

KSTAR 연료주입계 Piezoelectric Valve 및 제어기 개발

송재인, 김영옥, 김광표, 추 용, 박갑래

국가핵융합연구소

Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR) 장치는 국내 유일의 초전도 자석을 이용한 핵융합 연구 장치로서 초고온의 플라즈마를 생성하여 차세대 에너지원인 핵융합 에너지를 획득하는 것을 목표로 두고 있다. 플라즈마를 생성부터 유지하기 위해서는 수소 동위원소를 토카막 내부로 공급해 주어야 하는데 이러한 수소동위원소를 “연료”라 부르며, 이 연료를 토카막 내부로 공급해 주는 시스템을 연료주입 시스템(Fueling System)이라고 한다. KSTAR에서는 토카막 내부로 고속의 연료 주입이 필요하고 정밀한 양의 연료를 공급하는 밸브를 사용하여야 하며, 이러한 밸브를 제어 할 수 있는 제어기를 필요로 한다. 위의 사항에 적합한 피에조 밸브(Piezoelectric Valve)는 2 msec 이내의 개폐시간과 500 Torr · l/s 이상의 유량을 흘려줄 수 있는 피에조 밸브로 압전소자에 가해지는 전압(0~250 V)에 따라 변위의 양에 비례하여 연료가 진공용기 내로 유입된다. 압전소자의 변위는 최대 140 μm 로 최적화되어 있어야 하며, 정전용량(Capacitance)는 30~40 nF이어야 한다. 또한 소자에 힘(Force)을 가해 최대 7 N으로 136 μm 의 변위를 가진 소자를 사용해야 한다. 피에조 밸브의 특성으로는 아날로그 신호로 작동이 되어야 하며, 유량신호를 피드백하여 밸브의 구동 전압을 정밀하게 제어 되어야 한다. 피드백 제어를 위해 압력센서는 XCS-190 Series를 사용하여 낮은 유량에서도 민감하게 반응하도록 제작하였으며, 고전압이 유기 되었을 때 제어기를 보호하기 위한 정션박스를 설치하였다.

밸브 제어기는 피에조 밸브의 개방 속도를 높이기 위해 밸브 구동 전압을 순간적으로 높이는 POP 전압을 생성하는 기능과 유량 신호를 피드백해서 밸브 구동 전압을 정밀 제어 하는 기능을 가지고 있다. 제어장치는 아날로그 및 디지털 제어회로의 전원용 +15 V DC와 밸브 구동용 +250 V DC 출력용의 전원 공급 장치(Power supply unit), 펄스 및 트리거 신호를 생성하는 Master Programmer unit), Pop 전압과 피드백의 중요한 기능을 수행하는 Valve controller unit로 제작 되었다. 피에조 밸브와 제어기는 상호 작용하여 동작을 원활히 할 수 있도록 특성 실험을 진행하여야 하며, 진공상태에서 Lack의 유무를 확인하여야 한다. 현재 개발 제작된 밸브의 진공누설시험 및 특성실험을 진행하고 있으며, KSTAR 5차 캠페인에 적용할 계획이다.

Keywords: 피에조 밸브, 압전소자