

적층 액츄에이터형 초음파 노즐의 구동특성

김화수, 황락훈, 김국진, 류주현, 홍재일*
 세명대학교, *동서울대학

Driving Characteristics of Multilayer Actuator Structured-Ultrasonic Nozzle

Hwa-Soo Kim, Lark-hoon Hwang, Kook-jin Kim, Ju-Hyun Yoo, Jae-Il Hong*

Semyung Univ., *Dongseoul Coll.

Abstract : In this paper, in order to spray diesel fuel, multilayer actuator structured-ultrasonic nozzle and resonant inverter were manufactured. Multilayer actuator structured-ultrasonic nozzle was fabricated using PMN-PNN-PZT ceramics showing excellent piezoelectric characteristics. Its electrical and temperature properties were measured for investigating the applicability of stable ultrasonic nozzle for spraying diesel fuel.

Key Words : ultrasonic nozzle, resonant inverter, multilayer actuator

1. 서론

현재 액체 연료의 분사에는 고압펌프를 이용하여 tip부분의 가는 구멍으로 액체 연료를 압출 분사 방법을 많이 사용하고 있다. 그러나 초음파를 이용하여 액체연료를 분사하면 균일한 입경과 미립화가 용이하여 에너지 절약과 공해방지등을 할 수 있으며, 유속과 유량에 관계없이 이용할 수 있어 반도체 분야의 반도체 웨이퍼와 평판 표시기상에 사진 석판용 화학물질의 균일도포, 컴퓨터 하드디스크의 광택제 도포등에 사용할 수 있다. 이처럼 초저의 유출 용량을 요구하는 모든 공정 및 액체연료의 분사가 요구되는 모든 산업에 적용할 수 있다.[1-2] 공진형 인버터를 사용하여 초음파 노즐을 구동하는 경우 노즐의 구동 전압을 공진에 의하여 쉽게 얻어질 수 있는 장점과 구동 스위치에 가해지는 전압의 크기가 상대적으로 작게되므로 인버터 구동에 저전압 MOSFET를 사용함으로써 도통손실의 저감 및 구성회로의 저압화 등에 유리한 이점이 있다. 본 연구에서는 기존의 고전압 입력을 필요로 하는 단판형 압전세라믹을 대체할 저전압 고효율의 초음파노즐을 개발하기 위해 적층형 압전세라믹을 이용한 초음파 노즐을 개발하여 구동회로를 설계하고 경유 연료를 분사하였을 때의 구동특성을 조사한다.

2. 본론

2.1 진동자 제조 및 특성

초음파 노즐의 구동시 기계적인 진동을 이용하므로 많은 열을 발생시켜 노즐의 온도가 상승하여 세라믹 진동자에도 그 영향을 미치게 되어 열적 열화 현상이 일어날 수 있기에 높은 큐리온도를 가지는 세라믹 진동자가 필요하다.

표 1. 시편의 압전 및 유전특성

Sintering temp[°C]	Dielectric constant	kp	Qm	Tc [°C]
940	1423	0.59	1384	334

본 실험에서는 PMN-PNN-PZT 조성을 사용하여 적층형 압전세라믹 진동자를 제작하였으며 압전 및 유전 특성은 표 1 처럼 초음파 노즐의 진동자로 적용하기에 우수한 특성을 나타내었다.

2.2 초음파 노즐의 제작

제조된 초음파 진동자를 사용하여 그림 1와 같은 초음파 노즐을 제작하였다. 노즐의 설계 시 세라믹 진동자에 최대 진동이 전달될 수 있도록 하였으며, tip부분은 분무 시 분무 범위를 넓게 하기 위하여 45°의 각을 주고 처리 하였다.

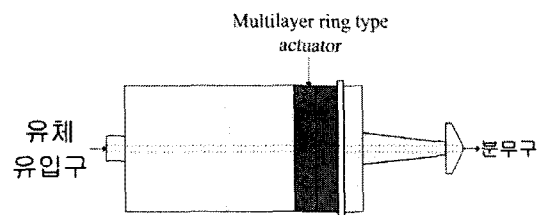


그림 1. 초음파 노즐의 모양

2.3 구동회로의 설계 및 회로해석

초음파 노즐의 구동을 위한 구동회로의 블록도를 그림 2에 나타내었다. 초음파 노즐의 구동회로는 Push-Pull방식을 사용하였으며, 제안된 회로의 Push-Pull방식은 권선형변압기 1차측 권선에는 센터 탭이 있어 권선의 양단에 출력되는 MOSFET(Q1, Q2)의 Gate에 입력을 받아 스위칭 되어 권선형변압기 양 1차 권선에 전력을 교번 주입하는 방식을 채택하였다. 단지 이 회로에서는 2차측에는 교류파형을 얻기 위해 센터 탭 정류회로를 사용하지 않았다. PWM Control을 사용하여 타력식 발전방식으로 Q1, Q2의 Gate신호를 교번 스위칭 시켜 초음파 노즐을 구동시켰다. 그림 3에 공진형 인버터의 FET 게이트 신호와 출력파형을 나타내었다. 두 개의 FET는 약 90%의 듀티 사이클로 46V의 교류 구형파를 출력하였다.

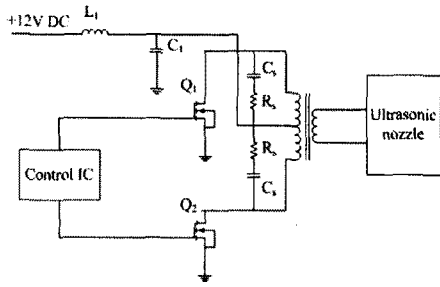


그림 2. 간이화한 초음파 노즐 구동 공진형 인버터

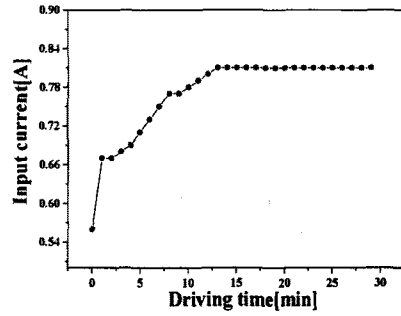


그림 4. 구동시간에 따른 구동회로의 입력 전류

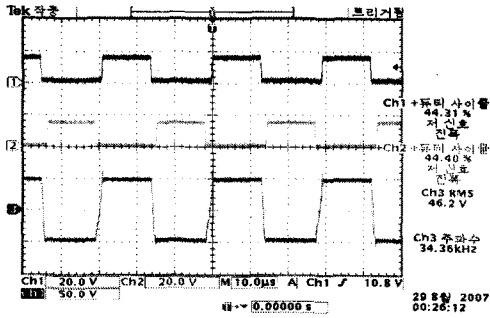


그림 3. 공진형 인버터의 FET 게이트 신호와 출력파형

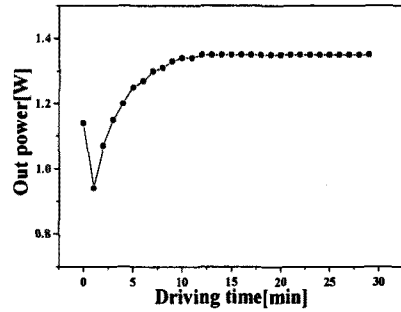


그림 5. 구동시간에 따른 구동전력

3. 실험 및 결과

제작된 초음파 노즐의 구동시 분무량은 $1[\ell/h]$ 로 분사하였으며, 30분 동안 제작된 초음파 노즐과 공진형 인버터로 경유를 분사하여 특성을 조사하였다. 그림 4는 구동시간에 따른 진동자의 표면온도를 나타내었다. 구동 10분까지 표면온도는 지속적으로 상승하다가 14분 후부터 진동자의 표면온도가 $42[^\circ C]$ 포화되어 안정화 되었다.

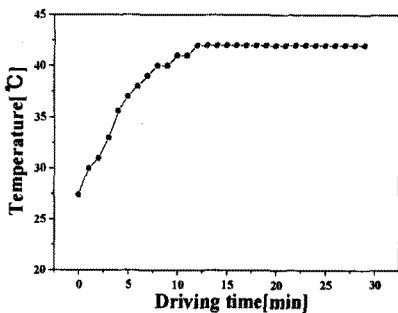


그림 3. 구동시간에 따른 진동자 표면온도

그림 5와 그림6은 구동시간에 따른 구동회로의 입력 전류와 초음파 노즐의 구동전력을 나타낸 그래프로서 구동 14분 후에 $0.81[A]$, $1.34[W]$ 로 안정되었다. 이는 구동 초기에 진동자의 표면온도가 상승하여 진동자의 구동 주파수가 변화하여 구동회로의 입력 전류와 초음파 노즐의 구동전력이 상승하였고 진동자의 표면 온도가 포화 상태인 14분 후에는 진동자의 구동주파수가 안정되어 구동회로의 입력 전류와 초음파 노즐의 구동전력 또한 더 이상 상승하지 않고 안정된 것으로 판단된다.[1]

4. 결론

본 연구에서는 연료 분사를 위한 적층 액추에이터형 초음파노즐과 구동을 위한 공진형 인버터를 제작하여 경유를 분사할 시 안정성에 주안을 두고 구동 특성에 대하여 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제안된 적층 액추에이터용 초음파 노즐과 공진형 인버터로 경유를 분사한 결과 저전압 구동이 가능하므로 에너지 효율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.
2. 경유 분사 14분 후 진동자의 표면온도와 구동회로의 전기적특성이 포화되어 전류 $0.81[A]$, 전력 $1.34[W]$ 로 안정되었다.
3. 진동자의 표면 온도 상승으로 초음파 노즐의 구동주파수가 변화되어 구동회로의 입력 전류와 구동전력이 상승하였지만 초음파 노즐의 경유 연료 분무에는 문제가 되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 과학재단에서 시행하는 특정기초사업 (과제번호: R01-2006-000-10120-0)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

[1] 이수호, 민석규, 윤광희, 류주현, 사공건, "초음파 진동자 응용을 위한 압전 세라믹의 유전 및 전기적 특성", 한국전기전자재료학회 2000년도 추계학술대회 Vol. 12, No. 1, p.200
 [2] 이수호, 민석규, 윤광희, 류주현, 사공건, "구동회로에 따른 초음파 노즐의 분무 특성", 한국전기전자재료학회 2001년도 추계학술대회 Vol. 2, No. 2, p. 1005