

삼파장 4채널 적외선식 불꽃감지기의 자가진단 성능 개선

(An Improvement on the Self Diagnostic Characteristics of the Triple Quard Channel Infrared Flame Detector)

송현선*

(Hyun Seon Song)

Abstract

There is needed the quard channel triple wave lengths pyroelectric infrared flame detector to recognize the unique characteristics of fire sources in various type. This system detects the triple wave lengths of infrared flame emitting maximum radiant energy and scattering frequency of flame. The quard channel infrared flame detector detects the duplicate wave lengths of maximum radiant energy to enhance the accuracy of detecting fire. Especially this paper focuss on development of the self diagnosis function system including contamination, temperature and input voltage. Therefore, the prevention and early suppression of fire is available.

Key Words : Pyroelectric Infrared Flame Detector, Triple Wave Lengths, Quard Channel, Self Diagnosis, Voltage Regulator, Detector'S Contamination And Detecting Circuit Of Inner Temperature

1. 서 론

최근 우리나라의 선진화와 삶의 질 향상으로 건축물의 대형화와 실내장식물의 고급화 추세로 화재도 대형화되고 소화활동의 어려움으로 인한 인명 및 재산상의 손실도 가중되고 있다. 화재를 초기에 진압하고, 피해를 최소한으로 줄이기 위하여 자동 화재 탐지설비가 사용되고 있다. 자동 화재 탐지설비는 감지기, 발신기, 중계기, 음향장치 등으로 구성된다. 감지기는 화

재로부터 발생하는 열, 연기 또는 중계기를 거쳐 수신기에 신호를 전달하는 장치로, 감지기의 특성에 따라 화재의 조기 발견과 초기 진압 여부가 결정될 정도로 중요한 설비이다.

종래의 열감지거나 연기감지기는 일정량 이상의 열이나 연기가 감지기에 도달하는 경우 화재감지가 가능하다. 그러므로 전시관, 돔형건물, 창고 등의 대형공간이 있는 건축물에서 화재가 발생하였을 때 열이나 연기를 감지하는데 시간이 소요된다. 또한 석유화학 플랜트 등의 옥외시설의 경우는 대형공간으로 확산하는 과정에서 외부 공기 등 기류의 영향으로 열의 온도와 연기의 농도가 점차 떨어지게 되어 화재의 조기감지에 어려움이 있다[1-2].

이에 비해 불꽃감지기는 화염으로부터 방사되는 적

* Main author : SEMYUNG UNIVERSITY
Department of Electrical Engineering, Professor
Tel : 043-649-1303, Fax : 043-649-1774
E-mail : hssong@semyung.ac.kr
Received : 2015. 10. 28.
Accepted : 2015. 12. 8.

외선 또는 자외선을 검출하여 화재를 감지하는 원리로 기류의 영향을 상대적으로 적게 받는 장점이 있다. 그러나 적외선이나 자외선 방사파의 강도는 거리의 제곱에 반비례하므로 화재감지의 감도에 한계가 있어 대규모 공간 건축물의 화재검출에 제약이 따른다. 또 옥외시설에서 사용하는 경우에는 자연광으로부터 발생하는 적외선과 자외선의 영향으로 비화재보 발생 우려가 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위한 삼파장 적외선 불꽃감지기는 연소 시 발생하는 이산화탄소 분자의 고유한 파장대를 검출하여 화재를 판단한다. 이산화탄소는 열 등의 에너지가 주어지면 안정된 기저상태로부터 에너지가 높은 여기상태가 되고, 다시 얻은 에너지를 방출하여 안정된 기저상태로 환원하려는 특성이 있다. 이 때 방사되는 에너지는 적외선으로 파장 $4.35\mu\text{m}$ 에서 피크값을 갖는 고유의 특성으로 태양광이나 고온물체로부터 방사된 적외선 스펙트럼 분포와는 큰 차이점이 있다. 또한 불꽃은 산소에 의하여 연소하는 확산연소로 빨아들이는 주변의 공기량에 따라 불길의 조급씩 날리면서 요동하는 현상 즉, 펄럭임 현상으로 방사되는 적외선의 양도 변동하며, 그 변동 주파수는 $1\sim 15\text{Hz}$ 범위에서 집중적으로 나타는 특징이 있다. 이상의 특성을 이용하는 적외선 불꽃감지기는 광 필터를 통해 일정대의 적외선 방사파가 입사되면 센서에 전류가 흐르게 된다. 그러므로 적외선 불꽃감지기는 감지된 전류의 크기 즉, 파장의 상대 강도에 따라 반응할 수 있는 회로를 구성한다 [3-4]. 특히 삼파장 4채널 불꽃감지기는 불길로부터 방사되는 세 개의 파장대 중 $4.35\mu\text{m}$ 대 파장을 이중으로 감지함으로써 화재감지의 신뢰성 제고하고, 자연광이나 인공조명 등에 대한 비화재보를 최소화 할 수 있다. 또한 배경 노이즈신호(N)에 대한 불길 신호(S)의 비(S/N)를 크게 확보함으로써 기존의 불꽃감지기 보다 감도가 향상되고 보다 먼 거리를 감지할 수 있는 장점이 있다.

그러나 대기 중에 설치된 감지기는 먼지 등의 이물질에 무방비 상태이므로 사용기간에 따라 감시창의 오염과 탁도 증가로 감지가 원활하지 못하는 문제점이 있다. 환경오염에 따른 오동작 문제점은 불꽃감지

기에서 감시창으로 특정한 파장을 투사시키고 감시창을 통해 반사되는 파장의 광량으로 부터 감시창의 오염 여부를 판단할 수 있는 자가진단형 불꽃감지기의 개발로 문제점이 어느 정도 개선되었으나 아직도 감지기 내부온도와 인가되는 입력전압의 크기에 따라 오동작하는 문제점이 있다[5]. 이를 위하여 본 논문에서는 감지기의 내부온도 자가진단 검출회로와 정전압 및 입력전압 자가진단 회로를 개발하였다. 내부온도 진단회로는 온도 1°C 당 10mV 로 변환하는 온도센서로 내부온도를 감지하여 작동온도 이상 인 경우 자가 경보 또는 원격으로 관리자에게 자동 통보 되도록 설계함으로써 화재의 조기진압이 가능하다. 또한 정전압 및 입력전압 자가진단 회로는 입력전압을 검출하고, 이상전압의 경우 전압조정에 의하여 안정화 되도록 함으로서 신뢰도를 제고하였다.

2. 삼파장 4채널 불꽃감지기의 검출 원리

불길로부터 방사되는 적외선의 고유한 특성에는 이산화탄소 공명방사와 펄럭임 현상이 있다. 연소 시 발생하는 이산화탄소는 열 등의 에너지를 받으면 기저상태로부터 에너지가 높은 여기상태로 되고, 다시 받은 에너지를 방출하여 기저상태의 안정된 상태로 돌아가려는 회귀 특성이 있다. 공명방사는 여기상태의 CO_2 가 방출한 에너지를 기저상태에 있는 다른 CO_2 가 받아들여 여기상태가 되고 또 그 여기상태의 CO_2 가 방출한 에너지를 다른 기저상태의 CO_2 가 받는 것처럼 차례차례로 CO_2 끼리 에너지를 주고받으며 공명을 일으키는 현상이다. 이 때 방출되는 에너지는 빛이나 적외선으로 연소물질이나 온도에 따라 그림 1과 같은 분광분포 특성을 갖는다. 그림 1의 (a), (b)는 오렌지색의 불꽃을 내는 촛불과 가솔린의 연소 시 분광분포 특성으로 $2.0\mu\text{m}$, $4.35\mu\text{m}$ 부근의 두 개소에서 피크값을 나타내고 있다. (c)는 청백색 불꽃의 완전연소에 가까운 도시가스의 분광분포로 $2.0\mu\text{m}$, $3.0\mu\text{m}$, $4.35\mu\text{m}$ 부근에서 피크값을 나타내고 있다. 이들 불꽃 모두 $4.35\mu\text{m}$ 부근에서 최대분광에너지를 방사하고 있으며 이것은 화재에 의해 발생하는 CO_2 에 의한 공명방사 에너지로 태

양빛이나 고온물체 혹은 저온물체에서는 볼 수 없는 고유의 특징이다[3-4].

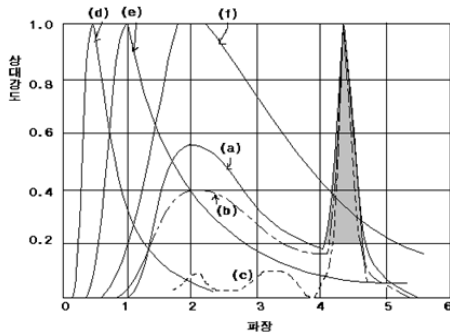


Fig. 1. Characteristics of spectrum distribution

화재의 또 다른 특성인 펄럭임 현상은 주위의 공기로부터 산소를 공급 받는 과정에서 방사 적외선 양의 변동으로 불꽃이 조금씩 날리면서 요동하는 현상이다. 이 펄럭임 현상은 변동주파수 1~15Hz의 범위에서 집중적으로 나타난다. 그러므로 삼파장 불꽃감지기는 광학필터 시창으로 입사한 CO₂ 공명 방사대역의 세 개 파장대(3.91 μ m, 4.35 μ m, 5.5 μ m)만을 검출하여 전기신호로 변환하는 적외선 센서가 있다. 이 전기신호는 다시 대역통과필터를 갖는 신호증폭회로에서 흔들리는 다양한 주파수 성분 중 1~15Hz의 주파수 대역만 선택하여 증폭한다. 특히 4채널 불꽃감지기는 화재감지의 신뢰성 제고를 위하여 4.35 μ m대 파장을 이중으로 감지하며, 이들 삼파장 신호값의 강도(I) 비율 즉

$$I(4.35)/I(3.91) = M1$$

$$I(4.35)/I(5.5) = M2$$

과 파장간의 비율 등을 비교하여 화재 판단의 기본자료로 이용된다. 그러므로 불꽃감지기는 불꽃으로부터 방사된 이산화탄소 공명방사의 스펙트럼 피크패턴이 검출되고 이들 강도비율(M1, M2)이 기준값을 초과했을 경우에 화재라고 판단한다. 따라서 불꽃에 대한 선택능이 매우 높아 태양광이나 형광등, 수은등 등의 인공조명에는 반응하지 않는 신뢰도 높은 불꽃감지기 제작이 가능하다.

3. 불꽃감지기의 자가진단 회로

불꽃감지기의 자가진단회로는 감시창의 오염상태, 감지기에 입력되는 입력전압 및 감지기 내부 온도를 측정하여 이들 값이 정격 범위를 벗어난 경우 경고등(황색표시등)이 점등되며 모니터링 관리자에게 이상신호를 보냄으로서 불꽃감지기의 오동작을 예방할 수 있는 회로로 구성된다.

3.1 감시창 오염도의 자가진단 검출회로

불꽃감지기의 오염도 검출회로는 내부에서 감시창을 향해 특정한 파장 즉, 935nm의 적외선 단파장을 주기적으로 발생시키고 감시창을 통해 반사되는 파장을 감지하는 회로로 그림 2와 같다. 이것은 데이터베이스에 저장된 기준파장의 세기와 비교하여 감시창의 오염상태를 판정한다[5].

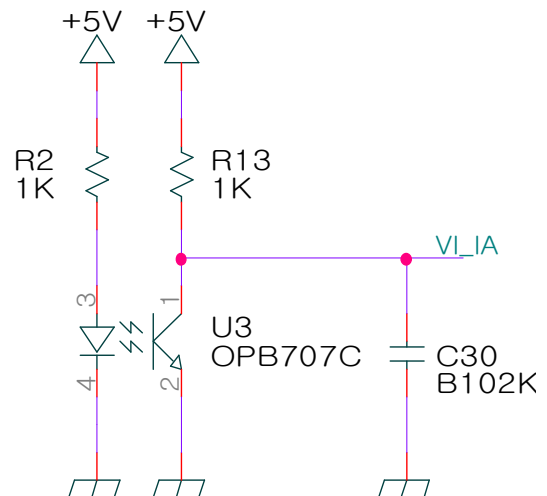


Fig. 2. Detection circuit of window contamination

3.2 정전압 및 입력전압 자가진단 회로

정전압 및 입력전압 진단회로는 입력전압의 이상여부를 감시하는 회로(그림 3, 4)로 전압분배기에 의해 분배된 전압 값이 설정된 기준전압 범위에서 벗어난 경우와 감지기 회로 이상 시 제어 수신반에 출력신호가 전송된다. 또한 높은 입력전압에 대해서는 회로를

안정화하고, 각 부품들이 DC 5V의 정격 전압으로 구동되도록 한다.

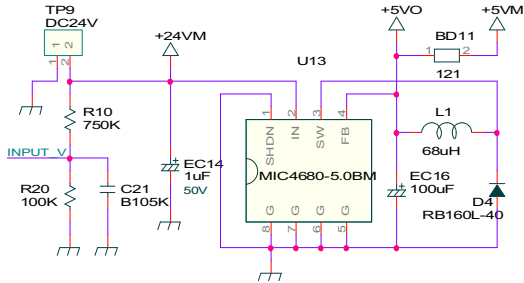


Fig. 3. Voltage regulator & self test circuit

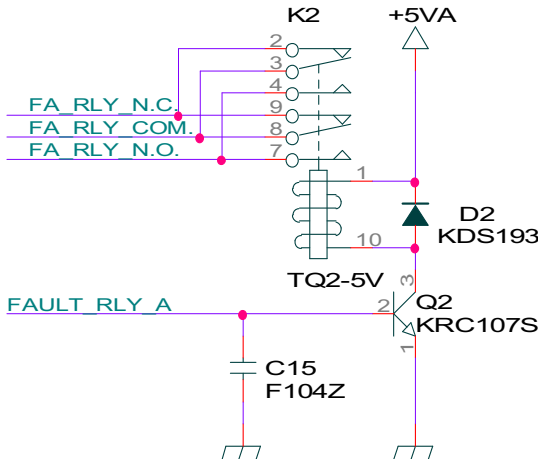


Fig. 4. Fault output circuit

3.3 감지기 내부온도 자가진단 검출회로

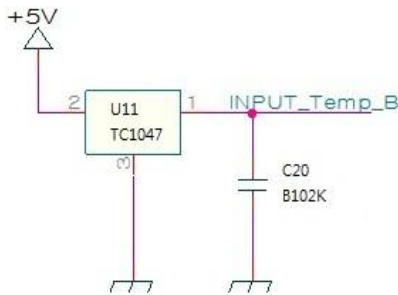


Fig. 5. Detection circuit of inner temperature

불꽃감지기의 내부온도 감지회로(그림 5)는 온도에 비례하는 전압 값을 출력하는 반도체 소자로 구성하

였다. 즉 U11TC1047 소자는 온도 1°C당 10mV로 변환하는 온도센서에 의하여 전압을 측정하고, 이 전압 값이 미리 설정된 기준전압 범위에서 이탈되는 경우 온도 이상 신호를 마이크로프로세서 회로로 전송하게 된다.

4. 자가진단 시험

자가진단시험은 그림 6, 7의 시작품을 이용하여 첫째, 불꽃감지기의 내·외부 감시창의 오염여부를 확인하는 것과 둘째, 감지기 내부 온도 이상여부를 감시하여 작동온도 이상의 온도값이 나타날 경우 그 신호를 경보하는 것, 그리고 셋째는 감지기에 입력되는 입력 전압의 이상여부기 발생하였을 때 경보를 발생하여 것이다.

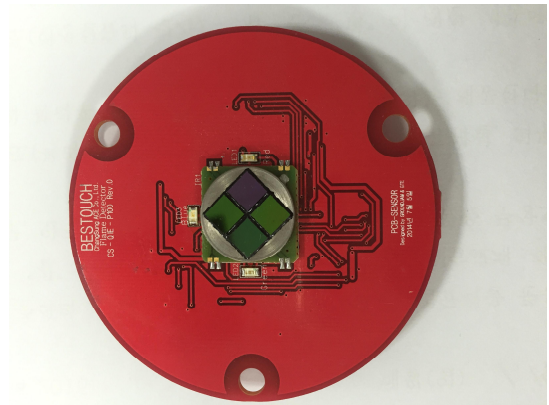


Fig. 6. PCB of 4 channel IR3(Detecting P/T)

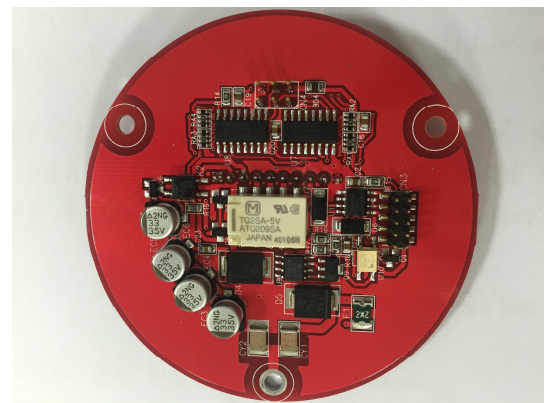


Fig. 7. PCB of 4 channel IR3(Output P/T)

오염도시험은 기름종이(1매), PE비닐, PVC다발을 시료로 선정하여 시험하였다. 온도시험은 상온(22℃)과 40℃에 대하여, 실시하였으며, 전압시험은 정상입력전압인 DC 24V와 DC 18V, DC 28V 등 세 가지 경우에 대하여 시험하였으며 그 결과는 표 1과 같다.

Table. 1. Test result

구분	세부항목	시험결과
오염도	무오염	no alarm
	기름종이 (두께 0.15mm)	alarm
	PE비닐 (두께 0.18mm)	alarm
	PVC다발 (두께 0.37mm X 32매)	alarm
온도	22℃	no alarm
	40℃	alarm
전압	DC24v	no alarm
	DC18v	alarm
	DC28v	alarm

4.1 오염도시험

오염도시험에서는 기름종이를 1매 붙인 상태에서는 가로축과 세로축을 각각 U3의 감지소자 변화값을 AD 변환값과 시간(10ms)으로 나타낸 그림 8과 같이 파장이 감시창을 제대로 통과하지 못하고 감도가 심하게 떨어지는 것을 알 수 있다.

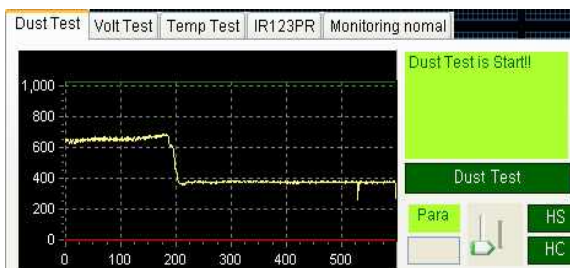


Fig. 8. Oil paper test(1s)

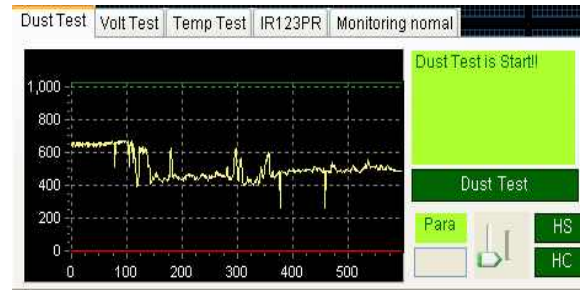


Fig. 9. PE-vinyl test

또한 PE 비닐시험은 그림 9와 같이 감도자체가 기름종이보다는 덜 떨어지나 감도자체의 기복이 심하고, 그림 10의 PVC 다발시험에서는 감도가 거의 최저선까지 떨어짐으로써 경보상태가 된다.

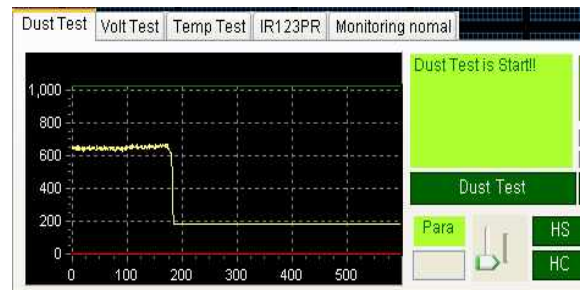


Fig. 10. Polyvinyl chloride roll test

4.2 온도시험

온도시험은 상온 40℃에서 실시한 결과 다음의 그림 11(세로축과 가로축을 각각 시간에 대하여 U11의 감지소자 변화값을 AD변환값으로 나타냄)에서와 같이 40℃에서는 경보가 발생하였다.

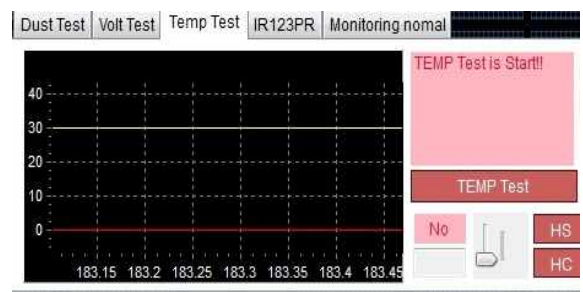


Fig. 11. 40℃ Temperature test

4.3 전압시험

전압시험은 정상 입력전압인 DC 24V와 DC 18V, DC 28V 세 가지 조건에서 실시하였다. 그림 12(세로축과 가로축을 각각 시간에 대하여 배율기의 변화값을 AD변환값으로 나타냄)은 정상 입력 전압 인가 상태인 DC 24V이고, 그림 13은 저전압 인가 상태인 18V, 그림 14는 과전압 인가 상태인 28V인데, 저전압과 과전압의 경우는 경보신호가 발생되었다.

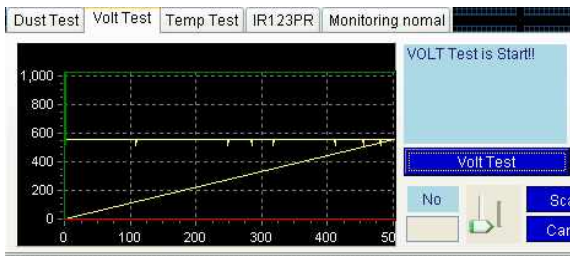


Fig. 12. DC 24V Input test

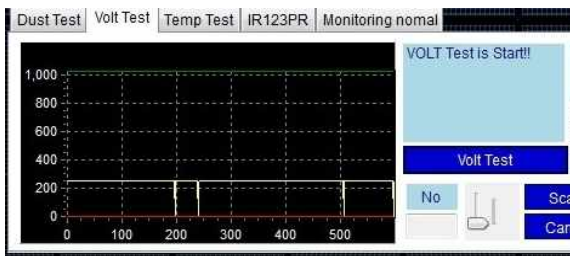


Fig. 13. DC 18V Input test

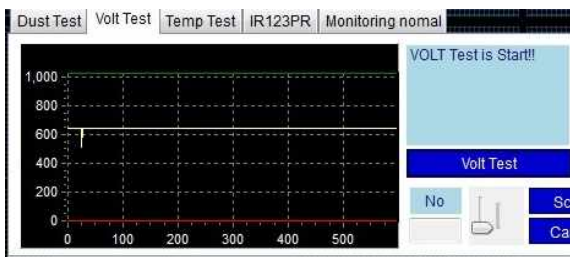


Fig. 14. DC 28V Input test

5. 결 론

적외선 불꽃감지기는 화재의 고유특성인 이산화탄

소의 공명방사와 펄럭임 주파수 대역이 동시에 감지 될 경우 화재로 판단한다. 삼과장 적외선 불꽃감지기는 이산화탄소 공명방사에 의하여 최댓값이 나타나는 3개의 파장대(3.91 μ m, 4.35 μ m, 5.5 μ m)를 적외선 센서에서 검출하여 전기신호로 변환하고, 이 전기신호를 다시 대역통과필터를 갖는 신호증폭회로에서 1~15Hz의 펄럭임 주파수 대역만 선택하여 증폭한다. 4채널 감지기는 피크값을 갖는 4.35 μ m대 파장을 이중으로 감지하고, 이들의 강도와 파장간의 비율 등을 비교하여 화재를 판단함으로써 비화재보를 최소화 하였다. 또한 자가진단회로에서는 감시창의 오염상태, 감지기의 입력전압 및 내부 온도를 측정하여 기준값과 비교하여 화재보에 대한 정확성을 제고하였다.

이 논문은 2015학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

References

- [1] E. L. Dereniek, "Infrared Detectors and System", Willy Interscience, pp.1-35, 1996.
- [2] Dougal Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", pp.129-131, John Wiley & Sons, 1994.
- [3] Hyun Seon Song, Yeu Yong Lee, "A Study on Signal Circuit of the Triple Pyroelectric Infrared Flame Detector", Jurnal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.24, No.12, p201-207, 2010.
- [4] Hyun Seon Song, Yeu Yong Lee, "Improing Sensitivity of the Pyroelectric Infrared Flame Detector", Jurnal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.29, No.4, pp.77-84, 2015.
- [5] Hyun Seon Song, Yeu Yong Lee, "A Study on Signal Circuit of the Self Diagnosis Type Triple Infrared Flame Detector", Jurnal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.27, No.10, pp.69-74, 2013.

◇ 저자소개 ◇



송현선(宋賢善)

1953년 3월 25일생. 1979년 한양대학교 공대 전기공학과 졸업. 1988년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 세명대학교 전기공학과 정교수.