

Кононова Н.Е., Трошина Е.Н.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, И.Н. Ростокин  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: teaykun18@gmail.com*

### **Радиофотонный метод определения доплеровского измерения частоты**

В данной работе разобрана и представлены основные аспекты радиофотонного метода определения доплеровского изменения частоты отраженного радиолокационного сигнала на основе тандемной амплитудно-фазовой модуляции.

Новый метод измерения доплеровского изменения частоты (ДИЧ) радиолокационного микроволнового сигнала, отраженного от движущегося объекта, основан на технологиях радиофотоники. Измеритель ДИЧ имеет ту же структуру, что и последовательное радиофотонное звено с фильтрацией и состоит из лазера, блока электрооптических модуляторов, волоконной брэгговской решетки (ВБР-фильтра) и фотодетектора (ФД). Блок электрооптических модуляторов в отличие от известных решений на двухпортовом амплитудном модуляторе Маха-Цендера построен на двух субблоках, состоящих из последовательно включенных тандемных однопортовых амплитудного и фазового модуляторов (ТАФМ). Общая структура включения субблоков ТАФМ параллельно-последовательная. На первый ТАФМ, образующий измерительный канал, поступает отраженный от объекта микроволновый сигнал. Второй и третий ТАФМ, включенные последовательно, образуют опорный канал, подключенный параллельно к измерительному. На второй ТАФМ поступает опорный сигнал от передатчика локатора на зондирующей микроволновой частоте, после чего двухчастотное излучение, разнесенное на удвоенную зондирующую частоту, подается на третий ТАФМ, который формирует из каждой компоненты двухчастотного излучения еще две с разностной частотой, равной удвоенному максимально возможному ДИЧ. При этом исходные компоненты оптических излучений на входе ТАФМ обоих каналов полностью подавляются, что существенно отличает предложенное решение от известных в лучшую сторону с точки зрения повышения точности измерений [1, 2].

Таким образом, измеритель имеет очень простую структуру и невысокую стоимость, имеет широкий диапазон рабочих частот до 40 ГГц, определяемый полосой пропускания модуляторов и ВБР-фильтра, широкополосный или узкополосный ФД в зависимости от типа обработки сигналов на выходе, и высокую надежность работы, обусловленную простой процедурой калибровки и контроля температурных режимов элементов, тем более, если он изготовлен на базе интегральных фотонных схем. Экспериментальные результаты показывают, что измерение ДИЧ в диапазоне  $\pm 100$  кГц в области зондирующей частоты около 6,5 ГГц может быть реализовано с погрешностью в доли Гц, а погрешность измерения скорости движения объекта составит доли мм/с.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00378, <https://rscf.ru/project/21-19-00378/>»

### **Литература**

1. Rostokin I.N., Fedoseeva E.V. Rostokina E.A. Kariaev V.V. Morozov O.G., et al. Design features of microwave photonic radars. // Proc. SPIE 11516, Optical Technologies for Telecommunications 2019, 115160L (22 May 2019); doi: 10.1117/12.2566327 Proc. of SPIE Vol. 11516 115160L-1-6.

2. Ростокин, И.Н. Радиофотонный метод определения доплеровского изменения частоты отражённого радиолокационного сигнала на основе тандемной амплитудно-фазовой модуляции / И.Н. Ростокин [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2021. № 2 (50). С. 63-75.