

CT3)

펄스 코로나 방전공정의 전기회로 최적화방안에 관한 연구 Electrical circuit optimization for the pulsed streamer corona process

전재우, 손병학, 조무현, 목영선¹⁾, 남궁원, 남인식

포항공과대학교 환경공학부, 물리학과

¹⁾포항산업과학연구원 환경측매팀

I. 서론

각종 산업공정에서 배출되는 배가스의 탈황/탈질을 위한 펄스 코로나 방전공정은 재래적인 습식탈황공정과 촉매를 사용하는 선택적 촉매환원법이나 파일럿 규모 실험을 거쳐 부분적 상용화 단계에 이르고 있는 전자빔 공정에 비해 훨씬 늦게 연구가 시작되었다. 그럼에도 불구하고 기존의 공정들을 능가하는 여러 가지 장점들을 지니고 있어 활발한 연구가 진행되고 있는 공정이다.

탈황/탈질 분야에 대한 전기방전의 적용은 1986년 Masuda 등과 Mizuno 등에 의한 실험실 규모 실험으로부터 각각 질소산화물 및 황산화물의 제거가능성이 입증된 이후 많은 연구들이 이루어져 왔다. Civitano 등은 1986년부터 1992년에 걸쳐 전기방전에 의한 탈황/탈질연구를 실험실 및 파일럿 규모로 진행하였으며, 실험의 처리목표가 석탄화력 발전소의 배가스였으므로, 탈황/탈질 설비가 아직 갖추어지지 못한 발전소를 지닌 세계 각국의 관심을 불러 일으켰으며, 수많은 연구의 계기가 되었다.

현재까지의 연구들로부터 얻어진 결과들은 전기방전에 의해 오염물질을 처리시, 처리를 위한 소모 전력이 기존의 공정들에 비해 높다는 단점들을 나타내고 있다. 이러한 단점들을 극복하기 위한 접근법은 화학반응 활성화를 위한 첨가제의 투입 방안과 전기회로 구성의 최적화 방안으로 구분할 수 있다.

본 연구는 탈황/탈질을 위한 펄스 코로나 방전공정의 소요전력 최소화를 위한 전기회로 구성의 최적화 연구로서 펄스 형성 축전기의 축전률의 변화에 따른 전기에너지 효율에 관해 실험하였으며, 최적의 조건을 도출하였다.

II. 실험방법

본 연구에서 사용된 펄스 코로나 방전공정의 등가회로를 그림 1에 나타내었다. 전원공급장치는 최대 20 kV, 20 mA의 직류전압을 공급할수 있는 고전압 전원장치(Glassman High Voltage Inc.)를 사용하였으며, 스파크 갭 스위치(SGS)를 이용하는 펄스형성회로를 구성하였다. 코로나 반응기는 wire-plate 형태를

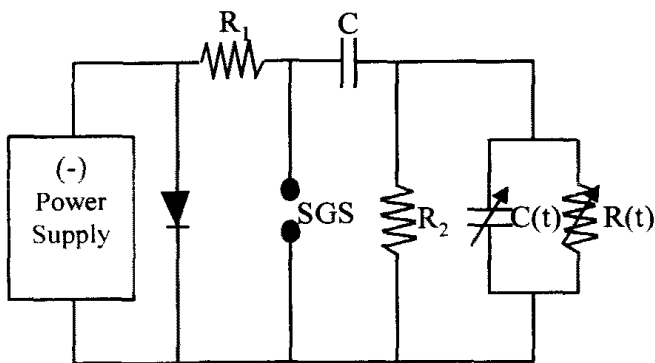


Fig. 1. Schematic of the system circuit.

사용하였으며, wire 및 plate의 재질은 스테인레스를 사용하여 제작하였다. 9(W)×81(L) cm의 plate와 직경 0.8 mm, 길이 9 cm의 매끈한 표면을 가진 wire로 반응기를 구성하였다. 이러한 반응기는 회로상에서, 코로나 개시전후에 각각 시간에 따라 축전률 및 저항이 변화하는 축전기 및 저항의 특성을 나타내게 된다. 따라서, 그림 1의 회로도에서와 같이 가변 축전기(C(t))와 가변 저항(R(t))로 나타낼 수 있다.

반응기의 초기축전용량은 126 pF 으로 측정되었으며, 펄스 형성 축전기의 축전률을 각각 0.23, 0.25, 0.44, 0.73, 2.29, 3.02, 5.02와 11.06 nF으로 변화시키면서 반응기로의 에너지 전달 효율에 미치는 각각의

영향에 대해 실험하였다.

III. 실험결과 및 고찰

펄스 형성 축전기의 축전률의 변화에 따른 전류-전압 그래프를 그림 2에 나타내었다. 축전률이 11.06 nF의 경우에는 반응기내의 아킹현상으로 인해 실험이 불가능하였다. 그림에서 나타난 바와 같이, 축전률의 증가에 따라 높은 피크 전압 및 전류가 얻어졌다. 이는 축전률의 증가에 따라 많은 양의 전하를 축적시켜 반응기로 전달하기 때문이다. 그림 3은 축전률의 증가에 따른 NO 제거량을 나타내며, 축전률의 증가에 따른 제거량의 증가현상을 관찰할 수 있다.

그러나 그림 2와 3에 의해서는 반응기로 전달되는 에너지의 효율에 대한 특성을 알 수 없다. 따라서, 펄스 형성축전기에 축전되는 에너지에 대한 반응기로 유입되는 에너지의 비를 그림 4에 나타내었다. 펄스 형성축전기에 축적되는 에너지는 $E=1/2CV^2$ 으로 계산되었으며, 반응기로 유입되는 에너지는 전류-전압 파형을 시간에 따라 적분하여 얻었다. 그림에서 보여지는 바와 같이 펄스형성 축전기의 축전률이 반응기 초기축전률의 약 3.4 배가 되는 0.44 nF에서 72 %의 최대 에너지 효율을 얻을수 있었다.

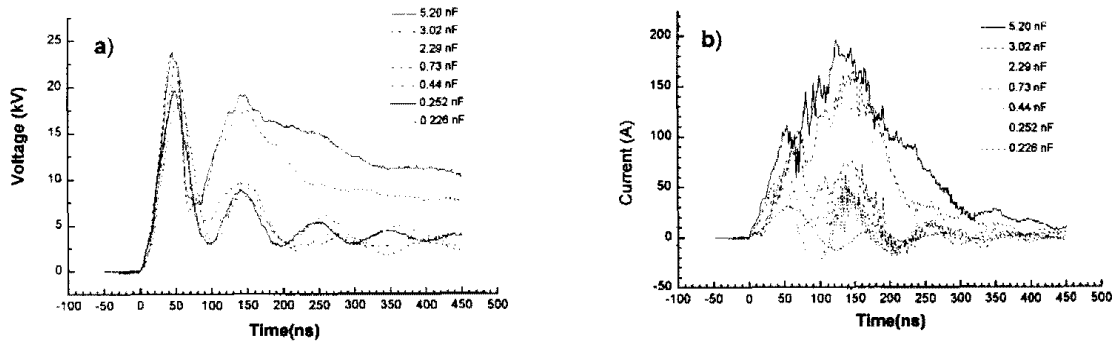


Fig. 2. Voltage and current waveforms according to pulse forming capacitance.

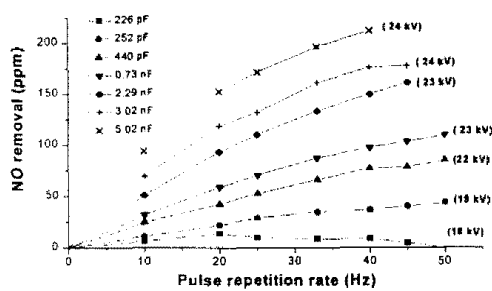


Fig. 3. Effect of pulse forming capacitance on NO removal.

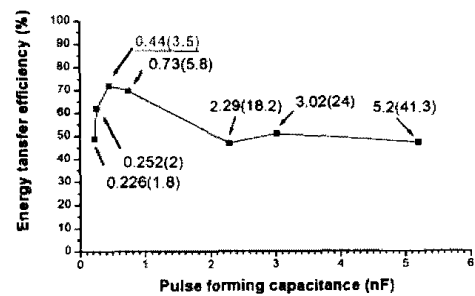


Fig. 4. Energy transfer efficiency according to pulse forming capacitance.

IV. 결론

탈황/탈질을 위한 펄스 코로나 방전공정의 소요전력 저감을 위해 전기회로 구성의 최적화는 필요하며, 이는 펄스 형성축전률의 적절한 선택을 통해 얻어질 수 있었다. 본 실험에서 반응기의 초기 축전률의 약 3.4 배인 0.44 nF의 축전률을 사용하므로써 72 %의 에너지 전달효율을 얻을수 있었다. 또한 회로구성 및 설계에 있어서 전압의 피크치보다는 에너지 효율에 기준을 두어 펄스 형성 축전률을 선정하고 높은 주파수를 적용함으로써 에너지 효율의 최적화가 이루어 질 수 있는 것으로 나타났다.