



Р.М. Гизатуллин, М.С. Шкиндеров, Э.С. Константинов

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗРЯДА МОЛНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

(Казанский национальный исследовательский технический
университет имени А.Н. Туполева – КАИ)

Разряды молнии являются наиболее распространенными мощными источниками электромагнитных помех [1, 2, 3]. По приближенным подсчетам в земную поверхность каждую секунду ударяют около ста молний. Что касается возможных путей воздействия разряда молнии, в литературе [4, 5] выделяются три основных механизма воздействия: прямое воздействие; не прямое воздействие в ближней зоне; не прямое воздействие в дальней зоне.

В работе проведен анализ прямого воздействия разряда молнии на объекты молниезащиты зданий, насыщенных современными электронными системами и помехи, возникающие за счет смещения потенциала в зависимости от сопротивления системы заземления электронных средств.

Как показывают исследования [1, 2, 4, 6], разрядный ток молнии представляет собой совокупность двух экспоненциальных кривых:

$$i(t) = I_m \cdot k \cdot (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}),$$

где: I_m – максимальный ток разряда молнии (до 200 кА); k – корректирующий коэффициент; α , β – коэффициенты определяющие крутизну переднего и заднего фронтов тока разряда (рис. 1).

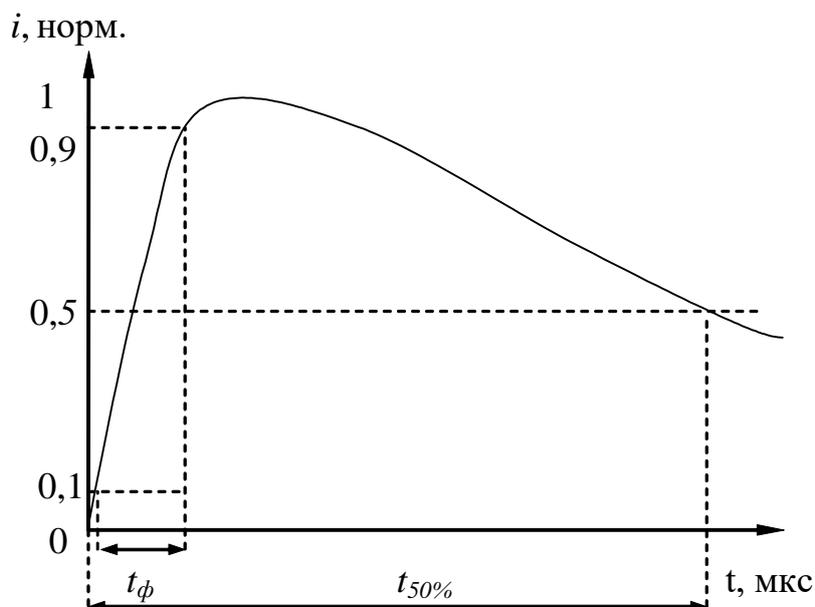


Рис. 1. Форма тока разряда молнии (нормированная)

При этом передний фронт и спад импульса тока могут варьироваться в широких пределах. При испытаниях на воздействие разряда молнии рекомендуется использовать шесть типов разрядного тока. Для каждого из этих форм



тока предлагаются свои значения параметров α , β и k для уравнения тока разряда (табл. 1) [6].

Таблица 1. Параметры математической модели тока разряда молнии

$t_{фр}$, мкс	$t_{50\%}$, мкс	$\alpha \cdot 10^{-4}$	$\beta \cdot 10^{-6}$	k
1,2	50	1,4732	2,0810	1,043
2,0	25	3,3687	1,0622	1,156
2,0	50	1,5292	1,1188	1,072
0,25	100	0,6986	10,840	1,005
1	200	0,3517	2,6727	1,010
10	350	0,2127	0,2461	1,051

Для решения задачи анализа электромагнитных помех при прямом воздействии разряда молнии в зависимости от сопротивления системы заземления электронных средств необходимо рассмотреть, по какому пути происходит стекание разрядных токов молнии (рис. 2).

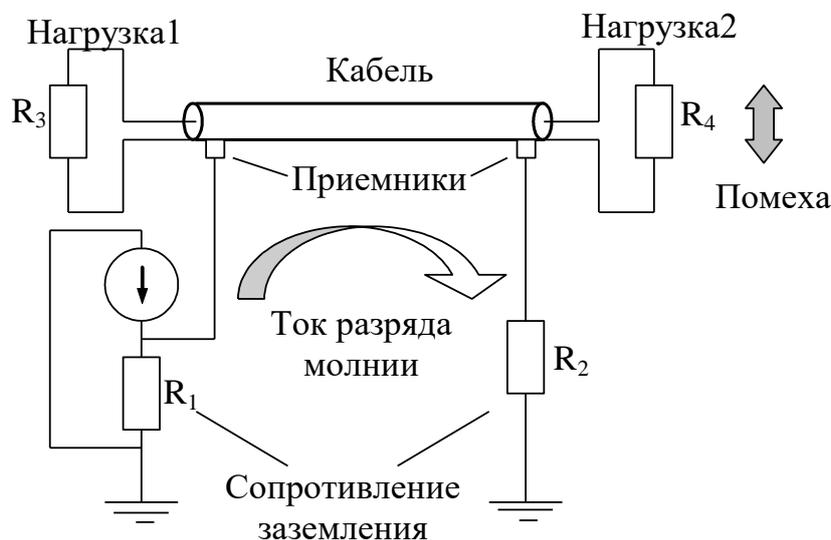


Рис. 2. Пути протекания токов разряда молнии

Первичные параметры коаксиального кабеля были использованы из [7]. На основе первичных параметров вычисляются вторичные параметры коаксиального кабеля (активное сопротивление, индуктивность, ёмкость проводников и оболочки), которые необходимы для создания эквивалентной схемы. В программном комплексе схемотехнического моделирования ПА-9 (аналог PSPICE) разработана эквивалентная схема. Как видим из рис. 2, одним из наиболее значимых факторов влияющих на величину помехи U_p при воздействии разряда молнии является сопротивление цепи заземления (рис. 3).

Максимальное значение разрядного тока молнии, которое рекомендуют при исследованиях рассматривать, до 200 кА при типе разряда 10-350 мкс. Возможность данного случая, в реальной ситуации, конечно очень маленькая (меньше 0,1 %), но, тем не менее, он возможен.

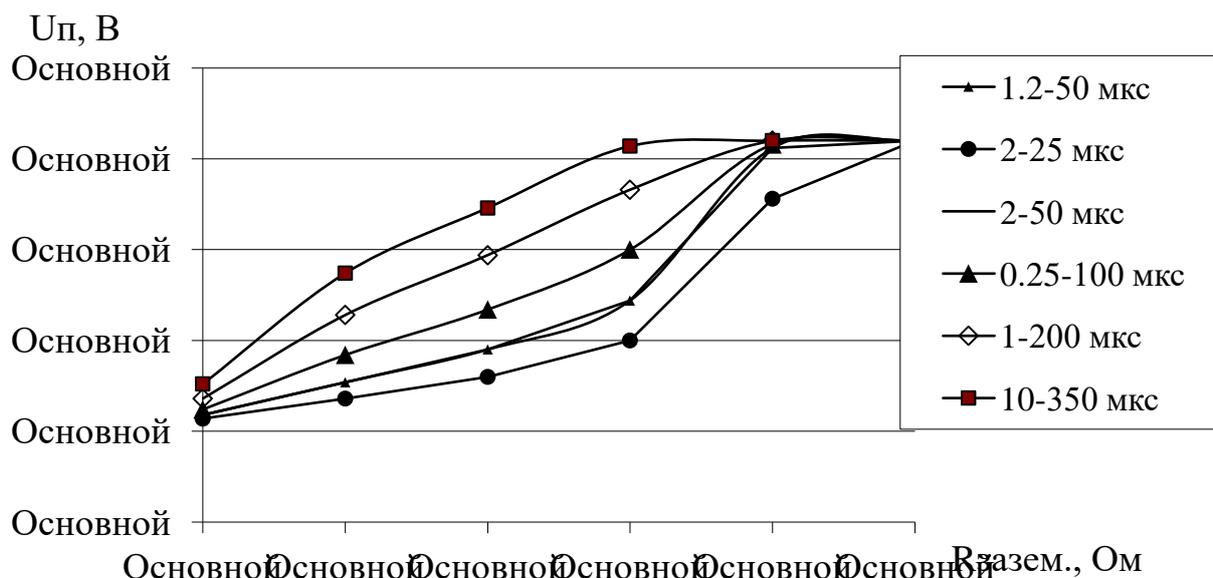


Рис. 3. Зависимость напряжения помехи от типа разрядного тока молнии и сопротивления заземления здания

Таким образом, по выполненной работе можно сделать следующие выводы: определена зависимость величины электромагнитной помехи на входе приемопередатчика ЭС при прямом воздействии разряда молнии от сопротивления заземления; величина помехи минимальна при минимальном значении сопротивления заземления (например для параметров разряда 1,2-50 мкс: при 0,1 Ом – 5,9 В; при 30 Ом – 21 В, но реально сопротивление заземления колеблется от 1-10 Ом); выявлен максимальный уровень величины электромагнитной помехи на входе приемопередатчика ЭС, который практически возможен; величина электромагнитной помехи может достигнуть – 133 В.

Данные исследования также актуальны для современных систем контроля управления доступом в здания [10, 11, 12, 13, 14], которые надёжно и эффективно должны выполнять свои функции при воздействии электромагнитных помех.

Литература

1. Augustyniak L.K. Lightning overvoltages in wiring systems of the building // Электромагнитная совместимость и электромагнитная экология: Сб. науч. докл. IV Междунар. симпозиума. – СПб., 2001. – С. 78–81.
2. Гизатуллин З.М. Анализ электромагнитной обстановки внутри зданий при воздействии разряда молнии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – №1-2. – С. 38-47.
3. Гизатуллин З.М. Технология прогнозирования и повышения электромагнитной совместимости цифровых электронных средств при внешних высокочастотных импульсных электромагнитных воздействиях // Технологии электромагнитной совместимости. – 2010. – №3. – С. 22-29.
4. Кравченко В.И., Болотов Е.А., Летунова Н.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.
5. Гизатуллин З.М., Фазулянов Ф.М., Шувалов Л.Н., Гизатуллин Р.М. Це-



лостность информации в USB флэш-накопителе при воздействии импульсного магнитного поля // Журнал радиоэлектроники. 2015. – №8. – С. 8.

6. Chavka G.G., Aniserowicz K. Analysis of time-domain characteristics and spectral parameters of selected models of lightning current // Электромагнитная совместимость и электромагнитная экология: Сб. науч. докл. IV Междунар. симпозиума. – СПб, 2001. – С. 65–70.

7. Tominaga T., Kawano H., Hattori M. Calculation of lightning surges inducing at equipment connecting with 10 Base–5 Cable // Proceedings of the IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. – Seattle, 1999. – pp. 660–665.

8. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Салимов Р.И. Моделирование электромагнитных помех в неэкранированной витой паре при внешних электромагнитных воздействиях // Журнал радиоэлектроники. – 2016. – №12. – С. 1.

9. Гизатуллин З.М., Набиев И.И., Шкиндеров М.С. Помехоустойчивость локальных вычислительных сетей при внешних электромагнитных воздействиях // Телекоммуникации. – 2017. – №2. – С. 41-47.

10. Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости систем контроля и управления при внешних электромагнитных воздействиях // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2016. – №2. – С. 26-37.

11. Гут Р.В., Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Методы ранговой фильтрации в системах видеонаблюдения // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 17. С. 71-73.

12. Шлеймович М.П., Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Медведев М.В. Выделение границ на изображениях на основе модели энергетических признаков вейвлет-преобразования // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, № 21. С. 103-107.

13. Ахметвалеев А.М., Катасёв А.С., Шлеймович М.П. Повышение эффективности обнаружения лица и глаз человека на видеоизображении в задачах бесконтактного выявления потенциально опасных лиц // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 4 (4). С. 519-522.

14. Тухбатуллин М.С., Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Распознавание динамических жестов на основе вычитания фона // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 18. С.164-166.