

살균처리 장치용 전력변환장치

*강옥중 · 고강훈 · 서기영 · 이현우
경남대학교 전기전자공학부 · *경남전문학교
전화 : 055-249-2635 / 팩스 : 055-248-2228

Power Converter System for Sterilization Processing Device

*W. J. Kang · K. H. Kho · K.Y. Suh · H. W. Lee
Kyung-nam University · Kyung-nam Junior College
E-mail : lhwoo@kyungnam.ac.kr

Abstract

There are several electricity applied sterilizers such as sterilizer with high frequency, sterilizer with ozone, sterilizer with high voltage, and so on. Those sterilizers feature "because there is no chemical process, there is no secondly environmental pollution". At the power conversion part, ZVS and ZCS methods have been used that it results in reduced switching loss, miniaturized size, and lightened weight.

Besides, the current in the device is smaller than that of existing method. Thus, it is expected that the cost of sterilization process, when quality of the device is measured by power consumption, will be reduced.

I. 서론

전기를 응용한 살균 처리 장치는 고주파를 이용한 살균장치와 오존을 이용한 살균장치, HV(High-voltage)를 이용한 살균 처리 장치 등이 있다. 이러한 살균처리장치의 큰 장점으로서는 화학적인 처리 과정을 통하지 아니하므로 2차적인 환경오염 문제를 일으키지 않는다는 점이다. 그 중에서 HV를 이용한 살균 처리 장치는 방전 코로나 방전계만을 이용하여 세포막에 누적된 전하 또는 세포막에 잔류해 있는 전류 때문에 박테리아

가 파괴되는 것으로 보고되었으며, 이런 방식의 박테리아 제거 형태는 주로 액체 상태에 대한 연구보고는 많이 있어 왔지만 고체 또는 분말 형태에 대한 살균처리 보고는 거의 없었다.^{[1]-[2]}

한 예로서 한약 제조 시 함유되어 있는 박테리아를 제거하기 위하여 전통적인 고온 살균처리 방법을 사용하면 약재의 몇몇 내용물을 파괴시키게 되므로 약 효능을 저하시키게 된다는 결점이 있다. 화학적인 방법은 약에 유독성 잔여물이 남게 됨으로 적합하지 못하다. 현재에는 방사선을 사용해서 박테리아를 제거하는 방법이 있으나, 방사원의 보호, 사용의 불편성, 운반중의 오염, 높은 가격 등의 단점이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 HV의 고전계(HF: High-Field)를 이용한 살균처리 장치를 이용함으로써 종래의 분말에 대한 살균 문제를 해결하며 경제적이고 효과적인 방법을 검토·연구하고 한층 더 개선된 살균처리장치에 대하여 제시하고자 한다.^{[3]-[4]}

일반적으로 전력변환장치에 있어서 DC-link단을 콘덴서 입력형 정류회로가 많이 사용된다. 이 회로의 입력 전류는 입력전압의 피크부분에서 흐르는 펄스형으로 되어 입력역률이 낮으며, 많은 고조파성분이 포함된 전류로서 전원계통에 나쁜 영향을 준다는 문제점을 가지고 있다.^[5]

여기에 입력역률이 거의 단위역률(PFC)로 제어되는 부분공진 스위칭을 적용하여 ZCS, ZVS동작을 통한 스위칭 손실저감, 고조파 저감, 역률개선 등을 도모한다.

다음 안정된 교류전력을 고주파 고압변압기를 통하여 고압의 전계를 살균장치에 공급하게 된다.^{[6]-[7]}

II. 본론

2.1 고전계 살균 처리 장치의 원리

세균의 처사효과는 전계강도, 처리시간, 펄스 수, 감쇄시간 상수에 의해 결정되어지며, 인가된 전압, 코로나 전기, 처리시간 등이 살균효과에 영향을 미친다는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 대부분의 미생물은 20kV의 전계 피크치에 노출시키면 처리시간이 1분일 경우 60%, 5분 이상이면 비활성비율은 99.99%라는 기존의 연구 데이터를 바탕으로 하여 고전계를 인가하기 위한 장치를 구성하고, 본 실험장치를 이용하여 미생물의 살균율을 조사한다. 실험을 위해 제작된 전력변환장치는 ZCS, ZVS스위칭 손실 저감 기법을 적용한 인버터 회로로서 3상 380V_{AC}를 정류, 고주파 고압변압기를 통하여 AC 20kV를 실험장치에 인가한다. 표 1에 고전계 발생장치의 사양을 나타내었다.

그림 1의 살균처리 실험장치는 46×31cm 알루미늄 판 전극을 접지하고 그 위에 45×30×30cm 아크릴상자로서 덮는다. 방전 전극은 별형와이어(기타줄)를 사용한 경우 코로나 전류는 크게 발생하나, 바늘이 있는 플레이트 전극을 사용했을 경우가 끌고루 분산된다는 점이다. 그러므로 실험은 바늘이 있는 전극을 사용하였을 경우와 살균력이 가장 높은 교류 고전압(60Hz)을 인가하여 살균의 효능을 검토하였다.^{[4][5]}

표 1 설계된 고전계 발생장치

항 목	실험장치사양
입 력	380V 60Hz
출 력	5kV _{DC} ~ 20kV _{DC}
효 율	90%이상
고주파 고압변압기	N1:N2 = 14:510
제어방식	ZVS, ZCS 스위칭

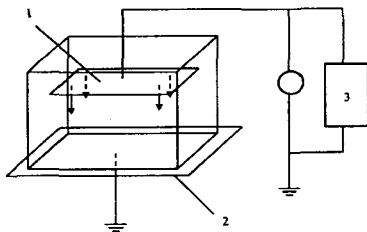


그림 1 고전계를 이용한 분말 살균 시험장치
(1) 바늘이 있는 평판 전극 (2) 접지전극
(3) 고주파 고압전력변환장치

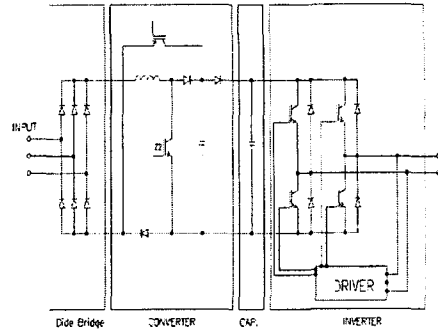


그림 2 변압기 1차측의 전력변환시스템

2.2 고전압 발생장치의 설계

2.2.1 주회로도

전력변환시스템의 구성은 그림 2에 나타내었다. 입력 3상 380V_{AC}를 Diode Bridge를 통하여 정류, 부분공진 스위칭 제어의 승압형 초퍼를 이용한 DC-link단을 통하여 정전압을 단상 인버터 단에 공급한다. 다시 인버터단을 통하여 출력된 AC전압을 고주파 고압트랜스를 통하여 살균장치에 고압 고전계를 발생시키게 된다.

2.2.2 초퍼회로와 인버터

스위칭모드에 있어서 인덕터 전류에 따라 연속 모드 (CCM : Continuous Conduction Mode)와 불연속 모드 (DCM : Discontinuous Conduction Mode)로 구분되며 PRSS는 불연속 모드로 동작하므로 영전류 상태에서 턴-온되고, 오프전류는 반드시 영이 되므로 스위칭 상태를 감시할 필요가 없게 된다. 그러므로 스위칭 전류 검출을 필요로 하지 않고 부하에 대한 과전류보호에서도 독립되므로 제어가 간단하다는 장점을 가지고 있다. DCM의 컨버터는 최대 전류값을 스위칭 하므로 스위칭 다이오드의 스트레스가 가중된다. 고속스위칭일 경우에는 턴-오프시에 ZVS를 실현해야만 한다. 이러한 ZVS를 실현하기 위하여서는 공진회로를 구성하여 스위치 양단의 전압이 영이 될 때에 턴-오프하는 기법을 취하게 된다. 그러나 이 공진형 ZVS는 부하의 영향으로 그 특성이 변화하면 회로정수의 결정이 어렵고 제어가 까다롭다. 공진 기법이 아닌 부분공진형 소프트 스위칭 기법을 사용하면 대개는 공진주기의 $\pi/2$ 구간내에서 동작하므로 부하와 독립하게 되어 간단히 ZVS를 달성시킬 수 있다. 이러한 부분공진 기법의 PRSS는 DCM일 경우 컨버터 형태에 관계하지 않고 ZVS스위칭이 가능하다.

2.3 시뮬레이션 및 실험 결과

2.3.1 실험에 사용된 곰팡이

사람이 섭취하는 다양한 형태의 건조물에는 건조방법에 따라 자연으로부터 다양한 미생물이 혼입 될 수 있다. 이들 미생물은 상황에 따라 다양한 질병의 원인이 된다. 살균을 위해서는 고진적으로 끓이거나 열을 가하는 것이 일반적이나 오염된 균에 따라서는 일반적인 방법으로는 완벽한 살균이 어렵다. 특히 생균(무포자 세균 등)의 경우에는 비교적 단시간의 열처리에 의해서 사멸시킬 수 있으나 포자형성균(일반적으로 곰팡이류)은 단순한 건열살균 등으로는 강한 내성을 나타낸다. 만일 이들을 살균하기 위해서 섭씨 170도 이상에서 장시간 살균처리하거나 습열멸균을 하게 되면 건조품을 포함한 이들 제품의 품질열화를 초래한다. 또한 본실험에 사용한 균주는 곰팡이, 흑국균이라 불리는 *Aspergillus niger*로 생활환경에 가장 잘 나타나는 균주로 전분분해효소, 단백질 분해효소 등 효소활성이 뛰어나 발효공업에 폭넓게 이용되는 곰팡이다. 일반적인 살균장치에 있어서도 가장 오랜동안 살균이 되지 않는 곰팡이다. 본 실험에서는 흑국균의 검은 포자를 시료에 인위적으로 첨가하여 시료의 구성성분을 보존하며 흑국균을 살균하게 된다면 인체유해한 세균들은 모두 살균이 되었다고도 할 수 있다.

2.3.2 시뮬레이션 파형

그림 3는 부분공진 송강압 스위칭시의 스위치에 흐르는 전류와 전압을 나타낸 것이다. 턴-온시 ZCS로 턴-오프시 ZVS로 동작하고 있음을 알 수 있다. 그림 4은 DC-Link단의 스위칭과 출력의 V,I 그리고 공진용 Lr에 흐르는 전류를 나타낸 것이다. 공진용 Lr에 흐르는 전류는 불연속적으로 흐른다.

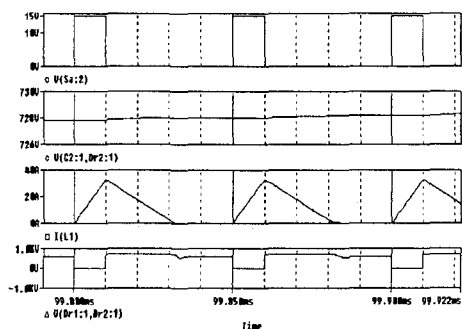


그림 3 DC-link단의 부분공진 스위칭 파형

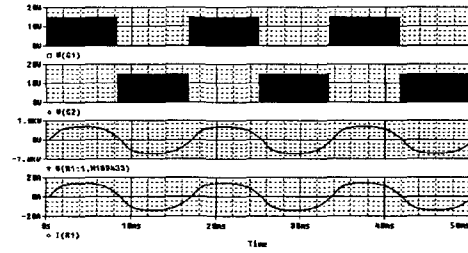


그림 4 Uni-polar Gate제어신호와 출력 V,I파형

그림 5은 출력 V,I의 파형이다. 역률이 거의 단위역률로서 동작하고 있다.

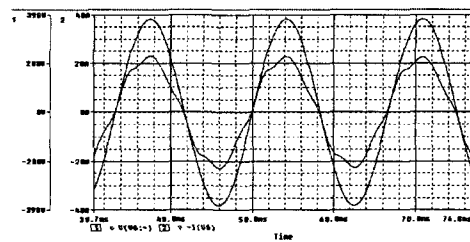


그림 5 전력변환장치의 입력 V,I파형

2.3.3 살균처리장치의 사진

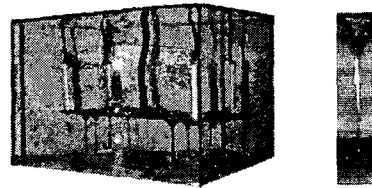


그림 6 살균 처리 실험 장치 (좌) 진체모형 (우) 침극과 플레이트극

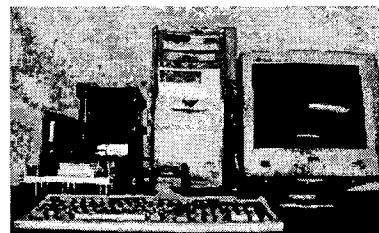


그림 7 전체 시스템의 구성

그림 6는 살균처리 실험에 사용했던 장치의 사진을 나타내고 있다. 그림 7은 제어용 컴퓨터와 전력변환장치 모듈을 나타낸 사진이다.

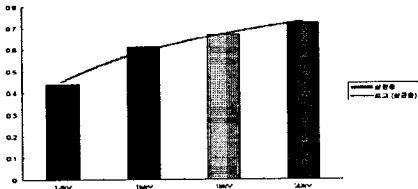
2.3.4 살균처리 결과값

- 사용배지 : YM agar
- 배양시간 : 상온 20 ~ 24시간
- 회석방법 : 각 시료 1g에 10⁴배 회석
- 시료와 극간 간격 : 2.5(cm)
- 전계를 가한시간 : 5분
- 실험결과
 - 살균전 : 1,800×10³마리

표 3 인가된 전압과 살균율

인가전압	12[kV]	15[kV]	18[kV]	20[kV]
검출된곰팡이수 (표본추출)	1,010×10 ⁴	665×10 ⁴	565×10 ⁴	500×10 ⁴
살균율 백분율(%)	43.9	61.4	66.9	72.2

표 4 살균율과 인가된 전압의 그래프



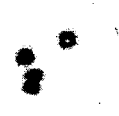
(a) 12kV



(b) 15kV



(c) 18kV



(d) 20kV

그림 8 인가된 전압에 따라 살균된 뒤에 배양된 곰팡이의 사진

표 3, 4 는 각기 다른 형태로 살균율과 인가전압의 관계를 나타낸 것이다. 실험에 미흡했던 좁은 평동전계를 형성하기 위한 침극 배열 설계의 미비로 균등한 살균이 되지 못하였다. 따라서 살균율은 침극에 가깝게 위치한 시료들의 살균에 비하여 다소 떨어졌다. 그림 8은 각각 인가된 전압에 따라 살균처리 한 뒤에 배양된 곰팡이의 사진이다. 전압이 증가 될수록 살균이 잘 되고 있다는 것을 시각적으로도 알 수 가 있다.

V. 결론

저전력의 살균장치용 고전압 전력변환장치를 만들어 곰팡이가 회석된 분말가루를 실험장치에 투입 교류전압을 가변시켜 살균율을 측정하였다. 실험을 통한 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 분말시료에 회석된 곰팡이를 60Hz AC 코로나 방전계를 사용해서 효과적으로 제거할 수 가 있다.
- (2) 곰팡이를 죽이거나 파괴하는 작용은 주로 코로나 전류의 작용 때문이다.
- (3) 부분공진 승압형 DC-Link단을 이용함으로써 스위칭 손실 저감과 역률 1의 고역률을 얻을 수 있었다.
- (4) 고주파 고압트랜스를 소형화 할 수 가 있으며, 코로나 전류는 극히 적은 값이므로 저전력을 소비함으로써 저비용의 살균장치를 구상할 수 있다.

장치설계상의 문제점으로는 살균처리장치의 표면에서 발생하는 연면방전과 각이진 곳에서 일어나는 국부적인 방전을 막기 위한 절연처리가 미흡하여 손실이 발생하였다. 향후과제로는 이러한 손실을 막기 위한 완전한 절연처리와 본 실험장치를 이용하여 지금과 다른 형태의 전극과 시료 등을 이용하여 최적화된 값을 이끌어 내는 것이다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-302-014-3)지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 川村光男, "マイクロ波基礎工學", 「昭晃堂」, 1981.
- [2] Von Hippel, R. , "Dielectric Materials and Applications 1961", The MIT Press., 1961.
- [3] Microwave Power Applications, JMPI Newsletters, Vol.X, No. 4, IMPI. 1997.
- [4] 露木英男, 首藤厚, "食品のマイクロ波加熱", 「建帛社」, 1974.
- [5] 한국전기연구소 전력전자연구부, "정전계용용(농업분야)", 「한국전기연구소」, 1996.
- [6] Y.C.Kim, H.W.Lee, K.Y.Suh, J.H.Chun, "A Study on power factor and efficiency correction of AC-DC boost converter by partial resonant type using a L²SC", PCC-Nagaoka, pp.391~399, 1997.
- [7] 고강훈, 황용일, 이현우, 김은수, 조기연, "고전계를 이용한 분말 살균장치", 「대한전기학회 부경지부 추계발표대회 논문집」, 1999. 12.