

Таким образом, в данной работе представлены теоретические основы для нахождения оценки распределения ЭМП в РК с прямоугольным корпусом и механическим перемешиванием типов волн.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417 X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bruns C. A closer look at reverberation chambers – 3D-simulation and experimental verification / C. Burns, R. Vahldieck // IEEE Trans. on Electromagn. Compat. – 2005. – Vol. 45, №1. – P. 117–119.
2. Demakov A.V. Improved TEM-cell for EMC tests of integrated circuits / A.V. Demakov, M.E. Komnatov // Proc. of IEEE Intern. multi-conf. on engineering, computer and information sciences (Novosibirsk, Akademgorodok, Russia, 18–24 Sep. 2017). – Novosibirsk, 2017. – P. 399–402.
3. Terman F.E. Radio Engineer's Handbook. – McGraw-Hill Book Company, 1943.
4. Hill D.A. Electromagnetic Fields in Cavities: Deterministic and Statistical Theories. – Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
5. Amador E. Source stirring analysis in a reverberation chamber based on modal expansion of the electric field / E. Amador, P. Besnier // IEEE Int. Symp. on Electromagn. Compat. – Aug. 16–22, 2015. – P. 434–439.
6. Andrieu G. Analytical Model of a Mechanically Stirred Reverberation Chamber Based on EM Field Modal Expansion. / G. Andrieu, A. Soltane, A. Reineix // IEEE Int. Symp. on Electromagn. Compat. – Sept. 5–9, 2016. – P. 217–222.

ВЫЯВЛЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ СИГНАЛА В ДВУХВИТКОВОЙ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ

Рустам Р. Газизов, студент каф. БИС;

Руслан Р. Газизов, м.н.с. НИЛ «БЭМС РЭС», аспирант каф. ТУ

С развитием радиоэлектронной аппаратуры повышаются требования к обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). Поэтому важны выявление и локализация экстремумов сигнала в многопроводных линиях передачи (МПЛП), поскольку их результаты могут быть полезны для определения мест возможных паразитных взаимодействий и излучений, чтобы своевременно принять меры по их устранению для обеспечения ЭМС. Теоретические основы и алгоритм квазистатического вычисления отклика вдоль каждого проводника каждого отрезка МПЛП приведены в [1, 2] и здесь опускаются.

Ранее были выполнены исследования по выявлению и локализации экстремумов сигнала в двухвитковой [3] и одновитковой [4] меандровых линиях, а также в шине печатной платы системы автоном-

ной навигации [5]. Однако вычисления выполнялись без учета потерь в проводниках и диэлектриках.

Цель данной работы – исследовать влияние потерь в проводниках и диэлектриках на выявление и локализацию экстремумов сигнала в двухвитковой меандровой линии.

В качестве исследуемой структуры выбрана двухвитковая меандровая линия, исследованная в [3]. Принципиальная схема линии изображена на рис. 1. На концах каждого проводника включены сопротивления 50 Ом. В качестве воздействия использован сверхкороткий импульс в форме трапеции с длительностями фронтов и вершины по 100 пс с амплитудой ЭДС 1 В.

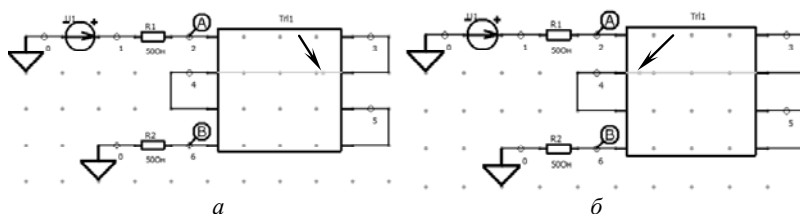


Рис. 1. Принципиальная схема двухвитковой меандровой линии в системе TALGAT с локализацией максимума (*а*) и минимума напряжения (*б*)

Формы напряжений, вычисленные вдоль проводников линии с учетом потерь, представлены на рис. 2, *а*, а без учета – на рис. 2, *б*, где (U_b) – форма напряжений в начале линии, (U_e) – в конце, (U_{max}) – с максимальным значением напряжения, а (U_e) – с минимальным.

Поскольку вычисленные формы напряжений с учетом и без учета потерь практически полностью совпадают, то целесообразно сравнить формы с их экстремумами более детально. Для наглядного сравнения отдельно представлены формы напряжений, вычисленные в меандровой линии с максимальным (рис. 3, *а*) и минимальным значениями напряжения (рис. 3, *б*), где U_{max} – форма напряжения с максимумом без потерь, $U_{max loss}$ – с потерями, U_{min} – форма напряжения с минимумом без потерь, $U_{min loss}$ – с потерями.

Из рис. 3 *а* видно, что без учета потерь выявлен максимум напряжения, равный 0,573 В, а с учетом потерь – 0,563 В. Рисунок 3, *б* показывает, что без учета потерь минимум напряжения равен минус 1,78 В, а с их учетом – минус 1,61 В. Отличие в амплитудах для максимумов составляет 0,01 В (1,7%), а для минимумов – 0,17 В (10%). Кроме того, следует отметить, что их локализация не изменяется, а именно, максимум локализован в сегменте два 2-го полувитка, а минимум – в сегменте 18 второго полувитка (показано на рис. 1 стрелками).

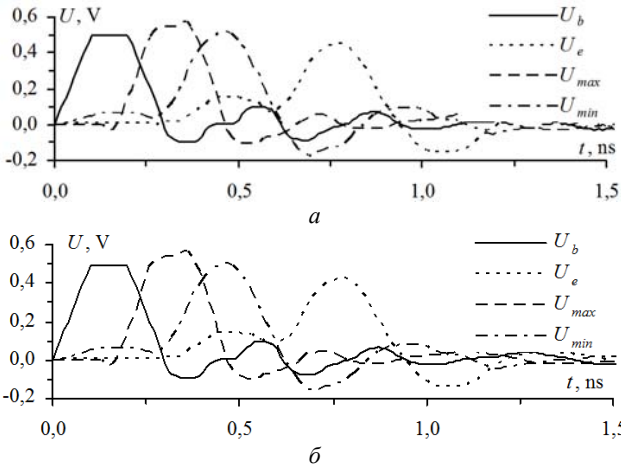


Рис. 2. Формы напряжений, вычисленные в меандровой линии без учета потерь (а) и с потерями (б)

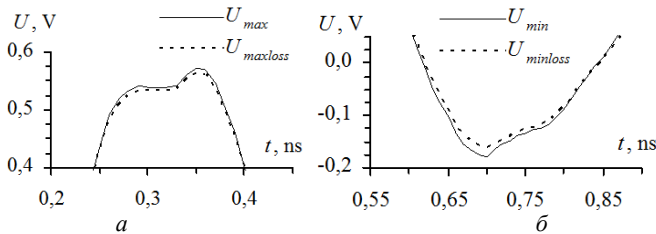


Рис. 3. Формы напряжений с максимумом (а) и минимумом (б)

Таким образом, учет потерь незначительно влияет на амплитуду максимума, однако довольно сильно – на амплитуду минимума. Малое влияние потерь на амплитуду максимума вызвано, вероятнее всего, малыми геометрическими размерами тестовой схемы. В дальнейшем целесообразно проверить, как повлияет учет потерь при изменении геометрических параметров линии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417 X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Achar R., Nakhla M.S. Simulation of high-speed interconnects // Proc. IEEE. – 2001. – Vol. 89, No. 5. – P. 693–728.
2. Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Временной отклик многопроводных линий передач. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 152 с.

3. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Орлов П.Е. Локализация максимумов сигнала в многопроводных линиях передачи печатных плат с помощью системы TALGAT // Докл. ТУСУРа. – 2015. – № 4(38). – С. 153–156.

4. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Газизов Т.Т. Исследование распространения сверхкороткого импульса в микрополосковой С-секции при изменении зазора между связанными проводниками // Докл. ТУСУРа. – 2016. – № 1 (19). – С. 79–82.

5. Газизов Р.Р., Газизов Т.Т. Исследование локализации пиковых значений сигнала в печатной плате системы автономной навигации // Инфокоммуникационные технологии. – 2017. – Т. 15, №2. – С. 170–178.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ TVS-СБОРКИ НА ЯВЛЕНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В ОТРЕЗКАХ ДВУХПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ

А.О. Губин, магистрант каф. ТУ

Научный руководитель А.М. Заболоцкий, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, nzrv1955@bk.ru

Современное общество во многом стало зависеть от всевозможных радиоэлектронных средств (РЭС), в том числе и средств вычислительной техники. При этом возникает высокий риск потери информации или управления над важными объектами инфраструктуры из-за влияния электромагнитных воздействий на РЭС. Одной из частых причин возникновения критических ситуаций, связанных с нарушением качества функционирования РЭС, может стать электромагнитное воздействие по сети электропитания [1].

Известно явление модального разложения и последующего восстановления импульса (РПВИ) [2]. Суть этого явления заключается в том, что до защитного прибора (ЗП), включенного между сигнальным и общим проводниками, опасный импульс может разложиться в линии передачи на импульсы меньшей амплитуды из-за различия скоростей распространения мод. В качестве защитного прибора могут использоваться TVS-диоды и их сборки, они обычно используются для защиты сетевых и вычислительных систем и размещаются на входе разъема или на входе чувствительных компонентов интегральной схемы. Тогда напряжение на ЗП будет ниже порога его срабатывания, и он не выполнит свою функцию, а затем произойдет восстановление импульсов в исходный из-за одновременного прихода мод к концу отрезка.