

В статті наведено основні недоліки заземлюючих пристроїв підстанцій 330/110 кВ в частині заземлення пристроїв захисту від перенапруг. Розглянуто декілька прикладів заземлюючих пристроїв підстанцій 330/110 кВ, розташованих в різних регіонах України.

Ключові слова: пристрій заземлення, пристрої захисту від перенапруг, підстанції високої напруги.

The main defects of grounding system for grounding of overvoltage protection devices are given in the paper. Also several examples of high voltage substations grounding system from different regions of Ukraine are considered in the paper.

Key words: grounding system, overvoltage protection devices, high voltage substations.

УДК 551.594.221

Г. М. КОЛИУШКО, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»;

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

О. С. НЕДЗЕЛЬСКИЙ, вед. инж., НТУ «ХПИ»;

А. А. ПЕТКОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»;

С. С. РУДЕНКО, инженер, аспирант, НТУ «ХПИ»;

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

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧЕК ПОРАЖЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ДЛИННОЙ ИСКРОЙ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований поражения искровым разрядом плоскости в различных системах электродов, моделирующих разряд молнии в зоне ориентации направления на объект. Проведен анализ распределения точек поражения, а также статистических характеристик полученных результатов и их корреляции с геометрией моделирующей электродной системы.

Ключевые слова: искровой разряд, закон распределения точек поражения, система электродов.

Постановка проблемы. Изменения экологической обстановки на планете в целом и усиление влияния на экологию промышленного производства привело к значительному росту грозовой деятельности, что вызвало увеличение количества поражений разрядом молнии различных объектов и связанных с ними убытков. Этим определяется особый научный интерес к вопросам молниезащиты, а также процессам формирования и развития разряда молнии.

© Г.М.Колиушко, П.Н.Мельников, О.С.Недзельский, А.А.Петков, С.С.Руденко, А.Ю.Чернухин, 2013

Анализ публикаций. В настоящее время наиболее распространенным методом моделирования поражения молнией заземленных объектов является использование в системе электродов «стержень-плоскость» длинной искры, образованной импульсом напряжения положительной полярности с длительностью фронта от нескольких сотен до тысяч микросекунд, что определяет большой разброс точек поражения в модели, характерный и для молнии [1–5].

В [1] исследована вероятность поражения длинной искрой стержня, имитирующего объект (стержень-объект) и расположенного на заземленной плоскости, при положительной полярности импульса напряжения с длительностью фронта 3 мс и длинах разрядного промежутка (РП) 10 и 15 м. Отношении высоты стержня-объекта к длине РП равнялось 5 и 10. Получена зависимость коэффициента поражаемости стержня-объекта, расположенного между двумя молниеотводами (МО), при длине РП равном 2,5, 5, 10 и 15 м, а также отношении длины РП к высоте МО равным 10 и к высоте объекта равным 20.

В [2] описаны результаты испытаний по исследованию поражения заземленной плоскости и размещенных на ней объектов искровым разрядом положительной полярности. Получена зависимость расстояния между двумя стержнями от относительной величины РП, приведенной к высоте МО, при длине РП равном 2,5, 5, 10 и 15 м.

В [3] проведена серия экспериментов по поражению плоскости длинной искрой импульса напряжения положительной полярности с длительностью фронта 250 и 4000 мкс при длине РП равной 5 м. Получен закон распределения вероятности поражения одиночного стержня при различных высотах стержня.

В [4] получен закон распределения поражения плоскости импульсами напряжения положительной полярности со временем нарастания равным 1000 мкс при длине РП равном 1,26 м. При этом для фиксации координаты поражения плоскости была использована мишень, выполненная на бумаге толщиной в 100 мкм, а стержневой электрод, имитирующий заряженный элемент облака, устанавливался на верхней потенциальной плоскости электродной системы.

В [5] был получен закон распределения поражения электрическим разрядом заземленной плоскости и размещенных на ней проводящих объектов для длины РП 3 м. При этом для фиксации координат точек поражения плоскости была использована подобная описанной в [4] бумажная мишень, а электрод, имитирующий заряженный элемент облака, был подвешен с помощью изоляционных тросов и представлял собой заостренный металлический стержень.

Полученный опыт проведения экспериментальных исследований по поражению длинной искрой плоскости и размещенных на ней объектов вызвал ряд вопросов, связанных с влиянием на статистические характеристики их поражения таких факторов, как: материала, из которого выполнена мишень,

формы электрода, наличия верхней плоскости в электродной системе, а также длины РП. В литературе [1 – 5] отсутствуют выводы о корреляции распределения точек поражения плоскости, полученных при различных величинах РП, без МО или при сохранении относительной длины РП, приведенной к высоте МО.

Целью настоящей работы является изучение влияния ряда факторов на распределение точек поражения в системе электродов «стержень-плоскость» при наличии стержня-объекта и без него.

Материалы и результаты исследований. Для достижения поставленной цели в работе решаются задачи по набору экспериментальных данных и их анализу при поражении плоскости и размещенного на ней стержня-объекта при различных величинах РП и материала мишени.

Формирование набора экспериментальных данных проводилось на базе высоковольтного электрофизического стенда ГИН-1,2 (НИПКИ «Молния»).

Эквивалентная электрическая схема разрядного контура генератора импульсов напряжения (ГИН) стенда представлена на рис. 1

В табл. 1 приведены расчетные значения величин параметров элементов схемы разрядного контура ГИН-1,2 для различных экспериментов.

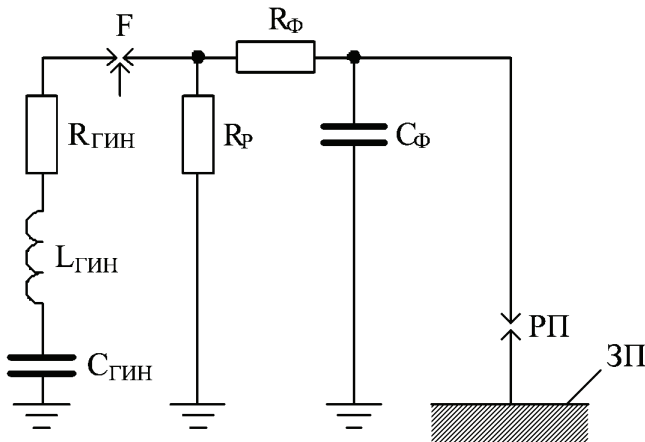


Рисунок 1 – Эквивалентная электрическая схема разрядного контура генератора импульсов напряжения (ГИН) стенда: $C_{\text{ГИН}}$, $L_{\text{ГИН}}$, $R_{\text{ГИН}}$ – емкость, индуктивность и активное сопротивление разрядной цепи ГИН соответственно; F – эквивалент управляемого разрядника ГИН; $R_{\text{р}}$ – разрядный резистор; $R_{\text{Ф}}$ – резистор, формирующий фронт импульса; $C_{\text{Ф}}$ – емкость, формирующая фронт импульса; РП – разрядный промежуток; ЗП – заземленная плоскость

Формирующая емкость $C_{\text{Ф}}$ (см. рис. 1) представляла собой систему двух параллельных плоскостей. Размерам нижней плоскости $6,69 \text{ м} \times 4,15 \text{ м}$, верхней плоскости – $5,24 \text{ м} \times 4 \text{ м}$ и расстояние между плоскостями $2,07 \text{ м}$ [4].

Таблица 1 – Параметры элементов разрядного контура ГИН

Номер эксперимента	$C_{\text{гин, нФ}}$	$L_{\text{гин, мкГн}}$	$R_{\text{гин, Ом}}$	$R_p, \text{кОм}$	$R_{\text{ф, кОм}}$	$C_{\text{ф, нФ}}$	$U_{\text{max, кВ}}$
1	30	13	130	415	560	0,2	640 – 660
2, 3	30	13	130	415	630	0,2	480
4	30	13	130	415	560	0,2	≤ 800

1 Исследование влияния материала мишени на распределение точек поражения плоскости

Для фиксации точек поражения плоскости электрическим разрядом могут быть применены различные способы. Вне зависимости от примененного способа задача фиксации состоит в определении положения точки поражения в принятой системе координат. В качестве системы координат целесообразно использовать полярную систему с центром, совпадающим с точкой пересечения плоскости поражения осью стержня, с которого развивается разряд [2–4].

Наиболее полную информацию можно получить с использованием кино- или фотосъемки [1–3]. Этот способ характеризуется значительными техническими сложностями и материальными затратами. Более простым и менее затратным является фиксирование точки поражения по прожогам бумажной мишени толщиной 100 мкм, на которой нанесена система координат [4]. Однако при этом встает вопрос о влиянии диэлектрического материала мишени на распределение точек поражения. Для оценки этого влияния было проведено сравнение экспериментальных данных полученных с использованием бумажной мишени [4] (длина РП $l_{\text{рп}} = 1,26$ м) и данных дополнительного эксперимента №1, отличающихся тем, что вместо бумажной мишени использовался лист фольгированного стеклотекстолита СТЭФ, гальванически соединенный с заземленной плоскостью. В эксперименте №1 фиксация точек поражения осуществлялась с помощью фотосъемки. Фрагмент импульсного пробоя РП между стержнем и мишенью из фольгированного СТЭФ приведен на рис. 2.

При проведении эксперимента № 1 амплитуда импульсного напряжения разряда составляла 640-660 кВ.

Пробой РП происходил в диапазоне времени от 450 до 1400 мкс, что соответствует 85 и 99 % зарядного напряжения.

На рис. 3 показаны эмпирические функции распределения точек поражения $F_s(r)$ заземленной плоскости, полученные в [4] (кривая 1) и на основании эксперимента № 1 (кривая 2).

Характер кривых 1 и 2 (см. рис. 3) позволяет предположить, что выборки данных двух экспериментов принадлежат одной генеральной совокупности. Для подтверждения истинности этого используем критерий Вилкоксона [6].

Учитывая, что методика и атмосферные условия проведения экспериментов были идентичны, а отличие заключалось лишь в материале исполь-

зуюмой мишени, результаты проверки по критерию Вилкоксона позволяют оценить степень влияния изоляционных свойств бумаги на распределение точек поражения.

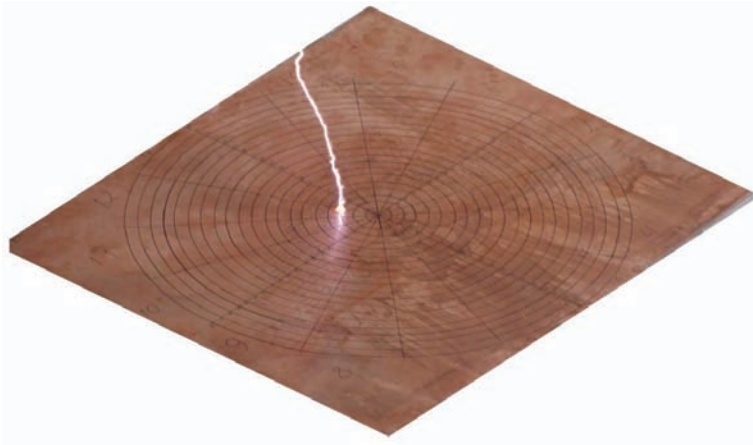


Рисунок 2 – Фрагмент импульсного пробоя РП

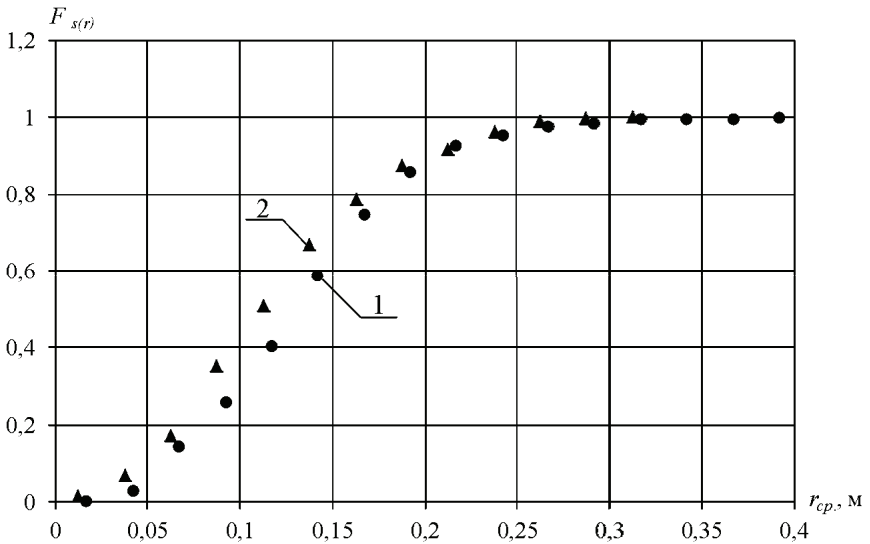


Рисунок 3 – Эмпирические функции распределения точек поражения $F_s(r)$ заземленной плоскости: 1 – Эксперимент, описанный в [4]; 2 – Эксперимент № 1

При проведении статистических исследований нулевая гипотеза H_0 состояла в том, что при всех значениях аргумента функция распределения кри-

вой 1 (см. рис. 3) равна функции распределения кривой 2, то есть $H_0: F_{1S}(r) = F_{2S}(r)$. Конкурирующая гипотеза $H_1: F_{1S}(r) \neq F_{2S}(r)$.

Результаты обработки экспериментальных данных согласно [6] приведены в табл. 2 (уровень значимости принимался $\alpha = 0,01$).

Таблица 2 – Результаты сравнения данных эксперимента №1 и данных [4]

Количество данных эксперимента [4], n_1	Количество данных эксперимента № 1, n_2	Критические точки:		Наблюдаемое значение критерия, $W_{\text{набл.}}$
		нижняя, $w_{\text{нижн. кр.}}$	верхняя, $w_{\text{верх. кр.}}$	
234	250	52777	60713	55274

Для данных выборок выполняется условие $w_{\text{нижн. кр.}} < W_{\text{набл.}} < w_{\text{верх. кр.}}$ (см. табл. 2), поэтому, согласно [6], принимаем нулевую гипотезу – эмпирические функции распределения точек поражения плоскости двух экспериментов равны.

Из этого факта следует что:

а) влияние бумажной мишени толщиной 100 мкм на распределение точек поражения заземленной плоскости незначительно и в дальнейших экспериментах могут быть использованы подобные мишени, что значительно упрощает фиксацию точек поражения;

б) результаты экспериментов №1 и [4] могут быть объединены в единую совокупность данных.

2 Исследование влияния формы верхнего электрода стержня

Развитие разряда в рассматриваемой системе электродов «стержень-плоскость» в его начальной стадии определяется уровнем напряженности электрического поля на иницирующем конце электрода-стержня.

В свою очередь эта напряженность зависит от геометрии электрода, в частности наличия концевых участков с малыми радиусами скругления (то есть максимальной кривизной), какими могут быть острия, торцевые кромки, микровыступы и т.п. В ряде работ [1–5] по изучению распределения точек поражения длинным искровым разрядом заземленной плоскости и размещенных на ней объектов в качестве верхнего (потенциального) электрода использовался металлический стержень с определенной геометрией (диаметр, длина, конфигурация концевой части). Однако в указанной литературе не встречается обоснования выбранной геометрии и влияния ее на распределение точек поражения плоскости либо размещенных на ней объектов.

Для оценки влияния геометрии потенциального стержня на распределение точек поражения был выполнен эксперимент № 2, который заключался в проведении испытаний в системе «стержень-плоскость» с двумя типами стержней. План размещения элементов высоковольтного исследовательского стенда показан на рис. 4.

В качестве потенциальных электродов были использованы стержни: шестигранной формы с плоским торцом (эксперимент № 2.1) и цилиндрической с заостренным торцом (эксперимент № 2.2). Специальные меры для сглажи-

вания острых кромок после механической обработки электродов не применялись. Длина РП в этой системе составляла $l_{РП} = 0,78$ м. На заземленной плоскости размещался шаблон с бумажной мишенью.

Эксперименты проводились при подаче импульсов напряжения с амплитудой 480 кВ. Пробой РП происходил в диапазоне времени од 400 до 1100 мкс.

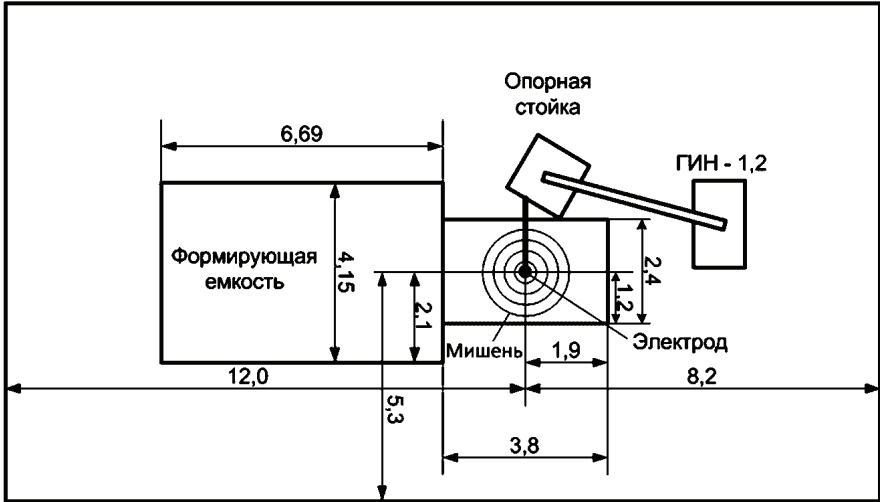


Рисунок 4 – План размещения элементов высоковольтного исследовательского

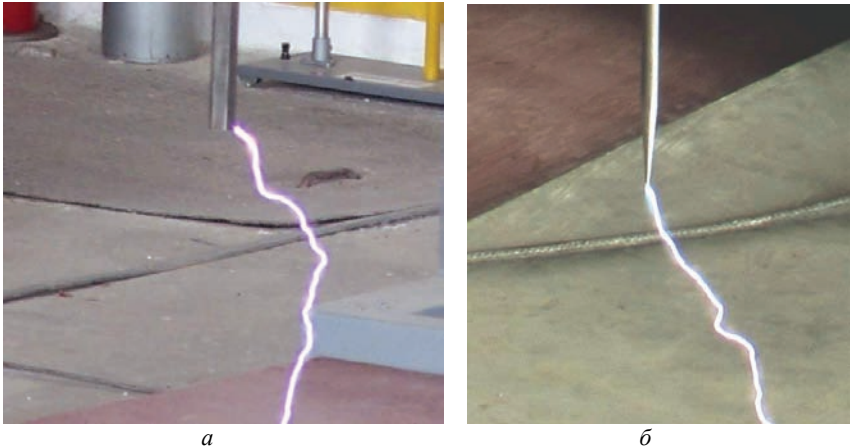


Рисунок 5 – Формирование разряда при различной форме электрода: *а* – шестигранник с плоским торцом; *б* – цилиндрический с заостренным торцом

На рис. 5 показано формирование разряда при различной форме электрода.

На рис. 6 показаны эмпирические функции распределения точек поражения заземленной плоскости, полученные для экспериментов №2.1 (кривая 1) и № 2.2 (кривая 2).

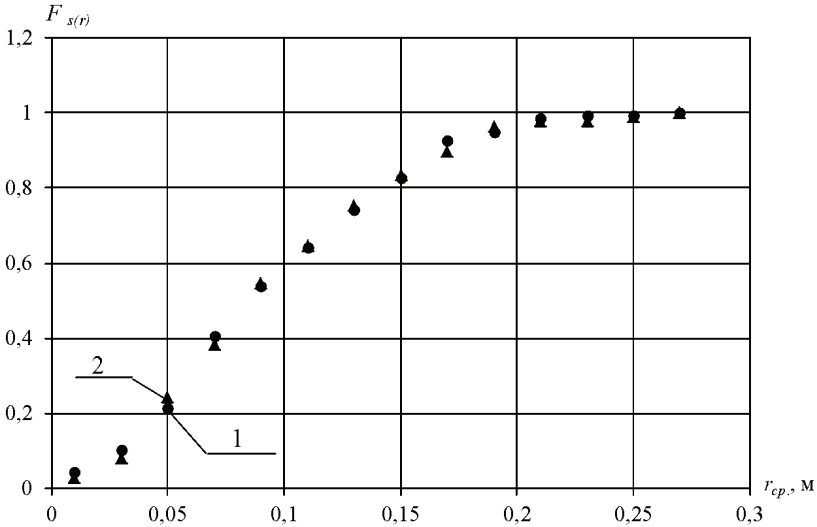


Рисунок 6 – Эмпирические функции распределения точек поражения заземленной плоскости: 1 – Эксперимент № 2.1; 2 – Эксперимент № 2.2

Аналогично п. 1 для экспериментов № 2.1 и № 2.2 выполнена проверка на принадлежность их результатов одной генеральной совокупности.

При проведении статистических исследований нулевая гипотеза H_0 состояла в том, что при всех значениях аргумента функция распределения точек поражения в эксперименте № 2.1 равна функции распределения точек поражения в эксперименте № 2.2, то есть $H_0: F_{2.1S}(r) = F_{2.2S}(r)$. Конкурирующей гипотезой являлась $H_1: F_{2.1S}(r) \neq F_{2.2S}(r)$.

Результаты обработки экспериментальных данных согласно [6] приведены в табл. 3 (уровень значимости принимался $\alpha = 0,01$).

Таблица 3 – Результаты обработки данных эксперимента №2

Количество данных эксперимента № 2.2, n_1	Количество данных эксперимента № 2.1, n_2	Критические точки:		Наблюдаемое значение критерия, $W_{набл.}$
		нижняя, $W_{нижн.кр.}$	верхняя, $W_{верх.кр.}$	
192	202	35004	40836	37793

Для данных выборок выполняется условие $w_{нижн.кр.} < W_{набл.} < w_{верх.кр.}$.

(см. табл. 3), поэтому, согласно [6], принимаем нулевую гипотезу – эмпирические функции распределения точек поражения плоскости в двух экспериментах равны.

Таким образом, влияние формы стержневого электрода на распределение точек поражения является не существенным и две выборки данных могут быть объединены.

3 Исследование влияния геометрических размеров электродной системы и наличия верхней плоскости

Полученные в системе электродов «стержень-плоскость» экспериментальные данные представляют собой совокупность результатов испытаний для трех систем электродов при различных длинах РП, которые могут быть объединены в следующие наборы:

1) набор А – включает в себя результаты эксперимента № 1 с мишенью из фольгированного СТЭФ и экспериментов с бумажной мишенью [4]. Данные эксперименты проводились в одних и тех же условиях: закрытое помещение, РП располагался внутри пространства между верхней и нижней плоскостями формирующей емкости, длина РП составляла $l_{РП} = 1,26$ м;

2) набор Б – включает в себя результаты эксперимента № 2, проведенного в закрытом помещении, РП вынесен за пределы пространства между верхней и нижней плоскостью формирующей емкости (рис. 4), длина РП составляла $l_{РП} = 0,78$ м;

3) набор В – включает в себя результаты эксперимента, приведенные в [5]. Система электродов располагалась на открытом воздухе, а длина РП составляла $l_{РП} = 3$ м.

Для сравнения результатов полученных при различных длинах РП перейдем к приведенному радиусу $r^* = r / l_{РП}$, где $l_{РП}$ – длина РП, r – радиус-расстояние до точек поражения.

На рис. 7 приведены эмпирические функции распределения точек поражения заземленной плоскости для наборов данных А – В.

Аналогично п.1 были попарно проведены обработки для наборов А-В.

Для оценки влияния верхнего электрода формирующей емкости на распределение точек поражения сравним наборы данных А и Б, а также А и В.

1) При проведении статистических исследований нулевая гипотеза H_0 состояла в том, что при всех значениях аргумента функция распределения точек поражения в наборе данных Б равна функции распределения точек поражения набора А, то есть $H_0: F_{БС}(r) = F_{АС}(r)$. Конкурирующей гипотезой являлась $H_1: F_{БС}(r) \neq F_{АС}(r)$.

Результаты обработки экспериментальных данных согласно [6] приведены в табл. 4 (уровень значимости принимался $\alpha = 0,01$).

Для данных выборок условие $w_{нижн. кр.} < W_{набл.} < w_{верх. кр.}$ (см. табл. 4) не выполняется, поэтому, согласно [6], нулевая гипотеза отбрасывается. Это означает, что эмпирические функции распределения точек поражения для

двух экспериментов не равны.

2) При проведении статистических исследований нулевая гипотеза H_0 состояла в том, что при всех значениях аргумента функция распределения точек поражения набора В равна функции распределения точек поражения набора А, то есть $H_0: F_{BS}(r) = F_{AS}(r)$. Конкурирующей гипотезой являлась $H_1: F_{BS}(r) \neq F_{AS}(r)$.

Результаты обработки экспериментальных данных согласно [6] приведены в табл. 5, при этом уровень значимости равен $\alpha = 0,01$.

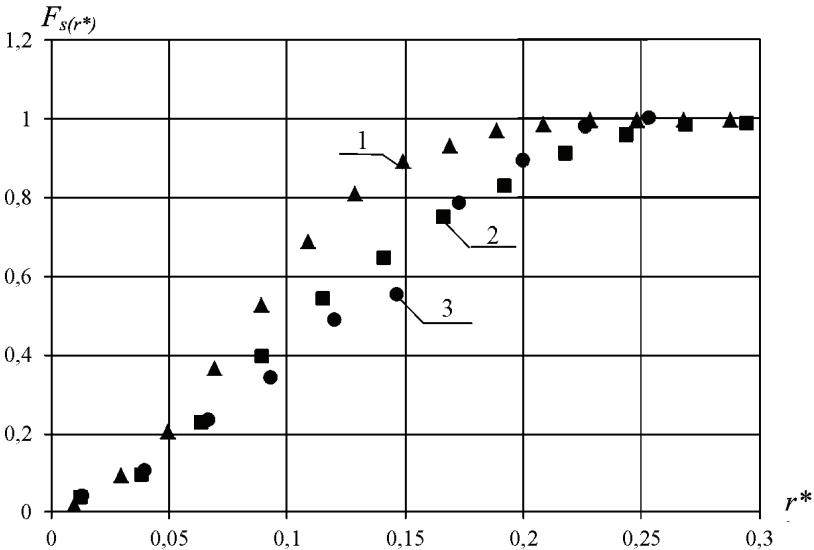


Рисунок 7 – эмпирические функции распределения точек поражения заземленной плоскости: 1 – Набор А; 2 – Набор Б; 3 – Набор В

Таблица 4 – Результаты обработки данных при $l_{PI} = 1,26$ м и $l_{PI} = 0,78$ м

Количество дан-ных набора Б, n_1	Количество дан-ных набора А, n_2	Критические точки:		Наблюдаемое зна-чение критерия, W набл.
		нижняя, $w_{\text{нижн. кр.}}$	верхняя, $w_{\text{верх. кр.}}$	
394	484	163519	182807	43315

Таблица 5 – Результаты обработки данных при $l_{PI} = 1,26$ м и $l_{PI} = 3$ м

Количество дан-ных набора В, n_1	Количество дан-ных набора А, n_2	Критические точки:		Наблюдаемое зна-чение критерия, W набл.
		нижняя, $w_{\text{нижн. кр.}}$	верхняя, $w_{\text{верх. кр.}}$	
48	484	10170	15414	8271

Для данных выборок условие $w_{\text{нижн. кр.}} < W_{\text{набл.}} < w_{\text{верх. кр.}}$ не выполняется (см. табл. 5). Это означает, что эмпирические функции распределения точек

поражения для двух экспериментов не равны.

Таким образом, наличие верхнего электрода-плоскости (набор данных А) существенно влияет на распределение точек поражения.

Для оценки влияния внешних условий расположения РП (закрытое помещение и открытая площадка) сравним наборы Б и В.

3) При проведении статистических исследований нулевая гипотеза H_0 состояла в том, что при всех значениях аргумента функция распределения точек поражения набора данных В равна функции распределения точек поражения набора данных Б, то есть $H_0: F_{BS}(r) = F_{BS}(r)$. Конкурирующая гипотеза – $H_1: F_{BS}(r) \neq F_{BS}(r)$.

Результаты обработки экспериментальных данных согласно [6] приведены в табл. 6 (уровень значимости принимался $\alpha = 0,01$).

Таблица 6 – Результаты обработки данных при $l_{РП} = 0,78$ м и $l_{РП} = 3$ м

Количество данных модель А, n_1	Количество данных модель Б, n_2	Критические точки:		Наблюдаемое значение критерия, $W_{набл.}$
		нижняя, $W_{нижн. кр.}$	верхняя, $W_{верх. кр.}$	
48	394	8475	12789	11156

Для данных выборок выполняется условие $w_{нижн. кр.} < W_{набл.} < w_{верх. кр.}$ (см. табл. 6), поэтому, согласно [6], принимается нулевая гипотеза – эмпирические функции распределения двух экспериментов равны, то есть влияние внешних условий не значительно.

Таким образом, наборы данных Б и В могут быть объединены в случае перехода к приведенному радиусу.

4 Анализ влияния установки стержня-объекта

При исследовании закономерностей распределения точек поражения был проведен ряд экспериментов с установленным на поверхности мишени стержнем-объектом.

В эксперименте № 3 была сохранена та же конфигурация электрических параметров и электродной системы, что и в эксперименте №2 (длина РП $l_{РП3} = 0,78$ м, верхний электрод – стержень шестигранной формы с плоским торцом), при этом в центре мишени был установлен стержень-объект высотой $h_3 = 18$ мм и диаметром 5 мм. Ось верхнего электрода совпадает с центром координат мишени.

Всего было сделано 300 разрядов, из них 103 поразили мишень, а остальные – стержень-объект. На рис. 8 показан фрагмент пробоя РП с поражением стержня-объекта и мишени.

В эксперименте №4 в качестве системы электродов была использована нижняя плоскость формирующей емкости с установленным на верхней плоскости электродом-стержнем. При этом на нижнем электроде-плоскости в центре мишени был установлен стержень-объект высотой $h_4 = 29$ мм и диаметром 5 мм, длина РП равнялась $l_{РП4} = 1,26$ м.

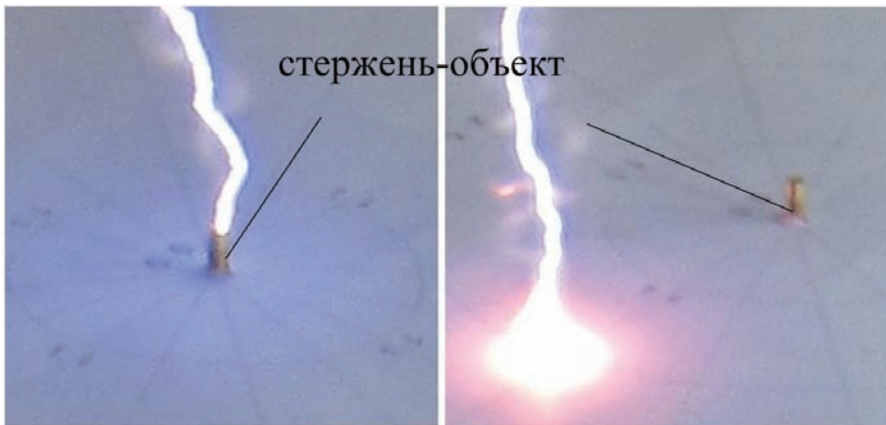


Рисунок 8 – фрагмент пробоя РП с поражением стержня-объекта и мишени:
а – поражение стержня-объекта; *б* – поражение мишени

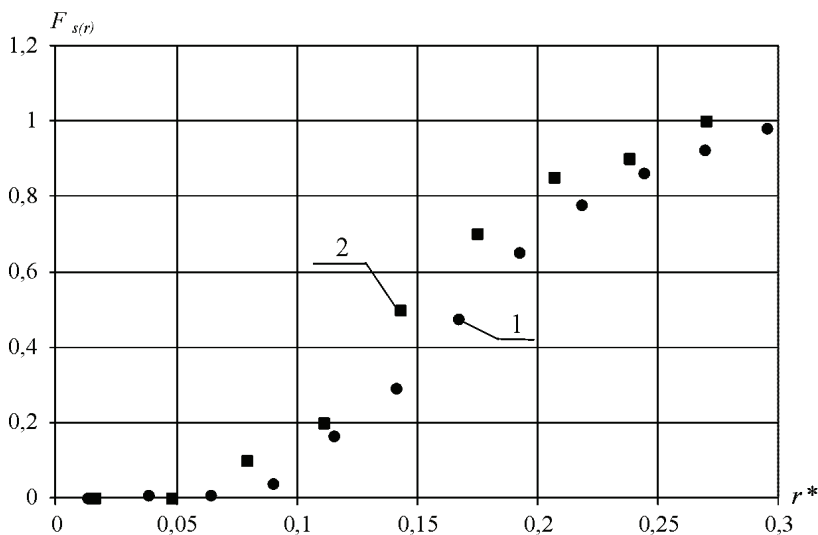


Рисунок 9 – Эмпирические функции распределение точек поражения заземленной плоскости: 1 – эксперимент №3; 2 – эксперимент №4

Всего было сделано 300 разрядов, из них 20 поразили мишень, остальные – стержень-объект.

Как видно из приведенных данных для экспериментов № 3 и № 4 выполняется соотношение $\frac{h_3}{l_{\text{РП3}}} = \frac{h_4}{l_{\text{РП4}}}$, то есть электродные системы геометри-

чески подобны. При дальнейшем анализе, аналогично п. 3, было проведено исследование однородности выборок при переходе к приведенному радиусу.

На рис. 9 показаны эмпирические функции распределение точек поражения заземленной плоскости, построенные относительно приведенного радиуса, для экспериментов № 3 и № 4.

Результаты обработки экспериментальных данных согласно [6] приведены в табл. 7 (уровень значимости принимался $\alpha = 0,01$).

Таблица 7 – Результаты обработки экспериментальных данных

Количество данных экспериментов № 4, n_1	Количество данных экспериментов № 3, n_2	Критические точки:		Наблюдаемое значение критерия, $W_{набл.}$
		нижняя, $W_{нижн. кр.}$	верхняя, $W_{верх. кр.}$	
20	103	863	1617	1049

Для данных выборок выполняется условие $w_{нижн. кр.} < W_{набл.} < w_{верх. кр.}$ (см. табл. 7), поэтому, согласно [6], принимается нулевая гипотеза – эмпирические функции распределения точек поражения плоскости в двух экспериментах для приведенных радиусов равны.

Таким образом, анализ данных экспериментов показывает, что введение в РП стержня-объекта ослабляет влияние верхней плоскости формирующей емкости на распределение точек поражения; при использовании приведенного радиуса данные экспериментов № 3 и № 4 для дальнейшего анализа могут быть объединены в единую совокупность; данные экспериментов могут быть распространены на геометрически подобные системы электродов.

Выводы

1. Определены экспериментальные функции распределения точек поражения длиной искрой заземленной плоскости при длине РП 0,78 м и 1,26 м в системах электродов стержень-плоскость с наличием стержня-объекта и без него.

2. Для электродных систем «стержень-плоскость» и «стержень-стержень на плоскости» экспериментальным путем доказано, что данные, полученные в геометрически подобных электродных системах могут быть объединены в единые совокупности в случае перехода к приведенному радиусу.

3. Установлено, что материал мишени и форма электрода-стержня не оказывают существенного влияния на распределения точек поражения плоскости.

4. Экспериментальным путем доказано, что влияние верхнего электрода-плоскости на распределение точек поражения является существенным, а установка стержня-объекта, с отношением его высоты к длине РП не менее 0,023, ослабляет это влияние.

Список источников информации: 1. К вопросу об оценке защитного действия молниеотводов / Г.Н. Александров, М.М. Зеленецкий, В.Л. Иванов и др. // Известия академии наук

СССР. Энергетика и транспорт. – 1970. – №3. – С. 48–54. **2** Об ориентировке канала длинной искры / *Г.Н. Александров, В.Л. Иванов, Э.М. Базелян, Е.С. Садыхова* // Электричество. – 1973. – № 3. – С. 63–66. **3.** Волкова О.В. Поражаемость искровым разрядом стержня на плоскости / *О.В. Волкова, А.Р. Корявин* // Электричество. – 1991. – № 5. – С. 52–55. **4.** Экспериментальное исследование поражения плоскости длинной искрой / *Г.М. Колиушко, П.Н. Мельников, О.С. Недзельский* и др. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – № 21. – С. 146-153. **5.** Экспериментальные исследования поражения заземленной плоскости и размещенных на ней объектов электрическим разрядом в длинном промежутке / *М. И. Баранов, В.И. Доценко, В. М. Зиньковский* и др. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 27. – С. 11-20. **6.** Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / *В.Е. Гмурман*. – М.: Высшая школа, 2004. – 404 с.

Поступила в редколлегию 30.10.2013

УДК 551.594.221

Влияние конфигурации системы электродов на распределение точек поражения плоскости длинной искрой / *Г. М. Колиушко, П. Н. Мельников, О. С. Недзельский, А. А. Петков, С. С. Руденко, А. Ю. Чернухин* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 60 (1033). – С. 57-70. – Бібліогр.: 6 назв.

У статті наведено результати експериментальних досліджень враження іскровим розрядом площини в різних системах електродів, моделюючих розряд блискавки в зоні орієнтації напрямку на об'єкт. Проведено аналіз розподілу точок враження, а також статистичних характеристик отриманих результатів та їх кореляції з геометрією моделюючої електродної системи.

Ключові слова: іскровий розряд, закон розподілу точок враження, система електродів.

The results of the experimental researches of injury of the plane by the spark discharge in the different electrode systems modeling the strike in the zone of the orientation of direction to the objects are presented in this paper. The effect of the side factors to the distribution of spark points and the statistical characteristics of the received results and their correlation with geometry of modeling simulative electrode system were analyzed.

Keywords: spark discharge, distribution function of spark points, electrode system.