

УДК 621.396.6

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ МАТЕРИАЛА ЛОПАСТЕЙ СПИРАЛИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКОЙ ЛОГАРИФМИЧЕСКОЙ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ


К.И. КРЕМЕНЯ, канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ
(Полоцкий государственный университет)

Представлено исследование влияния толщины материала лопастей спирали и толщины диэлектрической подложки на характеристики плоской логарифмической спиральной антенны, проведенное в программном пакете HFSS (High Frequency Structure Simulator). В качестве материала лопастей спирали выбрана медь, толщиной 0,1, 0,5 и 1 мм. Материал подложки – диэлектрик со значением диэлектрической проницаемости $\epsilon = 2,2$, толщина которого составляет 1, 2 и 3 мм. Результаты исследования представлены на графиках: коэффициент стоячей волны по напряжению, диаграмма направленности, входной импеданс. Проанализировано влияние толщины материалов на неравномерность характеристик антенны. Даны рекомендации по расширению частотного диапазона плоской логарифмической спиральной антенны за счет оптимального выбора толщины металла и диэлектрика. Результаты исследования могут быть применены для создания широкополосных антенн в технике космической связи и радиолокации.

Введение. Плоские логарифмические спиральные антенны являются широкополосными и находят различное применение, в частности в технике космической связи, радиолокации. Параметры антенн обеспечиваются без согласующего устройства с противофазным питанием в центре. Отсутствие согласующего устройства минимизирует массогабаритные характеристики. Небольшое значение коэффициента стоячей волны по напряжению ($K_{СВН} < 2$), позволяет использовать такие антенны в качестве не только приемных, но и передающих.

В данной работе приводятся результаты исследования влияния толщины металла и диэлектрика на характеристики плоской логарифмической спиральной антенны, проведенного в программном пакете HFSS (High Frequency Structure Simulator). В качестве материала лопастей спирали выбрана медь; материала подложки – диэлектрик со значением диэлектрической проницаемости $\epsilon = 2,2$. Форма антенны и её характеристики представлены в таблице.

Исследуемая антенна

Параметр	Значение	Форма антенны
Рабочая полоса частот, ГГц	0,85 – 6	
Средняя частота, ГГц	2,42	
Внутренний радиус, см	1	
Внешний радиус, см	10	
Число витков	1,43	
Смещение угла (в градусах)	90	
Коэффициент расширения (> 1)	5	

Исследование зависимости характеристик антенны от толщины меди. Для исследования выбрана медь толщиной 0,1, 0,5 и 1 мм. Результаты исследования отражены на рисунках 1, 2, 3. График (рис. 1) характеризует коэффициент стоячей волны по напряжению ($K_{СВН}$); диаграмма (рис. 2) – направленность антенны; рисунок 3 – входной импеданс.

Результаты

Толщина материала лопастей спирали оказывает влияние на величину $K_{СВН}$: с ростом толщины меди величина $K_{СВН}$ увеличивается, а её неравномерность в частотном диапазоне становится больше; при низких значениях толщины металла исследуемая антенна имеет практически постоянный $K_{СВН}$. Неравномерность составляет не более 0,12. Для слоя меди толщиной 0,5 и 0,1 мм неравномерность $K_{СВН}$ соответственно составляет 0,1 и 0,13.

Толщина материала лопастей спирали оказывает влияние на диаграмму направленности антенны и коэффициент её усиления. С увеличением толщины слоя меди направленность антенны ухудшается, коэффициент усиления снижается. Для антенн со слоем меди толщиной 0,1; 0,5; 1 мм коэффициенты усиления будут соответственно равны 6,06; 5,96; 5,89.

Толщина материала лопастей спирали оказывает влияние на входное сопротивление антенны. Величина волнового сопротивления фидера выбрана 50 Ом. Величина нормированного входного сопротив-

ления при использовании меди толщиной 0,1 мм изменяется от 0,81 (40,5 Ом) при относительной длине, равной 0,11, до 1,11 (55,5 Ом) при относительной длине, равной 0,07. При использовании меди толщиной 0,5 мм величина нормированного входного сопротивления изменяется от 0,77 (38,5 Ом) при относительной длине, равной 0,13, до 1,04 (52 Ом) при относительной длине, равной 0,1. При использовании меди толщиной 1 мм величина нормированного входного сопротивления изменяется от 0,7 (35 Ом) при относительной длине, равной 0,14, до 0,95 (47,5 Ом) при относительной длине, равной 0,14. Неравномерность характеристики входного сопротивления образует петлю, размеры которой уменьшаются при увеличении толщины слоя меди.

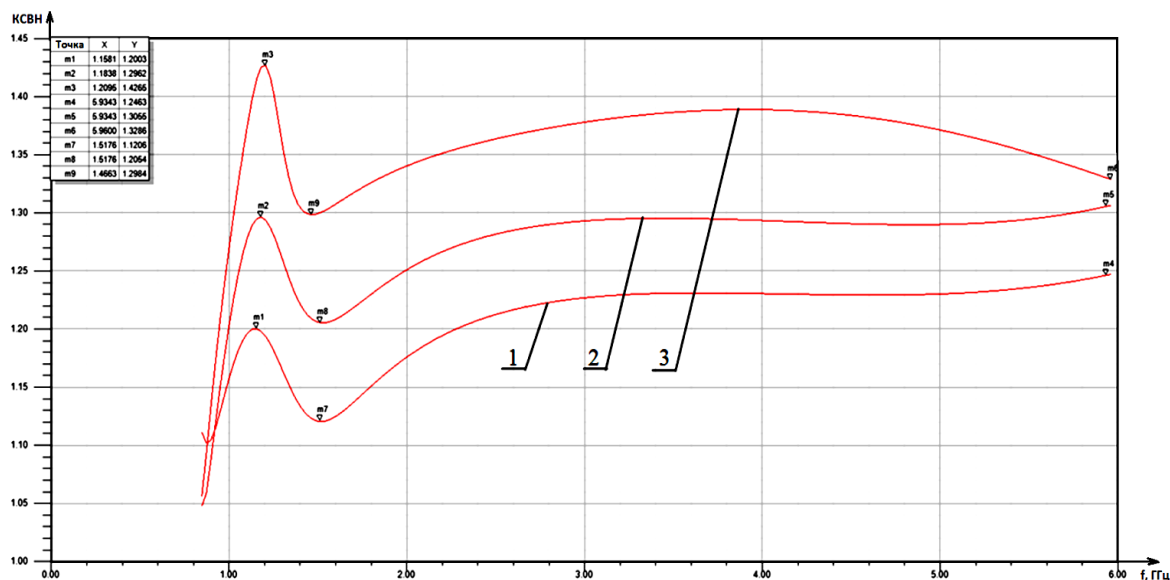


Рис. 1. Коэффициент стоячей волны по напряжению:
1 – медь толщиной 0,1 мм; 2 – медь толщиной 0,5 мм; 3 – медь толщиной 1 мм

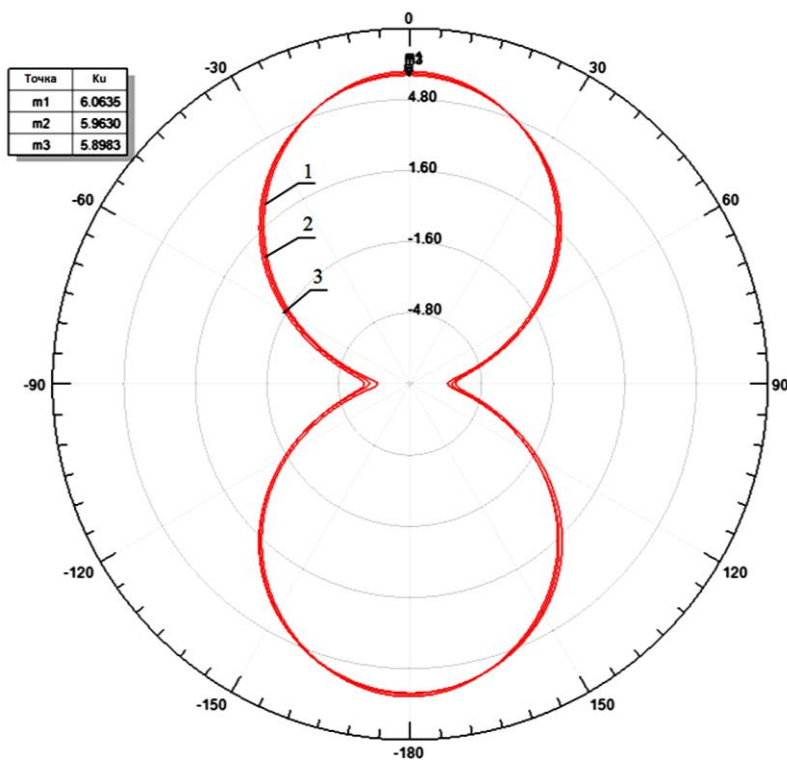


Рис. 2. Диаграмма направленности:
1 – медь толщиной 0,1 мм; 2 – медь толщиной 0,5 мм; 3 – медь толщиной 1 мм

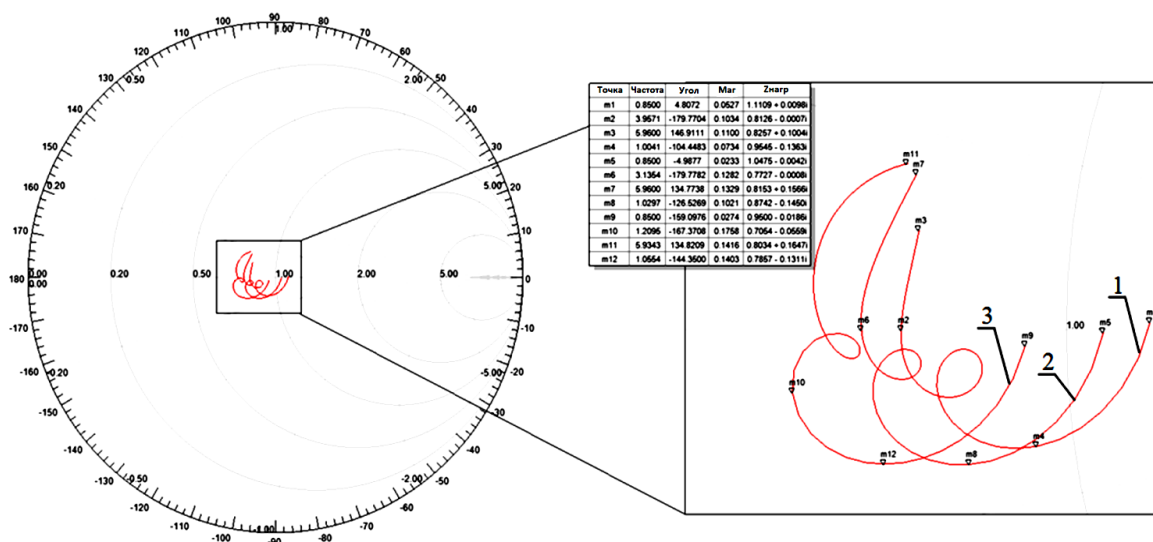


Рис. 3. Входное сопротивление:
1 – медь толщиной 0,1 мм; 2 – медь толщиной 0,5 мм; 3 – медь толщиной 1 мм

Выводы. В ходе исследования зависимости характеристик антенны от толщины материала лопастей спирали в качестве материала выбрана медь толщиной 0,1; 0,5; 1 мм установлено следующее:

- с увеличением толщины меди величина КСВН увеличивается, а ее неравномерность в частотном диапазоне становится значительно больше;
- при увеличении толщины меди направленность антенны ухудшается;
- при увеличении толщины меди коэффициент усиления снижается;
- при увеличении толщины меди увеличивается разброс значений входного сопротивления, что негативно сказывается на параметрах антенны.

В результате исследования определено: для обеспечения лучших параметров для работы антенны толщина меди должна быть наименьшей.

Исследование зависимости характеристик антенны от толщины подложки. Для исследования выбран диэлектрик со значением диэлектрической проницаемости $\epsilon = 2,2$, толщиной 1, 2 и 3 мм. Результаты исследования отражены на графиках: коэффициент стоячей волны по напряжению (рис. 4), диаграмма направленности (рис. 5), входной импеданс (рис. 6).

Результаты

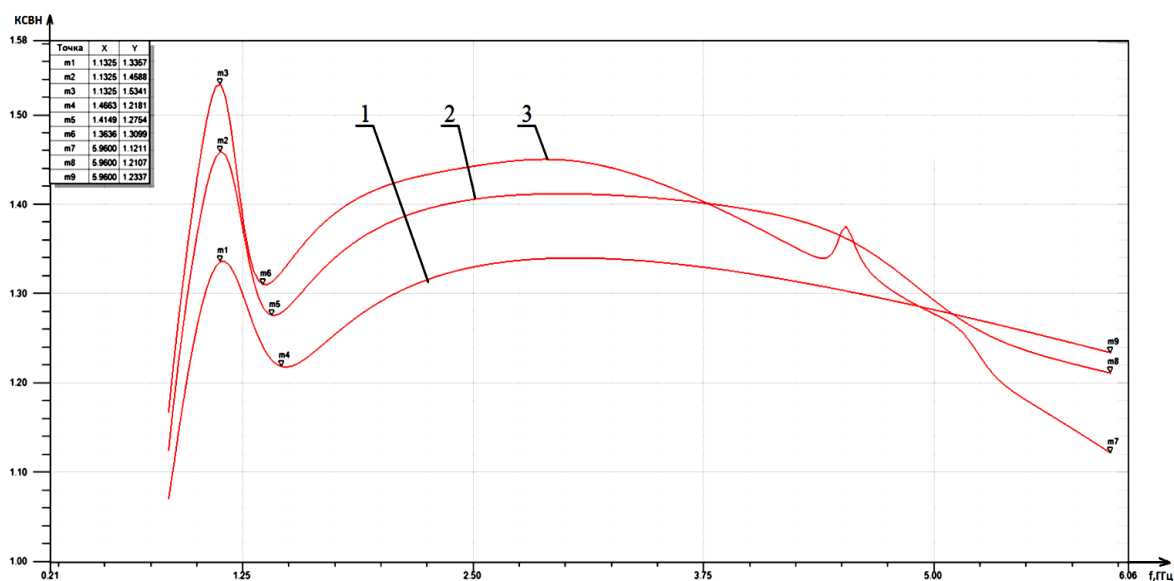


Рис. 4. Коэффициент стоячей волны по напряжению:
1 – диэлектрик толщиной 1 мм; 2 – диэлектрик толщиной 2 мм; 3 – диэлектрик толщиной 3 мм

Толщина материала диэлектрика оказывает влияние на величину КСВН: с ее ростом величина КСВН увеличивается и ее неравномерность в частотном диапазоне становится больше. При низких значениях толщины исследуемая антенна имеет практически постоянный КСВН. Неравномерность составляет не более 0,12. Для слоя диэлектрика толщиной 2 мм неравномерность КСВН составляет 0,18. Для слоя диэлектрика толщиной 3 мм неравномерность характеристики составляет 0,41.

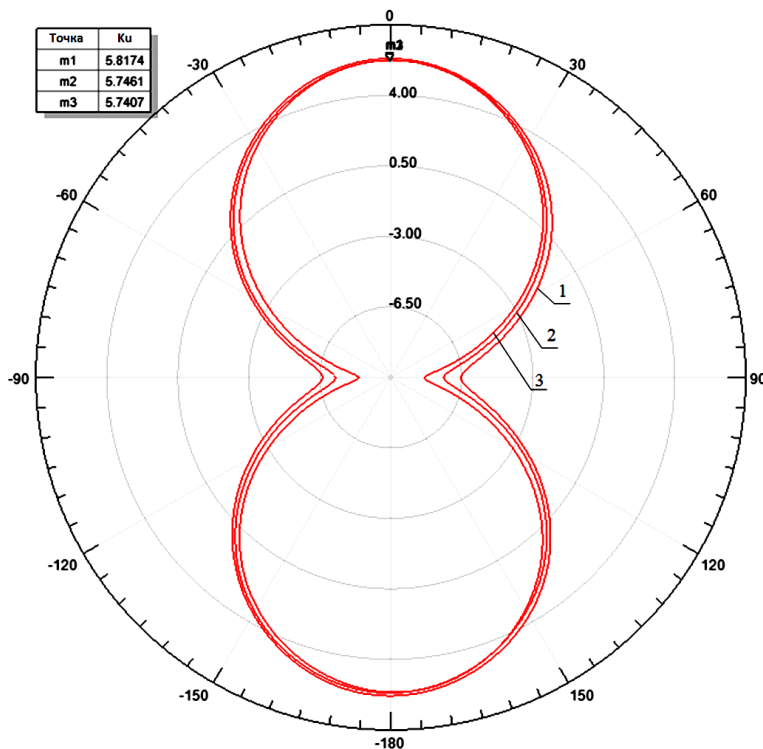


Рис. 5. Диаграмма направленности:
1 – диэлектрик толщиной 1 мм; 2 – диэлектрик толщиной 2 мм; 3 – диэлектрик толщиной 3 мм

Толщина материала диэлектрика оказывает влияние на диаграмму направленности антенны и на ее коэффициент усиления. С увеличением толщины материала диэлектрика направленность антенны улучшается, а ее коэффициент усиления снижается. Для антенн с диэлектриком толщиной 1, 2, 3 мм коэффициенты усиления будут равны соответственно 5,81; 5,746; 5,74.

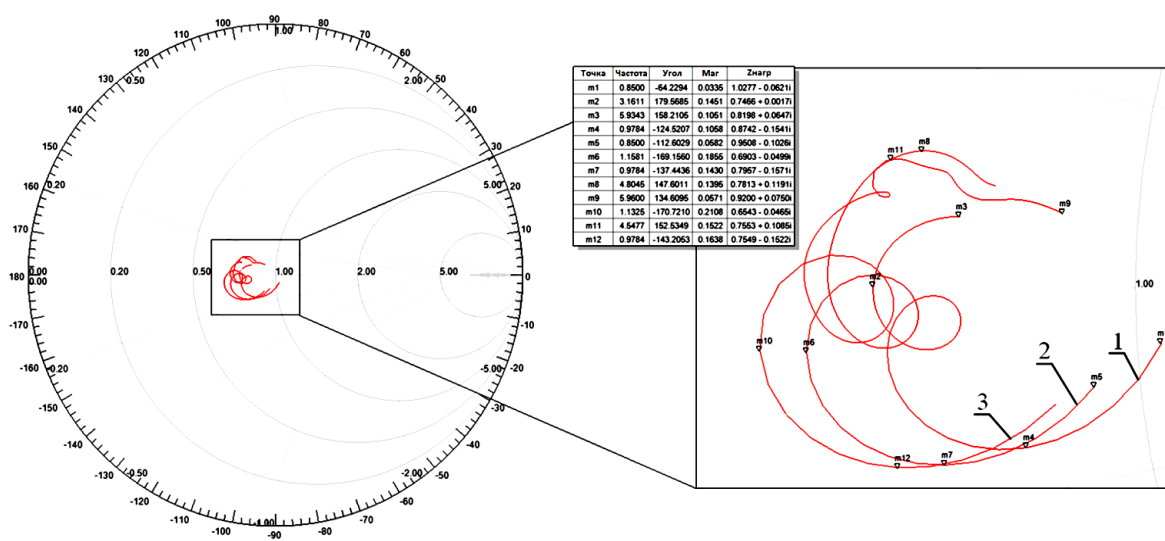


Рис. 6. Входное сопротивление:
1 – диэлектрик толщиной 1 мм; 2 – диэлектрик толщиной 2 мм; 3 – диэлектрик толщиной 3 мм

Толщина материала подложки оказывает влияние на входное сопротивление антенны. Величина нормированного входного сопротивления при использовании подложки толщиной 1 мм изменяется от 0,74 (37 Ом) при относительной длине, равной 0,1, до 1 (50 Ом) при относительной длине, равной 0,1. При использовании подложки толщиной 2 мм величина нормированного входного сопротивления изменяется от 0,69 (34,5 Ом) при относительной длине, равной 0,15, до 0,95 (47,5 Ом) при относительной длине, равной 0,14. При использовании подложки толщиной 3 мм величина нормированного входного сопротивления изменяется от 0,65 (32,5 Ом) при относительной длине, равной 0,15, до 0,92 (46 Ом) при относительной длине, равной 0,16.

Неравномерность характеристики входного сопротивления образует петлю, размеры которой увеличиваются при увеличении толщины подложки диэлектрика.

Выводы. В ходе исследования зависимости характеристик антенны от толщины подложки в качестве материала выбран диэлектрик толщиной 1, 2 и 3 мм установлено следующее:

- с увеличением толщины диэлектрика величина КСВН увеличивается и ее неравномерность в частотном диапазоне становится значительно больше;
- при увеличении толщины диэлектрика направленность антенны улучшается;
- при увеличении толщины диэлектрика коэффициент усиления снижается;
- при увеличении толщины диэлектрика увеличивается разброс значений входного сопротивления, что негативно сказывается на параметрах антенны.

Заключение. Для обеспечения лучших параметров для работы антенны толщина меди и подложки диэлектрика должна быть наименьшей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сазонов, Д.М. Антенны и устройства СВЧ: учебник для радиотехнических спец. вузов / Д.М. Сазонов. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 с.
2. Антенны и устройства СВЧ (Проектирование фазированных антенных решеток): учеб. пособие для вузов / Д.И. Воскресенский [и др.] / под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радио и связь, 1981. – 432 с.

Поступила 20.08.2012

EFFECT OF MATERIAL THICKNESS OF SPIRAL BLADES AND DIELECTRIC SUBSTRATE ON THE CHARACTERISTICS OF FLAT LOGARITHMIC SPIRAL ANTENNAS

K. KREMENIA, V. YANUSHKEVICH

This article presents the results of the investigation dealing with material thickness effect and the thickness of the spiral blades of a dielectric substrate on the performance of a plane logarithmic spiral antenna held in a software package HFSS (High Frequency Structure Simulator). For the study copper is chosen as a spiral blade material with the thickness of 0,1; 0,5; 1 mm, as the substrate material – dielectric with dielectric constant $\epsilon = 2,2$, its width being 1, 2, 3. The results of the research are presented in the graphs: voltage standing wave ratio (VSWR), radiation pattern, input impedance. The effect of material thickness on the uneven characteristics of the antenna has been analyzed. The recommendations for the expansion of the frequency range of a plane logarithmic spiral antenna through optimal choice of thickness of the metal and dielectric have been given. The results can be used for broadband antennas creation in the technology of space communications and radiolocation.