

РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА АВТОВЫБОРА АНТЕНН ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Связь с подвижными объектами зачастую менее устойчива, чем со стационарными. Одна из причин – неравномерность диаграммы направленности (ДН) антенных устройств, снижающая дальность и устойчивость связи. Применение устройства автовыбора антенн позволяет уменьшить влияние неравномерности ДН на качество связи с подвижными объектами.

Обезопасить систему коммуникаций от неожиданных перебоев и помех, увеличить дальность связи практически до расчетных значений – такова задача, стоящая перед разработчиками аппаратуры малоканальной связи.

Антенные устройства, установленные на подвижных объектах (кораблях, самолетах), имеют значительную неравномерность ДН из-за близко расположенных конструктивных элементов объекта, которая может достигать 10 дБ и более. Неравномерность ДН существенно снижает дальность и устойчивость связи [1, 2]. Уменьшить влияние неравномерности ДН на качество радиосвязи можно, используя пространственно разнесенный прием сигналов, разновидностью которого является метод автовыбора антенн [3–6].

На основе статистической модели разностного сигнала антенн, установленных на подвижном объекте, предложена методика расчета оптимальных временных параметров устройств автовыбора антенн. Рассчитанные по этой методике временные параметры заложены в устройства автовыбора антенн корабельной малоканальной радиостанции Р-764 и самолетной "Азид С1".

Точность работы устройств автовыбора во многом зависит от правильного выбора временных параметров, таких, как малое расхождение сигналов на антеннах за время сравнения ($T_{\text{ср.}}$) и повторение цикла сравнения через интервал времени T_0 , в конце которого сигналы на антеннах некоррелированы.

Возможным подходом к количественному определению временных параметров может быть сравнение времени $T_{\text{ср.}}$ без интервала корреляции разностного сигнала и $T_{\text{ср.}}$ с интервалом корреляции разностного сигнала идеализированного устройства автовыбора, обеспечивающего выбор антенны с большим уровнем сигнала при каждом пересечении ДН антенн. В общем случае, разностный сигнал представляет собой дискретный случайный процесс, в основу статистической модели которого могут быть положены следующие особенности работы устройства автовыбора:

- среднее значение уровней сигналов, а также время работы приемопередающей аппаратуры (ППА) с каждой антенной одинаково, что соответствует нулевому математическому ожиданию разностного сигнала;
- число переходов с одной антенны на другую пропорционально времени работы устройства автовыбора, что соответствует малой вероятности перемены знака разностного сигнала на единичном интервале времени;
- события, состоящие в перемене знака разностного сигнала, являются независимыми.

Приведенные особенности позволяют предложить в качестве статистической модели разностного сигнала дискретный случайный процесс, у которого распределение событий, состоящих в перемене знака, подчиняется закону Пуассона:

$$P_n(t) = (\lambda t)^n \times e^{-\lambda t} / n!$$



Статистическая проверка данной гипотезы, проведенная для нескольких реализаций разностного сигнала, показала, что распределение случайных событий совпадает с распределением Пуассона с вероятностью не менее 0,9.

Для пуассоновского распределения можно показать, что интервал корреляции τ равен:

$$\tau = \int_0^{\infty} R(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} e^{-\lambda\tau} d\tau = 1/\lambda, \quad (1)$$

где $R(\tau)$ – нормированная к дисперсии автокорреляционная функция пуассоновского процесса, λ – параметр пуассоновского распределения, характеризующий число перемен знака разностного сигнала в единицу времени, т.е.

$$\lambda = n/t. \quad (2)$$

где n – число пересечений ДН, t – текущее время.

Для подвижных объектов t можно принять равным минимальному времени одного полного оборота антенны (t_{\min}). В соответствии с выражениями (1) и (2) интервал корреляции разностного сигнала $\tau = t_{\min}/n$.

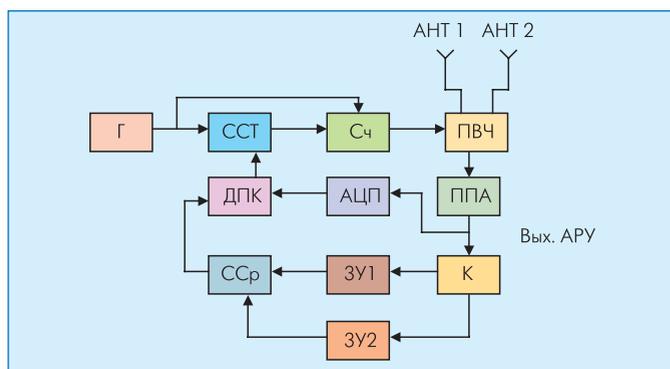
Приближение работы реального устройства автовыбора к работе идеализированной модели может быть обеспечено при выполнении следующих условий:

$$T_{\text{ср}} \ll \tau, T_0 \geq \tau. \quad (3)$$

На основе аппроксимации разностного сигнала дискретным случайным процессом с пуассоновским распределением числа перемен знака получена простая зависимость, связывающая временные параметры устройства автовыбора с взаимным расположением антенн и временем маневрирования подвижного объекта.

Расчет временных параметров устройства автовыбора основан на статистической модели разностного сигнала, отличается простотой, наглядностью и универсальностью. Разностный сигнал определяется по пересечению ДН антенн объекта, что позволяет оптимизировать временные параметры устройства автовыбора для условий работы данного объекта. В устройстве в соответствии с работой [3] принято: $T_{\text{ср}} \approx t_{\min}/10n$, $T_0 \approx t_{\min}/n$.

Схема устройства автовыбора, приведенная на рисунке, реализует алгоритм оптимального автовыбора антенн с пере-



Структурная схема устройства автовыбора антенны

Омское производственное объединение "Радиозавод им. А.С.Попова"

Решение о строительстве в Омске крупного радиозавода Правительство СССР приняло в апреле 1948 г., а плановый выпуск продукции начался в 1954 г.

Сегодня основными направлениями деятельности производственного объединения являются:

- оснащение подразделений Вооруженных сил России современными системами связи и управления,
- развитие военно-технического сотрудничества со странами ОДКБ и другими государствами,
- разработка национальных инфраструктурных решений в области управления отраслями народного хозяйства и государственной деятельности,
- инновационные решения в области систем передачи информации,
- производство профессиональных акустических систем и систем учета энергоресурсов.

В 2008 г. высокий уровень продукции объединения был продемонстрирован:

- в ходе учений Военно-морского флота России в Северо-Восточной Атлантике,
- на международной выставке "Связь-Экспокомм – 2008" в Москве,
- на международной выставке вооружений "Eurosatory-2008" во Франции,
- на международной выставке вооружений "Defendory-2008" в Греции.

ОмПО "Радиозавод им. А.С.Попова" номинировано на получение Главной экономической награды 2008 года "Лидер экономического роста".

Основными критериями отбора кандидатов были темпы роста объема выпускаемой продукции и рост фонда заработной платы – критерии, позволяющие выделить наиболее динамично развивающиеся и растущие предприятия на российском рынке.

"Ваше предприятие за прошедший год добилось высоких экономических результатов. Задача – сделать свое предприятие современным и более конкурентоспособным всегда стоит перед руководителем", – говорится в письме Оргкомитета, поступившем в адрес предприятия.

менным периодом переключения антенн [5]. Антенны (АНТ1, АНТ2) через высокочастотный переключатель (ПВЧ) поочередно подключаются к ППА. Сигнал с выхода устройства автоматической регулировки усиления (АРУ), пропорциональный уровню входного сигнала, через коммутатор (К) поступает на запоминающие устройства (ЗУ1, ЗУ2) и далее на схему сравнения (ССр), которая формирует разностный сигнал.

В зависимости от знака разностного сигнала и антенны, подключенной к ППА, схема стробирования (ССт) обеспечивает прохождение на счетчик (Сч) одного, двух или трех импульсов от генератора (Г). Сигналы с выхода Сч управляют работой ПВЧ и К. Такое построение схемы позволяет в каждом цикле работы устройства выбирать ту антенну, сигнал с которой больше. Одновременно сигнал с выхода АРУ посту-



пает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует напряжение АРУ в цифровой код, поступающий на делитель с переменным коэффициентом деления (ДПКД).

ДПКД в цикле сравнения формирует сигнал с периодом T_0 , который равен 6 с, если уровень входного сигнала менее чувствительности приемника, и 60 с, если уровень входного сигнала равен или больше чувствительности приемника. Автовыбор прекращается, если входной сигнал превосходит чувствительность приемника на 10 дБ и более. Изменение периода переключения антенн позволяет осуществить ускоренный выбор антенны с большим уровнем разностного сигнала на предельных дальностях связи и уменьшить число переключений антенн при больших сигналах.

В приведенной схеме может быть реализован автовыбор антенн по максимальному отношению сигнал/шум [7]. Определение отношения сигнал/шум является сложной технической задачей. В связи с этим целесообразно использовать косвенный метод [8], основанный на выделении огибающей сигнала на выходе линейного тракта приемника, и осуществлять автовыбор по минимуму огибающей.

Существенным достоинством автовыбора по минимуму огибающей является более высокое быстродействие и работа устройства автовыбора с минимальным периодом переключения антенн при воздействии на приемное устройство сигнала и помехи, соизмеримых по мощности.

Устройство автовыбора антенн сокращает аппаратные затраты, снижает габариты и массу ППУ. Вместе с тем при оптимальных временных параметрах автовыбор антенн не уступает по эффективности более сложным и дорогостоящим системам пространственно разнесенного приема. Применение устройства автовыбора антенн в корабельной и самолетной аппаратуре малокабельной связи позволило увеличить дальность связи практически до расчетных значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тепляков И.М. и др.** Радиосистемы передачи информации. – М.: Радио и связь, 1982.
2. **Аренберг А.Г.** Распространение дециметровых и сантиметровых волн. – М.: Сов. радио, 1975.
3. **Зюко А.Г.** Помехоустойчивость и эффективность систем связи. – М.: Связь, 1972.
4. **Комаров В.М., Заличев Н.Н.** Системы автовыбора оптимальных условий приема. – Зарубежная радиоэлектроника, 1979, № 3.
5. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ / Под ред. У.К. Джейкса. – М.: Связь, 1979.
6. **Стейн С., Джонс Дж.** Принципы современной теории связи и их применение к передаче дискретных сообщений. – М.: Связь, 1971.
7. **Полушин П.А. и др.** Оценка помехоустойчивости устройств комбинирования разнесенных сигналов. – Электросвязь, 1980, № 2.
8. А. с. № 964985. Устройство контроля многоканальных линий связи / Копотов П.Г., Старченков А.В.