

Каткова Вера Павловна

инженер радиолокационных средств

Воинская часть

г. Бийск, Алтайский край

Кринталь Андрей Николаевич

студент

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

г. Красноярск, Красноярский край

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОКОМПЕНСАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ И РАЗЛИЧИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО И СТАЦИОНАРНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОСНОВНОГО И КОМПЕНСАЦИОННЫХ КАНАЛОВ

Аннотация: статья посвящена проблеме математического моделирования сложных систем. Авторы описали модели некоторых автокомпенсационных устройств, применяемых для подавления активно-шумовой помехи в радиолокационных станциях кругового обзора.

Ключевые слова: активно-шумовая помеха, автокомпенсация, математическая модель.

На приёмный канал радиолокационных станций (РЛС) воздействуют различного рода помехи, влияющие на точное обнаружение радиолокационных целей. Особое влияние оказывают активно-шумовые помехи (АШП). Для борьбы с такими помехами в РЛС реализованы различные автокомпенсационные устройства. Компенсационные каналы могут быть как стационарными, так и вращаться вместе с антенной основного канала.

В данной статье рассматриваются и сравниваются математические модели автокомпенсаторов со стационарным и динамическим положением основного и дополнительных каналов РЛС.

Принципиальные отличия в моделировании появляются при формировании амплитудно-фазового распределения (АФР) каналов.

К исходным данным моделирования относятся: число статистических операций (B), число периодов зондирования (N), эквивалентное число элементов антенной решётки основного канала (M), позволяющих создать распределение, подобное зеркальной антенны, и количество дополнительных каналов (MI), количество отсчётов по времени (T), количество отсчётов по угловому перемещению основной антенны (LL), направление прихода и амплитуда полезного сигнала (a , A), шаг поворота антенны (Aa), поправка на разнос электрических центров антенн (aI) [2; 3]

АФР при стационарном положении всех каналов соответствует выражению (1) – для антенны основного канала, и выражению (2) – для антенны дополнительных каналов.

$$X(m, l) = e^{-i \cdot (2 \cdot (m+1) - M - 1) \cdot L(l) \cdot \frac{\pi}{M}} \cdot d(m), \quad (1)$$

где $d(m)$ – составляющая АФР антенны основного канал $\cos^2 L$

$$X1(m1, l) = e^{-i \cdot (2 \cdot (m1+1) - M1 - 1) \cdot L(l) \cdot \frac{\pi}{M1 \cdot p}}, \quad (2)$$

где p – коэффициент нормирования диаграммы направленности антенны по азимуту.

Для имитации вращения основного канала необходимо задать шаг поворота антенны за период зондирования (Aa) в виде константы (в зависимости от скорости вращения антенны). Далее формируется массив угол максимума диаграммы направленности антенны (aa):

$$aa(n) = Aa \cdot n.$$

Массив смещения для антенны основного канала формируется согласно выражению:

$$xc(m, l) = e^{-i \cdot (2 \cdot (m+1) - M - 1) \cdot L(l) \cdot \frac{\pi}{M \cdot 4}} \cdot d(m). \quad (3)$$

Из (1) и (3) выражения получаем массив сканирования (nc).

Формируем массив сканирующего АФР:

$$Xv^{(l)} = X^{(l)} \cdot (nc^{(n)})_l. \quad (4)$$

АФР для антенн компенсационных каналов при вращении формируется согласно выражению:

$$X_1(m_1, l) = e^{-i(2(m_1+1)-M_1-1)(L(l) \pm a_1) \frac{\pi}{M_1 \cdot p}}, \quad (3)$$

где a_1 – поправка на разнос электрических центров антенн.

Далее формируется массив направления прихода помехового сигнала (np). На основе полученных АФР (3) формируется АФР системы дополнительных антенн:

$$Xd = [X_1 \ X_2]^T,$$

где X_2 – АФР для второго компенсационного канала.

Для компенсации АШП аддитивная смесь сигналов, пришедших на антенну основного канала, умножается на АФР соответствующего канала:

$$y = y_0 \cdot X,$$

где y_0 – аддитивная смесь сигналов, пришедших на антенну основного канала.

В случае вращения основного канала массив Xv заменит массив X .

Аналогично происходит обработка сигналов, пришедших с дополнительных каналов, за исключением, что данный результат умножается на вектор весового коэффициента (W), таким образом, чтобы получился вектор, противоположно направленный вектору помехи, пришедшей на основной канал:

$$g = yd \cdot Xd \cdot W,$$

где yd – аддитивная смесь сигналов, пришедших на антенны дополнительных каналов.

При суммировании y и g АШП подавляется более или менее успешно в зависимости от алгоритма вычисления W [1].

Список литературы

1. Ботов М.И. Основы теории радиолокационных систем и комплексов / М.И. Ботов, В.А. Вяхирев // СФУ. – 2013. – С. 511.
2. Вяхирев В.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022661902 Математическая модель двухканального

автокомпенсатора РЛС с разнесённым положением компенсационных каналов / В.А. Вяхирев, В.П. Каткова, А.Н. Кринталь // Сибирский федеральный университет, – 2022.

3. Вяхирев В.Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021661559 Математическая модель четырехканального автокомпенсатора РЛС со стационарным положением компенсационных каналов / В.Н. Вяхирев, В.П. Лесоедова // Сибирский федеральный университет, – 2021.

4. Калинина М.И. Подход к проектированию и моделированию радиолокационных систем в интересах повышения эффективности подготовки специалистов / М.И. Калинина, Ю.В. Соловьев // Известия ТулГУ. – 2021. – №6. – С. 13–19.

5. Созинов П.А. Актуальные задачи математического моделирования систем воздушно-космической обороны / П.А. Созинов // Вестник концерна ВКО «Алмаз-Антей». – 2017– №3. – С. 17–26.

6. Созинов П.А. Цифровые двойники / П.А. Созинов // Радиотехника. – 2022. –312 с.