

Применение реверсивных оптических циркуляторов в Add-drop мультиплексорах

Реверсивный оптический циркулятор под действием управляющего сигнала может изменять направление передачи данных. Если нормальным считается направление по часовой стрелке, то реверсным — против часовой стрелки, и наоборот. Так, в примере, приведенном на Рис. 1, *а*, направление распространения данных через четырёхпортовый циркулятор указано стрелкой и соответствует последовательности портов $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ и т. д. После перевода циркулятора в реверсный режим (Рис. 1, *в*, управляющий вход не показан) последовательность портов противоположна: $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ и т. д.

В момент перевода циркулятора из одного режима в другой состояние сигналов на выходах его портов не определено. Однако это не создаёт особых проблем, так как смена режимов — редкое событие, связанное с изменением конфигурации системы передачи данных, например, вследствие обрыва оптического кабеля.

При анализе приведенных далее решений [1] реверсивный оптический циркулятор удобно рассматривать как коммутатор со структурой 2×2 (Рис. 1, *б*, *г*). В нормальном режиме порт *A* соединён с портом *B*, порт *C* — с портом *D*. В реверсном режиме порт *A* соединён с портом *D*, порт *C* — с портом *B*.

Четырёхпортовый реверсивный оптический циркулятор можно построить из двух трёхпортовых циркуляторов, как показано на Рис. 2.

Рассмотрим применение реверсивных оптических циркуляторов в качестве Add-drop мультиплексоров *Z* (Рис. 3). Мультиплексор *Z* передаёт данные между магистральными устройствами *A* и *C*, а также ответвляет часть сигналов в промежуточное устройство *B*. При возникновении неисправности типа «обрыв» мультиплексор перераспределяет оставшиеся работоспособными линии для их использования в других направлениях.

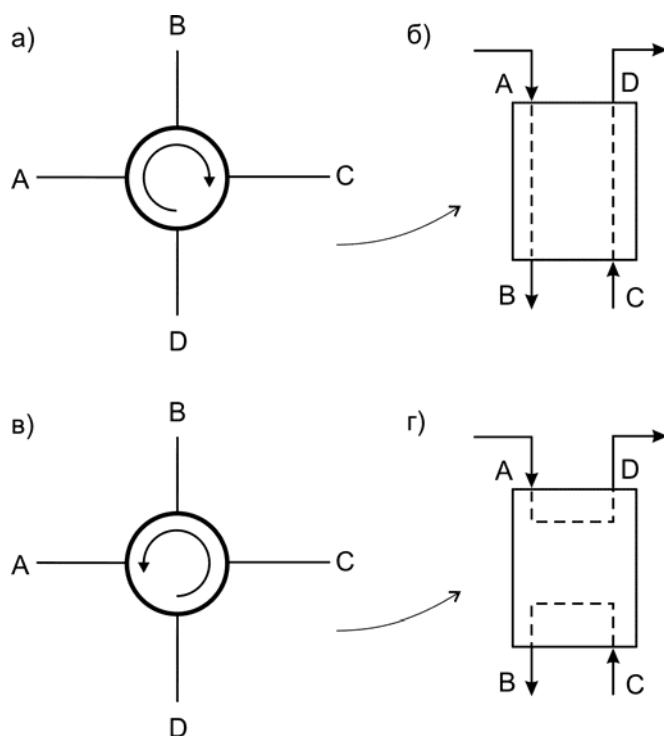


Рис. 1. Реверсивный оптический циркулятор в режимах: *а*, *б* — нормальном; *в*, *г* — реверсном

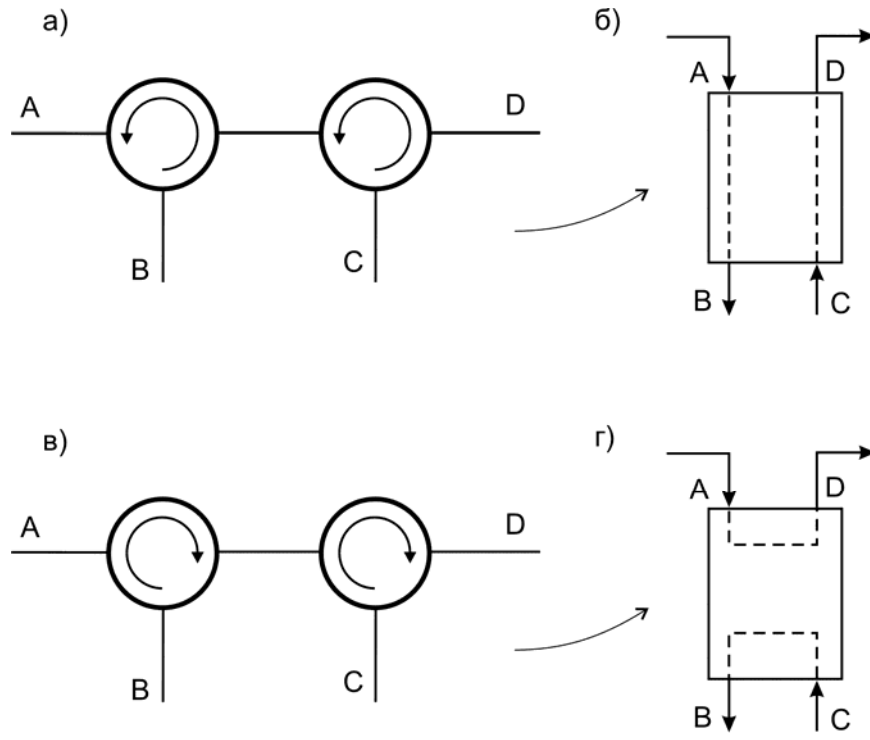


Рис. 2. Аналог реверсивного оптического циркулятора, показанного на Рис. 1

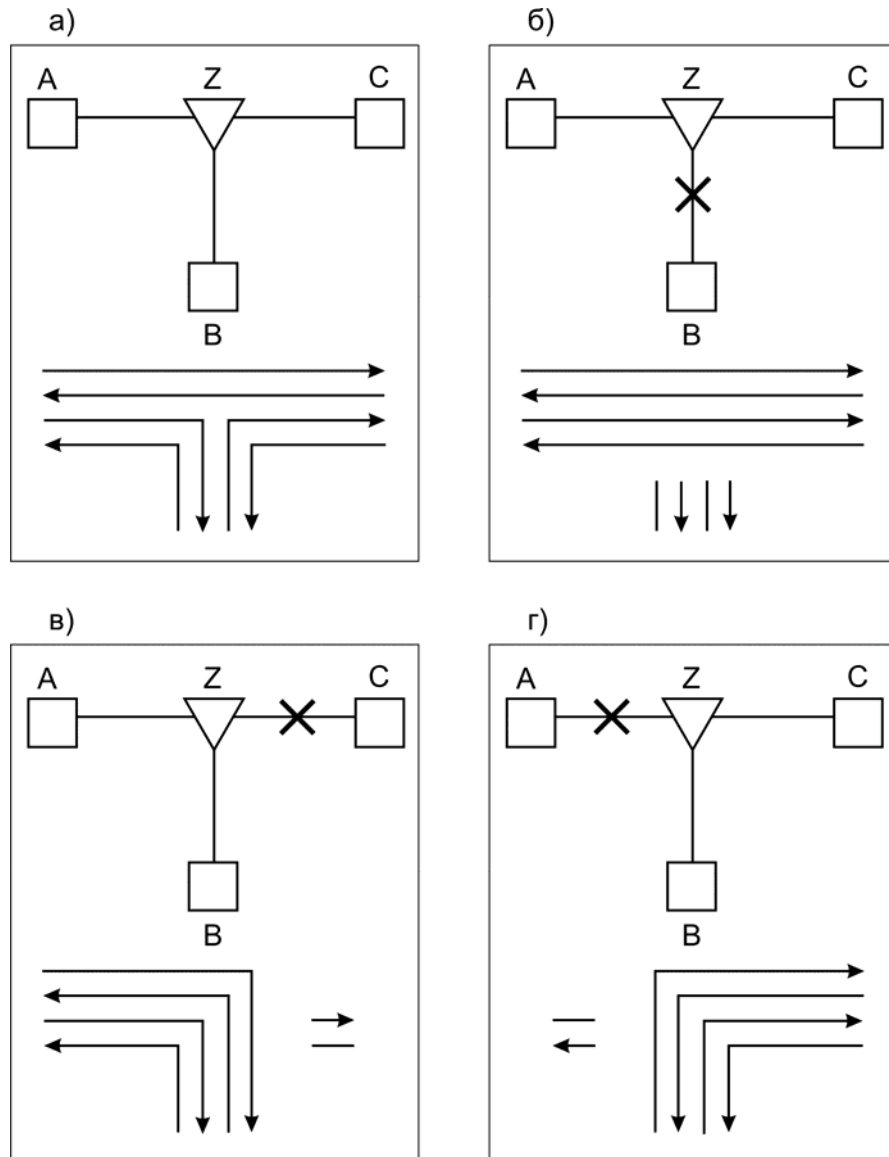


Рис. 3. Функционирование Add-drop мультиплексора Z: *a* — в отсутствие неисправностей линии; *б* — *г* — после адаптации к неисправностям

На Рис. 4 приведены четыре варианта настройки мультиплексора Z (см. Рис. 3), выполненного на основе реверсивных оптических циркуляторов. Циркуляторы, функционирующие в режиме реверса, помечены буквами R.

На Рис. 5 показан пример мультиплексора, в котором использованы четырёхпортовый реверсивный оптический циркулятор и два фильтра на основе решёток Брэгга. Решётки настроены на длину волны λ_i . Напомним, что такой фильтр выполняет функцию зеркала по отношению к сигналу с длиной волны λ_i . Сигналы с другими длинами волн свободно проходят через фильтр. Число фильтров может быть увеличено последовательным подключением аналогичных пар к имеющейся паре.

В нормальном режиме (Рис. 5, *a*) сигнал с длиной волны λ_i поступает в порт A; в процессе прохождения через циркулятор он последовательно отражается от двух внешних фильтров, передаётся в порт D и продолжает распространение по магистрали. Сигнал с длиной волны λ_j , поступающий в порт A, через порт B и первый фильтр поступает в ответвление от магистрали. Взамен этого сигнала из ответвления принимается сигнал с той же длиной волны. Он пересылается в порт D и далее распространяется по магистрали.

В реверсном режиме (Рис. 5, *б*) входные сигналы, независимо от их длин волн, передаются из порта A в порт D и продолжают распространение по магистрали. В то же

время сигнал, поступающий из ответвления, возвращается обратно, что может быть полезно при диагностике ошибок со стороны устройства, расположенного на ответвлении.

На Рис. 6 представлен аналог мультиплексора, показанного на Рис. 5.

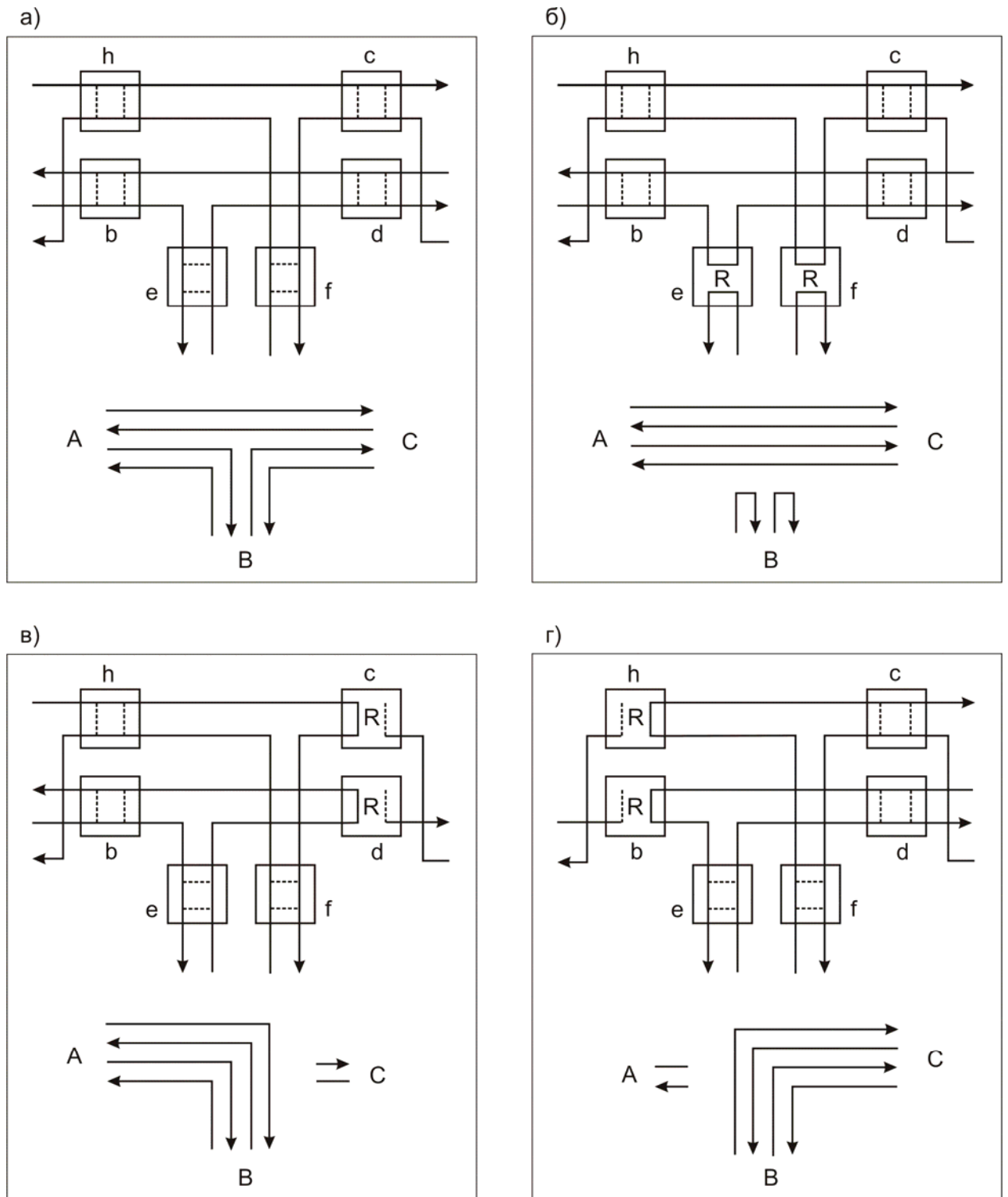


Рис. 4. Использование реверсивных оптических циркуляторов в составе мультиплексоров Z (Рис. 3)

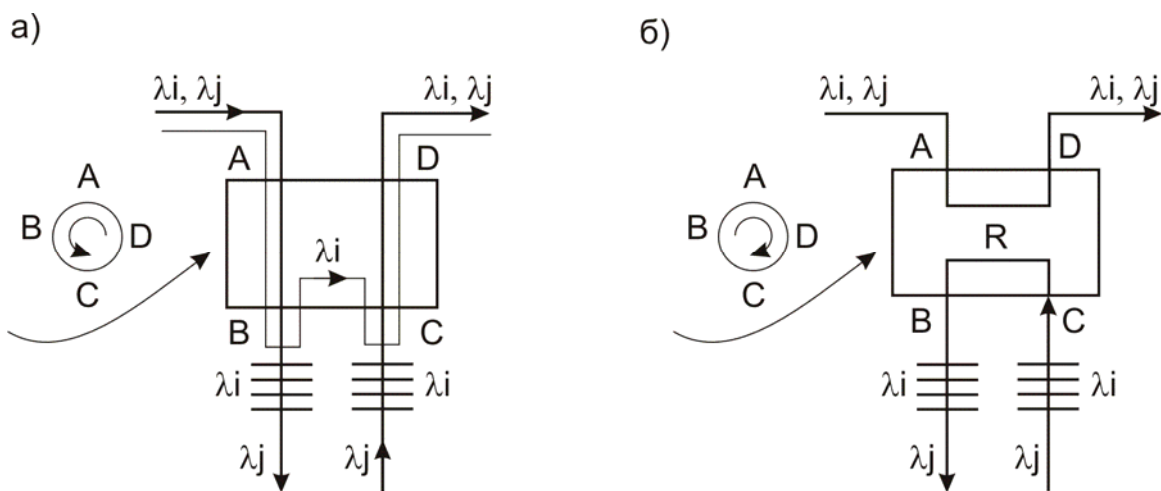


Рис. 5. Совместное использования четырёхпортового реверсивного оптического циркулятора и двух фильтров на основе решёток Брэгга

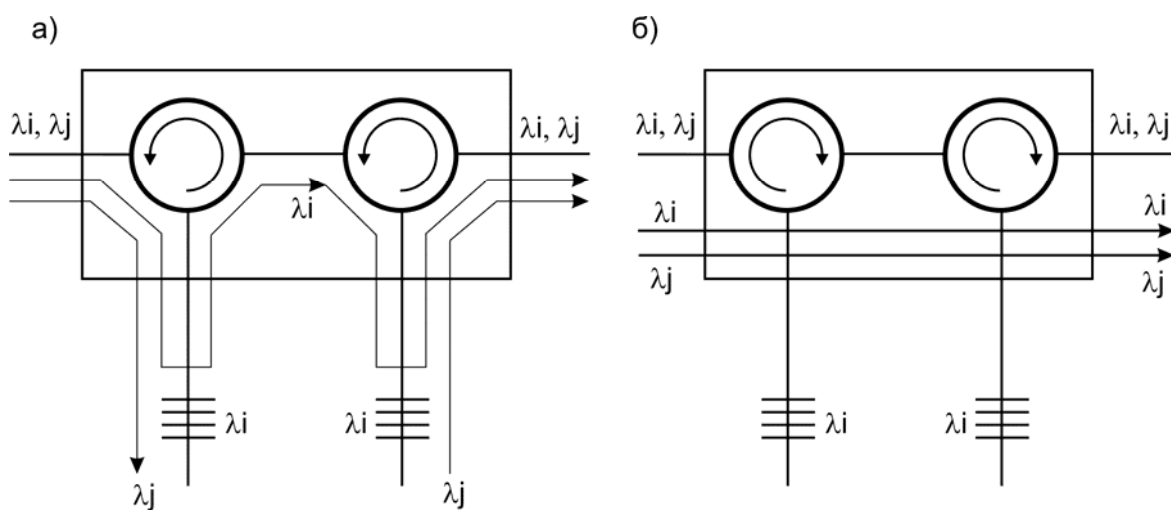


Рис. 6. Аналог устройства, показанного на Рис. 5

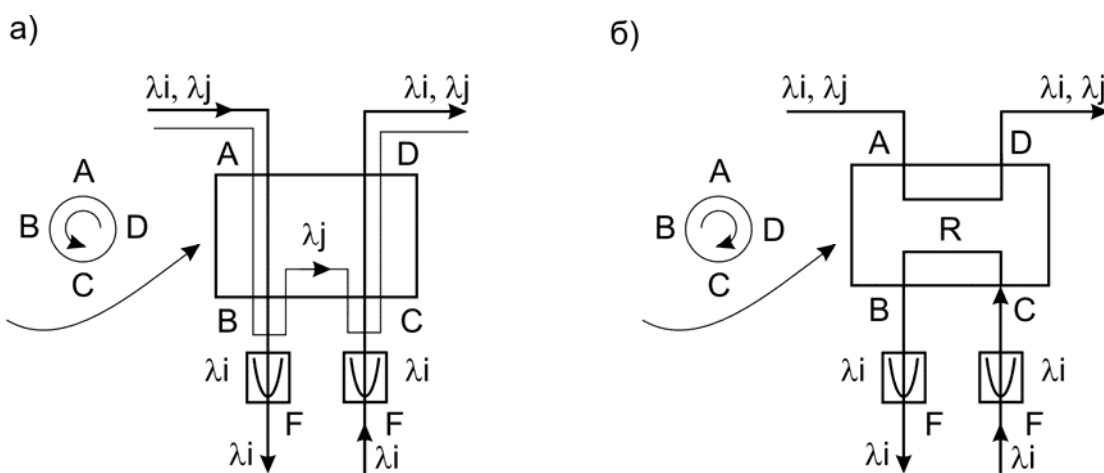


Рис. 7. Аналог схемы, приведенной на Рис. 5; отражающие фильтры заменены пропускающими

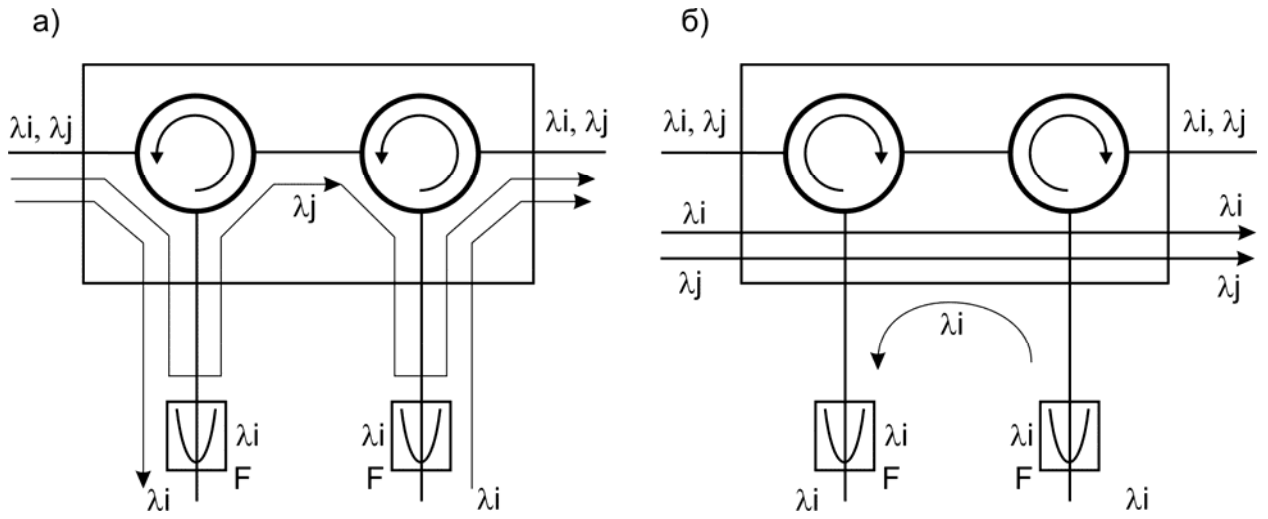


Рис. 8. Аналог схемы, приведенной на Рис. 6; отражающие фильтры заменены пропускающими

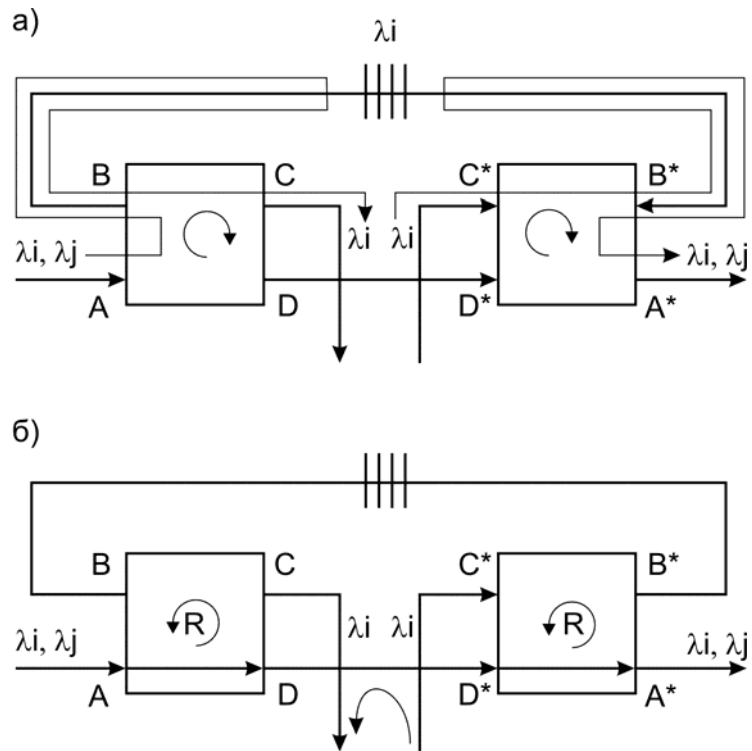


Рис. 9. Вариант построения мультиплексора

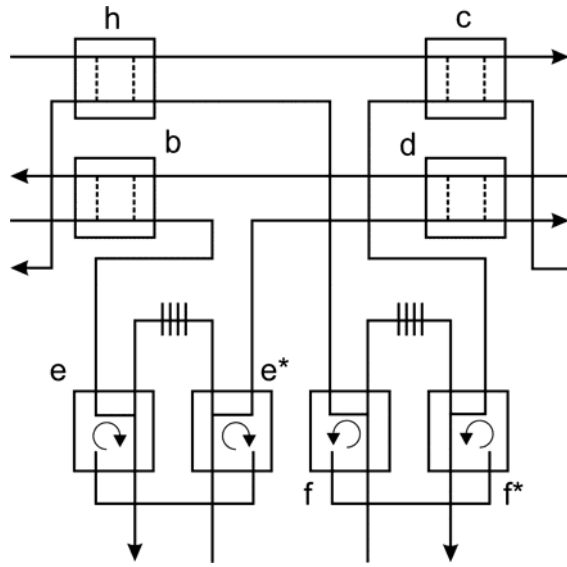
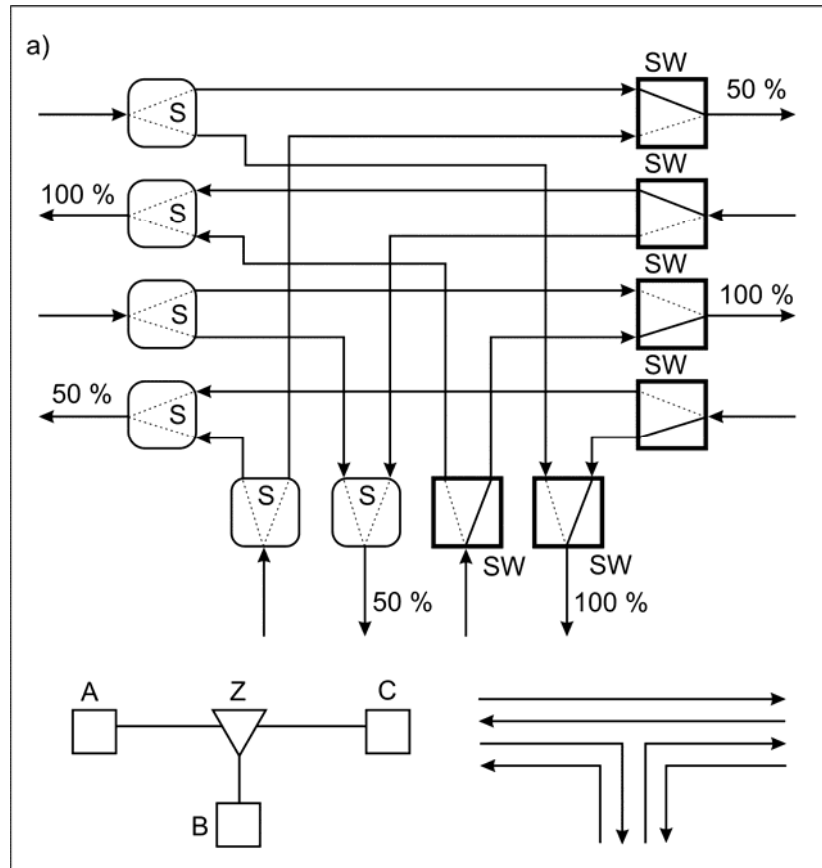
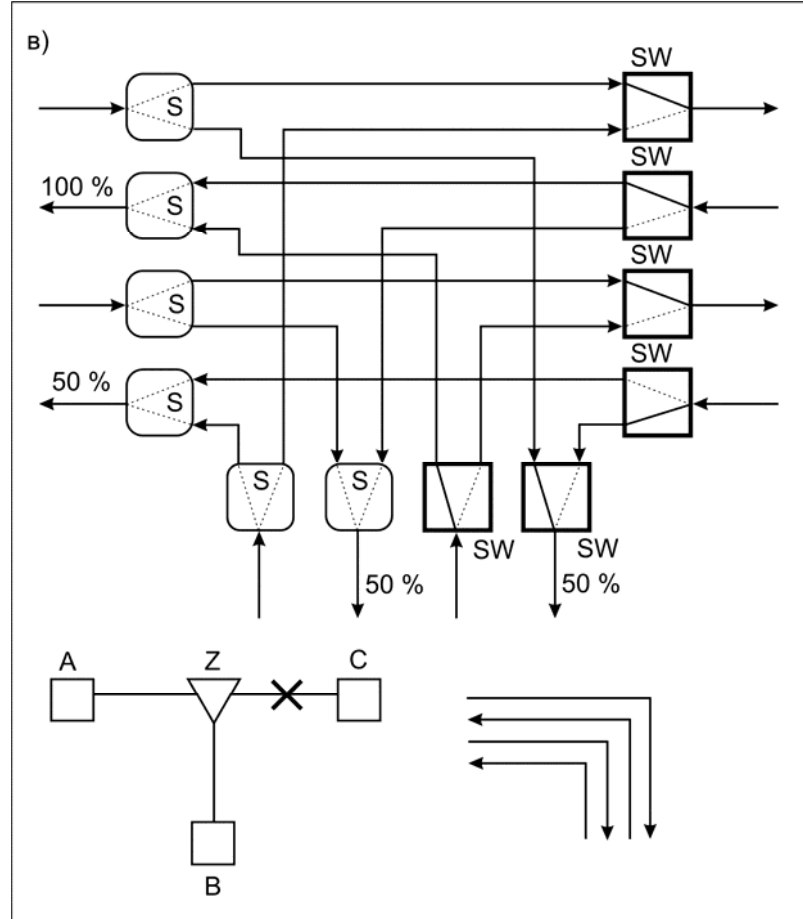
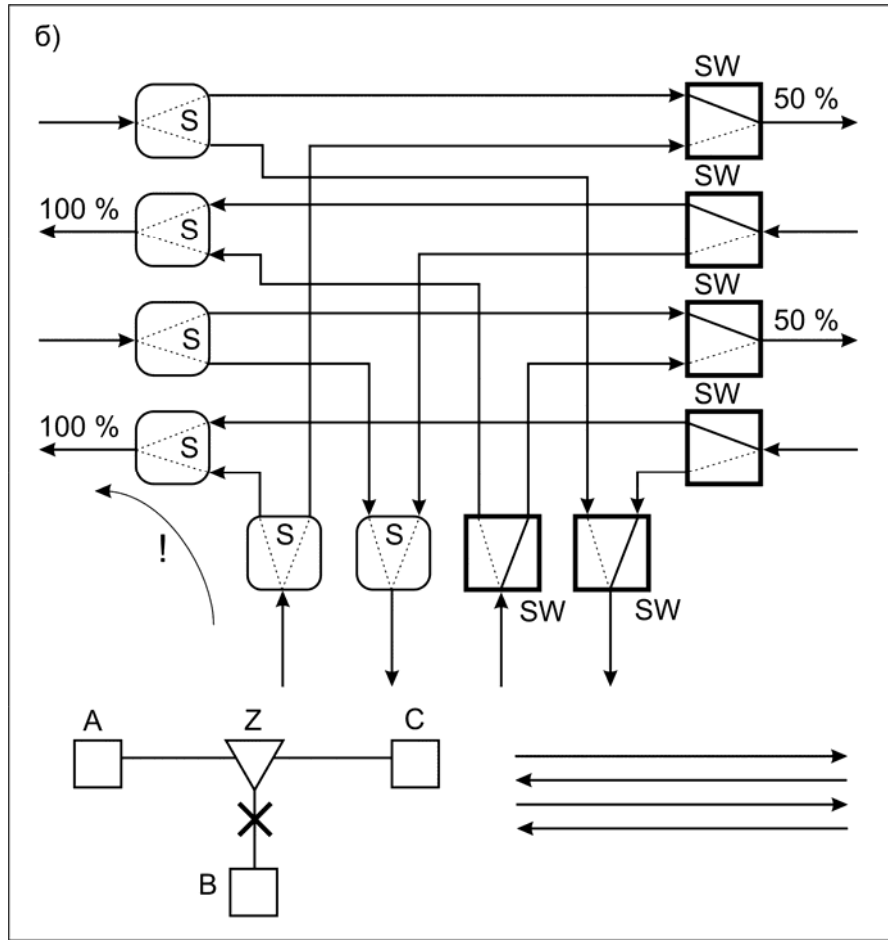


Рис. 10. Вариант построения мультиплексора





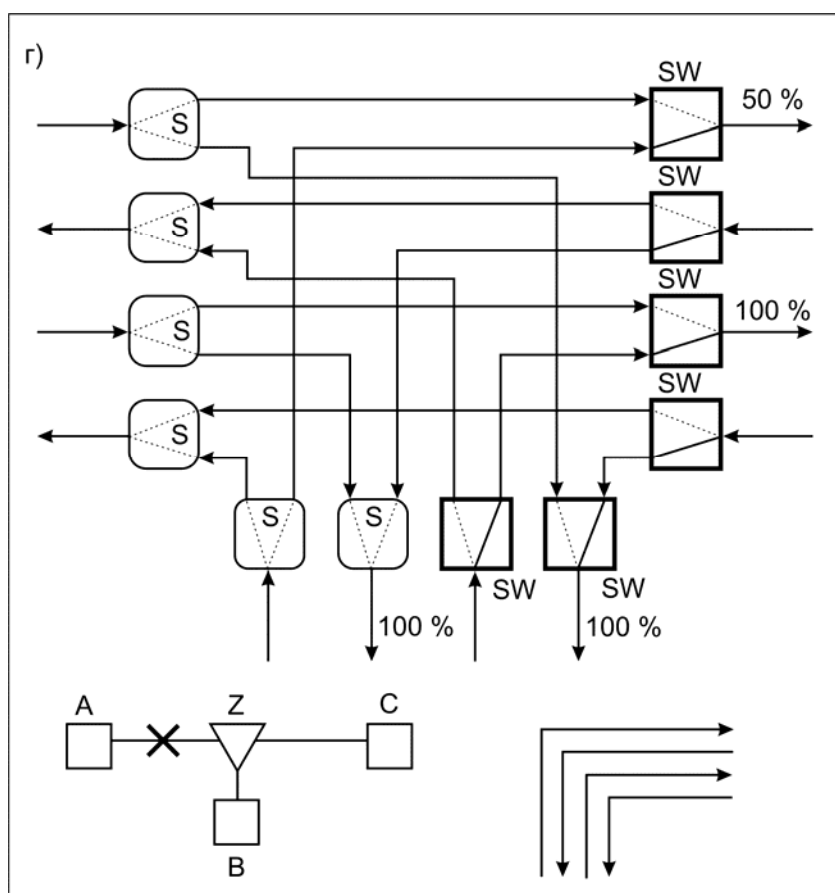


Рис. 11. Варианты настройки мультиплексора Z, построенного с использованием сплиттеров/сумматоров S и коммутаторов SW; сигналы управления коммутаторами не показаны

В мультиплексорах, представленных на Рис. 7 и Рис. 8, в отличие от двух предыдущих, вместо фильтров на основе решёток Брэгга применены фильтры F функционально противоположного типа: они пропускают (а не отражают) сигналы с заданными длинами волн. Такая замена возможна во всех рассмотренных здесь схемах с фильтрами на основе решёток Брэгга с учётом соответствующего перераспределения длин волн.

На Рис. 9 и Рис. 10 показаны ещё два варианта построения мультиплексоров с использованием решёток Брэгга.

Для сопоставления с ранее рассмотренными решениями на Рис. 11 представлены варианты настройки мультиплексора Z, построенного без использования оптических циркуляторов. В данном случае применены более дешёвые сплиттеры/сумматоры S и коммутаторы SW. Сплиттер/сумматор S разделяет входной сигнал на две части или объединяет их. Коммутатор под действием сигнала управления (на рисунке эти сигналы не показаны) выбирает один из двух путей распространения сигналов данных.

Первый недостаток этой схемы состоит в том, что уровни выходных сигналов зависят от пути их распространения. Уровни уменьшаются в два раза, т. е. составляют 50 % от номинальных, если сигнал прошёл через сплиттер (см. пометки «50 %» на рисунке). Вторым недостатком — неполная изоляция неисправных связей и элементов. Например, сигнал помехи со стороны неисправной линии (см. знак «!» на Рис. 11, б) передаётся в исправную.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. США № 5.838.477 <http://www.uspto.gov>.