



М.С. Шкиндеров, М.Г. Нуриев, Ф.Р. Назметдинов

СКВОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Задача обеспечения устойчивости к воздействию внешних электромагнитных помех (помехоустойчивость) и электромагнитных излучений возникла одновременно с электроникой и в то время особых трудностей для своего решения не представляла. Трудности появились с увеличением быстродействия, в частности цифровых средств вычислительной техники (СВТ), усложнением их функций в составе сложных технических систем, в частности в системах контроля и управления (СКУ) разными объектами и процессами.

Электромагнитные помехи создаются источниками, излучение которых не предусмотрено их функциональным назначением и источниками естественного происхождения (электростатический разряд, молния т.п.) [1, 2, 3, 4]. А также в отдельную категорию выделяются преднамеренные источники, которые целенаправленно создают электромагнитные поля для нарушения помехоустойчивости СВТ СКУ [5, 6, 7].

Несмотря на множество теоретических и практических работ, направленных на повышение помехоустойчивости и снижения электромагнитных излучений от СВТ, как основных элементов СКУ, на сегодняшний день экономические потери составляют сотни и даже миллионы долларов. В целом же состояние разработки сложных технических систем, в составе которых присутствует современная вычислительная техника, показывает [8], что первоначально испытания на помехоустойчивость при воздействии электромагнитных помех проходят менее 25% изделий, т.е. во многих случаях требуется доработка, что влечет дополнительные расходы [9].

Целью данной работы является разработка целостной методики сквозного моделирования помехоустойчивости и информационной безопасности СКУ при электромагнитных взаимодействиях в области эксплуатации.

На практике, как правило, СКУ располагаются внутри стационарных сооружений (помещений, зданий и т.п.), а источники и приемники электромагнитных взаимодействий вне и внутри данных объектов. Поэтому для адекватного моделирования помехоустойчивости и информационной безопасности СКУ необходимо правильно учитывать электромагнитную обстановку внутри указанных объектов. При этом непосредственно функциональные узлы располагаются внутри корпусов СВТ СКУ. Взаимодействие между СВТ преимущественно осуществляются по проводным и беспроводным каналам связи и по линиям электропитания.

В рамках данной работы предлагается методика сквозного моделирова-



ния помехоустойчивости СКУ при электромагнитных взаимодействиях на основе метода электромагнитных топологий [10].

1. Анализ параметров потенциальных источников и приемников внешних электромагнитных взаимодействий [1-6].

2. Разработка электромагнитной топологической модели для сквозного моделирования помехоустойчивости СКУ при электромагнитных взаимодействиях (рис. 1).

Обозначения в топологической модели: $S(E/H)$ – источник или приемник внешнего электромагнитного воздействия; O_1 – область источника/приемника; O_2 – область внутри сооружения или транспортного средства; O_3 – область внутри корпуса СВТ; ФУ – функциональный узел СВТ; Z_m – передаточная функция между областями объекта исследования и источником/приемником электромагнитных полей.

2.1. Определение подобластей, где анализ электромагнитной обстановки при внешних электромагнитных взаимодействиях можно рассчитывать как отдельные задачи (здание, помещение, транспортное средство, корпус и т.п.).

2.2. Анализ путей проникновения (излучения) электромагнитных полей на разные подобласти задачи (через конструкционные элементы стен, через конструкционные отверстия корпуса, элементы металлоконструкций, внешние линии связи, система заземления, система электропитания и т.п.) [11, 12].

Для приведенной электромагнитной топологической модели описание передаточной функции Z_m для разных механизмов электромагнитного воздействия представляется следующим образом:

$$Z_1 = Z_{11} \cdot Z_{12}, Z_2 = Z_{21} \cdot Z_{22}, Z_3 = Z_{31} \cdot Z_{32}, Z_6 = Z_{61} \cdot Z_{62}, \\ Z_4 = Z_{41} \cdot (Z_{42} + Z_{43} \cdot Z_{45} + Z_{44} \cdot Z_{62}), Z_5 = Z_{51} \cdot (Z_{52} + Z_{53} \cdot Z_{45}).$$

2.3. Анализ механизмов электромагнитного взаимодействия с линиями связи (через пространство, кондуктивные воздействия).

2.4. Выявление основных линий связи, наиболее вероятных приемников/источников электромагнитных помех в рамках областей (например, в рамках сооружений – кабельные линии связи СКУ, межблочные линии связи СВТ СКУ; в рамках СВТ – межсоединения печатных плат, межблочные кабели и т.д.).

2.5. Выделение функциональных узлов, непосредственных приемников/источников электромагнитных помех в рамках СВТ СКУ.

3. Наполнение электромагнитной топологической модели конкретными компонентными математическими моделями для расчета передаточных функций электромагнитных полей Z_m [2, 4, 7, 10].

Таким образом, на основе представленной методики и топологических моделей реализуется сквозное моделирование помехоустойчивости и информационной безопасности сложных технических систем, в частности СКУ при электромагнитных взаимодействиях. По результатам моделирования, при необходимости повышения помехоустойчивости СКУ, можно рекомендовать применение известных [1, 5] или новых решений [13, 14, 15].

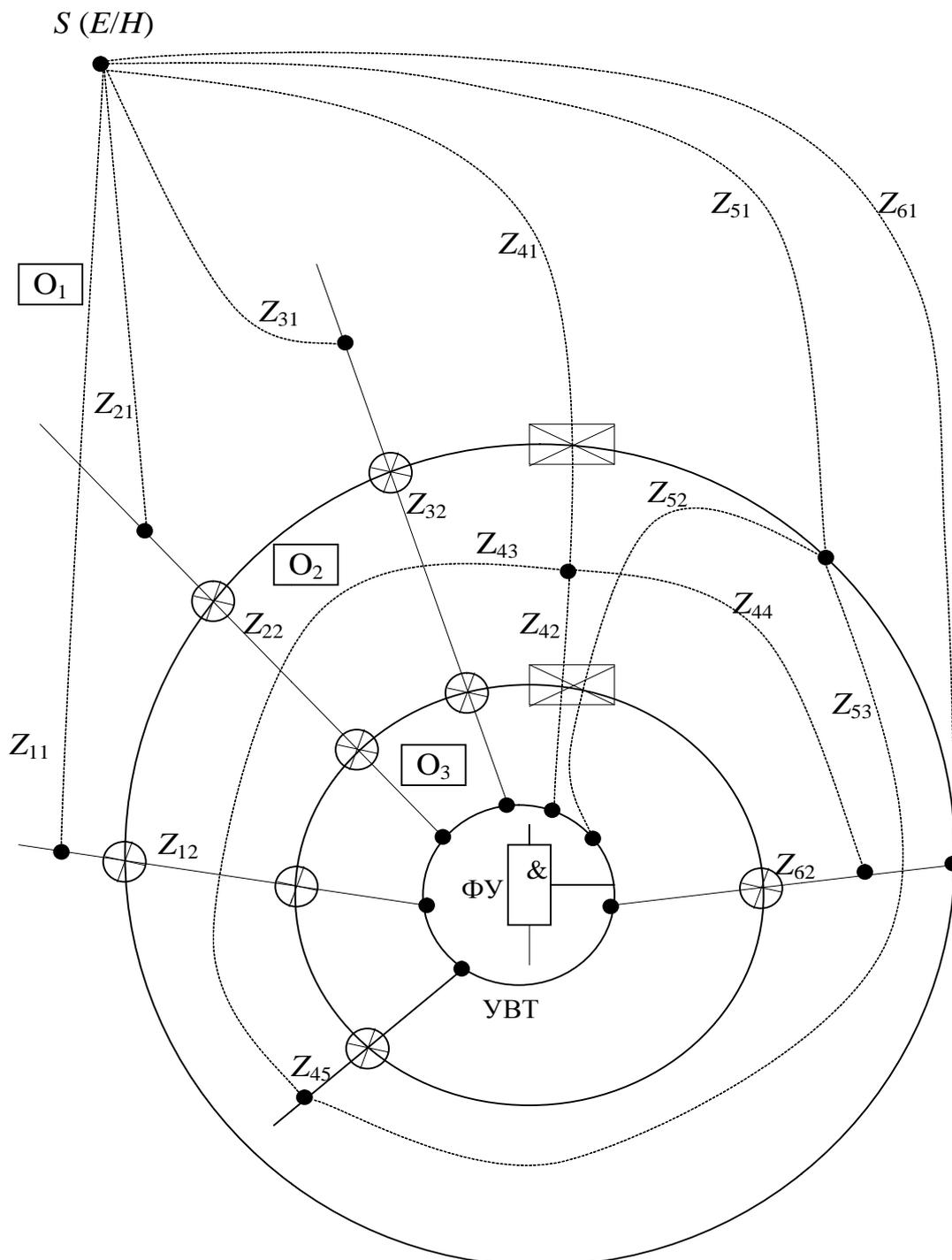


Рис. 1. Обобщенная топологическая модель электромагнитного взаимодействия элементов СКУ

Литература

1. Кравченко В.И., Болотов Е.А., Летунова Н.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. М.: Радио и связь, 1987. 256 с.
2. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Экспериментальные исследования помехоустойчивости персонального компьютера при импульсном разряде статического электричества // Вестник Казанского государственного технического



университета им. А.Н. Туполева . – 2011. – №3. – С. 78-83.

3. Гизатуллин З.М. Электромагнитная совместимость электронно-вычислительных средств при воздействии электростатического разряда // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2009. - №1-2. – С. 104-112.

4. Гизатуллин З.М. Анализ магнитных полей внутри здания при воздействии разряда молнии на внешнюю систему молниезащиты здания // Технологии электромагнитной совместимости. – 2010. - №3. - С. 30-36.

5. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты. М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. 478 с.

6. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Исследование электромагнитной совместимости локальных вычислительных сетей при наносекундных электромагнитных воздействиях // Радиотехника и электроника. – 2014. – №5. – С. 463–467.

7. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Зиатдинов И.Н. Анализ функционирования вычислительной техники при воздействии электромагнитных помех по сети электропитания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – №7-8. – С. 98-105.

8. Ивко А. Опыт проведения испытаний на ЭМС технических средств военного назначения // Современная электроника. 2014. №8. С. 26-28.

9. Henry O.W. Electromagnetic Compatibility Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009. 872 pp.

10. Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости электронно-вычислительных средств внутри зданий при внешних электромагнитных воздействиях // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева . – 2011. – №2. – С. 123-128.

11. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Зиатдинов И.Н. Моделирование электромагнитного воздействия на электронные средства по сети электропитания здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 104-110.

12. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М. Исследование помехоустойчивости вычислительной техники при электромагнитных воздействиях по сети электропитания // Радиотехника и электроника. – 2016. – №5. – С. 500–504.

13. Гизатуллин З.М. Повышение эффективности экранирования корпуса электронных средств // Технологии электромагнитной совместимости. – 2010. – №3. – С. 37-43.

14. Гизатуллин З.М. Снижение электромагнитных помех в межсоединениях многослойных печатных плат // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. №2 С. 199-205.

15. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Назметдинов Ф.Р., Набиев И.И. Повышение помехоустойчивости электронных средств при электромагнитных воздействиях по сети электропитания // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2015. – №6.- С. 2.