

고주파 방사에 의한 가연성가스의 점화 위험성 고찰

최상원[○], 이관형^{*}, 문정기^{**}

^{○*} 한국산업안전공단 산업안전연구원, ^{**} 한국기계연구원

A Study on the Ignition Hazards of Flammable Mixtures by Radio Frequency Radiation

Sang-Won Choi[○], Gwan-Hyung Lee^{*}, Jung-Gi Moon^{**}

^{○*} Industrial Safety Research Institute, Korea Industrial Safety Corporation,

^{**} Korea Institute of Machinery and Materials

Abstract - Close to high power radio/radar transmitters there is a possibility that sparks may be occur at discontinuities in metallic structures. If these structures are in an area in which a flammable mixture may be present, there is a possibility that a fire or explosion may be caused by the sparking. A number of assessment procedures for quantification of the hazard have been produced. This paper reviews the bases of the British Standard covering ignition hazards by radio-frequency radiation and presents some ignition test apparatus to access these hazards.

- 충분한 세기의 전자장 방사
- 수신 안테나로서 작용하는 구조물의 특성
- 수신된 에너지의 스파크 발생 메커니즘
- 가연성 분위기의 존재

1. 머리말

고주파에 의한 점화 위험성은 전기기기가 갖는 고주파 회로의 단선 또는 단락시에 발생하는 전기불꽃과 고주파 방사에 의해 방폭지역 구조물이 고주파의 수신 안테나로 작용하여 발생하는 전기불꽃에 의한 위험성으로 나눌 수 있다.

전자에 대한 연구는 이미 우리 연구원에서도 수행한 바 있으나 후자에 대한 연구는 무선기기의 사용 증가에 따른 점화위험성이 증가함에도 불구하고 국내에서는 아직 전무한 실정이다(1),(2).

고주파 방사에 의한 점화 위험성 실험은 안테나로 작용하는 수신구조물의 종류가 다양하기 때문에 이에 따른 전기적인 등가회로도 각각 달라 현장에서 일일이 측정할 데이터를 사용하는 시뮬레이션 및 실험이 필요하다.

본 논문에서는 고주파 방사에 대한 점화 위험성을 고찰하기 위하여 이미 선진외국에서 사용하고 있는 각종 실험장치 및 실험방법 등을 분석하였다.

이를 바탕으로 하여 영국 표준규격 (BS)(3)에 부합되는 방폭지역에서의 고주파방사에 의한 점화실험을 위한 장치를 설계하였으며, 향후 이 장치는 방폭지역에서 고주파 방사 에너지에 의한 가연성가스의 점화 유무를 확인하는데 사용될 예정이다.

2. 고주파 방사에 의한 점화 위험성

고주파 방사에 의한 점화 위험성은 무선주파수 송신기에 의해 발생하는 전자파가 금속성 도체 구조물과 충돌하여 전류를 야기 시키는데 이때 야기된 전류의 진폭은 송신된 신호의 파장 및 전자장의 파장에 관련된 구조물의 형상과 크기에 의존하게 된다. 정상적으로 접속된 구조물의 부분이 진동 등에 의하여 순간적으로 차단 및 분리될 때 야기되는 전압 또는 전류가 충분히 큰 경우 스파크가 발생된다. 이러한 상황이 가연성 물질이 존재하는 장소에서 발생된다면 위험상태가 초래될 수 있다. 그러나 점화 가능성은 아래와 같은 여러 가지 요건에 의존한다.

2.1 송신기 및 출력 파라미터

고주파 방사에 의한 점화 위험성을 평가하기 위한 송신기 및 출력 파라미터에 관계되는 것으로는 주파수의 범위, 송신기의 출력, 안테나 이득, 변조방식이 있다. 고주파의 점화 위험성을 야기시키는 주파수 대역은 15kHz~35GHz 대역만 취급한다.

2.2 구조물

두 개의 도전성 물체가 고주파 방전의 간헐적 접촉을 가질 때 전자장에서 금속물체에 전압과 전류가 유기된다. 방전에 의한 점화의 고주파 전력원은 전자장안에 위치한 안테나이다. 안테나 형태는 그림 2.1과 같이 금속 물체 또는 파이프라인, 크레인의 로프로 형성될 수 있다. 구조물은 크게 루프형과 수직형 (Monopole 안테나)으로 나뉘어 진다.

2.3 스파크 발생 메커니즘

비록 높은 고주파 전위가 두 개의 구조물 사이에 존재하더라도 겹의 성질과 스파크 발생 메커니즘은 불연속점 둘레에 존재하는 가스 또는 증기는 고주파점화에 대하여 매우 크게 관계된다. 만약 두 부분이 초기 접촉으로부터 멀어진다면 고주파방전은 가장 쉽게 발생한다.

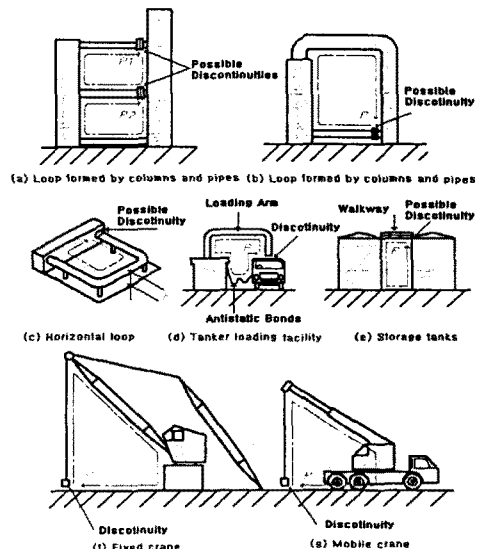


그림 2.1 루프형 구조물의 예

2.4 가연성 분위기

스파크의 전력 또는 에너지를 발생하기 위한 스파크 점화는 가연성 가스 또는 증기의 성질과 농도에 의존하는 임계값을 초과하여야 한다.

3. 실험장치의 비교 및 검토

3.1 Coaxial Ignition Test Cell

그림 3.1은 50Ω의 임피던스 전원과 10Hz~500MHz의 주파수 대역의 동축형의 고주파 점화위험성을 실험하는 장치이다[4]. 전극의 접촉자는 IEC 형을 사용하고 있다.

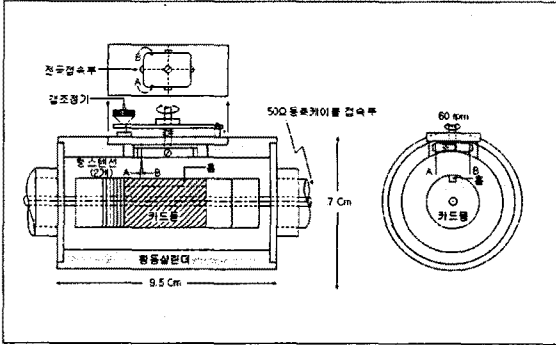


그림 3.1 Coaxial Ignition Test Cell

3.2 Microwave Test Cell

그림 3.2는 1~10GHz 대역의 Microwave 방사에 의한 점화 위험성을 실험한 장치이다[5].

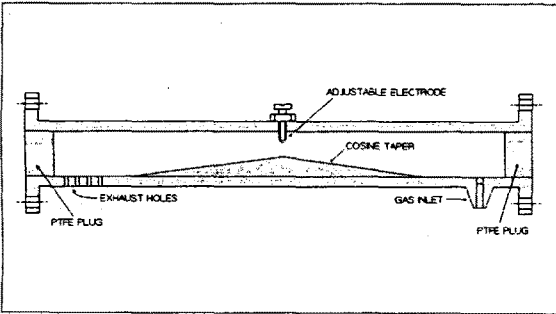


그림 3.2 Microwave Test Cell

3.3 Copper Pipe Dipole

그림 3.3은 9GHz 주파수 대역까지의 다이폴 안테나 방사에 의한 점화 위험성을 평가하기 위하여 영국의 HSE에서 사용한 실험장치이다[6]. 전극의 접촉시스템은 IEC 형과 거의 유사하다.

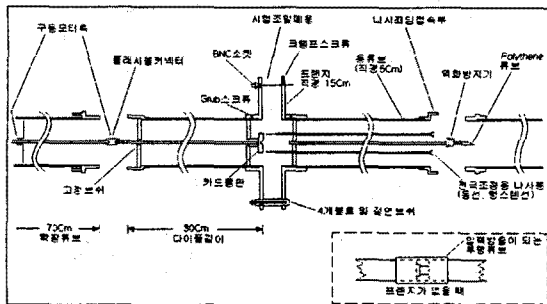


그림 3.3 Ignition Test Cell for Copper Pipe Dipole

3.4 ASA Pipe Dipole

그림 3.4는 그림 3.3과 거의 유사하며 다른 점은 전극의 접촉시스템이 플러스 형태이다[6].

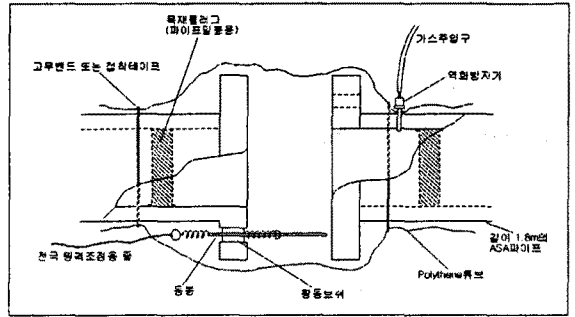


그림 3.4 ASA Pipe Dipole, Plus Contact System

3.5 Miniature Coaxial Breakflash

그림 3.5는 Pipe Dipole을 이용한 소형 동축 불꽃점화 실험장치로 낮은 임피던스 및 커패시턴스를 갖는 회로에 적합하다[6].

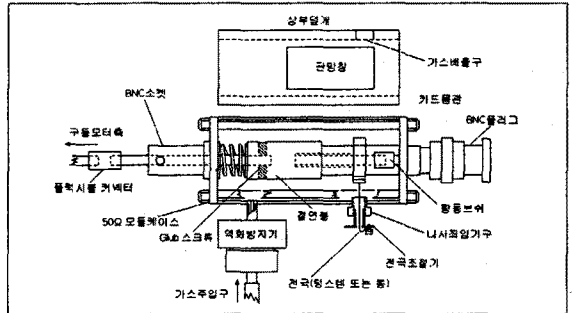


그림 3.5 Miniature Coaxial Breakflash

3.6 R.F. Ignition Test Apparatus

그림 3.6은 1.8~21MHz의 c.w. 주파수 대역에서 점화위험성을 실험한 장치이다[7].

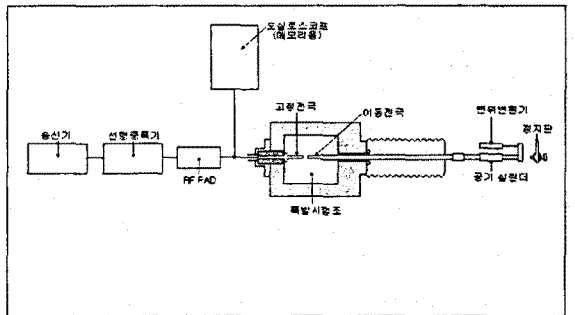


그림 3.6 R.F. Ignition Test Apparatus

3.7 Spark Ignition Chamber

그림 3.7은 영국의 Bradford 대학교에서 제작하여 실험한 것으로 본 실험장치에 9.1MHz의 공진 안테나를 이용하여 점화 위험성을 평가하였다[8].

4. 점화 위험성 실험방법

4.1 추출전력의 측정

구조물에 대한 현장실험은 추출전력의 측정과 점화실

험을 포함하며, 현재 구조물로부터 추출할 수 있는 전력의 최대 주파수는 30MHz이다. 무선파장에 의해 조사된 구조물의 불연속 지점에서 추출할 수 있는 전력은 직접 측정기에 의해 결정할 수 있으며, 그림 4.1은 이들의 측정방법에 대한 것을 나타낸 것이다.

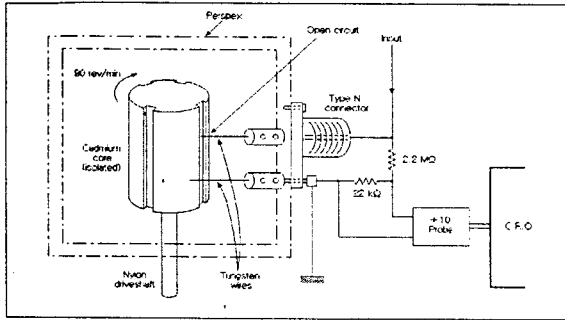
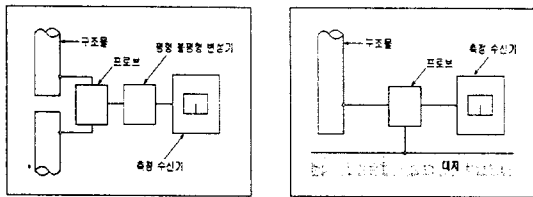
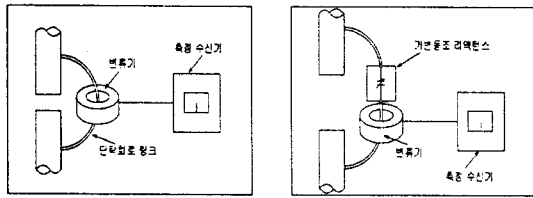


그림 3.7 Spark Ignition Chamber (Breakflash)



(a) 전압측정 (균형모드) (b) 전압측정 (불균형모드)



(c) 전류측정 (단락회로이용) (d) 전류측정 (리액턴스이용)
그림 4.1 추출전력의 측정방법

4.2 점화 위험성 실험방법

방폭지역에서 고주파 방사에 의한 구조물에서 발생하는 점화 위험성을 평가하기 위한 실험장치의 구성도는 그림 4.2와 같다. 불꽃점화 실험장치의 단자는 외부 동조 리액턴스가 필요한 곳에서는 공진을 맞춘 구조물의 불연속 지점 사이에 접속시키며, 이때 접속선은 가능한 짧게 접속한다.

그림 4.3은 불꽃점화 실험장치의 상세도이며, 본 실험장치는 10MHz까지의 모든 주파수에서 구조물로부터 추출할 수 있는 스파크의 점화능력은 회전판과 수없이 간헐적으로 스위치는 텅스텐 선으로 구성되는 수정된 IEC 형 불꽃점화 실험장치이다.

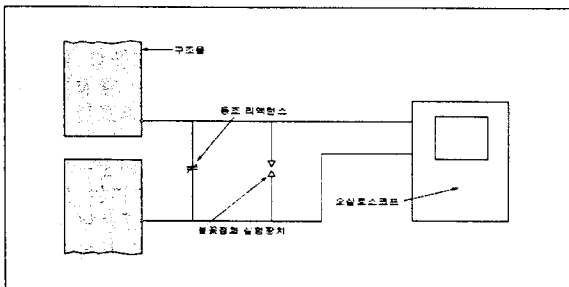


그림 4.2 점화실험 방법

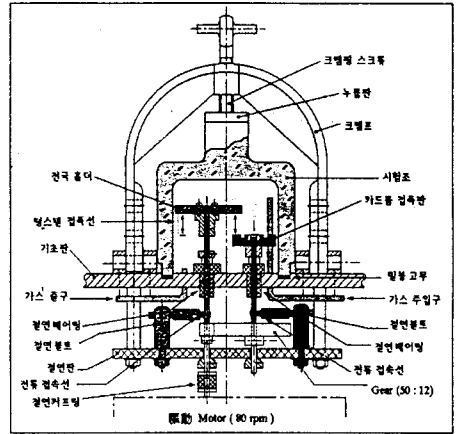


그림 4.3 IEC 형 불꽃점화 실험장치

5. 맺음말

고주파 전기회로에 대한 점화 위험성을 우리 연구원에서 이미 수행한 바 있으나 고주파 방사에 대한 연구는 무선기기의 사용 증가에 따른 점화위험성의 증가에도 불구하고 국내에서는 아직 전무한 실정인 바 이를 평가하기 위한 초기 단계로 고주파 방사에 대한 점화 위험성을 고찰하기 위하여 이미 선진외국에서 사용하고 있는 각종 실험장치 및 실험방법 등에 분석을 실시하였다.

이를 바탕으로 하여 영국 표준 (BS) 규격에 부합되는 방폭지역에서의 고주파방사에 의한 점화실험을 위한 장치를 설계하였으며, 향후 이 장치는 방폭지역에서 고주파 방사 에너지에 의한 가연성가스의 점화 유무를 확인하는데 사용될 예정이다.

[참고 문헌]

- (1) 산업안전연구원, 고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화 위험성 분석 및 방지 대책에 관한 연구, 연구보고서 기전연 95-6-7, 1995. 12.
- (2) 최상원, 이관형, 문정기, "고주파 스파크에 의한 가연성 혼합가스의 점화위험성에 관한 연구", '96 대한전기학회 학회 학술대회 논문집, pp. 1913~1916, 1996. 7.
- (3) BS 6656, Prevention of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency radiation, 1991.
- (4) D.P. Howson and G.H. Butcher, "Coaxial breakflash for R.F. ignition of flammable vapours", Proc. IEE(UK), Vol. 122, No. 12, pp. 1453-1454, December 1975.
- (5) S.I. Ghobrial, M.K. Verma and D.P. Howson, "Hazards to inflammable fuels and vapours due to induced microwave radiation", The Radio and Electronic Engineer, Vol. 46, No. 2, pp. 64-68, February 1976.
- (6) D.J. Burstow, R.J. Leveland, R. Tomlinson and D.W. Widginton, "Radio frequency ignition hazards", The Radio and Electronic Engineer, Vol. 51, No. 4, pp. 151-169, April 1981.
- (7) J.L.J. Rosenfold, D.C. Strachan, P.S. Tromans and P.A. Searson, "Experiments on the incendiarity of radio-frequency, breakflash discharges (1.8-21 MHz c. w.)", The Radio and Electronic Engineer, Vol. 51, No. 4, pp. 175-186, April 1981.
- (8) D.P. Howson, P.S. Excell and G.H. Butcher, "ignition of flammable gas/air mixtures by sparks from 2MHz and 9MHz sources", The Radio and Electronics Engineers, Vol. 51, No. 4, pp. 170-174, April 1981.