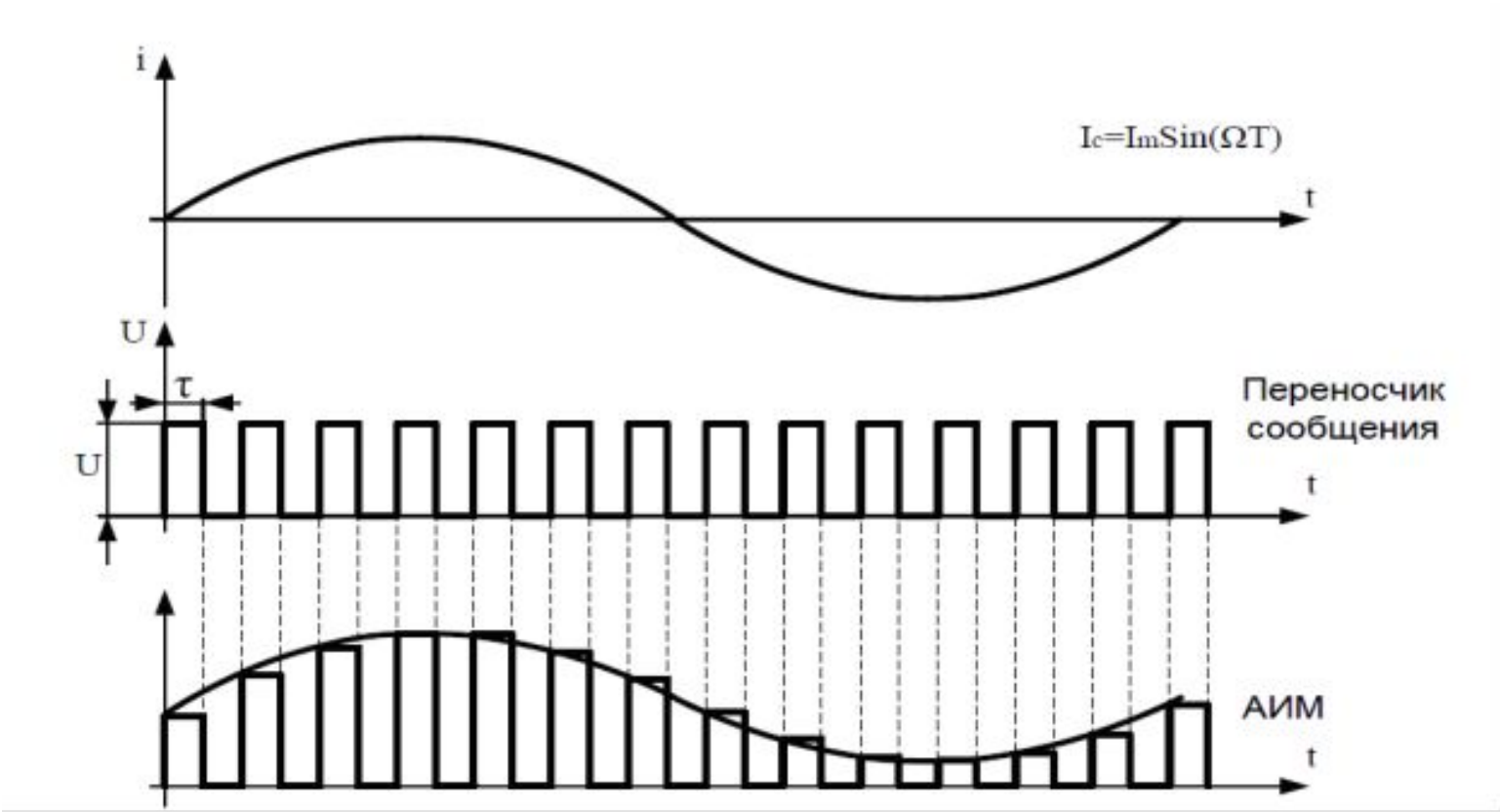
РПДУ
Раздел 4 Управление колебаниями

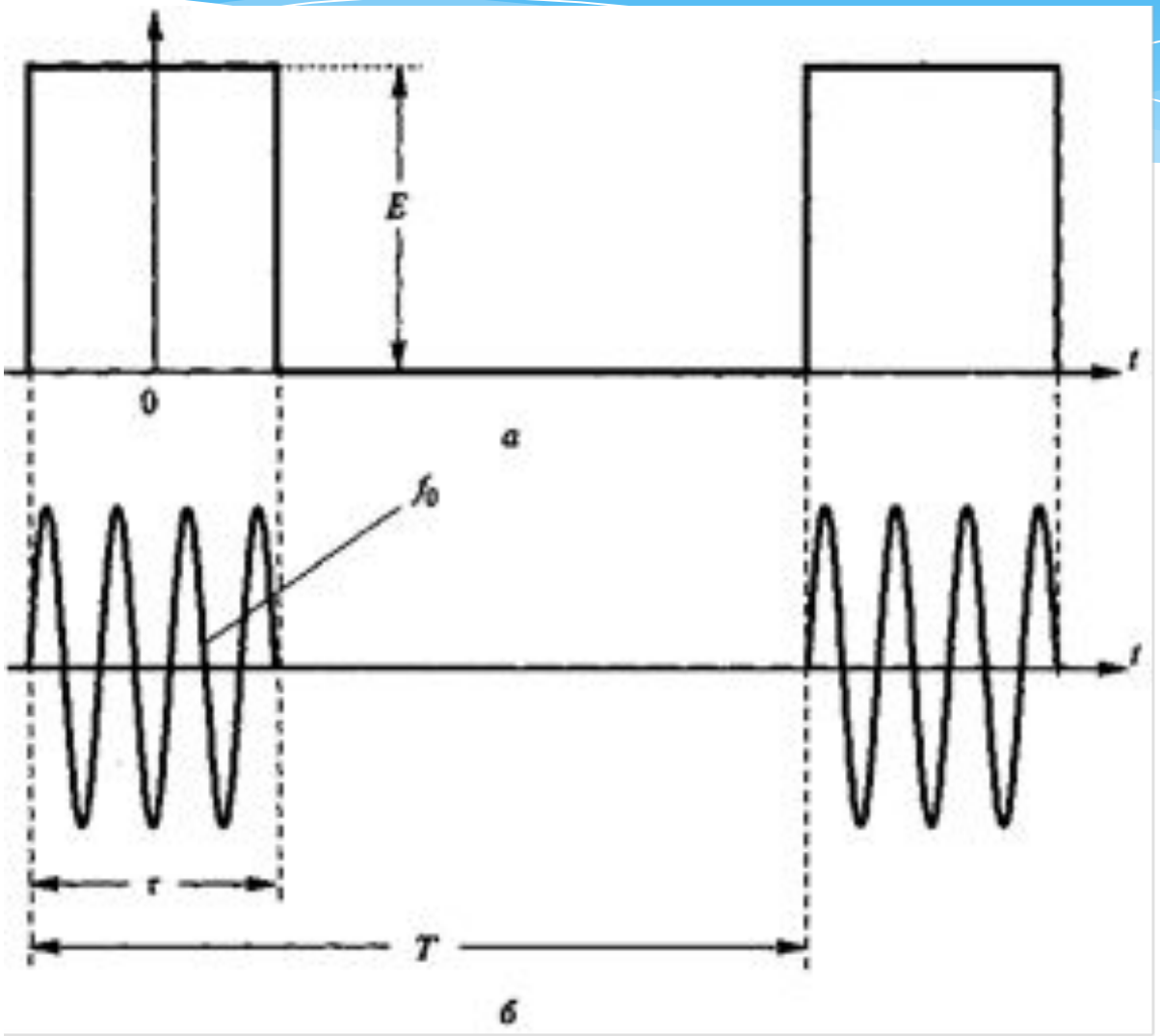
4. Импульсная модуляция

* В импульсной модуляции переносчиком сообщения является серия импульсов.
* Серия импульсов характеризуется следующими параметрами:
* амплитуда
* длительность
* фаза (положение во времени)
* число импульсов и др.
* При изменении какого – либо из параметров серии импульсов под действием сообщения осуществляется импульсная модуляция.

Амплитудно- импульсная модуляция (АИМ)

* Переносчиком сообщения в АИМ является периодическая последовательность прямоугольных импульсов. Их амплитуда изменяется под действием сообщения.




E
t
0
а
f_0
t
τ
T
б

Амплитуда модулированных импульсов будет изменяться по закону

$$U_M = U(1 + m_A \cdot \sin \Omega t)$$

где: U_M - амплитуда модулированных импульсов

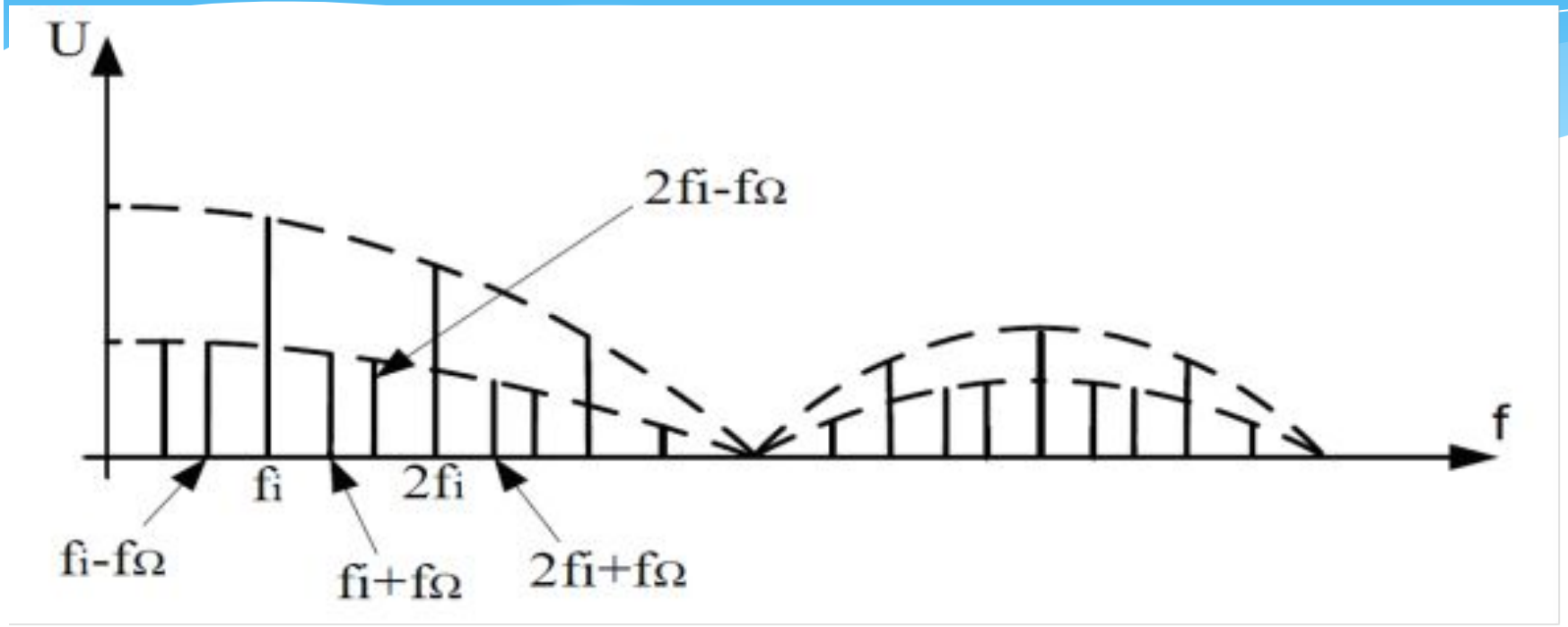
U - амплитуда немодулированных импульсов

m_A - глубина АИМ

Ω - частота сообщения.

Импульсы, модулированные по амплитуде, обладают спектром, отличающимся от немодулированной последовательности тем, что вокруг каждой составляющей спектра немодулированной последовательности появляются боковые частоты

$$f_K \pm f_{СООБЩ} = n \cdot \mathrm{f_i} \pm f_\Omega$$

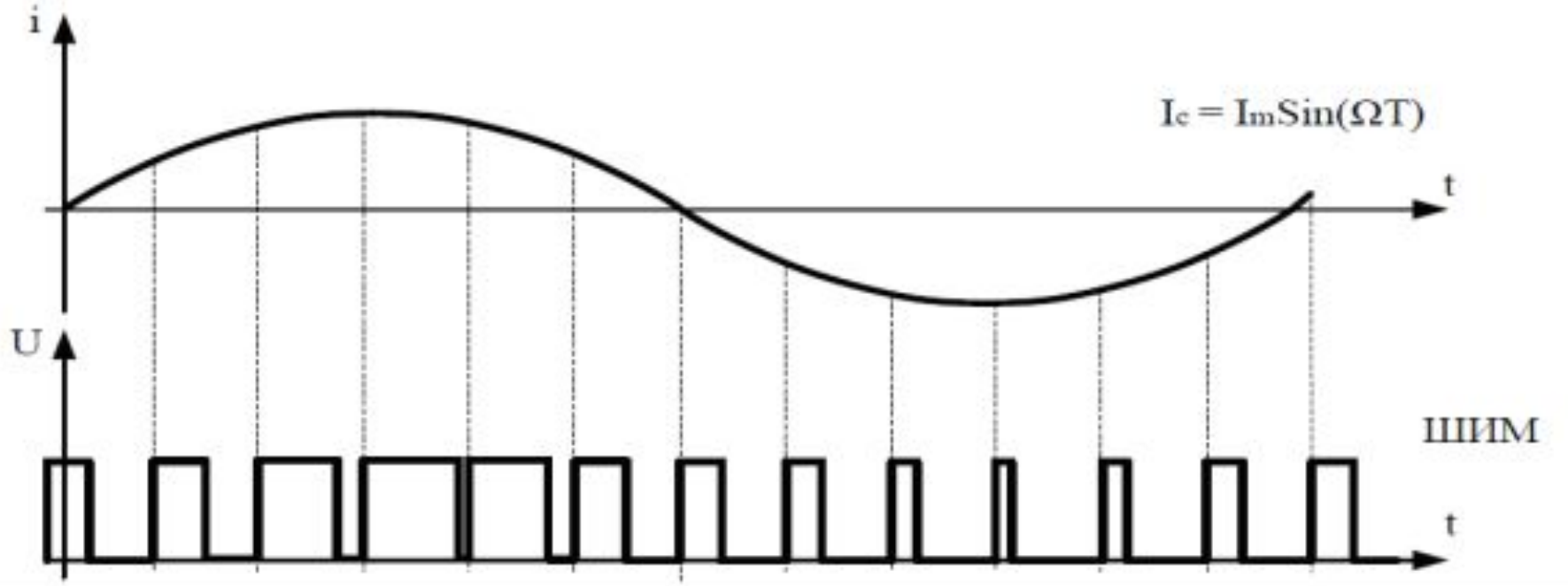


Ширина спектра АИМ зависит в основном от длительности импульсов $\Delta F_{АИМ} \sim \frac{1}{\tau}$,

где τ - длительность импульсов

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)

* При широтно- импульсной модуляции изменяется длительность импульсов последовательности под действием сообщения. Длительность увеличивается при увеличении мгновенного значения сообщения и уменьшается при его уменьшении за счёт положения заднего фронта импульса. Частота и амплитуда импульсов не изменяется.


i
Ie = ImSin(ΩT)
t
U
ШИМ
t

Полоса частот ШИМ определяется соотношением: $\Delta F_{ШИМ} = \frac{1}{\tau_{min}}$, где τ_{min} - минимальная длительность импульсов ШИМ.

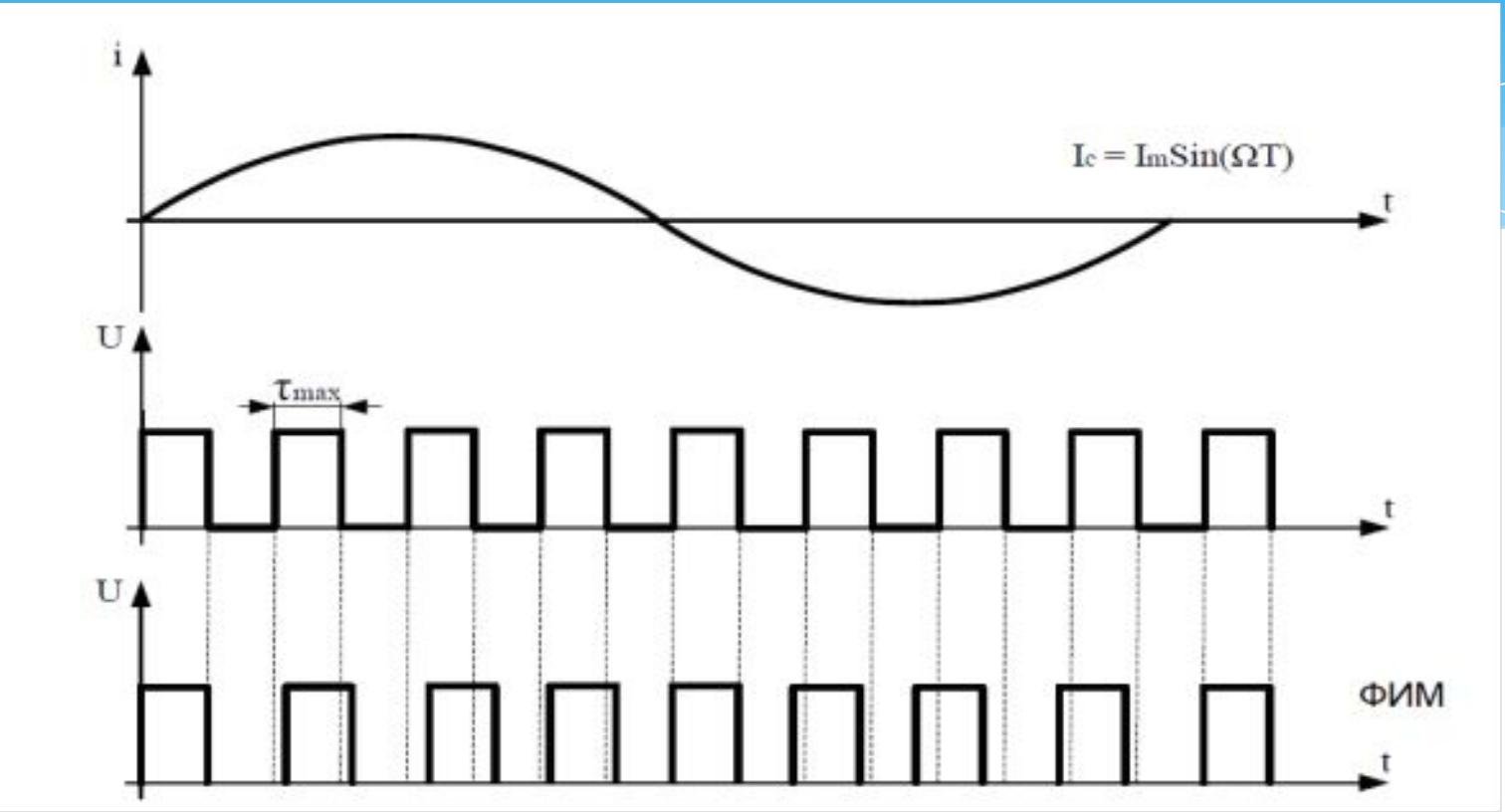
Спектр частот ШИМ аналогичен спектру АИМ с той лишь разницей, что при ШИМ вокруг каждой гармоники «несущей» имеется не две, а несколько пар боковых частот.

Помехоустойчивость ШИМ значительно выше помехоустойчивости АИМ.

Фазоимпульсная модуляция (ФИМ)

* Фазоимпульсная модуляция и ШИМ объединяются общим названием – времяимпульсная модуляция (ВИМ).
* При ФИМ в зависимости от мгновенного значения сообщения импульс сдвигается вправо на при увеличении мгновенного значения и влево на при его уменьшении.
* При синусоидальном сообщении сдвиг, или девиация, импульса определяется выражением

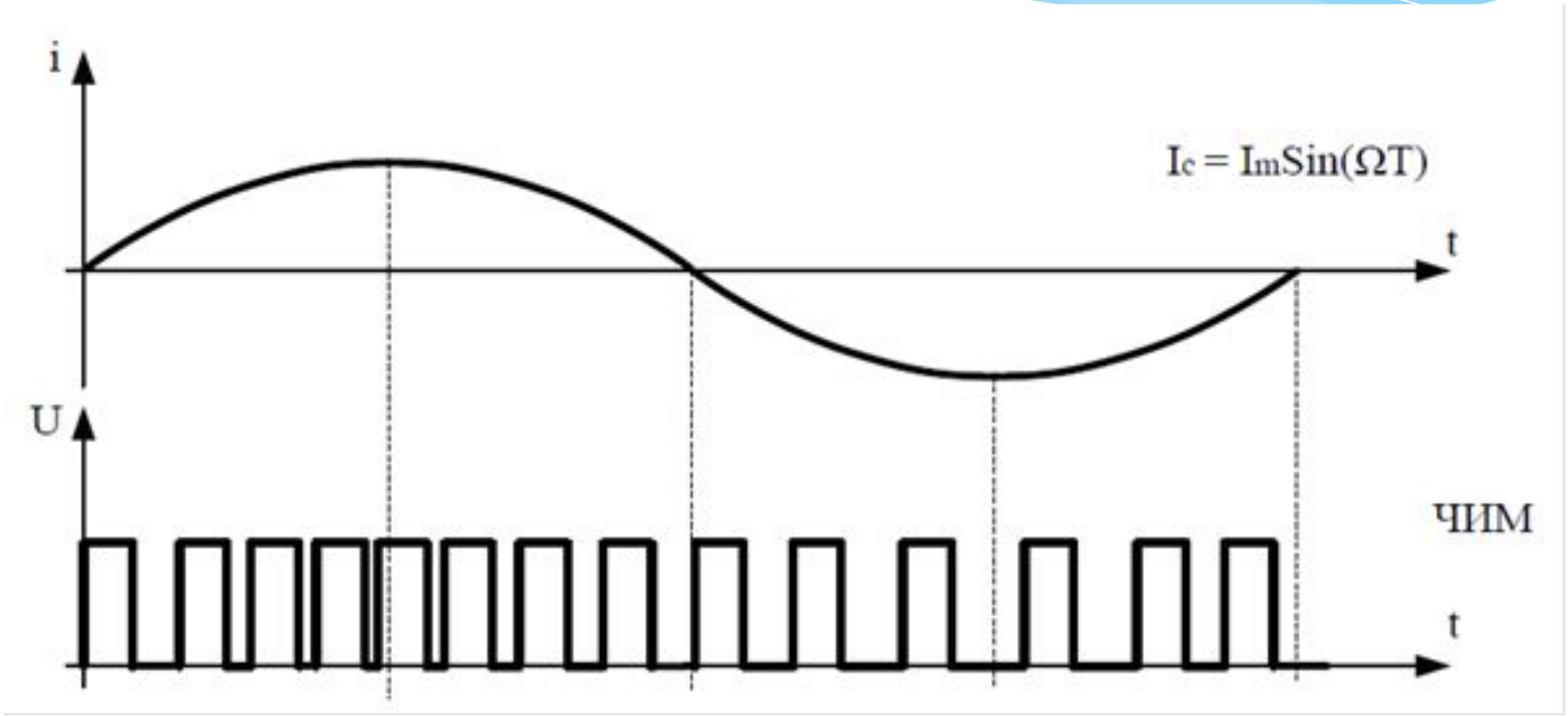
$$\Delta\tau = \Delta\tau_{max} \cdot \sin \Omega t$$



* Полоса частот при ФИМ определяется длительностью импульса, которая в процессе модуляции не изменяется

Частотно-импульсная модуляция (ЧИМ)

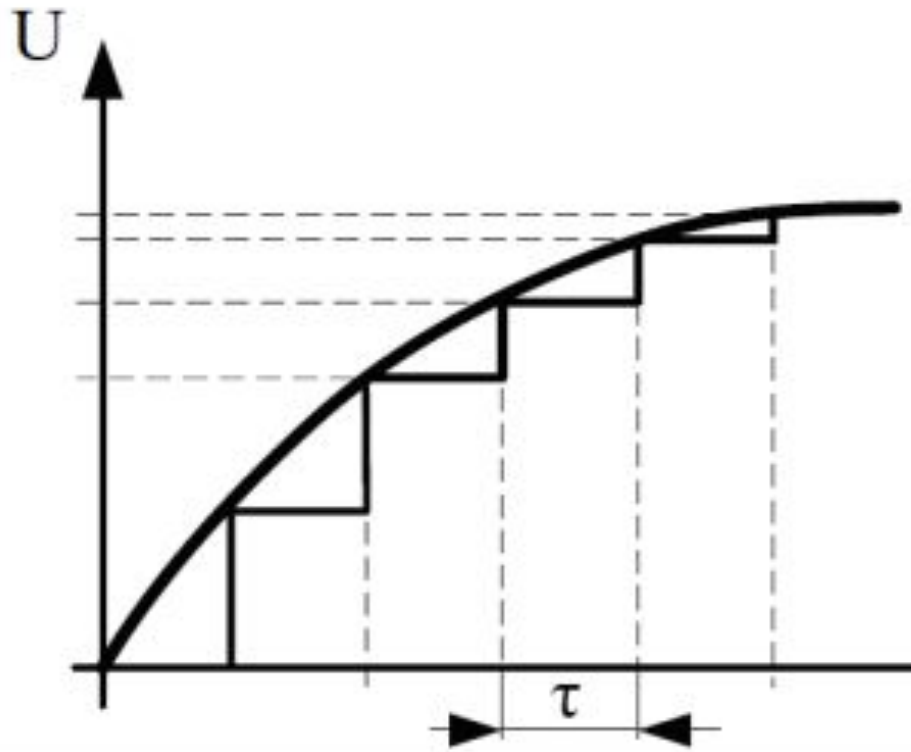
* В случае ЧИМ при увеличении мгновенного значения сообщения частота импульсов возрастает, а при уменьшении – снижается. При этом длительность импульсов остаётся постоянной.


i
Ic = ImSin(ΩT)
t
U
ЧИМ
t

Кодово-импульсная модуляция (КИМ)

* Сообщение при кодово-импульсной модуляции квантуется по времени и уровню. Полученные значения передаются в дискретные моменты времени.
* Полоса частот в КИМ определяется длительностью импульса:

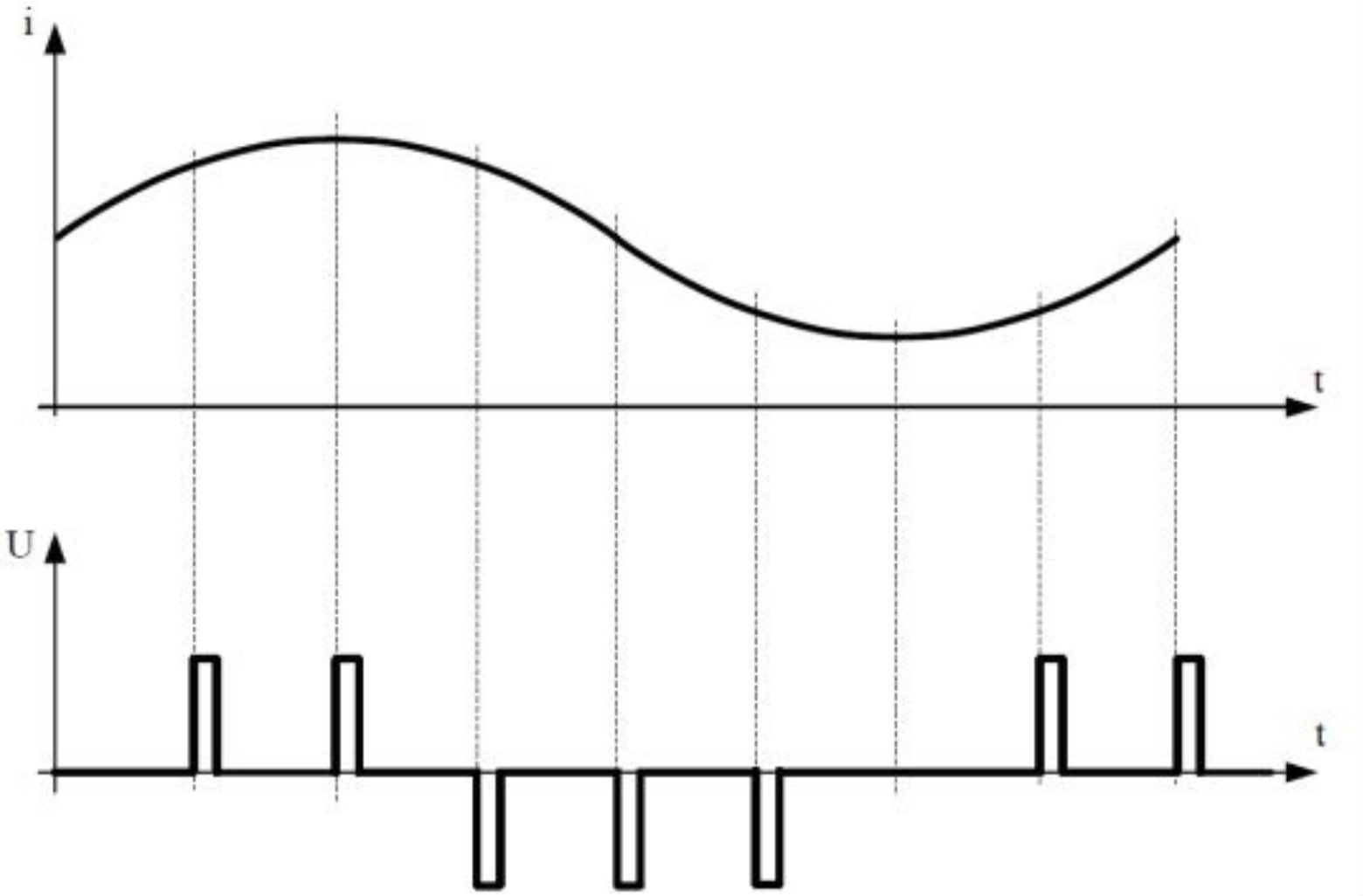
$$\Delta F_{КИМ} = \frac{1}{\tau}$$



Ступенчатая функция

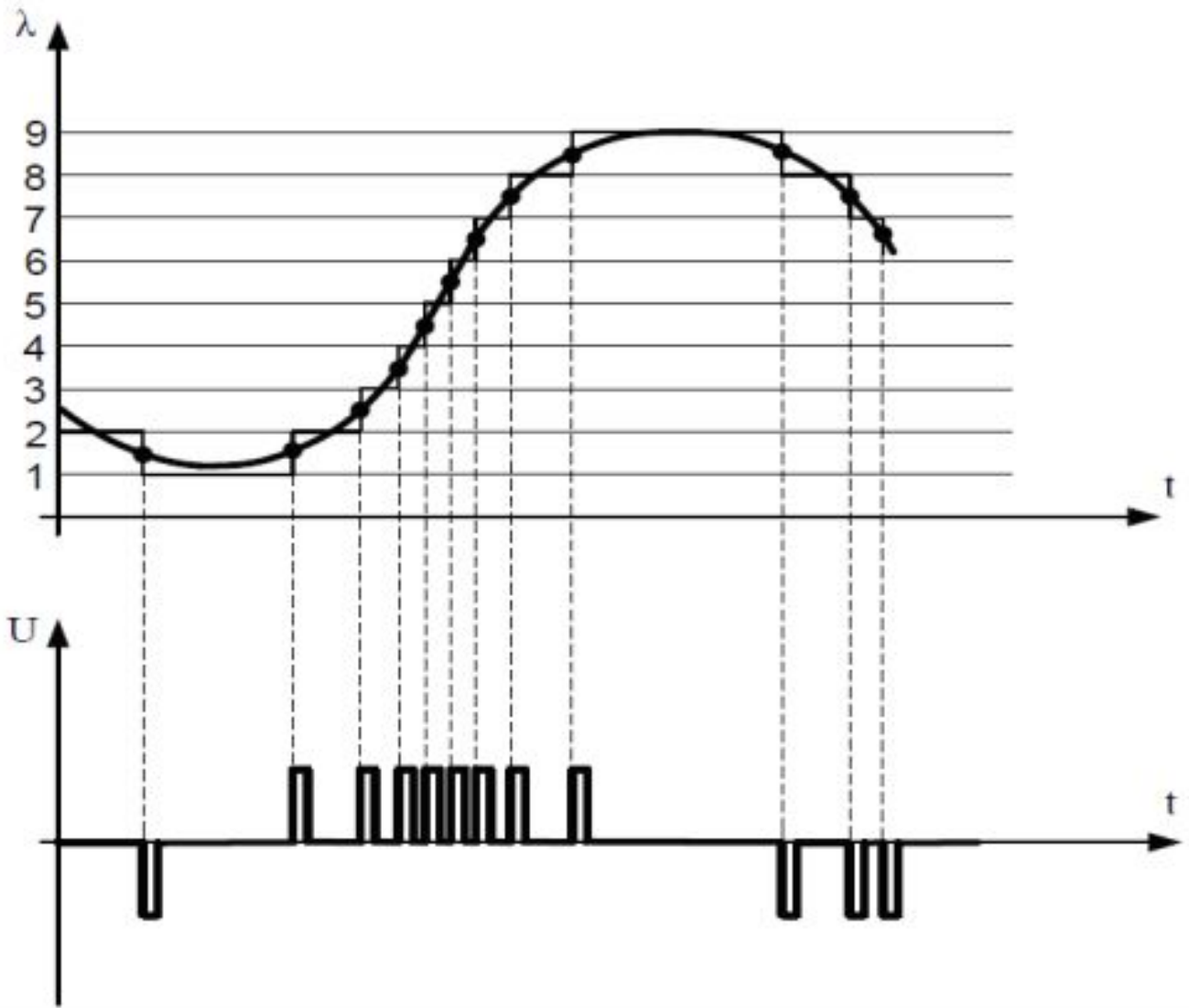
Дельта-модуляция

* Эффективным способом преобразования сигналов в цифровую форму является дельта-модуляция Δ модуляция).
* Преимущество Δ- модуляции в реализуемой точности при заданной частоте дискретизации и особенно в простоте реализации.
* В данном случае осуществляется передача лишь двух дискретных сигналов, которым передаётся только знак приращения функции.


i
t
U
t

* Если нет приращения, то передаётся «0».
* Число уровней квантования – любое, шаг квантования – 1 квант.
* Особенности: постоянный такт квантования, приращение на 1 импульс равно одному кванту.
* Недостатки: если скорость изменения сигнала высока, может произойти ошибка

Разностно-дискретная модуляция



* При переходе на более высокий уровень происходит скачок вверх, а при переходе на более низкий уровень – скачок вниз. Если сообщение не изменяет значение, то импульс отсутствует.
* *Преимущества* разностно-дискретной модуляции (РДМ) по сравнению с - модуляцией:
* канал связи менее загружен, при медленно изменяющемся сообщении РДМ – сигналы будут передаваться редко (а в - модуляции они следуют через шаг квантования)
* выше помехоустойчивость.
* *Недостатки*: возможность появления и накопления ошибки при потери импульсов.

Лямда-дельта модуляция

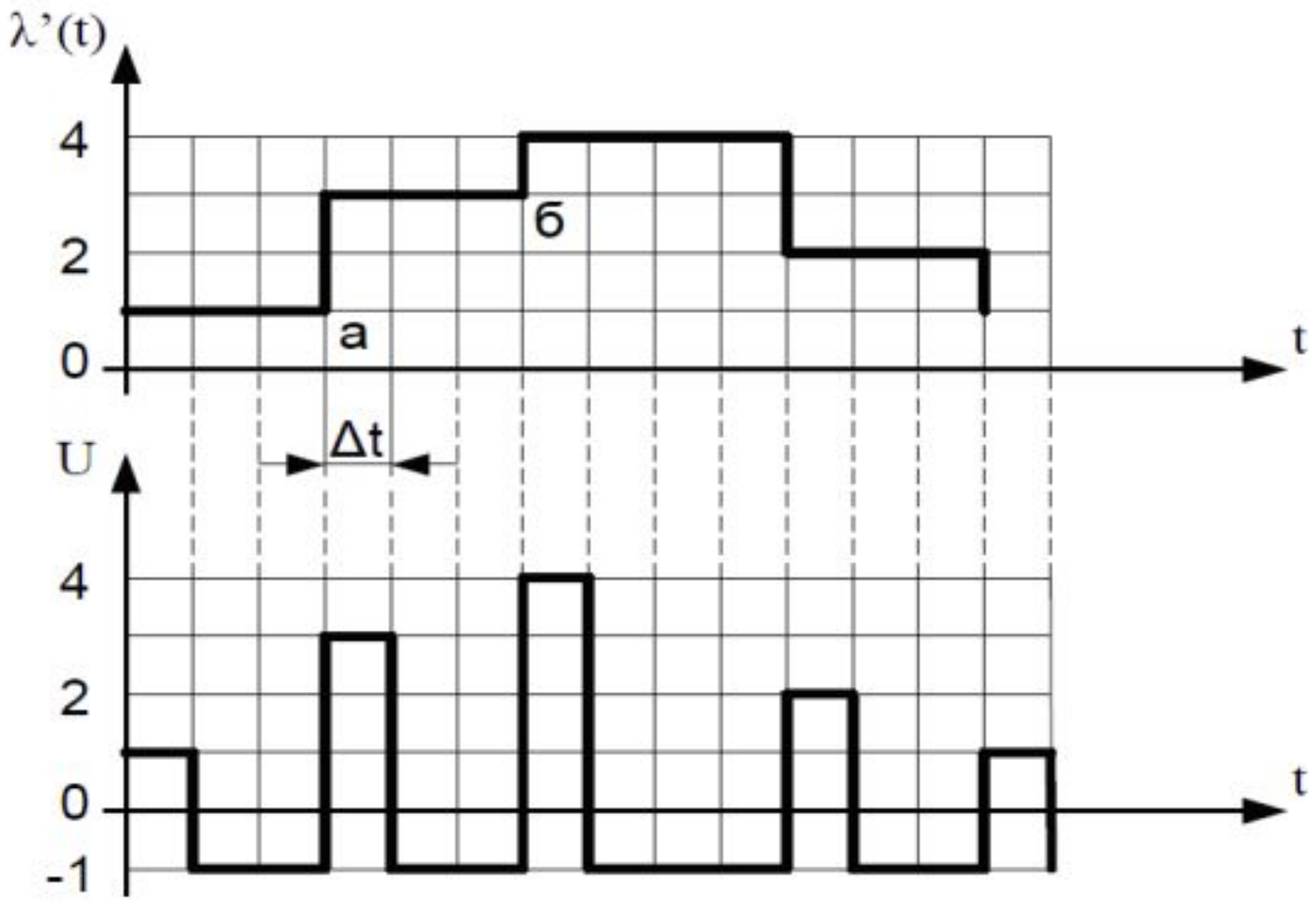
Лямда-дельта модуляция ($\lambda - \Delta$-модуляция) осуществляется на основе Δ- модуляции.

Сначала непрерывная функция $\lambda(t)$ квантуется по уровню и по времени.

Далее квантованная ступенчатая функция $\lambda'(t)$ передаётся таким образом:

- значение функции $\lambda'(t)$ в первом интервале передаётся положительным импульсом с уровнем «1» в течение времени Δt

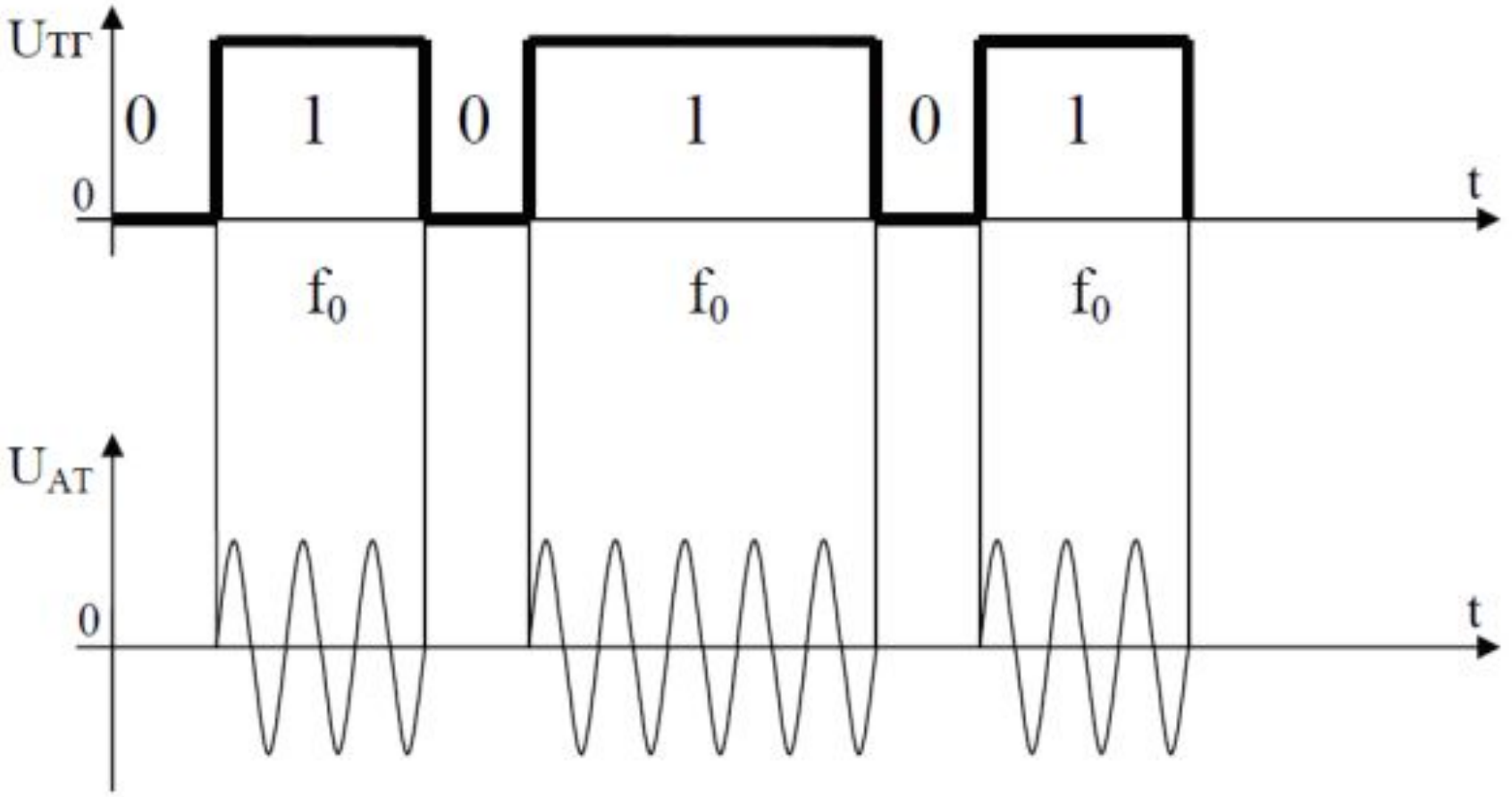
- сообщение о том, что до точки «а» квантованная функция не изменяется, передаётся дополнительным импульсом с отрицательным уровнем «-1».
- Переход функции на уровень «3» (в точке «а») передаётся импульсом, амплитуда которого равна уровню «3».


λ'(t)
4
2
0
а
б
t
Δt
U
4
2
0
-1
t

Телеграфные виды сигналов

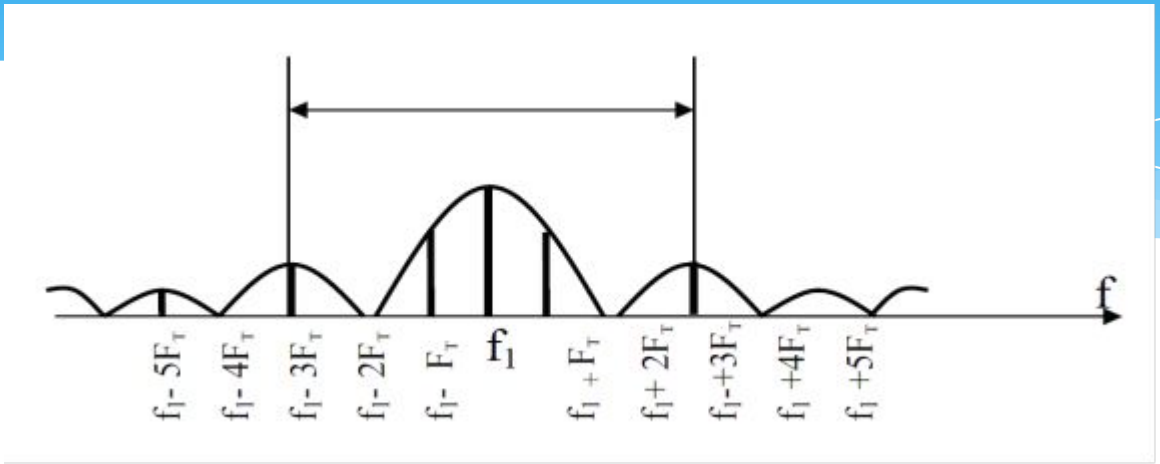
* **Амплитудная манипуляция**
* Амплитудная манипуляция, или иначе амплитудное телеграфирование (АТ), не потеряло своей актуальности и в настоящее время. В качестве оконечной аппаратуры передатчика используется телеграфный ключ или датчик кода Морзе.

Принцип амплитудной манипуляции



* Технически формирование сигналов амплитудного телеграфирования очень просты: передатчик должен излучать ВЧ колебания при нажатом ключе. В момент телеграфной паузы (ключ не нажат) излучение отсутствует.

* Спектр амплитудно-телеграфированного радиосигнала носит дискретный характер и имеет вид:

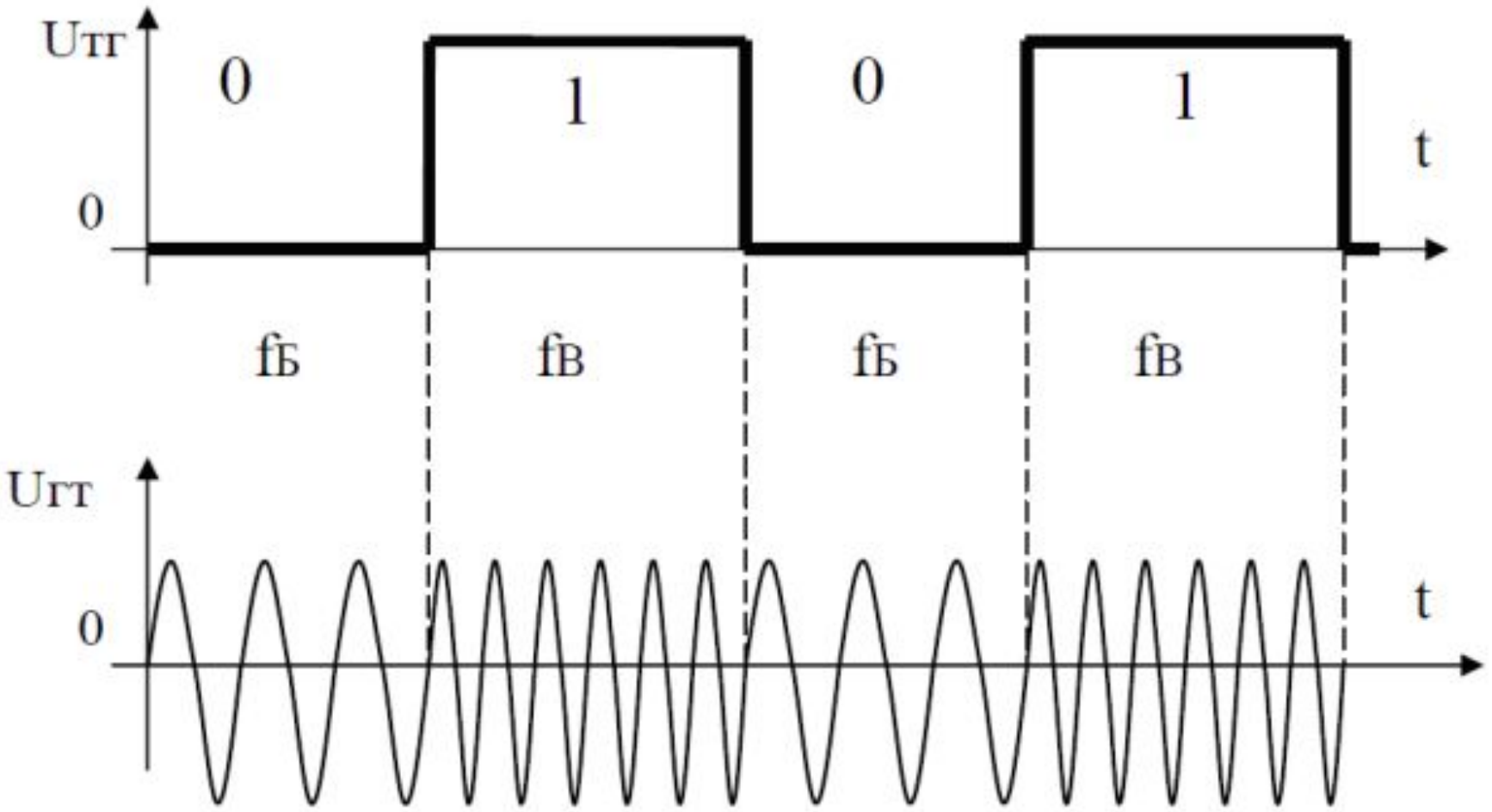


* - основная частота телеграфирования $F_T = \frac{V_T}{2}$
* , где - V_T скорость телеграфирования в бодах.
* Бод – единица измерения скорости манипуляции - число различных состояний сигнала (символов, посылок) в линии в единицу времени, т.е. число символов в секунду.
* (Не путать с единицей измерения – бит. Бит – количество информации передаваемое в секунду).

* Для нормального приёма радиосигнала, по каналу должны быть переданы составляющие спектра в полосе частот $\Delta F_{AT} = (3...5) \cdot V_T$.
* Из всех телеграфных радиосигналов радиосигнал с амплитудной манипуляцией имеет самый узкий спектр.

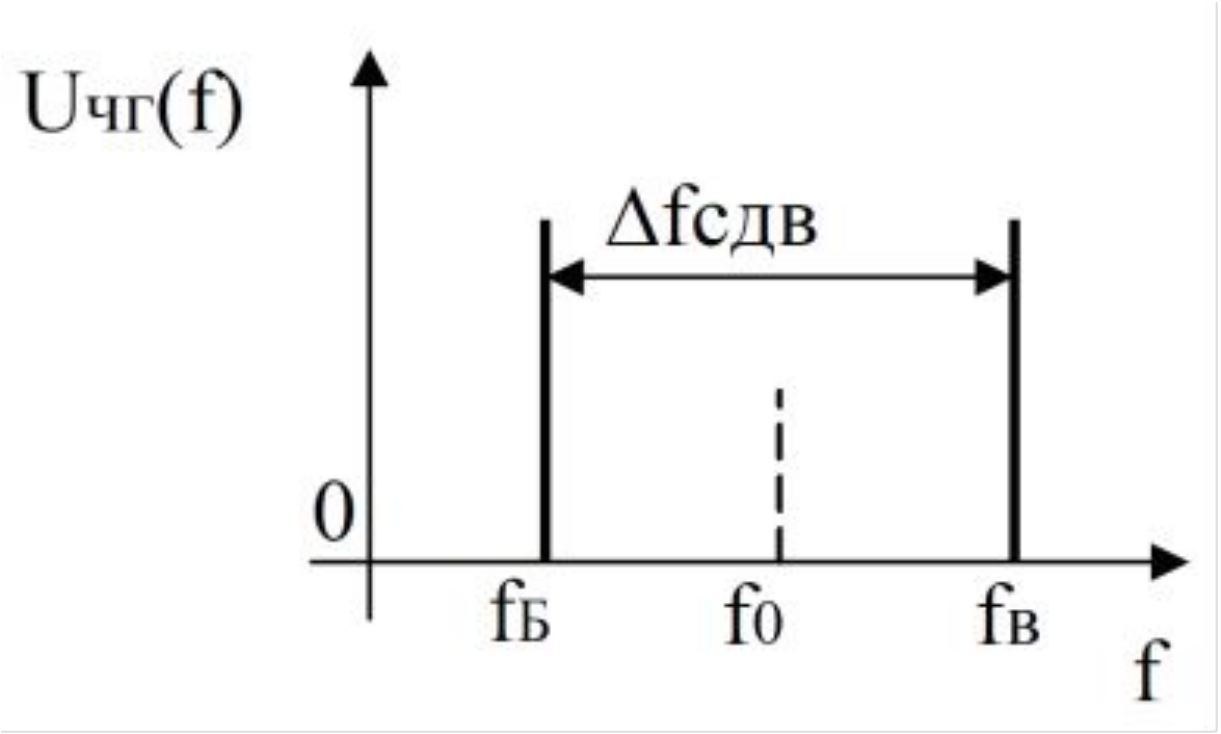
Частотная манипуляция

* Частотная манипуляция, или по-другому - частотное телеграфирование (ЧТ ; F1) широко применяется для передачи дискретных сообщений с использованием в качестве оконечных устройств, как правило, телеграфной буквопечатающей аппаратуры.
* При таком способе управления колебаниями передаче «0» соответствует работа передатчика на частоте *fБ* при передаче «1» - работа на частоте *fВ*, причём *fБ* < *fВ* .


Uтг
0
1
0
1
t
0
fБ
fВ
fБ
fВ
Uгт
0
t

* Разность частот (*fБ-FB*) называют частотным сдвигом.
* Радиосигналы ЧТ обозначаются следующим образом: ЧТ-125; ЧТ-200; ЧТ-250 и т.д. или же F1-125; F1-200; F1-250 и т.д. Число, записанное после чёрточки, является значением частотного сдвига в герцах

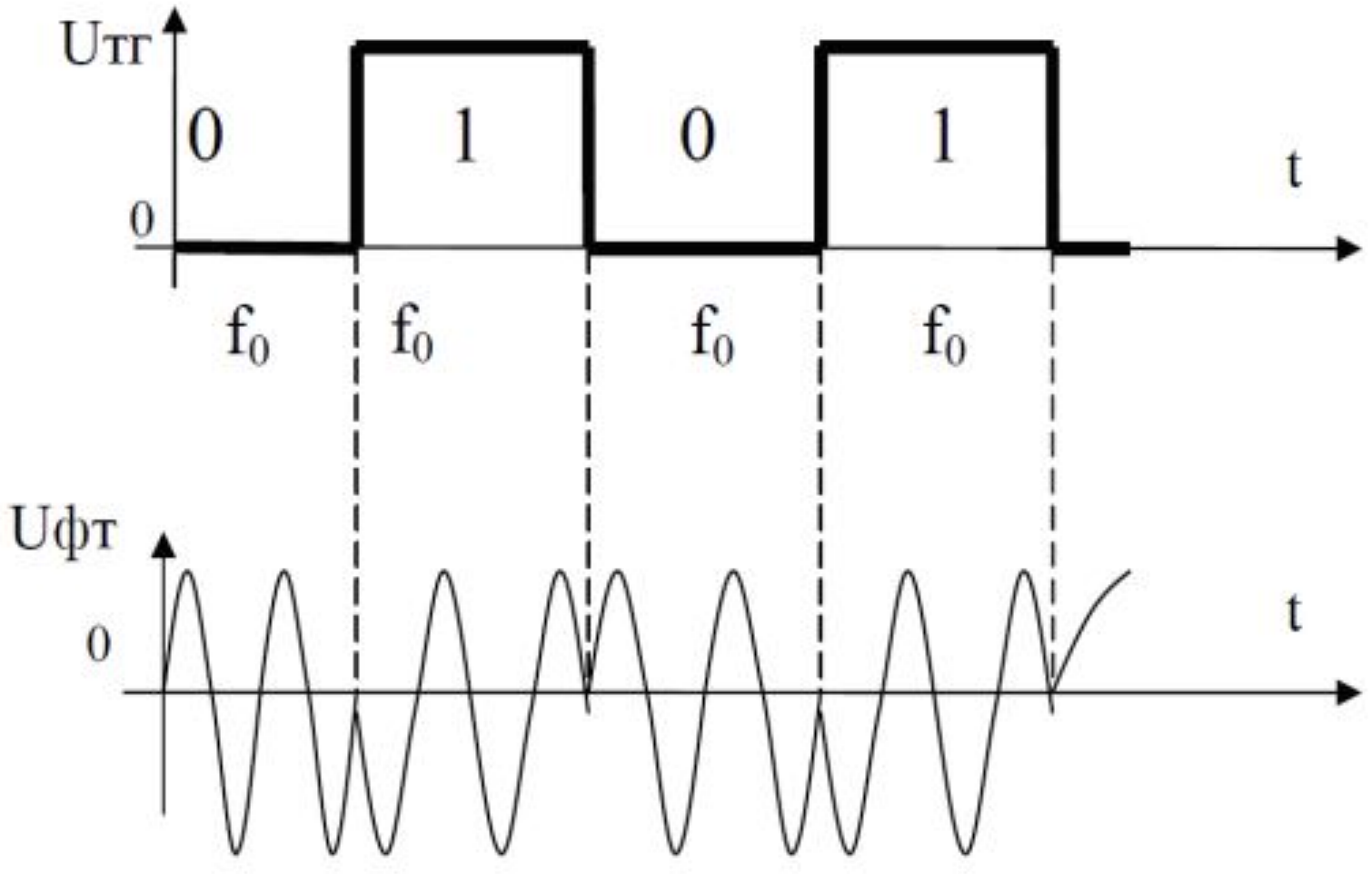
* Взаимное расположение сигналов на оси частот при ЧТ



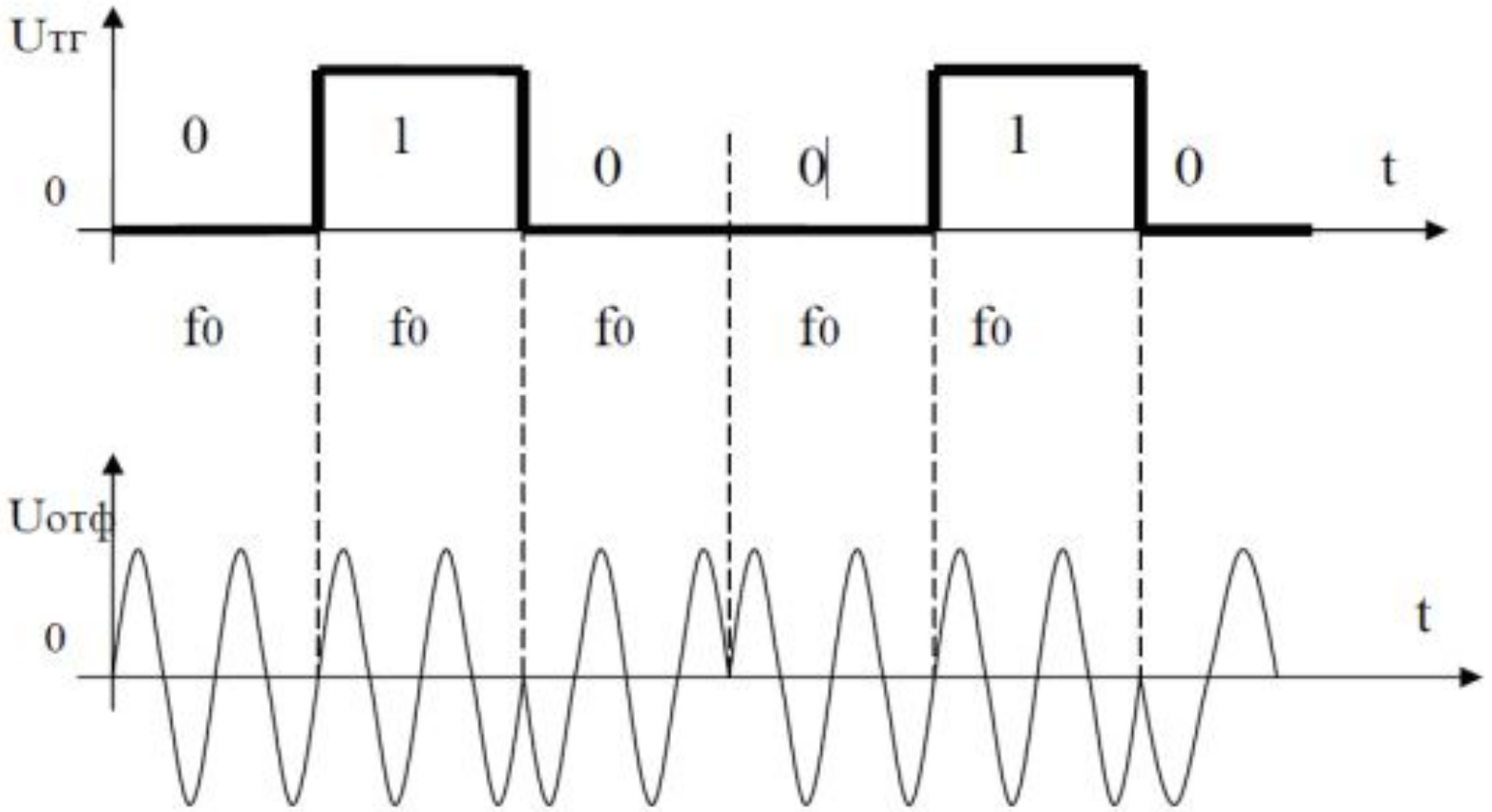
Фазовая манипуляция

* При передаче дискретных сигналов методами фазовой манипуляции передаваемая информация содержится в изменении фазы высокочастотного гармонического колебания.
* Различают два вида фазовой манипуляции:
* абсолютная фазовая манипуляция (ФТ), фаза ВЧ колебаний меняется на 180^0 при переходе от передачи «0» к передаче «1» и наоборот. Такая манипуляция достаточно легко реализуется в передатчике, но демодуляция в приёмнике связана с большими техническими трудностями, поэтому в настоящее время она почти не применяется.

Принцип абсолютной фазовой манипуляции



Принцип относительной фазовой манипуляции



* относительная фазовая манипуляция (ОФТ), информация содержится не в абсолютном изменении (скачке) фазы сигнала в момент смены посылок «0» и «1», а в изменении фазы текущего элемента, относительно фазы предшествующего элемента. При передаче символа «0» фаза высокочастотного колебания текущего элемента противоположна фазе предыдущего элемента, а при передаче «1» - остаётся той же. Первый элемент в начале сеанса может иметь любую фазу, так как он информацию не несёт, а служит лишь точкой для отсчёта разности фаз в следующем элементе.

* Радиосигналы с ОФТ широко применяются на высокоскоростных линиях связи.
* Ширина спектра ОФТ радиосигнала определяется по формуле:

$$\Delta F_{ОФТ} = (3...5) \cdot V_T$$

* , где V_T - скорость телеграфирования в бодах