

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра сетей и устройств телекоммуникаций

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ТРАНКИНГОВОЙ СВЯЗИ
СТАНДАРТА TETRA***

Методические указания
к лабораторным занятиям по курсу
«Системы подвижной радиосвязи»
для студентов специальности I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»
дневной и заочной форм обучения

Минск 2006

УДК 621.396.2 (075.8)

ББК 32.884.1 я 73

П 79

С о с т а в и т е л ь

В.А. Аксенов

П 79 **Проектирование** сети транкинговой связи стандарта TETRA:
Метод. указ. к лаб. занятиям по курсу «Системы подвижной радиосвязи» для студ. спец. I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций» дневн. и заоч. форм обуч. / В.А. Аксёнов. – Мн.: БГУИР, 2006. – 20 с.: ил.

Приводятся основные характеристики стандарта TETRA, описываются аппаратура системы DSS-500 и репитер для расширения зон покрытия, перечисляются этапы проектирования сети, содержится расчет размера зоны покрытия, а также задание для выполнения самостоятельного частотно-территориального планирования сети TETRA. В приложении приводится справочная информация по антеннам для базовых станций.

УДК 621.396.2 (075.8)

ББК 32.884.1 я 73

© Аксенов В.А., составление, 2006
© БГУИР, 2006

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ТРАНКИНГОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА TETRA

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение технических характеристик и получение навыка проектирования транкинговой сети цифрового стандарта TETRA.

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНДАРТА TETRA

Стандарт TETRA (TETRA - Terrestrial Trunked Radio) - первый и пока единственный открытый общеевропейский стандарт цифровой транкинговой радиотелефонной связи. Основными элементами транкинговой сети стандарта TETRA являются:

- инфраструктура управления и коммутации SwMI (Switching and Management Infrastructure)
- абонентские терминалы MS (Mobile Station).

В инфраструктуру управления и коммутации SwMI входят центры коммутации / маршрутизации (SW / Router), базовые станции (BS), диспетчерские пульты (DWS), центр управления системой (NMWS), шлюзы в другие сети (GW PABX, PSTN, ISDN, PDN), серверы приложений.

В сети TETRA поддерживаются индивидуальные и групповые вызовы (рис.1.1) через SwMI и может обеспечиваться обмен с фиксированными абонентами (диспетчерами, абонентами ТФОП и других сетей).



Рис.1.1. Режимы связи в системе TETRA

Кроме транкинговой связи (Trunk Mode Operation – TMO) поддерживается режим прямой связи (Direct Mode Operation – DMO), при котором инфраструктура SwMI не используется: абонентские радиостанции осуществляют двухстороннюю радиосвязь на специально выделенных и запрограммированных для режима DMO частотах.

Увеличение дальности связи достигается за счёт использования ретрансляторов сигналов как для транкингового режима -- TM REP, так и для режима прямой связи – DM REP (рис.1.2).



Рис.1.2. Использование ретрансляции при DMO

Взаимодействие абонентской станции в режиме DMO с сетью TMO может поддерживаться через специальные шлюзы (DMO GATE) или ретранслятор/шлюз – DM REP/GATE (рис.1.3).



Рис.1.3. Использование шлюза-ретранслятора

Абонентская радиостанция может работать в режиме "двойного наблюдения" (DW-MS): в режиме TMO и, одновременно, в режиме DMO.

Для систем TETRA выделены частоты в диапазонах 380-400 (для служб общественной безопасности), 410-430, 450-470, 806-876 МГц. Радиointерфейс стандарта предполагает работу в сетке частот с шагом 25 кГц. Стандарт регламентирует дуплексный разнос 10 МГц для частот ниже 700 МГц и 45 МГц для частот выше 700 МГц.

В стандарте применяется метод множественного доступа с временным разделением TDMA, благодаря которому на одной несущей частоте организуется четыре логических канала: 1 служебный и 3 разговорных.

Для преобразования речи применяется кодек с алгоритмом типа ACELP. Скорость цифрового потока на выходе кодека составляет 4,8 кбит/с.

Для обнаружения и исправления ошибок в канальном кодировании применяются технологии Forward Error Correction (FEC) и Cyclic Redundancy Check (CRC) в виде четырех процедур: блочного кодирования (block-encoding), сверточного кодирования (convolutional encoding), перемежения (interleaving) и шифрования (scrambling), после чего формируются информационные каналы. Скорость выходного потока равна 36 кбит/с.

В стандарте используется манипуляция $\pi/4$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying. Модулирующий поток подается на модулятор через фильтр с импульсной характеристикой "приподнятый косинус" (raised cosine) для минимизации межсимвольных искажений. Далее последовательность бит разбивается на пары (дибиты), комбинация которых определяет относительный сдвиг фазы ($+\pi/4$, $-\pi/4$, $+3\pi/4$, $-3\pi/4$), т.е. за один такт передается два бита. Это позволяет в два раза снизить скорость модуляции (до 18 кбод) используя полосу радиоканала только 25 кГц.

Ниже приводятся таблицы классов мощности аппаратуры TETRA.

Таблица 1.1

Классы мощности передатчиков БС

Класс мощности	Значение, дБм	Значение, Вт
1	46	40
2	44	25
3	42	15
4	40	10
5	38	6.3
6	36	4
7	34	2.5
8	32	1.6
9	30	1
10	28	0.6

Таблица 1.2

Классы мощности передатчиков АС

Класс мощности	Значение, дБм	Значение, Вт
1	45	30
1L	42.5	17.5
2	40	10
2L	37.5	5.6
3	35	3
3L	32.5	1.8
4	30	1
4L	27.5	0.56

2. МАЛАЯ СИСТЕМА DSS-500 СТАНДАРТА TETRA

Проектирование сети предлагается выполнять на базе малой системы **DSS-500** стандарта TETRA известной фирмы **Rohde&Schwarz BICK Mobilfunk** и репитеров для расширения зоны покрытия.

Пример построения сети на базе DSS-500 приведен на рис. 2.1. Сеть состоит из 4 зон в которых может использоваться максимум 8 несущих частот. В сети используется следующая аппаратура:

DSS-500 – цифровой коммутатор, выполненный в едином блоке с базовой станцией (до 8 радиоканалов). К DSS-500 может подключаться дополнительно до 3-х периферийных базовых станций типа DTX-500 или TOB-500, диспетчерские терминалы, терминал управления сетью. Через него организуется стык с внешними сетями;

DTX-500 – базовая станция внешнего исполнения на 1-8 несущие частоты;

TOB-500 – малая базовая станция (вес 13 кг) внешнего исполнения на 1-2 несущие частоты. Предназначена для установки на мачте в непосредственной близости от антенны.

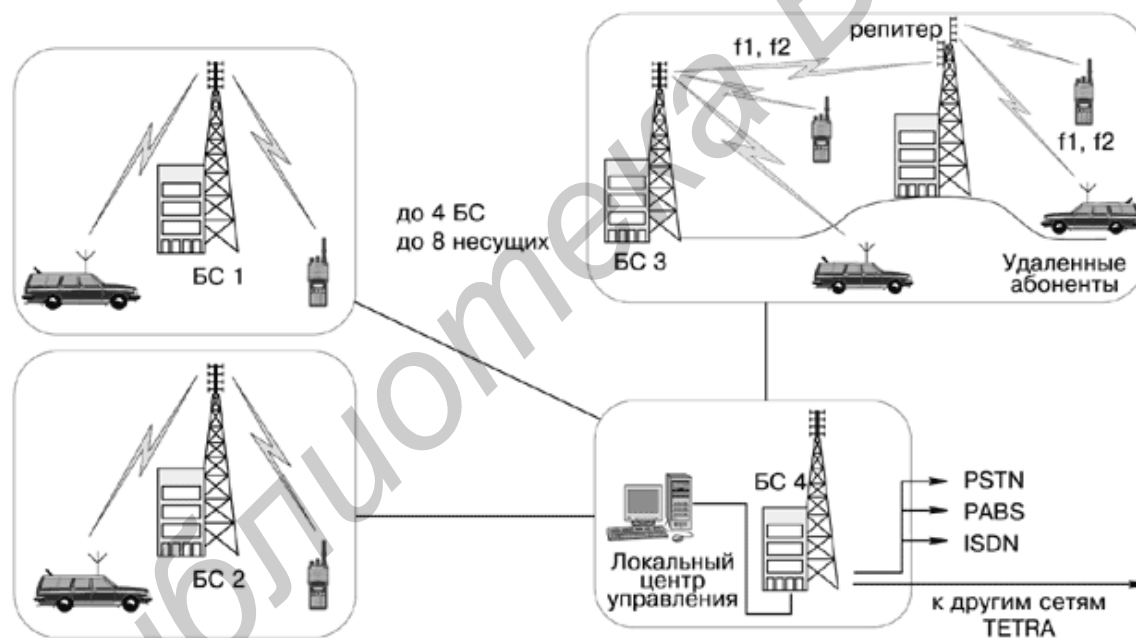


Рис.2.1. Пример построения сети на базе DSS-500

Для расширения зоны обслуживания, когда устанавливать базовую станцию экономически невыгодно (например, для небольшого количества удаленных абонентов), можно использовать репитеры (рис. 2.1). Репитеры с выбором канала для сетей TETRA могут быть запрограммированы на 4 канала (несущих) по выбору в частотном диапазоне пользователя. Только выбранные каналы усиливаются репитером. Репитеры могут соединяться с БС посредством ВОЛС.

В работе предлагается использовать репитер **Avitec CSR-414** со следующими параметрами: рабочая полоса частот в диапазоне 380-420, 390-430 МГц; количество несущих 1-4; коэффициент усиления 50-80 дБм; коэффициент шума <5 дБм при максимальном выходном уровне; размеры (600x300x125) мм. Чувствительность репитера следует полагать равной чувствительности приемников БС.

3. ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА СЕТИ

Учебный проект предполагает разворачивание сети TETRA на заданной территории (карта территории и легенда выдаются преподавателем). В проекте необходимо выполнить следующие действия:

- выбрать общую топологию сети (ориентировочные размеры зон, их секторность, взаимное перекрытие, размещение на местности);
- выбрать места для установки базовых станций;
- выбрать антенны для организации покрытия зон (приложение);
- выбрать количество радиоканалов для каждой зоны (т.е емкость зоны);
- выбрать формальные номера (F1, F2 и т.д.) радиоканалов для всех зон сети с учетом минимизации их количества и взаимного влияния;
- предложить вариант расположения оборудования (коммутаторов, центров управления, базовых станций, репитеров) на сети;
- предложить вариант взаимного соединения оборудования (посредством проводных линий, ВОЛС, РРЛ);
- выполнить расчеты, подтверждающие работоспособность сети или корректирующие ее параметры;
- оценить границы зон и возможности хэндовера для самых маломощных АС;
- указать места установки автомобильных АС, играющих роль ретрансляторов DMO при разрушении основной инфраструктуры сети.

В транкинговых сетях не придерживаются регулярных кластерных ЧТП, что имеет место в сотовых сетях. В результате можно использовать разновеликие, разносекторные зоны, исходя из важности находящихся в ней объектов, характера рельефа, наличия мест для антенн, плотности застройки и т.п.

Емкость зоны (количество абонентов) выбирается из табл. 3.1, в зависимости от длительности разговора абонентов, допустимого времени ожидания и вероятности попадания в очередь [2].

Точное количество радиоабонентов в зоне как правило неизвестно. Поэтому количество радиоканалов выбирается из априорных представлений о потенциальном трафике в зоне.

Таблица 3.1

Оценка количества обслуживаемых абонентов

Количество каналов БС	Время ожидания в очереди, с	Время разговора, с	Расчетное число абонентов на 1 канал при заданной вероятности ожидания в очереди			
			P=0,01	P=0,05	P=0,10	P=0,20
4(3+1)	10	30	69	122	157	202
		60	29	54	70	92
		90	18	34	45	59
		120	13	25	33	44
	20	30	90	151	187	230
		60	34	61	78	101
		90	20	37	48	63
		120	14	27	35	46
8(7+1)	10	30	360	479	545	620
		60	158	216	249	289
		90	101	139	161	188
		120	74	102	118	139
	20	30	438	555	612	676
		60	180	239	272	310
		90	110	149	171	198
		120	79	108	124	144
12(11+1)	10	30	726	889	972	1065
		60	324	406	451	503
		90	206	261	291	327
		120	151	192	214	241
	20	30	845	998	1066	1138
		60	363	444	486	532
		90	224	280	309	342
		120	162	203	225	251
16(15+1)	10	30	1125	1319	1415	1521
		60	506	608	662	722
		90	324	392	428	470
		120	237	288	316	348
	20	30	1292	1454	1530	1607
		60	562	659	707	760
		90	350	418	452	491
		120	253	304	331	361

Расположение оборудования системы начинается с выбора зоны (или зон) для установки мобильного коммутатора DSS-500 (или коммутаторов), т.к. в этом месте организуется стык с другими сетями и располагается сетевой (или локальный) центр управления. Оставшиеся зоны оснащаются оборудованием БС (DTX-500 или ТОВ-500) или репитерами (Avitec).

Взаимное соединение узлов сети (мобильных коммутаторов и БС) может быть осуществлено, например, аппаратурой типа Mini-Link Eriksson с потоком E1. При этом потребуются наличие прямой видимости между соответствующими узлами.

Расчет сети выполняется с учетом выбора классов мощности АС и БС (табл. 1.1-1.2). Методика расчета радиусов зон покрытия и бюджета потерь приведена в пункте 4 настоящих указаний. Найденное по этой методике расстояние до источника соканальной помехи следует учитывать при назначении рабочих частот в других зонах сети.

По указанной методике необходимо оценить границы зон для самых маломощных АС класса **4L** и сделать выводы о возможности их использования.

Для выбора мест установки автомобильных АС ретрансляторов ДМО, необходимо оценить радиус создаваемой ими зоны радиопокрытия, исходя из параметров: класс мощности **2**, высота установки антенны $h_{БС} = 4$ м (с учетом расположения автомобиля на локальном возвышении). АС ретрансляторы должны обеспечивать переговоры только в нескольких наиболее важных местах сети.

4. ОЦЕНКА РАДИУСА ЗОН И РАСЧЕТ БЮДЖЕТА ПОТЕРЬ

В табл. 4.1 и 4.2 выполнен пример расчета для абонентской станции класса 4 (1Вт). Использовалась формула Хата в варианте для сельско-пригородной местности (застройки), с перепадами высот в зоне до $\Delta h=50$ м высоте подъема антенны БС до 60м.

Таблица 4.1

Исходные данные для расчета бюджета потерь

Наименование	Обозначение, единица измерения	Значения характеристик	
		БС	АС
1	2	3	4
Тип радиостанций	---	ТОВ-500	Класс 4
Тип антенны	---	UTEL 05-360	3 λ /4
Максимальная мощность передатчика (на входе антенного фидера)	$P'_{\text{прд}}$, Вт	25	1

Окончание табл.4.1

1	2	3	4
Потери мощности передачи: в фидере; в комбайнере.	$\eta_{\text{ф}}$, дБ/100м $\eta_{\text{комб}}$, дБ	2,0 3,5	нет нет
Реальная чувствительность приемника	$P_{\text{прм}}$, дБм	-115	-112
Максимальный коэффициент усиления антенны	G_0 , дБи	5	2

Таблица 4.2

Бюджет потерь, максимальные дальности связи
и дальность соканальных помех в сети связи TETRA

Энергетические характеристики, параметры	Направление передачи		Расчетные формулы
	БС®АС	АС®БС	
1	2	3	4
Мощность передатчика $P'_{\text{прд}}$, Вт	25	1	
Мощность передатчика $P_{\text{прд}}$, дБм	44	30	$P_{\text{прд}} = 10 \lg P'_{\text{прд}} + 30$
Потери в фидере антенны ПРД $\eta_{\text{ф}}$, дБ	2	0	
Потери в комбайнере $\eta_{\text{комб}}$, дБ	3,5	0	
Максимальный КУ антенны ПРД G_0 , дБи	5	2	
Излучаемая мощность $P_{\text{изл}}$, дБм	43,5	32	$P_{\text{изл}} = P_{\text{прд}} - \eta_{\text{ф}} - \eta_{\text{комб}} + G_0$
Чувствительность приемника $P_{\text{прм}}$, дБм	-112	-115	
Потери в фидере антенны ПРМ $\eta_{\text{ф}}$, дБ	0	2	
Максимальный КУ антенны ПРМ G_0 , дБи	2	5	

Продолжение табл.4.2

1	2	3	4
Необходимая мощность полезного сигнала с вероятностью 50% $P_{\text{пс}}(50\%)$, дБм	-114	-118	$P_{\text{пс}}(50\%) = P_{\text{прм}} + \eta_{\text{ф}} - G_0$
СКО флуктуаций сигнала σ , дБ	6		
Параметр логнормального распределения уровней сигнала с вероятностью 75% $\eta(75\%)$	0,68		
Необходимая мощность полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $P_{\text{пс}}(75\%)$, дБм	-109,92	-113,92	$P_{\text{пс}}(75\%) = P_{\text{пс}}(50\%) + \eta(75\%) \sigma$
Потери в теле абонента W_{T} , дБ	3		
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 50% $W_{\text{доп}}(50\%)$, дБ	150,42	142,92	$W_{\text{доп}}(50\%) = P_{\text{изл}} - P_{\text{пс}}(50\%) - W_{\text{T}}$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 75% $W_{\text{доп}}(75\%)$, дБ	146,34	138,84	$W_{\text{доп}}(75\%) = W_{\text{доп}}(50\%) - \eta(75\%) \sigma$
Максимальная дальность связи с вероятностью 75% на границе зоны обслуживания $R_{0\text{max}}$, км	10	5,96	По уравнению Хата $R_{0\text{max}} = 10^{(W_{\text{доп}} - C)/B}$, где $C = 68,75 + 27,72 \cdot \lg f - 13,82 \cdot \lg h_{\text{БС}} - (1,1 \cdot \lg f - 0,7) \cdot h_{\text{БС}} = 113,062$ $B = 44,9 - 6,55 \cdot \lg h_{\text{БС}} = 33,25$ ($h_{\text{БС}} = 60\text{м}$, $h_{\text{АС}} = 1,5\text{м}$)
Защитное отношение сигнал / помеха с вероятностью 50% A_0 , дБ	12		в различных источниках указывается значение A_0 от 12 до 19 дБ

Окончание табл.4.2

1	2	3
Защитное отношение сигнал / помеха с вероятностью 75% на границе зоны обслуживания $A_{гр}$, дБ	17,7	$A_{гр} = A_0 + 1,41 * \sigma^*$ * $\eta(75\%)$
Дальность до соканальных помех на границе зоны обслуживания $R_{п}$, км	34,04	$R_{п} = R_{0max} 10^{A_{гр}/B}$

5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Основным элементом задания является выдаваемая преподавателем карта местности и легенда с указанием мест и объектов телефонизации, возможных мест установки антенн и их высот. Остальные необходимые данные сведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные для самостоятельного расчета

Наименование	Обозначение, единица измерения	Значения характеристик	
		БС	АС
Тип радиостанций	---	Выбирается самостоятельно	Класс 4
Тип антенны	---	Выбирается самостоятельно	3 $\lambda/4$
Максимальная мощность передатчика (на входе антенного фидера)	$P'_{прд}$, Вт	Выбирается из табл. 1.1	По выбранному классу
Потери мощности передачи:	η_f , дБ/100м $\eta_{комб}$, дБ	в фидере;	нет
		в комбайнере;	нет
Реальная чувствительность приемника	$P_{прм}$, дБм	-115	-112
Максимальный коэффициент усиления антенны	G_0 , дБи	Определяется типом антенны	2

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких элементов состоит инфраструктура сетей стандарта TETRA?
2. Какие вызовы поддерживаются в сети TETRA?
3. Какие режимы связи поддерживаются в сети TETRA?
4. Что такое TMO?
5. Что такое DMO?
6. Для чего предназначены режимы TM REP и DM REP?
7. Как организуется работа сети при разрушении (поломке) инфраструктуры БС?
8. В каких частотных диапазонах работает аппаратура TETRA?
9. Как выглядит частотный план для систем TETRA?
10. Какой размер (количество тайм-слотов) кадра TDMA в системе TETRA?
11. Перечислите основные процедуры обработки сигналов в системе?
12. Как организована манипуляция $\pi/4$ DQPSK? Для чего?
13. В каких пределах лежат мощности БС и АС (носимых и автомобильных) стандарта TETRA?
14. На базе какой аппаратуры строится система DSS-500?
15. Сколько радиочастот может поддерживать система DSS-500?
16. Какие соображения определяют выбор места расположения мобильного коммутатора DSS-500?
17. Для чего предназначены репитеры? Как они могут соединяться с БС?
18. Почему в транкинговых сетях не придерживаются регулярных ЧТП?
19. Какая модель системы массового обслуживания применяется в транкинговых сетях? Прокомментируйте ее параметры.
20. Что такое коэффициент усиления антенны? Что означает его единица измерения дБи?
21. Что такое поляризованная антенна? В чем смысл ее применения?
22. Найдите ошибку в рисунке диаграммы направленности (ДН) одной из антенн в Приложении.
23. Для чего предназначен комбайнер? При каких условиях комбайнер на БС не устанавливается?
24. Что такое соканальная помеха?
25. Какая характеристика стандарта определяет минимальное расстояние до источника соканальной помехи?

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи.— М.: Эко-Трендз, 2001. 300с.
2. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. – СПб.: СПбГУТ, 2000. – 196 с.
3. Овчинников А.М., Воробьев С.В., Сергеев С.И. Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи. Серия изданий “Связь и бизнес”.— М.: МЦНТИ, 2000. – 166с.
4. Тамаркин В.М., Невдяев Л.М., Сергеев С.И., Зайцев А.Н. Транкинговые системы радиосвязи.— М.: ЦНТИ, “Информсвязь”, 1996.

АНТЕННЫ ДЛЯ СИСТЕМ TETRA

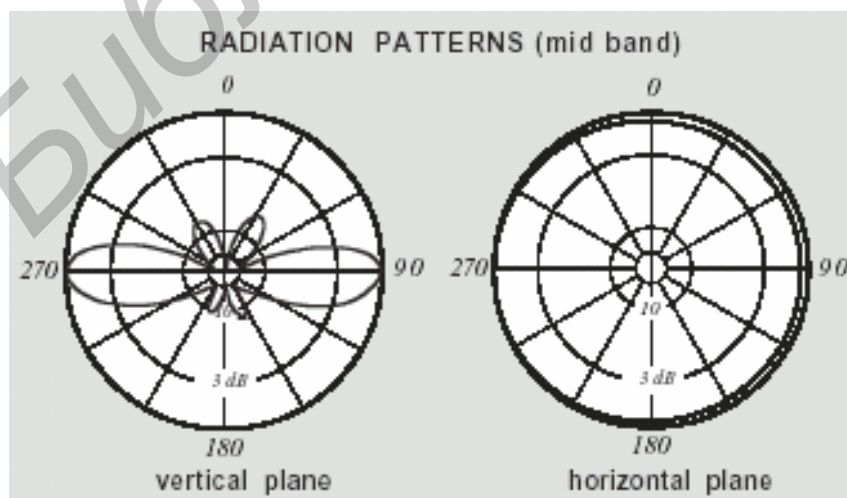
Ниже приводятся технические характеристики и фотографии внешнего вида антенн итальянской фирмы SIRA SISTEMI RADIO, предназначенные для базовых станций и репитеров стандарта TETRA. С полной номенклатурой антенн, выпускаемых указанной фирмой, можно ознакомиться на сайте www.sira.mi.it.

UTEL 05-360

VERTICAL POLARIZED ANTENNA

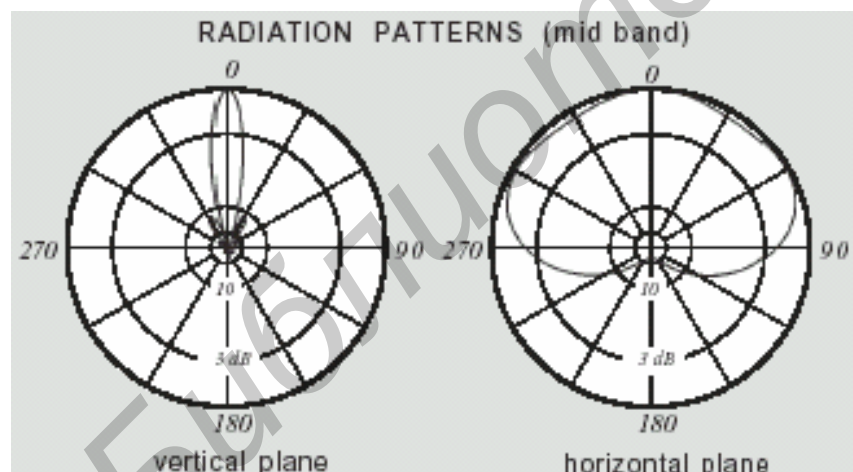
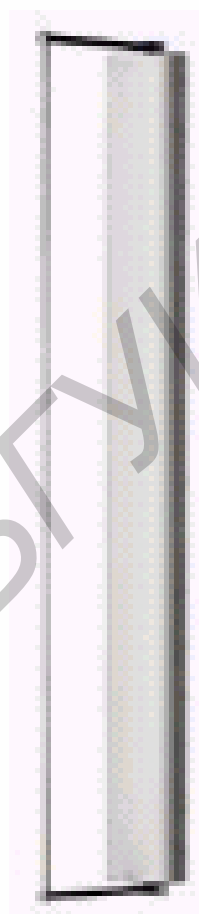
5 dBi - OMNI TETRA

Электрические параметры	
Диапазон частот	380 – 400 МГц
Импеданс	50 Ом
Макс. мощность	55 Вт
Поляризация	вертикальная
Коэффициент усиления	5 дБи
Направленность (по уровню половинной мощности -3дБм):	
вертикальная	30°
горизонтальная	360°
Механические параметры	
Размер	1380х(D21) мм
Вес	1,4 кг
Ветровая поверхность	0,03 м ²
Ветровая нагрузка (при скорости ветра 150 км/ч)	43 Н



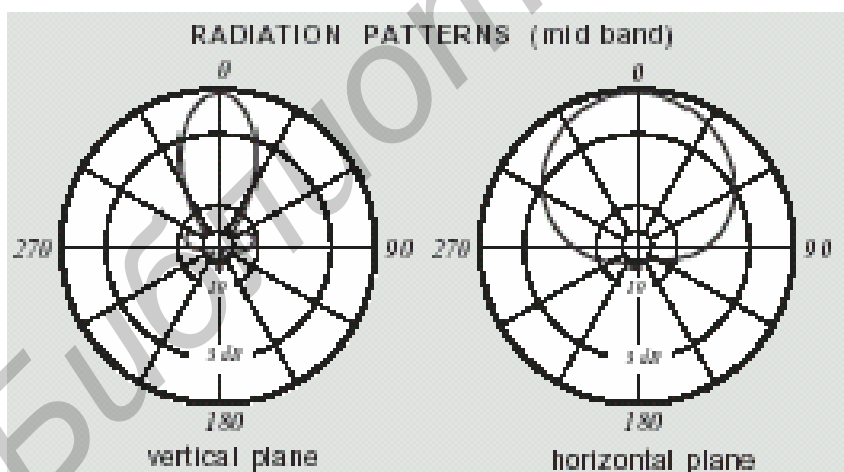
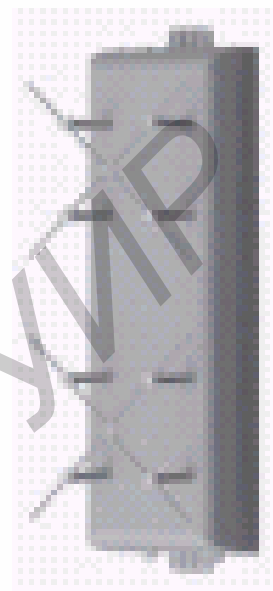
UTEL 11-200
VERTICAL POLARIZED ANTENNA
11 dBi - 200° TETRA

Электрические параметры	
Диапазон частот	380 – 430 МГц
Импеданс	50 Ом
Макс. мощность	500 Вт
Поляризация	вертикальная
Коэффициент усиления	11 дБи
Направленность (по уровню половинной мощности -3дБм): вертикальная горизонтальная	15° 200°
Отношение “front-to-back”	>18 дБ
Механические параметры	
Размер	2574x258x110 мм
Вес	14 кг
Ветровая поверхность (фронт)	0,66 м ²
Ветровая нагрузка (фронт) (при скорости ветра 150 км/ч)	530 Н



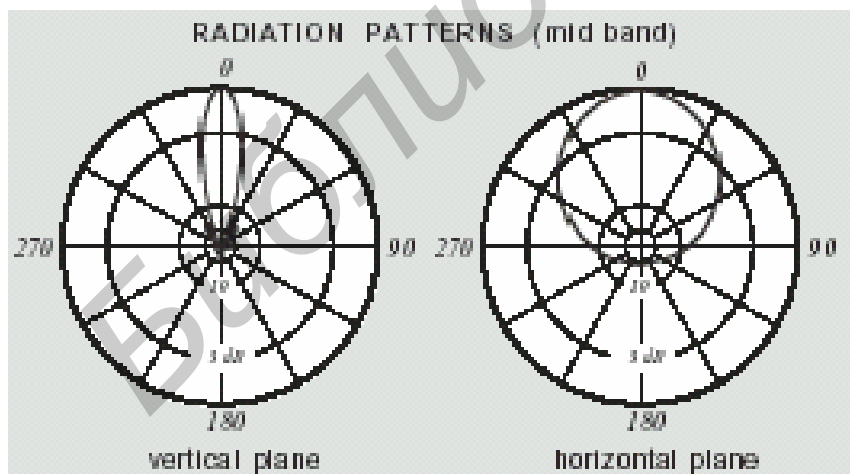
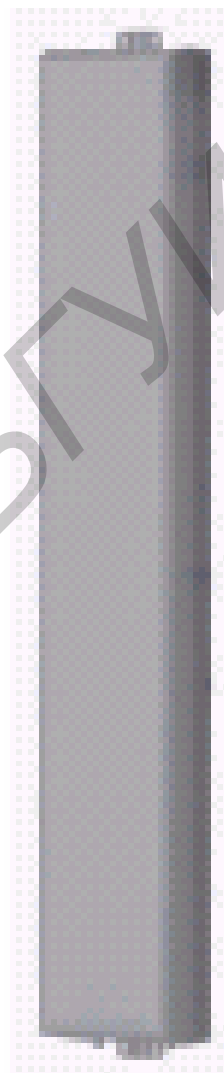
UTEL 11-125/C
DUAL POLARIZED ANTENNA
2 x 11 dBi - 125° TETRA

Электрические параметры	
Диапазон частот	380 – 430 МГц
Импеданс	50 Ом
Макс. мощность	2x500 Вт
Поляризация	+/- 45°
Коэффициент усиления	11 дБи
Направленность (по уровню половинной мощности -3дБм): вертикальная	40°
горизонтальная	125°
Отношение “front-to-back”	>15 дБ
Механические параметры	
Размер	1007x350x380 мм
Вес	11.5 кг
Ветровая поверхность (фронт)	0,31 м ²
Ветровая нагрузка (фронт) (при скорости ветра 150 км/ч)	360 Н



UTEL 13-90/C
DUAL POLARIZED ANTENNA
2 x 13 dBi - 90° TETRA

Электрические параметры	
Диапазон частот	380 – 500 МГц
Импеданс	50 Ом
Макс. мощность	2x500 Вт
Поляризация	+/- 45°
Коэффициент усиления	13 дБи
Направленность (по уровню половинной мощности -3дБм): вертикальная горизонтальная	19° 86°
Отношение “front-to-back”	>20 дБ
Механические параметры	
Размер	1997x317x193 мм
Вес	18.5 кг
Ветровая поверхность (фронт)	0,61 м ²
Ветровая нагрузка (фронт) (при скорости ветра 150 км/ч)	715 Н



СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	3
1. Основные характеристики стандарта TETRA.....	3
2. Малая система DSS-500 стандарта TETRA	6
3. Этапы выполнения проекта сети	7
4. Оценка радиуса зон и расчет бюджета потерь.....	9
5. Задание для самостоятельного проектирования	12
6. Контрольные вопросы.....	13
Литература	14
Приложение. Антенны для систем TETRA.....	15

Библиотека БГУИР

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ТРАНКИНГОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА TETRA

Методические указания
к лабораторным занятиям по курсу «Системы подвижной радиосвязи»
для студентов специальности I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»
дневной и заочной форм обучения

С о с т а в и т е л ь
Аксёнов Вячеслав Анатольевич

Ответственный за выпуск **В. А. Аксенов**

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,0.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 171.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6