

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА

Шутович В. А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Давыдов М. В. – канд. техн. наук, доцент, первый проректор БГУИР

Аннотация: рассматривается методика проведения моделирования в среде *CST Studio Suite*, в рамках которой оценивается воздействие СВЧ излучения на ткани человека.

Ключевые слова: СВЧ, излучение, 5G, волновод, согласующий трансформатор, ЭМИ, КВП

Введение. Современную жизнь тяжело представить без гаджетов. Причем все они излучают электромагнитные волны широкого диапазона. Также их количество год от года только растет, а многие из этих девайсов подключены к всемирной сети Интернет. В связи с этим проявилась проблема с передачей данных: в рамках широкоиспользуемых технологий (3G, 4G, *Wi-Fi*) постоянно возрастающий объем данных передавать становится затруднительно. Решением может стать внедрение новой технологии 5G, которая будет использовать для передачи информации электромагнитные волны с меньшей длиной и означает меньшую дальность ее распространения [1]. А это влечет за собой увеличение количества ретрансляционных вышек и приводит к еще более плотному окружению электромагнитным излучением (ЭМИ), которое Всемирная Организация Здравоохранения поставила на первое место по опасности воздействия на здоровье человека [2]. Появились отчеты, говорящие об эффекте накопления, что может служить причиной появления болезней [3]. В данной статье описывается способ оценки воздействия ЭМИ на ткани человека.

Основная часть. Для близкой оценки того, как взаимодействует ЭМИ с тканями человека можно провести моделирование в ПО *CST Studio Suite*, которое специализируется в анализе и оптимизации электромагнитных компонентов и систем. Модель представлена на рисунке 1.

Для избегания эффекта огибания тканей электромагнитными волнами используется волновод, в который помещается имитатор биоткани. Волновод имеет прямоугольную форму, от размеров поперечного сечения которого зависит частотный диапазон, длина при этом не имеет значения, так как в нем практически отсутствуют потери. Вдоль волновода может распространяться волна с длиной не превышающей $\lambda_{кр}$. $\lambda_{кр} = 2a$, где a – ширина волновода. Существуют стандартизированные размеры волноводов [4].

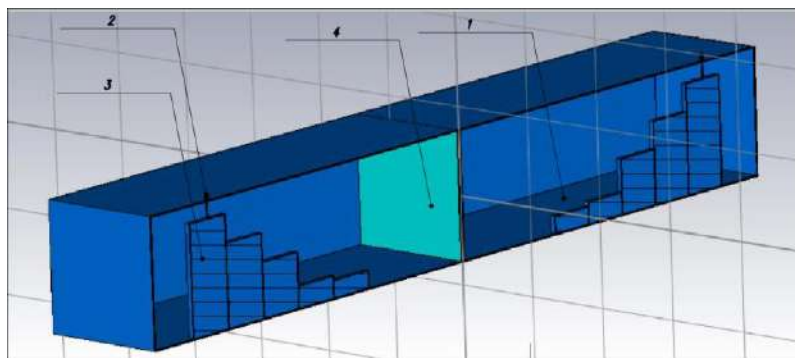


Рисунок 1 — Модель для исследования воздействия ЭМИ на имитатор ткани; 1.1 – волновод; 1.2 – коаксиальный кабель; 1.3 – согласующий трансформатор; 1.4 – имитатор биоткани

Источником и приемником электромагнитного излучения определены коаксиальные кабели, которые соединяются с волноводом, при этом нужно учитывать их различные сопротивления, влияющие на коэффициент стоячей волны (КСВ). При прохождении волн через переход от коаксиального кабеля на волновод и наоборот могут происходить отражения, которые приводят к появлению волн с разной амплитудой, как на рисунке 2 [5]. Что снижает эффективность установки и приводит к искажениям в результатах.

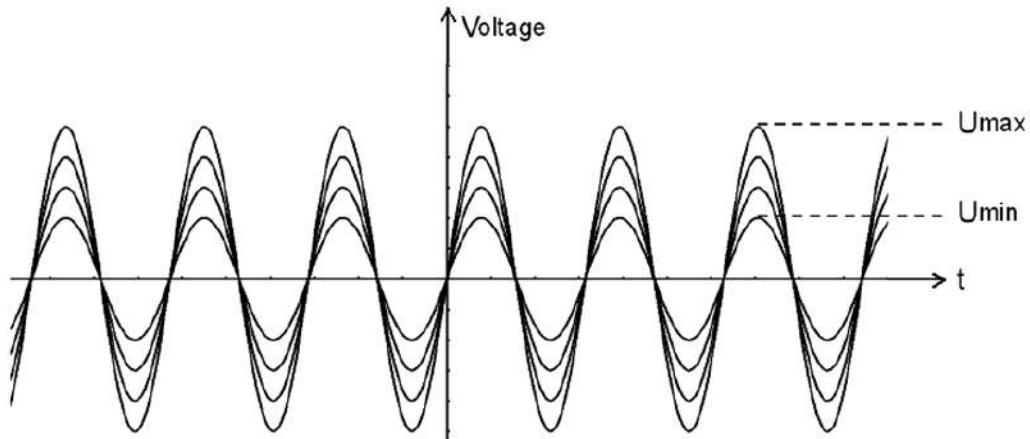


Рисунок 2 – Эпюры напряжения в линии

Для того, чтобы минимизировать данный эффект используется коаксиально-волновой переход (КВП), иными словами это элемент, который согласует сопротивление коаксиального кабеля, стандартизированное и равное 50 Ом или 75 Ом и сопротивление волновода. Видов КВП достаточно много, но для широкополосного согласования применяются ступенчатые переходы, которые представляют собой каскадное соединение четвертьволновых трансформаторов (ступенек) с разными волновыми сопротивлениями. Схематичное изображение четвертьволнового трансформатора представлено на рисунке 3:

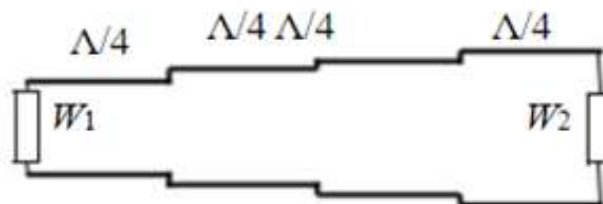


Рисунок 3 – Четвертьволновой трансформатор со ступенчатым переходом [6]

Для улучшения характеристик ступенчатого перехода скачки волновых сопротивлений каждой ступеньки делают разными. Наиболее распространены переходы, в которых скачки сопротивлений (зависят от высоты ступенек) изменяются пропорционально коэффициентам бинома Ньютона (более плавная характеристика) или пропорционально полиномам Чебышёва (характеристика имеет большую крутизну). Можно использовать любой вариант исходя из необходимости конкретного случая.

В середине волновода помещается имитатор биоткани, который занимает все поперечное сечение волновода, как описывалось выше, это делается для исключения огибания материала волнами. Также необходимо создать материал имитатора. Для этого как минимум нужно указать диэлектрическую постоянную и электрическую проводимость, которые у тканей сильно разнятся, при этом они зависят от частоты [7]. Поэтому для достижения максимальной достоверности лучше для каждого частотного диапазона создавать материал с характеристиками именно для этой длины волны.

Далее проводится моделирование. В результате получаются графики параметров S_{11} (отражения излучения от имитатора), S_{21} (прохождения излучения через имитатор), а также графики параметров S_{22} и S_{12} , когда входной и выходной порты меняют местами. На основе этих параметров вычисляется величина параметра поглощения ЭМИ имитатором.

Заключение. Данная методика позволяет выяснить характер взаимодействия СВЧ излучения с имитаторами, близкими по параметрам с различными биотканями. Она позволяет в короткие сроки получить параметры S_{11} , S_{21} , поглощения высокой достоверности без трудоемкого процесса изготовления волноводной установки и проведения опытов на реальных объектах, но в то же время модель максимально близко по своему составу соответствует им. А это позволяет комбинировать моделирование и реальные эксперименты для более серьезных исследований.

Список литературы

1. В чем разница между 4G и 5G? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/439136/>. – Дата доступа: 12.02.2022.
2. Электромагнитный смог - *Electromagnetic Smog* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proza.ru/2010/03/22/983/>. – Дата доступа: 20.02.2022.
3. Влияние электромагнитного излучения на здоровье человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s112/s112-016.pdf#:~:text=Проблема%20электромагнитного%20излучения%20на%20сегодняшний,законы%2C%20призванные%20регулировать%20уровень%20ЭМИ-> Дата доступа: 20.02.2022.
4. Трубы прямоугольные и n-образные высокой точности и чистоты поверхности из алюминия и алюминиевых сплавов для волноводов: ГОСТ Р 55774-2013. – Введ. 22.11.2013 – Москва: Всероссийский институт легких сплавов, 2013г., 15с.
5. Коэффициент стоячей волны, его влияние на потери в линиях приёма/передачи [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://vpraem.ru/inf_ksw.html. – Дата доступа: 21.02.2022.
6. Согласующие трансформаторы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4574718/page:22/>. – Дата доступа: 22.02.2022.
7. C.Gabriel, S.Gabriel: *Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies*, Internet document. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a305826.pdf> Дата доступа: 22.03.2022.

UDC 53.097

METHOD FOR SIMULATION OF THE EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON HUMAN TISSUES

Shutovich V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Davydov M.V. – PhD, assistant professor, first vice-rector of BSUIR

Annotation. A simulation technique is considered in the CST Studio Suite environment, in which the impact of microwave radiation on human tissues is estimated.

Keywords: Microwave, radiation, 5G, waveguide, matching transformer, EMI, CWT