

УДК 621.396.1

## МІМО АНТЕННЫ В РЕЖИМЕ ПРИЕМА В ЦИФРОВОМ ТЕЛЕВЕЩАНИИ

Ергалиева М.Г., Бекболатова Ж.Б.

**Аннотация.** В статье анализируется решение одной из наиболее актуальных задач современности – качественной передачи информации в цифровом телевидении посредством использования многоантенных устройств. В работе проведен анализ закономерностей формирования направленных свойств антенных решёток МІМО. Установлено влияние расположения элементов антенной решётки на ширину виртуальной диаграммы направленности и уровень боковых лепестков.

**Ключевые слова:** цифровое телевидение, антенные решётки, технология МІМО, диаграмма направленности.

## MIMO ANTENNAS IN RECEPTION MODE IN DIGITAL TV BROADCASTING

M.G. Yergaliev, Zh.B. Bekbolatova

**Annotation.** The article analyzes the solution of one of the most urgent problems of our time – high-quality transmission of information in digital television broadcasting through the use of multi-antenna devices. The paper analyzes the regularities of the formation of directional properties of MIMO antenna arrays. The effect of the location of the antenna array elements on the width of the virtual directional diagram and the level of the side lobes is determined.

**Keywords:** digital TV broadcasting, antenna arrays, MIMO technology, directional diagram.

В настоящее время прикладные области радиотехники переживают бурное развитие. Во многие отрасли техники, культуру и быт вошли телевидение, радиовещание, интернет, спутниковая и сотовая связь, радиолокации, радиоуправления и другие применения радиотехнических устройств. Все это требует участия большого количества высококвалифицированных специалистов радиотехнического направления и специалистов по защите информации.

Цифровое ТВ изначально вещало по спутнику, через кабель и интернет. Со временем появилось эфирное цифровое телевидение. В основе его работы лежит передача сигнала с наземных ретрансляторов. Для приема используется цифровая антенна, у которой другие технические характеристики по сравнению с приемником аналогового вещания. В отличие от других форматов вещания, эфирное ТВ полностью бесплатное.

Антенной называются устройства, преобразующие высокочастотные токи в электромагнитное поле при передаче и электромагнитную волну при приеме. Антенны прошли последние десятилетия огромный путь от простого провода грозоотметчика А.С. Попова, диполя Герца, шлейф-вибратора А.А. Пистолькорса и диполя С.И. Надененко до сложнейших многозеркальных, многолучевых и многодиапазонных антенн спутниковой связи и крупногабаритных антенных решеток для загоризонтной радиолокации.

Объектом нашего исследования является изучение техники приема радиоволн для преобразования энергии этих волн в энергию токов высокой частоты, поступающую на вход приемника. Предметом – приемные устройства в цифровом радиовещании [1].

Цель данной работы – анализ механизмов работы приемной антенны и исследование особенностей направленных свойств.

Теория приемных антенн может быть основана на определении законов, распределения тока, возбуждаемого в антенне, принимаемой радиоволной. Этот путь оказывается довольно сложным с математической точки зрения, поэтому пользуются более простым принципом взаимности (обратимости), что

позволяет связать свойства и параметры приемной антенны со свойствами и параметрами этой же антенны, полученными для нее в режиме передачи.

Условно, антенны могут быть разделены на следующие типы:

- проволочные антенны в режиме стоячих волн тока;
- проволочные антенны в режиме бегущих волн тока;
- щелевые антенны;
- антенны акустического типа;
- антенны оптического типа;
- антенны осевого излучения;
- антенны бегущей волны;
- решетки однотипных излучателей;
- рамочные антенны;
- микрополосковые антенны.

Можно различить и отдельные группы антенн, такие как:

- антенны с управляемой диаграммой направленности;
- антенны вращающейся поляризации;
- сверхширокополосные антенны;
- гибридные антенны;
- компенсаторные антенны и др.

Диаграммой направленности приемной антенны  $F(\theta, \varphi)$  называется зависимость напряжения (мощности) на выходе антенны (в ходе приемника) от направления прихода принимаемой волны. Поляризационный множитель  $p(\theta, \varphi)$  в случае приемной антенны характеризует степень восприимчивости антенны к поляризации принимаемой волны [2].

Для приемной антенны, как и для передающей, можно ввести понятия **коэффициента направленного действия (КНД)**, **коэффициента усиления антенны (КУА)** действующей длины или действующей площади.

**КНД** приемной антенны называется отношение квадрата модуля амплитуды напряжения на входе приемника при приеме с данного напряжения

к квадрату модуля напряжения, среднего по всем возможным угловым положениям источника.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{|U_{\text{пр}}|^2}{|U_{\text{ср}}|^2}$$

КНД характеризует избирательные свойства антенны при приеме с различных направлений.

**Коэффициентом усиления антенны** называют отношение мощности на входе у эталонной изотропной антенны к мощности исследуемой антенны, если при помощи этих антенн в избранном направлении на одинаковом расстоянии они создают одинаковые величины напряженности поля или плотности потока мощности.

Электродвижущая сила  $V$ , наведенная в антенне, на которую падает плоская волна, зависит от напряженности электрического поля падающей волны  $E$ , направления, с которого падает эта волна, и эффективной (действующей) длины антенны. Помимо перечисленных выше характеристик, качество антенны и ее возможности могут быть оценены следующими параметрами:

- массами и габаритами антенны;
- возможностью эксплуатации в реальных условиях (температура, влажность и пр.);
- стоимостью изготовления и установки, необходимостью и стоимостью обслуживания;
- требованиями в транспортировке, возможностью сборки-разборки антенны;
- радио-незаметностью или малой эффективностью рассеяности антенны [3].

Каждый формат цифрового вещания предусматривает разную технологию приема сигнала на стороне пользователя.

**Кабельное ТВ.** Цифровой сигнал передается по стандарту DVB-C проводным путем с помощью кабеля. При таком подключении не нужна антенна, а приемно-распределительное устройство оборудуется оператором для передачи многочисленным пользователям.

**Спутниковое ТВ.** Работает на высоких частотах (от 1 ГГц) дециметрового диапазона (ДМВ). Вещание идет в формате DVB-S/S в качестве приемника служит спутниковая головка, а тарелка заменяет рефлектор.

**Эфирное ТВ.** Технология передачи сигнала основана на использовании наземных ретрансляторов. Принцип работы полностью схож с эфирным аналоговым вещанием, но нужна дециметровая антенна для приема сигнала стандарта DVB-T/T2 [4] (рис.1).

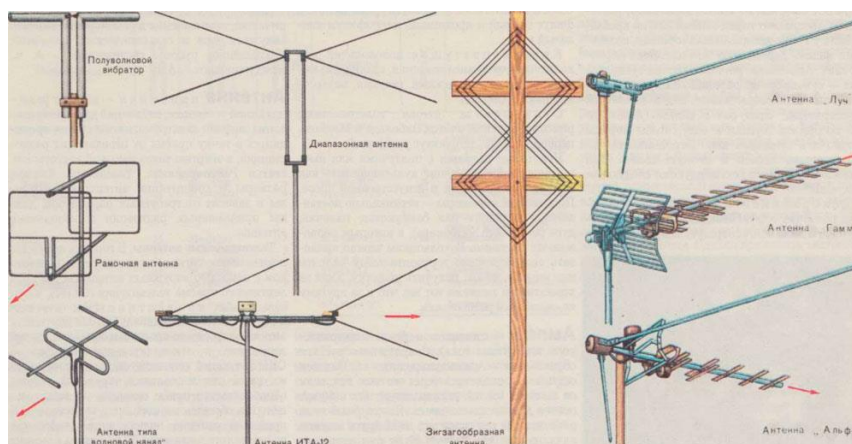


Рис. 1. Виды антенн

Одним из многих достоинств цифрового телевидения DVB-T2 является то, что возможен отличный прием даже на отраженном сигнале. И если в аналоговом телевидении все отраженные сигналы являлись просто помехами и мешали друг другу и прямому сигналу (двоение изображений, пропадание звука, цвета и т.д.), то алгоритм обработки сигналов в формате T2 все отраженные сигналы превращает в полезные, которые как бы дополнительно усиливают основной сигнал. И вот именно эта особенность значительно

расширяет условия возможного приема цифрового сигнала, особенно в городской черте. Отраженный сигнал от какого-то высокого здания можно свободно принимать, условно считая его прямым сигналом с телевышки. Картинка от такого отраженного сигнала будет ничуть не хуже.

Основных причин «плохой работы» с цифровыми сигналами таких антенн несколько. Все они обладают не лучшими приемными характеристиками своих составляющих элементов, но за счет суммирования сигналов от нескольких маленьких слабых антенн и использования внешних усилителей, они «вытягивали аналоговый сигнал» до нужного уровня. Как правило, еще и принимали сигналы во всем телевизионном диапазоне (как метровом, так и дециметровом). При таком подходе они вносили массу дополнительных искажений в амплитуду и фазу принимаемого сигнала [5] (табл. 1).

Таблица 1

Антенны РЭМО	Название	Канал 35		Канал 45	
		Уровень, дБм	SNR, дБ	Уровень, дБм	SNR, дБ
	TVFLAT	-52	33.4	-52	26.6
	СИРИУС 2.0	-57	32.8	-56	24.9
	VEGA	-68	27.9	-68	22.7
	АТН-5.7 (Логопериодическая)	-60	30.5	-58	27.3

Ввиду того, что цифровое телевидение формата DVB-T2 осуществляется в диапазоне дециметровых волн (ДМВ), то и антенна для приема цифрового телевидения формата DVB-T2 должна быть рассчитана на прием дециметровых волн.

В настоящее время зона покрытия цифрового телевидения стандарта DVB-T2 охватывает почти весь Казахстан. Однако часто бывает так, что до ближайшей передающей станции десятки километров, либо окна расположены таким образом, что сигнал не в прямой видимости. В этом случае поймать сигнал передающей станции возможно только применив приемную антенну с

большим коэффициентом усиления, либо добавив к антенне усилитель сигнала [6].

Можно смело заявить, что самостоятельно изготовленная антенна будет иметь коэффициент усиления больше, чем заводская. Это объясняется тем, что заводские антенны рассчитываются и изготавливаются с учетом охвата всего ДМВ диапазона, а этого можно достичь, удлиняя одни и укорачивая другие элементы антенны для достижения равномерного усиления. В результате этого уменьшается коэффициент усиления антенны. А самостоятельно изготовленная антенна рассчитывается под определенную частоту приема телевизионного канала.

Таким образом, современное телевидение в условиях конвергенции СМИ значительно трансформировалось: появились новые технологии распространения и приёма телевизионного сигнала, изменились модели взаимодействия с аудиторией, обновились способы доставки контента до аудитории, которая, в свою очередь, теперь требует от телевидения гораздо больше, чем было в доцифровую эпоху. Телевизионный контент становится более мультимедийным, а аудитория прекращает быть пассивной, переходя в статус пусть не создателя информации, но её активного потребителя. Всевозрастающие интерактивные возможности расширяют функциональный спектр телевидения, которое сейчас превращается в универсальную технологию, позволяющую не только информировать аудиторию, но и быть практически ценным устройством для использования его во всех сферах жизнедеятельности современного человека.

Сегодня существует объективная необходимость разработки и совершенствования теории телевизионного вещания в социальных сетях. Расширение технической базы будет способствовать повышению качества производимого телеканалами контента, расширению функциональности телевизионного вещания, повышению профессионализма и развитию профессиональной этики в этой сфере.

### Список литературы

1. Пескин А.Е., Смирнов А.В. Цифровое телевидение. От теории к практике / А.Е. Пескин, А.В. Смирнов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 349 с.
2. Новаковский С.В., Котельников А.В. Новые системы телевидения. Цифровые методы обработки / С.В. Новаковский, А.В. Котельников. – М.: Радио и связь, 1992. – 88 с.
3. Хохлов Б.Н. Декодирующие устройства цветных телевизоров / Б.Н. Хохлов. – М.: Радио и связь, 1998. – 512 с.
4. Песков С.Н. Аналитические методы расчета напряженности поля, создаваемой передатчиком / С.Н. Песков // Телеспутник. – 2008. – № 10 (43). – С. 94–97.
5. Смирнов А.В. Основы цифрового телевидения / А.В. Смирнов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 224 с.
6. Птачек М. Цифровое телевидение. Теория и практика / М. Птачек. – М.: Радио и связь, 1990. – 528 с.

### Сведения об авторах

Ергалиева Малика Гизатовна – магистрант кафедры «Радиотехники, электроники и телекоммуникации», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева; Казахстан, г. Нур-Султан.

Бекболатова Жадыра Бектыгазыевна – магистрант кафедры «Радиотехники, электроники и телекоммуникации», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева; Казахстан, г. Нур-Султан.

### About authors

Yergaliev Malika Gizatovna – Master Student of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov; Kazakhstan, Nur-Sultan.

Bekbolatova Zhadyra Bektygazyevna – Master Student of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov; Kazakhstan, Nur-Sultan.