**МОСТОВА СХЕМА ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ ЗВОРОТНОГО ЗВ’ЯЗКУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ П’ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧА**

***Малюкін О.В. інженер І кат., Попсуй В.І. ст. викладач***

*Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" м. Київ, Україна*

Відомо, що в процесі роботи п’єзоперетворювача ультразвукового гене­ратора в залежності від механічного навантаження і температури нагрівання змінюються його електричні характеристики. Це призводить до виходу з резо­нансу п’єзоперетворювача. Проблема вирішується введенням зворотного зв’язку (ЗЗ) з амплітудою, що пропорційна струму в механічній гілці п’єзоперетворювача, як наприклад мостова схема з трансформатором струму [1]. Але існує можливість організувати позитивний ЗЗ без використання транс­форматора у колі ФАПЧ. Варіант реалізації ЗЗ показаний на рис. 1.

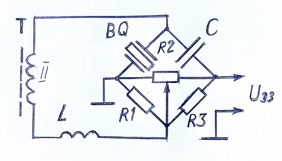


Рисунок 1 – Схема зворотного зв’язку ультразвукового генератора для п’єзоперетворювача

Напруга живлення п’єзоперетворювача знімається з вторинної обмотки вихідного трансформатора і подається на резонансний мост, утворений п’єзоперетворювачем і резистором R1 в одному плечі та конденсатором С і резистором R3 в іншому плечі. Ємність конденсатора дорівнює (або менша) статичній ємності п’єзоперетворювача С0. Сигнал ЗЗ знімається з діагоналі моста (точки з’єднання конденсатора С0 з резистором R3 і заземлення). Для регулювання глибини ЗЗ і налаштування фази сигналу використовується змінний резистор R2. На резонансній частоті п’єзоперетворювача його опір активний і максимальну напругу зворотного зв’язку можна представити виразом [2]:

= ,

де – напруга зворотного зв’язку; – напруга живлення моста; *δ* – відносна зміна опору п’єзоперетворювача.

Приклад схемної реалізації ультразвукового генератора на сучасній еле­ментній базі потужністю 40 – 100 Вт наведена на рис. 2. За основу взята схема з [3], що відрізняється лише способом отримання сигналу ЗЗ, а саме відсутній струмовий трансформатор. Там же [2] проведений теоретичний аналіз впливу сигналу ЗЗ на частоту драйвера і п’єзоперетворювача. Аналогічні співвідношення вхідних та вихідних сигналів присутні і в пропонованій схемі.

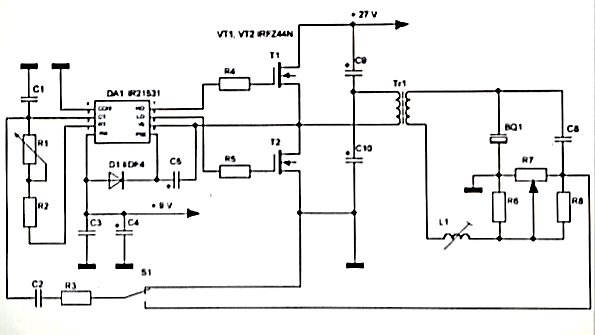


Рисунок 2 – Схема ультразвукового генератора

Ультразвуковий генератор з незалежним збудженням реалізований на мі­кросхемі IR 21531 (драйвер високовольтного пів моста з самотактуванням) в типовому включенні з двотактним вихідним каскадом на MOSFET, КМОП тран­зисторах IRFZ44N. Навантаженням вихідного каскаду є трансформатор Т з коефіцієнтом трансформації 1 : 5, включений в діагональ пів моста VT1,VT2, C6, C7. Частота генератора зміню­ється резистором R2. Резистор дозволяє проводити налаштування генератора для роботи з різними п’єзоперетворювачами. Зворотний зв’язок подається через нормально замкнені контакти перемикача, ємність С1 і струмообме­жувальний резистор R1. Перемикач дозволяє відключати ЗЗ і переходити в режим ручного керування частотою. Стабільна робота генератора на мікросхемі IR 21531 забезпечується у випадку коли сигнал ЗЗ подається у фазі з сигналом з виходу Lo мікросхеми і налаштовується змінним резистором R7 з лінійною характеристикою. Значення опорів R6, R8 повинно складати одиниці Ом задля зменшення теплових витрат. Максимальна амплітуда напруги для обраного драйвера не перевищує 30 мВ.

Живлення пристрою забезпечує блок живлення потужністю 150 Вт з ро­бочими постійними напругами 27 – 30 В (струм до 5 А) і стабілізованою 9 В (50 мА) для роботи мікросхеми. Потужність генератора можна змінювати напругою живлення півмоста. Можливе живлення від акумулятора 24 В з ємніс­тю від 20 А год.

Особливості налаштування вихідного каскаду

Первинна обмотка вихідного трансформатора замикається на коротко. На вторинну обмотку подається сигнал з зовнішнього генератора НЧ. Схема налаштовується у резонанс на частоті, що перевищує робочу частоту в 1,5 – 1,8 раз за допомогою зміни індуктивності L. Контроль резонансу п’єзоперетворювача здійснюється осцилографом по мінімуму амплітуди коливань. Балансується резистором R7 мост. Після чого первинна обмот­ка трансформатора розмикається. Індуктивність L може бути конструктивна і вбудована у вторинну обмотку трансформатора Т.

Виготовлений за даною схемою ультразвуковий генератор разом з п’єзоперетворювачем потужністю 40 Вт забезпечує працездатність ультразву­кового пристрою для формування наскрізних або глухих отворів у крихких ма­теріалах (ніобат літію, монокристалічний кварц, скло, кераміка та ін.).

Висновки

1 Схема працездатна

2 Виготовлений генератор стабільно підтримує роботу п’єзоперетворювача без помітних втрат амплітуди механічних коливань з реальним навантаженням при кімнатній температурі

3 Зворотний зв’язок виконує покладені на нього функції

**Перелік посилань**

1 Мовчанюк А.В., Фесич В.П., Вистизенко Е.В. Ультразвуковые генераторы с ФАПЧ и со­гласующим фильтром первого порядка для питания пьезопреобразователей. //Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ 14-20 березня 2016 р.: матеріали конференції – Київ, 2016. – С.84-86.

2 Карпов В. А. Ростокина О. М. Чувствительность и погрешность мостовой схемы с одним измерительным элементом. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2011.

3 Негров Д.А. Н-41. Ультразвуковые колебательные системы для синтеза полимерных ком­позиционных материалов: монография/ Д.А. Негров, Е.Н. Еремин, А.А. Новиков, Л.А.Шестель. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – С.93-100

**Анотація**

Представлена схема забезпечення зворотного зв’язку ультразвукового генератора для жив­лення п’єзоперетворювача середньої потужності. Генератор виготовлений і протестований.

**Ключові слова**: ультразвуковий генератор, п’єзоперетворювач, зворотний зв’язок

**Abstract**

A feedback diagram of an ultrasonic generator to power a medium power piezoelectric transducer is presented. The generator is manufactured and tested.

**Keywords**: ultrasonic generator, piezoelectric transducer, feedback