

соответствует своя поляризационная характеристика. Причем заданная поляризация будет сохраняться только в направлении главной оси. При отклонении от нее появляется «вырожденная» поляризация. В этом случае диаграмма направленности может быть представлена в виде суперпозиции двух компонент, одна из которых имеет исходную поляризацию, а другая ортогональную ей. Поляризация, ортогональная основной, обычно именуется кроссполяризацией, а соответствующая ей диаграмма направленности — кроссполяризационной диаграммой направленности.

В данной работе рассматриваются антенны двух типов: открытый конец круглого волновода и пирамидальный рупор. Появление кроссполяризации у антенны типа открытый конец круглого волновода обусловлено в основном кривизной силовых линий поля при работе на волне  $H_{11}$ .

Амплитудное распределение кроссполяризационной составляющей пирамидального рупора имеет гораздо более сложную пространственную структуру, чем в случае открытого конца круглого волновода, так как сказывается несоответствие сферичности волны плоскостному характеру раскрытия. Кроме того, ряд причин, порождающих кроссполяризацию антенн, в настоящее время не поддается учету. Поэтому экспериментальные исследования являются одним из действенных направлений изучения кроссполяризационных явлений.

Как показали исследования, диаграмма направленности на кроссполяризации имеет вид одно- или многолепестковой структуры с основными максимумами, отстоящими от главной оси на некоторый угол и имеющими уровень  $20 \div 40$  дБ относительно максимума основной поляризации. Появление кроссполяризационной компоненты отрицательно сказывается на к. п. д. антенн, ухудшает поляризационные характеристики и т. д.

Меры по уменьшению уровня кроссполяризации антенн выбирают с сугубо индивидуальным подходом, как результат тщательного анализа причин возникновения кроссполяризации у рассматриваемой антенны.

В качестве мер по уменьшению уровня кроссполяризации у антенны типа открытый конец круглого волновода были применены импедансные структуры в виде кольцевых дроссельных фланцев. В результате наблюдалось снижение уровня кроссполяризации на  $8 \div 10$  дБ.

Для пирамидального рупора первым этапом по уменьшению уровня кроссполяризации было изготовление рупора весьма точным методом гальванического наращивания. В результате уровень кроссполяризации снизился на  $5 \div 6$  дБ. Учитывая значительность влияния на кроссполяризационную диаграмму искривления линий поля в раскрытии, рекомендуется для стабилизации структуры поля применение импедансных структур, а также поляризационных фильтров.

Ю. И. Каплун

## ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

Надежность любой системы может характеризоваться вероятностью того, что система выполнит возложенные на нее функции в течение определенного времени работы в заранее оговоренных условиях.

Количественные показатели надежности систем (среднее время наработки на один отказ и вероятность безотказной работы) обычно

определяются по результатам испытаний на надежность с учетом классического определения понятия «отказ», когда выход любого основного параметра системы за нормы технических условий считается отказом.

Однако для сложных многоканальных и многофункциональных систем такие количественные показатели не могут полностью характеризовать надежность системы, так как при отказе одного или нескольких каналов либо при частичном невыполнении второстепенных функций все еще остается определенная вероятность того, что основные функции будут выполнены. Поэтому для таких систем необходимо также оценивать эффективность их функционирования.

Существующие аналитические способы оценки эффективности многоканальных и многофункциональных систем мало пригодны для практической инженерной работы, так как требуют громоздких вычислений и не обеспечивают достаточной точности. Поэтому возникает необходимость экспериментального определения эффективности. Ниже предлагается экспериментальный метод оценки эффективности по результатам испытаний на надежность многоканальных и многофункциональных систем, работа которых характеризуется периодическими циклами непрерывной работы продолжительностью  $T$ .

В общем случае эффективность таких систем за цикл непрерывной работы может быть определена как отношение времени, в течение которого система работала безотказно, то есть с полной эффективностью, к максимальному необходимому времени непрерывной работы. При этом необходимо учесть характер отказа, который может либо полностью вывести систему из строя, либо привести к ухудшению ее параметров и частичному невыполнению ее функций, то есть к снижению эффективности ее работы. Таким образом, отказы рассматриваемой системы в зависимости от места их возникновения и количественной величины изменения параметра могут быть подразделены на полные и частичные отказы. Частичные отказы могут быть выражены в долях единицы полного отказа, то есть весовым коэффициентом частичного отказа. Имея перечень возможных полных и частичных отказов и их весовых коэффициентов, можно, допустив некоторые условности, оценить среднюю эффективность системы по результатам ее испытаний на надежность.

Оценка эффективности производится в следующем порядке:

1. Строится временная ось наработки системы за время испытаний и на нее с точностью до одного часа наносятся все возникшие за время испытаний полные и частичные отказы.

2. Вся временная ось наработки разбивается на отрезки времени по  $T$  часов каждый ( $T$  — максимальное необходимое время непрерывной работы системы).

3. Вычисляется эффективность системы за каждые условно непрерывные  $T$  часов работы по формуле:

$$E_n = \frac{t_0 + t_1(1 - k_1) + t_2[1 - (k_1 + k_2)] + \dots + t_i[1 - (k_1 + k_2 + \dots + k_i)]}{T},$$

где  $t_0$  — время, в течение которого система работала до первого за  $T$  часов полного или частичного отказа с весовым коэффициентом  $K_1$ ;  $t_1$  — время, в течение которого система работала от первого за  $T$  часов частичного или полного отказа с весовым коэффициентом  $K_1$  до последующего отказа;  $t_2$  — время, в течение которого система работала от второго за  $T$  часов отказа с весовым коэффициентом  $K_2$  до последующего.

Если при этом сумма весовых коэффициентов  $k_1 + k_2 + \dots + k_i > 1$ , то полученное отрицательное слагаемое не учитывается при подсчете, то есть принимается равным нулю.

4. Вычисляется средняя эффективность системы за  $T$  часов непрерывной работы за все время наработки в течение испытаний на надежность.

Предлагаемый метод оценки эффективности позволяет с достаточной точностью, экспериментально определить эффективность системы при наличии достоверных весовых коэффициентов отказов и без дополнительных затрат существенно пополнить данные о надежности систем, полученные по результатам испытаний на надежность.

И. Е. Калашник, Н. Г. Сафронов

## К РАСЧЕТУ РЕЗОНАНСНЫХ ВЕНТИЛЕЙ

В современной радиоэлектронике, радиолокации, технике связи и измерения и других областях науки и техники за последнее время широкое распространение получили ферритовые СВЧ устройства, такие как вентили, циркуляторы, фазовращатели, переключатели, модуляторы и многие другие. Среди этих устройств одно из ведущих мест принадлежит развязывающим устройствам, или вентилям, как универсальным устройствам. Расчет вентилей представляет собой сложную электродинамическую задачу. До сих пор в большинстве случаев разработка вентилей происходит экспериментальным путем.

Предлагаемая работа в какой-то степени восполняет существующий пробел и позволяет рассчитать длину ферритовой пластины, определить закон изменения магнитного поля постоянного магнита вдоль длины вентиля, исходя из заданной величины обратных потерь в требуемом диапазоне частот.

Сущность этих расчетов заключается в следующем.

Между выступами Н-волновода помещается феррито-диэлектрический вкладыш и отрабатываются его оптимальные с точки зрения обратных потерь и вентиляльного отношения поперечные размеры. У полученного таким образом макета вентиля снимается семейство экспериментальных дисперсионных кривых обратного затухания, которое затем аппроксимируется функцией вида:

$$D(f_1 f_p) = \frac{\alpha / f_p}{\sqrt{(f - f_p)^2 + \beta^2 \cdot f \cdot f_p}}, \quad (1)$$

где  $D(f_1 f_p)$  — погонное затухание вентиля на частотах  $f$  и  $f_p$ ;

$f_p$  — резонансная частота, определяемая величиной внешнего намагничивающего поля  $H_p$ ;

$\alpha, \beta$  — постоянные коэффициенты.

Функция  $D(f_1, f_p)$  связана с заданной величиной развязки  $D_0$  интегральным уравнением Фредгольма 1 рода.

$$D_0 = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} D(f_1 f_p) \rho(f_p) df_p. \quad (2)$$

Функция  $\rho(f_p)$  представляет собой нормированную по частоте длину элементарного участка ферритовой пластины, находящейся во внешнем поле  $H_p$ , обеспечивающем резонанс на частоте  $f_p$ .

В случае, если функция  $\rho(f_p)$  найдена, то представляется возможным найти длину ферритовой пластины, необходимую для обеспечения требуемой величины развязки при условии оптимального распределения намагничивающего поля вдоль длины вентиля.

По известной длине ферритовой пластины, используя взаимно-однозначное соответствие между  $H_p$  и  $f_p$ , определяемое экспериментально