

전기집진기용 마이크로 펄스 전원장치 개발

남정한, 김중화, 조창호
한국중공업(주) 기술연구원 기전기술연구실

Development of A Micro Pulse Concept Power Supply for E.P

Jung-Han Nam, Jong-Wha Kim, Chang-Ho Cho
Korea Heavy Industries & Construction Co., Ltd

Abstract - With the increasing demands for clean environment, development of air cleaning systems has been received increasing attention. One of the key technologies in the electrostatic precipitator (EP) is high voltage pulsed power supply, which affects the performance of the overall system.

In this study, a high voltage microsecond pulse power supply for the EP is developed for 500MW coal power plants.

The power supply has a DC source and a pulsed one. The ratings of the DC and the pulse source are 60kV, 800mA and 70kV, 400mA, respectively.

1. 서 론

최근 환경 오염에 대한 규제는 점점 강화되고 있으며, 이런 추세에 대응하여 전기집진기의 개발에 있어서도 이동 전극, 광폭형 전극, 펄스 전원 등과 같은 기술들이 적용되고 있다.

이 중에서 마이크로 펄스 전원 장치^{[1]-[2]}는 고저항 분진에서도 집진 효율이 높고, 집진판에서 발생하는 역전리 현상을 최소화시킬 수 있다고 보고되고 있다. 펄스 전원 장치에는 펄스 변압기를 이용하는 형태와 DC 스위칭 장치를 이용하는 방법이 있다. 스위칭 장치에는 회전식의 스파크 갭 스위치나 반도체 소자를 사용하며, 스파크 갭 스위치의 경우 간단하고 강인한 반면 수명이 짧아서 유지비가 많이 든다. 반면에 반도체 스위치는 수명은 길지만 비용이 많이 든다.

본 논문에서는 새로이 개발한 500MW 화력 발전소 전기집진기용 MPC 주전원 회로를 기초로 하여 이를 제어하기 위한 제어회로 및 주회로가 내장된 고압 변압기 등을 설계하여 그 특성을 살펴본다. MPC 방식의 주회로는 각기 다른 형태의 전압을 발생하는 두 가지 부분으로 나누어진다. 먼저, 전압을 일정한 값으로 집진기에 연속적으로 인가하면서 집진 된 분진의 탈리를 방지하는 가변 직류 전압 발생부와 순간적으로 고압을 인가하여 코로나를 균일하면서도 강력하게 발생하도록 하는 펄스 전압 발생부로 나뉘어지며, 집진기에 인가되는 전압은 이 두 장치에서 출력되는 전압의 중첩된 형태이다. DC전압과 펄스 전압의 정격은 각각 60kV, 800mA, 70kV, 400mA이며, 펄스 가변 주파수는 최대 200Hz, 펄스 폭은 140μs이다.

2. MPC 주회로 및 제어 기능

2.1 MPC 주회로

마이크로 펄스 하전 방식에는 펄스 전원과 기본 전원이 별개인 2전원방식과 펄스 전원에서 기본 전원을 겸용하는 1전원방식이 있다. 2전원방식은 펄스 전압, 펄스 빈

도, 기본 전압을 완전히 독립적으로 제어할 수 있는 이점이 있다. 본 논문에서는 그림 1과 같은 2전원방식의 마이크로 펄스 하전 전원장치의 특성을 서술한다.

그림 1에서 고압 발생기는 직류 전압을 어느 정도의 크기로 연속적으로 집진기에 인가하는 역할을 하며, 펄스 전압은 원하는 주기만큼 조정된 값으로 $2\pi\sqrt{LC}$ 의 펄스폭을 가지고 집진기에 인가된다. 그림 1의 MPC 주회로는 집진기의 정전용량 및 결합콘덴서를 직렬로 연결함으로써 연속하여 변환되는 전압을 정극성 전원으로 충전해 싸이리스터 스위치를 On함으로써 페루프를 완성시키고 공진 코일을 직렬하여 LC공진을 일으켜 펄스전압을 얻도록 되어 있다. 펄스 전압 발생회로는 낮은 전압을 사용한 순간 공진에 의해 고압 펄스 파형을 발생시킴으로써 절연 거리의 감소가 가능한 이점이 있으며, 펄스 전압의 주파수 변동범위가 μsec 단위까지 넓고, 펄스 전압의 피크치와 펄스폭 등의 조정도 용이하다.

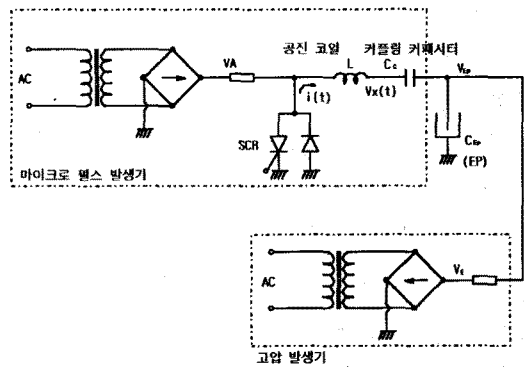


그림 1. MPC 주회로

또한 이 회로는 펄스인가 시에 집진기 충전에 사용한 에너지가 펄스인가 후 회수되며 결합콘덴서에 축적 에너지로 보존된다. 이 때문에 소비전력이 적어 에너지 절약 효과도 있다.

집진기에 인가되는 출력전압은 방전극과 집진판사이의 부(-)코로나 생성으로 부(-)전압 펄스와 정류된 DC 전압이 중첩된 형태로 인가되며, 그림 2에서와 같은 형태를 취한다.

그림 2에서 t=t0인 순간에 주회로의 싸이리스터 다이오드 스위치(Thyristor Diode Switch, 이하 TDS)의 싸이리스터가 On되면 싸이리스터, 공진 커패시터 및 공진 인덕터를 따라 전류가 흐르기 시작하며 집진기에도 펄스 전압이 인가되기 시작한다. 전류의 흐름이 부(-)가 되는 시점 즉, t=t1에서 전류는 반대로 흐르며 이때에는 TDS의 다이오드를 따라 전류가 흐른다. t=t2에서 공진에 의해 전류가 다시 역방향으로 흐르려고 하지만 TDS의 싸이리스터와 다이오드는 모두 Off 상태이므로 한 개의 펄스 발생 주기가 끝나게 된다.

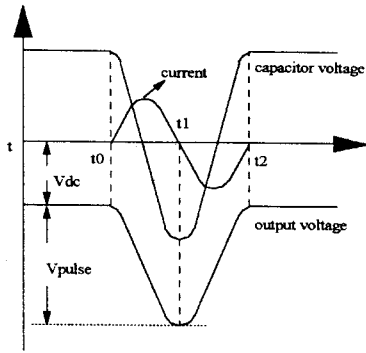


그림 2. MPC 주회로의 주요 파형

그림 3은 TDS를 구동하기 위한 구동회로를 나타낸다. 이 구동회로는 고장을 감지 할 수 있는 LED와 전압 스파이크 방지용 스너버 회로 및 절연 변압기가 포함된다. 일반적으로 TDS의 수가 증가하면 그림 3과 같은 구조의 구동회로가 같은 수 만큼 필요하지만 라운드 코어의 (Round Core)의 2차측에 여러개의 그림 3과 같은 구동회로를 연결하여 한 개의 구동회로로 여러개의 스위치를 구동할 수 있다.

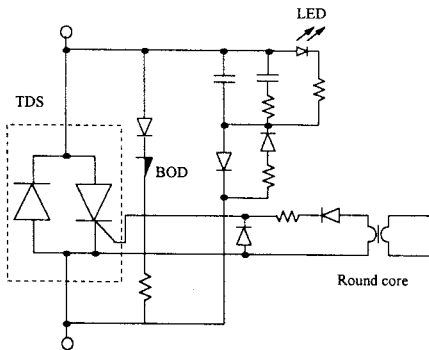


그림 3. TDS용 구동회로

본 논문을 위한 연구개발에서는 라운드 코어 하나에 2차측 권선을 4개 감아서 하나의 모듈을 구성하였으며, 이와 같은 모듈을 그림 4와 같이 K개를 병렬로 구성하므로써 TDS 모듈이 펄스 전압을 견뎌 낼 수 있도록 하였다.

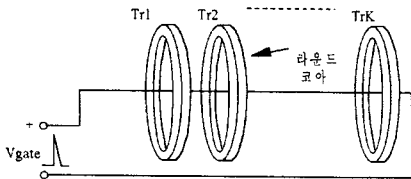


그림 4. TDS 구동회로의 고압 절연 변압기와 1차 권선과의 구성도

2.2 제어 기능

MPC 전원장치의 전체적인 제어는 마이크로 프로세서(80196KC)가 내장된 디지털 제어기가 담당하며, 집진

기로부터 들어오는 데이터 값을 처리하는 아날로그 제어기가 결합된 형태를 이루고 있다.

제어기의 기본적인 기능으로는 실제 전압/전류 피드백에 의한 정전압, 정전류 제어가 가능하며, 집진기의 출력 전압 및 전류를 감지하는 V/I Scan 기능, 출력 전압/전류의 이상 감지, 접지 상태 및 절연유 양의 감소에 대한 이상 감지 기능 등이 있다. 이들 기능들은 VFD(Vacuum Fluorescent Display)를 이용하여 집진기의 현상태를 모니터링 하고, 키패드(Key Pad)를 이용하여 제어 파라메타들을 입력 할 수 있도록 하였다.

또한 집진기 제어에 있어서 가장 까다로운 부분이라고 할 수 있는 스파크 발생에 대한 대처 기능이 있는데, MPC전원 장치를 사용할 경우 집진기에서 발생하는 스파크는 직류 스파크와 펄스 스파크 두 가지로 나뉘어진다. 직류 스파크는 집진기에 기저 전압만 인가되는 동안에 발생하는 것이며 펄스 스파크는 공진 전압의 피크치에서 발생하는 스파크이다. 직류 스파크가 발생하는 경우에 제어기는 단지 스위치를 Off시키고 일정기간 후에 다시 서서히 직류 전압을 상승시키는 작업을 하면 된다. (그림 5) 그러나 펄스 스파크가 발생할 경우 TDS모듈의 양단에는 고전압이 인가되어 스위치가 파손될 수 있는데 이것을 방지하기 위하여 각각의 TDS모듈에 BOD(Break Over Diode)가 병렬로 설치되어 있다. BOD는 양단에 걸리는 전압이 어느 정도 이상이면 스스로 On되어 전류 흐름을 만들므로 스위치의 파손을 막는다. 또한 전류의 '0'점 부위에서 싸이리스터 점토 신호를 내보내 줌으로써 펄스 스파크 발생시에도 싸이리스터 양단에 전류의 흐름이 계속되어 높은 전압이 걸리지 않도록 제어한다.

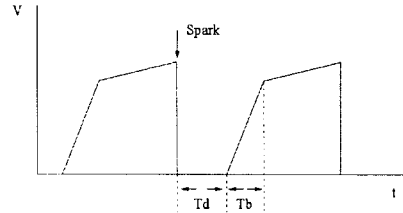


그림 5. 스파크 발생 후의 전압 하전 곡선

3. 실험 결과

그림 6은 집진기에 걸리는 전압과 싸이리스터 스위치에 흐르는 전류 파형을 나타낸다. 출력 전압은 DC 기저 전압에 펄스 전압이 중첩된 형태를 이루고 있다.

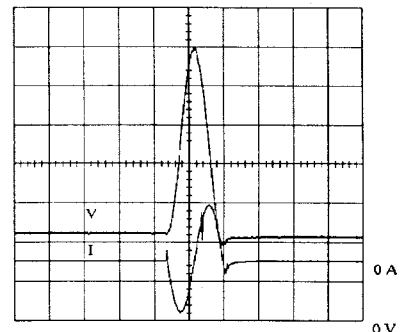


그림 6. 집진기 양단 전압 및 싸이리스터 스위치에 흐르는 전류 파형(5kV/div, 50A/div, 100µsec/div)

그림 7은 TDS 모듈의 싸이리스터 스위치에 걸리는 전압 파형을 나타내며 턴온(Turn-On)시간(140 μ sec)동안 전압이 0인 것을 알수 있다.

그림 8은 펄스 주파수가 200Hz일때의 출력 전압과 전류 파형으로 출력 전압은 40kV의 DC 전원 전압에 70kV 펄스 전압이 중첩되어 있음을 보여준다.

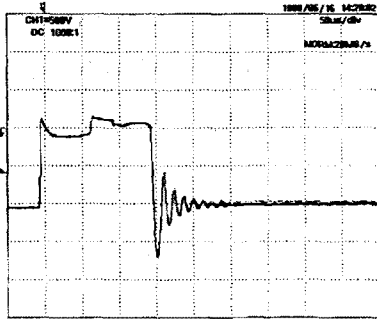


그림 7. 스위칭시의 싸이리스터 스위치 양단 전압 (500V/div)

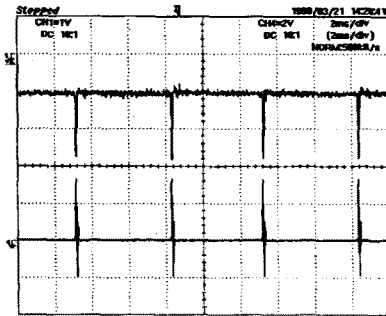


그림 8. 200pps에서의 집진기 양단 전압 및 전류 파형 (40kV/div, 100A/div)

4. 결 론

본 논문에서는 Microsecond의 펄스폭을 갖는 전기집진기용 펄스 전원 장치의 회로 특성 및 제어 기능에 대하여 소개하였으며, 그 특성 및 장점은 다음과 같다.

- 낮은 전압으로부터 고압의 펄스 전압 발생
- 펄스 주파수의 가변 범위가 넓음
- 스파크 발생에 대한 대처 기능이 강화
- 역전리 발생율이 낮고, 고저항 분진에서도 집진율이 높음

[참 고 문 헌]

- [1] 松井義雄, Kjill Porle, "Improvement of ESP's Performance Achieved with Microsecond Pulsing Energization", 火力原子力發電 vol. 41, no. 2, pp9 2~101, 1990
- [2] 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

- [3] R.M.Fhrlich at al, "AC Electrostatic Precipitation", IEEE Massachussets Institute of Technology, Bambridge, MA, pp1211~1214, 1984
- [4] A.A. Schuetz and O.D. Sinbuber, Pulse Energization Results for 125MW and 600MW utility Electronstatic Precipitators, Coal Technology 85, Pittsburgh, PA., Nov. 12-14, 1985