

압전액츄에이터 연동파형 고전압증폭 구동장치 설계

조정대*, 함영복, 윤소남, 감광영(한국기계연구원, 첨단산업기술연구부)

주제어 : 압전액츄에이터(piezoelectric actuator), 연동파형, 고전압증폭기, 위상가변기(phase shifter)

하나 또는 다수개의 압전액츄에이터(piezoelectric actuator)로 구성된 시스템에서 구동 효율을 높이는 데 직접적인 영향을 미치는 고정밀과 빠른 응답 특성을 구현(implementation)하기 위하여, 입력전압에 대하여 출력전압이 선형적으로 추종하고 주파수 가변(variable)이 독립적이며 순차적으로 제어가 가능한 위상가변(phase shifting)형 압전액츄에이터 구동장치의 설계가 필요하다. 구동신호를 증폭하고 가변하는 고전압 증폭 구동장치는 압전액츄에이터 구동에 직접 영향을 주게 되므로, 이의 특성인 고주파에서의 위상 지연 보상, 높은 회전비(slew rate)로 고전압에서의 정현파의 찌그러짐을 방지, 전압이득의 가변 및 안정화, 입력 및 출력 임피던스의 개선과 주파수 대역폭(band width)의 확장 등은 매우 중요하다.

연동파형(multi-phase shifting) 구동장치는 상용 전원을 입력 받아 주파수를 갖는 고전압을 출력하여 다수개 압전액츄에이터를 독립적이거나 위상차를 갖고 연동 동작을 한다. 기존의 수동소자로 구성된 회로를 집적회로(integrated circuits; IC) 구성하고 회로의 구조를 간단하게 하여 응답속도와 동작특성을 향상 시켰다. 상용전원 220VAC, 60Hz를 입력 받아 트랜스포머(transformer)와 브리지다이오드(bridge diode)로 구성된 정류기를 통하여 구동용 DC 전원을 생성하며, 전압/주파수 가변제어는 전원공급장치와 주파수발생기로 구성하였다. 정류된 DC전원과 0~10V의 가변 전압을 고전압증폭기의 입력전압으로 하여 0~200V의 선형적으로 주파수 가변이 가능하도록 출력 전압을 제어한다. 다수개의 압전액츄에이터를 사용할 경우, 순차적으로 제어하고 위상차를 가변할 수 있게 하기 위하여 위상가변기(phase shifter)와 압전액츄에이터와 구동장치간의 임피던스차로 인한 전압강하와 신호의 찌그러짐의 방지, 입력 및 출력 임피던스의 개선을 위하여 임피던스정합기를 입력단과 출력단에 조합하였다. 전원 차단시 압전액츄에이터에 충전된 전하를 고속으로 방전시키기 위한 회로를 설계하여 전원차단 시간지연(off time delay)을 최소화하여 응답속도와 동작특성을 향상 시켰다.

설계 및 제작된 연동파형 구동장치의 성능 실험은 원형 유니몰프(unimorph) 압전액츄에이터 3장을 사각 케이스 내에 각각 적층하여 결합한 압전 펌프에 응용하였다. 흡입 측으로부터 첫 번째 압전 액츄에이터가 변위를 일으켜 유체를 흡입하면, 90도의 위상지연으로 두 번째 압전 액츄에이터가 변위를 시작하고, 180도 위상지연으로 세 번째 압전 액츄에이터가 변위를 시작하는 동작을 수행하며, 각각 액츄에이터 위상지연에 따른 변위에 의해 발생된 공간에 유체가 유입되어 출구 측으로 밀려 토출하게 된다. 사각 케이스 내에는 유체를 유입 및 토출할 수 있는 유로를 형성시키고 마지막 액츄에이터 케이스에는 첫 번째 액츄에이터 케이스까지 직접 연결될 수 있도록 유로를 형성시켜 흡입포터와 토출포터가 나란히 배치 될 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 체크밸브 없이 펌핑 작용을 수행할 수 있도록 구성하였으며, 유니몰프 액츄에이터를 다수개 사용하여 서로 연동하여 동작되도록 전계를 인가함으로써, 체크 밸브 없이도 흡입 측으로 유입된 유체가 출구 측으로 진행되도록 다수개의 압전 액츄에이터를 순차적으로 구동하게 하였다. 압전 펌프는 체크 밸브 없이도 흡입과 토출을 유니몰프 압전 액츄에이터의 연동 운동에 의해 단속 할 수 있어서 구조를 간단히 할 수 있으며, 부품수가 적으므로 고장이 나 수리가 자주발생하지 않을 뿐만 아니라 체크 밸브가 동작하는 소음이 없으므로 저소음화를 실현할 수 있는 효과가 있다. 또한, 연동파형 고전압 구동장치를 사용함으로써 압전 액츄에이터의 변위특성 뿐만 아니라 체크밸브 없는 압전펌프의 주파수-유량 특성 및 전압-유량특성을 향상시켰다.