

А. А. Тимошенко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **И. А. Фаняев**, канд. техн. наук, доцент

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ В ANSYS ELECTRONICS DESKTOP, ИСПОЛЬЗУЯ ИНТЕГРАЦИЮ СКРИПТОВ

Метаповерхности – искусственно созданные структуры с уникальной способностью точно контролировать параметры электромагнитных волн, что делает их незаменимыми в антенной технике, оптике, сенсорных системах и других областях, где требуется управление электромагнитным излучением. Однако их проектирование усложняется высокой вычислительной сложностью: анализ резонансных эффектов, периодических структур и многочастотных режимов требует значительных временных и ресурсных затрат. Традиционные методы моделирования в Ansys Electronics Desktop, основанные на ручной настройке компьютерных моделей через интерфейс, становятся неэффективными при работе с метаповерхностями. Изменение геометрии модели, к примеру, количество микрорезонаторов, или одного параметра в свойствах порта, где портов может достигать до сотен становится временной рутинной. Решением этой проблемы становится автоматизация через скрипты на языке Python с использованием библиотеки PyAEDT, которая позволяет превратить рутинные задачи в автоматизированные процессы, сокращая время разработки и исключая ошибки из-за многократных однообразных операций.

Скриптовая автоматизация в Ansys Electronics Desktop обеспечивает ряд преимуществ. Она существенно ускоряет процесс подготовки моделей: создание геометрии, настройка сетки и граничных условий и т.д. Например, генерация массива из тысячи элементов с уникальными параметрами для каждой ячейки занимает менее минуты. Это достигается за счет параметризации – определения ключевых переменных (размеры элементов, зазоры, углы поворота), которые затем динамически изменяются в скриптах [1]. Такой подход не только экономит время, но и минимизирует ошибки, возникающие при ручном вводе данных, особенно при работе с десятками параметров. Параметризация позволяет исследовать широкий спектр конфигураций метаповерхностей, от перестраиваемых фильтров до адаптивных антенн, адаптируя модели под конкретные требования.

Интеграция с алгоритмами машинного обучения и оптимизации становится еще одним ключевым преимуществом. Скрипты связывают Ansys Electronics Desktop с методами глобальной оптимизации, такими как генетические алгоритмы или байесовская оптимизация, что позволяет автоматически подбирать параметры для достижения целевых характеристик [2]. Например, использование NSGA-II для многокритериальной оптимизации метаповерхности может одновременно минимизировать потери и максимизировать полосу пропускания, что вручную потребовало бы несколько недель работы [3]. Дополнительно, автоматизация упрощает масштабирование задач на высокопроизводительные вычислительные системы (HPC), распределяя параметрические исследования между узлами кластера.

Методология автоматизации включает несколько ключевых этапов. На первом этапе выполняется параметризация геометрии: через PyAEDT задаются переменные для размеров элементов, материалов и частотных диапазонов, после чего генерируются структуры – от простых прямоугольных и кольцевых резонаторов до сложных многослойных элементов. Далее настраиваются граничные условия: периодические границы (Master/Slave) для моделирования бесконечных структур и Floquet-порты, корректно ориентированные относительно волновых векторов [4, 5].

На рисунке 1 представлен пример использования разработанного скрипта для построения метаповерхности состоящей из 225 микрорезонаторов. У каждого микрорезонатора используется модель полупроводникового элемента – PIN-диод – в виде двух поверхностей Lumped RLC. На каждом задается сопротивление в открытом (закрытом состоянии), индуктивность диода и электрическая емкость.

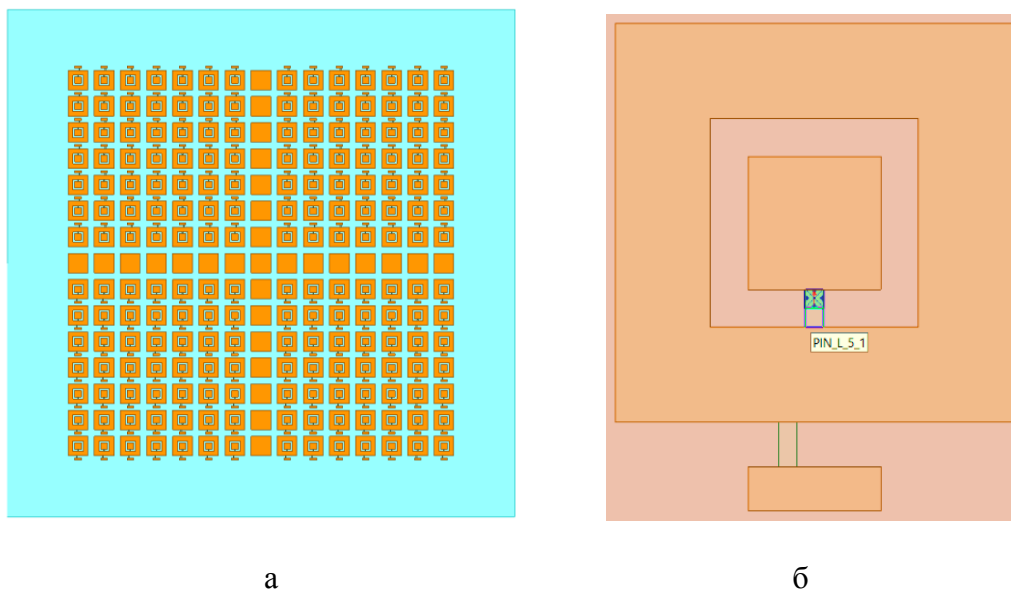


Рисунок 1 – Пример построения модели метаповерхности используя скрипты:
а – геометрия; б – модель микрорезонатора с PIN-диодом

Скриптовая автоматизация в Ansys Electronics Desktop с использованием PyAEDT трансформирует проектирование метаповерхностей. Она не только экономит время и снижает риск ошибок, но и открывает возможности для исследования динамических структур, интеграции с искусственным интеллектом и работы с высокопроизводительными вычислениями. Этот подход становится стандартом в разработке сложных устройств, подтверждая, что автоматизация – обязательный инструмент современного инженера.

Литература

1. HFSS Scripting Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – Дата доступа: 21.03.2025.
2. Khodadadi, N. Design of Antenna Parameters Using Optimization Techniques: A Review / N. Khodadadi, M. Abotaleb, P. K. Dutta // Journal of Artificial Intelligence and Metaheuristics (JAIM). – 2023. – Т. 03, № 01. – С. 08–20.
3. Ma, H. A comprehensive survey on NSGA-II for multi-objective optimization and applications / H. Ma, Y. Zhang, S. Sun [et. all] // Artificial Intelligence Review. – 2023. – Т. 56. – С. 15217–15270.
4. Ansys HFSS Scripting Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ansys.com/resources/documentation>. – Дата доступа : 21.03.2025.
5. PyAEDT Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/ansys/pyaedt>. – Дата доступа: 21.03.2025.