

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРИБОРОВ СВЧ

«Вместе с ростом числа ЭВМ и задач трудности технологические и организационные все больше стали преобладать над трудностями "чисто научными". Сейчас масштаб и объем этих трудностей настолько вырос, что можно говорить, что задача их преодоления сама стала задачей науки и представляет собой проблему фундаментально-го значения» [1].

Эти слова, сказанные в начале последней четверти прошлого века, сегодня еще более актуальны. Длительность цикла разработки нового устройства (от зарождения инновационной идеи до предоставления потребителю законченного изделия и различных услуг по сопровождению его эксплуатации) в значительной степени предопределяет успех в его продвижении на рынке. Сокращение длительности этого цикла требует использования комплекса разнообразных средств автоматизированного проектирования как самого изделия, так и технических и технологических средств его изготовления. При этом чем более сложным и инновационным является продукт (рождаемый, как правило, на стыке различных областей науки), тем более сложные и изощренные средства требуются для его проектирования.

Номенклатура имеющихся на рынке САПР не позволяет поддерживать создание подобных «мультифизических» продуктов с «нуля», поскольку они нацелены либо на решение отдельных частных задач проектирования, либо на его конечный этап - подготовку документации (рабочих чертежей и пр.), необходимой для запуска изделия в производство. На начальном же этапе необходимы, как правило, глубокие и тонкие исследования процессов функционирования, по результатам которых можно оценить степень и характер влияния того или иного фактора на параметры изделия, характеризующие его эффективность.

Эти исследования не всегда должны быть экспериментальными, так как, с одной стороны, фундаментальные законы предметной области обычно уже бывают доведены до уровня достаточно адекватных математических описаний, а, с другой стороны, для подготовки и проведения натуральных экспериментов требуются существенные временные и материальные затраты. В ряде случаев наиболее целесообразным оказывается применение имитационного моделирования, при этом для разработки многих сложных инноваций оправдано последовательное использование нескольких информационных технологий и, соответственно, готовых профессиональных программных па-

кетов. Отметим, что в большинстве случаев авторы идеи, специалисты в области конструирования и технологии изделий, разработчики необходимых имитационных моделей - это разные люди, поэтому успех во многом зависит еще и от взаимопонимания, т. е. от возможности общения на едином, понятном для всех разработчиков языке.

Создание имитационных моделей, исследование которых позволяло бы ответить на основные вопросы, возникающие при проектировании сложного изделия, является непростой задачей, а сами модели должны удовлетворять многим, зачастую противоречивым требованиям. В частности, при создании модели необходимо обеспечить максимальную степень ее подобия оригиналу, а в то же время она должна позволять проведение серий специально организованных вариантных расчетов, по результатам которых разработчик сможет выбрать альтернативный вариант своей стратегии, определить направления и возможности оптимизации конструкции или параметров изделия [2].

Ниже на частном примере рассмотрены основные этапы и пути решения указанных проблем «нулевого» цикла, возникающих при разработке инновационного изделия [3] - многоступенчатого коллектора с рекуперацией энергии для мощного лучевого электровакуумного СВЧ-прибора (использование подобных коллекторов электронов является одним из

КРЫЖАНОВСКАЯ Ирина Викторовна -
старший преподаватель Северо-Кавказского
горно-металлургического института
(государственного технологического университета)
(ФГБОУ ВПО СКГМИ (ГТУ)).

Адрес: 362021, Республика Северная Осетия-
Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44
e-mail: irvikk24@gmail.com

МЕРЗЛОВ Виктор Сергеевич -
профессор кафедры электронных приборов,
начальник УМР ФГБОУ ВПО СКГМИ (ГТУ).
Адрес: 362021, Республика Северная Осетия-
Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44
e-mail: umr@skgmi-gtu.ru

ХАТАГОВ Александр Черменович -
профессор кафедры САПР, декан факультета
информационных технологий
ФГБОУ ВПО СКГМИ (ГТУ).
Адрес: 362021, Республика Северная Осетия-
Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44
e-mail: khatagov@skgmi-gtu.ru

наиболее эффективных способов повышения КПД микроволновых приборов: пролетных клистронов, ламп бегущей волны, широко используемых в радиолокации, телевидении, системах связи и др.).

Основными задачами при проектировании многоступенчатого коллектора являются минимизация суммарной кинетической энергии электронов, бомбардирующих разнопотенциальные электроды (ступени) коллектора, и обеспечение равномерного распределения тепловой нагрузки этих ступеней, а варьируемыми переменными - геометрия электродов и их электрические потенциалы.

Компьютерная оптимизация конструкции коллектора не может быть проведена в каком-либо одном универсальном программном пакете из-за необходимости решения задач разного характера. В их число входят:

- 1) определение структуры электростатического поля в коллекторном пространстве при заданных геометрических размерах и потенциалах ступеней коллектора;
- 2) траекторный анализ движения инжектируемых в коллекторное пространство электронов (с учетом влияния сил пространственного заряда и вторичной эмиссии с электродов) и определение значений показателей, характеризующих эффективность выбранного варианта;
- 3) минимизация суммарной кинетической энергии

и соударения электронов со ступенями коллектора и неравномерности распределения тепловой нагрузки путем варьирования количества, конфигурации и потенциалов ступеней коллектора;

4) автоматизированное изготовление рабочих чертежей коллектора оптимальной конструкции (с учетом конструктивных, технологических и эксплуатационных ограничений).

Первая задача, ввиду отсутствия общего аналитического решения, может быть решена только численно и предполагает использование какого-либо мощного пакета конечно-элементного анализа (например, *ELCUT* [4]).

Вторая - траекторный анализ движения совокупности электронов в неравномерном электростатическом поле, тем более с учетом влияния кулоновских сил и вторичной эмиссии, - требует использования новейших методов агентного имитационного моделирования и, пожалуй, единственный пакет, пригодный для его осуществления, - среда многоподходного имитационного моделирования *Anylogic* [5].

Четвертая задача может быть выполнена в любом развитом *CAD*-пакете САПР (характерным является широко известный *AutoCAD*).

Наиболее нетривиальной является третья из задач, которая может быть реализована только многократным циклическим пересчетом 1-й и 2-й позиций в приведенном выше перечне задач. Причем

для возможности оперативной корректировки параметров и осуществления передачи расчетных данных между пакетами требуется дополнительное интерфейсное средство, в роли которого в рассматриваемом случае выступает табличный процессор *MS Excel*. Функционально работу в таком агрегате из комплекса программных пакетов различного назначения можно проиллюстрировать схемой на **рис. 1**.

Траекторный анализ в *Anylogic* позволяет не только определять тепловую нагрузку каждой ступени и результирующий КПД коллектора в целом, но и визуально наблюдать движение заряженных частиц в поперечном сечении коллекторного пространства (**рис. 2**).

Использование предложенной методики и имитационного моделирования элект-

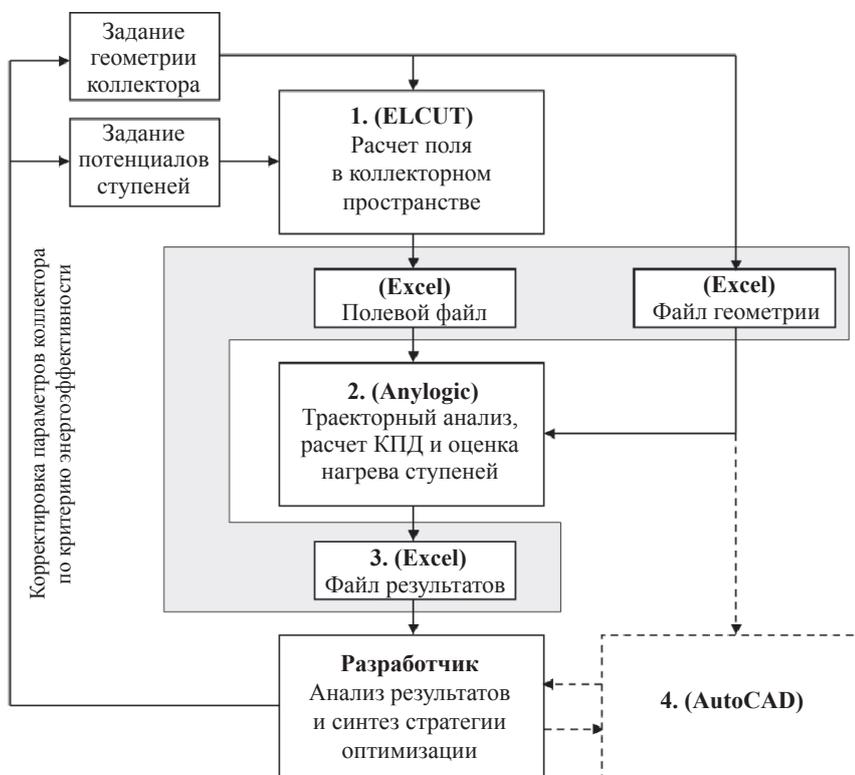


Рис. 1. Структурно-функциональная схема САПР многоступенчатого коллектора

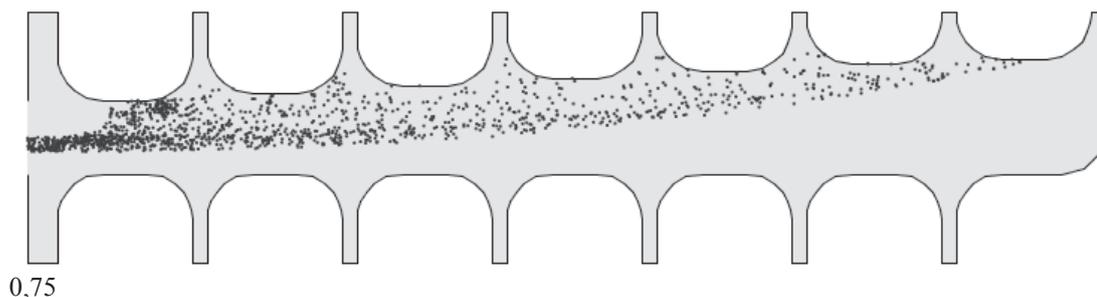


Рис. 2. Мгновенное распределение электронов инжектируемого пучка в коллекторном пространстве

ронных процессов в коллекторном пространстве помогает достаточно быстро производить оптимизацию его геометрических размеров и потенциалов электродов коллектора по критерию энергоэффективности.

В частности, в течение нескольких часов расчетов получено, что при использовании семиступенчатого коллектора на средней плотности конвекционного тока 1 А/см^2 и потенциале входной ступени

порядка 5 кВ можно обеспечить КПД коллектора 70...75% при достаточно равномерном распределении тепловой нагрузки между ступенями.

КПД существующих СВЧ-приборов без рекуперации энергии не превышает 35...40%, что позволяет ожидать примерно удвоения этого показателя при оснащении их инновационными коллекторами.

Литература:

1. Яненко Н.Н., Карначук В.И., Коновалов А.И. Проблемы математической технологии / Численные методы механики сплошной среды. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1977. - Т. 8. - № 3. - С. 129-157.

2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа / М.: Наука, 1981. - 488 с.

3. Заявка на патент РФ рег. № 2012136099 (27.08.2012), Мерзлов В.С., Хатагов А.Ч., Крыжановская И.В., Желоков И.Е.

4. <http://www.elcut.ru>

5. <http://www.anylogic.ru>

НАША ИНФОРМАЦИЯ

XII выставка и конференция Russia Power

4-6 марта 2014 года

XII выставка и конференция Russia Power пройдет в Москве, в Экспоцентре, с 4 по 6 марта 2014 года.

Russia Power, проходящая совместно с выставкой HydroVision Russia, дает прекрасные возможности для расширения бизнеса, организации встреч с потенциальными партнерами и наиболее влиятельными экспертами отрасли.

Трехдневное мероприятие включает в себя конференцию, на которой обсуждаются наиболее острые стратегические и технические вопросы развития энергетики, а также выставку, на которой представлены ведущие компании российского и международного энергетического сектора.

Три ключевых направления Russia Power:

- Модернизация
- Определение решений, необходимых для удовлетворения потребностей в модернизации и увеличения существующей мощности генерации.

- Эффективность
- Обсуждение идей и возможностей, повышающих энергоэффективность и ускоряющих процесс декарбонизации энергетического сектора России.
- Инновации
- Освещение последних технических новшеств и решений, обеспечивающих безопасную и эффективную инфраструктуру энергетического сектора.

Тематические разделы:

- новые ведущие участники рынка;
- эффективные инвестиции;
- новая система регулирования;
- конкурентный рынок;
- грядущие проекты;
- тендеры и контракты;
- выбор технологий.

Сайт <http://www.russia-power.org/ru/exhibit.html>