

## МОДУЛЯТОР МАХА-ЦЕНДЕРА

Бушило В.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Тарченко Н.В. – канд. техн. наук

Современные высокоскоростные системы передачи сигналов по оптическим волокнам основаны на применении спектрального разделения каналов – технологии DWDM. В процессе проектирования данных систем необходимо выбрать оптимальный метод модуляции. Основным элементом формирования высокоскоростных сигналов является внешний оптический модулятор. Одним из вариантов исполнения внешнего модулятора является электрооптический модулятор Маха-Цендера.

Электрооптический модулятор Маха-Цендера предназначен для модуляции излучения мощного оптического лазера. Структурная схема данного модулятора представлена на рисунке 1. Непрерывное излучение лазера  $E_0$  Y-разветвителем направляется по двум каналам (плечам интерферометра). Далее в каждом из каналов  $Y_1$  и  $Y_2$  непрерывное световое излучение попадает в фазовые модуляторы, которые позволяют изменять показатель преломления волновода пропорционально напряжению  $U_1$  и  $U_2$ . На выходе сдвинутые по фазе сигналы складываются в процессе интерференции, получая  $E_{out}$ .

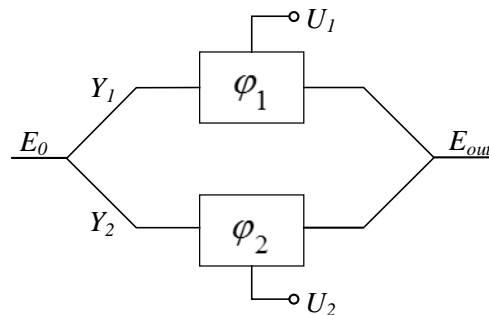


Рисунок 1 – Схема модулятора Маха-Цендера

Выходное значение  $E_{out}$  принимает следующий вид:

$$E_{out} = \frac{E_0}{2} \left( e^{j\varphi_1(t)} + e^{j\varphi_2(t)} \right), \quad (1)$$

где  $E_0$  – входное оптическое излучение;  $\varphi_1(t)$  и  $\varphi_2(t)$  – сдвиги фаз в верхнем  $Y_1$  и нижнем  $Y_2$  плечах.

Формирование фазового сдвига связано с изменением управляющего напряжения

$$\varphi_1(t) = \frac{U_1(t)}{V_{\pi 1}} \pi, \quad \varphi_2(t) = \frac{U_2(t)}{V_{\pi 2}} \pi. \quad (2)$$

Существует два режима работы модулятора Маха-Цендера. В режиме “push-push” в обоих плечах модулятора формируется одинаковый фазовый сдвиг  $\varphi(t) = \varphi_1(t) = \varphi_2(t)$  (например, при  $U_1(t) = U_2(t) = U(t)$  и  $V_{\pi 1} = V_{\pi 2} = V_{\pi}$ ), что позволяет осуществлять фазовую модуляцию. При этом амплитуда входного сигнала не изменяется. В режиме “push-pull” обоих плечах формируется одинаковый по величине, но разный по знаку фазовый сдвиг  $\varphi_1(t) = -\varphi_2(t)$  (например, при  $U_1(t) = -U_2(t) = U(t)/2$  и  $V_{\pi 1} = V_{\pi 2} = V_{\pi}$ ), что приводит к чистой амплитудной модуляции.

Таким образом, модулятор Маха-Цендера позволяет осуществлять как фазовую, так и амплитудную модуляцию, что позволяет использовать его в качестве универсального базового элемента в схемах формирования различных форматов модуляции в современных высокоскоростных оптических системах передачи.

### Список использованных источников:

1. High-order modulation for optical fiber transmission / Dr. Matthias Seimetz // Springer, 2009. – 247 с.
2. Передача сигналов модуляции интенсивности света в аналоговых волоконно-оптических линиях связи / Щербаков В.В., Солодков А.Ф., Задерновский А.А. // Журнал: Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии, 08.06.2016. – 23 с.