

## **ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧИЙ В ФОРМАХ ФАЗОВЫХ ФРОНТОВ ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН**

**Авдеенко Г.Л., Якорнов Е.А.**

Институт телекоммуникационных систем

НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»

*E-mail: djangoo2006@ukr.net*

### **Problems of practical implementation of radio relay links based on the usage of differences in the forms of phase fronts of their electromagnetic waves**

The problems of practical implementation of method for capacity improving of radio relay line with time division duplex are presented. Its based on the usage of differences in the forms of phase fronts of their electromagnetic waves from two sources of radiation. This thesis can be useful for microwave equipment vendors.

В патентах [1,2] авторами показана принципиальная возможность использования различий в формах фазовых фронтов (ФФФ) электромагнитных волн (ЭМВ) для повышения производительности радиорелейной линии связи (РРЛС) прямой видимости. Эта возможность позволяет за счет некоторого усложнения антенно-фидерных систем (АФС) корреспондирующих радиорелейных станций (РРС) одновременно задействовать один и тот же пролет и полосы радиочастот на передачу/приём двум операторам (провайдерам) услуг связи, тем самым в 2 раза уменьшая количество потребляемого радиочастотного ресурса в сравнении с обычной двухствольной РРЛС.

Суть предложенного в [1] способа повышения производительности РРЛС заключается в следующем. При отсутствии различий в ФФФ каждый из двух каналов передачи и приема РРС может работать автономно в своём диапазоне рабочих частот  $f_1$  и  $f_2$  (или как два независимых ствола РРС), выполняя прописанные в способе [1] операции, а именно: каждая РРС излучает в направлении соседней РРС и принимает от нее СВЧ сигнал-переносчик информации на одной и той же несущей частоте с разделением во времени излучения и приема на данной РРС сигнала с временным уплотнением каналов. То есть, при отсутствии различий в ФФФ ЭМВ, оператор №1 использует временной дуплекс для организации двухсторонней передачи информации по РРЛС от РРС №1 к РРС №2 и обратно в диапазоне частот  $f_1$ , а оператор №2 использует ту же РРЛС, но временной дуплекс в ней организован в диапазоне

частот  $f_2$ , причем выбор  $f_1$  и  $f_2$  регламентируется соответствующими рекомендациями МСЭ-Р.

При наличии различий в ФФФ ЭМВ, то есть при работе РРС в зоне Френеля АФС другой РРС и наоборот [2], в АФС обеих РРС вводится пространственная обработка сигналов, что может увеличить производительность РРЛС как минимум вдвое. Это позволит одновременно обеспечить двухстороннюю передачу информации от операторов №1 и №2 с использованием в РРЛС временного дуплекса в одной и той же полосе частот, то есть  $f = f_1 = f_2$ . Указанный положительный эффект достигается или за счет использования уже имеющихся различий в ФФФ их ЭМВ или путем искусственного создания нужной конфигурации фронта ЭМВ в канале передачи АФС РРС №1, например, такой, чтобы в приемном канале АФС РРС №2 в диапазоне частот  $f$  формировался плоский фронт волны от оператора №1 и неплоский от оператора №2. Решение о введении режима пространственной обработки принимается оператором(ми) исходя из условий использования РРЛС по данным моделирования зависимости отношения сигнал/(шум+сумма помех) (ОСПШ) в приемном канале РРС от размера базы  $x$  АФС РРС для разных дальностей  $d$  пролета РРЛС [2].

Однако для практической реализации предложенной в [1,2] концепции пространственной обработки сигналов по различию их ФФФ ЭМВ необходимо решить ряд традиционных и нетрадиционных задач, первоочередными из которых являются:

- 1) всестороннее обоснование необходимости повышения скорости передачи информации по РРЛС, во-первых, без увеличения количества частотных каналов РРЛС (то есть, чтобы несколько радиостволов, принадлежащих одному или разным операторам РРЛС, работали на одном и том же частотном канале), во вторых, без перехода в новые диапазоны частот (в миллиметровый, терагерцовый) и, в-третьих, без расширения полосы частот ствола;

- 2) более глубокое теоретическое обоснование возможности применения пространственной селекции по ФФФ для решения задачи повышения скорости передачи на РРЛС (то есть, для возможности организации на РРЛС нескольких одновременно параллельно работающих в одной и той же полосе радиочастот стволов);

- 3) теоретический анализ возможности синтеза той или иной ФФФ ЭМВ путем пространственной интерференции сферических фазовых фронтов, излучаемых АФС РРС;

- 4) рассмотрение вопроса выбора (синтеза, создания) оптимальных ФФФ при заданных конфигурациях АФС корреспондирующих РРС, при которых в

каждом радиостволе приемной РРС возможно обеспечить наилучшее разделение сигналов друг от друга по критерию максимума ОСПШ;

5) синтез алгоритмов пространственной обработки для передающего тракта АФС РРС, обеспечивающих формирование в пространстве между корреспондирующими РРС фазовых фронтов ЭМВ от различных стволов (работающих на одной и той же частоте (полосе радиочастот)) с оптимальными ФФФ;

6) синтез алгоритмов оптимальной пространственной селекции для приемного тракта АФС РРС, обеспечивающих разделение по ФФФ ЭМВ различных стволов (работающих на одной частоте) с наилучшим качеством исходя из заданного критерия оптимальности (например, максимума ОСПШ);

7) расчет показателей эффективности пространственной селекции по ФФФ ЭМВ, вывод ограничений на использование пространственной обработки сигналов по ФФФ ЭМВ, определение максимального количества одновременно работающих стволов, которые могут использовать один и тот же частотный ресурс, не мешая друг другу за счет разной ФФФ ЭМВ;

8) оценка помехоустойчивости приема сигналов при использовании пространственной обработки по ФФФ ЭМВ, которая должна быть не хуже того уровня помехоустойчивости, что есть в современных РРЛС. Это является необходимым требованием к качеству метода пространственной селекции по ФФФ ЭМВ, которое будет накладывать ограничения на область применения данной селекции: по дальности, по широкополосности, по сложности построения АФС и т.д. Здесь предполагается осуществить оценку степени взаимного проникновения сигналов в разные каналы, то есть определение так называемого остатка помехи, проникающего в канал приема при селекции полезного для данного канала сигнала и подавлении других;

9) экспериментальная проверка реализуемости пространственной селекции по ФФФ ЭМВ, например, двух радиосигналов цифрового ТВ стандарта DVB-S с помощью лабораторного макета симплексной РРЛС;

10) разработка рекомендаций по применению пространственной селекции для усовершенствования действующего и создания будущего парка РРЛС в том числе на основе системы, предложенной в [2].

### Литература

1. Деклараційний патент на корисну модель № 104241 (Україна). Спосіб забезпечення зв'язку між двома радіорелейними станціями, кл. Н04В7/14 //Авдеєнко Г.Л., Ільченко М.Ю., Якорнов Є. А. та інш. - Промисл. власність, 2016, № 2.
2. Деклараційний патент на корисну модель № 104240 (Україна). Система забезпечення зв'язку між двома радіорелейними станціями, кл. Н04В7/14 //Авдеєнко Г.Л., Ільченко М.Ю., Якорнов Є. А. та інш. - Промисл. власність, 2016, № 2.