

무 구속 · 구속 실험에 의한 환풍기 온도 특성

(The Characteristic of Temperature in Ventilating Fans by Festrain or Nonrestraint)

김성삼*

(Sung-Sam Kim)

Abstract

In this paper, we analyzed the operating characteristics of a ventilating fan due to overload and overheating. The experiment assumed the forcible restraint of the blade due to external objects and the aging process. We analyzed the experimental temperature and operating characteristics of the three places in the interior of the ventilating fan. As a result of the analysis, the temperature distribution was highest to lowest in the following order: the thermal fuse, the motor inside, and the above winding. There was smell of burning enamel in the restraint experiment. Following the thermal fuse operation, the insulation of motor winding was good. In the case of rated voltage and new ventilating fan restrained for about 4hours, and the results of restraint experiments in the presence or absence of the thermal fuse, no risk of deformation or fire due to overheating was identified. Henceforward, ignition hazard experiments will be required for additional factors of aging, pollution, and defective insulation.

Key Words : Ventilating fans, Electrical Fire, Thermal Fuse, IR Image

1. 서 론

최근 화재 발생현황을 보면 산업시설을 비롯한 교육 시설 및 기타 건축물, 시설물 등을 지칭하는 비 주거용 건물에서 전기적 요인 발화 건수가 수위를 점유하고 있다. 특히 발화요인 별 화재발생현황 분석결과에 따르면 전기적인 요인이 약 30% 이상으로 가장 높은 발생률을 나타내었다. 하절기 경우 무더운 날씨로 전력

사용량 증가에 따른 전기적 요인 중 계절용기기(106건)에 의한 화재건수를 분석한바 선풍기 50.0%(53건)로 가장 높은 발생률을 보였고, 다음으로 에어컨 23.6%(25건), 환풍기·송풍기·공조기 10.4%(11건), 가정용 보일러 6.6%(7건), 전기장판·담요·방석 류 2.83%(3건) 순으로 나타났다[1-3]. 기기 구분 중 환풍기 화재 발생건수는 몇 건 되지 않지만 화재가 발생하면 재산피해는 물론 치명적인 인명피해까지 발생할 수 있어 이에 대한 철저한 원인분석 및 예방대책을 강구하지 않으면 안 된다. 일반적으로 환풍기에 의한 화재는 전동기 내부 코일의 층간 절연파괴에 의한 화재 발생이 가장 높다. 절연파괴는 제품의 절연불량에 의

* Main author : Professor, Dept. of Electrical Engineering, Kyungnam University
Tel : 055-249-2094, Fax : 0505-999-2161
E-mail : dandissam@kyungnam.ac.kr
Received : 2015. 10. 21.
Accepted : 2015. 11. 26.

해서도 발생할 수 있지만 장시간 사용으로 열적, 전기적, 환경적, 기계적 요인 등에 의하여 절연물이 열분해, 산화, 뒤뜰립 등의 물리화학적 반응을 일으켜 특성이 저하되어 전동기 내부 코일의 절연이 서서히 파괴되어 층간 단락이 진행되면서 화재로 진행된다[4-5].

국내 환풍기 관련 주요 연구는 전동기 및 Fan 설계 방법과 환풍기의 기능, 성능평가 중심의 기구 설계적인 측면이 강하다[6-12]. 특히 전동기의 시험 중 구속 시험은 전동기의 특성 계산 또는 원선도 작성에 필요한 시험으로, 회전자를 구속해서 회전하지 않게 하고 1차 단자에 저전압을 가하여 1차 전류가 거의 정격 전류와 같은 값이 되도록 한다. 이 경우 1차 측의 전압, 전류 및 전력을 측정하여 임피던스를 구하는 시험방법이다[13]. 본 연구에서는 전기화재의 다양한 요인 중 과부하, 과열에 의한 환풍기 동작 특성을 분석하기 위해 노후, 외부 이물질에 의한 환풍기 날개의 강제 구속을 상정한 온도 특성을 실험적인 방법으로 분석하였다.

2. 본 론

2.1 환풍기의 구조

환풍기 및 선풍기의 원리는 전동기의 회전과 날개의 방향 및 각도에 의해 선풍기와 환풍기로 구분된다.

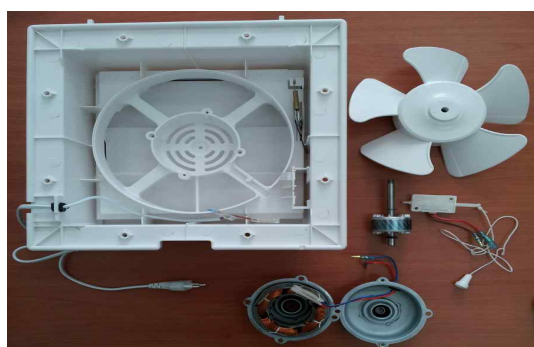


Fig. 1. Structure of fans

일반적으로 환풍기의 주요 구조는 그림 1과 같이 전동기, 날개, 셔터, 커버 및 프레임 등으로 구성되어 있

다. 전동기는 제조사에 따라 기동용 콘덴서가 적용되고 있으며, 베어링은 장시간 주유의 필요가 적은 볼 베어링 및 합유금속베어링 등을 사용하고 있다. 날개는 플라스틱이 많이 사용되며 소리가 적고 효율이 좋은 익형 등을 채용하고 있다[14].

2.2 실험 방법

선풍기를 비롯한 환풍기들은 특수한 것을 제외하면 대부분 영구콘덴서 기동 단상유도전동기를 사용하고 있다. 따라서 이와 같은 종류의 환풍기가 발화할 수 있는 여러 원인 중 주요 원인은 전동기에 의한 발화이다[15]. 전동기에는 주권선군이 운전권선상 및 보조권선군인 기동권선상이 있고, 그러한 권선군에서 직접적인 발화원인이 되는 요소로는 단락이 있으며, 이 권선들간의 단락을 보통 층간단락이라고 통칭하고 있다.

환풍기 날개의 구속, 무 구속 조건에 의한 온도 및 동작특성 실험 시 온도 측정은 열전대(Cromel-Alumel, K-type)를 환풍기 내부 3개소에 고정하였다.

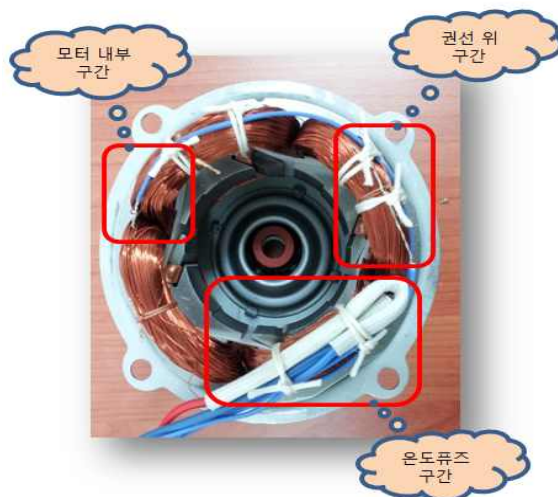


Fig. 2. Fans motor condition for experiment

고정 구간은 권선 위 구간, 권선과 권선 사이의 모터 내부 구간, 그리고 온도퓨즈 설치 지점에 병렬로 열전대를 고정 후 데이터 수집 장치(Data Acquisition, Agilent 34970A)를 사용하여 측정하였다. 실험은 상온

18℃, 습도 40%조건에서 수행하였으며, 사용된 환풍기 모델은 그림 2와 같이 EKS-200SAP(H사), 220V/60Hz, 배기전용, 절연종류 E종, 정격 37W의 제품으로 과열을 감지하여 회로를 차단하는 온도퓨즈의 정격은 150℃ 2A였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 무 구속 실험

표 1은 환풍기 회전날개의 무 구속 실험 조건에서 가동 전, 후 온도 측정 결과를 비교한 것으로 가동 전 초기 온도 조건은 세 개소 모두 약 16℃이었다. 2시간 여 가동 후 측정 결과 수치적인 온도 상승 값은 권선 위, 모터 내부, 온도퓨즈 순 으로 높게 나타났으며, 온도차는 온도퓨즈-권선 위 구간이 약 14℃로 가장 높게 측정 되었다.

Table 1. Result of temperature in nonrestraint experiment

구분	온도퓨즈 온도(℃)	모터 내부 온도(℃)	권선 위 온도(℃)
초기온도 (가동 전)	16.71	16.90	16.89
최고온도 (2h 가동 후)	68.28	72.42	82.01

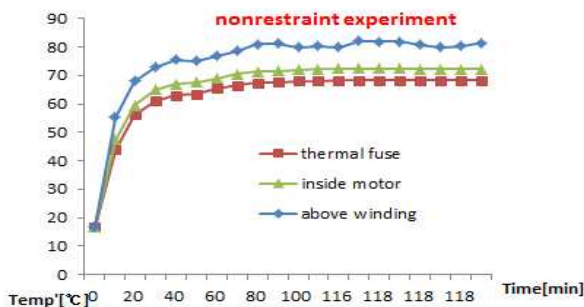


Fig. 3. Result graph of nonrestraint experiment

권선 위 부분의 높은 온도 검출은 넓은 권선 표면적의 발열에 의한 것으로 추정되며, 온도퓨즈 부분의 낮은

온도는 절연전선과 권선 소선 간 접촉이 내열성과 절연성이 우수한 실리콘글라스튜브 내 이루어지기 때문인 것으로 판단된다. 결과 그래프는 그림 3과 같으며, 환풍기 가동 약 15분 이내 온도퓨즈 온도는 50℃까지 급격히 상승하였고, 약 27분경 60℃까지 도달하였다.

3.2 온도퓨즈 내장 구속 실험

표 2의 3개소 구속 실험의 초기온도는 무 구속 실험 정지 약 30분후 온도 조건이다. 구속 실험결과 최고온도는 권선 위 온도 157.21℃로서 온도퓨즈가 용단된 141.47℃를 기준으로 나타냈으며, 온도차는 온도퓨즈-권선 위 구간이 약 16℃로 가장 높게 측정되었다.

Table 2. Result of temperature in restraint experiment

구분	온도퓨즈 온도(℃)	모터 내부 온도(℃)	권선 위 온도(℃)
초기온도	63.92	68.20	77.25
최고온도	141.47	149.10	157.21

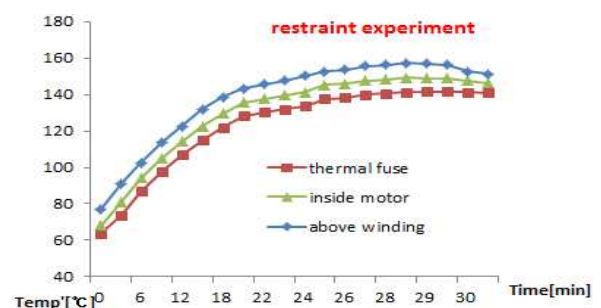


Fig. 4. Result graph of restraint experiment

결과 그래프는 그림 4와 같으며, 구속 실험 중 E종 절연종류의 최고허용 온도인 120℃를 초과함으로서 에나멜 타는 냄새가 발생하였지만, 온도퓨즈가 동작 후 점점 결과 모터 권선의 절연은 이상이 없었다.

3.3 온도퓨즈 제거 구속 실험

표 3은 온도퓨즈를 제거 후 구속 실험 측정 결과를

나타낸 것으로, 구간별 최고 온도는 권선 위 구간으로 약 197℃이었으며, 적외선 열화상카메라 검출온도는 그림 5와 같이 환풍기 뒷면 101℃, 전면 79℃로 검출되었다. 온도차는 온도퓨즈-권선 위 구간이 24℃로 가장 높게 측정되었으며, 온도퓨즈-모터 내부 13℃, 모터 내부-권선 위 구간 12℃로 각각 집계되었다.

Table 3. Result of temperature in restraint experiment

구분	온도퓨즈 온도(℃)	모터 내부 온도(℃)	권선 위 온도(℃)
최고온도	173.58	186.68	197.43

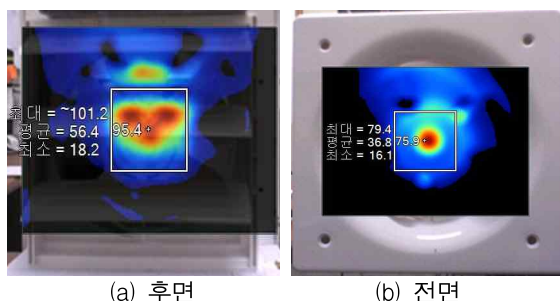


Fig. 5. IR image of fans

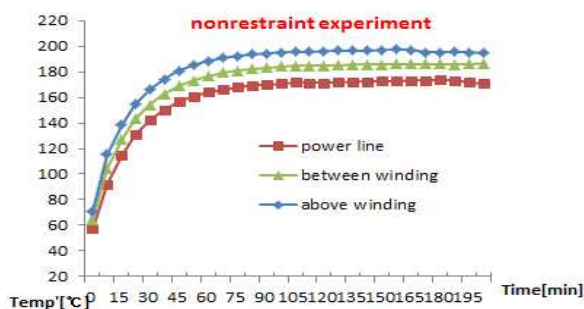


Fig. 6. Result graph of restraint experiment (without thermal fuse)

결과 그래프는 그림 6과 같으며, 구속 실험 약 50분 후 온도퓨즈는 160℃까지 급격히 상승하였고, 이후 점차 안정된 결과 나타내었다.

정격전압(220V)에서 약 4시간 구속 실험 결과 온도퓨즈 구속 실험처럼 에나멜 타는 냄새가 발생하였지만, 정지 후 점검 결과 모터 권선의 절연은 이상이 없

었다. 따라서 정격전압 및 환풍기 신품 조건에서 온도퓨즈 유무 구분 없이 날개 단속 구속에 의한 실험 결과 과열에 의한 변형이나 발화 위험의 징조는 발견하지 못하였다. 온도퓨즈 제거 조건에서 구속 기동전류는 0.288A이었으며 약 4시간 동안의 전류감소율은 약 22%로 그림 7과 같이 구속 50분 이내에 20%까지 급격히 감소하였으며, 점차 안정된 전류 값을 나타내었다.

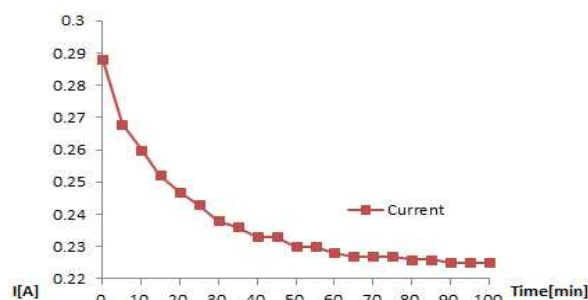


Fig. 7. Reduction ratio of restraint current

4. 결 론

본 연구에서는 과부하, 과열에 의한 환풍기 동작 특성을 분석하기 위해 노후, 외부 이물질에 의한 환풍기 날개의 강제 구속을 상정한 온도 특성을 실험적인 방법으로 분석한 결과 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) 환풍기 내부 3개소에서 온도 분포는 권선 위, 모터 내부, 온도퓨즈 순으로 높은 값을 나타내었다.
- 2) 구속 실험 중 E종 절연종류의 최고허용 온도인 120℃를 초과함으로써 에나멜 타는 냄새가 발생하였지만, 온도퓨즈가 동작 후 점검 결과 모터 권선의 절연은 이상이 없었다.
- 3) 정격전압(220V) 및 환풍기 신품 조건에서 약 4시간 구속 하였을 때 온도퓨즈 유·무 구분 없이 날개 구속에 의한 실험 결과, 과열에 의한 변형이나 발화 위험의 징조는 발견하지 못하였다. 또한 정지 후 점검 결과 모터 권선의 절연도 양호하였다.

향후 노후, 오염 및 절연불량 등 추가적인 요인을 고려한 환풍기 발화 위험의 실험이 필요하다고 사료된다.

References

- [1] http://www.nema.go.kr/nema_cms_iba/show_nema/board/board1/view.jsp?cNo=393720&c_relation=25&check_the_code=1&check_the_num=135&check_up_num=110&pageNo=1
- [2] Sung-sam Kim, "The Survey of Fire Hazard of Fan in Manufacturing Industries", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 27, No. 10, pp. 21-29, 2013.
- [3] http://www.nema.go.kr/nema_cms_iba/show_nema/board/board1s/view.jsp?cNo=337241&c_relation=18&check_the_code=2&check_the_num=116&check_up_num=113&pageNo=1
- [4] Robert A. Yereance, Todd Kerkhoff, "Electrical Fire Analysis", Charles C. Thomas, pp. 191-193, 266-271, 2010.
- [5] Durham, Marcus O. et. al., "Electrical Failure Analysis", Dream point Publishers, pp. 47-48, 2011.
- [6] Sun-Ho Choi, Geon-Tae Lee, "An Experimental Study on the Kitchen Ventilation System Effectiveness by Character of Static Pressure Loss of Each System Component in Apartment Building", AIK, Vol. 28, No. 3, pp. 269-276, 2012.
- [7] J. Park, "Design of multipurpose ventilator for a vehicle using air-multiplier", KSPE Spring Annual Conference, pp. 1131-1132, 2010.
- [8] Hyun-Rok Cha, et. al., "Inverter Motor Drive System Development for High Static Pressure Ventilation Fan", KIEE Summer Annual Conference, pp. 1193-1194, 2008.
- [9] Jun-Won Song, et. al., "Study on Selection of Optimal Bathroom Ventilating fans Based on Measurements of Performance Appraisal and Flow Resistance in Exhaust Duct", SAREK Summer Annual Conference, pp. 672-680, 2002.
- [10] Seung-Bin Lim, et. al., "Design of High efficiency 2phase Brushless DC Motor for Ventilation Fan", KIEE Autumn Annual Conference, pp. 17-19, 2009.
- [11] B. J. Rho, et. al., "Fundamental Design and Test of Seam Blade in Ventilation Fan", KSME Autumn Annual Conference, pp. 1-5, 2006.
- [12] Pil-Dong Song, Jin-Sik Ham, "A Study on the Ventilation Performance Estimation of Marketing Ventilation Fan Used in the Apartment House Kitchen", KHousing Annual Conference, pp. 315-320, 2002.
- [13] J. H. Shin, et. al., "Electric Machines", Jinsaem Media, pp. 437-450, 2012.
- [14] Chung-Seog Choi, et. al., "Electrical Fire Engineering", DongHwa Publishing, pp. 165-166, 329-330, 2000.
- [15] H. S. Joe, et. al., "Study on the Mechanism, Properties & State of the Ignitable, and Fire Investigation Technique to Electric & Ventilating Fans", KIF Annual Conference, pp. 109-125, 2008.

◆ 저자소개 ◆



김성삼(金聖三)

1973년 5월 3일생. 2001년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 졸업(석사). 2007년 동 대학원 졸업(박사). 현재 경남대학교 전기공학과 조교수.
Tel : (055)249-2094
E-mail : dandissam@kyungnam.ac.kr