

고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화위험성 분석 및 방지대책에 관한 연구

1995. 12.



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업재해 예방기술의 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화위험성 분석 및 방지대책에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

1995. 12.

주관 연구기관: 산업안전연구원
기계전기연구실

연구수행자: 선임연구원 최상원

여 백

요 약 문

I. 제 목

고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화위험성 분석 및 방지대책에 관한 연구

II. 연구 기간

1995. 1. ~ 12. (12개월)

III. 연구개발 목적 및 필요성

근래 전기·전자기술의 발달에 따라 고주파 전기회로를 가진 전기·전자기기가 증가하고 있으며, 이들이 가연성 혼합기체가 존재하는 장소에 사용될 경우 이 고주파 전기·전자기기 (예: 무선기, 통신선로 등)에서 발생하는 고주파 전기회로 및 방사에 의한 점화위험성이 증가하고 있음.

현재 사용되고 있는 방폭성능검정규격 중 본질안전방폭구조의 본질안전회로에 대한 불꽃점화시험 (IEC 79-3)은 교류회로의 경우 상용주파수로 시험을 하고 있으나, 요즈음 전기·전자기기 기술의 발달과 더불어 고주파 전기·전자회로에서 발생하는 에너지에 의한 점화위험성이 있다는 선진국들의 여러가지 기술자료 및 연구보고가 보고되고 있는 실정임.

본 연구에서는 고주파 전기회로 (특히 저항성)에서 발생하는 주파수 변화에 따른 최소 점화에너지 즉 전압, 전류를 규명하여 관련 고주파 전기·전자기기의 설계시 필요한 설계자료와 아울러 고주파 방사에 의한 점화위험성에 대한 위험성을 규명하고

폭발방지의 안전기술 자료를 개발하여 폭발재해를 미연에 방지코자 하였음.

IV. 연구개발 내용 및 범위

본 연구의 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 고주파 전기회로 및 고주파 방사에 의한 점화위험성 분석 및 방지에 대한 국외 관련자료를 비교, 검토하였다.
- 고주파 전기회로의 스파크발생 실험장치의 파악 및 비교, 검토한 후 IEC 79-3의 불꽃점화 실험장치를 이용하여 저항회로, 아세틸렌가스·공기혼합기체 및 에틸렌 가스·공기혼합기체, 고주파수 (60 Hz ~ 1 MHz)에서 최소 점화전압을 구했다.
- 실험에 관련된 Registor Box (Non-Inductive) 및 High Frequency Amplifier를 개발하였다.
- 고주파 전기회로 및 고주파 방사에 의한 점화특성 메커니즘과 위험성을 실험 및 관계이론을 분석하여 이의 방지대책을 제시하였다.

V. 연구개발 결과 및 기대효과

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 고주파 전기회로에 의한 점화특성 분석 및 방지대책 제시
- 플랜트 구조물 현장에서의 고주파 방사의 물리적 측정방법 및 이에 대한 점화 위험성 방지 대책 제시
- Registor Box (Non-Inductive) 및 High Frequency Amplifier 개발
아울러 본 연구결과 기대되는 효과는 다음과 같다.
- 고주파 전기회로를 가진 관련 전기·전자기기의 방폭화 기술개발에 기여 (방폭제

품 제조자)

고주파 방사에 의한 전파 위험성의 측정 및 방지대책을 위한 기술자료로 활용

(방폭제품 사용자)

검정기준상의 평가기법 수립 및 고주파로 인한 중대 산업재해의 분석자료

여백

목 차

제 출 문	i
요 약 문	iii
제1장 서 론	1
1. 연구배경	1
2. 고주파 점화 실험회로의 비교	3
2.1 개요	3
2.2 영국	4
2.3 독일	8
2.4 일본	9
3. 고주파 방사에 의한 점화위험성	11
제2장 고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 혼합기체의 점화위험성 및 방지대책	13
1. 머리말	13
2. 대기압하에서의 고주파 스파크 방전	14
3. 고주파 점화 실험회로	16
4. 실험장치의 구성	17
5. 실험방법	18
6. 실험결과	19

7. 실험결과와 검토	20
7.1 직류와 고주파 교류의 점화한계 비교	20
7.2 개폐시에 발생하는 방전	22
7.3 방전에너지의 계산	23
7.4 방전에너지의 추정과 혼합기체로의 점화	24
8. 점화방지 대책	25
 제3장 결 론	 45
 참고문헌	 49
 부록: 고주파 방사에 의한 가연성 분위기의 점화방지	 53

제1장 서론

1. 연구배경

근래 전기·전자기술의 발달에 따라 고주파 전기회로를 가진 전기·전자기기가 증가하고 있으며, 이들이 가연성 혼합기체가 존재하는 장소 (이하 방폭지역이라 한다)에 사용될 경우 이 고주파 전기·전자기기 (예: 무선기, 통신선로 등)에서 발생하는 고주파에 의한 점화위험성이 증가하고 있다.

현재 사용되고 있는 방폭성능검정규격 중 본질안전방폭구조의 본질안전회로에 대한 불꽃점화시험 (IEC Pub. 79-3)은 교류회로의 경우 상용주파수로 시험을 하고 있으나, 요즈음 전기·전자기기기술의 발달과 더불어 고주파 전기·전자회로에서 발생하는 에너지에 의한 점화위험성이 있다는 선진국들의 여러가지 기술자료 및 연구보고가 보고되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 고주파 전기회로 (특히 저항성)에서 발생하는 주파수 변화에 따른 최소 점화에너지 즉 전압, 전류를 규명하여 관련 고주파 전기·전자기기의 설계시 필요한 설계자료 제공만을 계획하였으나 플랜트 구조물에서 고주파 방사에 의한 점화위험성을 고려해 볼 때 중대산업재해의 방지측면이 더욱 크고 중대했기 때문에 아울러 고주파 방사 (Radiation)에 의한 점화위험성에 대한 위험성을 규명하여 폭발방지의 안전기술 자료를 개발하여 폭발재해를 미연에 방지코자 이를 추가하여 연구하였다.

고주파 전기회로는 주파수가 높아질 수록 점화위험성이 없는 것이 원칙이나, 현재 이 설계를 위한 기본적인 자료가 부족하다. 고주파에 의한 점화위험성에 대해서는 Bittner, Butcher 등이 저항회로에서 또한, Burstow 등은 안테나로써 작용하는

금속성 구조물에서의 점화위험성을 평가할 목적으로 점화한계를 보고하고 있다. 또한, 일본에서는 “도선인장 단선형”에 의한 전기회로의 Open시의 점화한계를 보고하고 있다.

본 연구의 주된 목적은 실험으로 구한 점화한계로부터 고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 위험성을 명백히 하여 고주파 전기·전자회로를 내장한 방폭전기기기의 설계자료의 제공을 목적으로 하고 있다. 실험은 IEC (International Electrotechnical Committee) 규격을 기초로 하여 20, 30, 40 및 50Ω 저항회로에서 아세틸렌·공기 및 에틸렌·공기 혼합기체의 최소 점화전압을 구하였다. 주파수 범위는 60 Hz ~ 1 MHz, 불꽃점화 실험장치는 현재 방폭성능검정에 사용되고 있는 IEC형이다.

아울러 고주파방사에 대한 각종 점화실험장치의 비교와 위험성 등을 검토하였으며, 이에 대한 방지대책은 부록 1에 제시하였다. 고주파 방사에 의한 점화방지대책 규격은 영국의 경우 전자기기 기준 위원회 (Electronic Equipment Standards Committee)에서 최초로 제안되었다. 전자파는 금속성 도체구조물과 충돌하여 전류를 야기시키는 무선주파수 (r.f.: radio frequency, 이하 고주파라 함)송신기에 의해 발생하며, 야기된 전류의 진폭은 송신된 신호의 파장 및 전자장의 파장에 관련된 구조물의 형상과 크기에 의존하게 된다. 정상적으로 접촉하고 있는 구조물의 부분이 순간적인 차단 또는 분리 (예; 진동 또는 보수시)될 때 만약 차단시에 야기된 전압 또는 전류가 충분히 크다면 스파크가 발생할 수 있다고 보고하고 있다. 만일 이러한 상황이 가연성 위험분위기가 존재하는 장소에서 발생된다면 위험상태가 발생할 수 있다.

그러나 점화가능성은 스파크가 가연성분위기를 점화시킬 수 있는 충분한 에너지를 방출하여야 하는 등 여러가지 요인에 의존한다. 점화위험성을 야기시키는 r.f.의 평가 및 방지를 위한 논리적인 방법을 송신기 조작자, 플랜트 관리자 및 관련된 모든 관계자에게 도움을 주기 위한 체계적인 과정을 부록 1에 수록하였다.

2. 고주파 점화 실험회로의 비교

2.1 개요

가연성 물질을 취급하는 공장에서 무선송신기에서 방사되는 고주파에 의한 점화위험성에 대해서 영국에서는 1978년 HSE (Health and Safety Executive)에 의해 광범위하게 조사되었다. 이에 대한 실험으로는 Bradford 대학에서 처음으로 연구되었다. 본절은 고주파 점화의 위험성에 대한 실험장치, 방법 등에 대하여 설명한다.

전극의 차단속도와 r.f. 불꽃점화장치의 방전에 의한 이전의 실험은 Bittner에 의해 정리되었다. 그는 저항전원의 주파수와 임피던스의 변화가 여러가지 가연성물질/공기 혼합물을 점화하기 위해 필요한 최소 전압이 어떤 영향을 미치는가에 대해 연구했다.

Bittner는 수소, 에틸렌, 프로판 및 메탄과 공기혼합물을 점화시키기 위하여 50 Ω 회로에서 요구된 전압을 측정하여 보고하였다. 수소에서는 DC ~ 10⁴ Hz로부터 20V의 점화전압은 별로 변화하지 않았다. 10⁴ Hz ~ 10⁷ Hz에서는 점화전압이 약 60V이었다. 기타 다른 가스에서는 DC ~ 수 kHz에서 점화전압은 점차적으로 증가추세를 나타내었다. 10⁵ Hz에는 급격하게 증가하였으며 10⁷ Hz에서는 일정하게 유지되었다.

Butcher et al.는 24V, 100 mH 회로의 표준전류에서 점화를 일으키는 IEC형 텅스텐-카드뮴 점화실험장치의 동축케이블에서 수소가스를 점화시키기 위한 스파크 에너지를 발표하였다. DC ~ 10⁴ Hz에서의 점화는 약 2W에서 발생하였다. 10⁴ 및 10⁷ Hz에서 에너지는 약 100W까지 Semilog Plot에서 직선적으로 증가하였으며 그리고 5×10⁸ Hz에서 약 20W로 감소하였다.

저항성회로 또는 「인덕턴스를 무시할만한 회로」에서 가장 흥미있는 관계는 회로전압의 함수와 점화전압이다.

Gehm과 Dobritz는 최소 점화전압에 대하여 0.5에서 5 MHz까지 병렬공진회로의 Q, 즉 여러가지 공진계수의 영향에 관해 실험했다. Howson과 Butcher는 수

소·공기 혼합기체를 점화하기 위해 필요한 최소 전력의 주파수 의존성에 대해 연구했다. Gunell의 연구중 몇몇 알려지지 않은 연구는 점화전력에 대하여 전원임피던스가 미치는 영향이다. 동시에 최근의 연구들은 Widginton이나 Howson 그 밖에 다른 사람에 의해 독자적인 연구를 수행하여 왔다.

Widginton 등은 전극의 재료와 여기주파수의 변화에 대한 영향을 연구했다. 그는 동조관 루프와 50 Ω의 저항전원을 가지고 실험을 했다. 그들은 프로판, 부탄, 그리고 메탄의 공기혼합기체가 유사한 r.f. 점화특성을 가지고 있다는 것을 알아냈고 또한, Gunnell의 결과들도 확인했다.

2.2 영국

2.2.1 Busrtow 등의 실험

수신안테나로 작용하는 루프형 구조물로부터 고주파 점화위험성을 10 MHz까지, 다이폴형 구조물로는 9 GHz까지 실험을 하였다. 실험중 구조물로부터 점화임계 추출전력은 다중전송의 영향을 받는다. 그림 1.1은 방전을 야기하는 작은 루프안테나의 등가회로를 나타낸 것이며, 그림 1.2는 각종 개폐접촉방식에 따른 점화실험장치를 나타낸 것이다.

본 실험장치는 10 MHz까지의 50 Ω 저항전원과 동조 루프에서 고주파 방전에 의한 점화위험성을 평가할 수 있다.

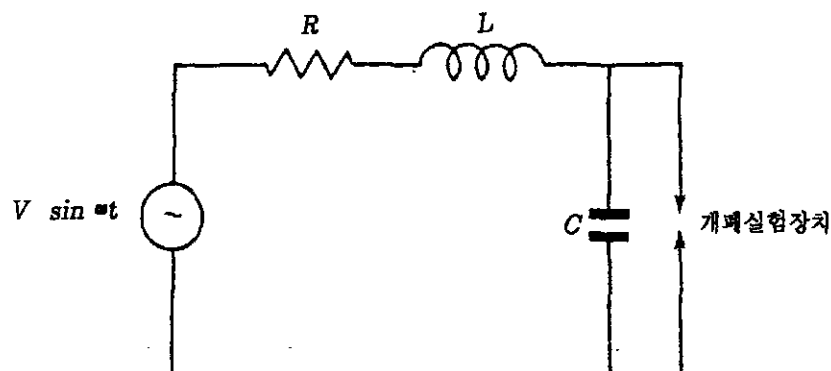
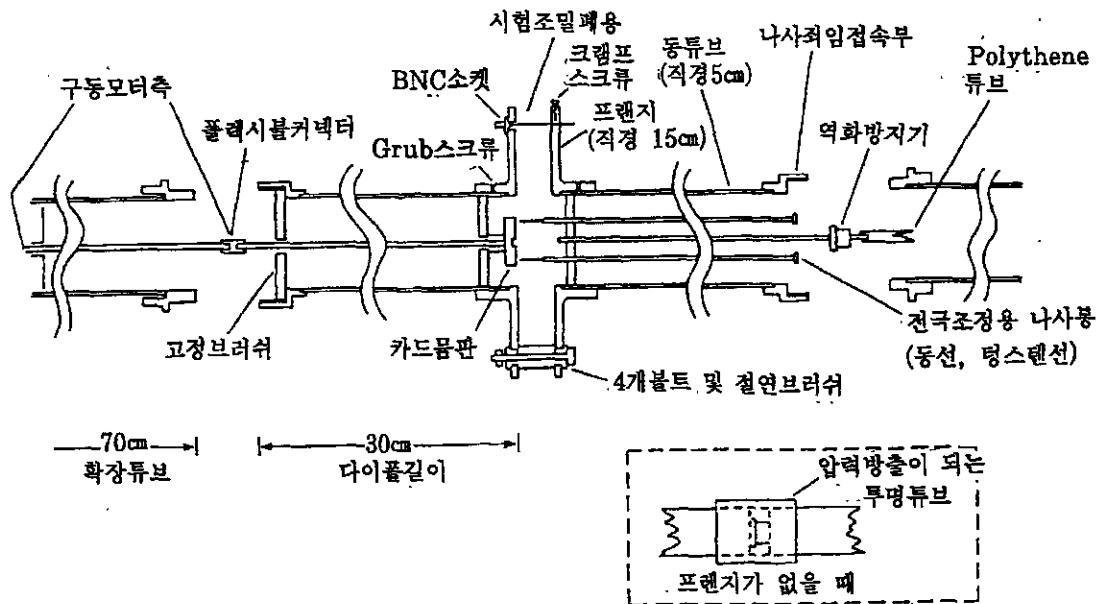
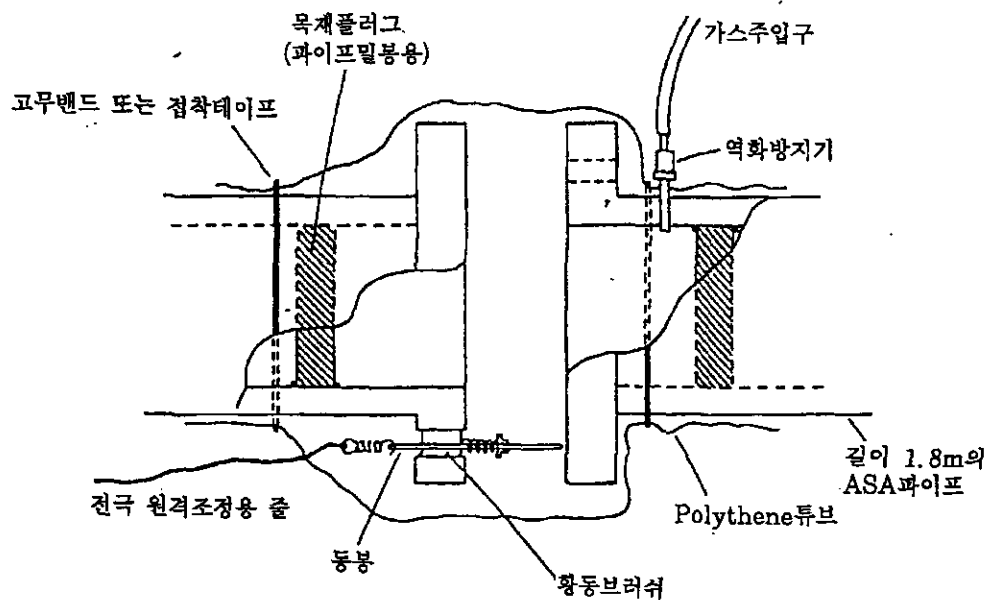


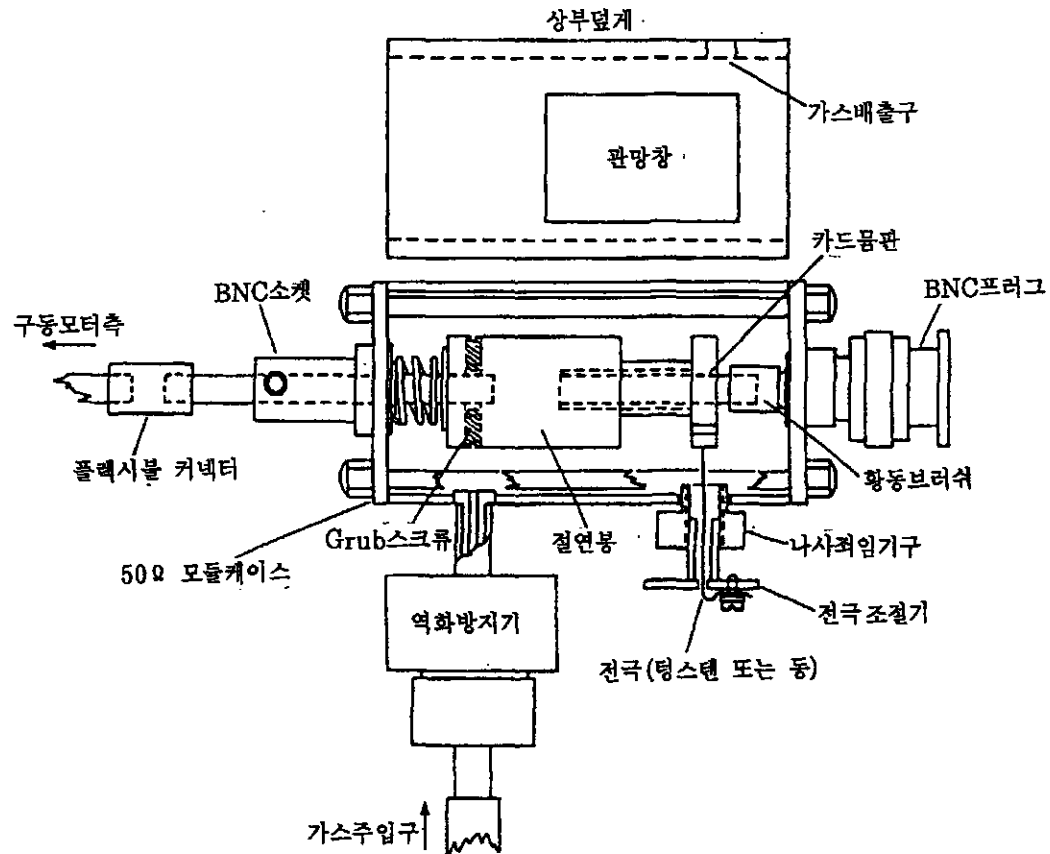
그림 1.1 소형 루프안테나의 등가회로



(a) IEC 형 접촉자를 가진 동파이프 다이폴 실험장치



(b) 펄스접촉자를 갖는 파이프 다이폴 실험장치



(c) 소형동축케이블 불꽃점화실험장치
그림 1.2 각종 고주파 점화실험장치

2.2.2 Butcher 등의 실험

Butcher 등이 제안한 실험으로 TV, Radar 등 무선송신기의 작동은 방사에너지에 의한 것이며, 금속성 구조물과 같은 뜻하지 않는 환경에서 열에너지 (즉: 스파크)로 변환시키기 위한 작은 영역으로부터 안테나 공간 및 방향의 큰 영역에서 방사된 에너지를 추출하여 이 전력에 의한 점화위험성을 평가하였다, 실험은 DC ~ 500 MHz에서 3개의 안테나에서 추출한 전력으로 하였으며, 그림 1.3에 그 실험장치를 그림 1.4에 방사에 의한 실험으로 사용한 기본 안테나를 나타내었다. 추출전력측정에 사용되는 안테나로서는 다이폴이론에 입각한 긴 다이폴 안테나가 가장 많이 사용되며 또한 적합하다.

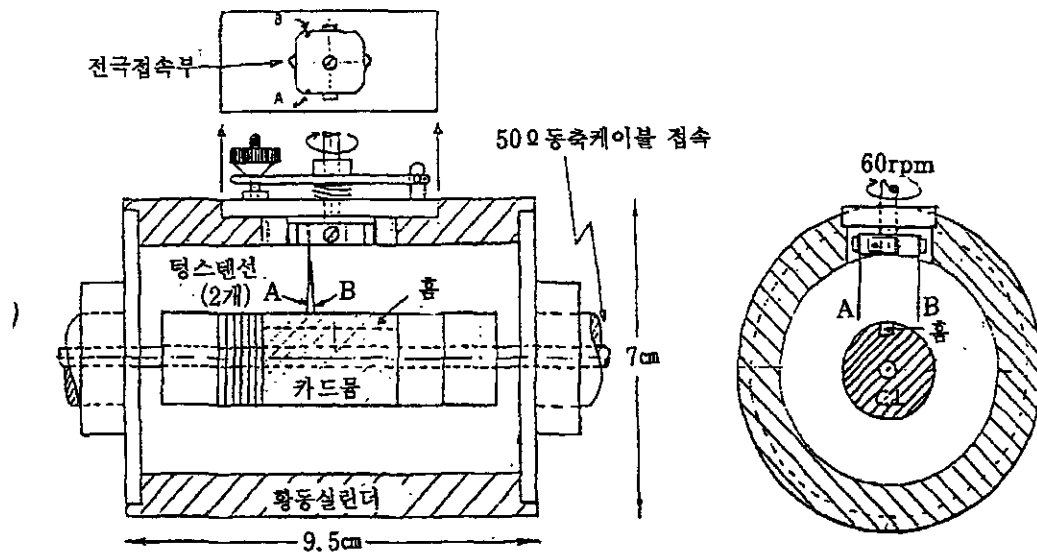


그림 1.3 실험장치

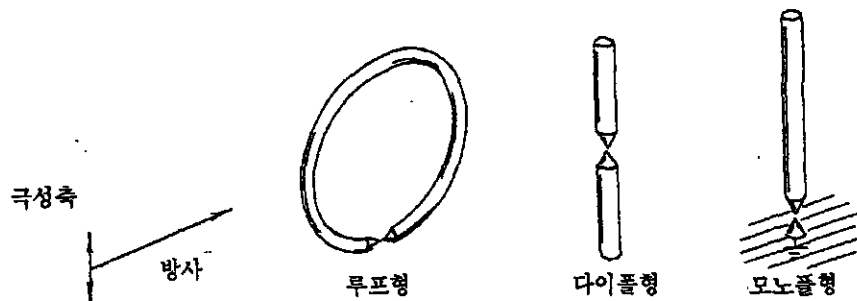


그림 1.4 안테나 종류

2.2.3 Rosenfeld 등의 실험

그림 1.5는 1.8 ~ 21 MHz의 연속파를 사용하여 최소 전압, 전력을 녹슨 강철 전극을 이용하여 측정한 장치이다. 전극재료로써 녹슨 강철전극은 Clean Metal 전극보다 최소 점화전압이 낮다는 것은 이미 알려진 사실이다. 장치의 연소실은 지름이 80mm, 길이가 115mm의 내부용적을 가진 얇은 황동 실린더이며 이것은 절연판위에 올려있지만 r.f. 전력케이블과 전기적으로 접속되어 있다. 고정된 전극은 저용량

PTFE의 돌출부분에 놓여 있으며 챔버의 바깥부분의 r.f. 터미널과 직접 연결되어 있다. 이동 전극은 챔버의 반대쪽 벽에 있는 '0' 링을 통하여 움직인다. 챔버와 전극은 동축이다. 실린더 구멍은 압력변환기, 압력스위치, 파열디스크, 가스공급 및 관망창으로 구성된다. 챔버의 가스 공급라인은 화염트랩과 나일론 절연부분을 가지고 있다. 이동 전극은 공기구동기에 의해 조절된다. 솔레노이드 밸브는 저 주파수(대략 1Hz)에서 구형파 발진기 및 제전기에 의해 작동된다. 황동밸브에 의한 피스톤 배기는 개폐스트로크의 속도를 조절할 수 있다.

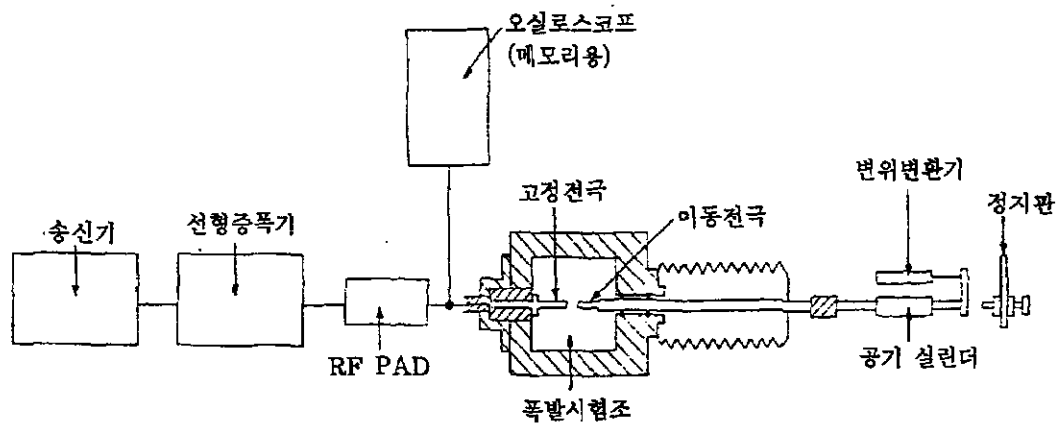


그림 1.5 점화시험장치

2.3 독일

그림 1.6는 Guénault et al.에 의해 발표된 저속 및 간헐차단 장치에서 직류 24V와 상용교류 15V를 사용하여 측정한 점화전류를 나타내고 있다.

저속차단장치는 12.5 mm/sec의 비율로 개폐되는 플라티늄과 10% 로듐으로 구성된 것이며 간헐차단장치는 810 mm/sec의 비율로 개폐되는 플라티늄과 4% 몰리브덴으로 구성한 것이다. 현재 상용주파수 교류와 직류의 최소 점화에너지는 거의 동일하다고 보고되고 있다.

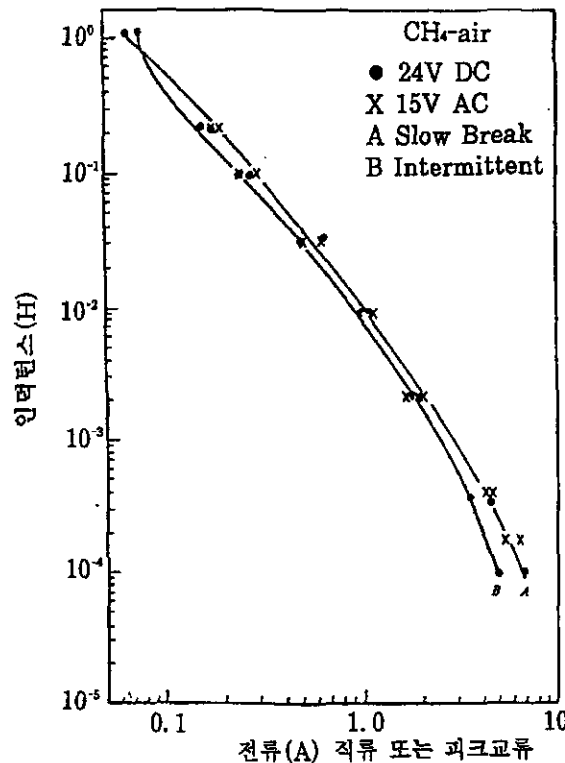


그림 1.6 직류 및 교류의 비교

2.4 일본

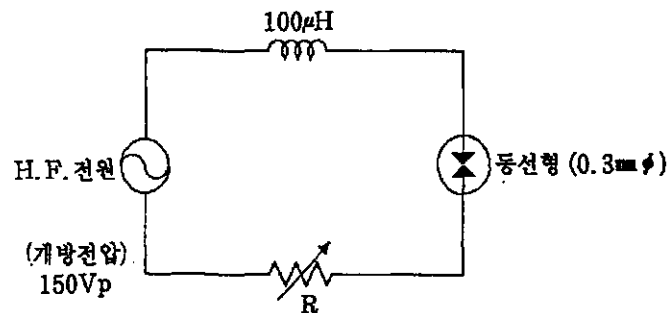
일본의 경우 고주파 회로에 대한 점화위험성 실험은 Tanaka가 처음으로 도선인장 단선형(그림 1.7, 이하 동선형이라 한다)으로 Open시만을 실시하였다. 저 인덕턴스회로에 대하여 고주파 방전불꽃에 의한 점화한계를 구하였다.

고주파 전원으로서 출력전압, 출력전류 및 주파수를 파라미터로 하여 가변시켰으며, 고주파 전원의 구성은 전원부, 발전부, 출력안정증폭부 및 측정조작 판넬부로 구성되며 주파수는 1 kHz ~ 10 kHz, 10 kHz ~ 100 kHz의 전환방식으로 하였다. 출력은 200V, 100V, 50V, 25V의 탭을 붙이고, 출력전류는 파형왜형을 고려하면 2A 이상 얻어지도록 한 것을 사용하였다. 출력안정도는 $\pm 0.5\%$ 이하로, 출력조정은 0~100% 연속 가변으로 하였다. 실험에 사용한 전원장치의 동작특성을 측정한 예를 나타내면 표 1.1과 같다.

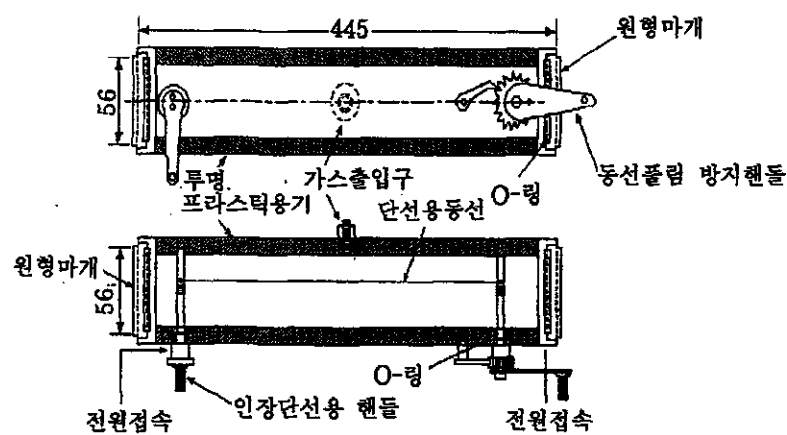
그림 1.7은 동선형 실험장치의 상세도와 실험회로의 예를 나타낸 것이다.

표 1.1 고주파 전원의 동작특성 (부하저항 = 100Ω)

주파수 (kHz)	양극전압 (kV)	양극전류 (mA)	출력전압 (Vp)
1	0.5	80	80
	1.0	200	175
	1.5	335	260
10	0.5	75	100
	1.0	168	210
	2.0	415	420
50	0.5	22	30
	1.0	60	77
	2.0	120	200
100	0.5	62	80
	1.0	150	165
	2.0	400	360



(a) 실험회로



(b) 동전형 실험장치

그림 1.7 실험장치 및 실험회로

3. 고주파 방사에 의한 점화위험성

현재까지는 최소 점화에너지에 대한 취급으로 직류와 상용주파수를 동등하게 다루었다.

예를 들면 낙뢰보호시스템, 보호도체시스템, 전인강철탈로프, 크레인, 파이프시스템과 같은 아주 큰 금속구조물은 안테나로써 작용한다. 이들은 송신기지의 지역에서 고주파와 무의식적으로 만나게 된다. 게다가 만일 적절한 전압과 스파크 갭이 있는 상태에서 수 센티미터의 스파크가 발생하여 이때 가연성 분위기가 존재한다면 점화를 일으킬 수 있다. 전압은 주파수를 순차적으로 다양하게 변화시킨 장세기로 구한다.

그림 1.8은 장·중파 송신기에서의 점화에너지를 나타낸 것이다. 송신기 출력, 수신구조물의 형태와 유효높이, 송신기와 수신안테나 사이의 거리를 알면 점화위험성을 알 수 있다.

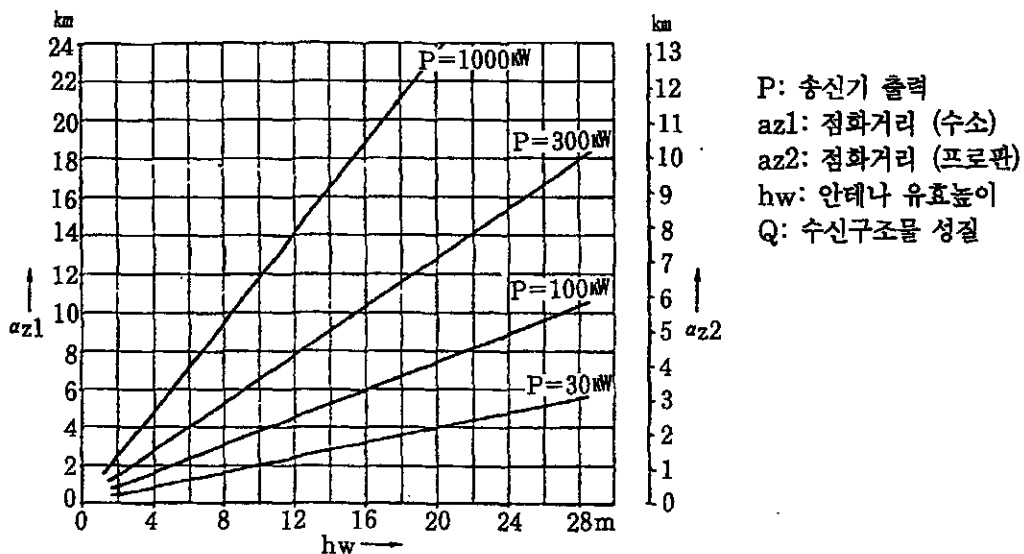


그림 1.8 도체와 장중파 송신기 사이의 점화거리
(조건: $Q < 40$; $C < 600$, $pF: az > 4\lambda$)

그림 1.9는 무부하시와 단락회로로서의 스파크 점화능력을 나타낸 것이며, 그림 1.10은 수소와 공기혼합물을 사용하여 0.5에서 300 MHz의 고주파 방사에 의한 장세기 및 전력밀도를 나타낸 것이다.

특성 곱 (Charateristic Product)은 안테나 성질과 안테나의 유효 높이의 곱, 등가 임피던스의 유효 및 무효성분의 비로부터 결정된 안테나의 성질을 포함한다.

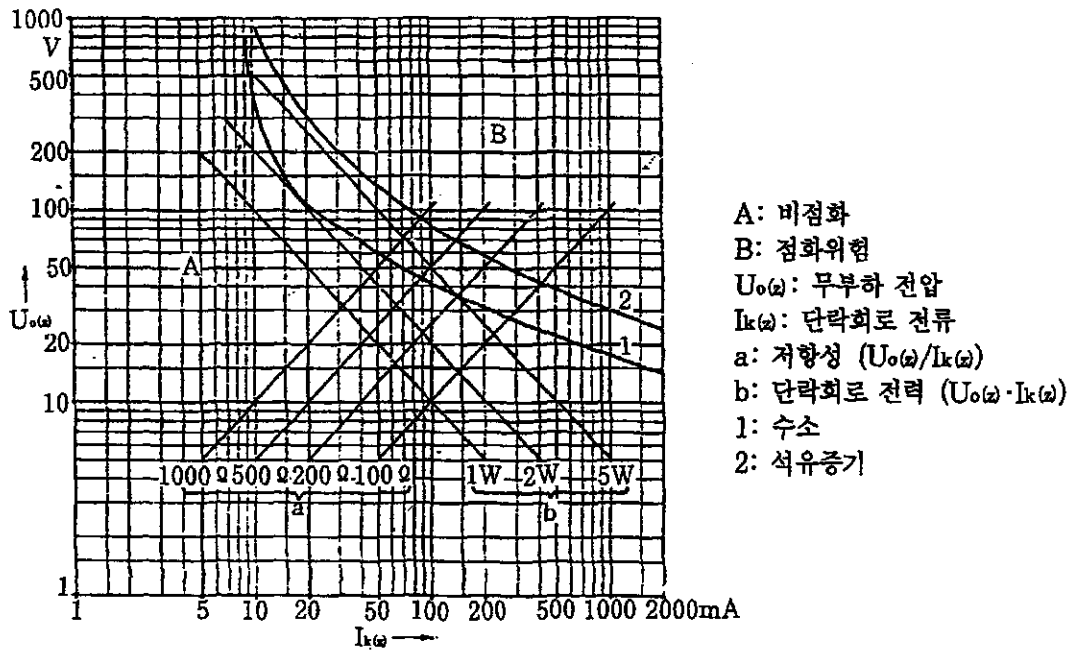


그림 1.9 스파크 점화능력

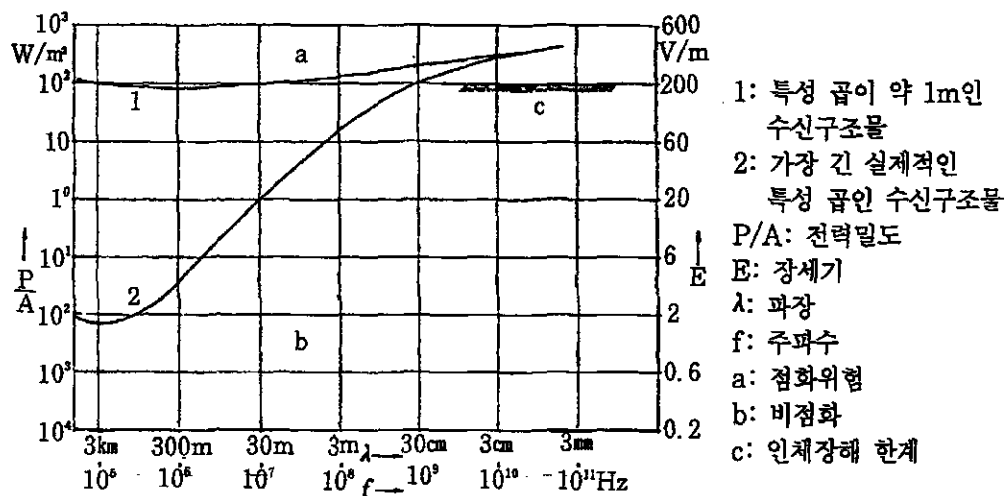


그림 1.10 장세기 및 전력밀도

제2장 고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 혼합기체의 점화위험성 및 방지대책

1. 머리말

전기·전자 기술의 발달에 따라 고주파 전기회로 (예; 휴대용 무선기 등)를 내장한 전기기기들이 증가하고 있으며, 이들이 가연성 혼합기체가 존재하는 장소에서도 사용되고 있다. 이와 같은 장소에서 사용하는 전기기기들은 점화위험성이 없어야 하는 것이 원칙이나, 현재 점화위험성을 가진 고주파 전기회로를 내장하는 전기기기들이 사용되고 있으며, 실제로 이러한 전기기기들을 설계하기 위한 기본적인 Data도 매우 부족한 실정이다.

고주파에 의한 점화 위험성은 전기기기가 갖는 고주파 회로의 단선 또는 단락시에 발생하는 전기불꽃과 고주파 방사 (Radiation)에 의해 방폭지역의 금속성 구조물이 안테나로 작용하여 발생하는 전기불꽃에 대한 위험성으로 크게 나눌 수 있다.

고주파 방사에 의한 점화위험성 실험은 안테나로 작용하는 수신구조물의 종류가 너무 다양하며 이에 따른 전기적 등가회로도 각기 다르기 때문에 현장에서 일일이 측정하여 시뮬레이션 및 실험이 필요하다. 그러므로 실험조건도 까다롭다. 그림 2.1은 각종 구조물의 등가회로를 현장에서 측정하여 나타낸 것이다.

본 장은 고주파에 의한 점화 실험회로를 비교 검토함과 동시에 전자의 고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 위험성을 평가하여 방폭전기기기 설계의 유용한 자료를 제공코자 하였다.

본 실험은 IEC (International Electrotechnical Committee) 규격을 기초로 한 IEC형 불꽃점화 실험장치를 이용하여 20, 30, 40 및 50 Ω 저항회로에서 아세틸

렌·공기 및 에틸렌·공기 혼합기체의 최소 점화전압을 구하였다. 실험은 60 Hz ~ 1 MHz의 주파수 범위에서 실시하였다.

2. 대기압하에서의 고주파 스파크 방전

평등전계에 인가하는 전압을 직류 대신에 어떤 주파수를 가진 교류전압이라고 하면, 스파크 방전 전압 V_s 는 어떻게 변하겠는가가 상당한 관심사이다. 가령 대기압하의 공기중에서 주파수를 파라메타로 하여 전극간격에서 측정한 스파크 방전전압 V_s 는 그림 2.2와 같이 된다. 주파수가 낮은 전원 주파수인 50 ~ 60 Hz일 때에는 파고치가 직류전압과 동일하게 되지만, 주파수가 증가와 더불어 스파크 방전전압은 어느정도 저하된다.

그림 2.3은 그림 2.2보다 더욱 높은 주파수에서의 스파크 방전전압을 나타낸 것인데, 2개의 漸近線 사이를 주파수에 의하여 서로 다른 전극간격으로 전이되는 것을 나타내고 있다. 그림 2.2의 경우보다 V_s 가 현저하게 저하됨을 알 수 있다.

이와 같이 주파수 f 와 더불어 V_s 가 저하되는 현상을 설명하려면 正負의 兩 荷電粒子의 운동에 대하여 생각하면 된다. 낮은 f 에서 증가시켜가면 우선 이온의 운동은 그 영향을 받는다. 이것은 正이온이 전자보다 질량이 무겁기 때문에 즉시 방향을 바꾸어 전계에 따라 움직일 수 없기 때문이다.

이온의 이동도를 μ 라 하면 전계 $E \cos \omega t$ 에서 움직이는 거리 x 는 이동속도 $v = \mu E \cos \omega t$ 를 적분하여,

$$x = \left(\frac{\mu E}{\omega} \right) \sin \omega t \quad (2.1)$$

가 된다.

만일 진폭의 2배 $2x = 2\mu E/\omega$ 가 전극간 거리 l 보다 작게 되면 그림 2.4와 같이, 전극간의 중앙에서 출발한 이온은 전극내를 진동하여 전극에 도달할 수 없게 된다. 이와 반대로 $2x$ 가 l 보다 크면, 중앙의 이온이라도 어느 한쪽의 전극에 도달한

다. 이와 같이 하여

$$\frac{2\mu E}{\omega} = 1 \quad (2.2)$$

이 하나의 한계를 주며, 이 조건 이상으로 f 를 증가시키면 전극간에 포착된 이온의 수는 증가한다. 이와 같이 포착된 이온의 수가 증가하면 暗流의 상태에서 正의 공간전하가 전계를 왜곡시키고, 또한 $\int_0^1 \alpha dx$ 도 1기압에서는 공간전하의 작용이 적을 경우보다 크게 되어 스파크 방전이 발생하기 쉽게 된다. 즉 V_s 가 저해된다.

주파수가 더욱 상승함에 따라 이온의 진폭은 더욱 적어진다. 말하자면 이동하기 어렵게 되어 결국 γ 작용 (정 이온에 의한 전자 방출 작용)이 감소하고 다시 스파크 방전전압은 약간 상승한다. 더욱 주파수가 상승하면 다음에는 움직이기 쉬운 전자까지 포획된다.

이 조건은

$$\frac{2\mu_0 E}{\omega} = 1 \quad (2.3)$$

로 정해진다.

μ 는 전자의 이동도다. 이렇게 되면 방전메커니즘은 Townsend 식과 전혀 다른 것이 된다. 부근의 전자가 전극간을 진동하여 γ 작용이 없어도 발생된 전자가 확산하여 전극에서 소실될 때까지의 긴 수명을 가지고 衝突電離를 반복하므로, 낮은 V_s 에서 방전개시가 된다.

電離에 의한 전자의 증대 쪽이 확산 손실보다 크게 되는 한 압류는 증가한다. 임계조건은 面쪽이 평형을 이룰 때이다.

지금 α 를 1초간 전리의 횟수, τ 를 전자가 확산으로 소실될 때까지의 평균수명이라 하면 스파크 방전조건은 다음과 같이 된다.

$$\alpha\tau = 1 \quad (2.4)$$

이와 같이 전자가 포착되는 상태에서는 고주파 전계에 의하여 이온은 전혀 움직이지 않아 γ 작용은 없게 된다. 따라서 전극은 반드시 필요하지 않으며 전계를 발생시

키기 위하여 유리용기의 외부에 놓아도 된다. 더욱 더 f 를 증가시키면 전자가 운동하기가 힘들어 스파크 방전전압을 상승시킨다. 전자의 진동진폭이 ω 에 반비례하여 감소된다고 생각하는 것은 이동도 μ 가 관계없다고 생각하였기 때문이나, 실제로는 이동도 그 자체도 고주파 전계하에서는 ω 의 영향을 받아 감소하므로 진폭의 감소는 ω 가 충돌주파수 ν 와 같은 정도가 되면 현저하게 감소된다. 진폭이 적어지면 전리 작용도 적어져 $\omega > \nu$ 이면 V_s 는 상승한다.

이와 같은 것은 이온의 진폭에 대해서도 일어나는 일이지만 대기압에서 전자는 이온에 비해 ν 가 상당히 크며, 특히 이온에 대하여 μ 에 ω 의 영향이 나타나기 전에 전자의 포착이 생기게 된다. 전자에 대해서

$$\omega = \nu \quad (2.5)$$

가 되는 것이 하나의 조건이며, 이것은 대기압에서는 마이크로파의 주파수가 된다.

3. 고주파 점화 실험회로

고주파에 의한 점화위험성의 실험에 대해서는 Bittner, Burstow 등이 저항회로와 안테나로써 작용하는 구조물에서의 등가 LCR 회로로 점화위험성을 평가할 목적으로 점화한계를 보고하고 있다. 또한, 일본에서는 도선인장 단선형에 의한 Open시만의 방전불꽃에 대한 점화한계를 보고하고 있다. 그러나 전자의 논문에서는 점화한계를 구하는 조건이 명확하지 않고 또한, 후자는 Open시만을 중심으로 검토한 것이기 때문에 고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 위험성을 평가하는데 충분하지 않다.

개폐불꽃에 의한 점화한계를 구하는 기본적인 전기회로로써 저항성회로, 용량성회로 및 유도성회로가 있다. 유도성회로는 주파수의 증가와 더불어 Impedance가 증가하기 때문에 주파수와 점화한계의 관계를 구하는 데에는 광대역 및 대용량의 전원이 필요하며 기초 데이터를 얻는 방법으로서 현실적이지 못하다. 용량성회로는 고주파수의 영역에서는 콘덴서를 흐르는 전류가 많고 Open시에 발생하는 전압은 일반적

으로 저항회로보다도 작게 된다.

이 외에 안테나 역할을 하는 구조물에서의 방전을 시뮬레이션하는 회로로써 그림 2.5와 같은 LCR의 회로가 고려되고 있으나 공진시에 방전에너지가 가장 크게 되기 때문에 저항성회로가 많이 사용되고 있다. Burstow 등도 50Ω 의 저항회로를 사용하여 기초적인 한계를 구하고 있다. 실험장치의 예는 그림 2.6과 같이 L형 안테나를 설치하여 접촉, 차단시켰으며 주파수는 9.1 MHz와 2 MHz에서 실시하였다. 그림 중 (a)는 높은 임피던스 전원에 적합하다. 한편, 고주파 전원에는 50Ω 의 출력 Impedance를 갖는 회로가 많으며 또한, 50Ω 의 특성 임피던스를 갖는 동축케이블을 배선으로써 많이 이용하고 있다. 그러나 본 연구에서 보다 폭넓은 설계자료를 제공하고자 50 및 40, 30, 20Ω 의 저항회로부터 점화한계를 구하는 실험을 실시하였다.

4. 실험장치의 구성

실험회로는 그림 2.7에 나타낸 바와 같이 고주파 전원, 50Ω ($10\Omega \times 5$)의 무유도 저항 (Non-Inductive Resistor) 및 불꽃점화 실험장치로 구성되며 동축케이블로 배선하고 있다. 실험에 사용된 동축케이블은 3D2V 및 RG-58/u로 그 특성은 표 2.1과 같으며 아울러 가능한 한 짧게 배선하여야 한다.

고주파 전원은 발전기와 고주파 증폭기로 구성되며 발전기의 출력 정현파를 실험에 필요로 하는 전압까지 증폭하여 점화 실험장치에 전력을 공급한다. 본 실험을 위하여 개발한 고주파 증폭기의 외형은 그림 2.8에 그 회로도도 그림 2.9에 증폭기의 사양은 표 2.2에 나타내었으며, 출력 임피던스는 작아 저항회로의 실험용 전원으로서 적당하다. 또한 증폭기의 출력 파형은 그림 2.10과 같이 외형은 거의 나타나지 않는다. 파형의 외형은 점화한계에 관계되며 정현파에 비하여 첨예한 경우에는 점화 확률이 낮고 역으로 평탄한 경우에는 점화확률이 크게 된다.

50Ω 의 저항은 Reactance 성분의 영향을 가능한 한 작게 하기 위하여 수제형의

무유도 저항(10Ω)을 5개 직렬 연결하여 사용했다. 그 외형은 그림 2.11과 같다. 또한, 개개의 저항 사양은 주파수 대역이 DC~1000 MHz, 임피던스는 $50\Omega \pm 2\%$ ($10\Omega \pm 1\%$), 정격 전력은 50W이다. IEC형 점화 실험장치 (IEC-Type Breakflash Apparatus)는 IEC Pub. 79-3에서 추천하고 있는 개폐불꽃의 점화 실험장치이며 아울러 우리 연구원에서 방폭성능검정에도 사용하고 있다. 그 구조는 그림 2.12와 같다. 전극은 2개의 평행한 홈이 있는 카드뮴 원판전극 (직경 30mm)과 직경 0.1mm, 길이 11mm인 4개의 텅스텐 선전극으로 구성되며 약 250mm의 플라스틱 용기 안의 중앙에 설치된다. 텅스텐 선전극은 전극을 지지하는 금속판과 함께 80 rpm의 속도로 회전하며 카드뮴 원판전극은 이것과 반대로 약 20 rpm의 속도로 회전하여 양전극사이에 실험회로를 접속시키면 회전하면서 개폐불꽃을 발생시킨다. 그림 2.13은 실험장치 구성사진을 나타낸다. 본 실험장치는 10 MHz이하의 주파수에 서만 실험이 가능하다.

불꽃점화 실험장치가 IEC 규격에서 전극홀더 구동모터의 속도가 상용주파수에서 80 rpm이나 본 실험에서는 전극의 개폐속도를 높이기 위하여 본 실험장치의 최대 회전수인 112 rpm으로 하였다. 전극의 형태 및 개폐속도는 소염작용과 밀접하여 개폐속도가 빠를수록 소염작용은 증가하는 것이 보편적이나 그 한계는 주파수 조건에 따라 달라진다. 이때 본 실험장치에서 전극이 Open하여 0.2 mm 떨어지는 데에 걸리는 시간은 약 $8.1\mu\text{s}$ (112 rpm의 경우) ~ $11.3\mu\text{s}$ (80 rpm의 경우) 사이이며, 닫히는 속도는 약 0.16 m/S ~ 0.23 m/S이다.

5. 실험방법

불꽃점화 실험은 IEC형과 거의 동일한 방법으로 실시하였다. 우선, 주파수 및 시험전압을 설정하고 아세틸렌·공기 혼합기체 (아세틸렌 가스 $15\pm 1\%$ Vol.) 및 에틸렌·공기 혼합기체 (에틸렌 가스 $7.8\pm 0.5\%$ Vol.)를 그림 2.12의 플라스틱 용기에 넣어 시험전극을 회전시켜 소정의 회전수간에 혼합기체에 점화되는가 여부를 관측하

여 점화된 최소의 전압을 구했다.

시험전압은 처음에 임의설정된 전압에서 $10V_{pp}$ 씩 올리고 내려 점화된 경우에는 $2.5V_{pp}$ 내리고 점화되지 않은 경우에는 $2.5V_{pp}$ 올려 점화에서 비점화 또는 비점화에서 점화로 변화될 때까지 반복하였다. 1회 시험마다 전극지지판을 1000회 회전시켰으며, 전극의 개폐의 회수는 적어도 4000회를 넘도록 하였다. 점화실험 Flow Chart는 그림 2.14와 같다. 시험전압을 V_{pp} 관측하여 공급하는 것은 실효값이나 피크값보다 점화와 비점화사이의 편차를 줄이기 위한 것이다. 텅스텐 선전극은 IEC 규격에서 제시하는 용단장치를 사용하여 절단후 사용하였으며 사용회수는 전극지지판의 회전수가 40000회를 기준으로 교환하였다. 아울러 시험전후의 장치의 감도교정은 IEC 규격에서 제시하는 방법을 따라 아세틸렌·공기혼합기체에서는 직류 24V, 0.3A에서, 에틸렌·공기혼합기체에서는 직류 24V, 0.7A에서 텅스텐 선전극 지지판을 400회전시켰을 때 혼합기체에 점화되는가를 확인하여 실험값으로 채택여부를 결정하였다.

6. 실험결과

그림 2.15에 각 실험마다의 점화된 최소 피크-피크전압을 나타내었다. 이들 최소 전압은 60Hz, 500Hz, 5kHz, 10kHz, 50kHz, 100kHz, 500kHz 및 1MHz에 대하여 얻은 Data를 혼합가스별, 대상부하별로 기입하였다. 그림은 점화된 전압 중에서 가장 낮은 전압을 연결시킨 것이며 이후 이것을 최소 점화전압으로 한다. 단, 실험결과중 아세틸렌·공기 혼합기체의 1 MHz에서는 추정값을 기입한 것이다.

그림 2.16은 전극지지 회전판의 회전수를 매 시험마다 1000회전시켜 점화가 일어난 때의 회전수를 Plot한 것이다. 대체적으로 700회전내에서 폭발이 발생하였다. 회전수를 될 수 있는한 무한히 하면 좋으나 이는 실험시간의 과도한 소요와 더불어 시간에 따른 혼합기체의 불균일을 이유로 한정시킬 수 밖에 없었다. 점화확률론적으로 본 실험장치가 가장 우수하다고 입증되었기 때문에 본 실험의 회전수의 감소에 따른

최소 점화전압의 편차는 최대 $\pm 2.5V_{pp}$ 이다.

그림 2.17에 최소 점화전압 및 각 부하저항에서 주파수별로 텅스텐 선전극과 카드뮴 원판 전극간 (이하 전극간이라고 한다)을 단락시킨 때의 전류 및 그때의 전원전압과 전류의 비를 나타내었다. 이 비는 임피던스에 상당하나 리액턴스 성분이 충분히 작기 때문에 저항과 같다. 또한, 전류 및 저항은 측정마다 미소하게 변화하기 때문에 대표적인 값으로 나타내었다. 이 변화는 주로 사용한 점화 실험장치의 축과 축받이간의 접촉저항 및 전극과 전극사이의 접촉저항의 변화에 기인하는 것으로 추정된다. 전압과 전류의 비는 마찬가지로의 원인에 의해 설정된 저항치보다도 큰 값을 나타내고 있다.

7. 실험결과의 검토

7.1 직류와 고주파 교류의 점화한계 비교

교류의 경우는 반 사이클마다 방전이 소멸한다. Open시 교류파형의 위상에 의해 방전에너지도 다르며 최대로 되는 것은 교류의 최대치에서 Open하는 경우이다. 지금 정현파 교류의 최대치 및 실효치를 I_m 및 I 로 하여 주파수를 f , 위상차를 θ 으로 하면

$$I = I_m \sin 2\pi f t \quad (2.6)$$

이다. 교류 반파 사이에 I 가 I_m 의 95% 사이에 도달하는 시간 T_0 를 계산하면 다음과 같다.

즉, $T = \frac{1}{f}$ 로 놓으면

$$T_0 = 2\left(\frac{T}{4} - \frac{\sin^{-1}0.95}{2\pi f}\right) \doteq 0.1T \quad (2.7)$$

그러므로 정현파 교류의 경우에는 10회중 1회만이 최대치의 부근에서 Open할 기회가 존재한다. 방전불꽃에 의한 가스점화가 확률법칙을 받는 것으로 하면 직류와

같은 최대치의 교류에 의한 점화위험성은 약 1/10이라고 말할 수 있다. 결국 잠재적 점화능력에서는 직류와 상용주파수 교류와의 차이는 없으나 점화확률로서는 교류 쪽이 작은 것으로 안전성이 높게 된다고 말할 수 있다.

이상과 같은 점화확률의 차는 실제의 본질안전 방폭전기회로의 점화시험을 실시할 경우의 시험회수에도 관계되며 직류회로의 시험회수에 비하여 상당수 증가시키지 않으면 안된다는 것을 의미한다. 교류회로의 경우는 전류치가 시간과 더불어 변화하는 것으로 직류회로에 비하여 방전이 불안정하게 되며 또한, 반드시 전원이 0으로 되는 순간이 존재하기 때문에 방전은 일단 소멸한다. 그러므로 상용주파수를 넘는 영역은 방전지속시간이 짧게 되며 방전 에너지도 작게 되는 것으로 점화한계가 높게 된다. 이것은 부하의 시정수, 부하전류의 크기 등이 관계되는 것으로 간단히 주파수만으로는 결론을 내린다는 것은 불가능하다.

더욱이 주파수가 높게된 상태에서는 전류가 0으로 된 경우에도 전극의 냉각이 충분하게 진행하지 않아 전극간에서 방전의 재발생의 조건이 유지되도록 된다. 그러므로 방전을 지속하여 방전 에너지를 증대시키는 영향이 나타난다.

그리고 상용주파수의 경우에 취급한 식 (2.7)을 도입한 것과 마찬가지로 교류반파의 기간에 최대치의 99% 이상으로 회로를 Open할 확률을 계산하여 보면 약 0.09로 된다. 그러므로 만약 n 회만 Open시를 시험한다고 하면 최대치의 99%이상으로 적어도 1회 Open할 확률은

$$P = 1 - (0.91)^n \quad (2.8)$$

로 된다. 예를 들면 $n = 100$ 에서는 $P = 0.99992$ 로 되며 지극히 1에 가깝게 된다.

이것은 정현파 교류라고 하는 가정하에서만 성립하며 일그러짐파의 경우에는 반드시 적용되지 않는다. 만일 파형이 정현파에 비하여 첨예하다면 최대치의 99% 이상에 도달하는 시간은 반주기 시간의 9% 미만이므로 P 도 작게 된다. 예를 들면 반주기 시간의 1%만이 최대치의 99% 이상인 경우에는 $n = 100$ 으로 $P \approx 0.75$ 로 된다.

이상과 반대로 전류파형이 정현파에 비하여 평탄한 경우에는 결과도 역으로 된다. 예를 들면 반주기 시간의 25%가 최대치의 99% 이상으로 되는 파형의 경우에는 $n = 100$ 으로 하면 $P = 1 - 0.75^{100} \doteq 1 - 3.24 \times 10^{-13}$ 으로 되며 거의 1로 간주하여도 지장은 없다.

방전 지속시간이 비교적 큰 경우에는 첨예한 파형 또는 정현파형보다도 평탄한 파형으로 되는 쪽이 점화조건으로서는 양호한 것으로 동일 주파수이라면 평탄한 파형 쪽이 점화한계가 저하된다. 그러나 실험에서는 n 을 크게 하는 것이 곤란하기 때문에 이것을 검증하는 것은 불가능하다.

7.2 개폐시에 발생하는 방전

그림 2.18은 전극간에서 관측한 방전전압 파형의 일례이다. 개폐속도 및 전압변화를 주어 개폐시의 파형을 측정한 것이다. 전극간에 인가한 전압은 최소 점화전압 또는 기타의 전압으로 다른 주파수에서도 거의 동일한 파형이 관측되었다. 또한, Open시의 전극속도는 주로 텅스텐선 전극의 탄력작용에 의해 결정되며, Close시는 텅스텐선 전극의 이동속도가 늦기 때문에 방전의 개시 및 종료는 주로 전극간의 전압변화에 의해 방전형상이 결정된다.

개폐불꽃의 특징은 다음과 같다.

- ① 전 주파수에 걸쳐 개폐불꽃은 아크를 수반하는 방전이다.
 - ② 개·폐의 어느 경우에서도 아크전압은 거의 동등한 값을 나타낸다.
 - ③ 주파수가 낮은 경우 아크지속시간은 Open시 보다도 Close시가 더 길으나 주파수가 높게 되면 모두 같게 된다.
 - ④ 주파수가 낮은 경우 1회의 Open 또는 Close에서 연속방전의 회수는 Open시 보다 Close시가 많으나 주파수가 높게 되면 모두 같게 된다.
- ①, ②는 전극재질에 의존하며, ③, ④는 낮은 주파수에서는 전극의 이동거리가 Open시와 Close시가 다르기 때문이며 주파수가 높게되면 방전의 발생 및 소멸이 주

로 인가 전압의 영향을 받기 때문이다.

7.3 방전에너지의 계산

개폐불꽃은 아크를 수반하는 방전이기 때문에 방전에너지 E_a 는 방전전류 I_a 와 아크전압 V_a 의 곱의 시간 적분으로 구한다. 여기서 방전을 반파장 사이에 일어나는 1회 방전으로 한정하여 t_1 을 아크 개시시간, t_2 를 아크 종료시간으로 놓으면 방전 에너지는 다음 식으로 표현된다.

$$E_a = \int_{t_1}^{t_2} V_a \cdot I_a dt \quad (2.9)$$

식 (2.9)의 V_a 로써 그림 2.18에 나타난 바와 같이 방전전압 파형에서 측정한 값을 사용하는 것으로 한다. 아크전압의 평균은 주파수에 의존하지 않고 $10V_{pp}$ 부근의 값을 나타내고 있다.

I_a 는 아크전압과 같이 측정하는 것은 곤란하며 이 경우 아크전압을 근거로 다음 (2.10) 식에 의해 산출할 수 있다. 그러나 본 실험에서는 페라이트 자성체를 사용한 홀 센서로 측정하여 비교하였다. 계산시 여기서 $V_m \cdot \sin 2\pi f t$ 는 전원전압, R 은 전극을 단락시킨 때의 회로저항으로 한다.

$$I_a = \frac{(V_m \cdot \sin 2\pi f t - V_a)}{R} \quad (2.10)$$

방전 지속시간 T_d 는 전극간 전압이 아크전압 이상으로 되면 반파장 이내의 시간으로 가정하여 식 (2.11)과 같이 된다. 또한, 그림 2.18의 방전전압 파형은 실험에서 측정한 바 방전의 개시시점에서의 아크전압은 종료에서의 아크전압과 다르기 때문에 식 (2.11)은 지속시간의 최대는 아니며 이와 근사한 값으로 된다.

$$T_d = t_1 - t_2 = \left[\left(\frac{1}{2\pi f} \right) (\pi - 2\sin^{-1} (V_a/V_m)) \right] \quad (2.11)$$

여기서

$$t_1 = \left(\frac{1}{2\pi f} \right) \sin^{-1} (V_a/V_m) ; t_2 = \left(\frac{1}{2\pi f} \right) - t_1$$

식 (2.11)에 아크전압의 평균 ($10V_{pp}$)를 대입하면 그림 2.19와 같은 지속시간의 계산값을 구할 수 있다. 지속시간은 개폐시간에 의해 크게 달라지므로 (즉 전극지판의 개폐속도 증가) 측정값은 대략값에 지나지 않으나 계산치에 근사한 값을 알 수 있었다.

식 (2.9), (2.10) 및 (2.11)로부터 반파장 간에 일어나는 1회 방전에서 발생하는 방전 에너지 E_a 와 주파수의 관계를 구하면 식 (2.12)로 표현된다.

$$\begin{aligned} E_a &= \int_{t_1}^{t_2} V_a \cdot I_a dt \\ &= \left(\frac{V_a}{R}\right) \left[\left(\frac{V_m}{2\pi f}\right) (\cos 2\pi f t_1 - \cos 2\pi f t_2) - V_a \cdot T_d\right] \end{aligned} \quad (2.12)$$

7.4 방전에너지의 추정과 혼합기체로의 점화

앞의 검토로부터 V_a 를 아크전압의 평균 ($10V_{pp}$), R 을 회로의 저항평균 (51.92Ω , 40.20Ω , 30.20Ω 및 20.17Ω) 그리고 V_m 을 그림 2.15의 최소 점화전압으로써 식 (2.12)로부터 1회 방전에서 발생하는 에너지를 구하면 그림 2.20과 같이 된다. 아세틸렌·공기 혼합기체 및 에틸렌·공기 혼합기체에서는 점화에 필요로 하는 시간 (Ignition Induction Time 또는 Thermal Initiation Time)은 아세틸렌의 경우는 $20\mu S$ 이며, 에틸렌은 $40\mu S$ 정도 (계산 값)이다. 한번의 방전마다 지속시간이 이 시간보다 긴 경우에는 그 방전에서 발생한 에너지가, 짧은 경우에는 이 시간 내에 발생한 몇 개의 방전에 의한 에너지의 합이 점화를 평가하기 위한 기본으로 된다.

10 kHz 이하에서의 반파장은 $20\mu S$ 이상이기 때문에 혼합기체로의 점화는 1회의 방전 에너지에서 발생한 것으로 되며, 50 kHz 이상에서는 반파장이 $20\mu S$ 이하로 되기 때문에 점화에는 2회 이상의 방전이 관계된다.

한편, 아세틸렌·공기 혼합기체에서는 500, 1000 kHz에서 1회 방전마다의 에너지가 최소 점화에너지 (약 $18\mu J$) 이하로 되며, 분명히 2회 이상의 방전 에너지가 가산

된다고 볼 수 있다. 역시 에틸렌·공기 혼합기체에서는 50, 100, 500 및 1000 kHz에서 1회마다의 에너지가 최소 점화에너지 (약 $100\mu\text{J}$) 이하로 되며 아세틸렌·공기 혼합기체와 같이 2회 이상의 방전에너지가 가산된다고 할 수 있다. 또한, 최소 점화전압이 10 kHz에서 50 kHz 사이에서 급상승하는 것은 방전과 방전사이의 휴지기간에서 에너지의 손실이 원인이라고 생각되나 이에 대한 규명이 필요하다.

그림 2.21은 Bittner, Burstow 등이 실험한 결과를 본 연구에서 실험한 결과와 비교한 것이다. 본 연구의 실험은 아세틸렌·공기 혼합기체를 50 Ω 의 부하에서 실시한 것이며 기타는 수소·공기 혼합기체를 50 Ω 의 부하에서 실시한 결과를 비교했다. 수소와 아세틸렌의 최소 점화에너지는 같아 큰 차이가 없기 때문에 비교한 것이다. 그림에서 본 연구의 실험과 다르게 나타나는 것은 고주파 증폭기의 특성과 배선간의 고주파 케이블의 특성 및 배선방법의 차이로 생각된다.

8. 점화 방지대책

이상의 실험결과로부터 점화위험성에 대하여 다음과 같은 사항을 알 수 있으며, 이는 점화위험성에 대한 방지대책으로 제시된다.

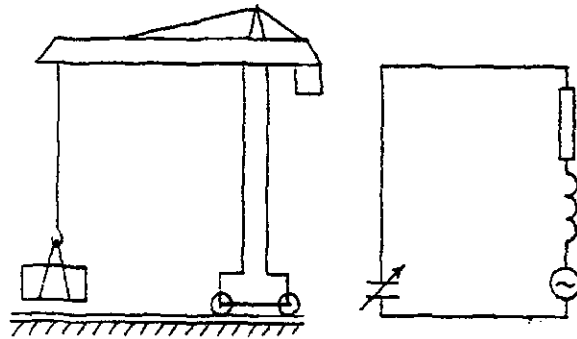
- ① 20, 30, 40 및 50 Ω 의 저항회로의 개폐불꽃에서는 주파수가 높아지면 최소 점화전압은 크게 되며 (그림 2.15 참조), 전원전압에서 본 주파수 및 부하저항 증가에 따른 점화 위험성은 작게 된다.
- ② 적어도 60 Hz에서 10 kHz의 범위에서는 1회마다의 방전 에너지는 감소하며, 방전에너지에서 본 점화 위험성은 크게 된다.
- ③ 50 kHz 부근을 초과하는 주파수에서는 2회 이상의 방전이 점화에 관계되며, 연속 방전의 발생이 쉬운 조건에서 점화위험성이 높게 된다.

한편, 고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 점화위험성을 감소시키는 방법은 기본적으로는 직류나 저주파 교류의 경우와 동등하나 다음과 같은 점을 고려할 필요가 있다.

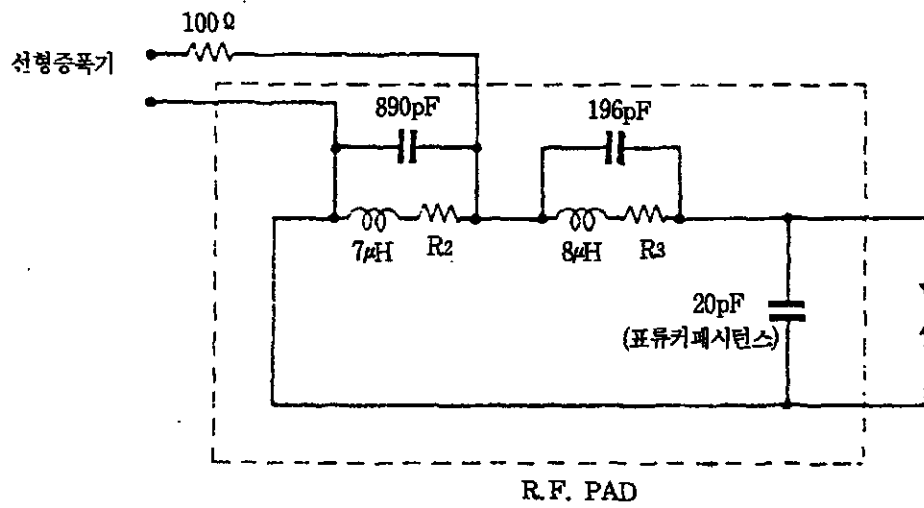
- ① 방전 전압 및 방전 에너지의 크기
- ② 연속 방전에 의한 점화위험성
- ③ 細線의 폭발이나 연소에 의한 점화위험성
- ④ 공진 주파수에서 점화위험성

고주파 (60 Hz ~1 MHz) 및 20, 30, 40, 50 Ω 저항회로의 개폐불꽃에 의한 아세틸렌·공기 혼합기체 및 에틸렌·공기 혼합기체의 최소 점화전압을 실험으로부터 구하고 점화위험성에 대하여 검토하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- ① 아세틸렌·공기 혼합기체 및 에틸렌·공기 혼합기체에서는 주파수가 높게 됨에 따라 점화 전압은 크게 되나 1 kHz 이하의 범위에서는 점화에 필요한 전압은 거의 동일하였다.
- ② 고주파 회로에 인가되는 동일전압과 동일 부하에서 개폐불꽃을 관측한 결과 주파수가 증가할 수록 개폐불꽃의 크기는 그림 2.22와 같이 작아졌다.
- ③ 아세틸렌·공기 혼합기체 및 에틸렌·공기 혼합기체에서는 점화에 필요로 하는 시간은 $20\mu S$ 및 $40\mu S$ 정도이기 때문에 10 kHz까지는 1회 방전에 의해 점화가 발생한다. 또한, 50 kHz 이상에서는 $20\mu S$ 이내에 발생한 2회 이상의 방전이 점화에 관계한다.
- ④ 100 kHz 이상의 주파수에서는 전류가 0으로 될 때에도 전극의 냉각이 충분하게 진행되지 않으므로 전극간에서 방전의 재발생 조건이 유지되어 방전 에너지를 증대시키는 영향이 나타난다.
- ⑤ 약 100 kHz 이상의 고주파 전기회로의 점화위험성 평가를 위하여 점화확률을 1에 가깝도록 하기 위해서는 불꽃점화 실험장치의 회전수를 수천 rpm으로 변화시켜 개폐속도를 증가시킬 필요가 있으며, 이때의 최소 점화전압은 본 실험의 결과보다도 높을 것이며, 아울러 표피효과에 의한 손실의 방지를 위한 대책도 필요하다.
- ⑥ 최소 점화전압은 혼합기체의 압력에 반비례한다고 보고되고 있으며 이에 대한 주파수별로 실험도 필요하다.



(a) 크레인



(b) 메타물질 탱크

그림 2.1 각종 구조물의 등가회로 예

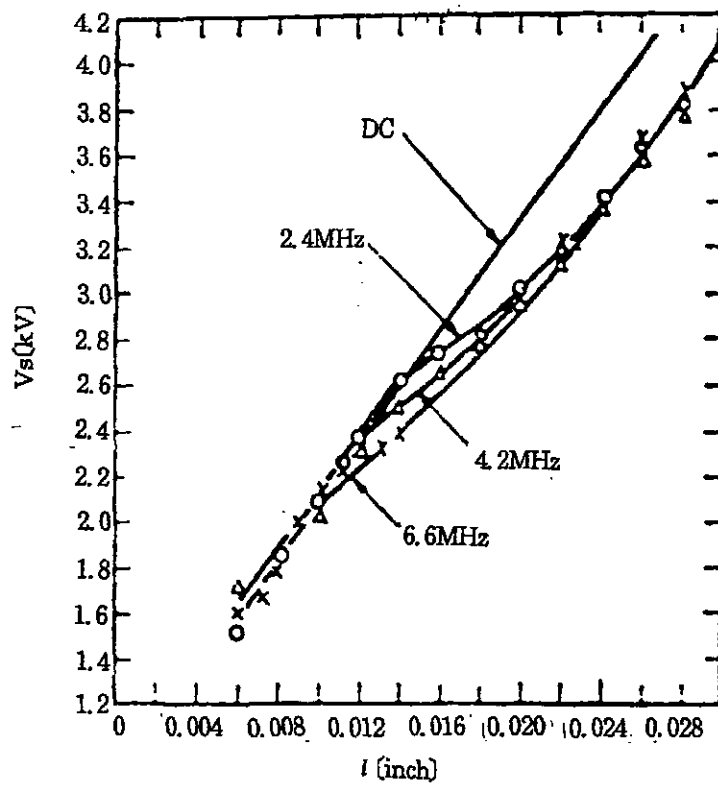


그림 2.2 대기중의 고주파 스파크 방전전압 V_s (파고치)와 전극간 거리 l 의 관계

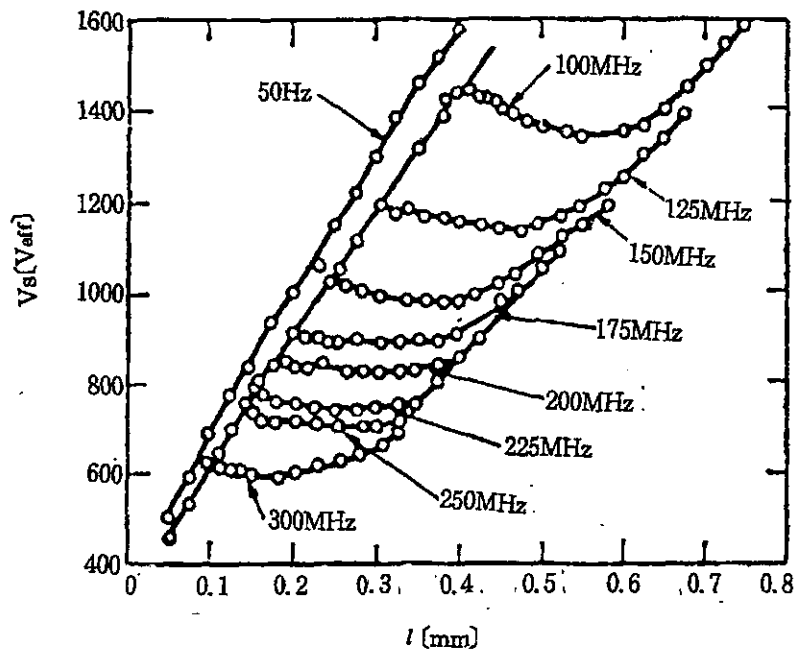


그림 2.3 V_s (실효치)와 전극간 거리 l 의 관계

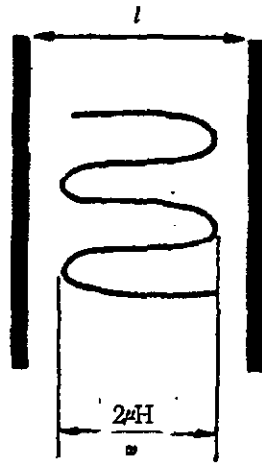


그림 2.4 하전 입자의 전극간 내의 운동

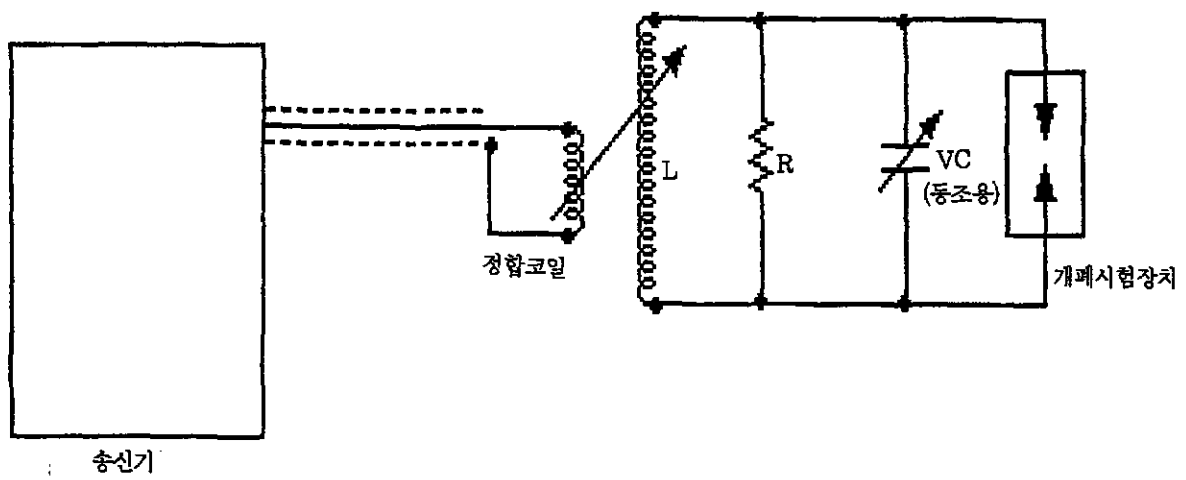
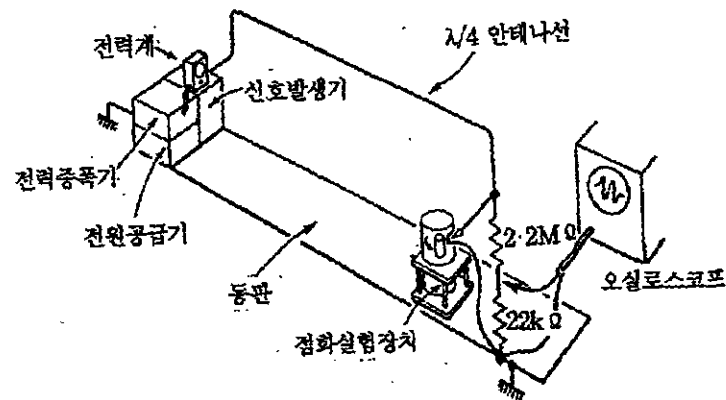
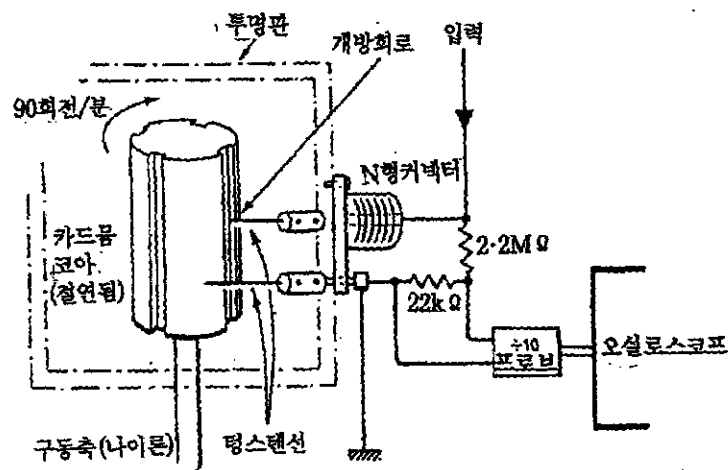


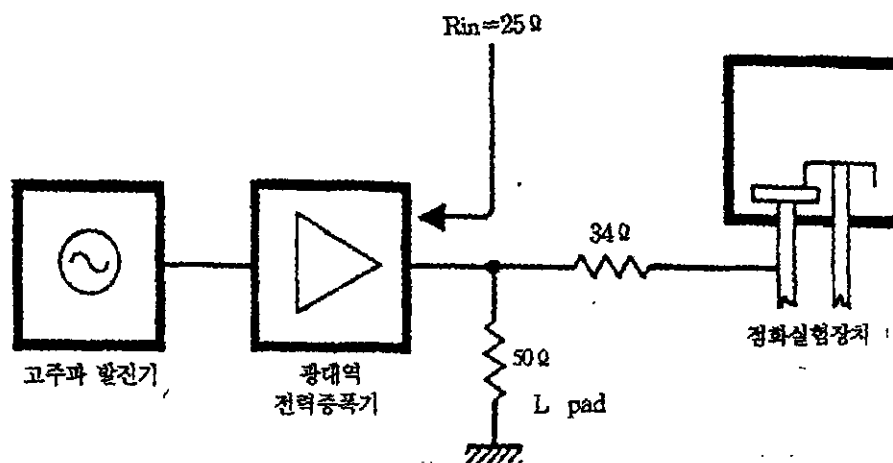
그림 2.5 LCR 동조회로 구성도



(a) 9.1 MHz 공진 안테나용 실험장치



(b) 접속·차단 시험조 세부 (영국 Bradford 대학 소유)



(c) 2 MHz, 50Ω 점화실험 구성도

그림 2.6 고주파 점화실험장치 예

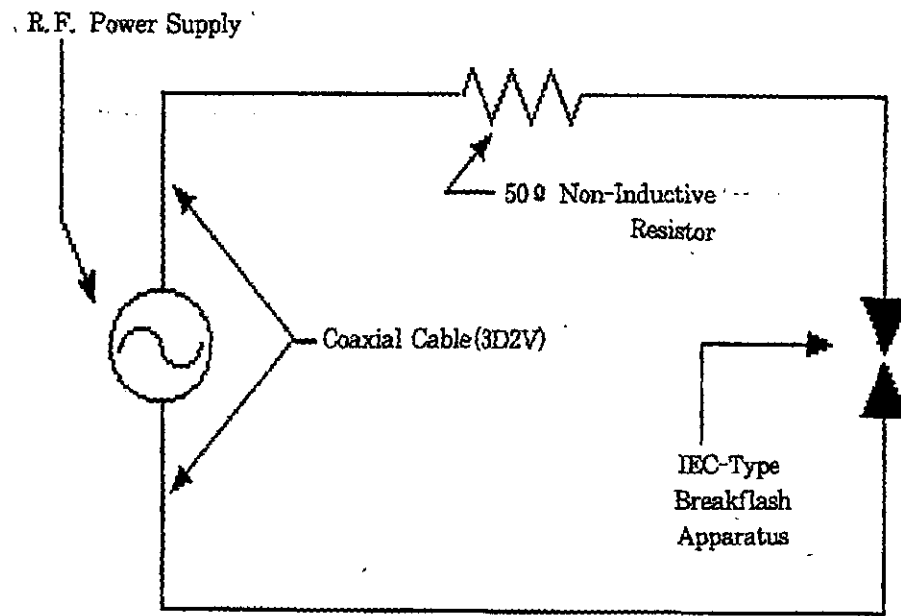


그림 2.7 저항성 점화 실험회로

표 2.1 동축 케이블의 특성표

특성 임피던스	$50 \pm 2 \Omega$ ($53 \pm 2 \Omega$)
표준 정전용량	100pF (93.5pF)
표준 감쇄량	14(13) dB/km at 1MHz

표 2.2 고주파 증폭기의 주요 사양

Output Voltage (Peak to Peak) at $R_L = 25 \Omega$	150 V _{p-p} (DC~100 kHz) 140 V _{p-p} (DC~500 kHz) 110 V _{p-p} (DC~1 MHz)
Output Current (r.m.s.)	2A (5.66 A _{p-p}) (40 Hz~500 kHz) ± 1.0 A (DC~40 Hz)
Output Impedance	$0.25 \Omega + 0.8 \mu H$ 이하

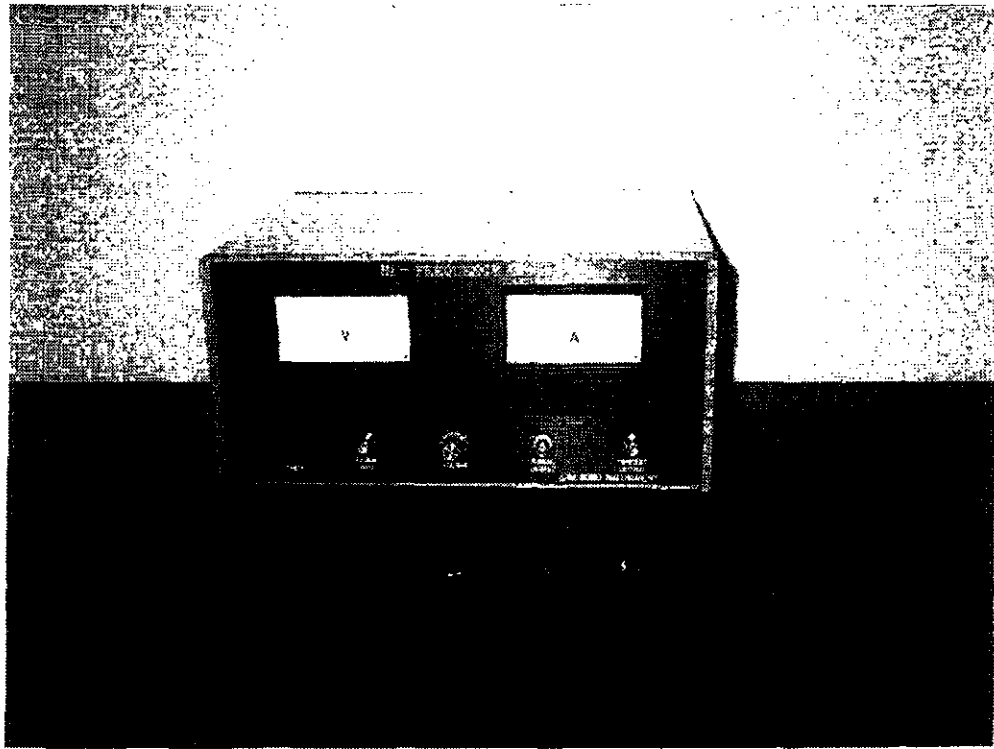


그림 2.8 고주파 증폭기의 외형사진

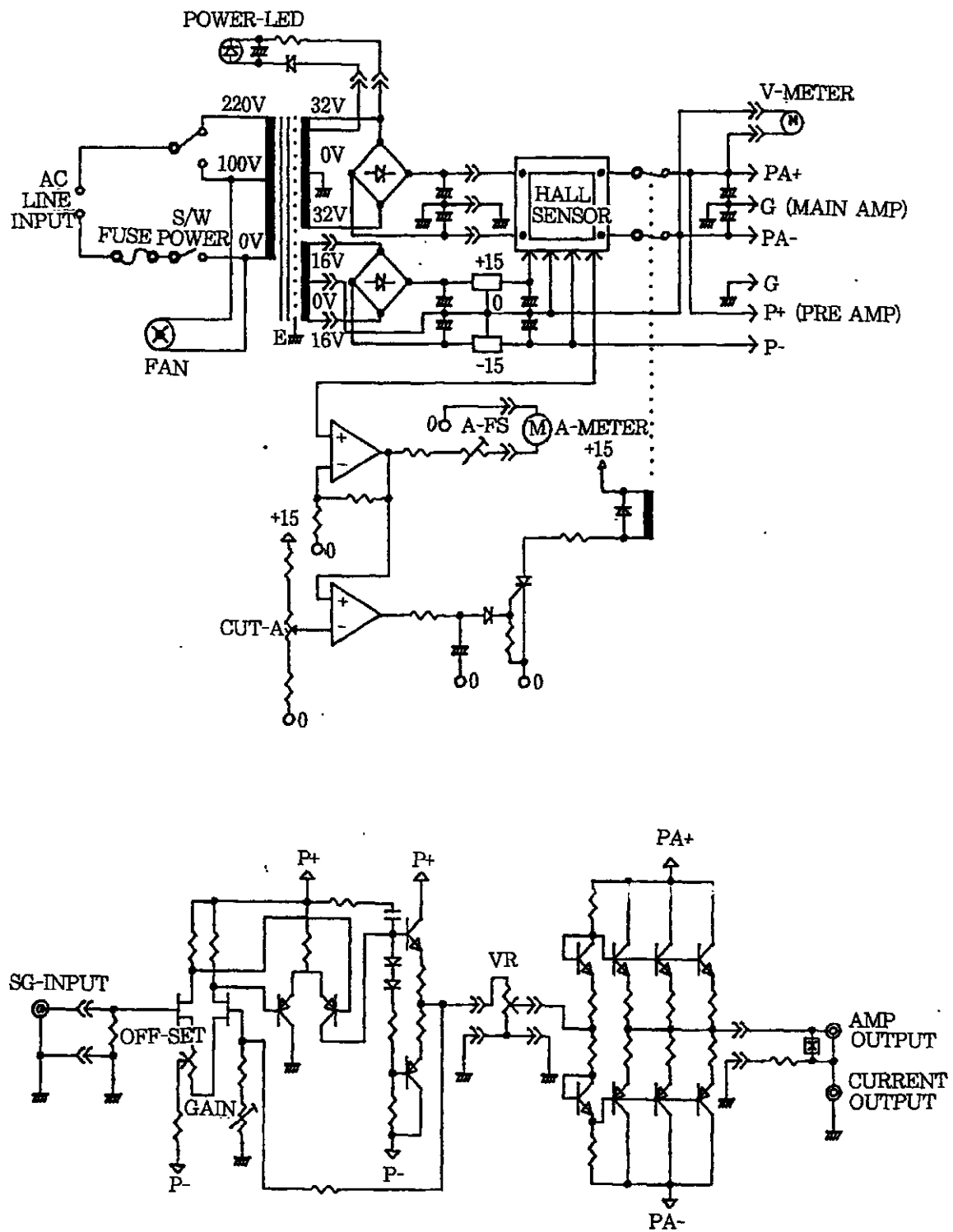
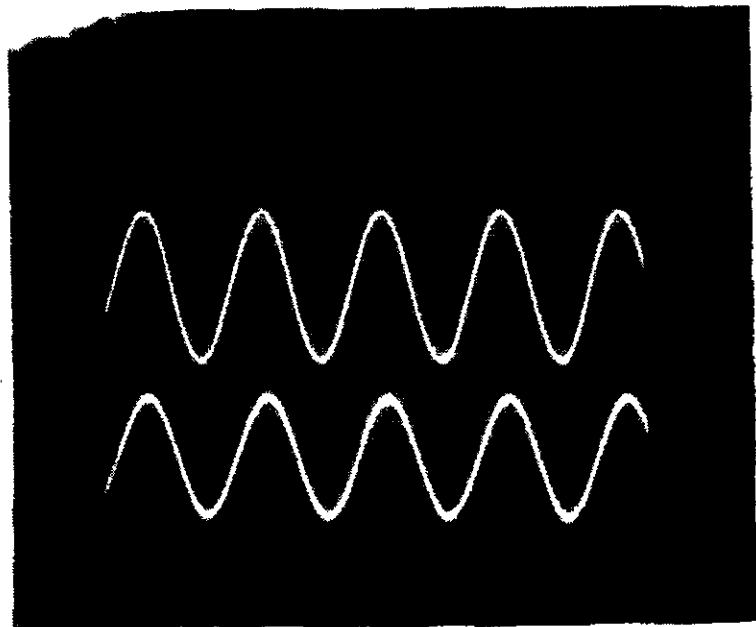
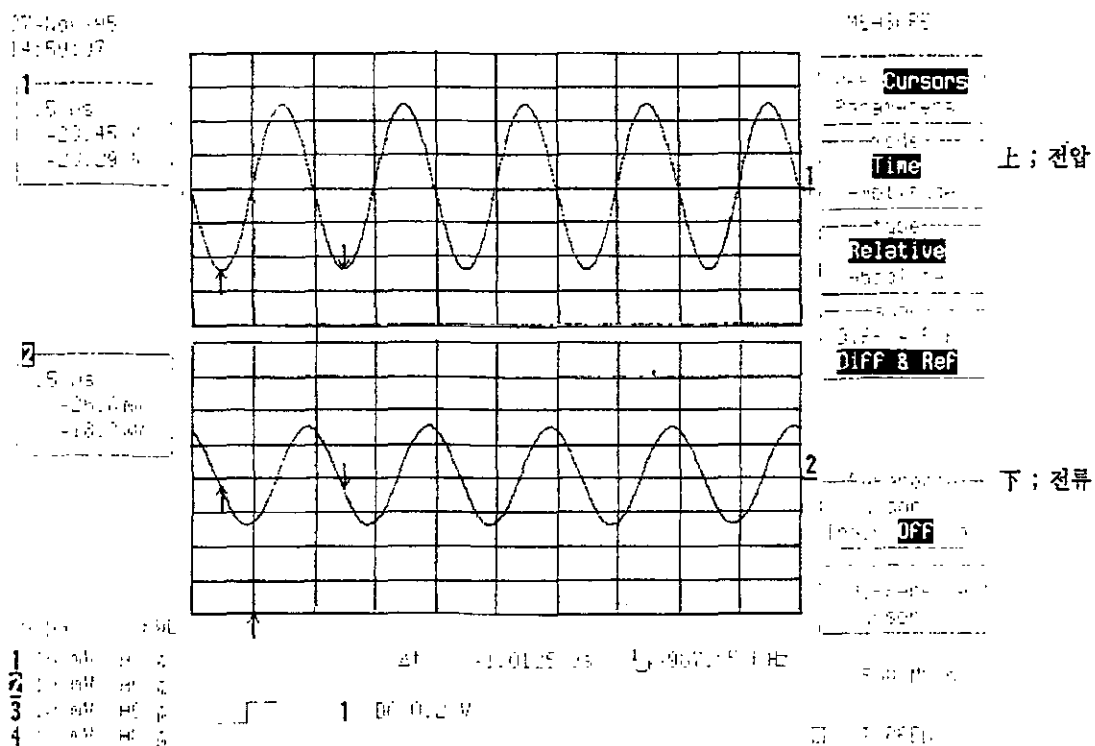


그림 2.9 고주파 증폭기 회로도



(a) 100 kHz, 20V_{p-p}/Div., 0.25A_{p-p}/Div.의 경우



(b) 1 MHz, 50V_{p-p}/Div., 0.25A_{p-p}/Div.의 경우

그림 2.10 고주파 증폭기의 출력파형

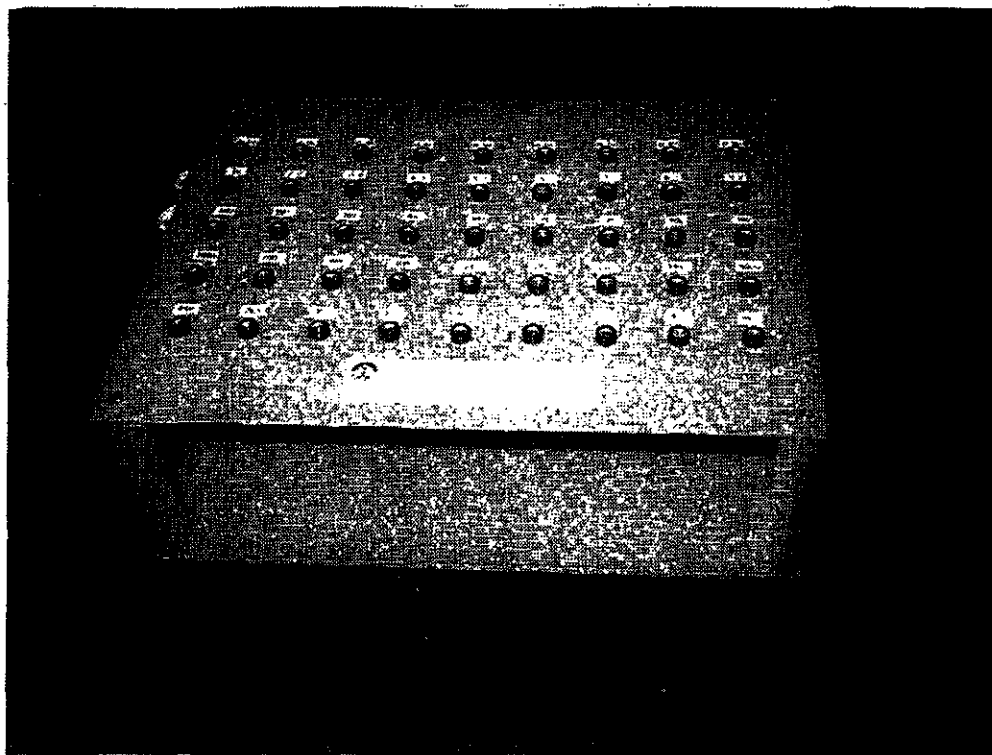


그림 2.11 저항박스 외형사진

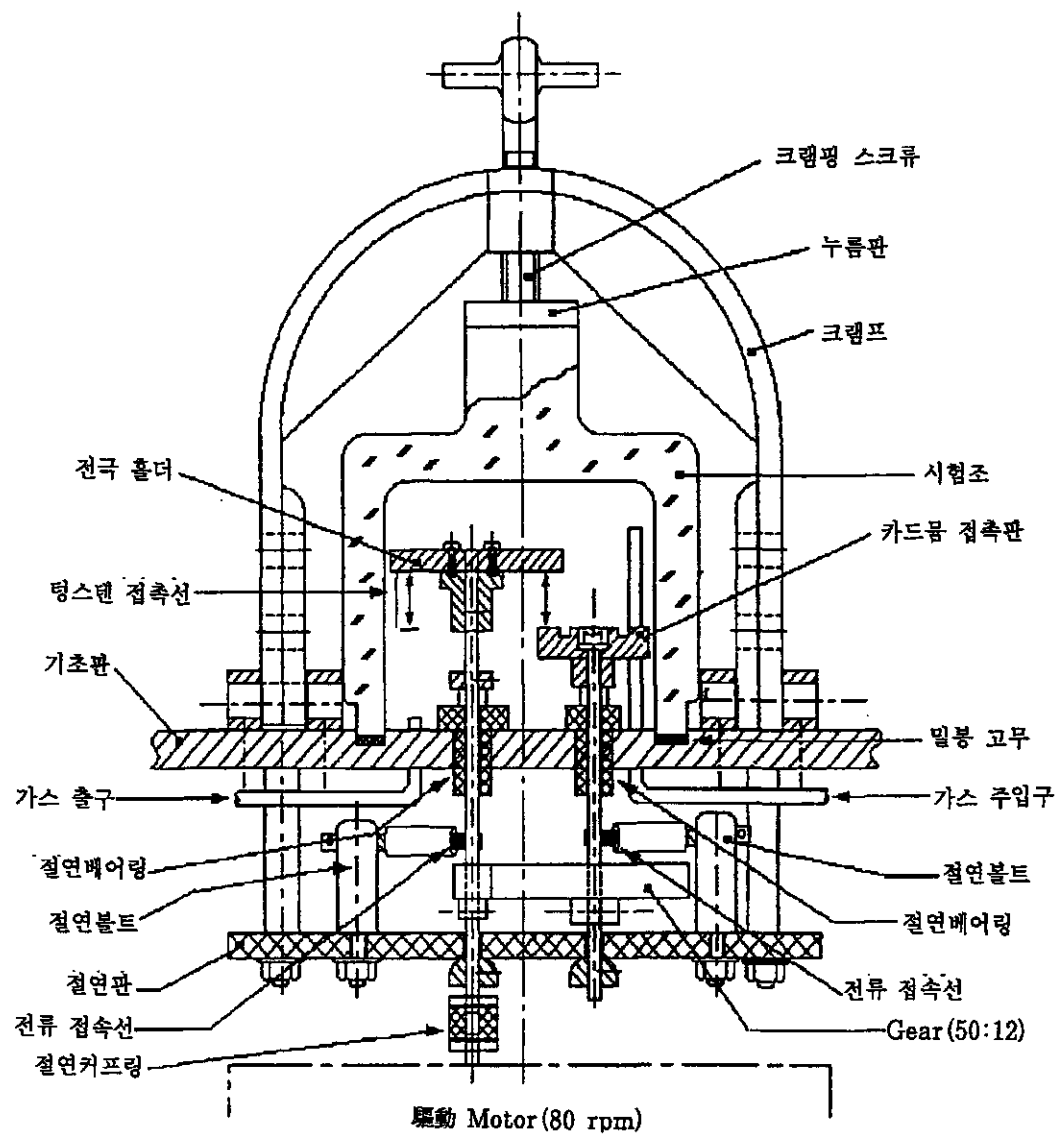


그림 2.12 IEC형 불꽃점화 실험장치의 구조

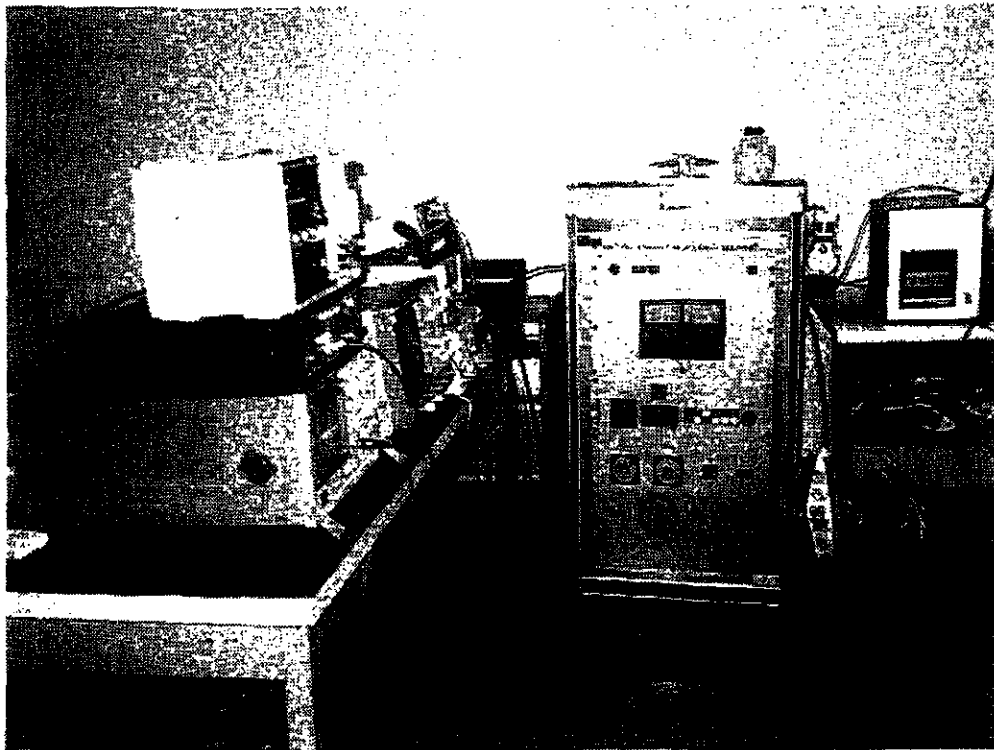


그림 2.13 실험장치 구성사진

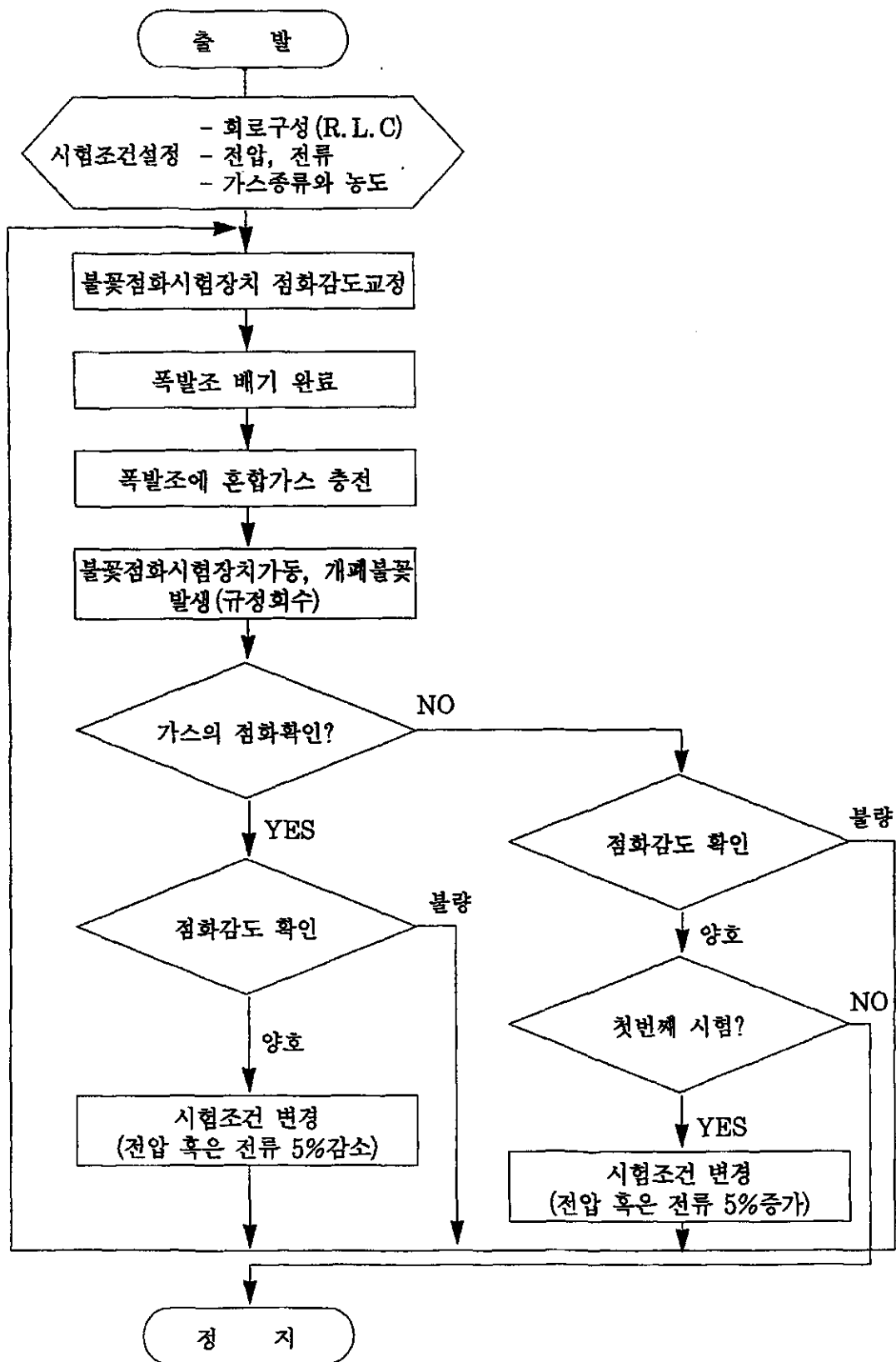
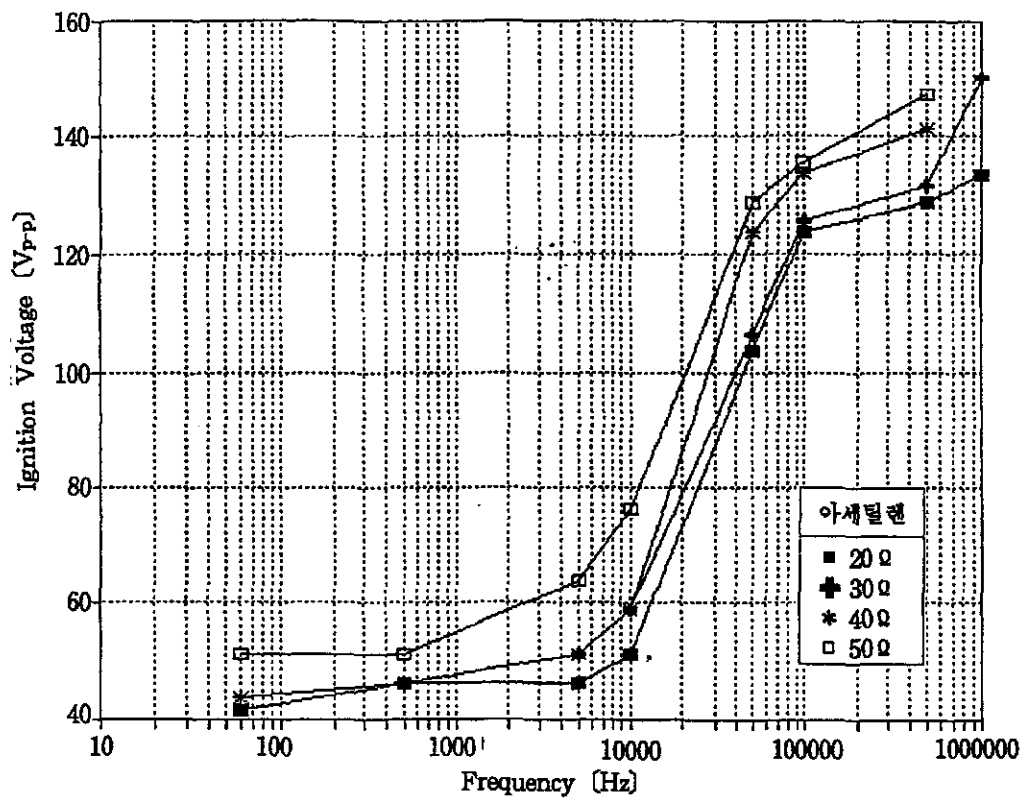
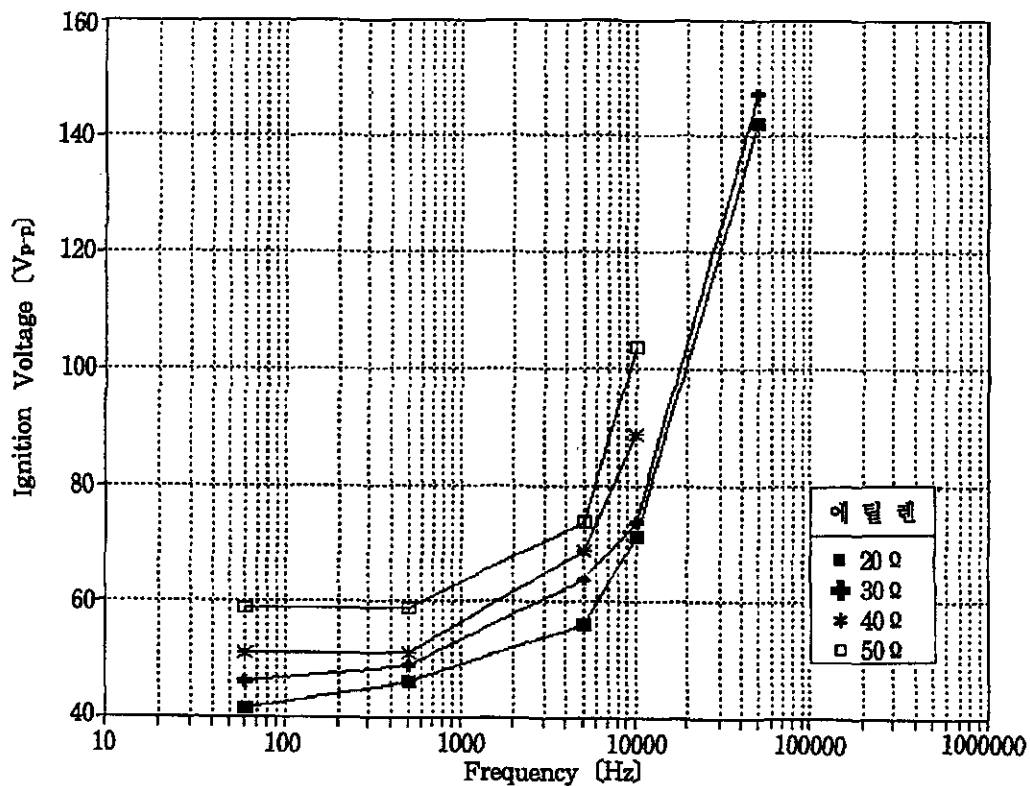


그림 2. 14 점화실험 Flow Chart



(a) 아세틸렌·공기 혼합기체의 최소 점화전압



(b) 에틸렌·공기 혼합기체의 최소 점화전압

그림 2.15 최소 점화전압의 측정결과

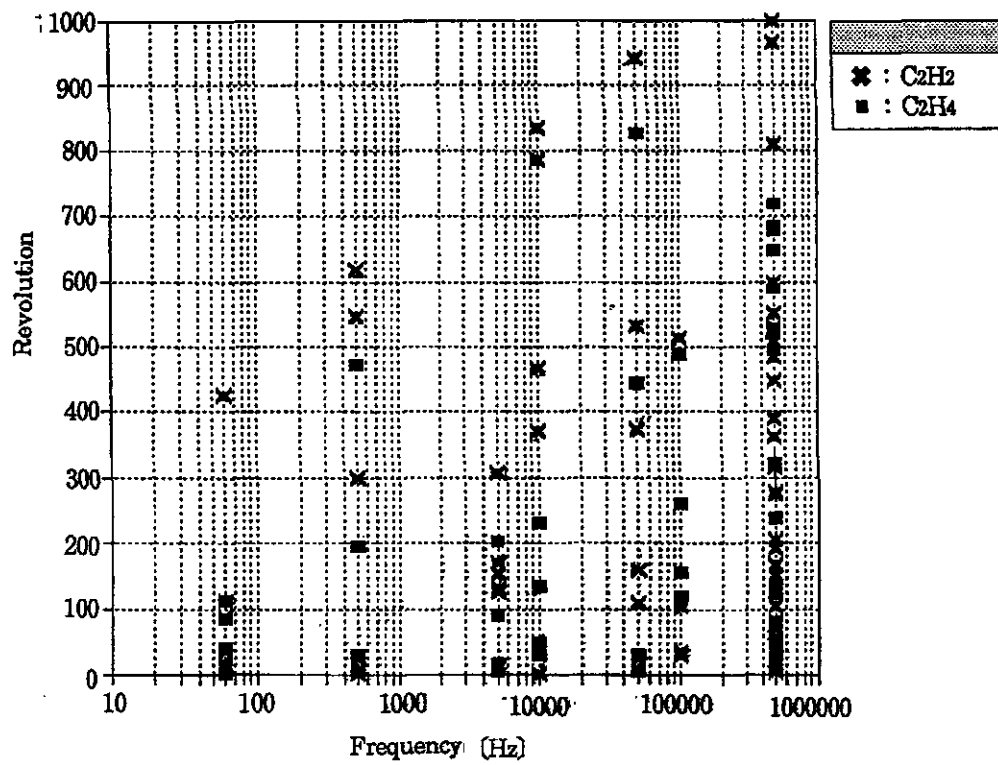


그림 2.16 점화가 발생된 회수 분포도

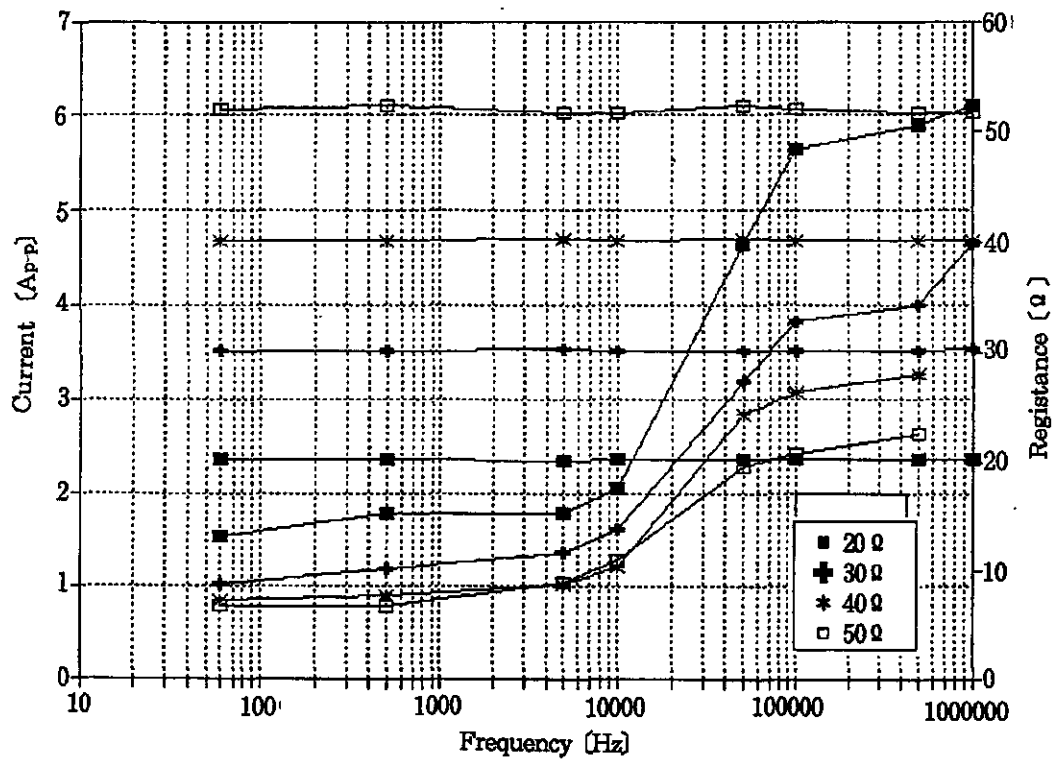
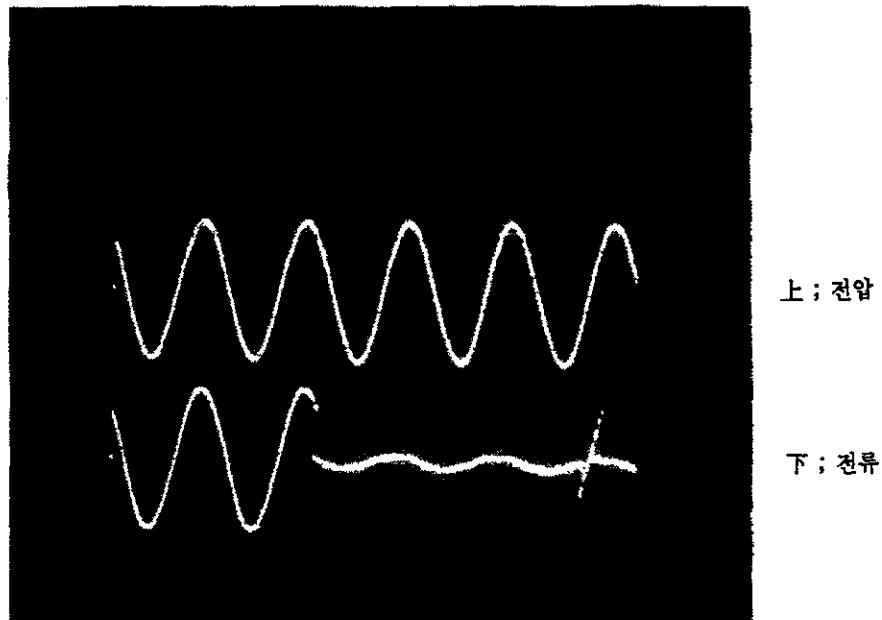
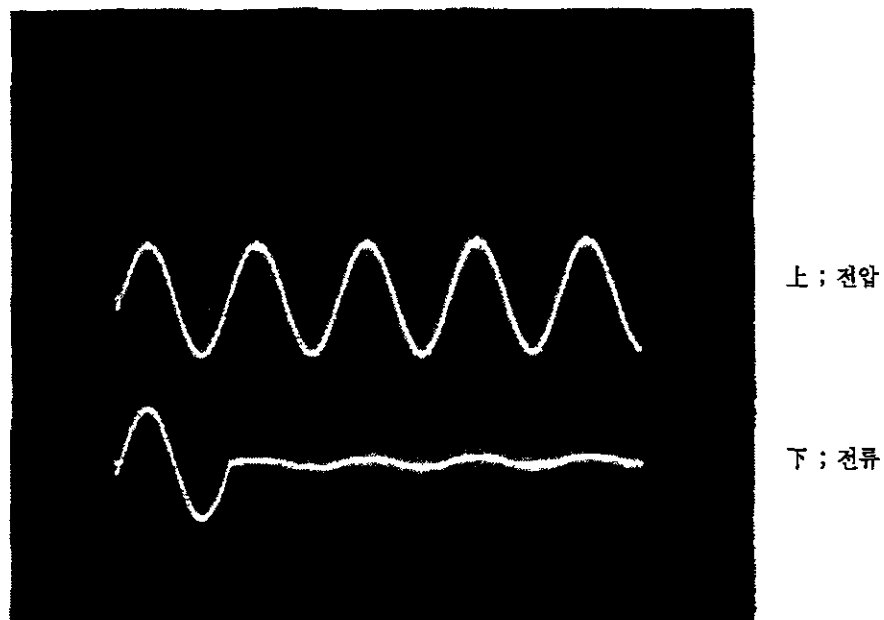


그림 2.17 전극 단락시의 전압 및 전류와 회로저항



(a) 500 kHz, 100rpm, 1 μ S/Div., 20V_{p-p}/Div.의 경우



(b) 5 kHz, 100rpm, 0.1mS/Div., 50V_{p-p}/Div.의 경우

그림 2.18 방전전압의 파형

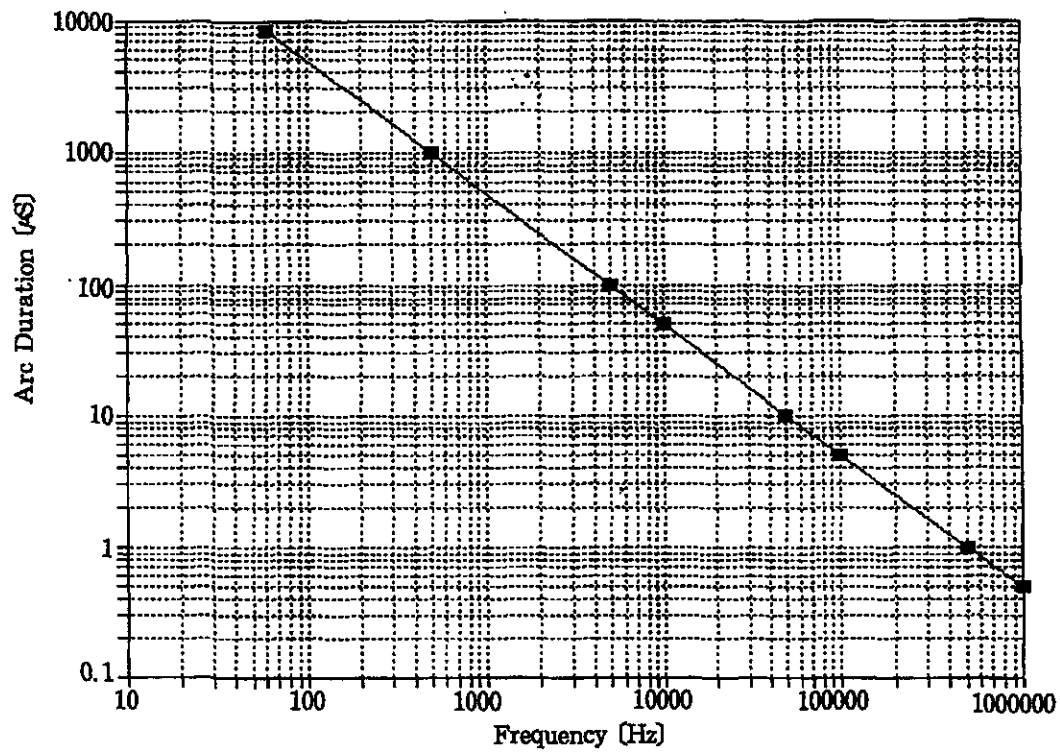


그림 2.19 주파수별 점화전압에서 아크 지속시간

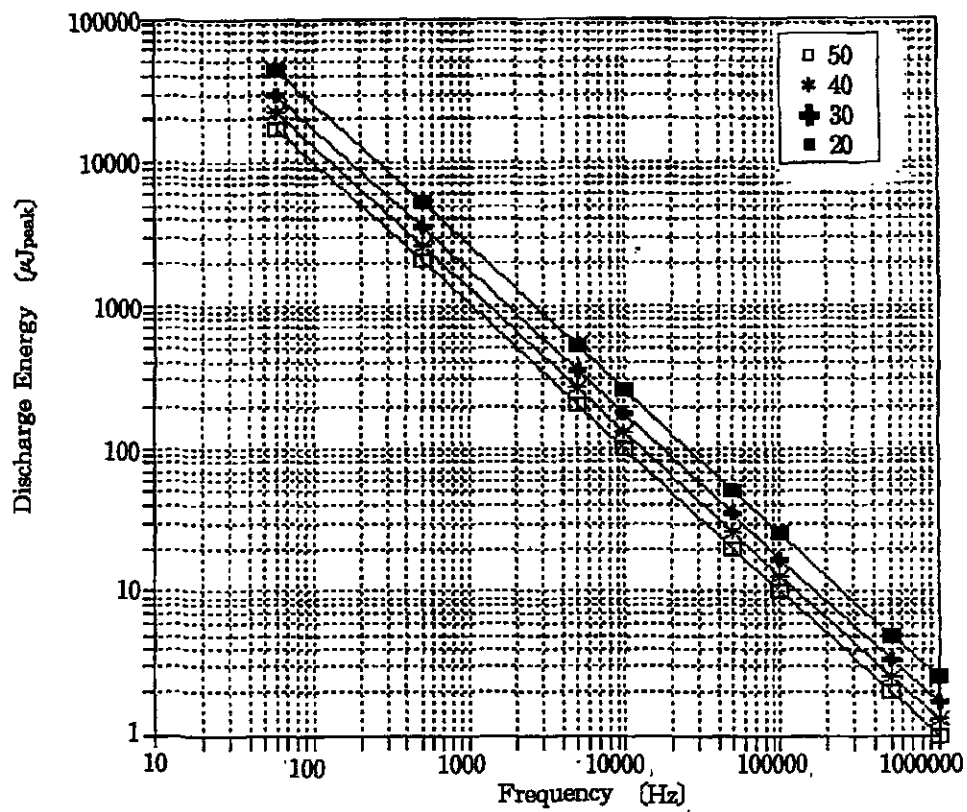


그림 2.20 최소 점화전압에서 방전에너지의 추정치

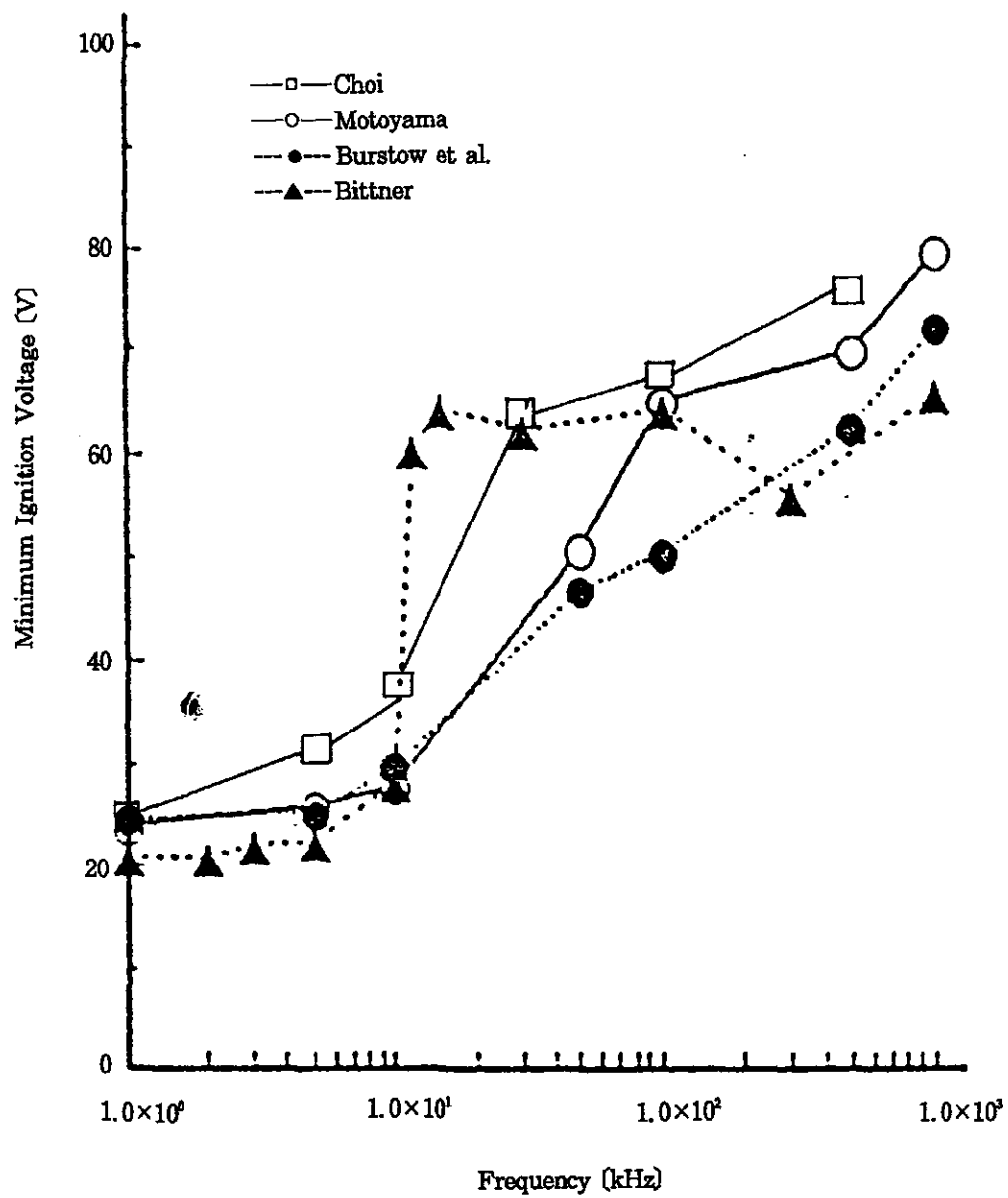
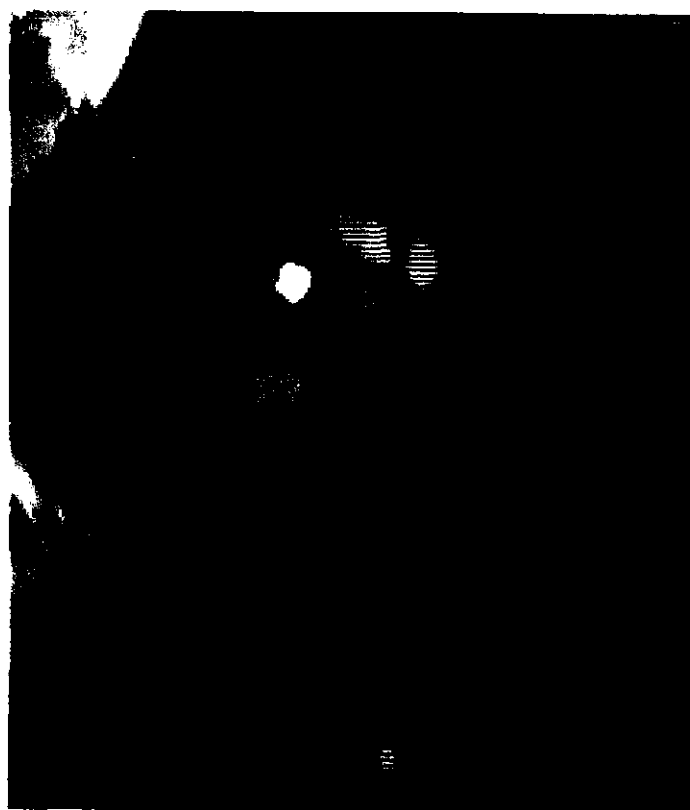
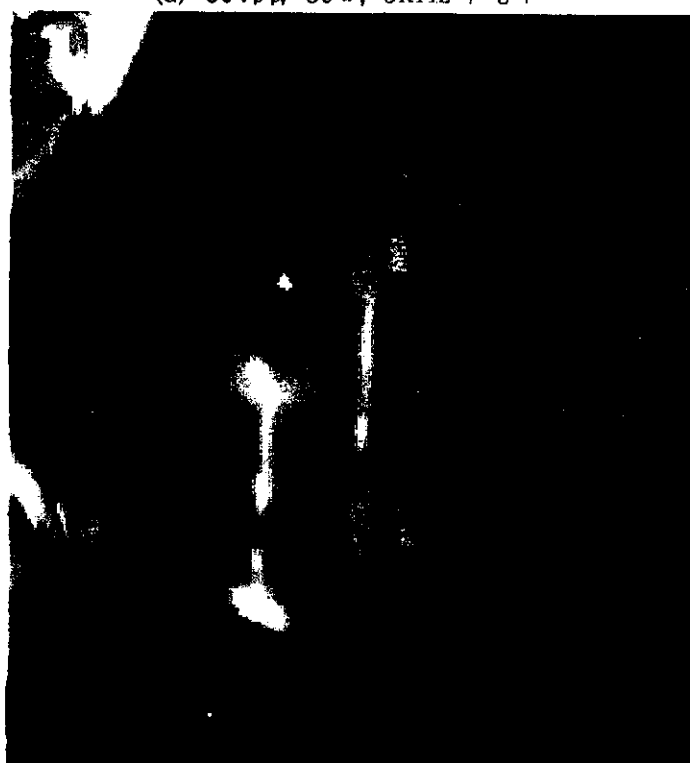


그림 2.21 최소 점화전압의 비교



(a) $50V_{p-p}$, 30Ω , $5kHz$ 의 경우



(b) $50V_{p-p}$, 30Ω , $500kHz$ 의 경우

그림 2.22 개페불꽃의 크기 비교

제3장 결 론

고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화위험성 분석 및 방지대책을 연구한 결과 다음과 같이 고주파 전기회로와 고주파 방사에 의한 측면에서 결론을 내리면

첫째, 고주파 (60 Hz~1 MHz) 및 20, 30, 40, 50 Ω 저항회로의 개폐불꽃에 의한 아세틸렌·공기 및 에틸렌·공기 혼합기체의 최소 점화전압을 실험으로부터 구하고 점화위험성에 대하여 검토하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 아세틸렌·공기 및 에틸렌·공기 혼합기체에서는 주파수가 높게 됨에 따라 점화전압은 크게 되나 1 kHz 이하의 범위에서는 점화에 필요한 전압은 거의 동일하였다.

2) 고주파 회로에 인가되는 동일전압과 동일 부하에서 개폐불꽃을 관측한 결과 주파수가 증가할 수록 개폐불꽃의 크기는 작아졌다.

3) 아세틸렌·공기 및 에틸렌·공기 혼합기체에서는 점화에 필요로 하는 시간은 20 μ S 정도이기 때문에 10 kHz까지는 1회 방전에 의해 점화가 발생한다. 또한, 50 kHz 이상에서는 20 μ S 이내에 발생한 2회 이상의 방전이 점화에 관계한다.

4) 100 kHz 이상의 주파수에서는 전류가 0으로 될 때에도 전극의 냉각이 충분하게 진행되지 않으므로 전극간에서 방전의 재발생 조건이 유지되어 방전 에너지를 증대시키는 영향이 나타난다.

5) 약 100 kHz 이상의 고주파 전기회로의 점화위험성 평가를 위하여 점화확률을 1에 가깝도록 하기 위해서는 불꽃점화 실험장치의 회전수를 수천 rpm으로 변화시켜 개폐속도를 증가시킬 필요가 있으며, 이때의 최소 점화전압은 본 실험의 결과보다도 높을 것으로 추측된다. 아울러 표피효과에 의한 손실의 방지를 위한 대책도 필요하다.

아울러 본 실험결과는 다음과 같은 원인에 의한 오차가 있을 것으로 생각된다.

- 실험장치별 특성 (감도)
- 혼합가스의 미세한 성분 차이
- 전극의 회전수 및 회전속도
- 텅스텐 선전극의 네 전극의 독립성 및 전극의 열화정도
- 고주파 증폭기의 특성차이
- 측정계기의 오차
- 배선방법
- 기타 온도, 습도

실험에 사용한 측정계기는 다음의 것들을 사용하였다.

- Digital Oscilloscope, 9354TM, Lecroy 社
- Digital Storage Oscilloscope, VC-6041(Z), HITACHI 社
- Digital Multimeter, EDM2347, Escort 社
- Hall Sensor, HCD-HIC, 동재 社
- LCR Meter, ELC 2280, Escort 社
- Function Generator, 3040, BK 社
- Video Camera, 삼성 社

향후 고주파 증폭기의 성능향상 (주파수 및 출력전력 등) 후 본 실험에 사용한 혼합기체 이외의 기타의 가연성 혼합가스에 대한 최소 점화전압을 측정할 수 있으며, 본 실험 결과의 제반 오차, 재현성 등에 대한 검증 실험이 필요하다.

둘째, 고주파 방사에 의한 점화위험성 분석 및 방지대책은 부록과 같이 현장에서 이용할 수 있는 지침을 제시하였다.

본 가이드는 우리나라 현실에 비춰볼 때 아직은 이른 감은 있으나 폭발재해로부터

손실을 방지하고 재해의 원인분석에도 고려하여야 할 사항이므로 좀더 연구검토하여 조속한 시일내에 도입되어야 한다. 또한 전기·전자·통신에 관련된 기초지식이 요구된다. 향후,

1) 측정장비, 인력 등을 보완하여 고주파 방사에 의한 전계를 현장에서 측정하여 우리 실정에 맞는 지침을 제정할 필요가 있다.

2) Radiation에 의한 시뮬레이션 및 점화실험도 필요하다. 특히 현장측정을 위하여 폭발방지 구조의 불꽃점화 시험장치가 필요하다.

3) 국내에서 고주파에 대한 장세기 및 전력밀도 측정을 위한 조연단체의 필요성 및 지정이 시급하다. 일례로 영국의 경우는 다음 표 3.1의 기관들이 조연단체로 권고된다.

세제, 무선통신 수신기, 무선기 또는 라디오, 위성통신, 개인통신 서비스 등의 무선통신에 의한 인체 및 치료기기의 장애와 오동작을 방지하기 위한 활용기구 및 장·단점 연구도 필요하다.

아울러 본 연구결과는 다음의 것들이 기대된다.

- 고주파 전기회로를 내장한 전기·전자기기의 방폭화 기술개발에 기여 (방폭제품 제조자)
- 고주파 방사에 의한 점화위험성의 측정 및 방지대책을 위한 기술자료로 활용 (방폭제품 사용자 및 플랜트 현장)
- 검정기준상의 평가기법 수립 및 고주파로 인한 중대 산업재해의 분석자료

표 3.1 권고단체의 예 (영국)

단체명 및 주소	송신기에 대한 권고	평가에 대한 권고	장세기 측정	현장시험
Engineering Branch Technology and Air Pollution Division Health and Safety Executive Magdalen House Stanley Precinct Bootle Merseyside L20 3QZ		✓		
Health and Safety Executive Research and Laboratory Services Division (RLSD) Harpur Hill Buxton SK17 9JN				✓
Department of Trade and Industry Radio Regulatory Division Waterloo Bridge House Waterloo Road London SE1 8UA	✓		✓	
ERA Technology Limited Cleeve Road Leatherhead Surrey KT22 7SA		✓	✓	✓
SIRA Safety Services Ltd. Saigton Lane Saigton Chester CH3 6EG		✓	✓	✓
Postgraduate School of Studies in Electrical and Electronics Engineering University of Bradford Bradford West Yorkshire BD7 1DP		✓	✓	✓
Ministry of Defence Procurement Executive Safety Services Organization Station Square House St Mary Cray Orpington Kent BR5 3RE	✓			
National Air Traffic Services Tels R5 CAA House 45-59 Kingsway WC2B 6TE	✓			
British Broadcasting Corporation Broadcasting House London W1A 1AA	✓			
British Telecommunications Headquarters Electrical Protection Group 207 Old Street London EC1V 9PS	✓			
IBA Engineering Information Service Crawley Court Winchester Hampshire SO21 2QA	✓			

◎ 본 연구에 많은 물심적 배려를 베풀어 준 우리 연구원 「防爆電氣 檢定部」 직원들께 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

1. 最新 電子用語辭典, 電子技術社, 1980.
2. BS 6656, Prevention of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency radiation, 1986.
3. A J Maddocks, "The ignition of flammable atmospheres by radio frequency initiated sparks", ERA Technology Limited
4. 산업안전연구원, 본질안전 방폭기기의 평가 및 사용안전에 관한 연구, 연구보고서, 기전연 94-7-9, 1994. 1.
5. H. G. Bass, Intrinsic Safety Instrumentation for Flammable Atmospheres, Quartermaine House., U.K, 1984.
6. Robin Garside, Intrinsically Safe Instrumentation: a Guide, Unwin Brothers Ltd., U.K, 1982.
7. Richard J. Buschart, Electrical and Instrumentation Safety for Chemical Processes, 1991.
8. Ernest C. Magison, Electrical Instruments in Hazardous Locations, Instrument Society of America, 1980.
9. Brown, Boveri & CIE, Explosion Protection Manual, 1984.
10. 田中隆二, 本質安全防爆電氣回路に關する基礎的研究, 勞動省産業安全研究所, 1970.
11. 최상원, 이관형, 문정기, "저압방전 불꽃에서 전극재질이 점화에너지에 미치는 영향", 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1394~1397, 1995. 7.
12. 文運堂, 電子測定, 1983.
13. 澤孝一郎 他, "接點開離時の間歇アーク發生に及ぼす氣壓の影響", 電氣學會論文誌 A, 97卷 9號, 1977. 9.

14. 최상원, 이관형, 문정기, 강계수, 최창규 외, "고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 혼합기체의 점화 위험성", 한국산업안전학회 추계학술발표 논문집, 1995. 10. 28
15. G H Butcher, P S Excell and D F Howson, "THE IGNITION HAZARD DUE TO RADIATION FROM RADIO TRANSMITTERS", 1975.
16. P. S. Excell and A. J. Maddocks, "GAIN, EFFECTIVE APERTURE AND EFFICIENCY OF INDUSTRIAL STRUCTURES ACTING AS ELECTRICALLY-SMALL LOOP ANTENNAS", 1984.
17. A J Maddocks, "THE IGNITION OF FLAMMABLE ATMOSPHERES BY RADIO FREQUENCY INITIATED SPARKS", 1992.
18. "EMPIRICAL FORMULA FOR GROUNDWAVE FIELD-STRENGTH CALCULATION", ELECTRONICS LETTERS, Vol. 20, No. 18, 1984. 8. 30
19. J. L. J. ROSENFELD, D. C. STRACHAN, P. S. TROMANS, and P. A. SEARSON, "Experiments on the incendivity of radio-frequency, breakflash discharges (1.8-21 MHz c.w.)", The Radio and Electronic Engineers, Vol. 51, No. 4, 1981. 4.
20. M. M. ATALLA, "Arcing of Electrical Contacts in Telephone Switching Circuits", THE BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL, 1953. 11.
21. D. P. HOWSON, P. S. EXCELL, and G. H. BUTCHER, "Ignition of flammable gas/air mixtures by sparks from 2 MHz and 9 MHz sources", The Radio and Electronic Engineers, Vol. 51, No. 4, 1981. 4.

22. S.S.J. Roberston, and R.J. Loveland, "Radio-frequency ignition hazards: a review", IEE PROC., Vol. 128., Pt. A, No. 9, 1981. 12.
23. A. J. MADDOCKS, and G. A. JACKSON, "Measurements of radio frequency voltage and power induced in structures on the St Fergus gas terminals", The Radio and Electronic Engineers, Vol. 51, No. 4, 1981. 4.
24. D W Widginton, "IGNITION THRESHOLD PARAMETERS FOR PULSED MICROWAVE SOURCES", 1982.
25. P S Excell, D P Howson, "PERFORMANCE OF LONG DIPOLES AS UNINTENDED RECEIVING ANTENNAS", The Electrical Research Association Limited, 1978.
26. D. J. BURSTOW, R. J. LOVELAND, R. TOMLINSON, and D. W. WIDGINTON, "Radio frequency ignition hazards", The Radio and Electronic Engineers, Vol. 51, No. 4, 1981. 4.
27. 小林祥男, 加藤正明 他, "RF放電測定におけるシングルプローブのRF電位補償法", T. IEE Japan, Vol. 115-A, No. 9, 1995.
28. 東明社, 放電 高電圧工学, 1993.
29. 技多利, 電子工学 핸드북, 1984.
30. 島崎久哉, 山形幸彦 他, "高周波無聲放電特性とオゾン生成(II)", ED-95-54, 1995.
31. 労働省産業安全研究所, 爆発性ガスの最小点火電流測定装置の基礎的考察, 연구보고, RIIS-RR-17-5, 1969. 3.
32. 労働省産業安全研究所, 低圧直流誘導回路の開離火花による爆発性ガス蒸気の点火限界 (最小点火電流), 연구보고, RIIS-RR-17-6, 1969. 3.
33. Donald R. Yoho, Jr., M.D., M.P.H. "Wireless Communication

Technology Applied to Disaster Response", Aviation, Space, and Environmental Medicine, 1994. 9.

34. Dipl.-Ing. Rudolf Schulte-Bahrenberg, "Eigensichere Hochfrequenz-Stromversorgung", Glückauf-Forschungshefte 49 Nr. 2, 1988.

부록

고주파 방사에 의한 가연성 분위기의 점화방지

여 백

목 차

서언	59
1. 범위	59
2. 용어의 정의	60
3. 일반사항	61
3.1 고주파 위험성	61
3.2 접근방법	62
4. 송신기 및 출력 파라미터	63
4.1 일반	63
4.2 주파수 범위	64
4.3 송신기 출력전력	64
4.4 안테나 이득	64
4.5 변조	65
5. 구조물 및 스파크 발생 메커니즘	67
5.1 구조물	67
5.2 루프형 구조물	68
5.3 수직형 구조물	69
5.4 스파크 발생 메커니즘	70
6. 가연성분위기의 점화	70

6.1 가연성분위기	70
6.2 고주파 방전에 의한 점화	71
6.3 점화기준	72
7. 현장측정 및 시험	73
7.1 전자장의 측정	73
7.2 추출전력의 측정	74
7.3 시험 전송	75
7.4 점화 시험	75
8. 평가방법	76
8.1 일반	76
8.2 이론평가의 기초	77
8.3 송신기 기지로부터 위험성의 초기평가	86
8.4 플랜트의 초기평가	88
8.5 전체 평가순서	89
8.6 현장시험	103
9. 플랜트 안전측정	107
9.1 일반	107
9.2 본딩이용	107
9.3 절연이용	108
9.4 구조물의 효율감소	108
9.5 구조물의 동조감소	109
10. 특수 경우	109

10.1 크레인	109
10.2 이동 및 휴대용 송신기.....	111
10.3 선박	111
10.4 원유 및 가스생산 플랫폼	114
별첨	117
A. 방사된 전자장과 안테나특성의 예	117
B. 그룹 II 가연성 가스 및 증기의 세부분류	119
C. 전자장의 측정	123
D. 구조물에 대한 측정방법 (현장시험)	128
E. Orford Ness 송신기지	134
F. 전체평가 과정의 예	135
G. 대지파 전파 (수직극성): 장세기 계산	146

여 백

고주파 방사에 의한 가연성분위기의 점화방지

서언

전자파는 어떠한 도체구조물과 충돌하여 전류를 야기시키는 고주파 (r.f.: radio frequency) 송신기에 의해 발생한다. 야기된 전류의 진폭은 송신된 신호의 파장 및 전자장의 파장에 관련된 구조물의 형상과 크기에 의존한다. 정상적으로 접촉하고 있는 구조물의 부분이 순간적인 차단 또는 분리 (예; 진동 또는 보수시)될 때 만약 차단시에 야기된 전압 또는 전류가 충분히 크다면 스파크가 발생할 수 있다. 만일 이러한 상황이 가연성 위험분위기가 존재하는 장소 (이하 방폭지역이라 한다)에서 발생된다면 위험상태가 발생할 수 있다.

그러나 점화가능성은 스파크가 가연성분위기를 점화시킬 수 있는 충분한 에너지를 방출하여야 하는 등 여러가지 요인에 의존한다.

본 규격은 점화위험성을 야기하는 r.f.의 평가 및 이의 위험성을 제거하기 위한 논리적인 방법을 송신기 조작자, 플랜트 관리자 및 관련된 모든 관계자에게 도움을 주기 위한 체계적인 과정을 제시한다.

1. 범위

본 규격은 잠재적인 가연성분위기가 존재하는 플랜트에서 통신, 레이더 또는 기타 송신지역으로부터 전파된 전자장에서 방출된 에너지에 의한 잠재적인 점화위험성을 평가하는 시험이다.

본 규격은 낙뢰, 전기기기로부터의 복사 또는 설치시 발생하는 전기 및 통신 또는 전자기기내에서 야기되는 위험성과 같은 수단에서 발생된 전자장으로부터 야기되는 유사한 위험성은 다루지 않는다.

본 규격은 전기폭발기구 (EED: Electro-Explosive Devices)의 사용 또는 r.f. 영역에 대한 폭로의 생물학적 위험성에 관련된 위험성은 고려하지 않는다.

또한 본 규격은 위험성이 존재할 수 있는 곳에서의 위험성을 완화시키는 방법에 대하여 권고사항을 제시한다.

2 용어의 정의

본 규격에서 용어의 정의는 다음과 같으며, 또한 「방폭구조 전기기계·기구 성능 전전규격」을 적용한다.

2.1 회로계수 Q_k (Circuit Factor)

수신안테나로써 작용하는 구조물의 성능 파라미터

주: 전송주파수 f_t 로 동조된 구조물을 가정하면 Q_k 는 Δf 에 대한 f_t 의 비율이다. 여기서 Δf 는 이들 주파수의 차 (f_t 한단계 높고 낮은)이며, 구조물은 f_t 에서 개방회로 전압이 3dB 떨어지도록 재동조될 때 공진한다. Q_k 는 엄밀하게 동조된 회로의 Q 계수와 밀접하게 관련된다.

2.2 추출전력 (Extractable Power)

수신안테나로써 작용하는 구조물이 불연속적으로 접속된 저항부하에서의 소비전력

주: 추출전력은 구조물이 전송주파수와 동조될 때 최대에 도달하며 저항부하는 동조된 구조물의 저항과 같아진다.

2.3 변조정합 전력 (Modulus Match Power)

구조물이 동조되지 않은 주파수에서 저항성 부하를 연결할 수 있는 추출전력의 최대치

2.4 구조물 효율 (Structure Efficiency)

동일지역에 넣은 자유공간에서 손실이 없는 단락 다이폴 (Dipole)에 의해 구할 수 있는 최대 추출전력과 정합부하를 구할 수 있는 구조물과의 추출전력 비율

2.5 점화지연 시간 (Thermal Initiation Time)

스파크에 의해 축적된 에너지가 상당한 열적 소비없이 스파크 주변의 가스의 작은 체적에 축적되는 시간

주: 점화지연시간보다 짧은 시간에서는, 스파크에 의해 축적된 전체에너지는 점화가 발생되거나 그렇지 않는가를 결정한다. 시간을 더욱더 길게하면, 에너지가 축적된 비율 또는 전력은 점화의 결정요인이 된다.

2.6 전송 안테나 이득 (Transmitting Aerial Gain)

안테나의 방향적 능력 (4.4 참조)

2.7 취약지역 (Vulnerable Zone)

잠재적인 위험이 플랜트의 방폭지역내에서 일어날 수 있는 송신기 주변지역

3. 일반사항

3.1 고주파 위험성

위험성이 존재하기 위한 다음의 것들이 동시에 만족되어야 하는 조건들의 상세한 고려가 위험평가지 요구된다.

(a) 충분한 세기의 전자장 방사

(b) 수신안테나로써 작용하는 구조물 능력; 방폭지역에서만 구조물을 고려할 것

(6절 참조)

- (c) 수신된 에너지 또는 전력이 스파크를 생성할 수 있는가의 메커니즘 입증
- (d) 가연성 분위기의 존재

이들 4개의 동시발생 가능성은 없다. 송신된 전력에 의존하는 장의 크기, 안테나 이득 고려중인 기지에 대한 근접성, 고정 또는 이동 송신기에 의해 충분한 세기의 전자장이 발생될 수 있다. 이러한 이유로 차량, 선박 및 항공용 이동송신기는 주의 를 요한다.

모든 도전성 구조물은 수신 안테나로 작용한다. 그러나 유도된 전류 및 전압의 크기는 설치방법 및 형상에 의존한다. 구조물에 대하여 실제로 측정하여 얻은 경험은 루프 형태가 30 MHz 이하 주파수에서 가장 효과적인 수신시스템이라고 나타났다.

더 높은 주파수에서 모든 구조물은 파장과 비교하여 크며 이들의 거동은 긴 다이폴 이론의 사용에 의해 쉽게 다를 수 있다. 이들 구조물의 거동은 5절에서 다룬다.

예를 들면 정상적으로 접촉된 구조물의 일부분은 구부림, 수리 또는 기계적 진동, 또는 이와 유사한 동작할 때에, 스파크 발생은 이들을 분리시킬 때 수신구조물에서 작은 불연속의 출현에 의존한다.

가연성분위기를 점화시키기 위하여 요구된 스파크 에너지는 가연성분위기의 종류 및 성분에 의존한다. 평가할 때 이들 가연성물질은 점화를 발생시키기 위한 최적의 상태로 한다.

이들 자체는 최고 환경하에서 안전률을 제공한다. 왜냐면 특별한 분위기의 점화에 요구된 에너지는 최적의 성분에서 벗어난 성분은 일반적으로 성분에 따라 급속하게 증가한다.

3.2 접근방법

잠재적인 위험성은 비교적 얼마 안되는 지역에서만 존재하며 위험성의 전체평가는

복잡한 계산과 현장실험을 필요로 한다. 이러한 작업을 수행하는 필요성을 최소화시키기 위하여 본 규격은 좀더 상세한 해석을 점진적으로 각각 요구하는 일련의 등급별 평가를 제시한다. 초기 평가과정은 매우 간단하며 위험존재가 매우 희박한 여러 곳의 지역을 좀더 상세하게 고려하여야 할 것을 배제토록 계획하였다.

위험성이 방폭지역에서 구조물의 존재로부터 귀착되는 범위내의 송신기의 서로 다른 종류의 주위영역의 반경 평가는 “실제적인 최악 경우”에 근거를 둔다. 만약 초기 평가가 위험성이 존재할 수 있다는 것을 나타내면 그때 전체 평가과정은 다음을 따라야 한다.

실제적인 송신기, 플랜트 및 이들의 관련지역에 대하여 좀더 상세한 정보에 근거를 두어 야기된 스파크에서 이용가능한 최대 전력을 계산하는 방법을 제공한다.

계산된 전력은 관련된 특수한 가연성 분위기를 점화시키기 위하여 요구된 최소 전력과 비교할 수 있다. 평가를 가능한 한 손쉽게 하기 위하여 본 규격에서는 표와 그림을 제공하였다. 아래 과정은 이용가능한 정보가 고도의 확신을 가지고 평가를 하는데 적절하거나, 추가적인 정보가 실제현장의 측정으로부터 요구되는가를 신속하게 알 수 있다.

만약 최종분석이 의심이 가면 그때 전문가 의견을 구한다.

8절에 나타낸 평가과정은 일반적으로 모든 환경에 적용한다. 크레인, 이동용 송신기 및 석유시추선의 사용에 대한 특별한 고려는 10절에서 다룬다.

4. 송신기 및 출력 파라미터

4.1 일반

본 절은 다양한 형태의 송신기 및 송신시스템에 대한 정보를 제시한다. 본 정보는 기본적인 상세사항이며 좀더 상세한 정보는 전문기관으로부터 구할 수 있다.

4.2 주파수 범위

주된 주파수 범위는 15 kHz ~ 35 GHz이다. 15 kHz 이하의 전송은 r.f. 접화 위험성을 야기시킨다고 생각되지 않는다. 고려되는 송신기의 형태는 다음과 같다.

- (a) 특정대역 0.15 MHz ~ 1000 MHz 범위내에서의 라디오 및 TV방송 송신기
- (b) 특정대역 0.4 MHz 이상의 통신목적 개인, 상업 및 아마추어용 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

4.3 송신기 출력전력

수 W에서 MW까지 송신기 출력전력은 주파수 범위 및 적용에 의존한다고 간주할 수 있다. 전력을 규정하는 방법은 다양하며 서로 다른 변조시스템을 고려할 때와 고 방향성 안테나에서 사용될 때 위험성 평가를 위해 전력은 중요하다. 일반적으로 실효방사전력을 산출하기 위해 종종 언급되는 2개의 곱이 안테나 이득과 함께 송신기로부터 캐리어 또는 피크 전력출력 값의 둘 중 하나가 규정된다.

4.4 안테나 이득

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

$$G = \frac{R}{A} \quad (1)$$

여기서

R : 기준 안테나로부터 방사되는데 필요한 전력 [W]

A : 주어진 안테나로부터 방사되는데 필요한 전력 [W]

동일 방향에서 고정된 거리의 동일 장세기를 나타낸다. 이득은 데시벨로 언급할 때는 ~~로그형식~~으로 표현된다. 모든 방향에 균등하게 방사되는 등방성 안테나는 기준 목적상 매우 유용함에도 불구하고 단지 가설적인 개념이다.

등방성 기준 안테나와 관련된 안테나의 이득이 데시벨로 언급될 때 dBi로 나타낸다. 실제로 안테나 이득은 그 자체가 등방성 안테나와 관련된 1.64 (또는 2dB)의 이득을 갖는 반파 다이폴 안테나와 관련하여 표현된다. 특수한 환경에서, 예를 들면 짧은 모노 폴 안테나가 다른 기준 안테나로 사용될 수 있으며 그래서 기준 안테나를 규정하는 것이 중요하다. 전형적인 안테나의 최대 이득을 별첨 A에 나타낸다.

4.5 변조

4.5.1 일반

고주파전송은 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 전송을 할 수 있도록 변조시키는 것이다. 주요한 변조시스템 특성을 4.5.2에서 4.5.5까지 설명하였다. 8절에서 실효 장세기 E 를 계산할 때 변조율로써 m 을 사용한다.

4.5.2 주파수 변조 (FM)

주파수전송은 정보를 운반하기 위하여 변환된다. 그러나 출력전력은 CW 전송과 같이 일정하게 유지된다. 주파수 이동요소 (Frequency Shift Keying; FSK)는 주파수 변조형이다. 위상 이동요소 (Phase Shift Keying ; PSK) 및 위상변조 (PM)는 출력전력이 변조에 의해 영향을 받지 않기 때문에 변조허용을 필요로 하지 않는 범위내에서 유사하게 다룬다.

4.5.3 진폭변조 (AM)

4.5.3.1 일반

진폭전송은 정보를 운반하기 위하여 변화된다. 형태는 음성 또는 음악 또는 부호화된 전송으로 구성할 수 있거나 또는 TV 화상파형이 될 수 있다.

4.5.3.2 음성과 음악

음성과 음악이 전송될 때, 인증된 전력은 무변조 또는 캐리어 전송 전력이다. 그러나 변조피크에서 순시 장세기는 음성 또는 음악이 가장 큰 볼륨일 때 보다는 2배까지 될 수 있다. 변조피크의 지속시간은 가스의 점화지연시간을 초과할 수 있기때문에 약간의 전력증가의 허용이 평가시에 필요로 한다. 진폭변조된 방송송신기에서 경험상 얻은 결과로써 $m=1.4$ 변조율이 r.f. 점화영향의 실효 장세기의 계산에 적절하다.

4.5.3.3 부호 전송

모로스 및 기타 부호 전송을 사용한 변조폭 說은 변조된 연속파 (MCW)로 알려져 있다. 일정한 톤과 변조율 $m=2$ 에 의해 충분하게 변조된 반송파를 사용하여야 한다.

4.5.3.4 TV 전송

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

4.5.4 단측파대 (SSB) 작동

단측파대 작동에서 피크 외형 (Envelope)전력은 보편적으로 인증되며 $m=0.7$ 값을 취할 수 있다.

4.5.5 펄스레이더

펄스레이더는 빈번한 간격으로 전송된 펄스로 구성된다. 전송은 피크전력 P_o , 평균전력 P_m , 펄스 지속시간 t (초) 및 n [펄스/초]의 펄스 반복률에 의해 특성화된다. 이들 관계는 다음식으로 된다.

$$P_o = \frac{P_m}{nt} \quad (2)$$

여기서 nt 는 Duty Cycle이다. 피크전력을 평가목적상 사용하여야 하며 변조의 추가적인 허용은 고려하지 않는다.

5. 구조물 및 스파크 발생 메커니즘

5.1 구조물

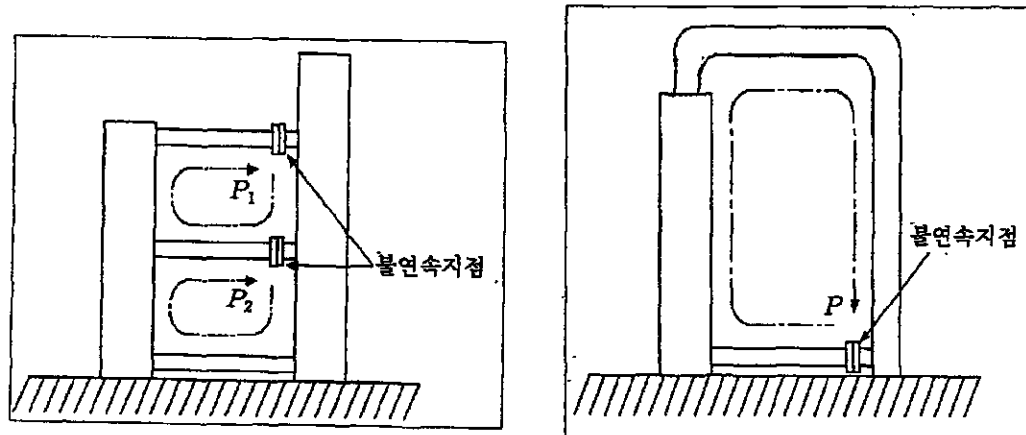
2개의 도전성 물체가 r.f. 방전의 간헐적 접촉을 발생할 때 전자장에서 금속물체에 전압과 전류가 유기될 수 있다. 방전에 의한 점화의 r.f. 전력원은 사실, 발생한 전자장안에 위치한 안테나이다. 안테나 형태는 금속물체 또는 파이프라인과 같은 물체로 조립 또는 통로로 연결된 저장탱크, 수하시설 탱크 및 배기시설로 형성될 수 있다. 그러나 현장의 모든 금속성 물체가 방전으로 인한 상당한 에너지를 방출하는 능력을 가진 것도 아니며 구조물의 몇 종류만이 위험가능 상태를 입증할 수 있다. 단순 안테나형의 유추로부터, 구조물은 30 MHz 이하 주파수에서 루프형 또는 수직형 (모노폴 안테나)으로 나눌 수 있으며 플랜트의 검사로 쉽게 입증할 수 있다. 더 높은 주파수 분야 또는 구조물의 작은 부분은 효과적인 안테나로써 거동할 수 있다. 그러나 여기서 이들을 증명할 필요는 없다. 왜냐하면 이들의 거동이 긴 다이폴 안테나와 큰 차이가 없다는 것을 가정하여 평가과정 (8절 참조)을 수행하였던 이들의 특성을 허용하기 때문이다.

5.2 루프형 구조물

30 MHz 이하 주파수에서, 루프 형태 (그림 1)의 구조물이 다른 형태의 구조물보다 수신 안테나로써 더 효과적이라고 판명되었다. 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. 구조물의 어떤 잠재적 불연속 (Discontinuity)지점에서 다음 정보를 이용할 수 있다면 최대 추출 전력을 계산할 수 있다.

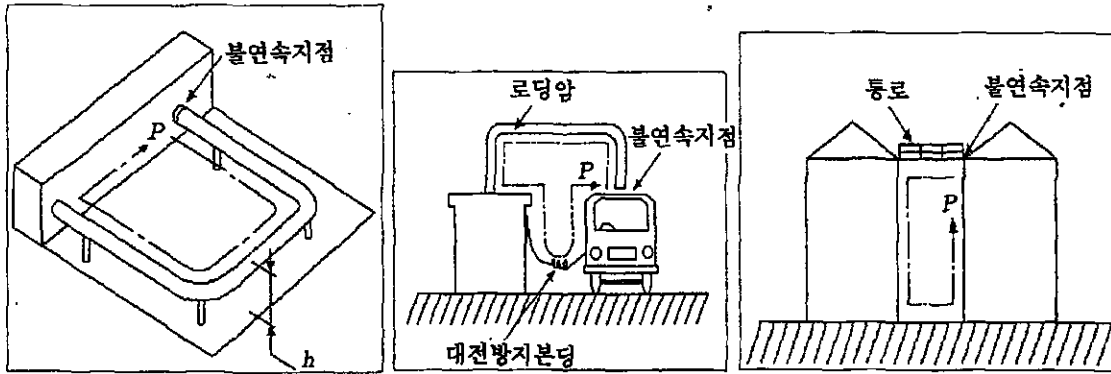
- (a) 구조물 내부길이
- (b) 전송주파수
- (c) 구조물 장소에서 발생하는 장세기

특히 크레인형은 루프형 구조물에 효과적이며 그러므로 특수한 경우 (10.1 참조)로 취급한다.



(a) 기둥과 파이프에 의해 형성된 루프

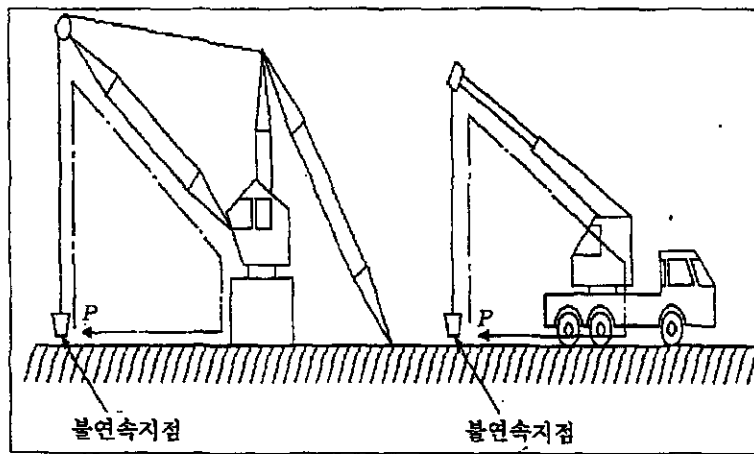
(b) 기둥과 파이프에 의해 형성된 루프



(c) 수평 루프

(d) 탱커 적재설비

(e) 저장탱크



(f) 고정크레인

(g) 이동크레인

[주] p : 루프의 내부길이

h : 루프의 높이

그림 1. 전형적인 루프형 구조물

5.3 수직형 구조물

가연성물질이 사용되는 플랜트 또는 공장지역에서 많은 수직구조물들을 볼 수 있다. 가장 쉽게 볼 수 있는 수직 구조물은 Vent 또는 Flare Stack이다. 일부분의 기둥과 같이 독자적 (Free-Standing)으로 서있는 구조물도 같은 범주에 속한다. 그러나 콘크리트 바닥에 위치한 구조물일지라도 높고 낮은 주파수에서 대지에 낮은 임피던스를 제공한다는 것을 알 수 있었으며 이 지점에서 추출할 수 있는 전력은 극히 낮다.

그러므로 독자적으로 서있는 수직구조물은 수신 안테나로써 작용하는 구조물의 좀 더 효과적인 형태로 분류하지 않으며 일반적으로 수직구조물의 부분이 루프의 한쪽을 형성하는 것을 제외하면 고려할 필요가 없다. 이때 구조물은 루프 내부길이의 근거에 의해 평가하여야 한다.

5.4 스파크 발생 메커니즘

비록 높은 r.f. 전위가 2개의 구조물 사이에 존재하더라도 갭의 성질과 스파크 발생 메커니즘은 불연속지점 둘레에 존재하는 가스 또는 증기의 r.f. 점화에 대하여 매우 높게 관계된다. 만약 두 부분이 초기 접촉에서 떨어진다면 고주파방전은 가장 쉽게 발생한다. (예: 차단 스파크 발생)

간헐적인 접촉에 의하지 않은 갭의 블랙다운은 차단스파크로부터 점화를 일으키기 위한 이들의 요구전압보다 상당히 더 높은 전압이 요구되므로 고정 갭을 통한 방전은 중요한 문제로 고려하지 않아도 된다.

불연속지점을 지나는 간헐적인 접촉이 생길만한 구조 또는 동작형태는 예를 들면 루프회로는 로딩 암과 탱커사이 (루프회로가 탱커로부터 적재시스템의 베이스에 대 전방지본드에 의해 형성됨)에서 발생하는 마찰접촉이 있는 운반탱커 적재설비를 생각할 수 있다. 이와 유사하게 프랜지를 분리하거나 밸브를 보수시 제거할 때에, 간헐적인 접촉이 루프 불연속을 제공하므로 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. 가연성분위기의 점화

6.1 가연성분위기

가연성분위기는 「방폭구조 전기기계·기구 성능검정규격」에서 언급한 위험성이 발

생할 수 있는 공기와 가연성 미스트 또는 증기, 가스의 가연성 혼합물이다.

스파크의 전력 또는 에너지를 발생하기 위한 스파크 점화는 가연성 가스 또는 증기의 성질과 농도에 의존하는 어떠한 임계값을 초과하여야 한다. 가연성가스 및 증기는 별첨 B와 같이 그룹화되어 있다. 각 그룹의 r.f. 스파크의 임계전력 또는 에너지는 다음 표 1과 같은 각 그룹의 대표가스를 사용하여 결정되었다.

표 1. 가스그룹 결정을 위한 대표가스

가스그룹	대표가스
I* 및 IA	메 탄
IB	에틸렌
IC	수 소

* 그룹 I은 광산용에 적용한다. (메탄)

더욱이 각 경우 가연성가스 또는 증기가 가장 잘 점화되는 점화농도는 예를들면 8.3% 메탄/공기 및 21% 수소/공기를 사용하였다. 이들 가연성가스 또는 증기의 임계전력 또는 에너지가 다른 농도에서는 높기 때문에 이는 안전여유를 제공한다. 위험성 평가를 할 때 방폭관련 규격 (지침)에서 언급한 방폭지역의 종류 (0, 1 및 2종 장소)의 구별은 하지 않는다. 그러므로 잠재적 위험성을 평가하기 위하여, 5절에서 언급한 중요한 구조물은 관련된 가스 또는 증기의 가스그룹과 함께 방폭지역을 입증하여야 한다.

6.2 고주파 방전에 의한 점화

고주파방전 및 방전로의 성질에서 스파크 에너지는 주위의 가연성가스에 전달되면 복잡한 현상이 일어난다. 그러나 실험실의 실험과 현장시험은 가연성분위기를 점화시키기 위한 스파크의 능력은 구조물에서 불연속을 지나는 스파크에 의해 추출될 수 있는 전력 또는 에너지에 의해 특성화할 수 있다는 것을 나타낸다. 전력 또는 에너지의 임계값은 최악의 경우의 값이며 일반적으로 말하면 실제적으로 점화를 일으키

는데 필요한 값보다는 높은 값이다.

특수한 가연성 분위기에서 스파크에 의해 축적된 에너지의 열적소비 동안 즉, 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 피크전력은 펄스지속시간에 대한 점화지연시간의 비율에 의해 평균전력보다 크다. 메탄과 에틸렌에서 점화지연시간은 약 $100\mu s$ 이며 수소는 약 $20\mu s$ 이다.

6.3 점화기준

6.3.1 일반

본 규격에서 사용한 가연성분위기의 점화기준은 인정할 만한 연구결과에 근거를 두었다.

6.3.2 연속전송

실용상으로 점화를 일으키기 위한 r.f. 전력의 임계값 P_{th} 은 펄스지속시간이 점화지연시간을 초과하는 펄스전송 및 연속전송에서 표 2에 나타낸 값을 필요로 한다.

표 2. 크레인을 제외한 구조물에서의 고주파 전력 임계값

가스그룹	임계전력 P_{th}
I * 및 I A	지속시간 $100\mu s^*$ 이상, 평균 8W
I B	지속시간 $100\mu s^*$ 이상, 평균 4W
I C	지속시간 $20\mu s^*$ 이상, 평균 2W
* 점화지연시간	

주 1. 전원임피던스 = 300Ω 으로 가정

2. 30 MHz 이하 주파수에서 크레인의 임계값은 표 7 과 같다. (10.1 참조)

6.3.3 레이더 전송

펄스레이더와 펄스가 점화지연시간과 비교하여 짧은 (점화지연시간보다 긴 주기에 의해 구분됨) 전송에서, 싱글펄스 에너지가 더 좋은 기준이라는 것이 밝혀졌으며 임계에너지값 Z_{th} 는 표 3과 같다.

표 3 모든 구조물에서 고주파에너지 임계값

가스그룹	임계에너지 $Z_{th}(\mu J)$
I* 및 IA	7000
IB	1000
IC	200

주: 최고의 펄스레이더 전송은 점화지연시간과 비교하여 짧은 펄스지속 시간을 갖는 것이다. 그러나 긴 펄스전송이 있을 수도 있고 만약 펄스지속시간이 점화지연시간보다 1/2을 초과한다면 표 2에서의 임계값을 이용하여 위험성이 없다고 하지 않는한 전문가 의견을 구하여야 한다.

7. 현장측정 및 시험

7.1 전자장의 측정

시험장비 요구사항과 전자장 세기의 측정방법에 대한 모든 정보는 별첨 C와 같다. 그러나 스파크 점화위험의 문맥상 장세기의 측정은 잠재적 위험성의 평가에 대한 중요한 관계를 가진 요인들을 고려하는 것이다. 이들 고려사항은 다음과 같다.

- (a) 장세기의 측정은 구조물에서 일어나기 쉬운 대표적인 장에서 측정한 값의 지점에서 한다. 구조물위치가 비록 재방사로 인하여 직접적으로 부근의 장에 영향을 줄지라도 구조물이 세워지기 전의 현장이나 또는 송신기로부터 똑같은 거리만큼 떨어진 Open Ground의 지점과 송신기의 방향적 특성에 기인된 오차를 피하기 위하여 유사한 방향으로 이상적으로 측정하여야 한다.
- (b) 비록 대지가 축축할 때 더 높은 장세기가 예견된다 하더라도 대지조건 변화의

영향은 중요하지 않다는 것이 입증되었으며 측정된 장세기는 비록 대지가 건조하거나 또는 콘크리트로 되었다 하더라도 수정을 필요로 하지 않는다.

- (c) 30 MHz 이하 주파수의 수평극성 전송에서 구조물과 관련된 유사한 높이로 측정하여야 한다는 것이 중요하다.
- (d) 예를들면 이동 송신기 및 선박과 같은 간헐 전송의 가능성을 고려하여야 하며, 이런 경우 모든 관계된 송신기가 동작한다고 입증하기 위하여 배치를 하여야 한다.
- (e) 제안된 송신기를 시뮬레이션하기 위하여 시험 송신기가 설치된 곳에서, 측정된 장세기는 만약 필요하다면 (별첨 D.3 참조), 서로 다른 출력과 거리를 허용하는 하나의 요인에 의해 수정할 수 있다.

경고: 과대한 r.f. 방사로부터 인체에 대한 폭로를 방지하여야 한다.

7.2 추출전력의 측정

r.f. 전자파에 의해 방사된 구조물의 불연속으로부터 추출할 수 있는 전력은 직접 측정에 의해 결정할 수 있다. 다음과 같이 전류를 이용한 2가지 방법이 있다.

(a) 전류 및 전압의 주파수 선택 측정

특별한 전송주파수에서 추출전력은 구조물의 불연속지점에서 측정된 전압과 전류값으로부터 계산할 수 있다. 상세한 시험장비 및 시험방법은 별첨 D와 같다.

(b) 광대역 전력측정

r.f. 점화위험성 평가를 위해 특수하게 개발된 기구 (별첨 D 참조)를 사용한 고정된 저항성부하로부터 구할 수 있는 전체전력 (모든 송신기)을 측정한다. 이 방법은 10 MHz까지의 주파수에 대하여 간단한 평가방법을 제공하며 매우

빠르게 얻을 수 있도록 하기 위하여 구조물의 불연속지점에서 측정 중합 추출 전력을 사용할 수 있다.

7.3 시험 전송

시험전송이 있는 곳에서, 일시적인 저전력 송신기는 이상적인 전송 안테나의 제안된 현장과 같은 똑같은 방향으로 놓아 설치하여야 한다. 시험 송신기의 출력전력은 플랜트에 충분한 신호를 제공하기 위하여 약 50W에서 100W로 하여야 할 필요가 있다. 시험전송은 변조를 필요로 하지 않는다. 시험전송의 이용 및 장세기 또는 추출전력의 측정값을 수정하기 위해 요구된 스케일 요소에 대한 정보는 별첨 D와 같다.

7.4 점화 시험

구조물로부터 추출된 전력이 불연속지점을 둘러싸는 가연성가스 또는 증기의 점화를 일으키기 위하여 충분한가를 결정하기 위하여 시험을 수행한다.

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

방폭지역에서의 작동을 위하여 장치는 불활성가스로 계속 환기시키는 용기 또는 가스 또는 증기의 가연성 농도의 외부점화를 방지토록 된 기타 동등한 효과적인 방법에 의해 둘러싸인다. 높은 주파수에서 불꽃점화 시험장치는 개조된다.

경고: 실제적인 모든 현장시험에서 전체적인 협력과 안전 및 개인행동의 통제하에서 수행되어야 한다는 것은 기본적인 것이다. 시험이 실시되는 곳에서의 안전운전에 관련된 모든 사람과 시험프로그램에 대하여 생각하고 토의를 하여야 한다. 예를들면 플랜지의 분리, 밸브제거 등을 일부분의 시험에 포함할 수 있으며, 또한 시험을 수행하는 수행자의 안전과 불완전한 구조물의 지지를 위한 적절한 준비가 있어야 한다. 또한 측정을 방폭지역에서 하는 경우 측정목적상 사용토록 제안된 기구는 시험장소

에서 사용상 명백하여야 한다는 주의가 필요하고 작업하는데 적절한 허가를 득하여야 한다.

8. 평가방법

8.1 일반

본 절은 방폭지역을 갖는 플랜트에서 잠재적인 r.f. 점화위험성의 존재여부를 확인하는데 사용할 수 있는 평가방법을 서술하였다. 부절 8.2에서 8.5까지는 8.6에서 서술한 실제 현장시험의 필요성을 결정하기 위하여 수행하여야 할 이론 평가를 서술하였다. 평가방법을 명확히하기 위한 2개의 흐름도는 그림 2 및 3과 같다. 「평가 흐름도」(그림 2)는 이론적 평가방법의 단계를 나타낸 것이며 2번째 「현장시험 흐름도」(그림 3)은 실제적인 시험을 위하여 권고된 과정을 나타낸 것이다. 흐름도는 안전상태가 가능한 한 빨리 나타나도록 설계하였으며 초기평가는 최소한의 수고를 하여야 한다. 흐름의 설명 및 평가순서는 다음 (a) 및 (b)와 같다.

(a) 흐름도의 설명 및 평가순서

흐름도는 본 절의 평가순서에 대하여 단계별로 할 수 있도록 계획하였으며 이러한 행위는 브럭에서 나타낸 각 상태를 명확하게 하는 것을 요구했다. 브럭수는 요구된 행위 또는 결정에 걸맞는 본 절의 부 절에 언급된다. 평가흐름도는 특별한 플랜트에 대한 위험성 평가 또는 특별한 송신기로부터의 위험성 평가를 위한 순서이다.

이들 과정은 위험성이 없다고 나타나거나 또는 전체평가에 도달될 때까지 순서가 돌아가도록 되어있다. 만일 위험성이 전체평가로 나타났다면 현장시험 흐름도는 다음 경우의 흐름이 되도록 순차방법을 나타낸다.

- (1) 플랜트와 송신기 이미 모두 존재
- (2) 기존재 플랜트와 제안된 송신기
- (3) 기존재 송신기와 제안된 플랜트

적절한 경로를 선택하여야 하며 위험이 나타나지 않을 때까지 계속 진행한다.

(b) 제안된 플랜트 또는 송신기 변경

비록 8.6에 나타난 형태의 평가가 r.f. 점화위험성을 가지고 있지 않다고 할 때라도 평가는 수행하여야 하며, 항상 플랜트 또는 송신기에 대한 변경을 요구한 평가는 고려하여야 한다는 것은 중요한 일이다.

8.2 이론평가의 기초

이론평가의 3가지 형태는 다음과 같다.

- (a) 특수한 송신기로부터 잠재적인 위험이 확인될 때 따라야 하는 초기평가
- (b) 특수한 존재 또는 계획된 플랜트에 대한 위험성이 확인될 때 따라야 하는 초기평가
- (c) 만약 초기평가의 하나가 잠재적 위험성을 나타낸다면 수행하여야 할 전체 평가방법

초기 평가방법은 잠재적 취약지역으로 정의된 거리표를 가지로 단순히 위치의 기초 파라미터 (예; 송신기 상세사항, 플랜트와 송신기의 거리, 플랜트에서 야기될 수 있는 가연성 가스 또는 증기)를 비교하는 것에 근거를 둔다.

전체평가는 플랜트에 대하여 계획된 구조물 또는 특별하게 존재하는 위험성을 고려하여 평가하는 것을 내포한다. 수신 안테나로써 구조물의 거동에 대한 이용가능한 지식과 대표적으로 5절과 6절에 수록된 r.f. 방전의 점화성은 하나의 무 변조된 전송 주파수와 안전 임계 장세기사이의 관계를 입증하는 그림 4를 만들어 사용되었다.

10 MHz 이하 주파수에서 커브군은 다양한 길이를 갖는 루프형태 구조물에 대한 것이다. 표 4와 5 또는 6은 초기평가 방법에 사용되며 3개의 가스범주의 최악조건하에서 송신기를 둘러싼 잠재적으로 취약한 지역의 크기를 결정한다. 표 4, 5 및 6에 나타난 거리는 주어진 현장에 존재하는 여러 개의 서로 다른 송신기를 고려하여 취약지역에 인접한 2차 전송지역의 존재를 허용하여 다중 전송률과 함께 그림 4에 나타난 형태의 안전임계 장세기 데이터의 근거로 계산하였다.

m.f.에서 다중전송률은 전송간 주파수 차이로 간주한다(8.5.5.2). 실효 종합복사

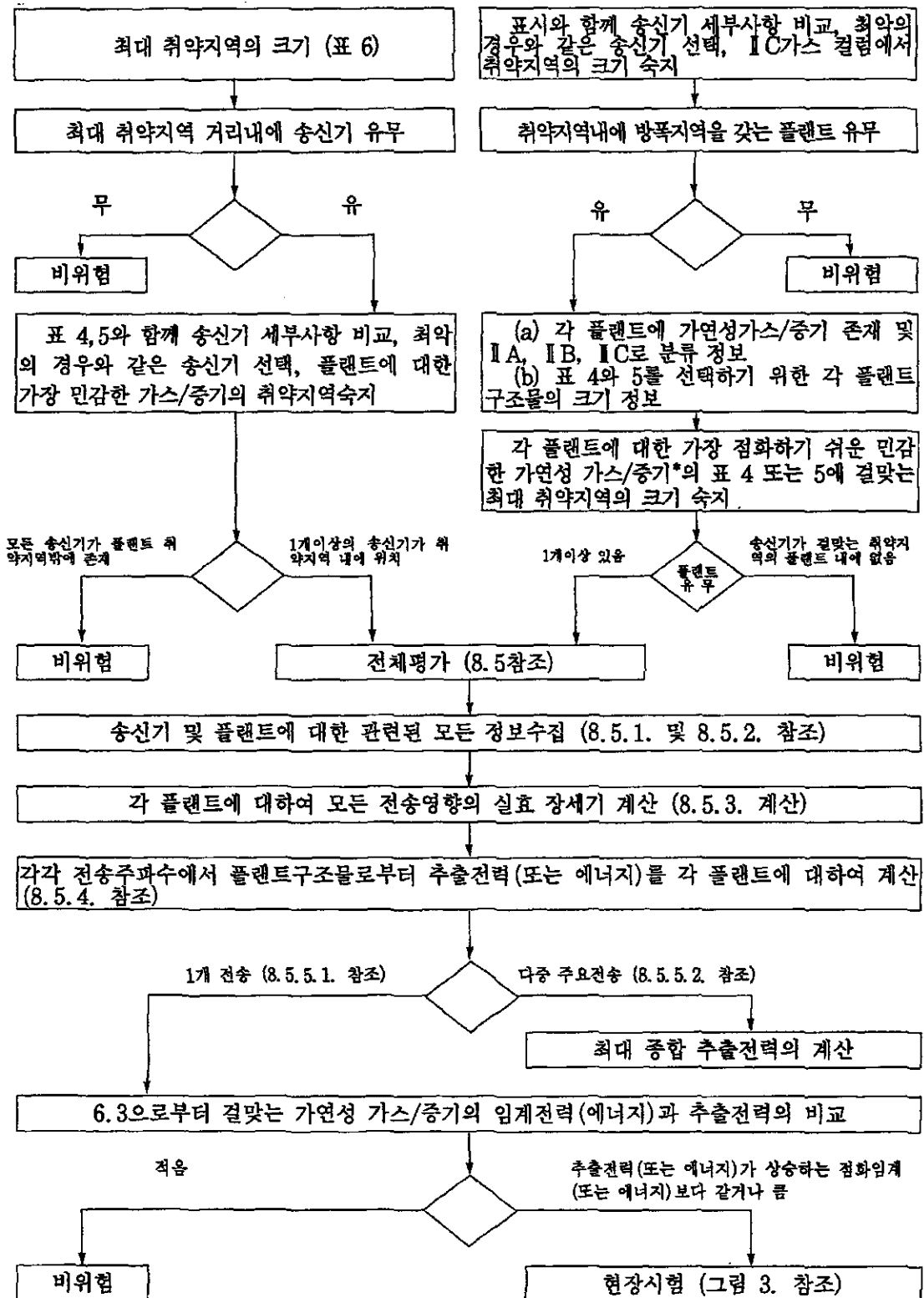
전력은 가장 센 m.f. 송신기의 2배로 간주한다. 이 윗은 실험데이터로 부터 유추된다.

h.f.에서 실효전력은 가장 센 전송기의 4배로 간주한다. 이 윗은 6개를 분리하여 동일 위치에 둔 송신기까지는 적절하다고 생각된다. 이들 송신기는 동일전력을 가져야 한다. 왜냐면 h.f. 전송은 보통 서로 다른 방향 지점인 방향적 안테나로부터 방사되기 때문이다. 취약지역 반경을 계산할 때 표 4의 4번째 칼럼에 나타낸 단지 하나의 송신기의 전력은 칼럼 6에 나타낸 다중 전송률에 의해 곱해진다.

표 4는 대형 석유 또는 가스취급 플랜트의 감리에 근거를 둔 가장 큰 값인 85mm 루프길이를 가정한 가장 보편적인 전송의 취약지역 반경을 나타낸다. 수평루프는 높이 15m를 취하였다. 모든 내용에서 가장 센 전송을 수록하였으며 m.f. 광대역 전송의 경우 보편적으로 사용된 송신기 전력과 안테나 이득의 범위를 언급하였다. 표 5는 수평루프 높이 5m와 최대길이 40m를 갖는 루프형 구조물에 근거를 두어 표현하였다. 표 6은 2개의 크고 작은 구조물을 갖는 취약지역의 최대 크기를 나타낸다.

특별한 플랜트에 대한 위험성평가 (8.4참조)

특별한 송신기로부터 위험성평가 (8.3참조)



* 그룹 IC 가스는 IB보다 점화감도가 높으며 IB는 IA 가스보다 높다.

그림 2. 평가순서 흐름도

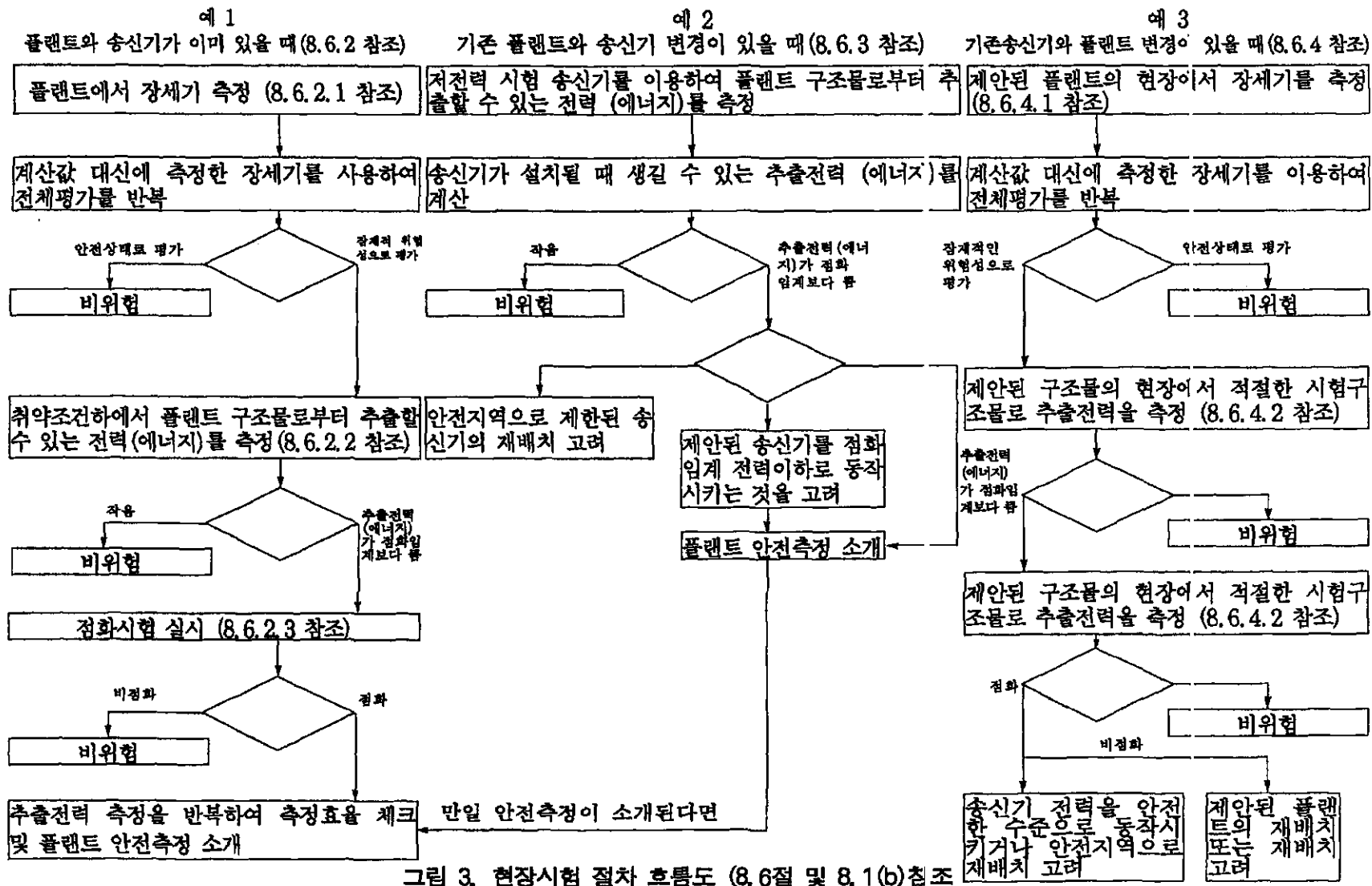


표 4. 취약지역의 환경

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
일련 번호	전송형태	주 파 수 (1 참조)	송신기 출력 (2참조)	변조방식*	다중 전송률	안테나이득 (3참조) (dB)	극성 코드+	취약지역 환경(m) (4참조)		
								그룹 I/IA	그룹 IB	그룹 IC
1	v.l.f. 및 l.f.	<150kHz	200kW	FSK	2.0	0	V	1000	1300	1700
2	v.f. 방송 (5참조)	200kHz	400kW	AM	2.0	4	V	3900	5000	6600
3	라디오비이콘	285kHz~525kHz	1kW	MCW	2.0	2	V	450	600	800
4	m.f. 선박통신(육상)	415kHz~525kHz	5kW	MCW	2.0	4	V	3000	1700	2200
5	m.f. 선박통신(해상)	415kHz~525kHz	800kW	MCW	2.0	0	V	320	420	560
6	m.f. 방송 (5참조)	0.53MHz~1.6MHz	500kW	AM	2.0	(6참조)	V	(6참조)	(6참조)	(6참조)
7	m.f. 방송	0.53MHz~1.6MHz	150kW	AM	2.0	8	V	11500	14200	17500
8	m.f. 방송	0.53MHz~1.6MHz	50kW	AM	2.0	8	V	7300	9200	11500
9	m.f. 방송	0.53MHz~1.6MHz	10kW	AM	2.0	5	V	2600	3300	4300
10	m.f. 방송	6MHz~26MHz	1kW	AM	2.0	5	V	860	1200	1500
11	h.f. 방송	{1.6MHz~	500kW	AM	4.0	21(7참조)	H	2600	3000	3400
12	h.f. 통신: 육상에 대해 수직극 성송신기	{25MHz 4MHz~	30kW 30kW	SSB/FSK SSB/FSK	4.0 4.0	12 12	V	8700	10900	13700
13	h.f. 통신: 육상에 대해 수평극 성송신기	{25MHz 1.6MHz~4.4MHz	30kW 30kW	SSB SSB	4.0 4.0	18(8참조) 18(8참조)	H	630 260	720 290	830 330
14	h.f. 통신: 선박송신기	6.2MHz~26MHz	400W	SSB	2.0	5	V	260	340	450
15	h.f. 통신: 선박송신기	2.8MHz~23MHz	1.5kW	SSB	2.0	5	V	130	170	230
16	h.f. 통신: 민용항공(9 참조)	1.8MHz~2MHz	400W	SSB	2.0	2	V/H	100	140	180
17	아마추어 무선(고정 및 이동용)	{3.5MHz	26W	SSB	2.0	0	V	35	45	60
18	아마추어 무선(고정 및 이동용)	{29.7MHz 145MHz	400W 400W	SSB SSB	2.0 2.0	5(10참조) 12(10참조)	H H	45 55	55 75	65 95
19	아마추어 무선(고정 및 이동용)	400W	400W	SSB	2.0	12	V/H	20	25	35
20	아마추어 무선(고정 및 이동용)	430MHz이상 150W	150W	FM						
		400W	400W	SSB	2.0	18	V/H	15	20	25
		1.8MHz~2MHz 150W	150W	FM						
21	아마추어 무선(이동용)	{3.5MHz~	26W	SSB	2.0	-10	V	20	20	25
22	아마추어 무선(이동용)	{29.7MHz	400W	SSB	2.0	0	V	70	90	110
		14.5MHz	400W	SSB	2.0	5	V	10	10	15
23	아마추어 무선(이동용)	400W	400W	SSB	2.0	6	V	10	15	15
		150W	150W	FM						

표 4. 계속

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
일련 번호	전송형태	주파수 (1참조)	송신기 출력 (2참조)	변조방식*	다중 전송률	안테나이득 (3참조) (dB)	극성 코드 ⁺	취약지역 그룹 I/IA	반경(m) 그룹 IB	(4참조) 그룹 IC
24	아마추어 무선(이동용)	430MHz 이상	400W	SSB	2.0	3	V	5	10	10
25	CB무선	27MHz	150W	FM						
26	F.M. 무선(Ⅱ밴드)	87MHz~108MHz	4W	FM	2.0	2	V	NH	NH	NH
27	TV 방송(Ⅳ~Ⅴ밴드)	470MHz~854MHz	30kW	FM	-	10	V/H	NH-제외	(11참조)	(11참조)
28	v.h.f. 및 u.h.f. 육상, 고정 및 이동, 해상이동	68MHz~470MHz	50kW	TV	-	15	V/H	NH-제외	(11참조)	(11참조)
29	v.h.f. 및 u.h.f. 육상, 고정	68MHz~470MHz	25W	FM/AM	4.0	2	V	10	10	10
30	v.h.f. 및 u.h.f. 기지국	98MHz~400MHz	125W	FM/AM	4.0	5	V	20	25	30
31	v.h.f. 무선중계국	146MHz~174MHz	25W	FM/AM	2.0	12	V/H	10	15	15
32	u.h.f. 고정 및 이동용	862MHz~960MHz	25W	FM	4.0	3	V	5	5	5
33	u.h.f. 무선중계국	450MHz~ 2.7GHz	50W	FM	2.0	20	V/H	10	15	15
34	s.h.f. 라디오 링크	3.4GHz	5W	FM	2.0	35	V/H	NH	NH	NH
35	대기층 산란	900GHz	20W	FM	1.0	46	V/H	NH	NH	NH
36	대기층 산란	2GHz	10kW	FM	1.0	46	V/H	900	1200	1500
37	레이더 대역(군사용)	220GHz	5kW	FM	1.0	32	V/H	NH	NH	NH
38	레이더 ATC(민용)	600GHz	450kW	R(10)	1.0	20	V/H	100	270	610
39	레이더 IFF/SSR	1GHz	500kW	R(4)	1.0	31	V/H	95	260	570
40	레이더 (민용) (13참조)	1GHz~3GHz	(주 12참조) 2500kW	R	1.0	(주 12 참조)	V/H	5	5	5
41	레이더 (군사용)	1GHz~3GHz	150kW	R(4)	1.0	39	V/H	330	860	2000
42	레이더 (해상용)	3GHz	6000kW	R(63)	1.0	45	V/H	500	1400	3000
43	레이더 (민용) (13참조)	3GHz~5GHz	60kW	R(1)	1.0	28	V/H	5	10	15
44	레이더 (군사용)	3GHz~5GHz	1000kW	R(1)	1.0	36	V/H	25	65	150
45	레이더 (민용) (13참조)	3GHz~5GHz	6000kW	R	1.0	45	V/H	170	450	1000
46	레이더 (군사용)	9GHz~10GHz	60kW	R(0.5)	1.0	45	V/H	NH	NH	NH
47	레이더 (해상용)	9GHz~10GHz	2000kW	R	1.0	45	V/H	NH	85	200
48	위성지구국	10GHz	50kW	R(1)	1.0	32	V/H	5	5	10
49	레이더 (공함)	6GHz~14GHz	1kW	FM	1.0	50	V/H	NH	NH	NH
50		35GHz	12kW	R(0.03)	1.0	44	V/H	NH	NH	NH

변조방식에 대한 * 표시

AM: 진폭변조된 음성 또는 음악전송, 반송전력 인증됨

MCW: 진폭변조된 음조전송, 반송전력 인증됨

TV: 진폭변조된 비디오 전송, 피크전력 인증됨

R(): 펄스변조된 레이더 전송, 피크전력 인증됨. 괄호안의 숫자는 μ S의 펄스지속시간을 나타냄

FM: 주파수 변조

SSB: 단측파대전송, 피크·외형 전력인증됨

FSK: 주파수 이동 요소

극성부호에 대한 + 표시

V: 수직극성

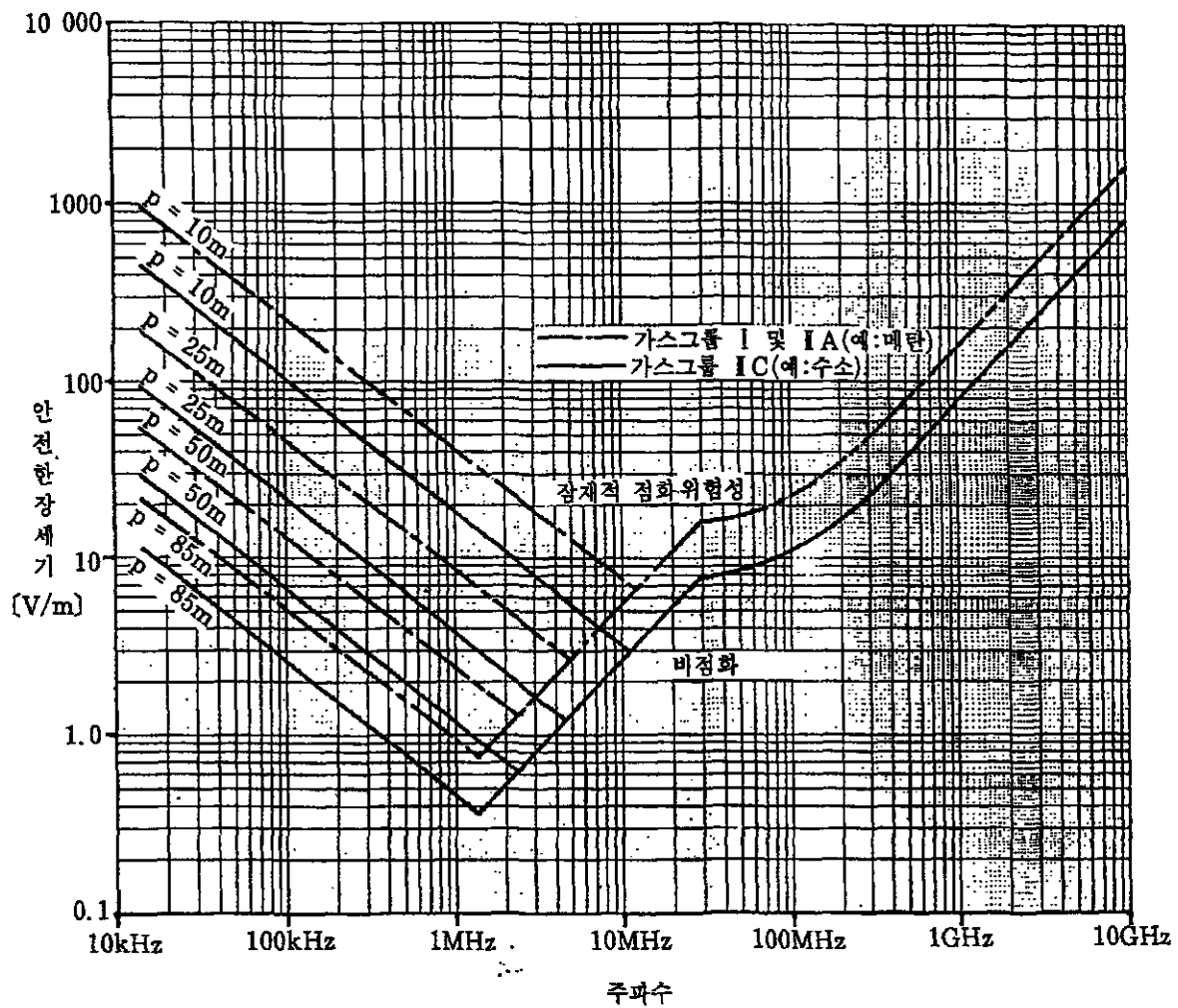
H: 수평극성

V/H: 수직 또는 수평극성 또는 양자모두

- 주 1. 상한 및 하한에서 계산한 안전거리에서의 주파수 범위를 나타낸다. 다른 범위의 주파수에서 안전거리는 최악의 경우에서만 계산하였다.
2. 일련번호 19, 20, 23, 24 및 39에서 사용된 2가지 변조형태의 최대 허용전력을 나타낸다.
3. 모든 안테나 이득은 자유공간에서 등방위 전원 (dBi)에 관련된 dB로 언급하였다. 그러나 30 MHz 이하에서, 수직안테나 이득은 종종 완전하게 전달하는 대지에 대하여 짧은 수직안테나와 관련하여 언급된다. 이 형태를 dBi로 바꾸기 위해서는 5dB을 더하여야 한다. 30 MHz 이하 주파수의 수평안테나에서, 이득은 방사형태의 Main Lobe에 적용하며 대지반사에 기인된

기여를 포함한다. 30 MHz 이상의 모든 극성에서 이들 모습은 마치 안테나가 자유공간이라면 방사형태의 Main Lobe에 적용하며 대지의 영향은 고려하지 않는다.

4. NH는 비위험 (No Hazard)를 의미한다. 그러나 표에서 가정한 것보다 낮은 이득 안테나의 사용은 더 높은 국부적인 장세기를 야기할 수 있으며 그러므로 위험성을 야기시킨다.
5. 단지 400kW l.f. 송신기는 Droitwich, Worcestershire에서 이다.
6. 단지 50kW m.f. 송신기는 Orford Ness에서이다. 바다로 향하는 방향적 안테나 방사가 사용되었다. 취약지역에 대한 정보는 별첨 E를 참조한다.
7. 이 값은 HR 4/4/0.5 Curtain Array를 근거로 하였다. (표 12참조)
8. 이 값은 3λ 마름모꼴 안테나를 근거로 하였다. (표 12 참조)
9. 항공용이 대지일 때 주 3에 주어진 정보를 적용하며 수직극성은 가장 까다로운조건으로써 취한다. 항공들이 공중일 때 방사는 극성의 둘중 하나이거나 모두가 되며 이득형태는 자유공간이득이라고 할 수 있다.
10. 이 값은 대지위의 수평공간 10m를 근거로 한다.
11. 전송 안테나의 주방사 로브는 어떠한 거리 (그림 4 참조)에서 1V/m를 초과할만한 대지근처에서 장세기를 야기하도록 설계하였기 때문에 대지레벨에서는 위험하지 않다.
12. 송신기전력과 안테나 이득의 다양한 조합은 실효 방사전력 (e.r.p.)이 52.5 dBW (178 kW)를 초과하지 않는다면 사용할 수 있다.
13. 이들 범주에 속하는 레이더는 일반적으로 수평에 관계된 높은 Main Lobe와 함께 작동된다. 그러므로 취약지역의 전체확장은 종종 낮은 레벨에서 실현되지 않는다는 것을 따른다. 송신기 조작자는 초기평가 단계에서 상의를 하여야 한다.



- 주 1. 임계전력은 표 2에 서술한 바와 같다.
2. 크레인만 제외한다.
3. p 는 루프길이이다.

그림 4. 안전 임계 장세기 대 하나의 비변조전송 주파수

8.3 송신기 기지로부터 위험성의 초기평가

송신기 기지로부터 모든 플랜트지역으로 위험성의 초기평가는 특별한 설치에 대하여 가장 가까운 파라미터를 제시하는 표 4의 송신기를 선택하여 실시하여야 한다. 만약 송신기의 상세사항이 표 4에 나타난 이들의 하나에 대하여 일치하지 않는다면 표 4로부터 선택한 송신기는 제일 크게 취약한 장소를 나타내는 가장 근사한 송신기이어야 한다.

위험성에 관련된 가장 큰 루프 (그림 1 참조)의 크기 및 면 (수직 또는 수평)의 상세사항은 표 4 또는 표 5의 정보를 이용할 것인가를 확인하여 결정하여야 한다. 일단 표 4와 절맞는 송신기가 선정되면, 취약지역의 크기는 표 4 또는 표 5의 컬럼에 나타난 반경을 취한다.

취약지역의 크기를 결정한 후 그 지역내에서 방폭지역을 포함하는 건물은 입증되어야 한다.

가연성가스 등이 매우 적게 저장된 경우, 통상 r.f. 점화위험성을 일으키는 것으로 고려할 필요는 없다. 만약 취약지역내에서 이러한 건물이 없는 경우는 이때 고려중인 송신기는 r.f. 점화를 일으키지 않으며, 또한 다음단계 평가를 필요로 하지 않는다. 위험성에 놓여있는 건물이 취약지역에 위치할 때 가연성가스 및 증기의 존재에 대하여 플랜트의 통제원로부터 상세한 정보를 얻는 것이 필요하다. 가연성가스 및 증기에 대한 플랜트 운전자로부터의 정보는 표 4 또는 표 5의 적절한 가스범주에 대한 송신기 주변의 취약지역 크기를 확인하는데 사용하여야 한다. 별첨 B에 일상적인 가연성가스 및 증기의 범주를 나타내었다.

만약 상세한 정보취득으로부터 플랜트가 중대한 위험성이 발생할 수 있는 가스 및 증기에 절맞는 취약지역 밖에 위치하고 있다는 것을 인지하였다면 이때 송신기는 플랜트에 대하여 r.f. 점화를 일으키지 않는다고 고려하며, 또한 이 플랜트에 관련된 평가는 다음단계의 심도있는 평가를 필요로 하지 않는다. 만약 상세한 정보습득으로부터 플랜트가 취약지역내에 계속 존재하고 있다는 것을 인지하였다면 8.5절에 나타

낸 전체 평가과정을 따라야 한다.

표 5. 30 MHz 이하 주파수에서 작은 구조물에 대한 취약지역 반경
(주 1 참조)

일련 번호	주파수 (주2참조)	취약지역 반경(m)		
		그룹 I / I A	그룹 I B	그룹 I C
1	<150kHz	300	350	460
2	200kHz	1100	1400	1800
3	285kHz~525kHz	130	160	210
4	415kHz~525kHz	340	450	600
5	415kHz~525kHz	90	120	150
6	0.53MHz~1.6MHz	Orford Ness 송 신기는 별첨E참조	Orford Ness 송 신기는 별첨E참조	Orford Ness 송 신기는 별첨E참조
7	0.53MHz~1.6MHz	4100	5200	6500
8	0.53MHz~1.6MHz	2500	3200	4100
9	0.53MHz~1.6MHz	830	1100	1400
10	0.53MHz~1.6MHz	270	350	460
11	6MHz~26MHz	1500	1700	2000
12	1.6MHz~ 25MHz	3400 190	4200 230	5000 260
13	4MHz~ 25MHz	370 260	420 290	480 330
14	1.6MHz~4.4MHz	140	180	240
15	6.2MHz~23MHz	130	170	230
16	2.8MHz~23MHz	100	130	160
17	1.8MHz~2MHz	20	25	25
18	3.5MHz~ 29.7MHz	45 55	55 75	65 95
21	1.8MHz~2MHz	15	15	20
22	3.5MHz~ 29.7MHz	70 10	90 10	110 15

- 주 1. 본 표는 40m 이하의 루프구조물에 적용하며, 또한 일련번호 11, 13 및 18은 대지 위에서 5m 이하 수평루프에 대하여 적용한다.
2. 대괄호는 안전거리를 주파수 상한과 하한에서 계산한 주파수범위를 나타낸다. 다른 주파수 범위에서 안전거리는 최악조건의 경우에서 계산하였다.
3. 전송기 및 다중 전송물의 상세사항은 표 4를 참조한다.
4. 표기하지 않은 일련번호는 표 4의 취약지역 반경을 참조한다.
5. 표 5의 일련번호는 표 4와 같다.

8.4 플랜트의 초기평가

만약 현장의 모든 전송으로부터 특별한 플랜트에 대한 위험성이 평가되어야 한다면 중대한 위험성을 야기시킬 수 있는 송신기지에 대한 (6절 참조) 가연성 가스 및 증기의 범주는 결정되어야 하며, 또한 기지에 대하여 점화감도가 가장 좋은 가스 또는 증기의 최대 취약지역의 크기는 표 6에 나타난 정보를 사용하여 확인하여야 한다. 매우 적은 양을 저장하는 가연성가스 등은 통상 r.f. 점화위험성을 야기한다고 고려할 필요는 없다.

표 6으로부터 모든 잇점을 얻기 위하여 위험성가스와 증기에 관련된 가장 큰 구조물의 유효높이와 최대 내부길이가 결정되어야 한다. 만일 이 정보가 이 상태에서 이용할 수 없다면 표 6의 컬럼 3에 주어진 구조물을 크게 하거나 또는 높게 가정해야 한다. 전형적인 구조물의 내부길이는 그림 1과 같으며 플랜트 검사시에 각각의 특별한 구조물과 관련된 가스 또는 증기의 범주 (별첨 B 참조)에 주의하여야 한다. 표 6에 나타난 적절한 최대 반경형태는 조사지역의 크기를 결정하며 다음단계의 평가는 조사지역내에 있는 고정된 모든 송신소이다.

표 6. 취약지역의 최대 변경

1	2	3
가스그룹 (별첨 B 참조)	내부길이 40m 이하인 모든 루프와 높이 5m 이하인 수평루프 (m)	기타구조물 (m)
I 및 II A	4100	11500
II B	5200	14200
II C	6500	17500

주: 표 6은 Orford Ness, Suffolk의 바다쪽에 대한 지역에 대하여는 적용하지 않는다. 이 지역으로부터 전송의 상세사항은 별첨 E를 참조한다.

잠재적인 위험성으로서 이동 송신기를 평가하기 위한 적절한 순서에 대한 정보는 10절에 나타내었다. 만약 조사지역내에 송신기가 위치하고 있지 않다면 플랜트에 대한 r.f. 점화위험성은 없으며 또한, 다음단계의 평가는 필요로 하지 않는다.

만약 플랜트 주변의 조사지역 내에 송신기가 있다면 각각의 전송기의 동작 파라미터는 표 4와 5에 나타난 파라미터와 적절한가 비교해야 하며, 각각의 송신기 주변의 취약지역 크기를 결정한다. 만약 송신기의 상세사항이 표 4와 5에 나타난 것과 적절하다는 것이 입증되지 않는다면 가장 큰 취약지역을 나타내는 가장 가까운 등가 송신기를 선택하여야 한다. 만약 플랜트가 결맞는 송신기의 취약지역 내에 있지 않다면 플랜트에서 r.f. 접화위험성은 없다고 고려하며 또한, 다음단계의 평가는 필요로 하지 않는다. 만약 플랜트가 송신기의 취약지역 내에 있다면 전체 평가과정이 수행되어야 한다.

8.5 전체평가 순서

8.5.1 순서

전체평가는 다음과 같이 수행한다.

- (a) 전송 및 플랜트에 대한 모든 정보를 수집한다.
 - (b) 변조효과를 고려하여 실효 장세기를 계산한다.
 - (c) 외래 안테나로부터 추출전력 또는 에너지를 계산한다.
 - (d) 외래 안테나로부터 추출전력 또는 에너지와 6절에 나타난 임계값과 비교한다.
- 실례는 별첨 F와 같다.

8.5.2 정보요구

중대한 위험성을 야기할 수 있는 건물에 존재하는 가연성액체 또는 증기에 대한 적절한 그룹정보를 요구한다. 특히 각각의 루프 구조물과 관련된 플랜트에 대한 가연성액체 및 증기 (별첨 B와 같은)의 범주에 주의하여야 한다. 만약 전송주파수가 30 MHz 이하라면, 플랜트의 방폭지역과 관련된 구조물 크기의 상세사항을 요구한다. 수직극성 전송에서 관계된 파라미터는 입증할만한 수직루프를 가진 구조물의 내

부길이다. 수평극성 전송이 수신중일 때 관계된 파라미터는 입증할만한 수평루프를 가진 내부길이와 구조물의 높이이다.

그림 1은 전형적인 구조물의 파라미터를 나타낸다. 취약지역 플랜트를 가지고 있는 사각의 전자기의 요구사항은 다음과 같다.

- (a) 주파수 또는 동작 주파수범위
- (b) 출력 (4.3 참조)
- (c) 변조방식, 만약 펄스 전송이라면 펄스지속시간과 펄스반폭률 (4.5참조)
- (d) 위협으로부터 건물방향의 안테나 이득 (4.4 참조)
- (e) 전송극성
- (f) 수평방사패턴
- (g) 30 MHz 이하 주파수의 수직극성 전송에서, 송신기와 플랜트사이의 대지형태
(예: 대지, 담수 또는 염수)
- (h) 30 MHz 이하 주파수의 수평극성 전송에서, 전송 안테나의 Main Lobe의
정면 각도
- (i) 위협으로부터 건물에 대한 거리

8.5.3 유효장세기의 계산

8.5.3.1 일반

유효장세기의 계산은 주파수와 전송극성에 따라 나눈다. 각각의 수직 및 수평극성을 사용하여 30 MHz 이하 주파수는 8.5.3.2 및 8.5.3.3에서 다룬다. 30 MHz 이상의 주파수는 8.5.3.4에서 다룬다. 30 MHz 이하 주파수에서, 전송 안테나는 안테나 이득을 증가시키기 때문에 안테나 시스템의 부분으로서 간주되는 대지바로 위나 근처에 세운다. 30 MHz 이상 주파수에서, 전송 안테나는 보통 대지보다 높게 설치하며 이는 자유공간내로서 이들을 간주하는 것이 더 편리하다. 비록 방사된 신호의 세기가 대지의 존재에 의해 계속 증가된다고 하더라도, 이 증가는 분리하여 고려할

수 있다. 대지의 영향이 30 MHz 이상 및 이하 모두 올바르게 고려하였다면 30 MHz에서 평가순서의 중단은 없을 것이다.

8.5.3.2 30 MHz까지의 주파수 (수직극성)

유효장 세기 E [V/m]는 다음 식으로 주어진다.

$$E = F(\phi) E_0 m \sqrt{PG_v} \quad (3)$$

여기서

E_0 는 그림 5의 陸路 또는 그림 6의 海路의 장세기이다. (주 1참조)

m 은 변조율이다. 예;

$m = 1.4$ (음성 또는 음악에 의한 진폭변조율)

$m = 2$ (MCW 용)

$m = 0.7$ (SSB 용)

$m = 1$ (기타 모든 변조형태 및 연속파 (CW) 전송용)

$F(\phi)$ 는 수평방사 패턴률이다. 방위각 ϕ 의 함수, 송신기 조작자로부터 얻음, 만약 수평방사형태가 원형이거나 또는 Main Lobe의 방위에 대하여 $F(\phi) = 1$. 플랜트의 방향에서 이 값을 얻을 수 없다면 $F(\phi)=1$. 이기 때문이다. 만약 데시벨 및 k 로 나타내면 이때 $F(\phi)=10^{0.05k}$ 이다.

P 는 안테나에 공급하는 반송전력이다. (또는 펄스전송의 피크전력 또는 SSB의 피크 외형 전력) [kW] (주 2참조)

G_v 는 선형 전력률로서 나타낸 Main Lobe의 방향에서 짧은 수직 모노폴 안테나와 관련된 안테나 이득이다. (주 3참조) 만약 이득을 [dB] 및 g 로 나타내면 이때 전력률로서 나타낸 이득은 $10^{0.1g}$ 로 나타낸다.

주 1. 그림 5와 6은 짧은 수직모노폴 안테나에 의해 생성되는 장세기를 나타내며 별첨 G 에 나타낸 방법에 근거를 하고 있다.

2. PG_v 곱은 유효 모노폴안테나 방사전력 (e.m.r.p.)이며, 종종 P 와 G_v 대신에 인용된다.
3. 만약 선형 전력률로써 표현된 이득이 등방위 전원과 관련하여 언급되었다면 이때 G_v 를 산출하기 위하여 3으로 나누어야 한다. 만약 등방위 전원과 관련된 데시벨로 언급하였다면 이때 g 를 산출하기 위하여 5dB을 빼야 한다.
4. 파장과 비교하여 짧은 안테나에서 식 (3)은 안테나에 가까운 장세기를 과소평가할 수 있다. $45/f$ [m] 이하의 하나의 안테나에서 (여기서 f 는 주파수; MHz), $r_1 \cdot 45/f$ [m] 이상 거리에서 장세기는 다음식으로 계산한다.

$$E = 300 \, m \left(\frac{r^2}{r_1^3} \right) \sqrt{PG_v} \quad (4)$$

여기서 r 은 전송 안테나와 플랜트 사이의 거리 [m]이다.

8.5.5.3 30 MHz까지의 주파수 (수평극성)

수평극성파는 대지를 따라 급속하게 감쇄된다. 대지위의 높이 h [m]에서 유효장 세기 E [V/m]는 다음 근사식으로 된다.

$$E \approx \frac{2.7 \, hmF(\theta) \sqrt{PG}}{d^2 \sin \theta \times 10^4} \quad (5)$$

여기서

P 는 안테나에 공급하는 반송전력이다. (또는 펄스전송의 피크전력 또는 SSB의 피크 외형 전력) [kW]

G 는 선형 전력률로 표현된 Main Lobe의 방향에서 자유공간에 등방위 전원 에 관계된 안테나 이득이다. (주 1참조) 만약 이들을 데시벨 [dBi]과 g 로 나타내면 이때 $G=10^{0.1g}$ 이다.

m 은 변조율이다. 예;

$m = 1.4$ (음성 또는 음악에 의한 진폭변조율)

$m = 2$ (MCW 용)

$m = 0.7$ (SSB 용)

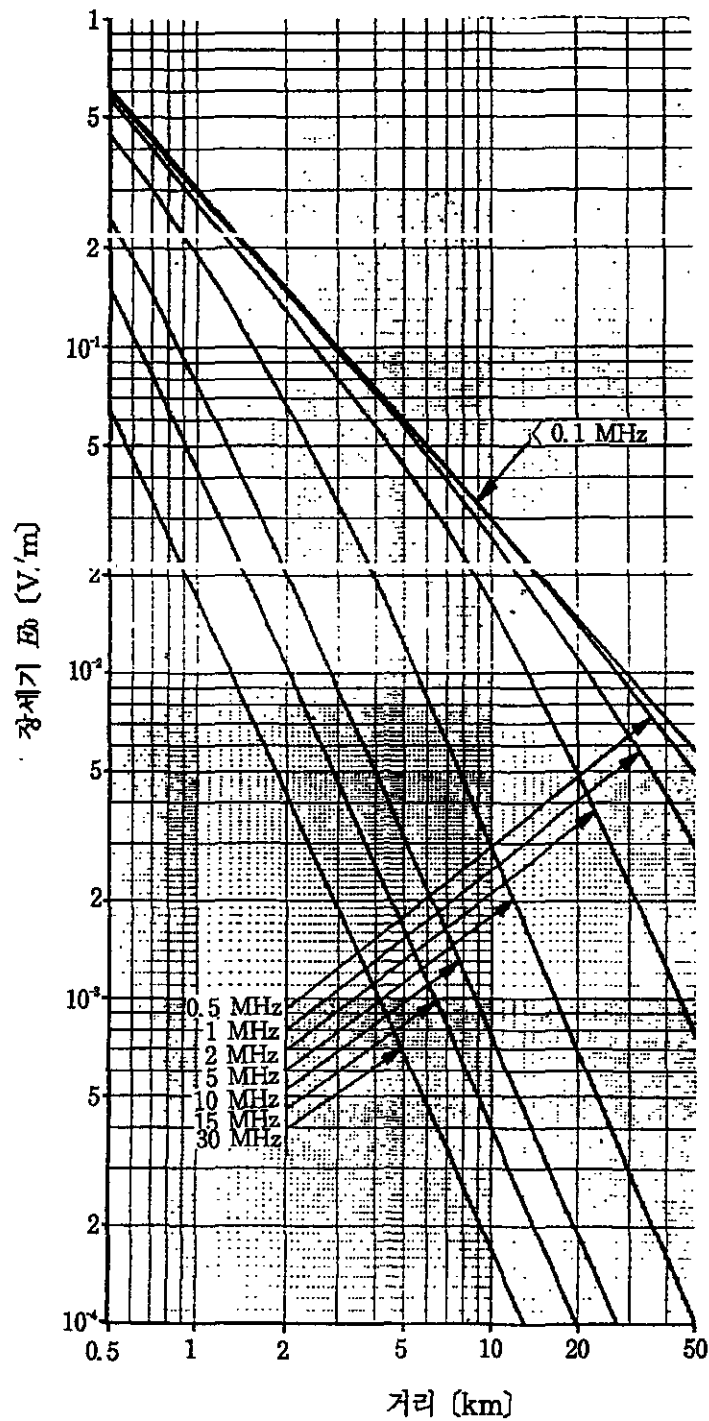
$m = 1$ (기타 모든 변조 형태 및 연속파 (CW) 전송용)

$F(\theta)$ 는 수평방사 패턴이다. 방위각 θ 의 함수, 송신기 조작자로부터 얻음,
Main Lobe의 방위에 대하여 $F(\theta) = 1$. 플랜트의 방향에서 이 값을 얻을 수 없다면 이것은 $F(\theta) = 1$ 이기 때문이다. 만약 데시벨과 k 로 나타내면 이 때 $F(\theta) = 10^{0.05k}$ 가 된다.

d 는 송신 안테나와 플랜트사이의 거리이다. (km)

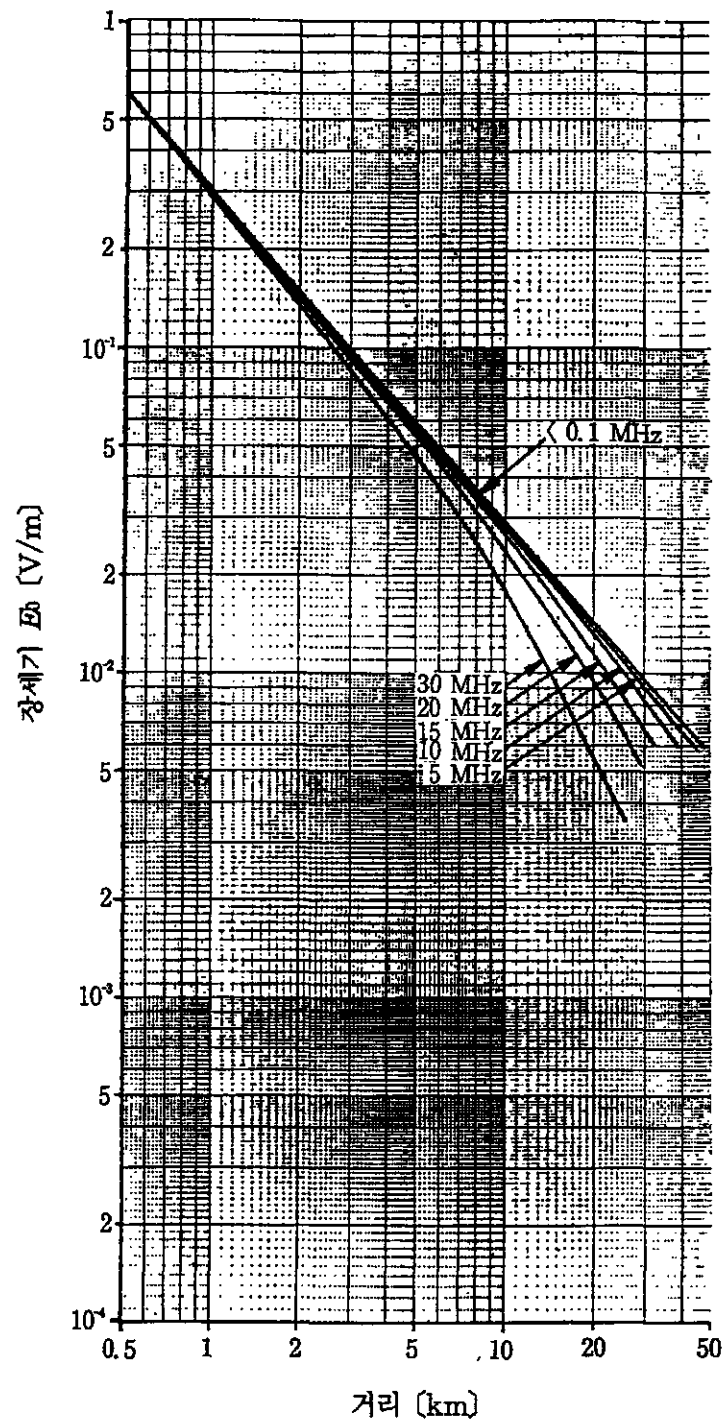
θ 는 Main Lobe의 정면 각도이다. 송신기 조작자로부터 얻음. 만약 얻을 수 없다면 표 12의 전형적인 값을 참조

- 주 1. 만약 선형 전력률로서 표현된 이득이 자유공간에서 반파 다이폴안테나와 관련하여 언급되었다면, G 를 산출하기 위하여 1.64를 곱하여야 한다. 만약 자유공간에서 반파 쌍극안테나와 관련하여 데시벨로 언급하였다면 (dB) 이 때 g 를 산출하기 위하여 2dB를 더하여야 한다.
2. 식 (5)는 구조물이 Main Lobe의 낮은 쪽을 빛춘다는 것을 가정한다. 이것은 예를 들면 낮은 전송 안테나높이와 낮은 전력의 경우에는 적용할 수 없다. 이러한 경우 장세기는 대지반사파와 방향의 벡터합에 의해 계산하여야 한다.



- 주 1. 대지상수는 도전률 20 mS/m 및 관제허용 30이다.
 2. 전송전원은 짧은 수직모노폴 안테나로 방사된 1 kW이다.
 3. 정확도를 개선하거나 다른 대지조건이 적용된 경우, 별첨 G에 나타난 공식을 사용하여야 한다.

그림 5. 장세기 대 거리 (육로)



- 주 1. 대지상수는 도전률 5 S/m 및 관제허용 70이다.
 2. 전송전원은 짧은 수직 모노폴 안테나로부터 방사된 1 kW이다.
 3. 정확도를 개선하는 경우 별첨 G에 나타난 공식을 사용하여야 한다.

그림 6. 장세기 대 거리 (해로)

8.5.3.4 30 MHz 이상 주파수

수평 또는 수직극성으로 전송할 수 있다. 그러나 대지의 영향은 거의 독립적인 극성이다. 대지반사가 없고 (주 1참조) 멀리 떨어진 현장 (주 2참조)에서, 실효장세기 [V/m]는 다음식으로 주어진다.

$$E = \frac{0.173mF(\Phi)\sqrt{PG}}{d} \quad (6)$$

여기서

P 는 안테나에 공급하는 반송전력이다. (또는 펄스전송의 피크전력 또는 SSB의 피크 파워 전력) (kW) (주 3참조)

G 는 선형 전력을 (주 4 및 5참조)로서 표현되고, Main Lobe의 방향에서의 등방 위 전원과 관련된 안테나 이득이다. 만약 이들을 데시벨 (dBi)과 g 로 표현하면 이때 $G=10^{0.1g}$ 이다.

m 은 변조율이다. 예 ;

$m = 1.4$ (음성 또는 음악에 의한 진폭변조율)

$m = 2$ (MCW용)

$m = 0.7$ (SSB용)

$m = 1$ (기타 모든 변조 형태 및 연속파 (CW) 전송용)

$F(\Phi)$ 는 수평방사 패턴율이다. 방위각 Φ 의 함수, 송신기 조작자로부터 얻음, Main Lobe의 방위에 대하여 $F(\Phi) = 1$, 플랜트의 방향에서 이 값을 얻을 수 없다면 $F(\Phi)=1$ 이기 때문이다. 만약 데시벨과 k 로 나타내면 이때 $F(\Phi) = 10^{0.05k}$ 가 된다. 또한 어떤 경우 수직방사패턴은 고려하여야만 한다.

d 는 전송 안테나와 플랜트사이의 거리이다. (km)

- 주 1. 장세기는 대지반사에 의해 증가될 수 있다. 이 가능성은 평가방법에 고려되어야 한다. (5.5.4.3절 참조)
- 주 2. 식 (6)은 멀리 떨어진 장 전파공식에 근거를 둔다. 이들이 레이더에 이용된 것처럼 고이득 안테나에서 식 (6)은 안테나에 밀접한 장세기를 과대평가한다.

$r_0 = G/f$ [m] 이하 거리에서 (여기서 f 는 주파수이다. [MHZ]), 빔 축에 대한 (또는 축에 근접한) 실효장세기를 계산하기 위하여 다음식을 사용하여야 한다.

$$E = \frac{173m\sqrt{(PG)}}{r_0} \quad (7)$$

거리 r_0 는 거의 $0.14\sqrt{(AG)}$ [m]와 같다. 여기서 A 는 아테나 면적 (m^2)이다.

3. 등방위적으로 방사된 전력 동가 (e.i.r.p.)로서 알려진 PG 값은 종종 P 와 G 대신에 인용될 수 있다.
4. 만약 전력을로서 표현된 이득이 반파 쌍극안테나와 관련되어 언급되었다면 이때 G 를 구하기 위하여 1.64를 곱하여야 한다. 만약 자유공간에서 반파 쌍극안테나와 관련된 데시벨로 언급되었다면(dB) 이때 g 를 구하기 위하여 2dB를 더하여야 한다.
5. 어떤 고이득 아테나 (이들을 레이더용에 사용함)에서, 이득 G (만약 직접적으로 주어지지 않았다면)는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$G \approx \frac{41300}{\alpha \beta} \quad (8)$$

여기서

α 는 수평 반 전력 빔폭 [도]

β 는 수직 반 전력 빔폭 [도]

6. v.h.f. 및 u.h.f. 방송 송신기에서, 안테나는 어떤 거리에서 1 V/m를 초과할 수 없도록 대지근처에서 장세기를 발생하도록 설계되어야 한다. 그러므로 위험성은 존재하지 않는다. (그림 4 참조)

8.5.4 추출전력 또는 에너지의 계산

8.5.4.1 일반

추출전력 또는 에너지의 계산은 주파수에 따라 분리한다.

8.5.4.2 30 MHz까지 주파수

실효장세기 E 의 장에 의해 공진 및 방사되도록 동조될 때 길이 p 의 구조물로부터 추출할 수 있는 최대 전력은 다음식으로 나타낸다.

$$\frac{P}{\lambda} < 0.4 \text{ 일 때 } P_{\max} = 702 \frac{E^2}{f^2} \left(\frac{P}{\lambda} \right)^{1.5} \quad (9)$$

$$\frac{P}{\lambda} \gg 0.4 \text{ 일 때 } P_{\max} = 28.4 \frac{E^2}{f^2} \quad (10)$$

여기서

E = 실효장세기 [V/m]

f = 주파수 [MHz]

$\lambda = \lambda = 300/f$ 에 의해 주어진 파장 [m]

p = 루프형태 구조물의 내부길이 [m] (그림 1 참조)

$P_{\max}$ = 최대 추출전력 [W]

이들 공식은 대지근처의 루프 구조물로부터 추출할 수 있는 전력에 대하여 근거를 두며 가능한 장 상승(Enhancement), 안테나이득 및 기타 잡다한 효과를 위해 3dB의 허용을 포함한다.

8.5.4.3 30 MHz 이상 주파수

30 MHz 이상에서 구조물로부터 최대 추출전력은 다음식으로 주어진다.

$$P_{\max} = \frac{311E^2}{f^2 + 9000} \quad (11)$$

여기서

E 와 f 는 8.5.4.2의 정의와 같다.

이 공식은 반파 다이폴 안테나로부터 추출할 수 있는 전력에 근거를 둔다. 그러나

200 MHz를 초과하는 주파수에서 가능한 장 상승, 안테나 이득 및 기타 잡다한 효과를 위해 반파 다이폴 안테나와 관련된 10dB의 허용을 포함한다.

(f^2+9000) 항은 30 MHz에서 200 MHz까지 완전한 추이를 제공하는 것을 포함한다. 펄스전송에서, 단 펄스의 구조물로부터 최대 추출에너지 Z_{max} (μJ)는 다음식으로 나타낸다.

$$Z_{max} = P_{max}t \quad (12)$$

여기서

t = 펄스 지속시간 (μs)

P_{max} = 식 (9), (10) 또는 (11)로부터 계산한 값

8.5.5 6절의 임계값을 가진 구조물로부터의 종합추출전력 또는 에너지와의 비교

8.5.5.1 싱글 전송평가

단지 하나의 전송을 중요한 근거로 할 때 식 (9), (10) 또는 (12)를 사용하여 P_{max} 또는 Z_{max} 를 계산하며 이 값과 6.3에 주어진 P_{th} 또는 Z_{th} 를 비교한다.

만약 P_{max} (또는 Z_{max})가 P_{th} (또는 Z_{th}) 이하라면 r.f. 점화위험성은 없으며 다음 단계의 평가는 필요로 하지 않는다.

만일 P_{max} (또는 Z_{max})가 P_{th} (또는 Z_{th})보다 크거나 같다면 잠재적인 위험성을 나타내며 또한 8.6절에 서술된 과정을 따라야 한다.

8.5.5.2 다중전송평가

8.5.5.2.1 연속파의 모든전송

만약 하나 이상의 전송이 존재하고 이 모든 것이 전력임계를 적용하는 형태라면 (6.3.2 참조) 이 때 P_{max} 는 식 (9), (10) 또는 (11)를 사용하여 각각 전송주파수를 결정하여야 한다.

이렇게 얻은 P_{max} 값은 만약 구조물이 각각 전송주파수에서 (또는 만약 구조물이 외부동조 리액턴스에 의해 공진된) 공진되었다면 추출할 수 있는 전력값이다.

그러나, 구조물내에서 선택도를 피할 수 없다. 그러므로 실제로 비공진 주파수로

부터 전력기여는 이들을 계산한 값보다 적게 된다.

만약 모든 P_{max} 값의 합이 6.3.2의 임계값보다 작다면 r.f. 점화위험성은 없으며 다음단계의 평가는 필요로 하지 않는다. 그러나 만일 이들 P_{max} 값의 합이 6.3.2의 임계값보다 크다면 이때 Off-Resonance 효과를 고려하여야 한다.

‘변조정합’ 전력 P_{mm} 의 계산으로 이들을 신속하게 효과적으로 할 수 있다는 것을 알았다. 비공진 주파수에서 P_{max} 에 대한 P_{mm} 의 비는 회로의 선택도에 의존하며, $Q_k = 5$ 회로계수는 평가목적상으로 (특별한 구조물에 대한 임피던스측정에 근거를 둔) 선택되어야 한다.

그림 7은 공진주파수 비 f/f_r 에 대한 전송주파수의 함수로써 P_{mm}/P_{max} 를 나타낸다. 한편, P_{mm}/P_{max} 는 다음식으로 얻을 수 있다.

$$\frac{P_{mm}}{P_{max}} = \frac{2}{1+n} \quad (13)$$

여기서

$$n = \frac{Q_k \left[1 + \left| Q_k - \left(Q_k + \frac{1}{Q_k} \right) \left(\frac{f_r}{f_t} \right)^2 \right|^{\frac{1}{2}} \right]}{(1 + Q_k^2)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{f_r}{f_t} \right)^2} \quad (14)$$

어떤 동조조건에서 구조물로부터 이용가능한 종합전력은 변조정합 전력의 합과 같다고 가정한다. 이 합은 구조물이 각각 전송주파수를 통하여 동조될 때 최대로 나타낸다.

일반적으로 이들 최대의 하나는 다른 것보다 클 것이다. 이것이 최악조건을 나타내거나 추출할 수 있는 가장 큰 전력이다. 전송주파수 $f_1, f_2, \dots, f_n$ 의 계산방법은 다음과 같다.

- (a) 식 (9), (10) 또는 (11)을 사용하여 각각의 전송주파수의 P_{max} 를 계산한다.
- (b) f_1 에서 구조물 동조가 있는 경우, $f_1/f_1 (=1)$, $f_2/f_1, \dots, f_n/f_1$ 을 계산하여 각 주파수에서 그림 7로부터 P_{mm}/P_{max} 를 알아낸다.
- (c) 각각의 주파수를 그 주파수에서의 P_{max} 값에 의해 P_{mm}/P_{max} 의 값을 곱한다.

이것은 구조물이 f_1 으로 동조될 때 그 주파수에서 P_{mm} 값을 나타낸다.

(d) 전체전력을 구하기 위하여 P_{mm} 값을 합친다.

이 합은 전송주파수 f_1 에서의 P_{max} 값을 포함한다.

(e) 동조된 구조물에서 주파수 f_2 ----- f_n 순서로 이 과정을 반복한다.

만약 이들 전력합계의 하나 이상이 6.3.2의 P_{th} 와 같거나 크면 이때 잠재적인 위험성을 나타내며 8.6절에 언급한 과정을 따라야 한다. 만약 이들 전력합계가 P_{th} 를 초과하지 않으면 다음 단계의 평가는 필요로 하지 않는다.

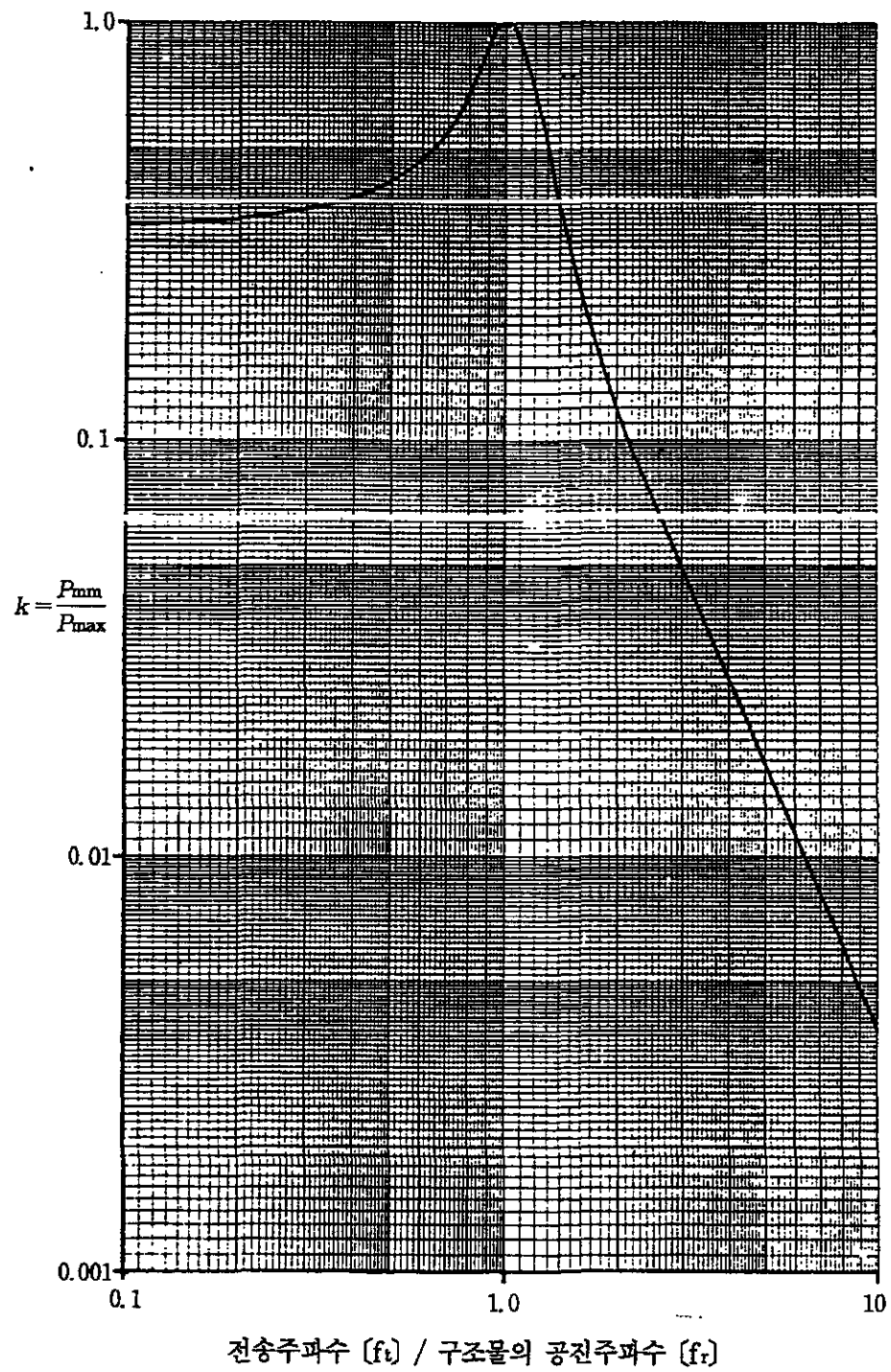
8.5.5.2.2 펄스 레이더의 모든 전송

적절한 다중공진을 나타내는 구조물 및 서로 다른 송신기로부터 레이더펄스의 부합시간 둘 다 낮은 가능성때문에 하나 이상의 레이더 송신기로부터 에너지의 부가를 위한 허용은 고려할 필요가 없다. 8.5.5.1에서 단일 전송주파수 평가는 각각 전송기로 나누어 실시하여야 한다.

8.5.5.2.3 연속 전송과 레이더 전송의 조합

연속 전송과 레이더 전송이 계수 5 또는 그 이상의 주파수와 다를 때 어떠한 특별한 구조물에 대한 부가적인 효과의 가능성은 낮다. 그러므로 2가지 전송 형태의 효과는 8.5.5.2.1과 8.5.5.2.2에서 나타낸 과정에 따라 분리하여 평가할 수 있다.

2가지 전송형태가 주파수에서 계수 5이하로 분리될 때와 한가지 형태의 전송이 점화 임계전력 (또는 에너지)의 중요한 퍼센트를 야기할 때 이때 부가적인 효과를 고려하여야 한다. 이 경우 단순평가를 할 수 없으며 위험도를 평가하기 위하여 전문가 조언을 구하여야 한다.



주: $\frac{f_t}{f_r} < 0.1$ 에서 $\frac{P_{mm}}{P_{max}} = 0.33$ 을 취한다.

그림 7. $Q_k = 5$ 에서 변조정합 전력

8.6 현장시험

8.6.1 방법

만일 8.1 ~ 8.5의 평가가 잠재적 위험성을 나타내면 이때 현장실험 수행을 권고한다. 그리고 만약 필요하다면 9절에서 서술한 실질적인 안전지침을 적용하여야 한다. 그림 3에 나타난 현장시험 흐름도는 서로 다른 3개의 형태 (즉 플랜트와 송신기가 이미 존재, 기 존재하는 플랜트와 제안된 송신기, 기 존재하는 송신기와 제안된 플랜트)의 과정으로 요약한다. 시험방법은 7절 및 별첨 C와 D에 서술하였다.

8.6.2 플랜트 및 송신기 모두 존재

8.6.2.1 장세기 측정

플랜트 및 전송이 둘 다 있을 때, 플랜트에서 실제적인 장세기는 7절 및 별첨 C에 설명된 방법을 이용하여 측정하여야 한다. 측정한 장세기는 이미 계산한 실효장세기와 직접 비교할 수 있도록 하기 위하여 변조를 수정하여야 한다. 이는 전문가 조언을 요구할 수 있다. 이때 수정된 측정장세기는 8.5.4의 새로운 이론적 평가를 수행하기 위하여 이미 계산된 실효장세기 대신에 사용하여야 한다.

만약 예를 들면 선박에서와 같이 간헐 전송이 장세기측정을 하는 동안 나타나지 않는다면 이러한 전송을 위해 이미 계산된 실효장세기는 평가에 사용되도록 하여야 한다. 만일 새로운 이론적 평가가 위험성을 나타내지 않는다는 것을 알았다면 다음 단계의 평가는 필요하지 않다. 그러나 8.1(b)에 나타난 권고는 따라야 한다. 만일 위험성이 계속 나타난다면 관련된 구조물로부터 추출전력의 현장측정을 8.6.2.2에 따라 수행하여야 한다.

8.6.2.2 추출전력의 측정

구조물로부터 추출할 수 있는 전력의 현장측정은 전문가 일이며 또한, 전문가에 의해 수행되어야 한다. 7절은 이러한 측정의 방법과 목적을 약술하였다.

만일 필요하다면 변조를 수정하여 측정된 추출전력은 8.5.5에서 새로운 이론적 평가를 수행하기 위하여 이미 계산된 전력대신에 사용하여야 한다. 만일 예를 들면 선

박에서와 같이 간헐전송이 추출전력을 측정하는 동안 나타나지 않는다면 이러한 전송을 위해 이미 계산된 추출전력은 평가에 사용되도록 하여야 한다.

만일 새로운 이론적 평가가 위험성을 나타내지 않는다는 것을 알았다면 다음단계의 평가는 필요하지 않다. 그러나 8.1(b)에 나타낸 권고는 따라야 한다. 만일 위험이 여전히 나타난다면 이때 불꽃점화 시험장치로 점화시험을 8.6.2.3에 따라 실시하여야 한다.

8.6.2.3 점화시험

D.4에 나타낸 바와 같이 점화시험의 수행은 전문가 일이며 전문가에 의해 실시되어야 한다. 관련된 플랜트에 대하여 사용할 수 있는 가장 점화감도가 민감한 가스의 대표가스로 시험을 실시하여야 한다 (6.1 참조). 더욱이 이 시험이 최종시험이기 때문에 모든 송신이 있어야 하고 최대 전력으로 동작중이라는 것을 입증하는 것이 중요하다.

만약 이들 시험중에 점화가 발생하지 않으면 이때 r.f. 점화위험성은 없으며 다음단계의 평가는 필요하지 않는다. 그러나 8.1(b)에 나타낸 권고는 따라야 한다. 만약 개폐시험에 의해 위험성이 있다는 것을 알았다면 이때 플랜트 안전지침을 도입하거나 또는 9절에서 서술한 바와 같은 다른 안전을 고려하여야 할 필요가 있다. 만일 적절한 실행을 할 수 없다면 다음과정의 조치가 고려되어야 한다.

(a) 플랜트의 재배치

(b) 송신기의 재배치

(c) 안전을 입증할 수 있는 감소시킨 전력에서 송신기의 작동

만일 플랜트 안전지침이 도입되었다면 현장시험과정을 반복하여 입증된 안전지침의 효과를 기본적으로 고려하여야 한다.

8.6.3 기존 플랜트와 계획된 송신기

계획된 송신기가 아직 설치되지 않고 또한, 8.5에서 평가과정의 적용에서 위험성을 나타낼 때의 상태에서, 부가적인 정보를 실제적인 상태와 같이 요구한다. 그러므

로 제안된 송신기에 의해 야기되도록 한 유사한 전송주파수를 가지고 잠재적으로 위험한 플랜트에 방사하기 위하여 사용된 저전력시험이 권고된다. 이때 관련된 구조물로부터 추출할 수 있는 전력의 현장측정은 전문가에 의해 실시되어야 한다.

저전력 송신기에서 추출전력의 측정값은 제안된 송신기에 의해 야기될 추출전력의 값을 계산하기 위하여 사용할 수 있다. 이 추출전력은 이미 계산한 추출전력과 직접적으로 비교하기 위하여 변조를 수정하여야 한다. 이는 전문가 조언을 요구할 수 있다. 이때 수정된 측정 추출전력은 8.5.5에서 새로운 이론적 평가를 실시하기 위하여 이미 계산된 추출전력 대신에 사용하여야 한다.

만일 새로운 평가가 위험성을 나타내지 않는다고 알았다면 다음 단계의 평가는 필요치 않다. 그러나 8.1(b)에 나타난 권고를 따라야 한다. 만약 위험성이 나타난다면 다음 과정의 조치가 고려되어야 한다.

- (a) 안전하다고 입증할 수 있는 현장에 제안된 송신기의 재배치
- (b) 안전하다고 입증할 수 있는 감소된 전력수준에서 제안된 송신기의 영구적인 작동
- (c) 위험으로부터 플랜트에 대하여 실제적인 안전지침의 소개: 만약 이 과정이 수행된다면, 평가는 안전지침의 소개후에 반복되어야 한다.

8.6.4 기존 송신기와 계획된 플랜트

8.6.4.1 장세기 측정

만약 기존 송신기와 제안된 플랜트의 상태에서, 8.5 평가과정의 적용에서 위험성을 나타낸다면 제안된 플랜트의 현장에 대하여 장세기를 측정하여야 한다는 것을 권고한다. 측정장세기는 이미 계산된 실효장세기와 비교하기 위하여 변조를 수정하여야 한다. 이는 전문가 조언을 요구할 수 있다. 이때 수정된 측정장세기는 8.5.4에서 새로운 이론적 평가를 실시하기 위하여 사전에 계산된 실효장세기 대신에 사용하여야 한다. 만약 예를들면 선박으로부터 간헐전송이 장세기측정 동안에 나타나지 않으면 이 전송을 위하여 사전에 계산된 실효장세기는 평가에 사용되도록 하여야 한다.

만일 새로운 이론적 평가가 위험성을 나타내지 않는다고 알았다면 다음단계의 평가는 필요치 않다. 그러나 8.1(b)에 나타낸 권고는 따라야 한다. 만일 여전히 위험성이 나타나면 현장측정은 8.6.4.2에 따라 추출전력을 수행하여야 한다

8.6.4.2 추출전력의 측정

만약 위험성이 여전히 존재한다면 현장측정은 제안된 플랜트의 현장에 위치한 적절한 시험구조물로 부터 추출전력을 수행한다. 예를들면 크레인 30 MHz 이하 전송주파수를 사용한다. 만약 예를들면 선박으로부터 간헐전송이 추출전력측정 동안 나타나지 않았다면 이 전송을 위하여 사전에 계산된 추출전력은 평가에서 사용되도록 하여야 한다. 만약 시험구조물을 사용하여 추출전력측정이 위험성을 나타내지 않는다고 알았다면 다음단계의 평가는 필요하지 않다. 그러나 8.1(b)에 나타낸 권고는 따라야 한다.

8.6.4.3 점화시험

만약 위험성이 여전히 나타난다면 점화시험을 8.6.2.3에 나타낸 방법을 이용하여 시험구조물에 대하여 실시하여야 한다. 만약 시험구조물을 이용하여 점화위험성이 위험을 나타내지 않는다고 알았다면 다음단계의 평가는 필요치 않다. 그러나 8.1(b)에 나타낸 권고는 따라야 한다. 만약 위험성이 여전히 나타난다면 다음과정의 조치가 고려되어야 한다.

- (a) 안전하다고 입증할 수 있는 재평가를 위한 플랜트 설계의 수정
- (b) 안전하다고 입증할 수 있는 현장에 제안된 플랜트의 재배치
- (c) 안전하다고 입증할 수 있는 현장에 기존 송신기의 재배치
- (d) 안전하다고 입증할 수 있는 감소된 전력수준에서 송신기의 영구적인 작동

9. 플랜트 안전측정

9.1 일반

잠재적 위험성이 8절에서 서술한 평가방법을 이용하여 입증된 상태에서 관련된 구조물로부터 추출할 수 있는 전력을 감소시키기 위하여 측정함으로써 플랜트 안전을 도모할 수 있다. 이들 측정은 4가지 범주 (본딩, 절연, 수신 안테나로써 구조물의 효과를 감소 및 동조감소)로 귀착된다. 플랜트 안전측정의 적용은 전문가일이며 이러한 측정을 채택하기 전에 전문가 의견을 구하는 것을 권고한다.

9.2 본딩이용

r.f.에서 본딩은 낮은 r.f. 임피던스의 도체에 의해 2개의 금속성부분을 접속하는 것이다. 그러므로 두 부분사이의 전압은 현저하게 감소된다. 비록 본딩도체를 통하여 상당한 전류가 흐르더라도 이 전압은 두 부분사이의 방전을 유지하는 데는 아주 낮다. 만약 본딩 임피던스가 구조물의 두 부분사이의 r.f. 임피던스와 비교하여 낮다면 본딩은 유효하다. 이것은 본딩 도체길이가 주요 전송 파장과 비교하여 짧아야 된다는 것을 요구한다. 최대 길이가 파장의 100분의 1로 권고된다. 부가적으로 본딩과 구조물의 두 부분사이의 접촉성은 모든 환경조건하에서도 유지되어야 한다는 것은 기본적인 것이다. 본딩에 가장 적합한 적용형태는 예를 들면 밸브의 분리 또는 제거 전에 파이프 플랜지의 양쪽을 가로지르는 것이다. 또다른 적용은 간헐적인 접속을 할 수 있는 통로의 열 팽창을 금지하는 두 저장 탱크를 연결하는 통로이다. 이 접촉지점을 가로지르는 본드가 가장 효과적이다. 예를 들어 접지와 같이 대지에 대한 본드의 이용은 보통 도체길이가 길게 요구되기 때문에 권장하지 않으며 접지 균압망이 저 손실루프 몇개로 해결하기 위하여 측정한 것보다 더 큰 문제를 야기시킬 수 있다.

9.3 절연이용

절연물질의 이용은 본딩 측정이 불가능한 경우에 효과적이다. 예를 들면 만약 간헐적인 접촉을 하는 구조물의 r.f.에서 효과적인 절연층에 의해 분리되어 있다면 이때 차단 스파크 기구에 의해 야기되는 점화성방전의 가능성은 효과적으로 제거할 수 있다. 만일 이것이 불가능하다면, r.f.에서 효과적인 절연 배리어를 가능한한 간헐 접촉부분에 가까운 구조물의 다른 부분에 삽입할 수 있다. 그러므로 불연속 지점에서 r.f. 전류는 본질적으로 감소되어 방전발생의 가능성을 최소화시킬 수 있다. (또한 이는 종종 무선 송신기 근처에서 크레인을 사용하는데 직면할 수 있는 r.f. 충격 및 r.f. 화염의 방지를 위하여 효과적인 측정이다) 절연이 r.f.에서 효과적이라는 것을 보증할 필요가 있다. 그렇지 않으면 문제를 악화시킬 수 있다.

9.4 구조물의 효율감소

길이가 반 파장보다 작은 주파수에서 루프형 구조물의 효율은 길이대 파장비율에 대하여 임계적으로 의존하여 만일 루프의 길이가 감소한다면 급격하게 감소한다. 8.5.4.2에서 식 (9)는 길이의 절반은 약 11계수에 의해 추출전력이 감소한다는 것을 나타낸다. 플랜트 설계자는 루프의 길이를 최소 길이로 함으로써 잠재적인 r.f. 점화위험의 가능성을 감소시킬 수 있다. 잠재적인 점화위험성이 존재하는 구조물에서, 하나 또는 그 이상 도체는 그림 8에서 보인 바와 같이 작은 구간으로 루프를 나누기 위하여 사용될 수 있다. 구조물의 효율이 감소되어 위험성을 배제시킬 수 있다. 이 원리의 확장은 구조물을 본딩한 금속성메쉬 Sheet를 루프의 전지역에 덮는 것이다. 또한, 금속성 Sheet 또는 메쉬의 사용을 포함한 측정은 레이더 빔의 투사로 부터 스크린 구조물의 값이 될 수 있다.

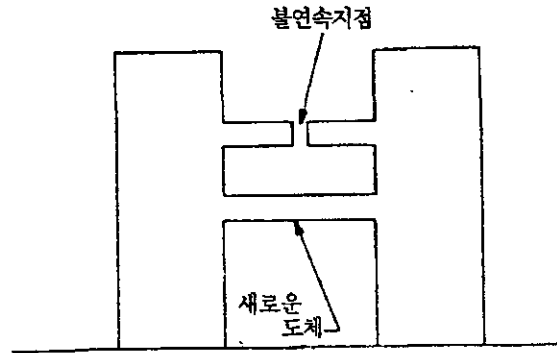


그림 8. 구조물 효율 감소의 예

9.5 구조물의 동조감소

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

10. 특수 경우

10.1 크레인

10.1.1 일반

대다수 크레인의 기하학은 지브선과 대지가 복귀에 의해 큰 루프가 쉽게 형성되는 것이며 수신안테나로써 작용할 때 아주 효율적인 구조물이고 또한, 일반적으로 고정된 구조물보다 높은 전원 임피던스를 가질 수 있다는 것을 알았다.

최상의 경우 크레인 기하학이 지브길이와 상승변화에 의해 조절될 수 있기 때문에 크레인이 전송주파수의 하나의 최적길이로 접근할 수 있는 가능성은 무시할 수 없다. 더욱이 크레인은 짐과 대지 또는 구조물 사이의 거리변화에 의해 사용중에 동조될 수 있다. 스파크를 야기시킬 수 있는 루프의 불연속 지점은 크레인 혹과 짐사이 또는 짐과 대지 또는 인접구조물 사이의 간헐적인 접촉에 의해 쉽게 형성된다. 크레

인은 여러가지 형태가 있으며 또한, 이동할 수 있다. 크레인도 요구시에만 현장에 운반될 수 있거나 또는, 영구적으로 고정하여 설치할 수 있다. 만약 이들 중 하나가 방폭지역에서 사용된다면 이때 위험평가는 필요하게 된다.

10. 1. 2 평가과정

크레인 존재와 관련된 잠재적 위험성의 평가는 높은 전원 임피던스때문에 사용된 임계전력치는 표 7을 제외하고는 8절에 나타난 과정을 따른다.

표 7. 크레인용 고주파 전력 임계값

가스그룹	임계전력 $P_{th}(W)$
I 및 I A	주기 100 μ S* 이상 6.0
I B	주기 100 μ S* 이상 3.5
I C	주기 20 μ S* 이상 2.0

* 는 점화지연시간이다.

주: 전원 임피던스는 약 7500 Ω 으로 가정한다.

그러나 만약 30 MHz 이상 전송이라면 6.3.2에 나타난 임계전력을 사용할 수 있다. 펄스레이다 전송에서 6.3.3에 나타난 임계에너지는 사용할 수 있다. 방폭지역에서 고정된 크레인 작업을 위한 잠재적 위험성을 입증하여야 하며 몇가지 일시적인 측정이 요구될 수 있다. 이들 측정은 9절에서 거론된 가장 적합한 절연과 재동조 기술의 형태이다.

경고 : 방폭지역에서 크레인 작동에 대하여 적용할 수 있는 측정은 제일 중요한 과정이다. 예를 들면 이동용 크레인은 가장 엄격한 통제하에서만 현장에 운반되어야 하며 그 작동은 작업계획에 대하여 허가하에서 입증되어야 한다. 높은 전자장이 있는 장소에서 크레인을 사용하는데 고려하여야 할 부가적인 문제는 r.f. 충격과 화염 위험성이다. 미동 충격을 평등하게 하기위한 반작용이 대지위에서 작업하는 사람의 불균형으로부터 일어날 때 잠재적으로 위험하다.

10.2 이동 및 휴대용 송신기

이동 및 휴대용 송신기는 특수한 문제가 존재한다. 방폭지역에서 송신기와 구조물 사이의 거리를 결정할 수 없으며 계속 변하기 때문이다. 또한, 예를 들면 인도가 방폭지역에 근접해 있는 환경조건에서, 송신기주파수, 안테나 이득 및 출력은 정확하게 알 수 없으며 전송을 통제할 방법이 없다. 만약 이동용 송신기에 관련된 가스 또는 증기의 임계전력 (6절 참조) 이하의 출력을 갖는다면 r.f. 점화위험성은 없다. 가스의 임계전력보다 큰 출력전력을 갖는 송신기에 있어서, 추출전력 또는 에너지는 송신기와 구조물사이의 최소 예견 거리 (8절 참조)를 이용하여 고정용 송신기로써와 같은 방법으로 결정하여야 한다.

경고: 만약 송신기 자체가 방폭지역에 사용된다면 방폭성능 검정합격품을 사용하여야 한다.

10.3 선박

10.3.1 일반

특히 가연성물질 운반선을 탱커로 하였을 때와 같은 많은 선적작업에서 송신기와 가연성물질이 자주 공존한다. 이러한 작업은 가연성물질의 선적 및 하역을 포함하여 송신기가 탱커자체에 있거나 또는 항구터미널에 대하여 인접한 선박에 있거나 또는 터미널 바깥쪽의 어떠한 장소에 설치되어 있을 때 이때 잠재적인 위험성의 평가를 고려하여야 한다. 부가적으로 탱커 또는 다른 선박에 대한 송신기 작동은 벡셀이 항구에 있거나, 또는 바다에 있거나 또는 포구를 이동할 때 가연성물질이 항구터미널에 존재하거나 또는 항구터미널에서 멀리 떨어져 있는 곳에서 설치장소에서 높은 밀도의 전자장을 발생할 수 있다.

송신기전력과 전송주파수의 폭넓은 범위와 방폭지역에서 전송기와 구조물사이의 상호작용은 문제의 통제와 경각심을 위하여 필요성을 강조한다.

10.3.2 항구에서 선박

10.3.2.1 가연성 화물의 선적 또는 하역

예를 들면 유조선과 같은 화물선에서 가연성화물의 선적은 선박, 로딩암, 잔교(Jetty) 및 물로 형성되는 큰 루프 환경을 제공한다.

선적작업동안 송신기의 통제를 위한 지침은 ISGOTT (International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals)와 Safety Guide for Terminals Handling Ships Carrying Liquidified Gases in Bulk)가 있으며 이를 준수하여야 한다. 위에서 언급한 지침의 권고사항은 다음을 포함한다.

- (a) 이동용 무선전화기는 위험환경에서 작동이 특별히 입증되지 않는한 위험으로써 간주하며 비 인증된 장비는 선적장소에 들여올 수 없다.
- (b) 선박용 송신기는 낮은 전력 (1W 이하)에 대하여 영구적으로 설치된 v.h.f. 장비를 제외하고는 가능한한 동작되지 않아야 한다.
- (c) 주 송신기 지역은 선박이 정박하고 있는 동안 접지시켜야 한다.
- (d) 선박의 레이더 스캐너의 사용은 표 4에 나타난 정보이외는 선박과 터미널 운전자와 협의에 의하여야 한다. 특히 일련번호 41과 46을 고려하여야 한다.

항구에서 어떤 m.f./h.f. 송신기와 그리고 가연성 화물을 선적한 선박과 인접한 다른 선박은 역시 선적 또는 하역작업동안 전송을 중지토록 요구하여야 한다. 항구 지역의 경계내에서 모든 송신기의 작동은 항구통제소와 같은 기관의 직접적인 통제하에 하나의 중앙기관에 의해 통제되어야 한다는 것을 권고한다. r.f. 점화위험성이 항구바깥쪽의 다른 송신기에 의해 야기될 수 있기 때문에 8절에서 나타난 과정에 따른 평가가 가연성 화물의 양도를 위해 사용된 잔교에서 수행할 수 있다. 만약 로딩암 루프가 절연부분을 갖는다면 r.f. 방전을 일으킬 가능성은 작아진다. 음극 보호시스템을 채택하여 사용한 형태의 비도전성 호스의 사용에 의해 이를 달성할 수 있다.

10.3.2.2 기타 선적 또는 하역작업

예를 들면 저장탱크 시설과 같은 로딩 암에 의해 형성된 루프가 아닌 구조물이 항구지역에 존재할 수 있으며 8절에 나타난 평가과정이 적용될 수 있다. 만일 잠재적 위험성이 나타난다면 9절에서 권고한 바와 같은 측정이 필요하다.

10.3.3 해양에서 선박

10.3.3.1 선박에 대한 구조물

선박의 송신기 부근에서 매우 높은 장세기가 존재할 수 있으며, 또한 중요한 장비 벡셀의 갑판표면위에 분산될 수도 있다. 위험성의 평가는 8절에 주어진 과정을 따라야 하며 점화성 방전을 야기할 수 있다고 고려되는 구조물은 9절에서 권고된 재 측정에 따라야 한다. 이와 유사하게 갑판 표면에 고정된 크레인도 특히, 만약 배기 등의 결과로써 존재하는 가연성가스 또는 증기의 어떠한 가능성이 있다면 10.1 절과 같이 고려하여야 한다. 플랜지 분리 또는 밸브 제거를 포함하는 파이프 보수작업이 저전력 r.f. 통신의 이용을 제외하고는 가능한한 무선침묵 (Radio Silence)의 조건 하에서 실시한다는 것은 권고할만하다. 선박의 통제소 (Master)는 선박이 다른 선박, 석유생산 플랫폼, 육상용 방송 송신기 등에 의해 조사될 수 있다는 것을 주지시켜야 한다.

10.3.3.2 수송 베셀로부터 멀리 떨어진 구조물

구조물이 항만에 위치해 있고, 예를 들면 석유화학 플랜트가 드물게 위치하는 곳의 포구에서 다른 선박과 시추선은 항해중인 선박으로부터 방사를 받을 수 있다. 표 8에 나타난 선박 레인으로부터의 거리내에 설비의 플랜트 운전자는 위험평가를 할 때 선박을 고려하여야 한다.

주: 폭주 선적 레인에서는 하나 이상의 선박을 고려하는 것이 필요하다. 적절한 기관으로부터 조인을 구할 수 있다.

표 8. 선박 송신기 취약지역의 최대 반경

가스그룹	선박의 송신기 취약지역의 최대 반경 [m]
I 및 IA	320
IB	420
IC	560

- 주 1. 이들 숫자는 표 4의 일련번호 5로부터 발췌하였다.
 2. 85 m의 구조물 길이를 가정하였다.

10.4 원유 및 가스생산 플랫폼

10.4.1. 일반

탐사작업 및 해양 플랫폼으로부터 가스와 원유의 생산은 특별한 고려를 받을만하다. 플랫폼은 무선통신장비의 넓은 범위와 방폭지역과 가깝게 공존하는 아주 작은 플랜트이다. 일반적으로 플랫폼에서 다른 플랫폼, 해안, 선박, 헬리콥터를 포함하는 항공기 및 플랫폼 내부통신 (주파수범위 300 kHz ~ 13 GHz 및 출력 1 W ~ 약 2kW)를 포함하는 무선통신을 한다. 이들 전송으로부터의 방사가 플랫폼 위의 구조물에 충돌할 수 있으며 추출전력이 점화레벨을 야기할 수 있다.

10.4.2 송신기 및 전파효과

표 9는 안테나로부터 확장되는 취약지역의 크기와 함께 플랫폼에 사용된 전형적인 송신기를 수록하였다. 괄목할 만한 취약지역 반경을 갖는 3개 송신기는 항해용 항로표지, h.f. 통신 및 대류권 산란전파 시스템이다. 대류권 산란전파는 매우 높은 지향성이며 플랫폼으로부터 멀리 떨어진 빔을 전달하기 위하여 항상 일정하게 일렬로 된다. 플랫폼 및 부근의 장세기는 메인 빔 이하로 고려할 수 있으며 구조물이 메인 빔 자체에 의해 빛을 받지않는 한 위험성은 없다. 측정은 r.f. 송신기로부터 장이 일반적으로 전송을 감쇄시키고자 하는 아주 큰 중량의 금속체공의 존재에 기인하여 계산한 것보다 작다는 것을 나타낸다. 플랫폼에 대한 장세기를 결정하는 정확한 방법은 오로지 측정에 의한다. (8.6.2.1 참조)

표 9. 플레이트폼의 송신기

송신기	주파수 [MHz]	최대출력 [kW]	대표안테나 이득 [dBi]	취약지역의 변경* [m]
항해용 비이콘	0.285~0.525	0.1	-5	45
연안/해양 h.f.	1.6~4.4	0.4	2	90
저 대역 v.h.f.	70	0.025	5 20	비위협 15
항공대역	120	0.025	5	비위협
해양대역 v.h.f.	156~174	0.025	5	비위협
u.h.f.	450~470	0.025	20	비위협
시계 접속라인	1500 이상	0.002	35	비위협
대륙권 산란파	1900~2500	2	38	70 ⁺
선박용 레이더	3000~10000	25	30~40	비위협

* 그룹ⅡA 및 길이 50m 이하 구조물 용

+ 메인 빔에서

10.4.3 구조물

구조물 가운데서 효과적인 안테나로 형성되는 구조물은 크레인 또는 호이스트의 권양 와이어, 권양기구, 파이프 형태 또는 기중기 지지용 部材 등에 의해 형성된 루프를 포함한다.

10.4.4 평가방법

평가를 수행하기 위하여 위험성을 야기시킬 수 있는 방폭지역의 구조물을 입증하는 것과 또한 모든 걸맞는 전송에 대한 정보를 얻는 것이 필요하다. 부가적으로, 부근의 반잠수함, 선박, 항공기, 다른 플레이트폼에 대한 송신기 또는 육지에 위치한 송신기는 평가에 고려되어야 한다. (10.3.3.2 참조)

10.4.5 안전측정 및 권고

시추 및 크레인에 의한 물질취급과 같은 노출된 작업은 m.f. 또는 h.f. 전송에 대해 가장 취약하며 10.1의 정보가 적용될 수 있다. 플레이트폼 구조물은 일반적으로

탄화수소 취급 플랜트로 형성하는 지역의 어떤 차폐를 제공할 수 있다. 그러나 차폐 효과로써는 말할 수 없으며 위험평가는 장세기의 측정과 8절의 과정의 적용을 의미한다. 특별한 위험성이 입증된 곳에서, 9절에 나타난 안전측정이 고려되어야 한다. 다음의 일반적 권고가 적용될 수 있다.

- (a) 플레이트폼의 모든 고정 및 이동무선 전송장비의 동작이 설치 감독자의 통제 하에 있어야 한다.
- (b) 플레이트폼의 50m 내의 베셀로부터 모든 전송은 설치 감독자에 의해 통제되도록 하여야 한다.
- (c) 가스 또는 탄화수소액체의 실제적 또는 잠재적 방출을 포함하여 비정상 동작환경이 야기될 때 가스와 관련된 (그룹ⅠA 가스에서 6W) 최소 임계점화 값 P_{LH} 보다 큰 전력을 갖는 전송은 종료되어야 한다.
- (d) 취급플랜트의 방향에서 방사를 최소화시키는 실제적인 위치에 안테나를 설치하여야 한다.
- (e) 장세기측정은 방폭지역을 입증하기 위한 플레이트폼에서 실시하여야 한다.

별 첨

A. 방사된 전자장과 안테나특성의 예

A.1 장의 본질

본 규격과 관련된 방사주파수는 35 GHz (파장 $8.6 \times 10^{-3} \text{m}$)에서 15 kHz (파장 $2 \times 10^4 \text{m}$)까지의 범위와 관련된다. 전송지역으로부터 방사된 전자장은 위상, 상호수직 및 자유공간 조건하에서 전파방향에 대한 수직의 자장과 전장성분으로 구성한다.

자유공간에서 이들 장 성분의 각각은 안테나로부터 거리에 따라 반비례로 진폭이 줄어든다. 그러나 대지근처에서 장세기는 더욱더 빠르게 감소될 수 있다. 방사장은 거리의 세제곱의 반비례적으로 감소하는 준 정지장 및 안테나로부터 거리의 제곱으로 감소되는 유도장에 의해 동반된다.

이들 준정지 및 유도장은 단지 하나의 반파장에 대한 거리 내에서의 안테나에 밀접하다. 이들은 전원으로부터 떨어진 에너지를 운반하지 않으나 에너지는 적절한 결합 매커니즘을 통하여 추출할 수 있다.

A.2 측정단위

방사된 장의 세기는 단위 안테나를 지나는 전력흐름의 전력유동 밀도 S (Power Flux Density)로 환산하여 나타낼 수 있다. S 의 크기는 제곱미터 당의 와트 (W/m^2)로 표현된다. 또한, 장은 미터 당 볼트 (V/m)로 측정된 전계성분 E 또는 미터당 암페어로 측정된 자계성분 H 로 환산하여 나타낼 수 있다. 자유공간 조건하에서 멀리 떨어진 장의 간략 관계는

$$S = \frac{E^2}{377} = 377H^2 \text{이다.}$$

여기서 377은 저항으로 측정한 자유공간의 임피던스이다.

A.3 안테나특성의 예

안테나 특성의 예를 표 10, 11 및 12에 나타낸다.

표 10. 30 MHz까지 주파수에서 수직극성의 안테나

안테나 형태	주파수 대역	이득* [dBi]	이득 (Gv)*
100m 이상 1개 안테나	<100 KHz 100 KHz~300 KHz	< -5 -5 ~ 3	< 0.1 0.1 ~ 0.5
300m 이상 1개 안테나	<100 KHz 100 KHz ~ 300 KHz	< 3 3 ~ 5	< 0.6 0.6 ~ 1.0
약 $\lambda/4$ 이상 1개 안테나	300 KHz ~ 30 MHz	5	1
약 $\lambda/4$ 이상 1개 안테나	500 KHz ~ 30 MHz	8	2
4개의 $\lambda/4$ 안테나의 지향배치	300 KHz ~ 30 MHz	13	6
수직 로그주기 안테나	2 MHz ~ 30 MHz	12	5

* 8.5.3.2 참조

표 11. 30 MHz까지 주파수에서 수평극성의 안테나

안테나 형태	주파수 대역 (MHz)	θ^* [도]	이득* [dBi]	이득 (G)*
$\lambda/2$ 대지위의 $\lambda/2$ 다이폴안테나	2 ~ 30	30	8.5	7
HR 2/2/0.5 커텐배치	4 ~ 30	18	16	40
HR 4/4/0.5 커텐배치	6 ~ 30	9	21	130
0.6 λ 대지위의 3 λ 축을 갖는 마름모꼴	4 ~ 30	20	18	60
1.0 λ 대지위의 5 λ 축을 갖는 마름모꼴	6 ~ 30	13	20	110
수평 로그주기 안테나	3 ~ 30	25	14	25

* 8.5.3.3 참조

표 12. 30 MHz 이상 주파수에서의 안테나

안테나 또는 적용 형태	주파수 대역 (MHz)	이득* (dBi)	이득 (G)*
직경 12m 산란전파 안테나	900 MHz	39	8×10^3
	2 GHz	46	4×10^4
직경 12m 산란전파 안테나	900 MHz	46	4×10^4
	2 GHz	52	1.6×10^5
항공통제용 대지레이더	600 MHz	31	3×10^3
	1.2 GHz	36	4×10^3
	2.8 GHz	36	4×10^3
레이더	5.3 GHz	45	3×10^4
	9 GHz	45	3×10^4
	>10 GHz	44	2.5×10^4
TV 방송	470 MHz ~ 854 MHz	15	32
라디오 방송	87 MHz ~ 108 MHz	10	10

* 8.5.3.4 참조

B. 그룹 II 가연성 가스 및 증기의 세부분류

표 13, 14 및 15는 대표적으로 세부분류 IA, IB 및 IC 가연성가스 및 증기를 수록한 것이다.

주 1. 이들 표는 IEC 규격에서 선택하였다.

주 2. 그룹 I 은 채광작업으로부터 야기되는 광산용 (메탄)에 적용된다.

표 13. I A 세부분류

Hydrocarbons		Mixed hydrocarbons	
<i>Alkanes</i>		methane(industrial)*	
methane	CH ₄	turpentine	
ethane	C ₂ H ₆	petroleum naphtha	
propane	C ₃ H ₈	coal tar naphtha	
butane	C ₄ H ₁₀	petroleum(including motor spirit)	
pentane	C ₅ H ₁₂	solvent or cleaning	
hexane	C ₆ H ₁₄	petroleum	
heptane	C ₇ H ₁₆	heating oil	
octane	C ₈ H ₁₈	kerosene	
nonane	C ₉ H ₂₀	diesel oil	
decane	C ₁₀ H ₂₂	motor benzole	
cyclobutane	CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂		
cyclopentane	CH ₂ (CH ₂) ₃ CH ₂	Compounds containing oxygen	
cyclohexane	CH ₂ (CH ₂) ₄ CH ₂	<i>Oxides</i>	
cycloheptane	CH ₂ (CH ₂) ₅ CH ₂	(including ethers)	
methylcyclobutane	CH ₃ CH(CH ₂) ₂ CH ₂	carbon monoxide†	CO
methylcyclopentane	CH ₃ CH(CH ₂) ₃ CH ₂	dipropyl ether	(C ₃ H ₇) ₂ O
methylcyclohexane	CH ₃ CH(CH ₂) ₄ CH ₂		
ethylcyclobutane	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₂ CH ₂	<i>Alcohols and phenols</i>	
ethylcyclopentane	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₃ CH ₂		
ethylcyclohexane	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₄ CH ₂	methanol	CH ₃ OH
decahydronaphthalene (decalin)	CH ₂ (CH ₂) ₃ CH(CH ₂) ₃ CH ₂	ethanol	C ₂ H ₅ OH
<i>Alkenes</i>		propanol	C ₃ H ₇ OH
propene(propylene)	CH ₃ CH=CH ₂	butanol	C ₄ H ₉ OH
<i>Aromatic hydrocarbons</i>		pentanol	C ₅ H ₁₁ OH
styrene	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	hexanol	C ₆ H ₁₃ OH
isopropenylbenzene (methyl styrene)	C ₆ H ₅ C(CH ₃)=CH ₂	heptanol	C ₇ H ₁₅ OH
<i>Benzenoids</i>		octanol	C ₈ H ₁₇ OH
benzene	C ₆ H ₆	nonanol	C ₉ H ₁₉ OH
toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	cyclohexanol	CH ₂ (CH ₂) ₄ CHOH
xylene	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	methylcyclohexanol	CH ₃ CH(CH ₂) ₄ CHOH
ethylbenzene	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	phenol	C ₆ H ₅ OH
trimethyl benzene	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	cresol	CH ₃ C ₆ H ₄ OH
naphthalene	C ₁₀ H ₈	4-hydroxy-4-methylpentan-2-one (diacetone alcohol)	(CH ₃) ₂ C(OH)CH ₂ COCH ₃
cumene	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂	<i>Aldehydes</i>	
cymene	(CH ₃) ₂ CH C ₆ H ₄ CH ₃	acetaldehyde	CH ₃ CHO
		metalddehyde	(CH ₃ CHO) ₂

* 공업용 메탄은 15%까지의 수소 (체적)를 포함하는 메탄 혼합물을 포함한다.

+ 일산화 탄소는 정상 주위온도에서 일산화 탄소-공기 혼합물을 포함시키는데 충분한 습기를 포함할 수 있다.

표 13. (계속)

Ketones		chloroethylene (vinyl chloride)	$\text{CH}_2=\text{CH Cl}$
acetone	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	d, d, d-trifluorotoluene (benzotrifluoride)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CF}_3$
butanone (ethyl methyl ketone)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{CO CH}_3$	dichloromethane (methylene chloride)	CH_2Cl_2
pentan-2-one (propyl methyl ketone)	$\text{C}_3\text{H}_7\text{CO CH}_3$	Compounds with oxygen	
hexan-2-one (butyl methyl ketone)	$\text{C}_4\text{H}_9\text{CO CH}_3$	acetyl chloride	CH_3COCl
amyl methyl ketone	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{CO CH}_3$	chloroethanol	$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{OH}$
pentane-2, 4-dione (acetylacetone)	$\text{CH}_3\text{CO CH}_2 \text{ CO CH}_3$	Compounds containing sulphur	
cyclohexanone	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CO}$	ethanethiol (ethylmercaptan)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$
Esters		propane-1-thiol (propylmercaptan)	$\text{C}_3\text{H}_7\text{SH}$
methyl formate	H COO CH_3	thiophene	$\text{CH}=\text{CH}, \text{CH}=\text{CH S}$
ethyl formate	$\text{H COO C}_2\text{H}_5$	tetrahydrothiophene	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{S}$
methyl acetate	$\text{CH}_3 \text{ COO CH}_3$	Compounds containing nitrogen	
ethyl acetate	$\text{CH}_3 \text{ COO C}_2\text{H}_5$	ammonia	NH_3
propyl acetate	$\text{CH}_3 \text{ COO C}_3\text{H}_7$	acetonitrile	CH_3CN
butyl acetate	$\text{CH}_3 \text{ COO C}_4\text{H}_9$	ethyl nitrite	$\text{CH}_3\text{CN}_2\text{ONO}$
amyl acetate	$\text{CH}_3 \text{ COO C}_5\text{H}_{11}$	nitromethane	CH_3NO_2
methyl methacrylate	$\text{CH}_2=\text{CCH}_3 \text{ COOCH}_3$	nitroethane	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$
ethyl methacrylate	$\text{CH}_2=\text{CCH}_3 \text{ COOC}_2\text{H}_5$	Amines	
vinyl acetate	$\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$	methylamine	CH_3NH_2
ethyl acetoacetate	$\text{CH}_3\text{COCH}_2 \text{ COOC}_2\text{H}_5$	dimethylamine	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$
Acids		trimethylamine	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$
acetic acid	CH_3COOH	diethylamine	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$
Compounds containing halogens		triethylamine	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$
Compounds without oxygen		propylamine	$\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$
chloromethane	CH_3Cl	butylamine	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$
chloroethane	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	cyclohexylamine	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CH NH}_2$
bromoethane	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$	2-aminoethanol (ethanolamine)	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
chloropropane	$\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$	2-diethylaminoethanol	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
chlorobutane	$\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$	diaminoethane	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
bromobutane	$\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}$	aniline	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
dichloroethane	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	NN-dimethylaniline	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2$
dichloropropane	$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$	amphetamine	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2) \text{CH}_3$
chlorobenzene	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	toluidine	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$
benzyl chloride	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$	pyridine	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$
dichlorobenzene	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$		
allyl chloride	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{Cl}$		
dichloroethylene	$\text{CHCl}=\text{CH Cl}$		

표 14. IB 세부분류

Hydrocarbons	
propine(allylene, methylacetylene)	$\text{CH}_3\text{C}=\text{CH}$
ethylene	C_2H_4
cyclopropane	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$
1,3-butadiene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
Compounds containing nitrogen	
acrylonitrile	$\text{CH}_2=\text{CHCN}$
isopropyl nitrate	$(\text{CH}_3)_2\text{CHONO}_2$
hydrogen cyanide	HCN
Compounds containing oxygen	
dimethyl ether	$(\text{CH}_3)_2\text{O}$
ethyl methylether	$\text{CH}_3\text{OC}_2\text{H}_5$
diethyl ether	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$
dibutyl ether	$(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{O}$
ethylene oxide(oxirane)	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$
1,2-epoxypropane(propylene oxide)	$\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{O}$
1,3-dioxolane	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{O}$
1,4-dioxan	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}$
1,3,5-trioxan	$\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{OCH}_2\text{O}$
butyl glycolate(hydroxyacetic acid, butyl ester)	$\text{HOCH}_2\text{COOC}_4\text{H}_9$
tetrahydrofurfuryl alcohol	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$
methyl acrylate	$\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3$
ethyl acrylate	$\text{CH}_2=\text{CHCOOC}_2\text{H}_5$
furan	$\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHO}$
crotonaldehyde	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}$
acrylaldehyde(acrolein)	$\text{CH}_2=\text{CHCHO}$
tetrahydrofuran	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{O}$
Mixtures	
coke oven gas	
Compounds containing halogens	
tetrafluoroethylene	C_2F_4
1-chloro-2,3-epoxypropane (epichlorohydrin)	$\text{OCH}_2\text{CHCH}_2\text{Cl}$

표 15. IC 세부분류

hydrogen	H_2
acetylene	C_2H_2
carbon disulphide	CS_2
ethyl nitrate	$\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2$

C. 전자장의 측정

C. 1 측정범위

연속파 (CW) 방사의 경우, 약 $25 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 와 걸맞는 Flux Density인 $0.1\text{V}/\text{m}$ 이내까지 장세기를 측정할 필요가 있다.

C. 2 측정모드

방사된 전자장의 세기를 측정하는데 있어서 몇가지 방법이 채택될 수 있다.

- (a) 부수파의 전계 및 또는 자계 성분은 적절한 안테나 시스템 및 동조 r.f. 볼트미터 또는 장세기 측정 수신기를 사용하여 측정할 수 있다.
- (b) 열에너지 변환기를 제외한 자계 또는 전계프로브를 갖는 방송대역 검지기는 다음 관계에 의해 전력밀도를 환산하여 교정된다.

$$S = \frac{E^2}{377} = 377 H^2 \text{ (A. 2. 참조)}$$

$\pm 3\text{dB}$ 의 정확도가 장세기 또는 전력밀도의 측정으로부터 기대될 수 있다.

C. 3 측정유효

C. 3. 1 원거리장 영역

원거리장 영역내에서 유효측정은 선정된 기구가 다음의 것이라면 적절하다.

- (a) 측정하고자 하는 방사 주파수에 적합한 것
- (b) 적절한 동작지침에 따라 엄격하게 사용되는 것
- (c) 정확하게 교정된 것

C.3.2 근거리장 영역

근거리장 영역내에서 조사되는 영역의 최대 밀도를 측정하기 위하여 측정기구를 이동시켜야 한다.

C.3.3 원형 및 타원형 극성

어떤 송신기는 일정하게 극성화되지 않는 장을 방사할 수도 있다. 장의 세기는 로그 Conical Sprial 또는 원형극성과 결맞는 이와 유사한 안테나를 이용하여 측정할 수 있다.

그러나 만약 직선적으로 극성화된 안테나가 사용되었다면 실제 전력 Flux Density는 원형극성의 경우에서 지시된 눈금의 두배 또는 타원형 극성의 경우에서 360° 통한 다이폴 안테나의 회전동안 관측된 지시의 최대 및 최소의 합이 될 것이다.

C.4 측정에 대한 조언

장세기 및 전력밀도 측정에 대하여 정보를 조언 단체로 부터 얻어야 한다.

C.5 측정방법

선정된 측정방법은 보편적으로 방사원의 주파수에 대하여 가장 적합하여야 한다.

(a) 장의 자계성분 측정

40 MHz까지의 주파수에서는 루프안테나를 사용하는 것이 편리하다. 루프의 가장 긴 d 의 치수는 다음을 만족하여야 한다.

$$d \leq \frac{\lambda}{12}$$

여기서

λ 는 측정된 방사파장이다. 이때 다음이 필요하게 된다.

$$f_d \leq \frac{f_R}{3}$$

여기서

f_d 는 측정된 방사 주파수

f_R 은 분산된 커패시턴스를 갖는 코일로 고려한 루프의 자체공진 주파수이다.

비록 루프는 자계성분 H 를 측정하더라도, $E = 377H$ 관계를 이용하여 전계성분 E 로 환산하여 유도된 전압으로 표현하는 것이 보통이다.

루프면의 방사 면극성의 최대 수신에 기인된 루프에서 유도된 전압 V 는 다음과 같이 주어진다.

$$V = \frac{2\pi ENA}{\lambda}$$

여기서

E 는 장세기 (V/m)

N 는 루프의 수

A 는 루프의 단면적 (m^2)이다.

(b) 장의 전계성분 측정

짧은 다이폴 또는 반파 다이폴 안테나는 다음의 것을 사용할 수 있다.

- (1) 짧은 다이폴 안테나는 40 MHz까지 주파수에서 편리하다. 짧은 다이폴 안테나의 자기 공진 주파수 f_R 은 다음과 같이 선정한다.

$$f_d \leq \frac{f_R}{3}$$

여기서

f_d 는 C.5(a) 정의와 같다.

이때 유도된 전압에 대한 조사값은 다음과 같다.

$$V = \frac{Ed}{2}$$

여기서

E 는 C.5(a) 정의와 같고

d 는 짧은 다이폴의 길이 (m)이다.

- (2) 약 1 GHz까지의 주파수에서 반파 다이폴 안테나는 사용할 수 있으며 또한, 유도된 전압은 이때 이론적인 값 $V = \lambda \frac{E}{\pi}$ 와 조사하게 된다.

15 GHz까지 주파수에서, 다양한 광대역 및 안테나 배치는 예를 들면 300 MHz 까지 쌍원추형 안테나와 300 MHz에서 15 GHz까지 로그주기 안테나가 사용될 수 있다.

제조자에 의해 제공된 교정데이터가 장세기 또는 전력 밀도를 지시하는 전압을 변환하기 위하여 사용되어야만 한다.

(C) 전력측정

200 MHz 이상 주파수에서 전력 Flux Density를 측정하기 위하여 표준 혼 (Horn) 또는 포물선 안테나를 사용할 수 있다.

알고 있는 이득 G 의 안테나로부터 매칭된 부하임피던스에 흡수된 전력 P 는 다음 식에 의해 방사장의 전계 성분과 관계가 있다.

$$P = \frac{E^2 G \lambda^2}{480 \pi^2}$$

C.6 측정기구의 특성

C.6.1 장세기 측정 수신기

다양한 수신기가 주파수범위 10 kHz ~ 15 GHz까지 장세기 측정을 위해 상업적으로 이용가능하다. 또한 과부하를 방지하기 위한 예방수단이 제공된다면 본 목적상 스펙트럼 분석기를 사용할 수 있다. 일반적으로 펄스변조 전송까지도 얻을 수 있도록 또한, 적절한 대역의 이용을 제공할 수 있는 장세기의 최대값을 나타낼 수 있는 피크검지기를 채택한 수신기가 적합하다. AM 방송의 경우 장세기는 보통 반송레벨

과 측정수신기가 정확하게 교정되는가로 환산하여 나타낸다.

예를 들면 준피크 또는 평균과 같은 다른 검출기와 측정 수신기의 조합은 CW 전송에 사용될 수 있다. 그러나 펄스 변조 전송 또는 텔레비전 장세기에서는 상당한 주의 수단이 필요하다. 이들의 경우 최대 장세기를 평가하기 위하여 검출기 특성과 변조특성을 알 필요가 있다.

C. 6. 2 방송대역 검파기

다양한 방송대역 기구가 전력밀도를 측정하기 위하여 상업적으로 이용할 수 있다. 300 MHz까지의 주파수 범위에서, 마그네틱 또는 루프 프로브가 고주파이기 때문에 채택되나 작은 전계 한쌍 또는 다이폴 프로브가 사용된다.

일반적으로 기구는 평면파로 가정하여 전력밀도를 환산하여 교정된다(A. 2 참조). 기구들은 평균 장세기 또는 평균 전력밀도를 측정하며, 레이더와 같은 펄스전송에서 피크전력의 측정에 적합하지 않다. 검파기의 몇가지 특징은 다음과 같다.

(a) 열전대 접합 검파기

무선주파수 안테나 전류를 측정하기 위하여 전압을 발생하는 열전대 접합의 열이 사용된다. 열전대 출력은 열입력 전류의 크기의 지시로 나타내는 민감한 직류 미세 전류계에 의해 측정된다. 이러한 기구들은 실제로 주파수와 분리되어 있으며 또한, 직류 입력을 이용하여 교정할 수 있다. 만일 과부하이라면 소손되기 쉽다. 이 기구들의 시정수는 약 1초이다.

(b) 다이오드 검파기

이 기구는 직류 증폭이 필요한 무선주파수의 검파에 편리하게 채택된다. 이들 기구는 약 10 V/m보다 큰 장의 측정에 적합하다.

(c) 더미스터 볼로메터 (Bolometer) 브리지

무선 주파수 전력의 흡수에 기인한 더미스터의 저항 변화는 교정된 메터를 통하여 흐르는 전류때문에 브리지 망을 불균형시킨다. 평균 전력 Flux Density가 측정되며 기기는 변조에 의해 영향을 받지 않는다. 열 시정수는 약 0.1초이다.

D. 구조물에 대한 측정방법 (현장시험)

D.1 일반

구조물에 대한 현장시험은 추출전력과 점화시험의 측정을 포함한다. 현재 구조물로부터 추출할 수 있는 전력의 최대 주파수는 30 MHz이다. 30 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.

D.2 추출전력의 측정

무선파장에 의해 조사된 구조물의 불연속지점에서 추출할 수 있는 전력은 직접측정에 의해 결정할 수 있다. 다음과 같은 전류를 이용한 두가지 기초적인 방법이 있다.

(a) 전류와 전압의 주파수 선별 측정

(b) 방송대역 전력 측정

시험을 위해 선정된 구조물은 전송주파수에서 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.

(a) 주파수 선택 측정

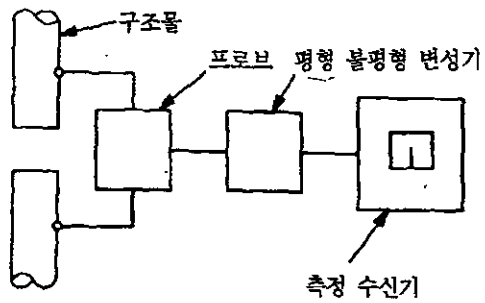
이 방법은 수신기의 동작 주파수내에서 원하는 하나의 주파수의 r.f. 전압의 정확한 측정하기 위하여 보통 내부 교정능력을 결합한 주파수 선별측정 수신기를 채용한다. 예를들면 구조물의 동조부하를 맞추어 수 있는 전력과 같은 최대 추출전력은 다음과 같은 측정으로부터 계산할 수 있다.

(1) 불연속지점을 지나는 개방 회로전압 V_o

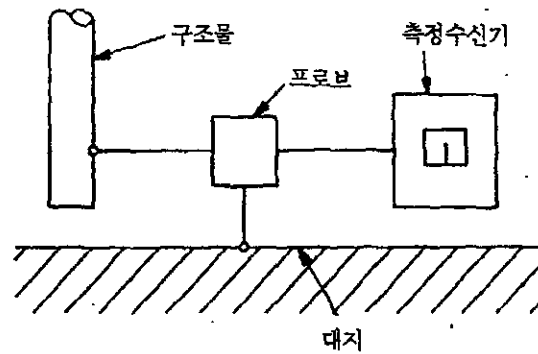
(2) 불연속지점을 연결하는 단락 회로도체를 통한 전류 I_s

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

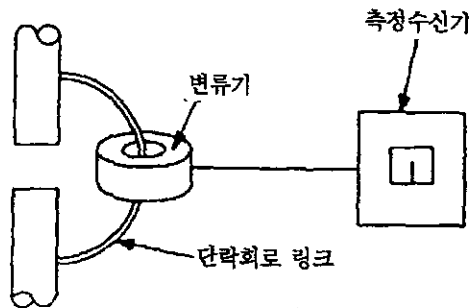
전압측정은 최소 $10\text{ k}\Omega$ 의 입력 임피던스를 가진 전압 프로브로 측정하여야 한다. 전류측정은 차폐된 변류기로 측정할 수 있다. 이들 기구의 교정은 반드시 하여야 한다. 그림 9에 적절한 측정 방법의 예를 나타내었다.



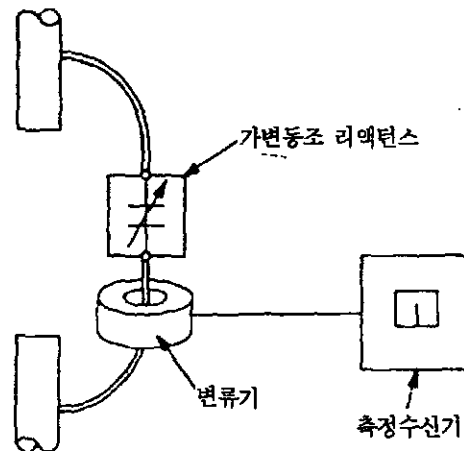
(a) 전압측정: 균형모드



(b) 전압측정: 불균형 모드



(c) 단락회로 단말을 통한 전류 측정



(d) 외부동조 리액턴스를 통한 전류측정

그림 9. 추출전력의 측정방법

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

$$|Z| = V_o/I_s$$

$$R = V_o/I_t$$

이용 가능한 전력 P_o 는 다음식으로 주어진다.

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

또한 구조물 효율값은 장세기 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 선택도때문에 앞에서 언급한 방법에 의해 계산된 P_o 값보다 작게될 것이다.

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 Off-Resonant 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 정합전력의 합은 각각의 동조조건에서 계산된다. 이때 가장 큰 전력합을 6.3에 주어진 P_{th} 의 적절한 값과 비교한다.

이과정은 $Q_k = 5$ 라는 가정에 의존하지 않는 것을 제외하고는 8.5.5.2에 주어진 다중전송의 이론적 평가와 유사하다.

(b) 방송대역 전력측정

무선과장에 의해 조사된 구조물의 추출전력을 측정할 수 있는 기구는 다수의 송신기가 존재하는 곳에서의 특수 적용으로 개발되었다.

기구는 구조물의 불연속지점을 통하여 접속할 수 있는 고정저항을 가지고 있다. 가변커패시터를 갖는 구조물을 동조시키기 위한 준비가 있어야 하며 부하저항을 통한 종합 실효전류는 부하와 직렬접속된 필라멘트 램프의 휘도비교에 의해 평가할 수 있다.

이것은 이미 알고있는 부하저항에서 소비전력을 알 수 있다.

부하변화와 전력측정에 의해 최대값이 이용가능한 부하저항의 범위내에서 발생하는가와 만일 그렇다면 걸맞는 값은 얼마인지를 평가할 수 있다.

D.3 시험전송

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

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

안테나는 대지면 위에서 전기적으로 단락 수평 모노폴 안테나와 적절하게 동조되는 유닛을 포함한다. 안테나 시스템은 e.r.p.를 정확하게 알 수 있도록 하기 위하여 시험전에 교정을 하여야 한다.

- (a) 무 변조된 시험 송신기를 사용하여 실시한 장세기 E_1 의 측정결과는 다음과 같은 제안된 송신기에 기인한 실효장세기 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 시험송신기의 전력출력과 이득

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

m 은 변조율, 예를들면

$m = 1.4$ (음성 또는 음악에 의한 진폭변조)

$m = 2$ (MCW 용)

$m = 0.7$ (SSB 용)

$m =$ 기타 변조 형태

d_1 은 측정하고자 하는 곳과 플랜트의 거리

d_2 는 플랜트로부터 제안된 송신기의 거리

30 MHz 이하 주파수의 수평극성 송신기에서 허용거리의 좀더 정확한 평가는 그림 5와 6에 의해 실시할 수 있다.

- (b) 시험송신기 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.

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

D.4 점화시험

10 MHz까지의 모든 주파수에서 구조물로부터 추출할 수 있는 스파크의 점화전력은 회전판과 수없이 간헐적으로 스치는 접촉을 가진 텅스텐 선으로 구성되는 수정된 IEC 불꽃점화 시험장치 (IEC 79-3)를 사용하여 평가할 수 있다.

그림 10은 점화 시험방법을 나타낸다. 새로운 제안에서는 판 (Disc)은 표준카드를 판보다는 녹이 쓴 강철이 보다 감도가 좋기 때문에 이를 사용하며 플랜트의 재료에 대하여 좀더 대표적이다. 메커니즘은 시험가스 또는 증기를 넣을 수 있는 시험조로 전체적으로 밀봉되어 있으며 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.

동조리액턴스는 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.

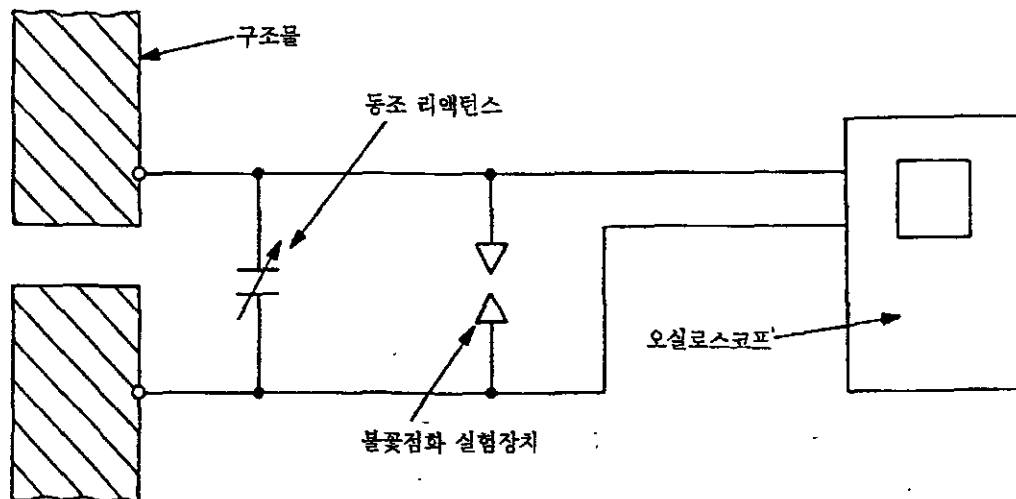


그림 10. 점화시험 방법

E. Orford Ness 송신기지

Orford Ness 송신기지는 높은 지향성 안테나와 높은 전력송신기 모두를 가지는 영국의 하나의 m.f. 송신지역이기 때문에 표 4, 5 및 6으로부터 생략된다.

기지장소는 National Grid Reference TM 450517 이며 각각 500 kW 반송전력을 가지는 두개의 송신기를 갖고 있으며 대표적으로 648 kHz와 1296 kHz에서 동작된다. 그들의 최대 안테나 이득은 비록 648 kHz 송신기가 전지역에 짧은 수직 모노폴 안테나로 250 kW의 감소된 전력에서 최악조건 전송하이더라도 대표적으로 5.7 dB 및 8.0 dB이다. 표 16 및 17은 송신기 지역 주변 최대 취약지역의 확장을 나타낸다.

표 16. 취약지역의 확장 (구조물 길이 $P > 40m$)

지 역	방사 방향 (진북에 대한 경도)	취약지역 확장 (m)		
		그룹 I 및 II A	그룹 II B	그룹 II C
내륙 및 연안 해 양	195 ~ 15	5100	7200	10200
	30	6100	8600	12100
	60	14600	20700	29200
	90	30300	42800	60600
	120	24300	34400	48600
	150	13400	18900	26700
	180	10700	15200	21400

표 17. 취약지역의 확장 (구조물 길이 $P \leq 40m$)

지 역	방사 방향 (진북에 대한 경도)	취약지역 확장 (m)		
		그룹 I 및 II A	그룹 II B	그룹 II C
내륙 및 연안 해 양	195 ~ 15	1400	1900	2700
	30	1600	2300	3200
	60	3900	5500	7800
	90	8100	11500	16200
	120	6500	9200	13000
	150	3600	5100	7200
	180	2900	4100	5700

F. 전체평가 과정의 예

F.1 한개 주파수 평가 (예 1)

플랜트 운전자는 150 kW m.f. 송신기가 플랜트의 6 km 내에 설치되어 있는가 확인하여야 한다. 종합평가는 다음과 같이 순차적으로 수행된다.

(a) 송신기와 플랜트에 대한 결맞는 정보의 수집 (8.5.2 참조)

결맞는 정보는 표 18 및 19에 기입한다.

(b) 실효장세기의 계산 (8.5.3 참조)

30 MHz 이하의 수직극성 전송에서 장세기의 계산은 8.5.3.2에 따른다. 안테나 이득은 dBi로 나타내며 요구된 값 G_v 를 얻기 위하여 변환이 필요하다.

짧은 수직 안테나에 관계된 이득은

$$\text{전력 비율로써 이득} = 10^{0.1g} = 10^{0.1 \times 6} = 3.98$$

짧은 수직 안테나에 관계된 이득은 3으로 나눈다.

$$G_v = \frac{3.98}{3} = 1.33$$

그러므로 $P = 150$, $G_v = 1.33$ 및 $m = 1.4$ 를 얻을 수 있다.

실효장세기는 다음과 같다.

$$E = E_0 m \sqrt{(PG_v)} = E_0 \times 1.4 \times (150 \times 1.33)^{0.5} = 19.8 E_0$$

이 경우 전파는 대지위이기 때문에 E_0 는 그림 5에 나타낸 그래프나 별첨 G에 주어진 공식으로부터 구할 수 있다.

공식의 사용은 값이 특히, 높은 주파수와 같은 그래프로부터 보간시킬 때나 다른 대지 조건을 적용할 때 권고된다.

(1) E_0 를 구하기 위한 그래프 방법

육로용은 그림 5를 참고하여, E_0 의 0.046 V/m의 평가값은 1 MHz 커브와 6 km의 거리에서 0.1 MHz 이상의 역거리선 사이를 보간하여 얻을 수 있다.

$$E_0 = 19.8 \times 0.046 = 0.911 \text{ V/m}$$

표 18. 송신기 데이터 (예 1)

송신기 주파수	출 력 (반송전력)	변 조	플랜트방향에서 안테나 이득	극 성	전파경로 (주1 참조)	플랜트로부터 송신기의 거리
0.9 MHz	150 kW	AM(주 2참조) 음성 및 음악	6 dBi (주3 참조)	수 직	육 로	6 km

- 주 1. 전파경로는 전송이 수직극성이고 송신기 주파수가 30 MHz 미만이기 때문에 관계된다.
 주 2. 본 정보로부터 변조율 $m=1$ 이 실효 장세기의 계산을 위해 사용되어야 한다.
 주 3. 플랜트의 방향에 대한 안테나 이득은 송신기 조작자로부터 얻어야 한다. 여기서 이것은 동방성 전원에 관계된 데시벨로 나타낸다.

표 19. 플랜트 데이터 (예 1)

플랜트에 가스존재	가스 그룹	방폭지역의 가장 큰 수직루프형 구조물의 내부 길이 (주 및 그림 1 참조)
메 탄	Ⅱ A	85m (크레인 없음)

주: 전송이 수직극성때문에 가장 큰 수직루프를 형성하는 구조물의 입증이 요구된다.

(2) E_0 를 구하기 위한 계산방법

만약 그림 5 또는 6의 주파수 또는 대지 상수정수가 편리하지 않다면 이때 별첨 G에 주어진 방법은 다음과 같이 사용할 수 있다.

$$E_0 = \frac{0.3}{d} [A_0 - (A_0 - A_{90}) \sin b]$$

0.02 S/m의 대지 도전률과 30의 관계허용률을 가정하여

$$x = \frac{1.8 \times 10^4 \times 0.02}{0.9} = 400$$

$$b = \tan^{-1} \frac{(30+1)}{400} = 4.43^\circ$$

$$P = \frac{10.47 \times 6 \times 0.9 \times 0.99}{400} = 0.141$$

$$A_{90} = \frac{2 + (170 \times 0.141)}{2 + (210 \times 0.141) + 310 \times 0.141^2} = 0.688$$

$$A_0 = \frac{2 + (0.33 \times 0.141)}{2 + 0.141 + (0.6 \times 1.141^2)} = 0.951$$

$$E_0 = \frac{0.3}{6} (0.951 - 0.077(0.951 - 0.688)) = 0.0465 \text{ V/m}$$

주: A_0 , A_{90} , p , b 및 x 는 수학정수이며 정수 p 는 루프 길이 p 와 혼동하지 말 것.

이때 계산된 장세기는 6 km의 거리가 다음 미만이기 때문에 유효하다.

$$\frac{80}{0.9^4} = 82.9 \text{ km}$$

그러므로 실효 장세기는 다음과 같이 주어진다.

$$E = 19.8 E_0 = 19.8 \times 0.0465 \text{ V/m} = 0.921 \text{ V/m}$$

(C) 추출전력의 계산 (8.5.4 참조)

30 MHz 이하 주파수에서 추출전력의 계산은 8.5.4.2에 따라 수행하여야 한다.

전송파장 λ 는 다음과 같이 주파수 f (MHz)로부터 계산된다.

$$\lambda = \frac{300}{f} = \frac{300}{0.9} = 333.3 \text{ m}$$

사용된 추출전력의 식은 파장물에 대한 구조물 길이 p 가 0.4보다 크거나 또는 작거나에 의존한다. 이 경우

$$\frac{9}{\lambda} = \frac{85}{333.3} = 0.255$$

$\frac{9}{\lambda}$ 가 0.4보다 작기때문에 식 (9)를 적용한다.

추출전력 $P_{\max}$ 는 다음으로 주어진다.

$$P_{\max} = 702 \left(\frac{E^2}{f^2} \right) \left(\frac{P}{\lambda} \right)^{3.5}$$

$$= 702 \times \frac{0.921^2}{0.9^2} \times 0.255^{3.5}$$

$$= 6.15 \text{ W}$$

(d) 6절에 서술한 임계값을 갖는 구조물로부터 종합 추출전력의 비교 (8.5.5.1 참조)
표 2를 참고로하여, 그룹 I 및 II A 가스의 고주파 점화임계전력은 8 W이다. 종합 평가에서 계산된 추출전력의 값은 8 W의 임계 전력보다 작은 6.15 W이며 이것은 고주파 점화위험성이 존재하지 않는다고 결론지을 수 있다. 더 이상의 평가는 필요없다.

주: 만약 크레인이 존재한다면 점화의 임계전력은 6 W가 될 것이며, 잠재적인 r.f. 점화위험성은 나타나게 될 것이다. 이들 환경하에서 8.6에 언급한 과정이 수행되어야 한다.

F.2 다중 연속전원의 평가 (예 2)

3개 중간주파 송신기로 이루어진 가설적인 무선방송 송신국이 메탄제조 플랜트로부터 3 km에 위치해 있다. 종합평가는 다음과 같이 수행된다.

(a) 송신기 및 플랜트에 대하여 관계된 모든 정보의 수집 (8.5.2 참조)

관계된 정보를 표 20 및 21에 기입한다.

(b) 실효장세기의 계산 (8.5.3 참조)

30 MHz 이하 주파수의 수직극성 전송에서, 장세기의 계산은 8.5.3.2에 따라 수행한다.

실효장세기는 다음으로 주어진다.

$$E = E_{0m} \sqrt{(PG_V)}$$

진폭변조된 전송에서 $m=1.4$ 이다.

표 20. 송신기 데이터 (예 2)

송신기수	송신기 주파수 f_t (MHz)	출력 P (발송전력) (kw)	변 조	플랜트방향에서 안테나 이득 (dBi)	극 성	전파경로 (주1 참조)	플랜트부터 송신기 거리 (km)
1	1.1	50	AM(주2 참조) 음성 및 음악	2 (주3 참조)	수직	대지	3.0
2	1.2	15	AM(주1 참조) 음성 및 음악	4	수직	대지	3.0
3	1.45	10	AM(주1 참조) 음성 및 음악	6	수직	대지	3.0

- 주 1. 전송경로는 전송이 수직극성이고 주파수가 30 MHz 미만이기 때문에 관계된다.
 2. 본 정보로부터 변조율 $m=1.4$ 를 실효장세기의 계산을 위해 사용하여야 한다.
 3. 플랜트의 방향에 대한 안테나 이득은 송신기 조작자로부터 얻어야 한다. 여기서 이것은
 등방성 전원에 관계된 데시벨로 나타낸다.

표 21. 플랜트 데이터 (예2)

플랜트에 가스존재	가스 그룹	방폭지역의 가장 큰 수직루프형 구조물의 내부 길이 (주 및 그림 1 참조)
메 탄	IA	85m (크레인 없음)

주: 전송이 수직극성이기 때문에 가장 큰 수직루프를 형성하는 구조물의 입증이 요구된다.

실효 장세기의 식은 표 22의 각각의 송신기 수로 나타낸다.

표 22. 기지국 송신기의 실효 장세기 (예 2)

송신기 수	송신기 주파수 f_t (MHz)	플랜트방향에서 안테나 이득		송신기 출 력 P	$m \sqrt{(PG_v)}$	장세기 E_0 (V/m)	실효장세기 E (V/m)
		g (dBi)	$G_v = \frac{10^{0.1g}}{3}$				
1	1.1	2	0.528	50	7.20	0.0941	0.677
2	1.2	4	0.837	15	4.96	0.0930	0.461
3	1.45	6	1.327	10	5.10	0.0896	0.457

* E_0 는 별첨 G에 주어진 공식으로부터 계산된다. 그러나 그림 5로부터 그래프적으로도 구할 수 있다. (예1 참조)

(C) 추출전력의 계산 (8.5.4 참조)

사용된 추출전력의 표현은 파장을 $\frac{P}{\lambda}$ 에 대한 구조물 길이가 0.4보다 크거나 작거나에 의존한다.

$\frac{P}{\lambda}$ 가 계산될 때 정확한 식을 선택할 수 있고 $P_{\max}$ 를 계산할 수 있다.

1과 2의 전송에서 8.5.4.2 의 $\frac{P}{\lambda} < 0.4$ 와 식 (9)를 사용하여야 한다.

$$\text{예) } P_{\max} = 702 \left(\frac{E^2}{f^2} \right) \left(\frac{P}{\lambda} \right)^{3.5}$$

3의 전송에서 $\frac{P}{\lambda} > 0.4$ 와 식 (10) 사용된다.

$$\text{예) } P_{\max} = 28.4 \frac{E^2}{f^2}$$

최대 추출전력의 식은 표 23에서 각각 송신기 수로 나타낸다.

표 23. 전송지역으로부터 최대 추출전력 (예 2)

송신기 수	송신기 주파수 f_i [MHz]	파장 λ (m)	P / λ	8.5.4.2에서 사용된 식	전송 당 최대 추출전력 $P_{\max}$ (W)
1	1.1	273	0.311	(9)	4.48
2	1.2	250	0.340	(9)	2.37
3	1.45	207	0.411	(10)	2.82

- 주 1. $P_{\max}$ 의 모든 값의 합계가 6.3의 임계값 미만이라면 r.f. 점화위험성은 없으며 더 이상의 평가는 필요없다. 이 경우 합계는 임계값 8 W를 초과한다.
 2. 만일 크레인이 있다면 임계전력은 6 W가 될 것이다.

(d) 임계값을 갖는 구조물로부터 종합 추출전력의 비교 (8.5.5.2.1 참조)

$P_{\max}$ 의 값은 구조물이 외부동조 리액턴스에 의해 자체공진이거나 인위공진될 때의 조건을 얻었다. 구조물이 전송주파수의 하나에 공진될 때, 회로의 선택성은 다른 비공진주파수에서 추출전력이 앞에서 계산된 $P_{\max}$ 의 값 미만이라는 것은 입증하는 것

이다. 비공진주파수에서 기여는 그림 7을 사용하여 “변조정합” 전력을 계산하는 것에 의해 얻을 수 있다.

이때 변조정합 전력은 임계전력과 비교하여 종합전력을 얻기 위하여 $P_{\max}$ 를 더한다.

구조물은 순차적으로 전송주파수의 각각에 동조되어야 한다.

(1) $f_r = 1.1 \text{ MHz}$ 에서 구조물을 동조시킨다. (그림 11참조)

종합전력은 표 24에 정량화되어 있다.

표 24. $f_r = 1.1 \text{ MHz}$ 에서 종합 추출전력 (예 2)

전송 주파수 f_t (MHz)	$P_{\max}$ (W)	$\frac{f_t}{f_r}$	$k^* = \frac{P_{\text{mm}}}{P_{\max}}$	변조정합 전력	
				$P_{\text{mm}} = kP_{\max}$ (W)	합 계 (W)
1.1	4.48	1.00	1.00	4.48	7.91
1.2	2.37	1.09	0.90	2.13	
1.45	2.82	1.32	0.46	1.30	

* 그림 7로부터 얻음

(2) $f_r = 1.2 \text{ MHz}$ 에서 구조물을 동조시킨다.

종합전력은 표 25에 정량화되어 있다.

표 25. $f_r = 1.2 \text{ MHz}$ 에서 종합 추출전력 (예 2)

전송 주파수 f_t (MHz)	$P_{\max}$ (W)	$\frac{f_t}{f_r}$	$k^* = \frac{P_{\text{mm}}}{P_{\max}}$	변조 정합 전력	
				$P_{\text{mm}} = kP_{\max}$ (W)	합 계 (W)
1.1	4.48	0.92	0.92	4.12	8.41
1.2	2.37	1.00	1.00	2.37	
1.45	2.82	1.21	0.68	1.92	

* 그림 7로부터 얻음

(3) $f_r = 1.45$ MHz에서 구조물을 동조시킨다.

종합전력은 표 26에 정량화되어 있다.

표 26 $f_r = 1.45$ MHz에서 종합 추출전력 (예 2)

전송 주파수 f_t (MHz)	P_{max} (W)	$\frac{f_t}{f_r}$	$k^* = \frac{P_{mm}}{P_{max}}$	변조 정합 전력	
				$P_{mm} = kP_{max}$ (W)	합 계 (W)
1.1	4.48	0.76	0.61	2.73	7.28
1.2	2.37	0.83	0.73	1.73	
1.45	2.82	1.00	1.00	2.82	

* 그림 7로부터 얻음

8.41W 즉 가장 높은 종합전력은 구조물이 1.2 MHz에서 동조될 때 얻는다. 이 값은 6.3에 수록된 바와 같이 그룹 IIA 가스의 r.f. 점화 임계전력을 초과하며 잠재적인 위험성을 나타낸다.

8.6에 언급한 과정을 따라야 한다.

주: 만약 크레인이 있다면 점화 임계전력은 6 W가 될 것이다.

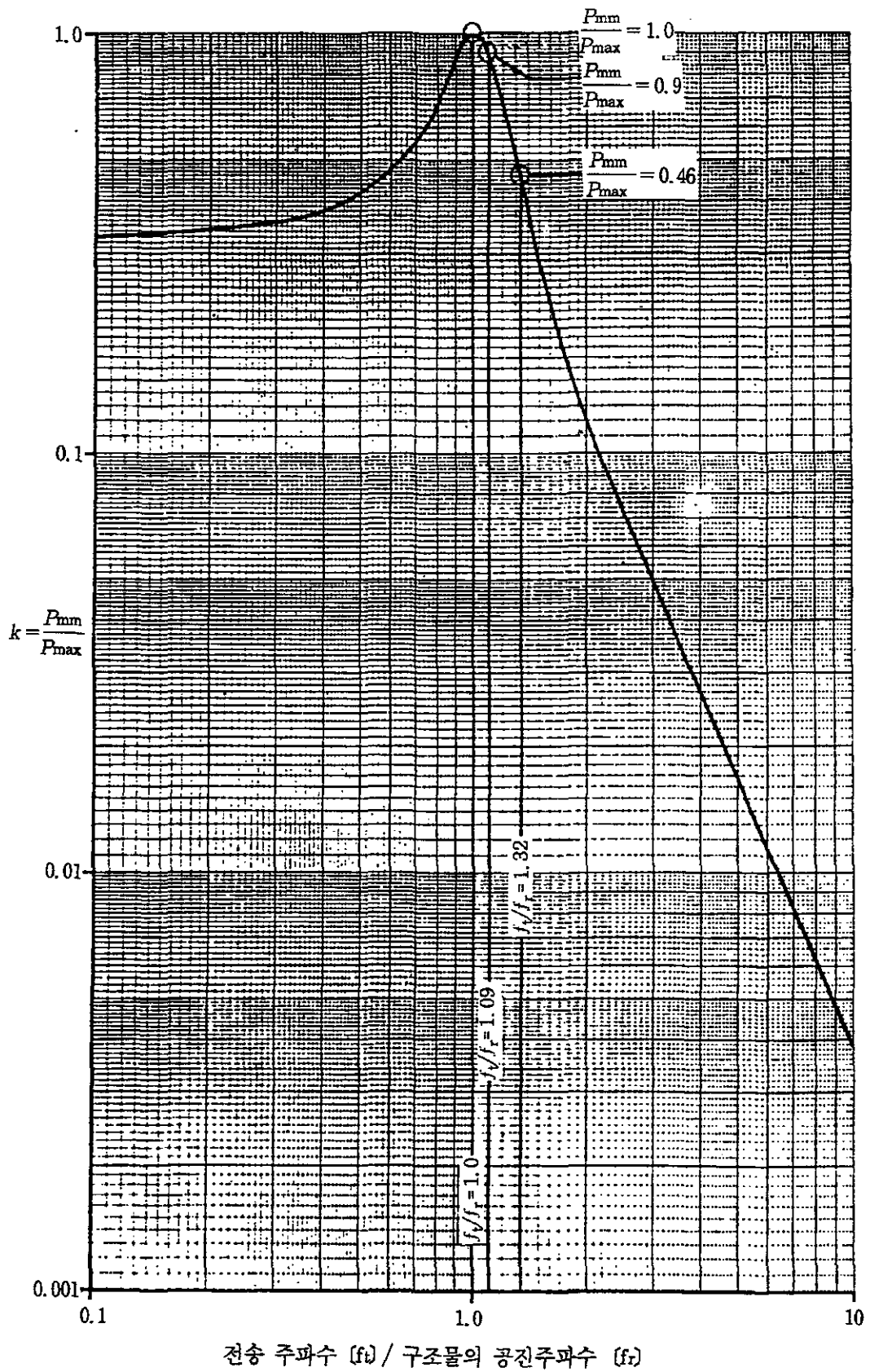


그림 11. 1.1 MHz에서 공진된 구조물의 변조정합 전력

F.3 에틸렌 저장 탱크로부터 500m와 200m에 위치한 2개의 레이더 송신기의 평가 (예 3)

종합평가의 과정은 다음과 같은 추출에너지를 계산하는 것을 제외하고는 F.1의 예 1과 유사하다.

(a) 송신기 및 플랜트에 대한 모든 관계된 정보의 수집 (8.5.2 참조)

관계된 정보는 표 27 및 28에 기입한다.

(b) 실효장세기의 계산 (8.5.3 참조)

30 MHz 이상의 주파수에서 장세기 계산은 8.5.3.4에 따라 실시하여야 한다. 실효장세기는 다음으로 주어진다.

$$E = \frac{0.173mF(\Phi)\sqrt{(PG)}}{d}$$

펄스 레이더 변조에서

P 는 안테나에 공급되는 피크전력 (kW)

$m=1$

$F(\Phi)$ 는 수평 방사 패턴률 (안테나가 회전하면 단일방향에서)

G 는 플랜트 방향에서 안테나 이득이다.

실효 장세기는 표 29에 각각의 전송기에 정량화되어 있다.

표 27. 송신기 데이터 (예 3)

송신기 수	주파수 f (MHz)	송신기 최대출력 P (kW)	펄스 지속시간 (μ S)	안테나 이득 (dBi)	플랜트로부터 송신기의 거리 (m)
1	600	700	4	35	500
2	3000	1000	2.5	40	200

주: 30 MHz 이상의 주파수에서 예를 들면 대지 또는 해양과 같은 극성과 대지형태에 대한 정보가 요구되지 않는다.

표 28. 플랜트 데이터 (예 3)

플랜트에 가스 존재	가스 그룹
에틸렌	IB

표 29. 레이더 송신기의 최대 장세기 (예 3)

송신기 수	주파수 f (MHz)	송신기 최대출력 P P (kW)	안테나 이득		거리 (km)	실효장세기 E (V/m)
			dBi	G		
1	600	700	35	3162	0.5	515
2	3000	1000	40	10000	0.2	2735

(c) 추출에너지의 계산 (8.5.4 참조)

추출전력은 30 MHz이상 주파수는 8.5.4.3에 있는 식 (11)을 이용하여 계산한다.

$$P_{\max} = \frac{311E^2}{f^2 + 9000}$$

싱글 펄스용의 구조물에서 에너지는 $P_{\max}$ 의 곱과 펄스지연시간 (식 12 참조)으로 부터 구할 수 있다. 각각 송신기로부터 유추된 에너지는 표 30에 정량화되어 있다.

표 30. 펄스 송신기로부터 구조물의 에너지 (예 3)

송신기 수	주파수 f (MHz)	유효장세기 E (V/m)	추출전력 $P_{\max}$ (W)	펄스지연시간 t (μ S)	에너지 Z (μ J)
1	600	515	223.5	4.0	894
2	3000	2735	258.2	2.5	645.5

(d) 임계값을 갖는 구조물로 부터 종합 추출전력의 비교 (8.5.5.2.2 참조)

서로 다른 레이더 송신기로부터 펄스의 동시발생의 가능성은 낮기때문에 두 에너지의 합은 고려할 필요가 있다. 계산된 에너지가 6.3.3에 주어진 1000 μ J의 임계값의 어느쪽도 초과하지 않기때문에 r.f. 점화위험성은 없으며 다음 단계의 평가는 필요없다.

G. 대지파 전파 (수직극성): 장세기 계산

G.1 서언

수직극성 무선파장은 대지위에 전파되며 대지의 굴곡에 따라 인도된다. 대지의 존재는 거리의 역비례로 변화하는 장에서 기인한 파두를 전파하는 자유공간보다 빠르게 소멸하는 장세기에 기인된 손실을 일으킨다.

손실의 크기는 전송주파수, 전기전도도 및 무선파가 통과하는 대지의 허용도에 의존한다. 실제로, 대지파 전파는 약 10 MHz까지의 주파수에서는 중요하다. 전파범위는 낮은 주파수와 높은 전도도의 대지, 바다에 도달하는 최대범위가 가장 크다.

대지파 장세기의 평가는 10 kHz ~ 30 MHz 사이의 주파수에서 다양한 대지조건을 나타내고 있는 CCIR Recommendation 368-4에 수록되어 있으며 대지표면의 전기적 특성에 대한 정보는 CCIR Recommendation 527-1에 나타나 있다.

장세기의 계산이 복잡하고 CCIR Recommendation 368-4에 나타난 커브가 특별한 위험평가와 관련하여 실제적인 조건에 부합되지 않기 때문에, G.2에 나타난 단순방법이 편리상 및 표준화 과정을 위해 본 규격에 포함하였다.

이 방법은 CCIR Recommendation 368-4 커브와 r.f. 점화성평가와 관련된 제한된 거리상 및 전형적인 대지조건에 밀접하게 일치하는 결과를 주는 공식에 근거를 두었다.

G.2 장세기 계산

주어진 거리와 규정된 대지조건, 1 kW를 방사하는 짧은 수직 모노폴에 기인되는 장세기 E_0 (V/m)는 다음과 같이 계산한다.

$$E_0 = \frac{0.3}{d} [A_0 - A_{90}] \sin b$$

여기서

$$A_0 = \frac{2 + 0.33p}{2 + p + 0.6p^2}$$

$$A_{90} = \frac{2 + 0.33p}{2 + 210p + 310p^2}$$

$$p = \frac{10.47df \cos b}{x}$$

$$b = \tan^{-1} \frac{\epsilon + 1}{X}$$

$$x = \frac{1.8 \times 10^4 \sigma}{f}$$

d 는 거리 (km)

f 는 주파수 (MHz)

σ 는 대지 전도도 (S/mm)

ϵ 는 대지의 상대허용도

주: A_0 , A_{90} , p , b 및 x 는 수학적정수이며 정수 p 는 루프 길이 p 와 혼돈하지말 것.

G.3 제한

이 방법은 평지조건이 만족될 때의 장거리 장에 적용할 수 있다. 거리 d (km)가 다음 미만일 때만 발생한다.

$$\frac{80}{f^{\frac{1}{2}}}$$

여기서

f 는 주파수이다. (MHz)

G.4 대지조건

영국의 특수한 지역에서 대지조건에 관계되는 규정된 데이터가 없으면 다음 값을 사용하도록 권장한다.

도전률 20 mS/m

상대허용도 30

도전률 숫자는 영국에서 찾아낸 가장 높은 값을 나타낸다.

허용도 값은 CCIR Recommendation 527-1로부터 얻으며 담수 및 염수 통로에 관계된 데이터는 다음과 같다.

	염 수	담 수
도 전 률	5 S/m	3 mS/m
상대허용도	70	80

특별한 통로를 위하여 사용된 대지상수의 평가에서 얇은물 또는 건조한 표면층은 특히 낮은 주파수에서 대지로 상당한 침투가 발생하기 때문에 일반적으로 무시된다. 예를 들면 대지와 해양과 같은 혼합경로의 처리는 CCIR Recommendation 368-4에 수록되어 있다. 거리에 대한 장세기 E_0 의 전파커브값은 위에서 주어진 값을 사용하여 대지와 해양경로를 계산하였으며 그림 5와 6은 이에 포함된다.

고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화위험성 분석 및 방지대책에 관한 연구
(기전연 95-6-7)

발 행 일 : 1995. 12.

발 행 인 : 산업안전연구원장 이 한훈

연구수행자 : 선임연구원 최 상원

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전연구원

기계전기연구실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

TEL : (032) 5100-838

FAX : (032) 513-6483

〈비매품〉

인쇄 : 문원사 (TEL : 739-3911~5)