

# 배선에서의 반단선 및 접촉불량에 대한 열적 전조 DB구축

김두현<sup>†</sup> · 김성철 · 이종호\* · 강동규\*\*

충북대학교 안전공학과 · \*원광대학교 소방행정학부 · \*\*삼성전자

(2008. 9. 18. 접수 / 2009. 4. 10. 채택)

## Development of Thermal Precursor DB for Partial Disconnection and Poor Contact on Electrical Wire

Doo-Hyun Kim<sup>†</sup> · Sung-Chul Kim · Jong-Ho Lee\* · Dong-Kyu Kang\*\*

Department of safety Engineering, Chungbuk National University

\*Division of Fire Service Administration, Wonkwang University

\*\*Samsung Electronics

(Received September 18, 2008 / Accepted April 10, 2009)

**Abstract :** This paper aims at the precursor analysis and DB development of electrical fires based on thermal and current signals for partial disconnection and poor contact on electric wires through experiments and simulations. Also, DB system required for developing the precursor DB with these data was studied and designed. Firstly, in case of partial disconnection, characteristics were derived and analyzed by experiment and electrical-thermal finite element method(Flux 3D) on the model wires which consist of VCTF and IV electric wires. Based on the characteristics, About 351 partial disconnection precursor patterns were generated by the thermal analysis for electric wire according to deterioration time under normal state and 200% overload state of rated current. Secondly, in order to develop poor contact precursor patterns, temperature value and the current signal were considered. In simulating the poor contact situation on connector area of MCCB, connection torque was changed. Through the experimental analysis, about 251 poor contact precursor patterns were generated. Finally, Using thermal precursor patterns obtained by partial disconnection and poor contact, electrical fire thermal precursor DB was developed.

**Key Words :** partial disconnection, poor contact, precursor, thermal analysis, flux 3D

### 1. 서론

국내 화재통계에 의하면 전체 화재 중에서 전기 화재는 매년 30% 내외의 높은 점유율을 차지하고 있다<sup>1)</sup>. 전기화재에 대하여 많은 연구가 수행되었음에도 불구하고 전기화재를 예방하지 못하고 동종 화재 및 유사화재가 지속적으로 발생하는 이유는, 지금까지의 선행연구가 전기화재로 이어지는 전기적 결함 발생 후의 안전조치 수립 등에 대한 관점에서 수행되어왔고, 여기에 대한 우수한 연구결과 및 예방시스템은 많이 제시되어 있다<sup>2-6)</sup>. 그러나 전기화재 발생 이전의 데이터에 대한 연구는 다소 부족하고 그에 대한 데이터 축적이 없어 전기화재를 획기적으로 감소시키거나 예방하지 못하고 있는

실정이다. 전기화재 발생의 메커니즘을 살펴보면 근본원인(root cause) 즉, 접촉불량, 절연열화, 압착손상(반단선), 과부하, 정전기, 스파크에 의하여 점진적 또는 지속적으로 발생하다 장기화되어 근접 원인(Proximate cause)인 단락/합선, 누전, 과열 등으로 진전되어 전기화재가 발생된다<sup>7,8)</sup>. 여기서 아크, 스파크, 열이 간헐적으로 발생하다 사라지는 신호를 전조(前兆)라 정의하며 본 연구에서는 전기화재 전조신호를 근본원인 중 접촉불량과 반단선에 대한 부분만 언급하였다. 따라서 전조 신호의 도출을 통하여 전기화재를 체계적으로 예방할 수 있고 전기화재 원인 분석에 중요한 자료로 활용된다. 이런 전조신호를 도출하기 위해서는 전기설비에 대한 고장 데이터 축적 및 DB(Database)화가 절실히 필요함을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 전기화재 전조 신호를 데

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
dhk@chungbuk.ac.kr

이더화하기 위하여 전기화재 전조 실험 및 시물레이션으로 추출된 데이터들을 저장하는 전기화재 기준 전조 DB와 구축된 전기화재 기준 전조 DB와 현장의 전기설비에서 나타나는 전류, 온도신호 실시간 분석을 통하여 현장의 전기설비에서 발생하는 이상 전조신호를 저장할 수 있는 전기설비 전조신호 DB를 각각 구축한다. 구축된 전기화재 기준 전조 DB는 전기설비에서 발생하는 도체파손, 반단선, 접촉불량에 대하여 간헐적 아크에 대한 전압·전류파형, 주파수, FFT(Fast Fourier Transform), THD, DWT(Discrete Wavelet Transform), 파형의 적분값 변화 등을 모두 데이터화하여 저장가능한 구조로 하였으며, 본 연구에서는 이런 신호들 중 전압·전류의 파형 변화가 없고 국부적인 열적 패턴에 대한 부분만을 저장하였다. 열적 패턴을 도출하기 위하여 전기화재 중 가장 많이 노출되어 있는 전기배선과 배선용차단기 부하측 단자부를 그 대상으로 하였다. 배선의 도체파손 및 반단선의 경우 실험과 시물레이션을 비교분석하여 두 데이터 중 보수적인 값을 유도하였고, 접촉불량의 경우는 실험을 통하여 열적 전조신호 패턴들을 추출하였다. 추출된 패턴들은 전기화재 기준 전조 DB에 저장하였다. 축적된 전기화재 기준 전조 DB를 검증하기 위하여 모의실험장치를 구성하여 전기화재 기준 전조 DB를 검증하였다. 추후에는 간헐적 아크에 대한 전압·전류파형의 주파수, FFT, THD, DWT 변화의 패턴들을 도출하여 이를 저장할 계획이다.

## 2. 전기화재 전조 DB 구축

### 2.1. 전기화재 전조 DB 설계

전기화재 전조 DB는 크게 전기화재 기준 전조 DB와 전기설비 전조 DB로 구분된다. 전기화재 기준 전조 DB는 열적 데이터, 파형 패턴(전압, 전류), FFT(Fast Fourier Transform), THD, DWT 등의 패턴들을 저장할 수 있는 DB이며, 본 연구에서는 열적 데이터에 대한 부분만을 입력하였다. 또한 전기설비 전조 DB는 기준 전조 DB와 실시간으로 들어오는 열과 전류 신호에 대해 이미 저장된 전기화재 기준 전조 DB와 매칭을 통하여 이상 신호일 경우 이들 신호를 저장할 수 있는 전기설비 전조 DB를 설계하였다. 전기설비 전조 DB는 실시간으로 전기설비의 상태를 추정하기 위한 것이다. 우선 전기화재 전조 DB의 실시간 모니터링을 위해서 VB(Visual Basic)을 이용하였고, DB로는 VB과 인터페이스가

탁월한 Microsoft Access 2003을 선정하였다. 전조 데이터 추가 시에 알고리즘 변경과 데이터의 저장이 가능하고 증설이 용이하도록 설계하였다.

전기화재 전조 DB 설계의 순서는 전기화재 전조 패턴을 저장할 수 있도록 DB에 대한 자료 요구사항과 요구사항에 따른 전기화재 전조신호의 특징들에 적합한 개체집합과 그들의 개체들을 식별하는 전기화재 기준 전조 및 전기설비 전조 개체 집합 지정(electrical fire basic precursor and electrical equipment precursor entity sets designation), 전기화재 기준 전조 및 전기설비 전조 관계집합 지정(electrical fire basic precursor and electrical equipment precursor relationship sets designation) 그리고 전기화재 기준 전조 및 전기설비 전조 E-R 다이어그램(electrical fire basic precursor and electrical equipment precursor E\_R(Entity\_Relationship) diagram)을 거쳐 전기설비 기준 전조 DB와 전기설비 전조 DB를 설계 및 구축하였다. 전기설비에서 실시간으로 들어오는 전조신호에 대하여 구축된 전기화재 기준 전조 DB와 전기설비 전조 DB의 열적 데이터 전조패턴을 비교하기 위한 Fig. 1의 알고리즘을 개발하였다. Fig. 1은 실시간 신호에 대하여 분석가능한 알고리즘이며 실시간으로 입력되는 신호는 전류와 열에 대한 데이터이며 이 두 신호에 대하여 저장된 전기화재 기준 전조 DB와 실시간 매칭되어 정상신호의 경우에는 필터시키고 이상신호일 경우 이를 저장하는 구조로 설계하였다.

Fig. 2는 전기화재 기준 전조 DB에 실험 및 시물레이션으로 획득한 열적 데이터를 저장하기 위한

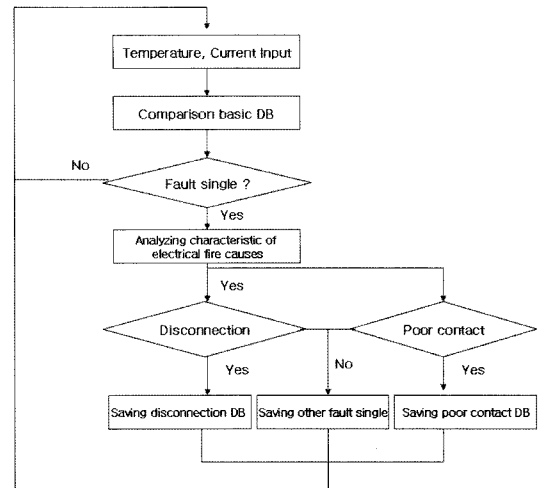


Fig. 1. Algorithm for electrical fire precursor.

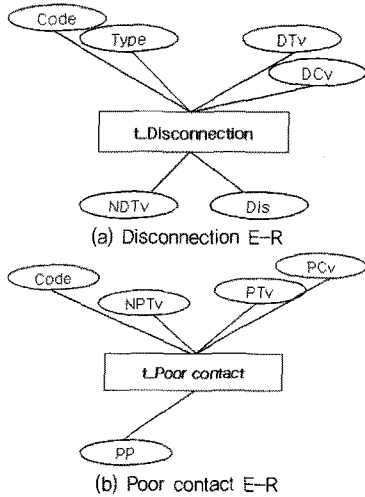


Fig. 2. E-R diagram of basic electrical fire precursor DB.

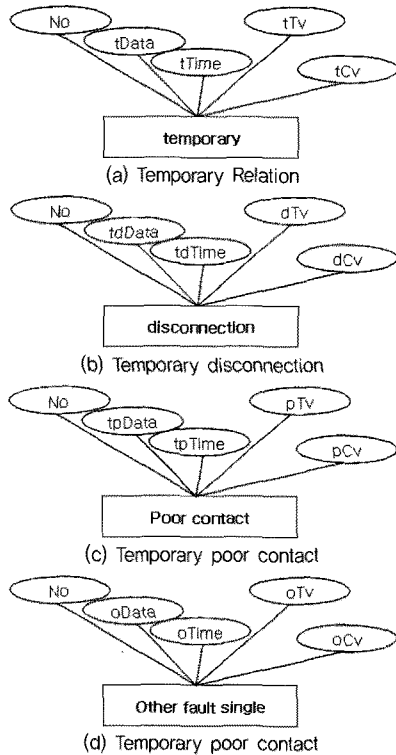


Fig. 3. E-R diagram of electrical fire precursor DB.

DB로 E-R 다이어그램으로 코드, 형태, 전류값, 열적 데이터 값 등의 개체로 구성되어 있고 반단선 테이블과 접촉불량 테이블로 구성하였다. Fig. 3은 전기설비 전조 DB로 전기화재 기준 전조 DB와의 실시간 분석을 통하여 이상 신호 발견시 임시저장 테이블, 반단선 테이블, 접촉불량 테이블, 다른 전

기화재 저장 테이블에 저장가능한 구조로 구성하였다.

## 2.2. 전기화재 기준 전조 DB 구축

본 연구의 전기화재 기준 전조 DB는 실험에서 도출된 반단선과 접촉불량의 패턴 데이터를 DB에 저장하는 것으로 Fig. 4에서 보여주고 있다. Fig. 4의 (a)는 전기화재 기준 전조 DB에 입력된 테이블들로 반단선의 경우 VCTF 전선과 IV 전선으로 구별되며 다른 규격전선들을 쉽게 추가할 수 있는 구조로 하였다. Fig. 4의 (b)는 VCTF B 지점의 전류, 열, 반단선상태를 저장하였고 Fig. 4의 (c)는 IV B지점의 데이터를 저장하였다. Fig. 4의 (d)는 접촉불량에 대한 엔티티로 토크값, 전류, 열적 데이터를 입력하였다.

(a) Basic DB

code	type	dcx	ndtv	dtv	dis
000001	vctf	10	36	0.1/3	
000002	vctf	11	38	0.1/3	
000003	vctf	12	40	0.1/3	
000004	vctf	13	42	0.1/3	
000005	vctf	14	45	0.1/3	
000006	vctf	15	48	0.1/3	

(b) VCTF wire data

code	typ	dcx	ndtv	dtv	dis
000001	IV	10	22	28.1/3	
000002	IV	11	23	30.1/3	
000003	IV	12	24.19	32.06/3	
000004	IV	13	25.38	34.23/3	
000005	IV	14	26.7	36.12/3	
000006	IV	15	28	38.1/3	

(c) IV wire data

code	pp	pcv	nptv	pTV
000001	0.5	5	55	27.5
000002	0.6	5	53.2	27.5
000003	0.7	5	49.8	27.5
000004	0.8	5	47	27.5
000005	0.9	5	45.5	27.5
000006	1.0	5	43	27.5

(d) poor contact data

Fig. 4. Access DB of electrical fire basic data.

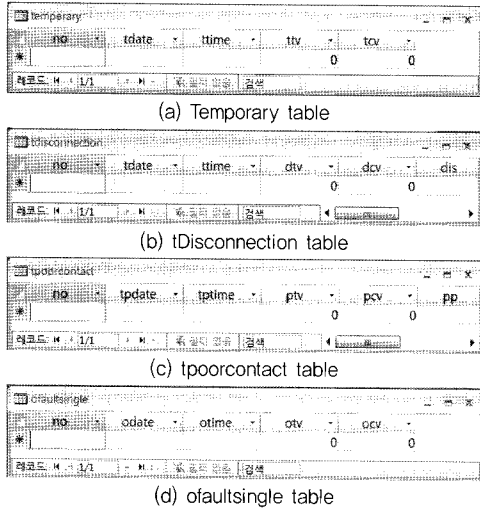


Fig. 5. Electrical equipment precursor DB.

### 2.3. 전기설비 전조 DB 구축

전기설비 전조 DB의 목적은 전기설비의 현재 상태를 진단하고 전기설비에서 발생할 수 있는 전기화재 발생 이전의 데이터를 확보함으로써 매일, 매주, 또는 매달, 특정시간 대별로 분석하여 전기설비의 고장 지점의 복구와 예방을 위한 DB이다. 따라서 이를 위하여 센서를 통해 실시간으로 입력되는 전류 및 열적 신호를 전기화재 기준 전조 DB (basic DB)와 비교 분석하여 이상 신호일 경우, 해당 원인 테이블에 저장되는 전기설비 전조 DB를 구축하였다. Fig. 5는 전기설비 전조 DB의 구성(열적 데이터)을 나타낸 것으로 (a)는 이상신호 발생시 데이터들의 임시저장용(temporary) 테이블, (b)와 (C)는 분석 후의 반단선과 접촉불량을 저장하는 테이블, (d)는 반단선과 접촉불량 이외의 신호를 저장하는 테이블로 총 4개의 테이블로 구분하여 구축하였다.

## 3. 열적 전조 실험 및 분석

### 3.1. 열적 전조 분석 실험

열적 전조 분석 실험은 반단선(도체손상) 실험과 접촉불량 실험으로 크게 구분한다. 반단선 실험은 전기 배선 도체의 물리적 손상에 의한 열적 분석이며 접촉불량은 접속부의 토크값에 대한 열적 변화 데이터를 도출하는데 있다. 반단선의 경우 실생활에서 가장 많이 사용되고 있는 VCTF<sup>9)</sup> 전선(2×1.25 mm<sup>2</sup>)과 도체파손의 경우는 IV<sup>10)</sup> 전선(1×1.6mm)을 실험대상으로 선정하였다. 반단선 실험장치는 Fig. 6

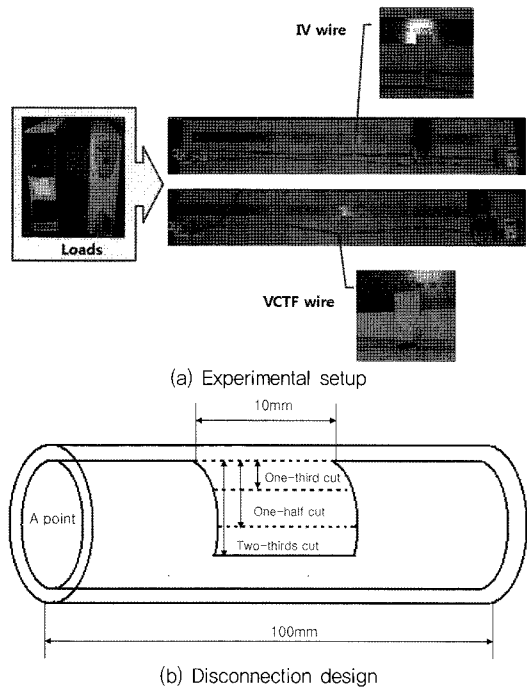


Fig. 6. Experimental setup of disconnector.

의 (a)에 제시하였으며 부하는 저항 성분으로 두 개의 전열기를 이용했다. 그 중 한 개는 독일의 DHK사의 3kW(모델명 : 전기라디에터)와 독일의 GE LAND사의(모델명 : 전기라디에터)이다. 분석 장치로는 전류값을 측정하기 위해 일본의 HIOKI사(모델명 : Clamp on tester)의 클램프메타를 이용하였고, 일본의 FLUKE사의 열화상 측정기를 이용하여 전선피복(PVC)의 온도를 측정하였다. 전선의 길이는 Fig. 6의 (b)와 같이 100mm로 하였으며 반단선의 길이는 10mm로 설계하였다. 반단선 방법은 VCTF의 경우 정상적인 전선을 1/3, 1/2, 2/3으로 구분하였고, IV 전선의 경우 정상 및 1/2 정도 손상시킨 후 분리된 피복을 다시 덮어 피복점을 측정하였다. 전계 및 열계 해석용 FLUX 3D를 이용하였고 차단기 정격전류이하의 경우는 시뮬레이션과 실험을 병행하여 데이터의 신뢰성을 확보하였다. 차단기의 정격용량 이상에서 각각 전선의 허용전류 200%까지는 시뮬레이션 데이터를 이용하였다. 주위온도는 20℃로 설정하였으며, 기타 전선의 물리적 특성들은 한국산업규격(KS)<sup>9,10,12)</sup>의 데이터를 바탕으로 입력하였다. 접촉불량의 경우 전기재해 보조장치인 차단기 밀단(부하접속부) 접속부 부분의 열적 변화를 통하여 배선용차단기의 2차측 단자부의 접속·접촉불량에 의한 열적 상승으로 기인된 전기화재발생 가능성을 알아보기 위한

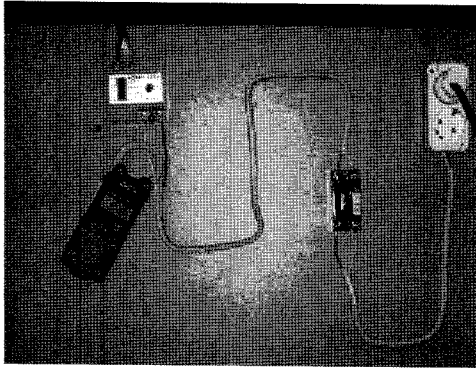


Fig. 7. Experiment setup of poor contact.

실험이다. 실험용 차단기는 일반 가정에서 현재 가장 많이 사용하고 있는 LG사의 배선용 차단기(2P, 30A)를 이용하였다.

접촉불량 지점은 Fig. 7의 MCCB의 부하측 단자에서 측정하였고, 사용된 전선은 옥내 배선용 IV 전선(1.6mm)을 이용하였다. 또한 배선차단부 부하측 나사의 접촉 토크는 일본의 토크 드라이버 게이지(20DPSK, KANON)를 사용하여 0kgf·cm부터 조금씩 증가시켰고 또한 접속부에서 발생하는 열적 상승 값을 측정하여 토크 값 변화에 따른 차단기 단자 접속부의 열적 변화를 실제 실험을 통하여 분석하였다<sup>11)</sup>.

### 3.2. 반단선 열적 분석

VCTF 전선에서 전류값에 따른 정상상태와 반단선상태의 열적특성을 분석하여 DB에 저장할 데이터들을 추출하였다.

특히 허용전류에서의 정상상태와 반단선상태의 온도차, VCTF은 주생산년도가 2006년 이전이므로 이전 규정인 대한전기협회 내선규정1435-2절<sup>12)</sup>에 의거 허용온도는 60°C이며 해당되는 정상상태와 반단선 상태의 전류값, 과부하 상태의 전선의 온도를 중점적으로 분석하였다. Fig. 8은 VCTF 전선과 IV 전선의 분석지점인 B지점을 나타내었다. Fig. 9는 10, 12, 14, 16, 18, 19의 각각 전류값은 실험과 시뮬레이션으로 비교분석하였고, 비교 분석결과 실험과 시뮬레이션 데이터가 비슷한 값을 보였으며, 이 이상의 전류값의 경우는 단지 시뮬레이션데이터를 토대로 작성하였다. 반단선의 경우 전류가 약 20A 부근에서 열이 100°C 이상이 됨으로써 전선피복재가 열화 및 용융이 가속화되며, 전기화재의 발생 가능성이 있는 것으로 나타났다. 또한 정상상태와 반단선상태의 열적특성을 분석한 결과, 20A에서 반

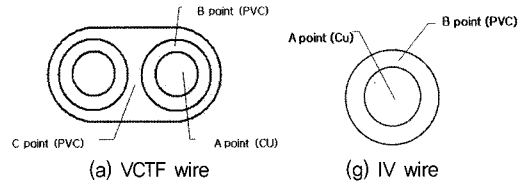


Fig. 8. Analyzing points of VCTF and IV electric wire.

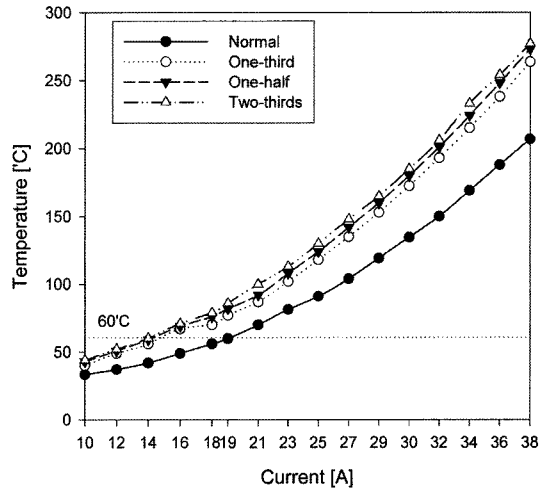


Fig. 9. Thermal analysis for normal and partial disconnection state according to current value of VCTF electric wire (point B).

단선의 경우 98°C로 나타났고 정상상태의 전선에서는 62°C로 36°C의 높은 온도차를 보였다. 또한 정상상태의 전선에서는 18.9A에서 허용온도를 초과하였고 1/3 반단선의 경우 이미 100°C를 초과하였다. 특히 정상상태와 반단선상태의 전 구간에 대한 온도차를 분석하면 최소 30°C에서 최대 50°C의 온도차를 보였다.

IV 전선은 VCTF 전선과 마찬가지로 허용 전류에서의 정상상태와 1/2 도체손상 상태의 열적 변화, 대한 전기협회<sup>12)</sup>의 애자 사용배선에 의하여 절연물의 최고 허용온도 60°C에 해당 되는 정상상태와 도체손상 상태의 전류값, 과부하상태의 전선의 온도를 중점적으로 분석하였다. Fig. 10은 B지점을 분석한 그래프로 정상상태의 경우 27A에서 53°C로 허용온도 미만의 값을 보였고, 도체손상의 경우 23A에서 허용온도를 초과함을 보였다. 허용전류인 27A의 정상상태는 허용온도 미만이나 도체손상의 경우 75°C로 허용온도 15°C를 초과하는 열적 특성이 나타났다. 이는 시간이 증가함에 따라 전선피복재가 서서히 열화될 것으로 기대된다. 또한 정상상태에서는 29.5A(허용전류 115%)에서 허용 온도를 초과하

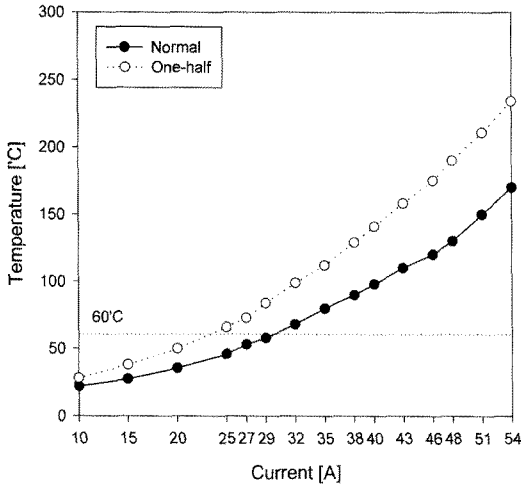


Fig. 10. Thermal analysis for normal and partial disconnection state according to current value of IV electric wire (point B).

였다. 54A(허용전류 200%)에서는 정상상태에서는 171°C를 초과하였고 1/2 도체손상의 경우는 이미 235°C를 초과하였다. 특히 정상상태와 도체손상 상태의 전 구간에 대한 온도차를 분석하면 최소 20°C에서 최대 60°C의 온도 차를 보였음을 알 수 있다.

### 3.3. 접촉불량 열적 분석

Fig. 11은 배선용 차단기 2차측의 한상(좌측)을 토크압력 0N·m으로 하여 각각의 전류에 대한 열적 특성을 분석하였다. 전류 10A를 흘릴 때 1분후에는 59°C로 높은 온도를 보였고, 열화시간 4분에 차단기 구조부의 허용온도인 90°C를 초과하여 지속적으로 상승하다가 7분 이후부터 포화되어 144°C를 나타내었다. 15A에서는 1분후에 72°C를 나타냈고 5분까지 지속적으로 상승하다가 140°C에 포화되

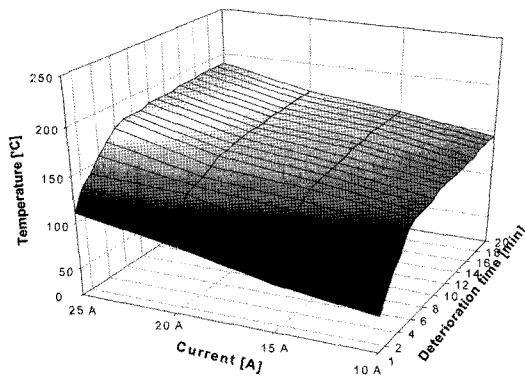


Fig. 11. Temperature by deteriorating time and current.

었고 20분 후에는 152°C를 나타냈다. 특히 주목할 부분은 부하전류 25A의 경우 189°C 이상의 높은 온도임에도 불구하고 차단기가 트립되지 않은 상태로 지속적으로 유지되었다. 만약에 주위의 먼지, 가스 등과 같은 가연물이 있다면 바로 화재로 이어지는 위험한 상태임을 알 수 있었다.

전기화재 주요 원인인 반단선, 도체손상, 접촉불량에 대한 각각의 원인별 열적 특성분석을 통하여 열과 전류신호에 대한 전기설비의 국부 개소에 대한 열적 전조 패턴을 도출하였다. 반단선 및 도체손상의 경우, 사용부하는 같은데 갑자기 부하 전류에 맞지 않게 온도가 상승하고 이런 현상이 천천히 지속적으로 상승하다가 어느 한계 시간에 이르면 포화상태로 되어 더 이상 온도는 증가하지 않는 것이 특징이었다. 접촉불량의 경우는 1~5분 사이에 급속한 온도상승을 보였고 5분 이후에는 포화되는 현상을 보였다. 두 전선 모두 허용전류 이내의 온도 변화와 허용전류의 200%까지의 전류에 대한 온도변화를 분석하여 반단선, 도체파손과 전류, 온도특성에 대한 상관성 패턴을 유도하였다. VCTF의 경우 전선의 분석지점 A, B, C 지점에서의 전류값(RMS) 10~38A와 반단선 1/3, 1/2, 2/3 상태의 열적 조합에 대한 정상상태와 반단선상태의 패턴 261개, IV 전선의 경우 분석 지점 A, B 지점과 전류값 10~54A와 도체불량 1/2상태의 국부적 열적 조합에 대한 열적 패턴 90개와 총 351개의 열적 패턴과 접촉불량의 경우 접속부의 토크값 0~2kgf·cm, 5~25A까지의 토크값대 전류값에 대한 조합 열적 패턴 데이터들을 도출하였다.

### 4. 전기화재 전조 DB 모의 실험

전기화재 전조 알고리즘(열적 데이터)의 단계는 실시간으로 열과 전류의 신호가 계속적으로 입력되고 입력된 열과 전류신호는 전기화재 기준 전조 DB에 저장된 패턴 신호를 거쳐서 이상 신호의 경우 각 원인별 특성 분석을 통하여 해당 원인별로 개발된 전기화재 전조 DB에 저장되는 단계로 구성하였다. Fig. 12는 모의 실험용으로 하드웨어와 모니터링 프로그램은 RS-232 통신으로 연결되어 있고, 모니터링 프로그램에 전기화재 기준 전조 DB와 전기설비 전조 DB를 입력하였다. Fig. 13은 VB으로 구축된 모니터링 프로그램을 나타내었다. 구축된 DB와 모니터링을 통하여 모의 실험한 결과, 이상 신호 발생시 저장된 전기화재 기준 전조 DB와 비

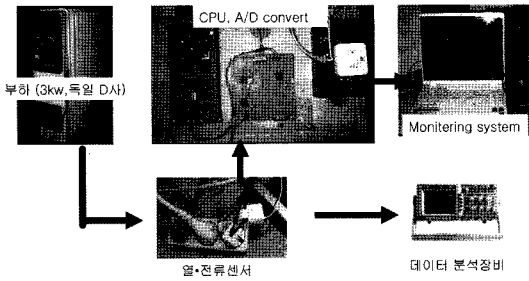


Fig. 12. DB testing experiments.

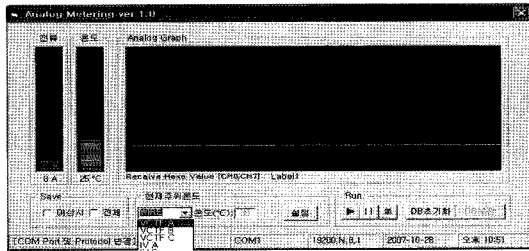


Fig. 13. Display for electrical fire precursor system.

id	tdate	time	dttv	dctv
23445	2007-09-07	15:11:45	50	10
23446	2007-09-07	15:11:45	51	10
23447	2007-09-07	15:11:46	51	10
23448	2007-09-07	15:11:46	52	10
23449	2007-09-07	15:11:46	52	10
23450	2007-09-07	15:11:46	52	10
23451	2007-09-07	15:11:46	52	10
23452	2007-09-07	15:11:46	53	10
23453	2007-09-07	15:11:46	53	10
23454	2007-09-07	15:11:46	53	10
23455	2007-09-07	15:11:47	54	10
23456	2007-09-07	15:11:47	54	10

Fig. 14. Result data of the electrical fire precursor DB.

교분석하여 전기설비 전조 DB의 반단선 DB에 이상 신호값이 저장되었다. Fig. 14는 모의 실험에서 일시적인 열과 전류를 가하여 전기화재 기준 전조 DB와 패턴 분석을 거쳐서 전기설비 전조 DB의 반단선 테이블에 저장된 데이터들을 나타내고 있다.

### 5. 결론

본 논문은 전기화재 전조 패턴들을 저장가능한 전기화재 기준 전조 DB 구축과 전기화재 기준 전조 DB와 매칭을 통하여 전기설비의 이상상태를 저장할 수 있는 전기설비 전조 DB를 각각 구축하였다. 전기화재 기준 전조 DB 입력 데이터는 반단선 및 접촉불량에서 발생할 수 있는 많은 특징들 중에서 열적 데이터만을 DB에 저장하였고, 실제 모의 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 반단선, 도체불량, 접촉불량의 특징으로 도출된 열적 전조신호 패턴을 저장 가능한 전기화재 기준 전조 DB를 개발하였고, 여기에 VCTF 전선과 IV 전선에서의 열과 전류값을 고려하여 총 351개의 반단선 열적 전조패턴과 접촉불량에서는 총 256개의 접촉불량 열적 전조패턴을 기록했다.

2) 실시간으로 입력되는 전류 및 온도 신호를 전기화재 기준 전조 DB(basic DB)와 비교 분석하여 이상 신호일 경우, 해당 원인 테이블에 저장되는 전기설비 전조 DB를 구축하였다. 구축된 전기설비 전조 DB를 바탕으로 전기화재 발생 이전의 데이터를 확보함으로써 매일, 매주, 또는 매달, 특정시간 대별로 분석하여 전기설비의 고장 지점의 복구와 예방을 통하여 원천적인 안전을 확보할 것으로 판단된다.

**감사의 글:** 이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

- 1) 소방방재청, "http://www.nema.go.kr" (전기 화재 통계), 2007.
- 2) 오홍석, "전기화재발생원인 및 분석에 관한 연구"(전선의 열해석을 통하여), 한국화재·소방학회, 제16권, 제 4호, pp. 72~76, 2002.
- 3) 한국전기안전공사 전기안전연구원, "배선용 및 기기용 전선의 화재위험성에 관한 연구", 2001.
- 4) 최충석, "전기화재의 종류 및 원인 분석", 대한 전기협회, 제 300호 pp. 27~36, 2001.
- 5) 송길목, 최충석, 김동우, 박희로, "구부림 피로에 의한 연선의 반단선 특성 해석", 한국화재·소방학회, pp. 464~467, 2003.
- 6) Michael R, Yenckek "Thermal Modeling of Portable Power Cables", IEEE, 1997.
- 7) 김성철, "열과 전류신호에 의한 전기화재 전조 분석 및 DB 개발", 충북대학교 박사학위논문, pp. 15~17, 2008.
- 8) 김성철, 김두현, "과부하 및 물리적 손상(반단선)에 의한 전선의 열적특성 해석", 한국산업안전학회, 제22권, 제4호, pp. 9. 2007.
- 9) 한국산업규격, "KSC 3304", 2006.
- 10) 한국산업규격, "KSC 3302", 2006.
- 11) 이형준, "차단기 및 단자대 접속부의 접촉 불량으로 인한 전기화재 위험성 분석", 충북대학교 석사학위논문, pp. 34~36, 2008.
- 12) 대한전기협회, 내선규정, 2006.