

## 펄스하전 방식에 의한 전기집진장치 성능 개선

김종수, 김원호, 강유리, 임근희, \*김종화, \*조창호  
한국전기연구소, \*한국중공업

### Performance Improvement of EP Adopting the Micro-Pulse Concept

J. S. Kim, W. H. Kim, I. Kang, G. H. Rim, \*J. H. Kim, \*C. H. Cho  
KERI, \*KHIC

**Abstract** - With the increasing demands for clean environment, development of air cleaning systems has been received increasing attention. EP is usually used for air cleaning in the coal power plant. One of the key technology in the EP is high voltage pulse power supply, which affects the performance of the overall system.

In this study, high voltage micro pulse power supply for the EP will be developed for a 500MW coal power plant, which is recently developed technology in the advanced nations. The technology developed will contribute in upbrining the export of heavy electric systems and production of high value-added products

#### 1. 서 론

Micro-Pulse Concept(이하, MPC)를 적용한 집진 방식은 종래의 DC 하전 방식<sup>[1]-[2]</sup>이나 semi-pulse 하전 방식에 비해 최근에 개발된 첨단 하전 방식으로서 집진 효율과 역전리 발생 억제 등 그 성능면에서 탁월한 장점을 지니고 있는 것으로 알려져있다. 기존에 설치된 EP<sup>[3]-[4]</sup>의 성능 개선 대책으로 여러 방법들이 다양한 용도의 EP에 채용되었으나 모든 방법들이 연료의 제약, 운전 가동비의 증대, 운전관리의 복잡화, 설치 면적 증대, 보수의 복잡화, 성능 개선율의 부족, 공사로 인한 장기간 플랜트 휴지 등의 결점이 있었다.

MPC에 의한 기존설치 EP의 성능개선은 종래의 결점을 해소한 새로운 방법이다.

본 연구에서는 새로이 개발한 MPC 주전원 회로를 기초로하여 이를 제어하기 위한 제어회로 및 고압 변환기 등을 설계하여 그 특성을 살펴본다. 새로이 제안하는 주회로의 특징은 크기와 무게가 감소하며 펄스 발생의 방식이나 펄스 크기, 주기 등을 원하는 대로 제어하기가 쉬운 장점이 있다.

#### 2. EP의 개요

##### 2.1 EP의 원리 및 특징

EP는 코로나 방전을 이용하여 개스 안의 dust에 전하를 주어 이것을 전계의 작용에 의하여 개스 안에서 전기적으로 분리, 포집하는 것으로서 정전적인 응집작용에 의해 미립자 포집이 가능해지며 고효율이 얻어진다. 또한, EP 내부 압력손실이 적고, 운전 경비 절약되며 분진의 입자경, 개스·분진성상 등이 EP 특성 분석을 위해 광범위하게 사용된다.

화력 발전용으로 사용되는 EP는 거의가 건식으로 집진극으로는 평행평판형이 사용되어지고 있으며 기본 구조는 코로나 방전을 하는 방전극, 이 코로나 방전에 의해 대전한 분진을 포집하는 집진극, 전극표면에 포집된 분진을 박리시키기 위해 진동을 주는 추타장치, 분진을 수납하는 집진실 및 포집 분진을 재처리하기 위한 hopper와 방전극과 집진극 간에 고전압을 인가하기 위한 하전장치로 구성된다.

##### 2.2 MPC 하전 방식의 특징

###### 가. 균일한 코로나 방전

펄스폭이 수십  $\mu\text{sec}$ ~수백  $\mu\text{sec}$ 의 짧은 시간이기 때문에 코로나 방전에 의한 부의 이온이 집진공간에 충전됨에도 불구하고 부이온의 공간전하에 의한 코로나 억제작용이 작아져 펄스인가 중에 전극 전체에서 균일한 코로나 방전이 발생한다.

###### 나. 분진의 대전율 증가

공간전하에 의한 코로나 억제작용이 전극전체에서 균일한 코로나 방전이 발생해 이온류는 집진공간을 스크린상으로 넓어져 분진의 대전율이 종래의 EP와 비교해 증가한다.

###### 다. 코로나 전류의 광범위한 설정

마이크로 펄스하전을 위해 동일 피크전압에 있어서도 펄스빈도를 변화시키는 방법으로 코로나 전류의 광범위한 선택이 가능해지므로 분진성상 변화에 대한 추종성에서 우수하다.

## 라. 역전리 억제

종래의 하전방식에서는 코로나 전류를 적게하기 위해 인가전압을 낮추어야만 하였으나 마이크로 펄스 하전방식에서는 펄스빈도의 조정으로 인가전압이 떨어지지 않게 코로나 전류를 광범위하게 조정 가능하고 분진의 전기저항율에 따른 역전리가 일어나지 않는 최고의 코로나 전류값으로 운전 가능하다. 또한, 코로나 분포가 균일하므로 코로나 전류의 국소적인 집중이 아니며 종래보다 높은 전류에서도 역전리가 일어나지 않는다.

## 마. 집진 성능 향상 및 에너지 절약

실제 광양 제철소에 기존의 DC 하전 방식 전원 장치를 덴마크산 MPC 전원 장치로 교체한 결과, 아래 표 1과 표 2와 같은 효과가 있었다.

표 1. 출구 분진 농도

	설치 전	설치 후	단위
분진 농도	45	10	mg/Nm <sup>3</sup>

표 2. 에너지 절약 효과

	설치 전	설치 후
설계치(최대)	190kW/field	132kW/field
실측치	52.5kW/field	35.2kW/field

## 2.3 마이크로 펄스하전의 회로원리

### 가. 회로구성

MPC 방식을 이용한 집진 장치의 구성도를 그림 2.1에 나타낸다. 종래 EP 하전의 Power-Pack에 상당하는 펄스전원장치에서 (-)의 직류전압을 인가한 기본전압을 공급하고 펄스전원장치의 (+) 직류전압을 LC 펄스발생기로 단발의 펄스가 발생하도록 결합 커패시터를 삽입하여 전압을 중첩시킨다.

### 나. 기본회로

MPC 방식을 이용한 집진 장치의 기본 파형을 그림 2.2에 나타낸다. EP의 정전용량 및 결합콘덴서를 직렬로 연결함으로써 연속되어 변환하는 전압을 정극성 전원으로 충전해 SCR 스위치를 온 함으로써 페루프를 완성시키고 공진 코일을 직결하여 LC 공진을 일으켜 펄스전압을 얻도록 되어 있다.

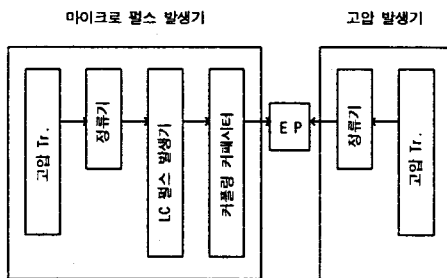


그림 2.1 MPC 회로의 구성도

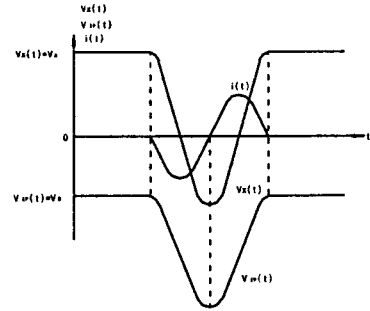


그림 2.2 집진기 인가전압 및 전류 파형

## 3. 새로운 MPC 방식 주회로

새로이 개발한 MPC 전원장치의 주회로는 집진기를 기준으로 DC전압 발생회로와 펄스전압 발생회로의 2부분으로 구성되는 2전원 법으로 구성되며, 새로운 펄스전압 발생회로 부분의 구성을 제안하여 전체적인 시스템의 가격과 부피를 절감하였다. 펄스전압 발생회로는 일반적으로 공진방식에 의해 얻어지는데 본 연구에서 제안하는 방식은 이 공진회로의 구성을 달리하여 낮은 전압을 사용한 순간 공진에 의해 고압 펄스파형을 얻을 수 있으므로 변압기의 크기나 비용면에서 아주 우수한 이점을 가진다. 더우기, 펄스전압의 주파수 변동범위가  $\mu\text{sec}$  단위까지 넓으며 multi-operation이 용이한 장점을 지닌다. 본 연구 단계에서는 이 주회로 시스템의 실험을 DC전압 10kV, 펄스전압 40kV 및 최소 펄스 전압폭은  $100\mu\text{sec}$ 까지 행하였다. 그림 3.1은 본 연구 단계에서 최종 개발한 새로운 MPC형 주회로의 간이화된 그림이다.

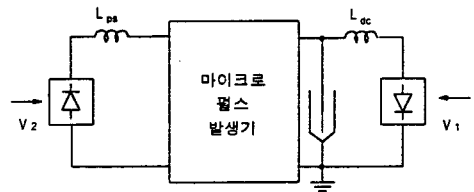


그림 3.1 새로운 MPC 주회로의 구성도

## 4. 실험 결과

Lab scale로 실험 장치를 구성하여 실험한 결과를 설명한다. Lab type의 경우는 모든 조건은 같으나 고압스위치의 갯수나 공진 L 및 C 등의 값이 작다는 점을 제외하고는 주회로의 구성이나 제어회로의 동작 등은 동일한 상태를 유지한다. 앞의 절에서 이미 설명한 바와 같이 실험 조건은 DC전압 10kV, 펄스 전압 40kV 및 최소 펄스 전압폭은  $100\mu\text{sec}$ 이다.

그림 4.1에서 4.3은 실험실 차원으로 구성하여 동작 특성을 검증한 MPC 전원 장치의 실험결과를 보여주는 파형들이다.

그림 4.1은 DC 전압에 더하여  $100\mu\text{s}$ 의 펄스 전압 파형이 중첩되는 것을 보여주는 그림으로 집진기 출력 전압과 이에 의해 공진을 일으키는 전류의 모양을 나타낸다. 그림 4.2는 집진기 출력전압과 펄스 전압을 발생시키는 인버터 양단의 전압을 보여주는 그림이고 그림 4.3은 3가지 파형을 동기화시킨 그림이다. 그림들에서 보는 바와 같이 공진 현상과 그때의 출력전압, 출력 전류 및 각 부의 파형들이 이상적으로 나타남을 알 수 있다.

없으므로 연속 펄스의 발생이 가능

- ◆ 펄스 주파수 증가 범위가 넓음
- ◆ 탈황, 탈질 동시 처리용 PCP에도 적용 가능
- ◆ 기존의 펄스 하전 방식에 비해 고압 장치 수의 감소로 가격의 저가화 및 소형화 가능

### {참 고 문 헌}

- [1] 火力原子力發電技術協會, “火力發電所環境保全技術, 設備”, vol. 41, no. 6, pp779~794, 1990
- [2] R.M. Fhrlich at al, “AC Electrostatic Precipitation”, IEEE Massachusetts Institute of Technology, Bambridge, MA, pp1211~1214, 1984
- [3] 松井義雄, Kjell Porle, “Improvement of ESP’s Performance Achieved with Microsecond Pulsing Energization”, 火力原子力發電 vol. 41, no. 2, pp92~101, 1990
- [4] 富松一隆 외, “高速流電氣集塵裝置(HV-EP)의開發”, 三菱重工業報, vol. 29, no. 4, pp290~295, 1992

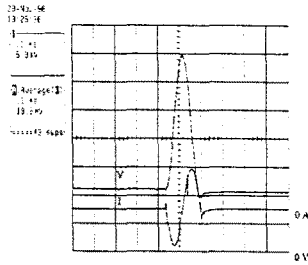


그림 4.1 EP 전압, 전류 파형(5kV/div, 50A/div)

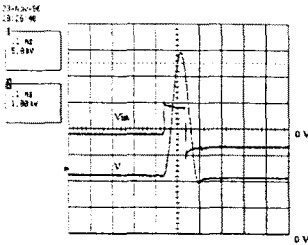


그림 4.2 EP 및 인버터 전압 파형(5kV/div, 1kV/div)

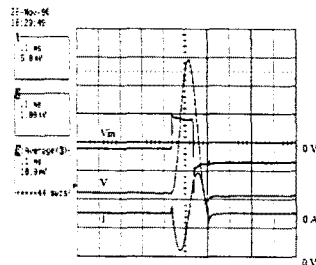


그림 4.3 EP 전압, 전류 및 인버터 전압 파형  
(1kV/div, 5kV/div, 50A/div)

## 5. 결 론

본 연구에서 제안한 새로운 MPC 방식 집진기 전원 장치 주회로의 간이화한 실험 결과를 토대로 그 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- ◆ Pulse generator는 낮은 전압으로 전력을 공급
- ◆ 펄스 발생 이후에 공진 커패시터에 전압 강하가