

Лекция 6

Тема лекции: Методы формирования и приёма сигналов автоматической телеграфии

- Учебные вопросы:
- 1. Сигналы автоматической телеграфии F1 и F6 и их формирование.
- 2. Сигналы автоматической телеграфии F9 и их формирование.
- 3. Широкополосные сигналы радиосвязи.

1-й вопрос: Сигналы автоматической телеграфии F1 и F6 и их формирование

1. Применение сигналов F1, F2 и F6.
2. Требования к сигналам F1, F2 и F6.
3. Математическая модель сигнала ЧТ.
4. Передача цифровой информации методом ЧТ.
5. Комбинационное уплотнение.
6. Классификация видов ЧТ.
7. Формирование сигналов вида F1.
8. Достоинства и недостатки вида работы F1.
9. Схема формирования сигналов вида F2.
0. План распределения частот.

Применение сигналов F1, F2 и F6

- Сигналы этих видов работы нашли наибольшее применение в системах магистральной радио-связи. Они используются для передачи телекодовой информации (передачи данных), буквопечатающей телеграфии сигналов телеуправления, телеконтроля и телесигнализации.
- Широкое применение этих сигналов для реализации автоматических видов работы обусловлено их высокой помехоустойчивостью по сравнению с сигналами амплитудной телеграфии.
- Принципы частотной манипуляции состоит в

Требования к сигналам F1, F2 и F6

- При формировании ЧТ радиосигналов стремятся реализовать следующие требования:
- - сохранить точность и устойчивость рабочих частот, определяемых синтезатором возбуждителя;
- - уложить спектр сигнала в пределы необходимой полосы частот;
- - свести к минимуму нелинейные, амплитудно-частотные и фазово-

Математическая модель сигнала ЧТ

- Математическая модель сигнала ЧТ может быть представлена
- в виде:
- «0» → $u_1(t) = U_0 \cos(\omega_B t + \varphi)$
- $0 < t < T$
- «1» → $u_2(t) = U_0 \cos(\omega_B t + \varphi)$
- где T – длительность элемента сигнала.
-
- В соответствие с рекомендациями МСЭ
- $\omega_B > \omega_B$
- где $\omega_B = 2\pi f_B$, а $\omega_B = 2\pi f_B$
-
-

Передача цифровой информации методом ЧТ

- Для передачи ЧМН сигналов используется двоичная система счисления.
- При отсутствии «0» или «1» информации передается несущее колебание
- $u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$
- причём
- $\omega_B < \omega_0 < \omega_B$
- ω_0 лежит посередине полосы частот $\omega_B \div \omega_B$
- f_B – называют частотой нажатия, а f_B – частотой отжатия.
-
- Частотная манипуляция является работой с активной паузой на частоте f_0 .
-

Комбинационное уплотнение

Наиболее простым по технической реализации оказалось комбинационное уплотнение:

к а н а л ы		частота переносчика f_0
I	II	
0	0	$f_1 (f_A)$
0	1	$f_2 (f_B)$
1	0	$f_3 (f_B)$
1	1	$f_4 (f_\Gamma)$

$$f_\Gamma > f_B > f_B > f_A$$

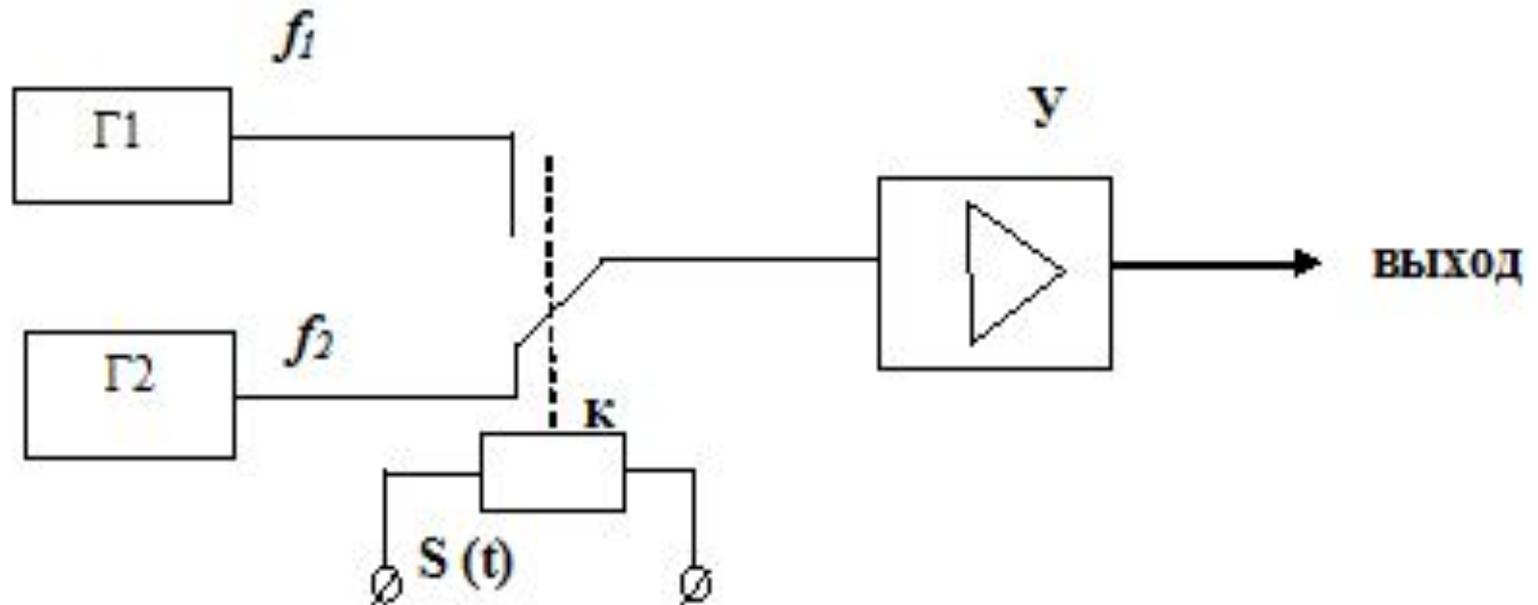
Это ДЧГ.

Классификация видов ЧТ

- В зависимости от основания кода при ЧТ различают:
- Системы ЧТ с двоичными частотным кодом
 - (f_B - частота нажатия f_1)
 - (f_B - частота отжатия f_2)
- Системы двойного частотного телеграфирования ДЧТ, основание кода у которых равно 4:
- f_A, f_B, f_B, f_G , работающие с двумя источниками сообщений.
- Системы многочастотного телеграфирования (МЧТ), основание кода у которых более 4-х.
- Сигналы ЧТ принято обозначать F1, а сигналы ДЧТ - F6.
- При этом, F1 – это ЧТ с разрывом фазы, а для ЧТ без разрыва фазы используют обозначение F2.

Формирование сигналов вида F1

Для формирования сигналов F1 используется следующая схема:



Используются 2 независимых задающих генератора Г1 и Г2 с частотами колебаний f_1 и f_2 .

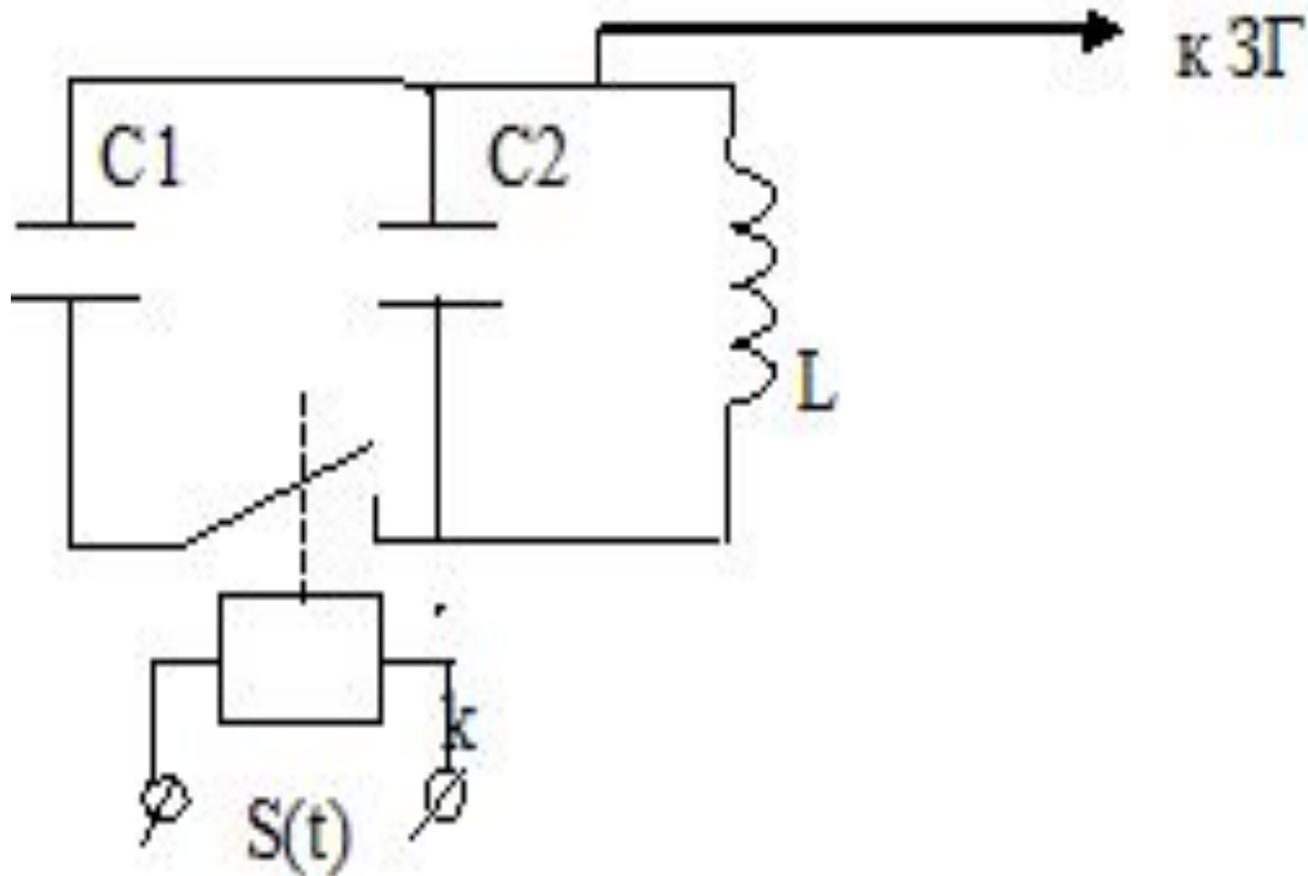
Переключение осуществляется синхронно с передачей посылок сообщения S(t).

Фазы f_1 и f_2 случайны и при переключении наблюдаются скачки фаз, что приводит к расширению спектра.

Достоинства и недостатки вида работы F1

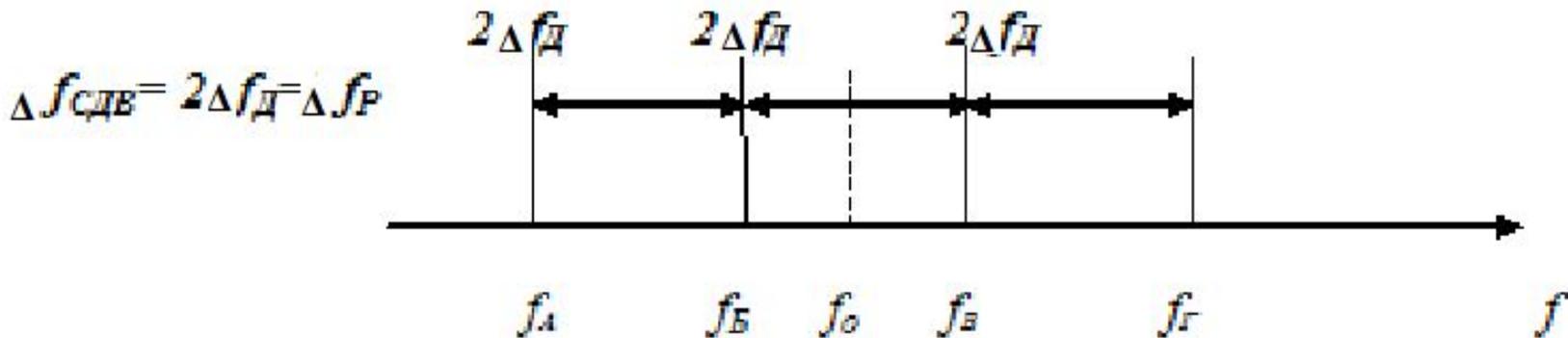
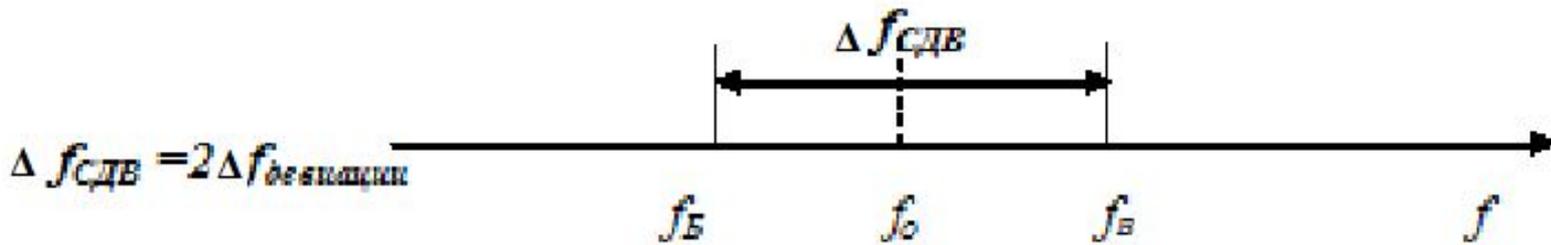
- Достоинства вида работы F1:
- - простота реализации.
- Недостатки:
- - необходимость расширения полосы пропускания приёмника из-за расширения спектра сигнала со скачками фаз;
- - трудность стабилизации частотного сдвига $\Delta f_{\text{сдв}} = f_1 - f_2$
- - нестабильность параметров Γ_1 и Γ_2 приводит к расширению спектра сигнала, ограничивает частоту манипуляции и скорость телеграфирования;
- - необходимость одновременной замены кварцев обоих генераторов при переходе на новую рабочую частоту

Схема формирования сигналов вида F2



План распределения частот

Распределение частот для сигналов ЧТ и ДЧТ называется **планом частот**



2-й вопрос: Сигналы автоматической телеграфии F9 и их формирование

- 1. Сигналы вида F9.**
- 2. Сущность метода ОФТ.**
- 3. Принцип формирования сигналов ОФТ.**
- 4. Алгоритм перекодирования.**

Сигналы вида F9

- Для решения задачи получения ещё большей помехоустойчивости был разработан метод ФТ, а затем ОФТ.
- Принцип формирования сигналов ФТ состоит в том, что по закону дискретной манипулирующей функции изменяется фаза ВЧ выходного сигнала передатчика.
- Математическая модель для однократной фазовой телеграфии может быть записана так:
 - «1» $\rightarrow u_1(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$
 - «0» $\rightarrow u_2(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \pi)$
- Этот метод называют π – манипуляцией.
- Основной недостаток систем, использующих ФТ (ФМн) заключается в следующем:
 - *если начальная фаза опорного сигнала при приёме ФМн колебания изменится на π , то полярность напряжения на выходе фазового детектора, соответствующая посылкам «0» и «1» изменится на обратную.*

Сущность метода ОФТ

- Суть метода ОФТ заключается в том, что отказываются от абсолютной системы отсчёта фазы и вводят относительную систему отсчёта фазы для каждой посылки.
- При ОФТ выбор фазы сигнальной посылки зависит от вида информационного символа и фазы предыдущей посылки.
- Если условиться, что символу «0» соответствует посылка сигнала с $\Delta\varphi = 0$, а символу «1» - $\Delta\varphi = \pi$, то получим следующее правило манипуляции при ОФТ (ОФМн):
- - при передаче символа «0», фаза посылки остаётся такой же, как и у предыдущей посылки.
- При передаче символа «1» фаза посылки изменяется на 180° по отношению к фазе предыдущей посылки.
- При ОФТ одно и то же значение символа может быть передано как сигналом с фазой «0», так и сигналом с

Принцип формирования сигналов ОФТ

Кодовые символы	0	1	0	1	1	0	0	1
ФТ (ФМн)	0	π	0	π	π	0	0	π
ОФТ (ОФМн)	0	π	π	0	π	π	π	0

Алгоритм перекодирования

- Алгоритм перекодирования сигнала на передающей стороне при ОФТ может быть записан в виде:
- $v_n = a_n + v_{n-1}$
- где v_n – формируемая в результате перекодирования посылка двоичного дискретного сигнала;
- a_n - символ (посылка) n -го элемента последовательности $S(t)$;
- v_{n-1} - задержанный на время T символ (посылка) $n-1$ -го элемента перекодированной последовательности.
- Символ $+$ означает сложение по модулю 2.
-
- Возможно, и обратное правило кодирования:
- Если $S(t) = 1$ при $\Delta\varphi = 0$
- и $S(t) = 0$ при $\Delta\varphi = \pi$
- при передаче единичной n -й посылки v_n сигнала $S(t)$ фаза несущего колебания частоты ω_0 остаётся неизменной по сравнению с предыдущей посылкой v_{n-1} , а при передаче нулевой n -й посылки фаза несущего колебания скачком изменится на π по сравнению с предыдущей посылкой ($n-1$ -ой).
- Полученная последовательность v_n подаётся на фазовый манипулятор для передачи в радиолинию связи.

3-й вопрос: Широкополосные сигналы радиосвязи

1. Сущность ШПС.
2. Характеристики ШПС.
3. Помехоустойчивость ШПС.

Сущность ШПС

- Широкополосными или шумоподобными сигналами называются такие сигналы, у которых произведение ширины спектра на длительность много больше единицы. Это произведение называется базой сигнала и обозначается B , т.е. $B = F \cdot T$
- У ШПС $B \gg 1$. Шумоподобные сигналы иногда называют сложными в отличие от простых сигналов с $B = 1$.
- Системы связи с ШПС занимают особое место, что обусловлено свойствами этих систем:
- 1. Они обладают высокой помехозащищённостью при действии мощных помех.
- 2. Они обеспечивают кодовую адресацию большого числа абонентов и их кодовое разделение при работе в общей полосе частот.
- 3. Они обеспечивают высокую достоверность приёма информации.

Характеристики ШПС

1. Для реальных ШПС, состоящих из конечного числа элементов, всегда можно однозначно определить F и B .

2. В системах связи с ШПС ширина спектра ШПС F всегда много больше ширины спектр передаваемого сообщения.

3. В цифровых системах связи длительность ШПС и скорость передачи информации $V_{\text{шпс}}$ связаны соотношением:

$$T = \frac{1}{V_{\text{шпс}}} \Rightarrow \text{база ШПС } B = \frac{F}{V_{\text{шпс}}}$$

4. База ШПС характеризует расширение спектра ШПС относительно спектра сообщений.

В аналоговых системах связи, у которых верхняя частота сообщения равна F_B и частота отсчета равна $2F_B$, база ШПС будет определена так:

$$B = \frac{F}{2F_B}$$

Если $B \gg 1$, то $F \gg V_{\text{шпс}}$ и $F \gg 2F_B$, поэтому ШПС сигналы называют сигналами с расширенным спектром. Так же называют и системы связи с ШПС.

5. ШПС сигналы позволяют успешно бороться с многолучевым распространением радиоволн путем разделения лучей.

6. ШПС сигналы обеспечивают ЭМС (электромагнитная совместимость) с узкополосными системами радиосвязи и радиовещания.

Помехоустойчивость ШПС

Определяется отношением сигнал/помеха на выходе приемника – q^2 с отношением сигнал/помеха на входе приёмника ρ^2

$$q^2 = 2B\rho^2$$

$$\text{где } \rho^2 = \frac{P_c}{P_n}, \quad q^2 = \frac{2E}{N_n} \text{ (Это мощность ШПС и помехи)}$$

где E – энергия ШПС,

N_n – спектральная плотность мощности помехи в полосе ШПС,

при этом: $E = p_c T$

$$N_n = \frac{P_n}{F}$$

B – база ШПС.