

실내 공기질 개선을 위한 ICT 융복합형 플라즈마 폐열 환기 시스템

김응곤*

ICT Fusion Type Plasma Waste Heat Ventilation System for Improvement of Indoor Air Quality

Eung-Kon Kim*

요약

현재 구제역의 발생과 AI로 인한 손해를 모두 본 부담하고 있다. 또한 축산업에서 악취에 대한 민원은 끊임없이 제기되고 있으며 앞으로 더 발생할 것으로 판단되고 있다. 본 논문에서는 축사 및 계사, 돈사 등과 같은 밀폐형 시설물들의 실내 공기질을 개선하고 질병 등을 예방하여 농가의 소득을 증대 시키는 것에 목적을 두었다. 환기 유닛 자리에 설치할 저온 플라즈마 폐열 환기 장치를 개발하고 내부에 넣을 열 교환 소자 및 저온 플라즈마 램프, 밸러스트를 규격화 하여 강화된 공기청정 기능을 갖도록 하였다. 또한, ICT를 접목하여 기존의 기상 시스템, 유동팬, 기타 시설 장비들과의 연동이 가능하고 농가들로 하여금 실시간으로 모니터링이 되도록 새로운 통제 시스템을 개발하고자 한다.

ABSTRACT

Currently, each farm bears both the outbreak of foot-and-mouth disease and the damage caused by AI. In addition, complaints about odors in the livestock industry are constantly being recovered and are expected to occur in the future. The purpose of this study is to improve the indoor air quality of enclosed facilities such as barns, houses, pigsty, and etc. This paper develops low-temperature plasma waste heat ventilation system to be installed in ventilation unit location and standardizes heat exchange element, low-temperature plasma lamp, and ballast for enhanced air cleaning function. In addition, this study intends to develop a new control system so that the farmers can connect with existing weather systems, flow fans, and other facility equipment by incorporating ICT.

키워드

ICT, Plasma, Sterilization, Ventilation, Waste Heat
ICT, 플라즈마, 살균, 환기, 폐열

* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과
• 접수일 : 2019. 10. 10
• 수정완료일 : 2019. 11. 12
• 게재확정일 : 2019. 12. 15

• Received : Oct. 10, 2019, Revised : Nov. 12, 2019, Accepted : Dec. 15, 2019
• Corresponding Author : Eung-Kon Kim
Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University,
Email : kek@scnu.ac.kr

I. 서 론

최근 축산연구소의 악취에 대한 설문조사결과에 의하면 축종 성장에 따른 악취의 발생률은 비육성우가 45%, 육성우가 32%로 악취가 심한 것으로 나타났으며, 악취의 생성 장소는 퇴비장 38%, 우사 23%로 조사되었다.

작업별로 보면 분뇨 제거중이 64%로 가장 높은 수치를 보였다. 젖소의 경우 축종 성장에 따른 악취 발생률은 착유우가 42%, 송아지가 40%, 악취의 생성 장소는 퇴비장에서 31%, 저장액비에서 31%로 악취가 가장 심한 것으로 조사되었으며, 돼지의 경우 축종 성장에 따른 악취 발생률은 분만돈이 31%, 모돈이 23%로 나타났다. 작업별로는 분뇨 제거 중에서 84%로 높게 나타났다. 육계의 경우 축종 성장에 따른 악취 발생률은 6주령 이후가 45%, 4주령이 42%로 악취가 심한 것으로 조사되었고 산란계의 경우 축종 성장에 따른 악취 발생률은 말기가 65%로 가장 심한 것으로 조사되었다. 악취 발생에 대한 민원의 경우 한우나 젖소보다는 돼지, 산란계 및 육계에서 민원이 더 많이 발생한 것으로 조사되었으며 한우와 젖소는 약 50%, 그 외 축종에서는 20% 이상의 사육농가에서 불규칙하고 간헐적인 발생 특성을 가진 악취 때문에 민원이 더 발생할 것으로 판단되고 있다[1-4].

지난 2017년 2월 충북 보은군에서 발생한 구제역은 젖소를 사육하는 대규모 농장으로 10여 마리의 소가 침을 흘리고, 일부는 수포까지 생겼다. 이에 195마리의 소가 살처분되는 등 초비상사태가 돌입되었었다. 또한, 2018년 2월 천안의 한 산란계 농장에서 발생된 고병원성 AI로 1개 발생농장과 3km이내 11개 농장 76여만 마리를 살처분하게 되었다. 해마다 구제역과 고병원성 AI 발생으로 피해는 농가에 고스란히 떠안고 있는 실정이다.

현재 구제역의 발생과 AI로 인한 손해를 모두 각 농가들이 부담하고 있다. 또한 축산업에서 악취에 대한 민원은 끊임없이 제기되고 있으며 앞으로 더 발생할 것으로 판단되고 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위한 하나의 방법으로는 저온 플라즈마 폐열 환기 장치가 있다. 플라즈마 폐열 환기 장치는 외부의 저온 공기와 실내의 고온 공기를 급기 팬(Fan)을 통해 교환시켜 장치 중앙에 설치된 열 교환 소자를 통해 교차시켜 내부 공기와 배출 공

기를 정화하여 배출하는 것이 가능하다[5-6].

또한 비상시를 대비한 실시간 모니터링 및 기타 제어 기술들은 필수적인 요소 중 하나이다[8-10].

본 논문에서는 축사 및 계사, 돈사 등과 같은 밀폐형 시설물들의 실내 공기질을 개선하고 질병 등을 예방하여 농가의 소득을 증대 시키는 것에 목적을 두었다. 환기 유닛 자리에 설치할 저온 플라즈마 폐열 환기 장치를 개발하여 내부에 넣을 열 교환 소자 및 저온 플라즈마 램프, 밸러스트(ballast)를 규격화 하였다. 또한, ICT를 접목하여 적절한 생육 환경을 제공하고 기존의 기상 시스템, 유동팬, 기타 시설 장비들과의 연동이 가능하고 농가들로 하여금 실시간으로 모니터링과 비상시 알려줄 수 있는 새로운 통제 시스템을 개발하고자 한다.

II. 플라즈마 폐열 환기장치 개발

2.1 저온 플라즈마 발생장치 개발

저온 플라즈마 발생장치는 크게 플라즈마 램프와 밸러스트로 나누어진다. 플라즈마 램프는 석영관으로 제조 시에 유리 물질 이외의 특수물질을 혼합하여 제조하고 석영관 안쪽에는 금속물질을 도포한다. 금속물질은 티타늄과 광촉매 물질인 이산화티탄, 백금, 은 등이 있다. 고진공상태에서 불순물을 제거한 후 처리 용량에 따라 특수가스의 양을 조절하여 혼합한다. 또한, 밸러스트는 안정기이며 형광등 같은 램프에 과장을 일으켜주는 역할을 한다. 밸러스트는 자외선파장 100~200nm에서 방전이 일으키도록 설계하여 제작한다. 저온 플라즈마 발생장치는 처리 용량에 따라 10평, 30평, 100평에 맞는 플라즈마 램프 및 밸러스트를 설계하고 발생장치 모듈을 제작한다. 그림 1은 저온 플라즈마 발생장치에 사용되는 플라즈마 램프이다.

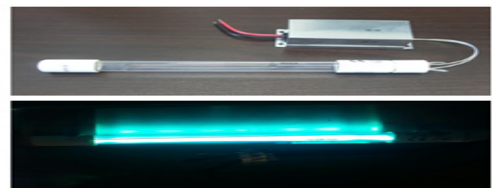


그림 1. 플라즈마 램프
Fig. 1 Plasma lamp

각 처리용량별로 모듈의 살균·정화 성능테스트를 진행하여 처리시간에 따른 살균력 테스트 결과를 비교하고 적용평수에 대하여 규격화한다. 살균력 테스트는 “항곰팡이 시험”, “부유세균 저감 성능시험”, “실내 공기질 시험”을 주요 살균력 테스트로 선정하여 진행한다. 그림 2는 저온 플라즈마 발생장치에 사용되는 필터이며 HEPA Filter, Pre-Filter, 카본 필터로 구성된다.



그림 2. 필터
Fig. 2 Filter

2.2 열 교환 소자의 성능테스트 및 규격화

열 교환 소자는 부직포 재질의 현열 교환소자와 플라스틱 재질의 현열 교환소자가 있다. 부직포 재질의 교환소자는 열 뿐만 아니라 습도까지 회수하여 현열 교환 소자 대비 약 3배 이상의 열 교환 효율을 보이나 세척의 어려움이 있어 수시로 교체해야 하는 단점이 있다[7]. 반면 플라스틱 재질의 교환소자는 열만 전달되지만 세척이 가능하고 내구성이 우수하여 관리만 잘되면 반영구적으로 사용이 가능하다. 축사의 경우 적절한 환기와 공기 오염 방지, 산소 부족으로 인한 동물들의 각종 호흡기 질환을 예방하기 위해 2개의 소자를 각각 적용하여 소자별 열 교환 성능, 사용기간, 가격대비 성능, 결빙에 대한 복원력 등을 점검하여 축사 현장에 맞는 소자를 선정할 필요가 있다. 그림 3과 4는 부직포 재질의 교환소자와 플라스틱 재질의 교환소자이다.



그림 3. 부직포 재질의 교환소자
Fig. 3 Nonwoven exchange element

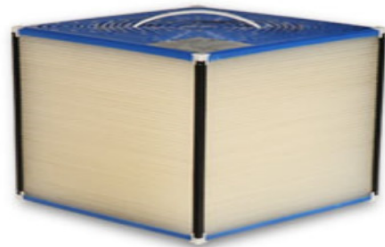


그림 4. 플라스틱 재질의 교환소자
Fig. 4 Plastic exchange element

2.3 농업용 방진 방습형 모터 개발

축사의 내/외부 환경을 고려하여 경량소재인 AI을 이용한 소재로 제작하여 무게를 감소시키고 방진기능과 방습기능이 겸비된 농업용 전용 모터를 설계하여 제작한다. 그림 5는 농업용 방진 방습형 모터의 설계 개략도이다.

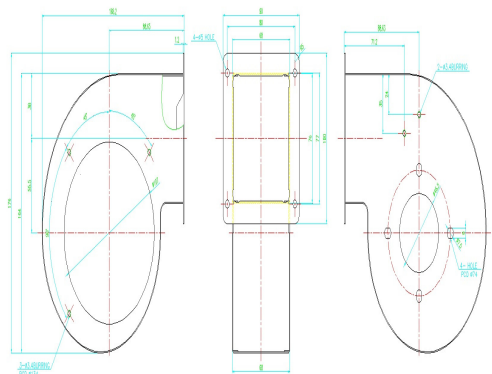


그림 5. 농업용 방진 방습형 모터의 설계 개략도
Fig. 5 Drawing schematic of dustproof & moisture proof for agriculture

2.4 각 부품의 규격화, 전체 도면 설계 및 제작

저온 플라즈마 발생부, 열 교환 소자, 모터부, 유동해의 각 자료를 토대로 처리용량별로 각 부품을 규격화하여 도면을 설계한다.

내/외부 하우징 재질은 내식성과 내구성을 고려하여 SUS재질로 제작한다.

저온 플라즈마 발생부, 열 교환 소자, 모터부 등 주요 부품과의 간섭이 이루어지지 않도록 설계하여 제작 하며 열에너지의 교환이 이루어지는 열 교환 소자 부위와 접합부, 내부 분할 공간 등의 마감 부위 등은 긴밀한 실링 마무리처리 한다.

열 교환소자의 교체뚜껑은 A/S 및 관리가 편리한 볼트 결합식으로 제작하며 교체뚜껑 안쪽에는 고무재질 등의 신축성이 있는 재질을 이용하여 열에너지가 외부유출 및 혼입이 되지 않도록 설계 제작한다. 그림 6은 플라즈마 폐열 환기 시스템의 시제품 도면 개략도이다.

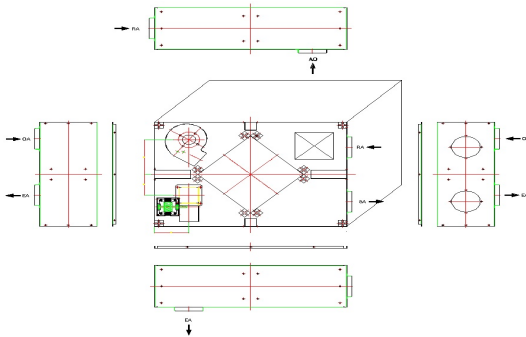


그림 6. 스탠드형 플라즈마 폐열 환기 시스템 시제품 도면 개략도

Fig. 6 Stand type plasma waste heat ventilation system prototype drawing schematic

2.5 ICT 통합제어 시스템 제작

본 ICT 통합제어 시스템은 개발 시제품 자체도 연동제어가 가능하고 온/습도센서, 공기 질 센서, 압모니아센서, VOC센서 등을 통한 실시간 모니터링과 제습기, 환풍기류, 기상관측시스템, 영상장비 등의 기존 설비들의 제어모듈로 연동하여 통합적으로 제어하는 시스템으로 대상 측사 등에 설치된 기존 설비와 개발 시제품을 통합적으로 제어하는 ICT 통합제어 시스템을 제작한다. 그림 7은 ICT 통합 제어 시스템이다.



그림 7. ICT 통합 제어 시스템
Fig. 7 Integrated control system for ICT

2.6 시제품 성능테스트

시제품 성능 테스트로 곱팡이 시험과 부유세균 저감 성능시험을 진행하였으며 시험결과 “곱팡이 미성장”, “저감 성능 99.9%”의 결과를 얻었다.

저온 플라즈마 발생장치, 방진 방습 모터부 등의 구동 이상여부와 통합제어 시스템과 각 주요 부품과의 연동여부를 점검하여 수정 보완 작업을 진행한다.

수정 보완 작업이 완료된 최종 시제품은 공인인증기관에 의뢰하여 주요 항목의 성능테스트를 진행하여 시제품을 최종 완성한다.

III. 프로그램 설계 및 개발

3.1 PCB 프로세스 및 프로그램 설계

선정된 제어 항목을 토대로 프로세스 및 프로그램을 설계한다. 회로 설계 시에는 맴 브레인 인터페이스와 버튼의 위치, 사용자의 편의성 등을 고려하여 회로를 설계한다.

Lap-scale PCB 모듈 제작 및 성능 테스트는 설계된 프로세스 및 회로도를 토대로 Lap-scale의 PCB를 제작하고 개발된 프로그램을 탑재하여 자체성능테스트를 진행한다. 수정 및 보완하여 완성도 높은 최종 프로세스 및 프로그램을 완성한다.

3.2 ICT 통합제어 프로그램 개발

대상 측사 등 내부/외부의 총체적인 제어 요소를 선정한다. 제어 요소는 측사와 시스템의 전반적인 제어, 내/외부 온/습도 센서에 따른 제어, CO₂센서, 압모

니아 센서, 공기 질 센서, 환경 센서 류 등에 따른 제어, 기상관측시스템, 영상장비 등의 Display 항목, 제습기 환풍기 등의 기존 설비와의 연동성 등이 있다.

이러한 제어 요소에 따라 통합 제어 프로세스 및 프로그램을 설계한다. 선정된 제어 항목을 토대로 프로세스 및 프로그램을 설계하고 사용자의 편의성을 고려한 인터페이스를 개발한다. 장비 운용 환경을 고려하고 제어 시스템에 문제가 생겼을 경우 사용자가 실시간으로 운전이 가능한 회로를 설계한다. 실외 흡입(OA), 실외배기(EA), 실내 환기(RA), 실내 급기(SA) 부들의 온도 및 환경 센서류, 플라즈마 발생부, 모터 구동부, 메인 서버의 저장 등의 총체적인 회로를 제작한다. 그림 8은 내/외부 열이 교환되는 모습을 나타낸 것이다.

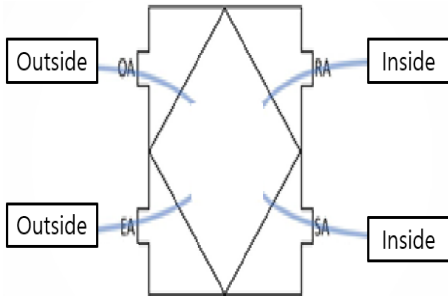


그림 8. 내/외부 열 교환 환기
Fig. 8 Inside / outside heat exchange ventilation

3.3 Lap-scale 통합시스템 모듈 제작

설계된 프로세스 및 회로도를 토대로 Lap-scale의 통합 시스템 모듈을 제작하고 개발된 프로그램을 탑재하여 자체 성능 테스트를 진행하고 수정 및 보완하여 완성도 높은 최종 프로세스 및 프로그램을 완성한다. 그림 9는 전체 제어 시스템을 블록도이다.

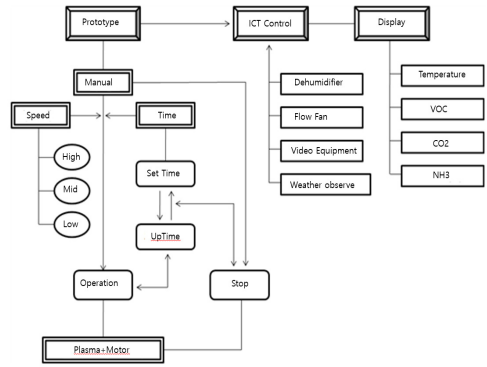


그림 9. 전체 제어시스템 블록도
Fig. 9 Overall control system block diagram

IV. 결 론

본 논문에서는 저온 플라즈마 램프와 밸러스트를 이용한 폐열 환기 시스템을 개발하였다. 플라즈마 램프에 쓰이는 살균·정화 시스템은 “저온 산소 플라즈마(COP)”를 이용한 살균방식으로써 특수한 자외선(Deep UV-280nm 보다 짧은) 파장(100~200nm)을 가지고 광촉매 없이도 이온과 자유전자를 포함하여 광이온화 상태로 만들 수 있다. 매우 강력한 자외선을 이용한 이 플라즈마는 공기 중의 산소분자와 물 분자를 선택적으로 광해리(분해)하여 정화제(산화제)를 만들 수 있다. 이렇게 발생된 정화제의 경우 고도의 반응성을 갖고 있기 때문에 실내 공기 중 유해한 화학물질과 독성을 가진 오염 물질을 만나 서로 반응하게 되어 무독한 상태로 만든 후 사라지게 된다.

자외선에 의한 플라즈마 발생은 또한, 저온 산소 플라즈마(COP)와 광촉매(TiO₂계열)가 서로 결합되면 광화학적 산화가 요구하는 산화제가 발생하게 되고 이것들이 상호작용하게 되어 더욱 효율이 좋아지는 살균·정화 시스템이다.

또한 ICT를 이용한 통합 제어 시스템을 개발하였다. 사용자가 실시간으로 모니터링 가능하고 플라즈마 발생부, 모터부 등의 기계적인 부품의 제어와 외부/내부 온도 센서를 통한 제어, CO₂센서, 암모니아 센서, 공기 질 센서, 환경 센서 류 등에 따른 제어, 시간에 따른 폐열 환기 시스템의 제어 등이 가능하게 되어 편의성과 효율성이 증대될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임. [S2646095]

References

[1] E. Kim and J. Kim, "ICT Fusion Type Plasma Access Control System for Disease Prevention and Sterilization and Disinfection," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, Dec. 2018, pp. 1417-1424.

[2] Y. Jang, G. Song, H. Kim, and Y. You, "An Investigation on the Odor Characteristics of Livestock Facilities," *J. of environmental impact assessment*, vol. 13, no. 1, Feb. 2004, pp. 33-40.

[3] S. Lee, D. Jang, S. Gwon, M. Yoon, and S. Choi, "Biofiltration System for Control of Livestock Odor," *J. of livestock housing and environment*, vol. 9, no. 2, 2003, pp. 93-102.

[4] G. Lim, "CALPUFF Modeling of Odor/suspended Particulate in the Vicinity of Poultry Farms" *Korean chemical engineering research* vol. 57, no.1, Feb. 2019, pp. 90-104.

[5] E. Kim, "Development of a Plasma Heater to Increase Cultivation Environment and Storability of Green house and Non-Storage Pool," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14 no. 4, Aug. 2019, pp. 761-768.

[6] H. Kim, J. Kim, C. Park, and G. Park, "Numerical Analysis of Wasted Heat Recovery Ventilator for Improving the Heat Exchange Efficiency," *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, vol. 17, no. 1, Feb, 2012, pp. 54-61.

[7] I. Kang, T. An, and J. Park, "A Performance Evaluation of Plate Type Enthalpy Exchanger through CFD Analysis of Elements," *Korean J. of air-conditioning and refrigeration*, vol. 29, no. 1, Jan. 2017, pp. 1-6.

[8] S. Jung, S. Park, H. Park, W. So, D. Park, and C.

Sim, "A Study on a Elevator Emergency Call Device System and Performance Evaluation based on ICT for Efficient Handling in Emergency Situation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 4, Apr. 2015, pp. 1 - 13.

[9] Y. Oh and E. Kim, "Development of ICT based Automated Detection & Propagation System for Accidents in Agricultural Machinery," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, Dec. 2018, pp. 1365-1372.

[10] N. Yoo, "Development of Smart Farm System for Minimizing Carbon Emissions," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, Dec. 2016, pp. 1231-1236.

저자 소개

김응곤 (Eung-Kon Kim)



1980년 2월 : 조선대학교 공학사
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI