

УДК 004.41

В. Н. Гридин¹, д-р техн. наук, проф., директор, **Г. Д. Дмитриевич**², д-р техн. наук, проф.,
Д. А. Анисимов², канд. техн. наук, мл. науч. сотр.

¹ Центр информационных технологий в проектировании РАН,
г. Одинцово, Московская обл., e-mail: info@ditc.ras.ru

² Санкт-Петербургский электротехнический университет

Методика построения веб-сервисов для расчета чувствительности передаточных функций к вариации параметров

Рассматриваются вопросы построения веб-сервисов для расчета чувствительности передаточных функций к вариации параметров. Приводится методика расчета векторной чувствительности передаточных функций к выбранному варьируемому параметру и скалярной чувствительности передаточных функций по отношению ко всем возможным варьируемым параметрам. Предлагается структура программного обеспечения, основанная на компактной обработке разреженных матриц с использованием сжатия данных, что обеспечивает высокое быстродействие выполнения вычислительных операций, имеющее большое значение при функционировании распределенной системы в сети Интернет.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, веб-технологии, веб-сервисы, сервис-ориентированная архитектура, распределенные системы

Введение

Важнейшим этапом проектирования электронной аппаратуры является расчет чувствительности их основных характеристик к вариации параметров компонентов. К таким характеристикам относятся, прежде всего, передаточные функции электронных схем в частотной области. Известные алгоритмы решения этой задачи позволяют выполнить расчет как векторной чувствительности передаточных функций к выбранному варьируемому параметру, так и расчет скалярной чувствительности передаточных функций по отношению ко всем возможным варьируемым параметрам для выбранного единственного значения переменной [1, 2]. Однако практическая программная реализация этих методов при решении задач большой размерности оказывается недостаточно эффективной в связи со значительными затратами вычислительных ресурсов и большим временем, которое занимает процесс решения описания с сильно разреженными матрицами. Поскольку адаптация существующих систем автоматизации схемотехнического проектирования к новым задачам повышенной размерности оказывается практически невозможной вследствие отсутствия соответствующей документации, то актуальной является задача дальнейшего совершенствования и создания новых высокопроизводительных систем, в основу которых положены более эффек-

тивные алгоритмы и методы построения программного обеспечения. К таким методам относятся, прежде всего, методы, основанные на компактной обработке разреженных матриц, входящих в математическое описание проектируемых схем.

В настоящее время широкое внедрение в системы автоматизированного проектирования интернет-технологий, позволяющих обеспечить доступ к информационным ресурсам удаленных баз данных и организацию дистанционного взаимодействия распределенных коллективов пользователей САПР, является общепризнанным требованием [3, 4]. Одним из направлений реализации таких технологий является построение систем автоматизированного проектирования на основе веб-сервисов, позволяющих приложениям взаимодействовать друг с другом независимо от платформы, на которой они развернуты, а также от языка программирования [5, 6].

Существенным достоинством технологии веб-сервисов является возможность их постоянной модификации и расширения путем добавления новых, более продуктивных методов. Интеграция на базе веб-сервисов при разработке децентрализованных САПР позволяет перейти к описанию интерфейсов и взаимодействий на базе XML, обеспечивая возможность модификации и развития построенного программного обеспечения в условиях сохранения выбранного интерфейса. Это позволяет ввиду сла-

босвязанности отдельных подсистем обеспечивать взаимодействие между веб-сервисами и клиентскими приложениями на произвольной платформе и проводить адаптацию существующих приложений к меняющимся условиям проектирования. Основная нагрузка по выполнению вычислительных операций при такой архитектуре ложится на веб-сервисы, решающие все задачи моделирования проектируемых систем, на клиентские приложения возлагаются только простейшие функции подготовки данных и отображения результатов моделирования.

Учитывая актуальность задачи проектирования электронной аппаратуры в условиях внешних воздействий, необходимо включать в распределенные сервис-ориентированные системы автоматизации схемотехнического проектирования веб-сервисы для расчета чувствительности передаточных функций к вариации параметров компонентов электронных схем. При этом такие веб-сервисы должны содержать как базирующиеся на дифференцировании уравнений методы расчета векторной чувствительности передаточных функций к выбранному варьируемому параметру, так и основанные на присоединенной схеме методы расчета скалярной чувствительности передаточных функций по отношению ко всем возможным варьируемым параметрам для выбранного единственного значения переменной.

Целью работы является создание методики построения веб-сервисов, обеспечивающих расчет как векторной, так и скалярной чувствительности передаточных функций электронных схем к вариации параметров компонентов. В качестве варьируемых параметров могут выступать значения сопротивления, емкости или индуктивности произвольного двухполюсника схемы типа R , C или L , и параметры передач управляемых частотно-зависимых источников типа ИТУН (источники тока, управляемые напряжением), ИНУН (источники напряжения, управляемые напряжением), ИТУТ (источники тока, управляемые током) или ИНУТ (источники напряжения, управляемые током).

Основной задачей при построении программного обеспечения веб-сервиса является реализация компактной обработки разреженных матриц на основе сжатия данных, что обеспечивает высокое быстродействие выполнения вычислительных операций, имеющее большое значение для работы распределенной системы в сети Интернет. Технология сжатия данных основана на использовании двух этапов процедуры расчета — символьном и численном. На символьном этапе строится и обрабатывается "портрет" моделируемой схемы и определяется формат всех компактных массивов с учетом появления новых ненулевых элементов в процессе LU -факторизации, а на численном этапе выполняется расчет моделируемой схемы в уточненном формате.

Построение метода веб-сервиса на основе дифференцирования уравнений

Пусть имеется передаточная функция $T = x_k/s_l$, x_k — потенциальная или токовая переменная; s_l — значение задающего источника напряжения или тока. Чувствительность передаточной функции T к вариации параметра w , в качестве которого могут выступать значения сопротивления, емкости или индуктивности некоторого двухполюсника схемы типа R , C или L , а также параметры передачи γ , μ , β , γ управляемых источников ИТУН, ИНУН, ИТУТ, ИНУТ, определяется следующими выражениями:

$$D_w^T = \frac{\partial T}{\partial w} \text{ — абсолютная чувствительность;}$$

$$S_w^T = \frac{\partial T}{\partial w} \frac{w}{T} = D_w^T \frac{w}{T} \text{ — относительная чувствительность;}$$

$$U_w^T = \frac{\partial T}{\partial w} w = D_w^T w \text{ — полуотносительная чувствительность.}$$

Для расчета абсолютной чувствительности методом дифференцирования уравнений следует выполнить дифференцирование уравнения схемы $WX + S = 0$ по параметру w , что приводит к уравнению чувствительности

$$W\bar{X} + \bar{S} = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{X} = \frac{\partial X}{\partial w}; \bar{S} = \frac{\partial W}{\partial w} X.$$

Если принять что $s_l = 1$, то $T = x_k$, и, следовательно, составляющие вектора \bar{X} будут определять составляющие вектора абсолютной чувствительности D_w^T .

Для практической реализации метода необходимо выполнить дифференцирование по параметру w уравнения компонента:

$$p_i = wf(j\omega)q_j + s_j, \text{ где } f(j\omega) = j\omega \text{ для } w = C \text{ и } w = L,$$

$$f(j\omega) = \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2} \text{ для управляемого источника.}$$

В результате получим

$$\bar{p}_i = wf(j\omega)\bar{q}_j + \bar{s}_i, \text{ где } \bar{p}_i = \frac{\partial p_i}{\partial w}, \bar{q}_j = \frac{\partial q_j}{\partial w}, \bar{s}_i = q_j.$$

Отсюда следует, что составляющие \bar{s}_i вектора \bar{S} могут быть найдены по значениям переменных q_j схемы.

Блок-схема для расчета чувствительности передаточных функций на основе дифференцирования уравнений может быть построена в виде, приведенном на рис. 1.

Для обеспечения гарантированного функционирования клиентских и серверных приложений в гетерогенных средах в веб-сервисе не используется

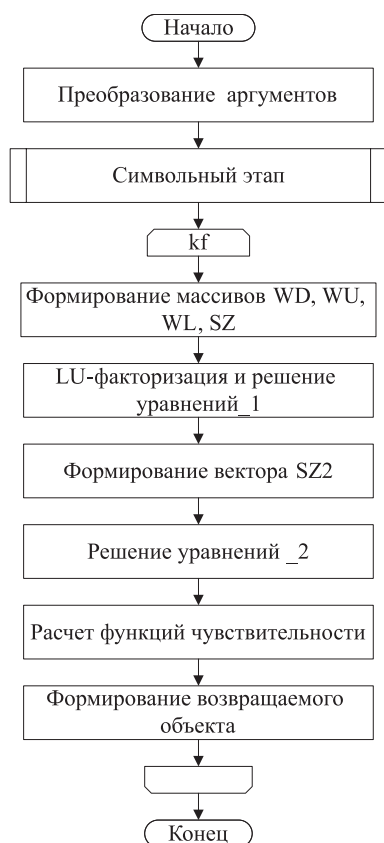


Рис. 1. Блок-схема для расчета на основе дифференцирования уравнений

передача информации через многомерные массивы. Поэтому если в описании компонентов какого-либо вида используется двумерный массив некоторого типа T с именем arr_comp, число строк которого (число компонентов данного вида) имеет значение ncomp, а число столбцов массива имеет значение ncol, т. е. T arr_comp = new T[ncomp + 1, ncol], где строка с нулевым индексом не используется, то такой массив в клиентском приложении упаковывается по столбцам в одномерный массив с именем Arr_comp, т. е. T Arr_comp = new T[(ncol-1)*ncomp + 1], при этом элемент с нулевым индексом не используется.

Аналогичным образом в методах веб-сервиса упаковываются многомерные массивы, в которых отображаются результаты их работы.

Заголовок метода веб-сервиса имеет вид

```

float[] getCalcV(int[] In_r, float[] z_r, int nr, int[]
In_c, float[] z_c, int nc, int[] In_l, float[] z_l, int nl, int[]
In_ju, float[] Z_ju, int nju, int[] In_eu, float[] Z_eu, int
neu, int[] In_ji, float[] Z_ji, int nji, int[] In_ei, float[]
Z_ei, int nei, int[] In_tr, float[] Z_tr, int ntr, int[] In_tri,
float[] z_tri, int ntri, int[] In_ou, int noui, int[] In_tb,
float[] Z_tb, int ntb, int[] In_tu, float[] Z_tu, int ntu,
int[] In_ou, float[] Z_ou, int nou, int nv, int lp, int lm,
String ts, String tv, int kv, float[] f, int nf)
  
```

В начале списка аргументов определяются все аргументы, задающие описание компонентов мо-

делируемой схемы и ее размерность. Последние семь аргументов передают директивы расчета, при этом аргументы lp и lm определяют узлы подключения задающего единичного источника s_p , аргумент ts определяет тип задающего единичного источника s_j ($ts = e$ для источника напряжения и $ts = j$ для источника тока), аргумент tv определяет тип варьируемого параметра ($tv = R, C, L, JU, EU, JI$ или EL), аргумент kv определяет номер варьируемого компонента, аргумент f — массив частот и аргумент pf — число частотных точек.

В первом блоке приведенной блок-схемы выполняется обратное преобразование всех одномерных массивов, имя которых начинается с прописного символа, в двумерные массивы. Далее выполняется символьный этап двухэтапной процедуры расчета [7, 8], в котором формируются элементы индексной матрицы C, элементы которой определяют наличие или отсутствие соответствующего элемента в полном описании.

После выполнения символьного этапа становится известен формат численных массивов, что позволяет сформировать объекты WD, WU, WL, SZ, X , которые будут использоваться для расчета вектора переменных X, необходимого для возможности применения уравнения чувствительности (1). Здесь также создается объект SZ2, в котором будут формироваться вектор источников \bar{S} уравнения чувствительности и объект X2, составляющие которого будут определять комплексные значения абсолютной чувствительности D_w^T передаточных функций схемы.

Дальнейшее функционирование блок-схемы осуществляется в частотном цикле, где вначале обнуляются все численные массивы, а затем проводится формирование массивов WD, WU, WL, SZ . Следующим шагом является численная LU-факторизация, которая выполняется виртуально на основании описания схемы в компактных массивах WD, WU, WL , и решение уравнений, результаты которого отображаются в массиве X. Далее выполняется формирование массива SZ2 и повторный расчет переменных, его результаты заносятся в массив, составляющие которого определяют комплексные значения абсолютной чувствительности D_w^T для передаточных функций схемы. Здесь также выполняется расчет относительной чувствительности S_w^T и полуотносительной чувствительности U_w^T , а также определяются относительная модульная и полуотносительная фазовая чувствительности схемы.

Результатом работы метода будут значения относительной модульной и полуотносительной фазовой чувствительностей, а также вещественная и мнимая части абсолютной чувствительности всех узлов для всех частот.

Эффективность метода сжатия данных на основе строчно-столбцового фиксированного формата

может быть определена выражением $\beta = \frac{M}{M_1}$, где

M — объем памяти, занимаемой при обработке полной разреженной матрицы; M_1 — объем памяти, занимаемой при обработке компактных массивов. Учитывая структуру используемых массивов, нетрудно убедиться, что эффективность метода определяется выражением

$$\beta = \frac{8n^2}{n^2\alpha 9 + n} \cong \frac{8}{9\alpha} = \frac{1}{1,1\alpha},$$

где $\alpha = m/n^2$ — коэффициент разреженности, определяемый отношением числа ненулевых элементов m к общему числу элементов полной матрицы.

Так, например, если $\alpha = 0,2$, что характерно для больших слабосвязанных схем, то эффективность метода сжатия данных составляет $\beta = 4,5$.

Построение метода веб-сервиса на основе присоединенной схемы

В настоящем разделе рассматривается реализация расширения веб-сервиса методом, основанном на использовании присоединенных схем. Целесообразность включения в веб-сервис такого метода объясняется тем, что основанный на дифференцировании уравнений метод getCalcV предоставляет возможность рассчитать только чувствительность передаточных отношений к вариации единственного параметра, который передан методу в качестве аргумента. Вместе с тем часто требуется, чтобы при выполнении расчета одновременно определялись все функции чувствительности некоторой переменной к вариации всех параметров. Такую возможность предоставляет способ расчета функций чувствительности, основанный на применении присоединенной схемы [1, 2].

Переход от основной схемы к присоединенной схеме иллюстрируется рис. 2.

Абсолютная чувствительность передаточной функции к вариации произвольного параметра w определяется выражением [1]

$$D_w^T = (X^{\Pi})^T \frac{\partial W}{\partial w} X, \quad (2)$$

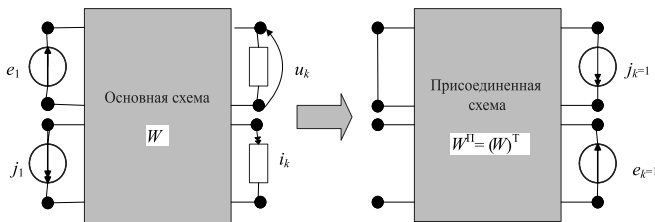


Рис. 2. Переход к присоединенной схеме

где $(X^{\Pi})^T$ — транспонированный вектор базисных переменных присоединенной схемы; X — вектор базисных переменных основной схемы.

Для управляемого источника, все полюса которого относятся к u -группе и управляющая переменная q_w подключена между узлами x_k и x_l , а управляемый источник p_w — между узлами x_i и x_j , можно записать уравнение общего вида

$$p_w = wq_w f(j\omega),$$

где $f(j\omega) = 1$ для двухполюсников типа R ; $f(j\omega) = j\omega$ для двухполюсников типа C и L ; $f(j\omega) = (1 + j\omega T_1)/(1 + j\omega T_2)$ для частотно-зависимых управляемых источников.

Поскольку $p_w = x_i - x_j$, $q_w = x_k - x_l$, то в наиболее общем случае варьируемый параметр w может быть расположен в матрице основной схемы W на пересечении k -го, l -го столбца и i -й, j -й строк.

Учитывая такую структуру матрицы W на основании соотношения (2) можно записать скалярное выражение для абсолютной чувствительности передаточной функции T к изменению параметра w управляемого источника в следующем виде:

$$D_w^T = (x_i^{\Pi} - x_j^{\Pi})(x_k - x_l)f(j\omega), \quad (3)$$

где x_i^{Π} , x_j^{Π} и x_k , x_l — составляющие векторов X^{Π} и X соответственно.

Для двухполюсника, входящего в группу u -полюсов, имеем $i = k$, $j = l$, и, следовательно, выражение (3) записывается в таком виде:

$$D_w^T = (x_k^{\Pi} - x_l^{\Pi})(x_k - x_l)f(j\omega), \quad (4)$$

где x_k^{Π} , x_l^{Π} и x_k , x_l — составляющие векторов X^{Π} и X соответственно.

Нетрудно убедиться, что выражение (3) справедливо также для управляемых источников любого другого типа с произвольным распределением полюсов между группами u и z , а выражение (4) — для двухполюсников, входящих в группу z -полюсов. Отсюда следует, что для расчета значений чувствительности выбранной передаточной функции к вариации параметров w всех компонентов достаточно определить соответствующие базисные переменные исходной схемы и присоединенной схемы. При этом матрица присоединенной схемы определяется простым транспонированием матрицы основной схемы.

Таким образом, блок-схема для расчета значений чувствительности передаточной функции к изменению параметров w всех компонентов на основе метода присоединенных схем может быть построена в виде, приведенном на рис. 3.

Заголовок метода веб-сервиса имеет вид

```
float[] getCalcV2(int[] In_r, float[] z_r, int nr, int[] In_c, float[] z_c, int nc, int[] In_l, float[] z_l, int nl,
```

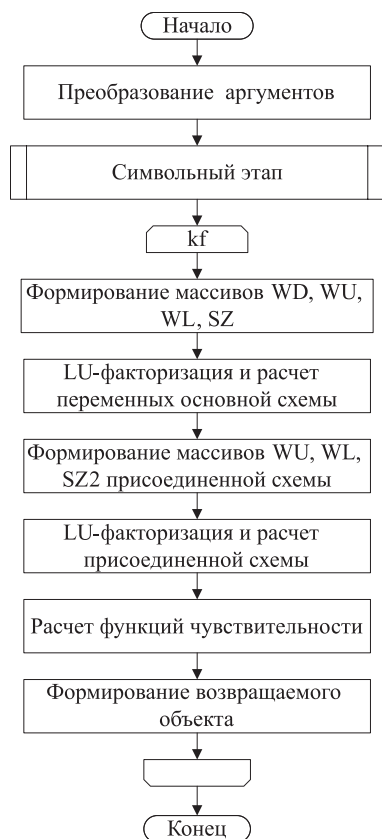


Рис. 3. Блок-схема для расчета чувствительности на основе присоединенной схемы

int[] In_ju, float[] Z_ju, int nju, int[] In_eu, float[] Z_eu, int neu, int[] In_ji, float[] Z_ji, int nji, int[] In_ei, float[] Z_ei, int nei, int[] In_tr, float[] Z_tr, int ntr, int[] In_tri, float[] z_tri, int ntri, int[] In_oui, int noui, int[] In_tb, float[] Z_tb, int ntb, int[] In_tu, float[] Z_tu, int ntu, int[] In_ou, float[] Z_ou, int nou, int nv, int lp, int lm, int kp, int km, String ts, float[] f, int nf)

Описание аргументов осуществляется аналогично описанию, рассмотренному в предыдущем разделе, за исключением того, что в директивах расчета задаются выходные узлы kp , km и отсутствует аргумент tv , определяющий тип варьируемого параметра, и аргумент kv , определяющий номер варьируемого компонента, поскольку при вызове метода `getCalcV2` рассчитываются функции чувствительности для всех компонентов. Реализация блока преобразования аргументов совпадает с процедурой, описанной в предыдущем разделе.

После создания требуемых объектов осуществляется переход к символьному этапу расчета. После выполнения символьного этапа на основании формата численных массивов формируются объекты WD , WU , WL , SZ , X , которые будут использоваться для расчета вектора переменных X основной схемы и расчета присоединенной схемы. Поскольку информация, содержащаяся в массивах WU , WL , будет использоваться как для основной, так и для при-

соединенной схем, необходимо скопировать массивы WU и WL в рабочие массивы (например, $WU1$ и $WL1$) и при выполнении LU -факторизации для основной схемы использовать массивы $WU1$ и $WL1$.

При расчете вектора переменных X основной схемы используется массив SZ , который формируется на основании значений переданных аргументов $ts = e_l$ или $ts = j_l$ и описания соответствующих задающих источников основной схемы. Формирование массивов $WU1$ и $WL1$ присоединенной схемы осуществляется простым копированием массива WL в массив $WU1$ и массива WU в массив $WL1$, что реализует в виртуальной форме требуемое транспонирование исходной матрицы. Далее выполняется LU -факторизация для присоединенной схемы и формирование ее задающего вектора, что позволяет выполнить расчет вектора переменных присоединенной схемы.

Расчет значений чувствительности выполняется на основании приведенных выше выражений для абсолютной, относительной и полурасчетной чувствительностей схемы для заданной комплексной схемной функции T .

Метод возвращает упакованный массив значений относительной модульной и полурасчетной фазовой чувствительностей, а также вещественную и мнимую части абсолютной чувствительности выбранной передаточной функции для всех варьируемых параметров компонентов схемы и для всех частотных точек.

Поскольку в блок-схеме программной реализации на основе присоединенной схемы используется тот же способ сжатия данных, что и в блок-схеме на основе дифференцирования уравнений, то оценка эффективности рассматриваемого подхода совпадает с результатами, приведенными в предыдущем разделе.

Заключение

Отличительной особенностью разработанной методики построения веб-сервиса для расчета чувствительности частотных характеристик передаточных функций в распределенных системах автоматизированного проектирования является реализация компактной обработки разреженных матриц на основе сжатия данных, что обеспечивает высокое быстродействие выполнения вычислительных операций, имеющее большое значение для работы распределенной системы в сети Интернет. Методика позволяет построить программное обеспечение веб-сервиса, включающего в себя метод, базирующийся на дифференцировании уравнений, и метод, использующий присоединенные схемы.

С помощью метода веб-сервиса, основанного на дифференцировании уравнений, выполняется расчет абсолютной и относительной векторной чувствительностей передаточных функций в частотной области к выбранному варьируемому параметру для

всей совокупности базисных переменных. В качестве варьируемых параметров могут выступать значения сопротивления, емкости или индуктивности произвольного двухполюсника схемы типа R , C или L и параметры передач управляемых частотно-зависимых источников типа ИТУН, ИНУН, ИТУТ или ИНУТ.

Метод веб-сервиса с использованием присоединенных схем позволяет рассчитать значения как абсолютной, так и относительной скалярной чувствительности передаточных функций в частотной области по отношению ко всем возможным варьируемым параметрам для выбранного значения анализируемой переменной. Предлагаемая блок-схема программного обеспечения позволяет воспользоваться результатами формирования компактных массивов основной схемы для расчета присоединенной схемы.

Практическая реализация результатов работы дает возможность существенно повысить производительность веб-сервисов и обеспечивает повышение надежности функционирования распределенной системы вследствие уменьшения времени взаимодействия с сервером в процессе эксплуатации САПР.

Работа выполнена по Программе 2 ОНИТ РАН "Научные основы создания гетерогенных телекоммуникационных и локационных систем и их элементной

базы" и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 15-07-0119 а.

Список литературы

1. **Влах И., Сингхал К.** Машинные методы анализа и проектирования электронных схем: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 560 с.
2. **Анисимов В. И., Дмитриевич Г. Д., Ежов С. Н.** и др. Автоматизация схемотехнического проектирования на мини-ЭВМ. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 198 с.
3. **Анисимов В. И., Гридин В. Н.** Методы построения систем автоматизированного проектирования на основе Интернет-технологий и компактной обработки разреженных матриц // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2009. № 1. С. 3—7.
4. **Коваленко О. С., Курейчик В. М.** Обзор проблем и состояний облачных вычислений и серверов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 7. С. 146—153.
5. **Анисимов Д. А., Гридин В. Н., Дмитриевич Г. Д.** Построение систем автоматизированного проектирования на основе Web-сервисов // Автоматизация в промышленности. 2011. № 1. С. 9—11.
6. **Гридин В. Н., Дмитриевич Г. Д., Анисимов Д. А.** Построение систем автоматизированного проектирования на основе Web-технологий // Информационные технологии. 2011. № 5. С. 23—26.
7. **Гридин В. Н., Дмитриевич Г. Д., Анисимов Д. А.** Построение веб-сервисов систем автоматизации схемотехнического проектирования // Информационные технологии и вычислительные системы. 2012. № 4. С. 79—84.
8. **Анисимов Д. А.** Методы построения систем автоматизации схемотехнического проектирования на основе веб-сервисов // Известия СПбГЭТУ. 2012. № 1. С. 56—61.

V. N. Gridin, Professor, Director, Center for Information Technology
in the Design of the RAS, e-mail: gddm@inbox.ru,

G. D. Dmitrevich, Professor, **D. A. Anisimov**, Junior Researcher, Petersburg Electrotechnical University

A Method for Constructing Web Services to Calculate the Sensitivity Transfer Functions to the Variation of Parameters

Questions of construction of web services to calculate the sensitivity transfer functions to the variation of parameters in distributed systems, computer-aided design. The technique of calculating the sensitivity vector transfer functions to the selected variable parameters and scalar sensitivity transfer functions with respect to all possible variable parameters. We consider the structure of the software, based on the compact processing of sparse matrices using data compression, which provides high performance computing activities, which is of great importance to the work of a distributed system when working on the Internet.

Keywords: computer-aided design, web technology, web services, service-oriented architecture, distributed systems

References

1. **Vlakh I., Singhal K.** *Mashinnye metody analiza i proektirovaniya elektronnykh skhem*, per. s angl. Moscow, Radio i svyaz, 1988, 560 p. (in Russian).
2. **Anisimov V. I., Dmitrevich G. D., Ezhov S. N.** et al. *Avtomatizatsiya skhemotekhnicheskogo proektirovaniya na mini-EVM*. Leningrad, Izd-vo Leningr. un-ta, 1983, 198 p. (in Russian).
3. **Anisimov V. I., Gridin V. N.** Metody postroeniya sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya na osnove Internet-tekhnologii i kompaktnoi obrabotki razrezhennykh matrits. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2009. no. 1, pp. 3—7 (in Russian).
4. **Kovalenko O. S., Kureichik V. M.** Obzor problem i sostoyanii oblachnykh vychislenii i serverov. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki.*, 2012, no. 7, pp. 146—153 (in Russian).
5. **Anisimov D. A., Gridin V. N., Dmitrevich G. D.** Postroenie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya na osnove Web-servisov. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2011. no. 1, pp. 9—11 (in Russian).
6. **Gridin V. N., Dmitrevich G. D., Anisimov D. A.** Postroenie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya na osnove Web-tekhnologii. *Informatsionnye tekhnologii*, 2011, no 5, pp. 23—26 (in Russian).
7. **Gridin V. N., Dmitrevich G. D., Anisimov D. A.** Postroenie veb-servisov sistem avtomatizatsii skhemotekhnicheskogo proektirovaniya. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy*, 2012. no. 4, pp. 79—84 (in Russian).
8. **Anisimov D. A.** Metody postroeniya sistem avtomatizatsii skhemotekhnicheskogo proektirovaniya na osnove veb-servisov. *Izvestiya SPbGETU*, 2012 no. 10, pp. 56—61 (in Russian).