

# 120kW급 탈황탈질용 MPC전원장치 개발

김수홍, 권병기

(주) 포스콘 기술연구소

## Development of the 120kW Class MPC Power Supply for DeNOx and DeSox System

Soo-Hong Kim, Byung-Ki Kwon

POSCON CORPORATION R&D Center

### Abstract

This paper presents a new developed 160kV-120kW Class MPC (magnetic pulse compressor) power supply for DeNOx, DeSOx system. The circuit consists of N-series connected CCPS (capacitor charging power supply) and MPC Tank. The MPC power supply developed compared to the conventional LC resonant type has many advantage, it was verified reliability of a product by module, simulator and tank connection test. Now, the developed MPC power supply is installed POSCO sintering plant for DeSOx, DeNOx system.

### 1. 서론

전세계적으로 산업화가 가속화 됨에 따라 화석연료의 사용이 급증하였고, 특히 화력발전소와 제철소 같은 대규모 산업설비에서 배출되는 배기가스는 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx)을 다량으로 함유하고 있어 대기오염 및 산성비의 주 원인이 되었다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 습식 석회/석고법(wet lime/limestone process), 선택적 촉매 환원법(selective catalytic reduction, SCR), 저온 플라즈마(non-thermal plasma discharge)를 이용한 탈황탈질법 등 다양한 기술들이 개발되었으며, 산업현장에 적용되고 있다. 그 중에서도 다양한 공정에 적용력이 높으면서도 동시에 여러 유해가스를 처리할 수 있는 저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 시스템이 각광을 받고 있다<sup>[1]</sup>. 저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 기술은 고전압 펄스방전에 의한 저온 플라즈마를 이용하여 배가스 중의 SOx, NOx, HCl 등의 대기오염물질을 동시에 처리함으로써 오염물질을 개별적으로 처리하는 기존 상용기술에 비하여 매우 경쟁력이 높은 기술이다. 이 기술은 전세계적으로 Pilot 연구단계에 있으며, 당사가 현재 상용설비에 적용중이며, 적용을 완료할 경우 세계최초로 그 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다. 또한 본 제품의 개발로 발전소 등 국내외 환경설비의 수요가 증가하는 현 시점에서 국내는 물론 해외시장에서도 경쟁력있는 고유기술이 될 것으로 기대된다<sup>[2-3]</sup>.

본 논문은 당사가 개발한 MPC전원장치에 대해 소개하고자 하며, 제작된 시제품의 성능검증 시험 결과 및 POSCO 1, 2소결에 설치된 제품의 시험결과를 보여주하고자 한다.

### 2. MPC전원장치 개발

### 2.1 CCPS 개발

그림 1은 당사에서 개발한 4직렬 PWM 인버터로 구성된 CCPS 구성도를 보여준다. 각 인버터 모듈은 고주파수 스위칭을 통하여 에너지 밀도를 증가시키는 기능을 갖는 저압모듈과 저전압을 1:N의 비율을 갖는 고압-고주파수 트랜스포머를 이용하여 고전압으로 승압시키는 고압모듈로 구성되며, CCPS 각 모듈용량은 최대 40kW, 출력전압은 최대 6.25kV이다. 그림 2는 CCPS의 동작특성을 보여주며, 모듈의 제어기는 주제어기로부터 충전지령을 받아  $T_c$ 동안 부하 커패시터를 충전하고 턴-오프하게 된다. 이때 주제어기는  $T_{dwell}$ 동안 충전전압을 확인한 후 부하 커패시터에 충전되어 있던 에너지를 방전하기 위해 펄스 스위치 턴-온 신호를 발생한다. 후단에서 펄스 압축이 이루어지는  $T_{dead}$ 시간이 지난 후 각 CCPS모듈은 충전 동작을 반복하게 되며, 펄스의 충전 반복률은 300Hz이다.

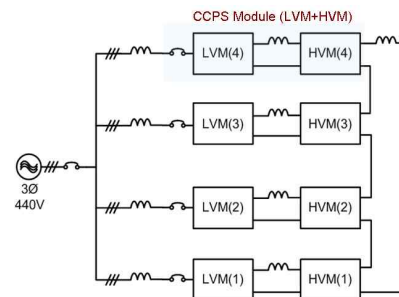


그림 1. 직렬 연결된 CCPS 시스템  
Fig. 1 Series connected CCPS system

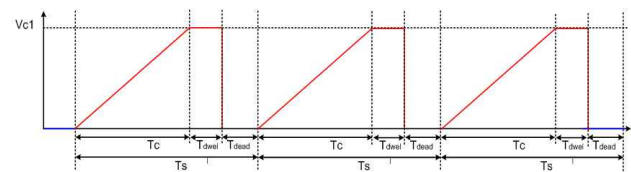


그림 2. CCPS 동작특성  
Fig. 2 The operation characteristic of the CCPS

### 2.2 MPC Tank 개발

그림 3은 MPC Tank 시스템을 보여준다. MPC Tank는 CCPS에 의해 충전된 부하 커패시터의 에너지를 짧은 시간내에 방전시켜 펄스를 압축하는 장치이며, 핵심 소자로는 고전압 펄스 Switch, 자기스위치(MS), 부하 커패시터, 고압펄스 변압기, spark회로, Tail회로 등이 있다.



그림3. MPC Tank 시스템  
Fig. 3 MPC Tank System

### 2.3 제어시스템

그림 4는 개발된 MPC전원장치의 제어기 및 통신 구성도를 보여준다. CCPS판넬 내부에 설치된 주제어기는 상위제어기인 PLC와 연결되어 있고, 각 모듈제어기는 주제어기와 CCPS 인터페이스 보드를 통하여 연결되었다. MPC Tank내부에는 펄스스위치의 상태를 모니터링 하는 상태(status)보드와 내부에 설치된 전압, 전류과형을 검출하는 ADC 인터페이스 보드가 장착되어 있다. 주제어기와 CCPS 모듈제어기는 TMS320F2812 (150MHz)를 사용하여 구현하였고, CAN 인터페이스 보드는 PCA 82C250T (5Mbps) CAN Transceiver가 사용되었다. CCPS 인터페이스 보드는 RUN, End of charge (EOC), Fault채널로 구성되었으며, 채널은 마스터 1채널과 슬레이브 6채널이 사용된다. ADC 인터페이스 보드의 경우 MPC Tank내에서 전압-전류센서에 의해 검출된 전압과 전류의 센싱값을 주제어기로 전송해 주는 역할과 스파크 발생 및 횃수를 체크하며, 부하 커패시터의 전압을 검출하는 기능을 갖는다. 이 기능을 이용하여 주제어기는 MS의 온-오프를 제어하게 된다.

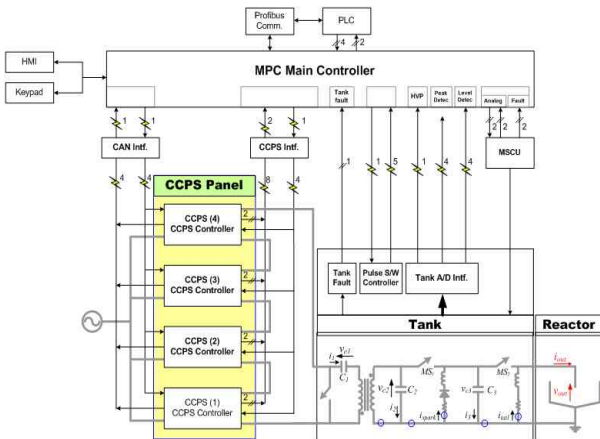


그림4. 제어시스템 구성  
Fig. 4 The control system configuration

## 3. 실험결과

본 장은 당사에서 개발한 MPC전원장치의 성능검증을 위해 실시한 검증시험의 목적과 내용 및 결과에 대해 논의하였다. 성능검증을 위한 시험의 종류는 단위기능시험, 모듈시험, 정격전류부하시험, Cap부하시험, 시뮬레이터 연동시험, MPC Tank통합시험 순으로 진행되었다. 그림 5는 본 제품개발과정 중 수행한 성능시험 종류 및 절차를 보여준다. 그림 6은 위상천이 PWM을 이용한 ZVS동작 파형을 보여준다. 그림 7은 직렬 연결된 CCPS모듈의 동기화된 전압-전류 출력파형을 보여준다.

구분	부하	시험 항목	보조시험 항목
#	인버터 기본 성능시험 (저압반 단축)	○ 안고리출 검출시험	-Gate Driver 동작시험
		○ 연속부하시험(120% O/L)	-ZVS 동작시험
●	모듈시험	○ 저압반 온도시험 (120% O/L)	-보도기능 동작시험(Fault, OC, OV...)
		○ ACL 온도시험( $\Delta T=50^\circ$ )	-HF-TR 내전압시험(@AC 30kV)
		○ Toggle 모드 운전시험 (100%)	-고압반 내전압시험(@AC 30kV)
●	Cap 충전시험 (N-적용)	○ 고압반 온도시험 (100%)	-동기확인시험(DAC)
		○ 단일모듈(6.25kV) 충전시험	-충전전압 Balancing검증시험(DAC)
		○ 2각펄(12.5kV) 충전시험	-스위치단락시험
●	연동시험 (CCPS + Simulator)	○ 4각펄(25kV) 충전시험	-P/S 상태보드 동작시험
		○ One-Shoot시험(25kV)	-Pulse switch 온도시험(100%)
		○ Pulse switch 동작시험	-방전저항 온도시험
●	통합시험 (주제어기+CCPS+Tank)	○ 연속운전시험(300Hz, 20kV, 60min)	-Aging시험(24hr)
		○ 주제어기 동작시험	-Tank 내전압 시험
		○ 펄스압축시험(160kV-10kA-500ms)	-온도상승시험(주위온도 40°까지)
		○ Magnetic switch 동특성시험	-Cell-Bypass 시험(3각펄운전)
		○ Spark 발생시험	



그림5. MPC 전원장치 시험절차  
Fig. 5 Test procedure of the MPC power supply

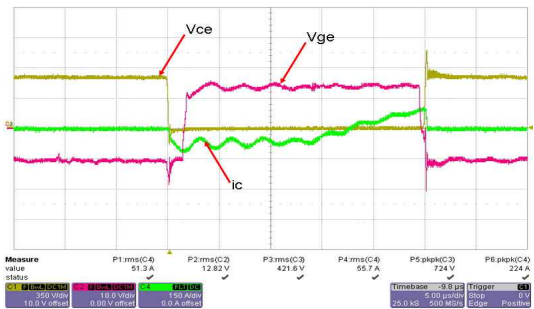


그림6. ZVS 동작파형  
Fig. 6 ZVS operation waveforms

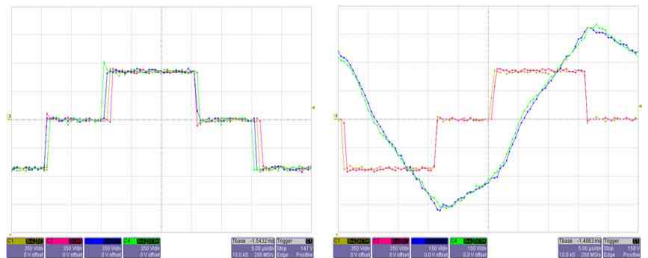


그림7. 동기화 출력파형  
Fig. 7 The Synchronization waveforms

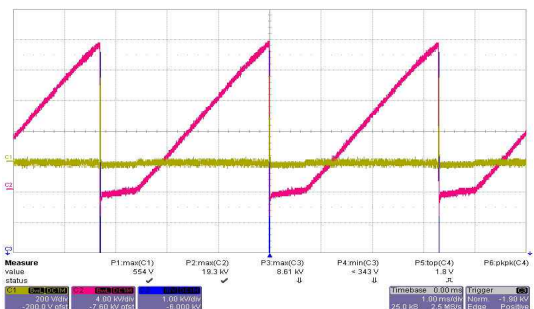


그림8. CCPS 충전/방전 출력파형  
Fig. 8 The charging/discharging waveform of the CCPS

그림 8은 CCPS 부하 커패시터의 에너지 충전/방전 출력 파형을 보여준다. 충전시간은 약 2.7ms이며, 충전 전압은 약 20kV이다. 그림 9는 CCPS 부하 커패시터에서 방전된 에너지가 MPC Tank에서 압축되는 전류과형을 보여준다. 그림 10은 MPC 전원장치 구성도를 보여준다. 그림 11은 MPC전원장치 출력파형을 보여준다. CCPS에 의해 충전된 부하 커패시터의 에너지는 펄스 스위치 S/W를 통하여 변압기 2차측으로 방전되며, C1과 C2에 충전된 에너지는

각각  $MS_1$ 과  $MS_2$ 의 스위칭 동작에 의해 최종 출력단인 수부하로 에너지를 방전한다.

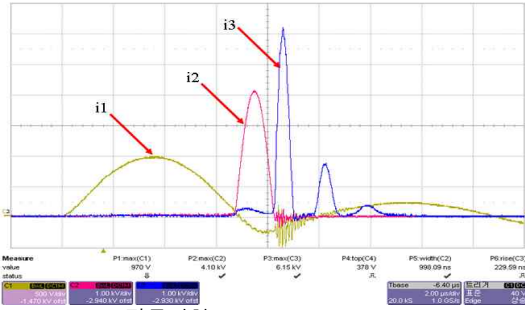


그림9. MPC Tank 전류파형  
Fig. 9 The current waveforms of the MPC Tank

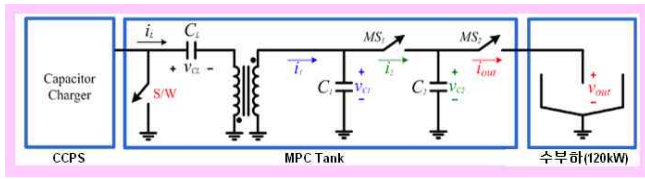


그림10. MPC 전원장치 구성도  
Fig. 10 The MPC power supply configuration

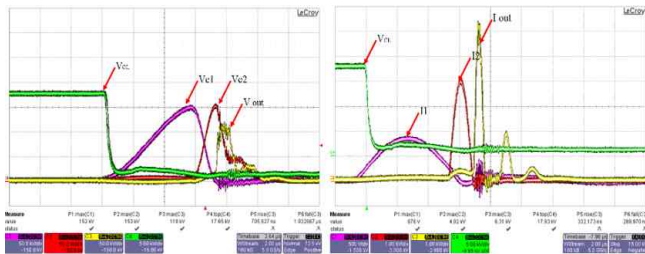


그림11. MPC 전원장치 출력파형  
Fig. 11 MPC power supply output waveform



그림12. MPC 탈황탈질 시스템 (소결공장)  
Fig. 12 MPC DeNOx, DeSOx system (Sintering plant)

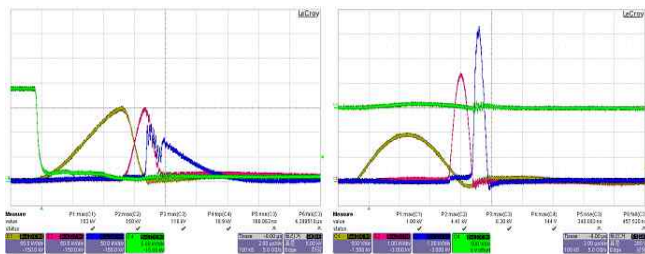


그림13. MPC 탈황탈질 시스템 출력파형 (소결공장)  
Fig. 13 Output waveforms of the MPC DeNOx, DeSOx system (Sintering plant)

그림 12는 포항 포스코 소결공장에 설치된 MPC 탈황탈질 시스템을 보여준다. 탈황탈질 시스템은 CCPS관별, MPC Tank, 반응기, 화학약품, 공정시스템 등으로 구성된다. 그림 13은 소결 공장에 설치된 MPC 전원장치의 출력파형을 보여준다. CCPS관별에 설치된 주제어기의 적절한 MS제어에 의해 출력파형은 그림 11의 수부하 출력파형과 유사하게 출력됨을 알 수 있다.

#### 4. 결론

당사에서는 대규모 산업설비에서 배출되는 유해가스를 제거하기 위해 저온 플라즈마를 이용한 배가스 처리 설비를 개발하여 Pilot설비를 광양소각로에 설치하였으며, 성능검증 및 공정기술을 일부 확보하였다. 또한 기존에 사용된 LC공진형 CCPS의 보완 및 재설계를 통하여 새로운 형태의 풀브리지 위상전이 PWM을 이용한 CCPS 전원장치를 개발하였다. 개발된 전원장치는 N-직렬화를 통하여 모듈화가 가능하고, 강제 공냉식을 채택하여 부대 시설의 필요성을 감소시켰으며, 다양한 성능검증을 통하여 시스템의 안정성 향상과 제어기의 통합화 및 인터페이스 기능을 강화하였다. 본 장치는 2009년 6월에 성능시험이 완료되었으며, 2009년 9월 현재 POSCO 1, 2소결 공장에 설치되어 상위제어기인 DCS를 통한 통합운전 시험중이다. 본 논문에서는 (주)포스코이 개발한 MPC전원장치의 성능검증의 방법 및 실험결과 파형을 보여주었으며, 각 실험과정 및 결과파형을 통하여 개발제품의 우수성을 검증하였다.

#### 참고 문헌

- [1] 목영선의, “소결 대기오염물질 발생억제 및 배가스처리 기술 개발(III),” 포항산업과학연구원, 1999.
- [2] 김수홍, 문상호, 한병욱, 이정흠, 권병기, 최창호, “저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질용 시스템,” 전력전자학회, 전력전자학회 2008년도 학술대회 논문집, 2008. 6, pp. 15-17.
- [3] Soo-Hong Kim, Byong-Seob Kim, Yong-Duck Lee, Byung-Ki Kwon, Jae-Sik Kim, Chang-Ho Choi and Seung-Gap Choi, “A new capacitor charging power supply using phase-shifted PWM full-bridge converter,” *IEEE ECCE 2009 Proceedings*, 2009. 9, pp. 490-494.