

УДК 681.5.017

Селюк Д. – ст. гр. ПБ-31мп

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОЧИЩЕННЯ ВИРОБІВ

Науковий керівник: к. т. н., доц. Шевченко В. В.

Seliuk D.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

AUTOMATED SYSTEM FOR ULTRASONIC CLEANING OF PRODUCTS

Supervisor: Ph.D., Assoc. Prof Shevchenko V.V.

Ключові слова: ультразвук, очистка, автоматизована система, керування, кавітація

Keywords: ultrasound, cleaning, automated system, control, cavitation

Ультразвукові очисники необхідні в різних галузях промисловості, від охорони здоров'я до виробництва приладів. Ці машини використовують звукові хвилі для створення крихітних бульбашок, які видаляють бруд, включення та інші забруднення з деталей.

Розроблено автоматизовану систему для керування процесом ультразвукового очищення деталей перед процесом складання.

Ультразвуковий очисник - це пристрій, в якому ультразвукові хвилі генеруються всередині рідкого середовища за допомогою зовнішнього джерела. Це зовнішнє джерело зазвичай є перетворювачем на основі п'єзоелектричного матеріалу, який генерує ультразвукову частоту при живленні від змінної напруги в діапазоні резонансних частот. Окрім технічного аспекту, промисловість зараз використовує ультразвукове очищення й для інших переваг. До них відноситься менший час очищення для кількох деталей, більш ефективне очищення порівняно зі звичайним очищенням, підвищення продуктивності та зниження вартості матеріалів.[1]

Ультразвукові хвилі, що генеруються всередині очисників, розрізняються залежно від їх застосування, потужності та частоти [2]. Існують різні типи перетворювачів, які використовуються для генерації ультразвукових хвиль всередині ультразвукового очисника, зокрема датчики Ланжевена з болтовим затискачем, п'єзоелектричні керамічні і магнітострикційні перетворювачі [3]. Електромагнітні перетворювачі також можуть генерувати ультразвукові частоти, але найбільш широко використовуються п'єзоелектричні перетворювачі в ультразвуковому очищенні. П'єзоелектричні ультразвукові перетворювачі мають перевагу в порівнянні з електромагнітними ультразвуковими перетворювачами щодо малих розмірів, відсутності шуму, вищої ефективності та негорючості [4].

П'єзоелектричні перетворювачі використовуються для перетворення змінної електричної енергії в ультразвукові акустичні хвилі всередині сталевих бака

ультразвукових очисників. Негативна фаза цих хвиль створює маленькі бульбашки, а позитивна фаза призводить до колапсу бульбашок, створюючи дуже високий локальний тиск і температуру [5]. За допомогою акустичних хвиль високої амплітуди всередині рідкого середовища (або миючого розчину) викликається зміна напруги тиску. Результатом цієї зміни тиску є кавітація, тобто утворення бульбашок на мікроскопічному рівні, які ростуть, а потім вибухають. Цей вибух бульбашок видаляє непотрібні частки (бруд або домішки) з поверхні об'єкта очищення.

Щоб вивчити роботу ультразвукового очисника, необхідно створити прототип та провести дослідження ефективності процесу для оптимізації параметрів конструкції, таких як розмір, кількість перетворювачів, їх розташування та забезпечити якісне створення автоматизованої системи для керування процесом очищення.

Ультразвукові очисники широко використовуються, але залишаються проблеми з визначенням їх оптимальної робочої частоти та ефективності очищення. Для ефективної роботи ультразвукового очищувача та його робочої частоти необхідно оптимально підібрати напругу.

У роботі було розроблено систему керування ультразвуковим очищенням перед складанням та її модель керуючої електроніки після всебічного огляду дизайну, виготовлення та методів керування ультразвуковою очисною машиною. Запропоновано використати інверторну топологію класу D [6] для керування ультразвуковим перетворювачем високої частоти ультразвукових хвиль, як показано на рис. 1. Запропонована модель електронної схеми розділена на три частини. Перша частина перетворює напругу основного живлення в напругу DC-Link. Друга частина генерує керовану частоту 40 кГц для керування п'єзоелектричним перетворювачем для генерації ультразвукових хвиль.

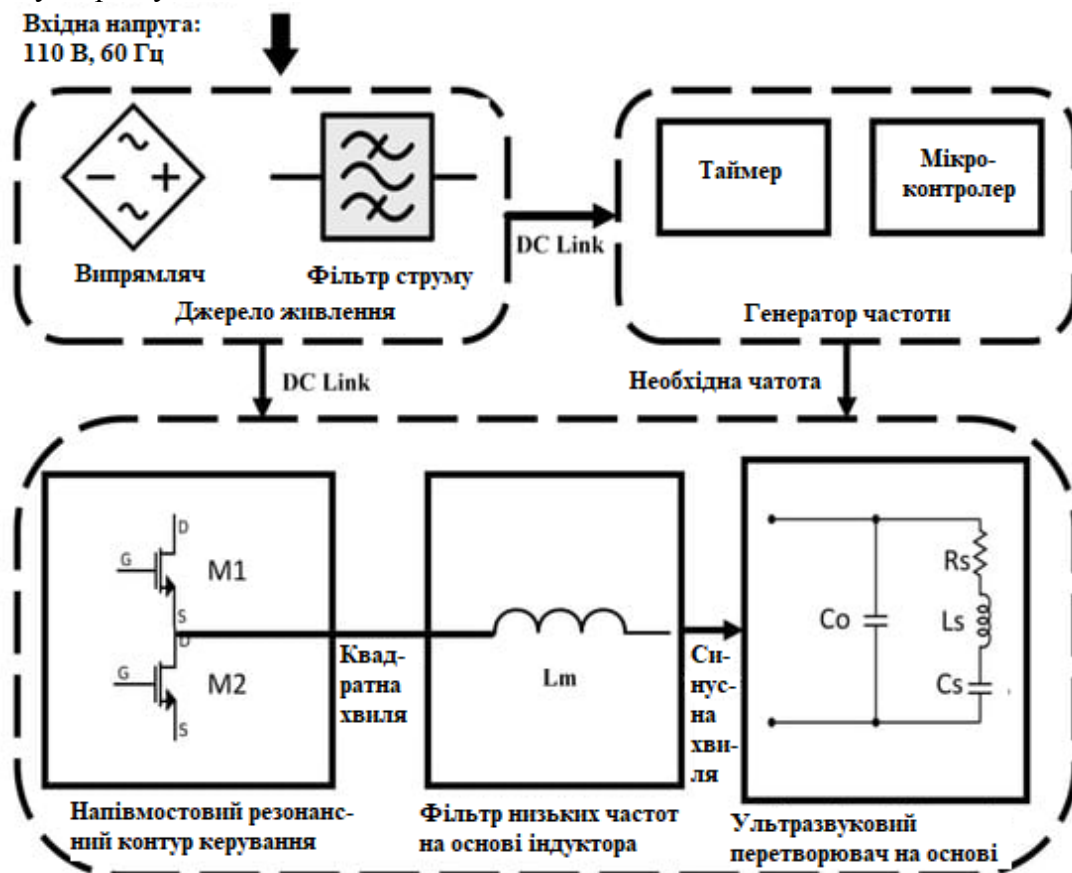


Рис. 1 – Блок схема автоматизованої системи керування ультразвукового очищення.

Щоб керувати п'єзоелектричним перетворювачем в ультразвуковому очиснику, прямокутний сигнал напруги, створений інвертором, працює з резонансним контуром LC для генерації сигналу напруги синусоїдальної форми.

$$F_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Статична ємність п'єзоелектричного диска (C_0) працює в резонансі з котушкою індуктивності (L_s) як фільтр низьких частот для генерування синусоїдального сигналу. Для еквівалентної моделі запропонованої схеми буде використано значення, наведені нижче.

Вхідна напруга V_{in} 170 В, Максимальна вихідна потужність схеми P_m 50 Вт, Максимальний струм I_m 100 мА, Максимальна вихідна напруга V_o 840 В, Частота перемикання F_s 40 кГц (діапазон), Діаметр диска PZT мм 50 мм, Товщина диска PZT мм 2,5 мм, PZT Disc Потужність ват 35 Вт.

Ці параметри ілюструють електронні параметри приводної машини і параметри п'єзодискового диска. Запропонована схема буде розрахована на максимальну вихідну потужність 50 Вт і максимальний струм 100 мА. Індуктор намагнічування є основним елементом для регулювання вхідної напруги перетворювача та потужності струму (для отримання потужності 35 Вт). Оскільки п'єзоелектричний диск виготовлено з твердої п'єзоелектричної кераміки (PZT-4A), напруга приводу може бути встановлена на максимальне значення приблизно 750 В, що відповідає 300 В/мм і знаходиться в безпечному діапазоні, щоб не викликати деполяцію. і надлишкове нагрівання.

Впровадження автоматизованої системи керування ультразвукового очищення підвищить точність та надійність роботи приладів.

Література.

1. Shevchenko, V. (2024). Details Processing Control System at the Automated Manufacturing. In: Bezuglyi, M., Bouraou, N., Mykytenko, V., Tymchyk, G., Zaporozhets, A. (eds) Advanced System Development Technologies I. Studies in Systems, Decision and Control, vol 511. Springer, Cham
2. Chobin, N. Surgical Instrument Decontamination: A Multistep Process. AORN J. 2019, 110, 253–262.
3. Zhou, H.; Zhang, J.; Feng, P.; Yu, D.; Wu, Z. An amplitude prediction model for a giant magnetostrictive ultrasonic transducer. Ultrasonics 2020, 108, 106017.
4. Uchino, K. Piezoelectric actuators 2006. J. Electroceram. 2008, 20, 301–311.
5. Matvienko S., Shevchenko V., Tereshchenko M., Kravchenko A., Ivanenko R. (2020). Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 19-29. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.193429.
6. Zhang, Y.; Dong, M.; Meng, Q.-D.; Cai, L. The topology analysing of a cascade multilevel class-D power amplifier. In Proceedings of the 2012 International Conference on Control Engineering and Communication Technology, ICCECT 2012, Shenyang, China, 7–9 December 2012; pp. 109–112.