

# ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Малахов Р.Ю., Степанов В.К.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Добычина Е.М.

Московский авиационный институт, Россия

E-mail: Salimaran@gmail.com

**Аннотация** — Рассмотрены варианты построения приёмо-передающего модуля (ППМ) цифровой антенной решетки (ЦАР). Построена аналитическая шумовая модель передающего тракта ЦАР с квадратурным модулятором (КМ). На основании требований к диаграмме направленности (ДН) выдвинуты требования к уровню фазовых и амплитудных ошибок КМ.

## 1. Введение

Фазовые и амплитудные ошибки передающего тракта ППМ оказывают существенное влияние на ДН ЦАР. Их воздействие может привести к увеличению уровня боковых лепестков (УБЛ), изменению ширины луча, уменьшению коэффициента усиления. В ЦАР с моноимпульсной обработкой сигнала может уменьшиться крутизна пеленгационной характеристики, сместиться положение её нуля.

Использование цифровых методов обработки и формирования сигнала позволяет измерить и устранить случайные фазовые и амплитудные ошибки передающего тракта ППМ [1].

Для оценки возможности использования такой коррекции необходимо разработать адекватную шумовую модель передающего тракта, и на основании анализа требований к ДН предъявить требования к уровням ошибок различных его составных элементов.

## 2. Основная часть

В активных фазированных антенных решетках (АФАР) самолётного и космического базирования одним из наиболее востребованных в настоящее время является X-диапазон длин волн. Известны различные варианты построения передающего тракта ЦАР в X-диапазоне, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Управление фазовым и амплитудным распределением в ЦАР возможно осуществлять с помощью дискретных фазовращателей, цифровых линий задержки [2] или с помощью квадратурных модуляторов (КМ). Структурная схема КМ представлена на рис. 1. В настоящей работе рассматривается построение ППМ ЦАР на основе КМ в качестве основного инструмента управления ДН.

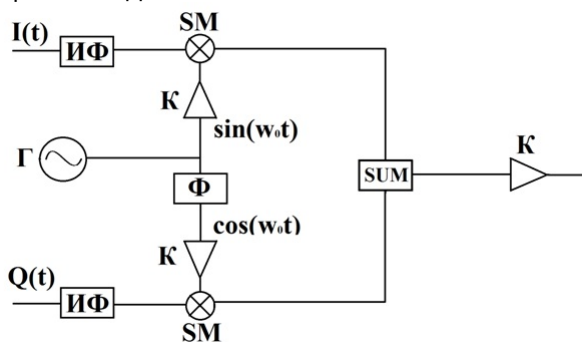


Рис. 1

Квадратурный модулятор является универсальным цифровым устройством, с помощью которого возможно создавать произвольное амплитудно-фазовое распределение в раскрыве АФАР.

Разработана аналитическая шумовая модель передающего тракта ЦАР, включающая синтезатор сетки частот, квадратурный модулятор, усилители мощности, антенный коммутатор. Определены основные источники нестабильностей фазы сигнала на выходе ППМ. Были рассмотрены различные виды фазовых и амплитудных ошибок КМ, основные из которых вызваны фазовым рассогласованием квадратур и наличием постоянного смещения на информационных входах.

На основании выдвинутых требований к стабильности ДН перспективной самолётной АФАР сформированы требования к уровню допустимых фазовых ошибок КМ и усилительных каскадов, при которых сохраняется достаточный уровень боковых лепестков ДН, её ширина и положение главного лепестка.

## 3. Заключение

Проведён обзор современных коммерчески доступных КМ, показана целесообразность их использования для управления ДН ЦАР. Основными преимуществами КМ являются простая аппаратная реализация малого дискрета фазы и объединение процессов модуляции сигнала, создания фазового и амплитудного распределения в раскрыве антенной решетки в едином устройстве.

## 4. Список литературы

- [1] Добычина Е.М. Цифровые антенные решетки и скоростные аналого-цифровые преобразователи / Е.М. Добычина, Ю.В. Кольцов. — М.: Изд-во МАИ, 2012. — 168 с.
- [2] Активные фазированные антенные решетки / Под ред. Д.И. Воскресенского, А.И. Канащенкова. — М.: Радиотехника, 2004. — 488 с.

## TRANSCIVER MODULE FOR THE DIGITAL ANTENNA ARRAY

Malachov R.Y., Stepanov V.K.

Scientific adviser: Dobuchina E.M.

Moscow Aviation Institute, Russia

**Abstract** — Analysis of variable structures of a transceiver module for a digital antenna array (DAR) was carried out. Analytical noise model of the transmitter with a quadrature modulator for DAR was proposed. For the reason of radiation pattern stability requirements, the maximum phase and amplitude noise level of a quadrature modulator was defined.