

4. Khan Z.A. A Novel Transmission Line Structure for High-Speed High-Density Copper Interconnects // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology. – 09 June 2016. – Vol. 6. – P. 1077–1086.

5. Chang Chia-Han. Bended Differential Transmission Line Using Compensation Inductance for Common-Mode Noise Suppression / Chia-Han Chang, Ruei-Ying Fang, Chun-Long Wang // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology. – 25 April 2012. – Vol. 2. – P. 1518–1525.

6. Lin D.-B. Using Stepped-Impedance Lines for Common-Mode Noise Reduction on Bended Coupled Transmission Lines / D.-B. Lin, Ch.-P. Huang, H.-N. Ke // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 30 March 2016. – Vol. 6. – P. 757–766.

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ: ОБЗОР

Д.Т. Нурахмет, студент

*Научный руководитель П.Е. Орлов, доцент кафедры ТУ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, nurakhmet1995@gmail.com*

Рассмотрены исследование и классификация источников преднамеренных электромагнитных помех [1]. Предлагаются определения, применяемые для классификации доступных источников с точки зрения их мобильности, технологического развития и уровня стоимости, с тем чтобы увидеть тенденции в развитии источников.

Оценка уязвимости критических систем к преднамеренным электромагнитным помехам вызвала значительный интерес в ЭМС сообществе за последнее десятилетие [2, 3]. Поскольку преднамеренные электромагнитные воздействия (ПДЭМВ) подразумевают использование мощных сигналов неприродного происхождения, то целесообразно начать изучение данного вопроса с исследования сверхширокополосных генераторов.

Целью данной работы – выполнить анализ потенциальных источников ПДЭМВ.

Для решения поставленной цели рассмотрены следующие вопросы:

1. Какова ожидаемая форма сигнала напряжения, которая может быть введена в кабели исследуемого объекта.
2. Какие параметры сигналов в частотной области, которые будут облучать объект.
3. Возможность перемещения источников ПДЭМВ непосредственно к объекту воздействия.
4. Сколько денежных средств потребуется злоумышленнику для приобретения ПДЭМВ источника.

Гипердиапазонный/субгипердиапазонных генератор это сверхширокополосный генератор (например, [4]), формирующий одиночный импульс, который может быть представлен формой сигнала, показанной на рис. 1, а [1]. Этот сигнал описывается следующими параметрами: пиковая амплитуда; время до пика; время нарастания по уровням 10–90%; полная ширина по половине от максимума; пиковая производная. Нужно отметить, что форма сигнала во временной области $R(t)$ была усечена, чтобы проиллюстрировать её существенные характеристики.

Частотный спектр может быть оценен путем вычисления преобразования Лапласа вдоль мнимой оси j или путем прямого вычисления преобразования Фурье от формы сигнала во временной области. Рассмотрим иллюстрацию частотного спектра формы затухающей синусоиды на рис. 1, б.

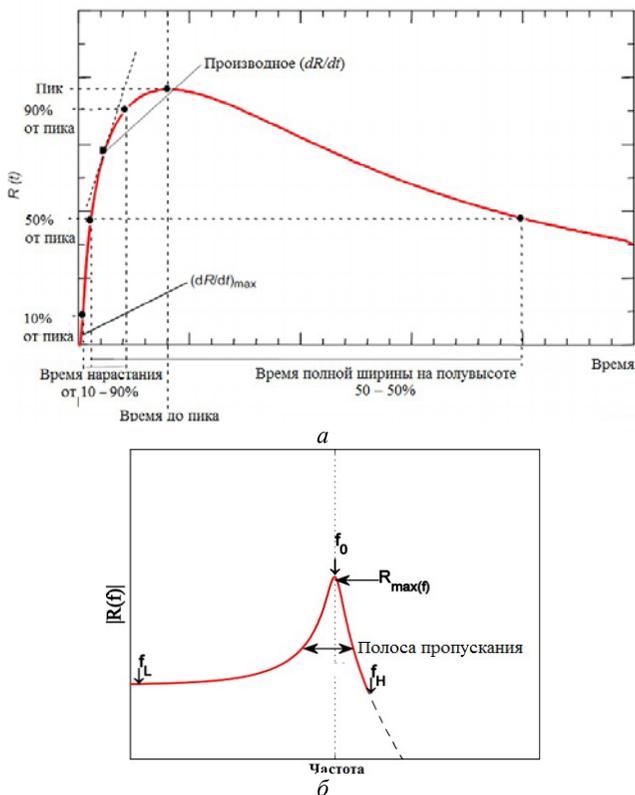


Рис. 1. Иллюстративный график монополярного импульса (а); иллюстрация частотного спектра затухающей синусоиды (б)

Центральная частота (f_0) является частотой с максимальным значением амплитуды спектра помехового сигнала. Для сигнала, имеющего несколько локальных максимумов в спектре, нельзя однозначно определить одну центральную частоту. В этом случае термин «резонансные частоты» используется для обозначения точек, где оцениваются локальные максимумы в спектре помехового сигнала. Низко- и высокочастотные пределы f_L и f_H определены как наименьший интервал, в котором содержится 90% энергии [2].

Международный союз электросвязи (ITU) [4] предложил термин *портативность* для описания транспортируемости источников. Различают четыре уровня портативности:

1. Карманные или нательные: применяется к устройствам, которые могут быть скрыты на теле и/или в одежде человека.

2. Размера портфеля или рюкзака: относится к устройствам, которые слишком велики, чтобы быть скрытыми на человеческом теле и/или в одежде, но все еще достаточно малы, чтобы носить его например, в портфеле или рюкзаке.

3. Размера транспортного средства: относится к устройствам, которые слишком велики, чтобы транспортировать их человеком, но достаточно большие, чтобы их можно было скрыть в типичном потребительском автомобиле.

4. Размера трейлера: применяется к устройствам, которые слишком велики, чтобы переноситься человеком или скрываться в типичном потребительском автомобиле.

Среди всех критериев, которые были предложены в литературе для классификации доступности источников ПДЭМВ, возможно, самым простым является их стоимость. Сабат и Гербе предложили следующие разумные диапазоны в [5]:

1. Низкая стоимость менее (низкотехнологичные системы): до 1 тыс. €.

2. Умеренная стоимость (среднетехнологичные системы): от 1 тыс. € до 100 тыс. €.

3. Средняя стоимость (высокотехнологичные системы): от 100 тыс. € до 1 млн. €.

4. Высокая стоимость (высокосложные системы): более 1 млн. €.

В рассмотренных работах представлены исследования и классификация потенциальных источников ПДЭМВ. Установлено, что их цена и транспортабельность варьируются в относительно широкой полосе значений, а низкая стоимость (менее 1 тыс. €) делают подобные системы доступными.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Mora N., Vega F., Lugrin G., Rachidi F., Rubinstein M. Study and classification of potential IEMI sources // System and assessment notes. – Note 41. – July 8, 2014.
2. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility // Special Issue on high-power electromagnetic (HPEM) and intentional electromagnetic interference (IEMI). – August 2004. – Vol. 46, No. 3.
3. Thottappillil R., Mansson D., Backstrom M. Response of electrified railway facilities to intentional electromagnetic interference // In Electromagnetic Compatibility, 2008; Asia-Pacific Symposium on. – 2008. – P. 291–294.
4. ITU. High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems // In K. 81 ed. – 2009.
5. Sabath F., Garbe H. Risk potential of radiated HPEM environments // EMC 2009. IEEE International Symposium on. – 2009. – P. 226–231.

АКТУАЛЬНОСТЬ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАБОТУ ФИЛЬТРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

*Р.А. Сайтқулов, магистрант каф. ТУ
г. Томск, ТУСУР, grue95@gmail.com*

Фильтры электромагнитных помех (ЭМП), которые изготавливаются из резисторов, конденсаторов и индуктивностей, являются наиболее подходящим решением для уменьшения кондуктивных электромагнитных эмиссий. Существует ряд факторов, из-за которых может изменяться температура пассивных компонентов: внутренние потери энергии, нагрев печатной платы, нагрев окружающего воздуха, вызванный другими компонентами или изменением температуры окружающей среды. В работе [1] представлены важные результаты по влиянию температуры на работу фильтров ЭМП, показывающие актуальность его учета в проектировании фильтров ЭМП в критичной аппаратуре.

Цель работы – обратить внимание читателя на актуальность учета влияния температуры на работу фильтра ЭМП по результатам [1].

Для определения поведения параметров компонентов фильтра ЭМП используется векторный анализатор цепей (ВАЦ). Для изменения температуры компонентов при испытании используется термокамера. На рис. 1 приведена структурная схема установки для измерения модуля импеданса конденсатора при изменении температуры и зависимость модуля его импеданса, полученного из S -параметров, от частоты при изменении температуры от -40 °C до 140 °C.