

Пропонується комп'ютерна модель електричних зв'язків між джерелом живлення, хмарою і землею. Підтверджено припущення про отрицательну полярність індукваного статичного імпульсу. Проаналізовано залежність величини імпульсу від параметрів джерела живлення. Запропоновано рекомендацію виробникам джерел живлення

Ключові слова: індукований імпульс, ємнісний дільник «хмара-кабель-земля», атмосферний розряд

Предлагается компьютерная модель электрических связей между источником питания, облаком и землей. Подтверждено предположение об отрицательной полярности индуцированного статического импульса. Проанализирована зависимость величины импульса от параметров источника питания. Предложена рекомендация производителям источников питания

Ключевые слова: индуцированный импульс, емкостный делитель «облако-кабель-земля», атмосферный разряд

The computer model of electric connections and atmospheric discharges between a SM Power Supply, cloud and ground is offered. Supposition about negative polarity of induction static impulse is confirmed. Dependence amplitude of impulse is analyzed by the parameters of Switch Mode Power Supply. Recommendation for the SM Power Supply designers is offered

Keywords: induction impulse, cloud, effect of capacity divizor «cloud-cable-ground», atmospheric discharge

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ НА МИКРОСХЕМАХ TOP24X К АТМОСФЕРНЫМ РАЗРЯДАМ

Ю. К. Шинкаренко*

А. Д. Меньяло

Доцент*

*Кафедра проектирования и эксплуатации электронных аппаратов

Харьковский национальный университет радиозлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: l-tech@list.ru

Введение

В настоящее время существует ряд систем видеонаблюдения с видеокамерами удаленными на сотни метров от источника питания и установленных за пределами железобетонных зданий. Как правило, кабель питания от источника к видеокамере прокладывают вдоль наружных стен, от здания к зданию, от крыши до крыши, от столба к столбу и т.д. Пятилетняя статистика отказов источников ТМ «L-tech» показывает что, около 70% случаев отказов связаны с электростатической индукцией разряда молнии на питающий камеры кабель и 10% с электромагнитной индукцией разряда молнии. Повреждения элементов устройства связанные с прямым попаданием молнии составляют всего лишь 0,5%. Остальные отказы приходятся на нарушение условий эксплуатации 18% и производственный брак 1,5%.

Источники ТМ «L-tech» представляют собой Flyback и Forward преобразователи на микросхемах се-

мейства TOP24X функционально и конструктивно адаптированных для питания видеокamer. Общим правилом в конструкции источников различных производителей является то, что эти источники выполняются по схеме с гальванически изолированной вторичной цепью по постоянному току, а по переменному току высокой частоты используется блокировочный высоковольтный (1-2кВ) конденсатор емкость 100пФ-10000 пФ.

При анализе повреждений блоков питания от атмосферных разрядов основными признаками, указывающими на индуцированный разряд молнии являются повреждение высоковольтного конденсатора и пробой выпрямительных диодов. При этом токопроводящие дорожки на плате, идущие к этому высоковольтному конденсатору, остаются неповрежденными. Как правило, все остальные элементы схемы остаются целыми.

Прямой разряд характерен испарением токопроводящих дорожек и образованием сантиметровых кана-

лов горения стеклотекстолита. Как правило, почти все элементы первичной цепи выходят из строя.

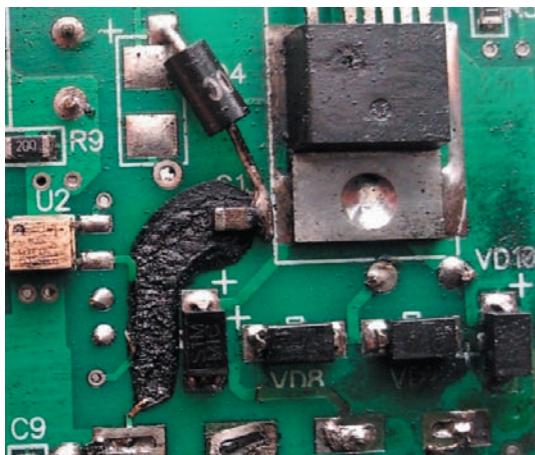


Рис. 1. Прямой разряд. Испарение 3-х сантиметровой дорожки, идущей к высоковольтному конденсатору C13, прогорание стеклотекстолита на глубину 1мм, повреждены все полупроводники первичной цепи

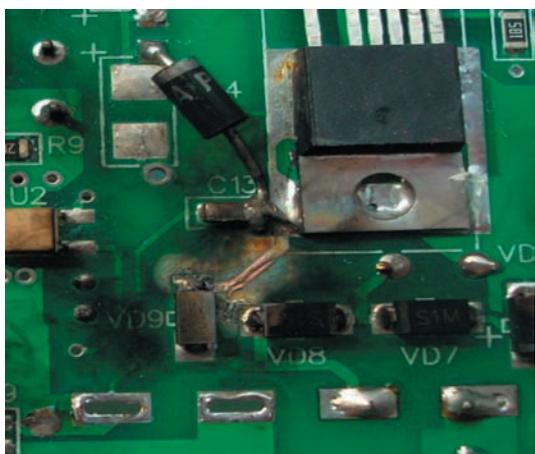


Рис. 2. Электростатический индуцированный разряд. Пробой конденсатора C13, дорожки конденсатора C13 целые, пробой диодов выпрямительного моста. Все остальные элементы, как правило, целые

На рис. 1. и рис. 2. приведены примеры повреждений модулей блоков питания вызванные прямым и индуцированным воздействием атмосферного разряда.

В связи с тем, что подавляющее количество отказов источников для видеокамер связана с электростатической индукцией разряда молнии на питающий камеры кабель, проанализируем это явление подробнее.

1. Анализ причин, приводящих к появлению высоковольтных зарядов и разрядов во вторичных цепях источников питания

Проанализируем типичный случай, когда кабель питания видеокамеры, идущий от источника питания изолирован по постоянному току от земли (например, кабель не заземлен и находится на определенной высо-

те над землей). Тогда очевидно, что на нем перед грозой и во время ее могут скапливаться высокие статические потенциалы.

Медленно накапливающийся статический потенциал и его скачкообразные изменения при удаленных от кабеля питания видеокамеры разрядах от сотен метров и до нескольких километров возможны благодаря эффекту емкостного делителя «облако-кабель-земля». Причины этого могут быть объяснены следующим образом.

Среднестатистическое грозовое облако, диаметром один километр движется на высоте двух километров с потенциалом нижней кромки 1МВ (мегавольт) относительно земли. В этом гигантском конденсаторе имеется статическая напряженность электрического поля порядка 500В/м, а разнесенный в пространстве кабель является средней точкой емкостного делителя «облако-кабель-земля».

То есть на изолированном от земли кабеле питания видеокамеры, расположенном на высоте 2м, будет накапливаться довольно высокий статический потенциал (теоретически до 1 кВ). Практически, с учетом токов утечек, этот потенциал будет на порядок ниже.

При разряде облака на другое облако или на землю потенциал облака, а следовательно и потенциал кабеля, скачкообразно изменится. Образовавшегося при этом в емкостном делителе «облако-кабель-земля» импульс с амплитудой около в несколько киловольт, предположительно отрицательной полярности, с большой вероятностью выведет источник питания из строя.

2. Моделирование механизма воздействия электростатической индукции разряда молнии на питающий кабель видеокамеры

Работа с меганатяжениями накладывает некоторые ограничения на постановку реального эксперимента, поэтому применим для исследований электронную модель емкостного делителя «облако-кабель-земля» в Workbench™ Multisim8™.

Исходными предпосылками для моделирования является следующее:

- в качестве модели процесса нарастания потенциала нижней кромки облака используем виртуальный генератор напряжения пилообразной формы с максимальным напряжением 1МВ частой 20Гц с временем нарастания 99% и временем спада 1%.
- для имитации статической напряженности электрического поля «облако-кабель-земля» используем резисторный делитель «облако-кабель» с виртуальным резистором R1-100 ГОм и «кабель-земля» виртуальный резистор R2-10МОм,
- для имитации емкостного делителя «облако-кабель-земля» используем емкостной делитель «облако-кабель» с виртуальным конденсатором C1-1пФ и «кабель-земля» с виртуальным конденсатором C2-100 пФ,
- контроль сигналов будем осуществлять с помощью виртуального двух лучевого осциллографа,

Разработанная резистивно-емкостная модель приведена на рис. 3

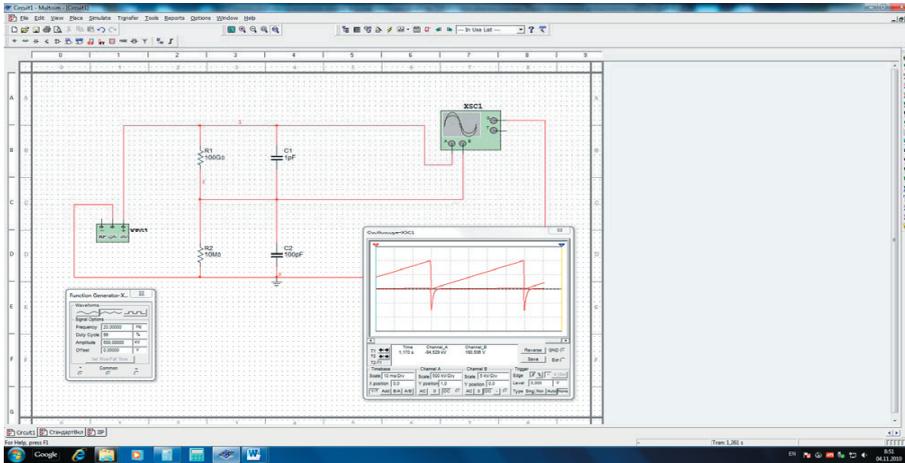


Рис. 3. Резистивно-емкостная модель процесса воздействия электростатической индукции разряда молнии на кабель «источник питания-видеокамера»

На осциллографе видны треугольные импульсы размахом 1МВ (канал А, «нижняя кромка облака») и импульсы отрицательной полярности размахом 7,5кВ (канал В, напряжение на «кабеле» относительно земли).

Параметры модели определяются исходя из следующих предпосылок:

- градиент электрического поля или напряженность поля создаваемого облаком моделируется резисторным делителем с определенным соотношением верхнего и нижнего резистора. В нашем случае для получения имитации напряженности поля порядка 50В/м на двухметровой высоте, напряжение в средней точке делителя должно быть около 100В при напряжении облака 1МВ,
- емкость отрезка кабеля длиной 30м, расположенным под облаком размером 1000м на 1000м и высотой нижней кромки над землей 2000м, рассчитанной по формуле, составляет около 1 пФ

$$C = \frac{0,24l}{lg \frac{4h}{d}}$$

где l - длина кабеля питания в метрах, h - расстояние от нижней кромки облака до кабеля в метрах, d - диаметр жилы кабеля.

Примем эту емкость как виртуальный конденсатор С1.

- емкость отрезка кабеля длиной 30м расположенным над поверхностью земли и вы-

сотой над землей 2м рассчитанной по аналогичной формуле составляет около 2 пФ. Однако с учетом конструктивной паразитной емкости между первичной цепью источника и вторичной (емкость между обмотками силового трансформатора, радиоэлементами и т.д.) которая составляет в среднем 80-120 пФ, примем для моделирования величину емкости виртуального конденсатора С2 -100пФ.

Разработанная модель была всесторонне исследована с точки зрения влияния ее отдельных параметров, как на величину, так и на форму соот-

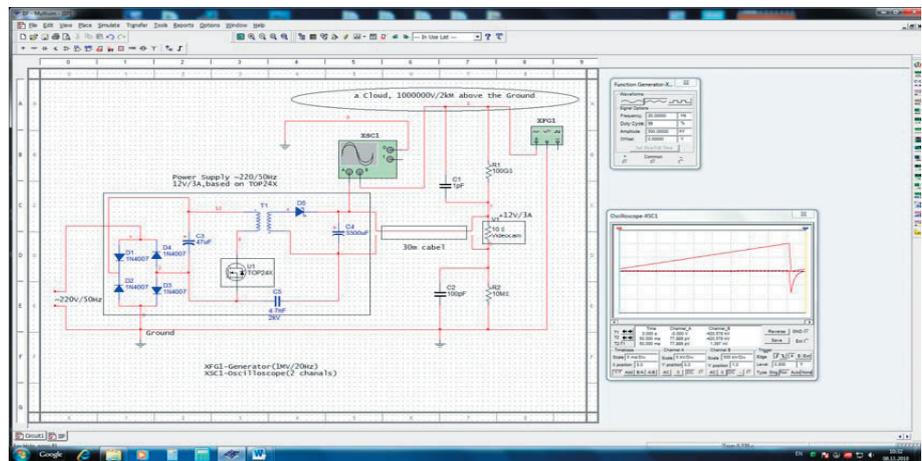


Рис. 4. Резистивно-емкостная модель процесса воздействия электростатической индукции разряда молнии на источник через кабель «источник питания-видеокамера» длиной 30м. Учтены наличие реальных радиоэлементов источника питания первичной, вторичной цепи и наличия «зануления» через один из контактов питания ~220В/50Гц

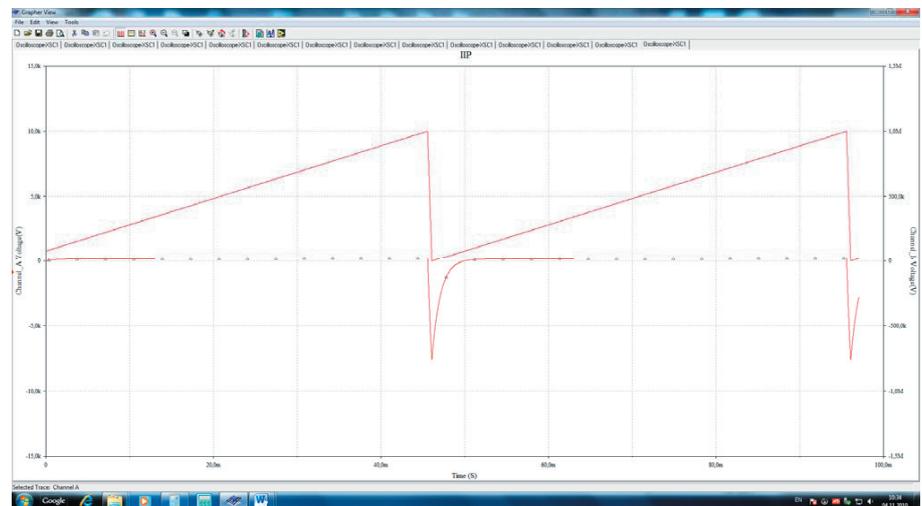


Рис. 5. Осциллограмма работы резисторно-емкостного делителя «облако-кабель-земля». Размах импульса отрицательной полярности 7,5кВ(канал А) при разряде С1 -1пФ напряжением 1МВ(канал В)

ветствующих сигналов. Один из вариантов результатов моделирования приведен на рис. 4. Осциллограмма работы этой модели показана на рис. 5.

Обращает на себя внимание импульсы отрицательной полярности (как и предполагалось) с амплитудой 7,5кВ, что превышает пробивные напряжения для элементов схемы блока питания.

3. Выводы

После получения результатов моделирования процессов электростатической индукции разряда молнии на блоки питания видеокамер в “Workbench-Multisim8” и анализируя соответствующие осциллограммы обнаруживаются следующие закономерности:

- паразитный импульс, воздействующий на выходные цепи блока питания всегда отрицательной полярности (это объясняет почему почти у всех сгоревших источников пробиты только диоды выпрямительного моста D4 и D3),
- размах импульса зависит от емкости облако-кабель, т.е от длины кабеля,
- размах импульса зависит от сопротивления виртуального резистора R2, имитирующего высоту монтажа кабеля. Зависимость влияния R2 на размах приведено на рис. 6,
- размах импульса существенно зависит от виртуального конденсатора C2, имитирующего емкость между первичной и вторичной цепью источника питания. Зависимость влияния C2 на размах приведено на рис. 7.



Рис. 6. Зависимость сопротивления R2 на размах импульса



Рис. 7. Зависимость емкости C2 на размах импульса

Осциллограмма, показанная на рис.5, подтверждает, что при паразитной емкости между первичной и вторичной обмоток 100пФ и сопротивлении 10МОМ импульсы отрицательной полярности будут иметь амплитуду 7,5кВ, что превышает пробивные напряжения для элементов схемы блока питания. Для решения этой проблемы можно рекомендовать производителям источников питания обеспечивать оптимальными сопротивлением и емкостью между «нулем» и вторичной цепью.

Литература

1. А. Кисельков, Е. Кочетков НПО “Защита информации”.
2. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. ГОСТ Р МЭК 60065-2002. Аудио-, видео- и аналоговая электронная аппаратура. Требования безопасности.
4. ГОСТ Р 50009-2000. Технические средства охранной сигнализации. Требования и методы испытаний.
5. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
6. ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
7. СО-153-34.21.122-2003. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».
8. Л. В. Казанцева «Пособие по выполнению заземления и уравнивания потенциалов оборудования информационных технологий. Меры защиты от электромагнитных воздействий». ОАО «НИИ Проектэлектромонтаж», - М., 2004.
9. А. Л. Зоричев. «Защита систем видеонаблюдения от грозовых перенапряжений» “СтройПРОФИль” 10. ИЕС-62305 «Защита от удара молнии». Части 1–5. 11. Rakov V.A., Uman M.A. Lightning: physics and effects. Cambridge, 2002.
12. MacGorman D.R., Rust W.D. The electrical nature of storms. Oxford, 1998.
13. Базелян Э.М., Райзер В.П. Физика молнии и молниезащиты. - М., 2001.