

Оперативный контроль электрических параметров приемо-передающих модулей X-диапазона частот

М.С. Карасев, А.Г. Далингер, А.В. Адиатулин, С.А. Щёголев, А.В. Олейник

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Аннотация: в данной работе описаны основные проблемы, возникающие при работе приемо-передающих модулей в составе системы. Рассмотрена необходимость обеспечения проверки электрических параметров модулей в составе подрешетки. Схемотехнические решения с использованием положительной обратной связи и специального алгоритма, позволяют обеспечить проверку коэффициентов усиления приемного или передающего канала.

Ключевые слова: приемо-передающий модуль, контроль электрических параметров, положительная обратная связь, алгоритм проверки, коэффициент усиления, оперативный контроль.

1. Введение

В настоящее время одними из наиболее перспективных для использования в составе бортовых радиолокационных комплексов военной техники являются активные фазированные антенные решетки. Такие изделия используются как многофункциональные системы, позволяющие решать широкий спектр задач в составе радиолокационных станций. Связаны эти задачи с работой в реальном масштабе времени и высокой скоростью выдачи большого объема информации о сканируемом окружающем пространстве [1].

Основными элементами таких систем, являются приемо-передающие модули (ППМ). В отличие от фазированных антенных решеток, применение таких ППМ позволяет добиться следующих преимуществ: увеличить быстродействие, получить дополнительную степень свободы для управления уровнем амплитуды на выходе ППМ, увеличить уровень излучаемой мощности, получить возможность компенсации потерь в распределительной системе и фазовращателях, повысить эксплуатационную надежность из-за избыточности ППМ в составе системы [1,2].

Вышеперечисленные достоинства достигаются за счет введения множества активных и пассивных элементов в состав ППМ. Такие элементы в процессе эксплуатации могут выйти из строя, что введет канал в нестабильный режим работы или в нерабочее состояние.

Для исключения влияния нерабочих ППМ на систему в целом, требуется обеспечение оперативного контроля электрических характеристик каналов, что позволило бы проводить корректировку работы системы и выключение таких ППМ из процесса формирования диаграммы направленности.

2. Оперативный контроль требуемого порогового значения мощности канала с помощью системы контроля мощности

Ввод в состав схемы приемо-передающего модуля дополнительных элементов, формирующих цепи взаимодействия с приемным или передающим каналом, позволяет решить задачу оперативного контроля за счет обработки контрольных сигналов, по состоянию которых можно получить данные об электрических параметрах.

На рисунке 1, изображена схема системы контроля мощности (СКМ) с помощью которой представляется возможным получить контрольный сигнал,

сигнализирующий о присутствии заданного порогового значения мощности в проверяемом канале.

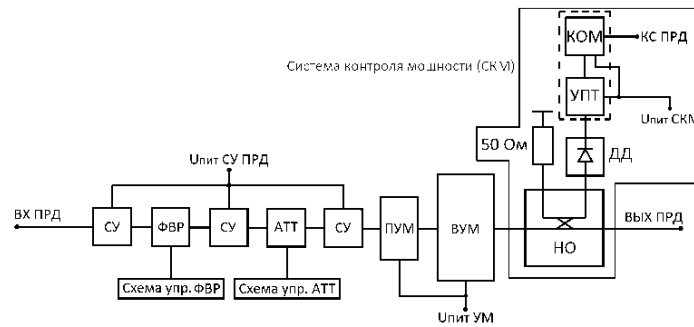


Рисунок 1. Структурная схема системы контроля мощности

В состав схемы входят: направленный ответвитель (НО), детекторный диод (ДД), усилитель постоянного тока (УПТ) и компаратор (КОМ).

Чтобы получить контрольный сигнал (КС) на выходе СКМ, требуется отвести заранее рассчитанную часть СВЧ-мощности с проверяемого канала, продетектировать и преобразовать в напряжение, усилить напряжение усилителем постоянного тока до порогового значения компаратора. При перечисленных действиях и достаточном значении мощности в канале, на выходе системы контроля мощности (выход КС ПРД на рисунке 1) будет возникать уровень логической «1», сигнализирующий об исправной работе проверяемого канала.

СКМ была реализована в составе ППМ изображенного на рисунке 2 [3].



Рисунок 2. Приемно-передающий модуль с системой контроля мощности

Экспериментально полученная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) мощности передающего канала ППМ при срабатывании СКМ, показана на рисунке 3.

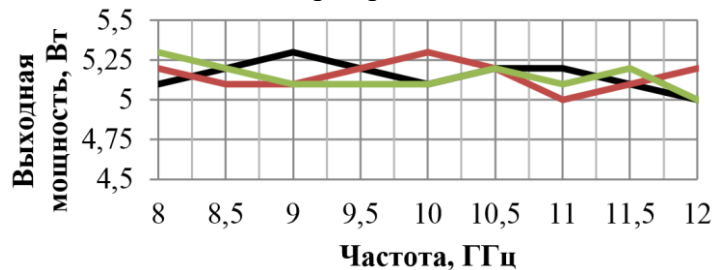


Рисунок 3. АЧХ мощности передающего канала ППМ при срабатывании СКМ

Экспериментально измеренная задержка получения контрольного сигнала после появления порогового значения мощности в проверяемом канале, составляет менее 250 нс. Значение задержки снижается за счет введения элементов, имеющих более высокое быстродействие.

3. Оперативный контроль коэффициента усиления с помощью положительной обратной связи

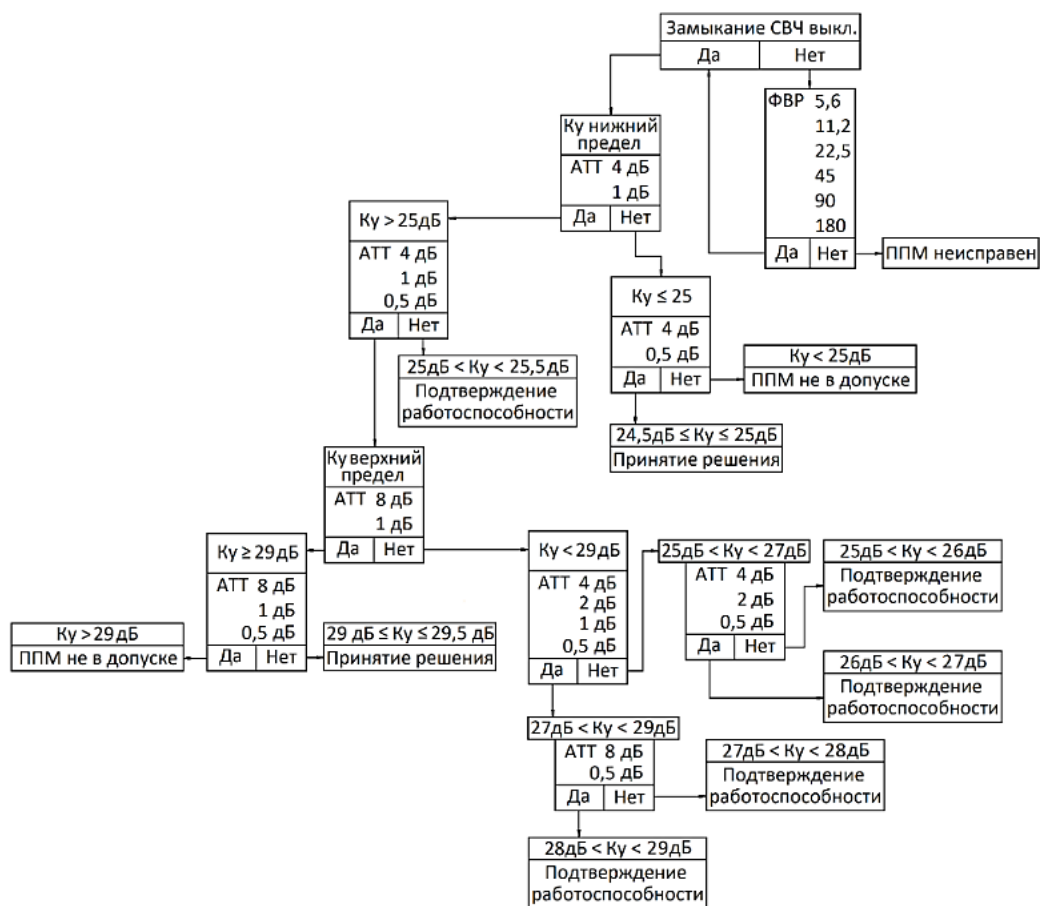


Рисунок 5. Алгоритм проверки коэффициента усиления приемного канала модуля в диапазоне значений от 25 дБ до 29 дБ

Максимальное время, затраченное на проверку коэффициента усиления приемного канала, на основе экспериментальных данных полученных при проверке задержек работы СКМ, составило менее 4 мкс (без учета задержек обработки данных устройства управления).

4. Заключение

Рассмотренные методы оперативного контроля позволяют определить близкое значение электрических параметров проверяемого канала, что позволяет подтвердить рабочее/нерабочее состояние ППМ в составе системы. Также разработанные методы автоматического определения электрических параметров с помощью специального алгоритма, снижают трудоемкость настройки и калибровки подрешетки, что позволяет повысить быстродействие реагирования на изменяющиеся условия режимов эксплуатации.

Представленные схематические решения являются актуальными в сфере современной СВЧ-техники и имеют внедрения в состав приемо-передающих модулей нового поколения.

Список литературы

1. Гостюхин В.Л., Трусов В.Н., Гостюхин А.В. Активные фазированные антенные решетки // Радиотехника. - 2011. - 304с.
2. Малахов Р.Ю. Антенные решетки современных радиоэлектронных систем // М.: Доброе слово. - 2015. - 208 с.

3. Далингер А.Г., Шацкий С.В., Иовдальский В.А., Карасев М.С. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки СВЧ-диапазона // Патент РФ на изобретение №2713079.
4. Далингер А.Г., Шацкий С.В., Иовдальский В.А., Карасев М.С. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки СВЧ-диапазона // Патент РФ на изобретение №2730042.
5. Maksim Karasev, Alexander Dalinger, Sergei Shatsky, Sergei Shchyogolev, Andrey Adiatulin, Dmitriy Zavyalov and Sergei Barskov X-band transceiver module with a function of internal verification of receiving and transmitting channels // ITM Web of conference 30. 01009 – 2019
6. Карасев М.С., Далингер А.Г., Шацкий С.В., Щеголев С.А., Адиатулин А.В. Приемно-передающий модуль АФАР X-диапазона с внутренней калибровкой приемника и функцией проверки приемного и передающего каналов // Материалы конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ» г. Санкт-Петербург. – 2019. – С.156-158.
7. Карасев, М.С. Приемно-передающий модуль X-диапазона с внутренней проверкой электрических параметров приемного и передающего каналов // Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника. – 2020. – Вып. 2(545).