

# 고압펄스 전원장치용 자기스위치 자동제어 방법

김수홍, 김병섭, 김형준, 권병기, 최창호  
(주)포스코 ICT

## Magnetic Switch Auto Control Method of the High-Voltage Pulse Power Supply

Soo-Hong Kim, Byung-Seob Kim, Hyung-Joon Kim, Byung-Ki Kwon, Chang-Ho Choi  
POSCO ICT Corporation

### ABSTRACT

본 논문은 저온플라즈마를 이용한 탈황탈질 시스템에서 고압 펄스압축을 위해 사용되는 자기스위치의 자동제어방법에 관한 것이다. 자기스위치를 부하변동에 따라 자동제어 함으로써 플라즈마 반응기에 전달되는 에너지의 전달효율을 최적화 시킬 수 있다.

### 1. 서론

펄스 코로나 방전을 이용하는 저온플라즈마 공정은 개발단계이나 SOx, NOx를 동시에 처리하는 기술로 알려져 있으며, 이 공정은 펄스 코로나 방전을 통해 SOx, NOx를 황산암모늄과 질산암모늄과 같은 입자상의 물질로 전환시킨 후 집진설비를 이용하여 포집하는 공정이다. 이러한 저온플라즈마 공정은 고전압 펄스를 이용하므로 핵심 요소기술로서 반응기 이외에 대용량 펄스발생장치가 개발되어야 하며, 펄스발생장치로 자기펄스압축기가 주로 이용된다. 현재 대부분의 Pilot설비에서 사용되는 자기펄스압축기는 펄스형태를 수동으로 조작하여 최적화하고 있으나, 실제 적용시 부하변동에 따라 펄스파형이 최적상태로 자동 조절될 수 있어야 한다<sup>[1][2]</sup>.

본 논문에서는 반응기의 부하변동에 따라 자기펄스압축기의 스위칭 동작을 자동으로 조절할 수 있는 방법을 제안하였으며, 개발된 방법은 현재 포항 1, 2소결 배가스 정정설비에 적용되어 운전중에 있다.

### 2. 플라즈마 발생장치

#### 2.1 자기펄스 압축회로

자기펄스 압축회로는 크게 회로부와 제어부로 구분된다. 회로부는 고압용 커패시터, 변압기, 자기스위치, 저항, 인덕터로 구성되며, 제어부는 자기스위치의 포화를 조절하기 위한 파워서플라이와 각 스위치단에서 센싱된 전류를 이용하여 파워서플라이에서 출력되는 전류를 제어하기 위한 제어기로 구성된다. 그림 1은 플라즈마 발생장치 회로도를 보여준다. 커패시터  $C_1$ 에 Capacitor Charger를 이용하여 에너지를 충전하고, 충전된 에너지는  $P_{SW}$ 를 통하여 커패시터  $C_1$ 에 충전된다. 커패시터  $C_1$ 에 충전된 에너지는 자기스위치  $MS_1$ 의 제어를 통하여 커패시터  $C_2$ 로 충전된다. 커패시터  $C_2$ 의 에너지는 자기스위치  $MS_2$ 의 제어를 통하여 반응기에 인가된다. 이때 주의해야할 점은 앞단

의 커패시터에 에너지가 완전히 방전될 때까지 자기스위치가 ON상태를 유지해야 한다. 그림 2는 플라즈마 발생장치의 출력전압 및 전류파형을 보여준다. 자기스위치  $MS_1$ 를  $i_1$  전류가 0이 되는 시점에 ON시켜주어야 하며,  $i_2$  전류가 0이 되는 시점까지 ON상태를 유지해 주어야 한다.

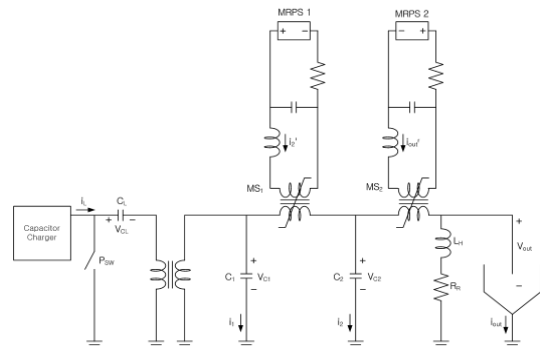


그림 1. 플라즈마 발생장치  
Fig. 1 Plasma generator

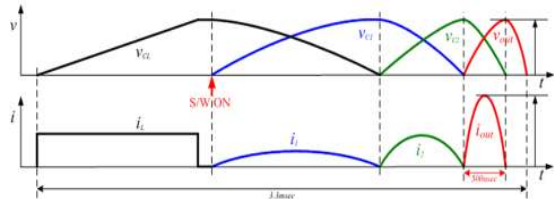


그림 2. 출력전압 및 전류파형  
Fig. 2 Output voltage and current waveforms

#### 2.2 자기스위치 자동제어 방법

자기스위치의 자동제어를 위해 선행되어야 할 것이 고전압 대전류 펄스검출이다. 그림 2에서 보여진 것과 같이 최종 출력단 전류는 10kA, 펄스폭은 1μs 이내이다. 그림 3은 이같은 펄스를 검출하기 위한 개념도를 보여준다. 그림 4는 펄스폭 검출 방법을 보여주고 있다. 각 부에 흐르는 전류의 기준펄스폭은 실제회로에 사용된 소자의 공진주파수와 관계되므로 기준값은 이들 소자에 의해 결정되며, 실제 시스템 적용시 초기 동특성 해석으로 이들 최적값을 찾아낼 수 있다. 따라서 산출된 최적값과 실시간으로 검출되는 펄스폭을 비교하여 자기스위치 제어용 파워서플라이의 출력전류를 제어함으로써, 자기스위치  $MS_1$ 과 자기스위치  $MS_2$ 의 ON상태를 최적으로 제어하여 부하변동

시 반응기에 공급되는 에너지를 최적화 할 수 있다.

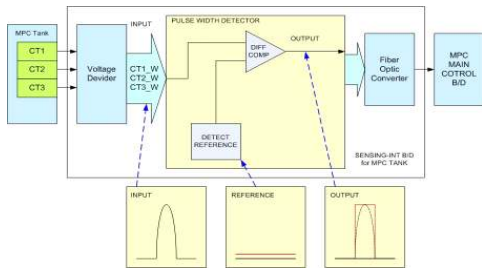


그림 3. 펄스폭 검출회로  
Fig. 3 Pulse width detector

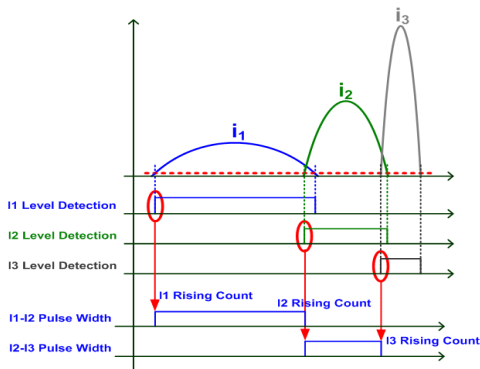


그림 4. 펄스폭 검출방법  
Fig. 4 Pulse width detection method

### 2.3 실험결과

그림 5는 자기펄스 압축회로의 출력전류 파형을 보여준다. 연속운전이 아닌 단펄스 출력운전을 통하여 동특성을 측정하며 이를 통하여 출력전압 및 전류 펄스폭을 계산한다. 그림 6은 펄스폭 검출회로가 검출한 출력전류 펄스폭을 보여준다. 자기펄스 압축회로 내부의 공진주파수 계산값과 초기 동특성측정을 통하여 얻은 기준값은 거의 유사함을 확인하였다.

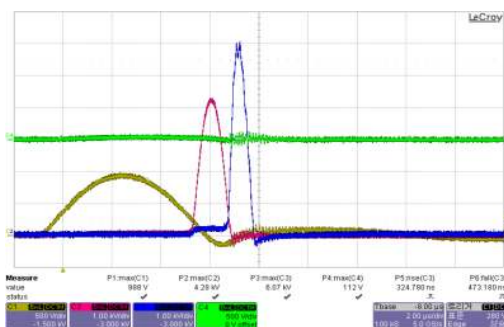


그림 5. 자기펄스압축기 출력전류 파형  
Fig. 5 Output current waveform of the magnetic pulse compressor

표 1은 자기스위치  $MS_1$ 의 운전에 따라 출력된  $i_2$ 전류의 상승시간 검출 오차 및 피크치 비율을 비교하였다. 전류  $i_1$ 의 하강시간과 전류  $i_2$ 의 상승시간이 불일치하더라도 전류  $i_2$ 의 상승시간이 전류  $i_1$ 의 하강시간으로부터  $\pm 0.2\mu s$  이내에 존재한다면 정상범위로 판단한다. 전류  $i_1$ 의 펄스 폭  $6.5\mu s$  중  $\pm 3\%$ 에 해당하는 범위로 이 범위 이내에서는 전류  $i_2$ 의 피크치가 최대치 대비 대략 95% 범위까지 선형적으로 줄어든다,  $\pm 0.2\mu s$ 를 벗어

나면 제2 펄스 전류( $i_2$ )의 피크치가 급속히 줄어들게 된다. 그림 7은 부하변동에 따라 최적의 펄스폭을 제어하는 과정을 보여준다. 전류의 변화에 따라 최적의 상태로 제어되고 있음을 알 수 있다.

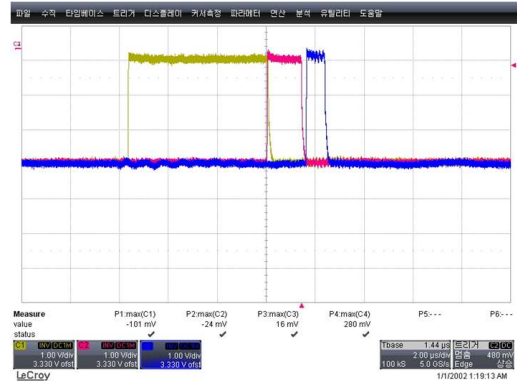


그림 6. 검출된 출력전류 펄스폭  
Fig. 6 Detected output current pulse width

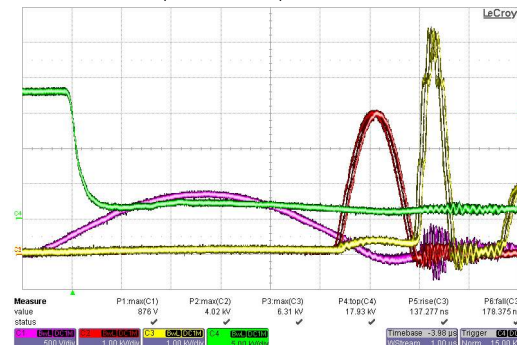


그림 7. 펄스폭 제어파형  
Fig. 7 Pulse width controlled waveforms

표 1 전류검출 오차 비교  
Table 1 Comparison of the current detection error

전류 $i_2$ 상승시간 편차( $\mu s$ )	-0.3	-0.2	-0.1	-0.05
전류 $i_2$ 피크치 비율(%)	80	95	97	98
전류 $i_2$ 상승시간 편차( $\mu s$ )	+0.3	+0.2	+0.1	+0.05
전류 $i_2$ 피크치 비율(%)	75	96	98	99

### 3. 결론

본 논문은 저온플라즈마 공정에 사용되고 있는 플라즈마 발생장치의 자기스위치 최적제어 방법을 제안하였으며, 실험을 통하여 제안된 방법의 타당성을 검증하였다. 실험에 사용된 시스템의 사양은 출력전압 160kV, 출력전류 10kA, 운전주파수는 300Hz이다.

### 참고 문헌

[1] 김수홍, 문상호, 한병욱, 이정흠, 권병기, 최창호, "저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질용 시스템", 전력전자학회 2008년 학술대회 논문집, 2008.6, pp. 15~17.  
[2] 목영선 외, "소결 대기오염물질 발생억제 및 배가스처리 기술 개발(III)", 포항산업과학 연구원, 1999.