



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

səhifə
page 671-673
str.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ В АКУСТООПТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ВРЕМЕННОГО МАСШТАБА

ПАШАЕВ А.М.¹, ГАСАНОВ А.Р.¹, АЛЛАХВЕРДИЗАДЕ Р.А.¹, РЗАЕВ Х.Н.²

¹Институт Физики НАН Азербайджана
Az 1143, Баку, пр. Г. Джавида - 143
e-mail: hasanov@physics.ab.az

²Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия
Az 1010, Баку, пр. Азадлыг - 20
e-mail: ihm@adna.baku.az

Проанализированы искажения сигналов в акустооптических преобразователях временного масштаба, вызванных колебаниями скорости сканирования оптического луча в апертуре акустооптического модулятора и скорости распространения упругих волн в фотоупругой среде; предложены рекомендации по устранению этих искажений.

Устройства, изменяющие длительность исходных реализаций сигналов при сохранении формы последних, широко применяются в комплексах технических средств, для обработки информации. В технической литературе эти устройства называют преобразователями временного масштаба (ПВМ) или трансформаторами спектра [1].

Преобразование временного масштаба предусматривает накопление (запоминание) исследуемого сигнала с последующим считыванием накопленной информации. В случае быстрой записи и медленного считывания происходит растяжение временного масштаба, а в случае медленной записи и быстрого считывания - сжатие временного масштаба. В первом случае ПВМ работает с коэффициентом трансформации $k < 1$, а во втором - $k > 1$. Использование особенностей фотоупругого эффекта для решение указанной проблемы позволяет устранить известных недостатков [2] электромеханических, электронных и цифровых ПВМ.

Структурная схема акустооптического преобразователя временного масштаба сигналов изображена на рис.1. Здесь в качестве запоминающего устройства используется акустооптический модулятор (АОМ), состоящий из электроакустического преобразователя (ЭАП) и фотоупругой среды (ФУС). При этом скорость записи исходной реализации равна скорости распространения упругих волн (УВ) в ФУС. Соответственно, длительность исходной реализации, в основ-

ном, определяется длиной ФУС и скоростью распространения УВ в ней. В состав устройства записи информации (УЗИ) входят амплитудный модулятор (АМ), генератор высокой частоты (ГВЧ) и ЭАП. На входы АМ поступают обрабатываемый сигнал $u(t)$ и высокочастотное колебание от ГВЧ. Имеющийся на выходе АМ амплитудно - модулированный сигнал подается на клеммы ЭАП, который возбуждает в ФУС соответствующую УВ. Считывание преобразованной реализации из запоминающего устройства - ФУС осуществляется устройством считывания информации (УСИ), состоящего из лазера, дефлектора (Д), формирующего каскада (ФК) и фотоприемного устройства (ФПУ). Под действием управляющего напряжения $u_{упр}$ Д обеспечивает сканирование излучения лазера - считывающего луча в апертуре ФУС. Свет всегда падает в апертуру ФУС под определенным углом. Постоянство угла падения света в апертуру ФУС поддерживается ФК. При скорости сканирования $\mathcal{G}_{ск}$ света в апертуре ФУС, скорость считывания сигнала \mathcal{G}_B составит:

$$\mathcal{G}_B = \mathcal{G} + R \mathcal{G}_{ск} \quad (1)$$

где R - знакопридающий коэффициент, который может принимать два значения: ± 1 (при сканировании света противоположно направлению распространения

УВ, $R=+1$, а - по направлению, $R=-1$); \mathcal{G} - скорость распространения УВ в ФУС.

Из формулы (1) вытекает важная особенность акустооптического преобразователя временного масштаба сигналов: скорость распространения УВ \mathcal{G} участвует, также, в формировании длительности преобразованной реализации, а длительность исходной реализации, в определенной степени, зависит от скорости сканирования света $\mathcal{G}_{\text{ск}}$ в апертуре АОМ.

В соответствии с принятыми обозначениями коэффициент преобразования временного масштаба сигналов в акустооптическом ПВМ будет определяться соотношением:

$$k = 1 + R \mathcal{G}_{\text{ск}} / \mathcal{G} \quad (2)$$

Принцип действия и особенности реализации акустооптического ПВМ в достаточном объеме рассмотрены в [2].

Процесс преобразования электрического сигнала в бегущую в ФУС УВ можно рассматривать как преобразование временных соотношений в пространственные. При воспроизведении же, пространственное расположение сигналов в ФУС превращается во временные соотношения. Нестабильности сканирования оптического луча в апертуре АОМ и изменения скорости распространения УВ в ФУС – скорости записи, приводят к деформации временного масштаба и, следовательно, к изменению временных соотношений в цикле “запись-воспроизведение”.

Целью данной работы является исследование искажений сигналов в акустооптических ПВМ, вызванных колебаниями скорости сканирования оптического луча в апертуре АОМ и скорости распространения УВ в ФУС.

Нестабильности сканирования оптического луча в апертуре АОМ, прежде всего, связаны с нестабильностью частоты генератора управляемого напряжением (ГУН).

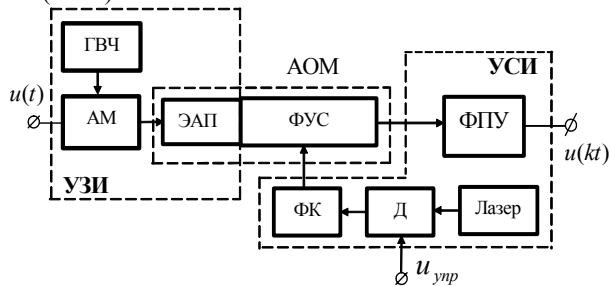


Рис.1. Структурная схема акустооптического ПВМ

Нестабильности изменения частоты ГУН зависят от многих причин, наиболее существенными из которых являются пульсации напряжения источника питания, внутренние шумы генератора и нелинейность характеристики управителя. Влияние пульсаций напряжения источника питания снижают путем улучшения фильтрации в цепях питания. Внутренние шумы генератора связаны с тепловыми шумами всех сопротивлений потерь, в том числе и сопротивления резистора автоматического смещения. Плохие контакты также являются источником шумов.

Кроме того, при появлении прямого тока варикапа (управителя), когда начинает действовать диффузионная емкость, возникают дробовые шумы.

Указанные причины вызывают отклонения изменения частоты ГУН от выбранного закона, что приводит к флуктуации скорости сканирования оптического луча в апертуре АОМ.

Изменения скорости распространения УВ в ФУС связаны, в основном, с изменением температуры в ней. Предположим, что временному преобразованию подвергается гармоническое колебание с постоянной частотой f . При наличии колебаний скорости распространения УВ в ФУС, имеет место соотношение:

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 + \Delta \mathcal{G} \cdot \varphi_1(t) = \mathcal{G}_0 [1 + \nu_1 \varphi_1(t)], \quad (3)$$

где $\varphi_1(t)$ - функция, описывающая закон отклонения скорости распространения УВ в ФУС от номинальной величины; $\Delta \mathcal{G}$ - максимальное отклонение скорости от номинальной величины; $\nu_1 = \Delta \mathcal{G} / \mathcal{G}_0 \ll 1$ - коэффициент колебаний скорости распространения УВ в ФУС.

При наличии колебаний скорости сканирования оптического луча в апертуре АОМ:

$$\mathcal{G}_{\text{ск}} = \mathcal{G}_{\text{ск.о}} [1 + \nu_2 \varphi_2(t_{\text{ск}})] \quad (4)$$

где $\nu_2 = \Delta \mathcal{G}_{\text{ск}} / \mathcal{G}_{\text{ск.о}} \ll 1$ - коэффициент колебаний скорости сканирования; $t_{\text{ск}}$ - время в системе сканирования.

В соответствии с (1), скорость воспроизведения равна:

$$\mathcal{G}_в(t_в) = \mathcal{G}_0 [1 + \nu_1 \varphi_1(t)] + R \mathcal{G}_{\text{ск.о}} [1 + \nu_2 \varphi_2(t_{\text{ск}})] \quad (5)$$

где $t_в = k \cdot t$ время в системе воспроизведения.

Колебания скорости сканирования и скорости распространения УВ вызывают временные и частотные искажения преобразованных сигналов.

Нетрудно показать, что времена в системах записи t , сканирования $t_{\text{ск}}$ и воспроизведения $t_в$ связаны следующим образом:

$$t_в = t / [1 + t / (R t_{\text{ск}})] \quad (6)$$

Рассмотрим случай (представляющий наибольший практический интерес) преобразования с большим коэффициентом масштабирования ($K \gg 1$). При этом $\mathcal{G}_{\text{ск}} \gg \mathcal{G}$ и $t_в \approx t_{\text{ск}}$. В этих условиях, из (5) для скорости воспроизведения получаем:

$$\mathcal{G}_в(t_в) = \mathcal{G}_{\text{ск.о}} [1 + \nu_2 \varphi_2(t_{\text{ск}})] \quad (7)$$

Рассмотрим режим сжатия временного масштаба сигнала. Примем, что колебания скорости сканирования приводят к изменению длительности исходной реализации $T_{\text{ир}}$ на величину $\Delta T_{\text{ир}}$. В результате выражение для длительности исходной реализации будет иметь следующий вид:

$$T_{\text{ир}} + \Delta T_{\text{ир}} = \frac{\Delta h}{g} + \frac{\Delta h / g_{\text{ck.o}}}{[1 + v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}})]}, \quad (8)$$

где Δh - апертура ФУС. Учитывая, что $v_2 \ll 1$, получим:

$$T_{\text{ир}} + \Delta T_{\text{ир}} = \frac{\Delta h}{g} + \frac{\Delta h}{g_{\text{ck.o}}} \cdot [1 - v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}})] \quad (9)$$

откуда имеем:

$$\Delta T_{\text{ир}} = \frac{\Delta h}{g_{\text{ck.o}}} \cdot v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}}) \quad (10)$$

Длительность преобразованной реализации получает соответствующее приращение:

$$\Delta T_{\text{ир}} = \Delta T_{\text{ир}} / K = \frac{\Delta h}{g_{\text{ck.o}} \cdot K} \cdot v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}}) \quad (11)$$

Из (11) следует, что в режиме преобразования временного масштаба сигналов с большим коэффициентом масштабирования ($K \gg 1$) временные искажения преобразованной реализации в основном обусловлены колебаниями скорости сканирования оптического луча в апертуре ФУС.

Для приближенной оценки частотных искажений воспользуемся следующими рассуждениями. Ввиду того, что длина волны упругих колебаний в ФУС остается неизменной, при любой скорости воспроизведения, можно записать:

$$f_{\text{в}} = f \cdot \frac{1}{1 + R \frac{g_{\text{ck.o}}}{g}} = f \cdot \frac{1}{1 + R \frac{g_{\text{ck.o}}}{g_0} \cdot \left[\frac{1 + v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}})}{1 + v_1 \varphi_1(t)} \right]} \quad (12)$$

Учитывая соотношение (2), а также то, что $v_2 \ll 1$; $v_1 \ll 1$, получим:

$$f_{\text{в}} = \frac{f}{k} \cdot [1 + v_1 \varphi_1(t)] \cdot [1 - v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}})] = \frac{f}{k} \cdot [1 - v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}})] + v_1 \varphi_1(t) - v_1 \varphi_1(t) \cdot v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}}) \quad (13)$$

Пренебрегая в (13) членами второго порядка малости, найдем абсолютную (Δf) и относительную (δf) нестабильности частоты преобразованной реализации, вызванную колебаниями скорости:

$$\Delta f \approx \frac{f}{k} - f_{\text{в}} \approx \frac{f}{k} \cdot [v_1 \varphi_1(t) - v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}})] \quad (14)$$

$$\delta f \approx \frac{\Delta f}{(f/k)} \approx v_1 \varphi_1(t) - v_2 \varphi_2(t_{\text{ck}}) \quad (15)$$

В случае значительных расхождений в законах, описывающих колебания скорости распространения УВ и скорости сканирования, целесообразно рассматривать их влияние на работу ПВМ отдельно. Записывая законы изменения g и g_{ck} в следующем виде:

$$\begin{aligned} \varphi_1(t) &= \cos(\Omega_1 t); \\ \varphi_2(t_{\text{ck}}) &= \cos(\Omega_2 t_{\text{ck}}) \end{aligned} \quad (16)$$

получим

$$\begin{aligned} \delta f &\approx v_2 \cos(\Omega_2 t_{\text{ck}}) - v_1 \cos(\Omega_1 t) = \\ &= v_2 \cos \left[\Omega_2 \frac{t_B}{R(1-k)} \right] - v_1 \cos \left(\Omega_1 \frac{t_B}{k} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

Это приближенное значение δf показывает, что колебания скорости сканирования оптического луча в апертуре АОМ и скорости распространения УВ в ФУС приводят к паразитной частотной модуляции преобразуемого сигнала.

Первый член в (17) представляет искажения, вызванные колебаниями скорости сканирования оптического луча в апертуре АОМ, а второй член – искажения, вызванные колебаниями скорости распространения УВ в ФУС. Частоты колебаний скорости распространения УВ и скорости сканирования оптического луча делятся (умножаются) на коэффициент преобразования временного масштаба и могут оказаться в диапазоне частот преобразованного сигнала. Из (17) следует, что в режиме преобразования временного масштаба сигналов с большим коэффициентом масштабирования ($k \gg 1$), $t \gg t_{\text{ck}}$ и $t_{\text{в}} \approx t_{\text{ck}}$. Поэтому частотные искажения преобразованной реализации, преимущественно, будут обусловлены колебаниями скорости сканирования оптического луча в апертуре ФУС (первый член в (17)).

ВЫВОДЫ

В режиме преобразования временного масштаба сигналов с большим коэффициентом масштабирования ($K \gg 1$) (вариант представляющий наибольший практический интерес) как частотные, так и временные искажения преобразованной реализации, преимущественно, обусловлены колебаниями скорости сканирования оптического луча в апертуре ФУС. Это позволяет утверждать, что при разработке акустооптических ПВМ следует принять специальные меры, направленные на линеаризацию характеристики управителя ГУН и увеличению стабильности частоты колебаний последнего.

[1]. Черницер В. М., Кадук Б. Г. Преобразователи временного масштаба. - М.: Советское радио, 1972, 144с.

[2]. Гасанов А. Р. Акустооптический способ преобразования временного масштаба сигналов

и устройства для его осуществления.

Радиоэлектроника, 2000г., т. 43, № 7, 68÷74.