

УДК 681.332.656.052

С.Н. Осин, канд. техн. наук

Метод синтеза многослойной сеточной структуры

В статье рассмотрена архитектура многослойной сеточной структуры для решения краевых задач. Представленная структура пригодна для реализации твердотельной моделирующей среды.

The process of creation the model for simulation of boundary tasks was considered. The structure of model base on principles of integral technology was proposed.

Введение

Для синтеза вычислителя, на основе твердотельной моделирующей среды, принципиальное значение имеет архитектура сеточной структуры и наличие соответствующих интегральных компонент для возможности микроэлектронной реализации. Решение указанной задачи возможно на основе многослойной сеточной структуры [1] в качестве процессорного ядра и цифровых интегральных элементов для реализации технологии программируемых систем на кристалле. Актуальной задачей при этом является создание многослойной сеточной структуры пригодной для реализации её средствами интегральной технологии с возможностью динамической реконфигурации области моделирования. Практическое значение задачи, в частности, определяется необходимостью оптимизации измерительных преобразователей [2,3].

Постановка задачи

Построение гибридных вычислителей на основе многослойных сеточных структур с высокой степенью параллельности потоков данных связано с оптимизацией числа регулируемых параметров структуры. При синтезе структуры необходимо обеспечивать структурную однородность и минимизировать число элементов структуры с переменными параметрами. Это принципиально для реализации в интегральном виде и для программируемости внутренних связей структуры. Анализ многослойных структур указывает, что основной проблемой для создания твердотельной моделирующей среды является наличие в структуре элементов с отрицательной проводимостью. Причем, при наличии достаточно протяженных сеточных структур, это может привести к проблеме устойчивости работы системы в целом.

Задачей настоящего исследования является синтез многослойной структуры без элементов с отрицательной проводимостью.

Организация структуры вычислителя

Пусть имеется дифференциальное уравнение конечно-разностный оператор которого относительно центрального узла 0 сеточной области имеет вид

$$Mh^{-1}(v_1 - v_3) = F(x), \quad (1)$$

где M - произвольный коэффициент по величине и знаку, $F(x)$ - значение правой части уравнения, h - шаг сетки, v_1, v_3 - значения неизвестных в узлах 1,3.

На рис. 1 представлена модель данного оператора состоящая из пяти слоев сеток для параметров которой выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} U_{01}^1 &= 2U_{02}^2; U_{01}^5 = 2U_{02}^5; U_{01}^2 = 2U_{02}^2; \\ U_{01}^4 &= 2U_{01}^4; U_{01}^3 = 2U_{02}^3, \end{aligned} \quad (2)$$

что обеспечивается путем применения во 2-й сеточной области резисторов с проводимостью в два раза меньшей при равенстве источников тока 1-й и 2-й сеточных областей, а также условие

$$g_m^3 = g_1 + g_3, \quad g_1 = g_3 = g \quad (3)$$

Для узла 0 первого и пятого слоя первой сеточной области уравнение (1) запишется следующим образом

$$\begin{aligned} -g_m^1 U_{01}^1 + g_m^5 U_{01}^5 &= I_0^1; \\ -(g_m^1 + 2g + g_m^3) U_{01}^5 + g_1 U_{11}^5 + g_3 U_{31}^5 + g_m^3 U_{02}^5 & \end{aligned} \quad (4)$$

Решая уравнения (4-5) относительно напряжений U_{11}^2 и U_{31}^2 с учетом условий (2,3) получим

$$I_0^1 = g_1 U_{11}^2 + g_3 U_{31}^2 \quad \text{или} \quad I_0^1 = g(U_{11}^2 + U_{31}^2). \quad (6)$$

Принимая, что

$$v = \lambda_u U; \quad I_0 = F_0(x) \lambda_f, \quad (7)$$

где λ_u, λ_f - масштабные соотношения, получим аналог уравнения (1) если параметр проводимости определяется как

$$g = Mh_x^{-1} \lambda_u / \lambda_f. \quad (8)$$

В данном случае рассмотрена упрощенная версия доказательства для облегчения восприятия. В общем случае для доказательства было использовано дифференциальное уравнение k -го порядка с четными и нечетными производными [4].

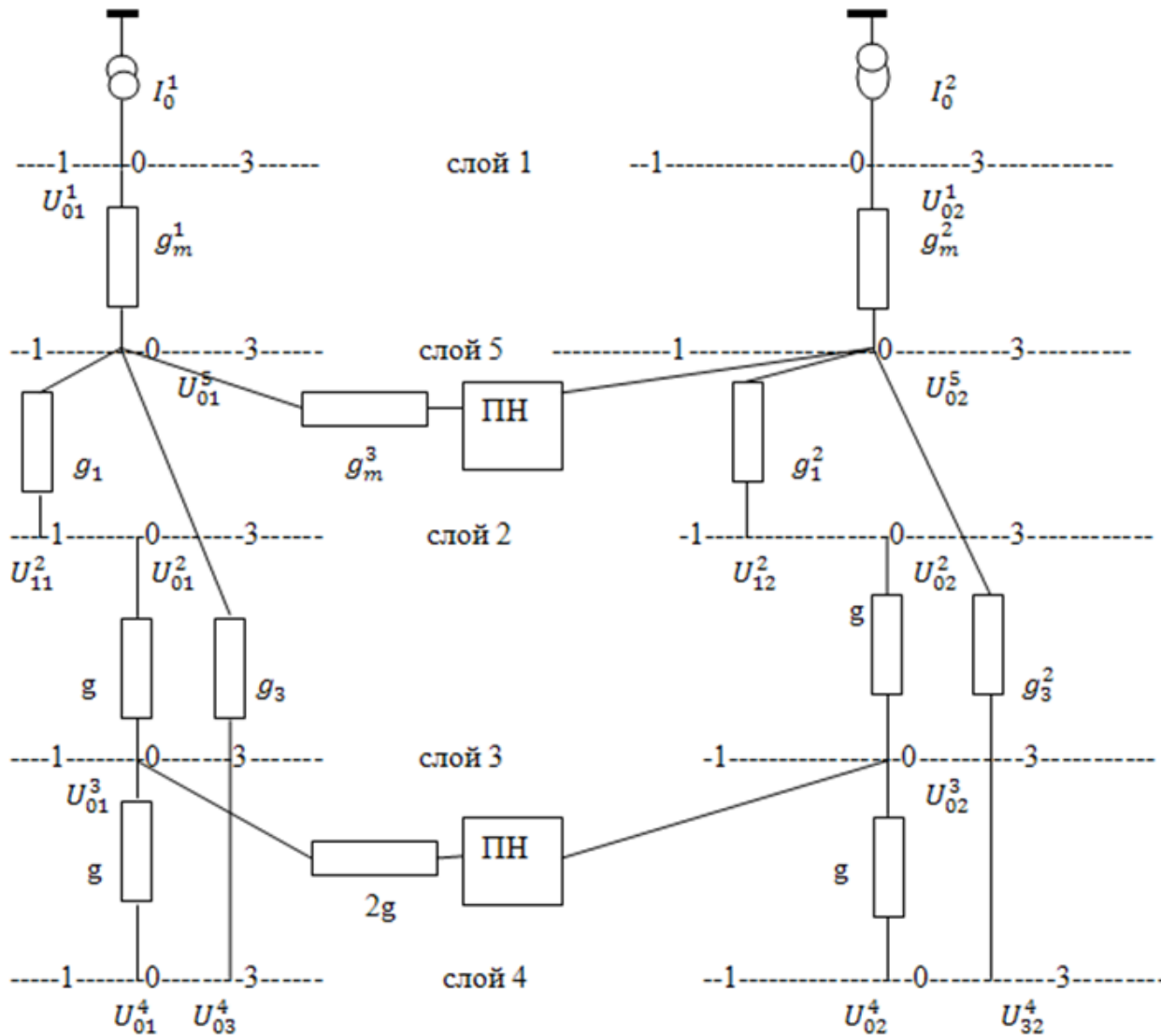


Рис.1 Многослойная сеточная структура

Таким образом можно утверждать, что доказана теорема, формулирующая правила для построения вычислителя несимметричного конечно-разностного оператора.

Теорема. Если задан конечно-разностный оператор неоднородного дифференциального уравнения k -го порядка в частных производных с узлами в прямо-угольном плане, то для построения его электрической модели необходимо:

1. Считать расположение узлов каждого отдельно взятого конечно-разностного оператора и их нумерацию как одноименный план многослойной электрической сетки, синтезировать первую сеточную область у которой каждый центральный узел пятого слоя соединен с узлами второго и четвертого слоев резисторами с проводимостями, пропорциональными абсолютным значениям коэффициентов оператора, причем положительные коэффициенты реализуются

подключением между пятым и вторым слоями, а отрицательные между пятым и четвертым.

2. Объединить одноименные узлы сеток конечно-разностных операторов в соответствии с искомыми неизвестными во втором и четвертых слоях; одноименные центральные узлы третьего слоя и второго, четвертого слоев соединяются резисторами с проводимостью, принятыми за масштабную единицу.

3. К каждому центральному узлу пятого слоя подключить первый вывод резистора с проводимостью пропорциональной коэффициенту конечно-разностного оператора, а второй вывод с нулевым узлом первого слоя.

4. Подключить источник электрической энергии, пропорциональный правой части конечно-разностного уравнения K -го порядка, между центральным узлом первого слоя и нулевой шиной так, чтобы напряжения измеренные между узлами второго слоя и нулевой шиной, были пропор-

циональны неизвестным величинам моделируемого дифференциального уравнения.

5. Синтезировать вторую сеточную область по пп. 1-4.

6. Объединить первую и вторую сеточной области подключением компенсационного резистора между центральным узлом пятого слоя и выходом первого повторителя напряжения (ПН) и подключением масштабного резистора между центральным узлом третьего слоя первой сеточной области и выходом второго повторителя напряжения.

7. Подключить вход первого повторителя напряжения к центральному узлу пятого слоя второй сеточной области, а вход второго повторителя напряжения (ПН) с центральным узлом третьего слоя второй сеточной области.

Выводы

В результате исследования синтезирована многослойная сеточная структура и показана возможность моделирования дифференциальных уравнений на ее основе. В представленной структуре отсутствуют элементы с отрицатель-

ной проводимостью, структуре присуща высокая однородность элементов, на центральный узел плана необходим один параметрический элемент, что предопределяет технологичность структуры для реализации её на основе микроэлектронной элементной базы.

Литература

1. *Карандаков Г.В.* Вопросы теории синтеза четырехслойных структур. // Электронное моделирование №1, 1979г.- С.21-30.
2. *Таланчук П.М., Фомин М.Н., Сергеев В.В.* Моделирование и оптимизация на ЭВМ измерительных преобразователей. - Киев, ВШ., 1991г.- 251с.
3. *Осинов С.Н., Борисов А.В., Заворотный В.Ф., Лупина Б.И.* К вопросу о моделировании термоизолированной области терморезистивного датчика // Электроника и связь, ч.1, 2007г. – С.24-27.
4. *Устройство для решения дифференциальных уравнений.* \ С.Н. Осинов, В.М. Стратиненко. - Патент России № 47844\009323.