

**Устройство возбуждения пьезокерамического
резонатора с автоматической настройкой частоты
на максимум сигнала**

Михальцевич Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Пьезокерамические ультразвуковые излучатели (ПИ) находят все более широкое применение в различных областях промышленности и медицины [1].

Для получения высокого КПД устройства, генератор подключенный к выходу ПИ, настраивают на одну из гармоник ПИ [2]. Максимальная мощность излучения ПИ происходит при напряжении на нем, обычно, несколько сотен вольт.

Такие напряжения на ПИ можно получить при высоком напряжении питания генератора или использовании эффекта резонанса напряжений. При этом последовательно с ПИ включают дроссель(L).

Изменяя индуктивность дросселя можно добиться настройки последовательного контура ПИ-L на одну из гармоник ПИ. Обычно это вторая или третья гармоника. Амплитуда напряжения на ПИ в этом случае зависит от добротности контура, величины токоограничивающего резистора, включенного последовательно с контуром, и возможностей по выходной мощности генератора. Величина входного напряжения на входе последовательного контура может составлять всего несколько единиц или десятков вольт. Это позволяет питать генератор от источника с сравнительно низким напряжением и, при необходимости, использовать для питания аккумулятор. Чем ниже напряжение питания генератора, тем требуется более высокая добротность последовательного контура.

Длительная работа генератора вызывает нагрев дросселя и ПИ. При этом происходит изменение емкости ПИ, индуктивности дросселя, из-за изменения геометрических размеров катушки и проницаемости ферритового сердечника. Вследствие этого, изменяется резонансная частота настройки последовательного контура. Амплитуда напряжения на ПИ уменьшается, и для ее увеличения потребуются подстройка частоты генератора.

Предлагаемое устройство позволяет автоматически подстраивать частоту заданного генератора на максимум среднего значения тока через ПИ.

Блок-схема разработанного устройства изображена на рис.1.

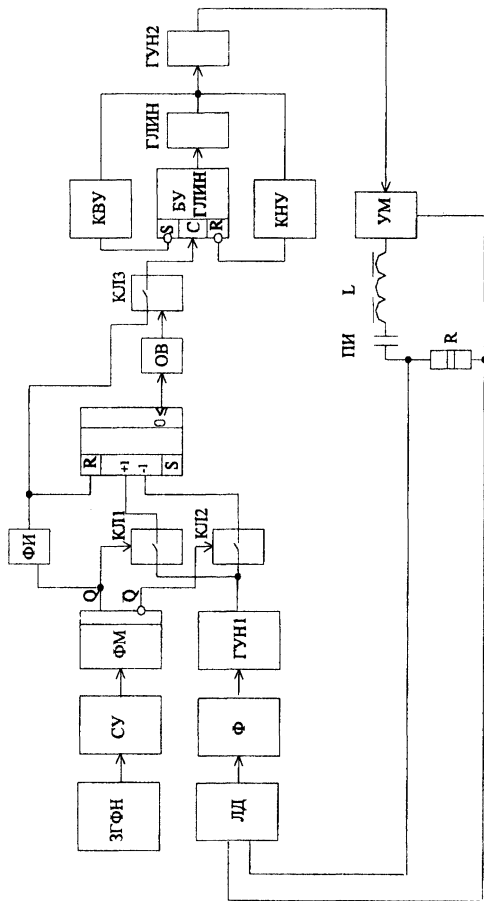


Рис. 1. Блок-схема устройства возбуждения пьезокерамического резонатора

Она состоит из задающего генератора формирователя меандра ЗГФМ, подключаемого к его выходу последовательно согласующего устройства СУ и формирователя меандра ФМ, аналоговых ключей КЛ1 и КЛ2, реверсивного счетчика СТ2, формирователя импульса ФИ, цифрового ключа КЛЗ, блока управления генератора линейно изменяющегося напряжения БУ ГЛИН, генератора линейно изменяющегося напряжения ГЛИН, компараторов верхнего и нижнего уровня ГЛИН КВУ и КНУ, генераторов частоты управляемых напряжением ГУН1 и ГУН2, усилителя мощности УМ, линейного детектора ЛД и фильтра Ф.

Отдельные узлы схемы работают следующим образом. С помощью ЗГФМ, СУ и ФМ формируется цифровой сигнал в виде прямоугольных импульсов со скважностью равной двум, выходящих с прямого Q и инверсного \bar{Q} выходов, частотой $f_1 = 100 \text{ Гц}$. Он поступает, согласно блок схеме, на управляющие входы ключей КЛ1 и КЛ2, вызывая их поочередное открытие и закрытие. На входы ключей с ГУН1 поступают сигналы частотой $f_2 = 150 - 300 \text{ кГц}$, зависящей от напряжения на входе ГУН1. Ключи КЛ1 и КЛ2 своими выходами подключены соответственно к суммирующему (+1) и вычитающему (-1) входам двоичного реверсивного счетчика с коэффициентом счета 4096.

При этом счетчик работает соответственно в суммирующем и вычитающем режиме. БУ ГЛИН представляет собой Т-триггер с тремя входами R, S и C. Управляющие сигналы на входы R и S поступают в случае появления сигнала на выходе ГЛИН равного минимальному и максимальному значениям. Поэтому, если на вход C не поступает управляющий сигнал, ГЛИН работает как симметричный генератор треугольного напряжения. ГЛИН выполнен в виде интегратора на операционном усилителе, у которого между инвертирующим входом и выходом включена интегрирующая емкость.

При появлении управляющего сигнала на входе C БУ ГЛИН, полярность входного сигнала на входе интегратора ГЛИН меняется на противоположную, что вызывает, в тот же момент, не рост напряжения на выходе, а его уменьшение, или наоборот.

Напряжение с выхода ГЛИН поступает на ГУН-2. С его выхода сигнал частотой $f_3 \pm 50\%$, соответствующий гармонике

ПИ, поступает на УМ, выход которого подключен к резонансному дросселю L и, далее, к ПИ и токоограничивающему резистору R . Токовый сигнал с резистора R выпрямляется линейным детектором ЛД, выполненном на ОУ. С его выхода, через фильтр Φ , сигнал поступает на управляющий вход ГУН1.

Все устройство работает следующим образом.

При включении питания устройства напряжение на выходе ГЛИН начнет повышаться, что вызовет увеличение частоты задающего генератора от $0.5f_3$ до f_3 . Счетчик СТ2 при открывающем сигнале на входе ключа КЛ1 кратковременно обнуляется с помощью ФИ и далее на его вход (+1) поступают импульсы с ГУН1. После размыкания ключа КЛ1, замыкается ключ КЛ2 и импульсы поступают на вход (-1). При повышении частоты выходного сигнала ГУН1, импульсов, поступающих на вход (-1), будет больше, чем поступающих на вход (+1). Это вызывает появление управляющего сигнала на выходе переноса ≤ 0 СТ2 и срабатывание одновибратора ОВ, который препятствует прохождению импульсов сброса через ключ КЛ3 на вход С БУ ГЛИН. Так будет продолжаться до тех пор, пока напряжение на резисторе R и соответственно на входе ГУН1, будет повышаться. Когда частота f_3 станет больше резонансной, импульсы с выхода ≤ 0 СТ2 перестанут поступать на вход ОВ. Это приведет к появлению на выходе одновибратора разрешающего сигнала на включение ключа КЛ3 и прохождению импульса на входе С БУ ГЛИН. При этом сработает Т-триггер БУ ГЛИН и напряжение на выходе ГЛИН начнет уменьшаться, до тех пор, пока f_3 , на выходе ГУН1, станет меньше резонансной, затем процесс повторится.

При данном соотношении частоты f_1 и f_2 (100 Гц и 150–300 кГц) погрешность настройки последовательного резонансного контура ПИ- L составляет меньше 0,1%.

Литература

1. Джагутов Р.Г., Ерофеев А.А. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. Л.: Машиностроение, 1986.
2. Губин В.П., Карпенко В.А. Источник возбуждения пьезокерамического резонатора с автоматической настройкой частоты на резонанс. ПТЭ, 1993, №6, С.145-149.