

車輛零組件EMC測試 之特性分類介紹

財團法人車輛研究測試中心 陳茂元

一、前言

一般產品執行EMC(Electromagnetic Compatibility)測試是爲了確保由產品所發射出的干擾不致影響週遭的設備、裝置之運作，也不受到外界環境過大電磁場的影響。而車輛EMC測試除了亦有相似的目的之外，特別還必須考慮內部零組件間的EMC問題，這也是一般產品所未要求的。

執行車輛EMC測試時，由於各種車輛零組件的構造、元件、作動時機、條件、功能特性均不相同，而執行測試的項目、條件等也都不相同。而各種試驗均有其目的，不同構造特性的零組件可能需要執行不同的EMC測試，以確保其功能與品質。

本文以國際標準與車廠廠規爲參考，介紹零組件的種類與劃分原則，使能夠依據該零組件特性選擇適當之測試項目，這也是撰寫測試計劃時的重要依據。

二、車輛零組件分類條件檢討

(一) 測試項目選用之分類

一般車輛零組件EMC測試規範包含輻射發射(Radiated Emissions)、傳導發射(Conducted Emissions)、輻射耐受(Radiated Immunity)、傳導耐

受(Conducted Immunity)、傳導暫態(Electrical Transient)及靜電放電(Electrostatic Discharge)等測試項目，而不同的測試項目具有不同的測試目的，因此需要依據零組件的組成結構、電機特性等等，來規劃適合零組件的測試計劃。於部分車廠廠規中，已將零組件劃分爲不同的類別，再依此類別，選擇所需的測試項目，以正確檢測出零組件的特性。

於部分車廠廠規中，零組件依據本身之電機電子特性加以分類。例如使用主動或被動元件，或者是依馬達之感應線圈與機械形式來區別。包含有以下幾種：(1)電子元件、(2)感應元件、(3)電機馬達...等，以作爲選擇測試項目之依據。

(二) 電磁干擾測試之分類

EMI測試方法依照擾動源的特性可區分爲輻射發射與傳導發射測試，而測試計畫中應使用的限制值，與設定量測接收機之方式，必須瞭解電磁擾動的特性來規劃。

電磁擾動包含有寬頻擾動與窄頻擾動兩大類，一般而言，寬頻擾動源可能來自於馬達類等之零組件，其他如運算微處理器則爲窄頻擾動源。於國際標準CISPR 25[1]中，將電磁擾動源區分爲三類：

1. 連續/長時間寬頻及自動作動短時間裝置；



- 2. 手動作動短時間寬頻裝置；
- 3. 窄頻裝置。

CISPR 25中除了依據電磁擾動源的類別來選擇限制值外，並針對限制值區分為5個等級(Class)，而適合選用之等級則是依據廠商需求而定。

而有部份車廠廠規並未針對零組件之寬頻與窄頻擾動特性做定義，而是依據零組件之電機電子特性分類來選擇測試方法，限制值則定義於所選擇之測試方法當中。

(三) 電磁耐受測試之分類

EMS測試方法包含輻射耐受及傳導耐受測試，模擬車輛零組件可能遭遇之電磁擾動，以確保零組件能於此電磁環境下正常運作。而執行EMS測試時，待測件的判定條件則是依據耐受位準(Severity Level)與功能狀態等級(Function Performance Status Classification)來定義。

以國際標準ISO 11452為例，將耐受位準分為I至V共五個等級[2]，其中第V級的位準並無建議值，作為特定位準之用，如表1所說明。

EMS測試需依據零組件的操作功能對於使用者的重要程度來定義零組件於測試時必須滿足的操作功能狀態。ISO 11452將功能狀態由A至E共分為五個等級如表2所示。

依據耐受位準與功能狀態等級，對應至測試頻帶範圍，如表3所示，依據此定義EMS測試計畫，協助測試之執行。

SAE(Society of Automotive Engineers)標準及部分車廠廠規中還依照零組件對於車輛操作的影響程度而定義功能重要等級(Functional Importance Classifications)，要求不同重要等級的零組件應符合不同的功能狀態等級。

表1 ISO 11452 EMS建議測試位準

Test severity level	Value (e.g. V/m, mA, W)
I	.
II	..
III	...
IV
V	Specific value agreed between the users of this part of ISO 11452 if necessary

表2 ISO 11452 功能狀態等級

功能狀態等級 (Function Performance Status Classification)	
Class	說明
Class A	裝置或系統暴露在擾動期間和之後，其所有功能均如所設計要求般地正常執行。
Class B	裝置或系統暴露在擾動期間執行所有設計之功能，然而其一個或一個以上的功能會出現可超出容許的誤差，但在擾動去除後，所有之功能會自動地回復到正常的限度內。記憶功能應維持在Class A。
Class C	裝置或系統暴露在擾動期間無法執行原設計的功能，但擾動去除後會自動地回復到正常動作。
Class D	裝置或系統暴露在擾動期間無法執行原設計的功能，當擾動去除後仍無法回復到正常動作，而必須對裝置系統做簡易的重置動作，才能回復到正常動作。
Class E	裝置或系統暴露在擾動期間和之後，部份功能無法執行，且若不對此裝置或系統做修理或更換，則無法恢復到正常動作。

表3 ISO 11452-1之EMS頻率、位準、功能狀態等級之測試規劃表

Frequency Band	Test severity level				
	Class A	Class B	Class C	Class D	Class E
F1	I		II		
F2		II	III		IV
F3					V
F4		I			
..					
..					

註：Level I至V參考表2之EMS建議測試位準說明。
Class A至E參考表3之操作功能狀態等級說明。

(四) 監控方式之分類

執行電磁耐受測試時，需要對待測件進行擷取監控及待測件功能監控，以監視待測件在此電磁環境下是否仍可正常操作，進一步提供待測件異常判定的重要依據，並可應用於待測件偵錯與改良。監控待測件的方式包含：(1)影像(2)聲音(3)車速(4)電源(5)訊號。

而訊號介面依據信號格式的不同，包含類比與數位訊號。類比訊號是依頻率來分類，訊號格式含括直流至射頻(Radio Frequency)頻帶或更高。而數位訊號則是以通訊協定來分類，如引擎之ECU(Engine Control Unit)、診斷系統(On Board Diagnostic)、高速低速之CAN(Controller Area network) Bus系統和LIN(Local Interconnect Network) Bus系統等。

三、車輛零組件各項分類介紹

(一) 測試項目選擇之特性分類介紹

部分車廠廠規中將零組件依其電機電子特性區分為三類，包含(1)電子元件(2)電機馬達及(3)感應元件，應選擇不同之測試項目。其定義與範例如下：

(1) 電子元件：

- (a) 由被動電子元件所構成：例如電阻、電容、二極體。
- (b) 由主動電子元件所構成：例如含有類比運算

放大電路、切換式電源供應器、運用微處理器的裝置。

(2) 電機馬達：包含具有電刷切換之直流(dc)電機馬達及具有電子控制之電機馬達。

(3) 感應元件：為具有電感效應之元件。例如：繼電器(Relay)、螺線管(solenoids)等。

不同車廠可能有不同之分類方式，亦不限於上述三大類。

(二) 寬窄頻分類介紹

寬頻發射是指頻寬大於特定量測儀器或接收機的發射。包含有點火系統、馬達等皆屬之。

窄頻發射是指頻寬小於特定量測儀器或接收機的發射。包含微處理器、數位邏輯電路、震盪器或時脈產生器等作動時所產生的擾動為窄頻發射。

若寬頻/窄頻擾動特性無法確定時，應進行試驗來判定量測得到的發射信號為寬頻/窄頻，以選用適當的限制值規定在測試計畫中。寬頻/窄頻試驗程序如圖1說明，先以鋒值檢波器量測待測裝置，判斷量測值是否低於窄頻限制值，若是低於窄頻限制值，則不需針對寬頻/窄頻做判定，待測件即合格。若高於窄頻限制值，則必須再使用相同的檢測頻寬，並且使用平均值檢波器量測，比較峰值與平均值的差異是否大於6dB，若是大於6dB以上，則判定為寬頻，必要時以準峰值檢波器重新量測，再依量測數據判定待測件是否合格。此時若峰值與平均值的差異若是小於6dB以上，則判定為窄頻，且不合格。

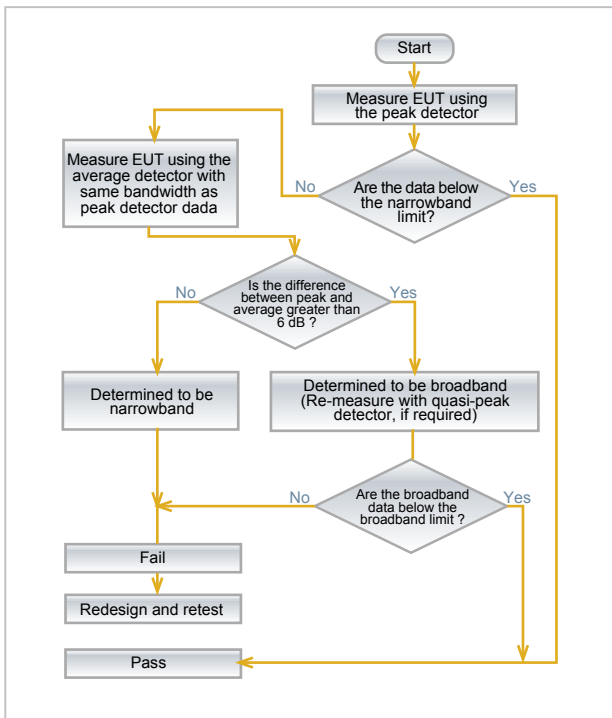


圖1 CISPR 25分辨寬頻/窄頻之程序

(三) 作動時間分類介紹

在寬頻擾動源中，可依擾動源的時間特性做分類，有連續、長時間及短時間之區別；最小掃描時間除了符合CISPR 25所要求，如表4所說明，此時間特性可作為最小掃描時間之參考，可依據此時間長短，適當的增加最小掃描時間，以確保量測值能夠正確響應擾動源的時間特性。

於CISPR 25中列舉了不同時間長度之寬頻擾動源，如表5，一般如點火系統、交流發電機等皆是持續不斷在運作，屬於連續特性之寬頻擾動源；如雨刷、鼓風機馬達則屬於長時間之寬頻擾動源；若是可能經由人為操作或是短暫動作，如電動天線、

車門後視鏡馬達等則屬於短時間之寬頻擾動源。

而每一個擾動源可能有不同的擾動限制值。長時間擾動源，例如冷器鼓風機馬達，應符合比短時間擾動源更嚴格的規定。例如車門後視鏡因為每次作動的時間只有幾秒鐘的時間，所以可以允許較高的擾動限制值。由微處理器所凝聚的能量因為與操作時所需要的訊號類似，而且是持續性的，所以要求較為嚴格。

表4 CISPR 25最小掃描時間

Band ⁽¹⁾	Peak detection	Quasi-peak detection
A 9 - 150 kHz	Does not apply	Does not apply
B 0,15 - 30 MHz	100 ms/MHz	200 s/MHz
C,D 30 - 1000 MHz	1 ms/100 ms/MHz ⁽²⁾	20 s/MHz

(1) Band definition from CISPR 16-1.
 (2) When 9kHz bandwidth is used, the 100 ms/MHz value shall be used.

NOTE-Certain signals (e.g. low repetition rate signals) may require slower scan rates or multiple scans to ensure that the maximum amplitude has been measured. For the measurement of pure broadband emission, scanning steps greater than the measurement bandwidth are permitted, thus accelerating the measurement of the emission spectrum.

表5 CISPR 25不同時間長度寬頻擾動源之範例

Continuous	Long duration*	Short duration*
Ignition system	Wiper motor	Power antenna
Active ride control	Heater blower motor	Washer pump motor
Fuel injection	Rear wiper motor	Door mirror motor
Instrument regulator	Air conditioning compressor	Central door lock
Alternator	Engine cooling	Power seat

*As defined in the test plan.

(四) 限制值等級分類介紹

1. EMI限制值等級

於國際標準CISPR 25中針對EMI測試之限制值區分為5個等級，並依照待測件屬於寬頻或窄頻擾動源來定義量測方式，依據表6零組件寬頻擾動之輻射發射限制值與表7零組件窄頻擾動之輻射發射限制值來判定待測件符合之限制值等級。

在車廠廠規中，並不一定同於CISPR 25有干擾限制值等級之分類，可能只有一個限制值等級做為判定依據。

2. EMS限制值等級

EMS測試亦將測試位準分為不同的等級，如本文第2.3節所說明，依不同的試驗方法及使用單位(如電場(V/m)、電流(mA)及功率(W)等)會有不同的測試位準等級分類。表8所示為ISO 11452-2之自由場試驗法，以電場(V/m)表示之建議測試位準等級分類。

表6 CISPR 25 之寬頻擾動輻射發射限制值

Class	Levels in dB(μ V/m)									
	0,15 - 0,3 MHz		0,53 - 2,0 MHz		5,9 - 6,2 MHz		30 - 54 MHz		70 - 108 MHz 144 - 172 MHz 420 - 512 MHz 820 - 960 MHz	
	P ⁽¹⁾	QP ⁽²⁾	P	QP	P	QP	P	QP	P	QP
1	96	83	83	70	60	47	60	47	49	36
2	86	73	75	62	54	41	54	41	43	30
3	76	63	67	54	48	35	48	35	37	24
4	66	53	59	46	42	29	42	29	31	18
5	56	43	51	38	36	23	36	23	25	12

(1) Peak
(2) Quasi-peak

NOTES
1. For short duration disturbances, add 6 dB to the level shown in the table.
2. All values listed in this table are valid for the bandwidths specified in table 3.

表7 CISPR 25之窄頻擾動輻射發射限制值

Class	Levels in dB(μ V/m)				
	0,15 - 0,3 MHz	0,53 - 2,0 MHz	5,9 - 6,2 MHz	30 - 54 MHz	70 - 108 MHz 144 - 172 MHz 420 - 512 MHz 820 - 960 MHz
1	61	50	46	46	36
2	51	42	40	40	30
3	41	34	34	34	24
4	31	26	28	28	18
5	21	18	22	22	12

NOTE-For 87 MHz to 108 MHz, add 6 dB to the level shown in the table.

表8 ISO 11452-2之電場建議測試位準

Test severity level	Value (V/m)
I	25
II	50
III	75
IV	100
V	Specific value agreed between the users of this part of ISO 11452, if necessary

(五) 功能等級分類介紹

1. 功能狀態等級

國際標準ISO 11452-1將車輛零組件執行EMS測試時的操作功能狀態以功能狀態等級(FPSC, Function Performance Status Classification)來區分，以判定測試結果是否符合要求。ISO 11452-1中所定義的功能狀態等級如本文2.3節表2所述。

而也有部分車廠廠規是將FPSC定義為四個等級，包含：

- (1) Performance Class I：在測試期間與測試之後，該元件的功能必須與設計相符。
- (2) Performance Class II：在測試期間，元件的功能會與原先設計略有偏差，但不能影響到車輛的操作安全。當擾動源移除時，元件的功能會自動還原至一般正常狀態。且並不影響永久性或暫存性的記憶功能。
- (3) Performance Class III：在測試期間，元件的功能會與原先設計略有偏差，但不能影響到車輛的操作安全。當擾動源移除時，經過一些簡單的操作後(例如：重新操作點火開關、替換保險絲等)，元件的功能可還原至一般正常狀態。且並不影響永久性或暫存性的記憶功能。
- (4) Performance Class IV：元件無法忍受擾動源造成的損害。輸入/輸出參數值(例如：電



阻、電容...等)產生改變，或是操作功能永久性地被降低。當擾動源移除時，不應有任何的危險發生。

2. 功能重要等級

SAE標準J1113-1[3][4]除EMS測試的耐受位準及FPSC外，並將零組件對於車輛操作安全的影響程度區分為三個功能重要等級，包含：

- (1) Functional Class A:任何的功能僅為提供舒適便利之用。
- (2) Functional Class B:此功能為額外增加的，並不是操作或控制車輛不可或缺的功能(例如：速度顯示)。
- (3) Functional Class C:操作或控制車輛不可或缺的功能。(例如：煞車、引擎系統)。

而有的車廠廠規中，零組件重要等級則是多出F車廠廠規一項Functional Class D，定義電子控制之引爆裝置不應被影響。

不同重要等級的零組件應符合不同的功能狀態等級。在相同的測試位準條件下，與車輛操作安全有關的零組件，應符合更嚴格的功能狀態等級，以確保行車安全。如表9中即說明了測試位準、FPSC及功能重要等級之應用方式，部分車廠亦有各自類似之規定。

表9 SAE J1113-1功能狀態等級之應用

TEST SEVERITY LEVELS	CLASS A	CLASS B	CLASS C
LEVEL 6 (L6)	REGION IV (Required) + REGION III & II & I (Allowed)		
LEVEL 5 (L5)			
LEVEL 4 (L4)	REGION III (Required) + REGION II & I (Allowed)		REGION II (Required) + REGION I (Allowed)
LEVEL 3 (L3)	REGION II (Required) + REGION I (Allowed)		
LEVEL 2 (L2)	REGION II (Required) + REGION I (Allowed)		
LEVEL 1 (L1)	REGION I (Required)		

註：CLASS A~C：零組件重要等級。
LEVEL 1~6：測試耐受位準，同本文2.3節表2所述。
REGION I~IV：即FPSC。

(六) 監控裝置分類介紹

訊號介面是經由光電轉換來完成，一個完整的光電轉換設備由訊號光電轉換電路、解碼編碼電路等組件構成，其他包含攝影機、麥克風及耐電磁波機殼等亦是轉換介面的一部份。傳送訊號時，需依據訊號格式來建構，說明如下：

1. 影像監控裝置：由影像接收裝置(含攝影機)及影像輸出裝置(含顯示螢幕)組成。
2. 聲音監控裝置：由聲音接收裝置(含麥克風)及聲音輸出裝置(含擴音器或耳機)組成。
3. 車速監控裝置：可透過動力計或滾輪之系統來讀取。
4. 電源監控裝置：由電壓探棒與示波器或電壓計來組成。
5. 類比訊號監控裝置：市面上已有完整之商品，可涵蓋訊號範圍由DC至1GHz(或更寬)。
6. 數位訊號監控裝置：車輛上使用之數位訊號格

式含括ECU/OBD、CAN、VAN(Vehicle area network)和LIN Bus等。目前之訊號格式如下：

- (1) ECU(ISO 9141)：資料速率為20kbit/s。
- (2) CAN(ISO 11898)：資料速率為1Mbit/s。
- (3) VAN(ISO 11519)：資料速率為125kbit/s。
- (4) LIN：資料速率為20kbit/s。

於實際測試應用上，例如車輛影音產品之零組件EMS測試，需監看的條件可能包含螢幕影像、喇叭聲音及線束上電壓訊號，分別可利用影像監控裝置、聲音監控裝置及類比訊號監控裝置，監看零組件受到EMS測試影響的狀態。

四、結論與建議

由以上說明可知，車輛零組件應依據其電機電子特性選擇適合之EMC測試項目，並應依據其作動條件與重要等級選擇適當之性能要求...等，因此測試前的測試計劃在車輛零組件EMC測試上是非常重要的，甚至有些車廠要求測試計劃需經過審查許可才可執行測試。因此建議相關業者在執行測試前，應謹慎研擬測試計劃，才能瞭解產品真正的EMC性能。

五、參考文獻

- [1] CISPR 25:2002-08, Radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles, boats, and on devices - Limits and methods of measurement.
- [2] ISO 11452-1:2005-02, Road vehicles - Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy - Part 1: General principles and terminology
- [3] SAE J1113-1:2002-04, Electromagnetic Compatibility Measurement Procedures and Limits for Components of Vehicles, Boats (up to 15 m), and Machines (Except Aircraft) (50 Hz to 18 GHz)
- [4] SAE J1812:1996-10, Function Performance Status Classification for EMC Immunity Testing.