



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Сибирский федеральный университет

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Кафедра «Радиотехника»



Красноярск, 2008



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Сибирский федеральный университет
Кафедра «Радиотехника»

К.т.н., доцент Алешечкин Андрей Михайлович

Метрология и радиоизмерения

**Лекция 7. Исследование формы
сигналов. Электронно-лучевые
осциллографы.**

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Направление 210200.62 Радиотехника

План лекции

- 1 Общие характеристики
- 2 Обобщенная структурная схема универсального осциллографа
- 3 Виды осциллографических разверток
- 4 Двухканальные и двухлучевые осциллографы

Общие характеристики

В соответствии с ГОСТ 15094-69 "Приборы электронные радиоизмерительные. Классификация. Наименования и обозначения" электронно-лучевые осциллографы относятся к подгруппе С " Приборы для наблюдения, измерения и исследования формы сигналов и спектра", которая включает в себя следующие виды приборов:

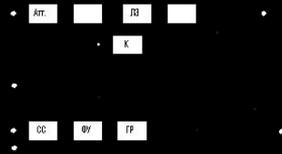
- С1 – осциллографы универсальные;
- С2 – измерители коэффициента амплитудной модуляции (модулометры);
- С3 – измерители девиации частоты (девиометры);
- С4 – анализаторы спектра;
- С6 – измерители нелинейных искажений;
- С7 – осциллографы скоростные, стробоскопические;
- С8 – осциллографы запоминающие;
- С9 – осциллографы специальные.

Электронно-лучевые осциллографы подразделяют на универсальные, скоростные, стробоскопические, запоминающие и специальные. Все они могут быть одно-, двух- и многолучевыми, одно- и многоканальными. Имеется многолучевой осциллограф С1-33 с пятью каналами.

В настоящее время среди электронно-лучевых осциллографов получили универсальные осциллографы (подгруппа С1).

Обобщенная структурная схема универсального осциллографа

Структурная схема
универсального
осциллографа:



Ат – аттенюатор;

$U_{\text{пр}}$ – предварительный
усилитель канала
вертикального
отклонения Y ;

ЛЗ – линия задержки;

$U_{\text{ок}}$ – окончательный
усилитель канала
вертикального
отклонения Y ;

К – калибратор; U_z – усилитель яркостного канала Z ; СС – селектор синхронизации; ФУ – формирующее устройство; ГР – генератор развертки; U_x – усилитель канала горизонтального отклонения X ; М – модулятор электронно-лучевой трубки (ЭЛТ); a_1, a_2, a_3 – аноды ЭЛТ (a_1 служит для фокусировки луча, a_2 для ускорения электронного пучка)

Скорость пролета электронов вдоль оси трубки:

$$V = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_{a2}}$$

Обобщенная структурная схема универсального осциллографа

- X – канал горизонтального отклонения луча;
- Y – канал вертикального отклонения луча;
- Z – канал модуляции яркостью луча.

Основные технические характеристики электронно-лучевых осциллографов:

- Диапазон измеряемых напряжений $U_{\min} - U_{\max}$;
- Полоса частот канала вертикального отклонения: $f_H - f_B$;
- Время нарастания переходной характеристики τ_H , выброс и неравномерность;
- Диапазон значений коэффициентов отклонения вертикального канала Y, мВ/дел.
- Диапазон значений коэффициентов развертки (длительность развертки), мкс/дел.
- Входные сопротивления и емкости каналов X, Y и Z.

Виды осциллографических разверток

Развертывающим в общем случае называют напряжение, определяющее траекторию и скорость перемещения луча ЭЛТ в отсутствие исследуемого сигнала.

Линейная периодическая развертка

Данная развертка применяется при исследовании периодических сигналов.

Непрерывная периодическая развертка: $t_{\text{пр}}$ - длительность прямого хода; $t_{\text{обр}}$ - длительность обратного хода; T_n - период повторения



Основные характеристики развертывающего напряжения, создающего непрерывную периодическую развертку следующие:

- 1) Период повторения $T_n = t_{\text{пр}} + t_{\text{обр}}$, или частота повторения $F_n = 1/T_n$. Для высококачественной развертки выполняется условие: $t_{\text{обр}} \ll t_{\text{пр}}$;
- 2) Амплитуда, определяющая максимальное отклонение луча за период;
- 3) Степень линейности развертывающего напряжения

Виды осциллографических разверток

Импульсная периодическая развертка:

Идеальная и реальная формы развертывающего напряжения:

коэффициент нелинейности:

$$\delta_X = \frac{tg(\alpha_1) - tg(\alpha_2)}{tg(\alpha_2)}$$

Для универсальных осциллографов значение $\delta_x \approx 5\%$, для специальных δ_x достигает 0.1%.

Виды осциллографических разверток

- 4) Минимальное значение частоты повторения . Как правило, значение выбирают более $25 \div 30$ Гц, чтобы не было мерцаний изображения. При этом используется инерционная способность человеческого глаза сохранять зрительное впечатление в течение $\sim 1/15$ с.
- 5) Синхронность с напряжением исследуемого сигнала. Изображение будет неподвижным, если период развертывающего напряжения кратен или равен периоду исследуемого сигнала T . Для обеспечения этого требования осциллограф оснащают схемами развертки.

Линейная ждущая развертка

Линейная ждущая развертка используется при исследовании различных импульсных процессов, в том числе непериодических.

Сигнал с большой скважностью при линейной периодической развертке:

Виды осциллографических разверток

Эпюры напряжений в режиме ждущей развертки:

Напряжения в режиме ждущей развертки:

U_y - напряжение на входе Y;

U_x - напряжение на X-пластинах ЭЛТ;

U_y' - напряжения на Y-пластинах ЭЛТ;

t_3 - время задержки сигнала в ЛЗ

Синусоидальная развертка

Мгновенное значение отклонения луча по горизонтали определяется соотношением:

$$x = U_X \cdot h_X \cdot \sin(\omega \cdot t) = a \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

h_x - чувствительность трубки по горизонтали; a – амплитуда отклонения луча по горизонтали

Если на пластины Y подать напряжение вида $U_Y(t) = U_Y \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ оно вызовет

мгновенные отклонения луча по вертикали: $y = U_Y \cdot h_Y \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) = b \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$

Уравнения движения луча по вертикали:

$$y = b \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) = \frac{b}{a} \cdot \left(x \cdot \cos(\varphi) + \sqrt{a^2 - x^2} \cdot \sin(\varphi) \right)$$

Синусоидальная развертка применяется при измерениях фазы, частоты, параметров модулированных сигналов и т.д.

Частные случаи изображений на экране:

- $\varphi=0$: на экране будет наблюдаться прямая линия с углом наклона $\psi_1 = \arctg(b/a)$;
- $\varphi=180$: прямая с обратным наклоном, угол наклона $\psi_2 = -\arctg(b/a)$
- $\varphi=90$: уравнение движения луча примет вид: $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ - уравнение эллипса, с полуосями, по направлению совпадающими с направлением осей координат;

Круговая развертка

Схема получения круговой развертки:



На экране будет наблюдаться фигура Лиссажу в виде окружности. В течение периода развертывающего напряжения окружность совершает 1 оборот, т.е. число оборотов в секунду равно частоте развертывающего напряжения. Применение круговой развертки удлиняет линию развертки на экране в n раз по сравнению с линейной разверткой и улучшает условия наблюдения сигналов. Круговая развертка используется для измерения фазовых сдвигов, сравнения частот сигналов и т.д.

Двухканальные и двухлучевые осциллографы

Эти приборы применяют для одновременного наблюдения осциллограмм двух сигналов на экране одной ЭЛТ. Двухканальный осциллограф содержит два канала вертикального отклонения и электронный коммутатор (ЭК), который попеременно подает выходные сигналы каждого канала на одни и те же пластины ЭЛТ:

-
-
-
-
-



Двухлучевой осциллограф имеет специальную двухлучевую ЭЛТ, внутри которой помещены две независимые электронно-оптические системы и две системы отклоняющих пластин. Совокупность этих систем образует два электронных луча, попадающий на один общий экран, что позволяет одновременно наблюдать 2 осциллограммы.

Двухканальные и двухлучевые осциллографы

Существуют 4 режима работы каналов:

- Одноканальный (работает либо первый, либо второй канал);
- Чередование каналов
- Прерывания (работают оба канала, но переключение производится с высокой частотой, например $0.5 \div 1$ МГц. При этом в течение одного хода развертки поочередно успевают отобразиться оба входных сигнала).
- Алгебраическое сложение " $Y_1 + Y_2$ ". При этом оба канала работают одновременно на одну нагрузку, на экране отображается сумма сигналов.

На основе вышеперечисленных принципов строят многоканальные осциллографы с числом каналов более двух. В частности, в последнее время получили распространение трехканальные осциллографы: третий канал предназначен для наблюдения сигнала внешней синхронизации. Это позволяет судить о временных соотношениях между сигналами.

Двухканальные и двухлучевые осциллографы

Упрощенная структурная схема двухлучевого осциллографа:

-
-
-
-
-

Двухлучевые осциллографы позволяют наблюдать два сигнала как совместно, так и отдельно. Применяются для исследования двух непериодических (или нестационарных) сигналов малой длительности.

Преимуществом двухканальных осциллографов является более низкая стоимость по сравнению с двулучевыми.