

вают зазор, даже в полностью открытом положении, что предотвращает отклонение силовых магнитных линий.

#### 5. Высоковольтный фильтр и делитель напряжения

Предназначен для системы измерения частичных разрядов. В фильтре используются высоковольтные конденсаторы и катушки индуктивности. Фильтр представляет собой многоступенчатую конструкцию. Выходная ступень также функционирует как делитель напряжения и силовой разделительный фильтр. В этой ступени установлен четырехполюсник для обеспечения сигналов киловольтметра, детектора дугового разряда, фазовых синхронизатора и детектора ЧР, что обеспечивает ослабление помех более 40 дБ в диапазоне частот 15-500 кГц.

**Выводы.** Разработанные на основе предложенных схем установки позволяют осуществить испытания новейших образцов разработанных отечественных кабелей в соответствии с международными требованиями при экономически приемлемых показателях.

**Список литературы:** 1. Карпушенко В.П., Золотарев В.М., Золотарев В.В. Отечественные разработки кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжений // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ». – № 20. – 2007. – С. 87

*Поступила в редколлегию 21.05.2008*

УДК 621.316.9

**С.В.КИПРИЧ; А.А.ПЕТКОВ**, канд. техн. наук;

**Д.Г.КОЛИУШКО**, канд. техн. наук; НТУ «ХПИ»;

**В.М. КУПРИЕНКО**, канд. техн. наук; Научно-исследовательский центр  
26 ЦНИИ МО РФ

### **МЕТОДИКА АНАЛИЗА МОЛНИЕЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ**

У роботі запропонована методика розрахунку блискавководів, зони захисту яких утворюють складну поверхню. Показана ефективність розробленої методики на прикладі зони захисту подвійного стрижневого блискавководу.

In work the design procedure of lightning-rods which zones of protection form a difficult surface is offered. Efficiency of the developed method on an example of a protection zone of the double lightning-rods is shown.

**Постановка проблемы.** Среди проблем жизнеобеспечения различных технических объектов, зданий и сооружений одной из самых важных и актуальных сегодня является обеспечение молниезащищенности. Это объясняется рядом причин, основными из которых являются:

- 1 необходимость обеспечения безопасности обслуживающего персонала;
- 2 наличие на объектах значительного количества дорогостоящей микропроцессорной техники, которая может выйти из строя от удара молнии, что, в свою очередь, может привести к крупному материальному ущербу из-за нарушения сложного технологического процесса, простоя оборудования и т. п.

Решение задачи защиты от прямого поражения молнией требует постоянного совершенствования методов проектирования молниеотводов, в том числе и методик их расчета.

**Анализ публикаций.** Зоны защиты молниеотводов, обеспечивающих защиту зданий и сооружений от прямого поражения молнией, определяются согласно действующих нормативных документов [1, 2] по методикам, в основу которых положен графический способ. Однако при большом количестве и различном сочетании молниеотводов, защищающих объект, в соответствии с требованиями приведенных выше нормативных документов, возникают следующие проблемы при анализе молниезащищенности:

- отсутствуют методики построения некоторых сочетаний молниеотводов;
- сложность геометрических построений общей зоны защиты и большая вероятность возникновения ошибок, обусловленных человеческим фактором;
- отсутствует возможность визуального представления результатов анализа молниезащищенности объектов в трехмерном виде.

Некоторые недостатки можно устранить с помощью применения вычислительной техники: ускорить и упростить процесс расчета молниезащищенности объектов, снизить количество ошибок, а также получить наглядные результаты в двухмерном и трехмерном виде. Однако существующие в нормативных документах методики ориентированы на графические построения, что затрудняет непосредственное использование ЭВМ. Для алгоритмизации расчетов необходимо разработать математическое описание зон защиты, например, как изложено в публикациях [3, 4], в которых приведены аналитические соотношения для расчета зон защиты стержневого и тросового молниеотводов. Однако, чем сложнее тип молниеотвода (двойной или многократный стержневой, двойной тросовый и т. д.), тем сложнее рельеф поверхности, а, следовательно, и аналитические выражения для расчета его зоны защиты. Поэтому, принимая во внимание уже имеющийся опыт [3, 4], целесообразным является разработка более простого способа построения зон

защиты для молниеотводов, перечисленных выше, и определения защищенности объектов.

Учитывая, что любой объект может быть представлен набором объектов-стержней [3], с практической точки зрения задача расчета молниезащищенности объекта-стержня с заданными координатами ( $X_T$ ,  $Y_T$ ) и высотой  $Z_T$  может иметь два варианта решения:

- 1 путем сравнения заданной координаты объекта  $Y_T$  и координаты  $y$  границы зоны защиты на заданной высоте анализа ( $Z_T$ );
- 2 путем определения высоты зоны защиты в точке с координатами ( $X_T$ ,  $Y_T$ ) и сравнения ее с заданной высотой объекта  $Z_T$ .

**Целью** настоящей работы является разработка методики анализа молниезащищенности объектов при сложном рельефе поверхности зоны защиты.

**Материалы и результаты исследований.** Анализ общих видов зон защиты молниеотводов различных типов, приведенных в нормативных документах [1, 2], показывает, что все поверхности зон защиты могут быть образованы путем перемещения параллельно плоскости  $XOY$  в положительном направлении оси  $OZ$  одной или нескольких замкнутых линий, состоящих из отрезков прямой линии и/или дуг окружности. Причем при перемещении каждому значению высоты анализа соответствуют свои значения координат концевых точек фигур, составляющих замкнутую линию, и радиуса дуг окружности, например для двойного стержневого молниеотвода (см. рис. 1).

Соотношения для определения величин  $h_0$  и  $R_0$  двойного стержневого молниеотвода в зависимости от его высоты и надежности приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Надежность защиты, Рз | Высота молниеотвода $h$ , м | Высота конуса $h_0$ , м               | Радиус конуса на уровне грунта $R_0$ , м |     |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--|-----|
| 0,9                   | от 0 до 100                 | $0,85h$                               | $1,2h$                                   | [2] |
|                       | от 100 до 150               | $0,85h$                               | $[1,2 - 1 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$      |     |
| 0,95                  | от 0 до 150                 | $0,92h$                               | $1,5h$                                   | [1] |
| 0,99                  | от 0 до 30                  | $0,8h$                                | $0,8h$                                   | [2] |
|                       | от 30 до 100                | $0,8h$                                | $[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$    |     |
|                       | от 100 до 150               | $[0,8 - 1 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$   | $0,7h$                                   |     |
| 0,995                 | от 0 до 150                 | $0,85h$                               | $(1,1 - 0,002h)h$                        | [1] |
| 0,999                 | от 0 до 30                  | $0,7h$                                | $0,6h$                                   | [2] |
|                       | от 30 до 100                | $[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$ | $[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$    |     |
|                       | от 100 до 150               | $[0,65 - 1 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$  | $[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$      |     |

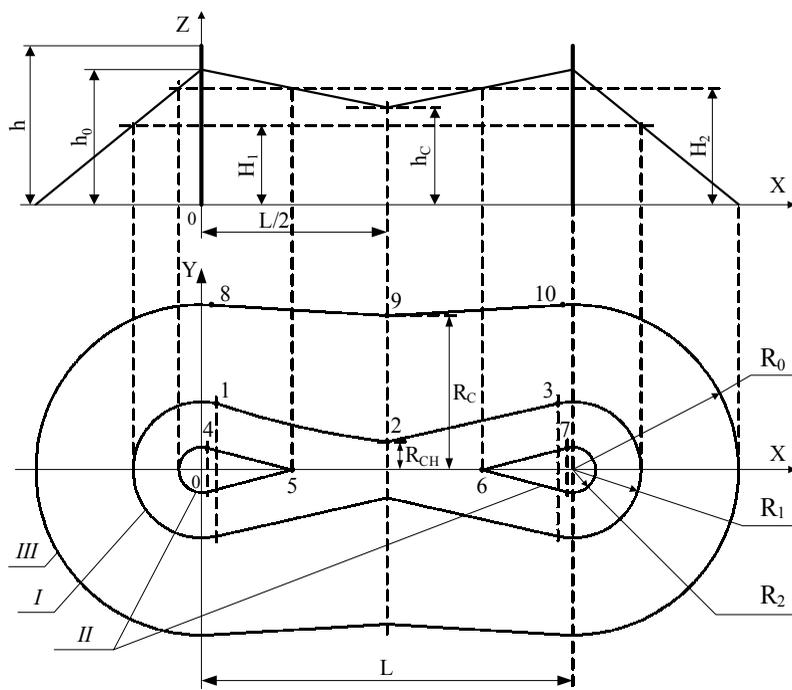


Рисунок 1 – Зона защиты двойного стержневого молниеотвода и ее границы на трех характерных уровнях анализа ( $H_1$ ,  $H_2$  и на уровне грунта) для случая при  $2h < L \leq 4h$  для надежности защиты 0,995:

$h$  – высота молниеотвода;  $L$  – расстояние между стержнями молниеотвода;  $h_0$  – максимальная высота зоны защиты;  $R_0$  – радиус конуса на уровне грунта;  $R_c$  – полуширина внутренней области на уровне грунта (зависит от надежности защиты, высоты молниеотвода и расстояния между его стержнями);  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы конуса на высотах анализа  $H_1$  и  $H_2$  соответственно;  $R_{ch}$ ,  $h_c$  – параметры зоны защиты молниеотвода, зависящие от надежности защиты, высоты молниеотвода, расстояния между его стержнями и высоты анализа;  $I$ ,  $II$  и  $III$  – границы зоны защиты на высотах анализа  $H_1$ ,  $H_2$  и на уровне грунта соответственно; 1 – 10 – концевые точки фигур при различных уровнях анализа

При заданном типе молниеотвода значение координат концевых точек определяется как высотой анализа  $HA$ , так и местом расположения фигуры относительно оси  $OX$ , принятой за горизонтальную ось (в нижней при  $Y < 0$  или верхней при  $Y > 0$  полуплоскости плоскости  $XOY$ ), а радиус дуги окружности только высотой анализа.

Рассмотрим часть фигуры, составляющей границу зоны защиты, расположенную в верхней полуплоскости.

Пусть на высоте анализа  $HA = Z$  граница зоны защиты молниеотвода

при изменении координаты  $x$  от  $X_1$  до  $X_2$  имеет в сечении параллельном плоскости  $XOY$  вид отрезка прямой линии (см. рис. 2, а). Пусть также часть плоскости, лежащая между осью  $OX$  и отрезком прямой принадлежит зоне защиты, а другая часть, лежащая над отрезком прямой, находится вне зоны защиты. Отрезок имеет следующие координаты концов  $1(X_1; Y_1; Z)$  и  $2(X_2; Y_2; Z)$ . Причем координаты  $X_1, Y_1$  и  $X_2, Y_2$  определяются высотой  $Z$ .

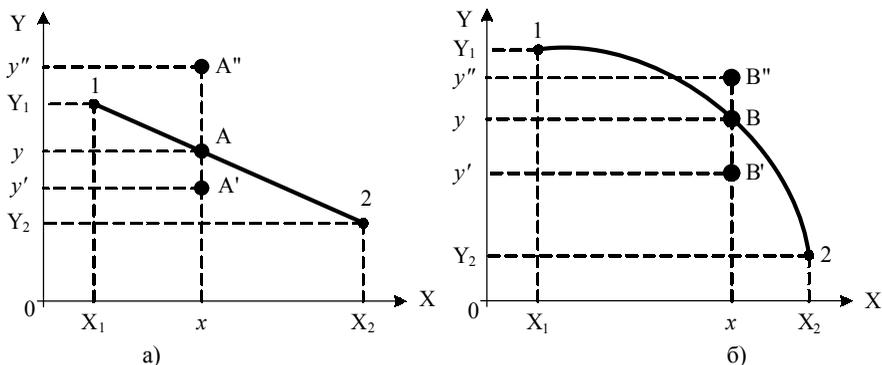


Рисунок 2 – Нахождение координат точки, лежащей на границе зоны защиты

Рассмотрим точки  $A, A'$  и  $A''$ , лежащие на одной прямой, параллельной оси  $OY$ , и в той же плоскости, что и отрезок  $(1, 2)$ , причем точка  $A(x; y; Z)$  лежит на границе зоны защиты. Тогда, задаваясь координатой  $x \in (X_1, X_2)$ , можем определить координату  $y$  границы зоны защиты по формуле (1), вытекающей из геометрических построений, показанных на рис. 2а:

$$y = Y_1 + (x - X_1) \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}. \quad (1)$$

Аналогично для варианта, когда фигура, составляющая границу зоны защиты, имеет вид дуги окружности, рассмотрим точки  $B, B'$  и  $B''$ , лежащие в той же плоскости, что и дуга  $(1, 2)$  (см. рис. 2, б). И для заданной координаты  $x$  точки  $B(x; y; Z)$ , лежащей на границе зоны защиты, можно найти координату  $y$  по формуле:

$$y = Y_0 + \sqrt{R_H^2 - (x - X_0)^2}, \quad (2)$$

где  $X_0, Y_0$  – координаты центра дуги окружности;

$R_H$  – радиус дуги окружности на уровне анализа  $HA$ , определяется по формуле:

$$R_H = \frac{R_0}{h_0} (h_0 - HA). \quad (3)$$

Очевидно, что для точек  $A'$  и  $B'$  (см. рис. 2), лежащих внутри зоны защиты  $y' < y$ , а для точек  $A''$  и  $B''$ , лежащих вне зоны защиты  $y'' > y$ .

При расположении фигуры, составляющей границу зоны защиты в нижней полуплоскости, соотношения, аналогичные (1) и (2) имеют вид:

$$y = - \left[ Y_1 + (x - X_1) \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} \right]; \quad (4)$$

$$y = Y_0 - \sqrt{R_H^2 - (x - X_0)^2}. \quad (5)$$

Предположим, что зона защиты расположена симметрично оси  $OX$  таким образом, что в любом ее сечении плоскостью, параллельной плоскости  $XOY$  зона защиты охватывает часть оси, например, как показано на рис. 1.

Тогда решение задачи определения защищенности точки  $T(X_T, Y_T, Z_T)$  производится в следующем порядке:

- 1 для заданной надежности защиты, характеристик молниеотвода и высоты анализа  $HA = Z_T$  определяются геометрические параметры зоны защиты;
- 2 определяются координаты концевых точек фигур и радиусы дуг окружностей, образующих границу зоны защиты;
- 3 ось  $OX$  разбивается на  $n + 2$  интервала, границы которых соответствуют  $X$ -координатам каждой фигуры, входящей в состав границы зоны защиты:  $(-\infty, X_1)$ ,  $[X_1, X_2]$ ,  $(X_2, X_3]$ , ...  $(X_{n-1}, X_n]$ ,  $(X_n, \infty)$ , где  $n$  – количество фигур;
- 4 определяется интервал, содержащий координату точки  $X_T$ . Если  $X_T \in (-\infty, X_1)$  или  $X_T \in (X_n, \infty)$ , то заданная точка  $T$  находится вне зоны защиты и расчет считается оконченным;
- 5 определяется координата  $y$  границы зоны защиты в данном сечении при  $x = X_T$  и сравнивается ее значение с  $Y_T$ :
  - если  $Y_T > 0$  и  $y \geq Y_T$  или если  $Y_T < 0$  и  $y \leq Y_T$ , то заданная точка  $T$  лежит внутри зоны защиты, т. е. защищена;
  - если  $Y_T > 0$  и  $y < Y_T$  или если  $Y_T < 0$  и  $y > Y_T$ , то заданная точка  $T$  лежит вне зоны защиты, то есть не защищена.

Предложенная методика справедлива также для определения молниезащищенности бесконечно тонкого объекта-стержня высотой  $Z_T$ . Если необходимо определить защищенность реального объекта, то его необходимо представить стержневой структурой, определяющей габариты [3] и каждый объект-стержень проверить на защищенность. Если хотя бы один из них окажется незащищенным, то объект незащищен в целом.

Определение высоты зоны защиты над точкой, расположенной в плоскости  $XOY$ , с заданными координатами  $T(X_T, Y_T)$  с использованием (1) – (5) при условии, что точка принадлежит зоне защиты, построенной на уровне грунта, производится в следующем порядке:

- 1 вычисляется координата  $y$  границы зоны защиты для высоты уровня анализа  $HA$  и заданной координаты  $X_T$ ;

- 2 сравнивается полученное значение  $y$  с заданным значением  $Y_T$ :
- если  $Y_T = y$ , то текущее значение высоты анализа НА и есть искомая высота зоны защиты в заданной точке;
  - если  $Y_T < y$  – необходимо увеличивать высоту анализа НА с шагом  $\Delta h$  до выполнения условия  $Y_T > y$ , пересчитывая на каждом шаге координату  $y$  границы зоны защиты, после чего искомое значение высоты зоны защиты ( $h_{33}$ ) в точке с заданными координатами ( $X_T$ ;  $Y_T$ ) определяется как:

$$h_{33} = NA_T - \Delta h, \quad (6)$$

где  $NA_T$  – значение высоты анализа при  $Y_T > y$ ;

- если  $Y_T > y$  – необходимо уменьшать высоту анализа с шагом  $\Delta h$  до выполнения условия  $Y_T \leq y$ , при этом текущее значение высоты анализа НА и есть искомое значение высоты зоны защиты в точке с заданными координатами.

Для проверки предложенной методики рассмотрим расчет зоны защиты двойного стержневого молниеотвода, обладающей сложным рельефом поверхности.

Форма зоны защиты ( $a$ , следовательно, и координаты концевых точек фигур и радиусы дуг окружностей, образующих границу зоны защиты) изменятся в зависимости от надежности защиты и соотношения высоты и расстояния между стержнями молниеотвода (см. табл. 2 и табл. 3) [1, 2].

В зависимости от надежности защиты, параметров молниеотвода, соотношения значений высоты анализа НА и высоты  $h_C$ , изменяются значения координат концевых точек фигур, составляющих замкнутую линию. Выражения, определяющие их, для границы зоны защиты двойного стержневого молниеотвода, расположенной в положительной полуплоскости  $XOY$ , приведены в табл. 4, а радиусы дуг окружностей определяются по (3).

$$R_{CH} = R_C \frac{h_C - NA}{h_C}, \quad (7)$$

где  $R_C$  и  $h_C$  – параметры зоны защиты, определяемые по табл. 5;

$$A = \frac{R_H L \sqrt{L^2 + 4R_{CH}^2 - 4R_H^2} + 4R_H^2 R_{CH}}{L^2 + 4R_{CH}^2}; \quad (8)$$

$$B = \frac{L(h_0 - NA)}{2(h_0 - h_C)}; \quad (9)$$

$$C = \frac{R_0 \cdot L \sqrt{L^2 + 4R_C^2 - 4R_0^2} + 4R_0^2 R_C}{L^2 + 4R_C^2}. \quad (10)$$

Таблица 2

| Надежность защиты, Pз | Условие                | Форма зоны защиты на различных уровнях анализа | Прим. |
|-----------------------|------------------------|--|-------|
| 0,9                   | $L \leq L_C$           |  | [2]   |
| 0,95                  | $L \leq h$             |  | [1]   |
| 0,99                  | $L \leq L_C$           |  | [2]   |
| 0,995                 | $L \leq h$             |  | [1]   |
| 0,999                 | $L \leq L_C$           |  | [2]   |
| 0,9                   | $L_C < L \leq L_{max}$ |  | [2]   |
| 0,95                  | $h < L \leq 6h$        |  | [1]   |
| 0,99                  | $L_C < L \leq L_{max}$ |  | [2]   |
| 0,995                 | $h < L \leq 2h$        |  | [1]   |
| 0,999                 | $L_C < L \leq L_{max}$ |  | [2]   |
| 0,995                 | $2h < L \leq 4h$       |  | [1]   |

*Примечание:*  $L_C$  и  $L_{max}$  – предельные расстояния двойного стержневого молниеотвода [2], вычисляются по эмпирическим формулам табл. 3.

Соотношения, приведенные в табл. 4, 5 и (7) – (10), для определения координат конечных точек фигур, образующих границу зоны защиты двойного стержневого молниеотвода справедливы для случаев:

- при  $L \leq 4h$  для надежности защиты 0,995 [1];
- при  $L \leq 6h$  для надежности защиты 0,95 [1];
- при  $L \leq L_{max}$  для надежностей защиты 0,9, 0,99 и 0,999 [2].

Таблица 3

| Надежность защиты $P_3$ | Высота молниеотвода $h$ , м | $L_C$ , м                  | $L_{max}$ , м                          |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| 0,9                     | от 0 до 30                  | 2,5h                       | 5,75h                                  |
|                         | от 30 до 100                | 2,5h                       | $[5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ |
|                         | от 100 до 150               | 2,5h                       | 5,5h                                   |
| 0,99                    | от 0 до 30                  | 2,25h                      | 4,75h                                  |
|                         | от 30 до 100                | $[2,25 - 0,0107(h - 30)]h$ | $[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ |
|                         | от 100 до 150               | 1,5h                       | 4,5h                                   |
| 0,999                   | от 0 до 30                  | 2,25h                      | 4,25h                                  |
|                         | от 30 до 100                | $[2,25 - 0,0107(h - 30)]h$ | $[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$ |
|                         | от 100 до 150               | 1,5h                       | 4,0h                                   |

Таблица 4

| № точки | Координата X             | Координата Y  |
|---------|--------------------------|---|
| 1       | $\sqrt{R_H^2 - A^2}$     | A   |
| 2       | L/2                      | $R_{CH}$  |
| 3       | $L - \sqrt{R_H^2 - A^2}$ | A   |
| 4       | $\frac{R_H^2}{B}$        | $\sqrt{B^2 - R_H^2} \cdot \left(\frac{R_H}{B}\right)$ |
| 5       | B                        | 0   |
| 6       | L - B                    | 0   |
| 7       | $L - \frac{R_H^2}{B}$    | $\sqrt{B^2 - R_H^2} \cdot \left(\frac{R_H}{B}\right)$ |
| 8       | $\sqrt{R_0^2 - C^2}$     | C   |
| 9       | L/2                      | $R_C$   |
| 10      | $L - \sqrt{R_0^2 - C^2}$ | C   |

Примечание: Номера точек соответствуют обозначению на рис. 1.

Таблица 5

| Надежность защиты, Pз | Условие                 | $h_c$                                     | $R_c$  |
|-----------------------|-------------------------|---|--|
| 0,9                   | $L \leq L_c$            | $h_0$                                     | $R_0$  |
| 0,9                   | $L_c < L \leq L_{\max}$ | $\frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0$ | $R_0$  |
| 0,95                  | $L \leq h$              | $h_0$                                     | $R_0$  |
| 0,95                  | $h < L \leq 6h$         | $h_0 - 0,14(L - h)$                       | $R_0$  |
| 0,99                  | $L \leq L_c$            | $h_0$                                     | $R_0$  |
| 0,99                  | $L_c < L \leq L_{\max}$ | $\frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0$ | $R_0$  |
| 0,995                 | $L \leq h$              | $h_0$                                     | $R_0$  |
| 0,995                 | $h < L \leq 2h$         | $h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$  | $R_0$  |
| 0,995                 | $2h < L \leq 4h$        | $h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$  | $R_0 \left[ 1 - \frac{0,2(L - 2h)}{h} \right]$ |
| 0,999                 | $L \leq L_c$            | $h_0$                                     | $R_0$  |
| 0,999                 | $L_c < L \leq L_{\max}$ | $\frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0$ | $R_0$  |

При этом в соотношениях изменяются лишь габаритные размеры ( $h$ ,  $L$ ,  $h_0$ ,  $R_0$ ,  $h_c$ ,  $R_c$ ,  $R_{CH}$ ,  $R_H$ ) зоны защиты.

При расстоянии между молниеотводами:

- $L > 4h$  для надежности защиты 0,995 [1];
- $L > 6h$  для надежности защиты 0,95 [1];
- $L > L_{\max}$  для надежностей защиты 0,9, 0,99 и 0,999 [2],

их следует рассматривать как одиночные молниеотводы.

Для реализации предложенной методики расчета молниезащищенности заданной точки двойным стержневым молниеотводом с известными параметрами была разработана программа в приложении Microsoft Excel с использованием Visual Basic for Applications.

Блок-схема для программы определения защищенности точки представлена на рис. 3, а интерфейс программы на рис. 4.

На рис. 4 показано рабочее окно разработанной программы для определения защищенности стержневого объекта с координатами (2; 10) и высотой 15 м двойным стержневым молниеотводом высотой 30 м с расстоянием между стержнями 70 м, при условии, что заданный молниеотвод должен обеспечить для объекта зону защиты типа А. Координаты расположения стержней молниеотвода: (0; 0) и (70; 0).

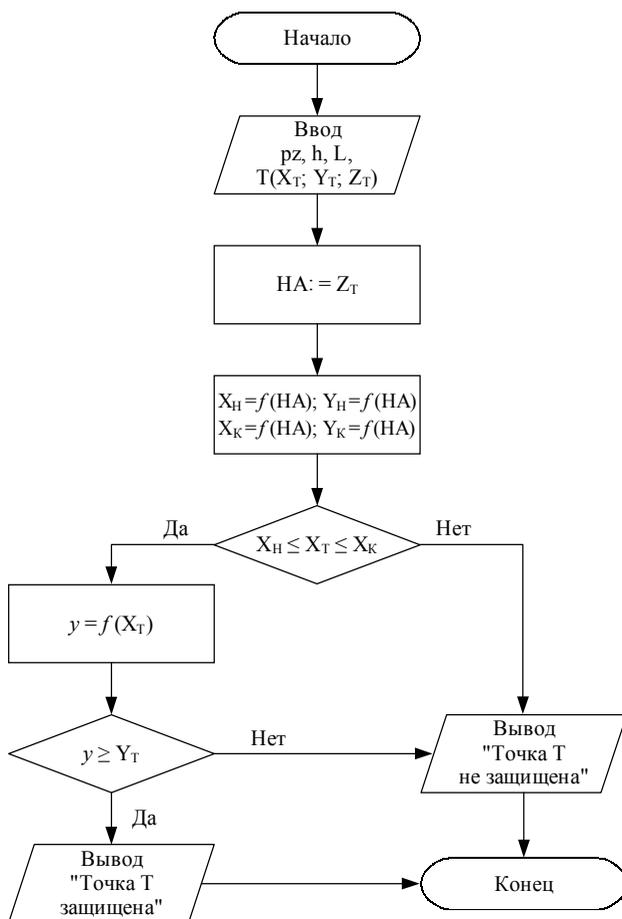


Рисунок 3 – Блок-схема для программы расчета молниезащищенности заданной точки двойным стержневым молниеотводом

В ячейках C1-C4 и C14-C16 представлены значения исходных данных, необходимые величины для расчета – в ячейках C6-C11 и C19, вывод о защищенности – в ячейке A15.

### Выводы:

- 1 Предложена методика анализа молниезащищенности объектов при сложном рельефе поверхности зон защиты молниеотводов.
- 2 На примере двойного стержневого молниеотвода приведен порядок расчета защищенности объекта-стержня с заданными координатами молниеотводом произвольного типа.

- 3 Разработана методика определения высоты зоны защиты над точкой, расположенной в плоскости  $XOY$ , с заданными координатами.
- 4 Разработана программная реализация и приведен пример расчета молниезащищенности заданной точки двойным стержневым молниеотводом с известными параметрами.

|    | A  | B           | C      | D      |
|----|--|-------------|--------|--------|
| 1  | Надежность защиты                                | <b>pz</b>   | 0,995  |        |
| 2  | Высота молниеотвода                              | <b>h</b>    | 30     |        |
| 3  | Расстояние между стержнями молниеотвода          | <b>L</b>    | 70     |        |
| 4  | Высота уровня анализа                            | <b>HA=Z</b> | 15     |        |
| 5  |  |             |        |        |
| 6  | Радиус на уровне грунта                          | <b>R0</b>   | 31,2   |        |
| 7  | Полуширина зоны на уровне грунта                 | <b>RC</b>   | 29,12  |        |
| 8  | Высота конуса (максимальная высота зоны защиты)  | <b>H0</b>   | 25,5   |        |
| 9  | Радиус на уровне анализа                         | <b>RH</b>   | 12,847 |        |
| 10 | Ширина горизонтального сечения на уровне анализа | <b>RCH</b>  | 5,3032 |        |
| 11 | Высота зоны в середине пролета                   | <b>hc</b>   | 18,34  |        |
| 12 |  |             |        |        |
| 13 |  |             |        |        |
| 14 |  | <b>X</b>    | 2      |        |
| 15 | <b>Точка защищена</b>                            | <b>Y</b>    | 10     |        |
| 16 |  | <b>Z</b>    | 15     |        |
| 17 |  |             |        |        |
| 18 |  |             |        |        |
| 19 | Координата на границе зоны защиты                | <b>y</b>    | 12,69  |        |
| 20 |  |             |        |        |
| 21 |  | Зона I      |        |        |
| 22 | <i>Концевая точка</i>                            | 1           | 2      | 3      |
| 23 | <b>X</b>   | 2,8164      | 35     | 67,184 |
| 24 | <b>Y</b>   | 12,535      | 5,3032 | 12,535 |
| 25 |  |             |        |        |
| 26 | <b>Определение молниезащищенности</b>            |             |        |        |
| 27 |  |             |        |        |

Рисунок 4 – Интерфейс программы расчета молниезащищенности заданной точки двойным стержневым молниеотводом с заданными параметрами

**Список литературы:** 1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений (РД 34.21.122-87). – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 56 с. 2. Инструкция по устройству молниезащиты

зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 57 с. 3. *Петков А.А., Колиушко Д.Г., Колиушко Г.М.* Выбор оптимальных параметров одиночного стержневого молниеотвода // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2004. – № 35. – С. 64-71. 4. *Кирпич С.В., Петков А.А., Колиушко Д.Г.* Выбор оптимальных параметров одиночного тросового молниеотвода // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. – № 49. – С. 36-45.

*Поступила в редколлегию 19.03.2008.*

УДК 621.31.048.015

***В.В.КНЯЗЕВ***, канд.техн.наук; ***В.И.КРАВЧЕНКО***, докт.техн.наук;  
***И.П.ЛЕСНОЙ***, ***П.Н.МЕЛЬНИКОВ***; ***С.В.ПЕСТРЕЦОВ***, студент;  
***А.Ю.ЧЕРНУХИН***, студент; НТУ «ХПИ»

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНЫХ МОЛНИЕПРИЕМНИКОВ И РАССЕИВАТЕЛЕЙ**

Розглянуто результати дослідження базових параметрів активних приймачів блискавки та розсіювачів заряду. Дослідження активних приймачів здійснено відповідно до методики, що міститься у стандарті Франції NF C 17-102. Розсіювачі заряду досліджено за параметрами току корони. Наведено результати стосовно дев'яти зразків різних виробників. Запропоновано підхід до оцінки якості досліджуваних зразків.

Results of a study on basic parameters of lightning active receivers and charge scatters are considered. The study of the active receivers has been performed according to French standard NF C 17-102. The charge scatters have been investigated in terms of parameters of corona current. Results for nine samples of different producers are presented. An approach to the estimation of the quality of studied samples is proposed.

Основой систем молниезащиты зданий и сооружений от прямых ударов молнии являются металлические конструкции в виде стержневых, тросовых и сеточных молниеприемников. Требования к устройству таких систем в Украине до сегодняшнего дня регламентируются РД 34.21.122-87 [1]. Этот документ явно устарел, поскольку не отражает новых знаний, содержащихся в соответствующих стандартах Международной электротехнической комиссии (МЭК), например, [2-5], гармонизированных во всех промышленно развитых государствах. В РД 34.21.122-87 [1] вопросы молниезащиты рассматриваются главным образом с точки зрения предотвращения возгорания объектов и поражения людей в результате удара молнии. В упомянутых стандартах МЭК освещаются все аспекты риска, включая повреждение электронного и