

Пропадание напряжения на путевых реле распознаётся системой в зависимости от времени и характера процесса с выдачей информации на экраны АРМ ДСП и НШ.

Преимуществом такого варианта включения устройств и совместной работы двух систем электропитания является экономия материальных ресурсов при обеспечении требуемого уровня безопасности и надежности на период опытной эксплуатации. Применяемые принципы построения системы электропитания внедрены в систему МПЦ «Ипуть» и подтвердили правильность принятых решений. После успешного завершения опытной эксплуатации МПЦ на станции Ипуть данная концепция безопасности может использоваться для обеспечения надёжного, бесперебойного питания микропроцессорных СЖАТ на Белорусской железной дороге.

УДК 656.25 (075.8)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИК СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Для изучения многообразных сложных процессов и явлений, зависящих от весьма разнообразных факторов, широко применяются методики системного анализа. В частности, известны попытки использовать эти методики при разработке вопросов электромагнитной совместимости различных микроэлектронных технических средств.

Системный анализ основан на упорядоченном описании систем, которое включает в себя отделение системы от окружения, перечисление входов и выходов системы, определение взаимосвязи между элементами системы и их свойств. После чего выделяются процессы преобразования входных величин в элементах системы. Для описания каждого процесса выделяется плоскость в общем структурном чертеже системы, ход процесса отражается диаграммой, построенной на плоскости данного процесса; взаимодействие между процессами отражается преобразованием между узлами диаграмм на различных плоскостях.

При разработке систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) и анализе их электромагнитной совместимости описание технических средств (ТС) этих систем производится если не обязательно по форме, то всегда по логике системного анализа. К этому вынуждают конструктивные особенности электрических и электронных систем. Исследование электромагнитной совместимости с некондуктивными помехами требует анализа воздействия помех на элементы (узлы и микросхемы) ТС ЖАТ. Некондуктивные помехи переносятся электромагнитным полем, которое воздействует на все узлы одновременно. Как правило, влияние отказа или сбоя в одном конкретном узле ТС ЖАТ на остальные узлы не рассматривается. Не рассматриваются конкретные выражения сбоя – искажение сигнала, исчезновение его и т. д. Поэтому для целей анализа электромагнитной совместимости систем ЖАТ с учетом методик системного анализа достаточно анализировать воздействие некондуктивных помех на узлы ТС ЖАТ на одной плоскости структурного чертежа, отражающей преобразование помех на входах системы. Целесообразно производить описание не в виде диаграмм, а в операторной форме, так как анализ помехоустойчивости проводится всегда количественно. В случае воздействия на рецептор помех квазистатического электрического поля электростатического разряда можно выразить связь между напряжением на источнике помех и помехами в узлах рецептора в виде

$$\begin{aligned} B(\alpha, u_n) &= \sigma; \\ S(\alpha_1, \sigma) &= u_p, \end{aligned} \quad (1)$$

где B – оператор, с помощью которого вычисляется распределение заряда по корпусу технического средства; α, α_1 – геометрические характеристики задачи; σ – распределение заряда на корпусе тех-

нического средства, Кл/м²; u_n – напряжение на корпусе, В; S – оператор, с помощью которого вычисляется напряжение помехи в узлах рецептора; u_p – напряжение помех в узлах рецептора, В.

В случае воздействия на аппаратуру ЖАТ помех от молнии, высоковольтных ЛЭП, контактной сети железных дорог, то есть источников с большими токами и достаточно удаленных, связь по помеховому полю источника и рецептора помех может быть записана в форме

$$\begin{aligned} G(\alpha, I_n) &= j; \\ H(\alpha_1, j) &= u_p, \end{aligned} \quad (2)$$

где G – оператор, с помощью которого вычисляется распределение плотности тока по корпусу технического средства; α , α_1 – геометрические характеристики задачи; j – распределение плотности тока по корпусу технического средства, А/м²; I_n – ток источника помех, А; H – оператор, с помощью которого вычисляется напряжение помехи в узлах рецептора; u_p – напряжение помех в узлах рецептора, В.

Полученные операторные соотношения являются основой для дальнейшего расчета электромагнитных помех методами электродинамики. Они также становятся неотъемлемой частью вероятностных моделей помехоустойчивости ТС ЖАТ, как аппарат расчета уровней характеристик помех (напряжения помех или их энергии).

Следует также рассмотреть вопрос о конкретной форме операторов в соотношениях (1) и (2) для практических расчетов. В системном анализе находит применение метод функций преобразования. Функции преобразования связывают помехи на входах системы ЖАТ и помеховые воздействия на ее узлы. В электродинамике известны функции, которые могут выступать как функции преобразования электромагнитных помех. Это функция Грина и суперпозиционный потенциал первого рода, описанные в работах Г. Ф. Полякова, а также С. И. Молоковского и А. Д. Сушкова. Но даже в частном случае передачи помех электростатическим полем определение этих функций дискретно требует больших объемов памяти ЭВМ и выполнения громоздких вычислений. Это связано с тем, что значения указанных функций рассчитываются для каждой точки внутреннего объема корпуса ТС ЖАТ. Поэтому для практических целей следует формулировать операторные соотношения (1) и (2) в виде интегральных уравнений. Эти уравнения для численного решения сравнительно просто и экономно преобразуются в системы алгебраических линейных уравнений.

Изложенные соображения позволяют сделать вывод, что приведенные методики системного анализа и операторные соотношения (1) и (2) являются достаточными для описания воздействия некондуктивных помех на устройства ЖАТ и служат основанием для дальнейшего моделирования электромагнитной совместимости указанных систем как детерминистским, так и вероятностным подходом.

УДК 537.2.003.24

РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

Решение некоторых задач электромагнитной совместимости, как-то расчет влияния источников помех высокого напряжения, расчет помехового влияния радиаторов охлаждения микропроцессоров, проектирование экранов требует расчета трехмерных электростатических полей. В подавляющем числе практических случаев расчет можно выполнить только численными методами.

Среди численных методов выделяется простым математическим аппаратом метод эквивалентных электродов, предложенный Д. Величковичем для расчета плоскопараллельных полей. В докладе излагается обобщение указанного метода на случай трехмерных полей.