АНТЕННА С УПРАВЛЯЕМОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЛЯ ЛИНИЙ ДАЛЬНЕЙ СВЯЗИ mmWave xHaul

ВИТАЛИЙ НИКАНОРОВ, инженер

В статье описываются антенны с управляемой диаграммой направленности, компенсирующие тепловое рассогласование и воздействие внешних факторов окружающей среды, в частности ветра. Рассмотренный подход позволяет использовать антенны диаметром 0,6 м и более с высоким коэффициентом направленного действия (КНД) на частоте 80 ГГц в мобильных и других беспроводных приложениях, использующих связь 5G.

С развитием технологии LTE и запуском сетей 5G стала насущной потребность в транспортных сетях связи (backhauls) большой емкости из-за увеличения сегментов, количества узлов и их покрытия. В результате уплотнения расстояние между узлами сократилось настолько, что более половины узлов в сети расположено на расстоянии менее 5 км друг от друга (см. рис. 1). Во всем мире более 60% базовых станций осуществляет связь по микроволновым радиоканалам. Традиционные полосы частот обеспечивают ограниченный и часто сегментированный спектр адресации, ограничивающий пропускную способность. Однако на более высоких частотах используются более широкие диапазоны спектра.

Суммарная полоса пропускания диапазона E-частот (71–76 и 81–86 ГГц) равна 10 ГГц, но при этом из-за потерь уменьшается длина передачи согласно формуле Фрииса: чем выше частота w радиосигнала, тем больше его ослабление A на расстоянии l (1):

$$A = 20\lg\frac{4\pi lw}{c}, \quad (1)$$

где c – скорость света в воздухе: приблизительно $3{\cdot}10^8$ м/с.

Затухание в канале с частотой 80 ГГц на 20 дБ больше, чем в канале на частоте 8 ГГц той же длины. В современных радиоприемниках E-диапазона сигналы распространяются примерно так же, как сигналы в традиционном лицензируемом микроволновом диапазоне, – длина передачи сопоставима с той, которая наблюдается при использовании полосы 38 или 42 ГГц.

Рис. 1. **Распределение каналов в европейских транспортных сетях связи E-диапазона в зависимости от расстояния между каналами**

Пропускная способность линии на частоте 38 ГГц достигает 2 Гбит/с при использовании сложной модуляции 4096QAM в канале шириной 224 МГц. Это самый широкий канал, имеющийся в традиционных лицензированных микроволновых диапазонах. В то же время пропускная способность радиостанции E-диапазона достигает 10 Гбит/с в 2-ГГц каналах при использовании гораздо более простой модуляции 128QAM.

Использование E-диапазона увеличивает пропускную способность мобильной инфраструктуры в пять раз, что удовлетворяет потребностям 5G. Такая перспектива способствует расширению использования E-диапазона – одного из трех основных частотных диапазонов, развернутых в мире в 2020 г.

ПРОБЛЕМЫ С АНТЕННОЙ

Как правило, для радиосвязи «точка–точка» используется параболическая антенна Кассегрена (см. рис. 2а). Это один из самых простых способов задействовать большую площадь излучения и сфокусировать луч в определенном направлении, чтобы увеличить коэффициент усиления антенны. Коэффициент направленного действия антенны определяется выражением (2):

$$КНД = 10\lg\frac{4\pi ESw^2}{c^2}, \quad (2)$$

где E – эффективность, которая обычно приблизительно равна 0,7; S – площадь антенны; c – скорость света.

Чем выше частота передачи w, тем точнее центрирована антенна, как видно из рисунка 2б. Однако более узкие полосы пропускания на уровне половинной мощности (HPBW) создают сложности при юстировке антенны, которые усугубляются по мере увеличения ее диаметра. Из-за рассогласования связи ухудшается качество сигнала, и возникают обрывы, что, в конечном счете, ведет к потере соединения. После исходной настройки причиной рассогласования может