

ОСОБЕННОСТИ ПАНЕЛЬНЫХ XPOL-АНТЕНН С ДИПОЛЬНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ И КАБЕЛЬНОЙ СХЕМОЙ ПИТАНИЯ

Recent achievements in the field of the panelized antennas for the base stations of mobile communication are connected with new technology of Xpol-antennas.

The example of Xpol-antennas manufactured by German company KATHREIN in the article shows, that dipole technology provides more flexibility in obtaining certain characteristics without detriment to the others than other solutions.

**Ю.Н. АЛЕХИН,
Е.В. ЛАЗАРЕВА,
ООО "ФИРМА РКК"**

определенных технических характеристик без ущерба для других. Это обстоятельство играет важную роль при разработке Xpol-антенн.

**ЭФФЕКТИВНОЕ
ФОРМИРОВАНИЕ
НАПРАВЛЕННЫХ
СВОЙСТВ АНТЕНН**

Диполь является старейшим и наиболее апробированным излучающим элементом. До недавнего времени он являлся основой практически каждой профессиональной антенны, такой как директорной, логопериодической и особенно панельной антенны. В настоящее время на рынке оборудования для мобильной связи наряду с дипольными антеннами пользуются спросом также и панельные антенны на основе печатной технологии. Эти антенны содержат печатные излучатели и схемы питания на основе полосковых линий, реализуемые методом фотолитографии на диэлектрической подложке.

Последние достижения в области панельных антенн для базовых станций мобильной связи ассоциируются с новой технологией XPol-антенн (антенн с кроссполяризацией). При этом возникают вопросы: «способна ли традиционная дипольная технология удовлетворять растущим и жестким новым требованиям?» и «могут ли эти апробированные структуры соперничать с новыми решениями на основе печатной технологии?»

Ответ совершенно определенный — да! Эта статья на примере Xpol-антенн производства немецкой компании KATHREIN покажет, что дипольная технология более, чем другие решения, обеспечивает гибкость в получении требуемых

XPOL-АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ ДИПОЛЕЙ С КАБЕЛЬНОЙ СХЕМОЙ ПИТАНИЯ

Кратко рассмотрим особенности конструкции такой антенны. Она состоит из двух независимых наклонных дипольных систем, расположенных над экраном, причем одна наклонена на $+45^\circ$, а другая на -45° относительно вертикальной оси антенны (Мобильные системы, № 3, 2000 г.). Распределение мощности и трансформация импедансов обеспечивается кабельной схемой разводки с низкими потерями.

Укрытие антенны состоит из полностью закрытого фибергласового кожуха, внутри которого находятся все ее элементы. В кожухе нет отверстий, посадочные места заполнены герметиком. Такая конструкция обеспечивает надежную защиту антенны от влияния внешних климатических факторов.

Xpol-антенны выпускаются с шириной луча 65° и 90° по горизонтали. Если исходные диполи с шириной луча в 90° расположены в виде ромба, имеем результирующую диаграмму направленности (ДН) с шириной луча 65° . Если диполи расположены в виде креста — имеем диаграмму с шириной луча 90° . Обе системы полностью симметричны относительно оси антенны, что гарантирует симметричность ДН по горизонтали.

Дипольная технология позволяет моделировать ДН антенны. Ширина и форма ДН определяются положением диполя относительно экрана и размерами экрана. Для наклонной поляризации ($+45^\circ$ или -45°), имеющей вертикальную и горизонтальную компоненты, важно обеспечить их равенство в рабочем секторе азимутальных углов. Дипольная технология позволяет отдельно корректировать горизонтальную и вертикальную компоненты поля. Так, вертикальные кромки рефлектора особенно сильно влияют на вертикальную составляющую поля. Для воздействия на горизонтальную составляющую поля в конструкции антенны добавляются специальные пассивные элементы. Свойства результирующей диаграммы могут быть скорректированы также с учетом уровня боковых лепестков и усиления.

Итак, в результате возможности отдельной регулировки вертикальной и горизонтальной компонент поля, результирующая поляризация является контролируемой. На рис. 1 показаны ДН в горизонтальной плоскости антенны KATHREIN 739 623 (Xpol A-Panel 800/900 65° 17dB), измеренные для вертикальной и горизонтальной составляющих поля одной из систем. Видно, что диаграммы практически идентичны в секторе азимутальных углов $\pm 60^\circ$. То есть результирующее поле ориентиро-

вано под углом 45° к вертикальной оси антенны.

Аналогичные результаты могут быть получены и для второй системы излучателей. А это значит, что результирующие векторы полей двух систем направлены строго под углом 90° друг к другу и, следовательно, ортогональны. Ортогональные поляризации обеспечивают наилучшее усиление при "разнесенном" (по поляризации) приеме, поэтому ДН в горизонтальной плоскости для вертикальной и горизонтальной компонент полей обязательно измеряются для каждой ХрoI-антенны.

Важную информацию несут также ДН в горизонтальной плоскости для кополярной и кроссполярной составляющей полей. Для кополярных измерений приемная антенна ориентирована параллельно полю, создаваемому одной из систем антенны (то есть направлена под углом $+ или - 45^\circ$), а при кроссполярных — перпендикулярно. На рис. 2 представлены результаты таких измерений для антенны KATHREIN 739 623. По графикам можно определить такой важный параметр антенны, как коэффициент кроссполяризации (CPR), определяемый как разность коэффициентов усиления для кополярной и кроссполярной составляющих полей. Чем выше CPR, тем эффективнее поляризационная развязка между двумя системами антенны и тем лучше обеспечивается режим "разнесенного" приема, а также режим полного дуплекса.

Зависимость CPR от азимутального угла, полученная из графиков, представленных на рис. 2, показана на рис. 3. Как видно из рисунка, дипольная технология обеспечивает высокие значения CPR не только в главном направлении, но и в секторе азимутальных углов $+ или - 60^\circ$ и даже $+ или - 90^\circ$, сохраняя работоспособность антенны на краях сектора, где усиление антенны начинает падать.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты измерений CPR еще для двух антенн KATHREIN с регулируем

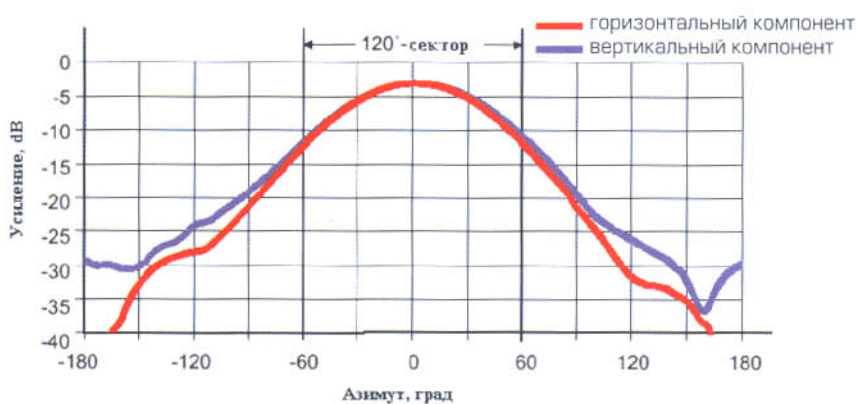


Рис. 1

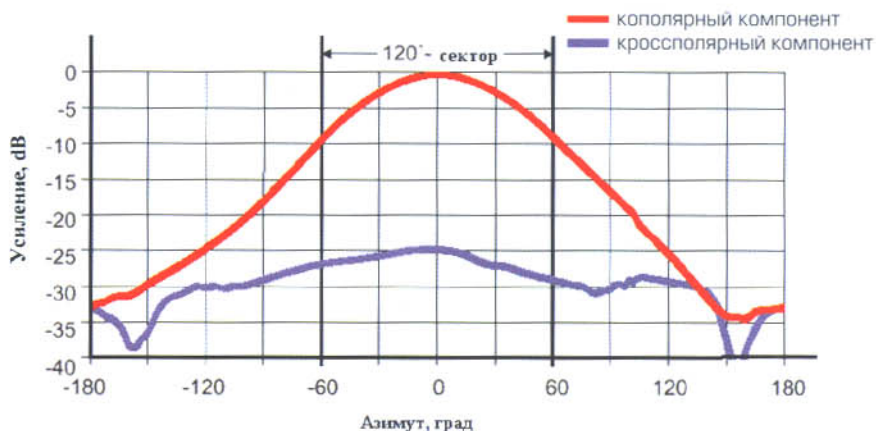


Рис. 2

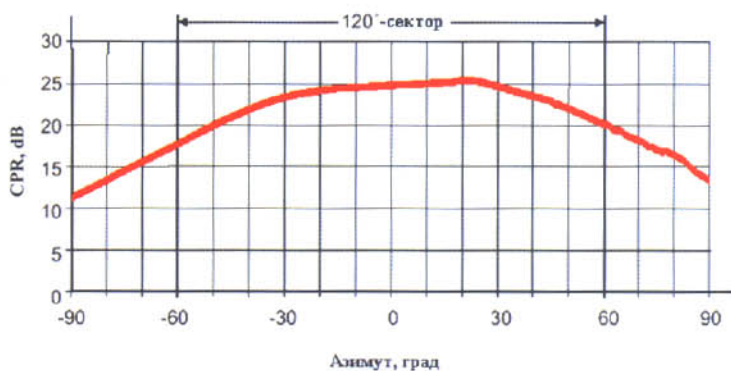


Рис. 3

мым электрическим наклоном луча (DT). Рабочие частоты антенн соответствуют наиболее распространенным стандартам сотовой связи — AMPS, GSM, UMTS. Как видно из таблиц, высокие значения CPR сохраняются и в указанных частотных диапазонах, а также при наклоне луча вплоть до 12° .

Следует отметить, что при печат-

ной технологии ввиду сложности отдельной регулировки компонент полей печатных вибраторов указанные значения CPR трудно реализовать.

По графикам, представленным на рис. 1, можно определить также такую характеристику антенны, как обратное излучение, которое является важным параметром и учитывается при сетевом планировании.

Таблица 1

Антенна 739 638 : Xpol A-Panel 824-960 65°

DT°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
2	18,6	22,4	22,9	22,5	22,7	23,3	24,8	27,3	32,4	60,9	28,9	21,4	16,4
4	20,3	22,7	21,6	21,1	21,2	21,9	23,4	25,7	30,1	45,3	30	21,7	16,7
6	24,9	24,5	21,8	20,7	20,9	21,6	23	25,2	29,1	37,6	30	22	17,1
8	31,6	24,8	21,5	20,6	20,8	21,8	23,3	25,6	29,2	32,3	26,8	20,6	16,1
10	32,5	23,1	20,6	20,2	20,8	22,1	23,9	26,3	29	28,3	23,5	18,8	14,7
12	26,2	21,6	19,9	20	20,8	22,3	24,3	26,5	28	25,6	21,4	17,3	13,6

Таблица 2

Антенна 742 212 : Xpol F-Panel 1710-2170 65°

DT°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
0	17,7	22,4	24,1	23	21,9	21,4	21,3	21,7	22	21,6	19,3	16,2	13,3
2	13,1	15,7	17,9	19,9	21,4	22,4	23,3	24,5	26,2	28,6	27,1	22,2	18,4
4	10,9	13,1	15,1	17,1	19,3	21,5	23,7	26,3	29,6	35,3	33,3	26,6	22,1
6	10,6	12,5	14	15,5	17,3	19,2	21,2	23,4	26	28,6	28,4	25,7	23
8	13,8	15,2	16,4	18	20	22,5	25,3	28,6	32,3	35,4	34	30,2	24,5

Обратное излучение может быть определено как наиболее худшее значение для горизонтальной или вертикальной компонент поля. Обратное излучение, рассчитываемое по полной мощности, будет на 3 dB меньше, чем таковое, рассчитанное по каждому компоненту при их равенстве. Типичные значения обратного излучения по полной мощности составляют 24 — 30 dB.

ВЫСОКАЯ РАЗВЯЗКА МЕЖДУ ВХОДАМИ АНТЕНН

Дипольная технология KATHREIN гарантирует типичный уровень развязки между входами Xpol-антенны равный 35 dB (как по поляризации, так и по частотным диапазонам в многодиапазонных антеннах). Такой уровень развязки определяется двумя факторами: высокой поляризационной развязкой между излучателями смежных систем, о которой говорилось выше, а также введением специальных запатентованных развязывающих элементов между этажами излучателей. Высокий уровень развязки позволяет эффективно реализовать как режим "разнесенного" (по поляризации) приема, так и дуплексный режим Tx-Rx.

В антеннах на основе печатной технологии развязывающие элементы, как правило, не применяются, что не позволяет достичь таких же уровней развязки.

ПРЕИМУЩЕСТВА КАБЕЛЬНОЙ СХЕМЫ ПИТАНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ПЕЧАТНОЙ

Схема питания диполей антенны, выполненная из полужесткого гибкого кабеля (рис. 4,а), обеспечивает подведение мощности к диполям и трансформацию импедансов. Диаметр кабеля варьируется в пределах от 0,25 до 0,085".

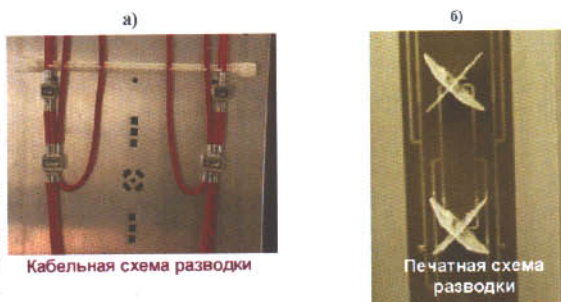


Рис. 4

Такая разводка обеспечивает малое затухание по сравнению с печатной схемой разводки (рис. 4,б), поскольку последняя имеет гораздо

меньшую площадь поперечного сечения центрального проводника. Кроме того, полосковые линии излучают часть мощности в пространство, что тоже увеличивает потери. Это означает, что для тех же значений коэффициента усиления в печатной антенне нужно скомпенсировать потерю мощности в разводке за счет добавления дополнительных излучателей. Это приводит к увеличению полной длины антенны в среднем на 20 % по сравнению с антенной, содержащей дипольные элементы и кабельную разводку. В результате увеличивается парусность антенны, что негативно отражается на ее надежности. Дополнительным отрицательным моментом при этом является уменьшение ширины луча в вертикальной плоскости, что изменяет зону покрытия.

В табл. 3 приведено сравнение длины антенн разных производителей (KATHREIN, ALLGON, RACAL и DECIBEL), имеющих одинаковые электрические параметры и рабочие частоты. Антенны перечисленных производителей, кроме KATHREIN, выполнены на основе печатной технологии.

Как видно из табл. 3, длина печатных антенн увеличена на 5 — 40 % по сравнению с дипольными.

Другим важным преимуществом кабельной разводки является возможность реализации электрического наклона луча. Требуемый сдвиг фаз между излучателями антенны легко реализуется простым изменением

длины соответствующих коаксиальных линий. При этом нет необходимости изменять конструкцию антенны в целом.

Таблица 3

900 МГц	900 МГц	1900 МГц
Kathrein 739 622	Kathrein 739 623	Kathrein 741 794
65°/15dBi/6°DT	65°/17dBi	65°/18dBi
длина 1296 мм	длина 1936 мм	длина 1302 мм
Allgon 7217	Racal 1730	Decibel DB932DD65
65°/15dBi/6°DT	65° 16.5dBi	65°/18dBi
длина 1320 мм	длина 2340 мм	длина 1829 мм

НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ ИСКАЖЕНИЙ

В течение 15 лет компания KATHREIN проводит исследования по снижению уровня интермодуляционных искажений. В частности, была разработана антенна в диапазоне 450 МГц с уровнем интермодуляционных искажений не более -160 dBc, хотя она не была востребована на рынке сотовой связи. Накопленный опыт позволяет правильно выбирать тип материалов (металл, диэлектрик), из которых выполняются излучатели и другие элементы антенны, а также их комбинации и оптимальное число контактов между ними. В результате антенны на основе дипольной технологии обеспечивают типичный уровень интермодуляционных искажений для продуктов третьего порядка не выше -150 dBc (для двух сигналов мощностью 20 Вт каждый). Этот уровень остается постоянным в течение всего срока службы антенны (свыше 10 лет). В печатных антеннах этот показатель ниже и не является стабильным (из-за нестабильности параметров диэлектрической подложки и при наличии клея между подложкой и металлической основой).

СЛАБАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИПОЛЬНЫХ АНТЕНН ОТ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Дипольные антенны менее подвержены воздействию внешних природных факторов, таких как перепад температур, дождь, снег, обледенение, высокая ветровая нагрузка, по сравнению с печатными антеннами. Рассмотрим механизмы влияния природных факторов на параметры и работоспособность антенны.

Ветровая нагрузка на дипольные антенны меньше, чем на печатные из-за их меньшей длины. Снижение

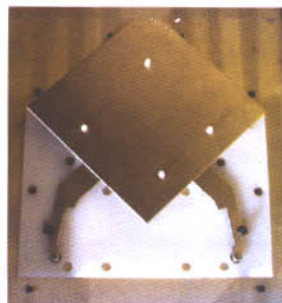
ветровой нагрузки (уменьшение парусности) увеличивает прочностные и надежность характеристики антенны.

Воздействие низкой температуры порядка $-20...-40^{\circ}\text{C}$ может негативно отразиться на прочностных свойствах антенн на основе печатной технологии ввиду большой протяженности полосковых линий и разности коэффициентов расширения материала подложки, полоска и металлической основы. В результате может произойти обрыв полоска печатной линии. Дипольным антеннам это не угрожает.

Осадки в виде дождя, снега, обледенения, попадая на кожу антенны, изменяют его диэлектрическую проницаемость и влияют на излучатели антенны в качестве дополнительной наведенной емкости. Это приводит к изменению рабочего диапазона частот и сопровождается ухудшением таких параметров антенны, как КСВН, развязка, а также СРР. Величина этой емкости существенно различается для дипольных и печатных излучателей.

На рис. 5 показаны типичные конструкции печатного (а) и дипольного (б) излучателей. Видно, что дипольная технология позволяет реализовать излучатели в виде тонких структур, имеющих относительно небольшую площадь. Поэтому наведенная емкость оказывается очень низкой и практически не изменяет параметры антенны. Наоборот, на печатный излучатель, имеющий гораздо большую площадь, влияние параметров кожуха сказывается очень сильно, изменяя его собственную емкость, что может привести к изменению его характеристик и параметров антенны в целом. Отме-

а) Печатный излучатель



б) Дипольный излучатель



Рис. 5

чались случаи, когда мокрый от дождя кожух существенно снижал развязку в антеннах с печатными излучателями, тогда как в дипольных антеннах этого не происходило.

В заключение приведем статистические данные по реализации панельных антенн. На рис. 6 приведены результаты исследования объемов продаж антенн разных производителей по данным международной организации Bear Stearns 2001 (США). Отмечены наиболее крупные производители антенн с печатной технологией — ALLGON (16%), а также DECIBEL (13%). По антеннам с дипольной технологией лидирует KATHREIN (40%). Доля дипольных антенн остальных производителей в сумме составляет 31%. Таким образом, антенны на основе дипольной технологии обеспечивают 70% мирового объема продаж.

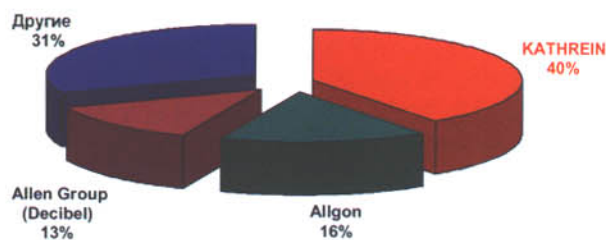


Рис. 6

Более полную информацию по представленному материалу читатель может получить, обратившись напрямую в «Фирму РКК», специалисты которой готовы ответить на все интересующие вопросы.