



BULGARIA

Евро Инженеринг

Еuro Engineering

/ЗАЩИТА ОТ МЪЛНИИ И ПРЕНАПРЕЖЕНИЯ/

1784 София, бул. "Цариградско шосе" 133 /7-ми км/ БИЦ – ИЗОТ, Офиси 306, 307 и 329

Тел/Факс: (02) 971 83 69, Тел: 80 90 441, Е-mail: sunimes@ttm.bg

Web site: www.euroengineeringbg.com

КОНВЕНЦИОНАЛНИ МЪЛНИЕЗАЩИТНИ СИСТЕМИ

(Част I)

Автори : д.т.н. инж. Христомир Николаев Иванов

доц. д-р Стефан Ангелов Гърков – р-л отдел "Администрация и маркетинг"

1. ПОРАЖЕНИЯ ОТ МЪЛНИИ - ОЦЕНКА НА РИСКА

Според Международната електротехническа комисия /International Electrothechnical Commission (IEC), американските стандарти ("IEC 62305-2" /Ed. 1.0 Мълниезащита, Част 2 Оценка на риска, м. октомври 2005 г./ и "NFPA 780" /Стандарт за инсталации на системи за мълниезащита, 1995 г./) и БДС EN 62305 – 2:2006 /за сега е само с препоръчителен статут/, преди да се проектират системите за мълниезащита на дадена сграда или съоръжение, трябва задължително да се извърши оценка на риска за поражение от мълнии. Едни от най-важните *елементи*, на които се направи такава оценка, са:

- кероничното ниво /степен на възможност за проява на светкавично-гърмотевична дейност/ на района, където се намира сградата /съоръжението/;
- специфичното съпротивление на почвата в съответния район;
- типа, предназначението и височината на изследваната за степен на риск сграда /съоръжение/ - самостоятелно разположена, заобиколена от по-високи или по-ниски сгради и т.н.;
- наличие на електронно оборудване в сградата, което може да дефектира при попадение на мълния в района или вследствие на проявили се атмосферни пренапрежения в електрическата мрежа;
- вида на електрозахранването на сградата /съоръжението/ - земно или въздушно;
- степента на пожароустойчивост на сградата;
- наличие в сградата на пожароизвестителна и пожарогасителна инсталации, както и на средства за пожарогасене;
- брой на хората (вътре) в сградата или в непосредствена близост до нея;
- от какъв материал е изграден подът на сградата (бетон, керамика и т. н.).

Нормите, на които следва да отговарят изградените в България мълниезащитни и заземителни инсталации, са посочени в Наредба № 8 за мълниезащита на сгради, външни съоръжения и открити пространства (ДВ. бр.6/18.01.2005). В нея оценката на риска при мълниезащита на сгради с конвенционални мълниеприемници се разглежда по различен начин, спрямо установения в другите страни. В Наредба № 8 е установена степента на мълниезащита, без да се разглежда влиянието на посочените по-горе елементи, както се практикува в международния стандарт.

2. ВЪНШНА МЪЛНИЕЗАЩИТА

За проектиране на външна мълниезащита, е необходимо да се използват методите, установени от Международната електротехническа комисия ИЕС. По-известни от тях са: *метод на въртящата се сфера*; *метод на ъгъла* и *метод на мрежата*. Тези методи могат да се прилагат при проектиране на мълниезащитни инсталации чрез конвенционални мълниеприемници - тип “Франклинов прът” и чрез хоризонтални мълниезащитни мрежи /тип “Фарадеев кафез”/, свързани с почвата и елементите на сградата.

2.1 Метод на въртящата се сфера (Електрогеометричен модел)

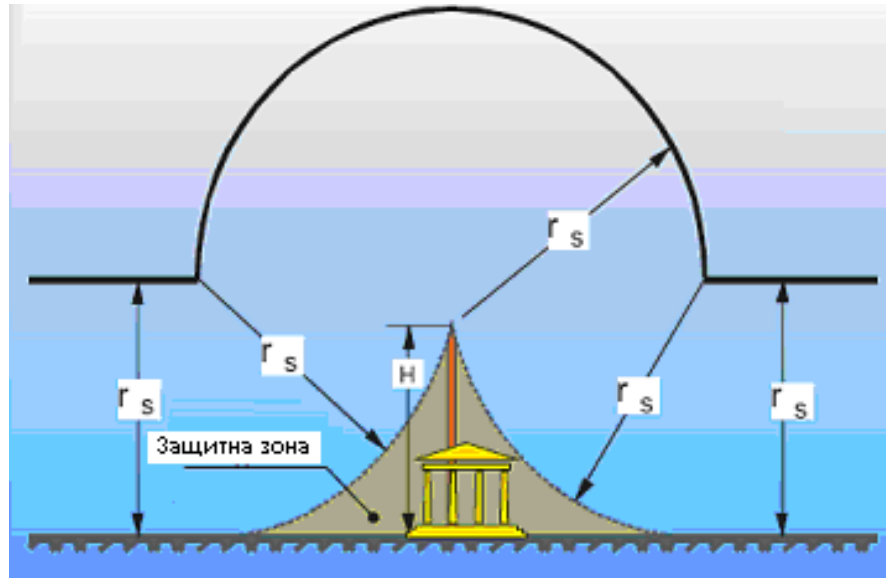
Методът на въртящата се сфера (Фиг. 2) се използва за нагледно изобразяване *дължината на обратния лидер*, и зоната на неговото действие, която има формата на сфера. Нейният радиус (r_s) се определя при процеса на срещата на движещия се нагоре (от мълниеприемника към облака) електрически заряд /”обратен лидер”/и спускащия се надолу (от облака към мълниеприемника) противоположен електрически заряд /”лидер”/. Стойностите на този радиус са в правопрпорционална зависимост от силата на електрическия ток на мълнията.

На основата на теоретически и практически изследвания е разкрита релацията между *мощността на иницирания мълнията небесен електрически заряд*, *минималната величина на тока на мълнията (I)* /Таблица 1/ и *радиуса на зоната за действие на обратния лидер (r_s)* . Тези постановки са включени в Теорията на електрогеометричните модели (Фиг. 1).

Стойностите на *радиуса на действие на обратния лидер /радиуса на въртящата се сфера/* може да бъдат определени с помощта на следната формула (1):

$$r_s = r = 10 * I^{0,65} \quad (1)$$

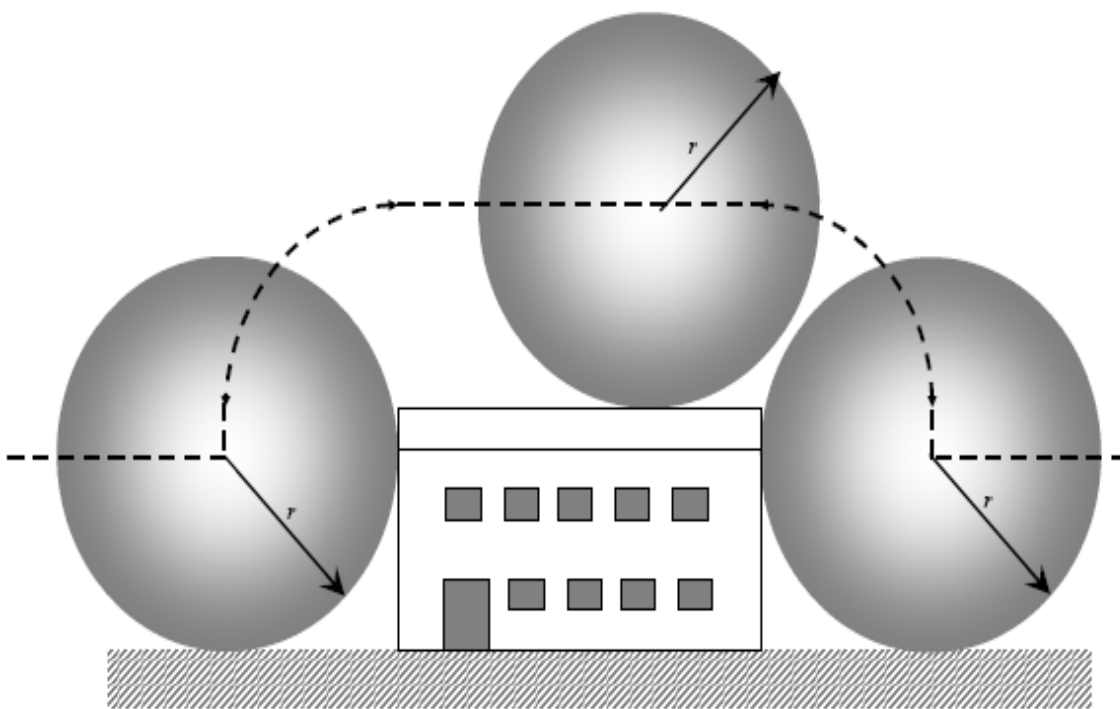
Забележка: Стойностите на r_s се измерват в метри (m)



Фиг.1. Метод на въртящата се сфера (Електрогеометричен модел)

Таблица 1: Минимални стойности на завръщания се електрически заряд /обратен лидер/, според категорията /нивото/ на мълниеизащита на сградата

Ниво на мълниеизащита на сградата	Минимални стойности на завръщания се електрически тока на мълнията (I), кА
I	3
II	5
III	10
IV	16



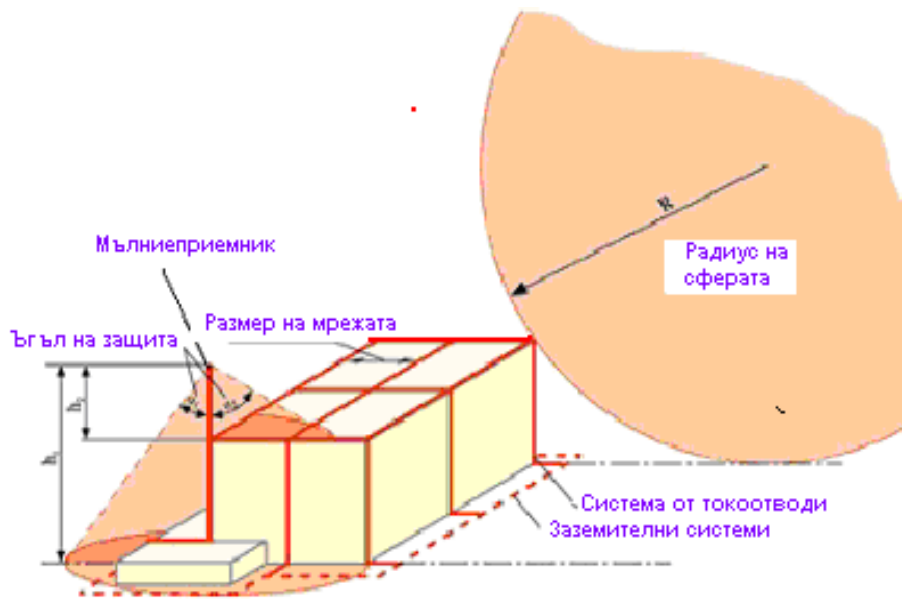
Фиг. 2. Метод на въртящата се сфера

Местата за поставяне на мълниезащитните пръти трябва да се определят по такъв начин, че избраната сфера при превъртанята си никога да не докосва която и да е част от сградата. Това означава, че тази сфера хипотетично винаги трябва да бъде подпирана с пръти. За целта при изчисленията за определяне местата за поставяне на мълниезащитните пръти /необходимата зона за мълниезащита на дадения обект/, се използва компютър и специализиран софтуер (за мълниезащита или програмата за чертане AUTOCAD).

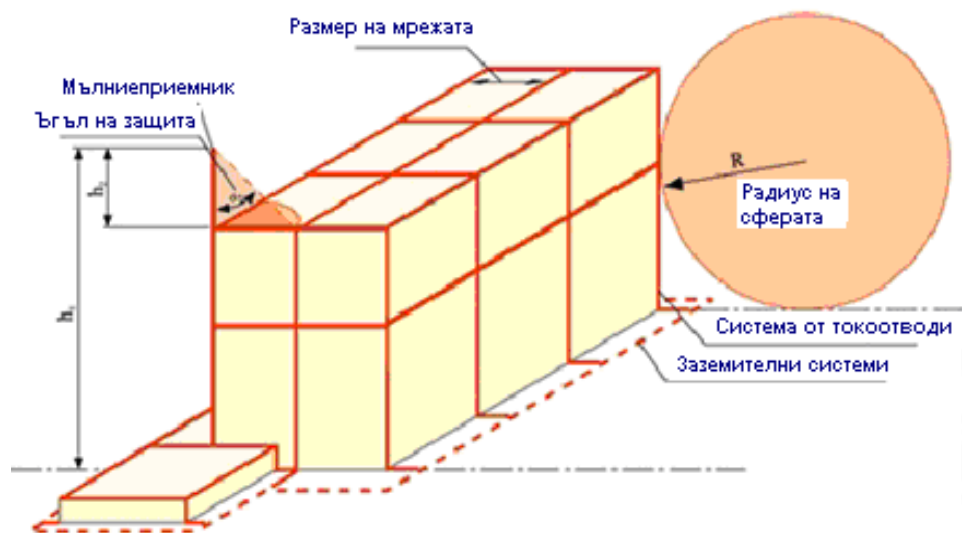
Според стандарта IEC 62305-2 (Ed. 1.0 - Мълниезащита, Част 2, Оценка на риска, м. октомври 2005 г.) и БДС EN 62305 – 2:2006 /за сега е само с препоръчителен статут/, радиусът на въртящата се сфера е в строго определена пряка зависимост от категорията на мълниезащита (МЗ) на дадената сграда. Неговите стойности са посочени в Таблица № 2.

Таблица № 2

Ниво на мълниезащита на сградата	Радиус на въртящата се сфера (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60



Фиг. 3. Схема на мълниезащита
/вариант 1/



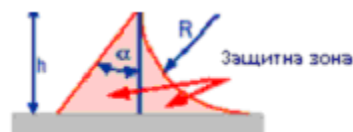
Фиг. 4. Схема на мълниезащита на високи сгради
/вариант 2/

2.2. Метод на ъгъла

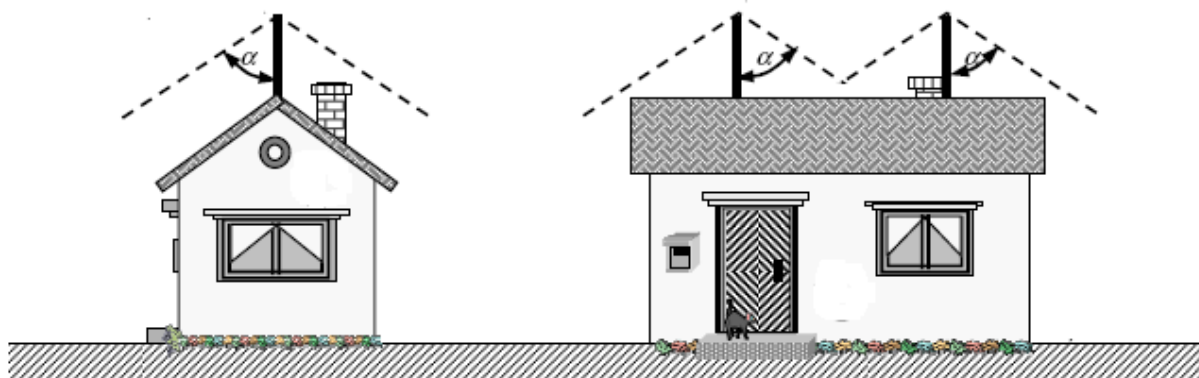
Този метод представлява опростен вид на метода на въртящата се сфера. При него, за определена на мълниезащитната зона (на мълниеприемниците и общата за обекта), се използва принципът на мълниезащитния конус, характеризиращ се с т.н. “ъгъл на защита”. Стойностите на този ъгъл могат да се определят от Фигури 5, 6 и 7. Те са в пряка зависимост от категорията на мълниезащита на сградата и височината на мълниеприемните съоръжения (мачти). У нас този метод намира широко приложение в практиката.



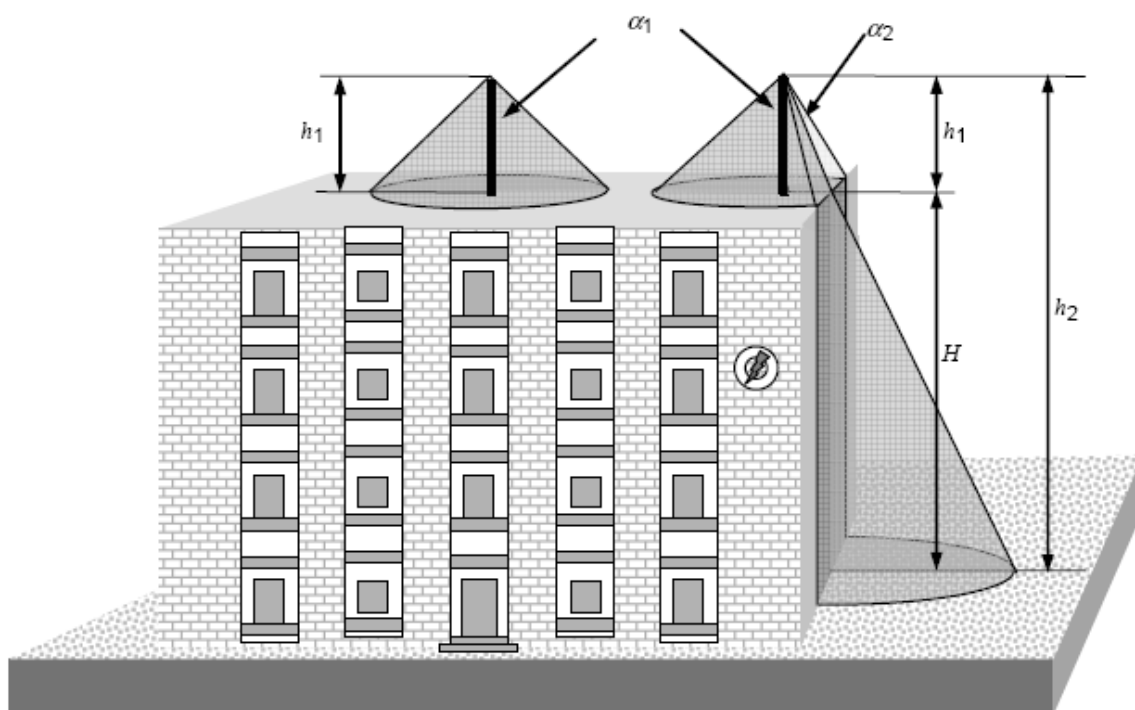
h - Височина на мълниеприемника над защитената площ
R - Радиус на въртящата се сфера
α - ъгъл на защита



Фиг. 5. Метод на ъгъла



Фиг. 6. Метод на ъгъла, използван при мълниезащита на къщи



Фиг. 7. Метод на ъгъла, използван при мълниезащита на високи сгради

2.3 Метод на мрежата

Този метод се използва основно за защита на сгради с плоски покривни конструкции. При него, разположената върху покрива мълниеприемна мрежа, е в състояние надеждно да го защити от пряко попадение на мълния. Това може да се види от Фигури 3 и 4. Размерите на всеки един правоъгълник от тази мрежа зависят от категорията на мълниезащита на съответната сграда. Стойностите на тези размери са посочени в Таблица № 3.

Таблица № 3

Ниво на мълниезащита на сградата	Размер на МЗ мрежа (m)
I	5 x 5

II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Дадената в Таблица № 3 информация е много важна, защото в българския стандарт (Наредба № 8) е посочено, че всеки правоъгълник от покривната мрежа за сгради **II^{pa}** категория, трябва да има площ **36 m²** или размери **6 m x 6 m**. За сгради **III^{ma}** категория, площта на всеки правоъгълник е **150 m²**, а размерите му - \approx **12 m x 12 m**. Тези стойности са по-малки от стойностите, дадени в стандартите IEC 62305-3 и БДС EN 62305 – 3:2006 /за сега е само с препоръчителен статут/ (Таблица № 3). С прилагането им в практиката ненужно се увеличават материалите, необходими за изграждане на мълниезащитната мрежа.

3. ОБЩО И ОТДЕЛНО МОНТИРАНИ МЪЛНИЕЗАЩИТНИ СИСТЕМИ

Когато се проектира външна мълниезащита на сграда, се използват *два* вида системи за мълниезащити: *общо* монтирани и *отделно* монтирани (изолирана мълниезащита). В някои конкретни случаи двата вида системи могат да се комбинират.

3.1. Общо монтирани мълниезащитни системи

Общо монтираните системи за мълниезащита на сгради се изграждат, като се има предвид следното: ако покривът (скатен или плосък) е направен от частично негорим материал, конвенционалната мълниезащитна система може да се инсталира върху повърхността на покрива, посредством крепежни елементи или свободно лежащи опори, дистанциращи мълниеприемния проводник на около **8-10 cm** от покривната конструкция.

ВАЖНО: Дистанцирането на мълниеприемния проводник от повърхността на покрива е **належащо, поради следните причини:**

1. Избягване на механични разрушения на покривната конструкция при пряко попадение на мълния върху инсталацията;
2. Недопускане прогарянето на хидроизолацията, следствие нагряване на мълниеприемния проводник при попадения на мълния;
3. Избягване получаването на електрохимичен взрив. (Тъй-като мълниеносната дейност най-често е съпроводена със силна дъждовна дейност, ако мълниеприемният проводник не е на достатъчно отстояние от покрива, то съществува възможност при обилен валеж, той да се окаже под водата. А прякото попадение на мълния върху водата, довежда до нейното разлагане на водород и кислород и от там - до самовзривяването на тези компоненти).

Внимание! - Крайно неправилно е да се прилага изключително опасната практика (която за съжаление е много често срещана в България) за:

1. Проектиране и изграждане на мълниезащитни инсталации под хидроизолацията на плоските покривни конструкции;
2. Проектиране и изграждане на мълниезащитни инсталации под керемидите на керемидени покривни конструкции, в непосредствен контакт с дървената подкеремидена обшивка.

Изградените по този начин мълниезащитни инсталации са не само нефункциониращи, но и силно пожароопасни!

Ако при построяването на сградите се използват частично негорими материали, тогава компонентите на външната мълниезащитна инсталация (МЗИ) може да бъдат монтирани непосредствено върху самите покривни конструкции по посочения на Фигури 8 и 9 начин.



Фиг. 8. Използване на дистанционни лежачи носачи при монтиране на МЗИ върху блокчета при скатен покрив



Фиг. 9. Използване на свободно пластмасови опори с бетонни монтиране на МЗИ върху плосък покрив

Ако покривът е направен от лесно горими материали (слама, дърво и др.), тогава за предпазване от пожар, разстоянието между горимите части на покрива и елементите на мълниезащитната инсталация (мълниеприемен прът, мълниеотводи и мълниезащитна мрежа), трябва да бъде не по-малко от **0.4** метра.

За да бъдат защитени лесногоримите части на сградата, те не трябва да бъдат в контакт /директна връзка/ с частите на системата за външна мълниезащита на сградата.

Мълниезащитната инсталация не трябва да се инсталира и под повърхността на покрива на защитаваната сграда /дори да е ламаринен/, защото в случай на пряко попадение на мълния върху сградата, той може да бъде пробит или разрушен.

3.2. Отделно монтирани мълниезащитни системи(изолирана мълниезащита)

В наши дни, върху покрива на големи жилищни кооперации и промишлено-административни сгради, се монтират съоръжения с различни изпъкнали форми (антенно-фидерни устройства, мачти, сигнално-индикационни инсталации за летящите обекти, въздухопречиствателни съоръжения /чилъри/, отдушници, климатични системи и т.н.). Те са включени в електрозахранващи и управляващи системи и при попадение на мълния /или индуциране на ток отвън/, създават благоприятни условия за протичане на мощен електрически ток към разположените в сградата консуматори (електрически машини, радио-електронна апаратура, сигнално-охранителна или пожароизвестителна /пожарогасителна/ техника и др.). Ето защо, за да се избегне този проблем, всеки един от посочените по-горе монтирани върху покрива елементи, трябва да бъде защитен от попадение на мълния чрез отделна мълниезащитна система. На Фигури 10, 11, 12 и 13 са

показани варианти на отделно монтирани системи за мълниезащита (изолирана мълниезащита).



Фиг. 10. Отделни мълниеприемни системи – вариант 1



Фиг. 11. Отделни мълниеприемни системи – вариант 2



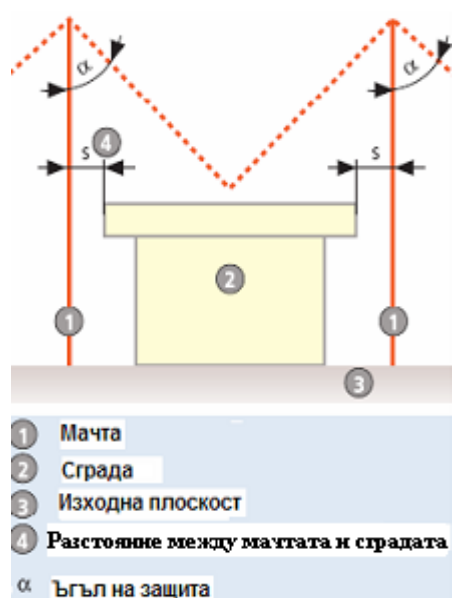
Фиг. 12. Отделни мълниеприемни системи – вариант 3



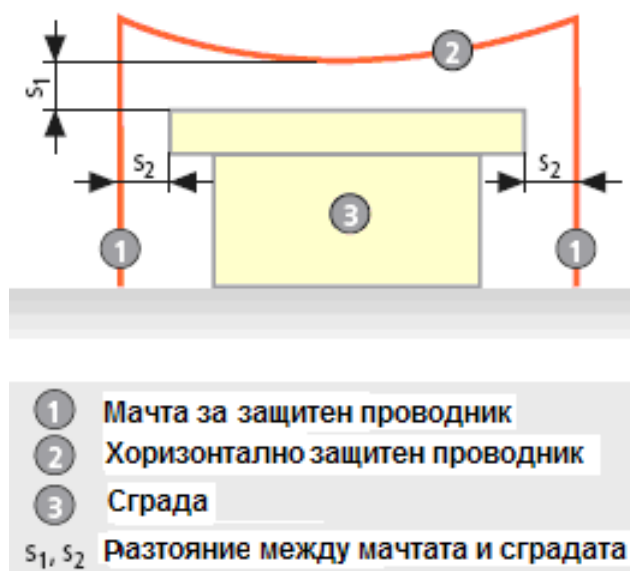
Фиг. 13. Отделни мълниеприемни системи – вариант 4

При използване на отделно монтирани мълниезащитни системи, цялата сграда се защитава от прякото попадение на мълния с помощта на мълниезащитна мачта /мачти/. Тази мачта /мачти/ няма електрическа връзка със защитаваните върхупокривни съоръжения, които обаче са свързани помежду си чрез хоризонтално опънат между тях мълниезащитен проводник.

При монтиране на отделни (изолирани) мълниезащитни системи, между нейните елементи и защитаваните върхупокривни съоръжения, трябва да се осигурява определено разстояние (S) – Фиг. 14 и 15.



Фиг. 14. Вариант на отделно монтирана мълниезащитна система с две мачти, при използване на ъгловия метод на защита



Фиг. 15. Вариант на отделно монтирана мълниезащитна система с две мачти, съединени чрез хоризонтално опънат между тях токоотводен проводник.

Като разновидности на разглеждания метод за проектиране на отделни (изолирани) мълниезащитни системи може да се приемат такива, включващи в себе си различни по произход съставни части (екструдирани изолационни материали, материали от стъклово влакно, пластмаси и др.). С тях се изолират или анкерират мълниеприемните прътове, мълниеотводите и други елементи, включени в различните по вид мълниезащитни инсталации. Тези разновидности от изолационни материали могат да се прилагат при изграждане на мълниезащитната инсталация както на цялата сграда, така и на отделни части от нея. Това най-често се употребява при мълниезащита на монтирани върху покрива вентилационни системи /чилъри/ или топлообменници, електрозахранването на които е вътре в сградата и в комплекта им влизат различни тръби и други метални елементи.

3.3. Електрическа изолация на системи за външна мълниезащита – разстояние на разделяне /защитно разстояние/ (S)

Практиката показва, че съществува риск от неуправляема проява на пробивно напрежение между елементите на системата за външна мълниезащита и разположени по сградата метални детайли, както и между елементите на системата за външна мълниезащита и електрическата инсталация, намираща се вътре в постройката. Този риск е значителен, когато е недостатъчно разстоянието между елементите на системата за външна мълниезащита или системата на токоотводите от една страна и металните

части по защитаваната сграда с разположената в нея електрическата инсталация, от друга страна.

Металните тръбни инсталации (на водопроводни, вентилационни и други системи, както и на захранващата електрическа мрежа) създават индукция в металните контури на сградата. Тази индукция е следствие на зародили се напреженови импулси. В този случай е необходимо много бързо да се промени електромагнитното поле, причинено от мълнията или електрически заредения облак. Тези напреженови импулси трябва да се премахнат, защото причиняват неконтролирано пробивно напрежение, което може да предизвика пожар в сградата.

Пробивното напрежение в електрическата мрежа например, може да причини огромни щети в инсталацията и свързаните с нея консуматори. На Фигура 16 е показан принципът на разстоянието на разделяне /на защитното разстояние/.



Фиг. 16. Разстояние на разделяне /защитно разстояние/ (S)

Изчисляването на *разстоянието на разделяне /защитното разстояние/* може да се извърши по следната формула (2):

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} \cdot L(m) \quad (2),$$

където:

K_i – фактор на индукцията, като функция на избраната система (категория) на мълниезащита;

K_c – функция на геометричното подреждане (коефициент на разделяне на тока) /фиг. 17/;

K_m – коефициент, изразяващ функцията на материала в точката на апроксимация (на близост);

L (m) – измерена геометрична дистанция от едно ниво на екипотенциално свързване в сградата, до следващото ниво на екипотенциално свързване /фиг. 17/;

Коефициентът K_i (фактор на индукцията на съответния тип мълниезащитна система) изразява степента на опасност от проява на стръмнина на токовия импулс. На

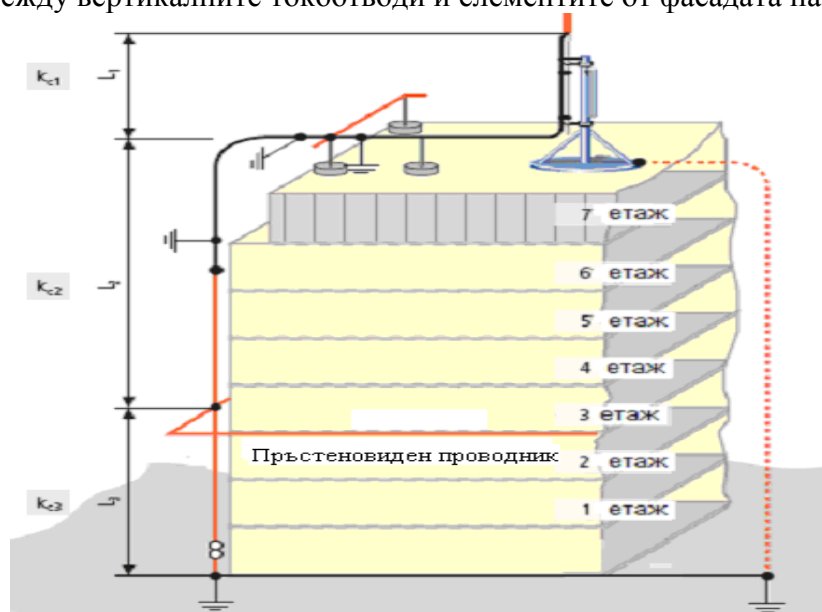
Таблица № 4 са показани стойностите на коефициента **Ki** за различните видове системи за мълниезащита.

Таблица № 4: Стойности на K_i , в зависимост от вида на избраната система за мълниезащита

Ниво на мълниезащита на сградата	Коефициент K_i
I	0.1
II	0.075
III/IV	0.05

Факторът K_c разглежда разделянето на тока в системите от токоотводи. В стандартите IEC 62305-3 и БДС EN 62305 – 3:2006 /за сега е само с препоръчителен статут/ са дадени формулите за изчисляване на неговите стойности при различни варианти.

Практиката показва, че при високи сгради (над **20 m**) е много по-практично и препоръчително да се монтират хоризонтални пръстени /пръстеновиден проводник/, например през всеки **20 m** от височината на сградата. Тези пръстени е необходимо да се свържат с токоотводите на сградата. Чрез тази операция става балансиране на потока на електрическия ток от мълниите /или индуцирания от облаците ток/ и се намалява разстоянието между вертикалните токоотводи и елементите от фасадата на сградата.



Фиг. 17. Разстояние на разделяне /защитно разстояние/ (S)

Материалният фактор /функцията на материала/ K_m показва изоляционните характеристики на елементите на околната среда. Дадените в Таблица 5 стойности на този коефициент са приети, като характеристика на електрическата изолация на въздуха, която е приета за **единица (1)**. За всички други изоляционни масивни материали (например тухлена зидария, дърво, бетон и т.н.), които се употребяват в строителството, стойността на материалния фактор е **0.5** /половината от стойността му за въздуха.

Таблица № 5: Стойности на K_m , в зависимост от характера на околната среда

Вещество	Фактор K_m
Въздух	1

Всяка структура, служеща за съединителна връзка (Фиг. 17) има екипотенциална повърхност на фундаменталното заземяване или на забитите в близост до земната повърхност електроди. Тази екипотенциална повърхност е изходно ниво за определяне на **разстоянието L**. (измерената геометрична дистанция от едно ниво на екипотенциално свързване в сградата, до следващото ниво на екипотенциално свързване)

Ако нивото на екипотенциално свързване се изгражда във високи сгради, тогава за една височина от **20 m**, например, екипотенциалното свързване трябва да се реализира за всички електрически и електронни проводници и останалите метални елементи.

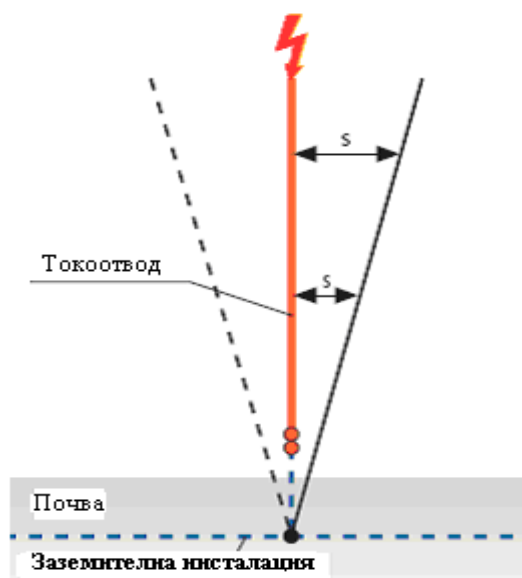
Екипотенциалното свързване може да се прави с арестери - Тип I.

Необходимо е да се отчита обстоятелството, че дори за високи сгради, екипотенциалната повърхност на фундаменталното заземяване или на заземителите (електродите), трябва да се използват като изходна точка и база за разстоянието **L**.

За по високи структури е по-трудно да се спази изискването за разстоянието на разделяне /защитното разстояние/ **S**.

Потенциалната разлика между елементите на сградата или нейната конструкция (от една страна) и токоотводите (от друга страна) близо до повърхността на почвата, е равна на нула.

С нарастването на височината, потенциалната разлика между всеки по-висок екипотенциален хоризонтален контур или метален елемент от конструкцията на сградата и токоотвода, също се увеличава. Това може да се представи, като един обърнат конус /т.е. конус, подпрян на неговия връх/ (Фигура 18).



Фиг. 18. Потенциална разлика с нарастваща височина

От фигурата се вижда, че разстоянието на разделяне, което трябва да бъде спазено при изграждането на мълниезащитната и заземителна инсталация на дадената сграда, е най-голямо на нейния връх или върху повърхността на плоския покрив и намалява със спускането на мълниеотвода към земята. От посоченото може да се направи изводът, че преди изграждане на мълниезащитната и заземителна инсталация за всяка сграда, е

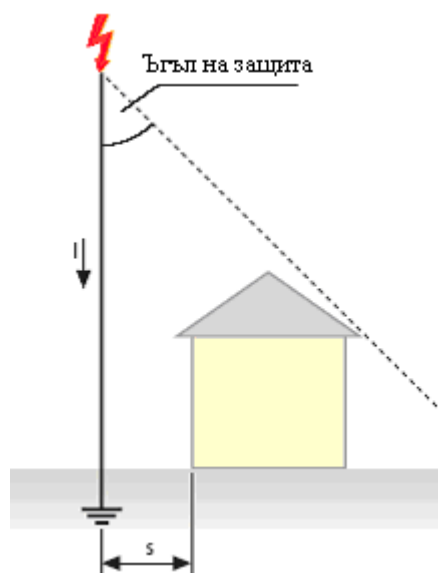
необходимо предварително да се направят няколко изчисления на разстоянието (S) за височината на всеки екипотенциален хоризонтален контур (L).

Изчисляването на *коэффициента /фактора/ на разделяне на тока K_c* често е трудно, поради разнообразието на конкретните конструкции на сградите.

Ако един мълнеприемен прът се монтира близо до фасадната конструкция, тогава през него и свързания с него токоотвод, преминава целият ток на мълниятата. Тогава факторът K_c е равен на *единица (1)*. В този случай токът на мълниятата не може да се разделя, защото няма други мълнеприемници и токоотводи, през които да преминат части от него.

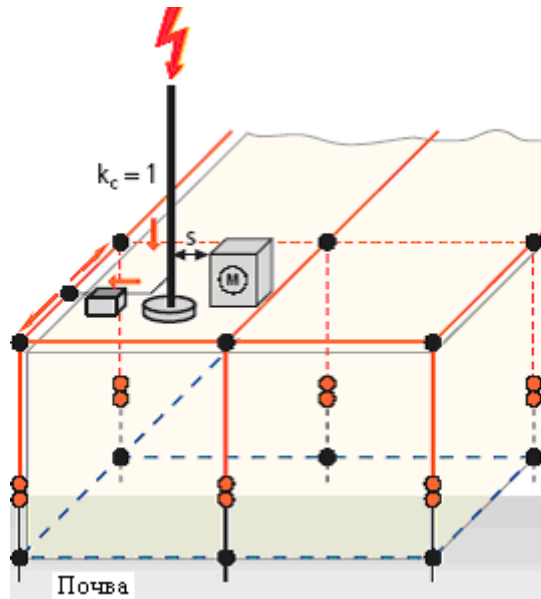
Практиката показва, че поради получените при изчисленията много големи стойности на необходимите разстояния на разделяне (S), е много трудно те да се спазят при монтирането на токоотводите към фасадата на сградата.

От Фигура 19 е видно, че необходимите стойности на разстоянието (S) могат да се спазят, ако мълнieszащитната мачта се монтира отдалечено от металната конструкция на сградата. Това отдалечение може да се изчисли по Формула (2).



Фиг. 19. Мачта на мълнеприемник, при $K_c=1$

Посоченият по-горе ефект може да се прояви и при монтиране на един мълнеприемник върху плосък покрив, върху който има допълнителни метални съоръжения (чилъри, антенно-фидерни устройства, светлинни указатели и т.н.). За да не се допусне разлика в потенциалите на напрежение между мълнеприемния прът, токоотвода и металните съоръжения е необходимо всяко от тях да се защити с отделни мълнеприемници, свързани с токоотводи. (Фиг. 20).



Фиг. 20. Плосък покрив с мълниеприемник прът и отдушник

Библиография:

- Наредба № 8 за мълниезащита на сгради, външни съоръжения и открити пространства (ДВ. бр.6/18.01.2005);
- Стандарт ИЕС 62305-2 Ed. 1.0: Мълниезащита, Част 2, Оценка на риска, м. окт. 2005 г.;
- БДС EN 62305-2:2006: Мълниезащита, Част 2, Оценка на риска;
- Стандарт ИЕС 62305-3 Ed. 1.0: Мълниезащита, Част 3, Физически повреди на сгради и риск за човешкия живот;
- БДС EN 62305-3:2006: Мълниезащита, Част 3, Физически повреди на сгради и риск за човешкия живот;
- NFPA 780, Стандарт за инсталации на системи за мълниезащита, 1995 г.