

В.С. МУХАМБЕТЖАНОВА, магистрант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
Р.Р. ГАЗИЗОВ, мл. науч. сотр. НИЛ «БЭМС РЭС»,
аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ НОРМЫ N_2 ВДОЛЬ АКТИВНОГО ПРОВОДНИКА ШИНЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

С помощью нормы N_2 исследуется шина печатной платы. Показано изменение значения нормы N_2 вдоль активного проводника. Выявлено максимальное значение нормы N_2 .

С развитием радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) повышается плотность монтажа ее внутренних конструкций, а также наблюдается рост частот полезных и помеховых сигналов [1]. В этой связи важна диагностика возможных сбоев или отказов разрабатываемой РЭА с помощью имитационного моделирования еще на стадии проектирования [2]. Это особенно актуально для печатных плат (ПП), поскольку их проводники, в общем случае, расположены произвольно. Важны выявление и локализация экстремумов сигналов, так как их результаты могут быть полезны для определения мест возможных паразитных взаимодействий и излучений, чтобы принять необходимые меры по их устранению [3]. Одним из критериев такой диагностики могут быть N -нормы [4].

Ранее были разработаны методика и алгоритмы выявления и локализации экстремумов сигнала [5], реализованные в системе компьютерного моделирования TALGAT, и выполнен ряд исследований с использованием реализованной функциональности. Не так давно в данной системе была разработана новая возможность вычисления амплитудных критериев во временной области, а именно – выявления специальных N -норм, используемых для определения пределов восприимчивости элементов линии передачи [6] (N_2 – дуговой пробой, N_3 – пробой диэлектрика, N_4 – повреждение оборудования, N_5 – выгорание компонента). Разработанные методика и алгоритм [5] основаны на вычислении N_1 . Если моделирование по вычислению N_1 (выявлению и локализации максимумов сигнала) в шине ПП

выполнено в большом объеме, то исследования с использованием остальных норм не выполнялись. В частности, представляет интерес исследование того, как изменяется значение N_2 -нормы вдоль активного проводника шины ПП. Эта норма отражает возможность дугового пробоя и вычисляется как

$$N_2 = \left| \frac{\partial R(t)}{\partial t} \right|_{\max}.$$

Цель работы – определить значения нормы N_2 вдоль активного проводника шины ПП.

Для исследования взята шина ПП из работы [7]. Принципиальная схема шины показана на рисунке 1. Рассмотрен случай с длительностью воздействия в форме трапеции 159,3 пс. Выбор именно такого параметра воздействия основан на необходимости рассмотрения самой малой специфической длительности, полученной при использовании оптимизации генетическим алгоритмом по критерию максимизации пикового напряжения в этой же шине [8].

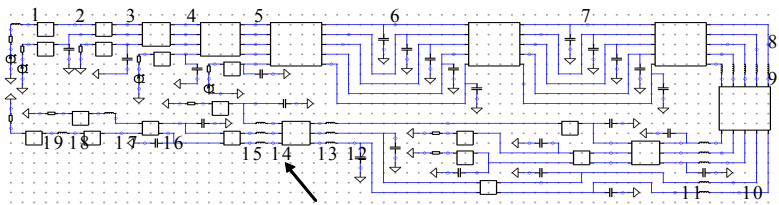


Рисунок 1. Принципиальная схема шины ПП

Вычислены значения нормы N_2 в каждом из 19 узлов (соединении отрезков линий передачи) вдоль активного проводника (рисунок 2).

Из рисунка 2 видно, что значения нормы N_2 увеличиваются в узлах 6, 9 и 14. Максимальное значение $1,43 \cdot 10^{10}$ наблюдается в узле 14. Она на 8% превышает значение N_2 в начале линии. На рисунке 1 стрелкой указан узел, который является наиболее критичным. Это означает, что наибольшая вероятность дугового пробоя наблюдается в этом узле.

Таким образом, в работе выполнено исследование по выявлению уязвимостей вдоль активного проводника в шине ПП с помощью нормы N_2 . Далее представляет интерес провести исследования значений N_3 – N_5 вдоль проводников этой шины.

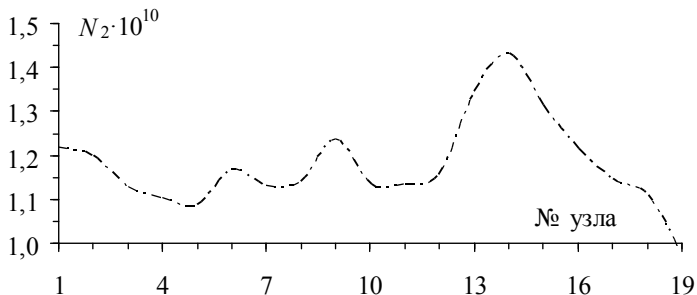


Рисунок 2. Значения нормы N_2 вдоль активного проводника

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khan Z.A. A novel transmission line structure for high-speed high-density copper interconnects // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Tech. June 09, 2016. Vol. 6. P. 1077–1086.
2. Roy S., Dounavis A. Efficient modeling of power/ground planes using delay-extraction-based transmission lines // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology. April 21, 2011. Vol. 1. P. 761–771.
3. Tan X., Li X.C., Mao J. Time-domain analysis of noise coupling between package and PCB power/ground planes based on WLP-FDTD // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology. January 10, 2017. Vol. 7. P. 269–275.
4. Газизов Т.Р. Уменьшение искажений электрических сигналов в межсоединениях и влияний преднамеренных силовых электромагнитных воздействий: дис. д-ра техн. наук. Томск, 2010. 357 с.
5. Газизов Р.Р. Методика и алгоритмы для выявления и локализации экстремумов сигнала в многопроводных линиях передачи // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 4. С. 1–14. Режим доступа: <http://scs.intelgr.com/archive/2017-04/01-Gazizov.pdf>.
6. Baum C. Norms and Eigenvector norms // Mathematics Notes. 1979. Vol. 63.
7. Gazizov R.R., Gazizov R.R., Gazizov T.R. Use of evolution strategy in identifying the worst case effects of ultrashort pulse

propagation in PCB bus of spacecraft autonomous navigation system // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Moscow, Russia, 2018. Pp. 1–4.

8. Influence of ultrashort pulse duration on its peak values localization in PCB of spacecraft autonomous navigation system / R.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky, T.T. Gazizov, A.O. Belousov // 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. (Erlagol, Altai. 30 June–4 July). Erlagol. 2017. P. 69–74.

B.S. Mukhambetzhanova, R.R. Gazizov

Calculation of norm N_2 values along the active conductor of printed circuit board bus

With the help of norm N_2 the printed circuit board bus is investigated. The change of the norm N_2 value along the active conductor is shown. The maximum value of norm N_2 is revealed.

mukhambetzhanova.95@gmail.com