ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ УДАРНОГО ЗБУДЖЕННЯ ДЛЯ П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Мовчанюк. А.В., к.т.н., доц.; Гришко І.А., , к.т.н., доц.; Шульга А.В., к.т.н., доц.; Фесич В.П., інж.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Ультразвукові імпульси високої та надвисокої інтенсивності знаходять широке застосування для технологічного впливу на рідкі середовища [1]. Для збудження ультразвуку в рідині найчастіше застосовують електромеханічні перетворювачі на основі п'єзокераміки. Для отримання ультразвукового імпульсу на п'єзокерамічний перетворювач необхідно подати радіоімпульс із заповненням, що співпадає з власною резонансною частотою, а період повторення та тривалість будуть обумовлені необхідною енергетикою технологічного впливу. Зазвичай для цього використовують генератори ударного збудження (рис.1) принцип роботи яких полягає в наявності проміжного накопичувача енергії.

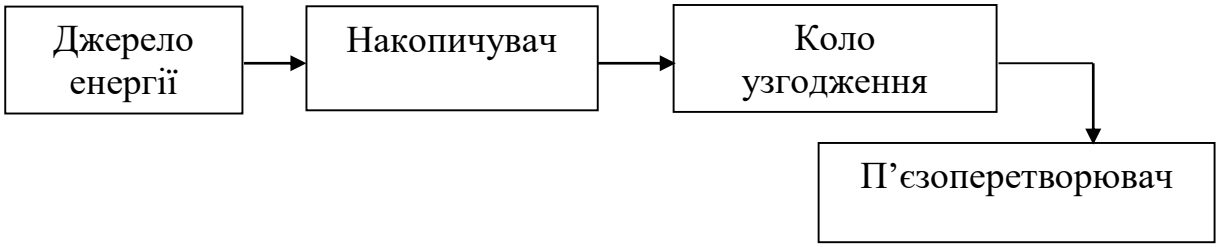

Рисунок 1. Узагальнена структура генератора ударного збудження

В накопичувачі запасається енергія від джерела енергії, а потім в імпульсі через коло узгодження подається на п'єзоперетворювач. Керування процесом накопичення та скидання енергії може регулюватися керованими тиристорними [2] або транзисторними ключами [3].

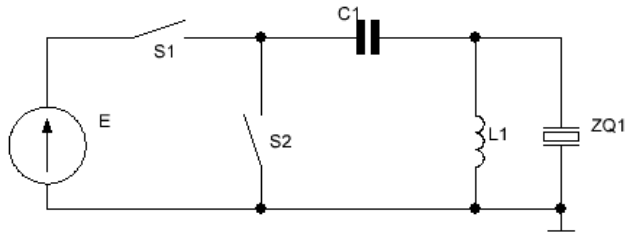

Рисунок 2. Приклад еквівалентної схеми генератора ударного збудження

В якості накопичувача енергії може виступати конденсатор або котушка індуктивності (дросель). Слід відмітити, що використання конденсаторів в якості накопичувача енергіє має суттєву перевагу, а саме можливість в широких межах змінювати період ударних імпульсів. В загальному випадку генератор ударного збудження (рис.2) складається з двох ключів, накопичуючого

конденсатора та узгоджуючого дроселя, який утворює з власною ємністю п'єзоперетворювача коливальний контур, резонансна частота якого співпадає з частотою механічних коливань [4], [5]. Відмітимо, що при такій конфігурації генератора ударного збудження п'єзоперетворювач та джерело енергії мають гальванічний зв'язок. Альтернативою може стати конфігурація генератора ударного збудження в якій дросель (рис.2) замінюється на резонансний трансформатор (рис.3). Як бачимо, індуктивність первинної обмотки обмежує струм в накопичувальній ємності, а індуктивність вторинної утворює коливальну систему з власною ємністю п'єзоперетворювача.

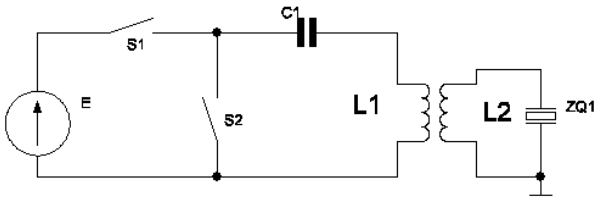

Рисунок 3. Приклад еквівалентної схеми генератора ударного збудження з резонансним трансформатором

В загальному випадку конфігурація елементів в генераторі ударного збудження залежить від типу ключів. Так конфігурація може бути змінена (рис.4), без зміни принципу роботи для зміни полярності керуючих імпульсів. Фактично конфігурація ти дизайн буде диктуватися типом ключів та системою керування їх роботи.

Розглянемо приклад практичної реалізації генератора ударного збудження, що в якості джерела енергії використовує промислову мережу 220В 50Гц (рис.5). В якості накопичувальної ємності виступає конденсатор С2. Під час позитивної хвилі мережевої напруги він заряджається через діоди VD1, VD3 та індуктивність L1. Під час негативної напівхвилі напруги через діоди VD2, VD4 заряджається конденсатор С1, з якого живиться система керування (СК). Система керування формує короткий імпульс для відкривання тиристора VS1. Через тиристор конденсатор С2 розряджається через дросель L1, після чого тиристор закривається. В результаті в

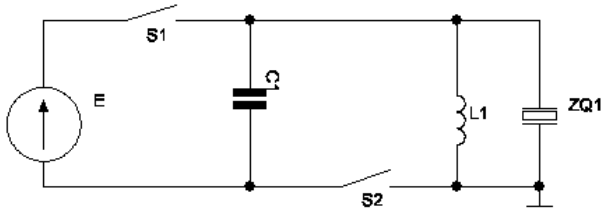

Рисунок 4. Приклад еквівалентної схеми генератора ударного збудження з альтернативною конфігурацією ключів

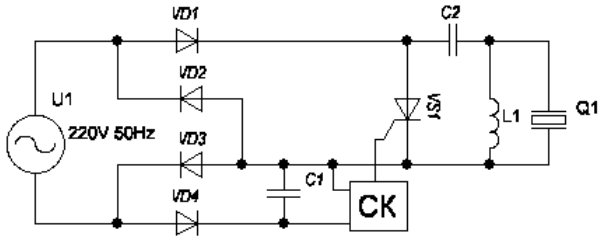

Рисунок 5. Приклад функціональної схеми генератора ударного збудження

контурі, що утворений L1 та п'єзоперетворювачем виникають згасаючи імпульси, амплітуда яких на початкову етапі дорівнює амплітудному значенню мережевої напруги, а частота відповідає частоті механічних коливань п’єзоперетворювача.

В результаті середня потужність, що споживається буде дорівнювати:

$$P = 50 \cdot U_{AC}^2 \cdot C_2$$

де: U_{AC} — амплітудне значення напруги промислової мережі.

Як бачимо, шляхом зміни ємності конденсатора С2 можна змінювати потужність, що споживається, а відповідно і інтенсивність ультразвукових коливань.

Перелік посилань

1. Gallego-Juárez, J. A. and K. F. Graff. 2014. "Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound." In Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound, 1-1142. ISBN 13: 978-1-78242-028-6/ doi:10.1016/C2013-0-16435-5.

2. Okyere, J. G., & Cousin, A. J. (1979). The design of a high voltage scr pulse generator for ultrasonic pulse echo applications. Ultrasonics, 17(2), 81-84. doi:10.1016/0041-624X(79)90101-X

3. Hidayat, D., Setianto, S., Syafei, N. S., & Wibawa, B. M. (2018). MOSFET-based high voltage short pulse generator for ultrasonic transducer excitation. Paper presented at the AIP Conference Proceedings, , 1927 doi:10.1063/1.5021211.

4. Movchanyuk, A., Fesich, V., Sushko, I., & Vistyzenko, Y. (2016). The research of L-type matching filter parameters. Paper presented at the 2016 IEEE International Scientific Conference "Radio Electronics and Info Communications", UkrMiCo 2016 - Conference Proceedings, doi:10.1109/UkrMiCo.2016.7739596/.

5. Vistyzenko, Y., Movchanyuk, A., Sushko, I., & Novosad, A. (2017). LL-type filter for piezoelectric transducer. Paper presented at the 2nd International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2017 - Proceedings, doi:10.1109/UkrMiCo.2017.

Анотація

В роботі представлено принципи роботи генераторів ударного збудження для живлення ультразвукових перетворювачів. В результаті було представлено узагальнену структурну схему та декілька варіантів спрощених функціональних схем. Було запропоновано варіант реалізації генератора ударного збудження із застосуванням ключа на тиристорі. Наведено вираз для розрахунку накопичувальної ємності.

Ключові слова: ультразвуковий генератор, п’єзоперетворювач, імпульсний генератор .

Abstract

The paper presents the principle of operation of shock excitation generators for powering ultrasonic transducers. As a result, a generalized block diagram and several options for its implementation in the form of simplified functional diagrams were presented. A variant of the implementation of a shock excitation generator based on a thyristor switch was proposed. An expression for calculating the storage capacity is given.

Keywords: ultrasonic supply, piezo transducer, pulse generator.