

Выбор рабочих частот в зоне обслуживания узла радиодоступа диапазона ДКМВ

Operational frequencies in the service area of a HF range radio access node

Зайцев / Zaytsev V.

Владимир Васильевич

(tixon1949@bk.ru)

кандидат технических наук,

почётный радист РФ.

ФГБОУ ВПО «Омский государственный

университет путей сообщения»,

доцент кафедры «Инфокоммуникационные системы

и информационная безопасность».

г. Омск

Круковская / Krukovskaya I.

Ирина Ярославовна

(tssnprk@yandex.ru)

ЗАО «Российская корпорация средств связи»,

директор по науке.

г. Москва

Ключевые слова: узел радиодоступа диапазона ДКМВ – HF range radio access node; выбор рабочей частоты – operational frequency selection.

Статья содержит предложения по выбору рабочих частот для трасс различной протяжённости к узлу радиодоступа ДКМВ в зоне с максимальным радиусом по моде распространения 1F2. Рабочие частоты определяются для условия распространения одним лучом. Эти условия обеспечивают увеличение надёжности и пропускной способности радиолинии в любой период суток и года.

The article offers recommendations on operational frequencies for paths of different length reaching the HF radio access node in the 1F2 mode maximum range area. Operational frequencies are identified on the condition of single beam penetration. Such conditions provide for better radio line reliability and throughput capacity for any season or period of day and night.

В работе [1] предложен принцип частотно-территориальной организации радиодоступа в диапазоне ДКМВ с радиусом зоны обслуживания одного узла до 3500 км. Показано, что для обеспечения условий распространения единственной модой 1F2 необходимо структурировать зону по дальности от узла с распределением общего диапазона частот по элементам структуры.

Суточное изменение МПЧ для радиотрасс различной дальности происходит не одновременно по всем направлениям, а в соответствии с графиком хождения через зону солнечного терминатора (СТ) [2]. При этом на отдельных направлениях возможны перекрытия рабочих диапазонов частот смежных кольцевых фрагментов.

Для обеспечения круглосуточного радиодоступа к узлу из любой точки зоны необходимо использовать

рабочие частоты, распределённые по всему диапазону ДКМВ. Основой замысла является использование для каждой радиотрассы рабочей частоты, близкой к максимально применимой частоте (МПЧ), для исключения второго пути распространения.

Установившуюся дневную или ночную ионосферу в круговой зоне с радиусом до 2000 км от узла можно считать квазистационарной. В этом случае поддиапазоны рабочих частот смежных кольцевых зон не пересекаются. Но допустимые диапазоны рабочих частот радиодоступа для любой точки каждой зоны сохраняют зависимость от расстояния до узла. Используя подход [1], получим оценки распределения МПЧ и допустимых диапазонов рабочих частот для трасс различной протяжённости в квазистационарной ионосфере.

Примем следующие обозначения:

l – кратчайшее расстояние между узлом и абонентом по поверхности Земли, км;

L – угол дуги поверхности этого расстояния, рад;

Θ_{\max} – угол отражения от ионосферы для максимальной дальности одного скачка, град;

Θ_0 – угол отражения для текущего расстояния, град;

t – длина пути волны от узла до области отражения от ионосферы, км;

r_3 – радиус Земли, км;

h_d – действующая высота отражающего слоя, км;

$f_{\text{кр } F2}$ – текущая критическая частота слоя F2, МГц;

$f_{\text{МПЧ1}}$ – МПЧ моды 1F2 радиотрассы, МГц;

$f_{\text{МПЧ2}}$ – МПЧ моды 2F2 радиотрассы, МГц;

Δ_f – допустимый диапазон рабочих частот относительно МПЧ моды 1F2 радиотрассы.

Запишем расчётные соотношения для модели распространения из [1]:

$$L = \frac{l}{r_3} \quad (1)$$

$$d = r_3 + h_D, \quad (2)$$

$$t = (\sqrt{r_3^2 + d^2 - 2r_3^2 \cos(0,5L)}) \quad (3)$$

$$\sin \Theta_0 = \frac{r_3 \sin(0,5L)}{t}, \quad (4)$$

$$\cos \Theta_0 = \sqrt{1 - \sin^2 \Theta_0} \quad (5)$$

$$f_{\text{МПЧ1}} = \frac{f_{\text{кр F2}}}{\cos \Theta_0} \quad (6)$$

$$\Delta_f = \frac{f_{\text{МПЧ2}}}{f_{\text{МПЧ1}}} \quad (7)$$

$f_{\text{МПЧ2}}$ вычисляется аналогично для расстояния $0,5l$.

В таблице 1 приведены результаты для зимней дневной ионосферы:

$$h_D = 275; f_{\text{кр F2}} = 6,4; \Theta_{0 \text{ max}} = 73,46.$$

Полученные оценки Δ_f показывают границы выбора допустимых рабочих частот для радиотрасс различной протяженности. Использование только допустимых рабочих частот решает сразу две задачи. Во-первых, исключает появление мод 2F2 и 3F2. Во-вторых, естественным образом распределяет частотные каналы по всему диапазону, устраняя применение низких частот для дальних трасс и улучшая ЭМС на этих перегруженных частотах.

В таблице 2 приведены результаты для зимней ночной ионосферы:

$$h_D = 252; f_{\text{кр F2}} = 3,6; \Theta_{0 \text{ max}} = 74,89.$$

Из таблиц видно, что одни и те же рабочие частоты могут соответствовать трассам различной протяженности в различных условиях распространения. Такая ситуация характерна для зоны радиодоступа в присутствии СТ. В этом случае для управления частотными ресурсами необходимо выполнить дополнительное частотно-пространственное структурирование зоны.

При движении вечернего СТ через зону восточная отражающая ионосфера переходит на ночную сторону с соответствующим изменением МПЧ для длинных трасс. Для западных от СТ сегментов сохраняются дневные МПЧ более коротких трасс. В этом случае возможно совпадение рабочих частот длинных и коротких трасс. При движении СТ по западной части зоны наложения частот не происходит. МПЧ сегментов последовательно уменьшаются в соответствии с ночной критической частотой.

При движении утреннего СТ последовательно увеличение МПЧ без наложения частот происходит в восточных секторах. Наложение рабочих частот в смежных секторах образуется в западных секторах зоны. Распределение перекрывающихся часто в между секторами необходимо выполнить организационным делением совпадающего участка диапазона на части, пропорциональные количеству абонентов в этих элементах.

Таблица 1

Таблица значений МПЧ и диапазонов рабочих частот для трасс различной протяженности (зима – день).

l , км	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
МПЧ1, МГц	8,58	12,59	16,31	19,14	21,00	22,05	22,45
Δ_f	0,18	0,31	0,35	0,34	0,30	0,26	0,20
Θ_0 , град	41,76	59,46	66,90	70,46	72,26	73,12	73,44

Таблица 2

Таблица значений МПЧ и диапазонов рабочих частот для трасс различной протяженности (зима – ночь)

l , км	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
МПЧ1, МГц	5,02	7,53	9,78	11,43	12,47	13,01	13,17
Δ_f	0,20	0,33	0,36	0,34	0,30	0,25	0,19
Θ_0 , град	44,21	61,46	68,41	71,65	73,23	73,94	74,14

Условие одной моды в переходной период для длинной трассы будет сохраняться даже при изотропной антенне узла. На начальном участке образуется две или три траектории распространения: одним скачком под большим углом θ_0 и двумя или тремя скачками под меньшими углами θ_1 . При правильном выборе рабочей частоты второй или третий скачки под малыми углами не образуются из-за превышения рабочей частоты трассы над ночной МПЧ для θ_1 .

Выполнение условий одной моды для каждой радиотрассы в любой момент времени требует оперативного контроля состояния ионосферы над зоной радиодоступа в масштабе времени, коррелированном с фазой суточного изменения критических частот. Для контроля могут быть использованы процедуры вертикального и наклонного зондирования специальными сигналами, реализованными на каналобразующей аппаратуре. Периодическое вертикальное зондирование на узле позволит определять фактическое текущее значение критической частоты $f_{кр F2}$ по слою F2. Периодическое наклонное зондирование с группой стационарных абонентов, выбранных по нескольким азимутам и на различных расстояниях от узла, позволит получать текущую схему распределения МПЧ-F2 по этим азимутам и дальностям радиодоступа.

Литература

1. Зайцев, В. В. Оценка размеров зоны обслуживания и нижней границы пропускной способности узла радиодоступа диапазона ДКМВ / В.В. Зайцев // Информация и Космос. – 2014. – № 1. – С. 13–17.
2. Зайцев, В. В. Суточное изменение рабочих частот в зоне обслуживания узла односкачкового радиодоступа диапазона ДКМВ / В.В. Зайцев, С.П. Присяжнюк // Информация и Космос. – 2014. – № 1. – С. 18–19.