

KOSHA GUIDE

E - 125 - 2016

고주파 방사에 의한 점화 및 감전 방지에
관한 기술지침

2016. 11

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 최상원
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 최상원

- 제·개정 경과
 - 2012년 8월 전기안전분야 제정위원회 심의(제정)
 - 2016년 11월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

- 관련규격 및 자료
 - BS 6656, Prevention of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency radiation, 2006.
 - BSI PD CLC/TR 50427, Assessment of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency radiation-Guide, 2004.
 - 社團法人 日本協會東京支部, クラインが受ける電波障害に關する調査報告書, 1996年 5月
 - 산업안전보건연구원 연구보고서, 무선주파수 전자파에 의한 감전방지 기술 개발, 2001
 - KOSHA GUIDE E-47-2012(가스폭발위험장소의 설정 및 관리에 관한 기술지침)
 - KOSHA GUIDE E-48-2012(가스폭발위험장소에서의 전기설비 설계, 선정 및 설치에 관한 기술지침)
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제230조(폭발위험이 있는 장소의 설정 및 관리) 및 제311조(폭발위험장소에서 사용하는 전기기계·기구의 선정 등)

- 기술지침의 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 (www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
 - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2016년 11월 30일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

고주파 방사에 의한 점화 및 감전 방지에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 인화성 가스·증기 또는 분진(이하 “인화성 가스 등”이라 한다.)으로 인한 화재·폭발위험이 있는 장소에서 고주파 방사에 의한 폭발성 분위기의 점화방지와 크레인 등과 같은 루프형 구조물에서의 감전방지에 대하여 필요한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용 범위

- (1) 이 지침은 잠재적인 폭발성 분위기가 존재하는 플랜트에서 통신, 레이더 또는 기타 송신안테나로부터 전파된 전자기장에서 방출된 에너지에 의한 잠재적인 점화 및 감전 위험성을 평가하기 위한 것이다.
- (2) 이 지침은 낙뢰, 전기기기로부터의 복사 또는 설치 시 발생하는 전기 및 통신 또는 전자기기내에서 야기되는 위험성과 같은 수단에서 발생된 전자기장으로부터 야기되는 유사한 위험성은 다루지 않는다.
- (3) 이 지침은 전기폭발기구(EED: Electro-Explosive Devices)의 사용 또는 무선주파수 영역에 대한 폭로의 생물학적 위험성에 관련된 위험성은 고려하지 않는다. 또한 이 지침은 위험성이 존재할 수 있는 곳에서의 위험성을 완화시키는 방법에 대하여 권고사항을 제시한다.

3. 용어의 정의

- (1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “회로정수 Q_k (Circuit Factor)”라 함은 수신안테나로써 작용하는 구조물의 성능 파라미터를 말한다.
 - (나) “추출전력(Extractable Power)”이라 함은 수신안테나로써 작용하는 구조물이 불연속적으로 접속된 저항부하에서의 소비전력을 말한다.
 - (다) “구조물 효율(Structure Efficiency)”이라 함은 동일지역에 넣은 자유공간에서 손실이 없는 단락 다이폴 (Dipole)에 의해 구할 수 있는 최대 추출전력과 정합 부하를 구할 수 있는 구조물과의 추출전력 비율을 말한다.
 - (라) “점화지연 시간(Thermal Initiation Time)”이라 함은 스파크에 의해 발생된 에너지가 열로서 소비되지 않고 스파크 주변의 가스의 작은 체적에 축적되는 시간을 말한다.
 - (마) “전송 안테나 이득(Transmitting Aerial Gain)”이라 함은 안테나의 방향적 능력을 말한다.
 - (바) “취약지역(Vulnerable Zone)”라 함은 잠재적인 점화위험이 플랜트의 폭발위험 장소 내에서 일어날 수 있는 송신기 주변지역을 말한다.
- (2) 그 밖의 용어의 뜻은 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

3. 일반사항

3.1 고주파 위험성

- (1) 고주파 위험성이 존재하기 위한 다음의 것들이 동시에 만족되는지 위험평가 시 상세하게 요구된다.
 - (a) 충분한 세기의 전자기장 방사
 - (b) 수신안테나로써 작용하는 구조물 능력; 폭발위험장소에서만의 구조물을 고려할 것
 - (c) 수신된 에너지 또는 전력이 스파크를 발생할 수 있는가의 메커니즘 입증
 - (d) 폭발성 분위기의 존재

- (2) 송신된 전력에 의존하는 장의 크기, 안테나 이득, 예상되는 기지에 대한 근접성, 고정 또는 이동 송신기에 의해 충분한 세기의 전자기장이 발생할 수 있다.
- (3) 모든 도전성 구조물은 수신 안테나로 작용한다. 그러나 유도된 전류 및 전압의 크기는 설치방법 및 형상에 의존한다.
- (4) 폭발성 분위기를 점화시키기 위하여 요구된 스파크 에너지는 폭발성 분위기의 종류 및 성분에 의존한다. 평가할 때 이들 인화성 물질은 점화를 발생시키기 위한 최적의 상태로 한다.

3.2 접근 방법

- (1) 잠재적인 위험은 비교적 얼마 안 되는 지역에서만 존재하며 위험성의 전체평가는 복잡한 계산과 현장실험을 필요로 한다.
- (2) 구조물이 존재하여 위험지역으로 귀착되는 범위내의 송신기의 서로 다른 종류의 주위영역의 반경 평가는 “실제적인 최악 경우”에 근거를 둔다.
- (3) 계산된 전력은 관련된 특수한 폭발성 분위기를 점화시키기 위하여 요구된 최소 전력과 비교할 수 있다.

4. 송신기 및 송신기 출력 파라미터

4.1 주파수 범위

- (1) 주된 송신기의 주파수 범위는 15 kHz~35 GHz이다. 15 kHz 이하의 전송은 무선주파수 점화위험성을 야기하지 않는다.
- (2) 예외 송신기의 형태는 다음과 같다.
 - (a) 특정대역 0.15 MHz~1000 MHz 범위 내에서의 라디오 및 TV방송 송신기

- (b) 특정대역 0.4 MHz 이상의 통신목적 개인, 상업 및 아무추어용 고정 및 이동 송신기
- (c) 특정대역 220 MHz, 600 MHz 및 1 GHz 이상의 레이더
- (d) 15 kHz를 넘는 항해장비, 무 방향성 비이콘(Beacon) 등

4.2 송신기 출력전력

- (1) 수 W에서 MW까지 송신기 출력전력은 주파수 범위 및 적용에 달려있다고 간주할 수 있다.
- (2) 전력을 규정하는 방법은 다양하며 서로 다른 변조시스템을 고려할 때와 고방향성 안테나에서 사용될 때 위험평가를 위해 전력은 중요하다.
- (3) 일반적으로 실효방사전력을 산출하기 위해 종종 언급되는 2개의 곱이 안테나 이득과 함께 송신기로부터 캐리어 또는 피크 전력출력 값의 둘 중 하나가 규정된다.

4.3 안테나 이득

- (1) 특수한 방향에서 방사를 모으는 안테나를 그 방향에서 이득을 갖는다고 말한다.
- (2) 안테나 이득은 규정된 기준 안테나와 항상 관계된다. 특별한 방향에서 안테나의 이득 G 는 다음 식으로 된다.

$$G = \frac{R}{A}$$

여기서

R ; 기준 안테나로부터 방사되는데 필요한 전력 (W)

A ; 주어진 안테나로부터 방사되는데 필요한 전력 (W)

- (3) 동일 방향에서 고정된 거리의 동일 전장세기를 나타낸다.

(4) 이득은 데시벨로 언급할 때는 로그형식으로 표현된다.

4.4 변조

4.5.1 일반

무선주파수 전송은 방사된 전력이 일정한 경우 무 변조시킬 수 있으며 인증된 전력은 평가목적으로 사용할 수 있다. 이러한 전송은 종종 연속파(CW)로써 언급된다. 그러나 최고의 전송은 정보를 전송하거나 또는 특수목적(예: 레이더)을 달성하기 위해 이들 전송을 할 수 있도록 변조시키는 것이다.

4.5.2 주파수 변조(FM)

무선주파수 전송은 정보를 운반하기 위하여 변한다. 그러나 출력전력은 CW 전송과 같이 일정하게 유지된다. 주파수 이동요소(Frequency Shift Keying; FSK)는 주파수 변조 형이다. 위상 이동요소(Phase Shift Keying; PSK) 및 위상변조(PM)는 출력전력이 변조에 의해 영향을 받지 않기 때문에 변조허용을 필요로 하지 않는 범위 내에서 유사하게 다룬다.

4.5.3 진폭변조(AM)

- (1) 전송진폭은 정보를 운반하기 위하여 변한다. 형태는 음성 또는 음악 또는 부호화된 전송으로 구성할 수 있거나 또는 TV 화상파형이 될 수 있다.
- (2) 음성과 음악이 전송될 때, 인증된 전력은 무 변조된 또는 캐리어 전송 전력이다. 그러나 변조피크에서 순시 전장세기는 음성 또는 음악이 가장 큰 볼륨일 때보다도 2배까지 될 수 있다. 변조피크의 지속시간은 가스의 점화지연시간을 초과할 수 있기 때문에 약간의 전력증가의 허용이 평가 시에 필요로 한다.
- (3) 모르스 및 기타 부호화된 전송을 사용한 변조 폭의 가설은 변조된 일정파(MCW)로 알려져 있다.

- (4) 평균전력은 거의 피크전력과 같기 때문에 TV전송에서 피크전력은 변조허용이 필요로 하지 않는 경우를 제외하고는 보편적으로 인증된다.

4.5.4 단 측파대(SSB)동작

단 측파대 작동에서 피크 외형(Envelope) 전력은 보편적으로 인증된다.

4.5.5 펄스 레이더

펄스 레이더는 빈번한 간격으로 전송된 펄스로 구성한다.

5. 구조물 및 스파크 메커니즘

5.1 구조물

- (1) 2개의 도전성 물체가 무선주파수 방전의 간헐적 접촉이 발생될 때 전자기장에서 금속물체에 전압과 전류가 유기될 수 있다. 방전에 의한 점화의 무선주파수 전력원은 사실, 발생된 전자기장 안에 위치한 안테나이다.
- (2) 안테나 형태는 금속물체 또는 파이프라인과 같은 물체로 조립 또는 통로로 연결된 저장탱크, 수하시설 탱크 및 배기시설로 형성될 수 있다. 그러나 현장의 모든 금속성 물체가 방전으로 인한 상당한 에너지를 방출하는 능력을 가진 것도 아니며 구조물의 몇 종류만이 위험가능 상태를 입증할 수 있다.
- (3) 구조물은 30 MHz 이하 주파수에서 루프형 또는 수직형(모노폴 안테나)으로 나눌 수 있으며 플랜트의 검사로 단순 안테나형의 유추로부터 쉽게 입증할 수 있다.

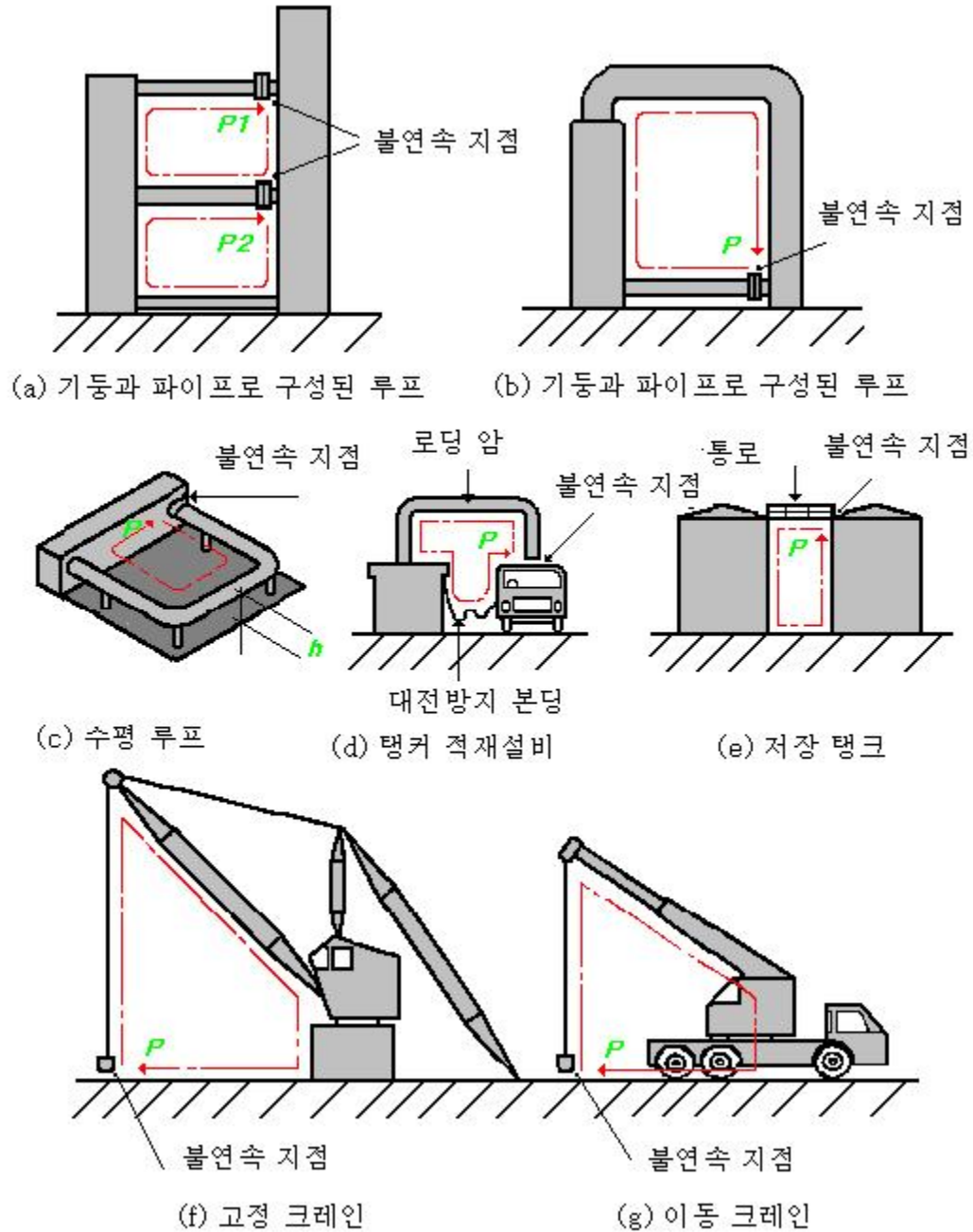
5.2 루프형 구조물

- (1) 30 MHz 이하 주파수에서, 루프 형태(<그림 1>)의 구조물이 다른 형태의 구조

물보다 수신안테나로써 더 효과적이다. 내부 루프길이가 약 반파장일 때, 구조물은 자기공진(Self-resonant)이며 그 효율은 최대이다. 그러나 최적값보다 짧은 루프길이를 갖는 루프구조물은 불연속 지점을 지나는 표류 커패시턴스에 의해 공진을 일으킬 수 있다. 파장에 대한 루프길이의 비율이 0.5 이하일 때 효율은 급격히 감소하며 이 비율이 0.5보다 큰 값일 때 효율은 일정하게 유지된다.

(2) 구조물의 어떤 잠재적 불연속(Discontinuity) 지점에서 다음 정보를 이용할 수 있다면 최대추출 전력을 계산할 수 있다.

- (a) 구조물 길이
- (b) 전송 주파수
- (c) 구조물 장소에서의 발생하는 전장세기



[주] p : 루프의 내부길이, h : 루프의 높이
 <그림 1> 전형적인 루프형 구조물

5.3 수직 구조물

- (1) 인화성 물질이 사용되는 플랜트 또는 공장지역에서 많은 수직 구조물들을 볼 수 있다. 가장 쉽게 볼 수 있는 수직 구조물은 벤트(Vent) 또는 플레아스텍(Flare Stack)이다. 일부분의 기둥과 같이 독자적(Free-Standing)으로 서있는 구조물도 같은 범주에 속한다. 그러나 콘크리트 바닥에 위치한 구조물일지라도 고/저 주파수에서 대지에 임피던스가 낮기 때문에 이 지점에서 추출할 수 있는 전력은 극히 낮다.
- (2) 독자적으로 서있는 수직 구조물은 수신 안테나로써 작용하는 구조물의 좀 더 효과적인 형태로 분류하지 않으며 일반적으로 수직구조물의 부분이 루프의 한 쪽을 형성하는 것을 제외하면 고려할 필요가 없다. 이때 구조물은 루프 내부길이의 근거에 의해 평가하여야 한다.

5.4 스파크 메커니즘

- (1) 높은 무선주파수 전위가 2개의 구조물 사이에 존재하더라도 갭의 성질과 스파크 발생 메커니즘은 불연속지점 주변에 존재하는 가스 또는 증기의 무선주파수 점화에 대하여 매우 높게 관계된다. 만약 두 부분이 초기 접촉에서 떨어진다면 고주파 방전은 가장 쉽게 발생한다.
- (2) 간헐적인 접촉에 의하지 않은 갭의 방전(Breakdown)은 차단스파크로부터 점화를 일으키기 위한 이들의 요구전압보다 상당히 더 높은 전압이 요구되므로 고정 갭을 통한 방전은 중요한 문제로 고려하지 않아도 된다.
- (3) 불연속 지점을 지나는 간헐적인 접촉이 생길만한 구조 또는 동작형태는 예를 들면 루프회로는 로딩암과 탱커사이(루프회로가 탱커로부터 적재시스템의 베이스 대전방지본드에 의해 형성됨)에서 발생하는 마찰접촉이 있는 운반탱커 적재설비를 들 수 있다. 이와 유사하게 보수 시 플랜지를 분리하거나 밸브를 떼어낼 때에, 간헐적인 접촉이 루프 불연속이 발생할 수 있다. 이 조건은 특히 만약 파이프작업에 의해 형성된 루프가 공진의 최적 치수라면 고려해볼만한 가치가 있다. 또한 예로써 만일 도체군의 하나가 굵은 와이어의 꼬은 가닥의 끝부분에서와 같이 날카로운 부분을 형성하고 있다면 방전은 쉽게 얻을 수 있다.

6. 폭발성 분위기의 점화

6.1 폭발성 분위기

- (1) 폭발성 분위기는 위험성이 발생할 수 있는 공기와 가연성 미스트 또는 증기, 가스의 가연성 혼합물이다.
- (2) 스파크의 전력 또는 에너지를 발생하기 위한 스파크 점화는 인화성 가스 또는 증기의 성질과 농도에 의존하는 어떠한 임계값을 초과하여야 한다.
- (3) 위험성 평가를 할 때 방폭관련 기술지침에서 언급한 폭발위험장소의 종류(0, 1 및 2종장소)의 구별은 하지 않는다. 그러므로 잠재적 위험성을 평가하기 위하여, 5절에서 언급한 중요한 구조물은 관련된 가스 또는 증기의 가스그룹과 함께 폭발위험장소를 입증하여야 한다.

6.2 고주파 방전에 의한 점화

- (1) 고주파 방전 및 방전로의 성질에서 스파크 에너지는 주위의 인화성 가스에 전달 되면 복잡한 현상이 일어난다. 그러나 실험실의 조건과 현장시험은 폭발성 분위기를 점화시키기 위한 스파크의 능력은 구조물에서 불연속을 지나는 스파크에 의해 추출될 수 있는 전력 또는 에너지에 의해 결정된다. 전력 또는 에너지의 임계값은 최악의 경우의 값이며 일반적으로 말하면 실제로 점화를 일으키는 데 필요한 값보다는 높은 값이다.
- (2) 특수한 폭발성 분위기에서 스파크에 의해 축적된 에너지가 열로서 소비되는 동안 점화지연시간은 무시한다. 이 시간이 점화지연시간보다 작다면 점화를 결정하는데 중요한 양은 스파크 에너지이다. 반면 점화지연시간보다 크다면 방전전력에 의해 결정된다. 이들 두 경우는 점화지연시간을 초과한 평균전력을 고려하여 조정할 수 있다. 그러므로 만약 방전이 펄스지속시간이 점화지연시간보다 짧고 펄스간격이 점화지연시간보다 긴 펄스전송에 의해 야기된다면, 요구된 피크 전력은 펄스지속시간에 대한 점화지연시간의 비율에 의해 평균전력보다 크다.

6.3 점화 기준

- (1) 실용상으로 점화를 일으키기 위한 무선 주파수 전력의 임계값 P_{th} 은 펄스지속시간이 점화지연시간을 초과하는 펄스전송 및 연속전송에서 <표 1>에 나타낸 값을 필요로 한다.

<표 1> 구조물에서의 고주파 전력 임계값

| 가스 그룹 | 임계전력 P_{th} |
|--|-------------------------------|
| I * 및 II A | 지속시간 100 μs^* 이상, 평균 8 W |
| II B | 지속시간 100 μs^* 이상, 평균 4 W |
| II C | 지속시간 20 μs^* 이상, 평균 2 W |
| * 점화지연시간 | |
| 주 1. 소스임피던스 약 300 Ω 2. 30 MHz 이하 주파수에서 크레인용은 적용하지 않는다. | |

- (2) 펄스 레이더와 펄스가 점화지연시간과 비교하여 짧은(열적 개시시간보다 긴 주기에 의해 구분됨) 전송에서, 싱글펄스가 에너지가 더 좋은 기준이라는 것이 밝혀졌으며 임계 에너지값 Z_{th} 은 <표 2>와 같다.

<표 2> 모든 구조물에서 고주파 에너지 임계값

| 가스 그룹 | 임계에너지 Z_{th} (μJ) |
|----------|----------------------------|
| I 및 II A | 7000 |
| II B | 1000 |
| II C | 200 |

주: 최고의 펄스 레이더 전송은 열적 개시시간과 비교하여 짧은 펄스지연 시간을 갖는 것이다. 그러나 긴 펄스전송이 있을 수도 있고 만약 펄스 지속시간이 열적 개시시간보다 1/2을 초과한다면 <표 2>에서의 임계값을 이용하여 위험이 없다고 하지 않는 한 전문가 의견을 구하여야 한다.

7. 현장측정 및 시험

7.1 전자기장의 측정

- (1) 스파크 점화위험의 전장세기의 측정은 잠재적인 위험의 평가에 대한 중요한 관계를 가진 요인들을 고려하는 것이다. 전장세기의 측정은 구조물에서 일어나기 쉬운 대표적인 장에서 측정한 값의 지점에서 한다.
- (2) 구조물위치가 비록 재방사로 인하여 직접적으로 부근의 장에 영향을 줄지라도 구조물이 세워지기 전의 현장이나 또는 송신기로부터 똑같은 거리만큼 떨어진 지점과 송신기의 방향적 특성에 기인된 오차를 피하기 위하여 유사한 방향으로 이상적으로 측정하여야 한다.
- (3) 비록 대지가 축축할 때 좀 더 높은 전장세기가 예견된다 하더라도 대지조건 변화의 영향은 중요하지 않다는 것이 입증되었으며 측정한 전장세기는 비록 대지가 건조하거나 또는 콘크리트로 되었다 하더라도 수정을 필요로 하지 않는다.
- (4) 30 MHz 이하 주파수에서의 수평극성 전송에서 구조물과 관련된 유사한 높이로 측정하여야 한다는 것이 중요하다.
- (5) 예를 들면 이동 송신기 및 선박과 같은 간헐 전송의 가능성을 고려하여야 하며, 이런 경우 모든 관계된 송신기가 동작한다고 입증하기 위하여 배치를 하여야 한다.
- (6) 제안된 송신기를 시뮬레이션하기 위하여 시험 송신기가 설치된 곳에서 다른 출력과 거리를 허용하는 하나의 요인에 의해 수정할 수 있다.

경고 과대한 무선주파수 방사로부터 인체에 대한 폭로를 방지하여야 한다.

7.2 추출전력의 측정

무선주파수 전자기파에 의해 방사된 구조물의 불연속으로부터 추출할 수 있는 전력은 직접측정에 의해 결정할 수 있다. 다음과 같이 전류를 이용한 2가지 방법이 있다.

(1) 전류 및 전압의 주파수 선택적 측정

특별한 전송주파수에서 추출전력은 구조물의 불연속 지점에서 측정한 전압과 전류값으로부터 계산할 수 있다.

(2) 광대역 전력측정

무선주파수 점화위험평가를 위해 특수하게 개발된 기구를 사용한 고정된 저항성 부하로부터 구할 수 있는 전체전력(모든 송신기)을 측정한다. 이 방법은 10 MHz 까지의 주파수에서 간단한 평가방법을 제공하며 또한 매우 빠르게 얻을 수 있도록 하기 위하여 구조물의 불연속 지점에서 측정한 합계추출 전력을 사용할 수 있게 한다.

7.3 시험 전송

(1) 시험전송이 있는 곳에서, 일시적인 저 전력 송신기는 이상적인 전송 안테나의 제한된 현장과 같은 똑같은 방향으로 놓아 설치하여야 한다.

(2) 시험 송신기의 출력전력은 플랜트에 충분한 신호를 제공하기 위하여 약 50 W에서 100 W로 하여야 할 필요가 있다.

(3) 시험전송은 변조를 필요로 하지 않는다.

7.4 점화 시험

(1) 구조물로부터 추출된 전력이 불연속 지점을 둘러싸는 인화성 가스 또는 증기의 점화를 일으키기 위하여 충분한가를 결정하기 위하여 시험을 수행한다.

(2) 10 MHz 이하 주파수에서, 시험은 녹슨 철 회전원판의 사용은 제외한, 불꽃점화 시험장치를 사용하여 시험을 실시한다.

(3) 폭발위험장소에서의 작동을 위하여 장치는 불활성 가스로 계속 환시시키는 용기 또는 가스 또는 증기의 가연성 농도의 외부점화를 방지도록 된 기타 동등한 효과적인 방법에 의해 둘러싸인다. 높은 주파수에서 불꽃점화 시험장치는 개조된다.

경고: 실제적인 모든 현장시험에서 전체적인 협력과 안전 및 개인행동의 통제 하에서 수행되어야 한다는 것은 기본적인 것이다. 시험이 실시되는 곳에서의 안전운전에 관련된 모든 사람과 시험프로그램에 대하여 생각하고 토의를 하여야 한다. 예를 들면 플랜지의 분리, 밸브제거 등을 일부분의 시험에 포함할 수 있으며, 또한 시험을 수행하는 수행자의 안전과 불완전한 구조물의 지지를 위한 적절한 준비가 있어야 한다. 또한 측정을 폭발위험장소에서 하는 경우 측정목적상 사용토록 제안된 기구는 시험장소에서 사용상 명백하여야 한다는 주의가 필요하고 작업하는데 적절한 허가를 득하여야 한다.

8. 플랜트 안전조치

8.1 일반

- (1) 잠재적 위험성이 입증된 상태에서 관련된 구조물로부터 추출할 수 있는 전력을 감소시키기 위한 측정을 함으로써 플랜트 안전을 도모할 수 있다.
- (2) 이들 측정은 4가지 범주(분당, 절연, 수신 안테나로써 구조물의 효과를 감소 및 동조감소)로 할 수 있다. 플랜트 안전측정의 적용은 전문가일이며 이러한 측정을 채택하기 전에 전문가 의견을 구하는 것을 권고한다.

8.2 분당 이용

- (1) 무선 주파수에서 분당은 낮은 무선 주파수 임피던스의 도체에 의해 2개의 금속성 부분을 접속하는 것이다. 그러므로 두 부분사이의 전압은 현저하게 감소된다. 비록 분당 도체를 통하여 상당한 전류가 흐르더라도 이 전압은 두 부분사이의 방전을 유지하는 데는 아주 낮다. 만약 분당 임피던스가 구조물의 두 부분사이의 무선 주파수 임피던스와 비교하여 낮다면 분당은 유효하다.
- (2) 분당 도체길이가 주요 전송 파장과 비교하여 짧아야 된다는 것을 요구한다. 최대 길이가 파장의 100분의 1로 권고된다. 부가적으로 분당과 구조물의 두 부분사이

의 접촉성은 모든 환경조건하에서도 유지되어야 한다는 것은 기본적인 것이다.

- (3) 본딩에 가장 적합한 적용형태는 예를 들면 밸브의 분리 또는 제거 전에 파이프 플랜지의 양쪽을 가로지르는 것이다.
- (4) 또 다른 적용은 간헐적인 접속을 할 수 있는 통로의 열팽창을 금지하는 두 저장 탱크의 연결하는 통로이다. 이 접촉지점을 가로지르는 본딩이 가장 효과적이다. 예를 들어 접지와 같이 대지에 대한 본딩의 이용은 보통 도체길이가 길게 요구되기 때문에 권장하지 않으며 접지 균압망이 저 손실루프 몇 개로 해결하기 위하여 측정한 것보다 더 큰 문제를 야기할 수 있다.

8.3 절연 이용

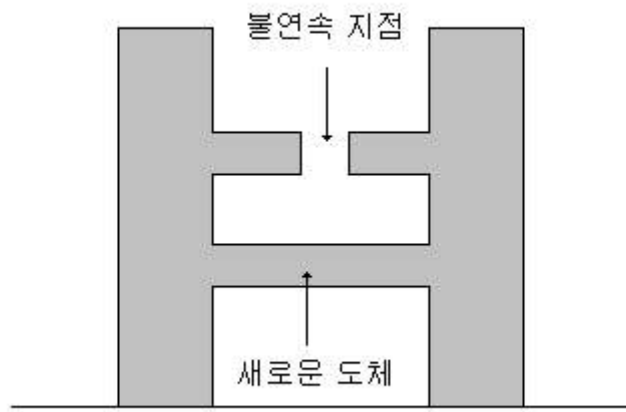
- (1) 절연물질의 이용은 본딩 측정이 불가능한 경우에 효과적이다. 예를 들면 만약 간헐적인 접속을 하는 구조물의 무선 주파수에서 효과적인 절연층에 의해 분리되어 있다면 이 때 차단 스파크 기구에 의해 야기되는 점화성 방전의 가능성은 효과적으로 제거할 수 있다.
- (2) 만일 이것이 불가능하다면, 무선 주파수에서 효과적인 절연 배리어를 가능한 한 간헐 접촉부분에 가까운 구조물의 다른 부분에 삽입할 수 있다. 그러므로 불연속 지점에서 무선주파수 전류는 본질적으로 감소되어 방전발생의 가능성을 최소화시킬 수 있다.
- (3) 절연이 무선 주파수에서 효과적이라는 것을 보증할 필요가 있다. 그렇지 않으면 문제를 악화시킬 수 있다.

8.4 구조물 효율감소

- (1) 길이가 반 파장보다 작은 주파수에서 루프형 구조물의 효율은 길이 대 파장비율에 대하여 임계적으로 의존하여 만일 루프의 길이가 감소한다면 급격하게 감소한다.
- (2) 플랜트 설계자는 루프의 길이를 최소 길이로 함으로써 잠재적인 무선주파수 점화

위험의 가능성을 감소시킬 수 있다. 잠재적인 점화위험성이 존재하는 구조물에서, 하나 또는 그 이상 도체는 <그림 2>에서 보인 바와 같이 작은 구간으로 루프를 나누기 위하여 사용될 수 있다. 구조물의 효율이 감소되어 위험성을 배제시킬 수 있다.

- (3) 이 원리의 확장은 구조물을 본딩한 금속성 메시 시트를 루프의 전 지역에 덮는 것이다. 또한, 금속성 시트 또는 메시의 사용을 포함한 측정은 레이더 빔의 투사로부터 스크린 구조물의 값이 될 수 있다.



<그림 2> 구조물 효율 감소의 예

8.5 구조물의 동조감소

만약 하나의 주 전송 주파수가 문제가 있고, 또한 앞에서 측정한 것이 실용적이 아니라면, 구조물에 대하여 유도성 부품을 접속한 동조감소 시스템에 의해 불연속 지점의 터미널에서 추출전력을 감소시킬 수 있다.

9. 감전방지 조치

9.1 일반

(1) 고주파 방사에 대한 현장 측정 및 시험 시에 크레인과 같은 루프형 구조물에서는 크레인 훅과 접촉하는 하는 경우 등과 같은 불연속지점에서 무선주파수 방사로 유도된 전압에 의해 전격을 받을 수 있기 때문에 이들 구조물과 인체에 대한 감전방지 조치를 하여야 한다.

(2) 이들 감전 방지 조치 기술은 건설현장에서 주로 사용되고 있는 크레인(고정식, 이동식)으로부터의 감전방지를 위한 조치로도 사용할 수 있다.

9.2 감전방지 조치 등

9.2.1 크레인 장치

(1) 훅의 절연처리 또는 절연 훅, 절연용 달기구를 사용한다.

(2) 전기적 루프가 형성되지 않도록 나일론 슬링(Nylon Sling), 직조 슬링 벨트(Webbing Sling Belt)를 사용한다. 단, 이 경우 우천 시나 습기가 많은 경우 절연 효과가 크게 감소하므로 이를 고려하여야 한다.

(3) 접지용 기구를 사용한다.

(4) 훅 블록에 주의 표지를 부착한다.

9.2.2 측정자(작업자)

(1) 걸기 작업에는 와이어 로프가 아닌 나일론 슬링을 사용한다. 와이어에 의한 걸기작업이 필요한 경우에는 와이어로프+나일론슬링+훅으로 한다.

(2) 나일론 슬링을 사용할 때에는 사용하중 및 일상점검을 해서 사용한도를 초과하는 물건은 피한다.

(3) 훅에 직접 링을 거는 경우는 고압 환선작업용 고무장갑을 착용한다.

- (4) 개구부나 철골의 사이에 혹을 내는 경우, 혹이나 감아올리기 와이어를 정리할 필요가 있는 경우에는 고압 활선작업용 고무장갑을 착용한다.
- (5) 타워크레인의 조립, 해체 작업에는 와이어로프나 표면이 절연체로 피복되지 않고 안테나 역향을 하는 물체를 다루는 경우에는 저압 활선작업용 고무장갑을 사용한다.
- (6) 이상의 유의점에 대해 반복해서 지도를 해야 하며, 특히 신규로 작업에 투입되는 사람에 대해서는 철저한 교육이 필요하다.

9.2.3 설비 안전

- (1) 크레인의 과부하방지장치가 전자기파로 인하여 오동작할 우려가 있으므로, 과부하 방지장치를 차폐하거나, 전자기파 장애에 대한 강제인증을 받은 제품을 사용하도록 하고, 이에 인입되는 배선도 차폐시키도록 한다.
- (2) 배선에 유기되는 이상전압을 방지하기위하여 접지, 실드(실드선 사용), 차폐, 다른 배선과 분리, 필터사용 등 필요한 조치를 하여야 한다.

<부록> 구조물에 대한 측정방법(현장시험)

1. 일반

구조물에 대한 현장시험은 추출전력과 점화시험의 측정을 포함한다. 현재 구조물로부터 추출할 수 있는 전력의 최대 주파수는 30 MHz이다. 3 MHz 이하 주파수에서 위험구조물은 더욱 쉽게 입증되며 시험방법은 정교한 기술을 요구하지 않는다. 이보다 높은 주파수에서 본 과정의 다음 단계(예를 들면 점화시험)를 수행하여야 한다는 것을 추천한다.

2. 추출전력의 측정

무선 주파수 파장에 의해 조사된 구조물의 불연속 지점에서 추출할 수 있는 전력은 직접측정에 의해 결정할 수 있다. 다음과 같은 전류를 이용한 두 가지 기초적인 방법이 있다.

(1) 전류와 전압의 주파수 선별 측정

(2) 방송대역 전력 측정

시험을 위해 선정된 구조물은 전송 주파수에서 반 파장에 가장 가까운 내부 길이를 가져야 한다. 중간 파장 대역에서 전송은 이 조건이 가장 큰 내부 길이를 갖는 루프형 구조물에 의해 꼭 만족되어야 한다.

2.1 주파수 선택 측정

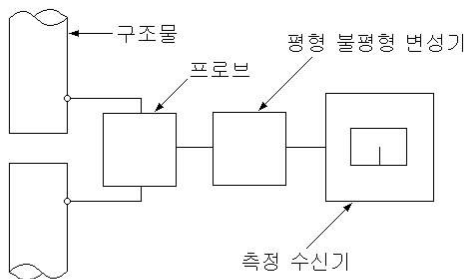
이 방법은 수신기의 동작 주파수내에서 원하는 하나의 주파수의 무선 주파수 전압의 정확히 측정하기 위하여 보통 내부 교정능력을 결합한 주파수 선별측정 수신기를 사용한다. 예를 들면 구조물의 동조부하를 맞출 수 있는 전력과 같은 최대 추출전력은 다음과 같은 측정으로부터 계산할 수 있다.

(1) 부도체를 지나는 개방 회로전압 V_o

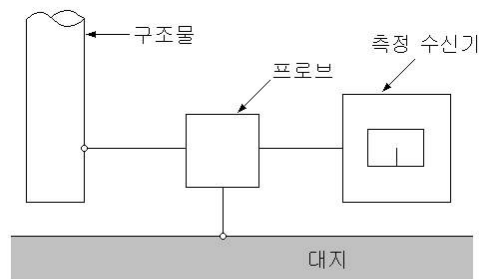
(2) 부도체를 연결하는 단락 회로도체를 통한 전류 I_s

(3) 시험 주파수에서 구조물을 동조시키기 위하여 요구된 리액턴스를 통하는 전류 I_t

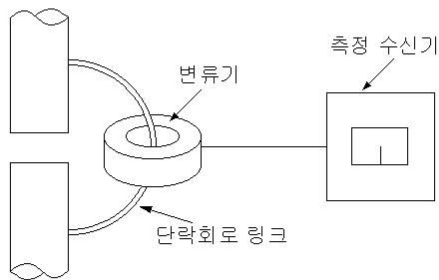
전압측정은 최소 10 kΩ의 입력 임피던스를 가진 전압 프로브로 측정하여야 한다. 전류측정은 차폐된 변류기로 측정할 수 있다. 이들 기구의 교정은 반드시 하여야 한다. 다음 <그림 1>에 적절한 측정 방법의 예를 나타내었다.



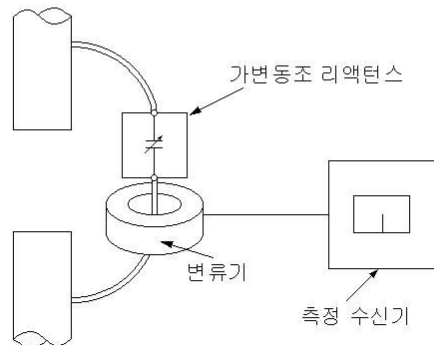
(a) 전압측정-균형 모드



(b) 전압측정-불균형 모드



(c) 단락회로 단말을 통한 전류측정



(d) 외부 동조 리액턴스를 통한 전류측정

<그림 1> 추출전력의 측정을 위한 시험 배열

전압 및 전류의 측정 실효값 V_o , I_s 및 I_t 로 부터 구조물의 임피던스 $Z(=R+jX)$ 는 다음 식으로부터 얻는다.

$$|Z| = V_o/I_s$$

$$R = V_o/I_s$$

이용 가능한 전력 P_o 는 다음 식으로 주어진다.

$$P_o = \frac{V_o^2}{4R} = \frac{V_o/I_t}{4}$$

또한 구조물 효율값은 전장세기 측정이 역시 수행된다면 전압 및 전류측정으로부터 얻을 수 있다. 하나 이상의 전송이 존재할 때 종합 추출전력을 평가하기 위하여 역시 전압 및 전류측정을 이용할 수 있다. 만일 구조물이 이들 전송주파수의 하나에 동조된다면 다른 주파수로부터 추출할 수 있는 전력기여는 구조물의 선택도 때문에 앞에서 언급한 방법에 의해 계산된 P_o 값보다 작게 될 것이다.

비공진(Off-Resonant) 전송에 기인된 종합전력에 대한 기여의 타당성과 정확한 평가는 변조 정합 전력 P_{mm} 을 구하여 얻을 수 있다는 것은 알려져 있다. 이것은 구조물이 다른 주파수에 동조될 때 비공진 주파수 f_i 에서 개방회로 전압을 측정하여 결정할 수 있다.

이때

$$P_{mm} = \frac{V_o V I_s I_t}{2(V_o I_t + V I_s)}$$

여기서 V_o , I_s 및 I_t 는 f_i 에서 이미 측정된 전압과 전류이다.

P_{mm} 값은 순차적으로 각각 주파수에 대하여 동조된 구조물을 갖는 모든 주파수에서 결정된다. 공진주파수의 P_o 값을 더한 변조 동조전력의 합은 각각의 동조조건에서 계산된다. 이때 가장 큰 전력 합을 6.3의 P_{th} 값과 비교한다.

2.2 방송대역 전력측정

무선주파수 파장에 의해 조사된 구조물의 추출전력을 측정할 수 있는 기구는 다수

의 송신기가 존재하는 곳에서의 특수 적용으로 개발되었다.

기구는 구조물의 불연속 지점을 통하여 접속할 수 있는 고정저항을 가지고 있다. 가변 커패시터를 갖는 구조물을 동조시키기 위한 준비가 있어야 하며 부하저항을 통한 중합 실효전류는 부하와 직렬 접속된 필라멘트 램프의 휘도비교에 의해 평가할 수 있다. 이것은 이미 알고 있는 부하저항에서 소비전력을 알 수 있다.

부하변화와 전력측정에 의해 최대값이 이용가능한 부하저항의 범위 내에서 발생하는가와 만일 그렇다면 상응하는 값은 얼마인지를 평가할 수 있다.

3. 시험 전송

제안된 송신기의 위치와 특성은 알려져 있으나 송신기가 존재하지 않는 경우 현장 측정은 시험 송신기의 사용에 의해 실시할 수 있다.

제안된 송신기의 기지 또는 플랜트로부터 약간 다른 거리에 시험 송신기를 설치할 수 있으며 안테나 이득 및 교정된 시험 송신기를 포함하여야 한다.

안테나는 대지면 위에서 전기적으로 단락 수평 모노폴 안테나와 적절하게 동조되는 유니트를 포함한다.

(1) 무 변조된 시험 송신기를 사용하여 실시한 전장세기 E_1 의 측정결과는 다음과 같은 제안된 송신기에 기인한 유효전장세기 E_2 로 하기 위하여 비율을 올려야 한다.

$$E_2 = mE_1 \left(\frac{P_2 G_2}{P_1 G_1} \right)^{0.5} \left(\frac{d_1}{d_2} \right)$$

여기서

P_1 및 G_1 은 시험 송신기의 전력출력과 이득

P_2 및 G_2 는 제안된 송신기의 전력출력과 이득(플랜트 방향에서)

m 은 변조율, 예를 들면

$$m = 1.4(\text{음성 또는 음악에 의한 진폭변조})$$

$m = 2$ (MCW 용)

$m = 0.7$ (SSB 용)

$m =$ 기타 변조 형태

d_1 은 측정하고자 하는 곳과 플랜트로부터 거리

d_2 는 플랜트로부터 제안된 송신기의 거리

(2) 시험 송신기 P_1 에 의해 방사될 때 플랜트에 대한 구조물로부터 추출전력 $P_{x,1}$ 의 측정결과는 다음과 같은 제안된 송신기 P_2 에 기인한 추출전력 $P_{x,2}$ 로 하기 위하여 비율을 올려야 한다.

$$P_{x,2} = m^2 P_{x,1} \left(\frac{P_2 G_2}{P_1 G_1} \right) \left(\frac{d_1}{d_2} \right)$$

4. 점화 시험

10 MHz까지의 모든 주파수에서 구조물로부터 추출할 수 있는 스파크의 점화전력은 회전판과 수없이 간헐적으로 스치는 접촉을 가진 텅스텐 선으로 구성되는 수정된 불꽃점화시험장치(KS C IEC 60079-0)를 사용하여 평가할 수 있다.

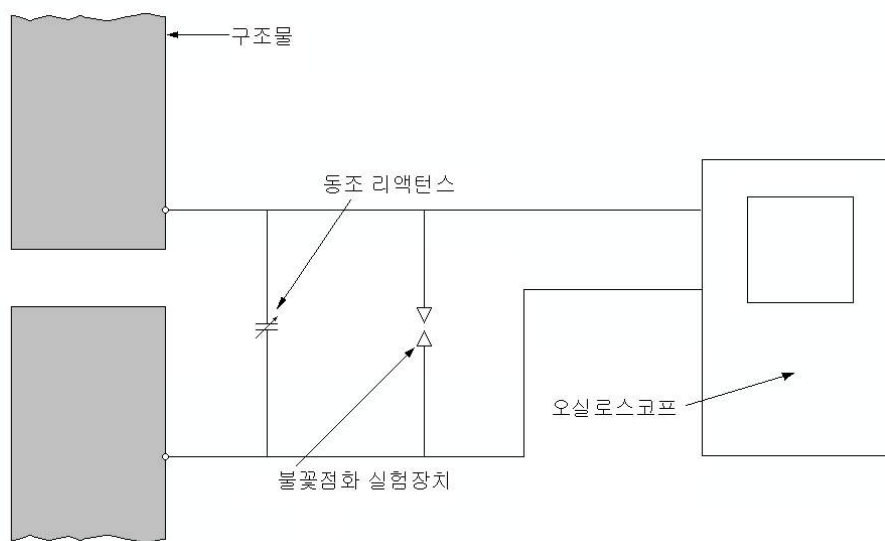
<그림 2>는 점화 시험방법을 나타낸다. 새로운 제안에서는 판 (Disc)은 표준카드뮴 판보다는 녹이 슨 강철이 보다 감도가 좋기 때문에 이를 사용하며 플랜트의 재료에 대하여 좀 더 대표적이다. 메커니즘은 시험가스 또는 증기를 넣을 수 있는 시험조로 전체적으로 밀봉되어 있으면 만일 충분한 전력이 발생된다면 가스의 점화가 발생되며 또한 모니터 할 수 있다.

10 MHz 이상의 전송주파수에서는 불꽃점화 시험장치의 다른 형태를 사용하여야 하며 적절한 시험장치와 만일 필요하다면 회전방법의 채택여부의 선택에 대하여 전문가의 조언을 받아야 한다.

불꽃점화 시험장치의 단자는 외부 동조 리액턴스가 필요한 곳에서는 공진을 맞춘 구조물의 불연속지점 사이에 접속된다. 접속선은 가능한 한 짧아야 한다. 동조리액턴스

는 시험장치 및 모든 모니터 프로브가 접속될 때 구조물 불연속지점을 지나는 최대 전압이 얻어지도록 조정하여야 한다.

불꽃점화 시험장치는 스파크에 의한 점화의 최적농도의 적절한 시험가스/공기혼합물을 공급하여야 한다. 불꽃점화 시험장치의 감도는 구조물 단자의 대신에 유도성 직류 전원 및 카드뮴 이외에 언급된 교정값을 포함하여 IEC에 명시된 과정을 이용하여 시험가스의 몇 회의 점화로부터 얻은 시험 전후에서 확인하여야 한다.



<그림 2> 점화시험의 시험배열