

Умножители частоты

В тех случаях, когда имеется источник гармонических колебаний с частотой ω , а требуется получить колебание с частотой $N\omega$, где N -целое число, используют каскад, называемый умножителем частоты (УЧ). Причины, вынуждающие применять УЧ в устройстве формирования сигналов, весьма различны.

1. При умножении частоты ФМ или ЧМ сигнала значение фазы или частоты увеличивается в N раз. Поэтому УЧ часто применяют в системах с ЧМ и ФМ для углубления модуляции.
2. Радиочастотные тракты с большим коэффициентом усиления склонны к самовозбуждению, если содержат только усилительные каскады. Развязать каскады по частоте можно применением УЧ.

3. Кроме того, УЧ применяются в сложных возбудителях РПДУ, создающих сетку стабильных частот, – синтезаторах частоты. УЧ обладает более слабой зависимостью входного сопротивления от нагрузки, чем в усилителе (входная и выходная часть УЧ работает на разных частотах). Поэтому его целесообразно использовать в качестве буферной ступени, ослабляющей влияние последующих каскадов на стабильность частоты задающего генератора.

Параметры умножителя частоты

- коэффициент умножения по частоте n ;
- выходная мощность n -й гармоники P_n ,
- входная мощность 1-й гармоники P_1 ,
- коэффициент преобразования $K_{\text{пр}} = P_n / P_1$;
- коэффициент полезного действия $\eta = P_n / P_0$ (в случае транзисторного умножителя),
- уровень подавления побочных составляющих.

Недостаток умножителей частоты на базе АГ состоит в сужении полосы синхронизма с увеличением номера гармоники n ;

Недостаток умножителей частоты на базе нелинейного элемента состоит в уменьшении коэффициента преобразования $K_{\text{пр}}$ с повышением n . Поэтому обычно ограничиваются значением $n = 2$ или 3 и при необходимости включают последовательно несколько умножителей частоты, чередуя их с усилителями.

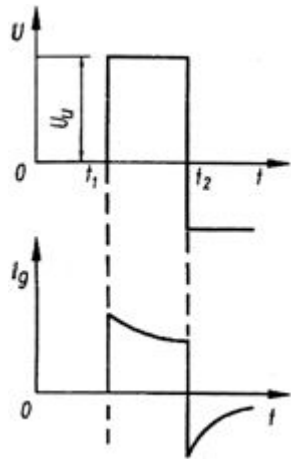
Классификация умножителей частоты

1. В УЧ первой группы воздействие колебания с частотой ω на нелинейный элемент дает спектр токов, где содержится нужная гармоника $N\omega$. Она выделяется с помощью фильтра, подавляющего все остальные гармоники. К этой группе относятся УЧ на биполярных, полевых транзисторах, лампах, диодах с накоплением заряда (ДНЗ), варакторах и других нелинейных элементах.

Классификация умножителей частоты

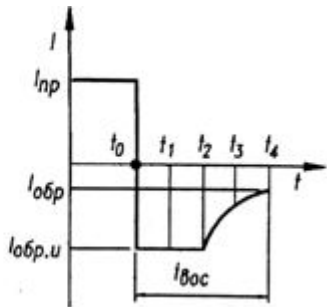
2. Ко второй группе относятся УЧ на основе автогенераторов (АГ) с частотой, близкой к $N\omega$, синхронизируемых стабильными колебаниями с частотой ω .
3. К третьей группе относятся умножители частоты на основе систем фазовой автоподстройки частоты.

Умножители частоты на диодах

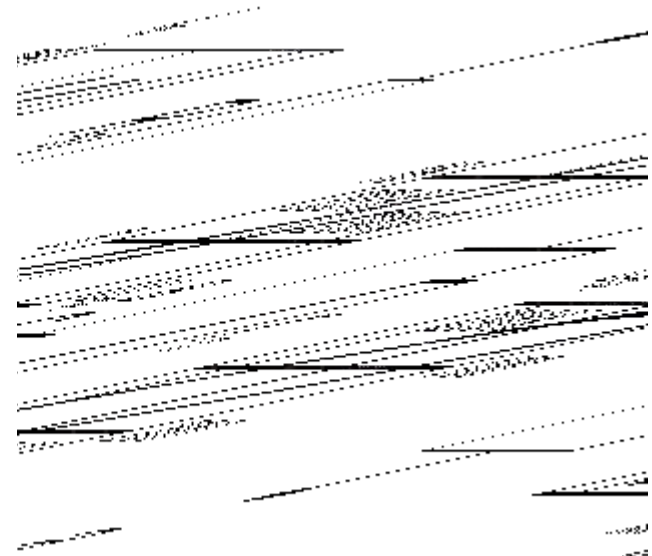


Входное напряжение

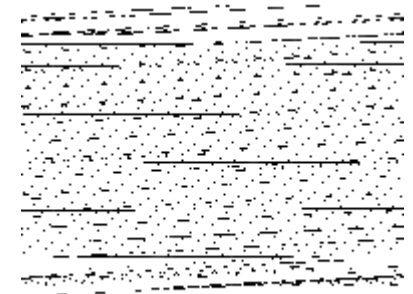
Ток через обычный диод



Ток через диод с накоплением заряда

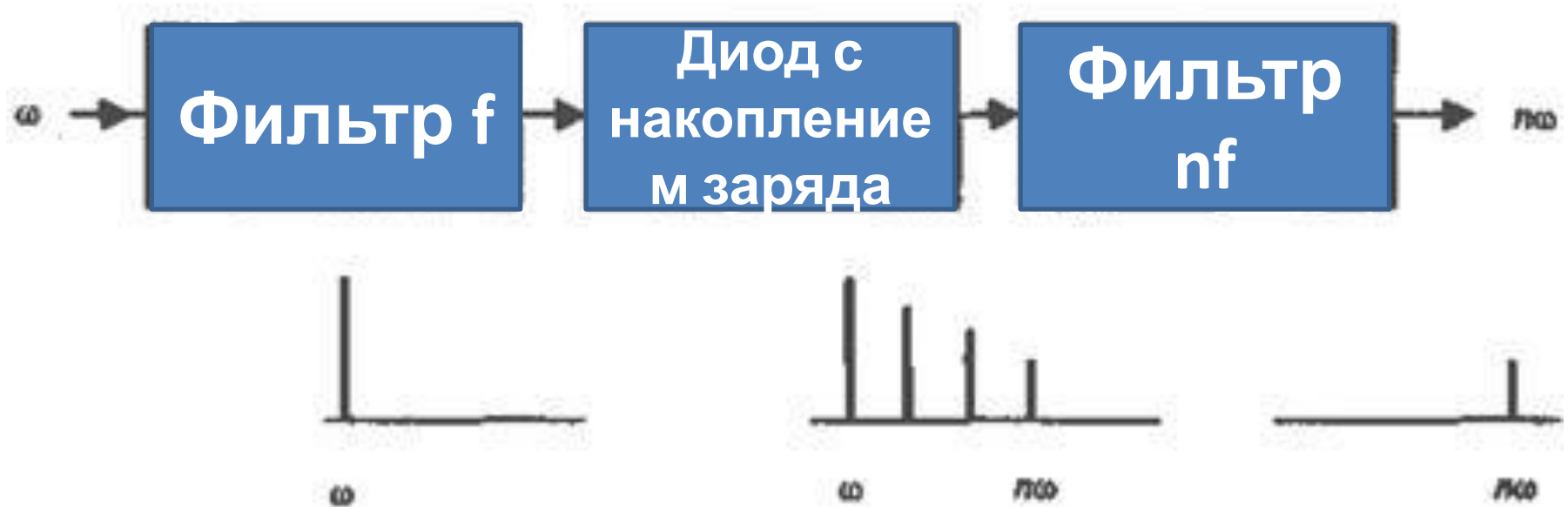


Вольт-амперная характеристика



Вольт-фарадная характеристика

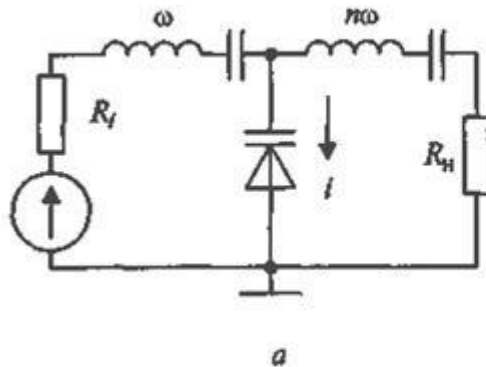
Умножители частоты на диодах



Умножитель частоты на диоде с накоплением заряда

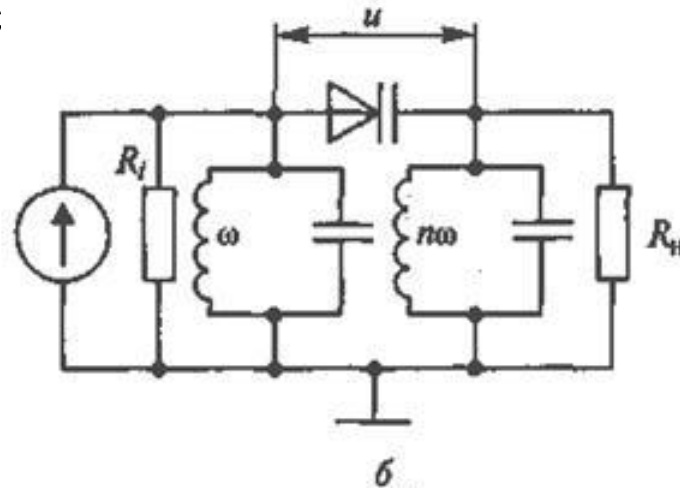
Умножители частоты на диодах

- В схеме диодного умножителя параллельного вида имеются два контура (или фильтра) последовательного типа, настроенные в резонанс соответственно с частотой входного ω и выходного $n\omega$ сигналов. Такие контуры имеют малое сопротивление на резонансной частоте и большое - на всех остальных. Поэтому первый контур, настроенный в резонанс с частотой входного сигнала ω , пропускает только 1-ю гармонику тока, а второй контур, настроенный в резонанс с частотой выходного сигнала $n\omega$, пропускает только n -ю гармонику.



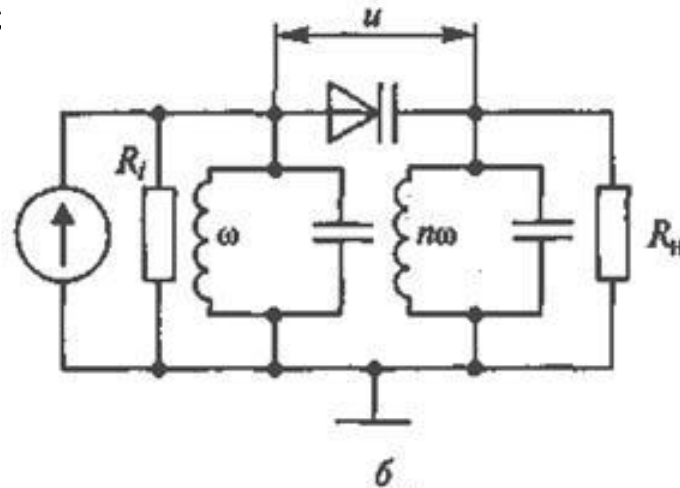
Умножители частоты на диодах

- Аналогичным образом работает вторая схема умножителя частоты последовательного вида, в которой имеется два контура (или фильтра) параллельного типа, настроенные в резонанс соответственно с частотой входного ω и выходного $n\omega$ сигналов. Такие контуры имеют большое сопротивление на резонансной частоте и малое - на всех остальных. Поэтому напряжение на первом контуре, настроенном в резонанс с частотой входного сигнала ω , содержит только 1-ю гармонику, а на втором контуре, настроенном в резонанс с частотой выходного с



Умножители частоты на диодах

- Аналогичным образом работает вторая схема умножителя частоты последовательного вида, в которой имеется два контура (или фильтра) параллельного типа, настроенные в резонанс соответственно с частотой входного ω и выходного $n\omega$ сигналов. Такие контуры имеют большое сопротивление на резонансной частоте и малое - на всех остальных. Поэтому напряжение на первом контуре, настроенном в резонанс с частотой входного сигнала ω , содержит только 1-ю гармонику, а на втором контуре, настроенном в резонанс с частотой выходного с



Умножители частоты на транзисторах

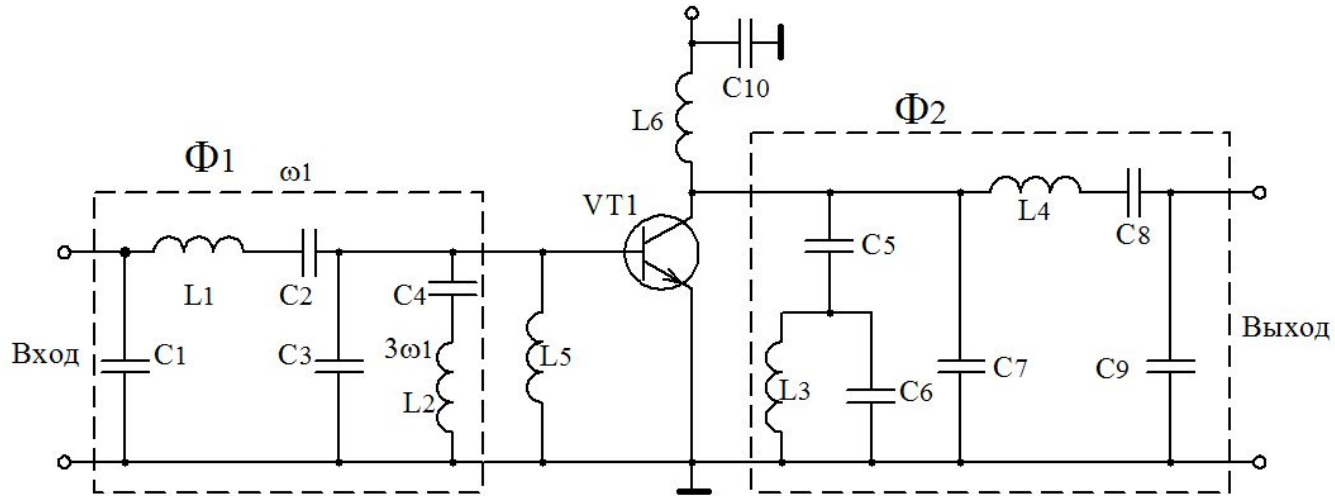
Схема транзисторного умножителя частоты и методика его расчета практически ничем не отличаются от усилителя.

- Необходимо выходную цепь генератора настроить на n -ю гармонику и выбрать $\theta=120^\circ/n$, соответствующее максимальному значению коэффициента $\alpha_n(\theta)$.
- При расчете выходной цепи коэффициент разложения по 1-й гармонике $\alpha_1(\theta)$ следует заменить на коэффициент по n -й гармонике $\alpha_n(\theta)$.

Контур в выходной цепи, настроенный в резонанс с n -й гармоникой сигнала, должен обладать удовлетворительными фильтрующими свойствами.

Коэффициент умножения схемы обычно не превышает 3–4 раз при КПД, равном 10–20%.

Умножители частоты на транзисторах



Умножитель частоты на

транзисторе

Φ1 – фильтр настроенный на первую гармонику.

Последовательный контур $L1C2$ настроен на первую гармонику, а контур $L2C4$ настроен на третью гармонику.

Φ2 – фильтр настроенный на пропускание третьей гармоники .

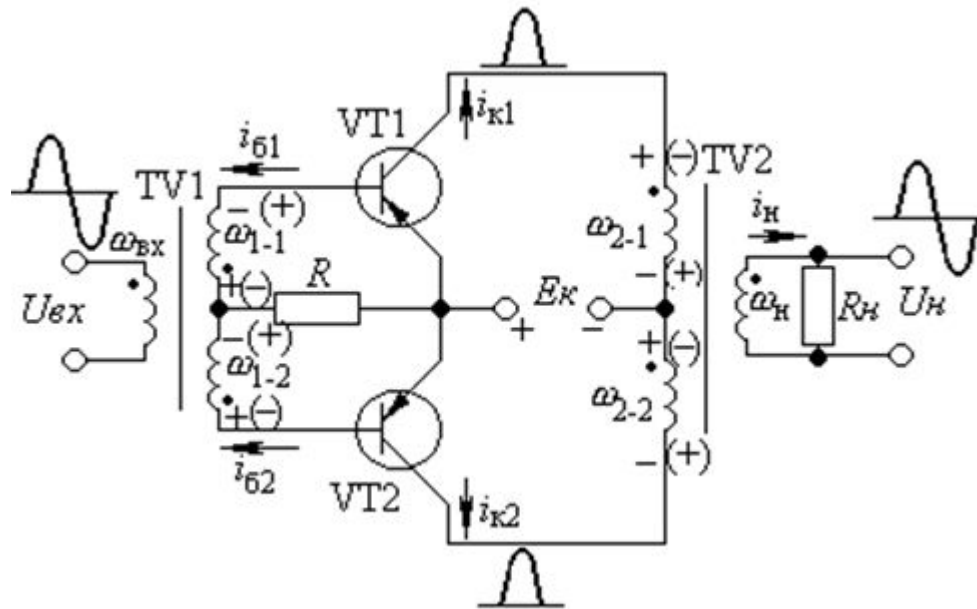
Параллельный контур $L3C6$ настроен на третью гармонику, а последовательный контур $C5L3C6$ настроен на первую гармонику.

Умножители частоты на транзисторах

- Если АЭ VT1 работает в режиме умножения частоты, то его КПД почти не зависит от кратности умножения, а полезная мощность P_N снижается в N раз по сравнению с P_1 . Критический режим УЧ имеет место при $R_{нN}$ в N раз большей и при амплитуде возбуждения в $0,5N^2$ раз большей, чем в режиме по первой гармонике.

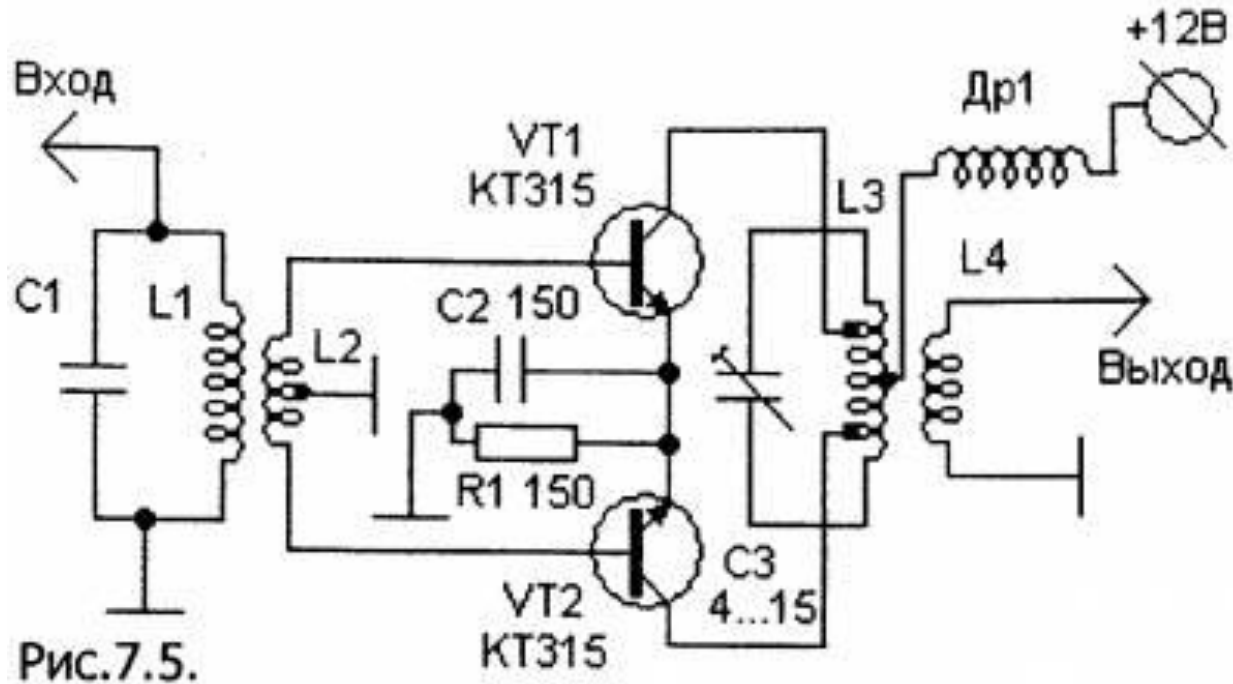
- $$R_{нN} = N \cdot R_{нкр1}$$
$$U_{вхN} = 0.5N^2 \cdot U_{вх1}$$

Умножители частоты на транзисторах



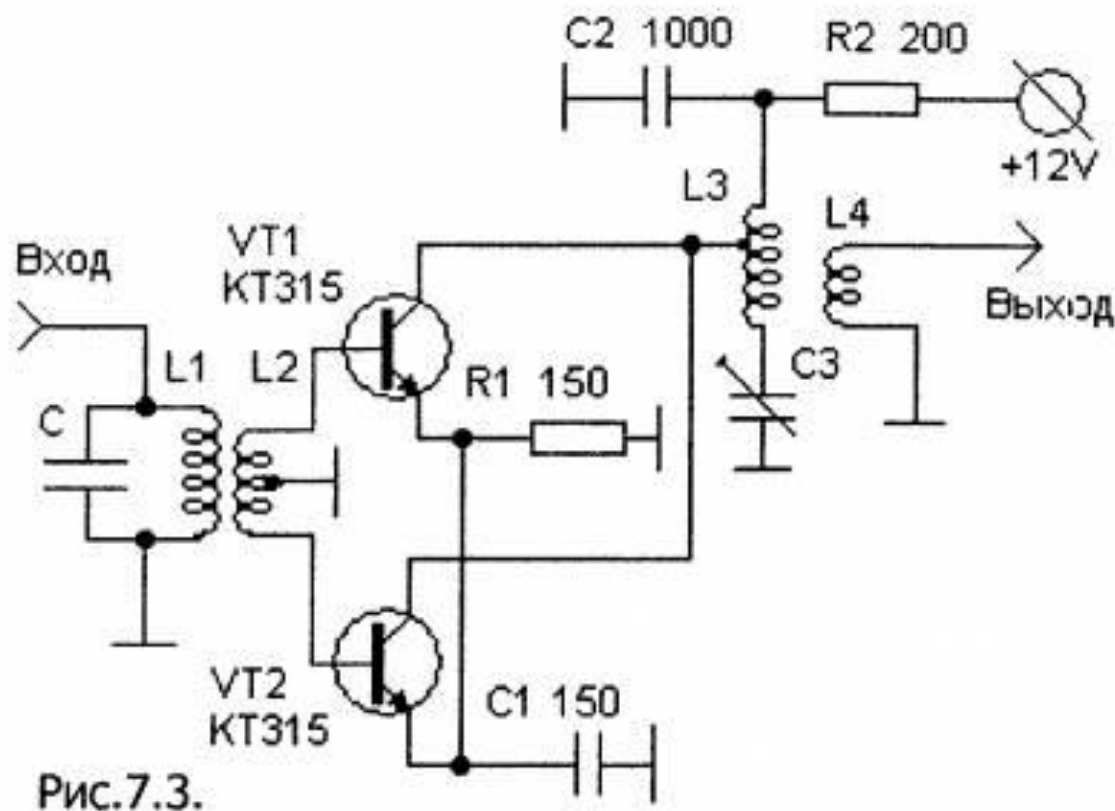
- Двухтактный усилитель на транзисторах

Умножители частоты на транзисторах



- Двухтактный умножитель на транзисторах для нечетных N

Умножители частоты на транзисторах



- Двухтактный умножитель на транзисторах для четных N

Умножители частоты синхронизируемом генераторе

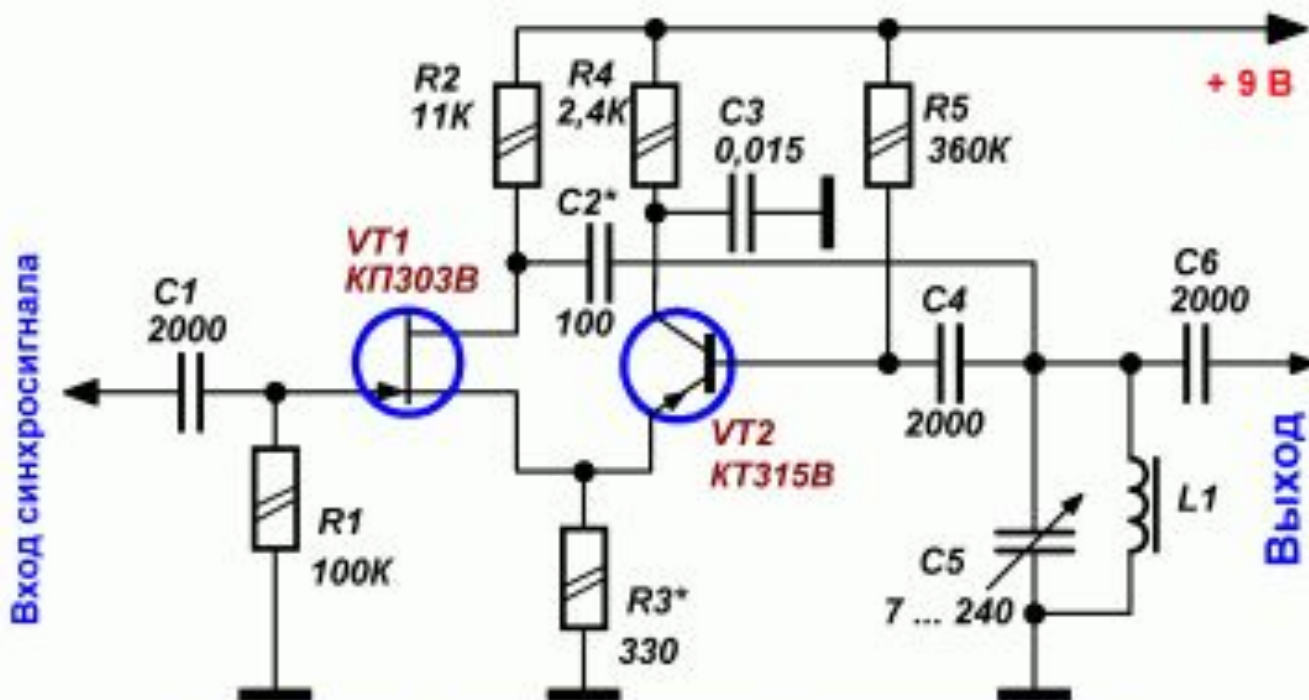
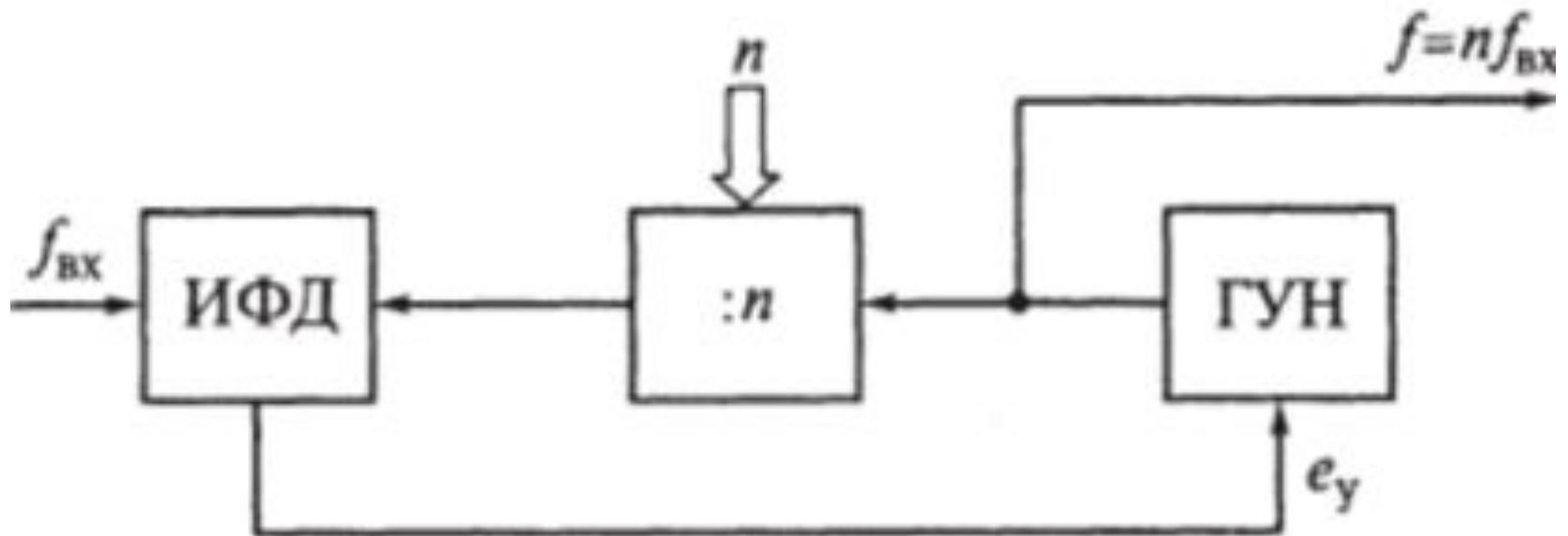


Рис.1 Схема синхронизируемого генератора

Умножители частоты с ФАПЧ



- Импульсно-фазовый детектор ИФД производит сравнение частоты входного сигнала $f_{вх}$ и сигнала с выхода генератора управляемого напряжением ГУН, поделенного по частоте в n раз.