

# EMI/RFI 實務

報告者：劉長生

# 摘要

- RG1.180主要是以MIL-STD-461E及IEC 61000兩種標準為基礎，這兩標準定義了軍規與商規的測試方法、測試規格，在RG1.180中這兩者間相互重疊。這讓工作者不知如何選擇，那一種環境、那一種系統適用那一種標準？到底要測那些項目？請參考之RG 1.180R1與引用之EMC標準比較表及RG1.180要求測試項目，本報告以應用實例引導出
  - (1). RG1.180架構及引用規範
  - (2). 測試架構及測試規格
  - (3). 規格上定義的單位是何意義，各單位相互間如何轉換。
  - (4). 將規格所列之值轉換成電壓、電流值。讓人更容易體會干擾源進入裝置時是否會造成裝置不正常工作。
  - (5). 如何撰寫EMI/RFI測試程序書。
  - (6). 各項測試干擾源進入點、量測點。

# EMI/RFI常用名詞介紹

- EMI：electromagnetic interference，電磁干擾；本裝置是否會產生電磁效應而影響其他裝置無法正常工作。
- EMC：electromagnetic compatibility，電磁相容；本裝置是否會因其他裝置所產生之電磁效應而影響本裝置無法正常工作
- RFI：radio frequency interference，射頻干擾
- Emission：發射量；本裝置所發射出的電磁波；EMI
- Susceptibility：耐受度；EMC
- SWC：surge withstand capability：突波抵抗能力
- IEEE：institute of electrical and electronics engineers：美國電機電子工程師協會
- IEC：international electro-technical commission：國際電氣工程協會
- EUT：equipment under test：待測裝置。
- LISN：Line Impedance Stabilization network：線上阻抗穩定網路，此裝置因功率、頻率區分為電源線及信號線，LISN之功能為隔離外部電源(或信號)與干擾源。

# RG1.180架構及引用規範

- REGULATORY GUIDE 1.180
- Revision 1
- October 2003
- 分為7個section
  - (1). General
  - (2). IEEE STD 1050-1996
  - (3). EMI/RFI EMISSION TESTING
  - (4). EMI/RFI SUSCEPTIBILITY TESTING
  - (5). SURGE WITHSTAND CAPABILITY
  - (6). RADIATED EMI/RFI TESTING ABOVE 1GHz
  - (7) DOCUMENTATION

# 通則

- 建立及持續執行核能電廠之安全相關設備及控制系統(I&C)之EMC 程序。
- 於設計、測試、修改、安裝安全相關設備及控制系統(I&C)時，使用一致性EMC PROGRAM。
- 建議在設計、安裝時以實體測試方式來評估設備之”發射性(EMI)”，”耐受度(EMC)”及設備對電源突波之承受度(SWC)。
- EMI/RFI發射源包括可攜帶式或固定式設備(例如：可攜式無線電收發機、電焊機、電源供應器、發電機)。故要確保核電廠安全相關設備及控制系統的耐受度大於這些發射源至少8dB。
- 為了確保實際使用與實驗室測試之結果相當，待測設備要求如下：
  - (1)待測設備應和核能電廠現場實際安裝之實體結構相同。
  - (2)待測設備於測試時應設定於正常運轉模式，並執行其正常之功能。
  - (3)經測試後，安全相關儀控系統的實體結構須維持不變，任何會改變結構的作業須受到管控，而設計規範亦須予以維持不變及管控，包括連接線及電纜線的分隔、屏蔽技術、屏蔽包封的完整性，穿孔、墊片、接地技術，EMI/RFI濾波器，電路板佈局，其它設計參數等，這些參數都會影響EMC檢測之結果。

# IEEE STD 1050-1996

## 安全相關設備及控制系統(I&C)之接地指導。

- 為不受EMI/RFI、SWC之影響，NRC所接受IEEE Std 1050-1996所述之設計、安裝方法
- IEEE Std 1050第4.3.7.4節所述發射性耦合(Radiative Coupling)一節所述“傳播型電磁波場強度與距離平方成反比”為例外，說明如下：
  - A當發射性耦合是一種遠場效應時，上述“傳播型電磁波場強度與距離平方成反比”論點須重新評估。
  - 當與發射源距離 $r$ 大於 $\lambda/2\pi$ ( $\lambda$ ：波長)時，稱為遠場(far field)，此區域的波阻抗(wave impedance)是等於傳播介質(medium)的特性阻抗(characteristic impedance)。
  - 在遠場時，電場及磁場強度與距離 $r$ 成反比，而不是與距離平方成反比。
  - 當與發射源距離 $r$ 小於等於 $\lambda/2\pi$ 時為近場(near field)，依波阻抗來區分場強衰減比率關係。
    - (a). 若來源(electric field strength)之波阻抗 $>377\Omega$ ，電場強度與 $r^3$ 成反比，磁場強度與 $r^2$ 成反比。
    - (b). 若來源(magnetic field strength)之波阻抗 $<377\Omega$ ，電場強度與 $r^2$ 成反比，磁場強度與 $r^3$ 成反比。

# EMI/RFI EMISSION TESTING

- 美國NRC接受使用MIL-STD-461E標準、IEC 61000-6-4標準所述的測試方式做為核能電廠安全相關儀控系統之放射性測試方法，這些測試涵蓋了由受測設備(EUT)放射出來的傳導性和輻射性干擾。

# EMI/RFI EMISSION TESTING

## MIL-STD-461E

---

Method	Description
CE101	Conducted emissions, low-frequency, 30 Hz to 10 kHz
CE102	Conducted emissions, high-frequency, 10 kHz to 2 MHz
RE101	Radiated emissions, magnetic field, 30 Hz to 100 kHz
RE102	Radiated emissions, electric field, 2 MHz to 1 GHz

C = conducted, R = radiated, and E = emissions.

# EMI/RFI EMISSION TESTING

## IEC-61000-6-4

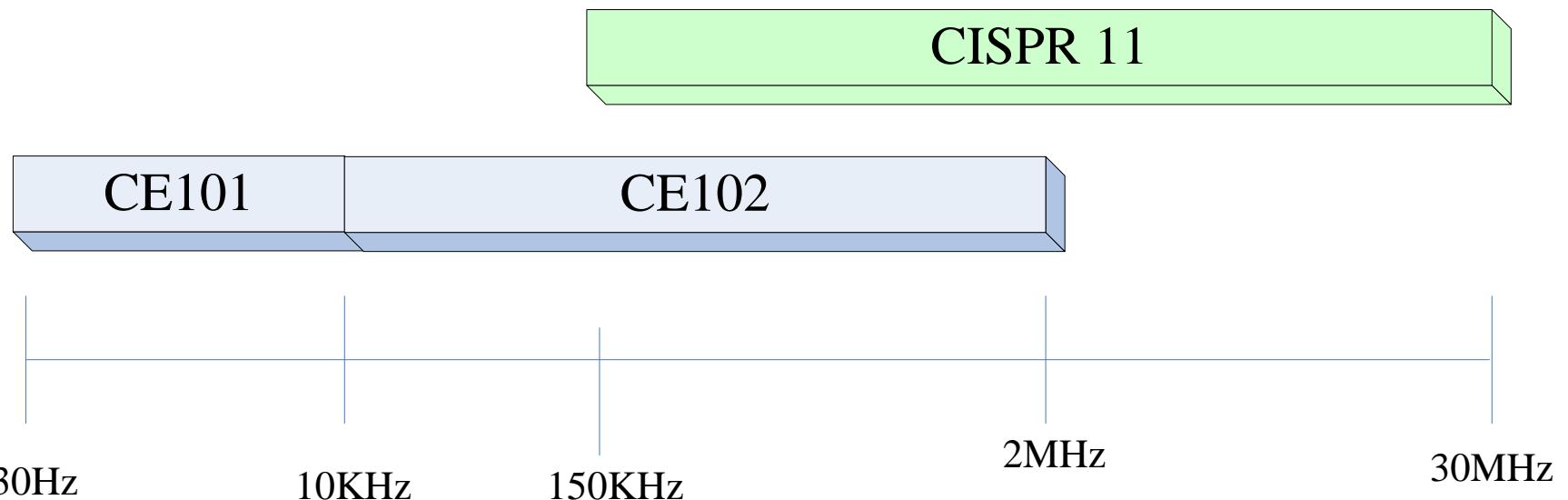
---

Method	Description
None	Conducted emissions, low-frequency, 30 Hz to 10 kHz
CISPR 11	Conducted emissions, high-frequency, 150 kHz to 30 MHz
None	Radiated emissions, magnetic field, 30 Hz to 100 kHz
CISPR 11	Radiated emissions, electric field, 30 MHz to 1 GHz

---

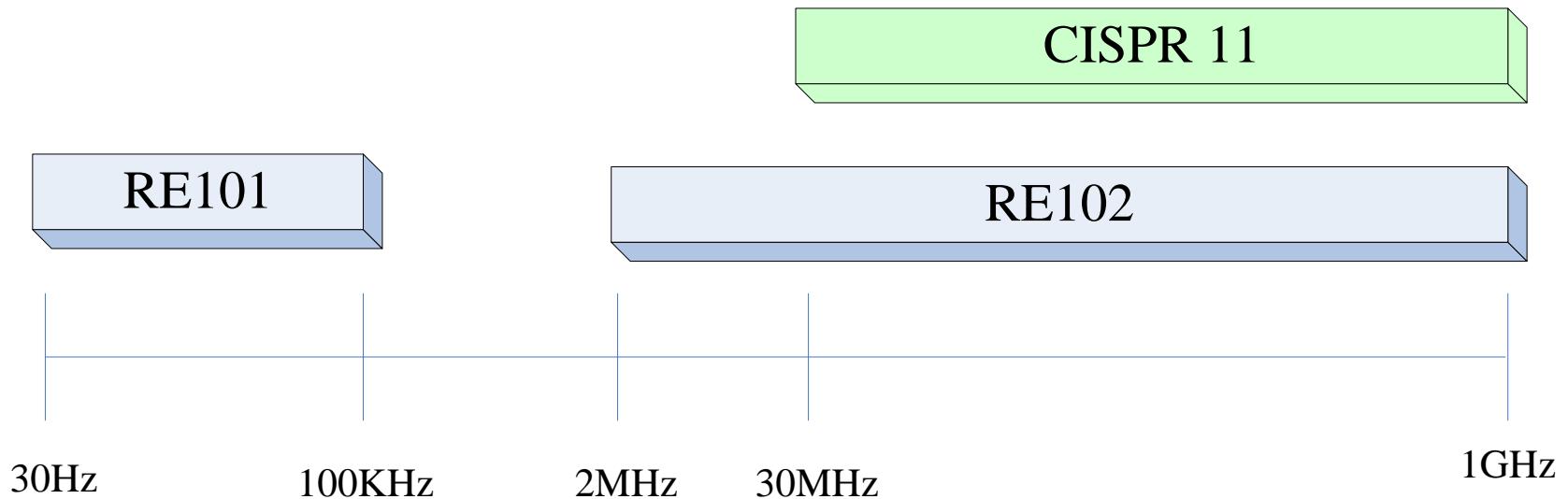
# EMI/RFI Conducted EMISSION TESTING

## MIL-STD-461E與IEC-61000-6-4測試頻譜比較



# EMI/RFI Radiated EMISSION TESTING

## MIL-STD-461E與IEC-61000-6-4測試頻譜比較



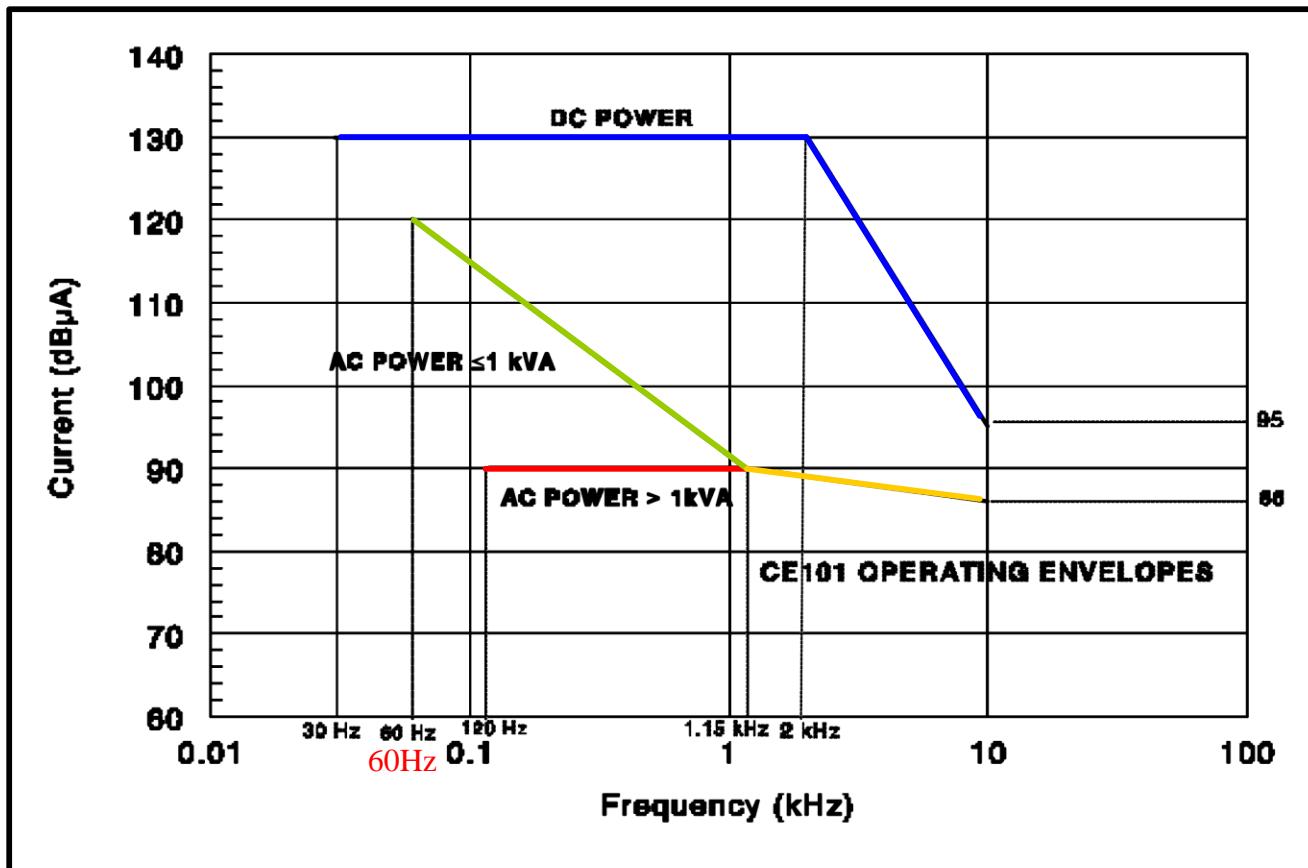
# EMI/RFI EMISSION TESTING

- 美國NRC接受安全相關儀控系統以MIL-STD-461E傳導放射及輻射放射測試方法為核能電廠CE(Conducted Emissions)及RE(Radiated Emissions)之測試標準。
-

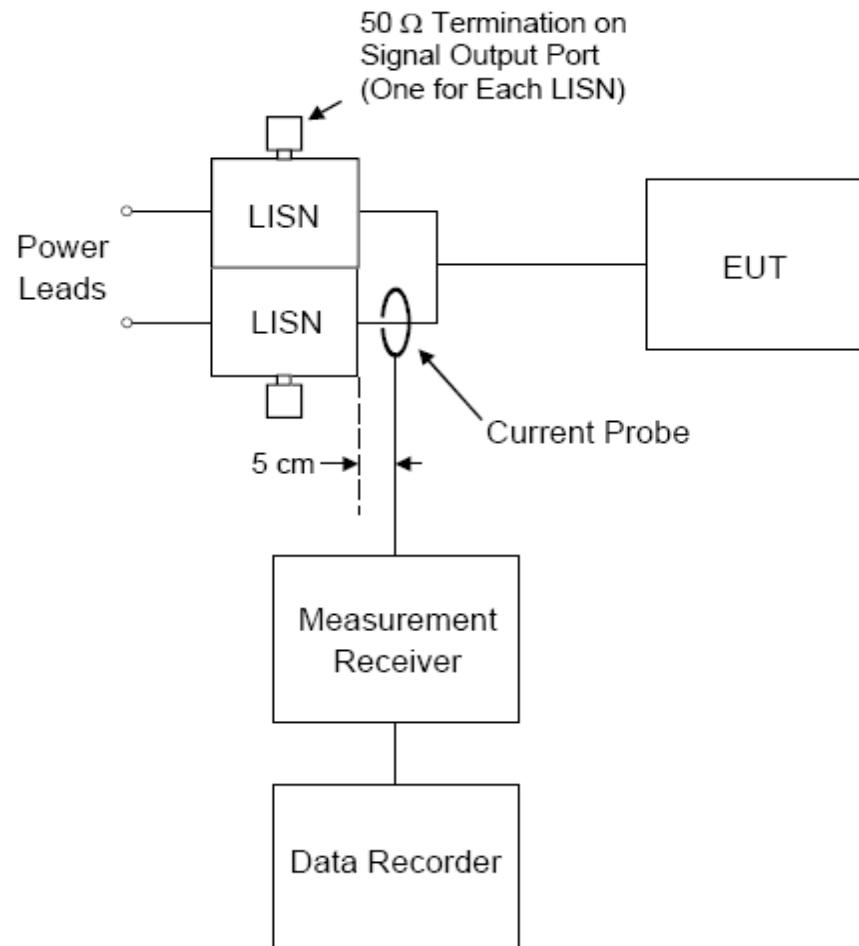
## 低頻傳導放射CE101

- CE101—Conducted Emissions, Low Frequency
- CE101 主要以量測EUT的電源線(power leads)
- 頻率範圍為30 Hz~10 kHz之低頻傳導放射值，單位以dB $\mu$ A電流表示。
- CE101測試在下述情況免除而不須量測
  - (1).設備更換時，受測設備電源品質與原有電源品質一致。
  - (2).電源無諧波失真存在，即不超過5% THD 。

# CE101 規格



# 低頻傳導放射CE101測試架構





低頻傳導放射CE101放射干擾源由AC電源端以couple  
方式量測

# 低頻傳導放射CE101測試結果

RG1.180 CE101

## RG1.180 CE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

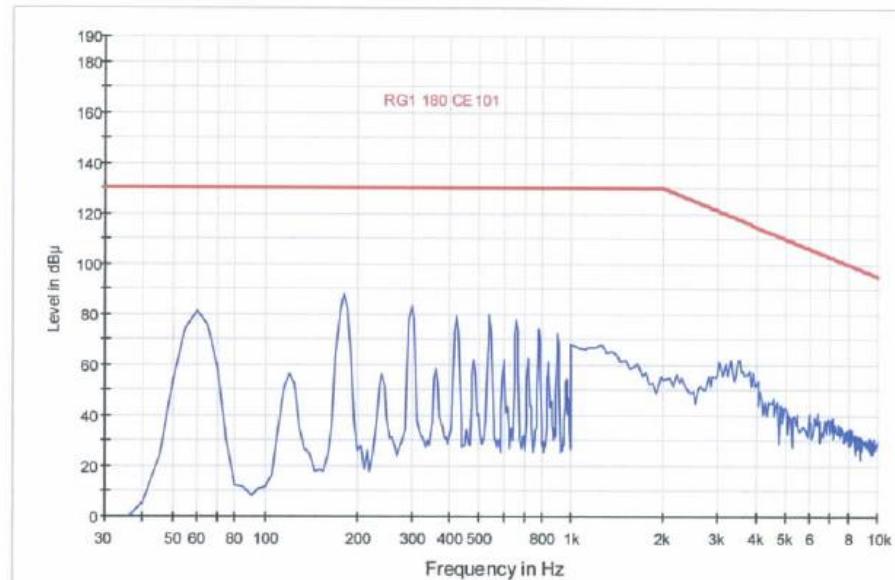
P/N

S/N

極向

AC110V/60Hz LINE

### RG1.180 CE101



# 低頻傳導放射CE101測試結果

RG1.180 CE101

## RG1.180 CE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

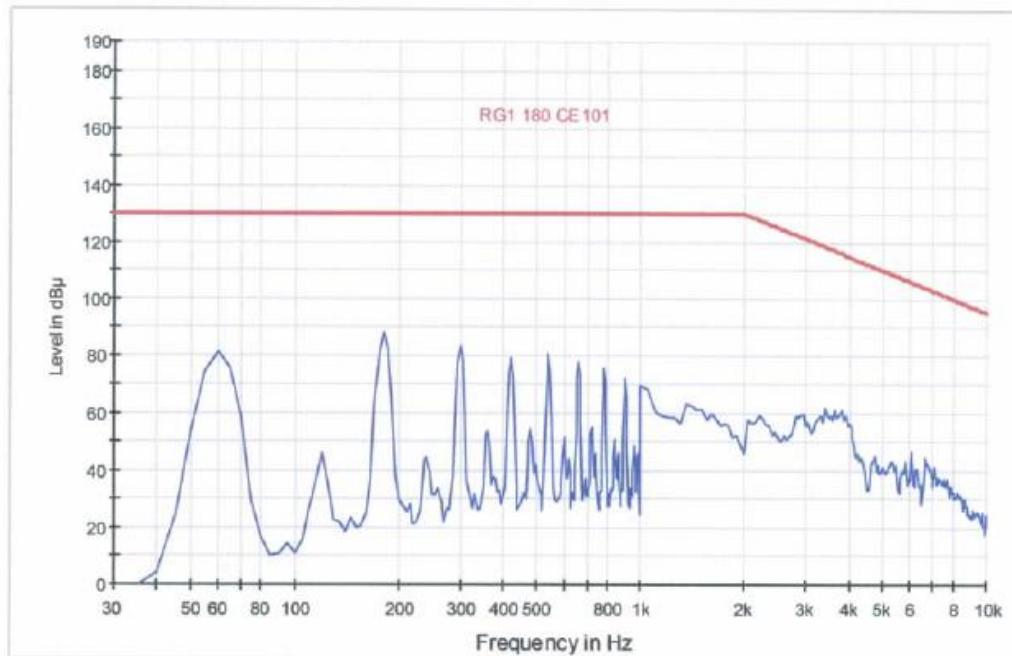
P/N

S/N

極向

AC110V/60Hz RETURN

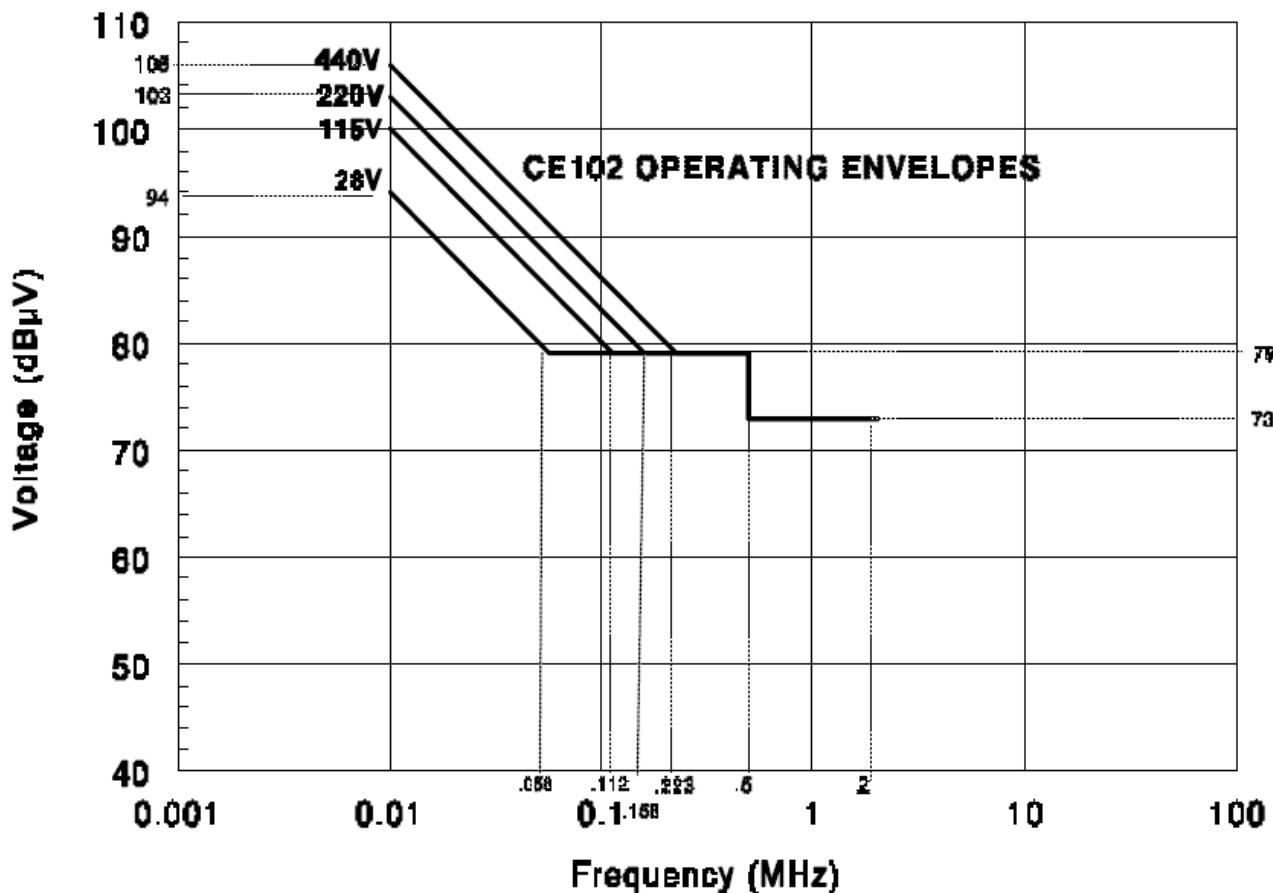
### RG1.180 CE101



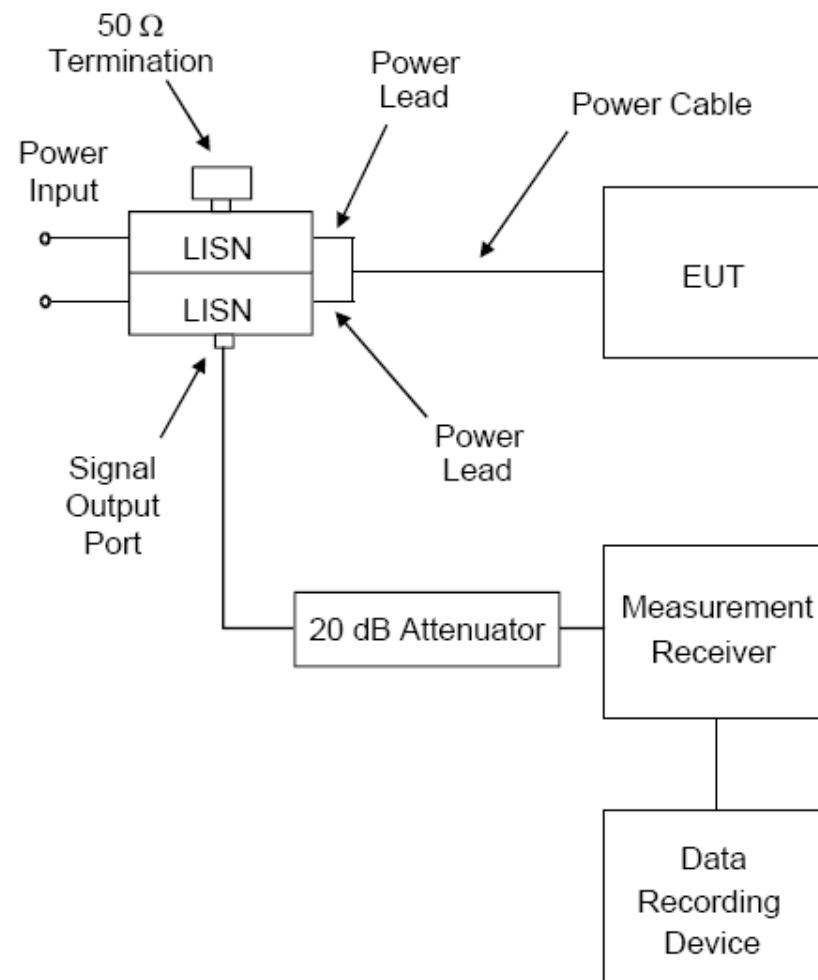
## 高頻傳導放射CE102

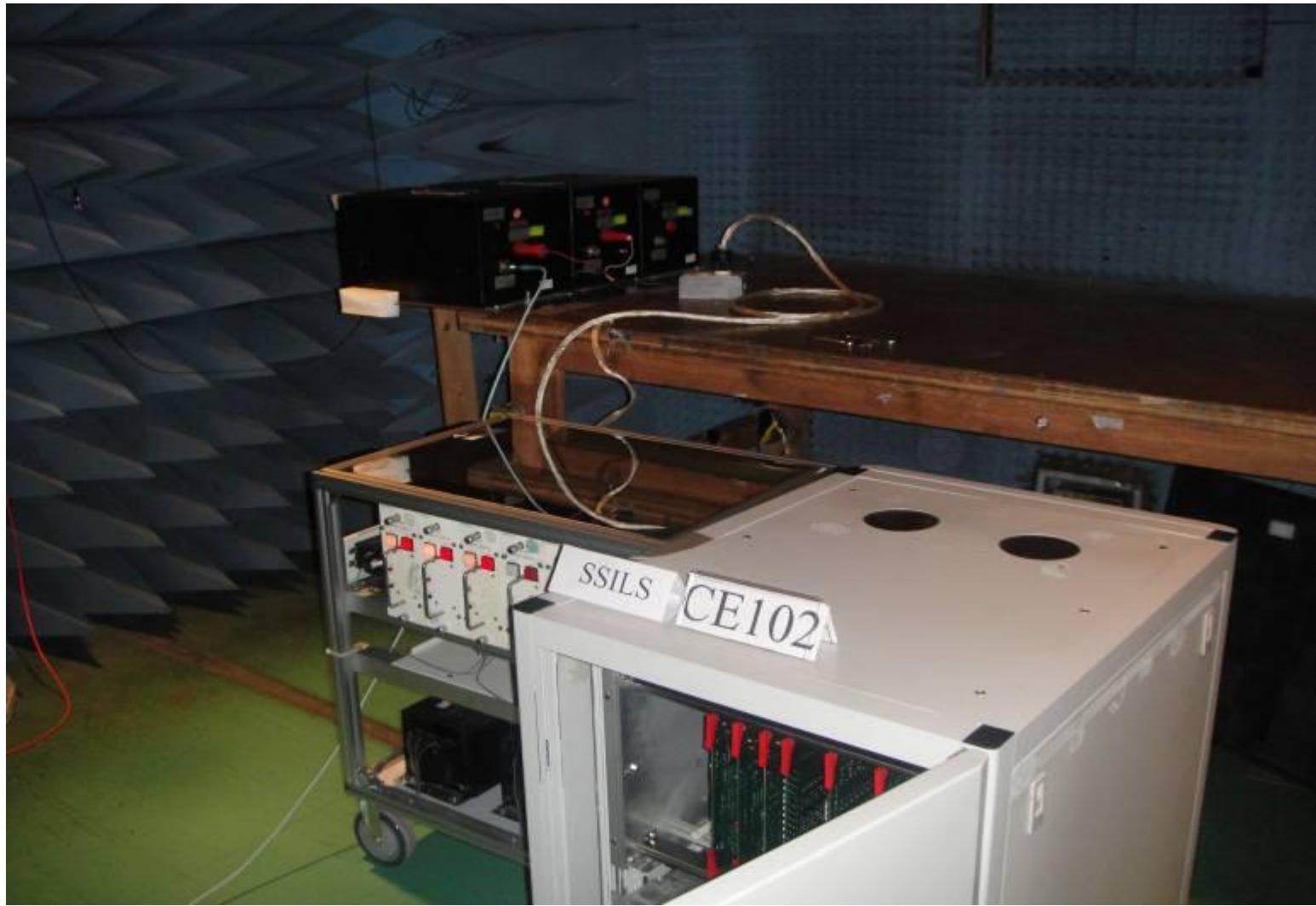
- CE102—Conducted Emissions, High Frequency
- CE102主要以量測EUT的電源線(power leads)
- 頻率範圍為10K Hz~2MkHz之高頻傳導放射值，  
單位以dB $\mu$ V電流表示。

# CE102規格



# 低頻傳導放射CE102測試架構





高頻傳導放射CE102放射干擾源由AC電源端直接由  
LISN輸出端量測



CE102

SSILS

# 高頻傳導放射CE102測試結果

CSIST\_QA3\_EMC\_Lab.

## MIL\_STD\_461E CE test Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

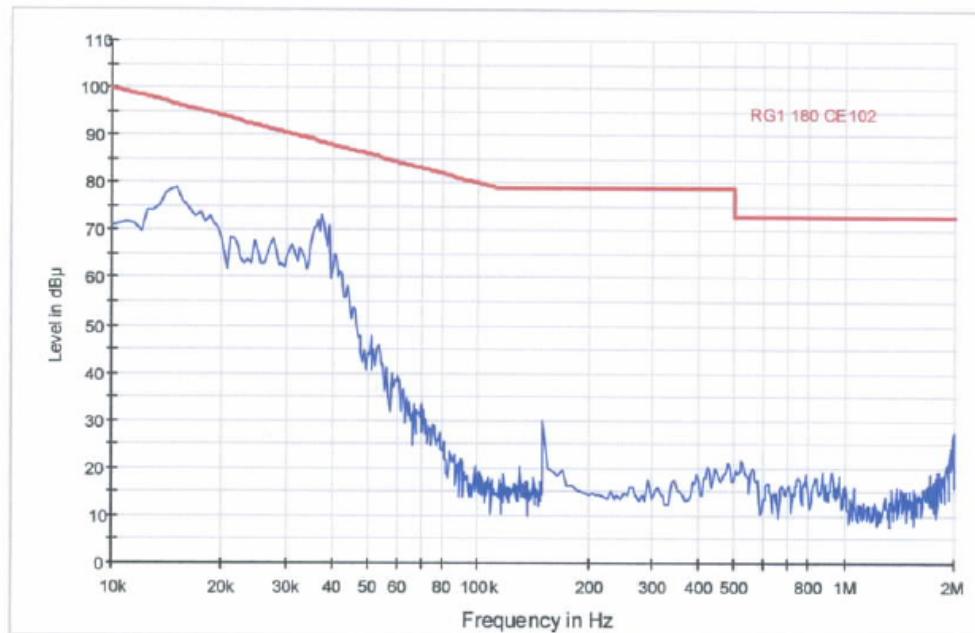
P/N

S/N

極向

AC110V/60Hz LINE

### RG1.180 CE102



# 高頻傳導放射CE102測試結果

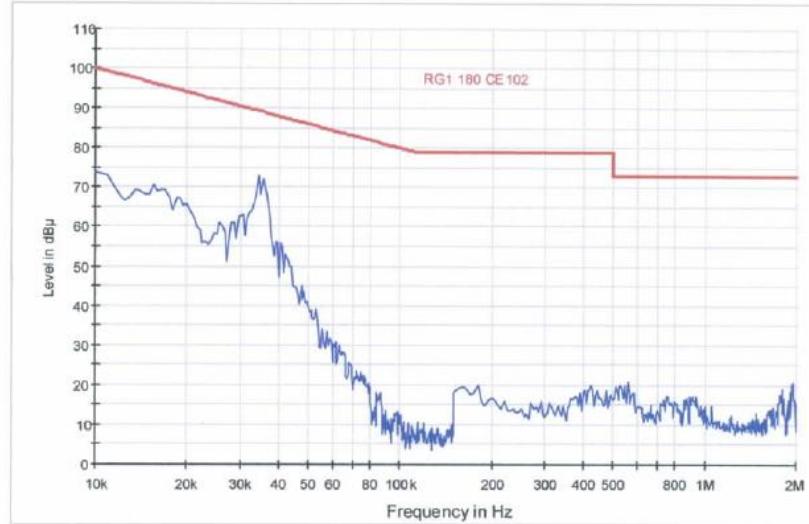
CSIST\_QA3\_EMC\_Lab.

## MIL\_STD\_461E CE test Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:  
EUT Name: SSILS  
Comment:  
P/N  
S/N  
極向  
AC110V/60Hz RETURN

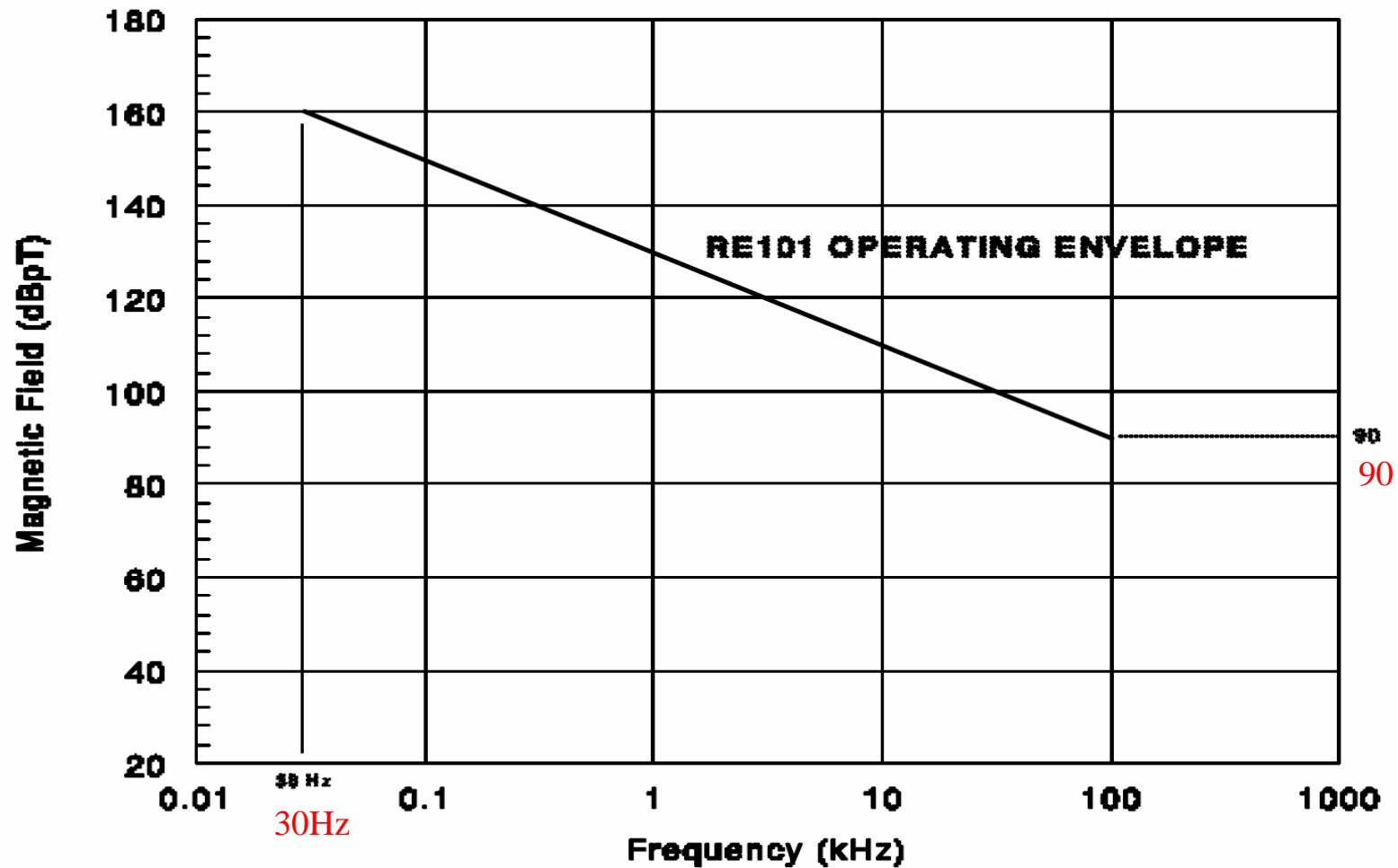
### RG1.180 CE102



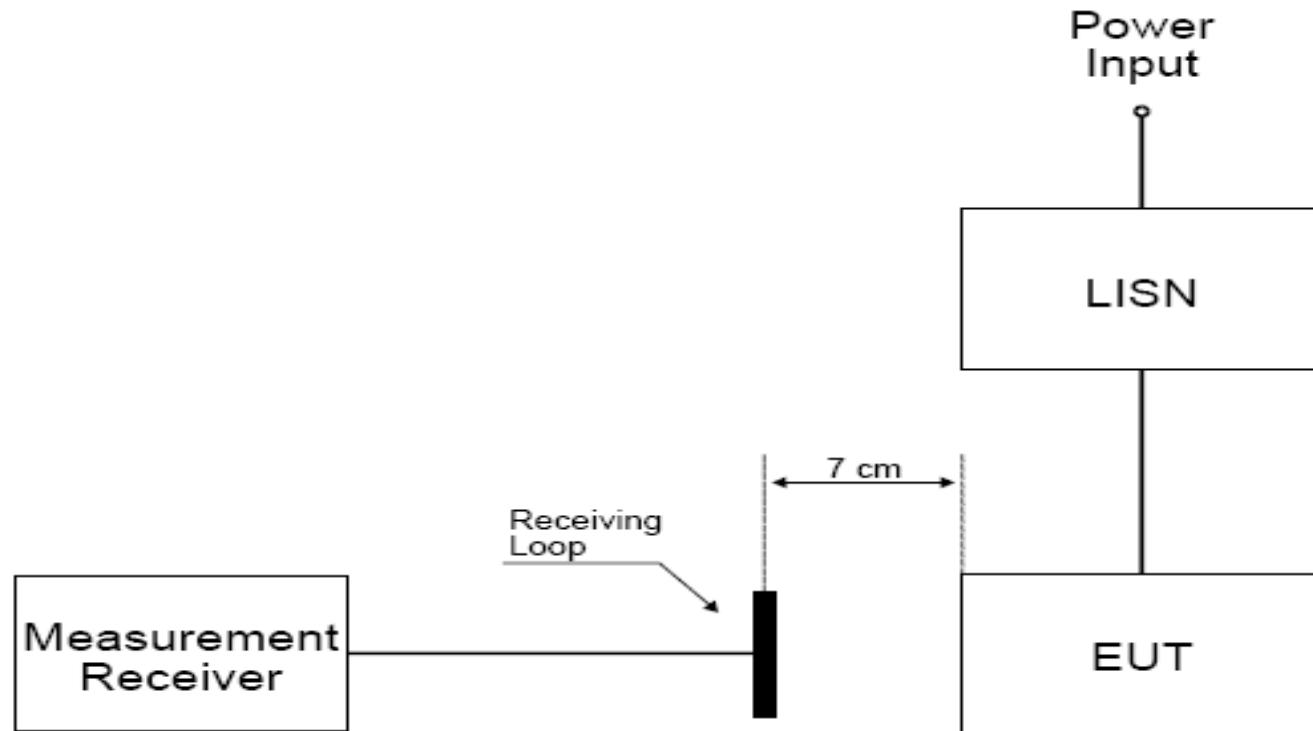
# RE101

- RE101—Radiated Emissions, Magnetic Field
- RE101量測EUT在頻率範圍30 Hz ~ 100 kHz之輻射性磁場放射值。
- 若受測設備不與對磁場敏感的其他設備安裝在一起，RE101之測試可免除而不須量測。

# RE101 規格



# RE101測試架構





# RE101測試結果

CSIST\_QA3\_EMC\_Lab.

## RG1.180 RE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

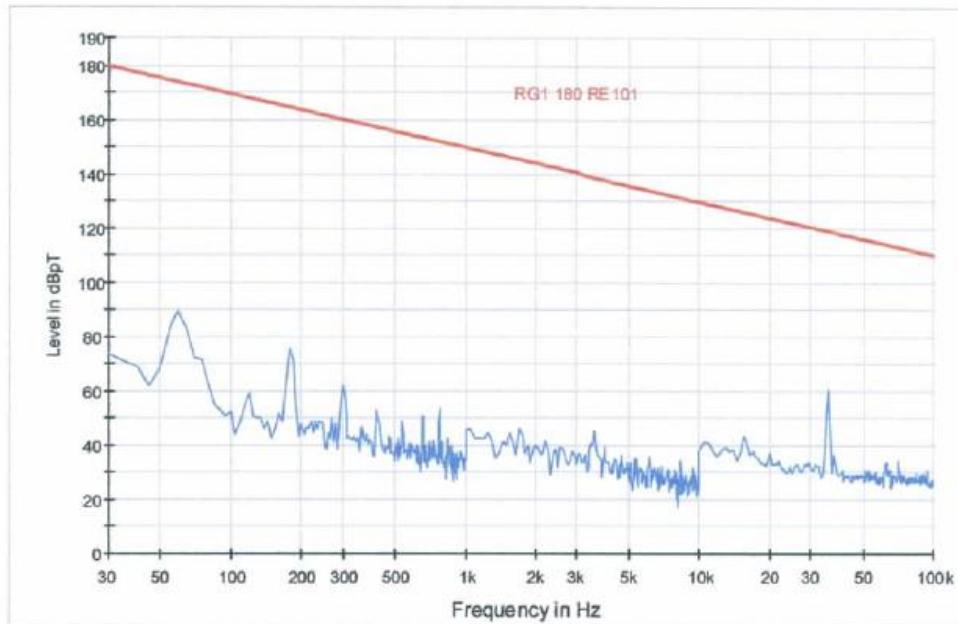
P/N

S/N

極向

前面

### RG1.180 RE101



# RE101測試結果

CSIST\_QA3\_EMC\_Lab.

## RG1.180 RE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

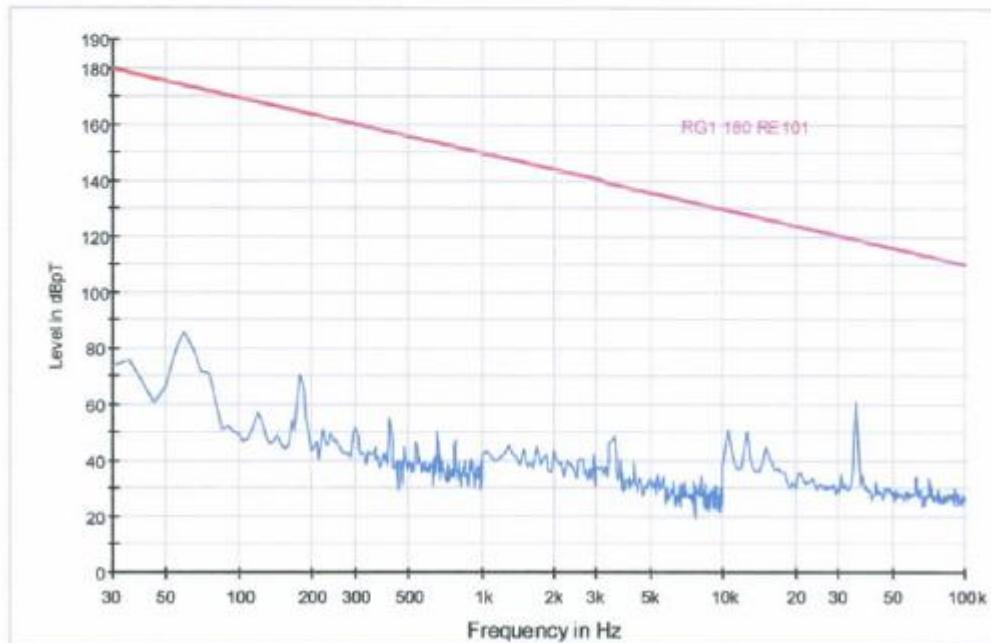
P/N

S/N

極向

右面

### RG1.180 RE101



# RE101測試結果

CSIST\_QA3\_EMU\_Lab.

## RG1.180 RE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

Comment:

P/N

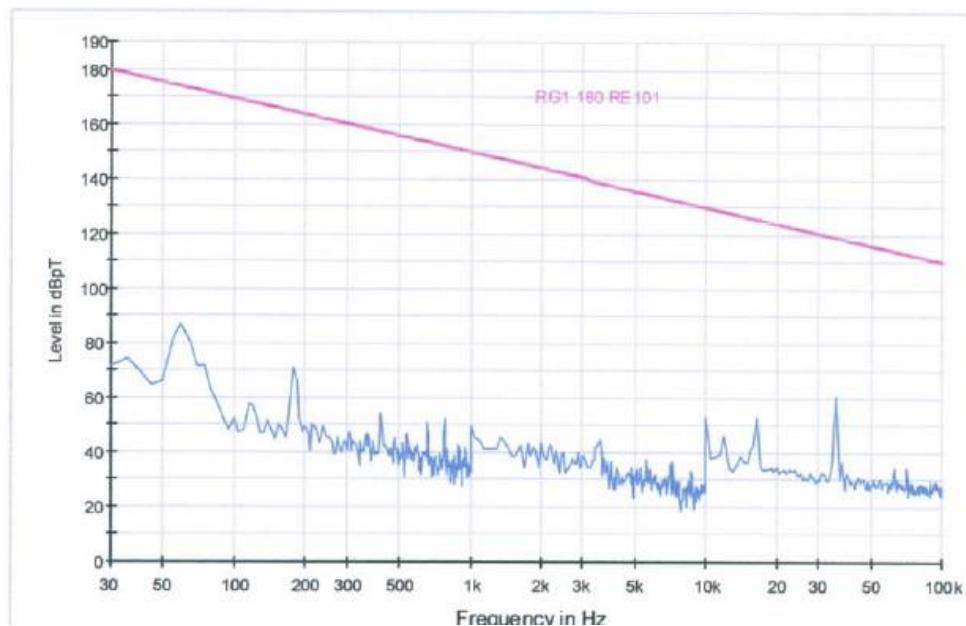
S/N

極向

SSILS

上面

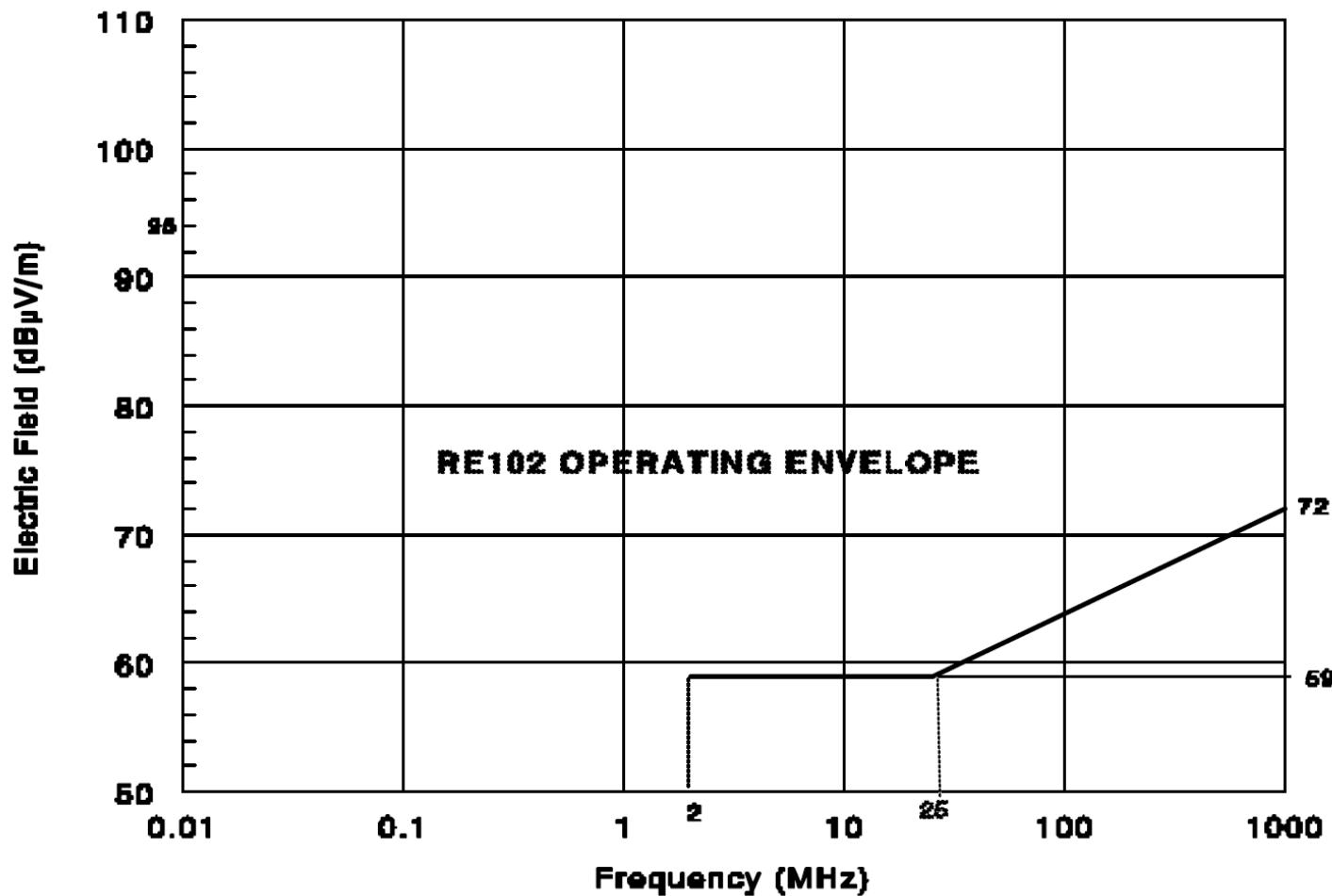
### RG1.180 RE101



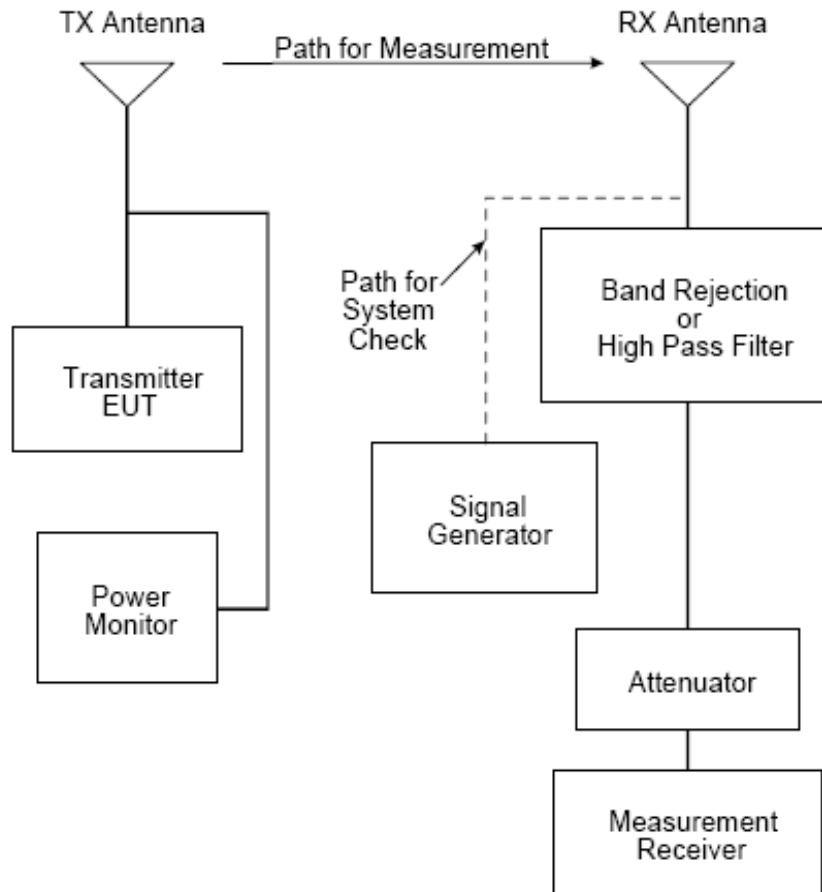
# RE102

- RE102—Radiated Emissions, Electric Field
- RE102量測EUT頻率範圍2MHz ~ 1GHz之輻射性磁場放射值。
- 當頻率超過30MHz以上，須另量測水平及垂直的極化電場(horizontally and vertically polarized fields)。

# RE102規格



# RE101測試架構

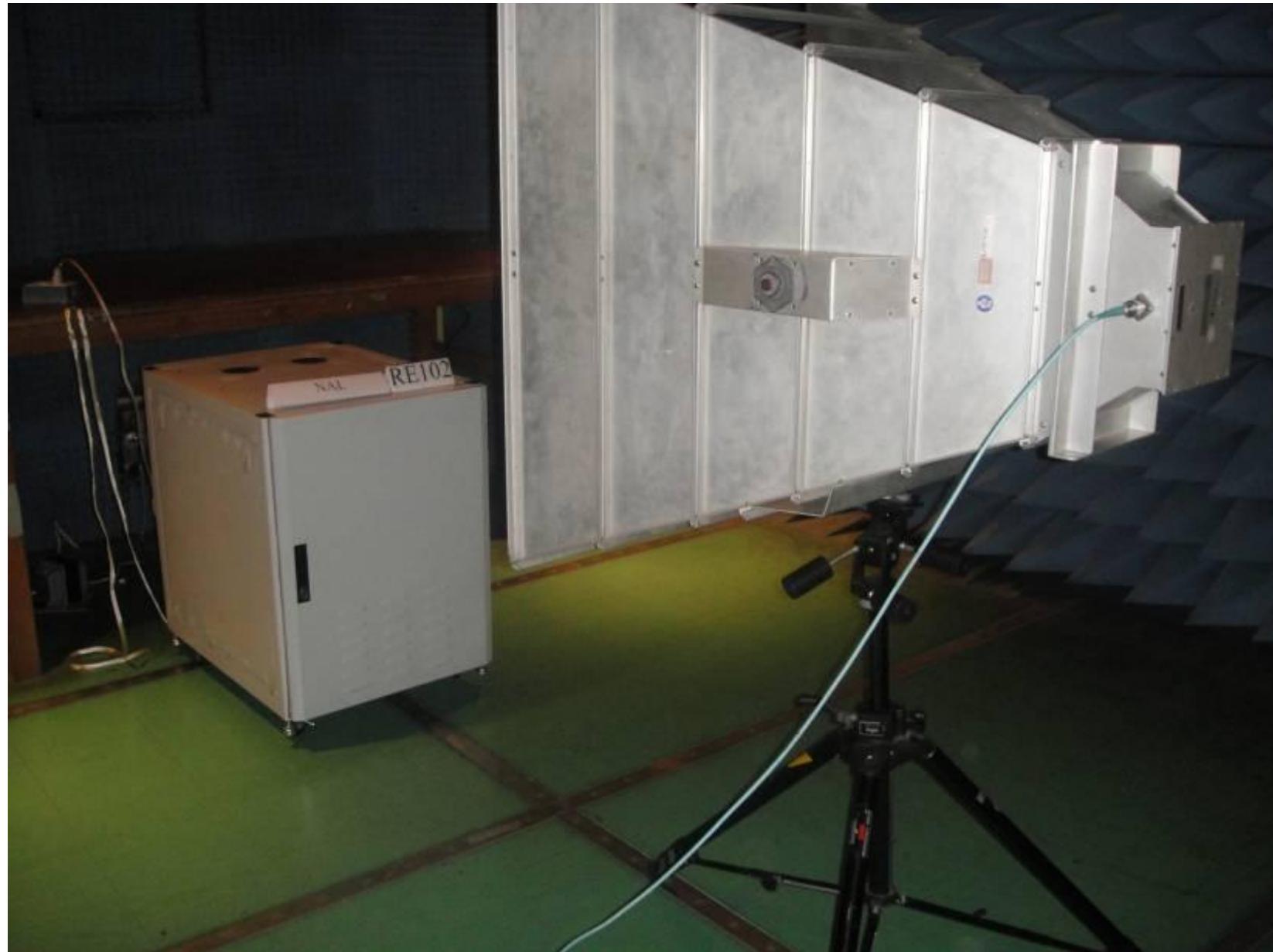




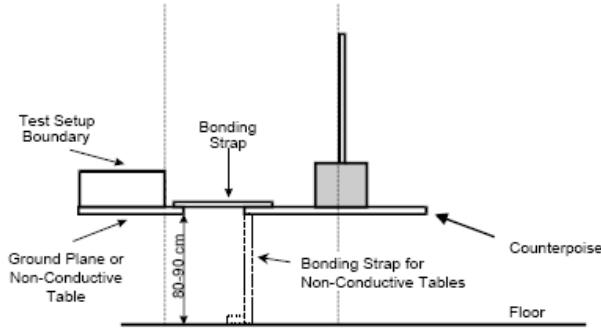




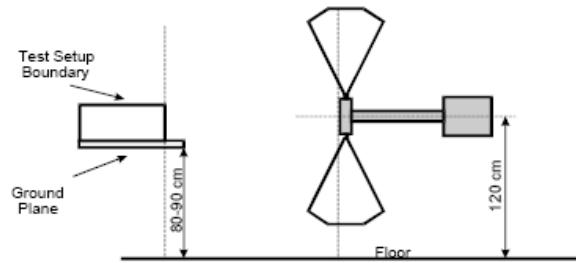




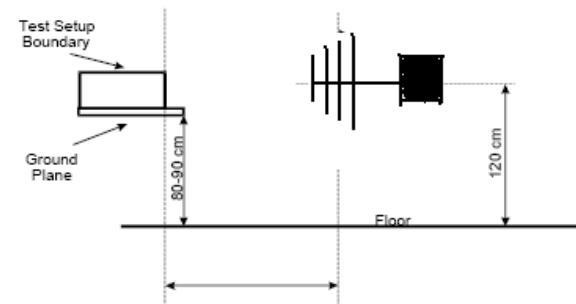
# RE102測試天線



Rod  
2MHz ~ 30MHz



Bi-conical  
30MHz ~200MHz



Log Periodic  
200MHz ~ 1GHz

# RE102測試結果

CSIST\_QA3\_EMC\_Lab.

## RG1.180 RE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

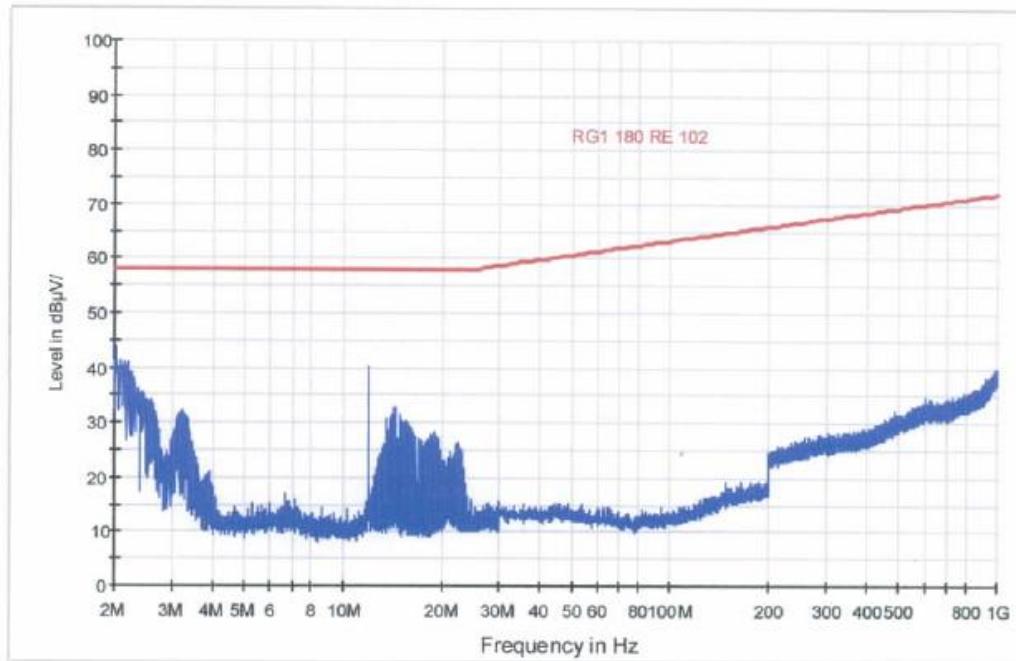
P/N

S/N

極向

V

### RG1.180 RE102



# RE102測試結果

CSIST\_QA3\_EMC\_Lab.

## RG1.180 RE Report

### EUT Information: TEST EUT

Description:

EUT Name:

SSILS

Comment:

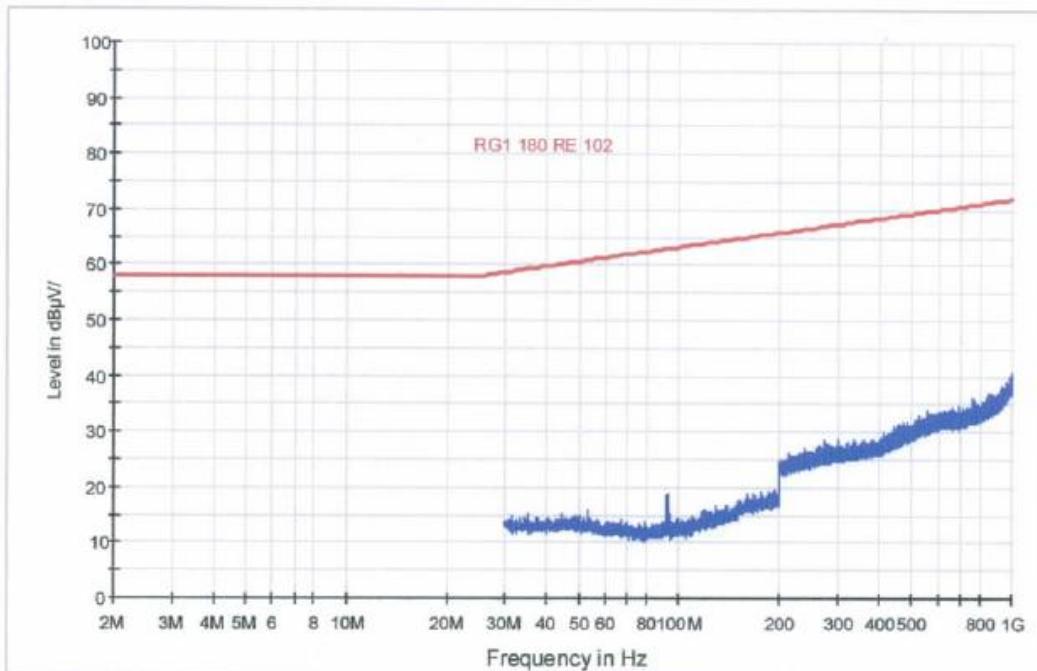
P/N

S/N

極向

H

### RG1.180 RE102

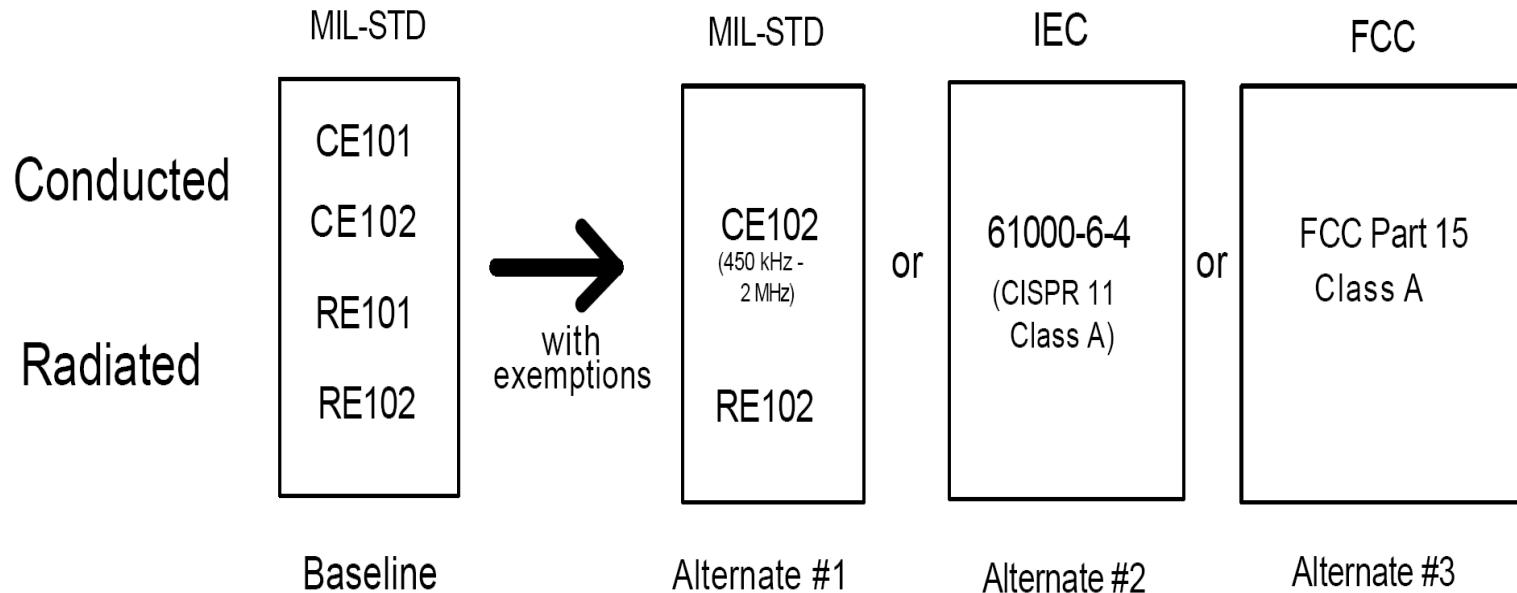


# EMI/RFI Emissions Test Summary

- MIL-STD-461E CE101、CE102、RE101、RE102為傳導放射及輻射放射基準測試方案
- 若符合免除低頻放射測試的兩個條件接受使用替代方案：
  - (1)電源品質加以管控，可免除CE101之測試。
  - (2)設備未安裝在磁場放射設備附近，可免除RE101之測試。

# Emission測試方案

## EMI/RFI Emissions



# EMI/RFI SUSCEPTIBILITY TESTING

- NRC接受核能電廠安全相關系統以MIL-STD-461E及IEC61000-4所述測試方式執行耐受度測試，不論選擇那一種，其測試方式必須完全引用，不可選擇性引用（即不可混用）

# EMI/RFI SUSCEPTIBILITY TESTING

## MIL-STD-461E

**Table 6 MIL-STD-461E EMI/RFI Susceptibility Test Methods**

Method	Description
CS101	Conducted susceptibility, low frequency, 30 Hz to 150 kHz
CS114	Conducted susceptibility, high frequency, 10 kHz to 30 MHz
CS115	Conducted susceptibility, bulk cable injection, impulse excitation
CS116	Conducted susceptibility, damped sinusoidal transients, 10 kHz to 100 MHz
RS101	Radiated susceptibility, magnetic field, 30 Hz to 100 kHz
RS103	Radiated susceptibility, electric field, 30 MHz to 1 GHz

C = conducted, R = radiated, and S = susceptibility.

# EMI/RFI SUSCEPTIBILITY TESTING

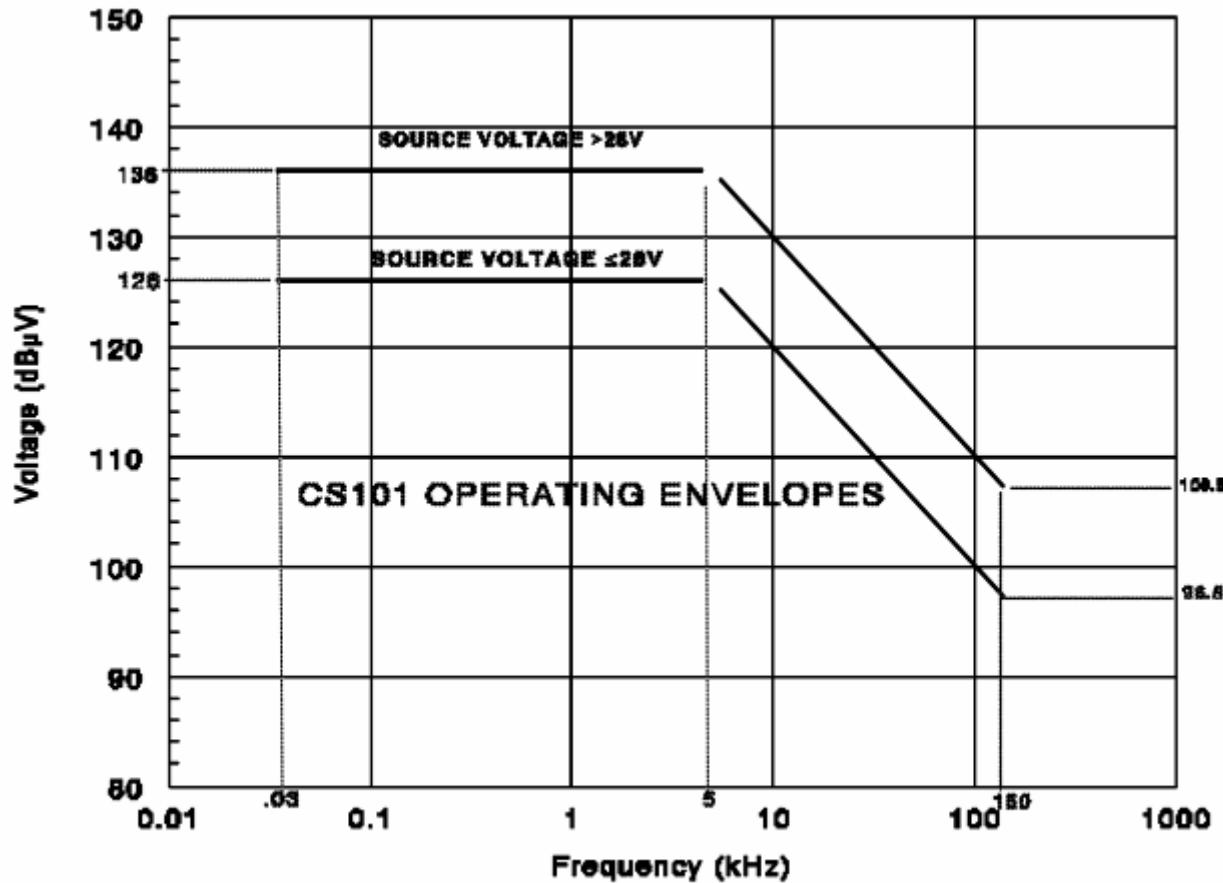
## IEC 61000-4

Method	Description
61000-4-4	Conducted susceptibility, electrically fast transients/bursts
61000-4-5	Conducted susceptibility, surges
61000-4-6	Conducted susceptibility, disturbances induced by radio-frequency fields
61000-4-12	Conducted susceptibility, 100 kHz ring wave
61000-4-13	Conducted susceptibility, low frequency, 16 Hz to 2.4 kHz
61000-4-16	Conducted susceptibility, low frequency, 15 Hz to 150 kHz
61000-4-8	Radiated susceptibility, magnetic field, 50 Hz and 60 Hz
61000-4-9	Radiated susceptibility, magnetic field, 50/60 Hz to 50 kHz
61000-4-10	Radiated susceptibility, magnetic field, 100 kHz and 1 MHz
61000-4-3	Radiated susceptibility, electric field, 26 MHz to 1 GHz

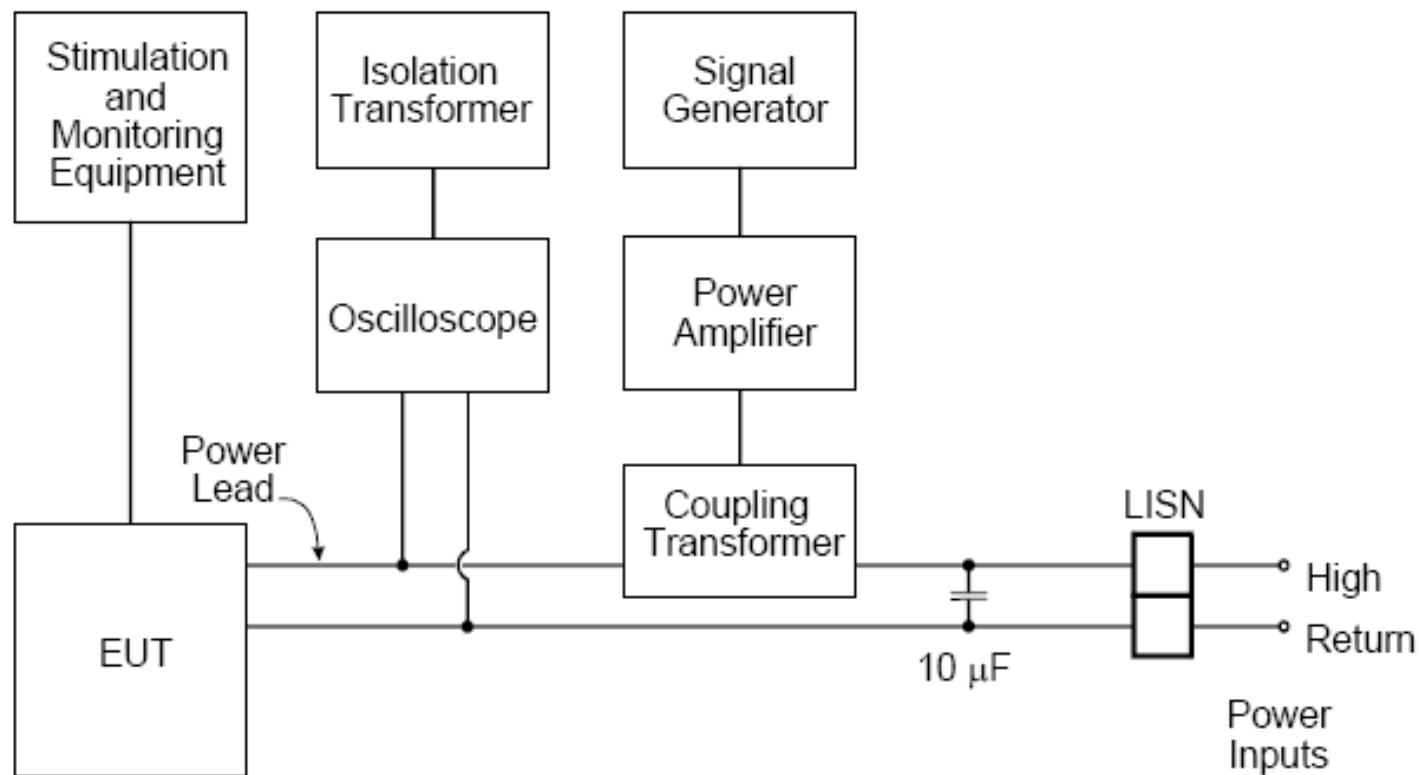
# CS101

- Conducted Susceptibility, Low Frequency
- CS101測試頻率範圍30 Hz ~ 150 kHz，此測試應用在AC及DC輸入電源線，但不包含接地線及中性線。
- EUT之電壓決定允收曲線，小於等於28V為一曲線，大於28V為另一曲線。
-

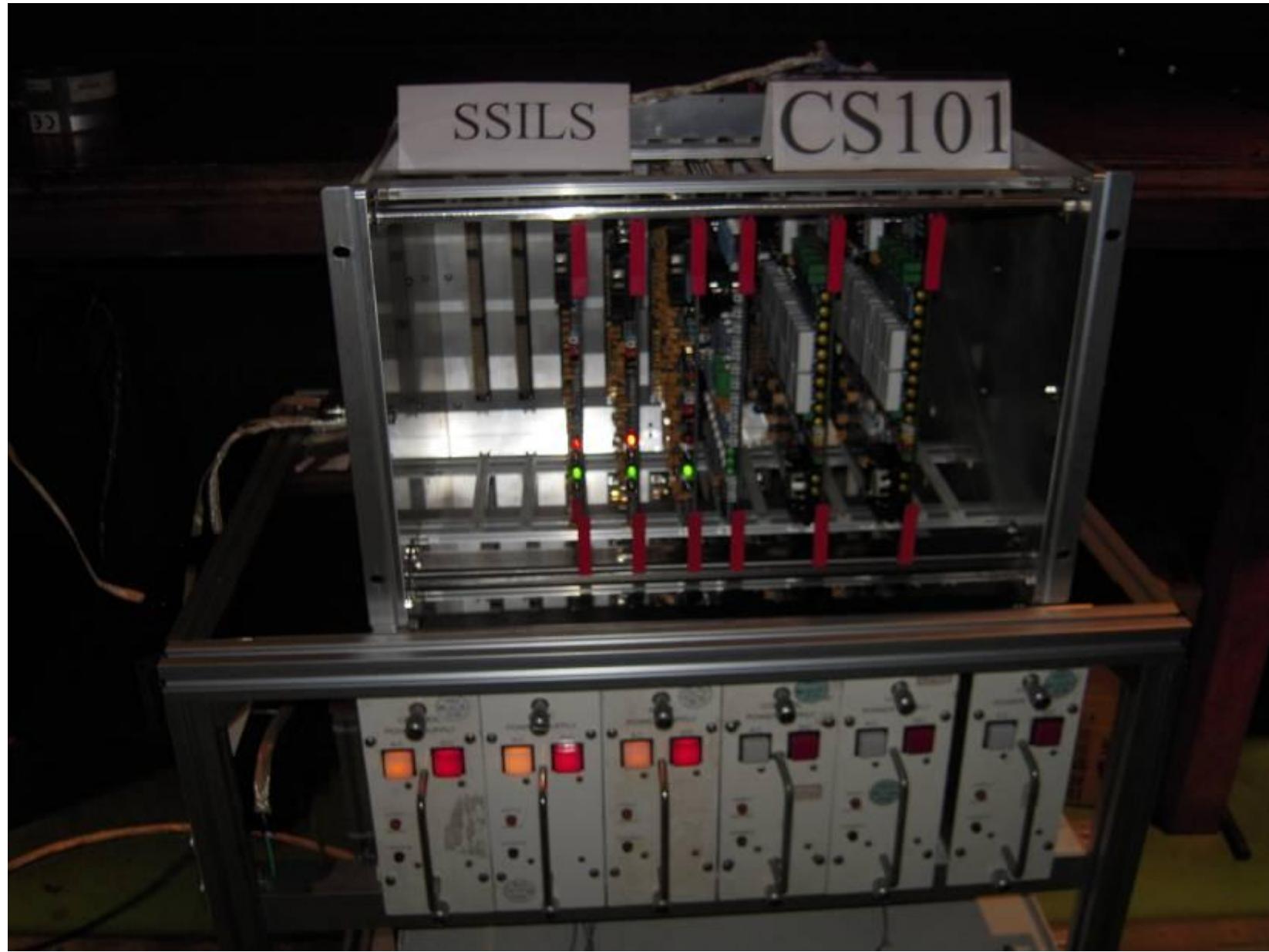
# CS101 規格



# CS101測試架構



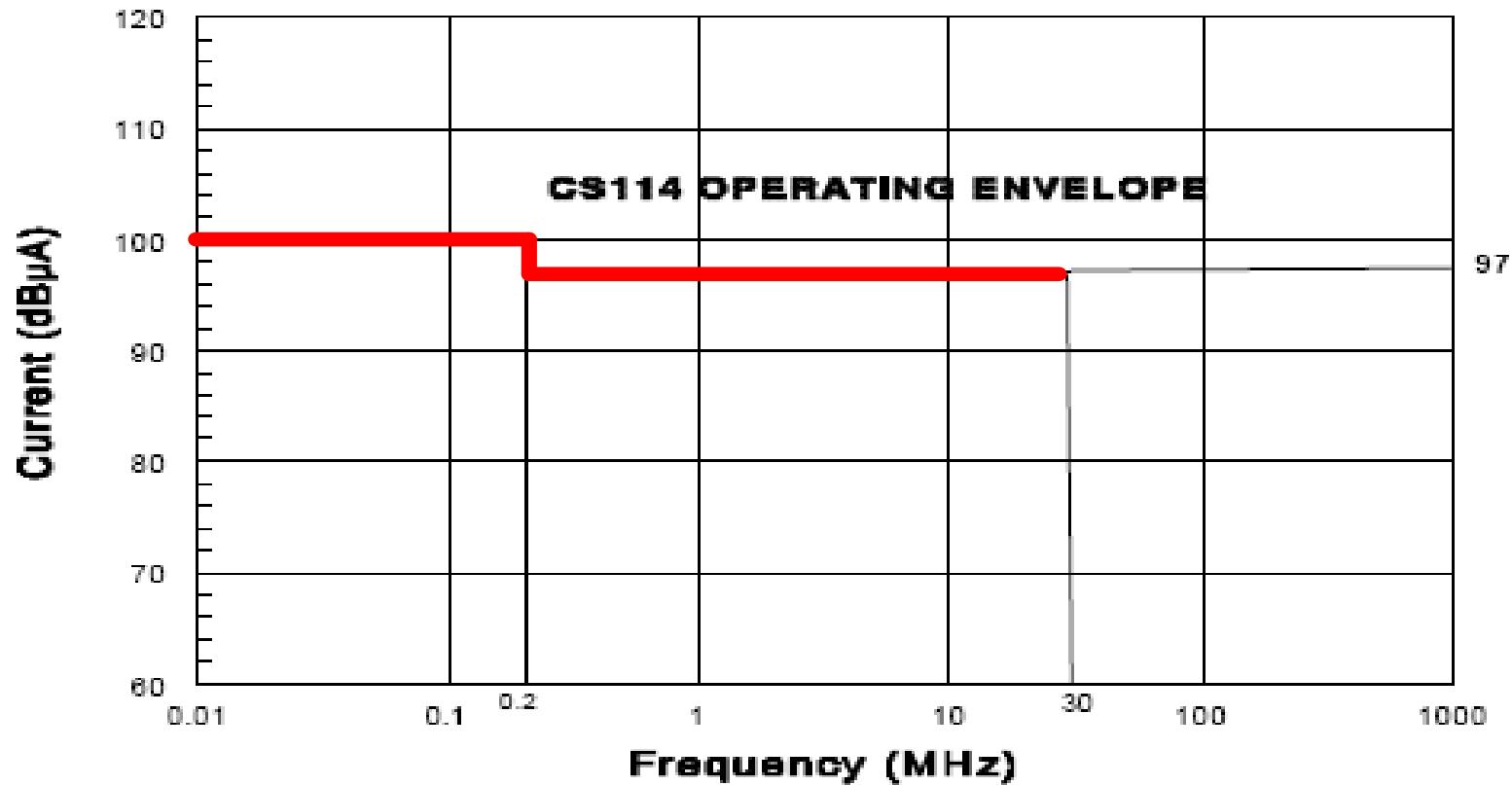




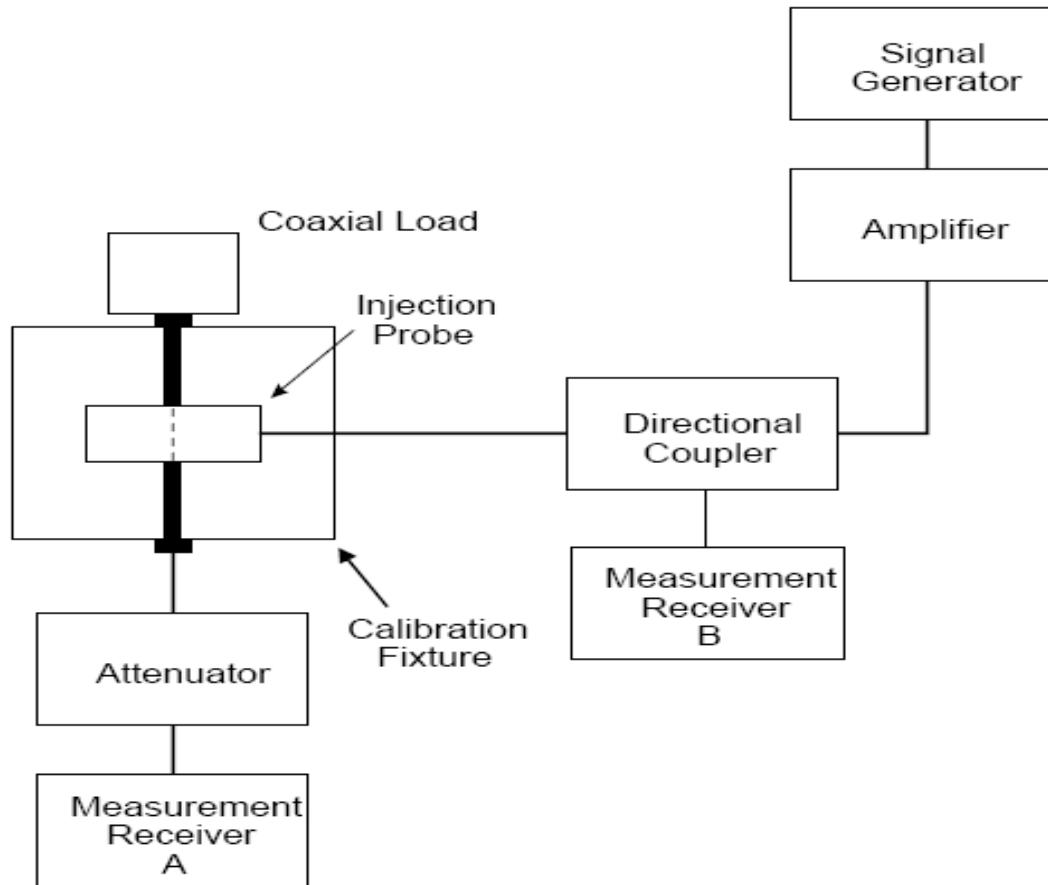
# CS114

- Conducted Susceptibility, High Frequency
- CS114測試頻率範圍10KHz ~ 30 MHz
- CS114測試，係模擬因天線發射所產生EMI/RFI干擾電流，注入EUT的電源線及信號線。

# CS114規格



# CS114測試架構



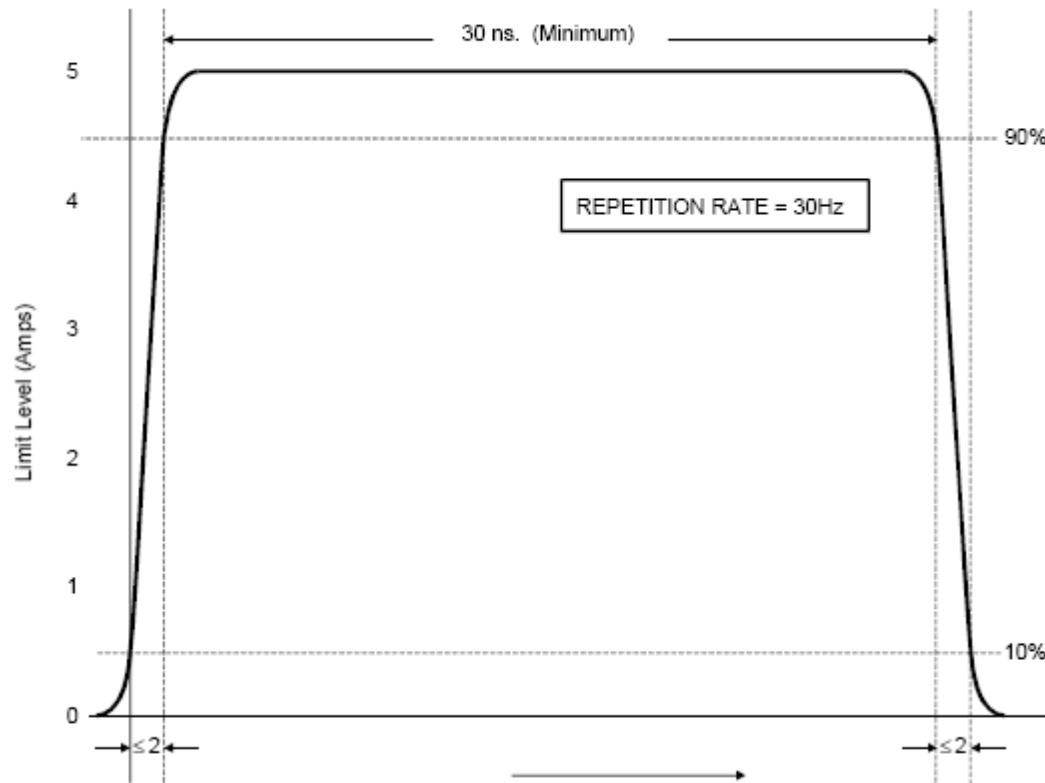




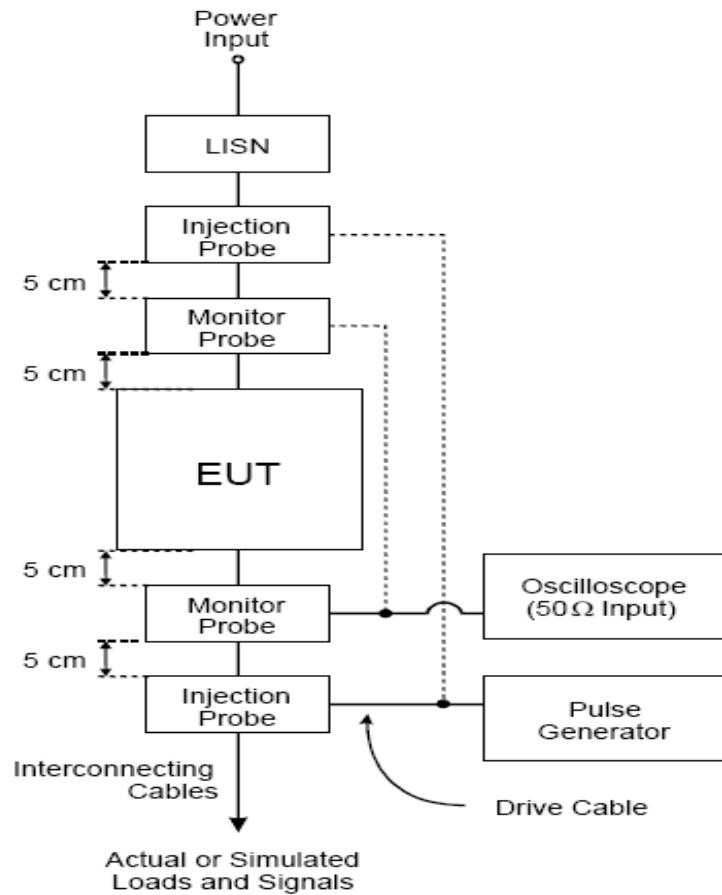
# CS115規格

- Conductive susceptibility , bulk cable , impulse excitation
- 2A 30Hz impulse 打1分鐘

# CS115 impulse



# CS115測試架構



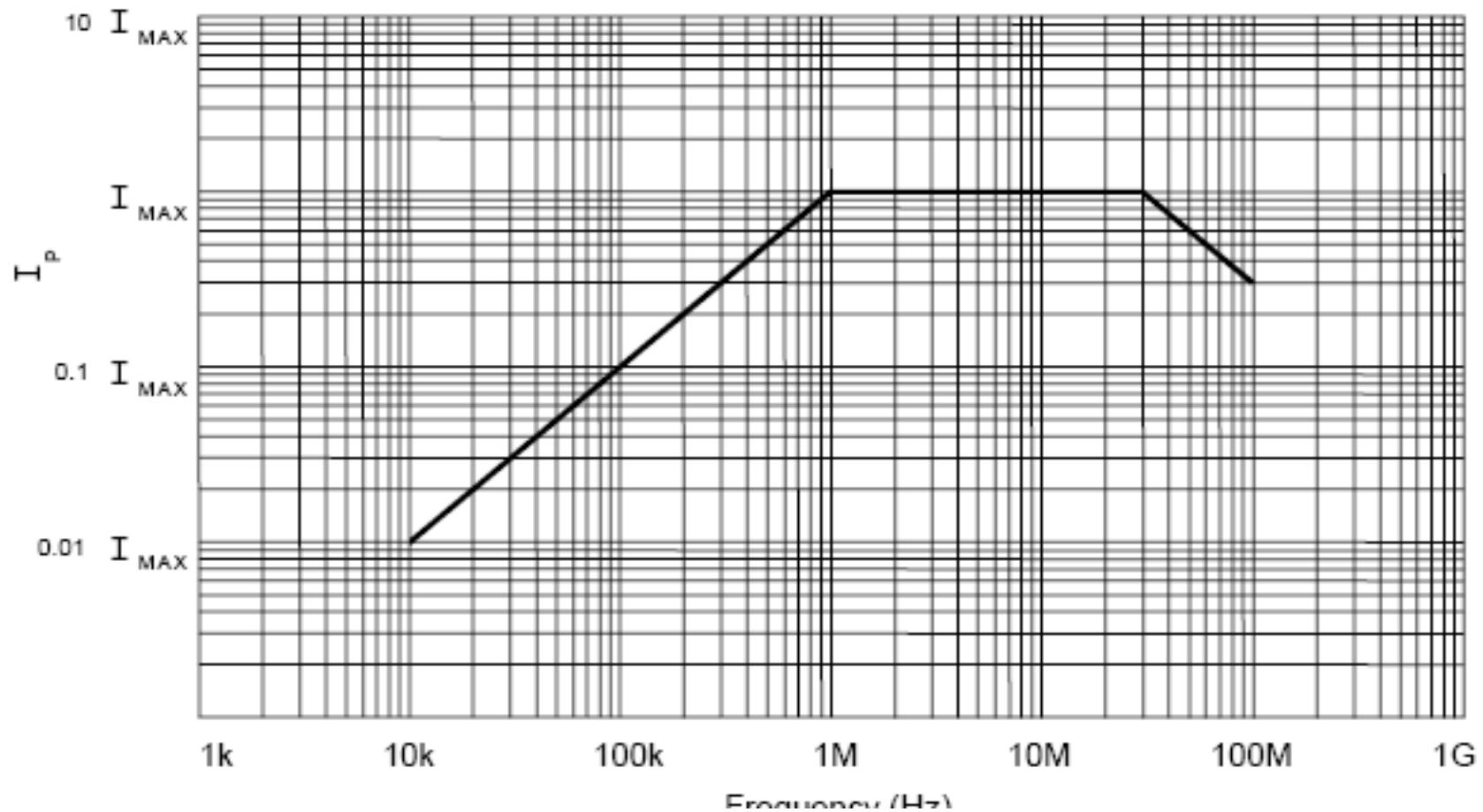




# CS116

- CS116測試所加入的干擾信號為Damped波型有EMP(雷擊)測試含意。
- Damped干擾源頻率10KHz ~100MHz Conducted Susceptibility, Damped Sinusoidal Transients，干擾源由測試系統產生，由信號線端耦合(couple)輸入。

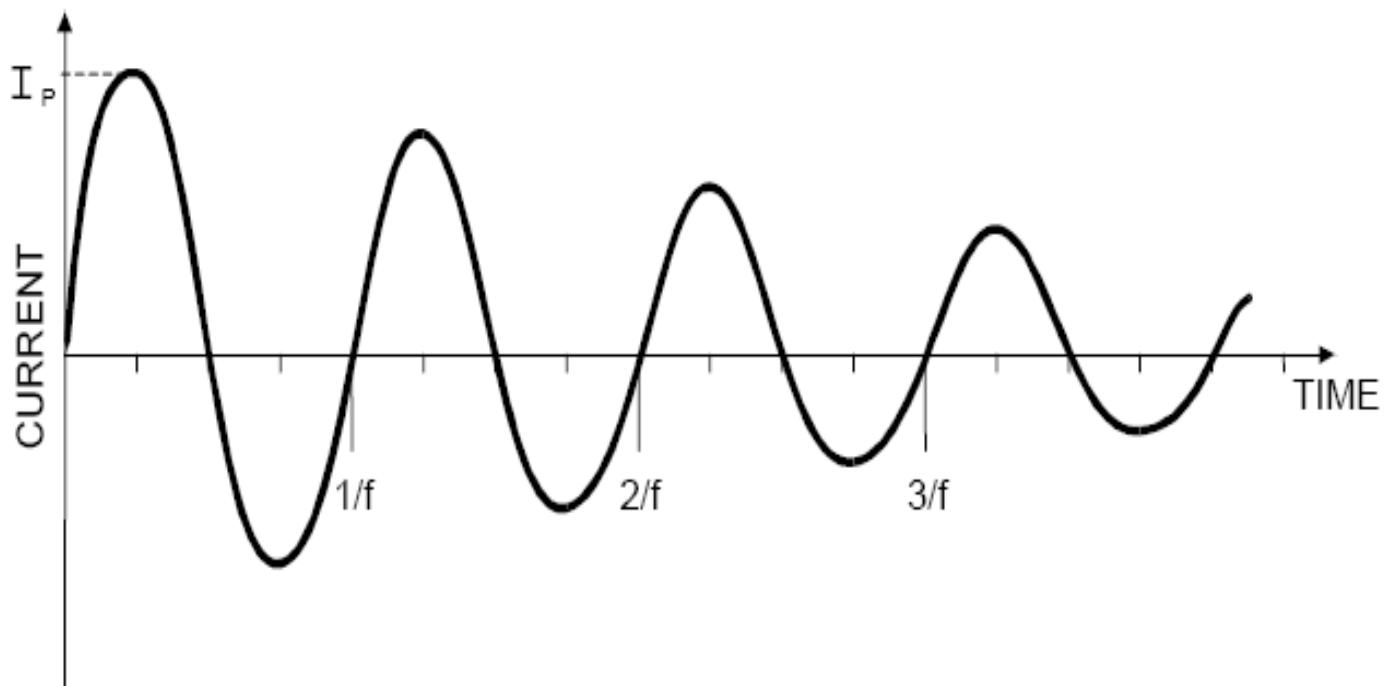
# CS116規格(一)



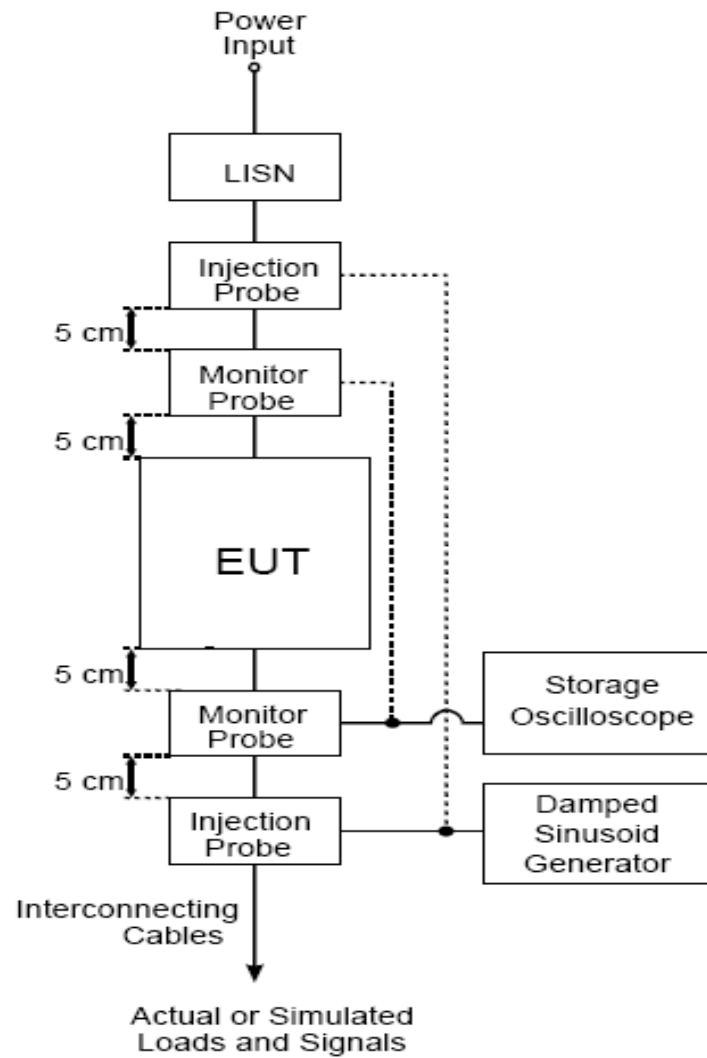
# CS116規格(二)

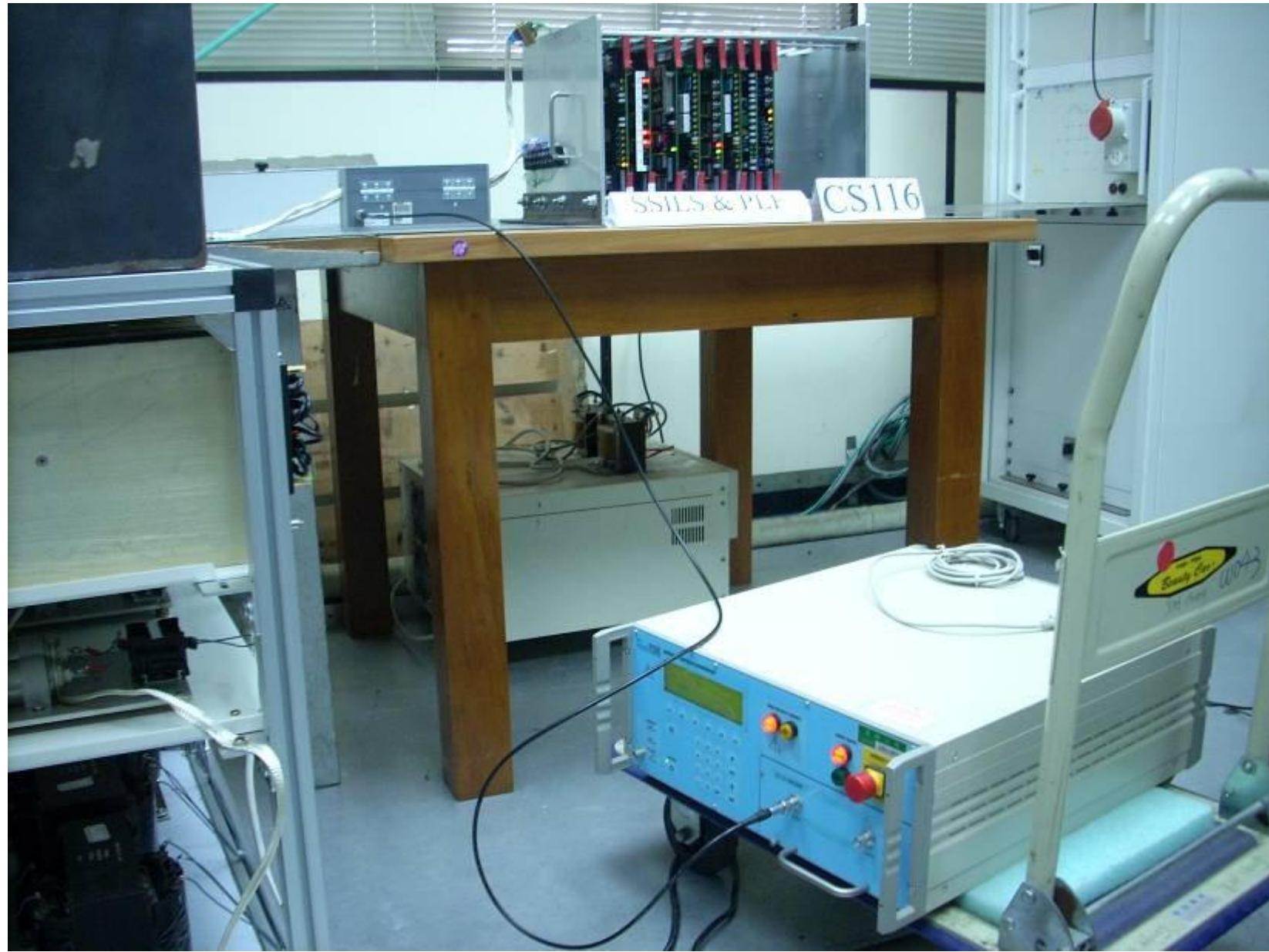
頻率	I <sub>MAX</sub> =10A (Army & Navy)	I <sub>MAX</sub> =5A (Air force)	Probe Model
10KHz	0.1A	7V	0.05A
100KHz	1A	58V	0.5A
1MHz	10A	500V	5A
10MHz	10A	620V	5A
30MHz	10A	350V	5A
100MHz	3A	130V	1.5A

# CS116波型



# CS116測試架構







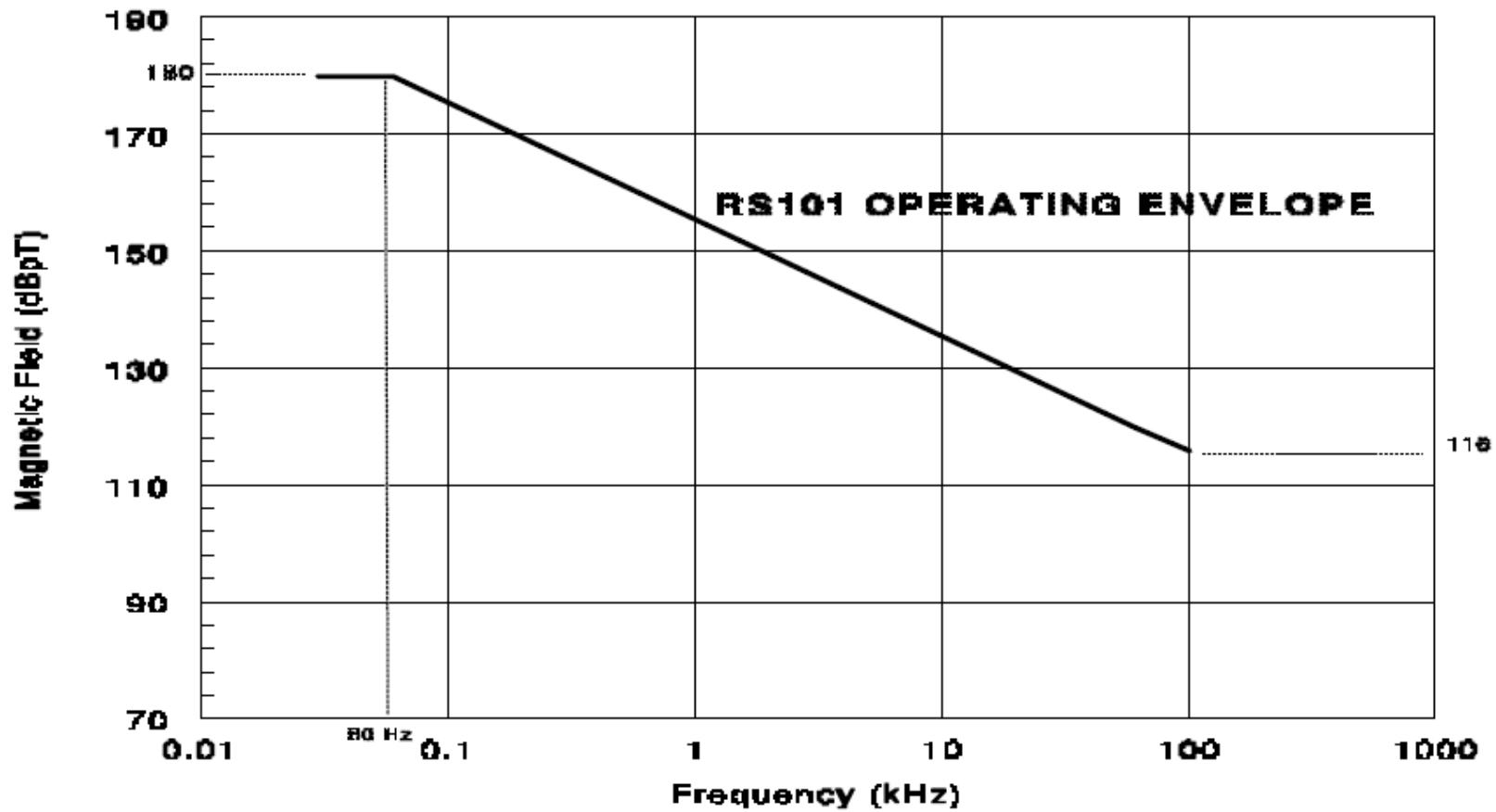
SSILS & PLF

CS116

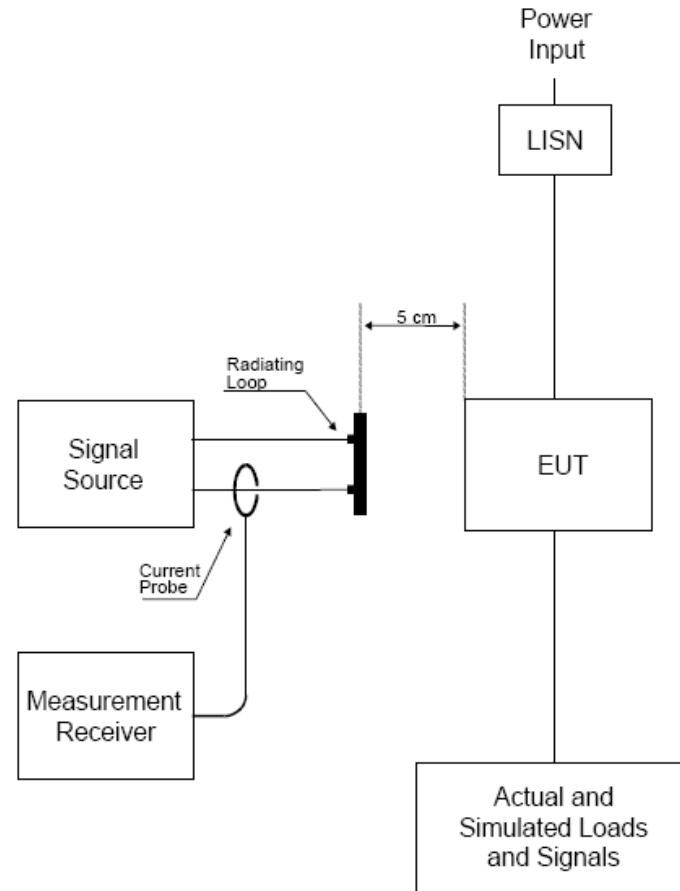
# RS101

- Radiated Susceptibility, Magnetic Fields 輻射型磁場耐受度測試
- RS101 頻譜 30 Hz ~ 100 kHz 的輻射型磁場

# RS101 規格



# RS101 測試架構









# RS103

- Radiated Susceptibility, Electric Fields 輻射型電場耐受度測試
- RS103 頻譜 30M Hz ~ 1GHz 的 輻射型電場干擾信號
- RS103 測試須量測水平及垂直的極化電場  
(horizontally and vertically polarized fields)

# RS103規格

		LIMIT LEVEL (VOLTS/METER)							
FREQ. RANGE	PLATFORM AIRCRAFT (EXTERNAL OR SAFETY CRITICAL)	AIRCRAFT INTERNAL	ALL SHIPS (ABOVE DECKS) AND SUBMARINES (EXTERNAL)*	SHIPS (METALLIC) (BELOW DECKS)	SHIPS (NON- METALLIC) (BELOW DECKS)	SUBMARINES (INTERNAL)	GROUND	SPACE	
2 MHz	A	200	200	200	10	50	5	50	20
	N	200	200	200	10	50	5	10	20
30 MHz	AF	200	20	-	-	-	-	10	20
	A	200	200	200	10	10	10	50	20
30 MHz	N	200	200	200	10	10	10	10	20
	AF	200	20	-	-	-	-	10	20
1 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	200	200	10	10	10	50	20
18 GHz	AF	200	60	-	-	-	-	50	20
	A	200	200	200	10	10	10	50	20
18 GHz	N	200	60	200	10	10	10	50	20
	AF	200	60	-	-	-	-	50	20

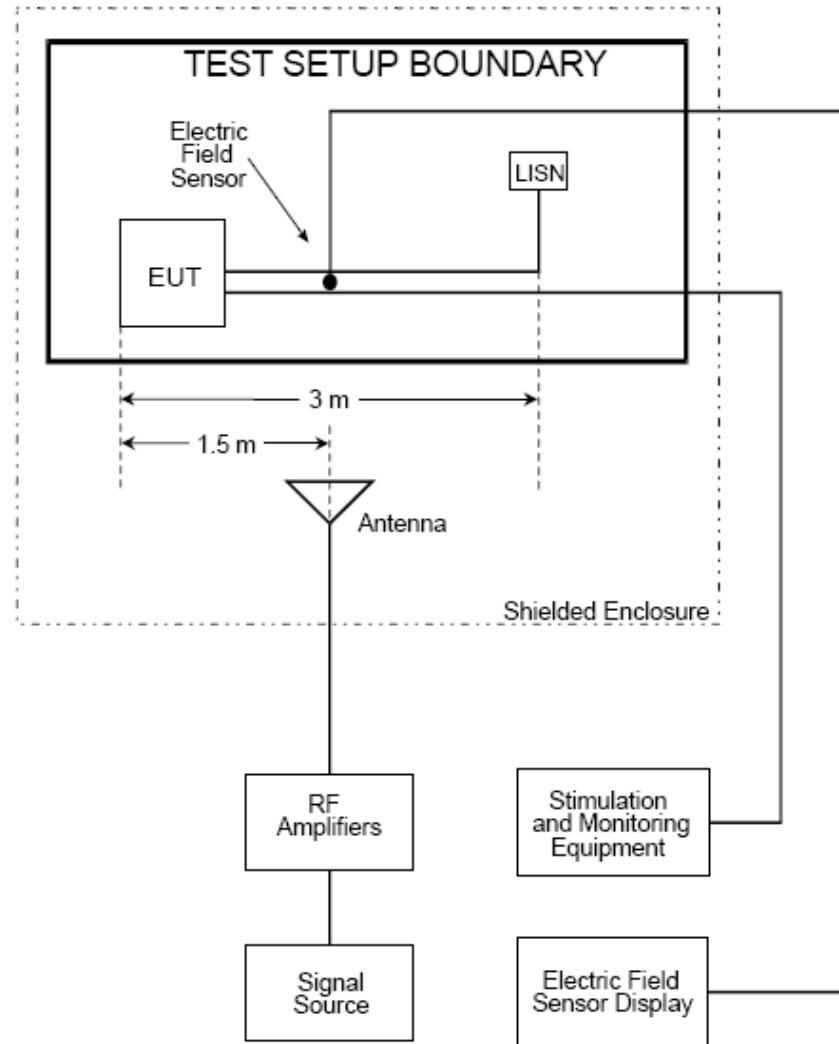
KEY: A = Army

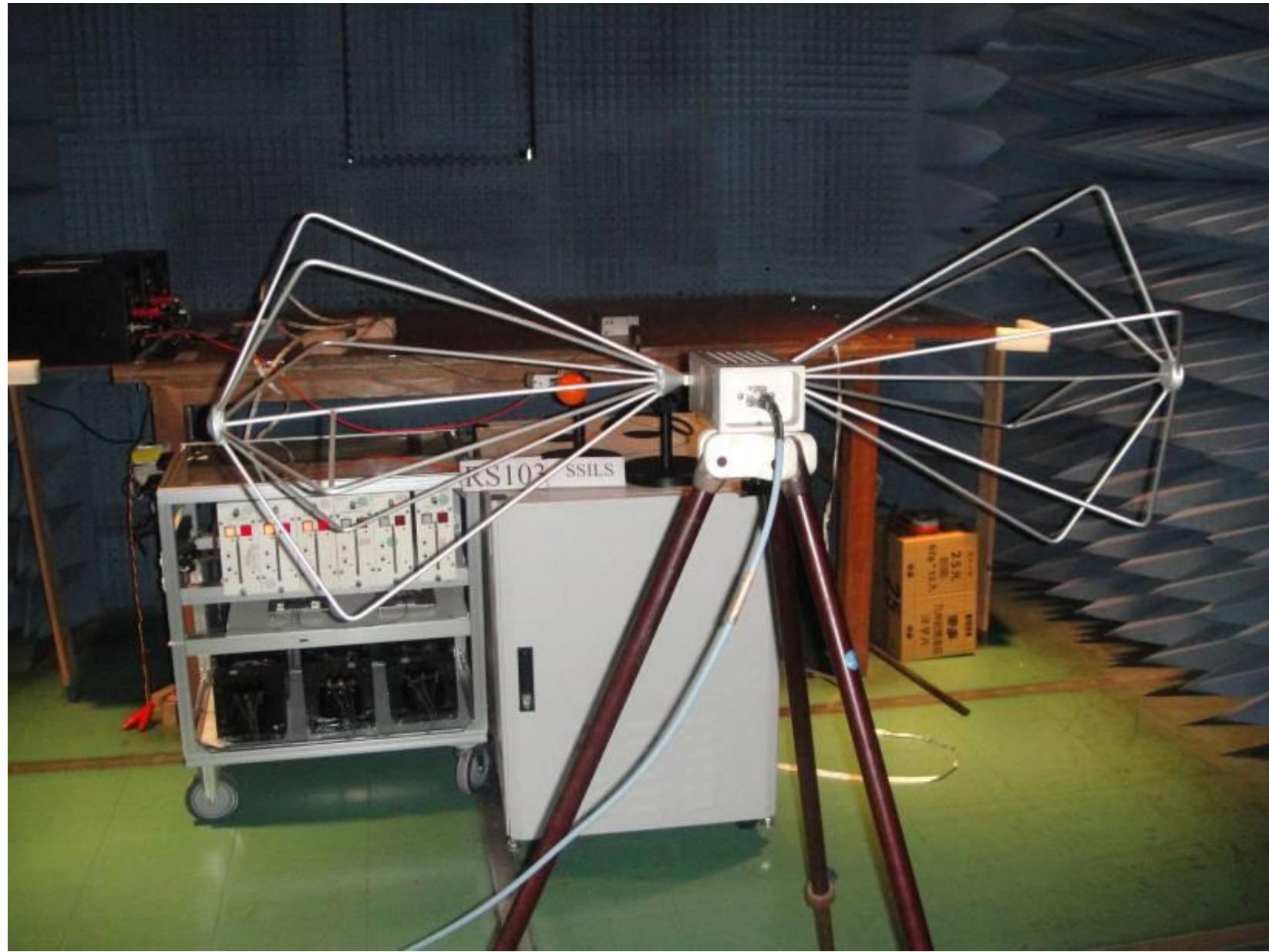
N = Navy

AF = Air Force

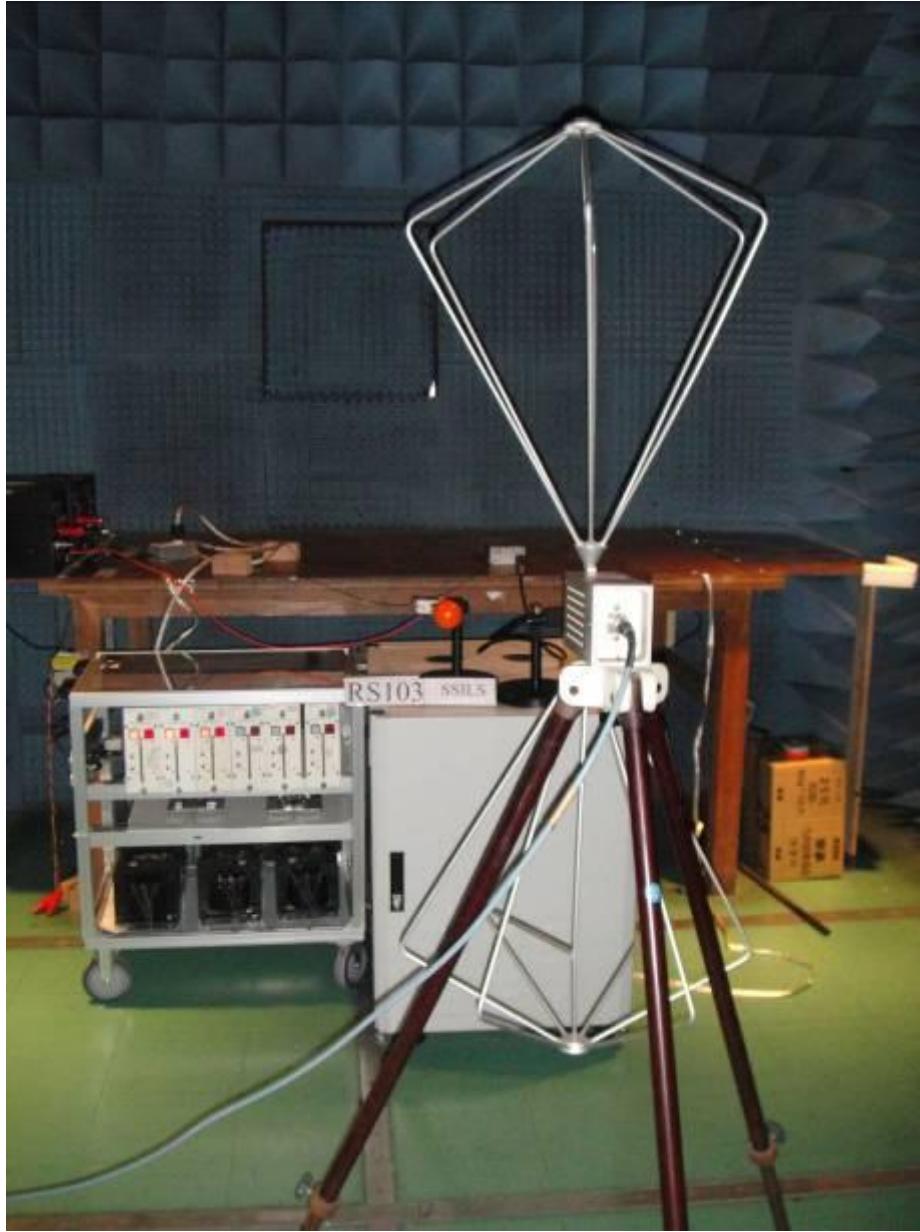
\* For equipment located external to the pressure hull of a submarine but within the superstructure, use  
SHIPS (METALLIC)(BELOW DECKS)

# RS103測試架構











# Susceptibility 測試方案

## EMI/RFI Susceptibility

	Baseline MIL-STD		Alternate IEC	
Conducted	Power	Signal	Power	Signal
Conducted	CS101 CS114	CS114 CS115 CS116	61000-4-6 61000-4-13 61000-4-16	61000-4-6 61000-4-16 61000-4-4 61000-4-5 61000-4-12
Radiated	RS101(*) RS103		61000-4-8(*) 61000-4-9(*) 61000-4-10(*) 61000-4-3	

(\*) Exemption based on proximity to magnetic field emitters

# SURGE WITHSTAND CAPABILITY

- SWC是測試EUT對電源突波/雷擊承受能力
- 在IEEE C62.41-1991，及IEEE C62.45-1992述述電力突波/雷擊承受能力(SWC)的測試方法
- IEEE C62.41-1991，及IEEE C62.45-1992述述測試方法為美國NRC接受，用在核能電廠安全相關儀控系統之電力突波/雷擊測試
- RG1.180規定之SWC測試方法有IEC61000-4-4 (EFT)、IEC61000-4-5(combination wave)、IEC61000-4-12(ring wave)，干擾源由電源線直接進入EUT

# SWC干擾源規格

	IEC61000-4-12	IEC61000-4-5	IEC61000-4-4
Parameter	Ring Wave	Combination Wave	EFT
Waveform	Open-circuit voltage	Open-circuit voltage	Short-circuit current
Rise time	0.5 μs	1.2 μs	8 μs
Duration	100 kHz ringing	50 μs	20 μs

# SWC干擾源位準

Surge Waveform	Category B Low Exposure	Category B Medium Exposure	Category C Exterior
Ring Wave	2 kV	4 kV	N/A
Combination Wave	2 kV / 1 kA	4 kV / 2 kA	6 kV / 3 kA
EFT	2 kV	4 kV	N/A

# 如何選擇測試位準

- IEEE C62.41-1991 说明設備安裝位置分類與曝露程度，來界定適用的突波/雷擊測試位準。
- Category B：電源設被安裝在建築物內部，但此電源會受建築物外環境影響。
- Category C：電源設被安裝在建築物外部。
- Low exposure：低度曝露程度包含小型負載、電容式切換及低電力突波/雷擊動作的系統設備區域。
- Medium exposure：中度曝露程度包含重大切換暫態，及中度易遭閃電/雷擊動作的系統設備區域。
- Exterior：暴露建築物外或高度易遭閃電/雷擊動作的系統設備區域。

# IEC61000-4-4

- IEC61000-4-4測試包含Conducted Susceptibility, Electrically Fast Transients/bursts test 。
- 干擾源由電源端進入，Test level之選擇則依據 IEC61000-4-4之annex A.2，SSILS電子卡片測試 選用Level 3(SWC干擾源位準category B，Low exposure)，執行P-N(火線與水線)，P-G(火線與大地)，N-G(水線與大地)等三項測試

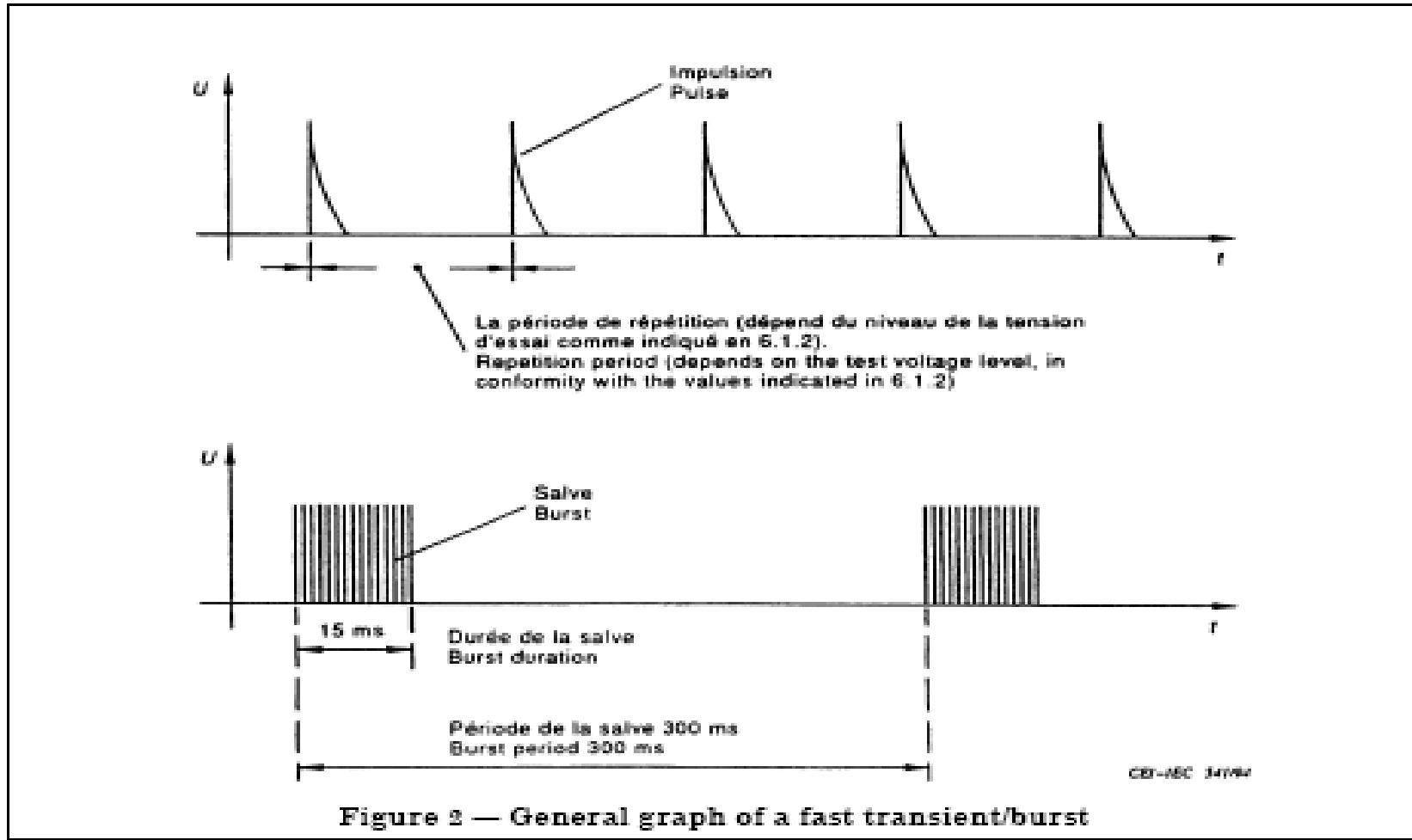
# IEC61000-4-4測試條件

Table 1 – Test levels

Open-circuit output test voltage ( $\pm 10\%$ ) and repetition rate of the impulses ( $\pm 20\%$ )				
Level	On power supply port, PE		On I/O (Input/Output) signal, data and control ports	
	Voltage peak kV	Repetition rate kHz	Voltage peak kV	Repetition rate kHz
1	0,5	5	0,25	5
2	1	5	0,5	5
3	2	5	1	5
4	4	2,5	2	5
X <sup>a</sup>	Special	Special	Special	Special

<sup>a</sup> "X" is an open level. The level has to be specified in the dedicated equipment specification.

# IEC61000-4-4干擾源波型



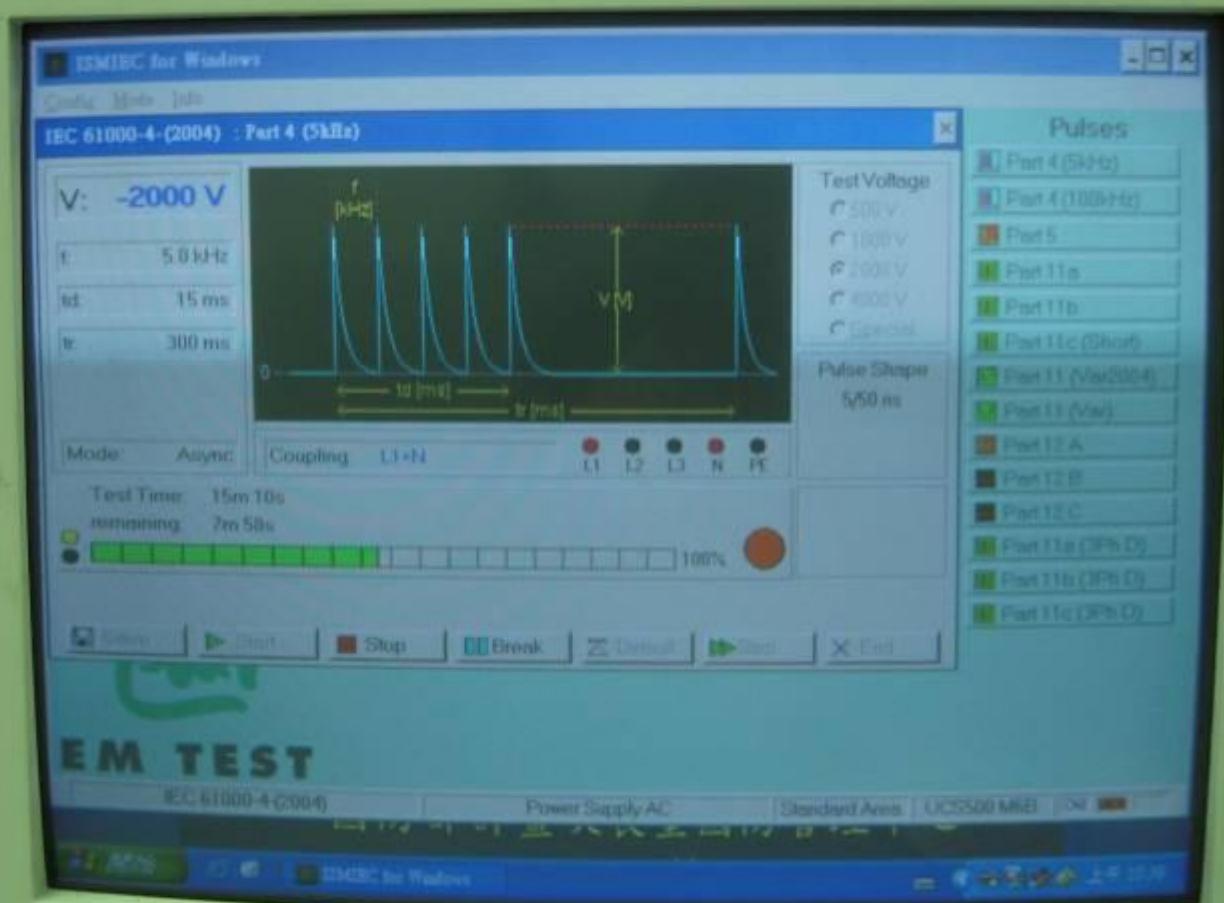




中山科學研究院研究員  
序號 L09158-1



Low Radiation

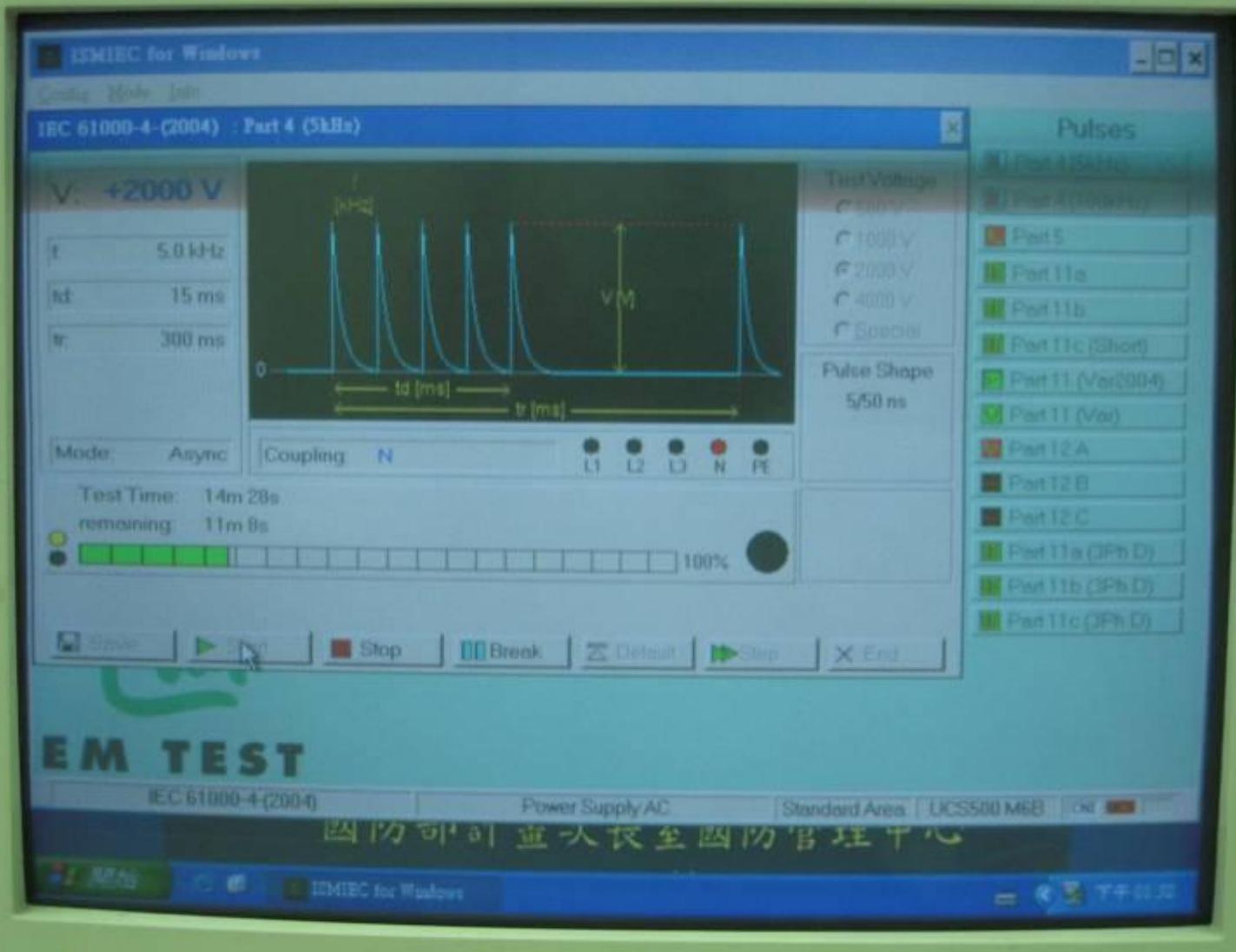




所號 L109158-1

財產  
清

Low Radiation



# IEC61000-4-5

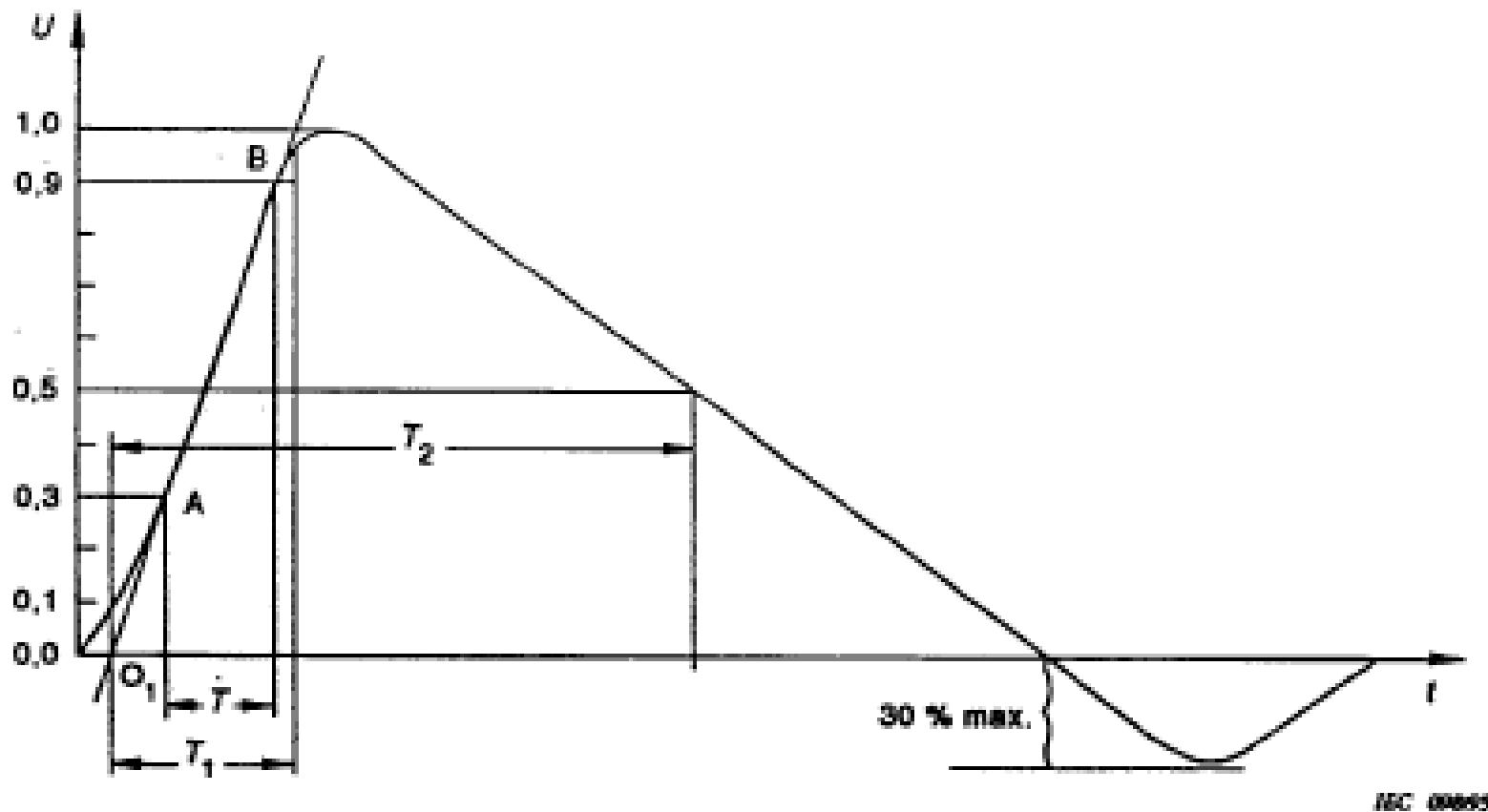
- IEC61000-4-5測試為Conducted Susceptibility, Surges 。干擾源由測試系統產生加至EUT電源之AC 。
- Test level之選擇則依據IEC61000-4-5之annex B. 3，SSILS測試選用Level 3(SWC干擾源位準category B，Low exposure) ，執行P-N(火線與水線)，P-G(火線與大地)，N-G(水線與大地)等三項測試

# IEC61000-4-5測試條件

Level	Open-circuit test voltage ± 10 % kV
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0
x	Special

NOTE – x is an open class. This level can be specified in the product specification.

# IEC61000-4-5干擾源波型



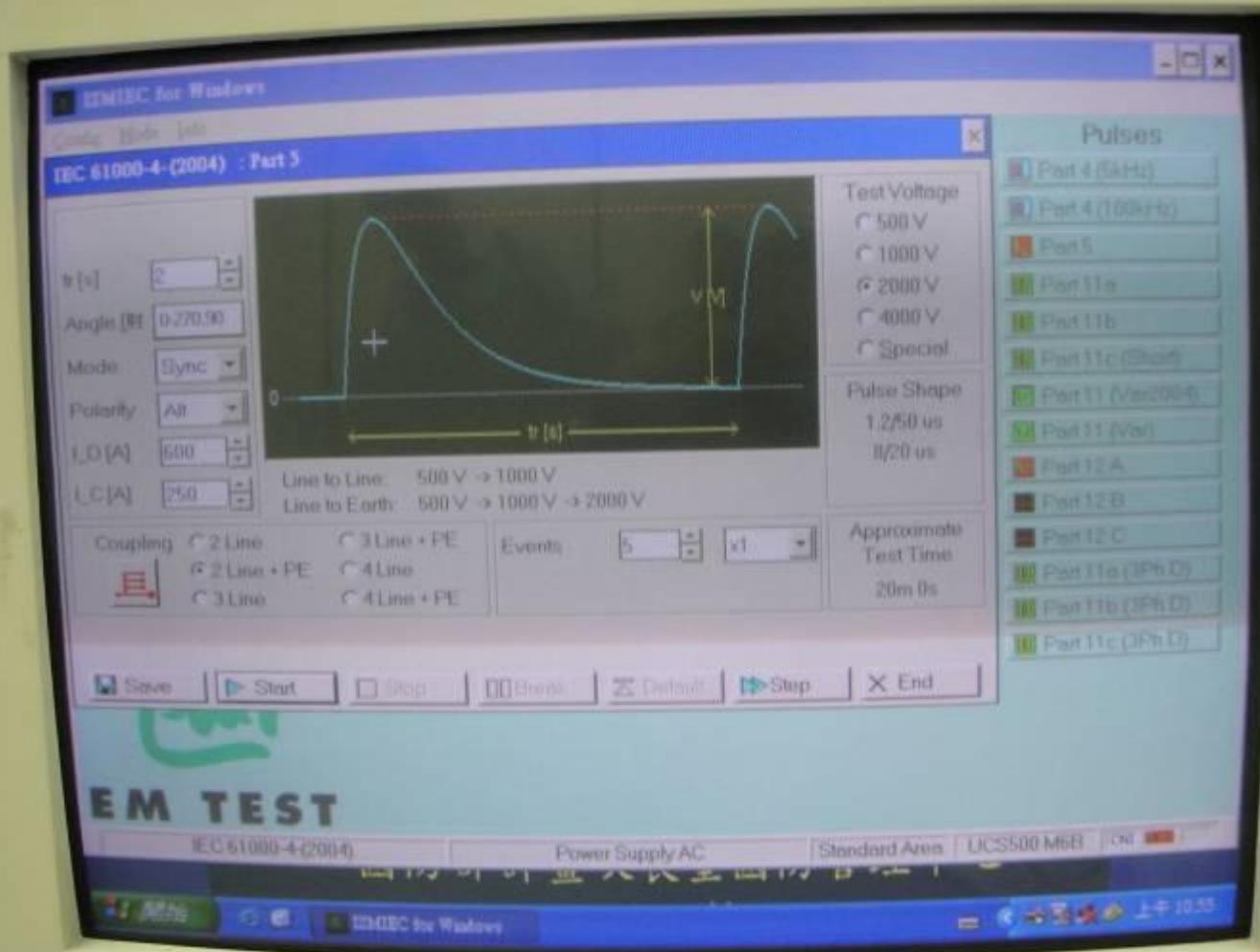




中山科學研究所以及實驗室  
所號 L109158-1



Low Radiation



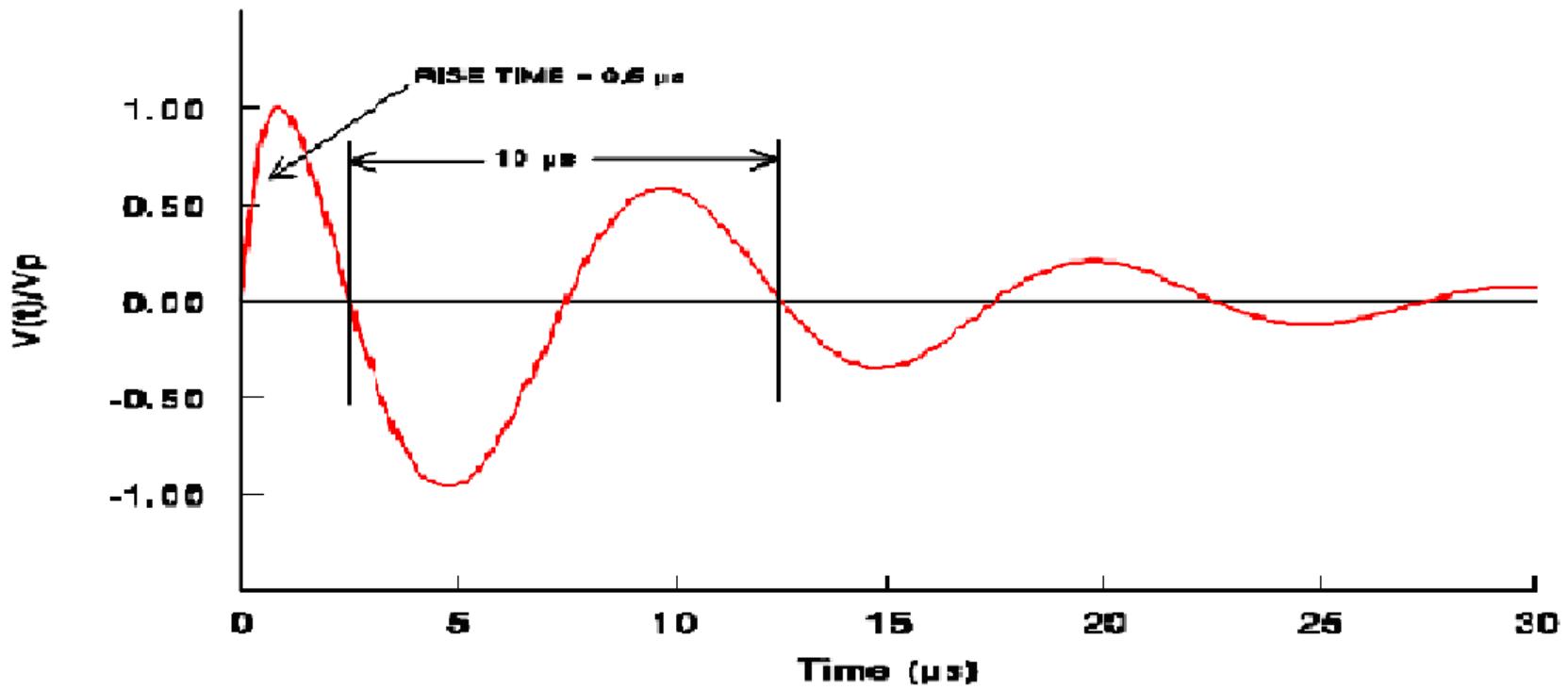
PROVIEW

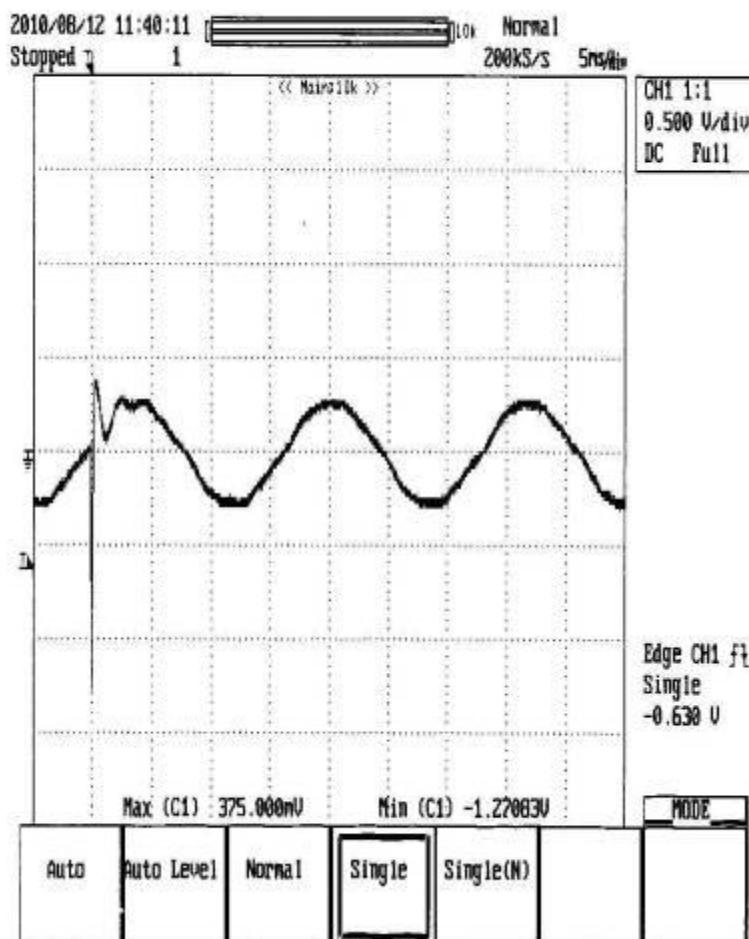
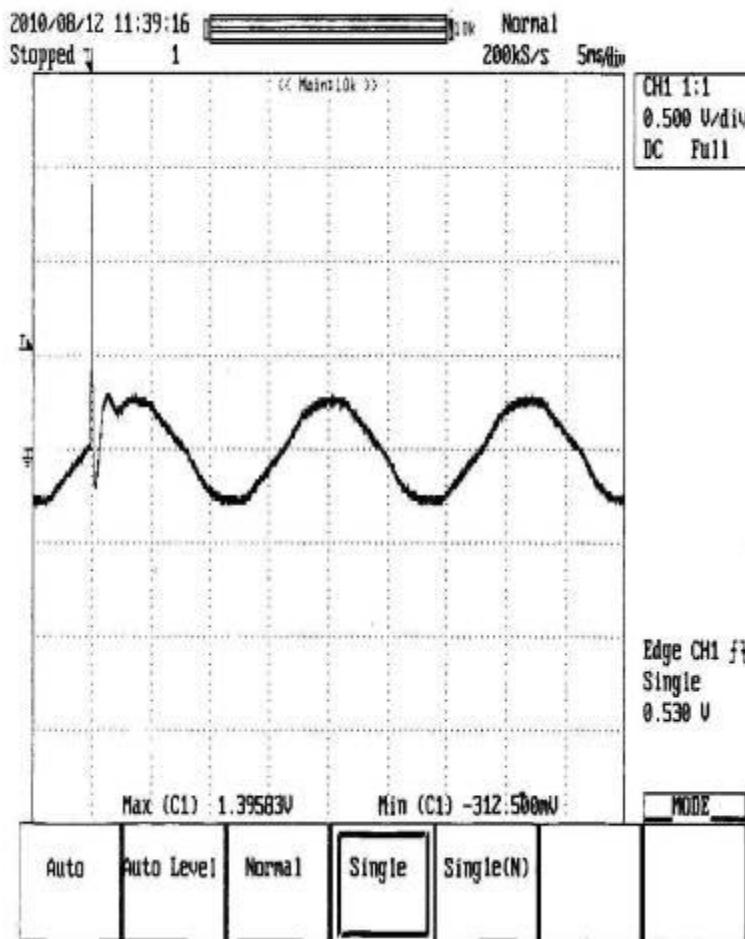


# IEC61000-4-12

- EC61000-4-12測試為Conducted Susceptibility, Surges 。干擾源由測試系統產生將ring wave加至EUT電源之AC端。
- IEC61000-4-12測試規格為100 kHz正弦波，初始上升時間為 $0.5 \mu s$ ，在振幅峰點後連續衰減。

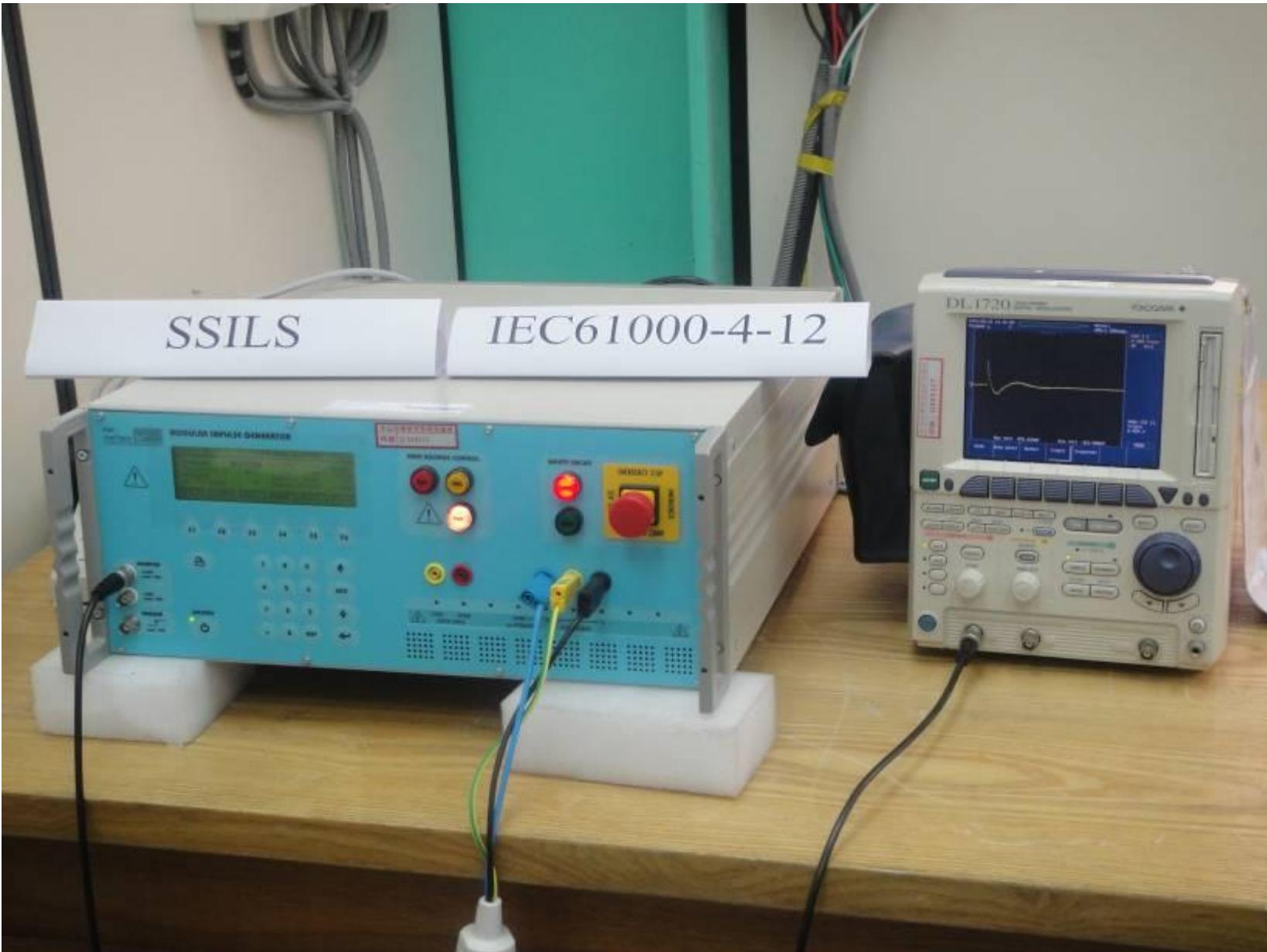
# IEC61000-4-12干擾源波型





SSILS

IEC61000-4-12





# RADIATED EMI/RFI TESTING ABOVE 1GHz

- 對高於1 GHz到10 GHz以上輻射性電場環境的耐受度測試需求，主要原因為近年來更高速之微處理機器(個人電腦)及高頻無線通訊(手機)廣泛使用，造成在極高頻帶的干擾顧慮。
- MIL-STD-461E RE102在EUT於1 GHz~10 GHz頻率之測試
- MIL-STD-461E RS103用來做高於1 GHz以上輻射型耐受度之測試。《[RG1.180R1與引用之EMC標準比較表](#)》

# 電源線LISN



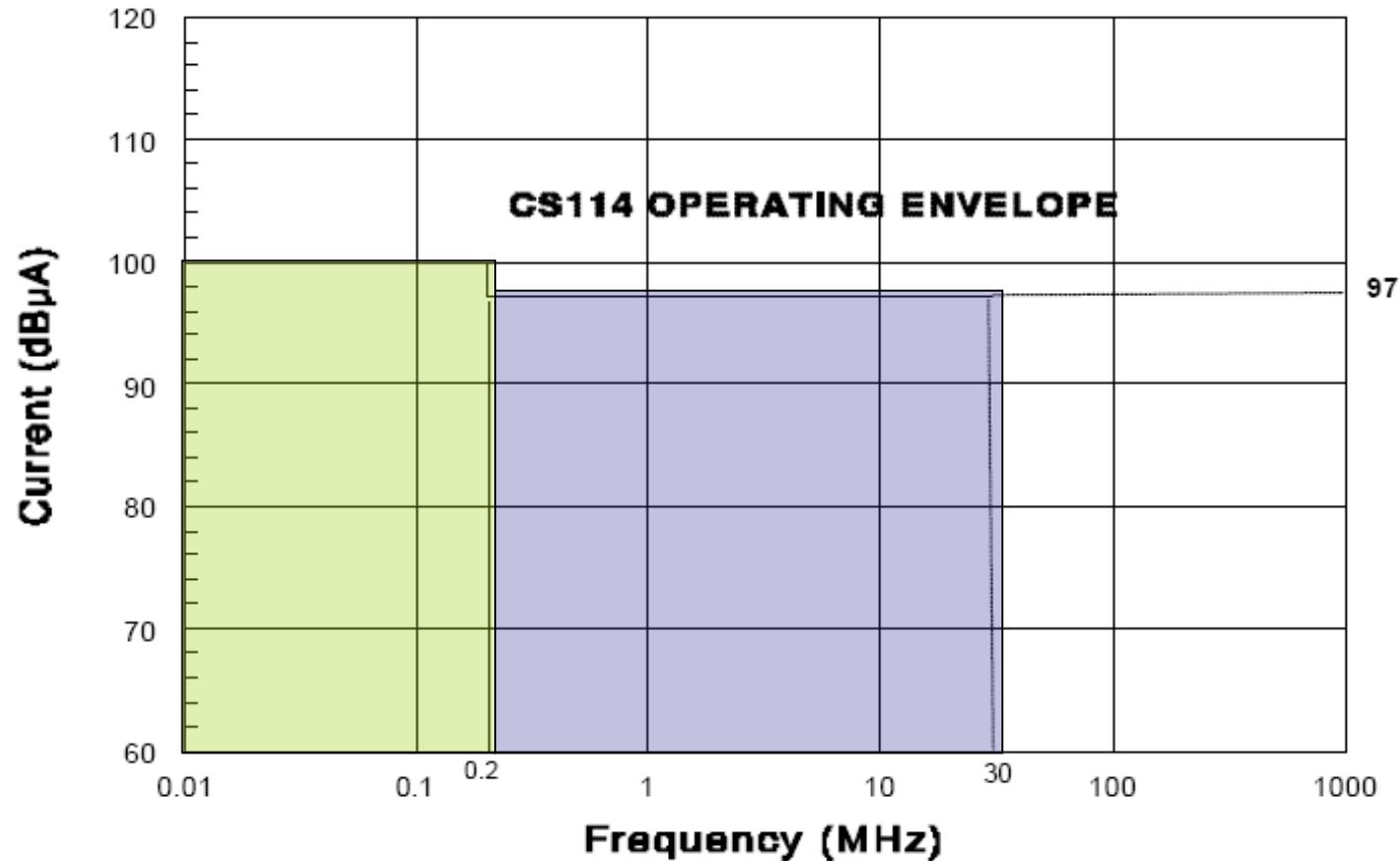
# 信號線LISN



# 電源雜訊名詞與種類

- sag (dip)：電壓突降如雷擊、啟動大負載，sag定義為低於正常峰值(peak)電壓的13%
- Surge：電壓突升、負載突降如變壓器升降壓接錯線，surge定義為高於正常峰值(peak)電壓的3% ~8%
- Outage：電壓突然失去一段時間又恢復。
- Electrical noise：電子干擾訊號如雷達、無線電。

# 測試規格各參數代表的意義為何？



97

# 幅射場強--單位為dB $\mu$ V/m

- 電場強度E之單位為V/m(伏特/米)，而雜訊強度單位使用V/m (伏特/米)則嫌過大故使用 $\mu$ V/m來表示
- 由於掃描頻段太寬(模擬各種可能的noise)則使用對數型態(dB)來表示
- 將電場強度單位以對數方式來表示  
 $20\log(\mu V/m) = dB\mu V/m$

# 傳導場強--單位為dB $\mu$ A

- 依安培右手定則磁場強度之單位A/m(安培/米)，而雜訊強度單位使用A/m (安培/米) 則嫌過大故電流使用 $\mu$ A來表示
- 由於掃描頻段太寬(模擬各種可能的noise) 則使用對數型態(dB)來表示
- 將磁場強度單位以對數方式來表示  
 $20\log(\mu A) = dB\mu A$

# 轉換阻抗 Z

- 轉換阻抗 Z 表示一電流(I)通過一導線時以電流感應器環套此導線所量測到的感應電壓與感應電流之比值。 $Z = V/I$
- 電流感應器之 Z 值由製造廠家提供作為傳導雜訊場強量測運算之用
- $I = V/Z$ ，以對數方式來表示

$$dB\mu A = \frac{dB\mu V}{dB\Omega} = dB\mu V - dB\Omega$$

$dB\mu A$ ：雜訊電流

$dB\mu V$ ：電流感應器之感應電壓

$dB\Omega$ ：製造廠家提供之電流感應器轉換阻抗

# 應用實例一

- SSPS Universal卡片執行CS114電磁相容測試項目中，在10KHz~162KHz測試時，由監測值得到Power Level為107dB $\mu$ V，與RG1.180 CS114要求之規格值 100 dB $\mu$ A不符。
- 此例題之目的有三
  - (1). 瞭解軍規MIL-STD-461E定義之CS114 與 RG1.180定義之CS114之差異。
  - (2). CS114測試設備與設備架構
  - (3). 瞭解規範上單位的意義與單位間的換算

多大的干擾源進入裝置時會造成裝置工作不正常？

- 在回答這個問題前首先要澄清下列事項
  - (1). 在連接干擾源端是否有干擾源防制裝置，如 power line filter、突波吸收器、TVS ( transient voltage suppressor) 元件、電容裝置、濾波裝置等，(surge干擾源)
  - (2). 是否有良好的接地(earth ground)，由經驗得到裝置上各點到earth ground之阻抗值最好小於 $0.5\Omega$ (對 radiation及 surge干擾源)
  - (3). 是否有外殼(enclosure)？外殼是否接地良好？外殼是否有縫隙？(對 radiation干擾源)
  - (4). 干擾源由內部產生？例在同一外殼內的switch power supply，同一電路板或相鄰電路板上是否有射頻信號發射源、clock振盪信號、relay

## 應用實例二

- 以RG1.180定義的CS114為例說明干擾源進入裝置時產生多大的電壓、電流，這額外的電壓電流是否會使裝置不正常動作或造成裝置損壞。
- 在10KHz這一點上干擾源的能量(power level)為100dB $\mu$ A，首先將其轉換成安培

$$100dB = 20 \log X$$

$$\log X = \frac{100}{20} = 5 \text{ 兩同乘以10為底的指數}$$

$$X = 10^5 \mu A = 0.1A$$

## 應用實例二(continue1)

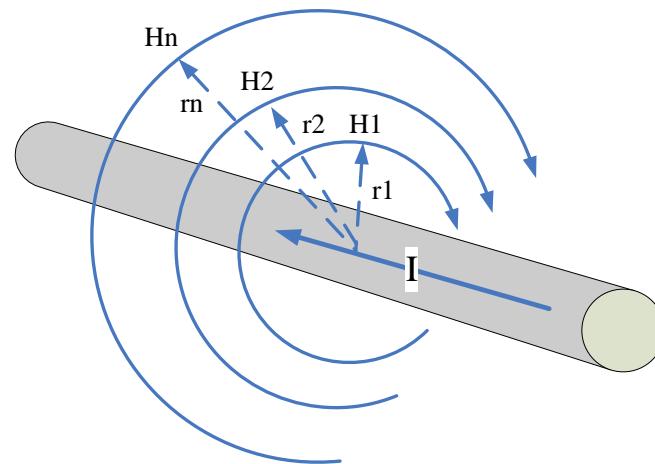
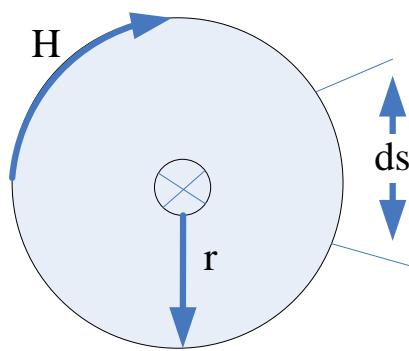
- 頻率響應與輸入阻抗之關係----各設備之輸入阻抗會因頻率不同而變化
- 假設在某一頻段輸入阻抗為 $1K\Omega$ ，則加於設備之電壓為100V，以此類推。

報告完成  
敬請指教

以下投影片為超連結

# 安培右手定律

- 依右手安培定理  $\int H ds = I$  ,  $H = \frac{I}{ds} = \frac{I}{2\pi r}$
- $H$  與  $I$  成正比



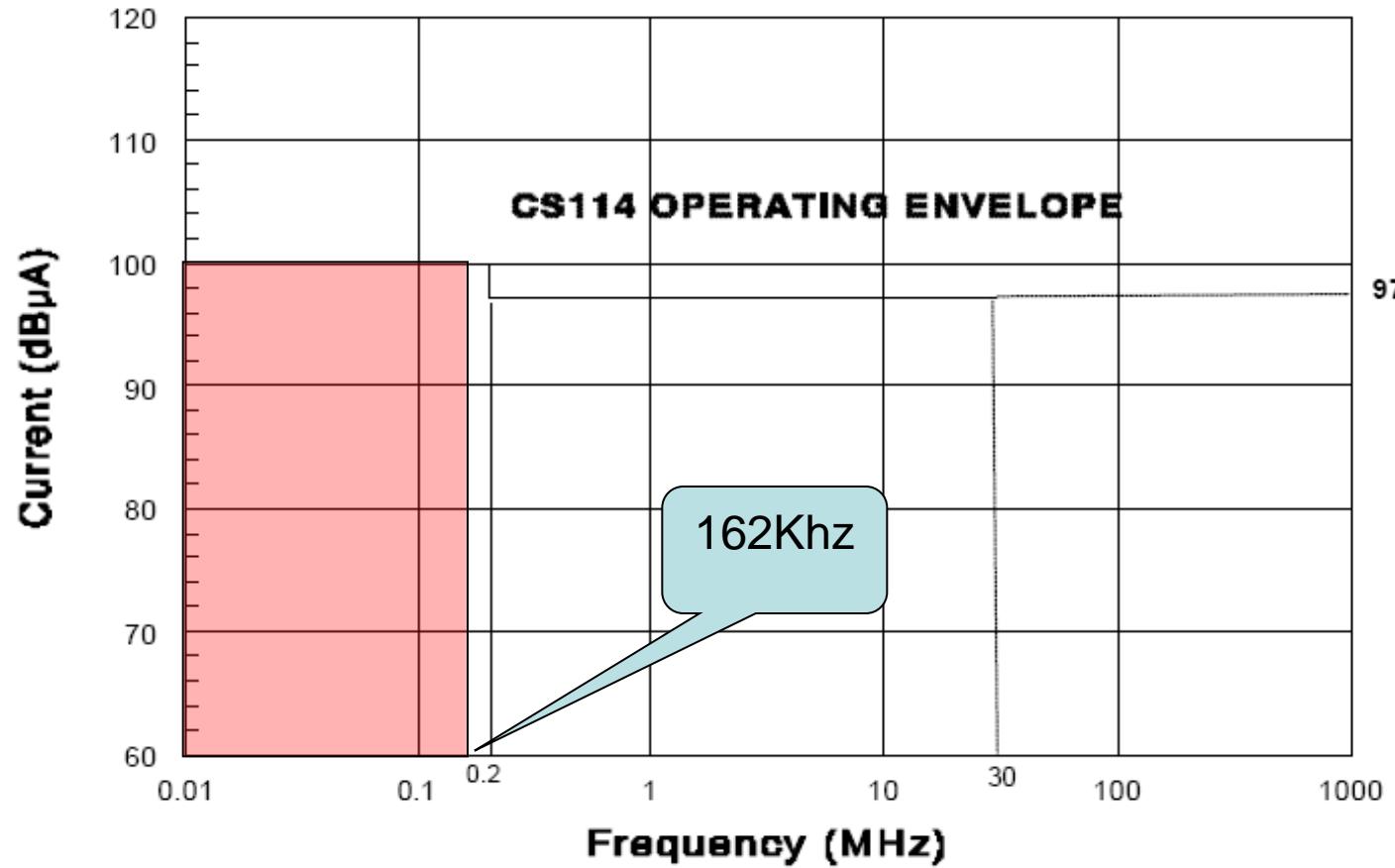
返回傳導場強--單位為dB $\mu$ A

# CS114使用之Injection probe(電流感應器)



[返迴轉換阻抗Z](#)

# 10KHz ~ 162KHz power level不足



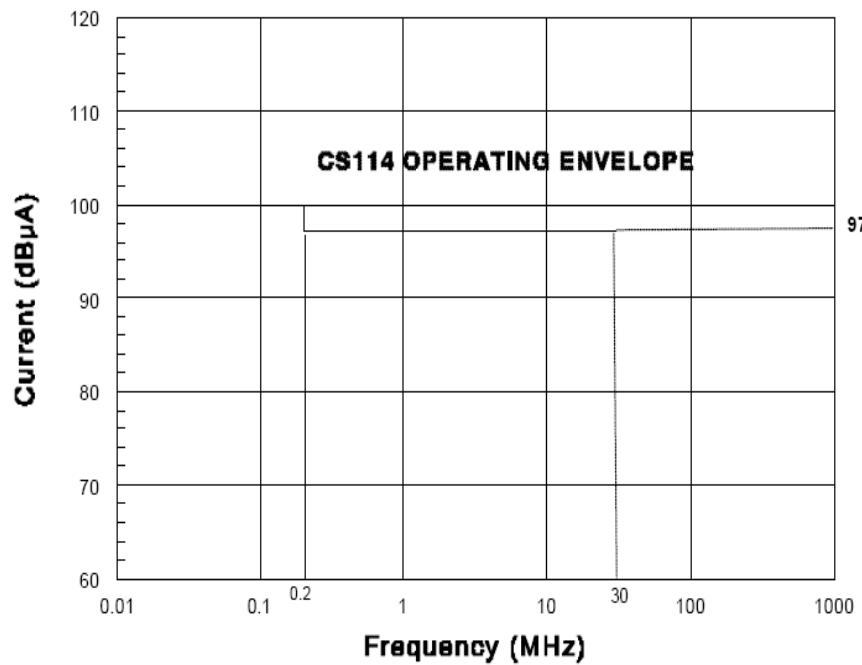
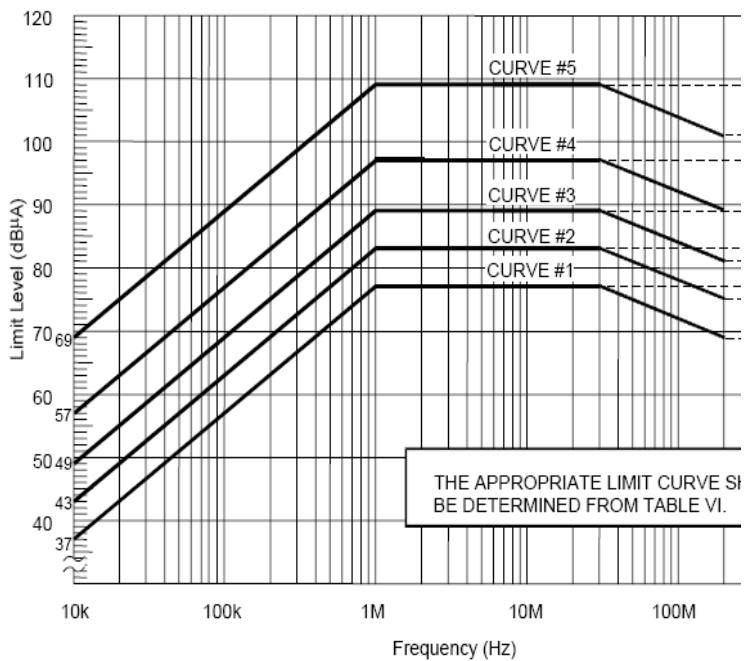
[返回應用實例一](#)

## MIL-STD-461E定義之CS114 vs RG1.180定義之CS114之差異

- 掃描頻段不同，MIL-STD-461E之頻段為10KHz ~ 200MHz，RG1.180之頻段為10KHz ~ 30MHz
- 各頻段的干擾層度(power level)不同
- MIL-STD-461E依不同的使用環境定義不同之規格，RG1.180為單一使用環境單一規格

[返回應用實例一](#)

# CS114在 MIL-STD-461E與RG1.180之規格曲線



# MIL-STD-461E依不同使用環境定義不同規格

PLATFORM		LIMIT CURVE # FROM FIGURE CS114-1							
FREQ. RANGE		AIRCRAFT (EXTERNAL OR SAFETY CRITICAL)	AIRCRAFT INTERNAL	ALL SHIPS (ABOVE DECKS) AND SUBMARINES (EXTERNAL)*	SHIPS (METALLIC) (BELOW DECKS)	SHIPS (NON- METALLIC) (BELOW DECKS)	SUBMARINES (INTERNAL)	GROUND	SPACE
10 kHz	A	5	5	2	2	2	1	3	3
	N	5	3	2	2	2	1	2	3
	AF	5	3	-	-	-	-	2	3
2 MHz	A	5	5	5	2	4	1	4	3
	N	5	5	5	2	4	1	2	3
	AF	5	3	-	-	-	-	2	3
30 MHz	A	5	5	5	2	2	2	4	3
	N	5	5	5	2	2	2	2	3
	AF	5	3	-	-	-	-	2	3
30 MHz	A	5	5	5	2	2	2	4	3
	N	5	5	5	2	2	2	2	3
	AF	5	3	-	-	-	-	2	3
200 MHz	A	5	5	5	2	2	2	4	3
	N	5	5	5	2	2	2	2	3
	AF	5	3	-	-	-	-	2	3

KEY: A = Army

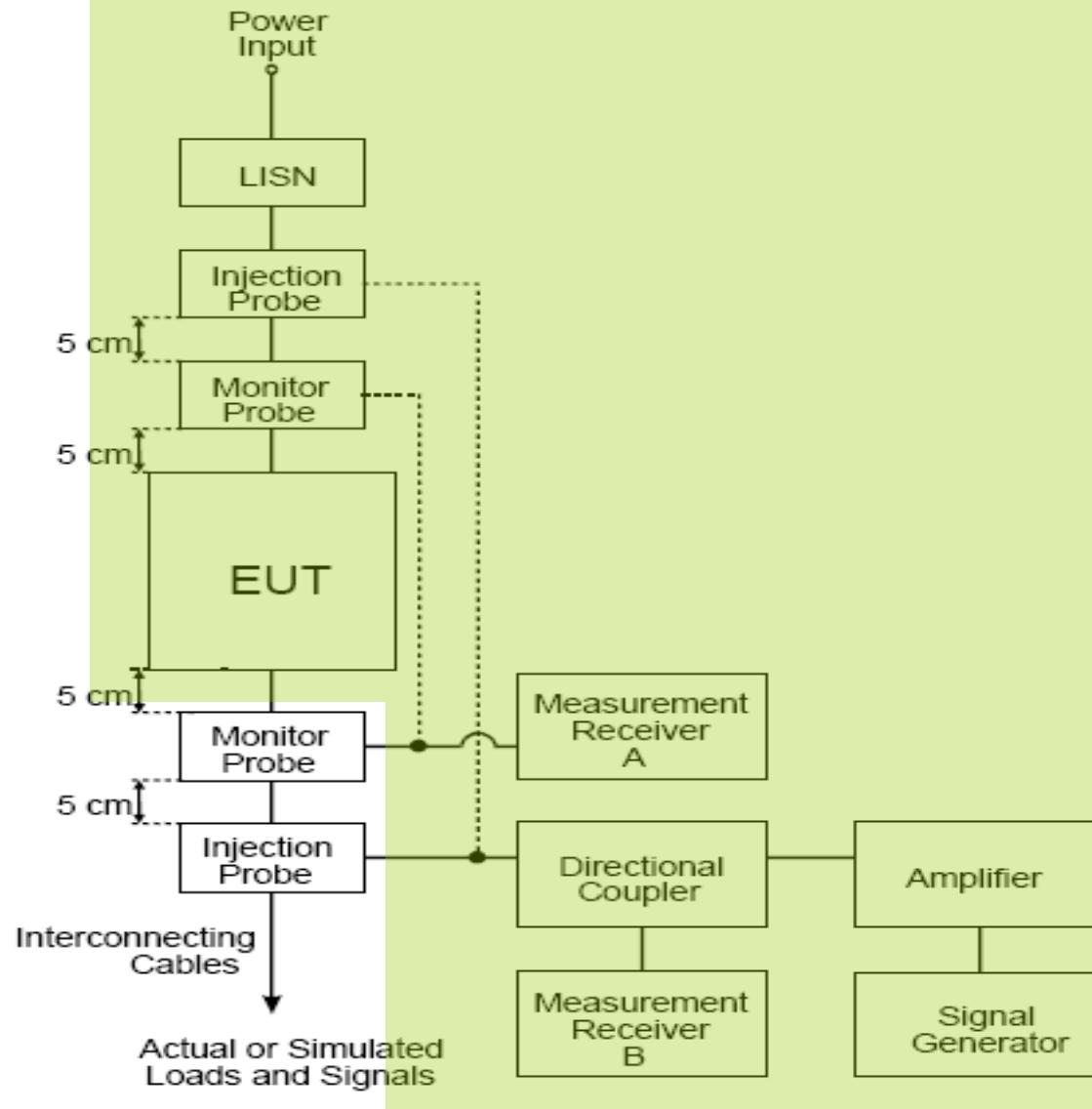
N = Navy

AF = Air Force

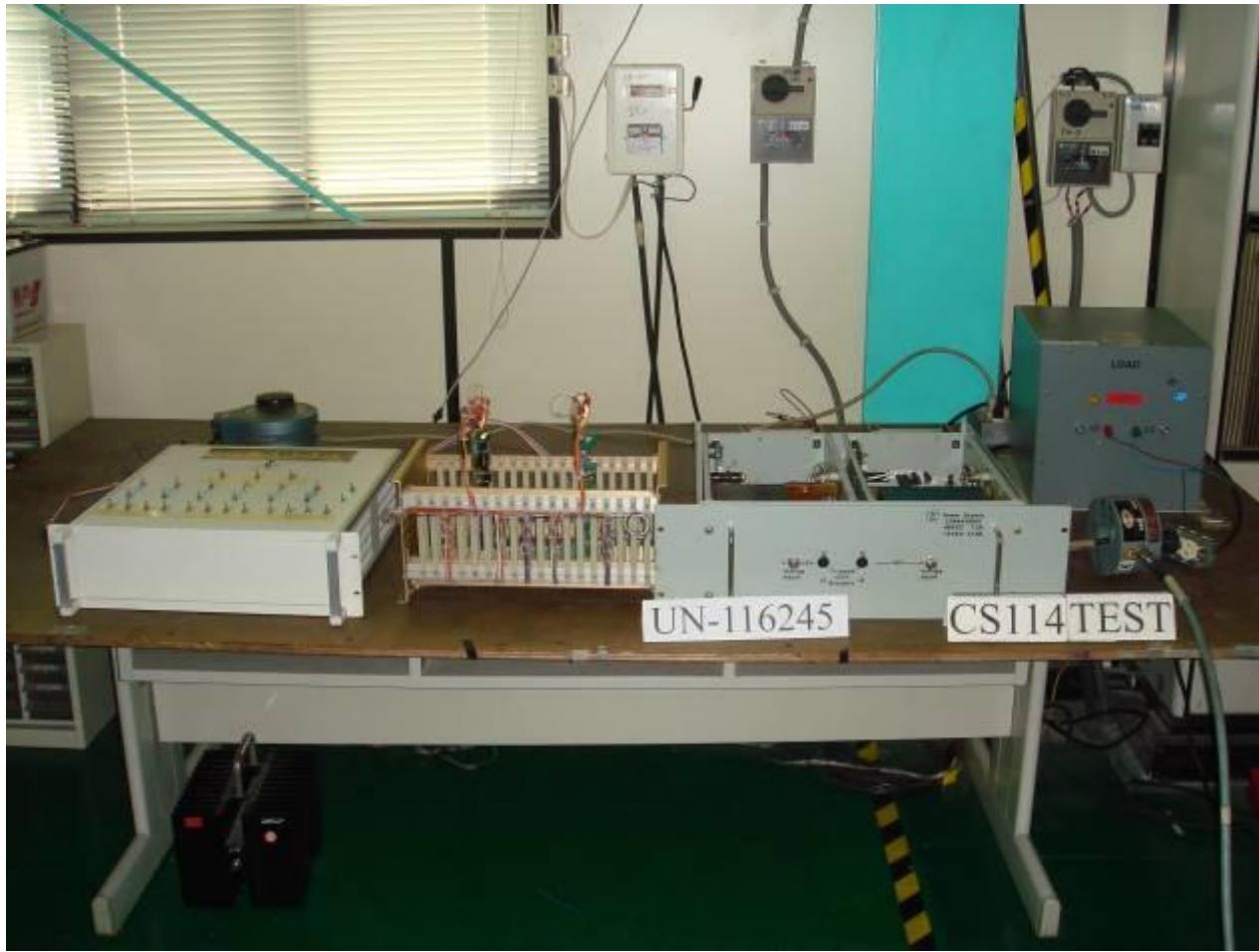
\* For equipment located external to the pressure hull of a submarine but within the superstructure, use  
SHIPS (METALLIC)(BELOW DECKS)

MIL-STD-461E

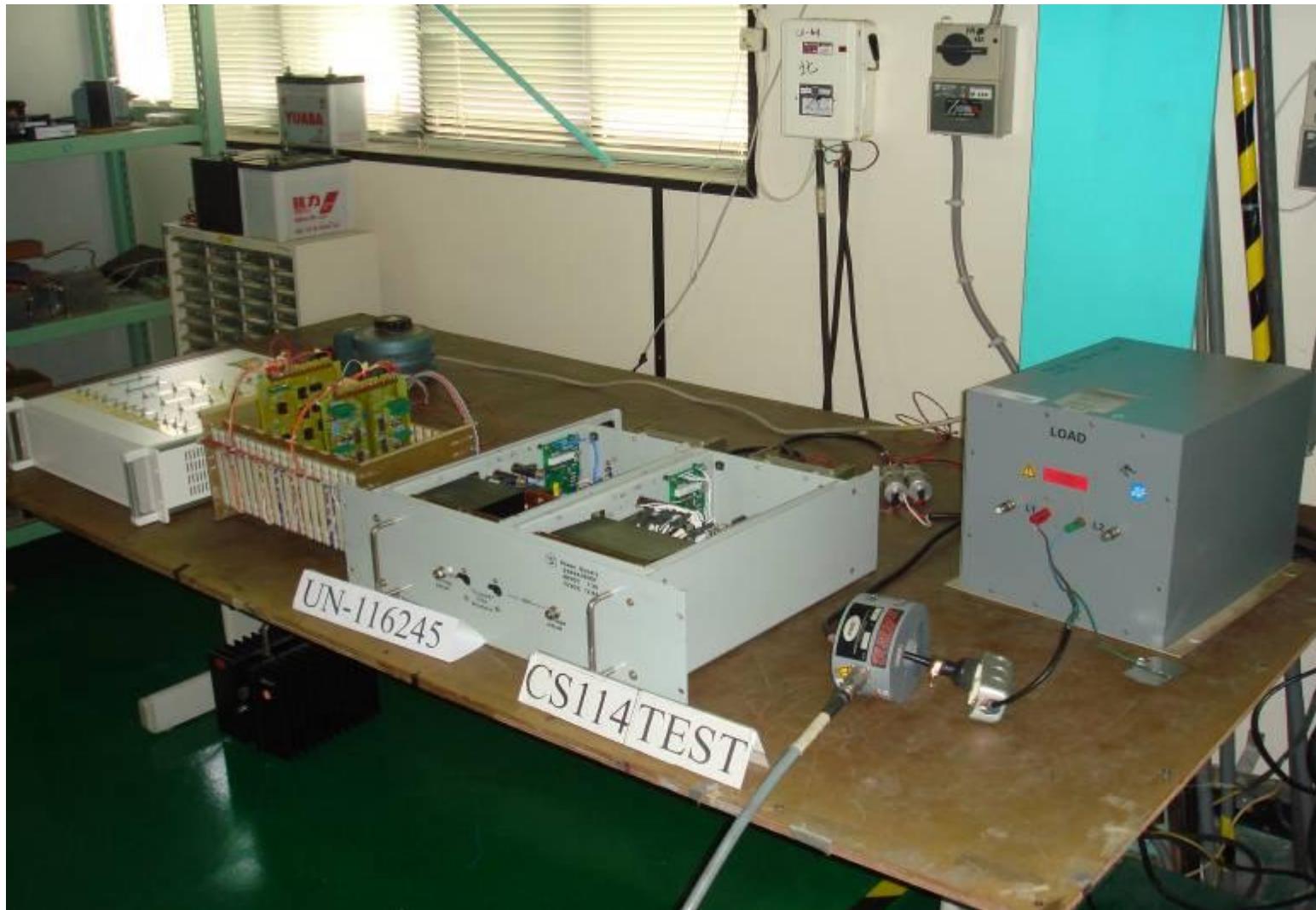
# CS114測試設備與設備架構



# CS114測試(一)



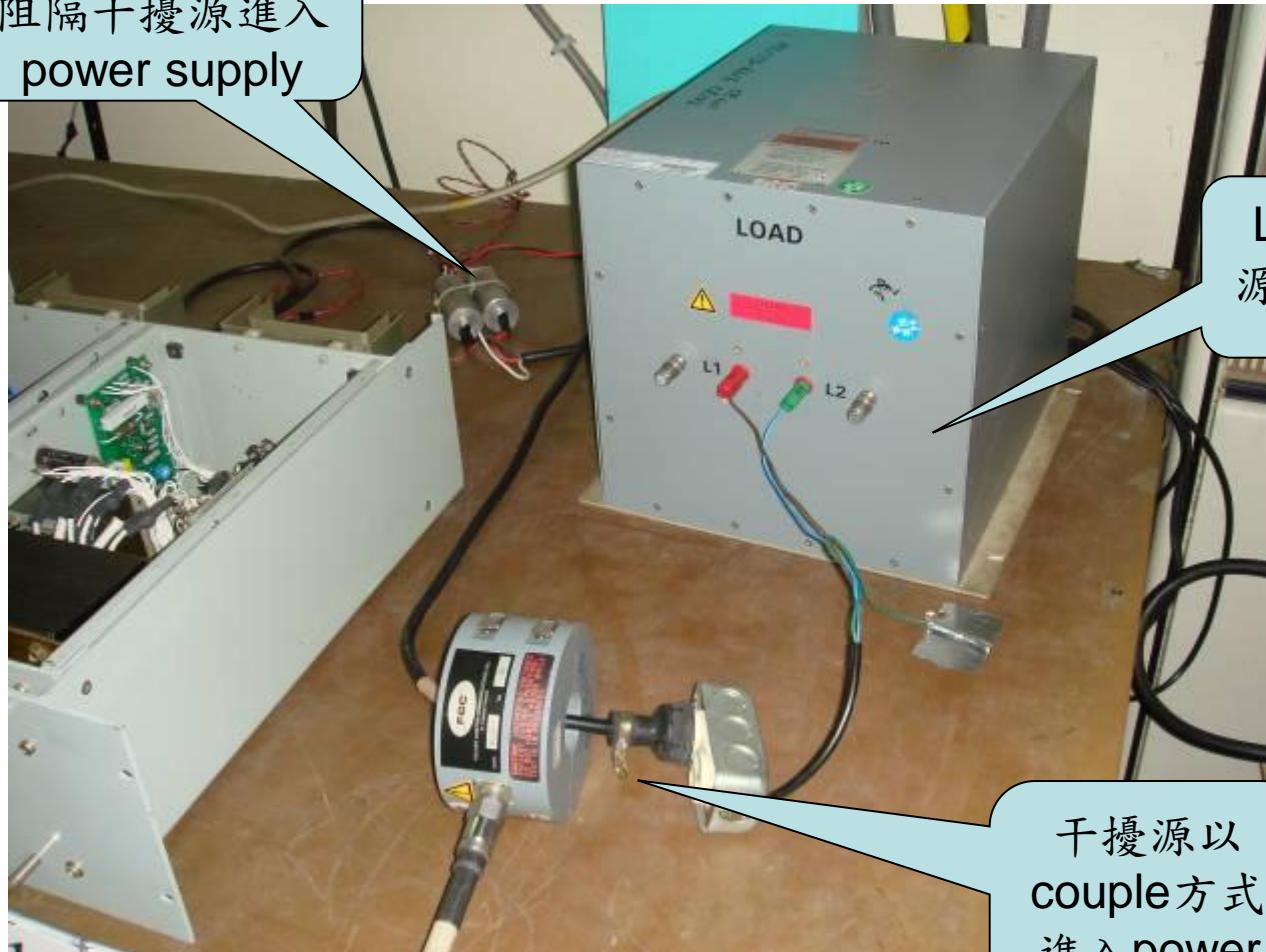
# CS114測試(二)



# CS114測試干擾源輸入方式

Power line filter

阻隔干擾源進入  
power supply



LISN將外部電  
源與干擾源隔離

干擾源以  
couple方式  
進入power  
supply電源

# CS114測試使用之儀器



信號產生器產生  
載波頻率

將載波頻率加到  
合成器內

合成器產生CW  
波型並與載波  
合成PWM波形

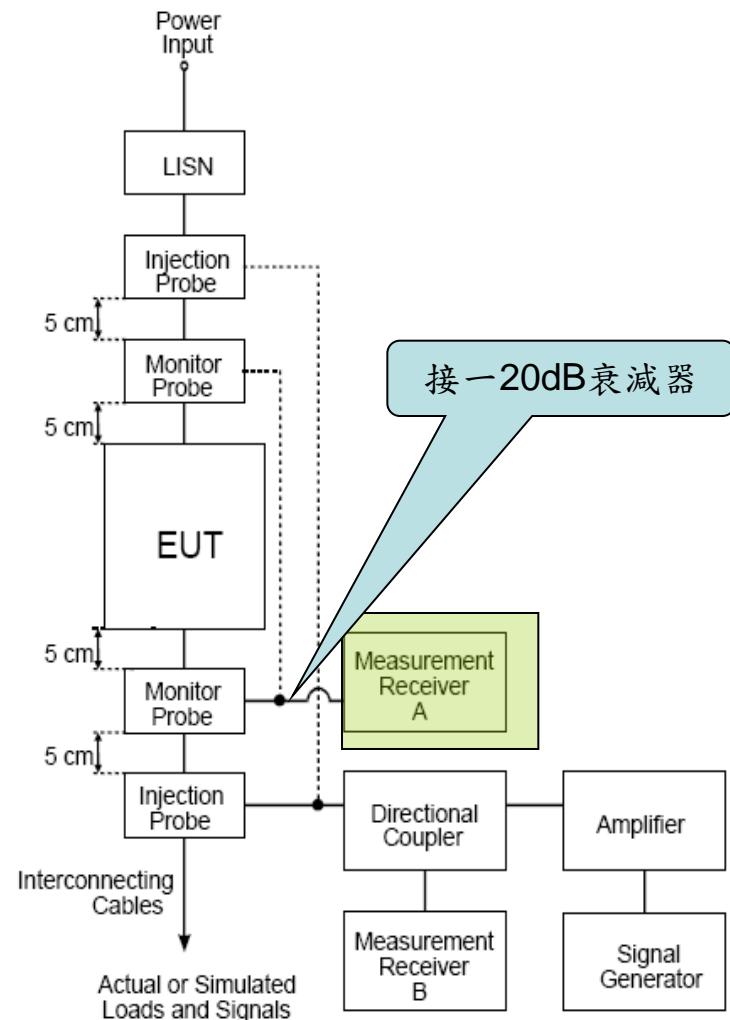
將PWM波形送到放  
大器，將放大後之  
干擾源送到  
*injection probe*

[返回應用實例一](#)

[返回應用實例二](#)

# 依實際架構計算量測值及單位換算(一)

- CS114測試是依右圖架構 setup，其中 power level 監測是由 Receiver A 所得到。進入 Receiver A 之前有接一衰減器其衰減值為 20dbuV，故測試值已將 20dbuV 減去。電流感應器轉換阻抗值為  $50\Omega$ (此值由製造廠提供)
- Receiver A 為一頻譜分析儀(spectrum analyzer)量測值為  $\text{dB}\mu\text{V}$ 。

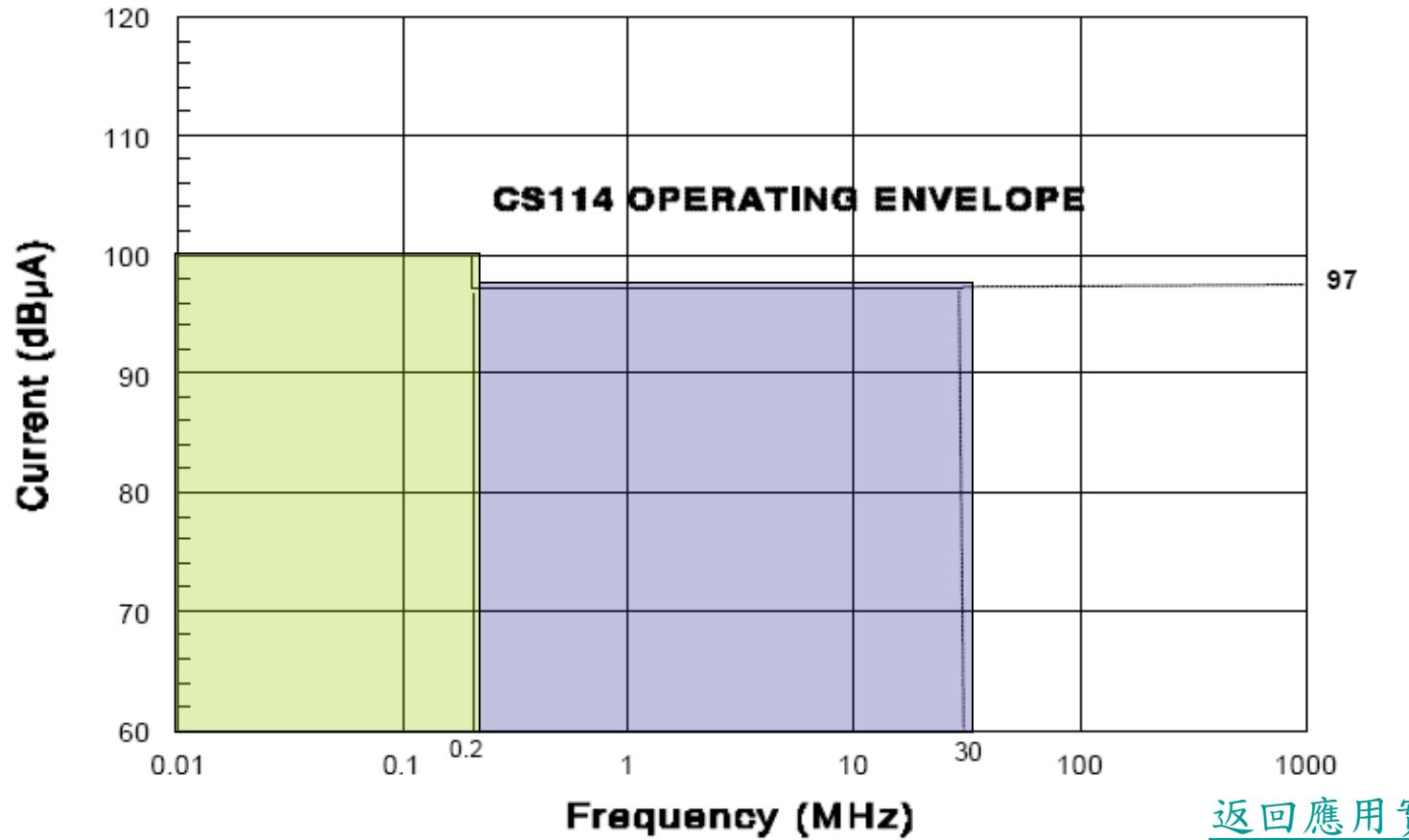


## 依實際架構計算量測值及單位換算(二)

- 由公式 $db\Omega=20 \log(R)$ ，將轉換阻抗值轉換為對數型態，得到 $34db\Omega$  ( $20 \log 50=34 db\Omega$ )
- 依題意由spectrum analyzer量測到之Power Level為 $107dB\mu V$ 如何換算成規格值之 $dB\mu A$
- 首先加上衰減器所衰減之 $20dB\mu V$ ，故真實信號為 $127dB\mu V$
- 再依 $dB\mu V= db\Omega + dB\mu A$ 即可由 $dB\mu V$ 轉換成 $dB\mu A$
- $dB\mu A=127-34=93dB\mu A$
- 由此看起來確實發生power level 不足

[返回應用實例一](#)

# CS114測試規格



[返回應用實例二](#)