

КВАЗИЛИНЕЙНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ

В. Н. Кузнецов, Э. Н. Салай

Х а р ь к о в

Преобразователи частоты обладают значительным недостатком: при подаче на вход преобразователя колебаний с частотами f_1 и f_2 в нагрузку протекает ток, представляющий собой сумму бесконечно большого числа составляющих с комбинационными частотами вида

$$f_k = \pm m f_1 \pm n f_2, \quad (1)$$

где m и n — целые числа от 0 до ∞ . Это справедливо для любого типа преобразователей, использующих нелинейный элемент.

Для получения сигнала, свободного от нежелательных комбинационных составляющих, полученных при преобразовании, обычно применяют фильтры с большим коэффициентом прямоугольности. Изготовление подобных фильтров сопряжено с большими трудностями, приводящими к значительному усложнению аппаратуры. Технологически сложно изготовить фильтры с большими коэффициентами перекрытия и крутой характеристикой среза, работающих при значительных перепадах температур, поэтому на выходе устройства, используемого для преобразования час-

тоты, помимо требуемого колебания присутствуют дополнительные сигналы с частотами, близкими к частоте выделяемого колебания. Эти колебания вызывают паразитную частотную и амплитудную модуляцию основного сигнала, что приводит к помехам в спектре полезного сигнала, уровень которых может достигать значительной величины.

Для устранения этого явления желательно иметь такой преобразователь частоты, на выходе которого имелась бы сумма входных частот либо их разность, т. е. при подаче на вход колебаний с частотами f_1 и f_2 в нагрузку должны выделяться колебания с частотами $f' = f_1 + f_2$ или $f' = f_1 - f_2$. Такие условия возможны только при линейном преобразовании частоты.

Задачу квазилинейного преобразователя частоты можно решить с помощью двухлучевой трубки, схематическое устройство которой показано на рисунке. Трубка содержит записывающий прожектор 1, считывающий прожектор 2 и конусную мишень 3, расположенную между прожекторами на одной с ними оси. Отклоняющие пластины считывающего прожектора изготовлены оптимальной конструкции (1), угол отклонения луча достигает 45° . Записывающий луч сфокусирован в точку диаметром $0,2$ мм, а считывающий — расфокусирован в продольном направлении за счет конусности мишени. Трубка работает с записью электронно-возбужденной проводимостью, считывание безразрядное. Выходной сигнал снимается в цепи сигнальной пластины. Ток в нагрузке при работе трубки в режиме преобразования частоты представляет собой сумму составляющих с частотами

$$f_k = k(f_1 \pm f_2), \quad (2)$$

где k — целое число, принимающее значения от 1 до ∞ .

В таком преобразователе для получения монохроматического сигнала необходима фильтрация только по гармоникам выходного сигнала, что значительно упрощает задачу фильтрации.

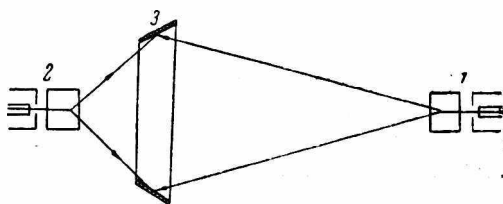
Для реализации указанного выше закона изменения тока (2) необходимо из гармонического сигнала с частотами f_1 и f_2 создать круговые развертки.

Ток с частотой f_1 управляет записывающим лучом, который будет осуществлять запись на мишени, а ток с частотой f_2 — считывать нанесенный потенциальный рельеф. Причем, частота f_2 всегда должна быть больше f_1 . Поскольку скорости движения записывающего и считывающего лучей различны, в нагрузке смесителя формируется последовательность импульсов. Процесс сложения частот объясняется следующим образом. Если скорость первой точки, записывающей на мишени изображение, определяется угловой частотой ω_1 , то угол φ_1 , проходимый ею за момента отсчета,

$$\varphi_1 = \omega_1 t. \quad (3)$$

Угол, проходимый второй точкой, считывающей изображение, определяется его угловой частотой ω_2 :

$$\varphi_2 = \omega_2 t. \quad (4)$$



Схематическое устройство электронно-лучевой трубки с конусной мишенью:

1 — записывающий прожектор; 2 — считывающий прожектор; 3 — мишень.

Встреча двух точек произойдет в какой-то момент t_B . За это время первая точка пройдет $\varphi_{B_1} = \omega_1 t_B$, а вторая $\varphi_{B_2} = \omega_2 t_B$, откуда

$$t_B = \frac{\varphi_{B_1}}{\omega_1} = \frac{\varphi_{B_2}}{\omega_2}. \quad (5)$$

Угол, проходимый точкой,

$$\varphi_{B_2} = 2\pi - \varphi_{B_1}, \quad (6)$$

тогда

$$\frac{\varphi_{B_2}}{\omega_1} = \frac{2\pi - \varphi_{B_1}}{\omega_2}, \quad (7)$$

откуда

$$\varphi_{B_1} = 2\pi \frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2}. \quad (8)$$

Зная зависимость угла встречи от частот f_1 и f_2 , можно определить длительность формируемого импульса и частоту следования. Если точка движется с угловой частотой ω_2 и считывает путь, пройденный первой точкой, время считывания, равное длительности импульса,

$$\tau_u = \frac{\varphi_{B_1} T_2}{2\pi} = \frac{f_1}{f_1 + f_2} \cdot T_2, \quad (9)$$

где T_2 — период считывающего колебания. Период повторения импульсов

$$T_n = \frac{\varphi_n T_2}{2\pi} = \frac{1}{f_1 + f_2}, \quad (10)$$

а частота следования

$$F_n = f_1 + f_2. \quad (11)$$

Если точки будут двигаться в одном направлении, частота следования

$$F_n = f_1 - f_2, \quad (12)$$

т. е. имеем вычитание частот.

Достоинство такого преобразователя по сравнению с нелинейным элементом заключается в том, что чистота спектральной линии выходного колебания будет обеспечиваться не фильтрацией близлежащих комбинационных составляющих, а фильтрацией гармоник выходного сигнала.

Рассмотренный преобразователь может быть использован при преобразовании инфранизких частот для формирования импульсов с переменной или плавно меняющейся задержкой и для других целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Миллер и Л. А. Куракин. Приемные электронно-лучевые трубки. Изд-во «Энергия», 1964.

2. А. И. Петренко и С. В. Денбовецкий. Масштабно-временные преобразователи импульсных сигналов. Изд-во «Техника», Киев, 1965.