

Влияние дефектных модулей на характеристики многогранной антенной решётки

Приводятся результаты численного исследования влияния дефектных модулей на уровень боковых лепестков многогранной антенной решётки.

Ключевые слова: многогранная антенная решётка, дефектные модули

Для слежения за воздушным пространством необходимы радиотехнические средства, обеспечивающие круговой обзор. В современных системах радиолокации в качестве таких средств используются многогранные антенные решётки (МАР). Часто такие решётки строятся по модульной схеме. Модулем является фрагмент решётки. МАР применяется для широкоугольного сканирования пространства узким лучом. Несмотря на широкое применение таких антенных решёток в различных радиосистемах, сведений о влиянии дефектных модулей на характеристики МАР в литературе недостаточно [1-2]. В частности, в работе [2] рассматривается влияние ширины диаграммы направленности (ДН) элементарного излучателя на параметры многоугольной антенной решётки, влияние дефектных модулей на параметры МАР не рассматривается.

Основной целью работы является изучение влияния расположения и размеров дефектных модулей на характеристики МАР при различных амплитудных распределениях возбуждения излучателей (АР). В настоящем докладе приводятся сведения о результатах численного моделирования шестнадцатигранной МАР, состоящей из четырёх плоских решёток в активной области, далее именуемых гранями. Под активной областью МАР понимается такая область, грани в которой расположены и сфазированы так, чтобы сканировать в определённом секторе углов. Моделирование проведено с использованием математической модели многогранной антенной решетки, разработанной с использованием метода моментов в тонко-проволочном приближении [3].

Вид сверху граней активной области МАР и эквивалентной плоской решётки (ЭПР) представлены на рис. 1. Для наглядности на каждой грани МАР на рис. 1 по 3 излучателя. В работе использовалась МАР, у которой на каждой грани 24 излучателя.

Исследования проведены при различных параметрах дефектных модулей. Под дефектом понимается отсутствие возбуждения излучателей в модуле. Всего в активной области решётки 96 столбцов излучателей. В каждом столбце по 4 излучателя. Нумерация модулей ведётся с начала верхней грани до конца нижней грани. Центром решётки будем считать направление главного максимума, обозначенное на рис. 1. Численное моделирование выполнено на частоте 300 МГц. Расстояние между столбцами и между излучателями в столбцах соответственно равно $0,48 \lambda$ и $0,5 \lambda$, где λ – длина волны. Радиус МАР составляет 30λ . В качестве излучателя использован директорный излучатель, выбранный с учётом рекомендаций, приведённых в работе [2], и параметрами, рассчитанными без учета взаимодействия в решетке: ширина главного лепестка ДН в горизонтальной плоскости 54° , в вертикальной плоскости 70° . В решетке использовалось

равномерное АР возбуждения излучателей и АР, описываемое косинусом в степени $P=1,5$ на «подставке» $Da=0,3$.

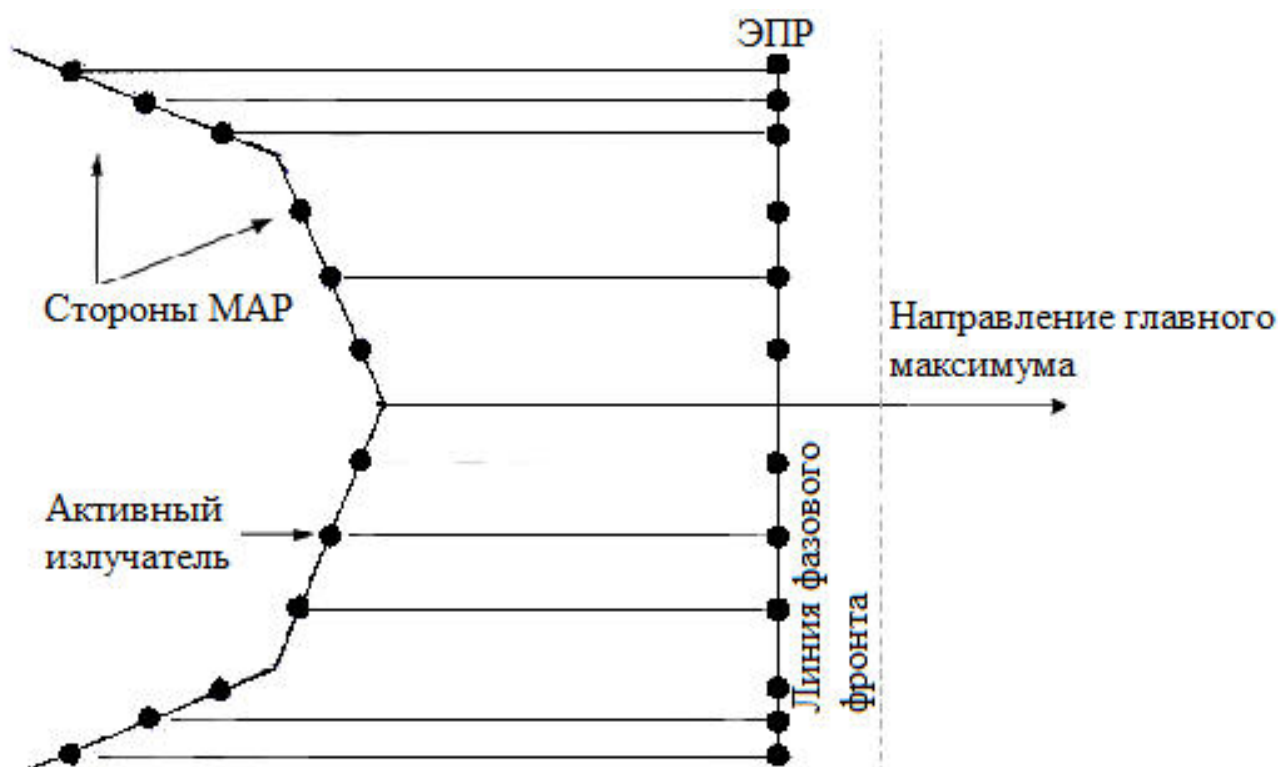


Рисунок 1

ДН МАР в горизонтальной плоскости при отсутствии дефектных модулей при равномерном АР представлена на рис. 2, а при АР, описываемом косинусом в степени $P=1,5$ на «подставке» $Da=0,3$, на рис. 3. В случае ДН, представленной на рис. 2, максимальный уровень боковых лепестков (УБЛ) равен $-21,88$ дБ, а в случае ДН, представленной на рис. 3 УБЛ равен $-22,69$ дБ.



Рисунок 2



Рисунок 3

Как видно, УБЛ в многогранной решетке при одном и том же АР заметно меньше, чем в плоской решетке. Чем меньше радиус решетки, тем сильнее выражен этот эффект. Понижение УБЛ в многогранной решетке связано с тем, что на эквивалентной плоской антенной решетке уровень «подставки» в АР на крайних гранях активной области

понижается потому, что максимумы диаграмм направленности излучателей ориентированы под углом к направлению максимума ДН всей активной области.

Зависимость УБЛ для ДН в горизонтальной плоскости от номера дефектного модуля при равномерном АР при разбиении каждой грани на 6 модулей и всей решётки соответственно на 24 модуля показана на рис. 4, а при разбиении каждой грани на 3 модуля и всей решётки соответственно на 12 модулей показана на рис. 5. В первом случае каждый модуль содержит 4 столбца излучателей, а во втором – 8.



Рисунок 4

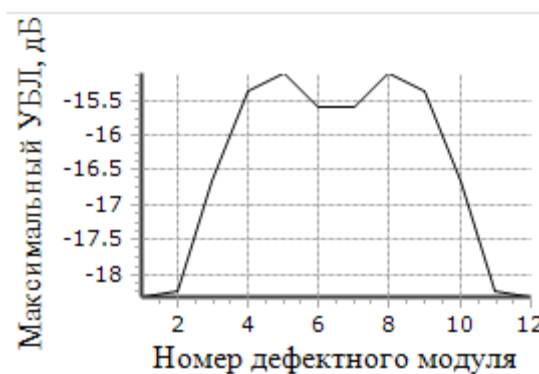


Рисунок 5

Как видно, наибольший УБЛ имеет место при расположении дефектных модулей в центре МАР. При расположении дефектных модулей на боковых гранях УБЛ меньше. На рис. 4 изменение УБЛ более неравномерно, чем на рис 5. Из рис. 4 и рис. 5 следует, что выход из строя одного модуля в рассматриваемой решётке приводит, к существенному росту боковых лепестков. Чем больше излучателей в дефектном модуле, тем существеннее его влияние на УБЛ. Число излучателей одного модуля, соответствующего случаю рис. 4, в рассматриваемой решётке равно 4%. Выход такого же числа излучателей, разбросанных на решётке по случайному закону [4], приводит к менее существенному росту УБЛ порядка $-21,5$ дБ. Число излучателей одного модуля, соответствующего случаю рис. 5, в рассматриваемой решётке равно 16,7%. Выход такого же числа излучателей, разбросанных на решётке по случайному закону, приводит к менее существенному росту УБЛ – порядка 19,5дБ.

Зависимости УБЛ для ДН в горизонтальной плоскости от номера дефектного модуля, при разбиении каждой грани на 4 модуля и всей решётки соответственно на 16 модулей, показаны на рис. 6 и рис. 7. В данном случае каждый модуль содержит 6 столбцов излучателей. На рис. 6 в исследуемой решётке применялось равномерное АР, а на рис. 7 АР, описываемое косинусом в степени $P=1,5$ на «подставке» $Da=0,3$.

Как видно, из рис. 6, влияние дефектных модулей на УБЛ существеннее, чем влияние дефектных модулей на УБЛ в случае, представленном на рис. 4. Наибольший УБЛ наблюдается при расположении дефектных модулей на центральных гранях.

Количество максимальных УБЛ на рис. 6 меньше, чем на рис. 4, и больше, чем на рис. 5. Исходя из этого, можно сделать вывод, что чем меньше количество излучателей в дефектном модуле, тем сложнее характер зависимости максимального УБЛ от номера

дефектного модуля. Сложный характер зависимости максимального УБЛ от номера дефектного модуля, при небольшом количестве излучателей в дефектном модуле, объясняется различной плотностью распределения излучателей на ЭПР МАР.



Рисунок 6



Рисунок 7

Из рис. 7 следует, что при использовании АР, которое описывается косинусом в степени $P=1,5$ на «подставке» $Da=0,3$, наибольший УБЛ, как и в рассмотренных ранее случаях, имеет место при расположении дефектных модулей на центральных гранях. Но влияние дефектных модулей на максимальный УБЛ, при их расположении на боковых гранях, менее существенно, что объясняется используемым типом АР. При использовании АР, которое описывается косинусом в степени $P=1,5$ на «подставке» $Da=0,3$, влияние неравномерной плотности распределения излучателей на ЭПР МАР меньше, чем при использовании равномерного АР. Это иллюстрирует рис.7 В случае, представленном на рис. 5, влияние неравномерной плотности распределения на УБЛ излучателей на ЭПР МАР также было несущественным. В связи с этим возникает интерес применить при разбиении каждой грани на 3 модуля и всей решётки соответственно на 12 модулей, как это было в случае, представленном на рис. 5, АР, которое описывается косинусом в степени $P=1,5$ на «подставке» $Da=0,3$. Результат представлен ниже на рис. 8.

По рис. 6 и рис.7 видно, что из-за возросшего количество излучателей в модуле, составляющего 9,3%, влияние дефектных модулей, при использовании обоих типов АР, на максимальный УБЛ более существенно, чем в случае, представленном на рис. 4. Выход такого же числа излучателей, разбросанных на решётке по случайному закону, приводит к менее существенному росту УБЛ порядка -20.5дБ, при равномерном АР.

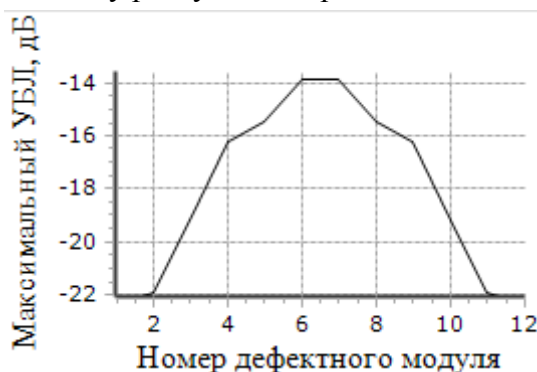


Рисунок 8

Из рис. 8 и рис. 5 также следует, что максимальный УБЛ меньше при расположении дефектных модулей на боковых гранях и больше – при расположении дефектных модулей на центральных гранях.

Описанные особенности влияния дефектных модулей на максимальный УБЛ решётки необходимо учитывать при проектировании, в частности, при определении числа излучателей в одном модуле при общем заданном числе излучателей в решетке, и при определении необходимого АР.

Библиографический список

1. Воскресенский Д.И., Пономарев Л.И., Филиппов В.С. Выпуклые сканирующие антенны / Д.И. Воскресенский, Л.И. Пономарёв, В.С. Филиппов // – Москва: Советское Радио. – 1978. – С. 294.
2. Москалёв Д. В. Параметры кольцевой и многоугольной антенных решёток при конформном и фазовом сканированиях/ Д.В. Москалёв // – Доклады БГУИР. – 2011. – Вып. № 2(56). – С. 16-21.
3. Вычислительные методы в электродинамике /Под ред. Р. Митры // – Москва: Мир. – 1977. – С. 481.
4. Шифрин Я.С., Вопросы статистической теории антенн / Я.С. Шифрин // – Москва: Советское Радио. – 1970. – С. 383.