



АКТИВНЫЕ МОДУЛИ КУ-ДИАПАЗОНА ПОДВИЖНОЙ АФАР ДЛЯ ПРИЕМА СПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Soon Young Eom, Cheol Sik Pyo, Moon Young Chan, И.С. Формальнов,
Е.Г. Молчанов, Д.С. Очков, А.А. Сударенко, А.В. Панасенко

В статье приведены результаты разработки и испытаний активных канальных блоков антенной фазированной решетки, предназначенной для приема спутникового телевизионного вещания на движущемся объекте. В состав активных канальных блоков входят малошумящие усилители на полевых транзисторах, ферритовые вентили, сумматоры СВЧ сигнала, полупроводниковые переключаемые фазовращатели на 45° , 90° и 180° , а также стабилизаторы питания и ячейка управления фазовращателями. Активный канальный блок имеет три модификации: для 2, 3 и 4 выходов антенны. Блоки представляют собой полосковые платы размером до 280×60 мм, смонтированные на металлических шасси и закрытые крышками.

В процессе разработки активной фазированной антенной решетки [1], предназначенной для приема спутникового телевизионного вещания на движущемся объекте [2] (поезд, автобус и т.д.) активные устройства решетки (МШУ, фазовращатели и т.д.), входящие в каждый канал или группу каналов, были выделены в отдельный узел – активный канальный блок (active channel block – АСВ). Были разработаны три модификации активных канальных блоков для 2, 3 и 4 выходов антенны (АСВ-02, АСВ-03, АСВ-04), имеющие следующие основные характеристики:

- 1) Рабочий диапазон частот: (11.7 - 12.0) ГГц;
- 2) Коэффициент шума не больше, чем 0.8 dB;
- 3) Усиление с любого из входов до выхода в рабочем диапазоне частот:
для АСВ-02 -- 24 ± 1.5 dB;
для АСВ-03 -- 22 ± 1.5 dB;
для АСВ-04 -- 21 ± 1.5 dB;
- 4) АСВ обеспечивает дискретное изменение фазы сигнала с дискретом 45° ;
Погрешность установки любого дискрета $\pm 22,5^\circ$.
- 1) Электрические длины трактов от любого входа до выхода равны с точностью $\pm 12,5^\circ$.
- 6) Напряжения питания: + 9В, -9 В;
- 7) Ток по цепи питания + 9В: не больше, чем 150 mA;
Ток по цепи питания -9В: не больше, чем 10 mA;
- 8) Активный канальный блок имеет следующие размеры:
АСВ-02: $160 \times 60 \times 15$;
АСВ-03: $240 \times 60 \times 15$;
АСВ-04: $280 \times 60 \times 15$;

Структурная схема активного канального блока на 4 входа показана на рис.1.

В состав блока входят:

– входные малошумящие двухкаскадные усилители на полевых транзисторах типа MGF 4318 фирмы Mitsubishi, содержащие цепи питания и стабилизации режима СВЧ-транзисторов; коэффициент усиления входного усилителя 21 – 24 дБ;

- ферритовые вентили на выходах усилителей, предназначенные для развязки усилителей между собой и снижения влияния фазовращателя на параметры усилителей;
- кольцевые сумматоры СВЧ-сигнала, выполненные на полосковой линии с навесным балластным резистором;

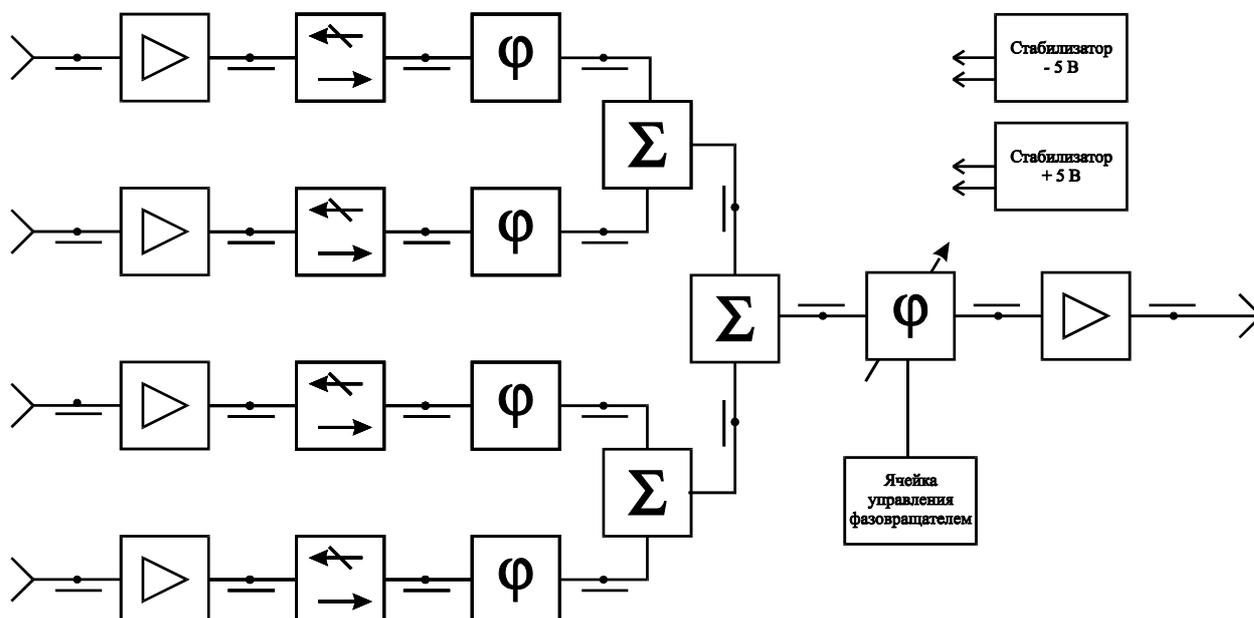


Рис.1. Структурная схема активного канального блока с четырьмя входами (АСВ-04)

- юстировочные фазовращатели, предназначенные для выравнивания электрических длин трактов и расположенные между вентилями и сумматорами, где они менее всего влияют на АЧХ блока;

- 3-х разрядный (45° , 90° , 180°) переключаемый фазовращатель на pin-диодах типа 2A547A-3, обеспечивающий сдвиг фазы выходного сигнала относительно входного на угол от 0° до 315° с шагом 45° ; для разряда 45° выбрана схема на нагруженной линии, для разрядов 90° и 180° -- на переключаемых отрезках линии с параллельным подключением диодов;

- ячейка управления фазовращателями, обеспечивающая преобразование последовательного управляющего кода в пять параллельных сигналов управления и расположенная на отдельной плате на нижней стороне активного канального блока;

- выходной однокаскадный усилитель на полевом транзисторе типа MGF 4316 фирмы Mitsubishi, содержащий цепи питания и стабилизации режима СВЧ-транзистора; коэффициент усиления выходного усилителя 11 – 12 дБ;

- стабилизаторы питания, формирующие из входных напряжений +9 В и минус 9 В напряжения +5 В и минус 5 В, причём раздача напряжения +5 В на усилители и фазовращатель осуществляется по полосковой линии через сумматоры и вентили.

Конструктивно блоки представляют собой полосковые платы размером до 280x60 мм, смонтированные на металлических шасси и закрытые крышками.

Материал RT/5880 на основе фторопласта с двухсторонней металлизацией, применённый в качестве подложки, имеет толщину 0,58 мм и относительную диэлектрическую проницаемость 2,2. Для обеспечения заземления контактных площадок были использованы металлизированные отверстия в плате. При разработке блоков была использована технология поверхностного монтажа, для

чего применены навесные “чип”-элементы. Применение технологии поверхностного монтажа и “чип”-элементов на полосковых СВЧ-платах позволило создать простые по конструкции, пригодные для ручной и автоматизированной сборки блоки. Сборочный чертёж АСВ-04 приведён на рис.2.

Выходной усилитель закрыт отдельной крышкой, что снижает связь между входными и выходными линиями. Установка общей крышки понадобилось для устранения связи между излучателями и платой АСВ. Отсутствие крышки приводит к возбуждению АСВ из-за положительной обратной связи. Для снижения влияния крышки на параметры усилителей и АСВ в целом потребовалась установка на крышку поглощающего материала - резины ХВ.

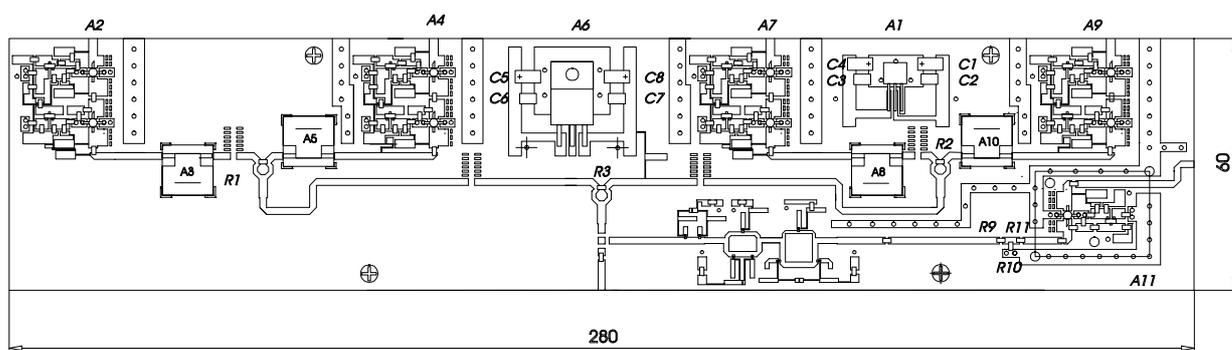


Рис.2. Сборочный чертёж активного канального блока с четырьмя входами (АСВ-04).

В процессе испытаний АСВ в количестве 30 штук были исследованы амплитудно-частотные, фазо-частотные, динамические характеристики. На рис.3 в качестве примера приведены амплитудно-частотные характеристики АСВ-04 в диапазоне температур от минус 30°C до +55°C. Из рисунка видно, что изменение коэффициента усиления в диапазоне температур не превышает 2,1 дБ, а изменение коэффициента усиления в частотном диапазоне не превышает 4,8 дБ.

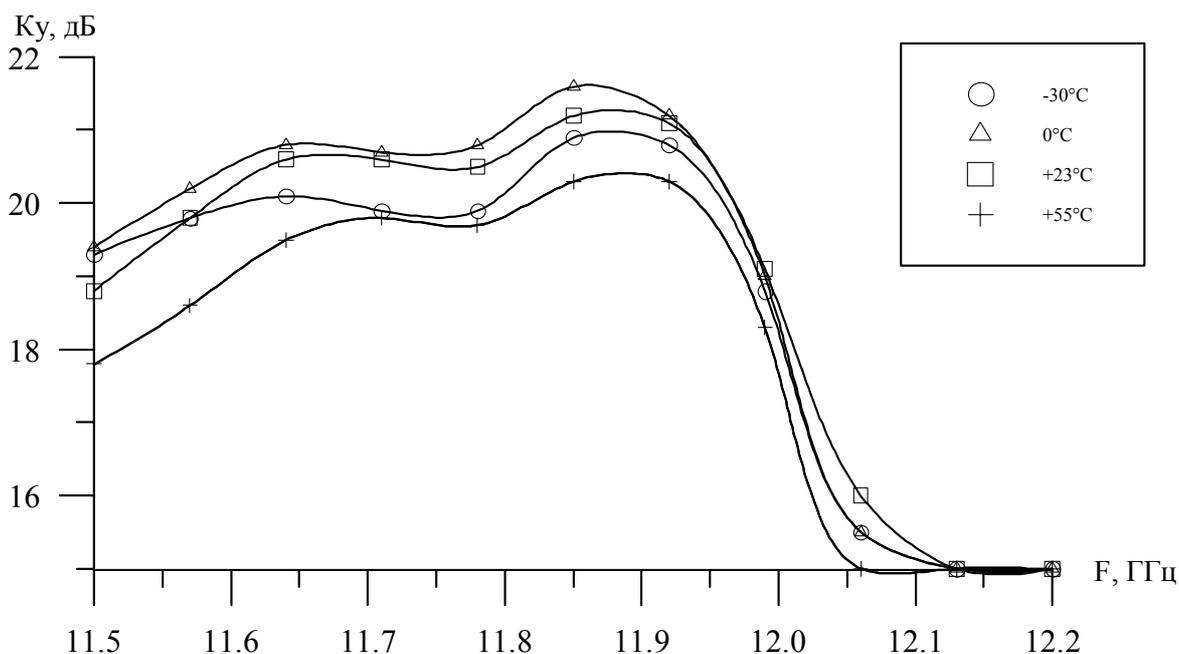


Рис.3. Амплитудно-частотные характеристики АСВ-04

Приведённые амплитудно-частотные характеристики типичны для всех модификаций АСВ. Изменение коэффициентов усиления АСВ в диапазоне частот

существенного влияния на параметры системы приёма телевизионного сигнала не оказывает, так как характеристики отдельных АСВ подобны, а после суммирования сигналов в ФАР происходит выравнивание результирующего коэффициента усиления в приёмнике с системой АРУ на каждой частоте приёма.

По результатам изготовления, настройки и испытаний АСВ в количестве 30 штук можно сделать следующие выводы :

- показана возможность разработки, изготовления и настройки сверхбольших (до 280x60 мм) полосковых блоков на единой подложке, обеспечивающих ряд ключевых характеристик ФАР: малого коэффициента шума, необходимого предварительного усиления, юстировки каналов и управления фазовым распределением сигналов;
- выбранные схемотехнические и технологические решения в целом правильны, что позволило изготовить и настроить требуемое количество АСВ с заданными параметрами;
- учитывая эффект “суммирования “ отдельных каналов АСВ при работе в составе ФАР допуски на АЧХ отдельных каналов могут быть расширены;
- существенным является качество изготовления металлизированных отверстий на плате, в особенности на площадках, куда монтируются выводы истоков транзисторов;
- при серийном производстве аналогичных изделий целесообразно применение монолитных интегральных схем усилителей (кроме входных каскадов) и фазовращателей со встроенными схемами управления.

Литература:

1. Active Phased Array Antenna for the Vehicular DBS System of Ku-band.
S.I. Jeon, S.Y. Eom, Y.C. Moon, C.S. Pyo, N.A. Rossels, A.V. Shishlov, A.M. Shtikov, A.G. Shubov, A.K. Tobolev, E.N. Yegorov
Proceedings of the XXVIII Conference on Antenna Theory and Technology, Moscow, 22 - 24 Sept., 1998
2. Vehicular Active Antenna System with Combined Electronical & Mechanical Beam Steering for Reception from DBS in Ku-band.
S.I. Jeon, J.I. Choi, Ch.V. Yim, A.V. Shishlov.
Proceedings of the XXVIII Conference on Antenna Theory and Technology, Moscow, 22 - 24 Sept., 1998