

### Решение задачи векторной оптимизации РЛС с адаптивной антенной решеткой, подавляющей активные помехи, методом малого параметра

Адаптивная радиолокационная система с корреляционными обратными связями, использующая многоканальный градиентный алгоритм для подавления помех, может быть представлена блок-схемой, изображенной на рисунке 1.

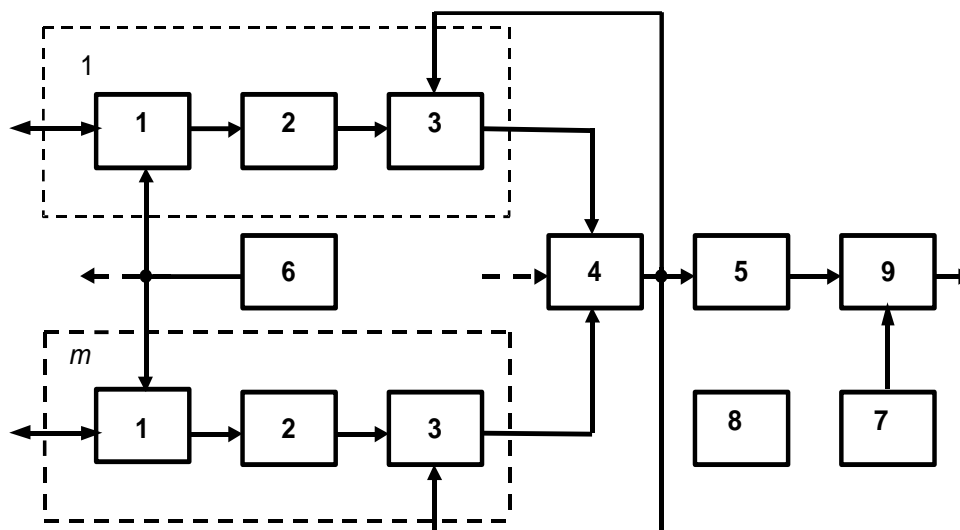


Рис. 1. Блок-схема РЛС с адаптивной антенной решеткой

Здесь: 1 - приемно-передающий модуль (ППМ); 2 - усилитель промежуточной частоты (УПЧ); 3 - канальная часть пространственного адаптивного фильтра (ПАФ); 4 - сумматор выходов каналов ( $\Sigma$ ); 5 - временной согласованный фильтр (ВФ); 6 - устройство формирования сигнала (УФС); 7 - поворотное устройство (ПУ); 8 - источник питания (ИП); 9 - индикатор кругового обзора (ИКО).

Многокритериальная модель радиолокационной системы с адаптивной антенной решеткой, векторную оптимизацию которой необходимо произвести, представляет собой аналитические выражения для 9 целевых функций, зависящих от 20 переменных и 11 фиксированных параметров.

К целевым функциям модели относятся: стоимость системы, среднее и дисперсия отношения шум/сигнал на выходе, среднее и дисперсия времени адаптации, вероятность отказа системы, а также размеры элемента разрешения по азимуту, углу места и дальности. Отношение шум/сигнал на выходе и время адаптации, являющиеся функциями случайного числа отказавших каналов, вычисляются на основе результатов, полученных в [1]. Предполагается, что входящую в число целевых функций стоимость можно аппроксимировать позиномом [2] с числом слагаемых, равным числу блоков РЛС. Набор переменных каждого слагаемого позинома и знак степени каждой переменной определяются из физических соображений.

К переменным параметрам модели относятся: интенсивности отказов функциональных блоков системы, импульсная мощность и длина волны передатчика, спектральная плотность собственного шума приемника, полоса сигнала, а также размеры его баз по азимуту, углу места и дальности, период повторения зондирующего импульса, постоянная времени и коэффициент усиления разомкнутой цепи обратной связи, коэффициент усиления УПЧ по мощности.

К постоянным параметрам модели относятся: количество и средняя спектральная плотность помех, ЭПР, высота и дальность летательного аппарата, время работы, время обзора, а также размер зоны обзора по азимуту и углу места.

Задача векторной оптимизации математической модели РЛС решается сведением к задаче нелинейного параметрического программирования [3]. В качестве скалярной целевой функции выделяется стоимость, остальные показатели качества фиксируются.

По двум переменным: длине волны и базе сигнала по дальности оптимизация не проводится. По одной переменной: периоду повторения, экстремума нет, стоимость монотонно возрастает,

## Секция 10. Мониторинг окружающей среды

поэтому выбирается минимально возможное значение. Еще три переменные однозначно определяются тремя показателями качества, задающими размеры элемента разрешения. Предполагается, что на оставшиеся переменные параметры не накладывается никаких ограничений, в том числе и ограничений не отрицательности, следующих из физических соображений.

Полученная задача минимизации с ограничениями-равенствами решается методом множителей Лагранжа с использованием малого параметра [4]. Малый параметр вводится, исходя из предположения, что при добавлении устройств, обеспечивающих адаптацию, происходит не слишком большое увеличение стоимости РЛС и стационарного отношения шум/сигнал. Сначала решается порождающая задача оптимизации, получаемая из исходной при малом параметре, равно нулю, а затем – вспомогательная, значение целевой функции которой в оптимальной точке дает поправку к оптимальному значению целевой функции порождающей задачи. В сумме получается приближенная многомерная диаграмма обмена показателей качества. На третьем этапе по результатам решения вспомогательной задачи вычисляется поправка к решению порождающей задачи.

Порождающая задача фактически представляет собой задачу оптимизации РЛС с антенной решеткой при полной информации относительно помех, когда устройства, обеспечивающие адаптацию не нужны. При решении порождающей задачи предполагается, что степень влияния уровня собственного шума приемника на стоимость приемо-передающего модуля больше, чем влияние импульсной мощности передатчика, а интенсивности отказов блоков, образующих одноканальную часть РЛС, входят в позицию стоимости в одинаковых степенях.

Вспомогательная задача, в свою очередь, представляет собой задачу оптимизации той части РЛС, которая обеспечивает адаптивное подавление помех. При решении вспомогательной задачи вводится допущение о равенстве степеней, с которыми интенсивности отказы блоков, добавленных для адаптации, входят в позицию стоимости.

При рассмотрении конкретного примера оказалось, что результаты оптимизации РЛС с адаптивной антенной решеткой, полученные методом малого параметра, будут приемлемыми, если отношение суммарной стоимости УПЧ и канальной части адаптивного фильтра к стоимости приемо-передающего модуля не превышает 0,5 в оптимальной точке.

### Литература

1. Терсин В.В. Переходные процессы в многоканальных системах с корреляционными обратными связями // Радиотехника. - Киев, 1987. - 12 с. - Деп. в ВИНТИ 20.05.87, №3582-87.
2. Даффин Р., Питерсон Э., Зенер К. Геометрическое программирование. – М.: Мир, 1972. - 311 с.
3. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. - М.: Сов. радио, 1975. - 368 с.
4. Первозванский А.А. , Гайцгори В.Г. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация. – М.: Наука, 1979. - 344 с.