

Интерфейсный модуль для построения оптических сетей с разными топологиями

Описанный далее интерфейсный модуль (Рис. 1, *a*) представляет собой оптический концентратор [1, 2] с тремя двунаправленными портами А, В, С и встроенными оптическими усилителями. Каждый входной оптический сигнал, поступающий на один из трёх портов, передаётся на два других порта. На основе этого модуля можно проектировать системы передачи данных с различными топологиями, такими как «общая шина» (Рис. 1, *b*), «дерево» (Рис. 1, *в*), «точка-точка», «звезда», «кольцо» и другими.

Главная особенность данного интерфейсного модуля состоит в том, что, благодаря наличию оптических усилителей, разветвление каждого входного сигнала на два направления не приводит к уменьшению уровня мощности выходных сигналов. Это особенно полезно при работе с аналоговыми сигналами.

Первый вариант схемы интерфейсного модуля показан на Рис. 2. Модуль содержит порты А, В, С, а также лазер накачки, работающий на длине волны $\lambda = 980$ нм и предназначенный для обеспечения энергией оптических усилителей 13 — 15. Усилители выполнены на основе показанных в виде петель отрезков оптического волокна, легированного эрбием [3]. Длины волн рабочих оптических сигналов принадлежат области прозрачности оптического волокна вблизи длины волны 1550 нм.

В интерфейсном модуле применены также следующие элементы: разделитель 1 двунаправленного сигнала по направлениям; разветвители-сумматоры сигналов 2 — 6; сумматоры 7 — 9 однонаправленного сигнала с двунаправленным; и, наконец, разделители 10 — 12 сигналов по длинам волн.

Разветвители 2, 5 и 6 разделяют входные сигналы, поступающие извне в порты А, В и С, на две равные части для передачи по соответствующим сторонам треугольной структуры интерфейсного модуля. Сигналы обратного направления суммируются этими элементами и передаются из портов во внешние цепи. В данном примере порты А и С содержат по одному оптическому волокну для передачи двунаправленных сигналов. Порт В содержит два оптических волокна — одно для приёма извне передаваемого некоторым устройством сигнала T_x , второе — для выдачи в это устройство сигнала R_x , принятого из портов А и С.

Разветвители 3 и 4 разделяют сигнал от лазера накачки на три равные части для равного энергоснабжения усилителей оптических сигналов. С учётом потерь энергии при разделении луча лазера накачки, разветвитель 3 передаёт 68 % энергии на разветвитель 4 и оставшиеся 32 % — на элемент 9. Разветвитель 4 делит энергию входного луча на две равные части.

Сумматоры 7 — 9 однонаправленного сигнала с двунаправленным передают энергию с лазера накачки в стороны соответствующих оптических усилителей 13 — 15. Так, сумматор 7 передаёт сигнал накачки в петлю 13. Сигнал обратного направления (на рабочей длине волны) из петли 13 передаётся сумматором 7 только в сторону элемента 2.

Разделители 10 — 12 реагируют на длину волны передаваемого сигнала. Сигнал от лазера накачки с длиной волны λ_P отклоняется таким разделителем от пути передачи данных и теряется (как выполнивший свою функцию доставки энергии в петлю усиления). Сигнал на рабочей длине волны передаётся через элементы 10 — 12 в обе стороны вдоль соответствующей стороны треугольной структуры.

Рассмотрим прохождение сигналов через интерфейсный модуль.

Предположим, что сигнал с рабочей длиной волны поступает извне в порт А. Разветвитель 5 разделяет этот сигнал на две равные части для передачи по сторонам треугольной структуры интерфейсного модуля в направлении портов В и С. При передаче сигнала к порту В он проходит через разделитель 10 и петлю усиления 13, где в нужной степени усиливается — на 7,8 дБ. Из этой величины 6,0 дБ компенсируют потери мощно-

сти в ветви «порт А — порт В» при разделении входного сигнала на две части и 1,8 дБ — потери мощности на стыках между внешними цепями и портами А и В, а также между элементами 5, 10, 7, 2, 1 и в самих этих элементах.

Усиленный в петле 13 сигнал проходит через элемент 7 без разветвления, так как для сигналов с рабочими длинами волн в элементе 7 открыт прямой путь к элементу 2. Далее сигнал проходит через элемент 2 и разделитель 1 двунаправленного сигнала по направлениям. Наконец, разделитель 1 пропускает сигнал на выход Rx без его разветвления.

Аналогично вторая половина расщеплённого сигнала, поступающий извне в порт А, проходит по цепи элементов 5, 11, 15, 9, 6 и передаётся в порт С. Примечательно, что, несмотря на разделение сигнала элементом 5 на две равные части, каждая часть покидает интерфейсный модуль через порты В и С с той же энергией, которой обладает исходный сигнал поступивший в порт А. Аналогично можно проследить пути распространения сигналов через все ветви структуры.

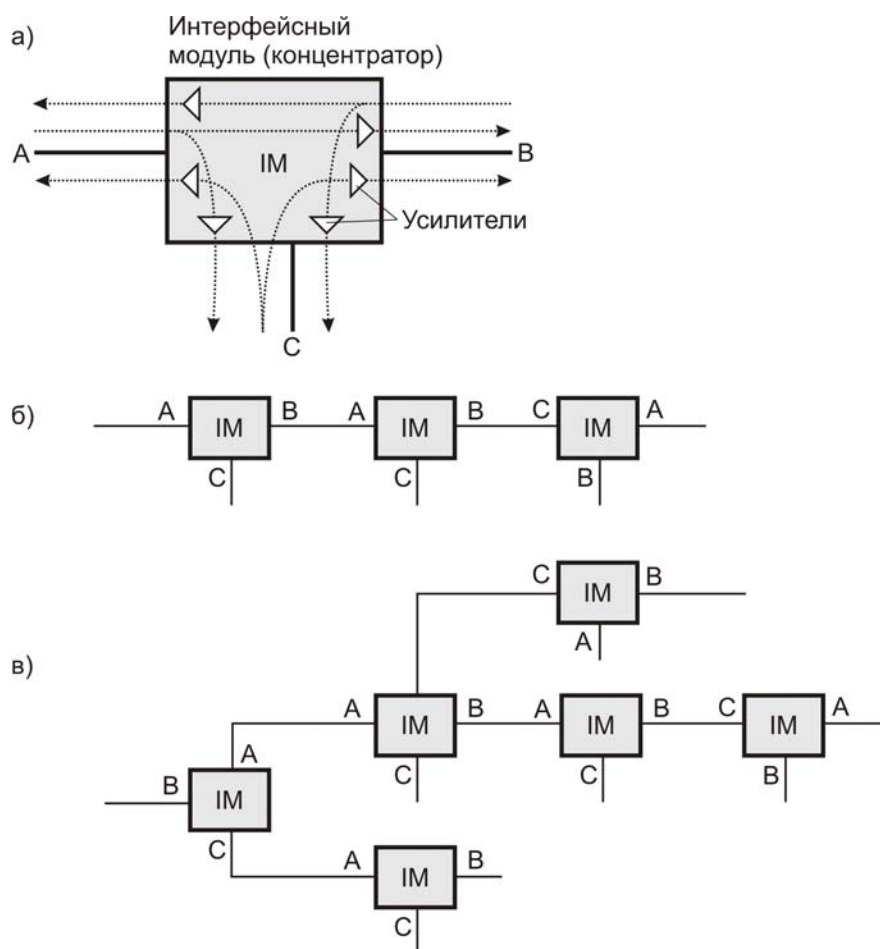


Рис. 1. Интерфейсный модуль (а) и примеры его использования в сетях со структурой «общая шина» (б) и «дерево» (в)

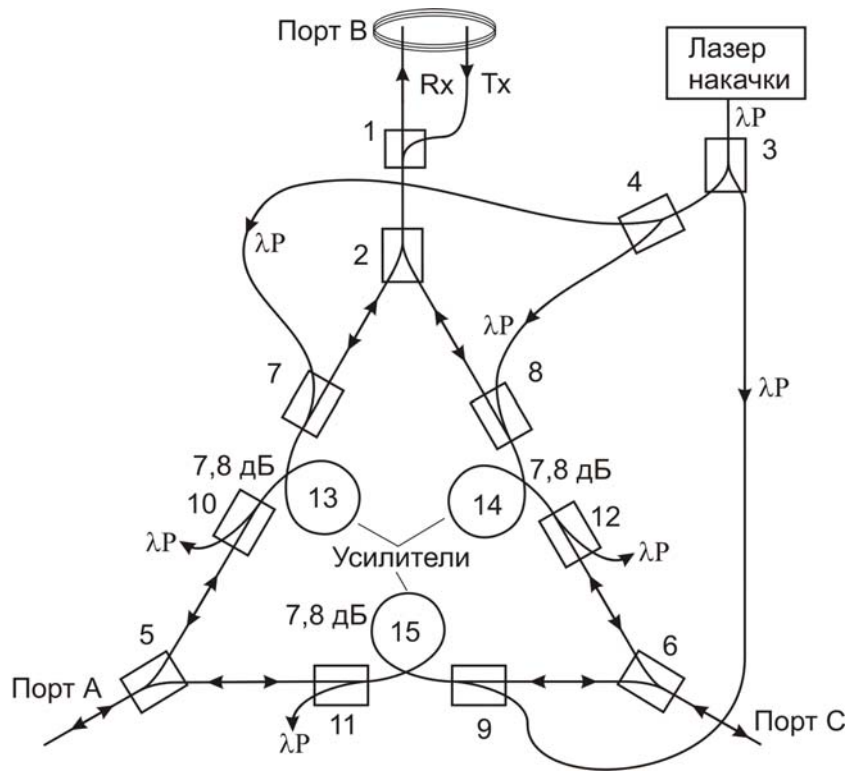


Рис. 2. Схема интерфейсного модуля (первый вариант)

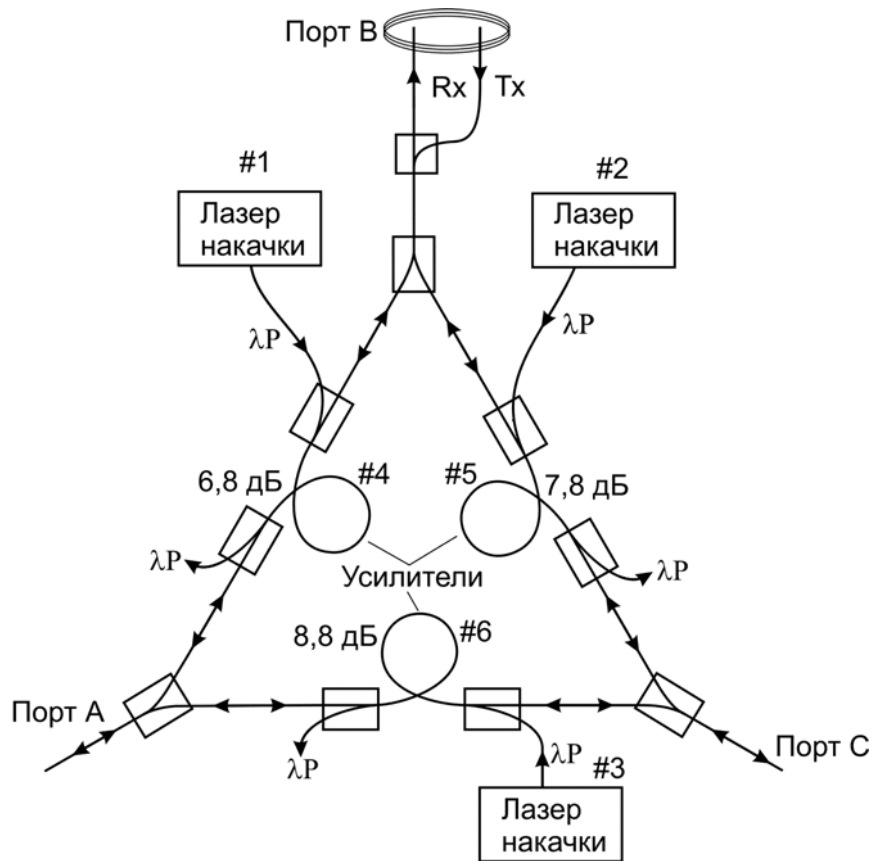


Рис. 3. Схема интерфейсного модуля (второй вариант)

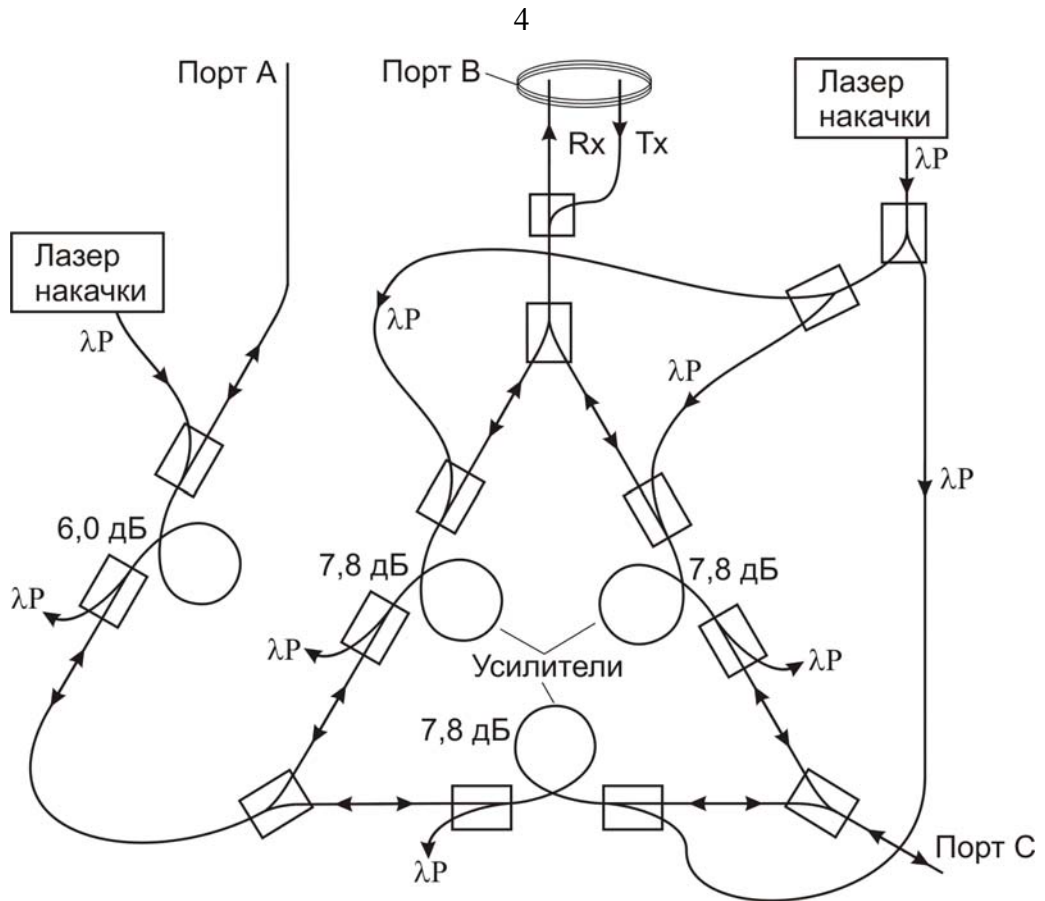


Рис. 4. Схема интерфейсного модуля (третий вариант)

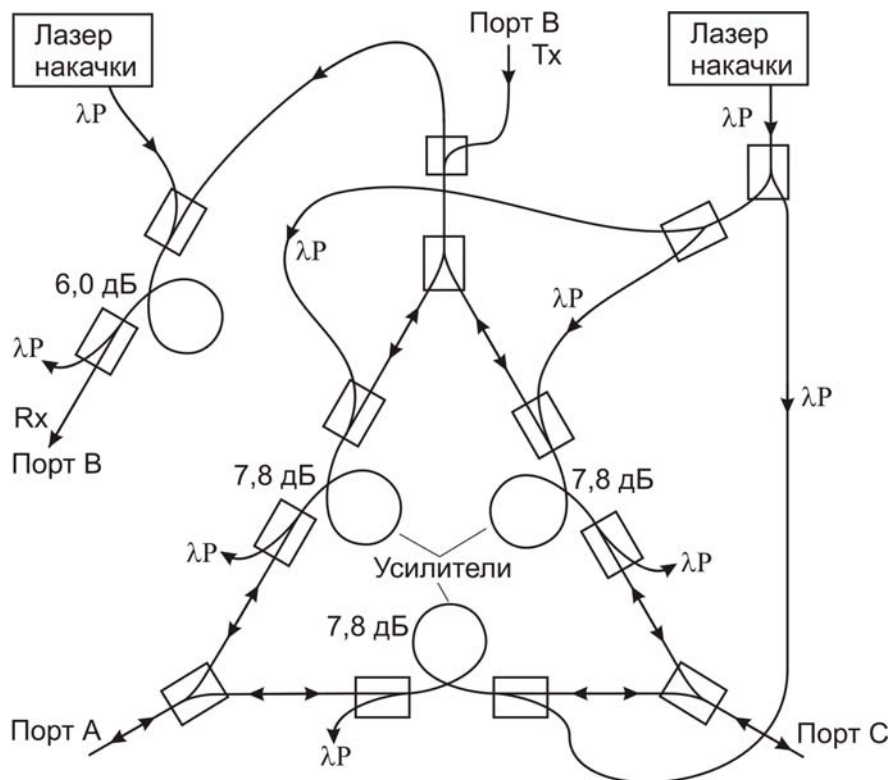


Рис. 5. Схема интерфейсного модуля (четвёртый вариант)

В схеме, приведенной на Рис. 3, для энергоснабжения каждого оптического усилителя применён индивидуальный лазер накачки с регулируемой мощностью. Все лазеры работают на длине волны $\lambda = 980$ нм. Лазеры #1, #2 и #3 служат источниками энергии соответственно для усилителей #4, #5 и #6. Эти усилители в данном примере имеют коэффициенты усиления, соответственно равные 6,8, 7,8 и 8,8 дБ. Такое решение позволяет компенсировать различия в уровнях затухания сигнала в разных ветвях треугольной структуры. Эти различия могут быть обусловлены несовершенством разъёмных соединений между элементами, разбросом параметров элементов и т. п.

В интерфейсные модули могут быть введены дополнительные усилители. Так, в цепь порта А схемы, приведенной на Рис. 2, можно ввести четвёртый усилитель с индивидуальным лазером накачки, как показано на Рис. 4.

В схеме, приведенной на Рис. 5, оптический усилитель введён в цепь Rx порта В, так что дополнительно усиливаются только те сигналы, которые поступают извне в порты А и С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. США № 6.912.339 В2 <http://www.uspto.gov>.
2. Пат. США RE40.425E <http://www.uspto.gov>.
3. Шевкопляс Б.В. *Элементы схемотехники оптоволоконных систем. Инженерные решения.* — М.: ИП РадиоСофт, 2011. — 756 с., ил.