



И.И. Набиев, М.М. Минегалиева

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОСЕКУНДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казанский федеральный университет)

Один из важных аспектов качественно нового обслуживания информационных процессов человеческой деятельности, в том числе и задач управления объектами авиакосмической техники, связан с использованием современных глобальных и локальных вычислительных сетей (ЛВС). Данные отношения предъявляют повышенные требования к надежности, своевременности и достоверности передачи информации в ЛВС, без которых невозможно эффективное решение задач управления.

Одним из возможных угроз снижения надежности и производительности ЛВС является непреднамеренные и преднамеренные электромагнитные воздействия. Увеличение интенсивности непреднамеренных электромагнитных полей связано с существенным увеличением количества и мощности электронных, радиотехнических и промышленных источников. Преднамеренные источники появляются в связи с обострением конкурентных экономических отношений. Вне зависимости от типа, электромагнитные воздействия могут приводить к уничтожению, искажению или блокированию информации в результате искажения электрических сигналов, передаваемых по физической среде. На сегодняшний день, несколькими научными школами, возглавляемыми российскими и зарубежными специалистами, проведено значительное количество исследований, подтверждающих, что электромагнитные импульсы, проникающие тем или иным способом в физическую среду передачи данных ЛВС, легко могут воздействовать на обмен данными по сети между конечными пользователями [1, 2]. Причем существующими средствами диагностики факт такого воздействия может не определиться, т.к. сетевое соединение при этом не разрушается.

Целью данной работы является исследование помехоустойчивости локальной сети Fast Ethernet при воздействии микросекундных электромагнитных помех.

При проектировании современных ЛВС к ним предъявляются следующие требования по помехоустойчивости, информационной безопасности, надежности и достоверности передачи данных [3]:

- отказ или отключение питания подключенного устройства должны вызывать только переходную ошибку;

- ЛВС не должна находиться в состоянии неработоспособности более 0.02% от полного времени работы (это составляет около 20 минут простоя в год для учрежденческой системы и около 2 часов для непрерывно функционирующей системы);



- средства обнаружения ошибок должны выявлять все пакеты, содержащие до четырех искажений битов. Если же достоверность передачи достаточно высока, сеть не должна сама исправлять обнаруженные ошибки. Функция анализа, принятия решения и исправления ошибки должны выполняться подключенными устройствами;

- появление пакета с обнаруженной ошибкой не чаще одного раза в год (для сети со скоростью 5 Мбит/с это составит вероятность 10^{-14}). Частота обнаруживаемых ошибок может иметь порядок 10^{-8} ;

- ЛВС должна обнаруживать и индцировать все случаи совпадения сетевых адресов у двух абонентов.

Для проведения исследования электромагнитных помех в линии связи ЛВС предлагаются следующий экспериментальный стенд и методика измерения (рис. 1 и 2). Стенд включает в себя следующее оборудование: генератор микросекундных импульсов ИГМ 4.1 (1); персональные компьютеры (2) с жидкокристаллическим монитором и сетевой картой TP-Link TG 3269; цифровой осциллограф Tektronix TDS 2022B (5); источник бесперебойного питания APC Back-UPS CS 650 (6); кабель ЛВС – неэкранированная витая пара категории 5е длиной 15 м (4).

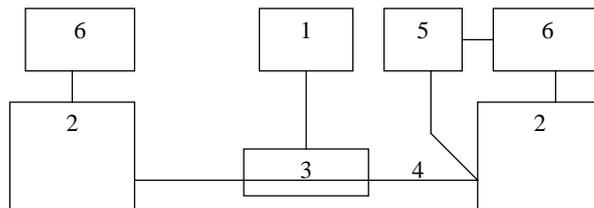


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

Для подачи микросекундных электромагнитных помех на кабель ЛВС используются емкостные клещи связи. Временная форма микросекундной электромагнитной помехи представляет собой двойную экспоненту со следующими параметрами (при холостом ходе): длительность фронта – 1,2 мкс; длительность импульса на уровне 50% - 50 мкс; амплитуда напряжения 500В, 1000В ... 4000В.



Рис. 2. Стенд для измерения электромагнитных помех в линии связи ЛВС при воздействии микросекундных импульсов



На рис. 3 приведены примеры результатов измерения информационных сигналов в ЛВС Fast Ethernet и электромагнитных помех в линии связи при воздействии микросекундных электромагнитных импульсов с амплитудой напряжения 1кВ.

Используемый, при экспериментальных исследованиях, генератор помех создает микросекундные импульсы с интервалом не менее 1 минуты. Поэтому экспериментальное выявление снижения параметров функционирования ЛВС является затрудненным. По этой причине предлагается методика прогнозирования помехоустойчивости ЛВС при воздействии микросекундных электромагнитных помех (на примере ЛВС Fast Ethernet). Прогнозирование помехоустойчивости ведется без учета различных временных режимов работы ЛВС.

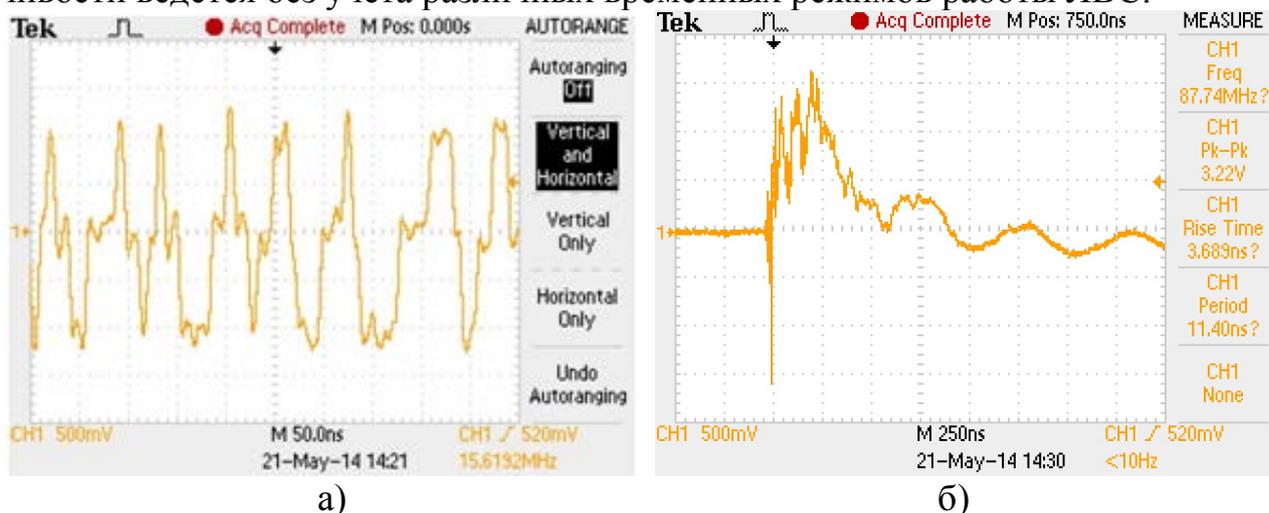


Рис. 3. Осциллограммы информационных сигналов в сети Fast Ethernet (а) и электромагнитных помех в линии связи (б)

Fast Ethernet имеет трехуровневый метод кодирования сигнала (рис. 4а). Считаем, что минимальный уровень помех, который может привести к изменению логического уровня информационного сигнала составляет $\pm 0,5V$ с длительностью порядка 10-20 нс. В рассмотренном в данной работе случае, при микросекундных воздействиях, величина электромагнитных помех составляет более $\pm 0,5V$ при амплитуде напряжения источника 500В, и длительность помех равна 500 нс, на уровне сопоставимым с уровнем информационного сигнала.

Исходные данные: максимальная частота информационных сигналов 100 МГц; длина пакета – минимальная 64 байт, максимальная 1518 байт. Соответственно, длительность пакетов 5,12 и 121,44 мкс. С учетом частоты повторения воздействующих импульсов, электромагнитные помехи вводят ложные сигналы в пакеты данных, которые обнаруживаются проверкой контрольной суммы пакета. Такие пакеты отбрасываются и требуется их повторная передача (рис. 4).

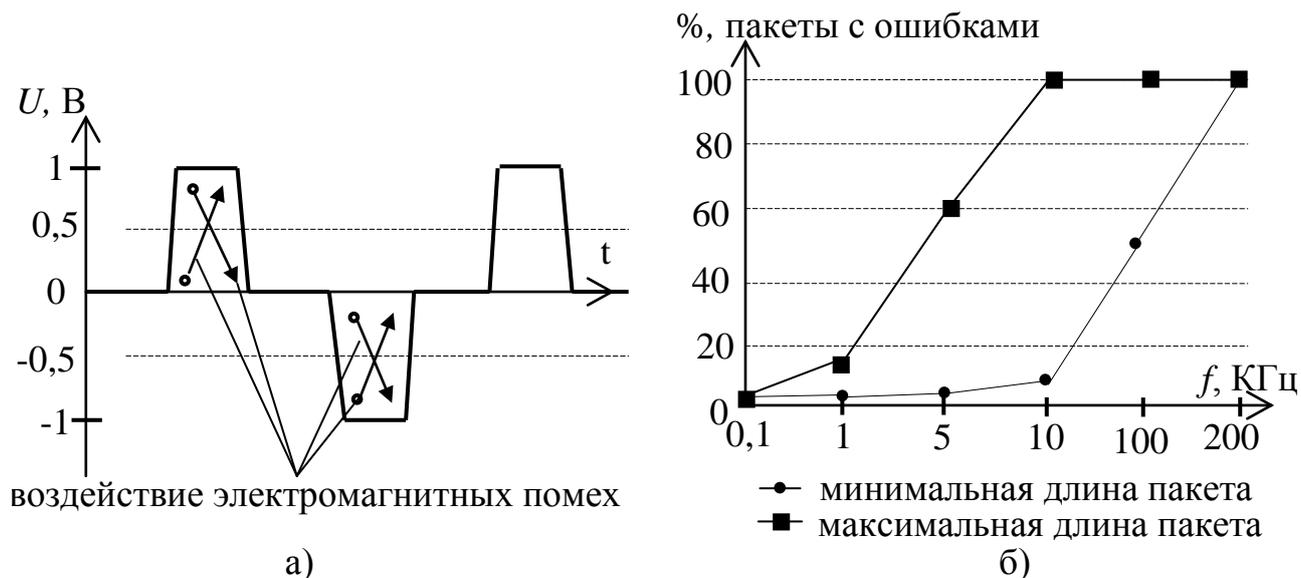


Рис. 4. Информационный сигнал (а) и прогнозирование помехоустойчивости ЛВС Fast Ethernet при воздействии электромагнитных помех (б)

Таким образом, в данной работе представлены результаты измерений параметров электромагнитных помех в кабелях локальных сетей при микросекундных электромагнитных воздействиях и приведены результаты прогнозирования помехоустойчивости локальной сети Fast Ethernet при воздействии микросекундных электромагнитных помех.

Литература

1. Киричек Р.В. Исследование влияния сверхкоротких электромагнитных импульсов на процесс передачи данных в сетях Ethernet: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2011. 20 с.
2. Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость средств вычислительной техники внутри зданий при широкополостных электромагнитных воздействиях: Монография. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. 254 с.
3. Гизатуллин З.М. Исследование электромагнитной совместимости локальных вычислительных сетей при наносекундных электромагнитных воздействиях // Радиотехника и электроника. 2014. №5. С. 463-466.

А.Ю. Привалов, А.А. Царёв

ШАБЛОН ПЕРЕДВИЖЕНИЯ УЗЛОВ DTN СЕТИ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕВИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

MANET — беспроводные децентрализованные самоорганизующиеся сети, состоящие из мобильных устройств. Каждое такое устройство может неза-