



Бабкин

Александр Николаевич,

начальник кафедры информационной безопасности Воронежского института МВД России, к.т.н., доцент, полковник полиции

При построении сетей подвижной радиосвязи (СПР) органов внутренних дел (ОВД) важной задачей является обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) базовых радиотехнических средств (РТС).

Базовыми РТС являются стационарные радиостанции (СР) или ретрансляторы (РТР), антенно-фидерные устройства (АФУ) которых располагаются в непосредственной близости друг от друга.

Активное внедрение цифровых РТС, освоение новых частотных диапазонов, необходимость размещения РТС на высотных зданиях для обеспечения большей зоны покрытия приводит к концентрации СР и РТР на ограниченной территории и ставит перед сотрудниками подразделений связи ОВД задачу обеспечения ЭМС РТС.

Практика эксплуатации СПР ОВД показывает, что АФУ СР и РТР могут располагаться друг от друга в ближней зоне, размеры которой определяются выражением [1]:

$$d \geq \frac{2D^2}{\lambda} (м),$$

где  $D$  – максимальный размер антенны, м;  $\lambda$  – длина волны (м). Как правило, расстояние  $d$  между АФУ РТС лежит в пределах

$$\lambda \leq d \leq 5\lambda, (м) \quad (1)$$

Увеличение плотности размещения РТС при ограниченном частотном ресурсе приводит к увеличению взаимных помех и, как следствие, к ухудшению качества обслуживания абонентов.

## Обеспечение электромагнитной совместимости радиотехнических средств, расположенных в ближней зоне

Основными помехами, возникающими при работе РТС в данных условиях, являются помехи по соседнему и побочным каналам приема.

Основными элементами РТС, в отношении которых проводятся мероприятия по ЭМС, являются передатчики (ПРД) и приемники (ПРМ).

Передатчики РТС являются источниками помех для ПРМ. Плотность мощности излучаемых ПРД на расстоянии  $d$  на входе исследуемых ПРМ  $P_{нрм}$  будет определяться выражением:

$$P_{нрм} = \frac{P_{нрд}}{4\pi d^2} G_{анрд} G_{анрм} / L_{фнрд} L_{фнрм} (Вт / м^2), \quad (2)$$

где  $P_{нрд}$  – мощность излучения ПРД, Вт;  $G_{анрд}$  и  $L_{фнрд}$  – соответственно усиление антенны и потери в фидере ПРД,  $G_{анрм}$  и  $L_{фнрм}$  – соответственно усиление антенны и потери в фидере ПРМ.

Зная мощность излучения ПРД и мощность сигнала на входе исследуемого ПРМ, можно определить потери сигнала  $L_n$  на расстоянии  $d$ :

$$L_n = \frac{P_{нрд}}{P_{нрм}} (\text{дБ}) \quad (3)$$

Обозначим уровни побочных излучений и излучений в соседнем канале на выходе ПРД соответственно  $P_{ск}$  и  $P_{нк}$ , а на входе ПРМ –  $P_{нрмск}$  и  $P_{нрмнк}$ . В соответствии с выражением (3):

$$\begin{aligned} P_{нрмск} &= P_{ск} / L_n, \\ P_{нрмнк} &= P_{нк} / L_n. \end{aligned} \quad (4)$$

В свою очередь  $P_{нрмск} = P_{нрд} / Q_{ск}$ ,

$$P_{нрмнк} = P_{нрд} / Q_{нк},$$

где  $Q_{ск}$  и  $Q_{нк}$  – соответственно ослабления уровней излучений по соседнему и побочным каналам приема ПРД.

В соответствии с [2, 3] уровень побочных излучений и излучений в соседнем канале ПРД при работе в СПР

с шагом сетки рабочих частот 25 кГц и выходной мощностью не более 25 Вт составляет не более 2,5 мкВт, с шагом сетки рабочих частот 12,5 кГц уровень побочных излучений составляет не более минус 60 дБ, уровень излучений в соседнем канале – не более 2,5 мкВт.

Критерием ЭМС РТС является защищенность сигнала на входе исследуемого ПРМ по видам помех.

$$3C_{нк} = P_{нрм} / P_{нрмнк}, \quad (5)$$

$$3C_{ск} = P_{нрм} / P_{нрмск}.$$

При этом

$$3C_{нк} \geq K_{эмс}, \quad (6)$$

$$3C_{ск} \geq K_{эмс},$$

где  $K_{эмс}$  – критерий эффективности ЭМС РТС СПР.

Перепишем выражения (2) – (4) в относительных единицах.

$$P_{нрм} = P_{нрд} + (G_{анрд} + G_{анрм}) - (L_{фнрд} + L_{фнрм}) + \dots \quad (7)$$

$$L_n = P_{нрд} - P_{нрм} (\text{дБ}) \quad (8)$$

$$P_{нрмск} = P_{ск} - L_n (\text{дБм}) \quad (9)$$

$$P_{нрмнк} = P_{нк} - L_n (\text{дБм}). \quad (10)$$

После преобразования (7) – (10) получим выражения для расчета (4) и (5) и оценки (6):

$$P_{нрмск} = P_{ск} + G_a - L_{ф} - 20 \lg d - 11 (\text{дБм}), \quad (11)$$

$$P_{нрмнк} = P_{нк} + G_a - L_{ф} - 20 \lg d - 11 (\text{дБм}), \quad (12)$$

где

$$G_a = G_{анрд} + G_{анрм} (\text{дБ}),$$

$$L_{ф} = L_{фнрд} + L_{фнрм} (\text{дБ})$$

Решая (11) и (12), можно определить минимальные расстояния  $d$  между РТС СПР, обеспечивающие ЭМС



в отношении помех по соседнему и побочным каналам приема.

Проведем анализ ЭМС двух РТС, расположенных на расстоянии, удовлетворяющих условию (1).

На рис. 1 представлена структурная схема расположения РТС.

Пусть  $P_{прд}=25 \text{ Вт}$  (44 дБм), а чувствительность ПРМ РТС2  $P_{ч}=0,5 \text{ мкВ}$  (минус 113 дБм). Защищенность сигнала (8) должна быть не менее 12 дБ (для аналоговых СПР).

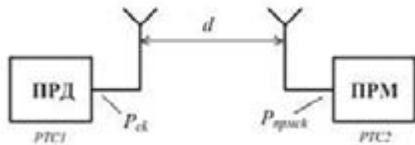


Рис. 1. Структурная схема расположения РТС

В соответствии с [2...4]  $P_{ск}=P_{пк} \leq 2,5 \text{ мкВт}$  (-26 дБм). Положим, что  $G_a=L_{\phi}=0 \text{ дБ}$ .

Из (11) следует, что на расстоянии  $d=1 \text{ м}$   $P_{прмск}=-37 \text{ дБм}$ , а на расстоянии  $d=5 \text{ м}$   $P_{прмск}=-47 \text{ дБм}$ .

Из [4, 5] следует, что для выполнения (6) защищенность сигнала должна быть для аналоговых систем не менее 12 дБ, а цифровых систем — не менее 6 дБ. На практике принимают защищенность сигнала, равную не менее 20 дБ (для обеспечения защиты от непредвиденных факторов: плохих разъемных соединений, погодных условий и т.д.).

В связи с этим для выполнения (6) необходимо ослабить сигнал на входе ПРМ РТС2 при расстоянии 1 м на 96 дБ, при расстоянии 5 м — на 86 дБ. Это возможно сделать при применении специальных устройств (фильтров) в антенно-фидерных трактах РТС1 и РТС2. Фильтры применяются как в приемном, так и передающих трактах. Применение конкретного типа фильтра зависит от канального разнеса РТС, требуемого ослабления помех.

Для узкополосных СПР, канальный разнос в которых составляет 25 кГц или 12,5 кГц (конвенционные сети одночастотного или двухчастотного симплекса, транкинговые сети) обеспечить требуемое подавление сигналов помехи по соседнему каналу в рас-

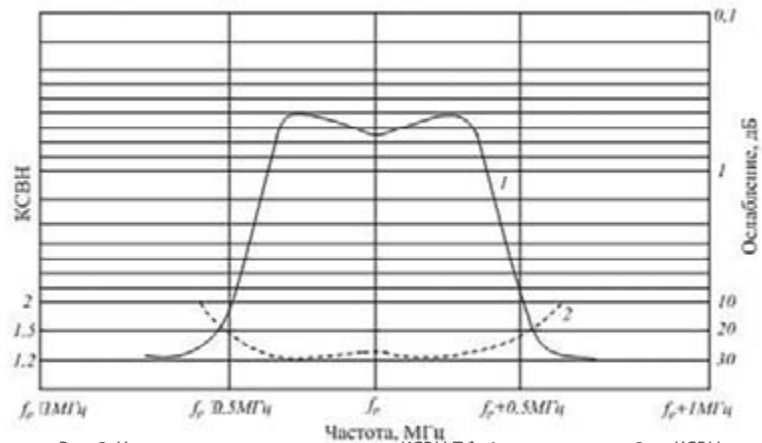


Рис. 3. Характеристика затухания и КСВН ПФ: 1 — затухание; 2 — КСВН.

сматриваемом примере достаточно проблематично. Это связано с трудностью изготовления фильтров с узкой полосой пропускания или режекцией и, соответственно, требуемой величиной затухания помехи (даже при применении нескольких последовательно включенных фильтров). В этом случае обеспечение ЭМС должно быть только за счет территориального разнеса РТС ( $d \gg 5\lambda$ ).

Структурная схема обеспечения защиты ПРМ РТС от помех по побочным каналам приема с применением полосовых фильтров (ПФ) на выходе ПРД РТС представлена на рис. 2.

На этом рисунке  $L_{осi}$  — ослабление, вносимое ПФ в отношении помех по побочным каналам приема. Суммарное ослабление  $L_{ос\Sigma}$  будет определяться выражением

$$L_{ос\Sigma} = L_1 + L_2 + \dots + L_n = \sum_{i=1}^n L_i (\text{дБ}),$$

где  $n$  — количество ПФ.

Для ослабления помех по побочным каналам приема канальный разнос СПР должен составлять не менее 100 кГц (определяется характеристиками применяемых полосовых или режекторных фильтров на выходе ПРД или на входе ПРМ).

Обеспечение ЭМС РТС, расположенных в непосредственной близости друг от друга, должно включать мероприятия по измерению уровня помех в месте расположения ПРМ РТС, в отношении которых проводятся мероприятия по защите от помех.

### Литература

1. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник для вузов / Г.А. Ерохин, О.В. Чернышев, Н.Д. Козырев, В.Г. Кочержевский; под ред. Г.А. Ерохина. — 2-е изд. испр. — М.: Горячая линия-Телеком, 2004. — 491 с.
2. ОСТ 78.01.0004-2000. Стандарт отрасли. Наземные радиостанции сугловой модуляцией: стационарные, возимые и перевозимые автотранспортом, носимые и переносные, предназначенные для работы в радиосетях органов внутренних дел и внутренних войск МВД России. Виды, основные параметры, технические требования.
3. ГОСТ 12252-86. Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы.
4. ETSI 300 113 — 96. Radio Equipment and Systems Land mobile service. Technical characteristics and test conditions for radio equipment intended for the transmission of data and speech and having an antenna connector.

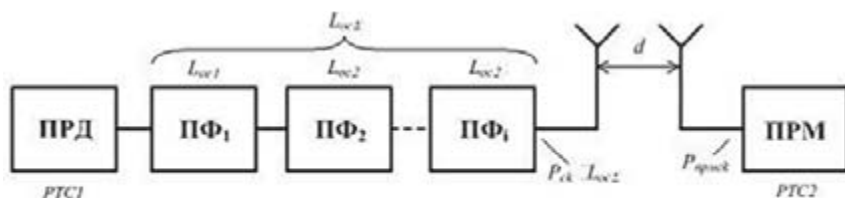


Рис. 2. Структурная схема обеспечения защиты ПРМ РТС от помех