

УДК 621.3.048

Д.Ю.Скорлупин (6 курс, каф. ИЭиТВН), Г.С.Кучинский, д.т.н., проф.

МОЩНЫЕ ДВОЙНЫЕ ФОРМИРУЮЩИЕ ЛИНИИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ МИКРО- И НАНОСЕКУНДНОГО ДИАПАЗОНА

Для получения мощных импульсов высокого напряжения квазипрямоугольной формы микро- и наносекундного диапазона используются формирующие линии, работающие на согласованную низкоомную нагрузку. Такие импульсы используются для накачки мощных газовых лазеров, питания ускорителей заряженных частиц и др. Для этих целей часто используются коаксиальные или полосковые формирующие линии, выполняемые на полное зарядное напряжение и имеющие большую толщину твердого или жидкого диэлектрика, относительно малую рабочую напряженность, большие объемы и стоимость.

В СПбГПУ были разработаны мощные искусственные формирующие линии, выполняемые на основе секций импульсных конденсаторов, и имеющие, благодаря большому числу секций, соединенных последовательно, малую толщину диэлектрика секций, большую рабочую напряженность, высокую удельную энергию, малые габариты и стоимость.

При работе обычных линий на согласованную нагрузку, равную волновому сопротивлению линии, амплитуда импульса напряжения на нагрузке равна половине зарядного напряжения. Это часто вызывает значительные конструктивные и эксплуатационные трудности при достаточно высоком напряжении на нагрузке, так как зарядное напряжение должно быть в два раза выше. Эти трудности могут быть ослаблены при применении двойных формирующих линий, в которых напряжение на нагрузке равно зарядному напряжению линии. Так как такая линия состоит из двух формирующих линий, то при последовательном их расположении длина двойной формирующей линии получается достаточно большой, что вызывает определенные конструктивные неудобства. В связи с этим такие двойные формирующие линии часто имеют двухярусное расположение линий. При использовании двойных формирующих линий форма импульса на нагрузке к сожалению значительно сильнее отличается от прямоугольной, чем в простой формирующей линии (рис. 1а).

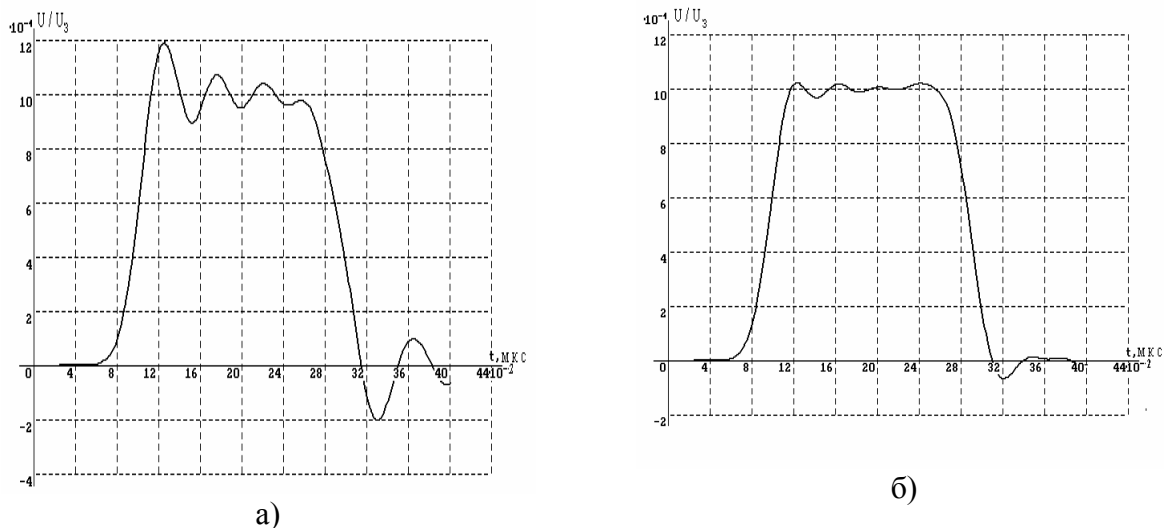


Рис. 1. Формы импульсов на сопротивлении нагрузки для двойной формирующей линии, состоящей из 2×8 ячеек: а — однородная линия; б — линия с оптимизированными параметрами.

В связи с этим в работе была произведена попытка улучшить форму импульса на нагрузке путем использования неоднородной формирующей линии и оптимизации параметров ячеек такой линии. Оптимизация производилась методом минимизации площади, возникающей как разность площадей прямоугольного и получаемого импульсов для рассматриваемых параметров схемы. На рис. б приведена форма импульса на нагрузке, полученная для оптимизированной двойной формирующей линии. В процессе оптимизации двойной формирующей линии, состоящей из 2×8 ячеек, были получены оптимизированные значения параметров ячеек, приведенные в табл. 1. В этой таблице ячейки нумеруются от нагрузки к закорачиваемому концу – в первой линии или к разомкнутому концу – во второй линии, а L_0 и C_0 – индуктивность и емкость однородных двойных формирующих линий.

Таблица 1. Оптимизированные параметры ячеек двойной формирующей линии, состоящей из 2×8 ячеек.

Закорачиваемая линия								
k	1	2	3	4	5	6	7	8
L_k / L_0	0,20	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,18
C_k / C_0	0,23	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,20
Незакорачиваемая линия								
k	1	2	3	4	5	6	7	8
L_k / L_0	0,10	0,10	0,10	0,11	0,115	0,125	0,135	0,18
C_k / C_0	0,10	0,10	0,10	0,11	0,115	0,125	0,135	0,18

Из табл. 1 следует, что в оптимизированной двойной формирующей линии для закорачиваемой линии следует увеличивать индуктивности и емкости первой и последней ячеек. Для незакорачиваемой линии индуктивности и емкости ячеек должны плавно увеличиваться, начиная с середины линии по мере удаления от нагрузки. При этом для обеих линий волновые сопротивления ячеек должны оставаться практически неизменными.

Результаты исследования также показали, что методом оптимизации параметров можно добиться существенного улучшения формы импульса на нагрузке в двойной формирующей линии. Однако при двухярусном расположении линий возникает взаимдукция между

контурами линий, расположенных друг над другом. Влияние этой взаимоиндукции на форму импульса подлежит дальнейшему исследованию.

Таким образом, при создании мощных формирующих линий высокого напряжения для уменьшения зарядного напряжения целесообразно использовать двойные формирующие линии. Однако форма импульса на согласованной нагрузке в двойной формирующей линии получается значительно хуже, чем в обычной формирующей линии.

Использование двойных формирующих линий с оптимизированными параметрами ячеек позволяет существенно улучшить форму импульса на нагрузке.

Для оптимизации параметров ячеек двойной формирующей линии для закорачиваемой линии следует увеличивать индуктивности и емкости первой и последней ячеек. Для незакорачиваемой линии индуктивности и емкости ячеек должны плавно увеличиваться, начиная с середины линии по мере удаления от нагрузки. При этом для обеих линий волновые сопротивления ячеек должны оставаться практически неизменными.