전기화재감식용 블랙박스 개발연구

The development of Black-Box for Identification Electrical Fire

이복영 / 방재설비부 선임연구원
권오승 / 방재설비부장
정창기 / 개발연구팀장
박상태 / 방재설비부 연구원

ABSTRACT

According to the use of electric power increases, the fire which ignited by electrical causes increases too.

In this thesis, these electrical fires which occurs in the country for the past ten years are analyzed and developed the technology to identify the electrical fires.

The focus of study is method to identify the electrical fires.

The causes of electrical fires, it is analyzed a short-circuit and a over current, which take the highest ratio compare with other causes.

The rationalization of identification, an electrical operating status is continuous monitored and the status can be accessed, black-box for identification electrical fires.

The results of the study are the causes of electrical fire are found out logically, and the developed black-box for identification electrical fires.

1. 서 론

전기Energy는 에너지를 신속 · 정확하게 공급하고, 사용시 공해가 발생하지 않는 환경친화적 에너지원으로 문명의 발전과 함께 사용량이 증가하는 추세로 화재예방적 측면에서는 화재발생요인이 증가하여 전기사용의 안전성이 확보되지 못하거나 결여되어 있으면 인명 및 재산손실을 야기 시키는 재해발생 요인이 되고 있다.

안전측면에서 전기사용은 위험을 보유 · 관리하여야 하는 Risk Management의 대상이 되고 있으며, 전력공급차단에 따른 재해 및 전기화재는 원인분석을 통한 안전관리차원의 기술을 향상시켜 근원적인 화재예방기술개발이 이루어져야 한다.

특히, 화재진압 후 발화장소의 붕괴, 소실 등으로 현장보존이 완전치 못한 경우가 대부분으로 전기화재의 원인규명은 고도의 전기기술과 전문지식을 요구하고 있어,

본 연구에서는 전기화재를 과학적, 합리적으로 감식할 수 있도록 전기요소의 감시 · Data 기억장치, 감지Sensor, 제어장치, 화재발생 시에도 손상되지 않는 내화성능을 갖는 Black-Box 본체 및 Software 등으로 구성된 전기화재 감식용 Black-Box를 개발하였다.

(1) 국내 화재통계

지난 10년간('90년~ '99년) 국내 화재통계자료를 조사한 결과, 전기화재는 지난 10년간 화재발생원인에 있어서 가장 높은 점유율을 보이고 있으며, 매년 년 평균 10.4 %씩 증가하여 '99년도에는 전기화재가 전체화재의 33.1 %를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

전기화재를 원인별로 분석하면 단락(합선)이 가장 많은 화재발생원인이 되고 있는 것으로 분 석되었다.

(2) 국외 화재통계

미국, 영국, 일본의 전기화재원인은 전기용 기계 · 기구

등과 같은 전기시설이나 기기 등 과 관련한 합선 · 단선 · 누전 · 과부하 · 접촉불량 · 제품결함 · 취급부주의 등으로 나타나 이들 국가들이 우리나라보다 전기로 인한 화재발생률이 훨씬 낮으며(영국 10 %내외/미국 10%내외 /일본 6%내외/한국 35 %내외) 주택 및 아파트 등 주거용 시설에서의 전기로 인한 화재발생율 이 다른 장소와 다른 원인에 의한 화재보다 높아 화재로 인한 사상자가 훨씬 더 많은 것은 각국이 거의 공통적인 것으로 나타났다.

2. 전기화재 원인

전기화재는 전기사용으로 인한 발열이 발화원이 되는 화재의 총칭으로 그 원인은 발화 개소(발화원)별, 현상(출화경과)별로 나누는 방법과 사용상황별로 나누어 화재원인조사 및 예방대책을 수립하는데 활용되고 있다.

(1) 발화원에 의한 전기화재

발화원에 의한 전기화재는 배선에 의한 전기화재가 대부분을 차지하고 있으며, 이것은 출화 경과에 의한 화재의 원인인 전선이나 전기기기의 절연체가 전기적 또는 기계적 요인에 의한 변질 또는 파괴로 합선되어 발생한 합선에 의한 전기화재원인 분석과 일치하는 것으로 합선에 의한 배선에서의 화재가 전기화재의 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 출화경과에 의한 전기화재

출화경과에 의한 전기화재는 전선이나 전기기기의 절연체가 전기적 또는 기계적 요인에 의한 변질 또는 파괴로 합선되어 발생한 전기화재가 대부분을 차지하고 있으며 과전류, 누전 등이 주요한 화재원인이 되는 것으로 나타났다.

3. 전기화재 감시SENSOR

전기화재의 주요원인으로 분석된 배선에서의 화재발생을 감시하기 위한 방법으로 계측 · 제어를 위한 제어장치의 설계방안에 따라 과전류, 누전전류, 설비의 온도상승을 감지하기 위하여 다음과 같은 전기요소 감시Sensor로 분석용 Data를 수집 · 분석하였다.

(1) 과전류 감지

① CT(Current Transformer)

전선에 흐르는 과전류를 감지하기 위하여 부하간선에 설치하여 절연물질의 열화에 의한 화재로의 진전을 예방하기 위한 부하전류 감지Sensor로 선정하였다.

② 서미스타(Thermistor)

과부하로 인한 전선의 절연물의 온도상승 및 변압기의 온도상승을 감지하기 위하여 서미스타를 부하간선이나 변압기 외함에 부착하여 허용온도(이상온도)이상의 온도를 감지하여 화재를 예방하기 위한 온도감지Sensor로 선정하였다.

(2) 누전감지

배선의 누설전류를 감지하기 위하여 누설전류 감지용 변류기인 ZCT(Zero-Phase- Sequence Current Transformer)를 부하회로에 설치하여 누전화재를 예방하기 위한 누전감지 Sensor로 선정하였다.

(3) 기 타

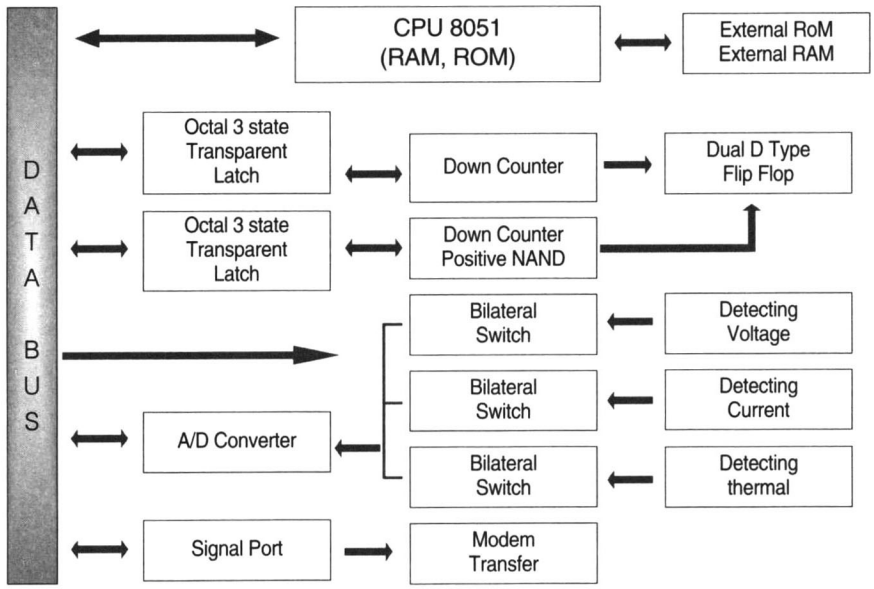
자동화재탐지설비의 수신반에서 발신하는 화재신호를 감지하기 위하여 DC 24 V 전압감지센서 및 부하선로에 흐르는 과전압을 감지하기 위하여 제어장치에 감압용 변압기를 설치하여 유지관리에 필요한 감지Sensor를 선정하였다.

4. 연구결과

(1) 시작품 제작

시작품은 Hard ware와 Soft ware로 구별하여 시작품을 제작, 성능검증을 실시하여 전기화재 감식용 Black-Box개발을 위한 완제품을 시작하였다.

구 분		종 류		용 도
Hard ware (H/W)	전기화재 감지 Sensor	계기용 변류기	CT	과전류 감지용
			ZCT	누설전류 감지용
		감압용 변압기		과전압 감지용
		Thermistor	0~100℃	100℃이하 측정용
			50~150℃	150℃이하 측정용
			150~300℃	300℃이하 측정용
		화재감지용 수신반		화재신호수신용
	초저소비 전력형 제어장치	입력 및 제어부		신호제어용
		출력부	경보기구(Bell)	신호경보음
			통신기구(Modem)	신호전송용
	Black-Box 본체	Memory기판		기억장치
		단 열 재		단열용
		외함(본체)		기억장치 보호용
Software(S/W)		운용 Software		자료제어 및 입력용
		분석용 Software		입력자료 분석용
완 제 품		Hardware 및 Software		



[그림 1] BLACK-BOX BLOCK DIAGRAM

① 전기화재 감지Sensor

㈎ 과전류 감지용 변류기 : CT (Current Transformer)전선의 과전류를 감지하기 위해 2차 전류가 5 A, 0.5급인 변류기를 사용하여 과전류를 감지하도록 시작품을 제작하였다.

㈏ 누설전류 감지용 변류기 : ZCT (Zero-Phase-Sequence Current Transformer) 전선의 누설전류를 감지하기 위해 경계전류 400 A 이하의 변류기를 사용하여 과전류를 감지하도록 시작품을 제작하였다.

㈐ Thermistor

전선 및 변압기의 온도를 감지하기 위한 Thermistor는 전선의 허용온도(240 ℃ 이하) 및 변압기의 허용온도(80 ℃ 이하)를 감지할 수 있도록 300 ℃ 이하의 실험체를 선정하여 온도상승을 감지하도록 시작품을 제작하였다.

② 제어장치

㈎ 입력 및 제어부

전기화재감지Sensor에서 입력되는 신호를 제어하여 Black-Box Memory기판에 Data를 저장하고, 필요시 신호를 출력부로 전송하기 위한 제어장치로서 CPU(AT89C51), 입력부(10ch: 과전류 감지용 : 3 ch(A), 누설전류 감지용 : 1 ch(mA), 과전압 감지용 : 3 ch(AC V), 온도 감지용 : 2 ch(℃), 화재신호 수신용 : 1 ch(DC V))로 초저소비전력형으로 시작품을 제작하였다.

㈏ 제어장치의 회로구성

본 연구에서 사용된 제어System은 전체 제어부 CPU, 입력 Parameter 검출부, A/D 전환부, 전원회로, Memory 입,출력 제어부, 표시부로 구성되며 초저소비전력형 제어 System을 구현하기 위하여 CMOS형 CUP 소자인 8051를 사용하였고, 60㎂이고 나머지 주변회로에서 사용되는 소자들도 모두 1㎃이하인 소자를 사용하여 전체 소비되는 전류가 35㎃ 정도로 극히 적은 전원으로 동작이 가능하여 정상시는 상용전원으로 제어부와 예비전원인 Battery에 병렬 연결되어야만 충전된 상태로 유지되어 운전하고 정전시는 예비전원으로 30분 이상 운전이 가능하도록 하였다.

㈐ 제어System Block Diagram

Black-Box 제어System은 감시Sensor로부터 검출된 이상정보 신호를 전압비교기를 거쳐 A/D Convertor를 통하여 Black-Box 내부 ROM에 Program 되어 있는 Algorithm에 의하여 Data를 Black-Box Memory에 저장하고 제어장치에 해당 정보를 전송하여 이상유무를 판단하도록 회로를 구성하였다.

Black-Box 제어System을 구성하기 위해 8 bit Microprocessor(CPU)를 사용하였으au 이 CPU가 정상동작을 수행하기 위해서 주변장치들을 그림 1과 같이 구성하여 하나의 Board로 설계하였으며 주요기능은 다음과 같다.

㉠ Microprocessor

System 전체를 Rom에 저장된 Program에 의하여 이상 발생신호가 입력Port로 들어오면 발생정보의 식별 및 Data 저장과 제어장치에 경보신호를 전송하는 기능을 수행한다.

㉡ BUS Driver

CPU에서 Address, Data Bus를 구동시키며 Latch로서 Address와 Data를 분리하는 기능을 수행한다.

㉢ Status Lamp

Run Data, System Error, Bus Error 등을 검출하여 시각적인 표시를 하기 위하여 사용한다.

㉣ ROM

4 kbyte ROM은 CPU가 동작을 할 수 있는 운용 Program을 저장하기 위하여 사용하였다.

㉤ Option switch

현재 진행Mode의 상태를 표시하며 Reset이나 Mode전환 시 사용된다.

㉥ Watch Dog 및 Reset

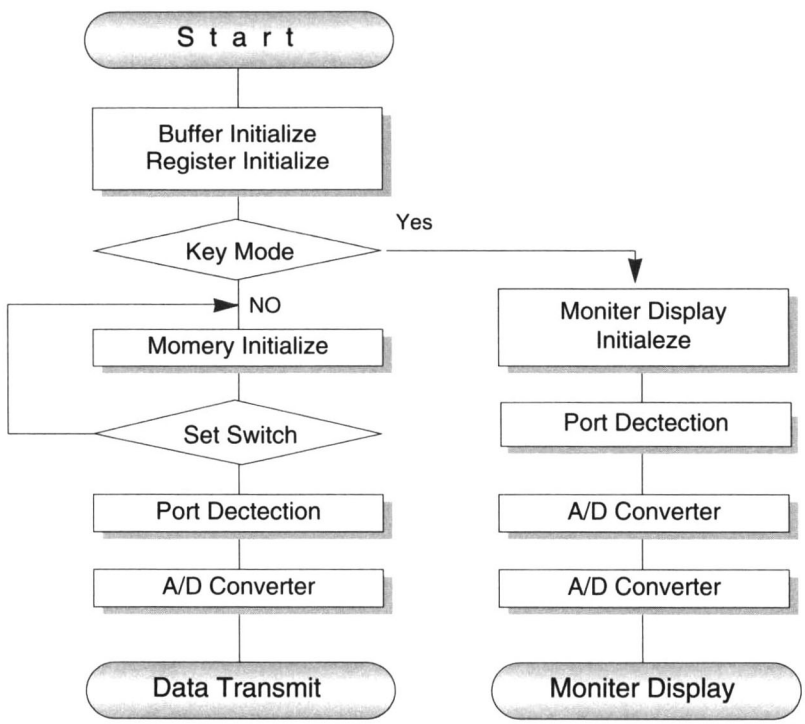
Microprocessor는 Noise등에 의해 Program이 정지되는 경우가 생기는데 이와 같은 단점을 해결하기 위해 Program을 감시하여 정지되면 CPU에 Reset를 걸어 정상적인 동작을 하도록 한다.

㉦ Power supply

System에 공급되는 직류전원과 정전시를 대비한 Back-Up용 Battery를 충전하기 위한 전원공급장치다.

㉮ 제어장치의 Algorithm

그림 2는 제어장치 Main회로의 제어 algorithm으로 Main 회로에 전원이 공급되면 Buffer와 Register를 초기화시키고 다음으로 3개의 Key 중에서 Memory에 저장을 하지 않고 Monitoring하는 Mode와 Memory로 저장되는 Mode가 있는데 초기 설정은 아무 조작이 없으면 Memory로 저장되도록 되었다. Memory 저장Mode로 되면 우선 Memory를 초기화시키고 해당 되는 입출력 Port로 검출된 10개의 Parameter 값을 A/D Converter를 통해 16진수 값으로 Memory로 전송한다. Monitoring Mode는 16진수 값이 Memory 대신 통신Port를 통해 Monitor로 전송된다.



[그림 2] 제어장치 ALGORITHM

(나) 출력부

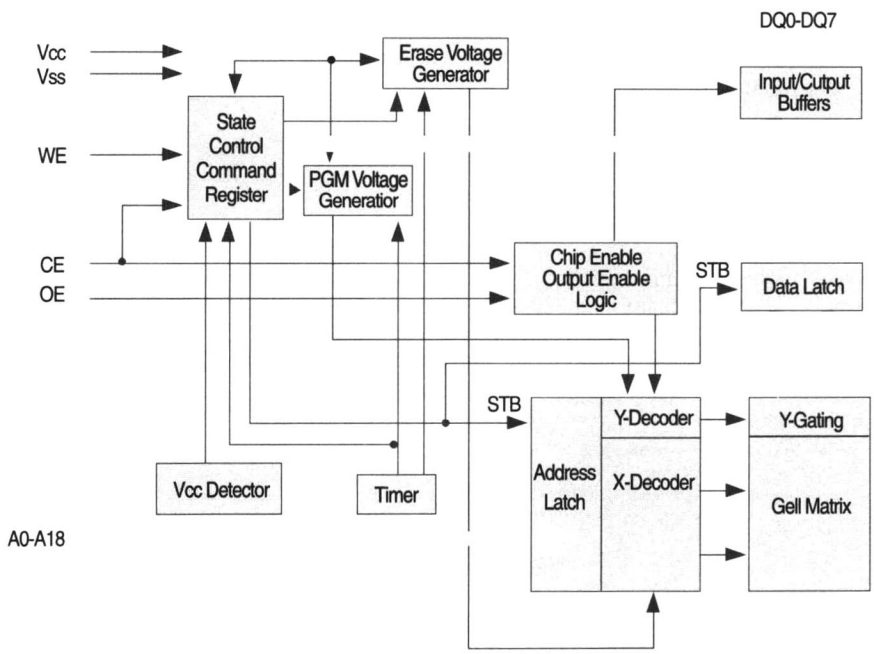
제어부에서 전송되는 출력신호를 받아 경보 및 장거리 Data전송을 위하여 설치되는 부품 으로서, 일반적으로 널리 사용되는 시각/청각 경보장치와 Modem을 사용하였다.

③ BLACK-BOX 본체

제어장치에서 처리된 화재감식용 Data(전압, 전류, 누전, 온도, 화재신호수신 등)를 일정시간 저장하기 위한 기억장치로서, Memory에 저장된 Data를 30분 이상의 화재상황에 노출되 어도 Data를 보존하기 위하여 내화특성이 우수한 단열재를 사용하여 KS F 2257에서 정하는 30분 내화성능 기준에 적합하도록 Cerakwool hard board(밀도: 0.25 g/㎤, 안전사용온도 : 1,260 ℃ 이하, 열전도율: 0.18 (Kcal/mhr℃)/1000 ℃일 때), 단열 Mat(열전도율: 0.151 W/m 93 ℃, 0.175 W/m 177 ℃, 0.100 W/m 316 ℃, 0.118 W/m 399 ℃, 0.140 W/m 482 ℃, 발 화손실: 28 %), 접착제(최고사용온도: 1,100 ℃), 내화도료(내화성능: 1시간내화) 및 외함(재질:철판, 1.6 mmt)를 사용하여 시작하였다.

④ 기억장치

Am29F040B는 4 Mbit의 Flash-memory로 단일전원 5 V로 8 bit씩 524,288 Kbyte까지 저 장되도록 설계하였으며 512 KBytes를 64 Kbytes씩 8 sector로 나누어 각 sector별로 쓰고 지 울 수가 있도록 하였다. Am29F040B는 access시간이 다양하며 다른 memory에 비해 빠르게 동작하고 가격이 싸다는 장점이 있어 시작품의 개발에 적용하였으며 그림 3은 Am29F040B의 Block-Diagram을 나타내었다.

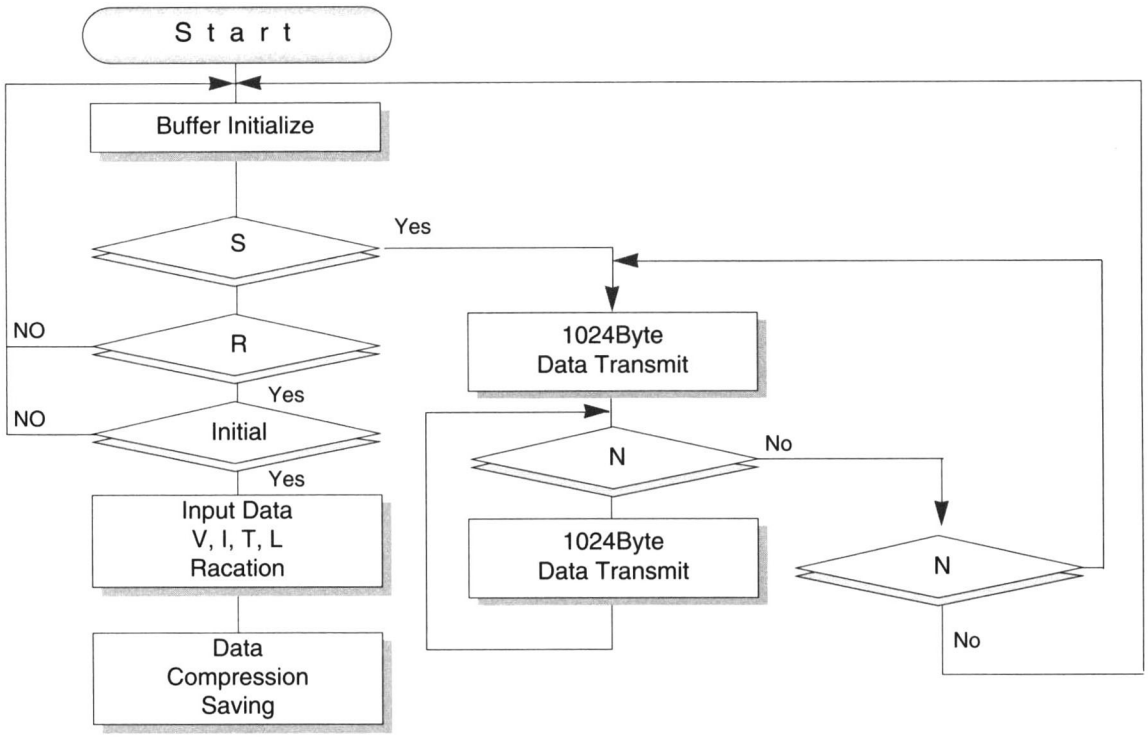


[그림 3] FLASH-MEMORY BLOCK DIAGRAM

⑤ SOFTWARE

(가) 운용 Software

전기화재감지 Sensor에서 입력되는 Data를 Black-Box의 기억장치에 저장하기 위하여 운용되는 Software로 그림 4와 같이 운용 Software 제어 Algorithm을 구성하여 Programming 하였다.



[그림 4] 운영용 Software 제어 Algorithm

Momory Map의 Sector구분은 Flash-memory의 구조에 의해서 8개의 대 sector로 나누어진다. 각각의 대 sector에는 8개의 소 sector로 다시 나누어지고, 소 sector의 공간에는 3상의 전압, 전류 그리고 누전과 3개의 온도 Data가 저장된다. 온도는 한 개 소 Sector의 공간에 다시 4개로 나누어지며, 3개의 온도와 Memory상태가 저장된다. 운영 Software는 Hardware 저소비전력형 제어장치 CPU와 Memory기판 CPU내에 Program되므로 저소비전력형 제어장치의 조작 스위치에 의하여 실행된다.

(나) 분석용 Software

Black-box의 기억장치에 저장된 화재감식용 Data를 분석하기 위한 Software로 그림 5는 분석용 Software 제어 Algorithm이다.

분석용 Program설치 환경 및 사용환경은 Window 98 이상, Pentium Ⅱ 450 Mhz 이상, PC Memory 32 Mbyte, Montor 1024×768와 동등이상의 성능을 가진 것이면 충분하며 개발환경은 PC Window 98, Compiler Boland C++ Builder 4.0에서 수행하였다.

⑥ 출력부

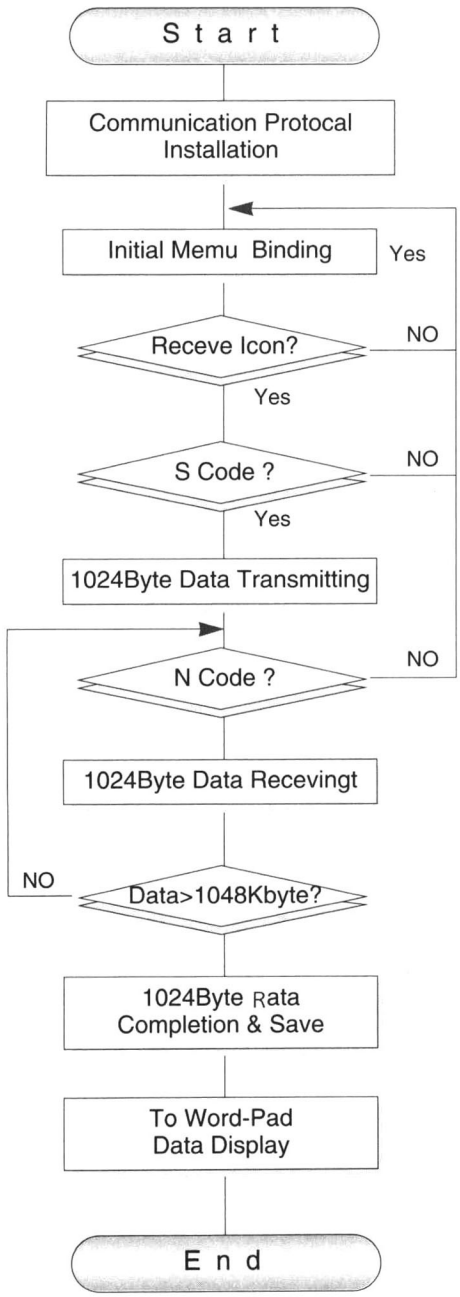
제어부에서 전송되는 출력신호를 받아 경보 및 장거리 Data전송을 위하여 설치되는 부품으로서, 일반적으로 널리 사용되는 Bell과 Modem을 실험체로 선정하였다.

⑦ Black-Box 저장장치

초저소비전력형 제어장치에서 처리된 화재감식용 Data(전압, 전류, 누전, 온도, 화재신호수신 등)를 일정시간 저장하기 위한 기억장치로서, Memory 기판에 저장된 Data를 일정시간(30분 이상) 보호하기 위하여 내화특성이 우수한 단열제품의 종류 및 두께에 따라 실험체를 분류하였으며, KS F 2257에서 정하는 30분 내화성능 기준에 적합하도록 실험체를 제작하였으며 Data 저장을 위한 Memory를 시작하였다.

(가) Memory기판

- 종 류 : Am 29F040B Flash-Memory
- 형 식 : 32-Pin PLCC Type
- C P U : AT89C2051
- 기 능



[그림 5] 분석용 Software 제어 Algorithm

- Address 입력Poet : A0~A18
- Data 입출력Port : DQ0~DQ7
- Chip Enable Port : CE
- Output Enable Port : OE
- Write Enable Port : WE

• 허용온도 : 70 ℃용
• 용　량 : 4 Mbit

(2) 시작품 성능검증

① 성능검증 기준정립

㈎ KS(한국산업규격), 검정기술기준 등 국내기준에서 Black-Box와 관련된 성능을 규정하고 있는 경우에는 국내기준의 실험방법을 우선 적용하였으며,

㈏ 국내기준에서 정하고 있지 않은 실험항목을 국외기준에서 정하고 있는 경우에는 국외의 관련 실험기준을 일부 준용하였음.

㈐ 국외기준을 준용하는 경우에는 선진기술의 표준화 및 국제화 추세를 감안하여 ISO기준을 우선적으로 준용하였으며,

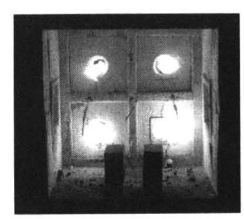
㈑ 국내 · 국외에서 명확하게 정하고 있지 않은 실험항목은 FILK Standard인 "산업용전기설비 제어장치"기준을 적용하였음.

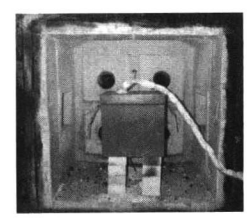
② 성능검증 결과

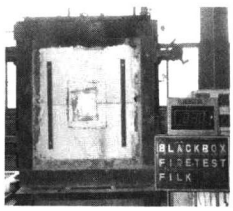
본 눈문에 기술된 성능시험결과는 Black-Box본체에 대한 내화시험과 분석용 Software의 운용에 대한 시험결과만을 기술하였다.

㈎ Black-Box 본체

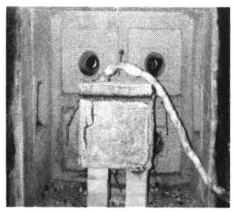
실험은 KS F 2257에서 정하는 표준 시간-온도곡선에 따라 30분 내화시험을 실시하였으며 실험 중 Black-Box내부의 온도가 Memory에 사용된 반도체 부품의 최고사용온도를 기준으로 68 ℃ 이상 온도상승이 발생치 않아 저장된 전기화재 감시용 Data가 안전하게 저장되어 분석용 Software에 의해 분석이 가능한 것으로 나타났다.


〈시험로 내부〉


Bladk-Box 설치



〈실험시작 30분 경과〉



시험종료 후 실험체

[그림 9] 내화실험 관련사진

(나) Software

전기화재감식용 Black-Box의 작동을 위한 Software는 운용 Software와 분석용 Software로 분류하여 성능을 검사한 결과, 분석용 Software는 저장된 Data를 문자형태와 Graphic형태로 출력할 수 있는 것으로 나타나 전기화재 여부 등에 대한 감식이 용이한 것으로 나타났다.

5. 분석 및 결론

(1) 분 석

① 전기화재감시 Sensor

(가) 계기용 변류기

㉠ 과전류 감지용 : CT(Current Transformer)

전선의 과전류를 감지하기 위한 계기용 변류기는 KS C 1706에서 정하는 일반계기용 변류기를 0.5급, 1.0급, 3.0급으로 분류하여 실험을 실시한 결과 최소한 1.0급 또는 0.5급의 실험체를 사용할 필요가 있는 것으로 사료되며,

특히 1차 실험전류의 값이 400 A인 실험체는 1.0급의 경우에 측정편차가 크게 나타나고 있어 1차전류의 값이 400 A 이상인 경우에는 0.5급의 제품을 선정하여 2차 측정전류 값의 편차를 낮게 함으로서 측정값의 정도를 높일 필요가 있는 것으로 나타났다.

㉡ 누설전류 감지용 : ZCT(Zero-Phase-Sequence Current Transformer)

누설전류를 감지하기 위한 계기용 변류기는 KOFEIS 0308에서 정하는 일반계기용 변류기를 100 A, 250 A, 400 A 용으로 실험체를 분류하여 실험을 실시한 결과 화재감식을 위한 누설전류 감지용 Sensor로서의 제기능을 다할 수 있는 것으로 나타났다.

(나) Thermistor

전선 및 변압기의 온도를 감지하기 위한 서미스타는 전선의 허용온도(240 ℃ 이하)와 변압기의 허용온도(80 ℃ 이하)를 감지할 수 있도록 KS C 1606(서미스타 측온체)에서 정하는 서미스타를 기준으로 3가지 종류로 분류하여 실험을 실시한 결과 전선 및 변압기의 온도감지를 위한 기능에는 영향이 없는 것으로 나타났다.

② 초저소비전력형 제어장치

전기화재감지Sensor에서 입력되는 신호를 제어하여 Black-Box Memory 기판에 Data를 저 장하고 필요시 신호를 출력부로 전송하기 위하여 초저소비전력형으로 제작한 실험체를 대상으로 성능실험을 실시한 결과 AC 220 V 입력전압 인가시 소요전류가 37±1 mA로 측정되었고 제성능에 이상이 없는 것으로 나타났으며, 정전시에도 비상전원이 30분 이상 작동이 가능하여 유사시에도 감지Sensor의 이상유무를 감시할 수 있는 것으로 나타났다.

③ Black-Box 본체

(가) Memory기판

전기화재감지Sensor에서 입력되는 신호가 Data로 전환되어 저장되는 기억장치로서 Black-Box본체 내부에 설치되며, 초저소비전력형 제어장치와 같은 방법으로 성능실험을 실시 한 결과 제성능에 이상이 없는 것으로 나타났으며, 특히 Black-Box본체의 온도관련실험 및 내화실험 후에도 제 성능을 다할 수 있는 것으로 나타나 기억장치로서의 기능을 다할 수 있는 것으로 나타났다.

(나) Black-Box 본체

Memory기판을 포함한 단열재 및 외함(본체)으로 구성된 Black-Box 본체에 대하여 물성실험 및 환경실험 등을 실시한 결과 제성능에 적합한 것으로 나타났으며 내화시험 시 Memory기판 내부의 최고온도상승이 68 ℃로서 Memory Chip의 허용온도 70 ℃ 이하를 유지하는 것으로 나타나 30분 내화성능을 유지하는 Black-Box로서의 제기능을 다할 수 있는 것으로 나타났다.

④ Software

전기화재감식용 Black-Box의 작동을 위한 Software는 운용 Software와 분석용 Software로 분류하여 성능을 검사한 결과 성능에 이상이 없는 것으로 나타났다. 분석용 Software는 저장된 Data를 문자형태와 Graphic형태로 출력할 수 있는 것으로 나타나 전기화재 여부 등에 대한 감식이 용이한 것으로 나타났다.

(2) 결 론

본 연구는 전기화재를 과학적, 합리적으로 감식할 수 있도록 전기적인 운용요소를 저장하는 Black-Box를 제어 ·

처리하기 위한 제어장치와 Data를 안전하게 저장하는 Black-Box를 시작하여 성능검증을 통한 신뢰성 있는 전기화재 감식용 Black-Box를 개발 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 국내 · 외 화재통계와 기술자료를 조사 · 분석한 결과 전기화재의 주요원인이 배선에서의 과전류, 누전 등으로 나타나 CT, ZCT 및 Thermistor 등을 이용한 전기화재요인 감지기술이 전기화재를 예방하기 위한 효과적인 감지기법으로 나타났다.

② 전기화재예방을 위한 감지장치에서의 신호를 제어 · 처리하는 제어장치에 대한 성능검증을 통하여 효율적인 전기설비 감시/진단System에 활용할 수 있고 Black-Box에 실시간 감시 Data를 저장할 수 있는 초저소비전력형 제어장치를 개발하였다.③ 화재감식용 실시간 감시 Data를 일정기간 저장하기 위하여 내화성능, 내구성능, 반복성능, 저장성능 등의 성능검증을 통해 15일 이상 감식용 Data를 저장할 수 있고 30분 이상의 내화성능을 갖는 전기화재 감식용 Black-Box 본체를 개발하였다.

④ 제어장치의 운용 및 전기화재 감식용 Black-Box에 저장된 기억내용을 분석하기 위하여 효율적인 전기화재 감식용 Black-Box 설비의 사용에 필요한 운용 Software와 분석용 Software를 개발하였다.

⑤ 종합적인 Sytem에 대한 국가공인시험기관의 성능검증 및 전문가의 기술자문을 통하여 합리적이고 과학적인 전기화재 감식용 위한 전기화재 감식용 Black-Box를 개발하였다.

- 끝-

〈편집후기〉

본 연구는 1999년도 산업자원부에서 시행하는 공업기반기술개발사업 중 공통핵심기술개발사업으로 연구비를 지원받아 수행되었습니다. 과제수행에 많은 도움을 주신 분들께 감사드립니다.