

고주파 인버터를 이용한 고농도 오존발생기 특성 해석

김영훈* · 황영민* · 노인배* · 김영빈* · 우성훈** · 우정인*
 동아대학교 전기공학과* · 경상남도 발전연구원**

Analysis of efficient ozonizer character using high-frequency Inverter

Y.H. Kim*, Y.M. Hwang*, I.B. Noh*, Y.B. Kim*, S.H. Woo**, J.I. Woo*
 Dong-A University* · Kyongnam Development Institute**

Abstract - Recently deep interests and attractions have been paid on the generation of ozone with environment polisy. Especially, which is widely used to remove bad smell and to clear water. This paper presents control and performance of a voltage source IGBT inverter developed for silent corona discharge type ozonizer. And proposed addition circuit for maintain discharge the center of in the airgap. In this paper, schemed equivalent electric circuit of the discharge electrode for simulation. Finally, the effectiveness of this discharge tube character of ozonizer is investigated in the simulation and experimental results.

적으로 에너지를 가해 오존으로 변화시키는 것이다. 동심원통형 전극구조의 갭에 공기를 공급시키고, 양 전극에 고전압을 인가하여 전기적 방전에 의해서 오존을 발생시킨다. 본 연구에서 채택된 방전관의 구조는 그림 1과 같고, 유전체인 원통 형태의 유리관에 동심원통으로 금속전극이 밀착되어 있고, 유리관 내측에 1~3(mm)의 공극을 두고 또 하나의 금속전극이 설치되어 있는 구조이다. 외부전극의 접지전극은 알루미늄판을 음각하여 방열공간을 확보함으로써 냉각효과를 증대시켜 오존의 농도를 증대시키고 있다.

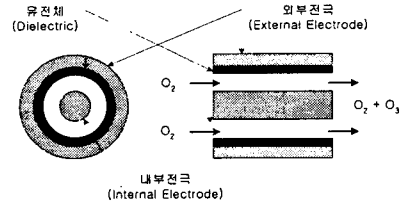


그림 1 전극 구조

그림 1과 같은 방전관의 전극에는 무성 코로나 방전을 얻기위한 구형과 패턴의 고압전력이 공급되고, 이때 원통유전체와 공극에는 변위에너지가 교환되고, 또한 축적되므로 그림 2와 같은 직렬접속된 커패시터로써 등가회로를 구성한다. 그림에서 V_A 는 트랜스 2차측의 고전압 공급원이고, C_D 는 유전체의 용량을 타나내며, C_A 는 공극의 변위에너지 공간을 나타낸다.

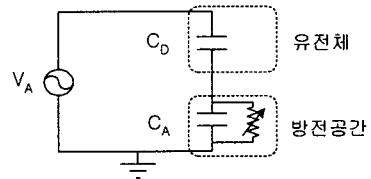


그림 2 방전관 등가회로

1. 서 론

최근의 환경문제의 처리에서 오존에 의한 방법이 다방면으로 급진 연구되고 있다. 오존처리하는 반응 후 냄새나 색깔 및 화학적 성질을 남기지 않으므로 2차 오염원이 발생하지 않는다는 이점 때문에 상수 및 폐수처리, 탈취, 식품의 살균, 반도체의 제조공정에 이르기까지 폭넓은 분야에 적용되고 있다.

일반적으로 오존을 발생시키는 방법은 무성방전(Silent Discharge), 연면방전(Surface Discharge), 코로나방전(Corona discharge) 등이 있다. 무성방전은 방전관의 구조가 간편하고 가격이 저렴하나 장치의 구조상 고농도의 오존발생용으로는 충분치 못하다. 또한, 연면방전은 띠형의 방전전극을 유전체 장벽위에 공간간격 없이 설치함으로써 전극의 연면에서 발생하는 방전을 이용한 것으로 효과적인 방전을 발생유지시킬 수 있고, 냉각효과도 크기 때문에 오존발생효율이 높고 고농도의 오존발생이 가능하지만 장치의 구조나 제조공정이 복잡하여 제조가격이 고가인 단점이 있다. 그리고, 무성 코로나 방전은 입력에 대한 오존생성속도가 매우 빠르고, 고농도의 오존을 발생시키나, 전류·전압이 비선형적이고, 고주파 전류가 흘러 전극에 손상을 입히는 단점이 있다.

본 연구에서는 미세 공극에 의한 고밀도 균등방전에 의해서 고농도의 오존 가스를 발생시킬 수 있는 무성코로나 방전 시스템을 제시하고, 등가모형을 제안하여 시뮬레이션에 의해 고밀도 방전제어를 위한 부가회로를 제안하고 시스템을 제작하여 실험된 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 최적방전조건을 규명하고, 그 타당성을 입증하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 방전관 구조 및 등가회로

오존의 발생은 산소나 공기에 물리적 또는 화학적인 자

2.2 코로나 방전을 위한 제어시스템 구성

제안된 오존발생장치는 10KV, 1.5KHz 구형과 전압에 의해 무성코로나 방전이 이루어지는 공냉식 방전장치이다. 방전제어시스템은 그림 3과 같이 구성되고, IGBT에 의한 구형파 발생회로와 고압트랜스에 의해서 방전관이 구동된다. 부하측의 방전관 공극 내의 코로나 운의 상태를 검출하고, 또한 조절하기 위하여 그림 4와 같이 $R_s C_s$ 병렬에 의한 센터 탭회로가 추가된다.

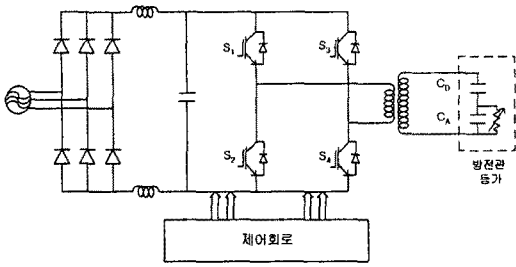


그림 3 시스템 구성

그림 3에서 방전관 C_A 공극 내의 코로나 운으로부터 방전상태와 코로나 막의 두께를 부가된 보조회로 R_s 및 C_s 전류에 의해서 간접적으로 검출하고, 패턴 제어회로를 통하여 구형파 펄스폭을 제어하여 방전전력을 제어하므로써 방전 공극 내의 코로나 막의 두께를 조절한다.

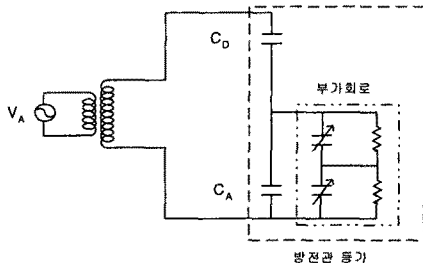
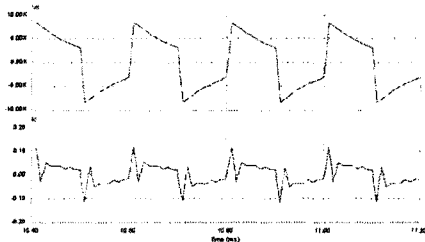


그림 4 회로구성

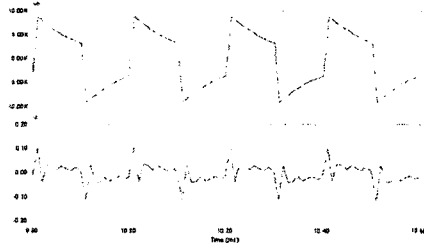
2.3 시뮬레이션

무성코로나 방전관을 등가적으로 제안하여 구성된 그림 3의 시스템으로부터 방전의 동특성을 그림 5와 같이 시뮬레이션 한다. 그림 5 (a)에서 파형 ①의 V_D 는 방전관에 공급되는 10KV로 공급되는 의사구형파 패턴이고, 파형 ②는 방전관 C_A 의 방전전류를 나타내고 있다.

파형 ②의 방전 전류 특성에서는 초기 방전 피크가 과대하고, 공극내의 코로나 막의 두께가 큰 것을 보이고 있다.



(a) 등가모델에 의한 시뮬레이션 파형



(b) 수정 제안된 등가모델에 의한 시뮬레이션 파형

그림 5 등가모델 시뮬레이션 파형

따라서 고효율 무성코로나 방전을 얻기 위해서는 그림 5의 (b)와 같은 구형파 전압 10[KV]의 방전 전압을 방전 공극 1[mm]의 방전관에 공급하여 구동하였을 때, 방전 시스템의 방전 전류 및 전압파형이 각각 ① 및 ②로 실측되고 있다. 파형 ①의 전류파형에서 초기 방전전류가 완만하게 증가하며 진상 정현적으로 진행되고 있고, 방전극을 손상시키는 임펄스가 전혀 보이지 않는 코로나 방전 특유의 전류특성을 보이고 있다. 또한, 파형 ②는 공극 방전 전압파형으로써 거의 진상전류와 동위상으로 정현적 방전이 되고 있는 것을 보여주고 있다.

파형 ① 및 ②를 종합적으로 고찰하면, 정현적 동위상의 전력이 최적으로 제어되고, 무성 고효율 코로나 방전 에너지가 공극에서 완만하게 진행되고 있음을 볼 수 있다.

2.4 방전특성

그림 3과 같은 방전시스템에서 그림 5 (b)의 파형과 같은 구형파를 방전전압 10KV로 공급하였을 때, 그림 6은 제안된 무성코로나 방전 시스템의 방전전류 및 전압파형을 각각 파형 ①, ②로 나타내고 있다. 파형 ①의 전류파형에서 초기방전전류가 완만하게 증가하고 진상 정현적으로 진행되고 있고, 방전극을 손상시키는 임펄스가 전혀 보이지 않는 무성코로나 방전의 특유의 전류특성을 보이고 있다. 또한, 파형 ②는 공급 전압파형으로써 거의 진상전류와 동위상으로 에너지가 공급되고 있는 것을 보여주고 있다. 파형 ①, ②를 종합적으로 고찰하면, 정현적 동위상의 전력이 공극의 방전에너지로 진행되고 있음을 볼 수 있다.

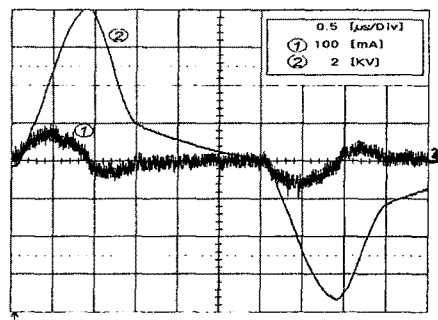
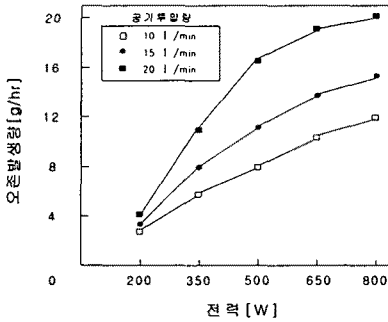


그림 6 방전전압·전류 파형

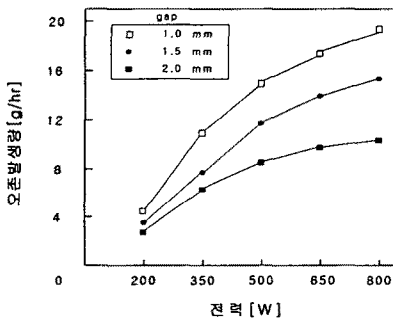
이때, 방전관의 공기유입량은 15 //min, 출력 오존의 발생량 7.81g/hr 이었다.

2.5 오존 출력 특성

본 실험에서 무성코로나 방전관 내의 유전체와 공극 사이의 방전특성을 고찰한 결과, 효율적인 방전은 양 극사이에서 코로나 막의 전자운이 형성되어 방전은 공극 중심에서 발생 되고 있고, 투입 공기의 온도 및 습도등의 의해서 방전 불량이 될 때 제안된 부가 제어 회로에 의해서 방전 중심을 공극의 중심에 유지 시키므로서 안정된 방전이 되고 있는 것을 볼 수 있다.



(a) 공기 투입량



(b) 전극 간격

그림 7 오존발생량 특성

제안된 제어 시스템의 효율성을 고찰 하기 위해서 고압 방전에 의한 오존생성 장치에서 크게 영향을 미치는 중요인자로서 고압 전력, 전극간격, 공기투입량 등을 가변하여 오존의 생성 특성을 그림 7에서 고찰하고 있다.

방전 전력에 대한 오존발생량의 특성으로서 그림 (a)에서는 공기투입량의 변화에 따르는 특성을 나타내며 최대 투입량 20(l/min)의 공극에서 초기 오존발생량의 5배량 까지 포화 한정을 확장 할 수 있었고, 그림 (b)에서는 공극내의 전극간격에 따르는 오존발생 특성을 나타내고 있으며 최소 공극 1(mm)의 폭에서 초기 발생량의 5배량에서 포화 여유가 있는 것을 보이고 있다. 공극의 간격을 좁게하면 방전밀도가 상승하여 오존발생량 밀도가 높아지고, 이때 방전 진행에 따라 방전관 내의 온도가 상승하므로 방전관의 냉각을 위해 접지극으로 사용된 알루미늄판을 음각으로 제작하여 공기와의 접촉면적을 넓힘으로서 온도 상승에 의한 오존분해를 억제시킬 수 있었다. 따라서 전극갯을 좁게하면 오존생성 효율은 높아지나 극을 상하게 하므로 본 연구에서 제안한 제어시스템에 의해 극소화 한 공극내에서 코로나 막의 두께와 방전 중심을 유지 시키므로서 고밀도의 오존을 발생시킬 수 있는 것을 그림 7의 (a) 및 (b)에서 각각 볼 수 있

다. 또한, 인버터의 출력을 조절하여 방전전력을 상승시키고, 투입 공기의 양의 증가에 따라 오존의 생성량은 급상승 하고 있으나, 제안된 공극과 냉각장치는 포화 영역에 직결되고 있음을 보이고 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 무성 코로나 방전을 이용한 오존발생기의 방전특성에서 고농도 고효율 방전특성을 얻기 위해서, 먼저 등가 방전 모델을 구성하고, 무성코로나 방전 특성에서 단점의 하나인 공극내의 비선형 순시 에너지의 진행과 공급전압 및 전류의 비선형성을 제어하기 위해서 부하 방전단의 전극 등가회로에 센터탭 회로를 부가하였으며, 제안된 등가 회로에 의해 코로나 방전 시스템의 구동 특성에 대해 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션에 의해 얻어낸 정현적 방전 조건은 부가된 보조회로의 C_s 및 R_s 에 적용되고, 또한 상태 궤환 제어로서 입력 전력을 조절함으로써 방전관 내에서 코로나 막의 두께를 조절하고 방전 에너지의 흐름을 정현적으로 진행 시킴으로서 최소 공극내에서 선형 방전 특성을 얻게 되었으며, 따라서 고효율 방전 시스템으로부터 고농도의 오존가스를 발생시킬 수 있는 시스템을 제시하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이동현, 송현직, 구건효, "환경개선용 기체전기방전을 이용한 오존발생기술 개발", 한국조명전기설비학회, 15권 3호 25-34, 2001
- [2] Fujimoto Ken-ichi, "Corona Discharge Type Ozone generator System with a High-Frequency Voltage Source", T.IEE Japan, Vol.120-A, No.4, 398-403, 2000
- [3] Tomokazu Suzuki, "ネオン變壓器を用いバリア放電型 NO_x 處理系のエネルギー變換效率", 電學論A, 119卷 1号, 13-18, 1999.
- [4] Shengpei Wang, "A Novel Silent Discharge Yype Ozonizer using Pulse Density Modulated High-Frequency Inverter", IEEE, 764-772, 1999
- [5] 안희욱 김학성, "MOSFET를 사용한 고주파 인버터의 제어방식에 따른 전력손실 비교: 위상변이 제어와 펄스농도 제어", 금오공대 산업기술개발연구, 15호, 361-374, 1999
- [6] Tomasz Cieplak, "The effect of electrode rotation on the ozone generation process", 電學論A, 119卷 7号, 925-930, 1999.
- [7] Hideaki Fujita, "Control and Performance of a Pulse-Density Modulated Series- Resonant Inverter for Corona Discharge Processes", IEEE, 1320-1325, 1998
- [8] 김동희, 이달해, 송현직, 오승훈, 이봉섭, 배상준, "오존발생기용 전원장치 개발 및 특성에 관한 연구", 영남대 산업기술지, 25호, 111-118, 1997
- [9] Hideaki Fujita, "Pulse Density Modulated Power Control of a 4KW, 450kHz Voltage-Source Inverter for Induction Melting Application", IEEE, 279-286, 1996