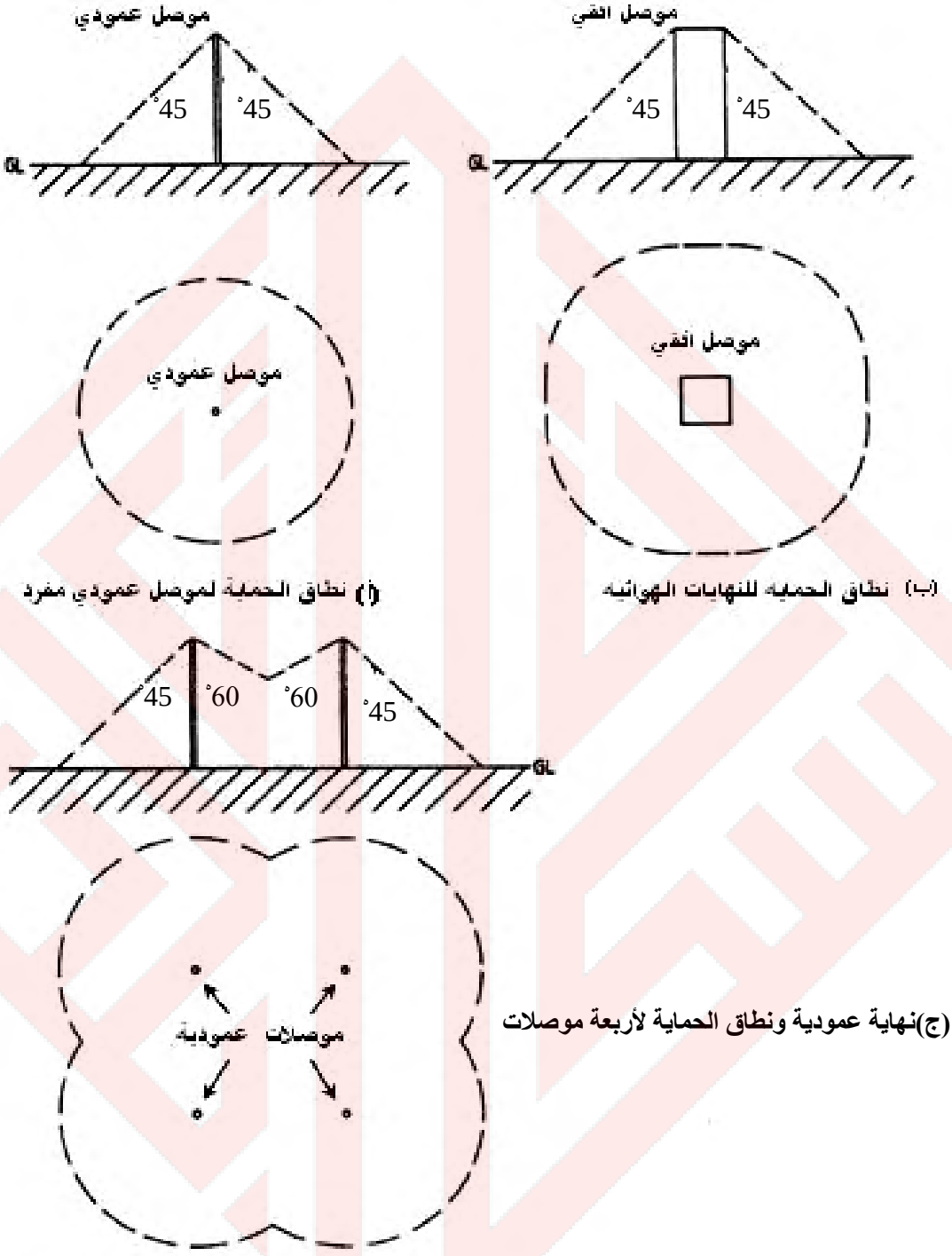
11- يجب حماية الهوائي العمودي من الانقلاب بواسطة تثبيته بصورة مباشرة على السطح او باستعمال قفيص على جانب السور او الجدار مع المحافظة على ارتفاعه الصافي كما مبين في الشكل (3-8/5) .

12- الهوائيات العمودية التي يزيد طولها عن 0.6 م فوق مستوى الجسم او المساحة التي يقوم الهوائي بحمايتها يجب ان تستند من نقطة لاتقل عن نصف طولها على جدار او بواسطة اذرع اسناد على السطح كمامبين في الشكل (3-8/5) .

13- اذا استعملت الديكورات المعدنية كهوائي عمودي غير مسند يجب ان لاتزيد مساحته المعرضة للرياح عن 0.1 م^2 .

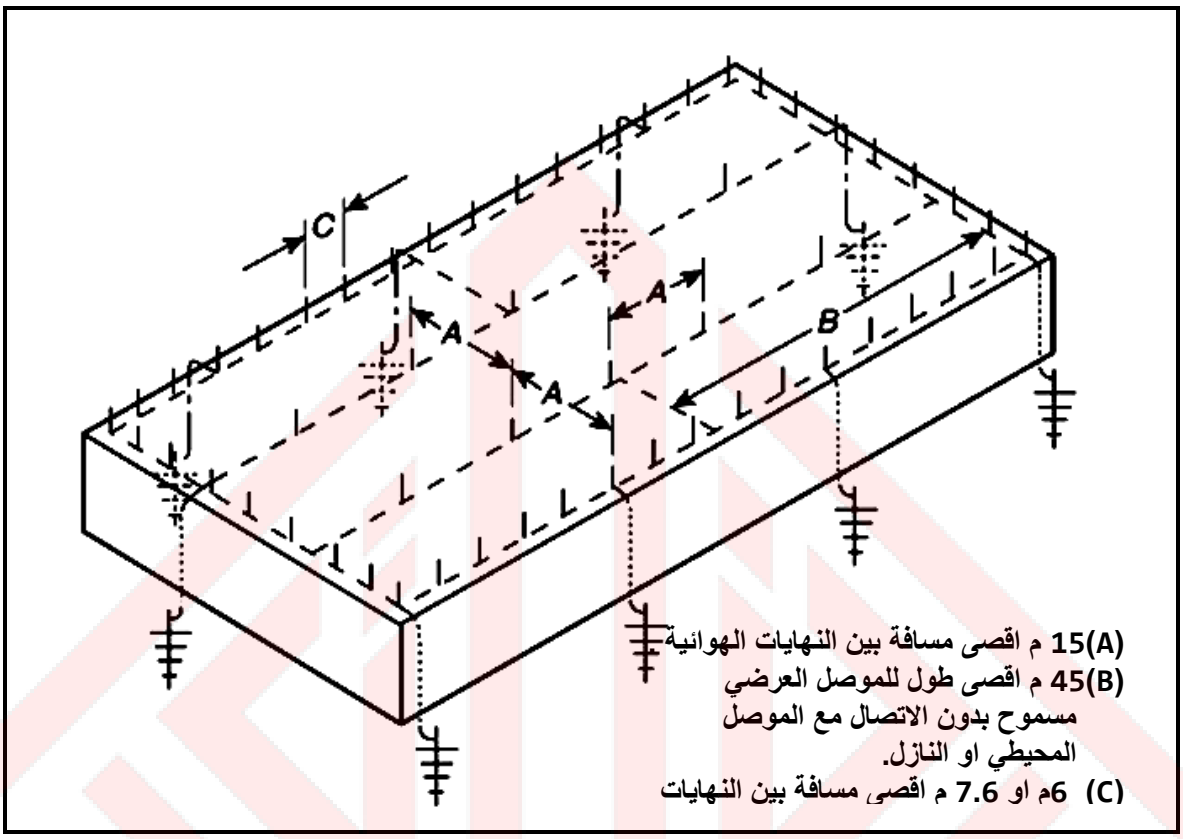


الشكل 3-4/5: الانواع الاعتيادية من النهايات الهوائية العمودية وطرائق تثبيتها[5].

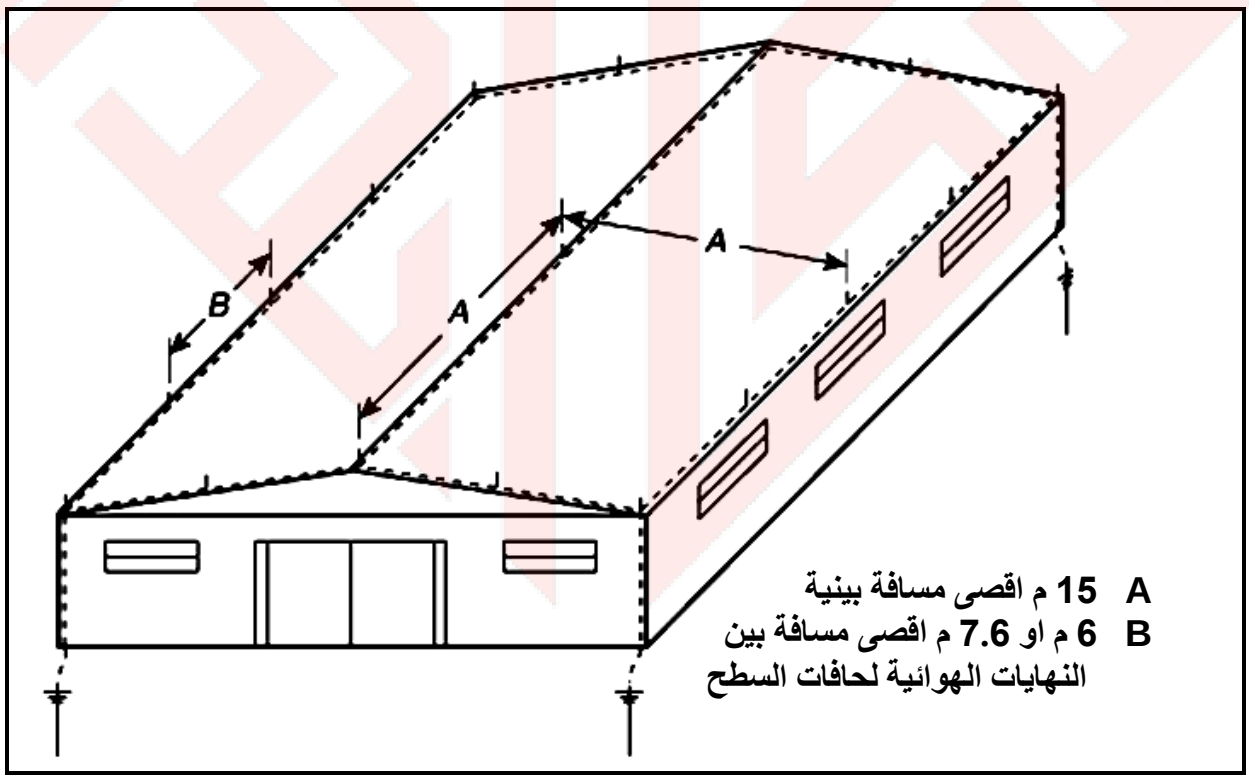


(ج)نهاية عمودية ونطاق الحماية لأربعة موصلات

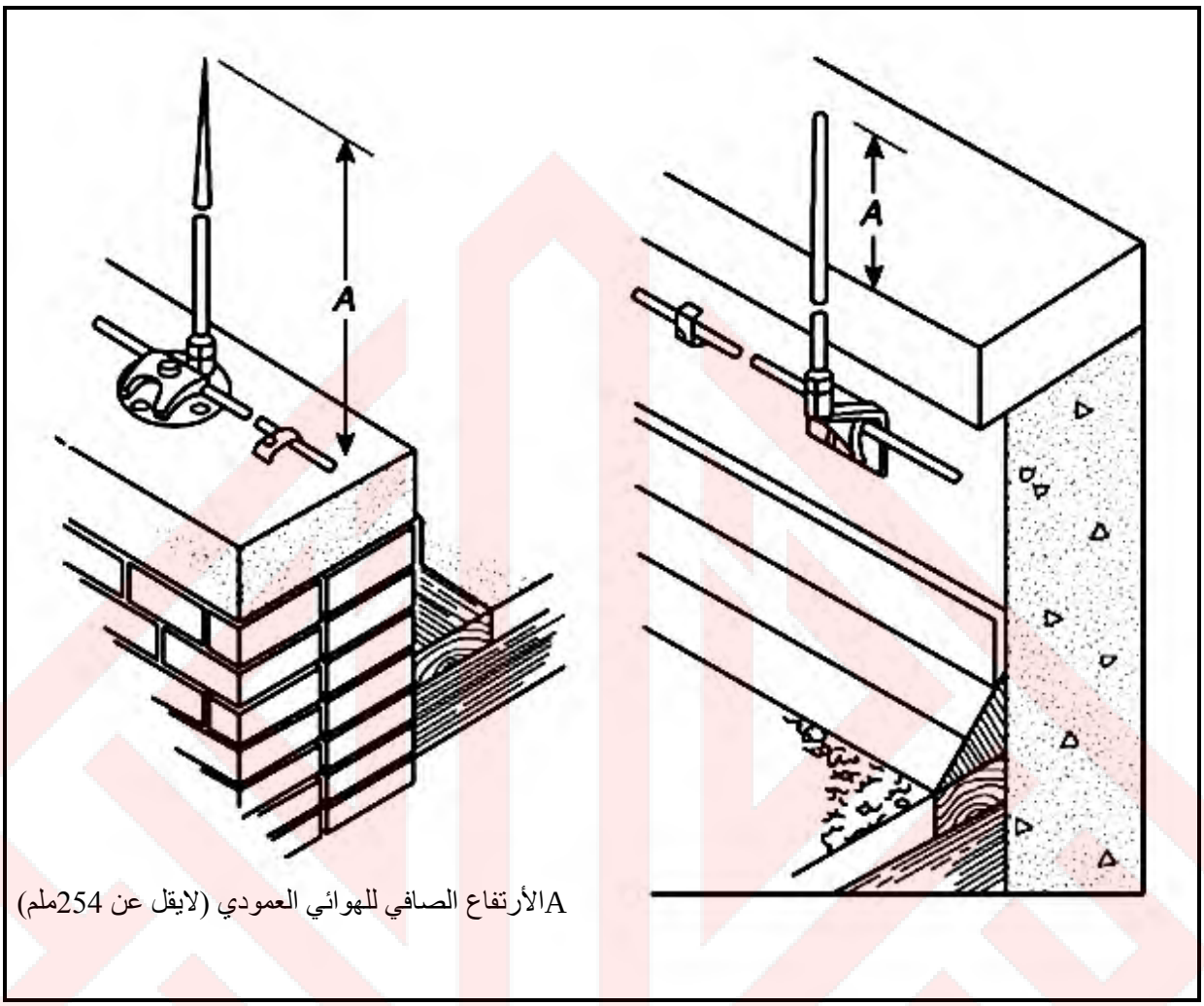
الشكل 3-5/5: زوايا ونطاق الحماية لانواع مختلفةمن النهايات الهوائية .



الشكل 3-5/6: النهايات الهوائية على سطح مستوٍ[5].



الشكل 3-5/7: النهايات الهوائية على سطح مائل قليلاً[5].



الشكل 3-5/8: ارتفاع وطرائق تثبيت النهايات الهوائية العمودية.

3-5/2/2 الموصلات

3-5/2/2/1 الموصلات العرضية الرئيسة

عند استعمال نهايات هوائية متعددة سواء كانت عمودية أو أفقية او من كلا النوعين يتم ربطها جميعاً بموصل يسمى الموصل العرضي الرئيس وبه تتصل الموصلات النازلة التي تتصل بدورها في النهاية الاخرى بشبكة النهايات الأرضية .

يكون مسار الموصلات الرئيسة عرضيا"حول محيط السقوف المستوية ،او المائلة قليلاً ،للأبنية الكبيرة وخلف اسوارها او عليها.كما يكون مسار الموصلات الرئيس عرضيا في هذه السقوف .

اما في السقوف ثنائية الانحدارأوالمسنمات (الجملونات)المتعددة فيجب ان يكون مسار الموصلات العرضية في أخاديد السقوف وان اقتضت الحاجة حول محيط السقف ايضاً وبما يضمن توزيع الموصلات النازلة باكبر أنتظام حول البناية .

ان قواعد استعمال الموصلات العرضية الرئيسة هي:

1- إن ابعاد المقاطع المطلوبة بالحد الادنى بحسب خيارات المعادن التي يمكن استعمالها في الموصلات الرئيسة تكون كما مبين في الجدول (3-4/4) .

2-الموصلات العرضية الرئيسة يجب ان تؤمن ربط جميع النهايات الهوائية وان تضمن وجود مسارين او اكثر من كل نهاية هوائية باتجاه الأسفل او أفقياً وان لاترتفع بميل يتجاوز 1/4. وهناك استثناءات لهذه القاعدة وهي:

أ- النهايات الهوائية في السطوح المنخفضة في الابنية متعددة السطوح والموصولة بواسطة موصل رئيس قادم من سطح اعلى تحتاج الى مسار واحد أفقي او نازل وبشرط أن لايزيد طول هذا المسار عن 12م .

ب- يسمح للنهايات الهوائية ان تكون لها نهاية ميتة وبما يهيء مسارا" واحدا" الى موصل رئيس في السطوح التي هي أوطأ من مستوى الحماية بشرط ان لايتجاوز طول المسار الكلي من النهاية الهوائية الى الموصل الرئيس 4.9م، وان يحافظ المسار على الوضع الأفقي او المنحدر الى الاسفل[5]

3- يجب ان يوجه مسار الموصل الرئيس حول العوائق مثل القباب واجهزة التكييف المنصوبة على السطوح .

4- يجب استعمال الموصلات العرضية الرئيسة في المنظومات التي تستعمل النهايات الهوائية العمودية بفاصل 15 م للموصل مع الموصل الرئيس في السطوح المستوية او المائلة قليلاً التي يتجاوز عرضها 15 م وعلى هذا الأساس تتطلب سطوح السقوف بعرض 15 م و30 م موصلا" عرضيا" واحدا".[5]

5- الموصلات العرضية يجب ان ترتبط بالموصل المحيط الرئيس بمسافات لاتزيد عن 45 م للسطوح التي يتجاوز طولها 46 م والتي تستعمل منظومات النهايات الهوائية العمودية كما موضح في الشكل (3-6/5) .[5]

6-في السقوف المتعرجة (الجملونات المتعددة) تستعمل قاعدة توزيع الموصلات الأفقية 15 م× 20 م. وعند تجاوز الطول 20 م يتم استعمال موصل عرضي للحفاظ على مسافة لاتتجاوز 20 م واذا كانت المسافة بين التعرجات اكبر من 15 م مضافاً اليه ضعف ارتفاع التعرج فيجب استعمال موصلات عرضية إضافية .

7-لايجوز ان يعوض عن الموصل العرضي الرئيس بأجزاء البناية المعدنية المتواجدة في السطح مثل السلالم ومجاري التأسيسات المعدنية ويستثنى من ذلك مساند المماشي المعدنية المستمرة كهربائياً على أن لا يقل سمك المعدن فيها عن 1.63 ملم .[5]

8- لايجوز ان يعوض عن الموصل العرضي الرئيس بالسقوف او الجوانب المعدنية اذا كان السمك فيها يقل عن 4.8 ملم .[5]

9- يجب ان تحافظ الموصلات العرضية الرئيسة على مسارات أفقية منحدرة الى الاسفل او الى الأعلى على شكل (U او V) .

10-لايجوز حني الموصل العرضي الرئيس بزاوية أقل من ^{0} 90 او ان يكون نصف قطر التقوس اقل من 200 ملم .

11- يسمح للموصل العرضي الرئيس ان يكون معلقاً في الهواء لمسافة لاتزيد عن 0.9 م وإن تطلب الأمر ان يعلق لمسافة أطول فيجب تزويده باسناد لمنع تلف او ازاحة الموصل .

12- كافة الزوائد المعدنية في اعلى سطح السقف التي تتصل بكتلة الأرض بصورة عرضية او متعامدة يجب ان ترتبط بالموصل العرضي الرئيس .

3-5/2/3 الموصلات النازلة

3-5/3/2/1 مقدمة

تعرف الموصلات النازلة بانها الوسيلة التي يمكن خلالها افراغ تيار الصعق المتسلم في النهايات الهوائية وعلى طول البناية او المنشأة وصولا الى الأرض من خلال الاقطاب الأرضية وان تتم هذه العملية بأمان وباقل مقاومة ممكنة .

عندما تكون الابنية او الهياكل مزودة بوسائل ضمنية تدخل في مواد البناء تضمن توافر مسار مستمر للتيار الكهربائي كحديد التسليح في الابنية من الخرسانة المسلحة او اعمدة ودعائم الفولاذ في الهياكل المعدنية فستكون هذه الاجزاء هي الموصلات النازلة في منظومة الوقاية من الصواعق في حالة ضمان استمرارية هذه الاجزاء من خلال ربط هذه الاجزاء مع بعضها البعض .

في الابنية المكونة من مواد غير موصلة تكون الموصلات النازلة على شكل اشرطة أوقضبان معدنية بابعاد وتوزيع مناسب لحجم وارتفاع البناية. كما يمكن استعمال اجزاء من البناية ان كانت تحوي موصلا" جيدا" ضمن بناء او تركيب ذلك الجزء والباقي من البناية يحضر له موصل معدني آخر لأكمال المسار من النهايات الهوائية الى النهايات الأرضية للمنظومة. لأسباب عملية واقتصادية يجب ان تؤدي الموصلات النازلة الى مسار مباشر قدر الأمكان بين النهايات الهوائية والأرضية. وفي الأبنية ذات المواد غير الموصلة يجب أن توزع اعدادها(التي يحددها نوع وحجم البناية) بانتظام وتناسق حول الجدران الخارجية للبناية بدءا من الأركان. وبصورة عامة كلما زاد عدد الموصلات النازلة او تعددت مساراتها قل خطر التفريغ الجانبي للتيار. وكلما قلت التأثيرات السلبية الأخرى لمرور تيار الصعق خلال هذه الموصلات وكذلك كلما كبر مقطع الموصلات النازلة قل خطر التفريغ الجانبي. وبصورة خاصة عندما تكون الموصلات مزودة بغلاف عازل. ان عدد وحجم الموصلات يخضع لأعتبارات اقتصادية، لذلك فكل ما سيرد ذكره من اعداد واحجام يمثل الحد الادنى المطلوب لمنظومات الوقاية من الصواعق في الابنية والمنشآت .

3-5/3/2/2 عدد وتوزيع الموصلات النازلة

في المنشآت والابنية الأعتيادية الصغيرة التي مساحتها لاتتجاوز 100 م^2 تتطلب منظومة الوقاية من الصواعق موصلا" نازلا" واحدا" فقط وكذلك الأمر في الابنية الصغيرة المحمية بواسطة سارية في نهايتها هوائي

مفرد. اما الأبنية والمنشآت الكبيرة التي تستعمل فيها الخرسانة المسلحة اوالتي لها هيكل فولاذي فتشكل قضبان التسليح والأعمدة والدعائم الفولاذية موصلات نازلة بمسارات متعددة وتكون هذه قادرة على تجزئة تيار الصعق وايصاله الى الأرض .

ولضمان الاستمرارية الكهربائية لهذه المنشآت يجب اما ان تكون القضبان الحديدية في الخرسانة المسلحة ملحومة بعضها ببعض او كما في اغلب الأحيان مربوطة باسلاك معدنية بين القضبان العمودية وبين القضبان العمودية والأفقية. ورغم ضعف هذه الأسلاك الا أن ضخامة عدد القضبان وعدد التقاطعات ووصلات الربط ستؤدي الى مسارات تفريغ متعددة جداً مما يجزئ تيار الصعق على هذه المسارات. وقد اثبتت الخبرة العملية العالمية فعالية ذلك.

الشكل (3-9/5) يوضح استعمال الهيكل في بناية من الخرسانة المسلحة او ذات هيكل فولاذي وبدون الحاجة لاضافة موصلات نازلة وبالطبع فتأريض الاجزاء المعدنية في قاعدة البناية يكون اساسيا" في هذه الابنية . في الحالات التي تكون فيها الطبقات العليا من البناية معلقة لأحتواء الطابق الأرضي على فسحة اومسبح فتستعمل الأعمدة واجزاء البناية من الخرسانة المسلحة المستمرة الى الأرض كموصلات نازلة وتضاف اليها موصلات نازلة من القضبان والشرائط المعدنية في الجوانب الأخرى كما مبين في الشكل (3-9/5)

وتجدر الأشارة الى أن الخرسانة مسبقة الجهد لاتستعمل ضمن نظام الوقاية من الصواعق لأن الأسلاك والجدائل المعدنية فيها غير مرتبطة بعضها ببعض لذلك لاتتحقق فيها استمرارية كهربائية .

اما الاجزاء الخرسانية مسبقة الصب (الجاهزة) على شكل أعمدة اودعائم اوجدران فيمكن استعمالها كموصل نازل بشرط ان تكون اجزاء التسليح فيها مربوطة معاً ومرتبطة بالاجزاء المعدنية في اجزاء البناء الأخرى بما يضمن الأستمرارية الكهربائية للبناية .

اما الابنية والمنشآت المقامة من مواد غير موصلة فيستعمل فيها توزيع الموصلات النازلة المعدنية على وفق القواعد التالية:

1. يجب ان يكون مسار الموصل النازل مباشرا" قدر الأمكان بين شبكات النهايات الهوائية والأرضية.
2. يجب أن يوجد موصلان نازلان أثنان على الأقل في اي نوع من الأبنية بما في ذلك الأبراج باستثناء تلك التي تستعمل نهاية هوائية عمودية واحدة .
3. إن موقع الموصلات النازلة يخضع للأعتبارات التالية:

أ- موقع النهايات الهوائية .

ب- المسار المباشر للموصلات.

ج- ظروف التربة .

د- تأمين انعدام الازاحة للموصلات .

هـ - موقع الأجسام المعدنية الكبيرة (التي يزيد احد ابعادها عن 2 م).

و- موقع انظمة الأنابيب المعدنية المدفونة .

4. الموصلات النازلة يجب أن تفرق قدر الأمكان مع الأخذ بالاعتبار ان توزع باكبر انتظام ممكن حول محيط الجدران الخارجية بدءاً من اركان البناية .كما مبين في الشكل(3-9/5) مع مراعاة النواحي المعمارية والأنشائية

5. للأبنية ذات الأرتفاع لحد 20 م يجب ان يكون هناك موصل نازل واحد لكل 20 م اوجزء منها من محيط السقف أو الأرض للبناية ايهما اكبر. اما للأبنية بارتفاع اكثر من 20 م فيجب ان يكون لها موصل نازل واحد لكل 10 م او جزء منها.

6. يتم توزيع الموصلات النازلة على الجدران الخارجية ان امكن، مع أخذ الحيطة لتجنب مناطق المداخل والخروج من البناية .

7. يمكن استعمال فسحات الأنارة والحدائق الداخلية لتثبيت الموصلات النازلة عند تعذر استعمال الجدران الخارجية .كذلك يمكن استعمال المجاري الداخلية غير المعدنية وغير القابلة للأشتعال ،على ان تكون هذه المجاري ممتدة الى الأرض بصورة مباشرة، وعلى شرط عدم احتواء هذه المجاري على قابلوات كهربائية .

8. في الأبنية العالية وحيث تشكل عملية الفحص والتفتيش صعوبة كبيرة جداً ، يجب الأخذ بالأعتبار تحضير وسيلة لفحص الاستمرارية الكهربائية للمنظومة ويتطلب ذلك موصلين نازلين في الأقل .

9. لايجوز استعمال ممرات المصاعد لوضع الموصلات النازلة .

10. يجب أن تزود الابنية ذات الأشكال غير المنتظمة بموصلات نازلة اضافية كلما اقتضت الضرورة من كل نهاية هوائية ، بحيث يكون هناك مساران نازلان من كل نهاية هوائية.

11. في الابنية ذات السقوف المستوية او المائلة قليلاً يتم حساب محيط السقف على اساس المساحات التي تتطلب حماية فقط.

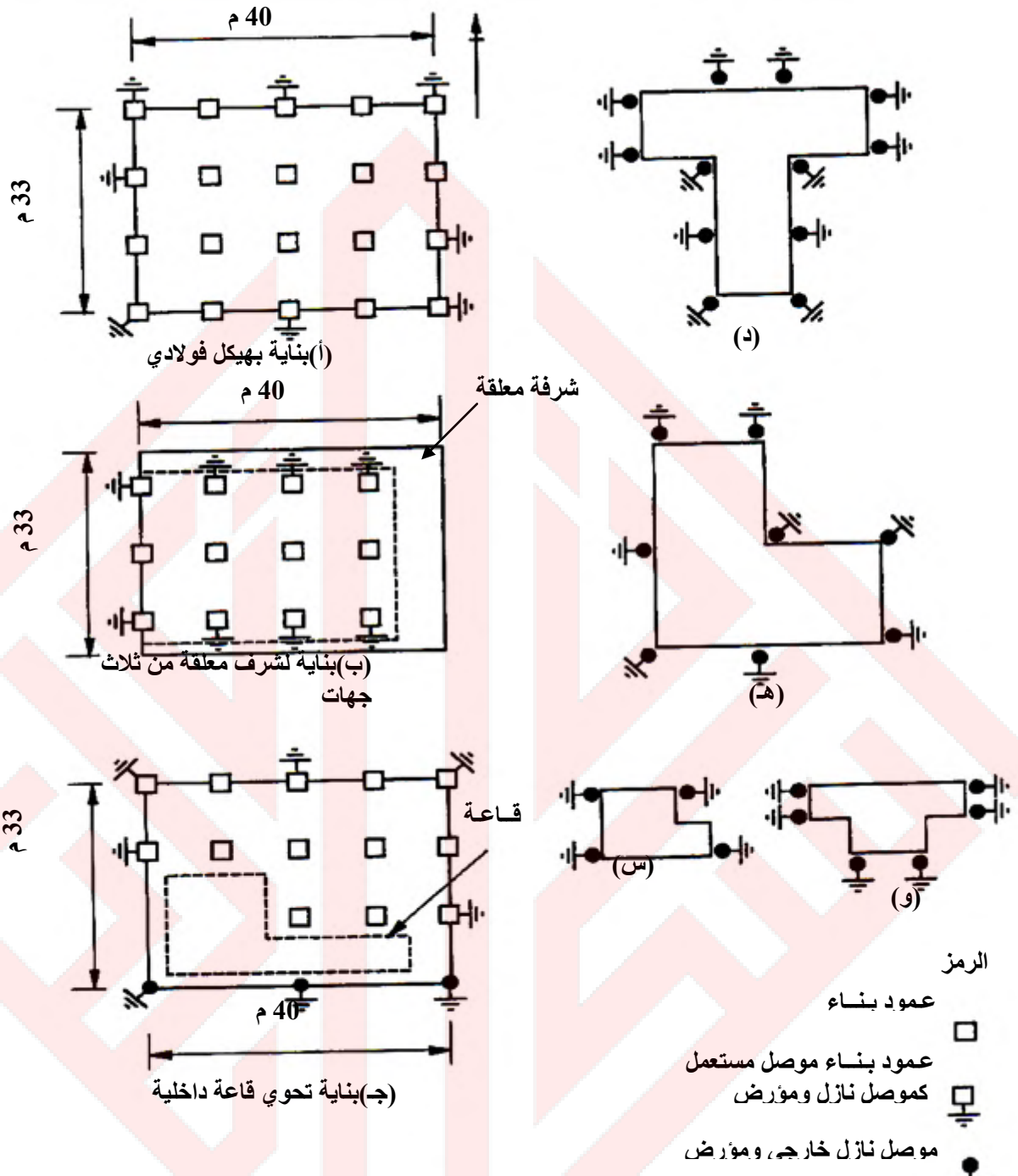
12. اذا كان سقف البناية متعرجا" يتم حساب المحيط للمساحة المسقطة أفقيا كما مبين في الشكل (3-10/5).

13. الموصلات النازلة المعرضة للتلف او الازاحة بسبب موقعها يجب ان تحمى بالتسليح بغلاف معدني او مايكافؤه وان يرتبط غلاف التسليح ان كان معدنياً في كلتا نهايتيه بالموصل وان يستمر التسليح مسافة لاتقل عن 1.8م خارج الموقع.

14. عند وضع الموصلات النازلة في أرض تساعد على التأكسد يجب حمايتها من التأكسد والتآكل بغلاف حماية يبدأ قبل دخول الموصل التربة بمسافة 0.9 م ويستمر على طول منطقة التربة المؤكسدة.

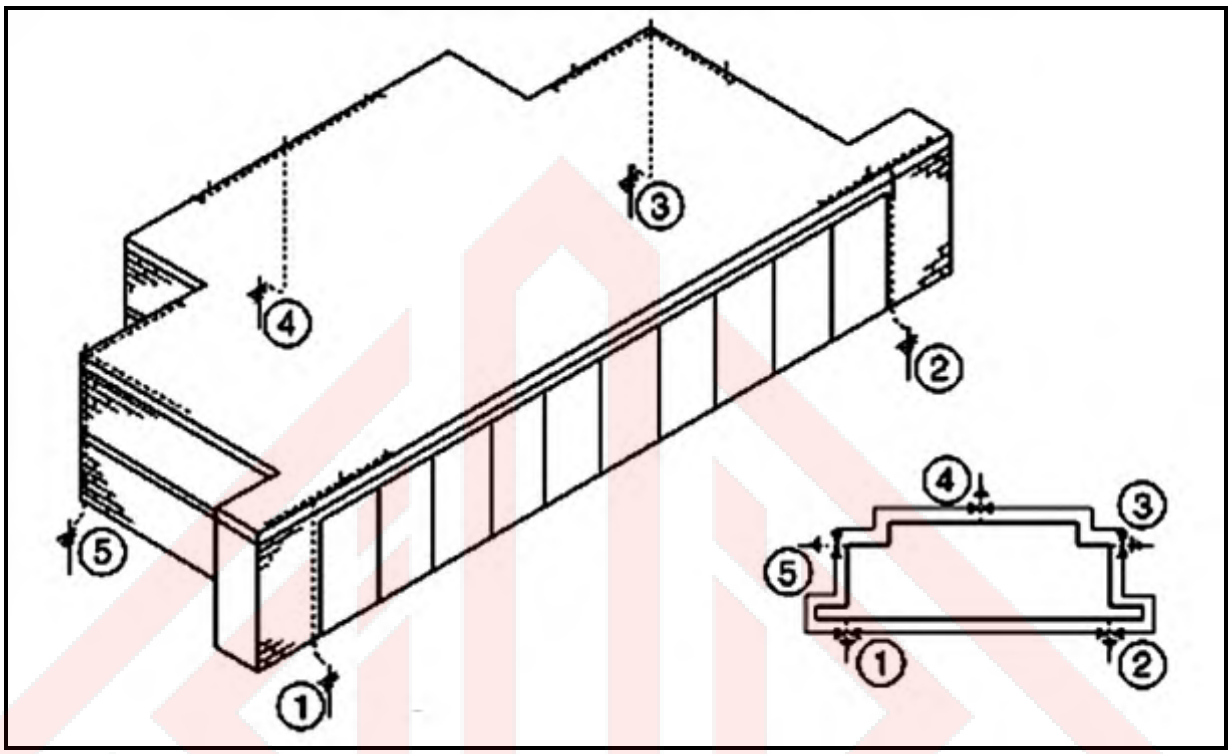
15. عندما يكون مسار الموصلات النازلة يمر بجانب خرسانة مسلحة أو فوقها او على عمود لهيكل فولاذي يجب ان يوصل الموصل في هذه الحالات بأعلى واوطأ نقطة فيها. وفي حالة كون الأعمدة طويلة جداً فيوصل الموصل النازل معها بخطوات لاتزيد عن 60 م. عملية التوصيل بين الموصل وفولاذ التسليح للخرسانة او اعمدة الهيكل الفولاذي تتم باستعمال اللحام او الملازم او بواسطة الواح معدنية اصولية.كما يجب ربط الموصلات النازلة على السطوح الساندة لها بمسافة بينية للروابط لاتتجاوز 0.9 م.[2]

16. يتم اختيار ابعاد المقاطع المطلوبة بالحد الأدنى على الاقل وبحسب خيارات المعادن التي يمكن استعمالها في الموصلات النازلة كما مبين في الجدول (3-2/4).



(د) .(هـ). (و).(س) ابنية يسمح شكلها باستعمال موصلات خارجية.

الشكل 3-9/5: توزيعات الموصلات النازلة (طبيعية او مضافة) لانواع مختلفة من الابنية ذات الارتفاع الكبير[2]



المسافات

1-2 40 م

2-3 26 م

3-4 26 م

4-5 26 م

5-1 26 م

المحيط الكلي 144 م

الموصلات النازلة المطلوبة عدد 5

الشكل 3-5/10: اطوال الموصلات النازلة[5]

4/2/5-3 ربط الموصلات لمنع التسرب الجانبي

يقصد بالتسرب الجانبي عملية التفريغ الكهربائي الذي يحدث بين موصلين تفصلهما مسافة معينة ويحدث بسبب فرق الجهد بين الموصلين حيث يكون في العادة احدهما حاملا" لتيار عال والآخر يكون متصلاً بالأرض .

عند تلقي منظومة الوقاية من الصواعق ضربة صعق يرتفع جهدها الكهربائي بصورة كبيرة جداً بالنسبة الى المعادن أو الأجسام القريبة. لذلك تكون هناك خطورة حدوث تفريغ جانبي بين اجزاء المنظومة والمعادن او الاجسام الموصلة والمؤرضة حيث يتسرب جزء من تيار الصعق من خلالها. يتم منع أو الإقلال من خطر التفريغ الجانبي اما بالحفاظ على المسافة بين الاجزاء المعدنية المتصلة بالأرض وأجزاء منظومة الوقاية من الصواعق بمقدار مناسب أو بإجراء ربط متساوي الجهد بين الاجزاء .موضوع التسرب الجانبي بين الاجزاء المعدنية سيتم تغطيته في الفصل التالي من هذه المدونة، اما في هذا الجزء فسيتم التطرق لحساب المسافات المطلوبة لمنع التسرب الجانبي وعلاقة ابعاد البناء بهذه المسافات بهدف حماية الأشخاص من مخاطر التعرض للصعق.

فعندما لا يكون مسار الموصلات مباشرا" كما في حواجز الأسوار والشُرَف التي يتبع الموصل سطحها في النزول الى الأرض ستنشأ دائرة إعادة دخول التي من الممكن ان تولد خفض جهد حثي كبير قد يؤدي الى تسرب التيار بالقفز من الجانب المفتوح للدائرة. وكقاعدة اولية يتولد هذا الخطر عندما يكون طول الموصل المكون لهذه الدائرة ثمان مرات بقدر الجبهة المفتوحة من الحلقة كما مبين في الشكل (11/5-3) الذي يوضح هذه الدائرة.

لتفادي حصول التفريغ يمكن تجهيز الحواجز والشُرَف بثقوب يمر من خلالها الموصل النازل بدون انحناءات وفي حاله تعذر ذلك يحسب ارتفاع وعرض الشُرفة بما يمنع حدوث التفريغ وكالتالي :

1- حساب ارتفاع الشُرفة

لحماية الأشخاص المتواجدين تحت شُرفة من خطر التعرض للصعق الكهربائي في اثناء تسلم منظومة وقاية من الصواعق ضربة صعق، تحسب مسافة الفصل اللازمة بين اعلى نقطة في جسم الانسان وسطح الشُرفة المستعمل لتثبيت الموصل النازل (d)على وفق المعادلة التالية [6]

$$d = ki \frac{kc}{km} L \qquad (1/5-3)$$

حيث

ki : عامل يعتمد على درجة الحماية المطلوبة (الجدول 3-5/1)

kc : عامل يعتمد على عدد الموصلات النازلة

(kc = 1 لموصل نازل واحد و kc= 0.66 لموصلين نازلين اثنين و kc =0.44 لثلاثة موصلات نازلة أو اكثر).

km: عامل يعتمد على مادة المحيط بين الموصل الحامل لتيار الصعق والجسم الموصل القريب

km=1 إذا كان وسط التفريغ هواء .

km = 0.52 إذا كان وسط التفريغ مادة صلبة.

L: المسافة بين نقطة التقارب والنقطة التي يكون فيها المعدن أو الجسم مؤرضا" أو نقطة الربط متساوي الجهد الأقرب وكما مبين في الشكل (3-11/5).

علما أن المسافة (d) تمثل المسافة الحرجة لحدوث التفريغ الجانبي، لذلك يجب اخذ مسافات اكبر عملياً لزيادة الأمان من خطر التفريغ الجانبي.

الجدول 3-1/5: قيمة العامل ki [6]

فعالية الحماية من الصواعق	العامل ki
%98	0.1
%95	0.075
%90	0.05
%80	0.05

2- حساب عرض الشُرَف بحسب ارتفاع تعليقها.

في الشُرّف المعلقة التي يمر موصل نازل على سقفها وجدارها كما مبين في الشكل (3-11/5) ولمنع حدوث تفريغ جانبي بين الموصل النازل المثبت في السقف وشخص يقف تحتها يتم اختيار العرض المناسب لهذا الغرض من المعادلة التالية [2]

$$w \leq 15(0.9\ h - 2.5) \qquad (3-5/2)$$

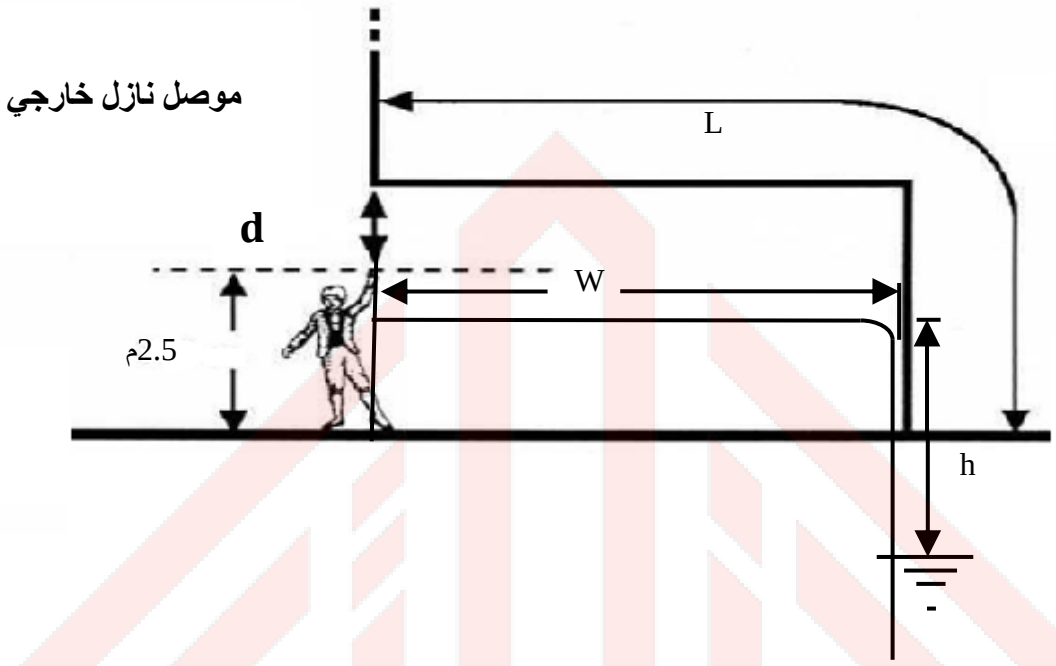
حيث :

w :عرض الشُرفة (متر)

h : ارتفاع الشُرفة (متر)

وشرط استعمال هذه المعادلة أن الارتفاع (h) يجب أن يكون اكبر من 3م والمسافة البينية بين الموصلات النازلة اقل من 20 م. كما تفترض هذه المعادلة أن أقصى ارتفاع لإنسان يمد يده إلى الأعلى هو 2.5 م كما تفترض مستوى اعتياديا" للحماية من التفريغ الجانبي .

من الجدير بالذكر أنه عندما يكون ارتفاع الشُرَف اقل من 3م مع وجود موصلات نازلة بمسافات بينية تتجاوز 20 م سينتج خطر غير مقبول على الأشخاص تحت الشُرفة مهما كان عرض الشرفة.



الشكل 3-5/11: دائرة اعادة دخول التيار في الشُرف المعلقة.

3-5/2/5 شبكات النهايات الأرضية

إن واجب شبكة النهاية الأرضية هو ايصال تيار الصعق القادم من الموصلات النازلة الى كتلة الأرض بأمان. تتكون شبكة النهايات الأرضية في الأبنية الاعتيادية من اجزاء غير موصلة من موصل يرتبط بجميع الموصلات النازلة كما يرتبط بجميع اقطاب التأريض ،وهذه قد تكون على شكل قضبان أو انابيب او أجزاء شريطية اوحصيرية. في كل الاحوال يجب ان تكون المقاومة الكلية مع الأرض لكامل شبكة النهايات الأرضية لاتتجاوز 10 اوم وبدون ان يكون هناك أرتباط مع الشبكات الأرضية للتأسيسات الأخرى[2] واذا كانت القيمة المقيسة للمقاومة لشبكة النهايات الأرضية اكبر من 10 اوم فيتوجب خفضها بواسطة زيادة طول الأقطاب او إضافة اقطاب اخرى اوبربط الأقطاب المفردة للموصلات النازلة بواسطة موصل مدفون في التربة على عمق لايقل عن 0.6 م. كذلك تستعمل في بعض الأحيان حلقة أقطاب أرضية ويفضل ان تمر هذه الحلقة تحت خطوط التأسيسات القادمة الى البناية ويجب ان يؤخذ بالأعتبار أن حلقة الأقطاب هذه هي جزء مكمل لشبكة النهايات الأرضية .

يجب ان تؤدي الاجراءات المذكورة آنفا" الى خفض المقاومة الكلية للشبكة لتصبح أقل من 10 اوم وذلك لخفض انحدار الجهد حول الأقطاب الأرضية عند تفريغ تيار الصعق بالاضافة الى خفض خطورة حدوث تفريغ جانبي الى الاجزاء المعدنية في او على هيكل البناية.

في الابنية التي تستعمل فيها الخرسانة المسلحة او الهياكل الحديدية تكون قضبان التسليح او الاجزاء الفولاذية مرتبطة مع بعضها البعض بصورة جيدة، وكما ذكر سابقا فهي تعمل كموصلات نازلة . النهاية السفلى من هذه الاجزاء يفترض ان تكون مؤرضة مع المسافات البينية للموصلات النازلة البالغة 20 م او أقل للأبنية لحد ارتفاع

20 م ولحد 10 م للأبنية ذات الأرتفاع اكبرمن 20 م. وفي اغلب الأحيان تكون لأسس الخرسانة المسلحة لهذه الابنية مقاومة ارضية قليلة (اقل من 10 اوم) لذلك لاتتطلب اضافة اقطاب ارضية .

وكذلك الحال عندما تحوي الأسس على ركائز مسلحة .فمن الضروري فحص الأسس المنجزة حديثا لقياس مقاومة الأرض وعلى أساس نتيجة هذا الفحص يتم اتخاذ القرار بكفايتها كنهاية ارضية او ضرورة اضافة أقطاب ارضية اليها لخفض المقاومة الكلية .

اما في الأبنية المنجزة فقد لايكون من الممكن قياس المقاومة الأرضية للأسس، لذلك يجب اللجوء الى طرائق اخرى للتأريض مثل إضافة منظومة اقطاب ارضية. اذا كان من الممكن استعمال الأسس فقط في الابنية ذات الهياكل الفولاذية فيجب اجراء عملية الربط لكل الاجزاء العمودية للهيكل الفولاذي مع شبكة القضبان الحديدية لخرسانة الأسس المسلحة .

3-5-2-5/1 الأقطاب الأرضية

الأقطاب الأرضية تمثل نهاية منظومة الوقاية من الصواعق ويمر تيار الصعق منها الى كتلة الأرض بصورة مباشرة .

انواع الأقطاب الأرضية تشمل :

1-القضبان الأرضية

2-الأقطاب الشريطية

3-الأقطاب الحصيرية

4-ركائز واسس الأبنية الخرسانية المسلحة

ويمكن استعمال خليط من اكثر من نوع في تصميم المنظومة الواحدة . ولتحديد النوع او الأنواع الملائمة لاي تصميم لمنظومة مانعة صواعق لابد من معرفة خواص ونوع التربة في قواعد البنايات او المنطقة الملاصقة للأبنية ويتم ذلك باجراء ثقب او ثقوب تجريبية في المواقع وفحص التربة حتى العمق المناسب الذي يكون في اغلب الأحيان بمقدار 3 م. كذلك من الضروري معرفة او قياس مقاومية التربة في الموقع وملاحظة ظروف التربة والمنطقة المختارة لوضع الأقطاب الأرضية .

إن القواعد العامة الواجب اتباعها مع كافة انواع الأقطاب الأرضية هي:

1-النهايات الأرضية يجب ان تكون اما من النحاس او الفولاذ المكسو بالنحاس او الحديد المغلون بالتغطيس الحار اومن الفولاذ المقاوم للصدأ. ويتفوق النحاس في الاستعمال في اغلب مناطق العراق بسبب مقاومته العالية للتأكسد والتآكل تحت الظروف المحلية.

2-الأقطاب الأرضية يجب ان توضع تحت خط الانجماد عندما يكون ذلك ممكنا.

3–حلقة أقطاب التأريض المحيطة ببناء يجب ان تكون بتماس مباشر مع الارض بعمق لايقل عن 460 ملم او مغلفة بالكونكريت بسمك لايقل عن 50 ملم [5].

4–لاينصح بزيادة تركيزالأملاح في التربة لخفض مقاوميتها عند استعمال اقطاب نحاسية بسبب تسريع عملية التآكل في مثل هذه الحالات .

5–الأبنية المقامة فوق أرض صخرية يجب ان تزود بحلقة أقطاب ارضية حول البناية وتتبع طبوغرافية الأرض . وإذا كان هناك غطاء تربة كافٍ فوق السطح الصخري فيجب استعماله لوضع هذه الحلقة وان تعذر ذلك فتستعمل اقطاب شريطية بعدد 2 على الاقل او تستعمل قضبان أرضية توضع في ثقوب في الأرض وتملأ الثقوب بمادة مناسبة.وتوجد حاليا مواد مركبة جاهزة للاستعمال لهذا الغرض بالاضافة الى الشائع استعماله من مسحوق الفحم والملح.

3–5/2/2/5 القضبان الأرضية

إن القواعد والأسس الواجب اتباعها لاستعمال القضبان الأرضية هي:

1–يجب ان تغرز القضبان الأرضية في أرض طبيعية بدون ان يغير تركيب التربة ويكون الغرز بالطرائق او باستعمال الآلات الهيدروليكية (باستثناء الأراضي الصخرية)، وان لاتتعرض التربة بعد الغرز للجفاف اما موسمياً او بسبب استعمال البناية وان يكون مكان الغرز تحت او في اقرب بقعة من البناية ومن موضع الموصلات النازلة.

2–في اثناء عملية غرز القضبان يكون المفضل اخذ قياسات لمقاومة التربة الكهربائية، وبحسب هذه القياسات يتم تعيين الطول المناسب للغرز حيث سيكون من غير المحتمل الحصول على خفض اضافي في المقاومة باستعمال اطوال اكبر للقضيب المغروز في الأرض .

3– القضبان الأرضية يجب ان لايقل طولها عن 2.4 م وقطرها عن 12.7 ملم .

4–القضبان يجب ان تكون خالية من الصبغ او أي طلاء غير موصل .

5–القضبان الأرضية يجب ان تصل الى عمق عمودي في التربة لايقل عن 3 م.

6–التربة يجب ان تكون متراصة ومحكمة حول وعلى طول القضيب الأرضي وكما مبين في الشكل (3–5/12) .

7–عند استعمال قضبان أرضية متعددة يجب ان تكون المسافة بين اي اثنين منها بقدر مجموع اطوالها على الأقل وعندما يكون ذلك ممكنا من الناحية العملية [5].

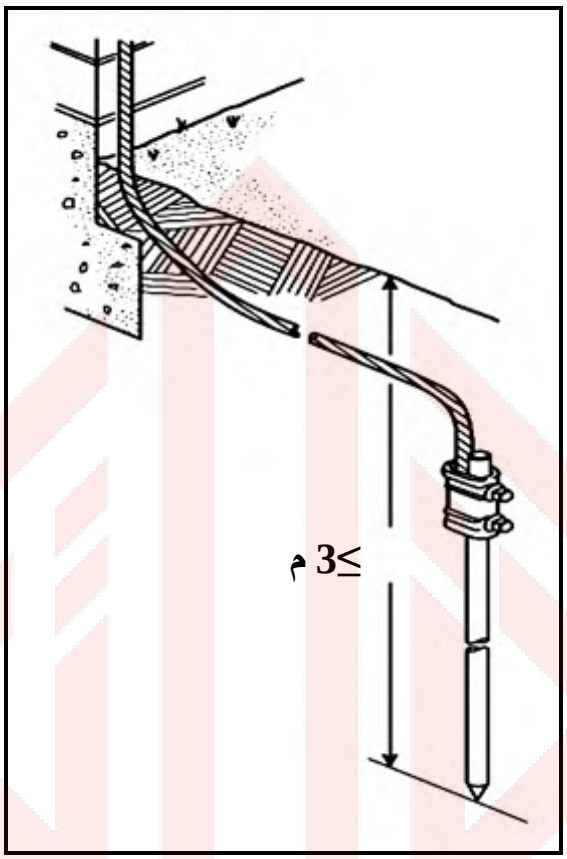
8–القضبان التي تغلف بالخرسانة تستعمل فقط في الأبنية الجديدة ويجب ان تغلف بخرسانة لايقل سمكها عن 50 ملم وان توضع قرب اسفل الأسس والركائز الكونكريتية . هذه الأقطاب تكون أحد نوعين :

أ– موصل نحاسي بطول 6م على الأقل وبمقطع بحجم رئيس (الجدول (3–4/4)).[5]

ب–موصل من قضيب او قضبان تسليح فولاذية بطول لايقل عن 6 م وبقطر لايقل عن 12.7 ملم وان تكون القضبان موصولة معاً اما باللحام او باللف بسلك طوله لايقل عن 20 ضعف قطر القضيب وان يكون مشدودا" جيداً .

9–نقطة إتصال القضيب مع شبكة النهايات الأرضية يجب ان تكون قابلة للفصل وان تكون بمتناول اليد لتسهيل عملية التفتيش والفحص والصيانة .اما اذا كانت نقطة الأتصال تحت الأرض فيجب ان توضع في حفرة او صندوق معد لهذا الغرض .

10–في الأراضي الصخرية وعند استعمال القضبان الأرضية يجب ان تهيأ ثقوب تحفر بالصخر بقطر لايقل 75 ملم ويملأ الفراغ حول الأقطاب بمادة موصلة مثل السمنت او الخرسانة الموصلة ذات الركام الحبيبي الكاربوني ولايسمح باستعمال الكاربون الناعم او الفلين المطحون في اعادة طمر الثقوب بسبب قابليتها على تسريع التآكل.



الشكل 3-5/12: طريقة استعمال قطب ارضي مفرد[5]

3-5/2/5/3 الأقطاب الشريطية

وهي الموصلات التي يزيد عرضها كثيرا عن سمكها وتكون على شكل شرائط او حصائر او الواح وفي النوعين الأخيرين تكون اما مدفونة تحت البناية او ممددة في قنوات بعمق يجعلها لاتتأثر بالجفاف الموسمي او بعمليات السقي السطحية . من المفضل ان توزع الشرائط شعاعياً من نقطة الاتصال مع الموصلات النازلة وتحدد اعدادها واطوالها بحسب متطلبات الحصول على مقاومة التربة المناسبة .استعمال هذه الاقطاب محدود نسبيا في العراق رغم انها تناسب الاستعمال في المناطق الجبلية في الشمال.

إن قواعد استعمال هذه الأقطاب هي:

1-نظام الأقطاب الشعاعية يجب ان يكون الموصل الرئيس فيه بالأبعاد الدنيا المبينة في الجدول(3-4/4) ويمكن ان يتكون من قطب واحد او اكثر يوضع كل منها في خندق مدفون منعزل يتجه الى الخارج من موقع كل موصل نازل.

2-كل قطب شعاعي يجب أن يكون بطول لايقل عن 3.6 م وان يكون مدفونا" على عمق لايقل عن 460 ملم وان ينفتح بزاوية لاتزيد عن 90° [5].

3- اذا تطلبت تحديدات الموقع استعمال شرائط متوازية او على شكل شبكة فيجب ان لاتقل المسافة بين الشرائط المتوازية عن 3 م .

4-الأقطاب اللوحية الأرضية يجب ان يكون لها سمك لايقل عن 0.8 ملم ومساحة سطحية لاتقل عن 0.18 م ^{2} [5].

5-الأقطاب اللوحية يجب أن تدفن على عمق لايقل عن 460 ملم في الترب الطينية [5].

6-الأقطاب الشريطية واللوحية يمكن ان تستعمل في التربة السطحية قليلة السمك (اقل من 0.3 م) تتبعها طبقات صخرية وذلك بوضعها في اخاديد بعمق 0.3 م الى 0.6 م تملأ بتربة طينية او بعمق 0.6 م وتملأ بتربة رملية او ركامية.

7-عندما يكون من المستحيل استعمال التربة السطحية، يسمح للموصل ان يوضع بصورة مباشرة في الطبقة الصخرية بمسافة لاتقل عن 0.6 م عن الاسس او القواعد الخارجية للبناية ويجب ان يثبت الموصل على الطبقة الصخرية كل 0.9 م بواسطة المسامير او الاسمنت او اي لاصق موصل على ان ينشأ من التثبيت التوصيل الكهربائي المطلوب مع منع حركة الموصل .

8-يجب استعمال اعداد إضافية من الأقطاب في التربة الرملية او الركامية لكونها ذات مقاومية عالية .

3-6/2/5 التأريض المشترك

يقصد بالتأريض المشترك ربط اقطاب التأريض للمنظومات المختلفة في البناية بعضها ببعض لتوليد جهد ارضي مشترك .وبالرغم من فعالية هذا الاجراء واختصاره للنفقات الا انه غير مستعمل في العراق حاليا.
وتتبع فيه القواعد التالية :
1-تربط اقطاب التأريض لتأسيسات الكهرباء والاتصالات مع منظومة تأريض موانع الصواعق وهذا لايعني باي حال استعمال مؤرضات المنظومات بدلاً من مؤرضات الصواعق .

2-عندما تكون شبكة النهايات الأرضية مشتركة لكافة التأسيسات بما فيها موانع الصواعق ، يجب ان تخضع هذه الشبكة لمستلزمات وتعليمات كافة التأسيسات المشتركة في هذه الشبكة ويجب ان تكون المقاومة الأرضية للشبكة المشتركة مساوية لأوطأ مقاومة أرضية مطلوبة لاي من الشبكات للمنظومات المشتركة في التأريض .

3-عندما يستعمل انبوب ماء معدني كموصل للأنظمة الأخرى فيجب أن يربط بموصل واحد فقط الى شبكة النهايات الأرضية لنظام الوقاية من الصواعق على شرط ان يكون انبوب الماء المعدني مستمرا" كهربائياً بين كل الأنظمة. واذا كان الانبوب غير مستمر بسبب استعمال قطع انابيب او موصلات بلاستيكية فيجب توصيل الأنبوب المعدني عبر هذه القطع باستعمال موصل بحجم رئيس .

4-لاتستعمل انابيب نقل الغاز السائل المعدنية لاغراض التأريض المشترك .

3-5/2/7 الروابط

3-5/2/7/1 مقدمة

إن مكونات الروابط هي اجزاء واجبها ضمان التوصيل الكهربائي بين اجزاء منظومة الوقاية من الصواعق مع ضمان التوصيل الكهربائي بين المنظومة والاجزاء المعدنية الأخرى بالاضافة الى توصيل مكونات الاجزاء المعدنية.

تشمل انواع الروابط التوصيل باللحام او استعمال الملازم او البراغي او اللوالب او الدسر. وهذه الأنواع عدا اللحام، تمثل عدم استمرارية في توصيل التيار الكهربائي في المنظومة وقد تسبب تغيرا" في توصيل التيار وفشلا" للمنظومة لذا يتطلب استعمالها عناية خاصة بموصليتها بالاضافة الى مراعاة ان تحوي منظومة الوقاية من الصواعق اقل عدد ممكن من الاجزاء التي تتطلب الربط مع بعضها البعض.

نظرا لاستعمال الروابط لوصل مجموعة متنوعة من الاجزاء المعدنية باشكال وتكوينات مختلفة لذلك لاتكون الروابط بانواع قياسية [2].

3-5/2/7/2 المتطلبات الميكانيكية والكهربائية

يجب ان تحقق الروابط وصلات فعالة ميكانيكيا وكهربائيا.فمن الناحيةالميكانيكية يجب ان تضمن تثبيتا" جيدا" لأجزاء منظومة الوقاية من الصواعق او الاجزاء المعدنية المربوطة بالمنظومة بما يجنبها التلف او الأزاحة الميكانيكية ويجب ان تتحمل الروابط قوة سحب لاتقل عن 890 نيوتن [5] .كذلك يجب ان تكون الروابط محمية من التآكل والأكسدة بسبب ظروف محيط عملها.

الاجزاء الرئيسة في منظومة الوقاية من الصواعق وروابطها ربما تتعرض لكامل تيار الصعق لذلك يجب ان تكون لهذه الروابط مساحات مقاطع لاتقل عن تلك المستعملة في الموصلات الرئيسة للمنظومة. ومن ناحية اخرى فالاجزاء الداخلية في منظومات الوقاية من الصواعق تكون معرضة لجزء من تيار الصعق وكذلك روابطها والتي يكون واجبها تحقيق مساواة في الجهد الكهربائي بين الاجزاء.

في هذه الحالة ربما تتطلب الروابط مساحات مقاطع اصغر من تلك المستعملة في الموصلات الرئيسة.

في جميع انواع الربط يجب ان تكون للروابط مقاومة كهربائية لاتزيد عن المقاومة الكهربائية لطول 600ملم من الموصل الذي تقوم بربطه[5].

3-5/2/7/3 المواد وقواعد الاستعمال

تتضمن المواد المستعملة في الروابط الثابتة والمرنة والصفائحية استعمال سبائك النحاس والألمنيوم والحديد المغلون بالأبعاد الواردة في الجدول(3-4/4) . وبسبب الأستعمالات المتعددة لهذه المواد يجب ان يعطى موضوع خطورة حدوث التآكل والأكسدة عناية خاصة عند اختيارها كما يجب ان تكون مواد الروابط ملائمة من هذه الناحية لمعادن الاجزاء التي تقوم بتوصيلها .

بالاضافة للمواد المذكورة آنفا" تستعمل المسامير اللولبية(البراغي) واللوالب والملازم والدسر في وصلات الربط كما يستعمل اللحام كلما امكن ذلك لتحقيقه استمرارية توصيل كهربائي تام بين الوصلات.

نتبع القواعد التالية في اختيار وترتيب مواد الربط:

1–في التوصيلات المتراكبة يجب ان تكون مساحات التماس المشترك بين الوصلتين المتراكبة نظيفة ومحمية من التأكسد بواسطة مادة غير مسببة او قابلة للتأكسد وان يكون طول مسافة التراكب لايقل عن 20 ملم لكافة انواع الموصلات[2]

2–التوصيلات ثنائية المعدن يجب ان تنظف باستعمال قطع تنظيف (حك) منفصلة لكل نوع معدن.

3–يجب حماية كافة التوصيلات من التآكل والأكسدة الناتجة من المحيط بواسطة استعمال طلاء حماية من احد الأنواع التالية.

ا–الشمع الهلامي او المطاط على شكل بخاخ.

ب–الأغلفة والأغطية التي لها قابلية الأنكماش بواسطة الحرارة.

4–لتثبيت الشرائط المسطحة يجب استعمال براغي M8 عدد (2) على الأقل او برغي واحد M10. [1]

5–الوصلات المدسرة يجب ان تحوي على(4) دسربقطر (5)ملم على الأقل.[2]

6–الوصلات الملولبة للشرائط المستوية المستعملة لربط الألواح المعدنية التي يقل سمكها عن(2)ملم يجب ان تكون محكمة وبمساحة تماس لاتقل عن 10سم^{2}وان تثبت بما لايقل عن اثنين من البراغي M8.

7–التراكيب المستعملة في ربط اجزاء منظومة الوقاية من الصواعق المصنوعة من مادة الألمنيوم مع الاجزاء المصنوعة من مادة النحاس او الاجزاء المغلفة بالنحاس يجب ان تكون من النوع ثنائي المعدن.

8–تراكيب الوصل ثنائية المعدن يجب ان تثبت على ارتفاع لايقل عن 460ملم فوق مستوى سطح الأرض [5].

9–الوصلات الحاوية على الألمنيوم يجب ان لا تكون على تماس مع الأسطح المطلية بمادة حاوية على صبغ ذي اساس قاعدي وان لا تستعمل في مناطق لها رطوبة عالية [2].

10–يجب تحضير وصلات ربط للأجهزة والآلات التي يمكن اضافتها مستقبلا في البناية وان تكون هذه الوصلات محمية بغطاء يمنع العبث بها.

11–يجب ان يحوي كل موصل نازل على وصلة ربط لأغراض الفحص في موقع لايسمح بالعبث وان تكون الوصلة مناسبة ومعلمة جيدا لأغراض الفحص.

3-6 حماية الهياكل المعدنية

3-6/1 مقدمة

يقصد بالهياكل المعدنية الابنية والمنشآت والاجسام المصنعة او المقامة من اجزاء معدنية والتي تكون من الفولاذ في العادة في حالة الابنية والمنشآت، وغالباً ما تكون الاجسام الملحقة بها او المنصوبة في الابنية من الفولاذ ايضاً .

ورغم ان الفولاذ وغيره من المعادن موصلات جيد للتيار الكهربائي الناتج من تفريغ الصعق الا ان ارتفاع الجهد الكهربائي الحاصل في الاجزاء المعدنية ربما يجعل التيار يسلك مسارات بديلة الى الارض اذا لم تتخذ الاجراءات المناسبة التي تمنع نشوء تفريغ جانبي مع جزء معدني او اي جسم آخر ضمن او خارج البناية.

هذا الفصل يختص بالاساس في طرائق الحماية من او منع حدوث هذا التفريغ الجانبي .

3-6/2 طرائق حماية المنشآت المعدنية

3-6/2/1 مقدمة

المنشآت (ابنية او هياكل) المعدنية المطلوب حمايتها او وقايتها من الصواعق تتطلب بصورة اساسية دراسة مسارات تفريغ التيار الكهربائي الناتج من الصعق ابتداء" من منطقة دخوله الى المنشأة وانتهاء بوصوله الى الارض. يتم ذلك بضمان وجود مسار مستمر كهربائياً يتحقق من خلال عملية ربط الاجزاء وفصل المسارات المتقاربة لمنع عملية قفز التيار من مسار الى آخر من خلال التفريغ الجانبي وهو ما يدعى بالعزل .

3-6/2/2 عملية الربط

عملية الربط هي وسيلة ضمان استمرار التوصيل الكهربائي بين الاجزاء المختلفة في او على بناية مع ضمان ايصال المسار الى الارض من خلال منظومة وقاية من الصواعق.

عليه فالاجسام المعدنية التي هي ضمن البناية او خارجها ومرتبطة بها تساهم في مخاطر الصعق بسبب انها مؤرضة او انها تساعد على تهيئة مسار لتيار الصعق الى الارض، لذلك يجب ان تربط مع منظومة الوقاية من الصواعق على وفق الاجراءات التالية :

1-يجب ربط اي جزء معدني مؤرض مع منظومة الوقاية من الصواعق عند وجود احتمال حدوث تفريغ جانبي بين هذا الجزء والمنظومة .

2-الاجسام المعدنية المؤرضة وغير المؤرضة التي يتجاوز ارتفاعها 18 م يجب ربطها مع اجزاء البناية او المنشأة المعدنية باقرب مايمكن من نهايتيها الدنيا والعليا الا اذا كانت مربوطة اصلاً في هذه المواقع .

3-عندما يكون كل او جزء من سطح البناية مغطى بمعدن، يجب التأكد من ان هذا المعدن مرتبط بنظام الحماية من الصواعق .

4-المعادن المتصلة بالسطح الخارجي او الخارجة من خلال جدار او سقف وبينها وبين اجزاء منظومة الوقاية من الصواعق مسافات غير مناسبة للاستعمال كجزء منه يجب ان تربط مباشرة قدر الامكان مع نظام الحماية من الصواعق. واذا كان الجسم المعدني يقع قرب شبكة نهاية هوائية مثل انابيب الماء الرئيسة المغذية للخزانات على السقوف او القابلوات او اذا كان المعدن يمر بصورة موازية تقريباً لموصل نازل او موصل ربط فيجب في كل هذه الحالات ربط الجسم او الجزء المعدني في كلتا نهايتيه مع منظومة الوقاية من الصواعق. واذا كان الجسم او الجزء المعدني غير مستمر كهربائياً على طوله فكل جزء مستمر كهربائياً منه يجب ان يربط مع نظام الوقاية من الصواعق .

5-الكتل المعدنية في البناية التي تكون موصلة او في تماس مباشر مع انابيب تجهيز الماء او قابلوات تجهيز الكهرباء او التي تكون مؤرضة بنفسها يجب ان ترتبط باقرب موصل نازل او باقرب مسار مباشر متيسر لها [2].

6-المعدن الداخل او الخارج من البناية على شكل غلاف او درع او انابيب التوصيلات الكهربائية والماء والغاز والبخار والهواء المضغوط او اي خدمات اخرى يجب ان ترتبط بالطريق الاكثر مباشرة للنهاية الارضية ويجب ان يكون هذا الربط قرب نقطة الدخول الى او الخروج من البناية .

7-عندما تكون الانابيب المعدنية او القابلوات بمسافات تتجاوز مسافة العزل عن الاجزاء المعدنية في البناية فيجب ان تربط مع اقرب جزء من منظومة الوقاية من الصواعق باعلى نقطة من الانبوب او القابلو ومن ثم بفواصل لاتتجاوز 20 م .

8-عندما تكون الانابيب او القابلوات محمية بعوازل حرارية او كهربائية يجب ان تكون عملية الربط مع اقرب نقطة تكون فيها الانابيب او القابلوات مكشوفة ثم توصل منطقة الربط باقرب طريق ممكن مع منظومة تأريض الوقاية من الصواعق .

9-في اعمدة او حيز المصاعد يجب ربط الاجزاء المعدنية المستمرة مثل سكك التوجيه مع منظومة الوقاية من الصواعق باعلى واسفل عمود او حيز المصعد. وعندما يكون هيكل البناية معدنياً ويشكل جزءاً من منظومة الوقاية من الصواعق سيصبح هذا الربط ضروريا" جداً .

وعندما لايكون من الممكن او من غير العملي استعمال الهيكل المعدني للبناية كجزء من منظومة الوقاية من الصواعق فيجب حينذاك ربط عمود المصاعد مع اقرب تأمين ارضي كهربائي وفي النهايتين العليا والسفلى للعمود او الحيز. وفي منطقتي الربط هاتين يجب ان يتم الربط مع اقرب نقطة تأريض في اقرب لوح توزيع كهربائي .

10-عند ربط الاجزاء المعدنية القريبة من منظومة الوقاية من الصواعق يجب الاخذ بالاعتبار التأثيرات المحتملة التي يمكن لعملية الربط ان تؤثر بها على الاجزاء المعدنية المحمية كاثودياً .

اما الحالات التي لا تتطلب ربط الاجزاء في المباني والمنشآت ذات الهياكل المعدنية فهي كالتالي :

1-الهياكل المعدنية المكونة من القضبان الفولاذية في الابنية المقامة من الخرسانة المسلحة او التي لها هياكل من الخرسانة المسلحة ربما تكون لها مقاومة خاصة منخفضة مع الارض بصورة تجعلها محمية من الصواعق واذا كانت التوصيلات المعدنية في اعلى نقطة من التسليح قد تم اخراجها من الخرسانة في اثناء البناء فيمكن اجراء قياس المقاومة مع الارض للتأكد من قيمتها عند اكتمال البناء . فاذا كانت قيمة المقاومة للهيكل المعدني مع الارض 10 اوم او اقل فيجب اكمال منظومة الوقاية من الصواعق بنصب نهاية هوائية في اعلى البناية وربطها مع الهيكل المعدني .اما اذا كانت قيمة المقاومة اكبر من 10 أوم فيتطلب الامر تزويد البناية بمنظومة وقاية من الصواعق بكامل تفاصيلها .

2-عندما يحوي الهيكل للبناية او المنشأة على معادن متصلة كهربائياً (مثل السقوف والجدران والارضية والحواجز والاجزاء المغلفة بالمعادن) فيمكن استعمال المعدن كجزء من منظومة الوقاية من الصواعق اذا كانت كمية وترتيب المعدن تسمح بذلك .

3-عندما يكون لكامل هيكل البناية او المنشأة معدن مستمر فلا تتطلب حينذاك نهايات هوائية او موصلات نازلة ويكفي التأكد من ان المسار الموصل مستمر كهربائياً وان شروط الربط مع الارض متحققة .

4-الاجسام المعدنية المتواجدة في او اعلى بناية او منشأة ذات هيكل معدني والتي تكون مربوطة ببعضها في اثناء البناء لا تحتاج الى ربط اضافي .

5-الموصلات الحلقية الوسطية الرابطة كهربائياً يمكن الاستغناء عنها في الابنية والمنشآت ذات الهياكل المعدنية المستمرة كهربائياً .

3-2/6/ 3 العزل

3-3/2/6 /1 المقدمة

عزل الاجسام والاجزاء المعدنية في الابنية والمنشآت ذات الهياكل المعدنية يعني تهيئة مسافة كافية بين هذه الاجسام والاجزاء وبين اجزاء الهياكل للبناية بما يضمن عدم حصول تفريغ جانبي للتيار الكهربائي في اثناء تفريغ شحنة الصعق .

العزل بصورة عامة يتطلب مسافات (او سماحات) كبيرة نسبياً بين اجزاء منظومة الوقاية من الصواعق (التي يكون هيكل البناية المعدني جزءاً منها) وبين الاجسام والاجزاء المعدنية الاخرى وهذا يولد صعوبة في التنفيذ حيث لايمكن دائماً الحصول على السماحات الامنة المطلوبة كما يصعب المحافظة على هذه السماحات في التصميم وعند استعمال البناية او المنشأة .

كذلك يصعب التأكد من ان الاجزاء المعدنية المعزولة ليس لها اتصال مع الارض من خلال انابيب الماء او التأسيسات الاخرى . لذلك فان العزل يعتبر دائماً الخيار الثاني بعد الربط ويجب استعمال العزل في الحالات

التي يتعذر فيها استعمال الربط المباشر مع هيكل البناية المعدني او غير المباشر بالربط مع توصيل ارضي خارجي .

3-6/3/2/ 2 حساب المسافة الدنيا (او السماح) اللازمة لمنع التفريغ الجانبي

المسافة الدنيا او سماح التفريغ الجانبي تحسب بين اقرب اجزاء هيكل البناية المعدني الذي يمثل جزءا" من منظومة الوقاية من الصواعق (الموصل النازل في اغلب الاحيان) وبين الجسم او الجزء المطلوب عزله.

تعتمد هذه المسافة على الجهد الكهربائي الذي تتعرض له منظومة الوقاية من الصواعق بالنسبة للارض والذي بدوره يعتمد على قوة التيار في ضربة الصاعقة .
ولحساب قوة التيار المتوقع في ضربة الصعق تُتخذ الخطوات التالية :
1-يتم تقدير خطورة تعرض البناية او المنشأة ذات الهيكل المعدني لضربة صاعقة (P)(كما ورد في 3-6/2)

2- يتم تقسيم (P) على درجة الخطورة المقبولة (Po).

3-باستعمال الشكل (3-6/1) تتم قراءة التيار الاقصى المتوقع حدوثه .

اما الجهد الذي يتعرض له نظام الوقاية من الصواعق فيتكون من جزأين . الاول هو حاصل ضرب التيار مع المقاومة الارضية والثاني هو حاصل ضرب معدل تغيير التيار مع محاثية الموصل النازل وفي اسوأ الاحوال يكون الجهد للمنظومة هو حاصل الجمع بين الاثنين والذي يستعمل عادة في الحسابات .
ولحساب الجهد الكهربائي المحاثي بين موصل صعق والاجزاء المعدنية الاخرى المعرضة للتفريغ الجانبي فانه ينتج من دائرة مكونة من الموصل النازل والجزء المعدني. لذلك فالثنائي يتولد بالمحاثية الذاتية(M_L) مطروحاً منها المحاثية المشتركة (المتبادلة) (M) للجزء المعدني وهذا الفرق بين الاثنين يسمى بالمحاثية الانتقالية (M_T) التي تحل محل المحاثية الذاتية في هذا النوع من حسابات الجهد المحاثي المتولد و وتحسب من المعادلة التالية [2]

$$M_T=0.46\ L * Log_{10}\ S/r \qquad (1/6-3)$$

حيث يمثل
(L) الطول العمودي للدائرة (طول الموصل النازل) (متر)
(r) نصف قطر الموصل ذي المقطع الدائري (متر) وللمقاطع غير الدائرية فيحسب نصف القطر الفعال (r_e) من المعادلة

$$r_e = \frac{W + t}{3.5} \qquad (2/6-3)$$

حيث

(W) عرض مقطع الموصل (متر) .

(t) سمك مقطع الموصل (متر) .

إن حساب (M_T) لايتأثر بأي حال بشكل مقطع القضيب او الانبوب المعدني او اي جزء معدني آخر .

يمكن حساب الجهد المحاثي (V_L) ووحداته كيلو فولت والمتولد في الدائرة باستعمال القيمة المحسوبة للمحاثية الانتقالية (M_T)

$$V_L = \left(\frac{di}{dt}\right)_{Max}\left(\frac{M_T}{n}\right) \qquad (3/6-3)$$

حيث $\left(\frac{di}{dt}\right)_{Max}$ يمثل اقصى معدل تغيير للتيار ووحداته $\frac{KA}{\mu s}$

وكما ورد في البند (3-2/1) فيمكن اعتبار أقصى قيمة للمقدار $\left(\frac{di}{dt}\right)_{Max}$ مساوية الى $200\frac{kA}{\mu s}$.

(n) يمثل عدد الموصلات النازلة والتي تشارك آنياً بتيار الصعق .

بحساب الجهد المحاثي (V_L) وباستعمال الشكل (3-2/6) يتم تعيين المسافة الدنيا (S) بين مركزي الجسمين الموصلين وعندما يكون هناك عدد من الموصلات النازلة فتكون المسافة الدنيا(S) محسوبة من مركز اقرب موصل نازل .

في الشكل (3-2/6) عندما تكون المسافات للتفريغ الجانبي صغيرة يكون استعمال الربط بين الاجزاء والموصل اكثر أماناً والقيم في الشكل (3-2/6) تمثل المسافات الخطرة لذا يجب اخذ مسافات اكبر بين الاجزاء عند النصب او عند اقرار فيما اذا كانت الاجزاء تعزل ام تربط .

في الابنية مربعة او مستطيلة الشكل والمجهزة باكثر من اربعة موصلات نازلة فسوف يتحمل الموصل النازل في اركان البناية حصة اكبر من المحسوبة من قسمة التيار الكلي للصعق على عدد الموصلات لذلك تضاف الى حصة موصلات الاركان نسبة 30 % عند حساب الجهد المتولد قرب هذا الموصل .

وبعكس ما تم ذكره آنفا" فالموصلات النازلة قرب مركز البناية التي يكون عددها كبيرا" وتكون بعيدة عن موصلات الاركان ستكون قيمة الجهد المتولد قرب هذه الموصلات اقل بنسبة 30 % من حصتها المحسوبة.

ويشكل التفريغ الجانبي في هذه المناطق خطرا" اقل بافتراض ان كافة التأسيسات موصلة بحيث ان مقاومة الارض لاتولد فروق جهد كهربائي معها.

3/6-3 حماية السقالات المعدنية والمنشآت المشابهة

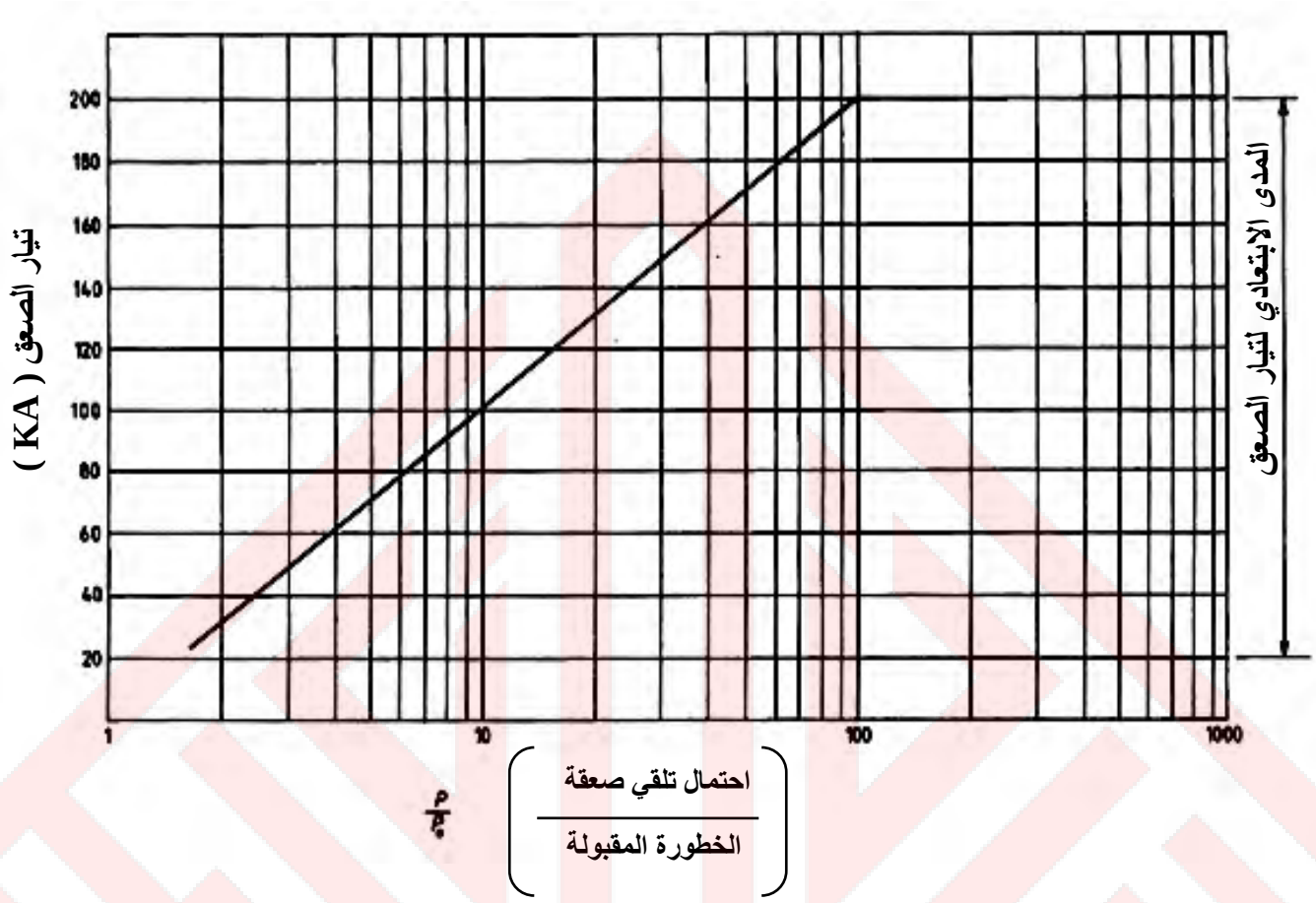
هذه المنشآت تتكون في الغالب من قطع معدنية على شكل انابيب ترتبط ببعضها البعض باستعمال توصيلات معدنية. لذا فهي تهيء مسارات متعددة لتيار الصعق ولاتحتاج الى نهايات هوائية او موصلات نازلة وانما تتطلب تأريضاً مناسباً فقط .

فعندما تكون هذه المنشآت باحجام ومواقع تستدعي الوقاية من الصواعق وعندما تكون مستعملة من قبل العديد من الاشخاص كما هي الحالة عند استعمالها كمدارج في الملاعب والساحات او استعمالها كمعابر او جسور فوق الطرق العامة حيث تمثل حينذاك منشآت مفردة على الطرق، ففي هذه الحالات يجب ان يكون ربطها مع الارض بفعالية عالية .

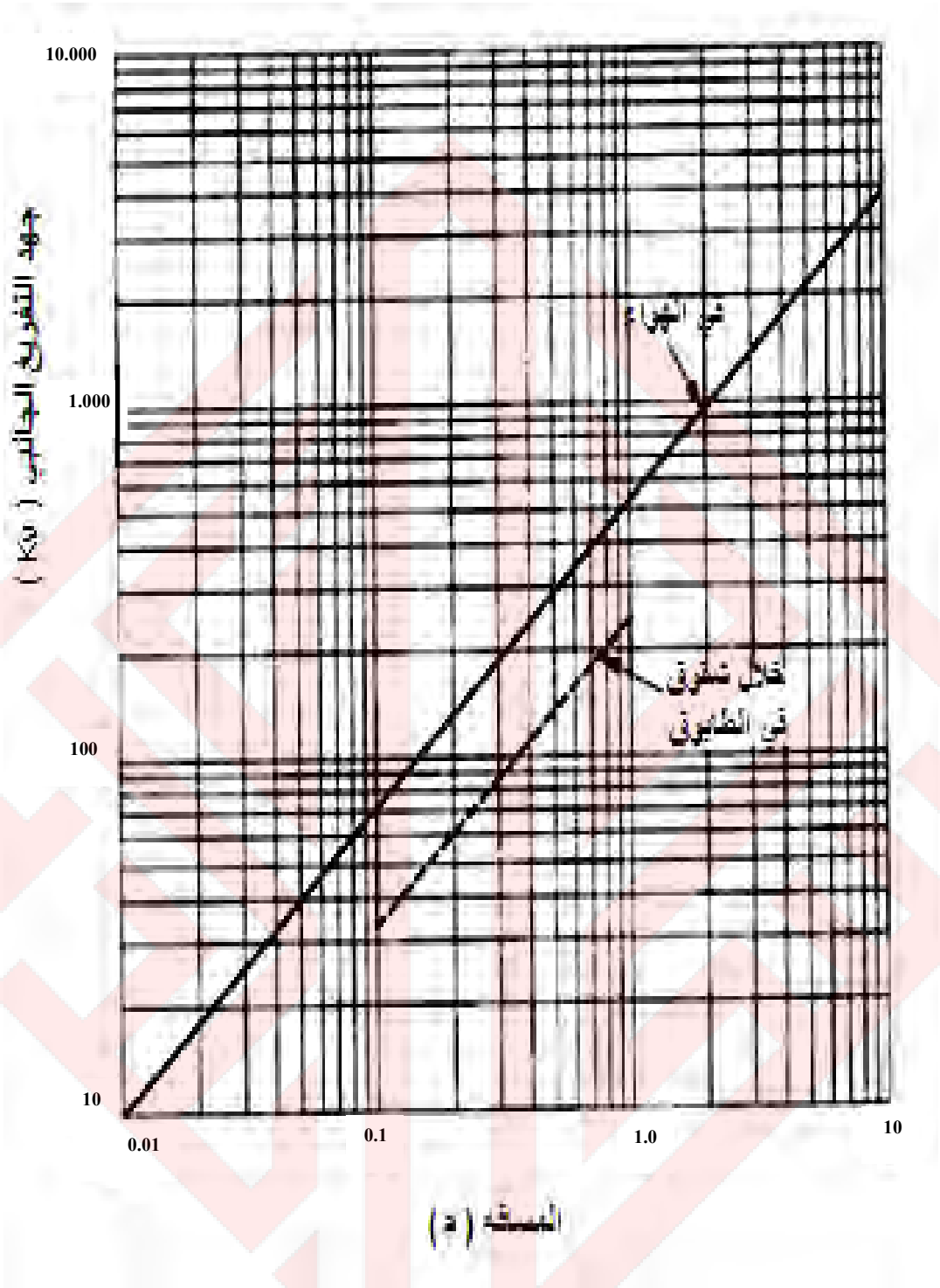
عند استعمال السقالات في الملاعب والساحات يتم تسيير شريط موصل من النحاس او الفولاذ المقاوم للصدأ بابعاد 20 × 2.5 ملم تحت وبتماس مع اللوحات الاساسية (القواعد) التي تحمل الاجزاء العمودية المعدنية للسقالة مع تأريض هذا الشريط بمسافات لاتتجاوز 20 م وان تربط الاجزاء الخارجية من هيكل السقالة بالارض.

أما الهياكل الفولاذية المستعملة في انشاء جسور عبور المشاة فوق الطرق العامة والتي تكون مواقعها معزولة عن الابنية والمنشآت مما قد يعرضها لضربات الصواعق فيجب ان تربط بالارض في بداياتها ونهاياتها .

كذلك عندما تحاط بناية او جدار في بناية بهيكل فولاذي مكون من شبكة من الانابيب المتصلة بعضها ببعض بتوصيلات معدنية، فتكون قاعدة هذه الهياكل منطقة ملائمة للربط مع الارض.



الشكل 3-1/6: منحنى ايجاد التيار المحتمل الاقصى لضربة البرق من النسبة $\frac{p}{p_o}$ [2]



الشكل 3-2/6 منحني ايجاد جهد التفريغ الجانبي مع مسافة الفصل بين الاجزاء[2]

3-7 حماية الأبنية الحاوية على مواد او ابخرة قابلة للأشتعال

3-7/1 المقدمة

يقصد بالأبنية في هذا الفصل الحيز المخصص لخزن او استعمال مواد متطايرة لأبخرتها القابلية على الاشتعال والمواد القابلة للأشتعال او الانفجار. كذلك تشمل المواد التي لغبارها قابلية على الاشتعال او الانفجار نتيجة لوجود شرارة .هذا الحيز قد تمثله بناية اوخزان وقد يكون فوق الأرض او مدفونا" جزئيا او كلياً . تحدد كمية ونوعية وطريقة خزن المواد درجة الخطورة لهذه الأبنية كما يحدد مدى الحاجة لحمايتها من تأثيرات ضرية مباشرة او غير مباشرة. وعلى وفق ماتم ذكره آنفا" لن تتطلب الحالات التالية تزويد البناية بنظام وقاية من الصواعق .

1-عندما تكون كميات المواد او ابخرتها القابلة للأشتعال صغيرة كما في المختبرات أو المخازن الصغيرة

2-عندما يكون المبنى في مكان معزول او مصمما" بصورة خاصة لاحتواء التأثيرات الكارثية .

3-عندما يكون المبنى ضمن نطاق حماية مبنى او هيكل أخر .

4-عندما لاتكون المواد الخطرة مكشوفة وانما موضوعة في أوعية معدنية محكمة الغلق وبسمك مناسب

5-الخزانات المعدنية المستمرة كهربائياً والمحكمة لمنع تسرب السوائل والغازات والتي يكون سمك جدارها لايقل عن 4.8 ملم. هذه الخزانات تحتاج الى التأريض فقط [5].

بخلاف ما ذكر آنفا" ربما يكون الخطر على الحياة والممتلكات على درجة كبيرة تجعل من الضروري تهيئة كل السبل الممكنة للحماية من نتائج وتأثيرات ضربة الصواعق. ومن أمثلة هذه الحالات التي تستلزم وجود نظام وقاية من الصواعق :-

1-السوائل المتطايرة والقابلة للأشتعال التي يجب حفظها في أوعية محكمة لمنع اي تسرب للأبخرة.

2-الفتحات التي قد يتسرب خلالها الى الجو غاز او بخار بكمية كبيرة قابلة للأشتعال والتي يجب ان تغلق او تحمى ضد دخول اللهب خلالها .

3-عند اجراء الصيانة تحت الظروف التشغيلية للأدوات الملحقة بالبناية او الخزان مثل فتحات او بيوت المقاييس وصمامات التنفيس .

4-عندما يجب منع تجميع مزيج الهواء والأبخرة القابلة للأشتعال خارج هذه الأبنية والخزانات ولأقصى درجة .

5-عندما يجب عدم السماح للموصلات الكهربائية ان تكون على مسافة تكفي لتوليد شرارة نتيجة فرق الجهد من خلال التفريغ الجانبي في المناطق التي تتجمع او تتسرب منها .

3-2/7 طرائق الحماية

3-1/2/7 طريقة النهايات الهوائية المعلقة

تعتمد هذه الطريقة على استعمال موصل هوائي يعلق بين عمودين (صاريتين) ويعمل كنهاية هوائية . الموصل قد يكون سلكا" مفردا" او أسلاكا" متوازية ترتبط بالأرض من خلال موصل نازل بمحاذاة أعمدة الأسناد وينتهي بشبكة نهايات أرضية. ارتفاع السلك الأفقي الفوقاني عن سطح البناية وكذلك المسافة بين البناية والصواري يجب ان لاتقل باي حال من الأحوال عن 2 م وكما موضح في الشكل (3-1/7) كذلك يجب الا تقل عن المسافة الآمنة لمنع التفريغ الجانبي كما تم ايضاحه في الفصل السابق وتؤخذ المسافة الأكبر .

تجدر الأشارة الى انه بسبب الظروف الجوية في العراق فيجب أن يؤخذ بالأعتبار تمدد الموصلات الفوقانية في أثناء نهاية فصل الربيع وبداية فصل الصيف وكذلك في نهاية فصل الخريف، حيث يتوقع حدوث العواصف الرعدية مما يؤدي الى هطولها فتتولد خطورة حدوث تفريغ جانبي عند تسلمها تيار الصعق الكهربائي .لذلك يجب حساب طول الموصل الفوقاني على اساس درجة حرارة(-5) مئوية شتاء" وطوله على اساس درجة حرارة 40 مئوية وهي اعلى درجة مئوية متوقعة للحرارة لفترة سقوط الامطار(تشرين الاول -نيسان) ثم وبحساب التدلي المحتمل في وسط الموصل الفوقاني يتم تحديد ارتفاع الصاري بما يؤمن على الاقل مسافة 2 م او المسافة المحسوبة للتفريغ الجانبي ايهما اكبر بين الموصل وسقف البناية. إن نطاق الحماية الذي تحققه الموصلات الفوقانية يحدد كالتالي:

1-ارتفاع الصواري لحد 15 م

تستعمل طريقة زوايا الحماية وهذه تكون بمقدار 30 درجة اذا كان هناك موصل فوقي واحد وتكون بمقدار 30 درجة للخارج من الموصل و45 درجة للداخل وضمن الفضاء المحصور بين الموصلات عند وجود موصلين أفقيين فوقانيين او اكثر وكما مبين في الشكل (3-2/7) .

للأبنية الأقل خطورة التي لايخشى فيها من تفريغ تيار الصعق حول جوانب هيكل البناية المطلوب حمايتها ممكن استعمال احد الترتيبين التاليين :-

أ- شبكة هوائية معلقة ولكن بزوايا حماية 45 درجة بدل30 درجة للفضاء الخارجي و60 درجة بدل 45 درجة للفضاء بين الموصلات.

ب- شبكة من الموصلات الأفقية (نهايات استلام هوائية) بابعاد 10 م × 5 م او اقل وبحسب درجة الخطورة مثبتة على سقف البناية وكما موضح في الشكل (3-3/7). ويجب ان تزود البناية المحمية بهذه الطريقة بضعف عدد الموصلات النازلة والنهايات الأرضية المستعملة في الأبنية الأعتيادية وكماورد في الفصل الخامس من هذه المدونة.

2-ارتفاع الصواري اكبر من 15 م

تستعمل طريقة الكرة المتدحرجة بنصف قطر 30 م للصواري بارتفاع أكبر من 15م ولحد 30 م والتي تمثل المسافة التي عبرها يحدث التفريغ الكهربائي الأولي الى الأرض او الى جسم مؤرض ضمن مسافة الضربة الصاعقة يمكن ان تصيب اي جسم مؤرض ضمن مسافة الضربة هذه لذلك يكون نطاق الحماية عمودا" بقوس دائري منحنٍ الى الأعلى يمر عبر قمة الصاري ويكون مماساً للأرض كما مبين في الشكل (3-4/7). اذا استعمل اكثر من صارٍ سيمر القوس خلال قمم الصواري المجاورة كما مبين في الشكل (3-4/7) .

للأبنية الأقل خطورة التي لايخشى فيها من تفريغ تيار الصعق حول جوانب هيكل البناية المطلوب حمايتها يمكن ان يزداد الأرتفاع الأقصى للصواري الى 46 م مع استعمال نفس الطريقة الموضحة آنفا" في تحديد نطاق الحماية لها.

في كل طرائق استعمال النهايات الهوائية المعلقة يجب مراعاة مايلي :

أ-الموصلات الأفقية الهوائية يجب ان تكون على شكل اسلاك من النحاس او الألمنيوم أو الفولاذ المغلون او الفولاذ المقاوم للصدأ او الفولاذ المحمي بغطاء من النحاس أو الألمنيوم او الرصاص ويتم اختيار المادة للأقلال من التأكسد والتآكل وبحسب ظروف الموقع

ب-يتم اختيار مقاطع الموصلات الأفقية الهوائية على وفق أنواع الموصلات الرئيسة ويجب ان تكون الموصلات مستمرة تلقائياً

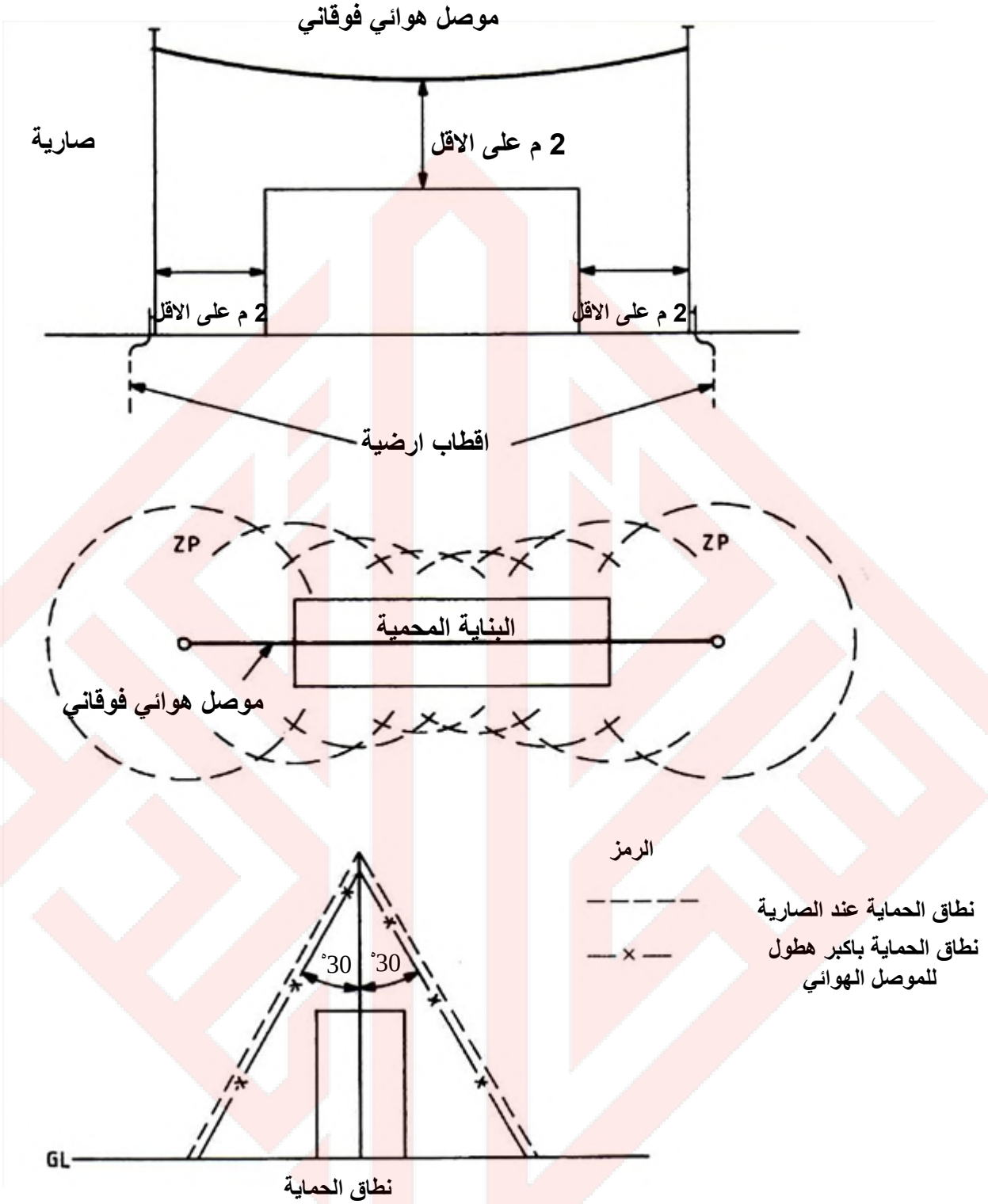
ج- الصواري والموصلات الأفقية الهوائية يجب أن تؤرض وتتصل مع نظام التأريض للبناية المطلوبة حمايتها .

د- تطبق تعليمات التأريض المذكورة في الفصل الخامس على هذه الأبنية .

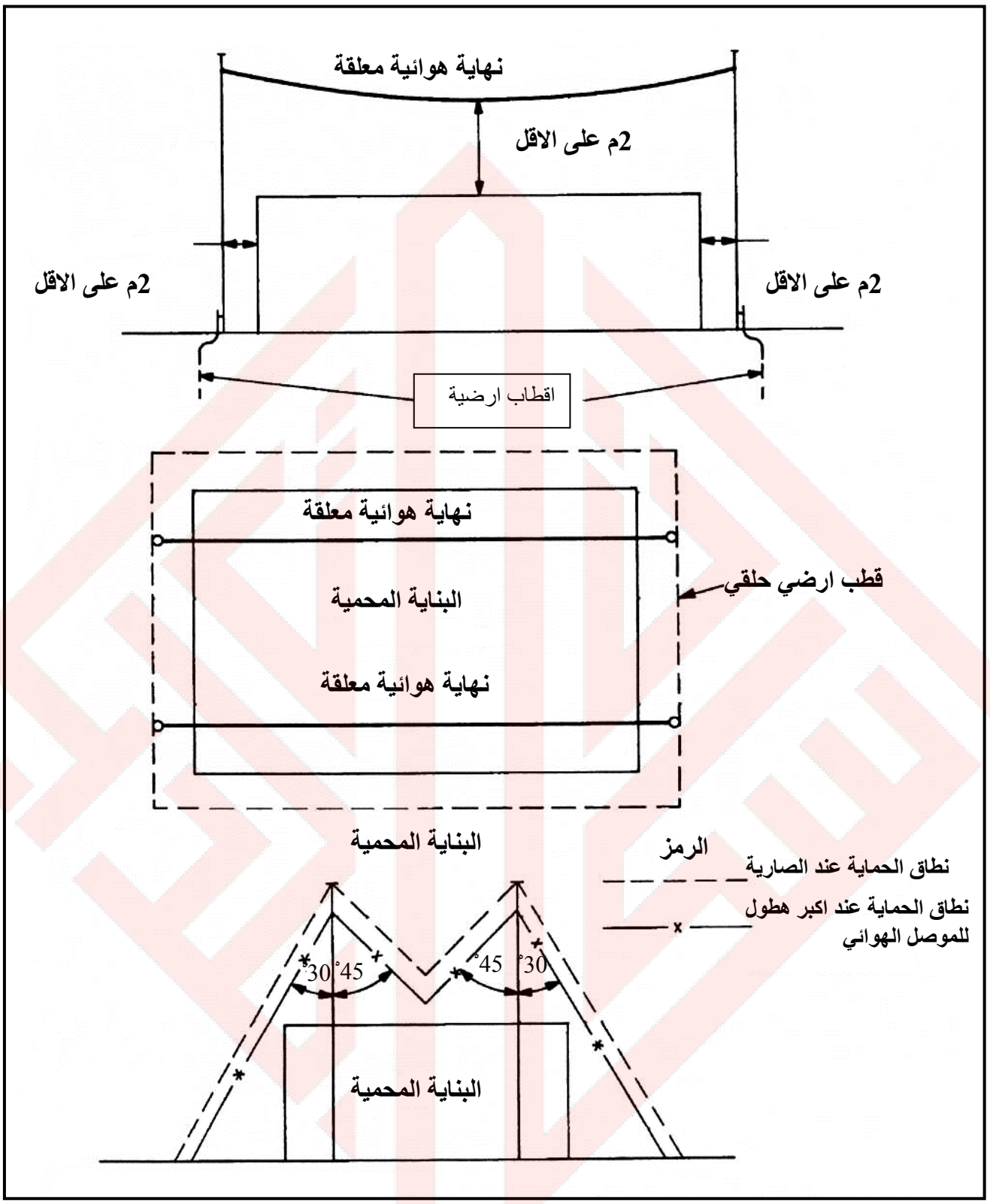
هـ- يسمح باستعمال اسلاك الشد للصواري كموصل أرضي اذا كانت اسلاك الشد تحقق الشروط المطلوبة للموصلات النازلة .

و- اذا كانت الصواري من مواد غير موصلة فيجب ان تكون لها نهاية هوائية تمتد على الأقل 0.6 م فوق قمة الصارية وتتصل بالموصل النازل.

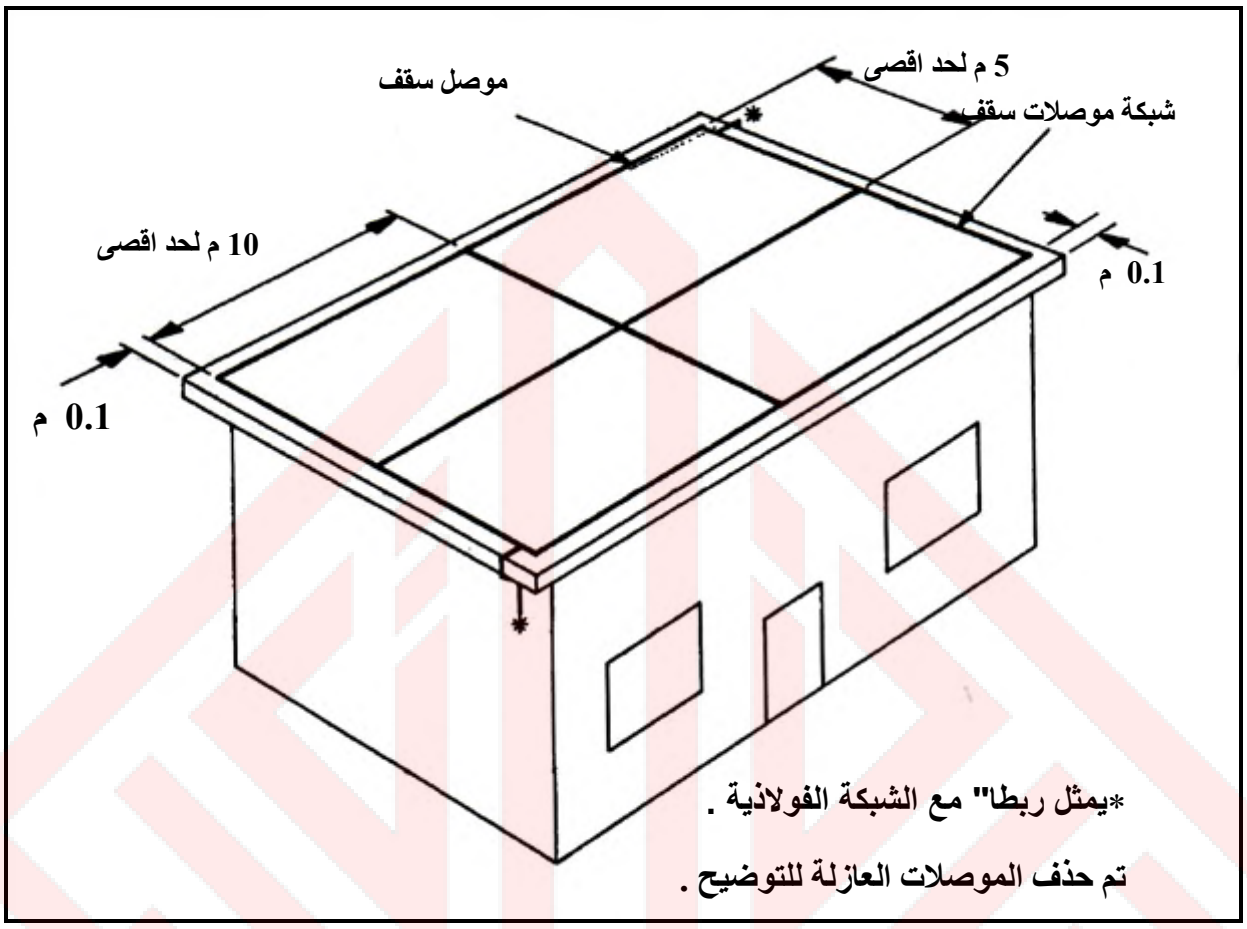
ز- الصواري المعدنية المؤرضة لايتطلب تجهيزها بنهاية هوائية ولا بموصل نازل .



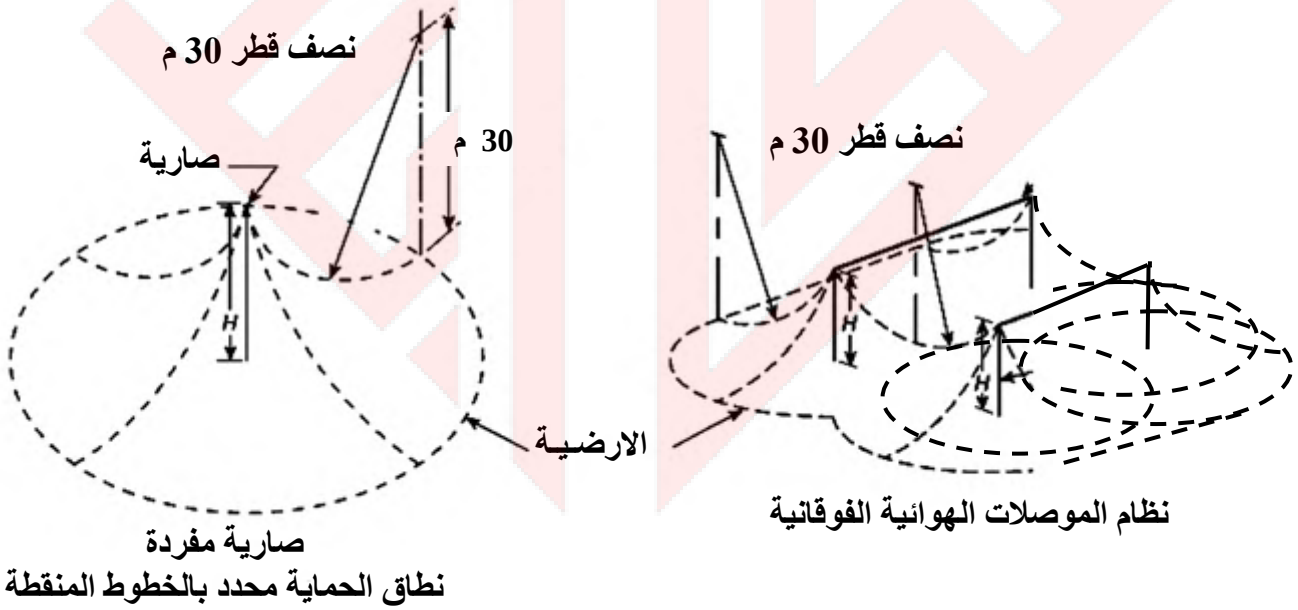
الشكل 3-1/7: النهايات الهوائية ونطاق الحماية لبناية بسيطة حاوية على مواد قابلة للانفجار او الاشتعال [2]



الشكل 3-2/7: نهاية هوائية عمودية لحماية بناية حاوية على مواد قابلة للانفجار او الاشتعال[13]



الشكل 3-7/3: شبكة النهايات الهوائية لموصلات افقية لبناية تحوي مواد قابلة للانفجار او الاشتعال[2]



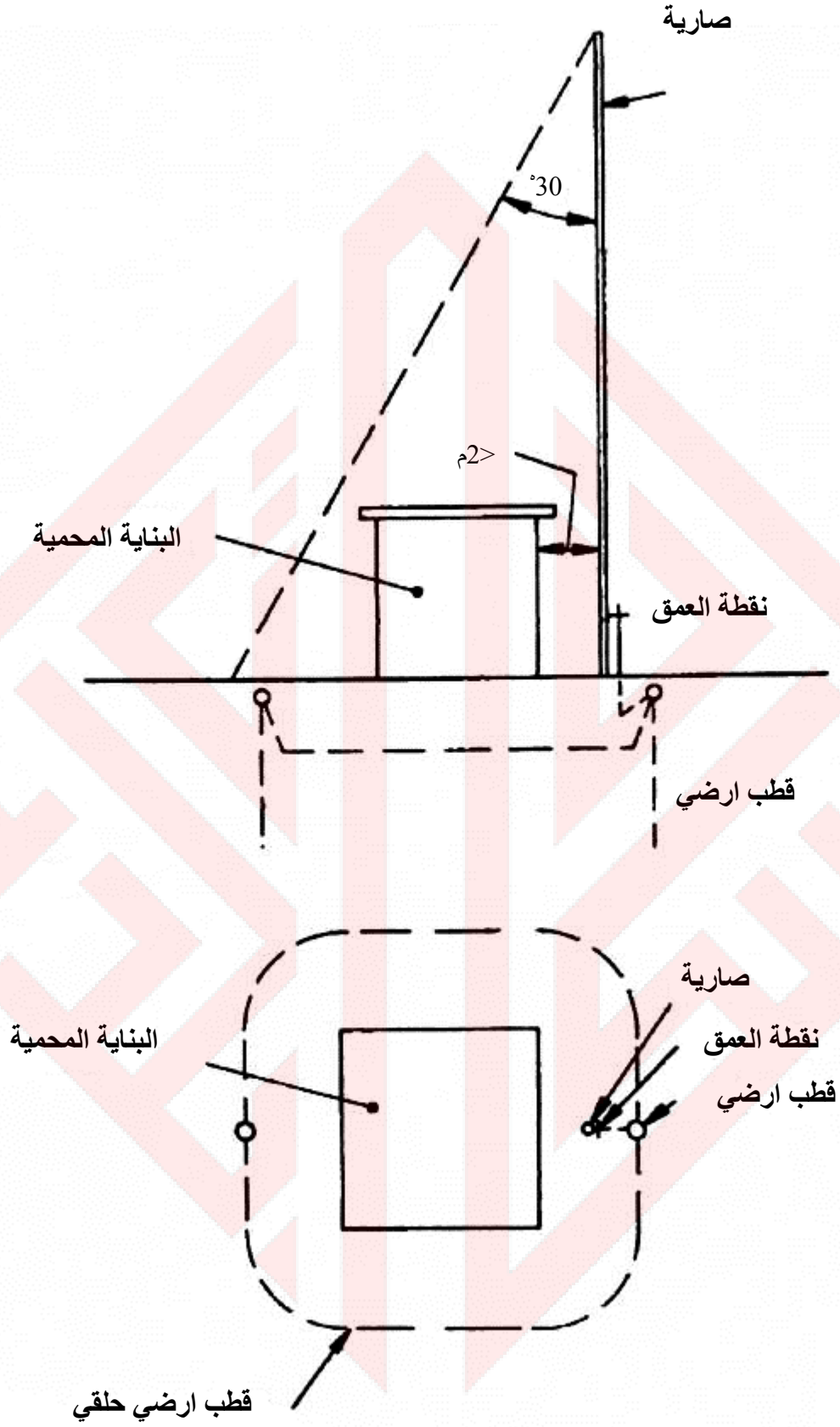
الشكل 3-7/4: نطاق الحماية لصارية مفردة ولموصل هوائي فوقاني[5] .

3-7/2/2 طريقة الموصلات العمودية

هذه تمثل أبسط طرائق الوقاية من الصواعق وتصلح للأبنية ذات الأبعاد الأفقية الصغيرة.

تتضمن الطريقة استعمال عمود اوصارية او اكثر وتكون نهاية العمود مجهزة بنهاية تسلم هوائية تمتد على الأقل 0.6 م فوق قمته ان كان من مادة غير موصلة وعلى طوله يمتد موصل نازل يرتبط بمنظومة تأريض. أما اذا كان العمود او الصارية من مادة موصلة، فلا تكون هناك حاجة للنهاية الهوائية ولا للموصل النازل ويتم تأريض النهاية الأرضية للعمود .

نطاق الحماية بارتفاع لحد 15 م يكون مخروطا" بزاوية رأسية مقدارها 30 درجة للأعمدة المفردة و45 درجة للفضاء بين الأعمدة المتعددة و30 درجة لخارجها وكما مبين في الشكل (3-7/5). وللأعمدة بارتفاع لحد 30 م تستعمل طريقة الكرة المتدحرجة كما سبق توضيحه لتوليد نطاق حماية على شكل مخروط مقوس الى الخارج وكما مبين في الشكل (3-7/4) .



الشكل 3-5/7: نهاية هوائية عمودية لحماية بناية حاوية على مواد قابلة للانفجار او الاشتعال[2]

3/7-3 حماية الأنواع الخاصة من الأبنية والمنشآت

1/3/7-3 مقدمة

الأنواع الخاصة من الأبنية والمنشآت تشمل الأبنية والخزانات الحاوية على مواد قابلة للانفجار أو الاشتعال المدفونة كلياً أو جزئياً في الأرض أو الأبنية التي تحاط جدرانها جزئياً بساتر ترابي كما تشمل الخزانات المعدنية بسقوف ثابتة أو متحركة والخزانات المعدنية بسقوف غير معدنية .

يستعرض هذا البند متطلبات حماية الأبنية والمنشآت هذه والاجراءات الإضافية المطلوبة لوقايتها من الصواعق .

2/3/7-3 الأبنية المدفونة كليا اوجزئيا

الأبنية المقامة تحت الأرض والتي تكون مدفونة كليا والتي لا ترتبط بأي خدمات فوق الأرض تتم حمايتها بإحدى الطريقتين :

أ- طريقة النهايات الهوائية الفوقانية (المعلقة) وكما ذكر في الفقرة (3-7/2/1) تشتمل على نظام كامل للوقاية من الصواعق يتضمن شبكة نهايات أرضية مكونة من أقطاب على شكل قضبان وأقطاب أرضية حلقية تربط هذه القضبان ويفضل أن تدفن الأقطاب الأرضية على عمق لا يقل عن 0.6م إلا إذا اقتضت الضرورة إبقاءها مكشوفة لأغراض الربط بأجزاء أخرى أو لأغراض الفحص .كما يجب الأخذ بالاعتبار مقاومة التربة ضد التحطم بسبب زخم التيار عند حساب مسافة التفريغ الجانبي خلال التربة والتي يجب مراعاتها عند اختيار المسافة بين الأقطاب وجدران البناية .

ب- عندما يكون عمق الدفن كافيا (أي إما يكون كليا أو شبه كلي) فمن الممكن استعمال موصلات نهايات هوائية على شكل شبكة شرائط توزع على سطح البناية .

اما الأبنية المدفونة جزئيا أوالمقامة فوق الأرض وتحاط جدرانها بسواتر ترابية تتم حمايتها بنفس متطلبات الأبنية المقامه فوق الارض

3/3/7-3 الخزانات المعدنية

وتشمل الخزانات المعدنية المقامة فوق الأرض والتي تحوي على سوائل لأبخرتها القابلية على الاشتعال وتشمل الأنواع التالية :

1/3/3/7-3 الخزانات المعدنية ذات السقوف الثابتة :

الخزانات المعدنية الفولاذية والتي لها سقوف مثبتة بواسطة الدسر أو البراغي أو اللحام والتي تكون حرة أو مجهزة باجزاء إسناد والمستعملة في خزن السوائل التي لأبخرتها قابلية على الاشتعال بضغط جوي اعتيادي والتي يكون سمك سقفها لا يقل عن 4.8 ملم يمكن اعتبارها محمية تلقائيا" من الصواعق اذا تحققت الشروط التالية[5]:

ا-كل التعشيقات والوصلات بين الألواح المعدنية المكونة لهيكل (أو قشرة) الخزان بما فيها السقف يجب ان تكون محكمة ومثبتة بواسطة الدسر أو البراغي أو اللحام.

ب–كافة الأنابيب الداخلة إلى الخزان والخارجة منه يجب أن تكون موصلة ميكانيكيا وبإحكام عند نقطة دخولها إلى الخزان أو خروجها منه .

ج- كافة منافذ البخار والغازات يجب أن تكون مغلقة أو مجهزة بأدوات حماية ضد الاشتعال عندما تكون حاوية على منتوج لبخاره مع مزيج الهواء القابلية على الاشتعال في ظروف الخزن .

أما الخزانات المعدنية ذات السقوف التي يقل سمكها عن 4.8 ملم فتتطلب منظومة وقاية من الصواعق بطريقة النهايات الهوائية العمودية للخزانات صغيرة الحجم أو النهايات الهوائية المعلقة للخزانات متوسطة الحجم علما أن الخزانات الكبيرة تتطلب سقوفا" بسمك اكبر من 4.8ملم لذا تعتبر محمية تلقائيا".

3-7/3/3/2 الخزانات المعدنية ذات السقوف المتحركة

في هذا النوع من الخزانات يجب وجود توصيل كهربائي بين السقف وهيكل الخزان وهذا يتم بالاجراءات التالية:

أ- عندما يتم استعمال اجزاء تعليق للسقف المتحرك (حمالات) تقع ضمن فضاء البخار او الغاز القابل للأشتعال فيجب أن يوصل السقف كهربائيا مع الغلاف الخارجي لاطار مانع التسرب من خلال مسار كهربائي مباشر وبفواصل لاتزيد عن 3 م على محيط الخزان. وتكون هذه المسارات على شكل شرائط من الفولاذ المقاوم للصدأ بابعاد مقطع 0.4 ملم × 50 ملم اوما يكافؤه في القابلية على نقل التيار ومقاومة التآكل[5] .اما الخزانات ذات السقوف المتحركة والتي لاتحتوي على فضاء لتجمع الأبخرة والغازات فلا تحتاج الى ما تم ذكره آنفا".

ب- الاطار المعدني لمانع التسرب يجب ان يكون دائما بتماس مع هيكل الخزان وان يكون بدون فتحات تخترق الاطار.

ج– عندما تستعمل أغلفة معدنية لاطار مانع التسرب للحماية من الظروف الجوية يجب أن تحافظ هذه الأغلفة على التماس مع هيكل الخزان.

د– عندما يكون السقف المتحرك مجهزا" باطار مزدوج لمنع التسرب، من الممكن للفضاء بين الاطارين الأول والثاني لمانع التسرب ان يحتوي على مزيج أبخرة او غازات قابلة للأشتعال. لذلك يجب ان يحوي تصميم هذا الاطار المزدوج مواد موصلة كهربائياً ونظراً لوجود فسحة تسمح بالتفريغ الجانبي الكهربائي أو أن تتولد هذه الفسحة نتيجة حركة السقف فيلزم وضع أشرطة مجزئة للتيار الكهربائي بحيث تكون بتماس مباشر مع هيكل الخزان فوق الأطار الثانوي وعلى مسافات لاتزيد عن 3 م على محيط الخزان لضمان الاتصال المعدني بين السقف المتحرك وهيكل الخزان في كافة وضعيات التشغيل للسقف المتحرك

3-7/3/3/3 الخزانات المعدنية ذات السقوف غير المعدنية.

الخزانات المعدنية ذات السقوف الخشبية او أي سقوف غير معدنية لاتعتبر محمية تلقائياً حتى اذا كان السقف محكما" ضد تسرب الغازات والأبخرة واذا كان مغطى بطبقة معدنية رقيقة . هذه الخزانات يجب ان تزود بنظام

وقاية من الصواعق اما من النوع ذي النهايات العمودية او الموصلات الهوائية الفوقانية اوبخليط من النظامين .كما يجب ربط الغطاء المعدني الرقيق ان وجد مع هيكل الخزان .

لكافة انواع الخزانات المذكورة آنفا" يجب اتباع مايلي لضمان تأريضها :-

أ- يجب ان يربط الخزان مع الأرض من خلال نهايتين ارضيتين على الأقل وبمسافة بينية لاتتجاوز 30 م مقاسة على محيط الخزان .

ب- يجب ان يكون ربط الخزان مع اي منظومة انابيب معدنية مؤرضة باستعمال توصيلات غير معزولة .

ج- الخزانات الاسطوانية العمودية بقطر لايقل عن 6 م ولحد اقل من 15 م يجب ان تستند الى الأرض او على ارضية من الخرسانة. اما الخزانات التي يساوي او يتجاوز قطرها 15 م فيجب ان تستند الى ارضية مرصوفة بالقير[5] .

د – انظمة الخزانات التي تستعمل عوازل تحتها للحماية من الظروف الطبيعية اوغيرها يجب ان تؤرض كما في (أ) او (ب) المذكورة آنفا" .

هـ- انظمة التأريض للخزانات المتجاورة يجب ان تربط اقطابها الأرضية الحلقية بعضها مع البعض لتكون شبكة متكاملة .

3-7/3/4 حماية ملحقات وتأسيسات الأبنية

هذه الملحقات والتأسيسات تشمل الانابيب والسكك الداخلة الى البناية والموصلات الكهربائية ومنافذ التهوية والاسيجة والجدران الساندة في هذه الابنية وكما مفصل لاحقا:

1. الانابيب والسكك الداخلة الى البناية والقادمة من مسافات بعيدة والتي تكون اما غير مستمرة او ليست في تماس مع الارض يجب ربطها مع نظام الوقاية من الصواعق للبناية ،كما يجب ان تؤرض في نقطة دخولها الى البناية ومن الجهة الخارجية للبناية .كذلك تؤرض الانابيب والسكك القادمة من مسافة بعيدة بنقطتين اضافيتين احداهما على بعد 75 م والثانية على بعد 150 م .

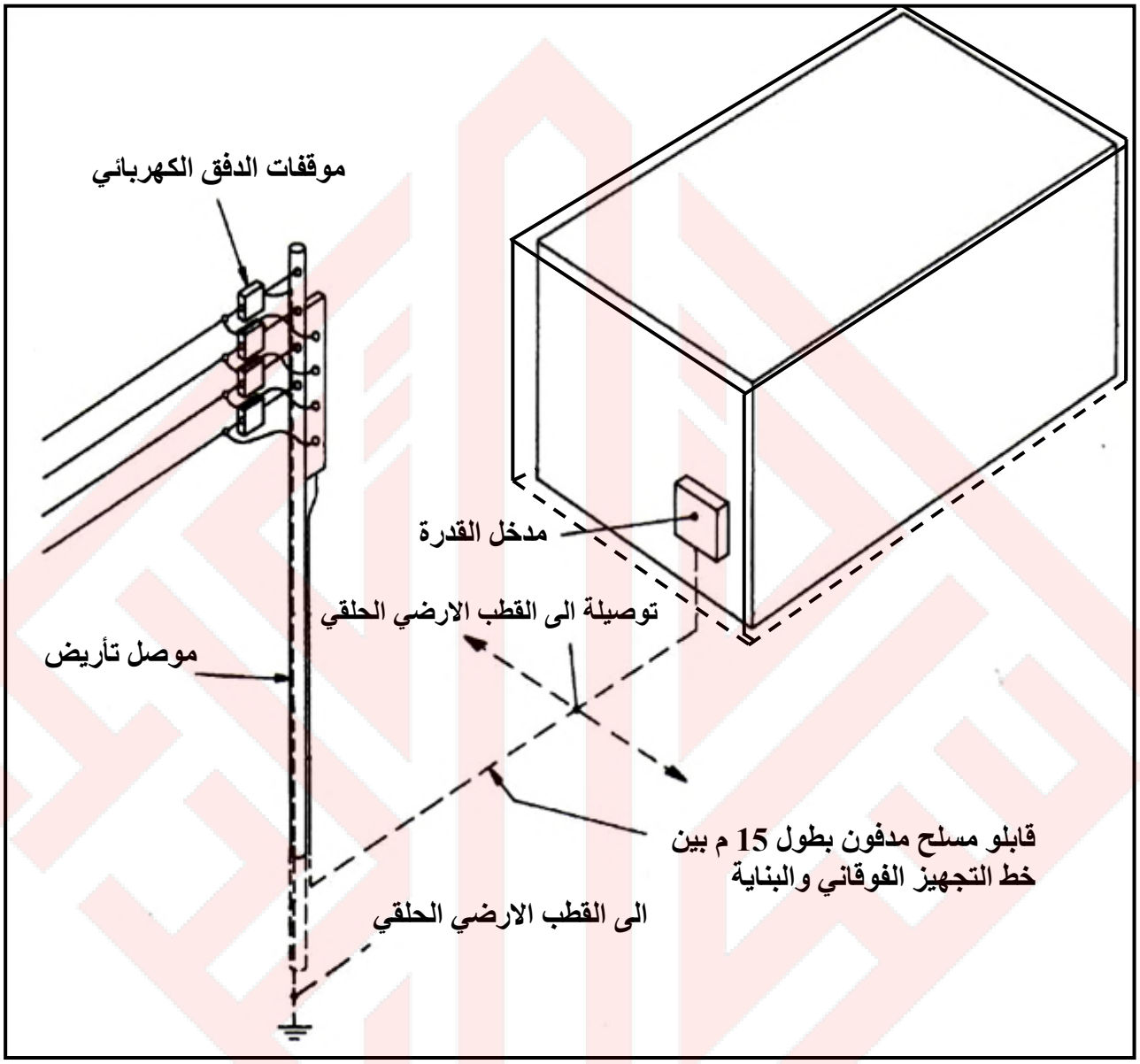
2. الموصلات الكهربائية الداخلة الى المبنى يجب ان تغلف بغلاف معدني مستمر كهربائيا ضمن المبنى كما يجب ان تؤرض في نقطة دخول المبنى ومن الداخل وان تربط بصورة مباشرة مع نظام الوقاية من الصواعق وكما موضح في الشكل (3-7/6). عند ارتباط الموصلات الكهربائية مع خطوط نقل تجهيز الكهرباء الفوقانية القريبة من البناء ، يجب دفن مسافة 10 م من القابلو المسلح او المغلف بالمعدن المجهزلكهرباء البناية وكما موضح في الشكل (3-7/6). في مثل هذه الابنية الحساسة فمن الممكن ان تتعرض خطوط تجهيز الكهرباء الفوقانية الى دفقات كبيرة للتيار يولدها تفريغ الصاعقة لذلك يكون من الضروري تجهيز نوع من مخمدات الدفق في منطقة توصيل القابلو المدفون مع خطوط التجهيز الفوقانية وعلى مسافة آمنة من البناية .

3. لغرض الاقلال من خطورة ضربة صعق مباشرة يجب ان تكون منافذ التهوية لاي خزان يحوي على غاز او سائل أبخرته قابلة للأشتعال ومنافذ الغازات العادمة او الغبار القابل للأشتعال ضمن نطاق الحماية ان امكن.

وبخلاف ذلك أو إن كان وضعها ضمن نطاق الحماية لايمكن الاعتماد عليه بصوره كاملة فيجب ان تزود هذه المنافذ بموقفات لهب.

4. الاجزاء المعدنية الناتئة ومكونات واسلاك الاسيجة والأسوار الساندة للأبنية والتي تقع ضمن مسافة 2 م عنها يجب ان توصل بطريقة تضمن وجود توصيل معدني مستمر بينها وبين منظومة الوقاية من الصواعق.

5.الابنية ذات الخطورة العالية يجب ان لاتجهز بقمة مستدقة او بصواري اعلام او هوائيات التلفزيون والاتصال في اعلاها ولا على مسافة لحد 50 م من البناية . نفس المسافة تنطبق على زراعة اشجار جديدة. وعند وجود اشجار فيجب ان تؤرض كما سيرد لاحقا.



الشكل 3-6/7: حماية استثنائية من الجهد العالي المتولد من تيار الصعق في الخطوط الكهربائية الداخلة الى بناية تحوي مواد قابلة للانفجار او الاشتعال[2] .

3-8 حماية الهوائيات والأبنية القريبة من الأشجار

3-8/1 حماية الهوائيات

3-8/1/1 الهوائيات الداخلية

الهوائيات داخل الأبنية المزودة بنظام وقاية من الصواعق لاتحتاج الى حماية أضافية على شرط ان المسافة بين نظام الهوائي بما فيه مغذيات واسلاك توصيل الهوائي واي جزء من منظومة الوقاية من الصواعق كافية لمنع التفريغ الجانبي.

3-8/1/2 الهوائيات الخارجية

وهذه اما أن تكون مقامة فوق أبنية مجهزة بمنظومة وقاية من الصواعق او أن تكون مقامة فوق أبنية غير مجهزة بمنظومة وقاية من الصواعق.

في الحالة الأولى لاتحتاج منظومة الهوائيات الخارجية الى حماية اضافية إن كانت كل اجزاء المنظومة بما فيها اجزاء الاسناد للمنظومة تقع ضمن نطاق الحماية لمنظومة الوقاية من الصواعق المجهزة للبناية.

إماعندما تكون منظومة الهوائيات خارج نطاق الحماية لمنظومة الوقاية من الصواعق للبناية فيجب اخذ الأحتياطات للتأكد من أن تيار الصعق يمكن تسريبه الى الأرض بدون احداث تلف للمبنى وسكانه ومحتوياته.

ويتم تسريب تيار الصعق بربط قاعدة اسناد الهوائي او أكتافه المعدنية باقرب نقطة متاحة من منظومة الوقاية من الصواعق تحت مستوى منشأة الهوائي.

هذا الاجراء يتخذ في حالة كون منظومة الهوائي منصوبة بصورة مباشرة على المبنى المزود بمنظومة وقاية من الصواعق او التي تكون بارتفاع اعلى من ارتفاع منظومة الوقاية، اما اذا كان الهوائي على بناية غير مجهزة بمنظومة وقاية من الصواعق فيجب دراسة الحالة لتقدير ما اذا كانت البناية بوضعها الجديد بحاجة لنظام وقاية من الصواعق ام خلافه .

3-8/1/3 استعمال الأقطاب الأرضية

يسمح باستعمال الأقطاب الأرضية لمنظومات الوقاية من الصواعق لاغراض تأريض منظومة الهوائي على ان لايتعارض ذلك مع شروط تأريض الانظمة الكهربائية .

3-8/ 2 حماية الأبنية القريبة من الاشجار

3-8/2/1 مقدمة

تشكل الاشجار القريبة من الابنية والتي ارتفاعها يساوي او اكبر من ارتفاع الأبنية خطرا" متعدد الجوانب على هذه الأبنية عند حدوث تفريغ صعق.

في حالة تسلم الشجرة شحنة تيار الصعق وبسبب الرطوبة في الاغصان وجذع وجذور الشجرة ينتقل التيار عبرها الى الأرض وقد يتسرب على سطح الأرض او في الطبقة القريبة تحت سطح الأرض لمسافة قد تمتد عدة عشرات من الأمتار وربما يجد انبوب ماء اوغاز اوقابلو كهرباء مدفونا" تحت سطح الأرض ليتسرب التيار خلاله .

والخطر الأخر هو التفريغ الجانبي بين الشجرة والبناية القريبة منها والذي من الممكن حصوله نتيجة مرور تيار الصعق في جذع الشجرة مما قد يؤدي لحدوث تلف في البناية.

والخطر الأخير يتمثل في احتمال اشتعال الشجرة أو انفلاقها نتيجة التسخين الفائق للماء في الجذع عند مرور التيار العالي للصعق .

مما تم تفصيله آنفا" فافضل حماية للأبنية القريبة من الأشجار ذات الارتفاع اعلى من ارتفاع البناية هو قطع هذه الأشجار .وفي حالة ضرورة الأبقاء على هذه الأشجار لرغبة المالك للبناية في ذلك او لأسباب قانونية مثل منع قطع اشجار النخيل المحيطة بالأبنية في البساتين فيجب حينئذ تجهيز هذه الأشجار بمنظومة حماية من الصواعق.

3-8/2/2 حماية الاشجار من الصواعق

حماية الاشجار ذات القيمة المادية او المعنوية او التي لها متطلبات قانونية تستدعي المحافظة عليها او التي تكون قرب مبنى له ارتفاع اقل من ارتفاعها ،تتم بواسطة تجهيزها بمنظومة حماية من الصواعق على وفق الأسس التالية:

1.يجب استعمال موصل رئيس واحد على الأقل يمتد من اعلى جزء في جذع الشجرة وعلى طول الجذع الى نهاية أرضية او اذا كانت الشجرة متفرعة الجذوع فيجب ان تجهز بموصلات فرعية تصل لأعلى جزء من الفروع الرئيسة .

2.اذا كان جذع الشجرة بقطر 0.9م او اكثر فيجب استعمال موصلين نازلين على طول الجذع وبواقع موصل واحد على كل جهة من الجذع [5].

3.الأغصان العلوية الكبيرة في الشجرة يجب أن تجهز بموصلات فرعية تعمل كنهايات هوائية وترتبط بالموصل الرئيس .

4.الموصلات يجب ان تكون من النوع ذي القلب المضفور والمحمي بغلاف ومن النوع المرن وبمساحة مقطع لاتقل عن 50 ملم ^{2} لموصلات النحاس والالمنيوم [2].

5.يجب ان تثبت الموصلات على الشجرة بصورة جيدة مع الأخذ بالأعتبار تأرجح الشجرة مع الريح ومتطلبات نمو الشجرة وبدون ان يعرض ذلك الموصلات للكسر او التلف الميكانيكي .

6.يجب ان تكون النهاية الأرضية لمنظومة الوقاية من الصواعق من احد الترتيبين التاليين :

أ-عندما تكون امتدادات الجذور تحت الأرض معلومة فتتكون النهاية الأرضية من قضيبين يغرزان في الأرض باقرب ما يمكن من جذع الشجرة وعلى جهتين متقابلتين من الجذع ويتصل هذان القضيبان بواسطة موصلين شعاعيين بقطب حلقي يدفن حول جذور الشجرة وبعمق لايقل عن3م [5] .

ب-عندما تكون امتدادات الجذور تحت الأرض غير معلومة فتتكون النهاية الأرضية من امتداد الموصلات النازلة من جذع الشجرة وان تتصل بموصلات شعاعية لاتقل عن ثلاثة موصلات تمتد حول محيط قاعدة الشجرة لمسافة لاتقل عن 3 م وان تكون بعمق 0.3 م وان توزع حول محيط قاعدة الشجرة او ان يستعمل قضيب مفرد يغرز خارج خطوط تسقيط الشجرة العمودية وبطول لايقل عن 7.6م[5]

7.اذا كانت هناك شجرتان او اكثر متقاربة بحيث تتقاطع الأقطاب الأرضية الحلقية لكل منها فيمكن استعمال قطب ارضي حلقي واحد يحيط بها جميعاً وتتصل به قضبان التأريض لكافة الأشجار المتقاربة

3-8/2/3 حماية الأبنية القريبة من الاشجار

حماية الأبنية القريبة من الأشجار تتم باستعمال احدى الوسائل التالية :

1-قطع الأشجار ذات الأرتفاع اعلى من البناية

2-تشذ يب الأشجار ان كانت نوعيتها تتحمل ذلك ليصبح ارتفاعها اقل من ارتفاع البناية

3-تجهيز الشجرة او الأشجار القريبة من المبنى والتي ارتفاعها اكبر من ارتفاع المبنى بمنظومة وقاية من الصواعق

4-تجهيز البناية بمنظومة وقاية من الصواعق

إن تفاصيل الوسيلة بالتسلسل (3) قد تم ذكرها في الفقرة 3-8/2/3 ،اما تجهيز البناية بمنظومة وقاية من الصواعق فيكون ذلك ملزما" عندما تكون الشجرة او الأشجار قريبة جدا من البناية وذلك لدرء خطر التفريغ الجانبي بين الشجرة والبناية في اثناء تلقي الشجرة ضربة صاعقة ويكون ضروريا"حتى اذا كانت الشجرة مجهزة بمنظومة وقاية من الصواعق .

أما البناية المحاطة باشجار او التي بقربها شجرة اعلى منها والتي تقع على بعد يساوي أقل من نصف ارتفاع البناية او 3م أيهما اقل للأبنية الأعتيادية او الأشجار التي تقع على بعد يساوي أقل من ارتفاع البناية للأبنية

الحاوية على مواد او ابخرة او غازات قابلة للأشتعال فيجب أن تجهز هذه الأبنية بنظام وقاية من الصواعق وان تكون المنظومة على وفق متطلبات هذه المدونة .

ويشترط في هذه الحالة ان ترتب النهايات الهوائية والموصلات النازلة لمنظومة البناية لتمر باقرب ما يمكن من اقرب اجزاء الشجرة .

إن المسافات المذكورة آنفا" بين البناية والشجرة او الاشجار المذكورة آنفا" كفيلة بمنع حدوث التفريغ الجانبي بين الأثنتين وتعتبر مسافات امنة حيث يمكن حساب المسافة المطلوبة بحدودها الدنيا بافتراض ان مقاومة التفريغ الجانبي للشجرة هي 250 كيلو فولت / م بالمقارنة مع مقاومة الهواء للتجزئة والتي هي 500 كيلو فولت / م [2] .

3-9 الفحص والصيانة

3-9/1 مقدمة

لعملية الفحص والصيانة أهمية لا تقل عن أهمية التصميم الجيد والصحيح لمنظومات الوقاية من الصواعق. ففي الوقت الذي نجد أن هناك اهتماما" كبيرا" بالنواحي التصميمية والتنفيذية لهذه المنظومات في مقاولات انشاء الأبنية التي تتطلب حماية من الصواعق إلا أن هذا الاهتمام ينتهي مع إجراءات تسلم هذه الأبنية وبهمل جانب الفحص والصيانة والادامة في أغلب الحالات ولا يعاد الاهتمام بالمنظومة إلا بعد حصول حوادث صعق تؤدي لحصول أضرار بشرية أو مادية .

لذلك ربما يتطلب الأمر إصدار تعليمات ملزمة باجراء عمليات الفحص والصيانة بالتفاصيل الواردة في هذا الفصل لضمان الاستفادة من المنظومات الموجودة حالياً أو التي ستستعمل في المستقبل .

أعمال الفحص تتضمن الفحص بالمعاينة والفحص بإجراء القياسات وتشمل المنظومات في أثناء أعمال الإنشاء للبناية ونصب المنظومة والفحوص الدورية بعد استعمال البناية والفحوص بعد اجراء أي تغيير في أو إضافات على البناية . يجب التأكيد على ضرورة التحقق من عدم وجود تيار كهربائي في منظومة الوقاية من الصواعق قبل فصل الحماية الأرضية وذلك باستعمال جهاز قياس جهد حساس .

3-9/2 عملية فحص المنظومات

3-9/2/1 الأبنية تحت الإنشاء أو حديثة الإنشاء

3-9/2/1/1 الفحص المباشر بالمعاينة

في انظمة موانع الصواعق الجديدة أو التي تحت الأنشاء يجب أجراء الفحوص بالمعاينة للتأكد ممايلي:

ا- التأكد من مطابقة المنظومة المنصوبة اوالتي تحت الأنشاء مع متطلبات هذه المدونة

ب-المنظومة منفذة بصورة صحيحة

جـ - عدم وجود وصلات مرتخية والتي قد تؤدي الى زيادة مقاومة الوصلات

د-عدم وجود قطع في الوصلات النازلة والنهايات الأرضية

هـ - كافة الموصلات واجزاء المنظومة مثبتة جيداً على سطوح التثبيت ومحمية ضد الازاحة الميكانيكية .

3-9/2/1/2 الفحص بإجراء القياسات

عند اكمال نصب منظومة وقاية من الصواعق يجب أجراء فحص بقياس المقاومة الأرضية للأجزاء المفردة أو المجمعة وذلك بقياس المقاومة مع الأرض لكل قطب أرضي بالاضافة الى المقاومة الأرضية لكل منظومة النهايات الأرضية.

كل قطب ارضي يجب ان يقاس معزولاً عن باقي شبكة النهايات الأرضية، ويكون الفحص بين وصلة الفحص على الموصل النازل وبين القطب الأرضي المعزول .

بعد ذلك تؤخذ قراءة اخرى للمقاومة بعد اعادة ربط القطب الأرضي مع شبكة النهايات الأرضية .فاذا لوحظت فروق مهمة بين القياسين للمقاومة فيجب أن يحقق في أسباب هذه الفروق.واذا اظهرت نتيجة الفحوص المبينة آنفا" أن المقاومة الأرضية المقاسة لمنظومة الوقاية من الصواعق تزيد على10 اوم فيجب خفضها .

3-9/2/2/2 الأبنية تحت الاستعمال (القديمة)

انظمة الوقاية من الصواعق تستعمل لفترة قصيرة او طويلة في هذه الأبنية وتتطلب الفحوص التالية:

3-9/2/2/2/1 الفحص المباشر بالمعاينة

يشمل هذا الفحص النقاط الواردة في الفحص المباشر لانظمة الوقاية من الصواعق للأبنية تحت الانشاء أو حديثة الانشاء ويضاف اليها مايلي :-

ا- التأكد من عدم اجراء تحوير أو اضافة للبناية مما يؤثر في اداء المنظومة القديمة للحماية او يتطلب اجراءات حماية اضافية

ب-التأكد من عدم اضعاف اي جزء او موصل بسبب التآكل او الأهتزاز

3-9/2/2/2/2 الفحص باجراء القياسات

يجب اعادة فحص المقاومة الأرضية لكل قطب ارضي بعد عزله إن كان للمنظومة وسيلة فصل مناسبة مع فحص المقاومة الأرضية لكل منظومة النهايات الأرضية .

اذا تجاوزت المقاومة الأرضية المقاسة 10 اوم فيجب خفضها أما اذا كانت المقاومة الأرضية اقل من 10 اوم ولكن اعلى بشكل ملحوظ عن القياس السابق لهذه المقاومة فيجب التحقيق في الاسباب واتخاذ الاجراءات الضرورية لمعالجة الفرق في المقاومة الأرضية السابقة واللاحقة .

3-9/3 جدولة الفحوص

بالاضافة الى فحص كل المنظومات الجديدة عند الانتهاء من انشائها، من المهم اجراء فحوص دورية بعد ذلك بحسب جدولة لتكرار الفحوص على فترات تحدد اعتمادا" على العوامل التالية.

1- نوع الاستعمال للبناية

2- نوع البناية او المنشأة المطلوب حمايتها

3- الظروف الجوية المباشرة (اختلاف المواسم والأجواء المؤكسدة)

4- المواد المستعملة في صناعة اجزاء المنظومة

5- نوع السطوح المستعملة لتثبيت اجزاء المنظومة

6- مستوى الحماية المطلوب للنظام

7- تقارير المشاكل والشكاوى للفترة السابقة

وبالاعتماد على ما ذكر آنفا" تحدد جدولة تكرار الفحوص على النحو التالي

1-الأبنية الأعتيادية

تحدد فترة تكرار الفحص بالمعاينة بما لا يقل عن مرة كل 12 شهرا" والفحص باجراء القياسات في نهاية فصل الربيع ونهاية فصل الخريف في العام الأول من استعمال المنظومة ثم كل 3-5 سنوات للسنوات اللاحقة.

إن سبب ضرورة اجراء فحصين في السنة الأولى هو الفارق الكبير في الظروف الجوية في العراق واختلاف مستوى المياه الجوفية ونسبة الرطوبة في التربة مما يستدعي التأكد من بقاء المقاومة الأرضية لمنظومة الوقاية من الصواعق تحت مستوى 10 أوم مع معالجة اي زيادة عن هذا المستوى بسبب اختلاف المواسم في العام الأول من تشغيل المنظومة .

2-الأبنية الحساسة او الحاوية على مواد او أبخرة قابلة للأشتعال

لضمان ان نظام الحماية من الصواعق في الابنية الحاوية على مواد أو أبخرة أو غازات قابلة للأشتعال يعمل بصورة جيدة فيجب ان يجرى الفحص بالمعاينة مرتين في السنة والفحص بالقياس للأستمرارية الكهربائية مرة كل سنة والفحص لقياس المقاومة الأرضية في نهاية فصل الربيع وفي نهاية فصل الخريف للعام الأول ثم مرة كل 4 أشهر للفترة اللاحقة .

يجب استعمال الأجهزة المصممة خصيصاً لقياس المقاومة في منظومة الوقاية من الصواعق والتي يجب ان يكون لها القابلية على قياس قيم للمقاومة تتراوح من صفر الى 10 اوم بدقة لاتقل عن 90% أما الأجهزة المستعملة في قياس مقاومة الربط فيجب ان تكون قادرة على قياس قيم تتراوح من صفر الى 1 اوم بدقة لاتقل عن 90 % ايضاً .

3-4/9 الصيانة

رغم ان تصاميم منظومات الوقاية من الصواعق تأخذ بالأعتبار وجود الحماية من التآكل واختيار احجام ومقاطع الاجزاء بما يناسب منع التلف بتأثير الصواعق الا ان العديد من هذه الاجزاء لها قابلية ان تفقد من فعاليتها عبر السنين. لذا يكون من المهم اجراء اعمال الصيانة لهذه المنظومات للحفاظ على خواصها الفيزيائية والكهربائية على وفق متطلبات التصميم .

منهاج الصيانة الدورية يجب ان يحدد لكل منظومة وتعتمد تكرارية عملية الصيانة على مايلي :

1-التلف المتسبب عن الظروف الجوية

2- تكرار التلف الناتج من ضربات الصعق

3- مستوى الحماية المطلوب

إن برنامج الصيانة لمنظومات الوقاية من الصواعق يجب أن يكون جزءا" من برنامج صيانة البناية التي تقوم المنظومة بحمايتها ،ويجب ان يحوي على فقرات لابأس من تكرارها ترتب كقائمة فحص وتؤسس لطريقة صيانة محددة يجب اتباعها بصورة تكرارية ومنتظمة .

فهذا البرنامج يجب ان يتضمن جميع مايلي :

1 –تفتيش كل الموصلات واجزاء المنظومة

2– شد كافة الملازم والوصلات

3– قياس مقاومة منظومة الوقاية من الصواعق ومعالجة اي قطع فيها

4– قياس مقاومة النهايات الأرضية ومعالجة اي مشكلة فيها

5– فحص او اختبار (اوكلا الاجرائين) موانع الدفق الكهربائي لتعيين مدى فاعليتها بالمقارنة مع الأجهزة الجديدة

6– أعادة شد وإحكام تثبيت الاجزاء والتوصيلات وبحسب متطلبات أجزاء المنظومة

7– اجراء الفحص والاختبار للمنظومات التي تم في ابنيتها اجراء تحويرات او اضافات مع التأكد من عملية ربط اي أضافات للمنظومة الأصلية .

3–5/9 السجلات

يجب الاحتفاظ بالسجلات التالية في الموقع المجهز بنظام مانعة الصواعق :

1.مخططات دقيقة توضح طبيعة وابعاد ومواد وموقع كل اجزاء المنظومة

2.طبيعة التربة واي تغيرات أحدثت فيها خلال التأريض

3.نوع وموقع الأقطاب الأرضية بما فيها الأقطاب المرجعية

4.حالة ونتائج الفحص الدوري

5.اي اضافة او تحوير أجري على المنظومة

6.اجراءات وجداول الصيانة .

7.اسم الشخص المسؤول عن المنظومة وعن الحفاظ عليها. كما يجب وجود سجلات كاملة بكل طرائق الصيانة ومواعيدها. ويجب ان تحوي هذه السجلات على اجراءات التصحيح والصيانة المتخذة او التي يجب اتخاذها مثل تعذر فحص بعض الاجزاء من المنظومة بسبب اعمال اضافية في الموقع .

كما تضم هذه السجلات بيان الوضع الميكانيكي للتوصيلات والوصلات والروابط والأقطاب الأرضية وبضمنها القطب المرجعي كما يجب أن تحوي السجلات على وثائق واستمارات الفحص التي يجب ان تبين مايلي :

1.الحالة العامة للنهايات الهوائية والموصلات والاجزاء الأخرى

2.الحالة العامة لأجراءات منع التأكسد والتآكل.

3.تأمين مثبتات الموصلات واجزاء الربط .

4.فحوص المقاومة الأرضية لأجزاء منظومة النهايات الأرضية وللمنظومة.

5.اي انحرافات او تغييرات عن متطلبات هذه المدونة.إن مثل هذه السجلات ستكون عونا" لتقييم اجزاء المنظومة وطريقة نصبها بالاضافة الى أمكانية استعمال هذه السجلات كأساس في عملية تقييم طرائق الصيانة والى تحديث هذه الطرائق.

مراجع الباب الثالث

[1]. Fursc,"*A Guide to BS EN 62306*"(2006)ز

[2]. BS 6651,"Code of practice for protection of structures against lightning" (2002).

[3]. IEEE,"*How to protect your house from lightning*"TK3248 H685" (2005).

[4].BS EN62305-2,"*Physical damage to structures and life hazard "*,(2006).

[5]. NFPA780,"*Standard for the installation of lightning protection systems*",(2004 Edition).

[6]. SBC,"*Chapter 802-Protection against lightning*",(2007).

الملحق (أ)

الحسابات النموذجية لمقاومة التأريض لأنواع مختلفة من أقطاب التأريض (قضيب ،أنبوب ، شريط معدني)

المثال (1- أ) حساب مقاومة التأريض لقضيب منفرد :

لحساب مقاومة التأريض لقضيب منفرد تستعمل المعادلة التالية(الحقل الثاني من الجدول(2-2/3)ص14/2)

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right)$$

حيث أن :

R مقاومة القضيب أو الأنبوب الواحد (اوم) .

L طول القضيب بالمتر.

a نصف قطر القضيب او الأنبوب بالمتر.

ρ مقاومية التربة (اوم – متر) .

فإذا كان على سبيل المثال :

$$L = 3m$$

$$a = 0.0125m$$

$$\rho = 10\Omega.m$$

$$\frac{\rho}{2\pi L} = \frac{10}{2*3.1416*3} = \frac{10}{18.85} = 0.53$$

$$\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right) = \left(\ln\frac{4*3}{0.0125} - 1\right) = (6.8669 - 1) = 5.867$$

اذن

$$R = 0.53*5.867 = 3.11\Omega$$

المثال (2- أ) حسابات المقاومة الأرضية المكافئة لمجموعة من قضبان التأريض المغروزة على نسق خط مستقيم

يمكن تطبيق المعادلة(2-3/3) ص15/2

$$Rn = R\left[\frac{1+\lambda\alpha}{n}\right]$$

حيث ان :

R مقاومة القطب المنفرد(المعزول) بالاوم.

s المسافة البينية بين الأقطاب بالمتر .

ρ مقاومية التربة بالـ (اوم.متر)

n عدد الأقطاب .

λ عامل يمكن الحصول عليه من الجدولين(2-3/3)و(2-4/3)ص17/2. والعامل (α)

يحسب من المعادلة(2-4/3) ص15/2:-

$$\alpha = \left[\frac{\rho}{2\pi Rs}\right]$$

ومن المثال السابق تبين أن المقاومة الأرضية المحسوبة لقضيب منفرد طوله $L = 3m$ ونصف قطره $a = 0.0125m$ مغروز في موقع أرضي مقاوميته $\rho = 10\Omega.m$ تساوي $R = 3.11\Omega$

المطلوب حساب المقاومة الارضية المكافئة عند غرس عدد 8 قضبان تأريض مماثلة لقضيب التأريض السابق في نفس الموقع الارضي مرتبة على نسق خط مستقيم وبمسافة بينية $s = 4m$ بين قضيب وأخر.

(من المثال السابق)

$$R = 3.11\Omega$$

$$\rho = 10\Omega.m$$

(من الجدول (2-3/3)ص17/2)

$$\lambda = 3.39$$

$$s = 4m$$

$$\alpha = \left[\frac{\rho}{2\pi Rs}\right] = \left[\frac{10}{2*3.1416*3.11*4}\right] = \left[\frac{10}{78.163}\right] = 0.128$$

اذن المقاومة الارضية المكافئة لمجموعة القضبان Rn

$$Rn = 3.11\left(\frac{1+(3.39*0.128)}{8}\right) = 3.11\left(\frac{1.434}{8}\right) = 3.11*0.179 = 0.557\Omega$$

المثال (3- أ) حسابات المقاومة الأرضية المكافئة لمجموعة من قضبان التأريض المغروزة على نسق محيط مربع

تستعمل المعادلات السابقة المذكورة في المثال **(2- أ)** السابق

المطلوب حساب المقاومة الأرضية المكافئة عند غرز عدد 8 قضبان تأريض مماثلة لقضيب التأريض المذكور في المثال (1- أ) في نفس الموقع الأرضي مرتبة على نسق محيط مربع وبمسافة بينية $s = 4m$ بين قضيب وأخر(عدد القضبان المغروزة في كل ضلع عدد 3).

(من المثال **(1- أ)**)

$$R = 3.11\Omega$$

$$\rho = 10\Omega.m$$

(من جدول (4/3-2) في الفصل الثالث(ص17/2))

$$\lambda = 4.51$$

$$s = 4m$$

(من المثال (2- أ))

$$\alpha = 0.128$$

إذن المقاومة الأرضية المكافئة لمجموعة القضبان Rn

$$Rn = 3.11\left(\frac{1+(4.51*0.128)}{3}\right) = 3.11\left(\frac{1.705}{3}\right) = 3.11*0.568 = 1.767\Omega$$

المثال (4- أ) حسابات المقاومة الأرضية لقطب تأريض على شكل شريط معدني مدفون افقيا في الارض.

يمكن تطبيق المعادلة المذكورة في الحقل الثاني عشر من الجدول(2-2/3)في الفصل الثالث(ص14/2)

$$R=\frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a}+\ln\frac{a^2-\pi ab}{2(a+b)^2}+\ln\frac{4L}{s}-1+\frac{s}{2L}-\frac{s^2}{16L^2}+\frac{s^4}{512L^4}\right)$$

حيث ان :

$2L$ طول الشريط المعدني بالمتر.

a,b أبعاد مقطع الشريط بالمتر($b\prec\frac{a}{8}$) .

$\frac{s}{2}$ عمق الدفن للشريط بالمتر.

ρ مقاومية التربة (اوم.متر)

على سبيل المثال لحساب المقاومة الارضية لقطب تأريض على شكل شريط معدني أبعاده(35 ملم و 3ملم) وطوله 60 مترا" مدفون على عمق 0.6 متر في موقع ارضي مقاومية تربته 110 اوم . متر

$$L=30m$$

$$a=0.035m, b=0.003m$$

$$\rho=110\Omega.m$$

$$s=1.2m$$

$$R=\frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a}+\ln\frac{a^2-\pi ab}{2(a+b)^2}+\ln\frac{4L}{s}-1+\frac{s}{2L}-\frac{s^2}{16L^2}+\frac{s^4}{512L^4}\right)$$

$$R=\frac{110}{4*3.1416*30}\left(\ln\frac{4*30}{0.035}+\ln\frac{0.035^2-3.1416*0.035*0.003}{2(0.035+0.003)^2}+\ln\frac{4*30}{1.2}-1+\frac{1.2}{2*30}-\frac{1.2^2}{16*30^2}+\frac{1.2^4}{512*30^4}\right)$$

$$R=0.292\left(\begin{matrix}8.14-1.177+4.605-1+\\0.02-0.0001+0.000000005\end{matrix}\right)$$

$$R=3.9\Omega$$

الامثلة التالية توضح اسلوب الحماية ضد التماس غير المباشر للدائرة الكهربائية بواسطة الفصل الاوتوماتيكي للطاقة المجهزة في انظمة التأريض (TT) [5].

المثال (5- أ) القياسات التي تم اجراؤها على منظومة التأريض للدائرة الكهربائية لبناية معينة اظهرت ان المقاومة الكلية للدائرة الى الارض 1.1 اوم

المطلوب: اختيار جهاز حماية الدائرة من التيار الزائد اذا علمنا ان فولتية التماس يجب ان لاتتجاوز 50 فولت وذلك لضمان متطلبات السلامة.

ان قيمة التيار المقنن للفاصم شبه المغلق (semi enclosed fuse) المستعمل كجهاز حماية:

$I_a = V_t / R_A$ =50/1.1=45.5 A

من منحنيات خصائص الزمن مع التيار للفواصم شبه المغلقة المبينة في الشكل (ا-1)

- يتم اختيار فاصم مقننه 15 امبير والذي يستغرق فترة زمنية (5) ثوانٍ لفصل الدائرة الكهربائية (وعادة يفضل هذا الاختيار اذا كانت المعدة ثابتة)
- يتم اختيار فاصم مقننه 5 امبير والذي يستغرق فترة زمنية (1.0 ثانية) لفصل الدائرة (ويفضل هذا الاختيار اذا كانت الدائرة تغذي جهازا" كهربائيا" محمولا" يدويا بحيث ان احتمالية حدوث التماس غير المباشر عالية جدا)

المثال (6- أ) اختيار نوعية جهاز حماية ضد التماس غير المباشر للاجزاء المعدنية المكشوفة للمعدة (الحمل الكهربائي)

المعطيات:

جهاز حماية التيار الزائد (قاطع دورة أوتوماتيكي MCB) تياره المقنن 125 أمبير ، خصائص الزمن مع التيار لهذا القاطع تشير الى انه يستغرق هذا القاطع 5 ثوانٍ كي يفصل الدائرة الكهربائية اذا كان تيار العطل 750 أمبير .

فولتية التماس المتواصل المسوح بها: 50 فولت

المطلوب: تحديد صلاحية هذا الجهاز للحماية

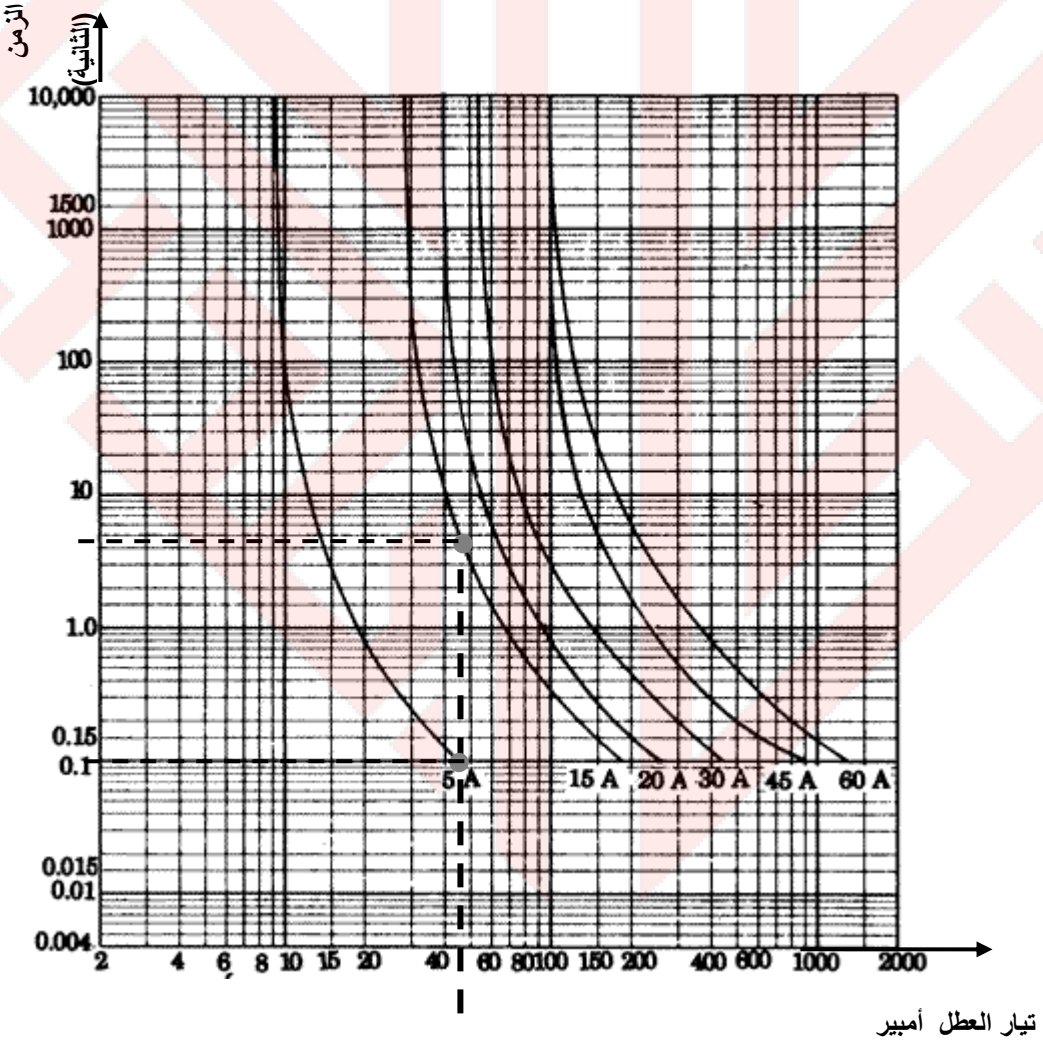
$R_A \leq V_t / I_a$= 50/750= 0.06 Ω

لغرض الحماية من التماس المباشر يجب تصميم منظومة تأريض (وتشمل موصلات الحماية وموصل التأريض والقطب الأرضي) بحيث المقاومة الارضية الكلية لاتتجاوز 0.06اوم وهذه القيمة من الصعوبة الوصول اليها.

في هذه الحالة يتم اللجوء الى جهاز حماية تيار التسريب ELCB والذي يعمل بمقنن 0.03 أمبير وفي هذه الحالة يتم حساب المقاومة الأرضية

$$R_A \leq V_t / I_a = 50/0.03 = 1666.6\ \Omega$$

ويمكن بسهولة تصميم منظومة التأريض بحيث تكون مقاومتها أقل من القيمة أعلاه



الشكل أ- 1 : خصائص الزمن مع التيار للفواصم شبه المغلقة على وفق القياسات البريطانية BS 3036.

الملحق (ب)

المثال(1- ب)

عمارة سكنية في بغداد مكونة من 6 طوابق بارتفاع يبلغ 22م وبمساحة 20م*30م.سطح البناية مستوٍ ويحوي على غرف خدمة(سلالم+مصاعد+تكييف)بمساحة 5م*10م تقع في أجد جوانب السطح وبارتفاع 3م كما مبين في الشكل(1-ب).البناية في منطقة منبسطة ومحاطة بأبنية اقل منها ارتفاعا بما لايتجاوز 4.5م. البناء من الخرسانة المسلحة والطابوق والسطح مبلط بالشتايكر. المطلوب اتخاذ قرار ان كانت البناية بحاجة الى منظومة وقاية من الصواعق

خطوات الحسابات

1-إيجاد مساحة التجميع(مس)

تحسب مساحة التجميع بمد طول وعرض المبنى أفقيا بنسبة 1:1 من ارتفاع المبنى كما مبين في الشكل(ب-1) وتشكل أركان المسقط الممتد أرباع دوائر بنصف قطر يساوي ارتفاع البناية.

وبسبب وجود غرف الخدمة وارتفاعها المضاف إلى ارتفاع البناية تنتج المساحة المبينة في الشكل (ب-1) وتم رسمها و حسابها باستعمال برنامج (Auto CAD).

مس=4409.04م^2

2-حساب كثافة ضربات الصعق(ك)

من الخارطة العالمية لتوزيع أيام العواصف الرعدية ولمنطقة بغداد، فهذه تكون بحدود 12يوم/السنة

الكثافة(ك)=12*0.1=1.2 نسبة ضربة صاعقة/كم^2

3-حساب العوامل المؤثرة

تحسب هذه العوامل من الجداول(3-1/2) ولغاية(3-5/2) (ص 11/3-ص13/3)لنوع هذه البناية وكالتالي:

عامل استخدام المبنى=1.2

عامل نوع البناية =0.4

عامل محتوى البناية =0.3

عامل محيط(عزل) البناية=2

عامل طوبوغرافية المنطقة=0.3

4-حساب عامل الخطورة الكلي(P)

يحسب العامل الكلي للخطورة من حاصل ضرب الفقرات الثلاث المذكورة آنفا"

$P=4409.04*1.2*10^{-6}\times1.2\times0.4\times0.3\times2\times0.3$

$=45.7*10^{-5}$

وهذا اكبر من احتمالية الخطورة المقبولة لهذا النوع من المباني الاعتيادية البالغة 10^{-5} لذا تحتاج هذه البناية الى منظومة وقاية من الصواعق

المثال(2)

بناية من الخرسانة المسلحة والطابوق مقامة في جنوب العراق بمساحة 10م*15م وارتفاعها 7م.سطحها مستوٍ يحوي غرفة بابعاد 6م*4م يرتفع سطحها المستوي 10م عن سطح الارض كما مبين في الشكل(ب-2).السطح مبلط بالشتايكر والبناية معزولة عن باقي الابنية وتحوي مواد خطرة قابلة للاشتعال وتقع في منطقة مستوية.

المطلوب اتخاذ قرار ان كانت البناية بحاجة الى منظومة وقاية من ا لصواعق.

<u>خطوات الحسابات</u>

1-ايجاد مساحة التجميع(مس)

تحسب مساحة التجميع بمد طول وعرض المبنى افقيا بنسبة 1:3 من ارتفاع المبنى لكونها تحتوي على مواد خطرة وتشكل اركان المسقط الممتد ارباع دوائر بنصف قطر يساوي ثلاثة اضعاف ارتفاع البناية. كما مبين في الشكل (ب-2)

وبسبب وجود الغرفة على السطح تنتج المساحة المركبة المبينة في الشكل (ب-2) وتم رسمها و حسابها بلاستعانة ببرنامج (Auto CAD).

مس=3532.68م^2

2-حساب كثافة ضربات الصعق(ك)
من الخارطة العالمية لتوزيع ايام العواصف الرعدية وللمنطقة الجنوبية من العراق، فهذه تكون بحدود 10يوم/السنة

الكثافة(ك)=10*0.1=1 نسبة ضربة صاعقة/كم^2

3-حساب العاملات المؤثرة

تحسب هذه العاملات من الجداول(3-1/2) ولغاية(3-5/2) (ص 11/3-ص13/3) لنوع هذه البناية وكالتالي:

عامل استعمال المبنى=1

عامل نوع البناية =0.4

عامل محتوى البناية =1.3

عامل محيط(عزل) البناية=2

عامل طوبوغرافية المنطقة=0.3

4-حساب عامل الخطورة الكلي(P)

يحسب العامل الكلي للخطورة من حاصل ضرب الفقرات الثلاث المذكورة آنفا"

P=3532.68*1*10^{-6}*1*0.4*1.3*2*0.3

=11.022*10^{-4}

وهذا اكبر من احتمالية الخطورة المقبولة لهذا النوع من المباني الاعتيادية البالغة 10^{-4} لذا تحتاج هذه البناية الى منظومة وقاية من الصواعق.

المثال(3 – ب)

بناية تجارية متعددة الطوابق ،الطابق الأرضي تشغله محال تجارية امامها مساحة مماشٍ وعرض منتجات ويمتد الطابق الأول فوق هذه المماشي بعرض 4م وطول 60م.على الطول هناك خمسة موصلات نازلة تتبع الجدارالخارجي للبناية كما موضح في الشكل (3-11/5)(ص 49/3)وبطول 8.5م. ارتفاع الممشى عن مستوى الأرض الى اسفل الشُرفة التي يكونها امتداد الطابق الأول4.5م.

المطلوب دراسة امكانية توفير حماية من الصعق نتيجة ضربة صاعقة للأشخاص في الممشى بفعالية لاتقل عن 98%

خطوات الحسابات

1-لحساب اقل مسافة (d)للتفريغ الجانبي بين سطح الشُرفة واعلى نقطة في جسم الأشخاص المستخدمين للممشى،تستعمل المعادلة 3-1/5(ص46/3)

$$d = ki \frac{kc}{km} L$$

ki=0.1من الجدول 3-1/5

kc =0.44(لأكثر من 3 موصلات نازلة)

km = 1(وسط التفريغ هو الهواء)

L=8.5م (اقصى طول لمسار الموصل النازل من نقطة التأريض الى نقطة التقارب اي (4.5+4م)

d=0.1×0.44×8.5=0.374م

وباعتبار ان اقصى ارتفاع لنهاية يد مرفوعة من قبل اطول الأشخاص لاتتعدى 2.5م فيكون الأرتفاع الأدنى المطلوب للسقف فوق الممشى

2.5+0.374=2.874م

اذن يكون ارتفاع السقف فوق الممشى البالغ 4.5م آمنا في كل الأحوال.

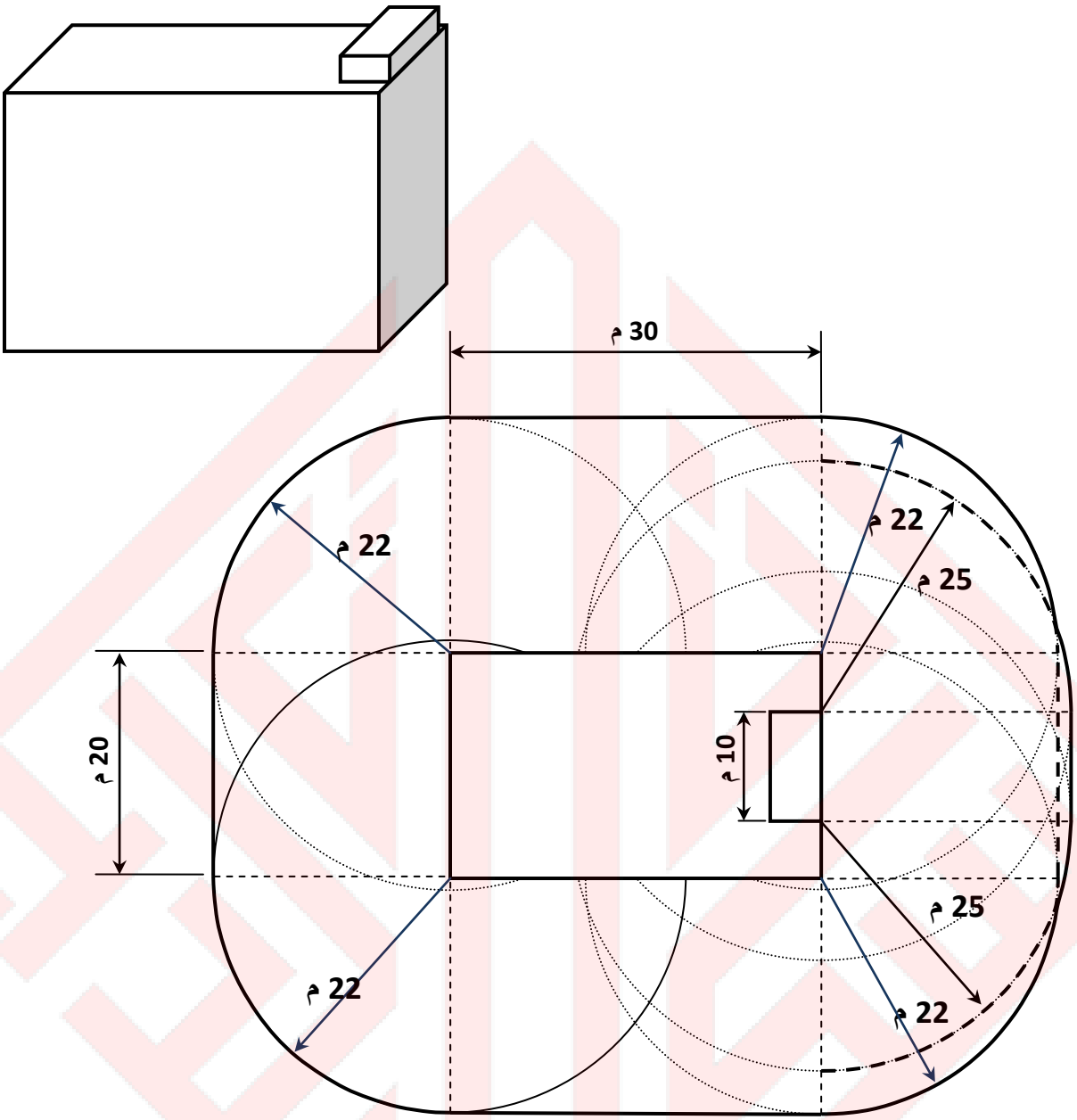
لحساب العرض (الأمتداد) الأقصى للشُرفة(معادلة 3-2/5 ص47/3)

W=15(0.9h-2.5)

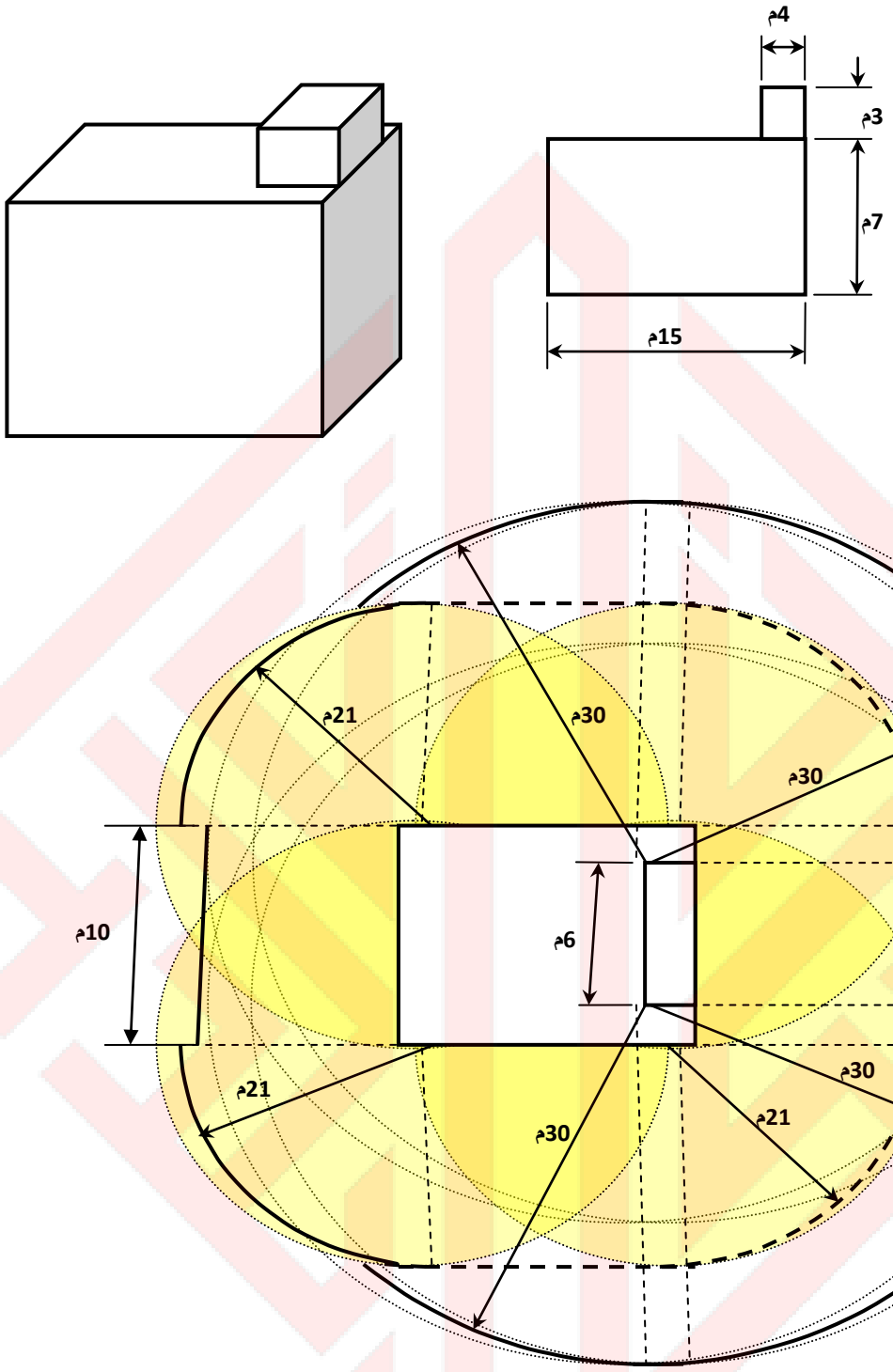
W=15(0.9*4.5-2.5)

W=23.25m

اذن يكون عرض(امتداد) سقف الشُرفة الذي يكونه امتداد الطابق الأول فوق الممشى البالغ 4م آمنا جدا.



الشكل ب-1: مساحة التجميع لبناية اعتيادية.



الشكل ب-2: مساحة التجميع لبناية حاوية لمواد خطرة المثال (2 – ب)

الهيئة العامة للمباني

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com