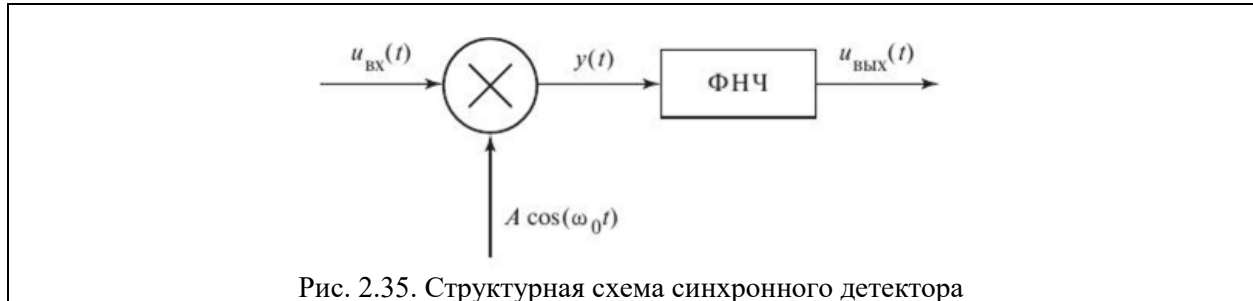


Метод синхронного детектирования

В отличие от обычного амплитудного детектора синхронный детектор выделяет огибающую сигнала, синхронного и синфазного с дополнительным опорным сигналом, т.е. имеющего такие же частоту и фазу, как и опорный сигнал. Для этого на вход синхронного детектора кроме детектируемого сигнала подается еще и опорный сигнал.



Существует несколько разновидностей синхронных детекторов. Структурная схема основного варианта представлена на рис. 2.35. На некий нелинейный элемент, изображенный на схеме как перемножитель, подаются детектируемый сигнал

$$u_{\text{вх}}(t) = U_m(t) \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

с неизвестной начальной фазой φ и опорный сигнал $A \cos(\omega_0 t)$, где они перемножаются.

В результате перемножения получается сигнал

$$\begin{aligned} y(t) &= U_m(t) \cos(\omega_0 t + \varphi) A \cos(\omega_0 t) = \\ &= \frac{AU_m(t)}{2} \cos(2\omega_0 t + \varphi) + \frac{AU_m(t)}{2} \cos \varphi. \end{aligned} \quad (2.30)$$

Первое слагаемое в выражении (2.30) — это высокочастотный сигнал, который ФНЧ не пропустит. На выходе ФНЧ будет только низкочастотная составляющая, т.е.

$$u_{\text{вых}} = \frac{AU_m(t)}{2} \cos \varphi. \quad (2.31)$$

Таким образом, выходной сигнал оказывается пропорциональным амплитуде входного сигнала при любых уровнях входного сигнала, т.е. синхронный детектор обеспечивает линейный режим детектирования при любых, сколь угодно малых, уровнях сигнала. Это выгодно отличает синхронный детектор от других видов детекторов.

Второе преимущество синхронного детектора состоит в возможности отделения помехи от сигнала после детектирования. Пусть кроме полезного сигнала на вход синхронного детектора попадает сигнал помехи

$$u_{\text{п}}(t) = U_{m \text{ п}} \cos(\omega_{\text{п}} t + \varphi),$$

причем несущая частота помехи $\omega_{\text{п}}$ очень близка к частоте сигнала ω_0 , но не равна ей. Тогда после перемножения с опорным сигналом и прохождения через ФНЧ на выходе детектора сигнал помехи будет иметь вид:

$$u_{\text{п.в.ых}}(t) = \frac{AU_m \Pi}{2} \cos [(\omega_{\text{п}} - \omega_0)t + \varphi_{\text{п}}]. \quad (2.32)$$

Поскольку $\omega_0 \approx \omega_{\text{п}}$, это будет низкочастотный сигнал, который можно отделить от полезного сигнала с помощью фильтра.

Еще одна особенность синхронного детектора состоит в том, что согласно (2.31) значение продетектированного сигнала зависит от фазы входного сигнала φ . Это обстоятельство можно использовать для детектирования фазомодулированных сигналов (ФМ-сигналов). Однако в тех случаях, когда задача детектирования состоит в выделении огибающей входного сигнала, фаза которого неизвестна или изменяется во времени, зависимость продетектированного сигнала от фазы становится мешающим фактором.

Для выделения огибающей в «чистом» виде при неизвестной или переменной фазе сигнала используется более сложное устройство, структурная схема которого изображена на рис. 2.36.

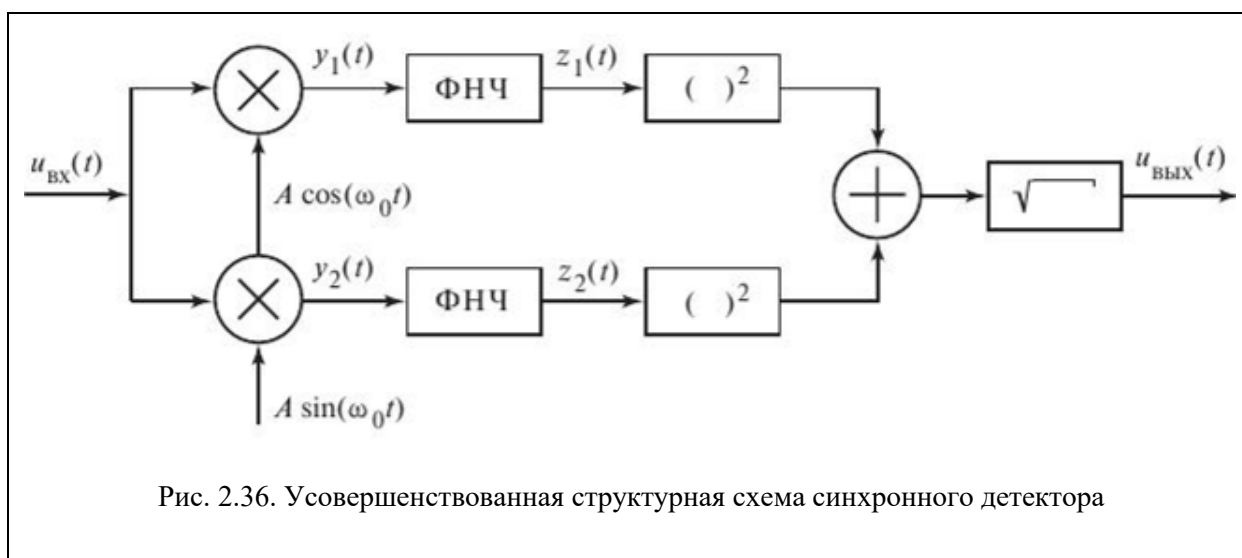


Рис. 2.36. Усовершенствованная структурная схема синхронного детектора

Схема содержит два синхронных детектора, на один из них подается опорный сигнал $A \cos(\omega_0 t)$, на второй - $A \sin(\omega_0 t)$. Рассмотрим работу этого устройства.

Детектируемый входной сигнал можно записать в виде

$$u_{\text{вх}}(t) = U_m(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)] = U_m(t) \cos(\omega_0 t) \cos \varphi(t) - U_m(t) \sin(\omega_0 t) \sin \varphi(t). \quad (2.33)$$

После перемножения этого сигнала с опорным сигналом $A \cos(\omega_0 t)$ в первом канале получим

$$y_1(t) = \frac{AU_m(t)}{2} \cos \varphi(t) + \frac{AU_m(t)}{2} \cos \varphi(t) \cos(2\omega_0 t) - \frac{AU_m(t)}{2} \sin \varphi(t) \sin(2\omega_0 t),$$

а после фильтра нижних частот будем иметь

$$z_1(t) = \frac{AU_m(t)}{2} \cos \varphi(t). \quad (2.34)$$

Аналогично во втором канале после перемножения с опорным сигналом $A \sin(\omega_0 t)$ находим

$$y_2(t) = \frac{AU_m(t)}{2} \cos \varphi(t) \sin(2\omega_0 t) - \frac{AU_m(t)}{2} \sin \varphi(t) + \\ + \frac{AU_m(t)}{2} \sin \varphi(t) \cos(2\omega_0 t),$$

а после фильтра нижних частот

$$z_2(t) = \frac{AU_m(t)}{2} \sin \varphi(t). \quad (2.35)$$

Далее сигналы $z_1(t)$ и $z_2(t)$ возводятся в квадрат и складываются. В результате исключается зависимость протектированного сигнала от фазы:

$$z_1^2(t) + z_2^2(t) = \frac{A^2 U_m^2(t)}{4} [\cos^2 \varphi(t) + \sin^2 \varphi(t)] = \frac{A^2 U_m^2(t)}{4}. \quad (2.36)$$

И, наконец, после операции извлечения квадратного корня получается выходной сигнал

$$u_{\text{вых}}(t) = \frac{AU_m(t)}{2}. \quad (2.37)$$

Операции перемножения, возведения в квадрат и извлечения квадратного корня требуют высокой точности выполнения, поэтому такую обработку сигнала целесообразно проводить с помощью цифровой техники.