

Синхронный детектор

Синхронное детектирование основано на операции умножения сигналов.

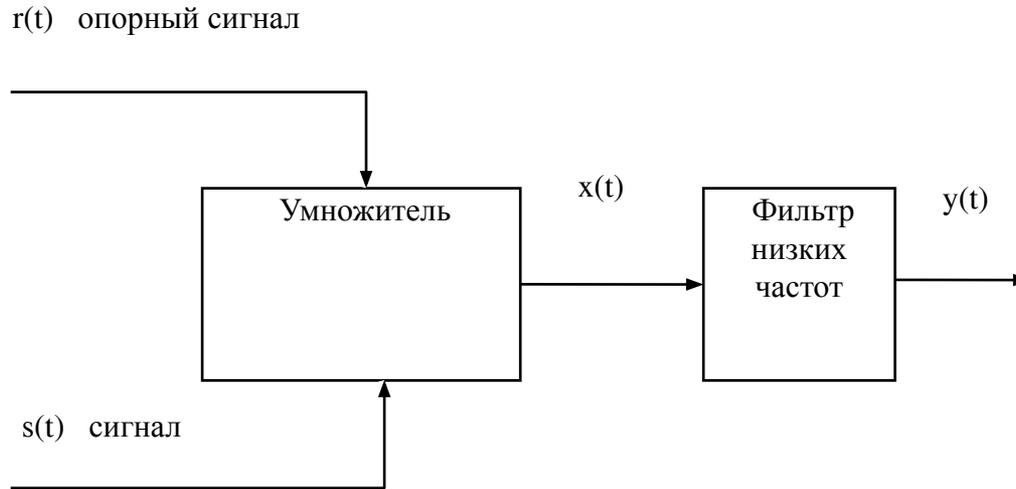


Схема синхронного детектора

На входы умножителя подаются два гармонических сигнала: так называемый опорный сигнал с постоянной частотой и амплитудой $r(t) = R \sin(\omega_R t)$ и сигнал $s(t) = S \sin(\omega t + \phi)$. Тогда выходной сигнал умножителя будет иметь вид:

$$x(t) = r(t) s(t) = R S (\cos((\omega - \omega_R)t + \phi) - \cos((\omega + \omega_R)t + \phi)) / 2$$

В результате умножения появляются гармонические составляющие на суммарной $(\omega + \omega_R)$ и разностной $(\omega - \omega_R)$ частотах .

В синхронном детекторе используется составляющая на разностной частоте. Ее выделяет фильтр низких частот, включенный на выходе умножителя. Фильтр пропускает сигналы с частотами ниже частоты среза фильтра ω_C и подавляет более высокочастотные сигналы. Частота среза устанавливается намного меньшей, чем опорная частота ω_R . Поэтому ненулевой отклик на выходе фильтра дадут лишь те сигналы, частоты которых близки к опорной частоте (отличаются от опорной частоты на величину, не превышающую частоту среза фильтра низких частот).

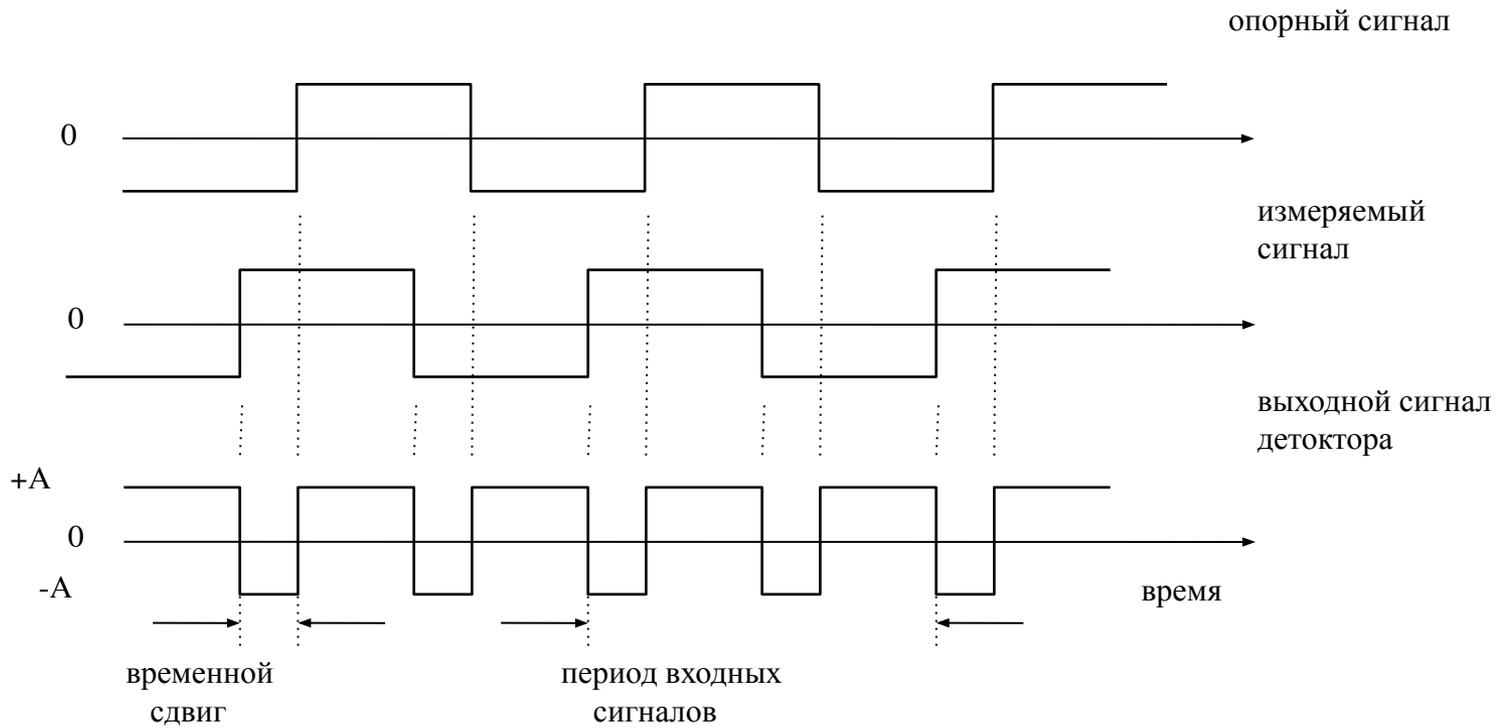
В случае, когда частота сигнала точно равна опорной частоте (сигналы на входах умножителя синхронны - отсюда название детектора), в результате умножения появится составляющая с нулевой разностной частотой, т.е. постоянная составляющая. На выход фильтра пройдет только эта постоянная составляющая. Для фильтра с коэффициентом передачи в полосе пропускания, равным единице, выходной сигнал будет равен:

$y_s(t) = \text{const} = R S \cos(\phi) / 2$ - выход синхронного детектора пропорционален амплитуде входного сигнала и зависит от фазового сдвига относительно опорного сигнала.

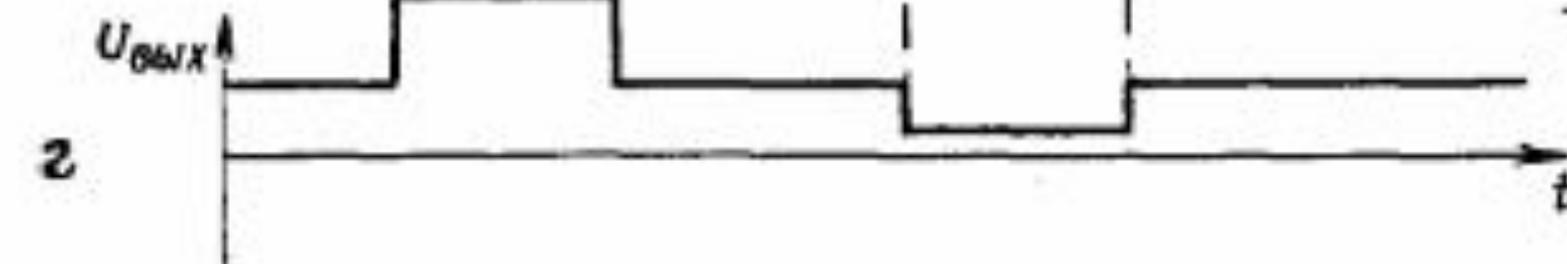
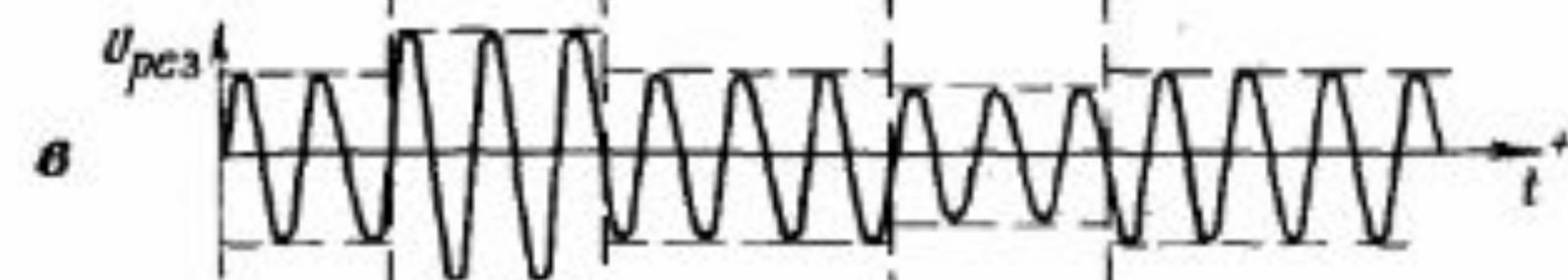
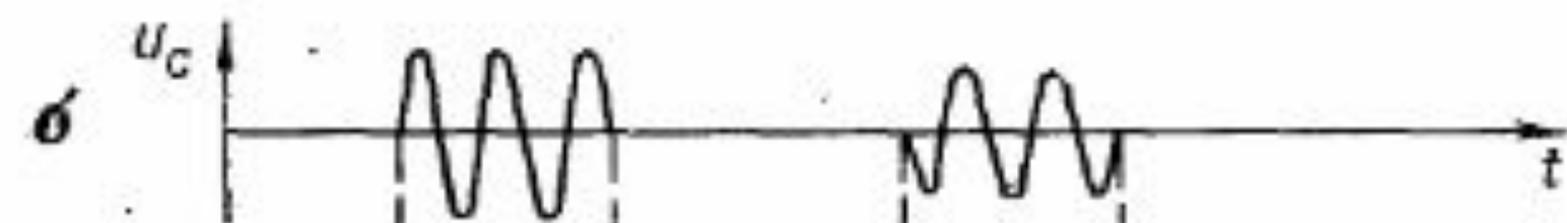
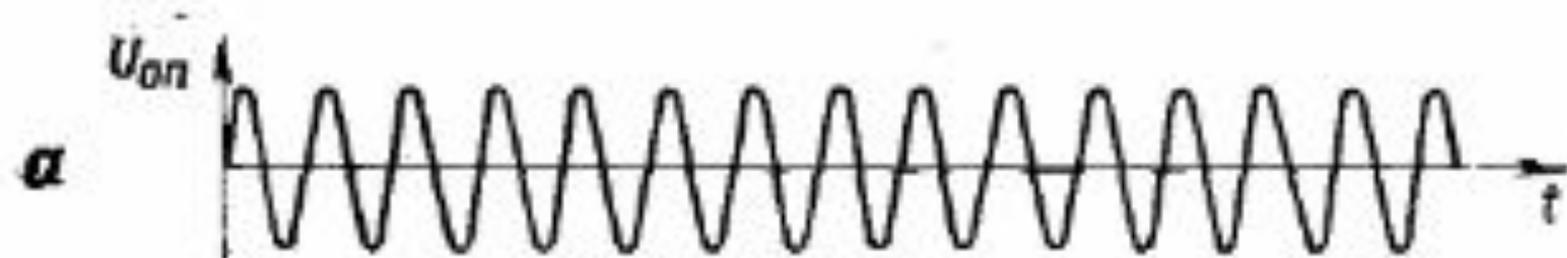
Таким образом, синхронный детектор обладает свойствами, важными для обработки сигналов:

- чувствителен к фазе и амплитуде измеряемого сигнала,
- обладает высокой частотной избирательностью.

Часто используется разновидность синхронного детектора, в котором опорный сигнал имеет форму меандра. В этом случае операция умножения на опорный сигнал сводится к изменению знака сигнала в соответствии со знаком опорного сигнала и может быть сравнительно просто реализована с помощью различных электронных переключателей (диодных, транзисторных, специальных интегральных схем). Такой вид перемножителя также называется балансным модулятором или демодулятором - в зависимости от функции, выполняемой перемножителем.

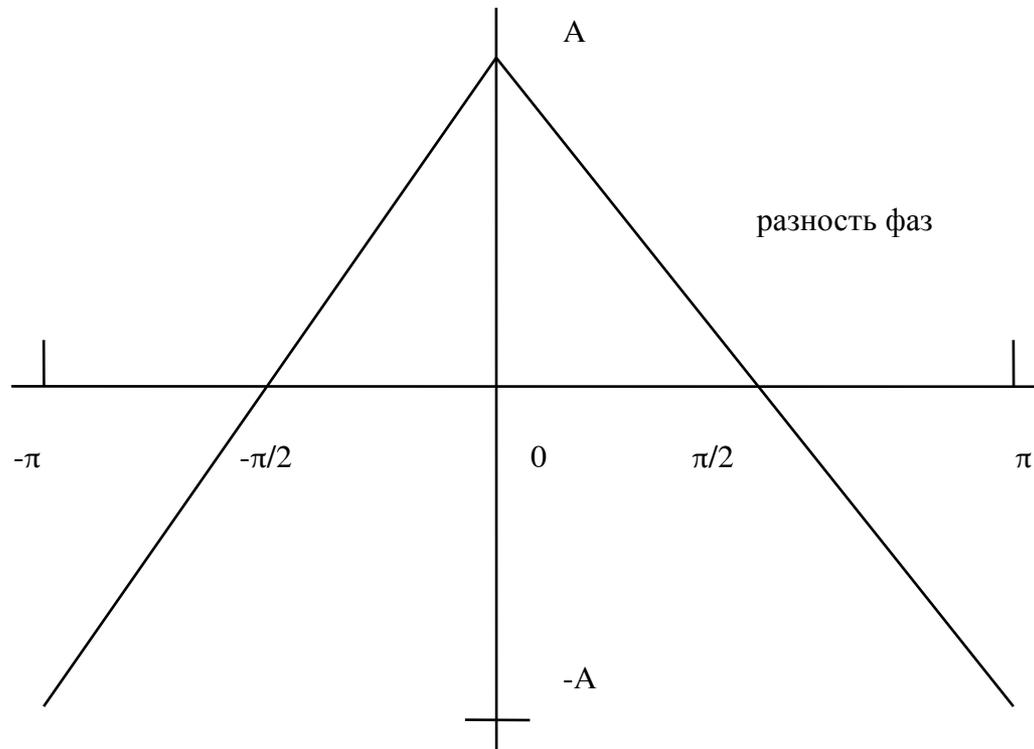


Умножение прямоугольных сигналов



При нулевой разности фаз постоянная составляющая принимает максимальное значение A (A - амплитуда прямоугольного выходного сигнала). Для противофазных сигналов (разность фаз равна $+\pi$ или $-\pi$) эта составляющая минимальна и равна $-A$. При разности фаз $+\pi/2$ или $-\pi/2$ сигналы взаимно ортогональны, и среднее значение на выходе равно нулю.

среднее значение
на выходе



Фазовая характеристика синхронного детектора для
прямоугольных сигналов