Micro-Pulse 하전식 집진기용 초고압 전원장치 개발

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

Development of A High Voltage Generator for EP Adopting the Micro-Pulse Concept

W. H. Kim, I. Kang, J. S. Kim, G. H. Rim, *J. W. 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 is developed for a 500MW coal power plant.

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

1. 서 론

본 논문에서는 새로이 개발한 전기집진기용 MPC 주전원 회로를 기초로 하여 이를 제어하기 위한 제어회로 및 주회로가 내장된 고압 변압기 등을 설계하여 그 특성을 살펴본다. 새로이 제안하는 주회로의 특징은 고압 변압기 제작시 기존의 방식들과 비교하여 고압 변압기가 1대만 필요하므로 절연 공간을 줄일 수 있으며 펄스의 피크치 크기, 펄스 주기 및 펄스 폭 등을 원하는 대로 조절하기가 손쉬운 장점이 있다.

Micro-Pulse Concept[1]-[2](이하, MPC)를 적용한 집진 방식은 종래의 dc 하전 방식이나 semi-pulse 하전 방식[3]-[4]에 비해 최근에 개발된 첨단 하전 방식으로서 집진 효율과 역전리 발생 억제 등 그 성능 면에서 탁월한 장점을 지니고 있는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서 제안한 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 발생부 및 순간적인 고압을 인가하여 코로나 발생을 균일하면서도 강력하게 발생하도록 하는 펄스 전압 발생부로 나누어지며 집진기에 최종적으로 인가되는 전압은 이 두 개의 장치에서 출력되는 전압이 중첩된 형태이다. 본 연구 과정을 통해 최종적인 실험 결과로 도출한 전압값은 직류 전압이 60kV이며 펄스전압의 피크치는 70kV이다. 그리고, 펄스 전압의 최소폭은 140μsec 정도이며 펄스의 주기와 폭은 설계치 조정에 의해 가변적이다.

2. 새로운 MPC 주전원 회로

새로이 개발한 MPC 전원장치의 주회로는 기존에 개발된 여러 전원 장치와 같이 직류전압 발생회로와 펄스전압 발생회로의 2부분으로 분리되는 2전원 법으로 구성된다. 그러나, 기존의 펄스전압 발생회로 부분의 구성을 달리하여 낮은 전압에 의해 펄스 발생이 이루어지므로 절연 거리의 감소가 가능하며 따라서, 전체 변압기의 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한, 펄스전압 발생회로는 일반적으로 공진 방식에 의해 얻어지는데 본 연구에서 제안하는 방식은 이 공진회로의 구성을 달리하여 낮은 전압을 사용한 순간 공진에 의해 고압 펄스 파형을 발생시키며 더욱이, 펄스전압의 주파수 변동범위가 μsec 단위까지 넓고 펄스 전압의 피크치와 펄스폭 등의 조정도 용이하다.

그림 1.은 본 연구 단계에서 최종 개발한 새로운 MPC형 주회로의 간이화된 그림이다.

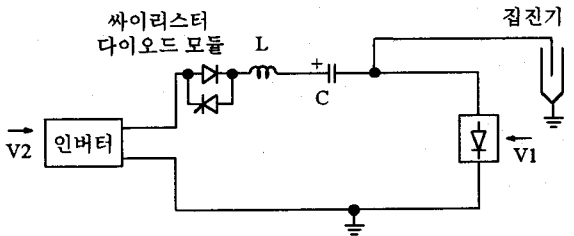

그림 1. 새로운 MPC형 주회로

그림에서 보면 V_1은 집진기에 인가되는 직류 전압을 위한 전원을 나타내며 V_2는 펄스 전압 발생용 전원 전압을 나타낸다. 집진기의 동작 중에 직류 전압은 어느 정도의 값을 유지하며 연속적으로 집진기에 공급되며 펄스 전압은 원하는 주기만큼 조정된 값으로 집진기에 수백 μsec의 폭을 가지며 인가된다. 이 펄스 전압을 발생시키는 방법은 그림에서 인버터와 싸이리스터 다이오드 모듈(Thyristor diode module : 이하, TDS)의 온, 오프 스위칭 동작 및 LC 공진에 의해 발생되는데 자세한 동작은 그림 2.에 나타난 파형으로 설명한다.

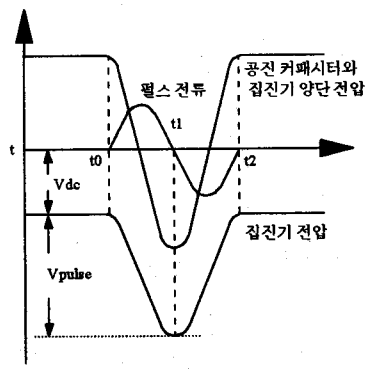

그림 2. MPC형 주회로의 각부 파형

그림에서 t = t0인 순간에 인버터와 TDS가 온 되면 펄스 TDS의 싸이리스터, 인버터, 공진 커패시터 및 공진 인덕터를 따라 전류가 흐르기 시작하며 집진기에도 펄스 전압이 인가되기 시작한다. 전류의 흐름이 부가되는 시점 즉, t = t1에서 전류는 반대로 흐르며 이때에는 TDS의 다이오드를 따라 전류가 흐른다. T = t2에서 공진에 의해 전류가 다시 역 방향으로 흐르려고 하지

만 TDS의 싸이리스터와 다이오드는 모두 오프 상태이므로 한 개의 펄스 발생 주기가 끝나게 된다. 이러한 과정을 거쳐 집진기에 펄스 전압이 걸리게 되는데 본 회로의 경우, 인버터에 의해 펄스가 발생하는 것이 종래의 주회로와 다른 점이다. 종래의 경우는 별도의 고압 변압기를 설치하여 펄스 발생 전원으로 사용하였으나 본 회로에서는 인버터측 dc 링크 전압(최대 5kV)을 스위칭 동작으로 공진커패시터에 연속적으로 공급한다. 집진기에 인가되는 직류 전압은 펄스전압의 발생과는 별도로 직류 전압 크기 제어를 통하여 인가한다.

펄스의 폭을 변화시키기 위해서는 공진 커패시터와 공진 인덕터를 다른 파라미터들과 고려하여 변화시킴으로서 가능하고 펄스 전압의 피크치는 인버터측의 dc 링크 전압 크기 조절에 의해 가능하다. 펄스 반복 주기는 제어 회로의 발진기 주파수를 제어하여 변화시킬 수 있는 등 시스템 유용성이 높은 장점이 있다.

3. 시스템 구성 및 시험

그림 3.은 전체 시스템의 구성을 나타내는 그림으로 일점쇄선으로 나타낸 부분의 오른쪽이 고압 변압기에 들어가는 부분이다.

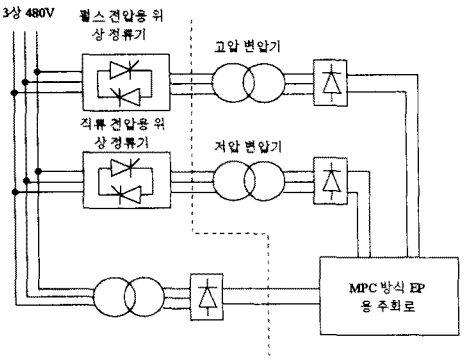

그림 3. 전체 시스템 구성

고압 변압기에 들어가는 부분은 절연 오일에 담가지게 되므로 기판 제작이나 부품의 선정 과정에서 주의를 기울여야 한다. 그림 4.는 위상 정류기의 구조를 나타내는 그림으로 3상 위상 정류기 2개는 이미 언급한 바와 같이 인버터의 출력 전압과 집진기에 인가되는 직류 고전압을 제어하기 위하여 사용되며 별도의 트랜스포머는 제어기용 전원이나 gate drive용 전원 및 그 밖의 회로들을 위한 전원으로 사용된다. 입력 전원은 3상 ac 480V를 사용한다.

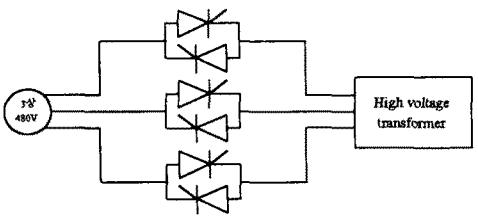

그림 4.는 위상 정류기의 구조

고압 변압기의 정격은 직류 전압은 60kV, 800mA이며 펄스 전압은 70kV, 400mA이다.

본 장에서는 기 개발된 아나로그 제어 회로에 의한 실험 결과를 나타낸다. 부하로는 집진기와 등가인 RC 병렬 부하를 사용하였다. 그림 5.에서 그림 9.는 전체 시스템을 구성하여 동작 특성을 검증한 MPC 전원 장치의 실험결과를 보여주는 파형들이다.

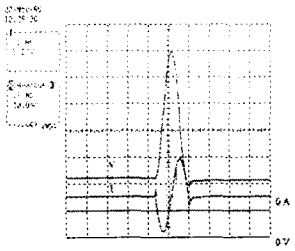

그림 5. 집진기 출력전압 및 출력전류 파형 (5kV/div, 50A/div)

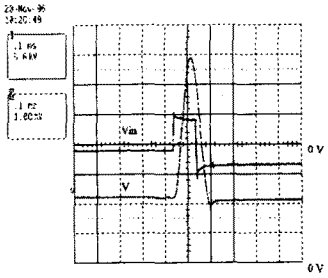

그림 6. 집진기 및 인버터 출력전압(5kV/div,1kV/div)

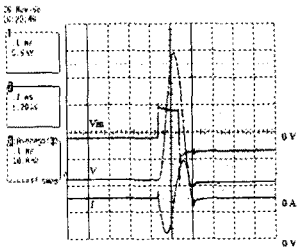

그림 7. 집진기 출력전압, 출력전류 및 인버터 출력전압 (1kV/div, 5kV/div, 50A/div)

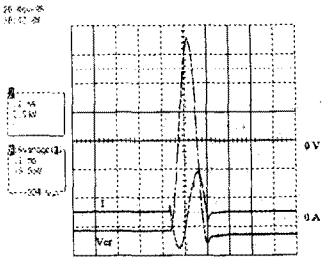

그림 8. 공진 커패시터 양단의 출력전압 및 출력전류 (5kV/div, 50A/div)

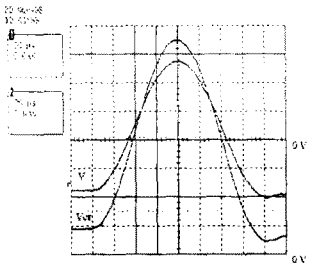

그림 9. 집진기 및 공진 커패시터 전압(5kV/div)

그림 5.는 DC 전압에 더하여 100μs의 펄스 전압 파형이 중첩되는 것을 보여주는 집진기 출력 전압과 이에 의해 공진을 일으키는 전류의 모양을 나타내는 그림이며 그림 6.는 집진기 출력전압과 펄스 전압을 발생시키는 인버터 양단의 전압 을 나타내는 그림이다. 그림들에서 보는 바와 같이 공진 현상과 그때의 출력전압, 출력 전류의 값들 및 각 부의 파형들이 이상적으로 나타남을 알 수 있다.

그림 7.에서 그림 9.까지는 동기화 상태를 알기 위한 파형으로서 그림 7.은 인버터 출력전압, 집진기 출력전압 및 출력전류 파형을 같이 나타낸 것이며 그림 8.은 집진기 출력전류와 공진 커패시터 양단 전압, 그림 9.는 집진기 양단의 출력전압과 공진 커패시터 양단의 전압들을 시간축을 확대하여 찍은 파형들이다.

그림들에서 보는 바와 같이 전압과 전류 파형은 예상한 결과와 아주 잘 부합됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구의 최종 목표는 MPC 개념을 도입한 새로운 형태의 전기집진기용 전원장치 개발에 있다.

본 연구에서 제안한 새로운 MPC 방식 집진기 전원장치 주회로와 이를 제어하기 위한 디지털 제어기의 기대되는 장점을 살펴보면 다음과 같다.

- 펄스 전압은 인버터의 낮은 전압으로 발생
- 펄스 주파수 증가 범위가 넓음
- 기존의 펄스 하전 방식에 비해 고압 장치 수의 감소로 가격의 저가화 및 소형화 가능

[참 고 문 헌]

[1] 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

[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] "高速流電氣集塵裝置(HV-EP)의 開發", 富松一隆외, 三菱重工業報 Vol. 29, No. 4, pp290~295, Jul. 1992

[4] 富松一隆 외, "高速流電氣集塵裝置(HV-EP)의 開發", 三稜重工業報, vol. 29, no. 4, pp290~295, 1992

[5] R.M. Fhrlich at al, "AC Electrostatic Precipita-tion", IEEE Massachussetts Institute of Tec-hnology, Bambridge, MA, pp1211~1214, 1984

[6] 임근희, 김원호 외, "전기집진기용 Pulse 하전식 전원장치", 대한전자공학회 추계합동학술발표대회 논문집, 1994.

[7] 김종수, 김원호, 강유리, 임근희, 김종화, 조창호, "펄스하전 방식에 의한 전기 집진장치 성능 개선", '97 전기학회 하계학술대회 논문집, pp 2243-2245, 1997.