

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

А. М. КАРАШЕТАН, М. М. ДЖРБАСЯН

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ ТИПА МИТТАГ-ЛЕФФЛЕРА
ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ОДНОРОДНЫХ РЕГУЛЯРНЫХ СТРУКТУР

Удовлетворение возрастающих потребностей радиоэлектронных систем обработки и передачи информации возможно при повышении эффективности их функционирования. Указанные системы, являясь многофункциональными и многоэлементными объектами, поражают значительные трудности и ряд специфических проблем и задач, связанных с обеспечением их нормального функционирования и решением вопросов технической диагностики. Это особенно остро чувствуется при контроле фазированных антенных решеток (ФАР), представляющих собой однородные регулярные структуры (ОРС), характеризующиеся модулем (излучателем) и расстоянием между ними.

В этой связи задача построения моделей проверки ОРС, разработка эффективных алгоритмов и программ проверки работоспособности этих структур является актуальной задачей. Характерным при этом является многообразие поставленных задач применяемого математического аппарата и методов решения [1-4].

Вопросы диагностики радиоэлектронных аппаратов (РЭА) и, в частности, ОРС посвящено большое количество работ [1, 4, 6], но разнообразие применяемых математических моделей затрудняет их классификацию и одновременно приводит к привязанности методики контроля к конкретному типу РЭА.

В данной работе, исходя из системного анализа, предложен принцип контроля ОРС, не привязанный к конкретному объекту и основанный на применении обобщенной функции погрешностей (ОФП), которая определяется следующим образом: «...любое местное возбуждение поля излучения ФАР, вызванное отказом отдельного излучателя, является локальным и может быть определено с помощью коэффициента взаимной связи (КВС) между излучателями ФАР».

В большинстве существующих работ [2, 5] асимптотики КВС устанавливаются путем анализа коэффициента отражения элементов ФАР как функции угла сканирования. Результаты расчетов позволяют установить некоторые общие закономерности поведения коэффициента взаимной связи, КВС линейной ФАР для элементов, расположенных, при-

мерно, с пятого от возбужденного элемента, находятся в области асимптотической зависимости от расстояния [2, 5]

$$C_{0n} \approx B \frac{e^{-in\beta d}}{(-in\beta d)^q} + D_{0n}, \quad (1)$$

где C_{0n} — КВС; d — шаг решетки; $\beta = 2\pi/\lambda$ — постоянная распространения; λ — длина волны; n — номер элемента после возбужденного; q — показатель, зависящий от типа решетки и поляризации излучения ее элементов; B — постоянная, зависящая от конкретной конструкции ФАР; D_{0n} — остаточное слагаемое после выделения асимптотической части.

Для построения ОФП в целях диагностики отдельных фрагментов ФАР большое значение имеет аппроксимация значений КВС для первых 5-6-ти элементов ФАР после возбужденного элемента. Существующие же выражения [2] для расчета КВС первых пяти элементов после возбужденного громоздки и весьма трудоемки для инженерных расчетов. Поэтому нахождение математических моделей, с достаточно большой точностью аппроксимирующих значений КВС первых 5-6-ти элементов ФАР после возбужденного, представляет собой практический интерес. В этой связи в данной работе поставлена цель: на основе теоретических и экспериментальных результатов [1—3, 5], а также работ [4, 6] рекомендовать модель обобщенной функции погрешностей, которая в отличие от модели, предложенной ранее [4, 6], дала бы информацию не только о модуле ВКС, но и его фазе.

В качестве модели ОФП ОРС в данной работе предлагается использовать функции типа Миттаг—Леффлера, свойства которых подробно исследованы в [3]:

$$E_s(-in\beta d, \mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-in\beta d)^k}{\Gamma(\mu + k)}, \quad (2)$$

где $E_s(-in\beta d, \mu)$ — целая функция порядка $\rho = 1$ и типа σ ; μ — произвольный параметр; $\Gamma(\mu + k)$ — гамма-функция.

Функция $E_s(-in\beta d, \mu)$ обладает рядом важных свойств, среди которых особое место занимает ее поведение при больших по модулю значениях $n\beta d$ в комплексной области и которое выражается уравнением:

$$E_s(-in\beta d, \mu) = \frac{e^{-in\beta d}}{(-in\beta d)^{\mu-1}} = \tau_s(nd\beta), \quad (3)$$

где

$$\tau_s(nd\beta) \approx \sum_{k=0}^p \frac{(-in\beta d)^k}{\Gamma(\mu - k)}; \quad \mu - 1 = q.$$

На ЭВМ ЕС-1020 реализован численный эксперимент по предложенной модели и результаты моделирования представлены на рисунке.

Там же для сравнения приведены результаты численных расчетов по методике [2], а также реальных экспериментов, проведенных для ФАР различных конструкций.

На рис. приведены значения модуля (а) и приращения аргументов (б) КВС для первых пяти элементов линейной решетки плоских волноводов (параллельных пластин) после возбужденного элемента, с шагом решетки $d = 0,45$) согласно [2] (кривая 1). Кривая 2 изображает поведение модуля и приращения аргументов предложенной модели КВС (2) для первых пяти элементов ФАР после возбужденного при значении параметра $\mu = 3$, а кривая 3 соответствует модели модуля КВС, предложенной в [6]. Кривая 4 обобщает экспериментальные результаты измерения модуля КВС.

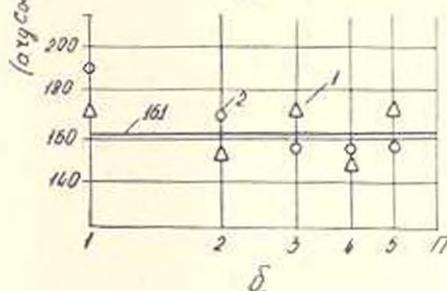
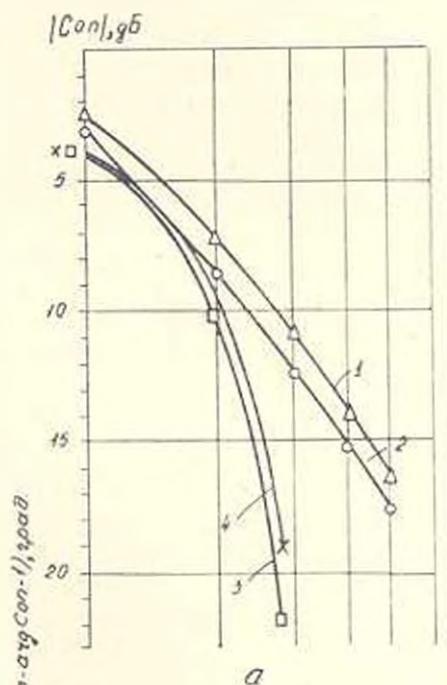
На основе вышесказанного задачу технической диагностики можно ставить следующим образом.

1. Известна область допустимых значений параметров $E \in D(E)$, характеризующая нормальное функционирование ФАР.

2. Известно множество значений отклонения параметров $\{\Delta E\}_M$, определяющих неработоспособные состояния ФАР, которые классифицированы на подмножества $\{\Delta E\}_M \subset \{\Delta E\}_N$ по предложенной функции ОФП (2).

Необходимо определить матрицу инцидентности отношения вектора \vec{E} по классам $\{\Delta E\}_M$.

Данная постановка задачи относится к классу экстремальных комбинаторных задач дискретного программирования. При этом необходимо провести анализ показателей, характеризующих ФАР, классифицировать и выбрать обобщенный показатель \vec{E} , анализировать и классифицировать состояния $\{\Delta E\}_M$, разработать алгоритмы и программу по идентификации отношения вектора \vec{E} к подмножеству $\{\Delta E\}_M$, организовать поиск и локализацию неисправностей ФАР.



Рис

