

Построение сверхширокополосной цифровой антенной решетки

М.С. Мацаян, В.В. Перфильев, К.Н. Климов

ПАО НПО «Алмаз» ТОП «ЛЭМЗ»

Аннотация: рассмотрено построение 20-канальной сверхширокополосной цифровой антенной решетки с коэффициентом перекрытия по частоте 20.

Ключевые слова: цифровая антенная решетка, сверхширокополосная антенная решетка, многоканальная антенная решетка.

1. Введение

В современных радиолокационных станциях различные антенны выполняют разные функции: приема и передачи сигналов управления и команд, определения положения целей, распознавания государственной принадлежности целей и др. Как правило все эти антенны работают в разных частотных диапазонах. Поэтому актуальной является задача построения многоканальной цифровой антенной решетки (ЦАР) работающей в частотном диапазоне, который позволяет обеспечить выполнения всех указанных выше функций.

Опишем структурную схему такой 20-канальной ЦАР коэффициент перекрытия по частоте которой составляет 20 [1].

2. Структурная схема

На рисунке 1 показана структурная схема 20-канальной ЦАР.

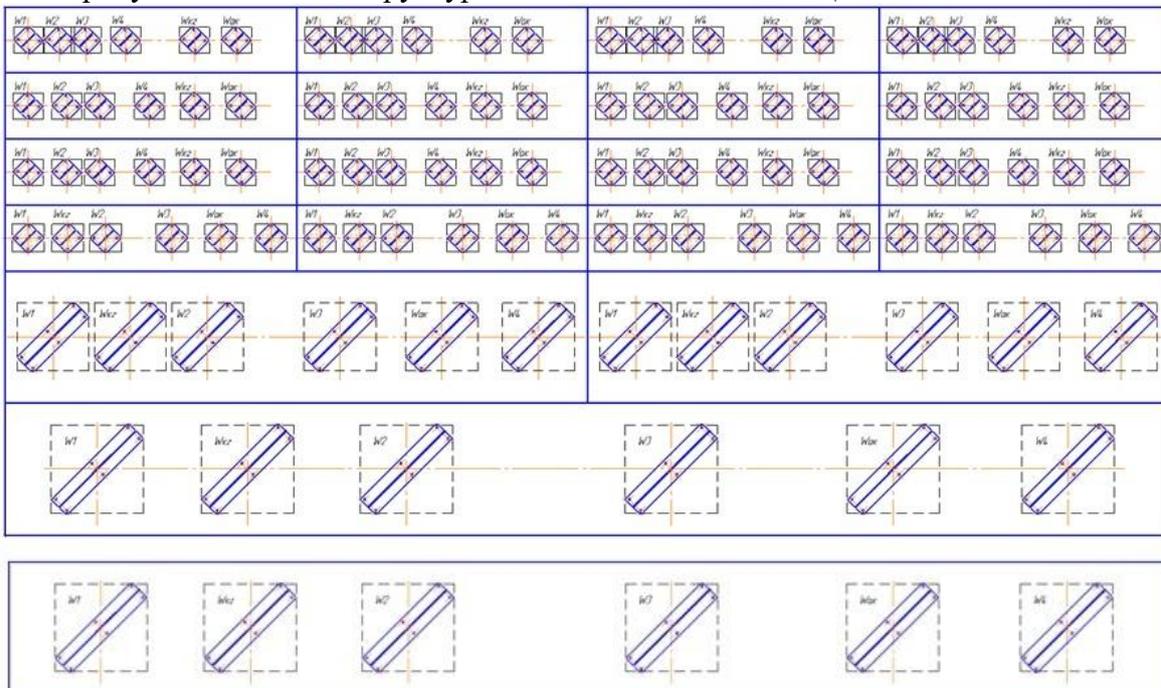


Рисунок 1. Структурная схема 20-канальной цифровой антенной решетки.

Как видно из рисунка 1, ЦАР состоит из 20 линейных подрешеток. Каждая подрешетка работает в своем частотном диапазоне, указанном в таблице 1.

Таблица 1. Диапазон частот подрешеток

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. частотный диапазон 1-2 ГГц, | 11. частотный диапазон 11-12 ГГц, |
| 2. частотный диапазон 2-3 ГГц, | 12. частотный диапазон 12-13 ГГц, |
| 3. частотный диапазон 3-4 ГГц, | 13. частотный диапазон 13-14 ГГц, |
| 4. частотный диапазон 4-5 ГГц, | 14. частотный диапазон 14-15 ГГц, |
| 5. частотный диапазон 5-6 ГГц, | 15. частотный диапазон 15-16 ГГц, |
| 6. частотный диапазон 6-7 ГГц, | 16. частотный диапазон 16-17 ГГц, |
| 7. частотный диапазон 7-8 ГГц, | 17. частотный диапазон 17-18 ГГц, |
| 8. частотный диапазон 8-9 ГГц, | 18. частотный диапазон 18-19 ГГц, |
| 9. частотный диапазон 9-10 ГГц, | 19. частотный диапазон 19-20 ГГц, |
| 10. частотный диапазон 10-11 ГГц, | 20. частотный диапазон 20-21 ГГц, |

Каждая подрешетка представляет собой ЦАР с 6 излучателями [1 - 2]. Сигнал с излучателя поступает на малошумящий усилитель (МШУ), после МШУ сигнал поступает на дополнительный усилитель со значением коэффициента усиления 6 дБ и делитель на 4 [3]. Таким образом с каждого из 6 излучателя подрешетки ЦАР образуется 4 частотных поддиапазона, сигнал в каждом из которых преобразуется на промежуточную частоту 250 МГц. В каждой подрешетки находится 4 гетеродина которые позволяют преобразовать сигналы во всех каналах на одну и ту же промежуточную частоту [5]. В каждой подрешетки на промежуточной частоте 250 МГц имеется 4 частотных группы из 6 каналов. В первой подрешетки первая частотная группа это 1-1.25 ГГц, вторая частотная группа 1.25-1.5 ГГц, третья частотная группа 1.5-1.75 ГГц, четвертая частотная группа 1.75-2 ГГц. Схему построения такого тракта можно увидеть на рисунке 2 [8,9].

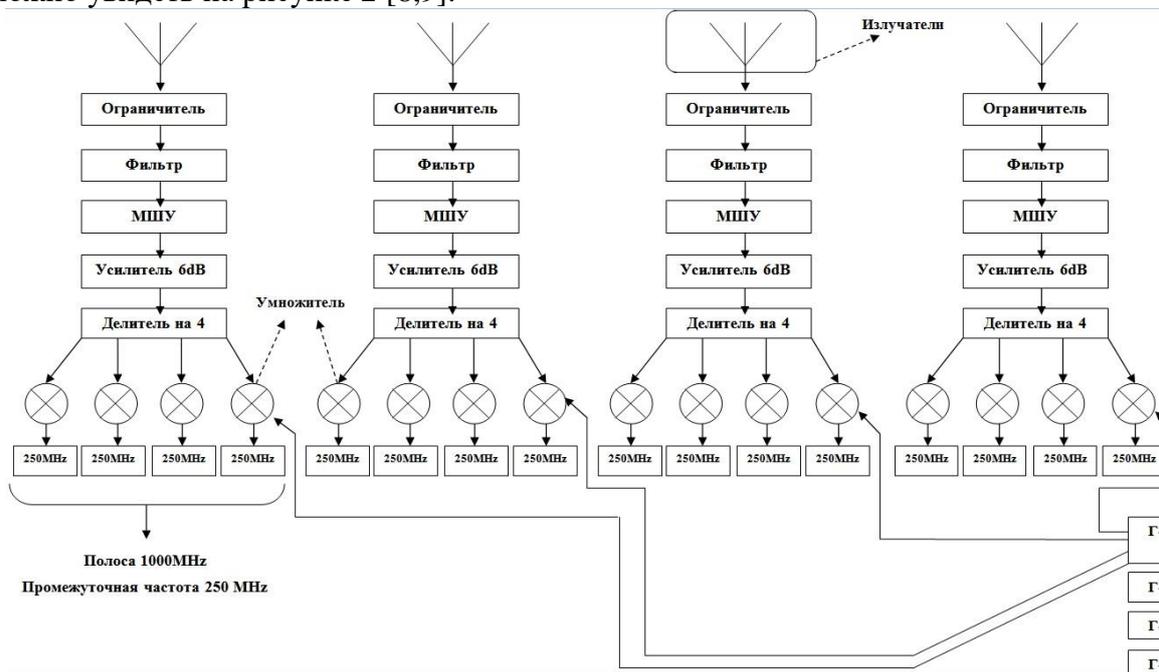


Рисунок 2. Схема построения одной линейной подрешетки.

Частотные группы в других 19 подрешетках ЦАР образованы подобным же образом. Для этого в состав каждой подрешетки входит 4 гетеродина работающих на заданных фиксированных частотах и позволяющих преобразовать сигналы всех частотных групп подрешеток ЦАР к одной и той же промежуточной частоте 250 МГц. После преобразования на промежуточную частоту 250 МГц сигнал поступает на 14-разрядный АЦП [6]. Дальнейшая обработка сигналов происходит в цифровом виде. Общее число цифровых каналов каждой подрешетки составляет 24, а общее число

цифровых каналов в ЦАР составляет 480 [7].

Оценим общее число одновременно сопровождаемых целей. В каждой из 20 подрешеток имеется 6 излучателей и 4 частотных поддиапазона, таким образом каждая подрешетка может сопровождать одновременно 20 целей (по 5 целей в одном частотном поддиапазоне). В результате общее число одновременно сопровождаемых ЦАР целей составляет 400.

Опишем топологию антенного полотна ЦАР.

3. Топология антенного полотна ЦАР.

На рисунке 3 показана топология антенного полотна ЦАР, состоящая из 20 подрешеток.

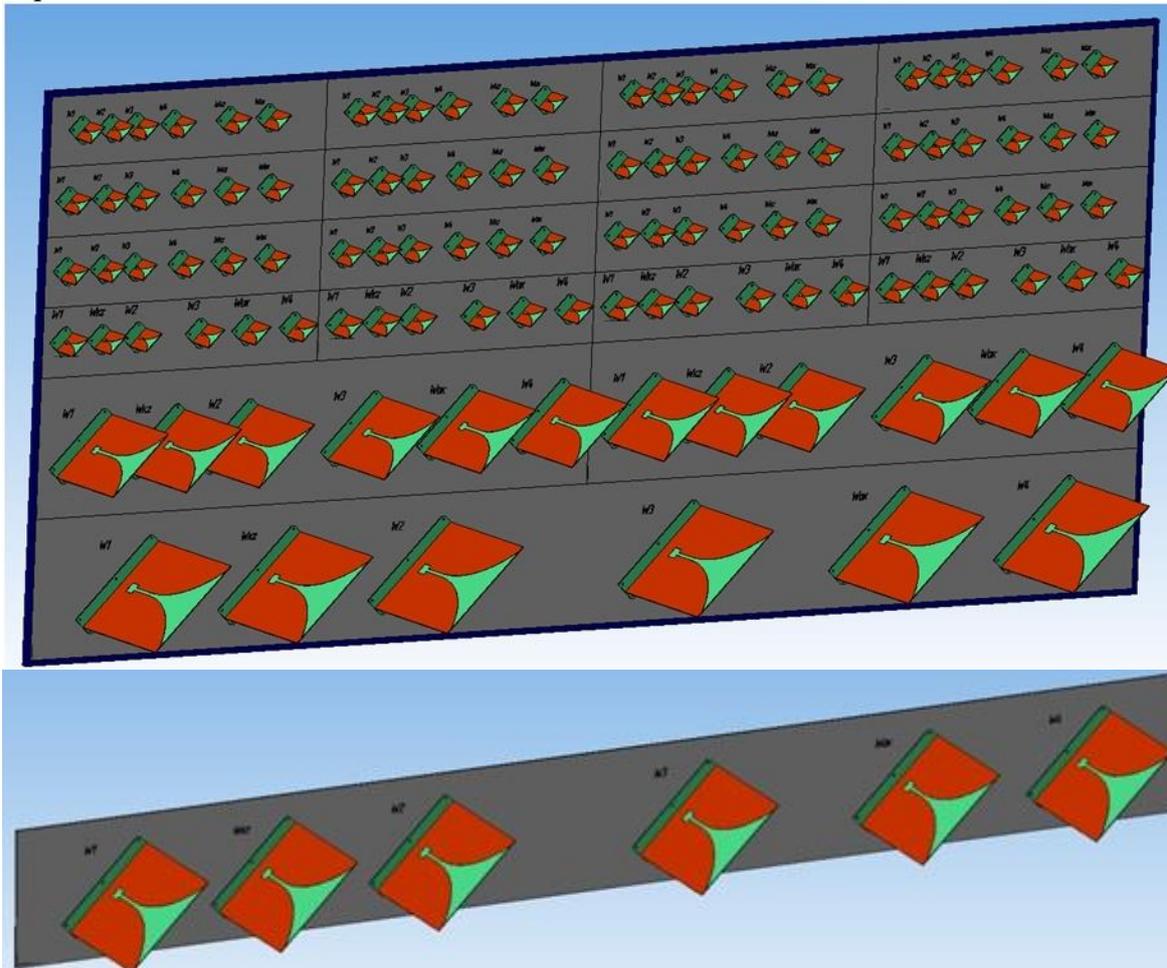


Рисунок3. Топология антенного полотна ЦАР.

Для унификации составных частей ЦАР, антенные полотна и СВЧ тракты следующих частотных диапазонов сделаны одинаковыми:

1. частотные диапазоны 1-2 ГГц и 2-3 ГГц,
2. частотные диапазоны 3-4 ГГц и 4-5 ГГц,
3. частотные диапазоны 5-6 ГГц, 6-7 ГГц, 7-8 ГГц и 8-9 ГГц,
4. частотные диапазоны 9-10 ГГц, 10-11 ГГц, 11-12 ГГц, 12-13 ГГц, 13-14 ГГц, 14-15 ГГц, 15-16 ГГц и 16-17 ГГц,
5. частотные диапазоны 17-18 ГГц, 18-19 ГГц, 19-20 ГГц и 20-21 ГГц,

В качестве излучателей используются излучатель Вивальди, наклоненный на 45 градусов [4,10]. В настоящее время каждый излучатель принимает сигнал только одной линейной поляризации. В дальнейшем планируется использование

двухполяризационных излучателей, осуществляющих прием вертикальной, горизонтальной поляризации отдельно в каждом канале. Использование двухканальных двухполяризационных излучателей увеличивает число цифровых каналов в два раза: с 480 до 960.

4. Заключение

Описана структурная схема и топология антенного полотна сверхширокополосной ЦАР с коэффициентом перекрытия по частоте 20. Предложенная ЦАР состоит из 20 подрешеток, имеет 480 цифровых каналов и обеспечивает одновременное сопровождение 400 целей.

Список литературы

1. Дризе А.Д., Климов К.Н. Разработка двадцатичетырехканального делителя мощности приемного тракта активной фазированной антенной решетки сантиметрового диапазона // В сборнике: 26-я Международная Крымская конференция "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2016). — 2016 — Т.13. — С. 1194-1200.
2. Гежа Д.С., Степанов Е.С., Климов К.Н. Электродинамическое моделирование свч-распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР // Антенны. — 2018 — № 8 (252). — С. 53-59.
3. Конов К.И., Боловин А.А., Коркинец В.О. Моделирование пеленгационных характеристик ФАР наземной РЛС с учетом формирования амплитудно-фазового распределения с заданными ошибками. // Сборник докладов. Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского Материалы конференции. Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». 2016. С. 241-243.
4. Годин А.С., Степанов Е.И., Мацаян М.С., Климов К.Н. Электрически малые излучатели для перспективных систем РЛС // Проблемы СВЧ электроники. — 2017 — Т. 1. — № 3. — С. 74-78.
5. Степанов Е.С., Гежа Д.С., Климов К.Н. Электродинамическое моделирование уплотненной модификации приемных зондов СВЧ-распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР // Антенны — 2015 — № 9 (220) — С. 53-60.
6. Конов К.И., Годин А.С. Комплекс для измерения диаграмм направленностей излучателей АФАР // Сборник докладов. Компьютерные измерительные технологии Материалы I Международного симпозиума. 2015. С. 249-252.
7. Перфильев В.В., Климов К.Н. Сравнение расчетных и экспериментальных характеристик синфазного балансного делителя антенной насадки АФАР // Антенны — 2010 — № 1 (152) — С. 60-64.
8. Дризе А.Д., Степанов Е.С., Перфильев В.В. Электродинамическое моделирование бинарного делителя АФАР // Проблемы СВЧ электроники — 2015 — Т. 2 — № 1. — С. 53-57.
9. Мацаян М.С., Годин А.С., Климов К.Н. Использование импедансно согласованных материалов для расширения полосы частот излучателей антенн // В сборнике: Радиолокация, навигация, связь Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции. — 2018. — Т. 5. — С. 48-57.
10. Мацаян М.С., Логачев П.В. Электродинамическое моделирование наклонного вибратора с расширенной полосой рабочих частот // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. — 2016 — № 1 — С. 529-532.