

В. В. КНЯЗЕВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;

П. Н. МЕЛЬНИКОВ, науч. сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;

А. Ю. ЧЕРНУХИН, мл. науч. сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТАЛОННЫХ ОБРАЗЦОВ СТЕРЖНЕВЫХ МОЛНИЕПРИЕМНИКОВ

Экспериментально исследованы характеристики стержневые молниеприемников, предлагаемых в качестве эталонных образцов. Описана методика сравнения характеристик стержневых молниеприемников. Приведены результаты совместного испытания по определению вероятности поражения молниеприемников.

Ключевые слова: эталонный молниеприемник, время опережения, вероятности поражения.

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения важность повышения эффективности защиты объектов от дестабилизирующего действия молнии и обеспечения безопасности людей.

Основой систем молниезащиты зданий и сооружений от прямых ударов молнии являются металлические конструкции, в том числе стержневые, тросовые и сеточные молниеприемники. Рекомендации по устройству таких систем и методике оценки их защитных свойств содержатся в стандарте Международной электротехнической комиссии IEC 62305-3:2010 [1], который введен в действие в Украине как ДСТУ IEC 62305-3:2012.

Помимо упомянутых выше конструкций, в мире принимаются попытки использования так называемых «активных» молниеприемников (ESE). Стандарт Франции NF C 17-102: 2011 [2] регламентирует правила установки, оценки защитных свойств и экспериментального определения основной характеристики ESE молниеприемника – времени опережения. Время опережения определяется относительно стержневого молниеприемника.

В новой редакции стандарта NF C 17-102 [2] учтены предложения, по его улучшению, изложенные в работах [3-5]. В том числе, установлены параметры стандартного стержневого образца:

- материал: алюминиевый сплав;
- форма: стержень кругового сечения;
- диаметр стержня: – 28 мм;
- длина стержня: не менее 1 м;
- конец стержня конический высотой 0,1 м, радиус округления вершины 1 мм;
- площадь опоры не менее 400 см².

Кроме того, введена оценка величины среднего квадратичного отклонения σ результатов измерения времени пробоя воздушного промежутка. Обу-

словлено, что для ESE молниеприемников значение σ_{ESE} должно удовлетворять неравенству $\sigma_{ESE} < \sigma_{ST}$, где σ_{ST} характеризует стандартный образец. Устройства, содержащие источники питания и электронные элементы должны соответствовать требованиям стандартов EN 61000-6-2 - по устойчивости и 61000-6-3 - по уровню собственных помех.

В работе [6] было обосновано предложение в качестве альтернативного стандартного образца молниеприемника использовать стержень квадратного сечения со стороной 12 мм и плоской вершиной.

С целью сравнения параметров двух вариантов предложенных стандартных образцов проведены экспериментальные исследования, по методике стандарта NF C 17-102:2011. При испытании каждого образца было подано по 100 разрядов.

Исследование характеристик стержневых молниеприемников осуществлено на высоковольтном испытательном стенде ВВС-1.2 НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ». Внешний вид испытательной площадки показан на рис. 1.



Рисунок 1 – Испытательный стенд ВВС-1.2

Молниеприемники размещались в пространстве между двумя параллельными металлическими плоскостями, размерами 4 x 5,5 м. Нижняя плоскость – заземлена, на верхнюю подавался импульс напряжения от генератора импульсных напряжений (ГИН) положительной полярности амплитудой около 600 кВ формой 360/8460 мкс. Расстояние между плоскостями при испытаниях было 2,20 м, вершина стержня находилась на расстоянии 1,0 м от нижней плоскости.

Первоначально, исследовались времена пробоя для каждого молниеприемника в отдельности. Затем, оба образца были установлены в испытательном объеме, как показано на рис. 2. В этом варианте определялась вероятность пробоя воздушного промежутка с молниеприемников, с целью выявления корреляции с параметрами времени опережения. Образцы располагались на расстоянии более 1 м друг от друга, что позволило исключить эффек-

ты их взаимного влияния. Основные результаты исследований представлены далее.

Измерение параметров испытательного импульса напряжения и времени опережения осуществлялось одновременно с помощью высоковольтного емкостного делителя и датчика электрического поля. Формы зарегистрированных сигналов по обоим измерительным трактам хорошо согласовывались. Форма импульса напряжения, воздействующего на образцы молниеприемников, показана на рис. 3.



Рисунок 2 – Одновременное расположение исследуемых образцов в рабочем объеме

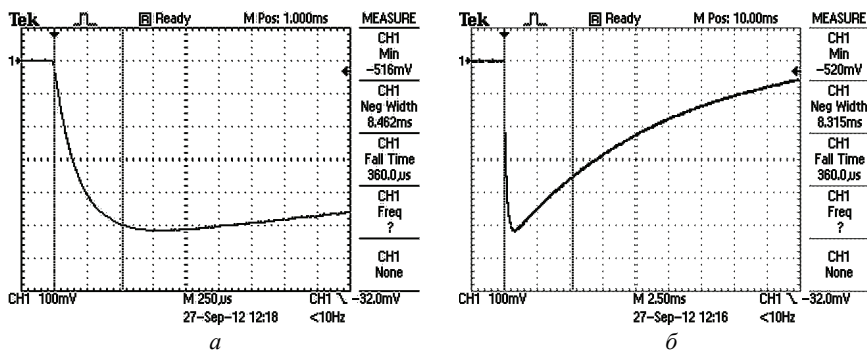


Рисунок 3 – Осциллограммы импульса напряжения: фронт (*a*), спад (*б*)

Типичные осциллограммы, регистрируемые при пробе воздушного промежутка, показаны на рис. 4. Момент начала резкого спада напряжения

принимается за время пробоя промежутка, отсчитываемое от начала импульса на напряжения. На осциллограммах время пробоя определяется между вертикальными линиями курсоров.

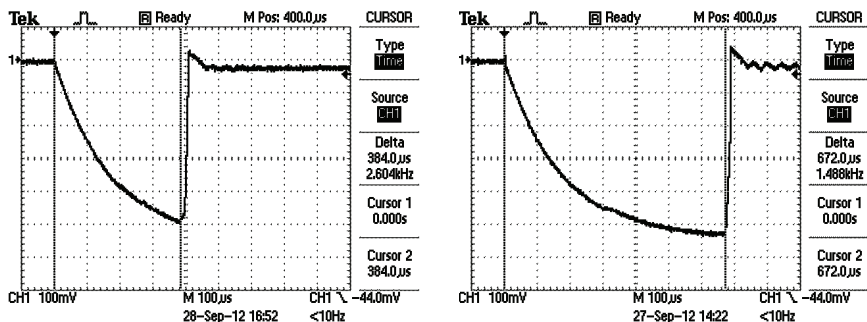


Рисунок 4 – Типичные осциллограммы, регистрируемые при пробое воздушного промежутка

Результаты исследования представлены в виде гистограмм распределения времени пробоя воздушного промежутка. На гистограммах по оси ординат отложено число пробоев, для которых время пробоя попадает в соответствующий временной интервал (в рассматриваемом случае это число совпадает с вероятностью, выраженной в процентах). Длительность каждого временного интервала равна 50 мкс. Гистограммы распределения представлены на рис. 5. Анализ гистограмм показывает, что распределение вероятности времени пробоя обоих образцов молниеприемников имеет схожий характер. Кроме того, очевидно, что форма гистограмм не соответствует нормальному закону распределения. Причины такого факта могут быть следующие:

- недостаточное число испытаний;
- отклонение времени пробоя от среднего значения в сторону меньших значений имеет предел, обусловленный физической природой процесса, а отклонение в сторону больших, ограничено длительность спада воздействующего импульса.

По мнению авторов, вторая причина более значимая. Поэтому, высказывается гипотеза, что аттестацию образцов молниеприемников следует проводить более короткими импульсами напряжения, например, формы 1,2/50 мкс.

Результаты расчетной оценки характеристик молниеприемников представлены в таблице.

Полученные результаты свидетельствуют в пользу эталонного образца по стандарту [2]. Однако, вызывает сомнение следующий факт: при разнице средних значений времени пробоя 68,3 мкс, что соответствует 13%, разница среднего напряжения пробоя составляет всего 1,2 кВ, что соответствует

0,2%. Известно, что вариация пробивных напряжений длинных промежутков может достигать 10%. Поэтому, разница в 0,2% представляется несущественной, обусловленной изменением условий окружающей среды (температуры, влажности и давления).

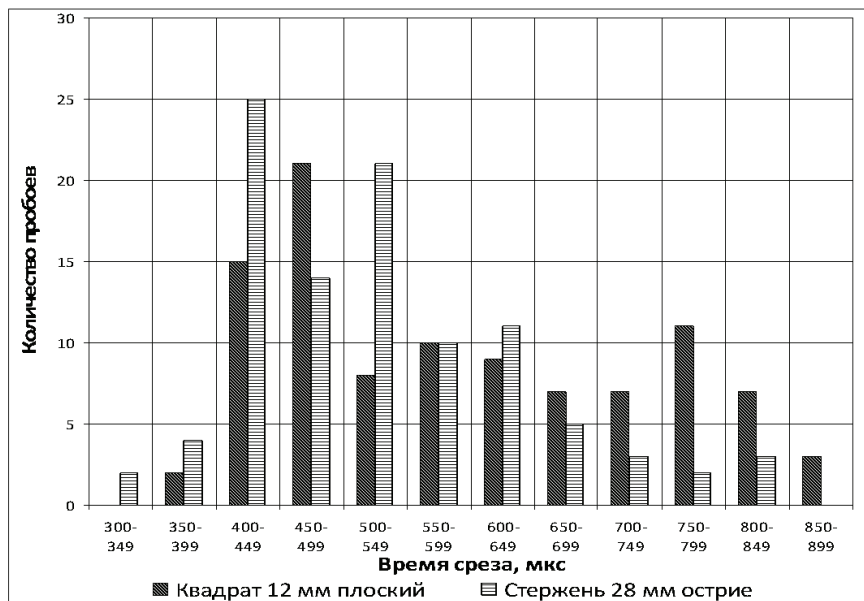


Рисунок 5 – Гистограммы времени пробоя для эталонных образцов

Таблица – Основные характеристики образцов молниеприемников

Характеристика	Квадрат 12 мм	Острие 28 мм	Разница
Среднее время пробоя, мкс	591,6	523,3	68,3
Среднее напряжение пробоя, кВ	525,4	524,2	1,2
СКО результата	14,1	10,9	3,2

Для проверки этого предположения, проведены исследования вероятности развития пробоя с каждого образца молниеприемника, при условии одновременного размещения образцов в испытательном поле (как показано на рис.2). После подачи 100 импульсов напряжения формой 360/8460 мкс, установлено, что в каждый из образцов произошло по 50 разрядов. Следовательно, по главному объективному параметру: вероятности разряда, оба образца одинаковые. Однако, этот вывод порождает вопрос о степени корреляции среднего значения времени пробоя и вероятности перехвата молнии.

Представляется логичным, продемонстрировать эффективность ESE молниеприемника путем сравнительных одновременных испытаний с эталонным образцом.

Выводы:

1. По результатам сравнения характеристик двух вариантов предложенных эталонных образцов стержневых молниеприемников, установлено некоторое преимущество образца в виде стержня кругового сечения с заостренной вершиной.

2. Преимущества, указанные в п. 1, не приводят к повышению вероятности перехвата молнии.

3. Целесообразно дополнить стандарт Франции NF C 17-102 [2] требованием демонстрации эффективности ESE молниеприемника путем сравнительных одновременных испытаний с эталонным образцом.

Список литературы: 1. IEC 62305-3: 2010. Protection against Lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard. 2. NF C 17-102: 2011. Lightning protection. Protection of structures and open areas against lightning using early streamer emission air terminals. 3. Князев В.В., Кравченко В.И., Лесной И.П., Мельников П.Н. Результаты исследования параметров активных молниеприемников и рассеивателей. // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып. «Техника и электрофизика высоких напряжений». – 2008. – Вып. 21. – С.78-87. 4. Князев В.В. Новые конструкции молниеприемников: научные основы и практическая реализация // Электропанорама. – К.: 2008. – № 6. – С. 36-37; № 7-8. – С.16-18. 5. Князев В.В., Кравченко В.И. Тенденции развития систем молниезащиты зданий и сооружений // Матеріали науково-технічної конференції. Актуальні проблеми наглядово-профілактичної діяльності МНС України. – Х.: УЦЗУ, 2008. – № 234. – С. 24-27. 6. Князев В.В., Кравченко В.И., Мельников П.Н., Чернухин А.Ю. Образцовый молниеприемник Франклина для оценки защитных свойств новых видов молниеприемников // Матеріали X науково-практичної конференції «Пожежна безпека-2011». – С. 99-100.

Поступила в редколлегию 09.10.2012

УДК 621.31.048.015

Сравнение характеристик эталонных образцов стержневых молниеприемников / В. В. Князев, П. Н. Мельников, А. Ю. Чернухин // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – № 52 (958). – С. 84-89. – Бібліогр.: 6 назв.

Експериментально досліджено характеристики стрижневих блискавкоприймачів, які запропоноване в якості еталонних зразків. Наведено методику порівняння характеристик стрижневих блискавкоприймачів. Наведено результати сумісного випробування за визначення вірогідності ураження блискавкоприймача.

Ключові слова: еталонний блискавкоприймач, час випередження, вірогідність влучення.

The air terminal characteristics are experimentally investigated. This terminal determinate as standard samples. Methodology over of comparison of descriptions of the characteristics is brought. Results over of compatible test are brought for determination of authenticity of defeat of the air terminals.

Keywords: standard air terminal, advantage time, probability of discharge.