

축산용 송풍기 부하에 대한 VCTFK, VFF, HIV 및 CV 전선의 열적특성 분석

김두현 · 유상옥 · 김성철*

충북대학교 안전공학과

(2014. 3. 11. 접수 / 2014. 6. 7. 수정 / 2014. 8. 8. 채택)

Analysis of Thermal Characteristic for VCTFK, VFF, HIV and CV Wiring by Electric Fan at Livestock Barn

Doo-Hyun Kim · Sang-Ok Yoo · Sung-Chul Kim*

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received March 11, 2014 / Revised June 7, 2014 / Accepted August 8, 2014)

Abstract : This paper is purposed to analyze the thermal characteristics of wiring according to the number of electric fans in operation for 10 fans over 10 year old and 10 fans less than 1 year old in livestock barn. In order to achieve the goal in the paper, it selected VCTFK, VFF, HIV, and CV wiring that were used most at 64 livestock barns in Cheongwon location through the research on the field investigation. Finally, it also analyzed the dangers by deducing the thermal characteristic data of 4 wiring. In addition, this paper suggested the mode of load current (the most frequently measured load current) of both over 10 years old and less than 1 year old electric fans. The data of this paper could be used for the maintenance and management of wiring and fire investigation of livestock barn as well as for materials of safe designs of wiring of electric fans.

Key Words : wiring, electric fan, livestock barn, electrical fire, thermal characteristics, mode of load current

1. 서론

2009년 소방방재청에 의하면 총 47,318건의 화재가 발생하여 평균 약 532만원의 재산피해가 발생했지만 축사화재는 619건에 2,829만원으로 일반화재의 5배 이상으로 나타났다¹⁾. 이런 문제로 인하여 일반 화재 경보 장치를 60~100만원에 농가에 설치되고 있으나 환경적 요인이 고려되지 않아 축산농가의 불만이 높은 게 현실이다²⁾. 또한 축사와 관련한 전기설비 규정과 법규가 있으나 이는 일반용 전기설비기술기준에 준하여 전기 공사를 실시하고 있다. 최근에는 축사 규모에 따라 공장형 전기설비시설을 도입하고 설치하고 있으나 이 또한 경제적 부담이 증가하여 영세한 축산 농가는 이를 기피하고 있다. 많은 문제점을 안고 있는 축사의 현실에서 실제 축사에서 발생하는 전기설비상의 문제점으로 전기배선은 가장 취약하다^{3,4)}. 이전에 조명부하나 콘센트용의 전기배선을 사용 후에 철골에 그대로 방치

하게 되고, 부하중설 및 이동용 부하에 방치되었던 전기배선을 그대로 사용하고 있었다³⁾. 이로 인하여 부하 용량이 큰 전기설비에 허용전류가 낮은 전기배선을 사용으로 전선의 열화 또는 화재로 이어지는 경우가 굉장히 많다. 전기배선과 연결된 축산용 전기설비가 있는데 이들 설비 중에서, 송풍기, 자동급수통, 조명, 할로겐보온등 등의 설비가 군(群)을 이루고 있다. 이들 설비에 대한 이전에 다른 용도로 사용된 배선등과의 전류 및 열적 특성을 분석할 필요가 있다. 열적 특성 분석을 통해 다른 용도의 전기배선을 사용으로 발생할 수 있는 전기화재의 위험성을 축산관계자에게 인식시켜줘야 한다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 실제 축사에서 전기설비와 환경적 조사가 이루어져야 하는데, 현재 축사의 경우 구제역 및 브루셀라 등의 기타 질병에 의해서 그 출입이 제한되어 있어 축사 전기설비에 관한 연구가 매우 미흡한 수준이다⁶⁻⁸⁾.

따라서 본 연구에서는 실제 축사(우사 : 牛舍) 현장

* Corresponding Author : Sung-Chul Kim, Tel : +82-43-267-2463, E-mail : ksc3650@naver.com

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, 52, Naesudong-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

1개소를 실험장소로 선정하였고, 부하용량이 큰 송풍기를 대상으로 현장실험을 실시하였다. 실태조사시에 송풍기는 축사의 설립년도와 함께 설치되어 있으며 대부분이 10년 이상된 축사로 송풍기의 사용내력에 따른 전류값이 다르므로 이를 바탕으로 10년 이상된 송풍기와 1년 미만의 송풍기를 선정하였다. 또한 이전에 다른 용도로 사용된 배선을 요약하기 위하여 청원지역 64개소의 실태조사를 통하여 가장 많이 사용하고 있는 4가지 전선을 선택하였다. 10년 이상된 송풍기와 1년 미만의 송풍기에 대하여 작동 대수에 따른 전선의 열적 특성을 분석하고 임의 배선의 사용으로 발생할 수 있는 그 위험성을 제시하였다.

2. 축사 송풍기 및 전기배선 실태조사

축사 규모는 국토해양부(현 국토교통부)에 의거하여 5 (W)×10 (H) m로 이를 1칸으로 분류하고 있으며⁹⁾, 1라인이 11칸, 총 2라인으로 22칸을 하나의 우사로 규정하고 있다. 보통 1칸에는 송풍량을 고려하여 송풍기 2대를 설치하는 것을 권고하고 있다⁹⁾. 그러나 현실적으로는 이를 준수하지 않고 2대 이상을 사용하는 경우가 많았다. Fig. 1은 국토교통부의 한우사 평면도를 표준 모델을 나타내었다.

축사 송풍기는 사용연한에 따라 최빈(最頻)부하전류가 달라진다. 송풍기의 안전대책을 세우기 위해서는 사용연한에 따른 최빈부하전류의 데이터를 필요로 한다. 축사 송풍기의 최빈부하전류와 설치된 전기배선을 조사하기 위하여 64개소의 현장실태조사를 실시하였다. 실태조사에서 송풍기는 사용전압 220 V에 정격용량 220 W(정격전류 1.21 A)로 한 회로에 10개의 환풍기가 연결이 되어 최빈부하전류는 약 12.1±0.3 A이다. 이는 사용내력이 1년미만의 경우이고 사용 내력이 10년 이상의 경우의 최빈부하전류는 약 17±0.5 A로 나타났다.

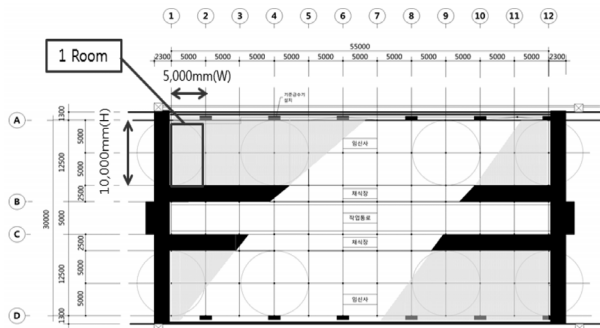


Fig. 1. Stable standard model by Ministry of land, infrastructure and transport.



Fig. 2. Electric fan group at livestock barn.

송풍기는 축사의 주요 부하로써 설치연수는 축사의 설립년도와 같은 경우가 대부분이고 설치 이후에 교체하는 경우는 거의 없는 걸로 나타났다. Figure 2는 실제 축사에 설치된 10대의 송풍기 부하군을 나타내었다.

전기배선의 경우는 임의적 또는 고정형 전기배선으로 다른 용도의 전기배선이 철골에 부착되어 있었고, 조명이나, 할로겐 보온등의 임의적 사용에서 용도에 적합하지 않은 전기배선을 사용하고 있었다. 그 중에서 가장 많이 사용되는 전기배선은 VCTFK(0.75 mm²), VFF(0.75 mm²), HIV(1.6 mm²) 및 CV(2.0 mm²) 전기배선으로 조사되었다. CV 2.0 mm²과 HIV 1.6 mm²의 경우는 현재 생산되지 않는 전선으로 CV는 2.5 mm²와 HIV는 1.5 mm²로 현재 생산되고 있다. 특히 VCTFK와 VFF 전기배선의 위험성을 인식하지 못하고 고정형 부하가 아닌 이동형 부하에 그대로 사용하고 있었다.

3. 실험 방법

3.1 실험방법

2002년에 설립된 “변영농가”를 실험장소로 선정하였다. 실태조사시에 송풍기의 사용연수가 대부분 10년 이상이었다. 본 실험에서는 10년된 변영농가의 송풍기와 1년 미만인 송풍기를 각각 설치하여 실험을 실시하였다. 송풍기의 경우 축사의 크기 1칸에 2개를 설치함에 따라, 보통 1개의 차단기에 10개가 설치하게 된다. 실험에서도 10대의 송풍기를 설치하였다. 송풍기 부하 사용 대수에 대하여 선택된 4개의 전선을 각각 부착하여 부하에 대한 전선의 절연체의 포화온도를 측정하였다. 또한 사용대수에 따른 전압 및 전류 값을 측정하여 최빈부하전류를 도출하였다.

3.2 실험장치

송풍기는 Fig. 3(a)는 M 전기 220 W(小)로 10년 이상된 것과 1년 미만된 것을 각각 10대를 현장에 설치

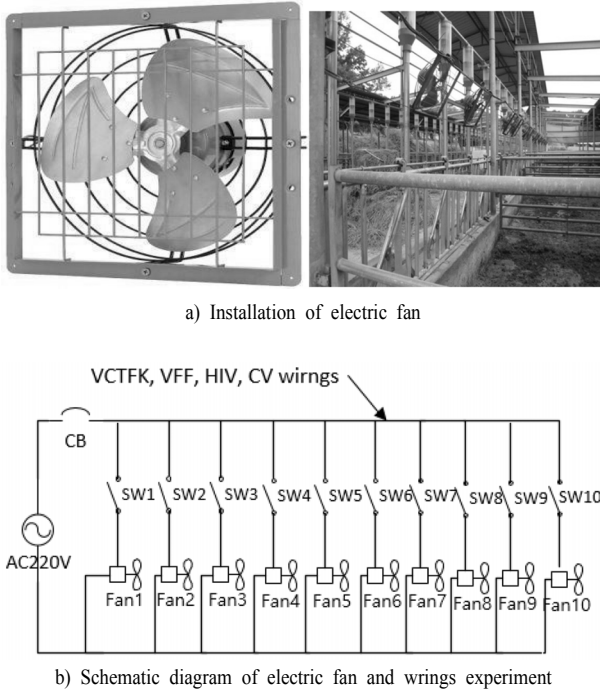


Fig. 3. Experiment setups for electric fan and wirings.

하였다. Fig. 3(b)는 실험장치로 사용된 전선은 실태조사에 선정된 4개의 전선으로 VCTFK(0.75 mm), VFF(0.75 mm), HIV(1.6 mm) 및 CV(2.0mm)으로 정하였다. 송풍기 측정대수를 입력하기 위하여 각각에 스위치를 설치하였다. 최빈부하전류를 구하기 위하여 T사의 A622 AC/DC 전류프로브로 하였고, 전류 프로브에서 들어오는 신호를 수집하는 장치는 같은 회사의 NI-9215를 이용하였다. NI-9215는 4채널로 구성되어 있으며 4채널에 입력되는 신호를 동시에 분석하여 이를 PC로 전달한다. 전압 및 전류에 대한 모니터링 소프트웨어는 LabVIEW의 SignalExpress를 이용하였다. 온도의 경우는 FLIR 4시리즈로 -40~1000℃까지 온도 분석이 가능하며, 동영상과 실시간저장이 가능한 열화상카메라를 이용하였다. Figure 3은 송풍기의 실제 현장에 설치한 것과 실험 회로도를 나타내었다.

4. 실험결과 및 분석

Fig. 4는 VCTFK 전선(AC 300 V이하 옥내소형전기 기구(전기, 전자, 음향기기 등)에 사용되는 코드선)으로 허용전류는 7 A, 피복의 허용온도는 60℃이다. 10년 이상된 송풍기의 경우, 7대를 작동시켰을 때 허용온도인 60℃를 초과하였고, 1년 미만인 경우에 10대를 작동시켰을 때 허용온도를 초과하였다. 작동대수가 10대에서 10년 된 송풍기는 102℃, 1년 미만은 67℃로 35℃의

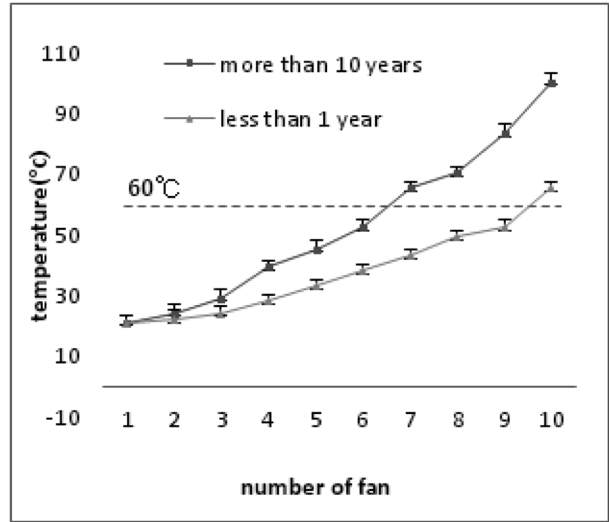


Fig. 4. Thermal characteristics of VCTFK wiring for operation number of electric fan.

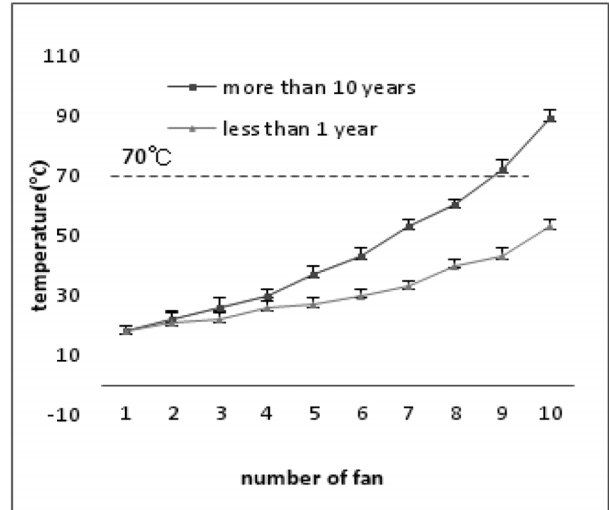


Fig. 5. Thermal characteristics of VFF wiring for operation number of electric fan.

차를 보였다. 실태조사 시에 2개소에서 본 전선을 사용하고 있었고, 전선의 상태가 이미 딱딱하게 굳어 있었으며, 전선 피복에서 75℃ 이상의 열이 발생한 개소도 발견되었다.

Fig. 5는 VFF 전선에 대한 열적 특성을 나타내었다. 전선의 허용전류는 7A, 허용온도는 70℃이며, 10년 된 송풍기의 경우, 8대를 작동시켰을 때 허용온도를 초과하였으며, 1년 미만의 경우는 허용온도를 초과하지 않았다. 작동대수가 10대에서 10년 이상된 송풍기는 95℃, 1년 미만은 52℃로 43℃의 차를 보였다. 실태조사 시에 축사 1개소에서 본 전선이 사용되었다.

Fig. 6은 HIV 전선에 대한 송풍기 작동개수에 따른

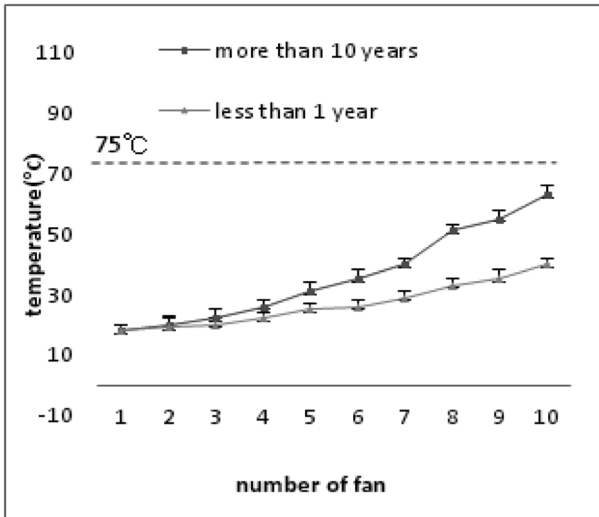


Fig. 6. Thermal characteristics of HIV wiring for operation number of electric fan.

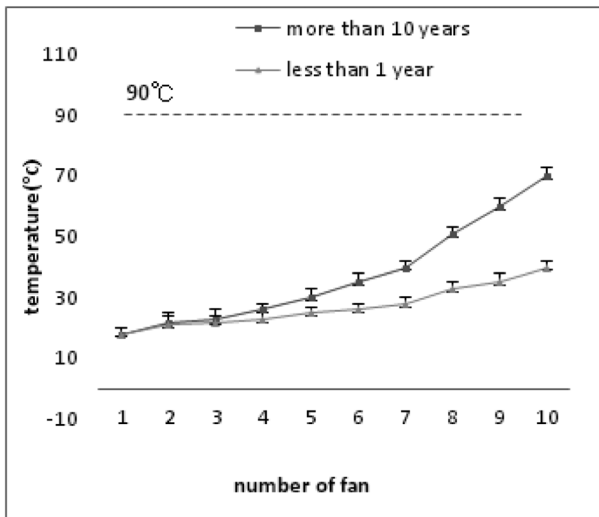


Fig. 7. Thermal characteristics of CV wiring for operation number of electric fan.

온도특성을 나타내었다. HIV 전선의 허용전류는 23A, 허용온도 75°C로 송풍기 부하에서 가장 많이 사용하고 있었으며, 10년 이상된 송풍기의 경우, 10대를 작동시켰을 때 69°C, 1년 미만의 경우는, 10대에서는 45°C로 허용온도는 초과하지 않았고. 온도의 차가 24°C로 10년 이상된 송풍기에서 높게 나타났다. 송풍기의 특성인 장시간 사용을 고려했을 때는 HIV전선에 대해서는 전선의 굵기, 사용내력이 중요한 변수로 고려되어야 한다. 실태조사 시에 58개소에서 사용하고 있었다.

Fig. 7은 CV 전선(허용온도 90°C)은 10년 된 송풍기와 1년 미만의 송풍기의 경우, 5대를 작동시켰을 때에는 서로 유사한 온도를 보였으나 작동대수 6대부터 10

Table 1. Allowable current and temperature of electric wire

Electric Wire	Allowable current [A]	Allowable temp. [°C]
VCTFK10 (0.75 mm)	7	60
VFF11 (0.75 mm)	7	70
HIV10 (1.6 mm)	23	75
CV10 (2.0 mm)	31	90

년 된 송풍기의 경우에서 급격한 온도상승을 보였다. 작동대수가 10대에서 10년 이상된 송풍기는 70°C, 1년 미만은 42°C로 28°C의 차를 보였다. 송풍기의 사용내력과 사용시간이 많을수록 최빈부하전류가 증가되어 전선의 온도가 높게 나타났으며 이는 절연열화가 더욱 빨리 진행되고 있음을 확인하였다. Table 1은 4개의 전선에 대한 허용전류와 허용온도를 나타내었다.

5. 측사 송풍기 및 전기배선 유지 및 관리

5.1 송풍기 유지 및 관리

송풍기는 쉽게 이동시킬 수 없도록 견고하게 하고, 송풍량을 고려하여 1칸에 2개를 설치하며 그 예는 다음과 같다.

- 환기량 = 설치할 곳의 용적(m³) × 한 시간에 필요한 환기 회수 5,000 = 250 m³(50 m² × 5 m) × 20(먼지가 많은 곳) = 5,000

- 송풍기 대수 = 환기량 / 설치할 송풍기의 풍량(m³/h) 2대(1.24대) = 5,000 / 4,020

- 최소 2년에 한번 정도는 완전히 분리시켜 청소를 하며 송풍기베어링의 그리스 윤활유를 급유한다.

5.2 전기배선 유지 및 관리

사용내력으로 인하여 10대 작동에 대한 최빈부하전류의 값이 10년 이상은 17 A, 1년 미만은 12.1 A의 값으로 10년 이상된 설비가 최대 5 A의 전류값이 증가되었고 이로 인하여 전기배선에 절연열화가 가속화되는 현상이 발견되었다. 따라서 사용연한의 고려하여 기존에 5칸마다의 1개의 차단기에서 3칸마다 1개의 1차단기가 설치되어야 한다.

VCTFK 전선과 VFF 전선은 송풍기부하에 절대 사용하지 않아야 하며, HIV와 CV 전선의 경우는 굵기를 고려하여 설치하여야 한다.

측사에 대한 전기설비 규정이 있으나 제대로 지켜지지 않고 임의대로 사용하는 안전 불감증으로 인한 화

재가 많이 발생하므로 축사관리자에 대한 년 1회 전기 안전교육이 필요하며 전선에 대한 육안검사를 수시로 해야 한다. 추가적으로 축사의 전선은 저압 옥내의 고정 배선용으로는 KS C IEC 60227-3의 01(450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선) 또는 02(450/750 V 일반용 유연성 단심 비닐절연전선)의 절연전선을 권장하고 있다.

6. 결론

청원지역의 번영농가의 송풍기(10년 이상)와 1년미만의 송풍기를 선정하여 4개의 전선에서의 열적 특성을 분석하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동작대수 10대에 대한 10년 이상된 송풍기와 1년 미만의 송풍기에 대하여 VCTFK 전선의 경우 102℃(10년 이상)와 67℃(1년 미만)로 35℃의 차, VFF 전선의 경우는 95℃(10년 이상)와 52℃(1년 미만)로 43℃의 차, HIV 전선의 경우는 69℃(10년 이상)와 45℃(1년 미만)로 24℃의 차, CV 전선의 경우는 70℃(10년 이상)와 42℃(1년 미만)로 28℃의 차를 보였다.

2) VCTFK 전선과 VFF 전선은 송풍기부하에 절대 사용하지 않아야 하며, HIV와 CV 전선의 경우는 전선의 굵기를 고려하여 설치하여야 한다.

3) 사용내력으로 인하여 10대 작동에 대한 최빈부하 전류의 값이 10년 이상은 17±0.5 A, 1년 미만은 12.1±0.3 A의 값으로 10년 이상된 설비가 최대 5 A의 전류값이 증가 되었고 이로 인하여 전기배선에 절연열화가 가속화 되는 현상이 발견되었다. 따라서 사용연한을 고려하여 기존에 5칸마다의 1개의 차단기에서 3칸마다 1개의 1차 단기가 설치되어야 한다.

감사의 글: This paper was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program, (Project No.: 2012020730) funded by the Ministry of Knowledge Economy(MKE, Korea).

References

- 1) National Fire Data System, “<http://www.nfds.go.kr/>”, 2014
- 2) Yonhap News, “General Fire Alarm Systems Installed in Housing Caused the Problem”, 2009.
- 3) S. J. KIM, “Conformity Assessment of Wires and Panel Board by Electrical Loads in Livestock Barn”, Chungbuk National University, Master's Thesis, pp. 1-3, 2011.
- 4) Korea Electrical Safety Corporation, “Barn Fire Hazard Electrical Equipment Survey Report”, pp.1-3, 2005.
- 5) Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs & NongHyup, “Standard Housing Design 2008”, pp.3-4, 2008.
- 6) National Institute of Animal Science, “Livestock Alert”, <http://www.nias.go.kr>, 2010.
- 7) D. H. KIM, S. C. KIM, S. O. YOO, S. R. KIM and Y. B. KIM “A Study on Leakage Current Detecting System for Automatic Waterer using Livestock Barn”, pp. 34-40, Journal of Korea Society of Safety, Vol.26, No.4, 2011.
- 8) Rural Development Administration, “Barn Fire Prevention Glucose Summer”, <http://www.rda.go.kr>, 2010.
- 9) Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs & NongHyup, “Standard Housing Design 2008”, pp. 3-4, 2008.
- 10) KESCO, “Hand Book for Electrical Safety Management”, pp.103-109, 2006.
- 11) 300/300V PVC Insulated Non-sheathed Cords, 60227 KS IEC 42, 2013.