

Узел контроля выходной мощности передающего канала приемо-передающего модуля

Карасев М.С.¹, Адиятулин А.В.¹, Щеголев С.А.¹

¹АО «НПП «Исток» им. А.И. Шокина», г. Фрязино

Аннотация: в работе предложены схемотехнические решения, позволяющие обеспечить контроль выходной мощности передающих каналов и при необходимости произвести отключение неисправных каналов в составе подрешетки антенной. Представлены результаты работы узла в составе экспериментальной установки.

Ключевые слова: приемо-передающий модуль, передающий канал, узел контроля выходной мощности, подрешетка антенная, экспериментальные результаты.

1. Введение

Современные АФАР состоят из подрешеток антенных основой которых являются приемо-передающие модули (ППМ) [1,2]. ППМ – это активный элемент, позволяющий усиливать принимаемый или передаваемый сигнал, а также задавать необходимое амплитудно-фазовое распределение с целью обеспечения сканирования окружающего пространства РЛС. С учетом возрастающего интереса разработчиков к радиотехническим средствам военного и гражданского назначения, включающих в свой состав АФАР, в ППМ необходимо наличие встроенного контроля в целях повышения эксплуатационной надежности, так как отказавшие или неисправные каналы оказывают влияние на точность определения дальности и угловых координат цели при штатной работе РЛС [3,4].

2. Схема узла контроля выходной мощности передающего канала

Структурная схема узла контроля выходной мощности передающего канала, показана на рисунке 1.

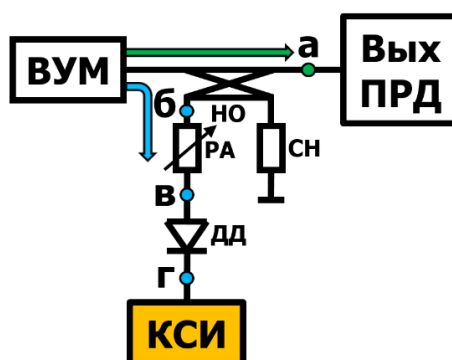


Рисунок 1. Структурная схема узла контроля выходной мощности передающего канала

В состав схемы входят:

- выходной усилитель мощности (ВУМ);
- направленный ответвитель (НО);
- регулируемый аттенуатор (РА);
- детекторный диод (ДД);
- согласованная нагрузка с волновым сопротивлением 50 Ом (СН).

Выбрав оптимальное напряжение с ДД в точке «г» при соответствующей входной мощности относительно ВВХ ДД в точке «в», можно регулируя величину ослабления РА, вычислить выходную мощность передающего канала.

3. Методика контроля выходной мощности передающего канала

Выходная мощность ($P_{\text{вых}}$) неизвестна. Ослабление НО составляет $R_{\text{НО}}$ [дБ]. Регулировка ослабления аттенюатора составляет $R_{\text{РА}}$ [дБ]. Напряжение на выходе ДД равное $U_{\text{КСИ}}$ будет считаться контрольным сигналом исправности (КСИ) и соответствовать подаваемой на ДД входной мощности равной $P_{\text{КСИ}}$ дБм.

При включении передающего канала в точке «а» возникает $P_{\text{вых}}$.

Мощность в точке «б» будет составлять:

$$P_{\text{б}} = P_{\text{а}} - R_{\text{НО}} \quad (1)$$

Мощность в точке «в» будет составлять:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{б}} - R_{\text{РА}} \quad (2)$$

Допустим, что напряжение на выходе ДД составило $U_{\text{КСИ}} - X[V]$, при $X > 0$ (не соответствует принятому уровню напряжения для КСИ). В таком случае при уменьшении ослабления РА, напряжение на выходе ДД начнет расти. При достижении напряжения на выходе ДД равного $U_{\text{КСИ}}$ (соответствующий принятому уровню напряжения для КСИ) необходимо провести расчет выходной мощности передающего канала в точке «а» по формуле:

$$P_{\text{а}} = P_{\text{в}} + |R_{\text{РА}}| + |R_{\text{НО}}| \text{ [дБм]} \quad (3)$$

где $P_{\text{КСИ}}$ – входная мощность ДД при достижении принятого уровня напряжения для КСИ, $|R_{\text{РА}}|$ – величина введенного ослабления РА, $|R_{\text{НО}}|$ – величина ослабления НО.

Для определения $P_{\text{вых}}$ в широком диапазоне частот необходимо учитывать амплитудно-частотные характеристики каждого из элементов, входящих в состав узла контроля.

4. Экспериментальная проверка достоверности определения выходной мощности передающего канала по разработанной методике

На рисунке 2 приведена структурная схема экспериментальной установки для проверки выходной мощности по разработанной методике.

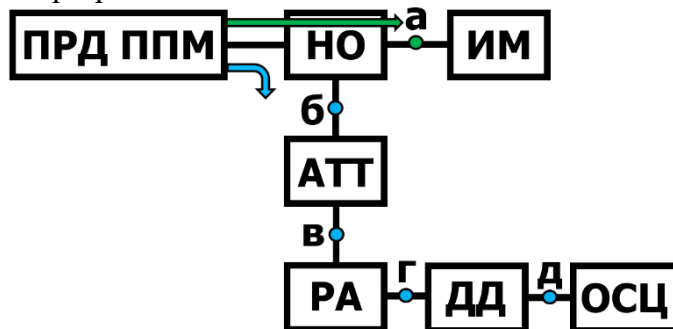


Рисунок 2. Структурная схема экспериментальной установки для проверки выходной мощности

В состав экспериментальной установки входят:

- передающий канал приемо-передающего модуля (ПРД ППМ);
- направленный ответвитель Agilent 87300В с ослаблением -10 дБ (НО);
- измеритель мощности Agilent E4418В с аттенюатором E9300В (ИМ);
- аттенюатор Keysight 8493С-020 с ослаблением 20 дБ (АТТ);
- регулируемый аттенюатор Agilent 8494В с ослаблением 11 дБ и шагом 1 дБ (РА);
- детекторный диод Keysight 8472В (ДД);
- осциллограф Agilent DSO-X 2012А (ОСЦ).

На рисунке 3 ВВХ ДД используемого в схеме (рис.2).



Рисунок 3. ВВХ ДД Keysight 8472В

Эксперимент проводился на частоте 10 ГГц.

Величина $P_{\text{вых}}$ ПРД ППМ составляет 40 дБм (в процессе эксперимента ее необходимо определить). На основании этого уровень напряжения КСИ ($U_{\text{КСИ}}$) выбран равным 5 вольт, что соответствует уровню входной мощности ДД равной 6 дБм.

При включении передающего канала в точке «д» напряжение с ДД составило 2,5 В, что соответствует входной мощности -1 дБм (из рис.3). При последовательном снижении ослабления РА с шагом 1 дБ, выходное напряжение достигло 5 В, что соответствует мощности в точке «г» равной 6 дБм. Подставив полученные значения в формулу (3) получим:

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{г}} + |R_{\text{РА}}| + |R_{\text{АТТ}}| + |R_{\text{НО}}| = 40 \text{ [дБм]}$$

где $P_{\text{вых}}$ - выходная мощность передающего канала, $P_{\text{г}}$ - входная мощность ДД при $U_{\text{КСИ}} = 5 \text{ В}$, $|R_{\text{РА}}|$ - величина ослабления регулируемого аттенюатора Agilent 8494В, $|R_{\text{АТТ}}|$ - величина ослабления аттенюатора Keysight 8493С-020, $|R_{\text{НО}}$ - величина ослабления направленного ответвителя Agilent 87300В.

Из эксперимента следует, что разработанная конструкция и методика контроля позволяют определять значения выходной мощности передающего канала приемо-передающего модуля близкие к реальному.

5. Заключение

Разработанная методика и конструкция узла контроля выходной мощности передающего канала позволяет решить ряд проблем, связанных с необходимостью отключения неисправных каналов в составе подрешетки антенной.

Проведенная экспериментальная проверка работы узла контроля позволила подтвердить достоверность получаемых значений выходной мощности передающего канала.

Список литературы

1. Гостюхин В.Л. Активные фазированные антенные решетки / В.Л. Гостюхин, В.Н. Трусов, А.В. Гостюхин // Радиотехника. - 2011. - 304 с.
2. Малахов Р.Ю. Антенные решетки современных радиоэлектронных систем / Р.Ю. Малахов. - М.: Доброе слово. - 2015. - 208 с.
3. Карасев М.С. Оперативный контроль электрических параметров приемо-передающих модулей X-диапазона частот // Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника. – 2021. – Вып. 3(550).
4. Карасев М.С., Далингер А.Г., Адиатулин А.В., Щёголев С.А. Система контроля выходной мощности приемо-передающего модуля X-диапазона частот // Материалы конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» г. Севастополь – 2021.