

혼합형 플라즈마 토치의 운전 특성 고찰

An examination on operational characteristics of dual mode plasma torch

문영표, 박종길, 황태원

원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

yphoon@khnp.co.kr

1. 서론

스텐레스강 또는 탄소강으로 만들어진 폐필터, 폐배관, 폐밸브몸체 등과 같은 금속류와 전구유리, 콘크리트, 모래 등과 같은 비금속류의 다양한 비가연성 방사성폐기물이 국내 원전운영 과정에서 발생되게 된다. 이들 비가연성 방사성폐기물을 환경친화적으로 처리하고 또한 감용효과를 얻기 위한 기술개발의 일환으로 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원에서는 혼합형 플라즈마설비를 국내 개발하였다. 비가연성 폐기물을 처리하기 위한 플라즈마 용융설비의 가장 핵심이 되는 설비가운데 하나인 혼합형 플라즈마 토치는 다양한 투입 폐기물의 조성변화에 따라 운전방식이 자동전환되어 운전 신뢰성이 높고, 용융물의 내부가열과 표면가열을 동시에 수행할 수 있어 가열효율 향상 및 용탕 유지 효율성 측면에서 매우 유리하다.

2. 혼합형 플라즈마 토치 사양

전기용량 500kW 혼합형 플라즈마 토치는 AP-500M으로 명명되며, 처리대상물의 용융특성에 따라 이행형 운전, 비이행형 운전 또는 혼합형 운전이 가능하고 출력조정범위는 200~500kW로서 각 운전모드에서 전출력 운전이 가능하다. 토치의 크기는 외경 190mm, 전장은 1230mm이고 중량은 90kg이다. 전극홀더와 하우징은 토치후방에서 결합하는 구조이며 토치 하우징의 재질은 SUS 316L이고 하우징 전면은 고알루미나 재질의 캐스타블 처리를 하였다. 한편, 혼합형 토치는 중공형 구조로서 역극성, 즉 후방전극은 양극이고 전방전극과 용융로 하부전극은 음극이 된다. 기동시와 정상운전시는 약 5기압의 알곤개스와 질소개스를 각각 사용하고, 기동 주파수 및 전압은 각각 1MHz, 3kV이다. 토치 전극 및 하우징은 약 10기압의 순수를 냉각수로 사용하고 있으며 비저항값을 3MΩ 이상으로 유지한다. 그림 1은 혼합형 플라즈마 토치의 측면 및 전면 사진이다.

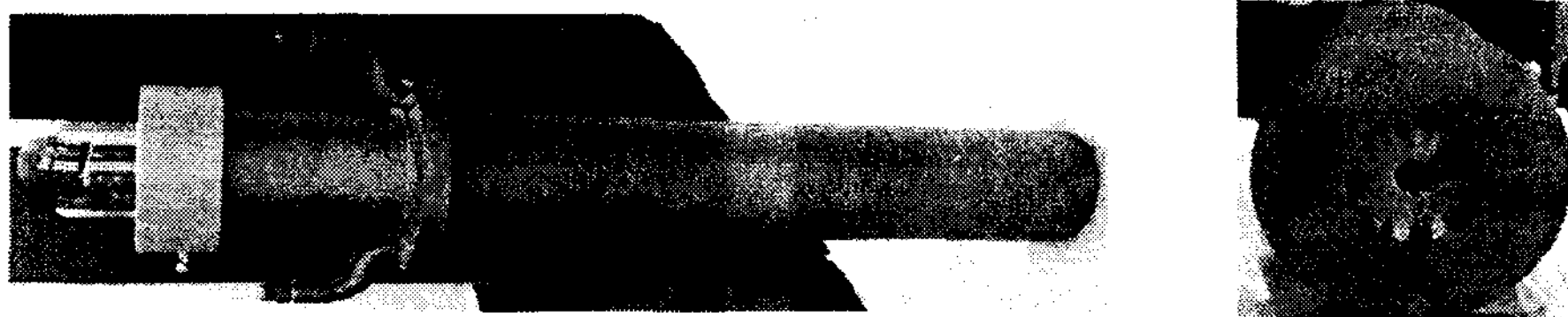


그림 1. 혼합형 플라즈마 토치

3. 전원공급장치 사양

혼합형 플라즈마 토치의 전원공급장치는 MCCB & transformer 판넬, chopper 판넬, reactor

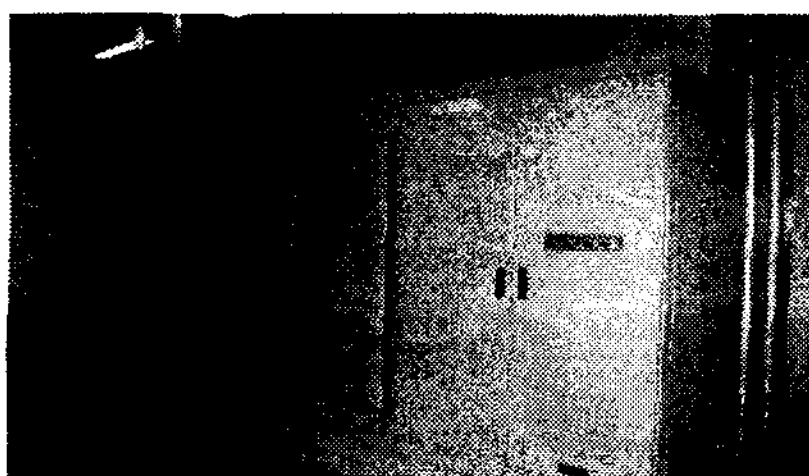


그림 2. 전원공급장치의 사진

판넬 및 ignition 판넬 등으로 구성되어 있다. MCCB & transformer 판넬에는 1200A급의 입력전원 차단장치와 600kVA 3권선 절연변압기가 설치되어 있으며, chopper 판넬에는 SCR정류기와 IGBT 소자로 구성된 수냉각 방식의 컨버터가 설치되어 있다. 그리고 reactor 판넬과 ignition 판넬에는 3.3mH의 인덕터와 1MHz 주파수 발생장치가 각각 설치되어 있다. 입력 전원은 3상 380VAC, 60Hz이며 직류출력부는 650VDC Max 및 1100ADC Max

(500kW power limit)로서 전류제어 및 전압제어가 모두 가능하다. 한편, 과전압 및 과전류 보호기능 및 경보장치와 비상정지장치 등이 구비되어 있다. 그림 2는 설치가 완료된 혼합형 토치용 전원공급 장치의 사진이다.

4. 실험 및 결과

혼합형 토치의 이행형 운전과 비이행형 운전특성을 사전조사하기 위하여 그림3과 같이 실험회로를 구성하고 비이행형 및 이행형 플라즈마 컬럼 변화는 저항값을 변화시켜 모사실험을 수행하였다. 본 모사실험을 통해 비이행형 운전 및 이행형 운전 모드가 주어진 출력범위 내에서 임의의 비율대로 동작이 되는가를 사전에 검증하고 출력과형과 고조파 성분이 제안치 내로 제한되는가를 사전에 검증하는데 있다.

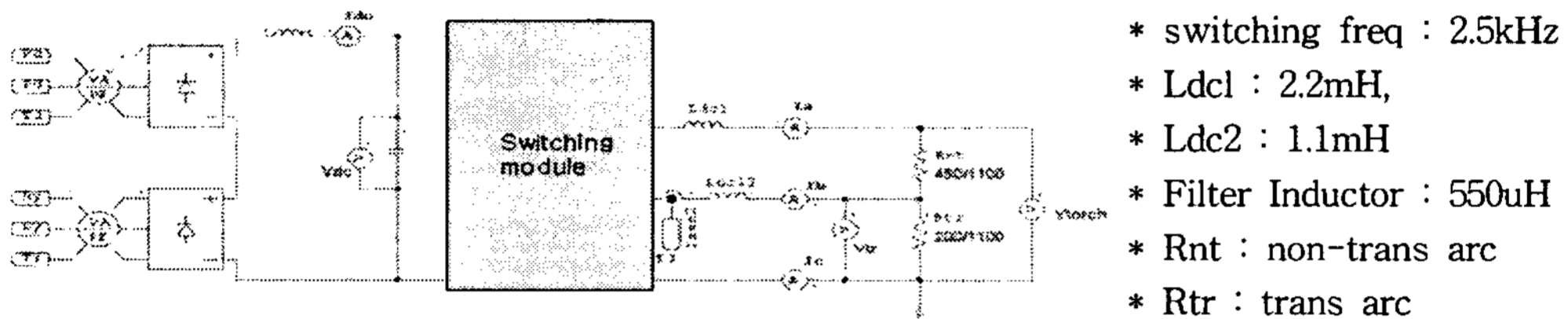


그림 3. 전원공급장치 모사실험 회로

혼합형 토치 전원공급장치의 모사회로 시험결과 주어진 임의의 출력비율에 따라 비이행형 운전 전류 및 이행형 운전전류가 적절히 분배되고 오차범위내에서 안정적으로 흐른다는 것을 확인하였다. 이때 모사시험에 사용한 제어개념은 먼저, Ia는 전류지령값으로 입력하나, 정격전류(1.1kA)는 입력용량(500kW)과 토치전압에 의하여 제한된다. 그리고 Ib(비이행형 운전전류)는 고정하고 Ic는 (Ia-Ib, 이행형 운전전류)로 하였다. 그림 4에 출력비에 따른 모사실험 결과를 나타내었다.

[출력비 : 이행형/비이행형 = 3/7]

[출력비 : 이행형/비이행형 = 7/3]

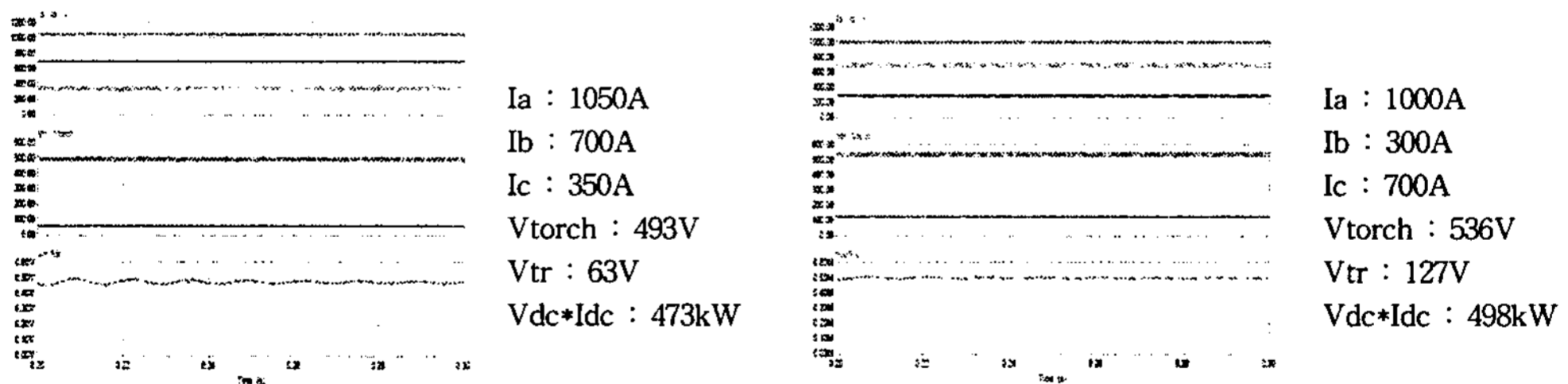


그림 4. 출력비별 모사실험 결과

4. 결론

혼합형 플라즈마토치의 운전전압은 이행형 운전전압과 비이행형 운전전압으로 이루어지며 이행형 운전전압이 비이행형 운전전압 보다 항상 높게 유지된다. 가열초기에는 용융물이 도전성이 없으므로 비이행형 운전만이 가능하나 점차 용융물이 가열되어 도전성이 증가하면 플라즈마 중 일부가 비이행형 운전과 함께 이행형 운전모드로 이행하게 된다. 이러한 혼합형 플라즈마 토치의 특성 때문에 다양한 투입 폐기물의 조성변화에 따라 운전방식이 자동전환되어 운전이 안정적이며 용융물의 내부가열 및 표면가열이 동시 가능하여 효율이 높고 기동 및 재기동 등 운전이 용이하다. 향후 혼합형 플라즈마토치의 최적 운전조건을 도출하기 위한 실험이 진행될 예정이다.

[참고문헌]

1. y.s kim 외 3인, "Development of a plasma torch melting system for nonflammable LLRW", 2007 ISRSM
2. Ronald w. 외 1인, "Development & use of the dual-mode plasma torch" WM'02 Conference