

Приемо-передающий модуль АФАР X-диапазона с внутренней калибровкой приемника и функцией проверки приемного и передающего каналов

М.С. Карасев, А.Г. Далингер, С.В. Шацкий, С.А. Щеголев, А.В. Адиатулин

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Аннотация: Описана структурная схема с внутренней калибровкой приемного канала и схема проверки работоспособности приемного и передающего каналов. Рассмотрен принцип работы внутренней калибровки приемника и функции проверки работоспособности приемного и передающего каналов. Проанализированы результаты работы разработанной схемы.

Ключевые слова: Приемо-передающий модуль, структурная схема проверки работоспособности, принцип работы внутренней калибровки приемника

1. Введение

Современные активные фазированные антенные решетки (АФАР) включают в свой состав множество приемо-передающих модулей (ППМ) [1,2], позволяющих обеспечить различные режимы работы. Повышение функциональности таких ППМ [3,4], обеспечивает улучшение обзора сканируемого пространства, увеличение дальности действия и разрешающую способность приемо-передающей антенны.

Важным условием получения точных данных о цели, является выполнение калибровки всей системы АФАР в целом. В некоторых случаях невозможно обеспечить калибровку всей системы АФАР в полевых условиях, из-за опасности быть обнаруженным. Для калибровки системы внутри самой АФАР используется система внутренней калибровки приемника, позволяющая произвести быструю проверку работоспособности приемного канала, проверку режимов его работы, а также ввод корректировочных коэффициентов.

Для решения задачи быстрой проверки работоспособности приемного и передающего каналов, необходимо применять внутренние функциональные узлы без привлечения дополнительного оборудования. Включенные узлы направленного ответвления сигнала в приемный и передающий тракты ППМ, позволяют сформировать цепи обратной связи, с помощью которых при управлении аттенуаторами и фазовращателями обеспечивается получение информации о работоспособности канала.

В работе приведен принцип работы калибровки приемника и функции проверки работоспособности приемного и передающего каналов.

2. Приемо-передающий модуль с внутренней калибровкой приемника и функцией проверки приемного и передающего каналов

Структурная схема ППМ представлена на рисунке 1.

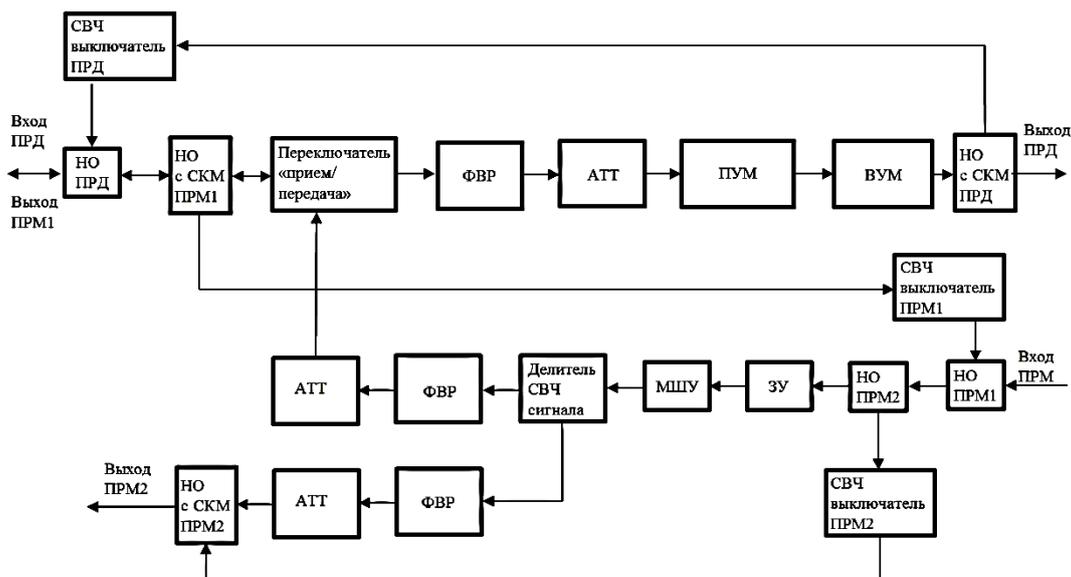


Рисунок 1. Структурная схема ППМ с внутренней калибровкой приемника и функцией проверки работоспособности приемного и передающего каналов

Принцип проверки работоспособности передающего канала.

Направленный ответитель ПРД (НО ПРД), используется для ответвления на вход передающего тракта модуля, части СВЧ мощности, ответвленной с выходного усилителя мощности (ВУМ) через направленный ответитель с системой контроля мощности ПРД (НО с СКМ ПРД). Ответвление петли обратной связи ПРД рассчитано таким образом, что при замыкании СВЧ выключателя ПРД, возникает самовозбуждение передающего канала. При вводе разрядов ослабления аттенуаторов, можно убрать самовозбуждение канала и тем самым произвести расчет по формуле:

$$K_{у \text{ ПРД}} = |K_{у \text{ ос}}| + \sum R_{\text{ атт}}, \quad (1)$$

появляется возможность узнать коэффициент усиления передающего тракта.

Для обеспечения точности полученных данных $K_{у \text{ ПРД}}$, требуется после пропадания самовозбуждения, прокрутить все состояния фазовращателей (ФВР) и при повторном возникновении самовозбуждения ввести дополнительное ослабление АТТ. Контроль самовозбуждения ведется по направленному ответителю с системой контроля мощности ПРД (НО с СКМ ПРД), в составе которого имеется детекторный диод, на выходе которого возникает напряжение при самовозбуждении передающего тракта. Как только самовозбуждение пропадает, импульс напряжения имеет уровень логического «нуля».

При включении СВЧ выключателя ПРД, может не возникать самовозбуждения тракта, так как фазовые характеристики не соответствуют условию $\Delta\varphi = 0$. Для того чтобы ввести канал в режим самовозбуждения требуется включить разряды фазовращателя пока не возникнет самовозбуждение тракта. При отсутствии возбуждения канала ПРД при всех состояниях фазовращателей и аттенуаторов - канал ПРД является неисправным.

Принцип проверки работоспособности приемного канала.

Направленный ответитель ПРМ1 (НО ПРМ1), используется для ответвления на вход приемного тракта модуля, части СВЧ мощности ответвленной с выхода приемного канала через направленный ответитель с СКМ ПРМ1 (НО с СКМ ПРМ1). Ответвление петли обратной связи ПРМ рассчитано таким образом, что при замыкании СВЧ выключателя ПРМ1 возникает самовозбуждение приемного канала.

При вводе разрядов ослабления аттенуаторов, можно убрать самовозбуждение канала и тем самым произведя расчет по формуле:

$$K_u \text{ ПРМ} = |K_u \text{ ос}| + \sum R \text{ атт}, \quad (2)$$

появляется возможность узнать коэффициент усиления приемного тракта.

Для обеспечения точности полученных данных K_u ПРМ требуется после пропадания самовозбуждения канала, прокрутить все состояния фазовращателей и при возникновении самовозбуждения ввести дополнительное ослабление АТТ. Контроль самовозбуждения ведется по направленному ответвителю с СКМ ПРМ1, в составе которого имеется детекторный диод на выходе которого возникает напряжение при самовозбуждении тракта. Как только самовозбуждение пропадает, импульс напряжения имеет уровень логического «нуля».

При включении СВЧ выключателя ПРМ1 может не возникать самовозбуждения тракта, так как фазовые характеристики не соответствуют условию $\Delta\varphi = 0$. Для того чтобы ввести канал в режим самовозбуждения требуется включать разряды фазовращателя пока не возникнет самовозбуждение канала. При отсутствии возбуждения канала ПРМ при всех состояниях фазовращателей и аттенуаторов - канал ПРМ является неисправным.

Принцип калибровки приемного канала.

В данной схеме имеется возможность калибровки только одного из двух приемных каналов. Калибруемым каналом является ПРМ2. На вход канала ПРД подается заранее рассчитанная часть мощности, называемая контрольным сигналом (КС). Питание элементов ПРД канала выключено. Через, НО с СКМ ПРМ1 ответвляется нормируемая часть мощности проходящая через СВЧ переключатель ПРМ1 и подаваемая через, НО ПРМ1 на вход ЗУ. КС проходит приемный тракт ПРМ2 и подается на выход второго приемного канала модуля. Зная уровень КС и порог срабатывания СКМ ПРМ2, можно с точностью младшего разряда АТТ определить коэффициент передачи ПРМ2 по частоте КС.

С помощью такой схемы калибровки, появляется возможность произвести быструю проверку работоспособности приемного канала, проверку режимов его работы, а также ввод корректировочных коэффициентов.

3. Заключение

Использование разработанной схемы в составе современных приемо-передающих модулей АФАР, позволяет получить полную информацию о работе модуля, а также произвести калибровку приемного канала без применения дополнительного оборудования и опасности быть обнаруженным в полевых условиях.

Список литературы

1. Карасев М.С. Перспективный многофункциональный приемо-передающий модуль АФАР Х-диапазона // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 1(532) – 2017г.
2. Карасев М.С., Далингер А.Г., Шацкий С.В., Жерновенков В.А., Синькова Е.А., Щеголев С.А. «Многофункциональный приемо-передающий модуль АФАР нового поколения» // сборник трудов конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ» – 2018г.
3. Карасев М.С., Жерновенков В.А. Конструктивные особенности ППМ «Аббат-И» с применением поверхностного контактного соединителя для передачи СВЧ энергии и НЧ сигналов управления и электропитания // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 3(530) – 2016г., стр. 71-80
4. Карасев М.С. Методика измерений параметров перспективных ППМ АФАР с применением поверхностного контактного соединителя // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 4(531) – 2016г.