

Экспериментальная оценка влияния изменения температуры окружающей среды на параметры радиопеленгатора с многоканальным оптико-электронным трактом

А.С. Лукиянов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: в данной статье приводится оценка влияния резкого изменения температуры окружающей среды на параметры радиопеленгатора с многоканальным оптико-электронным трактом, используемым в средствах радиотехнического мониторинга и радиоконтроля. В статье представлены графики изменения групповых задержек в оптических трактах в зависимости от температуры. Приводится оценка требуемого периода калибровки.

Ключевые слова: оптико-электронный тракт, радиопеленгатор, температура, калибровка, групповая задержка

1. Введение

Средства радиотехнического мониторинга (РТМ) и радиоконтроля (РК) обеспечивают возможность пеленгования источников радиоизлучения в широкой полосе частот. РТМ и РК устанавливаются на носители различных типов [1 - 4]. Конструкции некоторых носителей требуют установки системы обработки сигналов на значительном расстоянии от антенной системы (АС). В качестве примеров такого носителя могут служить самолет или беспилотный летательный аппарат. На борту носителей такого типа АС чаще всего расположены в крыльях и/или в разных частях корпуса. Зачастую в крыльях самолета недостаточно места для размещения АС совместно с аппаратурой обработки. В связи с этим данную аппаратуру принято размещать в фюзеляже самолета, на значительном кабельном расстоянии от АС, что в свою очередь увеличивает затухание сигнала [5]. Существенное затухание сигнала, особенно при работе средств РТМ и РК на частотах свыше 10 ГГц, приводит к ухудшению чувствительности пеленгатора.

В работе [6] проведены исследования, позволяющие оценить расстояние между АС и аппаратурой обработки при котором целесообразно заменить СВЧ-кабели на многоканальный оптико-электронный тракт (ОЭТ). Однако, использование средств РТМ и РК часто осуществляется в условиях температурной нестабильности, а также резком изменении температуры окружающей среды, что может повлечь за собой изменение группового времени задержки в каналах ОЭТ. Изменение групповой времени задержки повлечет за собой искажение фаз сигналов в каналах ОЭТ, что повлечет за собой ухудшение точности определения направления прихода сигнала при использовании фазовых и корреляционных методов пеленгования.

Целью данной работы является экспериментальная оценка влияния изменения температуры окружающей среды на параметры радиопеленгатора с многоканальным оптико-электронным трактом.

2. Описание экспериментальной установки

Для оценки влияния изменения температуры окружающей среды на параметры

радиопеленгатора с многоканальным оптико-электронным трактом в рамках данной работы собран макет оптико-электронного тракта и помещен внутрь климатической камеры Thermotron SE-2000-15-15. Ниже на рисунке 1 представлена структурная схема экспериментальной установки, состоящей из следующих компонентов:

1. Векторный анализатор цепей Rohde & Schwarz ZVA40 (ВАЦ на рисунок 1);
2. Два оптических передатчика OTS-2T-0518 («Опт. ПрД 1» и «Опт. ПрД 2» на рисунок 1);
3. Оптический приемник OTS-2R-0518 («Опт. ПрМ 1» на рисунок 1);
4. Оптический приемник MITEQ SCMR-100M18G («Опт. ПрМ 2» на рисунок 1);
5. Оптоволоконный кабель длиной 60 метров.

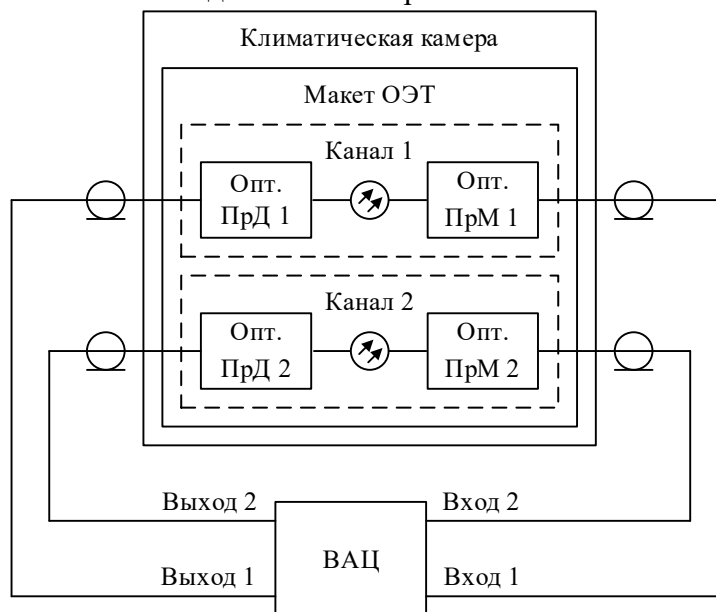


Рисунок 1. Структурная схема экспериментальной установки.

Следует отметить, что в исследуемом макете ОЭТ составные части каналов отличаются друг от друга. Это обусловлено высокой стоимостью используемых в данном эксперименте компонентов. Для достижения наилучших результатов рекомендуется использовать идентичные компоненты.

Измерения параметров макета ОЭТ проводились на частоте от 0,01 до 18 ГГц, что соответствует диапазону рабочих частот компонентов макета.

Векторный анализатор цепей позволяет провести измерение фазового набега в макете ОЭТ непрямым методом, однако, учитывая широкий исследуемый частотный диапазон прохождение всех точек измерений векторным анализатором цепей может занять до единиц секунд, что в свою очередь существенно повышает риск пропуска большей части флуктуаций фазового набега.

В связи с этим измерения фазового набега проводились последовательно в трех точках требуемого диапазона частот, а именно: 0,01 – 0,11 (поддиапазон 1), 9,9–10 (поддиапазон 2) и 17,9–18 ГГц (поддиапазон 3). Число точек измерения в каждом поддиапазоне составило 101, что соответствует 1 МГц.

Для проведения измерений и получения частотной зависимости разности фазовых набегов в каналах макета ОЭТ в среде MATLAB AppDesigner было разработано технологическое программное обеспечение (ТПО) позволяющее в сочетании с векторным анализатором цепей достичь частоты получения зависимостей разности фазовых набегов каждые 430 мс.

3. Проведение измерений

Измерения проводились в три этапа:

1. В течение первых 30 минут в нормальных климатических условиях при температуре 26°C была проведена измерения разности фазовых набегов.

2. Макет ОЭТ поместили в климатическую камеру и в течение 10 минут понижали температуру до минус 20°C . На протяжении 60 минут после начала понижения температуры в камере были проведены измерения разности фазовых набегов.

3. В течение 10 минут повышали температуру в камере до 50°C . На протяжении 60 минут после начала повышения температуры в камере были проведены измерения разности фазовых набегов.

В результате на рисунке 2 приведены временные зависимости разности фазовых набегов в каналах макета ОЭТ для разных температурных режимов. Из рисунка видно, что наиболее значительные и быстрые изменения разности фазовых набегов в каналах ОЭТ наблюдались при резком охлаждении тракта.

Колебательные изменения разности фазовых набегов в каналах ОЭТ на начальных временных интервалах при нагреве и охлаждении аппаратуры вызваны нестабильностью работы климатической камеры.

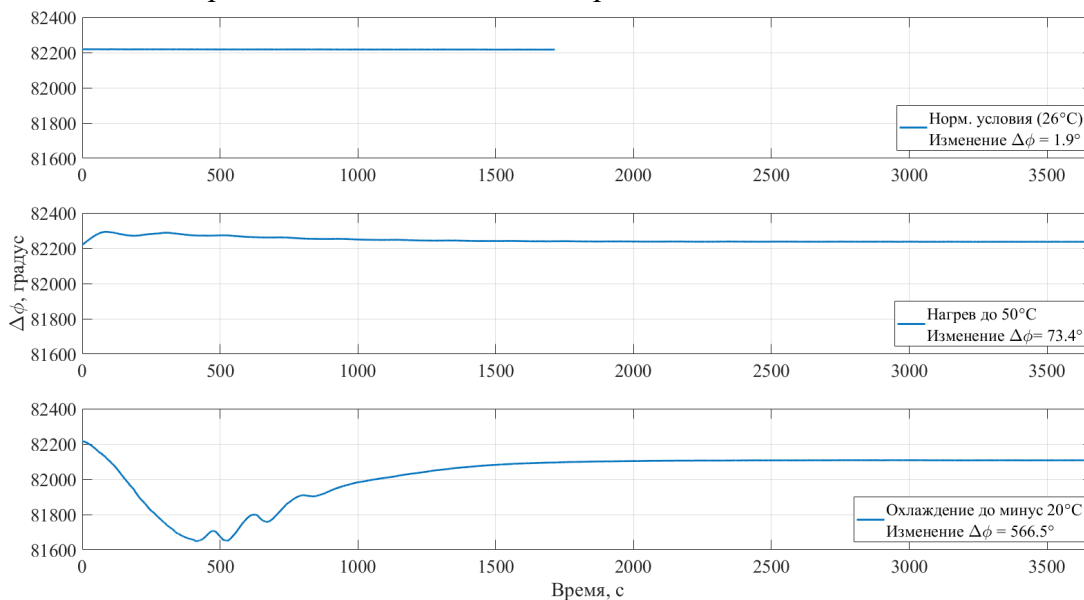


Рисунок 2. Временная зависимость разности фазовых набегов на частоте 18 ГГц.

3. Заключение

Исследования, проведенные в рамках данной работы, позволяют оценить влияние изменения температуры окружающей среды на разность фазовых набегов на частотах до 18 ГГц. В нормальных климатических условиях при температуре 26°C разность фазовых набегов изменялась в пределах 2° . Зафиксировано существенное изменение разности фазовых набегов при охлаждении макета ОЭТ и составило 600° . При нагреве разность фазовых набегов изменялась в пределах 75° .

Существенное изменение разности фазовых набегов вызывает накопление систематической ошибки пеленгования систем РТМ и РК. Данная ошибка может быть устранена периодической калибровкой пеленгатора.

Список литературы

1. M. Kailasam, R. Sankararajan and H. Rajendran. Improved Collaborative Spectrum Sensing Scheme for Maritime Cognitive Radio // Indian Journal of Geo-Marine Sciences, vol. 50, no. 8, pp. 603-612, 2021.

2. M. Suchański, P. Kaniewski, R. Matyszekiel and P. Gajewski. Dynamic spectrum management in Legacy Military Communication Systems // 2012 Military Communications and Information Systems Conference (MCC), 2012, pp. 1-5.
3. P. Jacob, R. P. Sirigina, A. S. Madhukumar and V. A. Prasad. Cognitive Radio for Aeronautical Communications: A Survey // in IEEE Access, vol. 4, pp. 3417-3443, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2570802.
4. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Козьмин В. А. Радиомониторинг – задачи, методы, средства. 2-е изд. М.: Горячая линия–Телеком, 2010.
5. “Microwave cable assemblies,” HUBER+SUHNER, 2022. [Online]. Available: <https://literature.hubersuhner.com/Technologies/Radiofrequency/MicrowavcabelesEN/>. [Accessed: 13-May-2022].
6. А. С. Подстригаев, А. С. Лукиянов, А. В. Смоляков и др. О целесообразности использования волоконнооптической линии связи в различных схемах приемного тракта комплекса радиомониторинга // Сборник трудов ИТНТ-2019, Самара, 21–24 мая 2019 года. Самара: Новая техника, 2019. С. 146–152.