

Экспериментальная оценка коэффициента передачи приемного СВЧ-тракта с помощью положительной обратной связи

М.С. Карасев, С.А. Щёголев, А.В. Адиатулин, Д.С. Кинденов, Г.В. Быковский

АО «НПП «Исток» им. А.И. Шокина»

Аннотация: в работе представлены результаты экспериментальной оценки коэффициента передачи СВЧ-тракта приемного канала приемо-передающего модуля, полученные без подачи входного СВЧ-сигнала. Оценка производится за счет изменения коэффициента передачи узла формирования положительной обратной связи, который в перспективе планируется интегрировать в состав конструкций современных приемо-передающих модулей.

Ключевые слова: приемо-передающий модуль, коэффициент передачи, экспериментальная оценка, положительная обратная связь.

1. Введение

В составе многоканальных приемных или приемо-передающих модулей, при окончательных проверках значений коэффициентов передачи (КП) приемных каналов, результаты измерений сохраняются в базу данных и используются в дальнейшем при отладке, тестировании и организации текущего контроля КП каналов в составе изделий. Однако реальное значение КП приемного канала, в процессе работы изделия, может меняться под воздействием различных факторов. В существующих многоканальных изделиях отсутствуют элементы, позволяющие определить действующее значение КП приемного канала в режиме реального времени, что влияет на надежность самого изделия и точность получения информации о цели.

В работе [1,2] приведена методика оценки КУ с помощью положительной обратной связи (ПОС). Однако оценка КУ производится за счет функциональных элементов основного СВЧ-тракта, что влияет на точность получения значения КУ, а также затрагивает множество внешних узлов, отвечающих за управление амплитудой и фазой проходящего сигнала.

Целью данной работы является исследование возможности оценки коэффициента передачи приемного СВЧ-тракта, за счет изменения коэффициента передачи узла формирования положительной обратной связи.

2. Структурные схемы подключения оборудования

На рисунке 1 приведена структурная схема подключения оборудования для исследования возможности оценки коэффициента передачи приемного СВЧ-тракта с помощью узла формирования ПОС.

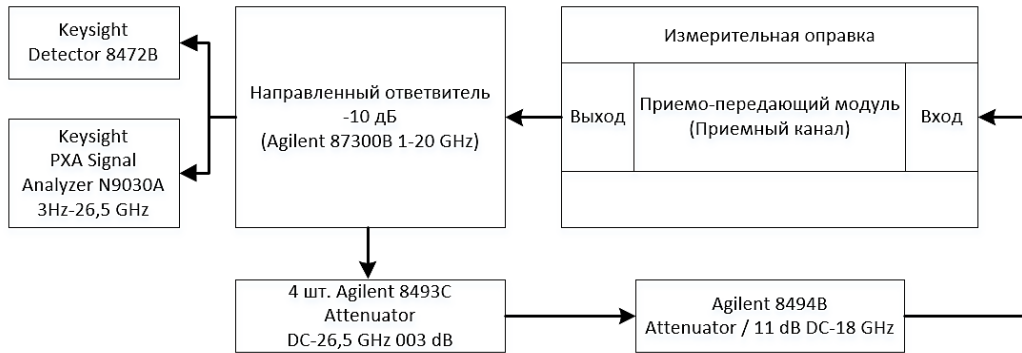


Рисунок 1. Структурная схема подключения оборудования для исследования возможности оценки коэффициента передачи приемного СВЧ-тракта с помощью узла формирования ПОС.

На рисунке 2 приведена структурная схема подключения оборудования проверки коэффициента передачи узла формирования ПОС.

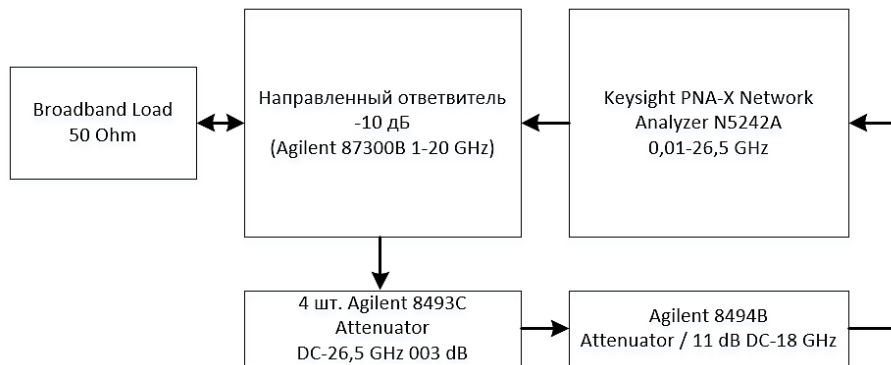


Рисунок 2. Структурная схема подключения оборудования для проверки коэффициента передачи узла формирования ПОС.

На рисунке 3 приведена структурная схема подключения оборудования проверки коэффициента передачи приемного канала приемо-передающего модуля.

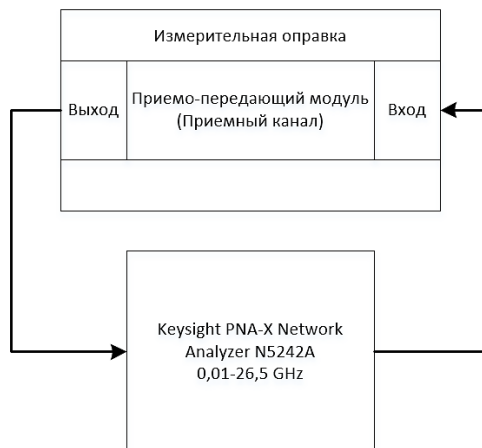


Рисунок 3. Структурная схема подключения оборудования для проверки коэффициента передачи приемного канала приемо-передающего модуля.

Приведенные схемы на рисунках 1-3, позволяют подтвердить возможность оценки коэффициента передачи приемного СВЧ-тракта с помощью узла формирования ПОС.

3. Результаты экспериментальной проверки

Включение схемы, приведенной на рисунке 1 показало, что паразитная составляющая обусловленная самовозбуждением СВЧ-тракта возникает на частоте 9,440 ГГц (рисунок 4). При этом ослабление аттенюатора Agilent 8494В составляет 6 дБ. При включении ослабления аттенюатора равного 7 дБ, паразитная составляющая исчезает.

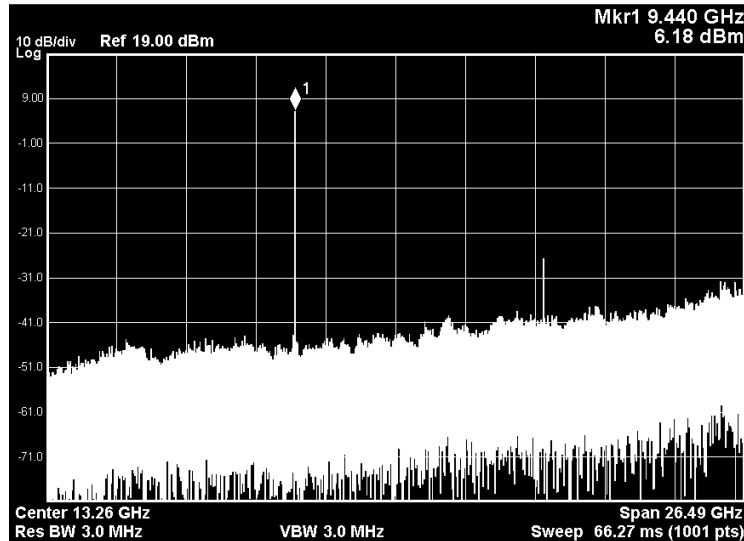


Рисунок 4. Паразитная составляющая обусловленная самовозбуждением СВЧ-тракта на частоте 9,44 ГГц.

В соответствии с полученными данными о состоянии ослабления аттенюатора Agilent 8494В, были проведены измерения коэффициента передачи узла формирования ПОС при состояниях аттенюатора 6 дБ и 7 дБ. Полученные АЧХ коэффициента передачи приведены на рисунках 5 и 6.

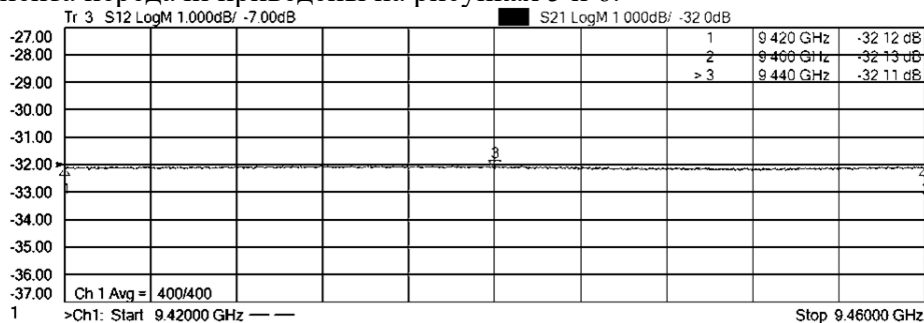


Рисунок 5. Коэффициента передачи узла формирования ПОС при ослаблении аттенюатора Agilent 8494В равного 6 дБ.

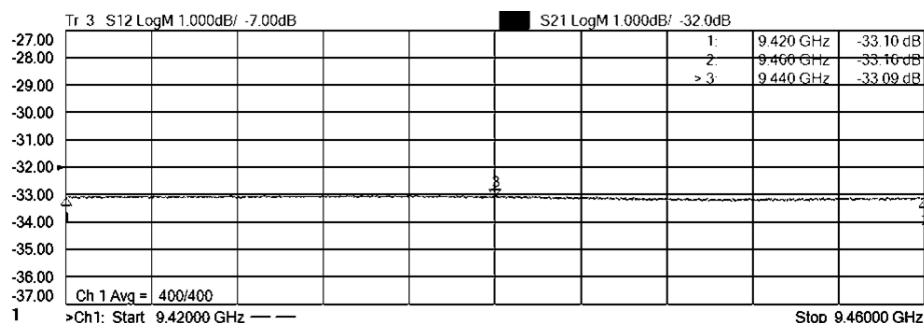


Рисунок 6. Коэффициента передачи узла формирования ПОС при ослаблении аттенюатора Agilent 8494В равного 7 дБ.

При ослаблении аттенюатора Agilent 8494В равного 6 дБ, коэффициент передачи узла формирования ПОС на частоте 9,440 ГГц составил -32,11 дБ, а при 7 дБ составил -33,09 дБ.

В соответствии с полученными данными о коэффициенте передачи узла формирования ПОС, можно сделать вывод, что измеренное значение коэффициента передачи исследуемого приемного канала приемо-передающего модуля должно иметь значение в диапазоне от 32,11 дБ до 33,09 дБ.

Измеренные значения коэффициента передачи приемного канала ППМ в широком диапазоне частот от 0,1 ГГц до 20 ГГц, приведены на рисунке 7.

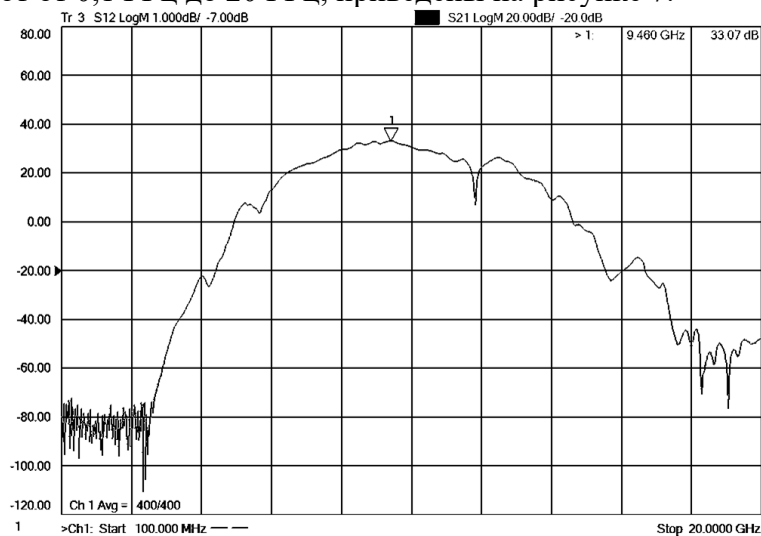


Рисунок 7. Коэффициент передачи приемного канала ППМ в широком диапазоне частот от 0,1 ГГц до 20 ГГц.

Из рисунка 7 видно, что максимальное значение коэффициента передачи приемного канала ППМ имеет значение 33,07 дБ на частоте 9,460 ГГц. Причиной несовпадения частоты возникновения самовозбуждения СВЧ-тракта и максимального коэффициента передачи может быть погрешность измерения PNA-X N5242A при широкой развертке. На рисунке 8 показан коэффициент передачи приемного канала ППМ в диапазоне частот от 9,420 ГГц до 9,460 ГГц.

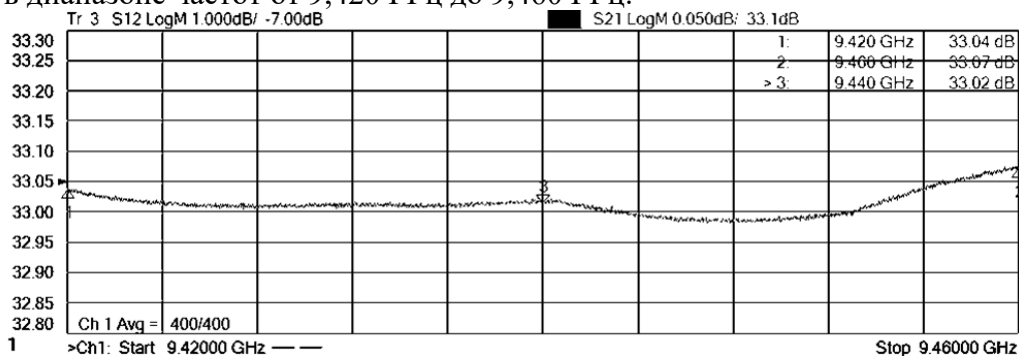


Рисунок 8. Коэффициент передачи приемного канала ППМ в диапазоне частот от 9,420 ГГц до 9,460 ГГц.

В соответствии с рисунком 8, коэффициент передачи приемного канала ППМ на частоте 9,440 ГГц составляет 33,02 дБ, а на частоте 9,460 ГГц 33,07 дБ. Коэффициент передачи узла формирования ПОС на частоте 9,440 ГГц составляет -33,09 дБ, а на частоте 9,460 ГГц -33,16 дБ. При увеличении коэффициента передачи узла формирования ПОС с шагом 0,01 дБ в точке 9,440 ГГц до значения -33,02 дБ требуется 0,07 дБ, а в точке 9,460 ГГц до значения -33,16 дБ требуется 0,09 дБ, поэтому

самовозбуждение СВЧ-тракта возникает в точке 9,440 ГГц. Подобные условия также созданы и на частоте 9,420 ГГц, где коэффициент передачи узла формирования ПОС с шагом 0,01 дБ до значения -33,04 дБ требуется 0,06 дБ, но самовозбуждение на этой частотной точке не было выявлено. Причиной этому может быть погрешность измерения PNA-X N5242A.

4. Заключение

Результаты исследования показали, что изменение коэффициента передачи узла формирования положительной обратной связи позволяет проводить оценку коэффициента передачи приемного СВЧ-тракта. Дальнейшим путем исследования является выявление схемотехнических решений, позволяющих производить оценку коэффициента передачи СВЧ-тракта в задаваемых точках диапазона рабочих частот.

Список литературы

1. Карасев М.С. Оперативный контроль электрических параметров приемо-передающих модулей X-диапазона частот // Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника. – 2021. – Вып. 3(550). – С.6-14.
2. Карасев М.С. Методики оперативного контроля электрических параметров приемо-передающих модулей активной фазированной антенной решетки X-диапазона частот: дис канд. техн. наук: 2.2.2 / Карасев Максим Сергеевич; науч. рук. А.Б. Пашковский; АО «НПП «Исток» им. Шокина». – Фрязино, 2022. – 151 с.