

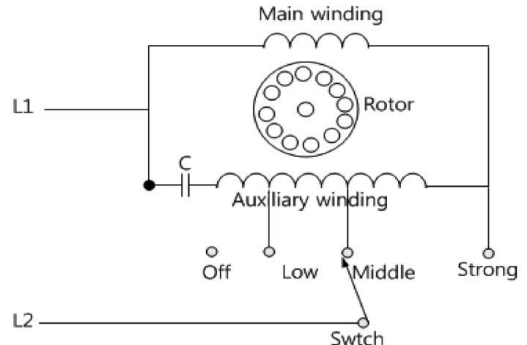
선풍기의 운전 상황별 온도 특성과 전류 신호 분석

박진영, 방선배, 김동욱, 이기연, 김재현, 박광욱
한국전기안전공사

Analysis of Current Signal and Thermal Characteristics of Electric Fan Operated in Various Situations

Jin-Young Park, Sun-Bae Bang, Dong-Ook Kim, Ki-Yeon Lee, Jae-Hyun Kim, Kwang-Muk Park
Korea Safety Research Institute

Abstract - 본 논문은 선풍기 모터의 회전을 정상, Jam상태(정격속도의 20%이내), 구속상태로 구분하여 주권선에서의 온도특성 및 전류를 분석하여 전기화재 위험성을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다. 온도의 경우 정상상태 61°C, Jam상태 113°C, 구속상태 133°C로 측정되었다. 선풍기의 경우 대부분의 전기배선이 모터의 고정자 철심에 부착되어 있으며 전선의 허용온도가 60°C인 점을 감안했을 때 절연열화가 가속될 수 있다. 전류의 경우 정상상태와 구속상태의 차이가 35mA로 가장 높게 나타났다.



〈그림 1〉 보조권선을 이용한 선풍기 회로도

1. 서 론

선풍기는 여름철에 더위를 식히기 위하여 사용하는 냉방기기로 주거 시설과 산업현장에서 많이 사용하고 있다. 많은 곳에서 사용하는 만큼 화재 발생빈도도 높은 편이다. 2014년 소방방재청 화재현황 통계자료에 의하면, 계절용 기기 중 전기적 요인으로 발생한 화재가 총 699건이었으며, 그 중 전기장판/담요/방석류가 114건, 환풍기/송풍기/공조기가 90건, 선풍기가 89건으로 나타났다. 선풍기 화재는 2012년 92건, 2013년 93건으로 매년 90건 전후의 건수를 차지하고 있으며, 계절용 기기의 전기화재 점유율의 3위를 차지하고 있다. 이처럼 선풍기의 전기화재 점유율이 높은 이유는 여름철에 선풍기의 장시간 사용으로 인한 과열과 전동기의 노후로 인한 층간단락, 콘덴서의 절연연화 등의 전기적·기계적인 원인과 사용자에 의한 부주의가 원인이었다. 본 연구는 선풍기의 전기적인 화재원인을 분석하고자 선풍기 모터가 과열될 수 있는 여러 조건을 구현하고 각 상황별 온도특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 선풍기의 구조 및 원리

선풍기는 크게 전동부와 기능조작부로 나눌 수 있으며, 전동부는 회전 모터, 기동 커패시터, 풍향조절모터(좌/우로 회전)로 구성되며 기능조작부는 풍속 스위치, 풍향조절 스위치, 타이머로 구성된다. 선풍기에 사용하는 모터는 대부분 콘덴서 기동형 유도전동기로 콘덴서의 위상차를 이용하여 회전자계를 발생시켜 회전토크를 일으킨다. 회전토크는 모터의 주권선에 가해지는 전압의 크기에 따라 비례한다. 그러므로 주권선의 전압을 조절하면 모터의 토크가 변하여 선풍기의 회전속도를 조절할 수 있게 된다. 모터의 주권선에 가해지는 전압을 변화시키는 방법은 모터의 보조권선에 뱀을 낸 다음 접점을 바꾸어줌으로써 모터 주권선에 걸리는 전압을 바꿀 수 있다. 이는 주권선과 보조권선에 걸리는 전압이 적절히 나누어 걸리게 되어 주권선의 전압을 조절하는 방식으로 현재 쓰이는 대부분의 선풍기는 이 방식을 채택하고 있다.

〈표 1〉 선풍기의 구조

선풍기 구조	전동부	기능조작부

2.2 선풍기 화재 기계적·전기적 원인

선풍기 화재의 대부분은 회전력을 유지하는 모터에서 발생하는 기계적인 결함과 장시간 사용으로 인한 과열로 내부에 쌓인 먼지 또는 전선의 열화가 발생되어 생기는 경우가 많다. 모터의 구조는 기기자체의 기계적인 결함, 코일 꼬임으로 인한 접속 불량, 절연튜브 및 절연지의 삽입 불량, 콘덴서 접속에 따른 철심과의 혼촉 등이 있다. 이러한 원인으로 인하여 코일의 층간단락을 일으켜 화재를 발생시킨다. 또한 정상운전 상태임에도 노후로 인한 전선 열화로 화재를 일으키는 경우도 있다.

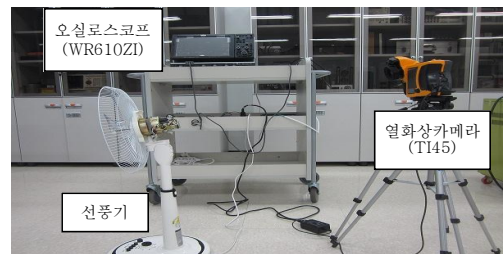
2.3 선풍기 과전류 재현 실험

2.3.1 실험방법

실험의 목적은 선풍기 모터가 과열될 수 있는 상황을 구현하고 각 상황별 온도 신호 특성과 전류의 변화를 확인하는 것으로 정상상태 운전과 Jam상태, 구속상태로 나누어 실험하였다. 온도 실험방법은 열화상카메라와 주권선과 0.5m의 이격 거리를 두고 3단 풍속에서 정상상태, Jam 상태, 고장상태 각각 10초 간격으로 20분간 측정하였다. 이 측정을 통해 각 상황에서 권선의 온도분포를 분석하였다. 전류실험 방법은 1단, 2단, 3단 풍속에서 정상상태, Jam상태, 구속상태 전류를 측정하여 전류값의 변화를 측정하였다.

2.3.2 실험장치

선풍기는 중국의 N사의 45W, 정격속도 1150RPM, 온도포인트 135°C의 선풍기를 이용하였고, 온도분석은 -20°C ~ 600°C까지 온도 분석이 가능하며 Auto Capture가 가능한 FLUKE사의 TI45를 이용하였다. 전류의 실효값을 측정하기 위하여 LeCroy CP150 Current Probe를 사용하였고, 이들 전류 프로브에서 들어오는 신호를 수집하는 장치는 같은 회사의 오실로스코프(WR610ZI)를 이용하였다. RPM 측정장비는 접촉 및 비접촉 측정이 가능한 TENMARS사의 TM-3011 타코미터를 이용하였다.

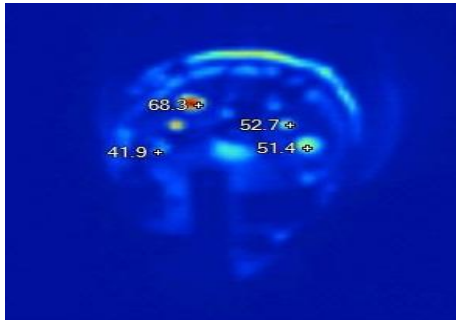


〈그림 2〉 실험장치 구성

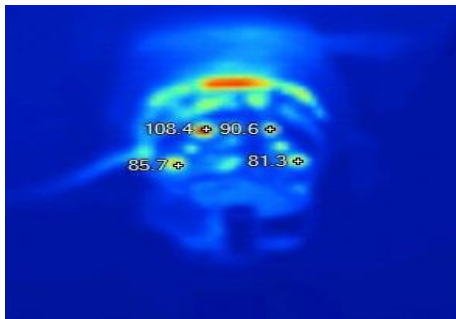
2.4 실험 결과 및 분석

2.4.1 온도특성

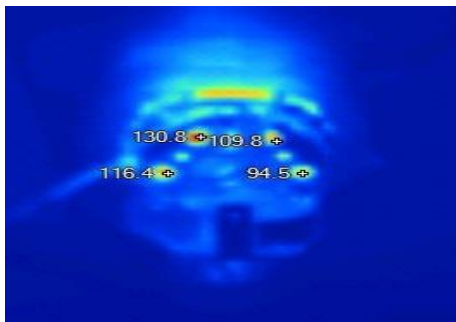
대부분의 선풍기는 주권선 끝단에 온도센서가 부착되어 있으며 권선의 온도가 130°C 이상일 때 퓨즈가 용단된다. 그림 3의 경우 3단 풍속에서 (a) 정상상태, (b) Jam상태, (c) 구속상태의 온도특성을 열화상카메라로 나타내었다. 온도가 가장 높은 곳은 주권선 부위였으며, 주권선의 온도 분포가 위치에 따라 다르게 나왔다. 가장 높은 지점의 온도는 정상상태 68°C, Jam상태 108°C, 구속상태 136°C로 측정되었다. 100°C 도달 시간은 Jam상태에서 약 14분, 구속상태에서 약 10분으로 구속상태가 Jam상태보다 온도 상승률이 높았다.



(a) 정상상태의 권선 온도 분포

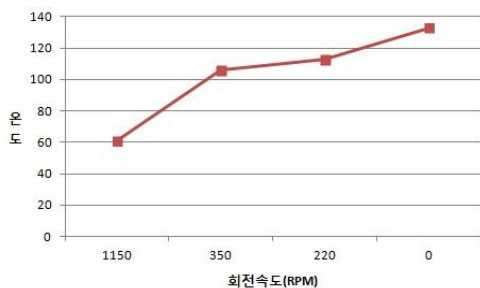


(b) Jam상태의 권선 온도 분포(RPM 220일 때)

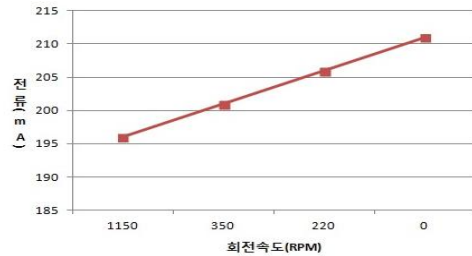


(c) 구속상태의 권선 온도 분포

<그림 3> 정상상태, Jam상태, 구속상태의 모터 온도특성



<그림 4> 풍속 3단에서 기계적으로 RPM을 제어할 때의 온도특성



<그림 5> 풍속 3단에서 기계적으로 RPM을 제어할 때의 전류특성

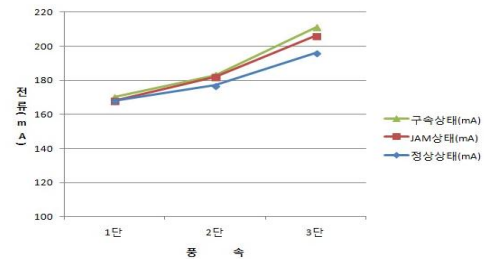
2.4.2 전류특성

표 2에서 보면 풍속이 빠를수록 전류가 증가하며, 부하가 커질수록 전류가 증가함을 알 수 있다. 풍속이 3단일 때 구속 상태에서 전류가 가장 높았으며 정상상태와의 전류차가 35mA로 가장 큰 차이를 보였다.

<표 2> 전류 측정값

단위 : mA

풍속	정상상태	Jam상태	구속상태
1단	168	168	170
2단	177	182	183
3단	196	206	211



<그림 6> 풍속에 대한 각 상태에서의 전류 신호 비교

3. 결 론

위 연구는 가전제품 중에서 여름철에 많이 사용되고 있는 선풍기에 대한 화재 위험성을 여러 실험을 통하여 분석하였다. 선풍기 모터의 회전을 정상, Jam상태, 고장상태로 구분하여 주권선에서의 온도와 전류특성을 분석하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 3단 풍속에서 온도의 경우 정상상태의 모터의 가장 높은 온도는 약 68°C이고, Jam상태(RPM 220일 때)는 108°C, 구속상태의 경우는 136°C이다. 100°C 도달시간은 Jam상태에서 약 14분, 구속상태에서 약 10분이다. 이처럼 Jam상태와 구속상태에서 온도가 빠르게 상승하는 이유는 선풍기 날개가 회전할 때 발생하는 기류가 형성되지 않아 모터에서 발생하는 열이 방출되지 않기 때문인 것으로 판단된다. 이 결과로 볼 때 Jam상태와 구속상태에서 온도가 가파르게 상승하며 지속적으로 이러한 상태가 유지된다면 주변의 먼지나 가연물에 착화되거나 전선 피복과 주권선 코일의 열화로 인해 화재의 위험성이 있을 것으로 판단된다. 실생활에서 이와같은 경우는 선풍기 모터 주위에 먼지가 많이 쌓이거나 옷이 모터에 끼어 모터 회전을 방해하는 경우가 해당될 것이며 이를 방지하기 위하여 주기적으로 선풍기를 청소하고, 깎 수 있는 물건을 선풍기 주변에 놓지 않도록 해야 할 것으로 판단된다.

2) 전류 신호에 대하여 구속상태에서의 전류값 211mA로 가장 높게 나왔으며 정상상태와 구속상태의 비교값이 가장 큰 차이를 보였다. 이를 볼 때 정상상태와 구속상태의 전류차를 검출하는 장치를 부착하여 제어할 수 있다면 화재를 예방하는데 도움이 될 것으로 보인다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김윤복, "3단 스피드 선풍기 모터의 정상 및 고정 운전에 대한 전압, 전류 및 온도 신호 분석", 한국화재소방학회명, 제28권 제3호, 87 ~ 91 페이지, 2014
- [2] 홍성호, "선풍기 화재 위험성에 관한 실험 연구", 한국화재보협협회, 방재기술 43호, 6~13 페이지, 2007
- [3] 김두현, "선풍기의 운전 상황별 발열특성 및 전류신호 검출", 한국안전학회지, 제29권 제3호, 20~27페이지, 2014