

Рис. 5. Логическая схема ПТК АСУ ЕСПП

## АНТЕННЫ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НЕУСТОЙЧИВОГО ПОКРЫТИЯ

Р. В. Свердлов

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ  
им. Р.Е. Алексеева, г. Арзамас

В отличие от стран Запада, Российская Федерация отличается значительно большей территорией и недостаточным развитием сервиса, и, как следствие этого, наличием зон с неустойчивым покрытием сотовой связью. В связи с этим возникла задача разработки антенн для использования в GSM-связи, т.е. в сотовых телефонах и модемах, позволяющая принимать и передавать сигнал при недостаточном для удовлетворительной работы телефона уровне сигнала. Антенна должна быть легко подключаема к телефону, незначительно увеличивать размер аппарата, не иметь пространственной конструкции. Необходимо учесть простоту изготовления, настройки. Из работы сотовых телефонов видно, что антенна не должна иметь очень узкую диаграмму направленности.

Исходными данными задачи явились стандарты GSM-связи [1], из которых следует:

Телефон работает на двух поддиапазонах:  $f_1 = 900$  МГц (длина волны  $\lambda_1 = 0,333$  м) и  $f_2 = 1800$  МГц ( $\lambda_2 = 0,1667$  м). Для поддиапазона 900 МГц: рабочие частоты 880 – 960 МГц, средняя частота 920 МГц, частотный диапазон 80 МГц, или 8,7%. Для поддиапазона 1800 МГц: рабочая частота 1710 – 1880 МГц, средняя частота 1795 МГц, частотный диапазон 170 МГц, или 9,5%. Общий диапазон: (от 880 до 1880 МГц): 1000 МГц, или 72 %, с средней частотой 1380 МГц, причем на средней частоте работа не ведется, участвуют только края диапазона.

Итак, возможно решение задачи тремя способами: создать отдельные антенны для поддиапазонов 900 и 1800 МГц; двухдиапазонную антенну; антенну, охватывающую весь рабочий диапазон.

Первый способ: антенны на отдельные поддиапазоны. Был выбран шлейф-вибратор Пистолькорса. Такой вибратор имеет более широкую полосу пропускания, чем обычный однопроводной полуволновой вибратор, и имеет большее усиление. Расчет вибраторов производился по методике, описанной в [2], стр. 15, 40. Размеры вибраторов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Геометрические размеры вибратора Пистолькорса

Рабочая частота		$f=900$ МГц	$f=1800$ МГц
Длина вибратора	$L_v=(0,85-0,89)\lambda/2$	15,6 см	7,4 см
Расстояние между проводниками	$h=(20-40)\lambda$	0,8- 1,6 см	0,5- 1 см
Диаметр проводника	$d$	5 мм	4 мм
Длина согласующего отрезка	$L_k=0,66\lambda/2$	10,56 см	5,28 см

Здесь указано:  $L_v$  – длина вибратора,  $L_k$  – длина полуволнового согласующего отрезка коаксиального кабеля,  $d$  – диаметр проводника вибратора (вибратор для работы на поддиапазоне 900 МГц был изготовлен из медной трубки диаметром 5 мм, на поддиапазоне 1800 МГц – 4 мм),  $h$  – расстояние между проводниками вибратора. Антенна подключается к аппарату с помощью коаксиального кабеля или контактного устройства, применяющегося на телефонах со съемной антенной. Его конструкция определяется конструкцией антенного гнезда телефона: металлический стержень длиной 4 мм, с резьбой М5, на конце которого находится более тонкая часть, диаметром 5 мм, не имеющая резьбы. При постановке на телефон эта часть касается соответствующего контакта в схеме, образуя электрическое соединение.

Было проведено измерение усиления и снятие диаграмм направленности (ДН) изготовленных вибраторов. Для измерения уровня принимаемого сигнала на телефон было поставлено программное обеспечение *Active Cell*, позволяющее измерять уровень принимаемого сигнала в децибелах. Результаты эксперимента представлены ниже.

На вибраторе с рабочей частотой 900 МГц в максимуме ДН (перпендикулярно оси вибратора) уровень сигнала составил -71 дБ, в минимуме ДН (параллельно оси вибратора): -89 дБ.

На вибраторе с рабочей частотой 1800 МГц: в максимуме ДН: -72 дБ, в минимуме ДН: -98 дБ.

При использовании штатной антенны уровень сигнала составлял -86 дБ.

Таким образом, эксперимент показал увеличение уровня принимаемого сигнала на 14 - 15 дБ, т.е. в 25 - 30 раз по мощности. С телефона с подключенными вибраторами был произведен дозвон из частично экранированного помещения (подвал дома с железобетонными перекрытиями), показавший удовлетворительное качество связи, тогда как при использовании штатной антенны связь была невозможна.

Второй способ: двухдиапазонная антенна. В литературе была найдена антенна для работы на двух диапазонах, так называемая J-образная антенна «Кактус».

Антенна представляет собой полуволновый вибратор, запитанный с конца посредством четвертьволнового короткозамкнутого шлейфа. Шлейф служит для согласования антенны с питающим коаксиальным кабелем. Настройка производится перемещением точек контакта кабеля по длине шлейфа. В верхнем конце антенны с рабочей частотой 900 МГц расположена антенна с рабочей частотой 1800 МГц.

Антенна была рассчитана по методике, указанной в [2], стр. 114. Таким образом, для поддиапазона 900 МГц: длина вибратора определяется:  $L_{B1} = k \lambda_1/2$ , где  $k$  – коэффициент укорочения ( $k = 0,86$ ); длина шлейфа  $L_{Ш1} = k \lambda_1/4$ , то есть длина вибратора  $L_{B1}$  примерно 16 см, шлейфа  $L_{Ш1} \approx 8$  см. Для поддиапазона 1800 МГц: длина вибратора  $L_{B2} \approx 8$  см, длина шлейфа  $L_{Ш2} \approx 4$  см. Общая длина антенны  $L_a$  составляет  $\frac{1}{4}\lambda_{\max}$  или около 24 см.

Вид антенны представлен на рис. 1.

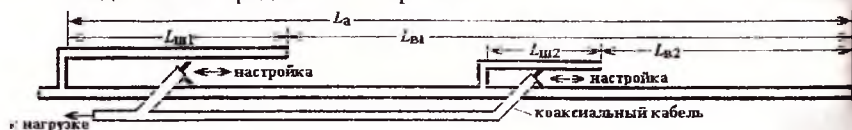


Рис. 1. J-образная антенна «Кактус»

Эксперимент показал: уровень принимаемого сигнала -75 дБ, т.е. увеличение уровня составило 11 дБ. Недостаток антенны: сравнительно большие линейные размеры. Однако ее можно применять для модема или в качестве автомобильной антенны.

Третий способ: антенна на весь рабочий диапазон. Наибольшее широкополосностью обладают конические спиральные антенны. Было написано приложение в программе Excel, позволяющее рассчитывать геометрию конических и цилиндрических спиральных антенн по методике,

указанной в [3], стр. 254-257. Исходными данными для расчета являются минимальная  $f_{\min}$  и максимальная  $f_{\max}$  рабочая частота и ширина диаграммы направленности антенны  $2\Theta_{05}$ . Выходные параметры: число витков спирали  $n$ , минимальный радиус спирали  $R_{\min}$ , максимальный радиус спирали  $R_{\max}$ , осевая длина антенны  $l$ . Были рассчитаны параметры антенн для разной ширины ДН. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2. Параметры конической спиральной антенны

$2\Theta_{05} = 40^\circ$	$2\Theta_{05} = 100^\circ$	$2\Theta_{05} = 140^\circ$
$n = 12,68 \approx 13$	$n = 4,24 \approx 4$	$n = 2,638 \approx 3$
$R_{\min} = 0,018$ м	$R_{\min} = 0,015$ м	$R_{\min} = 0,012$ м
$R_{\max} = 0,075$	$R_{\max} = 0,086$ м	$R_{\max} = 0,102$ м
$l = 0,713$ м	$l = 0,237$ м	$l = 0,132$ м

Такие антенны использовать в носимой аппаратуре нецелесообразно. Из рассчитанных вариантов наиболее оптимальным является антенна с шириной диаграммы направленности  $2\Theta_{05} = 100^\circ$ , хотя и она имеет значительные линейные размеры. Эта антенна может применяться для GSM модема и в качестве автомобильной антенны.

Далее, были рассчитаны два вида плоских спиральных антенн. Методика расчета указана в [4], стр. 152, 192. Первый вид – архимедовы спиральные антенны, вид которых представлен на рис. 2,а. Рассчитаны два варианта, отличающиеся шириной проводника и расстоянием между ними. Эти размеры определены экспериментально, измерением соответствующих размеров штатных антенн телефонов, и составляют 1-2 мм. Максимальный диаметр антенн определяется максимальной рабочей длиной волны  $\lambda_{\max} = 14,1$  см и составляет 10,8 см, т.е. антенны можно выполнить на печатной плате размерами 110x110 мм. Подключение производится с помощью коаксиального кабеля, подключенного к ветвям в центре спирали.

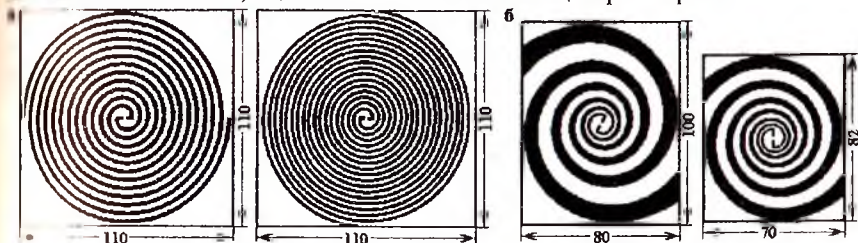


Рис. 2. Плоские спиральные антенны

Второй вид – логарифмические спиральные антенны. При тех же рабочих длинах волн они могут иметь меньшие размеры, чем архимедовы, т.к.  $\lambda_{\max}$  определяет не радиус, а длину плеча антенны, зависящую от плотности навивки. Были рассчитаны два варианта, отличающиеся плотностью навивки. Вид антенн представлен на рис. 2,б. Антенны могут



быть изготовлены на печатных платах размерами 100x80 и 82x70 мм, размеры сравнимы с размерами сотовых телефонов. Подключение производится с помощью коаксиального кабеля и экспоненциального трансформатора, выполненного на обратной стороне платы.

*Рекомендации по использованию разработанных видов антенн.*

Шлейф-вибраторы Пистолькорса могут применяться в качестве съемной антенны в местностях с неуверенным приемом, подключение к аппарату возможно с помощью коаксиального разъема, соответствующего конструкции конкретного телефона, или с помощью винтового контактного устройства (на старых моделях аппаратов, со съемной штыревой антенной). Наличие вибраторов диаграммы направленности придаст этому виду антенны дополнительную функцию: позволяет по уровню приема произвести ориентацию на ближайшую станцию сотовой связи, т.е. на населенный пункт находясь, например, в лесу. J-образная антенна может использоваться в качестве антенны для GSM-модема, а также для сотового телефона, при наличии диэлектрического покрытия: наличие оболочки из диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon$  позволяет уменьшить размеры антенны в  $\sqrt{\epsilon}$  раз. Коническая спиральная антенна может служить антенной для GSM-модема и в качестве автомобильной антенны. Плоские спиральные антенны комбинируются с любой моделью телефонов, возможно их размещение на задней крышке корпуса, они также позволяют производить ориентацию на местности.

#### Список использованных источников

1. [www.mobile-pricc.com.ru](http://www.mobile-pricc.com.ru)
2. К. Ротхаммель. Антенны. 3-е изд., доп. – М.: Энергия, 1979.
3. Антенны и устройства СВЧ /под ред. проф. Д.И. Воскресенского. – М.: Сов. радио, 1972.
4. Юрцев О.А., Рунов А.В., Казарин А.И. Спиральные антенны. – М.: Сов. радио, 1974.

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ DRFM

А.П.Сонин

ФГУП «НИИ «Экран», г. Самара

В данной работе на основе открытых источников анализируются тенденции развития современных устройств цифровой радиочастотной памяти (Digital Radio Frequency Memory - DRFM), которые в основном применяются для формирования помеховых сигналов (jamming waveform) угрожающим радарам в системах электронной атаки (Electronic Attack - EA) входящих в состав систем электронной войны (Electronic Warfare - EW)