

Чегуров И.С.

*Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор В.В. Костров
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

Фазированные антенные решетки как пример систем с цифровым диаграммообразованием

Антенна с электронным сканированием или с немеханическим движением луча осуществляет обзор пространства в заданном пространственном углу.

Антенны с электронным сканированием представлены в виде решетки, в узлах которой расположены простейшие излучатели электромагнитной волны. Цепи питания этих излучателей организованы так, что излучение, испускаемое каждым излучателем, когерентно с излучением всех излучателей, в то время как фаза излучаемых волн изменяется по заданному закону. Изменение распределения фаз на излучателях позволяет формировать луч антенны в заданном направлении. Такая решетка излучателей с управляемым распределением фаз волн, излучаемых элементарными излучателями получила название фазированной антенной решетки (ФАР).

Фазированная антенная решётка представляет собой тип антенн, в которых относительные фазы сигналов изменяются комплексно, так, что эффективное излучение антенны усиливается в каком-то одном, желаемом направлении и подавляется во всех остальных направлениях.

Таким образом управление фазами позволяет антенной системе с применяемой ФАР:

- формировать необходимую диаграмму направленности (ДН) антенны (например, остронаправленную ДН типа луч);
- изменять направление луча неподвижной антенны, таким образом осуществляя быстрое сканирование — качание луча;
- управлять в определённых пределах формой ДН — изменять ширину луча, интенсивность (уровни) боковых лепестков.

Эти свойства ФАР, а также возможность применять для управления ФАР современные средства автоматики и вычислительной электроники обусловили их перспективность и обширное использование в радиосвязи, радионавигации, радиолокации и радиоастрономии. ФАР, содержащие большое число управляемых элементов, входят в состав различных наземных, корабельных, авиационных и космических радиоустройств.

Большинство современных связанных геостационарных спутников разрабатывается на основе технологии цифровых антенных решеток (ЦАР).

Реализуемые в них методы цифрового диаграммообразования (ЦДО) – это новое направление не только в технике космического аппаратостроения, но и в наземной инфраструктуре спутниковой связи.

Преимущества цифрового формирования лучей:

- высокая гибкость в применении различных методов обработки сигналов без потерь в отношении сигнал-шум;
- большая степень свободы в выборе формы и направлений фокусировки лучей;
- возможность нацеливания парциальных лучей на индивидуальных пользователей или их пространственно-сосредоточенные группы, что обеспечивает максимальную производительность всех каналов связи;
- адаптивное формирование лучей, позволяющее повысить помехозащищенность радиолиний путем синтеза глубоких провалов ("нулей") в диаграмме направленности антенной решетки в секторе действия активных помех, а также обеспечить устойчивость функционирования наземного сегмента системы в условиях многолучевого распространения радиоволн;
- ЦДО предусматривает выполнение цифровой калибровки характеристик антенной системы в реальном времени, что позволяет контролировать и компенсировать любые

паразитные изменения амплитуды и фазы сигналов по трассе распространения между приемопередатчиками, а также применять крупноапертурные антенные решетки при высоких градиентах изменения температуры по их раскрытию;

- возможность дистанционного программного реконфигурирования архитектуры, модернизации методов обработки сигналов и режимов функционирования системы без внесения аппаратных изменений в бортовое оборудование после запуска спутника.

Различают антенны с одномерным и двумерным сканированием, другими словами антенны с движением луча в одной плоскости и в двух плоскостях. Примером антенны с одномерным сканированием может послужить антенны радиолокатора, обеспечивающего управление движением в акватории морского порта, где все объекты, с которыми устанавливается связь находятся на водной поверхности.

При обеспечении связи с искусственным спутником земли или при управлении движением в районе большого аэропорта, направления на объекты, с которыми устанавливается связь, могут находиться под разными углами, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. В таких случаях луч антенны должен перемещаться в двух плоскостях.

На рис. 1 показана схема антенны с одномерным сканированием. Антенна представляет собой линейку излучателей, которые на рисунке схематически представлены в виде рупорных излучателей.

Вход антенны представлен одним волноводом или коаксиальным кабелем, который соединяется с приемником, передатчиком или другой радиотехнической системой. Между входом и излучателями расположен делитель мощности, и в цепи питания каждого излучателя включен фазовращатель.

Фазовращатели управляются от единого устройства управления (компьютера) и формируют требуемое распределение фаз на излучателях. На рисунке 1 показан плоский фазовый фронт, расположенный под углом по отношению к плоскости расположения излучателей. Главный луч антенны формируется вдоль нормали по отношению к фазовому фронту волны, заданной излучателями, и таким образом, главный луч антенны отклонен от оси симметрии антенны так же на угол θ_k

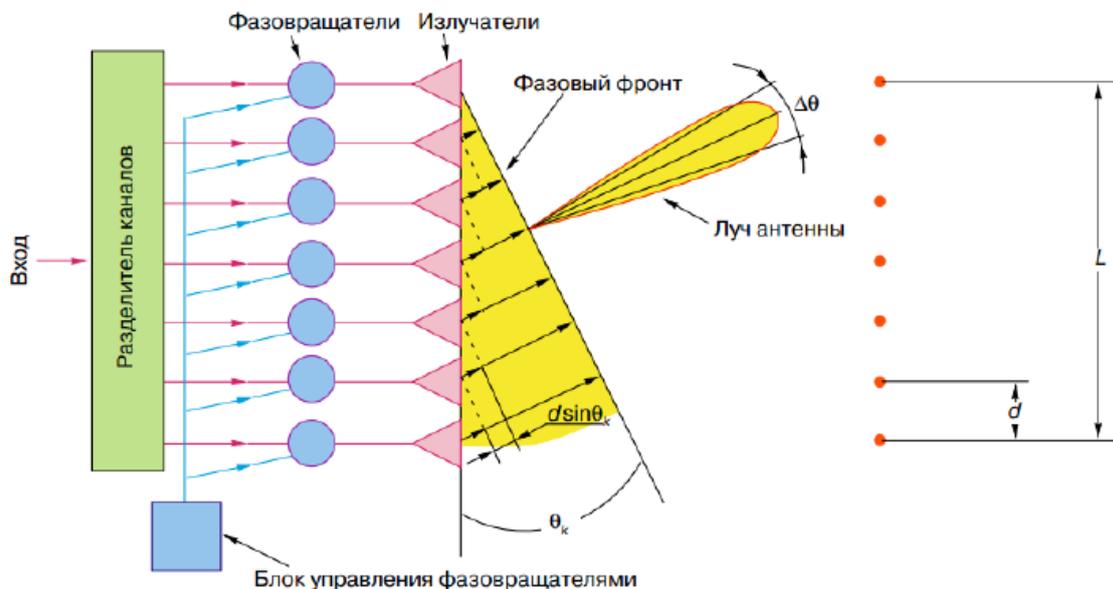


Рис.1. Схема фазированной антенной решетки

Литература

1. Слюсар В.И. Цифровые антенные решетки в мобильной спутниковой связи // Первая мила, 2008, № 4, С. 10-15.