

УДК 681.586.5+621.383

ПРОБЛЕМЫ ОПТИЧЕСКИХ ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОЙ ОДНОПОЛОСНОЙ МОДУЛЯЦИИ И ИХ РЕШЕНИЕ

© Папазян С.Г., Морозов О.Г.

e-mail: mwpdep@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Точное знание амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) оптических устройств обуславливает их успешное применение на практике. Так, например, узкополосные оптические фильтры – неотъемлемая часть волоконно-оптических систем передачи информации, в которых используется технология WDM. Известно, что развитие данной технологии связано с увеличением числа информационных каналов, а следовательно и с уменьшением разноса по частоте между ними. Таким образом повышаются требования к узкополосности оптических фильтров, а значит и к средствам измерения их частотных характеристик. Обычно для измерения АЧХ и ФЧХ оптических устройств используются оптические векторные анализаторы (ОВА). Существует множество различных вариантов их реализации, одним из которых является ОВА на основе оптической однополосной модуляции (ОМ), теоретически обеспечивающий высокое разрешение измерений (рис. 1):

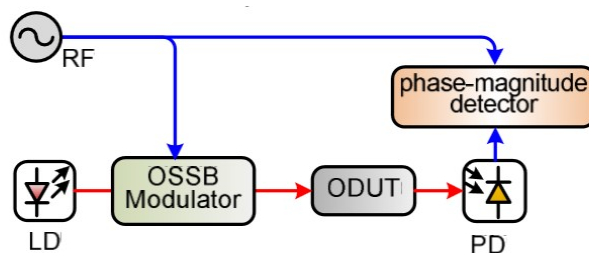


Рис. 1 Структурная схема ОВА на основе ОМ [4]:

LD – лазерный диод; RF – источник радиочастоты; OSSB Modulator – ОМ – модулятор (модулятор Маха-Цендера (ММЦ)); ODUT – тестируемое устройство; PMD – амплитудно-фазовый детектор; PD – фотодетектор; красные линии – оптический сигнал; синие линии – электрический сигнал

Принцип работы такого ОВА основан на сканировании частотных характеристик оптических устройств частотой +1-ой боковой полосы сигнала с ОМ. Такой анализатор может точно измерять АЧХ и ФЧХ оптических устройств, если ОМ-сигнал идеален, т.е. его спектр содержит только несущую и гармонику +1-го порядка. Однако на практике спектр ОМ – сигнала содержит боковые полосы высших порядков, что вносит значительные искажения в результаты измерений. Боковые полосы высшего порядка возникают из-за высокого индекса фазовой модуляции ОМ – модулятора. Хотя его уменьшение и снизит вносимые искажения, но вместе с тем уменьшится и диапазон измерений, т.к. уровень мощности сигнала после детектирования будет очень мал [1]. Поэтому в общем случае боковые полосы высшего порядка неизбежно возникают. Так, в следствии интермодуляции на фотодетекторе, каждая гармоника высшего порядка ограничивает динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих (SFDR), что ухудшает разрешение ОВА.

Существует целый ряд способов решения данной проблемы. Например, в работе [2] предложено использовать сканирующий перестраиваемый лазер. В работе [3]

предложено осуществлять ООМ с помощью фазового модулятора с малым индексом модуляции и оптического полосового фильтра с плоской вершиной и крутыми фронтами. В работе [4] предложена схема ММЦ на базе 120° -ого направленного ответвителя, позволяющая скомпенсировать на выходе модулятора либо -1 -ю и $+2$ -ю, либо $+1$ -ю и -2 -ю боковые полосы.

Однако наличие перестраиваемого лазера существенно ограничивает разрешающую способность по частоте из-за крупного шага сканирования. Малый индекс модуляции ограничивает динамический диапазон измерений. Фазовый сдвиг между сигналами верхнего и нижнего плеч ММЦ не способен скомпенсировать все боковые полосы высшего порядка одновременно.

Таким образом, пока что не создан ОВА на основе ООМ, позволяющий решить проблему подавления всех нежелательных боковых полос и обеспечить высокое разрешение и широкий динамический диапазон измерений одновременно. Поэтому дальнейшее развитие ОВА привело к созданию анализаторов на основе оптической двухполосной модуляции (ОДМ), один из которых представлен в статье [5]. Он основан на использовании ОДМ-сигнала со смещённой по частоте несущей (рис. 2):

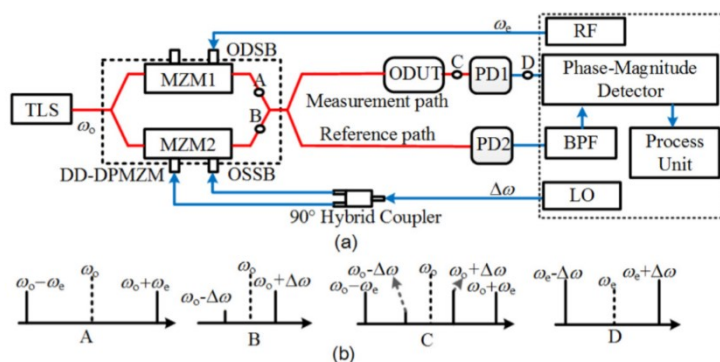


Рис. 2: Структурная схема ОВА на основе ОДМ со смещённой по частоте несущей [5]:

TLS – перестраиваемый лазер, DPMZM – двухпортовый двойной параллельный ММЦ, 90° Hybrid Coupler – 90° направленный ответвитель, ODUT – тестируемое оптическое устройство, PD1,2 – фотоприёмники, RF – источник радиочастотного сигнала, PMD – амплитудно-фазовый детектор, BPF – полосовой фильтр, Process Unit – блок обработки, LO – гетеродин

В данной схеме по сравнению с ОВА на основе ООМ удваивается частотный диапазон измерений за счёт использования ОДМ; устраняется пагубное воздействие боковых полос высших порядков за счёт смещения несущей по частоте; обеспечивается широкий динамический диапазон измерений, т.к. нет ограничений на величину индекса модуляции. То есть все указанные выше проблемы ОВА на основе ООМ решены.

Библиографический список

1. Xue M. Performance analysis of optical vector analyzer based on optical single -sideband modulation / J Opt. Soc. Am. B, vol. 30, no. 4, pp. 928-933, 2013.
2. VanWiggeren G.D. Single-scan interferometric component analyzer / IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 15, no. 2, pp. 263-265, 2003.
3. Tang Z.Z. A high resolution optical vector network analyzer based on a wideband and wavelength-tunable optical single-sideband modulator / Opt. Express, vol. 20, no.6, pp. 6555-6560, Mar. 2012
4. Pan S. Optical vector network analyzer based on optical single-sideband modulation / 12th ICOCN, 2013
5. Qing T. Optical vector analysis based on asymmetrical optical double-sideband modulation using a dual-drive dual-parallel Mach-Zehnder modulator / Opt. Express, vol. 25, no.5, pp. 4665-4671, Mar. 2017