

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА МИКРОСХЕМЕ DDS AD9833 ДЛЯ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

Петухов И.Б., Кипарин И.Н.

ОАО «Планар-СО»

Минск, Республика Беларусь

В установках присоединения проволочных или ленточных выводов изделий электронной техники с использованием ультразвука, применяется ультразвуковая система, включающая ультразвуковую преобразователь (УЗП) и ультразвуковой генератор (УЗГ). УЗГ представляет собой электромеханический колебательный контур с высокой добротностью (порядка 600-800) на основной резонансной частоте и имеющий несколько паразитных резонансных частот. При комплексном воздействии на УЗП (изменение механической нагрузки, изменение подводимой электрической мощности), изменяется его резонансная частота. Экспериментально выявлено, что для оптимальной работы УЗП и передачи максимальной мощности от УЗГ в УЗП, необходимо подводить электрический сигнал синусоидальной формы (или электрический сигнал максимально приближенный к синусоидальной форме), соответствующий резонансной частоте УЗП.

Структурная схема ультразвуковой системы приведена на рисунке 1.

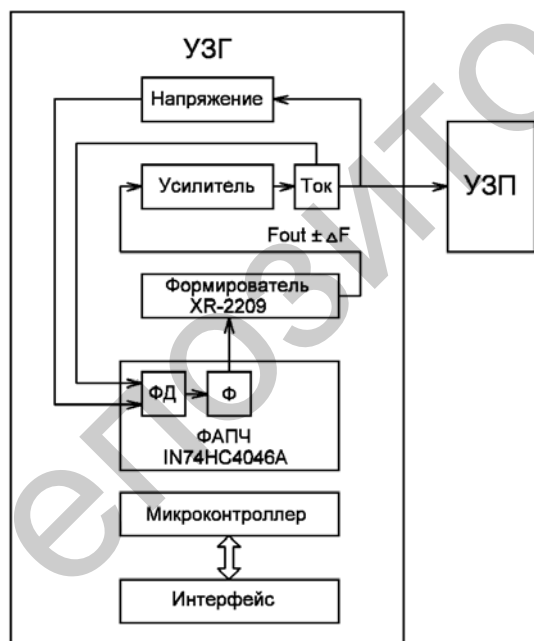


Рисунок 1 – Структурная схема ультразвуковой системы

Работу на резонансной частоте УЗП обеспечивает УЗГ. УЗГ состоит из следующих модулей: система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), имеющая фазовый детектор (ФД) с петлевым фильтром (Ф) и генератор,

управляемый напряжением XR-2209 (ГУН); формирователь сигнала синусоидальной формы (Формирователь); усилитель; микроконтроллер. ФАПЧ обеспечивает на выходе усилителя УЗГ нулевой фазовый сдвиг между напряжением и током. Формирователь обеспечивает формирование напряжения синусоидальной формы в рабочем диапазоне частот с минимальными гармоническими искажениями. Усилитель обеспечивает усиление синусоидального сигнала по мощности. Блок микроконтроллера организует согласованную работу модулей и обеспечивает возможность управления УЗГ посредством интерфейса с пользователем и дополнительным оборудованием.

Существуют разные способы формирования синусоидального напряжения. Наиболее практичным способом является использование специализированных интегральных микросхем, формирующих сигналы синусоидальной или треугольной формы. При использовании напряжения треугольной формы, требуется дополнительный формирователь треугольной формы выходного напряжения в синусоидальную форму. Традиционно используются микросхемы типов MAX038 [1] – формирователь синусоидального и треугольного напряжения и XR-2209 [2] – формирователь треугольного напряжения. На сегодняшний день эти микросхемы малодоступны либо очень дороги для мелкосерийного выпуска продукции на их основе. Это связано с сокращением и прекращением выпуска этих микросхем. Отметим, что выше перечисленные микросхемы формируют выходной сигнал непосредственно на рабочей частоте. Для формирования рабочей частоты используются два частотозадающих элемента – резистор и конденсатор.

Осуществляя поиск функциональных аналогов выше перечисленных специализированных микросхем, выбор был сделан в пользу другого перспективного класса микросхем – микросхем прямого цифрового синтеза (DDS). Широкий ассортимент микросхем DDS предлагает американская компания Analog Devices. Для наших задач наиболее подходящей оказалась микросхема типа AD9833. Ввиду принципиально иного принципа формирования выходного синусоидального напряжения и необходимостью инициализации данной микросхемы микроконтроллером, потребовалось по-другому задействовать эту микросхему в схеме петли ФАПЧ УЗГ. Принцип работы на основе

накапливающего сумматора применен в микросхеме AD9833 [3] и подробно расписан в статье [4]. На рисунке 2 приведен принцип работы микросхемы DDS из статьи [4]. На рисунке 3 приведена структурная схема ультразвуковой системы с использованием в качестве формирователя напряжения синусоидальной формы микросхемы AD9833.

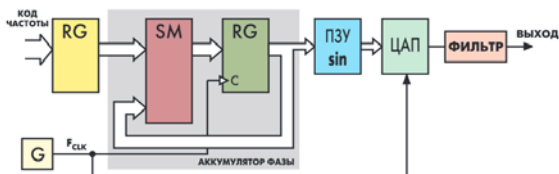


Рисунок 2 – Принцип работы микросхемы DDS

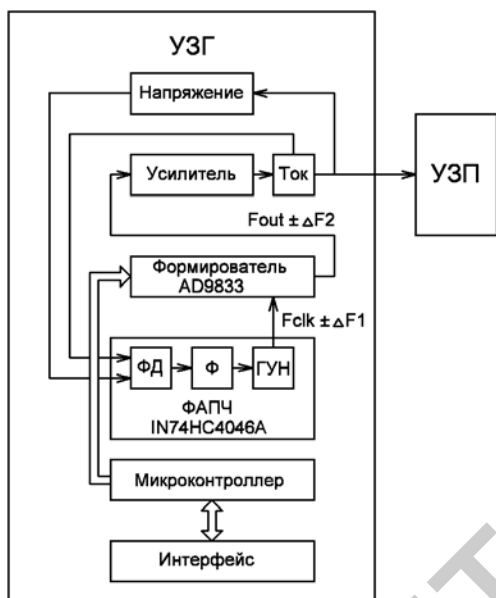


Рисунок 3 – Структурная схема ультразвуковой системы с использованием в качестве формирователя напряжения синусоидальной формы микросхемы AD9833

При сравнении структурных схем, приведенных на рисунках 1 и 3 заметно, что на рисунке 1 управление формирователем на микросхеме XR-2209 осуществляет только фильтр (Ф) системы ФАПЧ. На рисунке 3 управление формирователем на микросхеме AD9833 осуществляет ГУН системы ФАПЧ на микросхеме IN74HC4046A, а также микроконтроллер. Микроконтроллер устанавливает среднюю рабочую частоту, инициализируя формирователь AD9833, а ГУН системы ФАПЧ осуществляет подстройку выходной частоты. Такой способ

формирования синусоидального напряжения позволяет гибко перестраивать рабочую частоту формирователя синусоидального напряжения в рабочем диапазоне.

При конкретной реализации формирователя синусоидального напряжения на микросхеме DDS AD9833 для системы ФАПЧ (см. рисунок 3) использовались ГУН и фазовый детектор микросхемы ФАПЧ типа IN74HC4046A [5]. Среднее значение выходной частоты ГУН составило 18470 кГц. Микросхема цифрового синтеза типа AD9833 формирует синусоидальное напряжение с низким уровнем гармоник (THD менее – 56 Дб) в широком диапазоне формируемых частот [3]. Выходное амплитудное значение напряжения микросхемы AD9833 в диапазоне от 50 до 200 кГц составило 0,6 В с постоянной составляющей. Для нормирования выходного напряжения и устранения постоянной составляющей использовался активный фильтр нижних частот второго порядка с частотой среза по уровню минус 3 Дб равной 477 кГц. Коэффициент усиления фильтра по переменному току составил 4,7.

В отличие от способа управления выходной частотой AD9833 микроконтроллером, реализованный способ управления позволяет производить дополнительное управление производной частотой от ГУН системы ФАПЧ. Частота ГУН является тактирующей для микросхемы AD9833. Относительное отклонение выходной частоты формирователя синусоидального напряжения от среднего значения точно соответствует относительному отклонению от среднего значения выходной частоты ГУН. Такое решение позволяет резко снизить требования к производительности микроконтроллера, что в результате позволяет значительно упростить и удешевить формирователь синусоидального напряжения УЗГ.

Литература

1. MAX038 High-Frequency Waveform Generator <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX038.pdf>
2. XR-2209 Monolithic Function Generator <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/exar/XR2209v202.pdf>
3. AD9833 Programmable Waveform Generator <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9833.pdf>
4. Леонид Ридико, DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии. – 2001. – №7. – http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2001_07_50.pdf
5. IN74HC4046A PHASE-LOCKED LOOP <http://www.bms.by/eng/spec/PDF/74HC4046e.pdf>