

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ МАГНИТНОЙ КОМПРЕССИИ

Патраков В.Е.¹

¹) Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: patrakov@iep.uran.ru

NUMERICAL INVESTIGATION OF PARALLEL-PLATE MAGNETIC COMPRESSION LINE

Patrakov V.E.¹

¹) Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Magnetic compression lines (MCLs) are novel picosecond pulsed power devices. Recently it has been found that pulse duration in MCL is greatly influenced by the dispersion of its dominant TM₀₀ mode. In this work we investigate the possibility of designing MCLs using other dispersive types of lines.

Линии магнитной компрессии (MCL от англ. Magnetic Compression Lines) являются перспективными устройствами мощной импульсной техники, позволяющими формировать сверхмощные электрические импульсы нано- и пикосекундной длительности. Конструктивно MCL представляет из себя коаксиальную линию передачи, заполненную ферритом, при прохождении по которой высоковольтного импульса происходит его сжатие во времени и увеличение его мощности. Самый мощный импульсный генератор, использующий MCL, разработан в Институте электрофизики УрО РАН и состоит из наносекундного драйвера S-500, основанного на SOS-диодах, и четырёх каскадно включенных ступеней MCL [1]. Параметры импульса составляют: импульсная мощность до 100 ГВт, напряжение на нагрузке 50 Ом более 2 МВ, длительность импульса менее 100 пс. На сегодняшний день этот генератор является самой мощной в мире импульсной системой пикосекундного диапазона.

Процессы, лежащие в основе работы линий магнитной компрессии, на настоящий момент находятся в стадии изучения. Важным для их понимания методом исследования является численное моделирование MCL с использованием полноволновых электродинамических моделей. Расчёты на основе таких моделей [1,2] показывают, что важным фактором, влияющим на работу MCL, является наличие в ней двух радиально расположенных слоёв диэлектрика, в качестве которых выступают трансформаторное масло и феррит. Показано, что такая конструкция, традиционно применяемая исключительно с целью повышения электрической прочности линии, оказывает сильнейшее влияние на параметры выходного импульса в MCL, и приводит к прямой связи поперечных размеров MCL и длительности выходного импульса. Это связано с дисперсионными свойствами основной волны (TM₀₀) в такой линии, а именно с

тем, что высокочастотные составляющие спектра импульса внедряются в ферритовый слой и распространяются с более низкой фазовой скоростью.

Из техники СВЧ известно, что описанное дисперсионное поведение характерно для многих типов двухслойных линий передачи [3], в связи с чем возникает вопрос о возможности создания МСЛ на основе каких-либо других типов линий помимо коаксиальной. Простейшим типом линии передачи, обладающим необходимым типом дисперсии, является двухслойная полосковая линия, то есть линия из двух параллельных металлических пластин, заполненная двумя разнородными диэлектриками. Поэтому в данной работе была составлена и исследована модель МСЛ, выполненной на основе двухслойной полосковой линии. Результаты моделирования (рис. 1) показывают, что в такой линии также наблюдается компрессия импульсов, аналогичная традиционным коаксиальным МСЛ. Рассчитаны коэффициенты компрессии импульсов и зависимость длительности импульса от поперечных размеров линии. В результате показано, что для работы МСЛ коаксиальное исполнение не является необходимым. Эта информация может быть полезна при создании новых устройств и при построении аналитической теории формирования импульса в МСЛ.

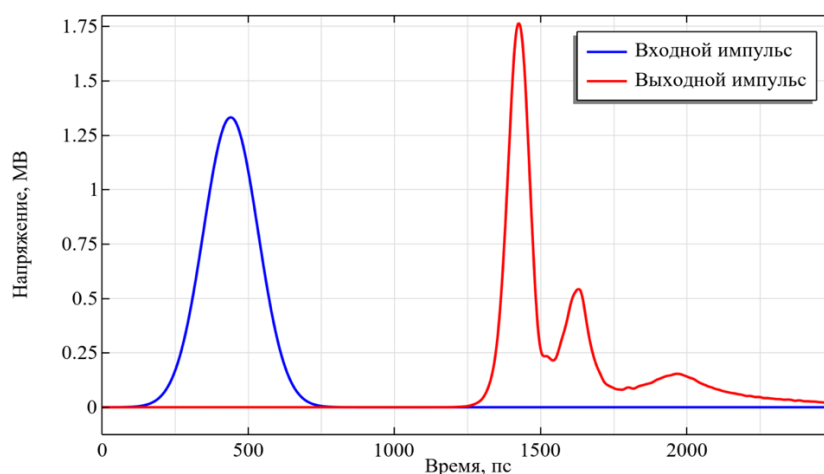


Рис. 1. Расчётные осциллограммы входного и выходного импульса в полосковой МСЛ

1. Педос М. С. и др. Пикосекундный магнитный компрессор гигаваттного уровня мощности // Proceedings of 8th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, с. 382 (2022).
2. Patrakov V., Rukin S. Computer simulation of multi-gigawatt magnetic compression lines // Proceedings of 8th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, с. 606 (2022).
3. Семёнов Н. А. Техническая электродинамика. М.: Связь (1973).