

**Радиорелейная связь** — это вид дуплексной радиосвязи на ультракоротких волнах с многократным переприятием сигналов. Термин «relay» означает восстановление (смену бегунов в эстафете, смену лошадей и т.д.). Применительно к радиорелейной связи этот термин означает восстановление сигналов на каждой промежуточной станции, замену слабого сигнала сильным.

Радиорелейные станции делятся на два типа — радиорелейные станции прямой видимости и радиорелейные станции тропосферного рассеяния.

В первом случае трасса выбирается так, чтобы между антеннами соседних станций имелась прямая видимость, и связь осуществляется за счет радиоволн, распространяющихся вдоль поверхности земли.

Во втором случае радиоволны достигают точки приема за счет рассеяния на неоднородностях тропосферы.

**Радиорелейная связь** — род связи, сочетающий в себе ряд положительных качеств многоканальной проводной электросвязи и радиосвязи на ультракоротких волнах (УКВ).

**Радиорелейная связь обеспечивает:**

— многоканальность, высокую пропускную способность;

— большую дальность связи;

— дуплексность каналов и трактов;

-строгую нормированность качественных показателей и электрических характеристик каналов и трактов, низкий уровень в них шумов и помех.

**Характерными особенностями радиорелейной связи является:**

— применение метода радиосвязи на УКВ земной волной, дальность которой резко ограничена;

— использование принципа ретрансляции сигналов для обеспечения требуемой дальности связи;

— применение, как правило, остронаправленных антенн.

Радиорелейные средства связи применяются для развертывания (строительства) полевых и стационарных многоканальных линий между узлами связи. Они используются, как правило, самостоятельно для строительства радиорелейных линий, а также для наращивания линий радио- и проводной связи, для дистанционного управления радиостанциями средней и большой мощности.

*Радиорелейные средства позволяют осуществлять дуплексную, многоканальную телефонную, телеграфную, факсимильную и видеотелефонную связи при высоком их качестве и малой зависимости от времени года и суток, от атмосферных и местных электрических помех.*

Каналы связи, образованные радиорелейными средствами связи используются, как правило, в комплексе с аппаратурой автоматического засекречивания.

Связь между двумя удаленными пунктами образуется путем использования ряда приемо-передающих радиорелейных станций, отстоящих друг от друга на расстоянии прямой геометрической видимости между их антеннами

Принцип радиорелейной связи иллюстрируется на рисунке 1, на котором схематично изображена радиорелейная линия (РРЛ), состоящая из оконечных и промежуточных радиорелейных станций (РРС), размещенными на местности с некоторыми интервалами, протяженность которых определяется условиями распространения УКВ вдоль земной поверхности и обычно не превышает 50 км. Для улучшения условий прохождения УКВ на интервалах и увеличения их длины РРС, как правило, развертывают на вершинах и скатах высот местности так, чтобы на интервалах между антеннами обеспечивалась «прямая видимость», а точнее «радиовидимость», под которой понимается отсутствие экранирования рельефом местности или массивами местных предметов (лес, строения) траекторий радиоволн, распространяющихся между антеннами РРС данного интервала в условиях нормальной рефракции радиоволн.

Для увеличения протяженности интервалов на равнинной и малопересеченной местности, а также для обеспечения возможности организации радиорелейной связи в условиях лесистой местности применяют сравнительно высокие (до 20-30 м) антенные опоры (мачты). В условиях равнинной местности предельная дальность прямой видимости определяется приближенной формулой:

$$R_{km}=3.57(\zeta h_1(m)+\zeta h_2(m)); \quad (1.1)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — высоты антенных опор.

Нормальная рефракция радиоволн искривляет их траекторию в сторону поверхности земли (выпуклостью вверх), благодаря чему радиовидимость возрастает. Предельная дальность радиовидимость при нормальной рефракции радиоволн определяется выражением:

$$R_{km}=4,12(\zeta h_1(m)+\zeta h_2(m)); \quad (1.2)$$

При высоте антенных опор до 20-30 м дальность связи составляет 35-40 км.

Необходимость применения для радиорелейной связи УКВ обусловлена рядом причин и прежде всего широкополосностью радиосигналов РРС. Эта причина, а также дуплексность связи, удваивающая требуемый расход полосы частот, приводят к необходимости использовать диапазоны частот, обладающие большой частотной емкостью, к каковым относится диапазон УКВ.

Широкополосность радиосигналов РРС в свою очередь обусловлена двумя причинами: применяемыми методами модуляции и требованием многоканальности, т.е. большой пропускной способностью РРС. Дело в том, что для радиорелейной связи пригодны не всякие методы модуляции, а только частотная модуляция (ЧМ) и импульсные методы модуляции (ИМ), из которых наиболее часто используется фазоимпульсная модуляция (ФИМ), реже кодо-импульсная модуляция (КИМ) и дельта-модуляция.

Пригодность ЧМ и ИМ для радиорелейной связи объясняется тем, что при этих видах модуляции уровень полезного сигнала на выходе радиоприемных устройств, а следовательно, и в каналах, не зависит от уровня радиосигнала на входе соответствующего радиоприемного устройства. Благодаря этому в условиях замирания радиосигналов на интервалах РРЛ остаточное затухание каналов и трактов РРЛ сохраняется постоянным, т.е. выполняется важное требование, предъявляемое к любым каналам дальней связи и, в частности, к каналам РРЛ. При таких видах модуляции, как, например, амплитудная (АМ) и однополосная (ОПМ), эти требования выполняться не будут, причем вследствие значительной глубины и «быстроты» замираний радиосигналов на интервале РРЛ необходимую

стабильность остаточного затухания обеспечивать оказывается затруднительным, даже при использовании сложных систем АРУ в радиоприемных устройствах.

Однако, как известно ЧМ и ИМ характеризуются большой широкополосностью радиосигналов, требующей соответственно большего расхода полосы частот.

Фактор многоканальности (высокой пропускной способности) РРЛ в свою очередь так же требует соответствующего увеличения расхода полосы частот, занимаемой радиосигналами РРС при ЧМ и ИМ. Взятые в совокупности эти две причины приводит к тому, что радиосигналы РРС нередко охватывают полосы частот в сотни и тысячи килогерц, а иногда и в единицы и десятки мегагерц.

Второй важной причиной наряду с широкополосностью сигналов обуславливающей необходимость применения для радиорелейной связи УКВ, является почти полное отсутствие в этих диапазонах атмосферных и промышленных помех от источников радиоизлучения, находящихся за горизонтом. Низкий уровень внешних помех наряду с высокой помехоустойчивостью ЧМ и ИМ позволяет получить требуемый нижний уровень шумов в каналах и трактах РРЛ, т.е. обеспечить их высокую шумовую защищенность.

В настоящее время системы радиорелейной и тропосферной связи продолжают совершенствоваться в различных направлениях, увеличиваются пропускная способность и помехоустойчивость, разрабатываются новые системы связи, радиорелейные линии в миллиметровом диапазоне волн и волноводные линии связи, обладающей огромной пропускной способностью. Наряду с этим происходит переход аналоговой формы сообщений к передаче сообщений в дискретной (цифровой) форме, что дает возможность не только увеличить помехоустойчивость систем связи, но и удешевить производство и эксплуатацию аппаратуры. Последнее объясняется тем, что дискретные элементы радиоэлектроники, используемые в многоканальных дискретных системах связи, могут изготавливаться с применением методов автоматизации, позволяющих стандартизировать все конструктивные элементы аппаратуры. Именно в этом направлении сконцентрированы усилия ученых нашей страны.

## **Достоинства и недостатки**

Радиорелейная связь сочетает в себе достоинства как радиосвязи, так и проводной многоканальной связи и занимает промежуточное положение: многоканальные сигналы передаются и принимаются средствами радиосвязи, но формируются, особенно при частотном уплотнении, средствами проводной связи. При этом радиорелейные линии обеспечивают такое же качество связи и достоверность передачи информации, как и линии проводной дальней связи.

Радиорелейная связь получила широкое распространение во всех областях народного хозяйства, а также в вооруженных силах для управления войсками.

Радиорелейные линии широко используются для коммерческой связи и для обмена программ вещания и телевидения между различными странами всех континентов.

### Достоинство радиорелейной связи:

- возможность организации многоканальной связи и передачи любых сигналов, как узкополосных, так и широкополосных;
- возможность обеспечения двухсторонней связи (дуплексной) связи между потребителями каналов (абонентами);
- возможность создания 2-х проводных и 4-х проводных выходов каналов связи;
- практическое отсутствие атмосферных и промышленных помех;
- узконаправленность излучения антенных устройств;
- сокращение времени организации связи в сравнении с проводной связью.

### Недостатки радиорелейной связи:

- необходимость обеспечения прямой геометрической видимости между антеннами соседних станций;
- необходимость использования высокоподнятых антенн;

— использование промежуточных станций для организации связи на большие расстояния, что является причиной снижения надежности и качества связи;

— громоздкость аппаратуры;

— сложность в строительстве радиорелейных линий в труднодоступной местности.