



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCATRONICA

TESI DI LAUREA

PROVE DI VIBRAZIONE
PER LA CERTIFICAZIONE
DEGLI APPARECCHI

Relatore: Prof. ALESSANDRO SONA

Correlatore: Ing. RENZO BEGHETTO

Laureando: STEFANO BENETTI

Matricola 563892-IMC

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

a Marco Bettiol, che dai cieli
mi dá sempre una mano

Sommario

Nella parte iniziale di questa relazione compiremo una panoramica sui “tipi di norme” piú utilizzate nell’ambito delle “prove di vibrazione”. Successivamente si illustreranno la strumentazione necessaria (le cui caratteristiche appaiono nelle tabelle allegate) per effettuare un test di vibrazione. Completeremo l’analisi con i possibili problemi che riguardano i supporti di fissaggio del prodotto (denominati fixture) al generatore di vibrazione.

Seguirá l’analisi del processo di taratura dell’apparecchiatura.

Verrá poi illustrato il metodo di *setup* di prove del *software* a disposizione, delle tre principali norme base, ossia:

- Prove di vibrazione sinusoidale
- Prove d’urto
- Prove di vibrazione aleatoria a larga banda.

Infine daremo relazione di due casi esemplari costituiti dalle prove pratiche su due elementi forniti dall’industria.

Indice

Sommario	v
Indice	vii
Elenco delle tabelle	ix
Elenco delle figure	xi
Introduzione	xiii
1 Quadro normativo sulle prove di vibrazione	1
1.1 Introduzione	1
1.2 La norma BASE EN60068-2-6	1
1.2.1 Moto fondamentale e moti spuri	2
1.2.2 Tolleranza sul segnale	2
1.2.3 Strategia di controllo	2
1.2.4 Ampiezza della vibrazione	3
1.2.5 Tempi standard della prova di durata	3
1.2.6 Prova	4
1.2.7 Misure finali	5
1.3 La norma BASE EN60068-2-27	5
1.3.1 Descrizione del test	5
1.3.2 Forme base dell'impulso	5
1.3.3 Frequenza di ripetizione	5
1.3.4 Moto negli assi perpendicolari	5
1.3.5 Sistema di Misura	6
1.3.6 Montaggio e severit�	7
1.3.7 Procedure di test	7
1.4 La norma BASE EN60068-2-64	7
1.4.1 Requisiti per l'apparecchio sotto test	7
1.4.2 Sistema di misura	8
1.4.3 Valori prescritti dalla norma	8
1.5 La norma BASE EN60068-2-47	8
1.5.1 Montaggio, se l'oggetto in prova � un componente	8
1.5.2 Montaggio, dove l'oggetto in prova � un prodotto imballato	10
1.6 La norma EN60721-3-0	10
1.6.1 Introduzione	10
1.6.2 Contenuti e struttura della norma	10
1.6.3 Informazioni generali per la scelta di parametri ambientali e severit� per le classi	11
1.6.4 Guida all'uso della pubblicazione IEC 721-3	12
1.6.5 Durata e frequenza di accadimento	12
1.7 La norma EN60721-3-5	13
1.8 La norma di prodotto 61373	14
1.8.1 Sequenza delle prove	15

2	Le prove di Vibrazione	33
2.1	Introduzione	33
2.2	Strumentazione per un test di vibrazione	33
2.2.1	Funzionamento della Strumentazione	34
2.3	Fixture e loro problematiche	36
2.4	Calibrazione dello shaker	37
3	Grafici e programmazione di prove di vibrazione	47
3.1	Grafici prove sinusoidali	47
3.2	Grafici per prove d'urto	49
3.3	Grafici per prove random	49
4	Esempi di prove effettuate durante lo stage	55
4.1	Primo Caso	55
4.2	Secondo Caso	55
	Conclusioni	103
	Bibliografia	105

Elenco delle tabelle

2.1	Specifiche dell'amplificatore DPA10K.	35
2.2	Specifiche dell'accelerometro Monoassiale.	36
2.3	Specifiche dell'accelerometro Triassiale.	37

Elenco delle figure

1.1	Caratteristica in frequenza del sistema di misura completo	6
1.2	Banda di Tolleranza per la densità spettrale di accelerazione	9
1.3	Storia temporale della eccitazione stocastica	9
1.4	Esempi dei mezzi evidenti per il fissaggio dei componenti	17
1.5	Esempi di montaggio di componenti solo mediante i terminali	18
1.6	Esempi di montaggio di componenti solo mediante il corpo	19
1.7	Esempi di montaggio di componenti mediante il corpo e i terminali	20
1.8	Fattori generalizzati di trasmissibilità per materiali imballati	21
1.9	Diagramma della frazione di tempo o della frazione del numero complessivo degli eventi quando viene superata una determinata severità ambientale	22
1.10	Durata totale di applicazione, di un singolo evento e frequenza di accadimento	23
1.11	Classificazione delle condizioni meccaniche	24
1.12	Determinazione parametri per prove meccaniche nelle prove della norma 60721-3-5 (parte 1 di 3)	25
1.13	Determinazione parametri per prove meccaniche nelle prove della norma 60721-3-5 (parte 2 di 3)	26
1.14	Determinazione parametri per prove meccaniche nelle prove della norma 60721-3-5 (parte 3 di 3)	27
1.15	Categorie di distinzione di un apparecchio in base alla zona di montaggio	28
1.16	Assi convenzionali per un vagone ferroviario	28
1.17	Prova di severità e gamma di frequenze per prove funzionali di vibrazione casuale	29
1.18	Prova di severità e gamma di frequenze per prove di durata simulata a livelli di vibrazione casuale incrementati	29
1.19	Accelerazione di picco e durata nominale dell'impulso per le prove di urto	30
1.20	Accelerazione di picco e durata nominale dell'impulso per le prove di urto	31
2.1	Shaker con annessa slip table (o tavola vibrante)	33
2.2	L'amplificatore dello shaker	39
2.3	Sezione dello shaker	40
2.4	Dettaglio superiore sulla sezione dello shaker	40
2.5	Tipi di accelerometri utilizzati	41
2.6	Schema del funzionamento a catena chiusa di un sistema per le prove di vibrazione	41
2.7	Esempio di fixture	42
2.8	Fixture utilizzata per un test di vibrazione in laboratorio	42
2.9	Indagine in frequenza di una fixture (asse Y)	43
2.10	Indagine in frequenza di una fixture (asse X)	43
2.11	Indagine in frequenza di una fixture (asse Z)	44
2.12	Collegamento in serie di ingressi e uscite del condizionatore di segnale insieme con un voltmetro	44
2.13	Finestra di dialogo con l'operatore durante la calibrazione dello shaker	45
2.14	Finestra di dialogo con l'operatore durante la calibrazione dello shaker	45
3.1	Grafico con andamento ad accelerazione costante	47
3.2	Grafico con frequenza di crossover	48
3.3	Grafico con andamento a multi-gradino	49
3.4	Forma di impulso a mezzo seno	50

3.5	Forma di impulso a dente di sega	51
3.6	Forma di impulso trapezoidale	51
3.7	Input del software per prove d'urto	53
3.8	Input del software per prove aleatorie	53
4.1	Test Report del primo caso	57
4.2	Test Report del primo caso	58
4.3	Test Report del primo caso	59
4.4	Test Report del primo caso	60
4.5	Test Report del primo caso	61
4.6	Test Report del primo caso	62
4.7	Test Report del primo caso	63
4.8	Test Report del primo caso	64
4.9	Test Report del primo caso	65
4.10	Test Report del primo caso	66
4.11	Test Report del primo caso	67
4.12	Test Report del primo caso	68
4.13	Test Report del primo caso	69
4.14	Test Report del primo caso	70
4.15	Test Report del primo caso	71
4.16	Test Report del primo caso	72
4.17	Test Report del primo caso	73
4.18	Test Report del primo caso	74
4.19	Test Report del primo caso	75
4.20	Test Report del primo caso	76
4.21	Test Report del secondo caso	77
4.22	Test Report del secondo caso	78
4.23	Test Report del secondo caso	79
4.24	Test Report del secondo caso	80
4.25	Test Report del secondo caso	81
4.26	Test Report del secondo caso	82
4.27	Test Report del secondo caso	83
4.28	Test Report del secondo caso	84
4.29	Test Report del secondo caso	85
4.30	Test Report del secondo caso	86
4.31	Test Report del secondo caso	87
4.32	Test Report del secondo caso	88
4.33	Test Report del secondo caso	89
4.34	Test Report del secondo caso	90
4.35	Test Report del secondo caso	91
4.36	Test Report del secondo caso	92
4.37	Test Report del secondo caso	93
4.38	Test Report del secondo caso	94
4.39	Test Report del secondo caso	95
4.40	Test Report del secondo caso	96
4.41	Test Report del secondo caso	97
4.42	Test Report del secondo caso	98
4.43	Test Report del secondo caso	99
4.44	Test Report del secondo caso	100
4.45	Test Report del secondo caso	101
4.46	Test Report del secondo caso	102

Introduzione

Una norma é un insieme di regole e di requisiti che possono riferirsi a prodotti o a processi. La standardizzazione abbina in un unico documento, generalmente riconosciuto, le esigenze formulate da tutte le istituzioni, quali produttori, associazioni di consumatori, legali, istituti di ricerca, enti di prova e di certificazione.

Una cosa importante da sottolineare é che il marchio CE é un *marchio di sicurezza* e non un *marchio di qualità*, e nasce per garantire che un dato apparecchio soddisfi le *direttive europee sulla sicurezza*, senza garantire che tale apparecchio sia funzionale o che offra le funzioni per cui é nato.

Negli ultimi anni il *marchio CE* ha iniziato a fungere anche da fattore di protezione dei prodotti europei, che vengono costruiti secondo precise prescrizioni e verificate con apposite prove, a differenza dei prodotti importati da altri stati,- in particolare paesi in via di sviluppo- dove i prodotti vengono costruiti senza apprezzabili accorgimenti di sicurezza nella produzione e nel prodotto finale.

Nell'ambito delle prove di vibrazione si possono classificare le seguenti tipologie di normative: norme base, norme di prodotto e norme applicate in base al fattore ambientale del dispositivo sotto test.

Ogni costruttore, quando deve certificare un prodotto puó seguire due strade. La prima é quella di costruire il prodotto in osservanza della direttiva; la seconda é quella di seguire procedure predefinite secondo le norme armonizzate e di verificare le prescrizioni al collaudo dell'apparecchio. La maggior parte dei costruttori di apparecchi, segue la seconda via, sia per una maggiore rispondenza ai requisiti previsti nelle norme armonizzate, sia perché nelle direttive non sono contenuti limiti precisi, ma solamente indicazioni generali.

La ditta CMC, presso la quale le prove sono state condotte, é un laboratorio indipendente nato nel 1995. Vi si eseguono prove, misure e certificazioni di apparecchi e sistemi elettrici, elettronici ed elettromeccanici, per la verifica della rispondenza a direttive nell'ambito di prove di sicurezza elettrica, compatibilità elettromagnetica e prove ambientali. Durante il periodo di tirocinio si sono svolte numerose prove ambientali e, nello specifico, prove di vibrazione.

Quadro normativo sulle prove di vibrazione

1.1 Introduzione

Nel lancio di nuovi prodotti, gli enti di certificazione a stretto contatto con i produttori, hanno sviluppato una sequenza di regole per effettuare collaudi nei vari ambiti di utilizzo dei prodotti che vengono immessi nel mercato.

La progettazione si riferisce in primis alle condizioni ambientali cui é destinato il prodotto, sia esso un componente o un compiuto finale.

Conseguentemente vengono definite le norme da utilizzare, per eseguire le prove di collaudo necessarie a verificare che il dispositivo, in funzionamento normale o di guasto, non risulti pericoloso per l'utente.

Nel seguente capitolo vengono elencate le Norme Base, le quali descrivono le tipologie di prove da effettuarsi su di un prodotto (di queste verrà esposta in maniera più dettagliata la norma delle vibrazioni sinusoidali per dare un'idea di come sia articolata una norma) . In seguito verranno invece trattate alcune delle norme della serie EN 60721-3-X, le quali forniscono al progettista i parametri e le tipologie di prove da effettuare a seconda dell'ambiente di utilizzo dell'oggetto sotto test (ci si soffermerá solo sulle prove di vibrazione); verrà inoltre poi illustrata, nel dettaglio, la norma relativa a oggetti montati su veicoli terrestri.

Infine sarà trattata la norma di prodotto EN61373 specifica per test di dispositivi utilizzati in ambito ferroviario.

1.2 La norma BASE EN60068-2-6

La norma fa parte della serie IEC/EN 60068 relativa alle prove ambientali (Climatiche e Meccaniche) e si occupa in particolare delle vibrazioni sinusoidali. In essa viene descritto un metodo di prova che stabilisce una procedura normalizzata per determinare la capacità di componenti, apparecchiature ed altri prodotti di resistere a specificate severità di vibrazioni sinusoidali. Lo scopo di questa prova consiste nel determinare qualsiasi debolezza meccanica e/o degradazione nelle prestazioni attribuite ai campioni e nell'usare questo dato, congiuntamente alla specifica particolare, per decidere dell'accettabilità del campione. In alcuni casi, il metodo di prova può anche essere utilizzato per dimostrare la robustezza meccanica dei campioni e/o per studiare il loro comportamento dinamico. Può essere utilizzato anche per classificare i componenti in categorie.

La norma definisce:

- Requisiti di prova (moto fondamentale, moto rotazionale, moto trasversale, tolleranze, scansione, ecc.)
- Severità (banda di frequenza, ampiezza della vibrazione, durata della prova)
- una guida generale per la prova (vedesi allegato A)
- le regole per scegliere le severità per i componenti e le apparecchiature (vedesi allegato B e C)

1.2.1 Moto fondamentale e moti spuri

Il moto fondamentale deve essere una funzione sinusoidale del tempo e tale che i punti di fissaggio del campione si muovano essenzialmente in fase e lungo linee rette parallele, tenuto conto delle limitazioni previste. Infatti la massima ampiezza della vibrazione nei punti di verifica lungo un qualsiasi asse perpendicolare all'asse specificato non deve superare il 50% dell'ampiezza specificata fino a 500 Hz o il 100% per frequenze maggiori di 500 Hz. Le misure devono solo coprire la gamma di frequenze specificate. In casi particolari, per esempio per piccoli campioni, l'ampiezza del moto trasversale ammissibile può essere limitata al 25%, qualora ciò venga richiesto nella specifica particolare. In alcuni casi, per esempio per campioni di notevoli dimensioni o di grande massa oppure ad alcune frequenze, può risultare difficoltoso rispettare i valori dati sopra. In questi casi, la specifica particolare deve stabilire quale dei seguenti requisiti si applica:

1. deve essere rilevato qualsiasi moto trasversale con ampiezza superiore a quella sopra riportata e esso deve essere citato nel rapporto di prova; oppure
2. non è necessario rilevare il movimento trasversale se si conosce che esso non presenta alcun rischio per il campione.

Nel caso di campioni di notevoli dimensioni o di grande massa, si può verificare un moto rotazionale spurio della tavola vibrante, di una certa entità. In tal caso, la specifica particolare deve prescrivere un livello accettabile. Il livello raggiunto deve essere riportato nel rapporto di prova.

1.2.2 Tolleranza sul segnale

Nel caso sia richiesto, si devono effettuare delle misure di tolleranza sul segnale in accelerazione. Esse debbono essere effettuate nel punto di riferimento e debbono interessare le frequenze fino a 5 000 Hz o fino a cinque volte la frequenza di eccitazione, se quest'ultimo valore è più piccolo. Tuttavia, la frequenza massima di analisi può essere portata alla frequenza massima della prova o anche oltre, se questo viene indicato nella specifica particolare. Salvo diversa prescrizione nella specifica, la tolleranza sul segnale non deve superare il 5%. Se richiesto, l'ampiezza in accelerazione del segnale di controllo alla frequenza fondamentale di eccitazione deve essere riportata al valore prescritto per mezzo di un filtro ad inseguimento. Nel caso di campioni di notevoli dimensioni o complessi, laddove i valori prescritti di tolleranza sul segnale non possono essere rispettati per alcune delle frequenze e non è agevole utilizzare un filtro ad inseguimento, l'ampiezza in accelerazione non deve essere ripristinata, ma la tolleranza sul segnale deve essere documentata. L'ampiezza del moto fondamentale lungo l'asse richiesto nei punti di verifica e di riferimento deve essere uguale al valore prescritto, con le tolleranze specificate nella norma. Queste tolleranze comprendono gli errori di strumentazione. A basse frequenze o con campioni di dimensioni notevoli o di grande massa, può risultare difficoltoso rispettare le tolleranze richieste. In questi casi, una tolleranza più ampia o un metodo alternativo di stima debbono essere prescritti nella specifica particolare e precisati successivamente nella documentazione.

1.2.3 Strategia di controllo

La specifica particolare deve indicare se si deve utilizzare un controllo a singolo punto o multipunto.

Quando è necessario, oppure rientra in una richiesta particolare, un controllo multipunto, si deve definire una strategia di controllo. Inoltre la specifica particolare deve indicare

se devono essere controllate al livello specificato l'ampiezza media dei segnali nei punti di verifica oppure l'ampiezza del segnale in un punto scelto (per esempio, quello con ampiezza maggiore). Se non é possibile ottenere un controllo a singolo punto, come richiesto dalla specifica particolare, allora si deve utilizzare un controllo multipunto, verificando il valore medio o estremo dei segnali nei punti di verifica. In entrambi i casi di controllo multipunto, il punto di riferimento é un punto di riferimento fittizio. Il metodo usato deve essere indicato nel rapporto di prova. L'uso del controllo multipunto non garantisce che siano soddisfatte le tolleranze di ciascun punto di verifica. In generale riduce lo scarto dai valori nominali, quando confrontato con il controllo a singolo punto, nel *punto di riferimento fittizio*. Sono disponibili le seguenti strategie.

- **Strategia della media:** Con questo metodo, l'ampiezza di controllo viene calcolata a partire dal segnale in ogni punto di verifica. Un'ampiezza di controllo composta é ottenuta facendo la media aritmetica delle ampiezze di segnale nei punti di verifica. Questa ampiezza di controllo ottenuta con media aritmetica viene poi confrontata con l'ampiezza specificata.
- **Strategia della media ponderata:** L'ampiezza di controllo a_c é ottenuta facendo la media tra le ampiezze di segnale comprese nei punti di verifica tra a_1 e a_n , conformemente ai loro coefficienti di ponderazione da w_1 a w_n :

$$a_c = \frac{(w_1 * a_1 + w_2 * a_2 + \dots + w_n * a_n)}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

- **Strategia degli estremi:** Con questo metodo si calcola un'ampiezza di controllo composta dalle ampiezze estreme massima (MAX) o minima (MIN) dell'ampiezza di segnale misurata in ciascun punto di verifica. Questa strategia produrrá un'ampiezza di controllo che rappresenta l'involuppo delle ampiezze di segnale a partire da ciascun punto di verifica (MAX) o il limite minimo delle ampiezze di segnale a partire da ciascun punto di verifica (MIN).

1.2.4 Ampiezza della vibrazione

L'ampiezza in spostamento, velocità o accelerazione o una loro combinazione deve essere data nella specifica particolare. Al di sotto di una certa frequenza, nota come " frequenza di incrocio ", tutte le ampiezze sono specificate in termini di spostamento costante, mentre al di sopra di questa frequenza, le ampiezze sono date in termini di velocità o accelerazione costante. Per degli esempi di grafici si veda il capitolo 3 a pagina ???. Ciascun valore di ampiezza di spostamento é associato ad un corrispondente valore di ampiezza di accelerazione in modo che l'ampiezza della vibrazione sia la stessa alla frequenza di incrocio.

Dove non sia tecnicamente appropriato utilizzare le frequenze di incrocio date in questo paragrafo, la specifica particolare può associare ampiezze di spostamento e di accelerazione che danno luogo a differenti valori di frequenza di incrocio. In certi casi, si possono anche specificare piú frequenze di incrocio.

1.2.5 Tempi standard della prova di durata

La specifica particolare deve selezionare la/e durata/e fra i valori raccomandati dati di seguito. Se la durata prescritta comporta un tempo di prova maggiore o uguale a 10 h per asse o per frequenza, questo tempo può essere suddiviso in periodi di prova separati a condizione che questo non implichi una diminuzione delle sollecitazioni nel campione. É possibile scegliere la durata in base a vari criteri specificati in seguito:

- **Prova di durata tramite scansioni**

La durata della prova di durata per ogni asse deve essere data come numero di cicli di scansione selezionati dalla specifica particolare o può essere scelta fra i valori seguenti:

1, 2, 5, 10, 20, 50, 100

Quando é richiesto un numero maggiore di cicli di scansione, conviene applicare le medesime serie.

- **Prova di durata a frequenza fissa**

Il tempo della prova di durata, lungo ciascun asse appropriato e a ciascuna frequenza rilevata durante la ricerca della risposta vibratoria, deve essere indicato nella specifica particolare o scelta fra i valori dati di seguito, con una tolleranza dallo 0 al 5%:

10 min; 30 min; 90 min; 10 h

1.2.6 Prova

La specifica particolare deve prescrivere il numero degli assi, nei quali il campione sarà sottoposto a prova di vibrazione, e la loro posizione relativa. In assenza di tali prescrizioni nella Specifica particolare, il campione sarà sottoposto alle vibrazioni, in successione, secondo tre assi mutuamente ortogonali, che conviene scegliere in modo che i difetti possano evidenziarsi con maggiore probabilità.

Il segnale di controllo nel punto di riferimento deve essere derivato dai segnali nei punti di verifica e deve essere utilizzato per il controllo a punto singolo o multiplo.

Nella specifica particolare, la procedura di prova applicabile deve essere scelta fra le fasi elencate nel seguito. In generale, le fasi della prova devono essere eseguite in sequenza su uno stesso asse e quindi ripetute sugli altri assi.

Misure (accorgimenti) particolari sono da prendersi quando un campione destinato normalmente ad essere utilizzato con isolatori di vibrazione deve essere provato senza di essi . Accorgimenti particolari sono da prendersi anche quando un prodotto destinato normalmente ad essere trasportato con imballaggio deve essere provato senza di esso.

Quando é richiesto dalla specifica particolare, al controllo della ampiezza di vibrazione prescritta deve essere aggiunta una limitazione sulla massima forza di eccitazione applicata al sistema vibrante. Il metodo di limitazione della forza deve essere precisato nella specifica particolare.

Fra le tipologie di prove che tale norma include si elencano:

- Ricerca della risposta vibratoria
- Durata tramite scansioni
- Durata a frequenza fissa(a frequenza di risonanza centrata oppure scansioni in frequenza a banda stretta)

tali prove verranno trattate con degli esempi nel capitolo 4 a pagina 55.

1.2.7 Misure finali

Il campione deve essere sottoposto ai controlli visivi, dimensionali e funzionali prescritti dalla specifica particolare. La specifica particolare deve fornire i criteri sulla base dei quali si verifica l'accettazione o il rifiuto del campione.

1.3 La norma BASE EN60068-2-27

Questa norma fa parte della serie EN/IEC 60068 relativa alle prove ambientali ed in particolare descrive una procedura per determinare la capacità di un campione di sopportare urti ripetuti o non ripetuti di severità specificata, che si possono verificare in fase di trasporto, stoccaggio o anche in fase di lavoro. Questa prova ha lo scopo di rilevare disfunzioni meccaniche o il degrado delle prestazioni per i danni accumulati a causa degli urti. La procedura inoltre serve per determinare l'integrità strutturale del prodotto in prova ai fini del controllo di qualità. La prova è prevista per campioni non imballati o con il loro imballo per il trasporto (inteso come parte del campione). La norma fornisce inoltre le seguenti informazioni:

- le forme d'impulso prescritte per le prove
- gli spettri di risposta agli urti ed altre caratteristiche delle forme di impulso
- un confronto tra le diverse tipologie di prove di urto.

1.3.1 Descrizione del test

Quando la macchina per gli shock test è pronta, con o senza fixture¹ a seconda che sia o meno necessario per il montaggio del campione, la forma d'onda al punto o ai punti di controllo è costituita da un impulso che approssima il più possibile una delle tre curve di accelerazione nel tempo illustrate nelle Figure 3.4, 3.5 e 3.6 a pagina 50.

1.3.2 Forme base dell'impulso

La norma prescrive tre tipi di impulso, nominati *half-sine pulse*, *final-peak saw-tooth pulse* e il *trapezoidal pulse* (ossia impulso a mezzo-seno, impulso a dente di sega e impulso trapezoidale). La scelta della forma di impulsi dipende da più fattori. La norma fornisce dei criteri appropriati per effettuare tale scelta.

1.3.3 Frequenza di ripetizione

La frequenza di ripetizione deve essere tale che il moto relativo all'interno del campione tra gli shock deve essere sostanzialmente pari a zero e il valore di accelerazione nel punto di controllo deve essere all'interno dei limiti indicati nelle rispettive figure degli impulsi.

1.3.4 Moto negli assi perpendicolari

Durante il test l'accelerazione di picco positivo o negativo al **check point(s)**, negli assi perpendicolari a quello previsto, non deve superare il 30% del valore della accelerazione di picco del valore nominale d'impulso nella direzione prevista.

¹le fixture sono dei componenti usati per collegare i campioni da testare allo shaker o alla slip table.

1.3.5 Sistema di Misura

Le caratteristiche del sistema di misura deve essere tale per cui possa essere stabilito che il vero valore dell'impulso attuale, misurato in precedenza nel checkpoint (s), é entro le tolleranze richieste. I requisiti della Figura 1.1 si applicano per la risposta in frequenza del sistema di misura senza l'uso di un *filtro passa-basso* sul segnale di controllo. Quando un filtro passa-basso invece viene utilizzato, le caratteristiche del filtro dovrebbero essere tali che la sua frequenza di taglio (-3 dB punto) non sia inferiore di:

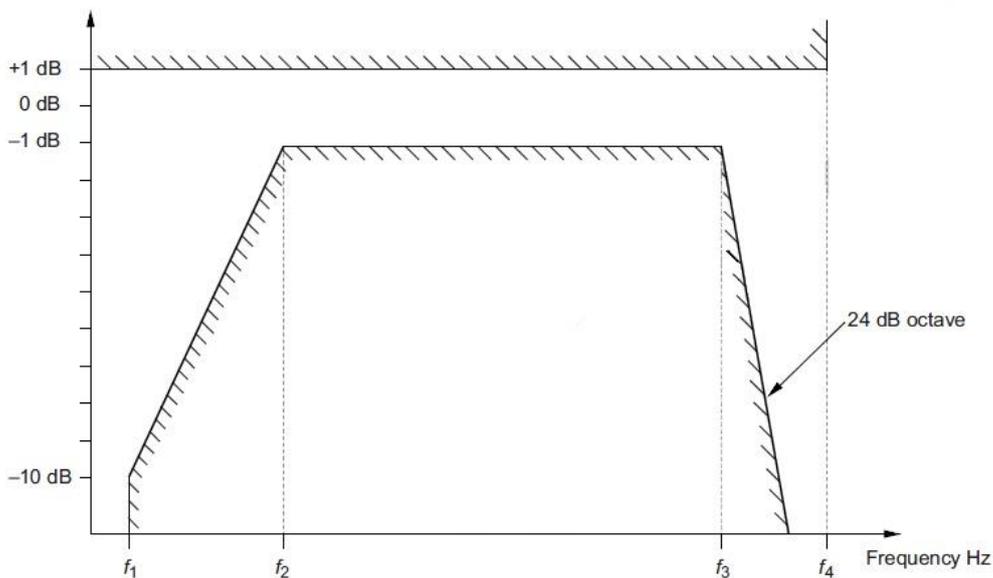
$$f_g = \frac{1.5}{D},$$

dove:

f_g é la frequenza di taglio del filtro passa basso in kHz

D é la durata dell'impulso in ms

La risposta in frequenza del sistema di misurazione globale, che comprende l'accelerometro, puó avere un effetto significativo sulla precisione e deve essere entro i limiti indicati nella Figura 1.1.



IEC 306/08

Duration of pulse ms	Low-frequency cut-off Hz		High-frequency cut-off kHz	Frequency beyond which the response may rise above +1 dB kHz
	f_1	f_2	f_3	f_4
0,2 and 0,3	20	120	20	40
0,5	10	50	15	30
1	4	20	10	20
2 and 3	2	10	5	10
6	1	4	2	4
11	0,5	2	1	2
16, 18 and 30	0,2	1	1	2

Fig. 1.1: Caratteristica in frequenza del sistema di misura completo

1.3.6 Montaggio e severit 

Il campione deve essere montato sulla tavola della macchina per i test di vibrazione o direttamente o tramite una fixture secondo la norma IEC 60068-2-47 descritta in seguito. La specifica relativa del prodotto prescrive la forma dell'impulso e la gravit  dello shock. Le scariche devono essere applicate in tutti e tre gli assi e sia in un senso positivo e negativo. Inoltre gli effetti della gravit  vanno considerati quando richiesto dalla prova. Il numero di urti in ogni direzione possono essere scelti tra i seguenti valori:

3 ± 0
 100 ± 5
 500 ± 5
 1000 ± 10
 5000 ± 10

1.3.7 Procedure di test

Il campione prima dell'inizio del test deve essere sottoposto a un controllo visivo, dimensionale, funzionale e di eventuali altri controlli come prescritto dalla specifica.

Il numero di urti prescritto dalla specifica viene successivamente applicato al campione in ogni direzione dei tre assi perpendicolari tra loro. Nel caso si sia in possesso di un certo numero di campioni identici, essi possono essere orientati in modo che le scosse siano applicate simultaneamente lungo questi tre assi. La specifica relativa deve precisare se il campione deve funzionare durante le prove, inoltre deve indicare se e quando sia richiesto un controllo funzionale durante l'esecuzione della prova.

Alla fine del test il campione deve essere sottoposto ai controlli visivi, dimensionali e funzionali. La specifica deve fornire i criteri sui quali l'accettazione o il rifiuto del campione deve essere basato.

1.4 La norma BASE EN60068-2-64

La norma fa parte della serie IEC/EN 60068 relativa alle prove ambientali ed in particolare essa   dedicata alle prove per le vibrazioni aleatorie a larga banda. Scopo della presente norma   la valutazione della capacit  di un campione di sopportare carichi dinamici senza scadimenti inaccettabili della sua integrit  funzionale e strutturale quando viene sottoposto alle vibrazioni aleatorie prescritte dalla prova. Le vibrazioni aleatorie a larga banda possono essere usate per identificare gli effetti delle sollecitazioni accumulate, l'indebolimento meccanico conseguente e il degrado delle prestazioni. La norma si applica a quei prodotti (principalmente campioni non imballati e non confezionati) che possono essere soggetti a vibrazioni di natura stocastica causate dal trasporto o dal normale uso operativo (es. veicoli spaziali o terrestri).

1.4.1 Requisiti per l'apparecchio sotto test

Le caratteristiche richieste si applicano al sistema di vibrazione completo, che comprende l'amplificatore di potenza, lo shaker, il supporto di prova, modello e sistema di controllo quando vengono montati insieme all'EUT².

Il metodo di prova standardizzato   costituito dalla seguente sequenza di prova normalmente applicata in ciascuno degli assi perpendicolari tra loro del campione in esame:

²EUT= Equipment under test, ossia l'oggetto da testare

1. Una prima indagine in frequenza con un basso livello di eccitazione sinusoidale o casuale
2. L'eccitazione casuale intesa come il carico meccanico o stress test
3. Una indagine finale in frequenza da confrontare poi con i risultati precedentemente ottenuti per individuare eventuali guasti meccanici dovuti ad un cambiamento del comportamento dinamico.

Nei casi in cui il comportamento dinamico sia noto, e si ritenga che dati sufficienti possano essere raccolti durante la prova a piena potenza, si possono omettere il pre-test e il post-test.

Come nel caso delle norme già citate, non devono essere presenti grossi movimenti nei due assi ortogonali a quello principale, inoltre è possibile adottare il metodo di controllo a singolo o multi punto esattamente come nel caso descritto per le due norme base precedenti.

1.4.2 Sistema di misura

La caratteristica del sistema di misura deve essere in grado di determinare se il vero valore della vibrazione, misurata nell'asse destinato a punto di riferimento è ai livelli di tolleranza necessari per la prova. Inoltre la gamma di frequenza del sistema di misura deve estendersi di almeno 0,5 volte la frequenza più bassa (f_1) e di 2,0 volte la frequenza più alta (f_2) della gamma di frequenza di prova (vedi Figura 1.2). La risposta in frequenza del sistema di misura deve essere piatta $\pm 5\%$ nella gamma di frequenza di prova. I valori di accelerazione istantanei nel punto di controllo devono avere una distribuzione approssimativamente normale (gaussiana), come riportato in Figura 1.3.

1.4.3 Valori prescritti dalla norma

Nella norma vengono poi dati dei valori di frequenza f_1 e f_2 in Hz, i valori RMS di accelerazione in ($\frac{m}{s^2}$) e le durate normalizzate del test con una tolleranza del $+5\%$ rispetto al valore indicato.

1.5 La norma BASE EN60068-2-47

La norma fa parte della serie 60068 e descrive i metodi di montaggio di prodotti (confezionati e non) e le prescrizioni di montaggio di apparecchiature ed altri oggetti per le famiglie di prove dinamiche della EN 60068-2. Nel caso in cui l'effetto della forza di gravità non sia trascurabile l'oggetto in prova deve essere montato in modo tale che la forza di gravità agisca nella stessa direzione in cui agirebbe nelle condizioni di esercizio.

1.5.1 Montaggio, se l'oggetto in prova è un componente

Nel caso in cui l'oggetto in prova è un componente, un'apparecchiatura o altro oggetto esso deve essere fissato meccanicamente alla superficie di montaggio dell'apparecchiatura di prova o direttamente o per mezzo di un supporto rigido³.

Se non viene specificato il metodo di montaggio, ma questo risulta evidente dalla configurazione, come in Figura 1.4, si deve adottare quest'ultimo. Se al contrario non è evidente, i metodi di montaggio devono essere scelti, quando possibile, secondo i principi indicati

³Un "supporto rigido di prova" è un supporto per il quale non vi sono risonanze nella gamma di prova o che soddisfa le prescrizioni per le tolleranze di prova in tutti i punti di fissaggio.

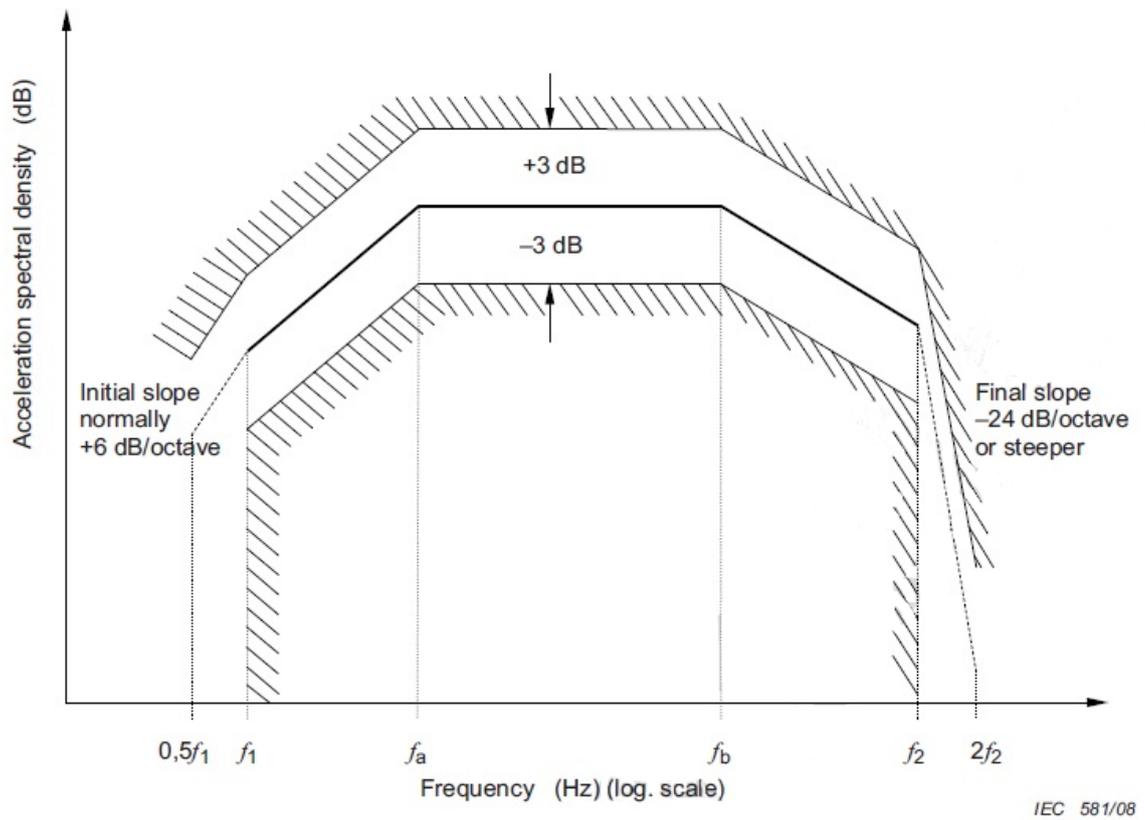


Fig. 1.2: Banda di Tolleranza per la densità spettrale di accelerazione

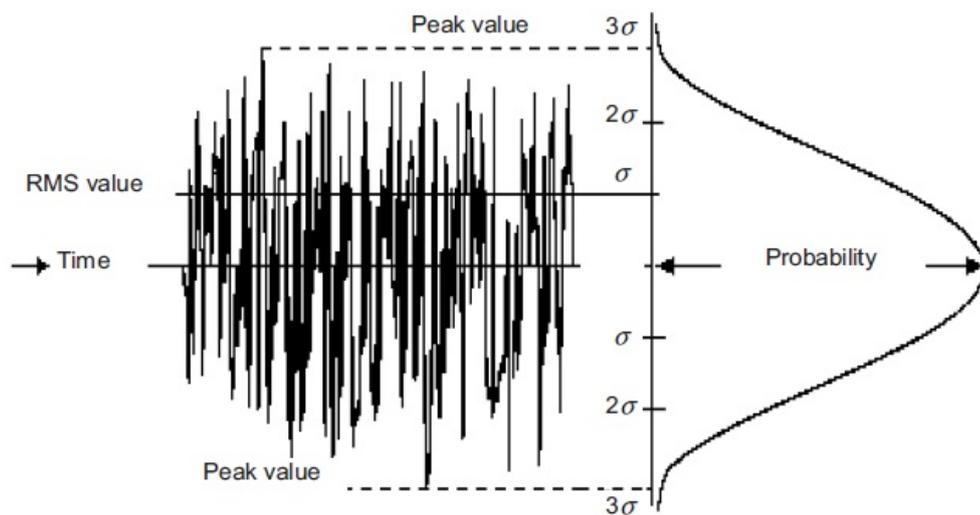


Fig. 1.3: Storia temporale della eccitazione stocastica

nelle Figure 1.5,1.6 e 1.7, a seconda che lo scopo sia quello di caricare dinamicamente i terminali e/o il corpo oppure di determinare la robustezza interna.

1.5.2 Montaggio, dove l'oggetto in prova é un prodotto imballato

Nel caso in cui l'imballaggio del prodotto sia disponibile e siano noti i metodi di trasporto bisogna cercare di riproporre con la prova le medesime condizioni di applicazione reale e successivamente testare se il prodotto sappia resistere alle condizioni di applicazione.

Nel caso in cui non sia disponibile l'imballaggio né siano note le sue prestazioni, sono disponibili delle curve di trasmissibilità generalizzate (si veda la Figura 1.8 a pagina 21) da utilizzare durante la modifica delle severità della prova di vibrazione applicate. Il progettista, di volta in volta, dovrebbe indicare quale curva di trasmissibilità deve essere utilizzata. La trasmissibilità é il rapporto tra i livelli di vibrazione, per esempio, in termini di spostamento, velocità o ampiezza di accelerazione, tra la risposta del prodotto all'interno dell'imballaggio e quella dell'ingresso sulla/e superficie/i esterna/e dell'imballo, espressa nella stessa unità di misura e nella stessa direzione della vibrazione.

La Figura 1.8 fornisce quattro curve, ciascuna rappresenta la trasmissibilità per una diversa rigidità del materiale di imballaggio; il materiale piú rigido produce la frequenza di risonanza piú elevata. Se si utilizza il metodo di prova delle vibrazioni sinusoidali della IEC 60068-2-6, il livello di vibrazione specificato dovrebbe essere moltiplicato, per ciascuna frequenza, per i valori presi dalla curva scelta.

Se viene utilizzato il metodo di prova delle vibrazioni aleatorie a larga banda della IEC 60068-2-64, avendo scelto la curva di trasmissibilità appropriata dalla Figura 1.8, il livello di densità spettrale dell'accelerazione specificata deve essere moltiplicato, per ciascuna frequenza, per il quadrato del valore preso da questa curva.

1.6 La norma EN60721-3-0

1.6.1 Introduzione

La presente norma stabilisce le classi dei parametri ambientali e le loro severità, che coprono le condizioni estreme (di breve durata) cui può essere sottoposto un prodotto durante il trasporto, l'installazione, l'immagazzinaggio e l'uso. Si indicano gruppi di classi diverse a causa dello svariato utilizzo del prodotto (per es. luoghi riparati dalle intemperie, montaggio su veicoli di terra, trasporto). Le classi tengono conto anche del grado di limitazione nell'uso del prodotto: dalle condizioni estremamente limitate (per es. sale a temperatura controllata) a quelle non limitate. La classificazione comprende sia le condizioni naturali sia quelle create dall'uomo.

In specifico la presente norma é una guida all'utilizzo di tutte le parti della pubblicazione IEC 721-3. Essa contiene le informazioni generali, comprese le informazioni inerenti all'uso e alle limitazioni delle classi indicate nelle diverse parti della stessa. Essa descrive le differenze tra le condizioni ambientali, cui può essere sottoposto un prodotto durante l'uso, indicate nelle diverse parti, e le condizioni di prova usate per accertare che il prodotto funzioni in modo soddisfacente in tali condizioni ambientali.

1.6.2 Contenuti e struttura della norma

Gruppi separati di classi di condizioni ambientali sono dati per le seguenti applicazioni del prodotto:

- Pubblicazione IEC 721-3-1: Immagazzinamento
- Pubblicazione IEC 721-3-2: Trasporto
- Pubblicazione IEC 721-3-3: Uso in posizione fissa in luoghi riparati dalle intemperie

- Pubblicazione IEC 721-3-4: Uso in posizione fissa in luoghi non riparati dalle intemperie
- Pubblicazione IEC 721-3-5: Installazione in veicoli terrestri
- Pubblicazione IEC 721-3-6: Installazioni su navi
- Pubblicazione IEC 721-3-7: Uso mobile e non fisso

Inoltre le classi sono identificate da:

- una **cifra** che definisce il campo di applicazione (1 per l'immagazzinaggio, 2 per il trasporto, 3 per l'uso in un luogo fisso, ecc.);
- una **lettera** per le condizioni climatiche (K), le condizioni biologiche (B), le sostanze chimicamente attive (C), le sostanze meccanicamente attive (S) e le condizioni meccaniche (M). Si può estendere se necessario;
- un'ulteriore **cifra** che indica la severità, abitualmente la cifra più alta indica le condizioni più severe. Una classe può essere ulteriormente divisa e assumere il simbolo H (alta) o L (bassa), per permettere di individuare le condizioni che per es. possono avere la temperatura estremamente bassa e mai alta.

Esempio: Classe 2K3 Dove

2 sta per trasporto

K condizioni climatiche

3 é la severità

Le parti della pubblicazione IEC 721-3 contengono tabelle che indicano tutte le classi, includendo le severità di ciascun parametro ambientale per ciascuna classe. In più, ogni pubblicazione include un'appendice che indica le condizioni dettagliate, cui si presume possa essere sottoposto un prodotto, che formano una base per la costituzione delle classi. Queste appendici sono fornite per guidare l'utilizzatore della pubblicazione nella scelta della classe appropriata all'applicazione specifica del prodotto.

1.6.3 Informazioni generali per la scelta di parametri ambientali e severità per le classi

I parametri ambientali elencati per una classe sono le "condizioni", cui un prodotto é sottoposto, coperte da quella classe. Le severità fornite per ogni parametro ambientale sono quelle che vengono superate sia per una frazione insignificante del tempo di esposizione continua (per es. condizioni di temperatura), o per una frazione insignificante del numero totale di avvenimenti (per es. urti). Quindi le classi indicate nella Pubblicazione IEC 721-3 possono essere utilizzate per definire le massime sollecitazioni ambientali di breve durata di un prodotto, ma non per fornire informazioni sulle sollecitazioni ambientali di lunga durata o di durata uguale alla vita del prodotto. Ciò é illustrato in Figura 1.9 a pagina 22. Le severità indicate nella classificazione sono rappresentate da un valore x_1 , mentre le informazioni necessarie a definire il complesso delle sollecitazioni ambientali durante il periodo di vita di un prodotto includono la curva totale, $P(x > x_0)$ per tutti i valori di x_0 . Sebbene i dati disponibili non rendano possibile fornire un valore esatto in base al livello di probabilità usato nella classificazione, $P(x > x_1)$ é generalmente considerato minore

di 0,01. Un prodotto sarà esposto a molteplici parametri ambientali simultaneamente. Alcuni parametri sono statisticamente dipendenti, per es. bassa velocità dell'aria e bassa temperatura, irraggiamento solare e alta temperatura. Altri parametri sono statisticamente indipendenti, per es. vibrazioni e temperatura (generalmente). La probabilità di esposizione simultanea a severità estreme di parametri ambientali indipendenti x ed y è uguale al prodotto delle probabilità di esposizione a ciascuno dei parametri.

1.6.4 Guida all'uso della pubblicazione IEC 721-3

Tutti i prodotti devono conservarsi ed operare in condizioni ambientali più o meno severe. Fondamentalmente saranno influenzati dall'ambiente in due modi:

- per effetto di condizioni ambientali estreme di breve durata, che possono direttamente provocare un cattivo funzionamento o distruggere il prodotto;
- per effetto di una esposizione di lunga durata a sollecitazioni ambientali non estreme, che possono lentamente degradare il prodotto e alla fine provocare un cattivo funzionamento o la distruzione del prodotto.

Le condizioni ambientali estreme di breve durata, definite nella Pubblicazione IEC 721-3, possono verificarsi in ogni momento di vita di un prodotto. Un prodotto può non essere influenzato da una condizione estrema quando è nuovo, ma cede se sottoposto alla stessa condizione dopo essere stato usato per un lungo periodo per effetto di *invecchiamento*. Condizioni estreme possono influire sul prodotto:

- solo quando il prodotto non è in funzione (per es. durante l'immagazzinaggio ed il trasporto),
- solo quando il prodotto è in funzione,

o in entrambi i casi. È perciò importante nella specificazione del prodotto, quando si fa riferimento ad alcune classi della Pubblicazione IEC 721-3, definire se il prodotto deve essere in grado di funzionare o soltanto di conservarsi senza danni permanenti, se sottoposto alle condizioni descritte dalla classe.

La Pubblicazione IEC 721-3 è fondamentalmente destinata ad essere usata come una guida per definire le condizioni ambientali effettive per le quali un prodotto deve essere progettato. Il costruttore deve essere consapevole che l'influenza fisica di condizioni ambientali può essere il risultato di un certo numero di parametri ambientali. Il costruttore o l'utilizzatore del prodotto può ridurre la severità di un parametro ambientale proteggendo il prodotto, per es. utilizzando un rivestimento esterno per il trasporto e l'immagazzinaggio o montando il prodotto su dispositivi che ammortizzino le vibrazioni o gli urti. Le severità ambientali indicate, tramite le classi, nella Pubblicazione IEC 721-3 dovranno essere dunque applicate al prodotto con la sua protezione e non al prodotto soltanto.

1.6.5 Durata e frequenza di accadimento

La Tab. 1 di Figura 1.10 a pagina 23 contiene una scelta normalizzata di durate totali relative a ciascuna applicazione.

La Tab. 2 di Figura 1.10 a pagina 23 contiene una scelta normalizzata di durata massima di un singolo evento, e la Tab. 3 contiene una scelta normalizzata di durata dell'evento o del numero di eventi per unità di tempo. Queste durate o frequenze si possono applicare a ciascun parametro ambientale di una classe che solitamente caratterizza la situazione quando l'apporto di quel parametro è significativo. A seconda della situazione, il termine “ *significativo* ” nel testo si applica a situazioni che seguono:

- si raggiunge lo stato descritto dal parametro, per es. la condensazione, il congelamento;
- Il valore del parametro supera la severità corrispondente della classe inferiore successiva, per es. bassa pressione dell'aria, alta temperatura dell'aria, bassa umidità relativa, alta umidità relativa, ecc.;
- il parametro supera ogni valore della soglia definita, che deve poi essere indicata insieme alla durata e alla frequenza scelta.

Si deve fornire una relazione tra le durate e le frequenze delle Tab. 2 e 3, e le durate totali di applicazione in Tab. 1⁴.

1.7 La norma EN60721-3-5

La presente norma classifica le condizioni ambientali alle quali un prodotto è sottoposto nelle sue condizioni d'uso, quando viene installato in un veicolo terrestre, non facendone parte.

Tali prodotti sono, per es. radio, sistemi di comunicazione, tassametri, misuratori di flusso per i liquidi trasportati dal veicolo, per es. latte, prodotti petroliferi, ecc.

I veicoli sui quali tali prodotti possono essere installati in modo permanente o temporaneo comprendono:

- *veicoli su strada*: vetture passeggeri, veicoli commerciali, veicoli speciali, trattori, rimorchi, moto, ciclomotor, ecc.;
- *veicoli su rotaia*: treni, tram, carri gru, ecc.;
- *veicoli fuoristrada*: vetture a quattro ruote motrici, trattori, motoslitte, ecc.;
- *veicoli per manutenzione e immagazzinamento*: carrelli elevatori a forca (manuali o automatici), trasportatori di bagagli, ecc.;
- *macchine operatrici a propulsione indipendente*: scavatrici, mietitrici, ecc.;

La norma fornisce tramite delle tabelle un determinato numero di classi per le varie tipologie di prove (climatiche, condizioni biologiche, meccaniche). Per un dato prodotto si dovrebbe fare riferimento alla serie completa delle classi, per esempio

5K2/5B1/5C3/5S2/5F1/5M2⁵. La tabella in Figura 1.11 a pagina 24 dá la Classificazione delle condizioni meccaniche.

Nell'allegato A, contenuto nella norma, vengono illustrati i criteri sui quali sono basate le classi. Esso fornisce un'analisi delle condizioni che influenzano la scelta dei parametri ambientali e delle loro severità, e contiene un sommario delle condizioni considerate da ciascuna classe. La tabella contenuta nelle Figure 1.12, 1.14 e 1.14 a pagina 25 riguarda l'ambito delle prove meccaniche. La prima colonna descrive le condizioni. Nelle colonne verticali intitolate " Classe ", il simbolo " x " indica le condizioni considerate da quella classe. La classe più bassa, corrispondente ad una data condizione, viene trovata leggendo orizzontalmente con riferimento a quella condizione, sino ad incontrare il primo simbolo " x ".

Queste condizioni sono coperte dalle tre designazioni di classe che seguono:

⁴le tabelle si riferiscono sempre alla Figura 1.10 a pagina 23

⁵per sapere a cosa si riferiscono le sigle si rimanda alla norma 60721-3-0 a pagina 10.

- 5M1** La classe 5M1 copre le installazioni in veicoli azionati da motori elettrici, utilizzati solo per la circolazione in interni su superfici lisce (per es. robot nei magazzini).
- 5M2** In aggiunta alle condizioni coperte dalla classe 5M1, la classe 5M2 comprende tutti i tipi di veicoli stradali ad eccezione di cingolati e motociclo, scooter e altri veicoli leggeri, utilizzati in aree con sistemi stradali ben sviluppati. Comprende anche le installazioni in vani su superfici che possono essere soggette alla caduta di massi.
- 5M3** In aggiunta alle condizioni coperte dalla classe 5M2, la classe 5M3 comprende I veicoli stradali, in aree senza sistemi stradali ben sviluppati, I veicoli leggeri, I cingolati e le macchine operatrici ad autopropulsione. Comprende le installazioni in luoghi che possono essere direttamente colpiti dalla caduta di massi.

1.8 La norma di prodotto 61373

Questa norma riguarda le prescrizioni delle prove di vibrazione casuale e di urti di apparecchiature/componenti meccanici, pneumatici, elettrici ed elettronici destinati ad equipaggiare rotabili ferroviari. Quello della vibrazione casuale è il solo metodo che deve essere usato per l'approvazione di apparecchiature/componenti. Le prove contenute in questa norma sono specificamente destinate a dimostrare l'attitudine dell'apparecchiatura in prova a sopportare il tipo di vibrazione ambientali alle quali sono normalmente esposti i rotabili ferroviari.

Al fine di conseguire la migliore rappresentazione possibile, i valori citati in questa norma sono stati derivati da misure in esercizio reale fornite da diversi organismi di diverse parti del mondo. Per accertare che la qualità di dette parti sia accettabile, queste devono resistere a prove di durata ragionevole che simulino le condizioni di esercizio alle quali sono esposte nel corso della loro vita. Si possono realizzare delle prove di durata in modi differenti, ciascuna con i propri vantaggi ed inconvenienti; i più comuni sono:

1. per amplificazione: con l'aumento dell'ampiezza e la riduzione della durata;
2. per compressione del tempo: con il mantenimento della storia dell'ampiezza e la riduzione della durata;
3. per decimazione: con la soppressione di parte di dati storici nel caso in cui le ampiezze siano inferiori ad un valore di soglia specifico.

I valori di prova indicati nella presente norma sono divisi in tre categorie, secondo il montaggio dell'apparecchiatura sul veicolo.

Categoria 1 Montaggio su cassa

Classe A Comparti, sottoassiemi, apparecchiature e componenti montati direttamente sopra o sotto la cassa del veicolo

Classe B Qualsiasi parte montata all'interno di un telaio/cassone di apparecchiatura montata a sua volta direttamente sopra o sotto la cassa di un veicolo.

Categoria 2 Montaggio sul carrello

Comparti, sottoassiemi, apparecchiature e componenti che devono essere montati sul carrello di un veicolo ferroviario.

Categoria 3 Montaggio sull'asse

Sottoassiemi, apparecchiature e componenti che devono essere montati sulla sala sala montata di un veicolo ferroviario.

Si veda la Figura 1.15 a pagina 28 per ulteriori chiarimenti.

1.8.1 Sequenza delle prove

Una sequenza possibile delle prove é la seguente:

Prove verticali, trasversali e longitudinali di durata simulata con un livello di vibrazione casuale incrementato; seguite dalle prove di urto verticali, trasversali e longitudinali; seguite da trasporto e manutenzione ed infine prove casuali funzionali verticali, trasversali e longitudinali⁶. Le strategie di controllo sono simili a quelle relative alle norme base, per dettagli si rimanda al Capitolo 1.2 a pagina 1. Si ricorda che comunque il punto di controllo deve essere il piú possibile vicino al punto di fissaggio ed in ogni caso deve essere rigidamente collegato al punto di fissaggio.

Come sopra citato sull'oggetto si vanno ad effettuare una serie di prove nel seguito descritte in maniera piú dettagliata:

Prova funzionale di vibrazione Casuale

Le apparecchiature devono essere provate con i valori efficaci e la gamma di frequenza appropriati dati nella tabella della Figura 1.17 a pagina 29. Nel caso in cui l'orientamento di montaggio dell'apparecchiatura non sia chiaro o sconosciuto, la prova deve essere eseguita nei tre piani con il valore efficace dato per il piano verticale. Queste prove non devono durare meno di 10 minuti (usualmente la durata é di 15 minuti) e l'oggetto sotto test deve essere funzionante durante tutto il periodo della prova.

Prova di durata simulata a livelli di vibrazione casuale incrementati

Le apparecchiature devono essere provate con i valori efficaci e la gamma delle frequenze date dalla tabella della Figura 1.18 a pagina 29.

Come per la prova precedente se l'orientamento di montaggio dell'apparecchiatura é sconosciuto o non risulta chiaro, la prova deve essere eseguita nei tre piani con il valore efficace dato per il piano verticale. La durata della prova deve essere di 5 ore in ciascuno dei tre assi perpendicolari tra loro.

Non é necessario che l'apparecchiatura funzioni durante la prova.

Prova di Urto

L'apparecchiatura sottoposta a prova deve essere assoggettata ad una sequenza di impulsi semisinusoidali unici, ciascuno di durata nominale D e di ampiezza nominale di picco A. L'accelerazione trasversale non deve superare il 30% dell'accelerazione di picco dell'impulso nominale nella direzione prevista in conformitá con la IEC 60068-2-27. I valori di D ed A sono forniti nella tabella in Figura 1.19 a pagina 30, mentre la forma dell'impulso é data in Figura 1.20 a pagina 31. Il numero di urti totali deve essere 18 (3 positivi e 3 negativi in ciascun dei tre piani ortogonali).

Non é necessario che l'apparecchiatura funzioni durante le prove.

⁶si rimanda alla Figura 1.16 a pagina 28 per chiarimenti sull'orientamento.

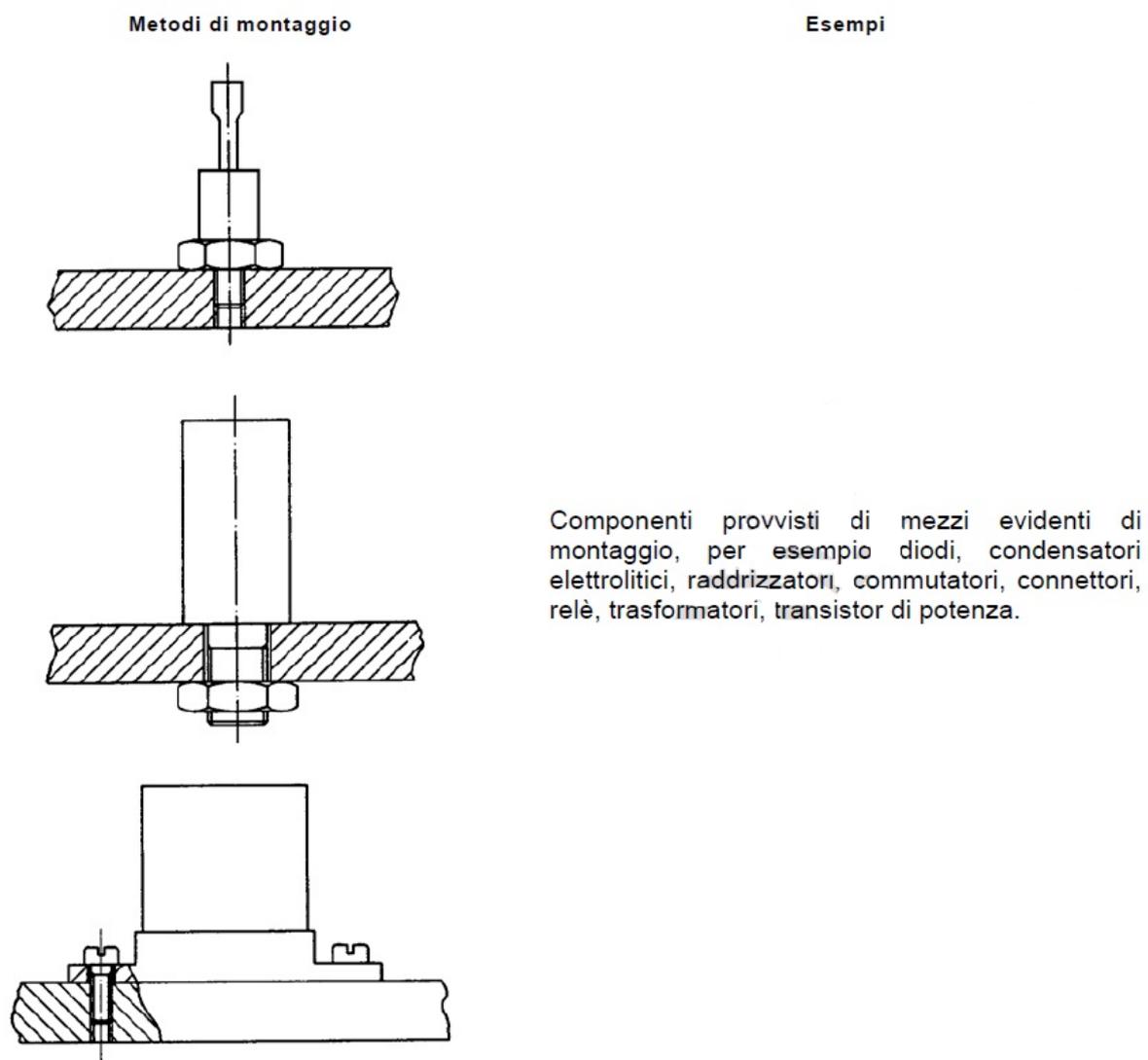


Fig. 1.4: Esempi dei mezzi evidenti per il fissaggio dei componenti

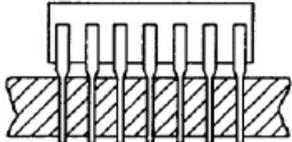
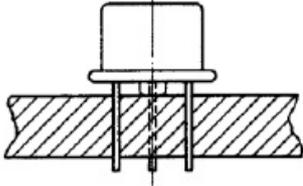
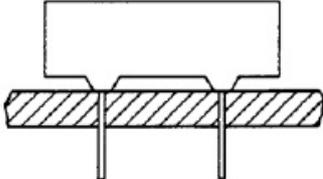
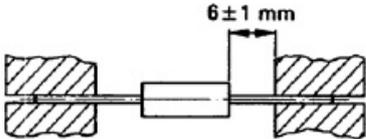
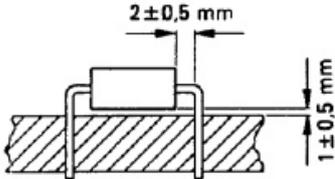
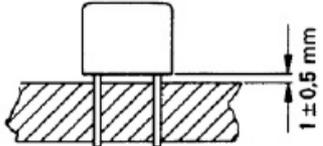
Metodi di montaggio	Esempi
	<p>Componenti come transistor, circuiti integrati, relè e altri, in cui la distanza dell'oggetto dal supporto è definita dal progetto</p>
	
	<p>Resistori, condensatori</p>
	<p>Resistori, condensatori, induttori, diodi</p>
	<p>Resistori, condensatori, induttori, diodi, transistor</p>
	<p>NOTA È importante che la Specifica corrispondente stabilisca se il componente è in contatto o meno con la superficie di montaggio.</p>

Fig. 1.5: Esempi di montaggio di componenti solo mediante i terminali

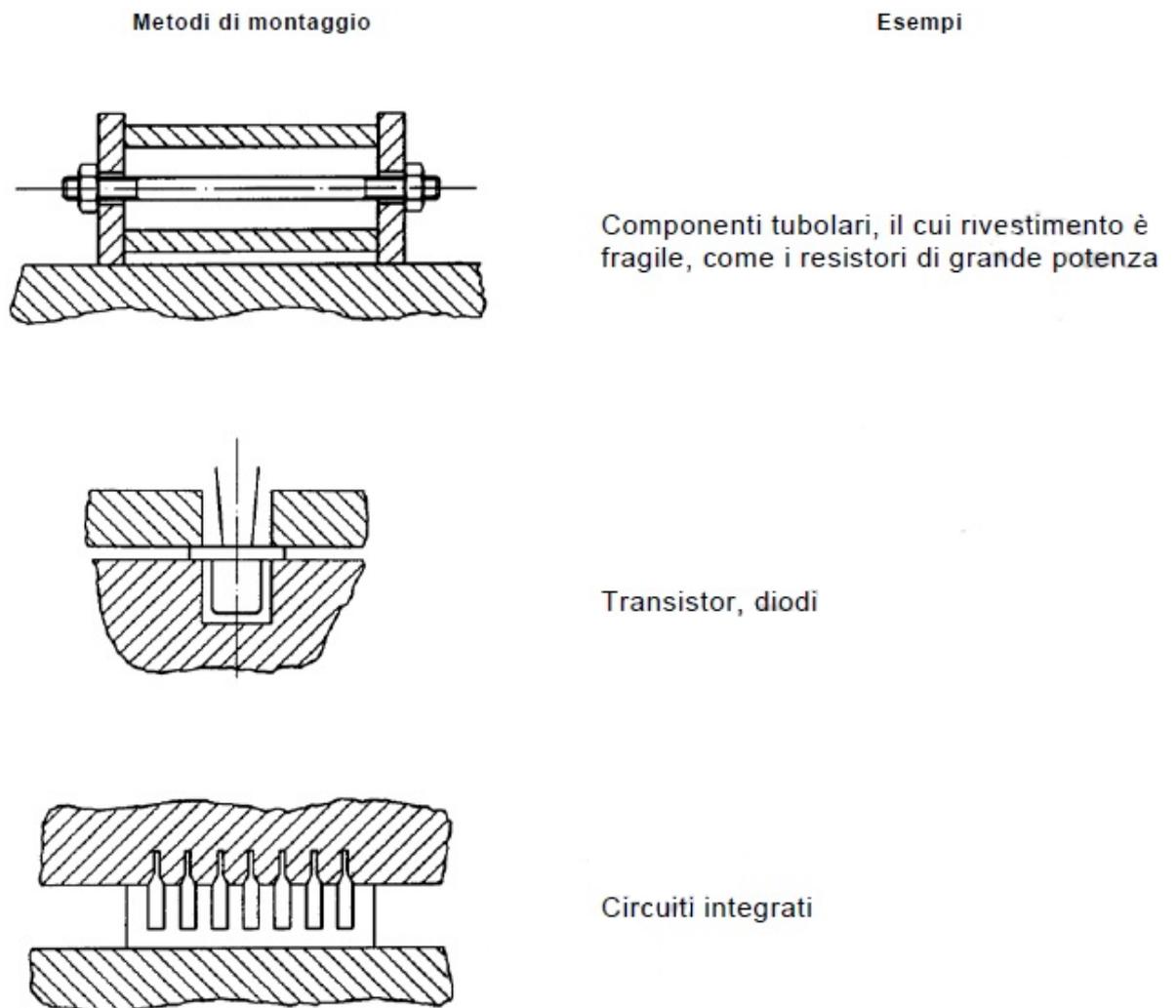


Fig. 1.6: Esempi di montaggio di componenti solo mediante il corpo

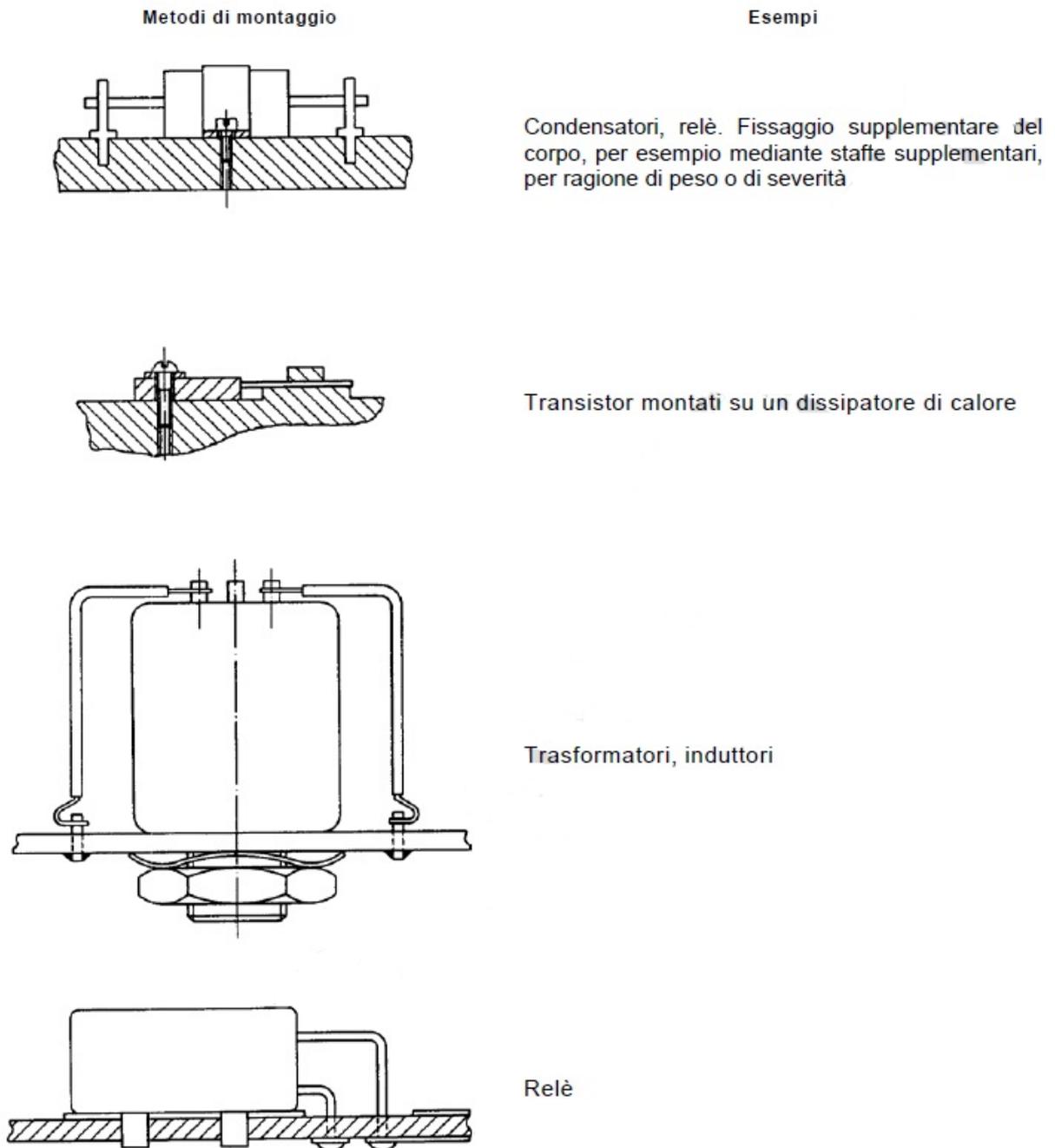


Fig. 1.7: Esempi di montaggio di componenti mediante il corpo e i terminali

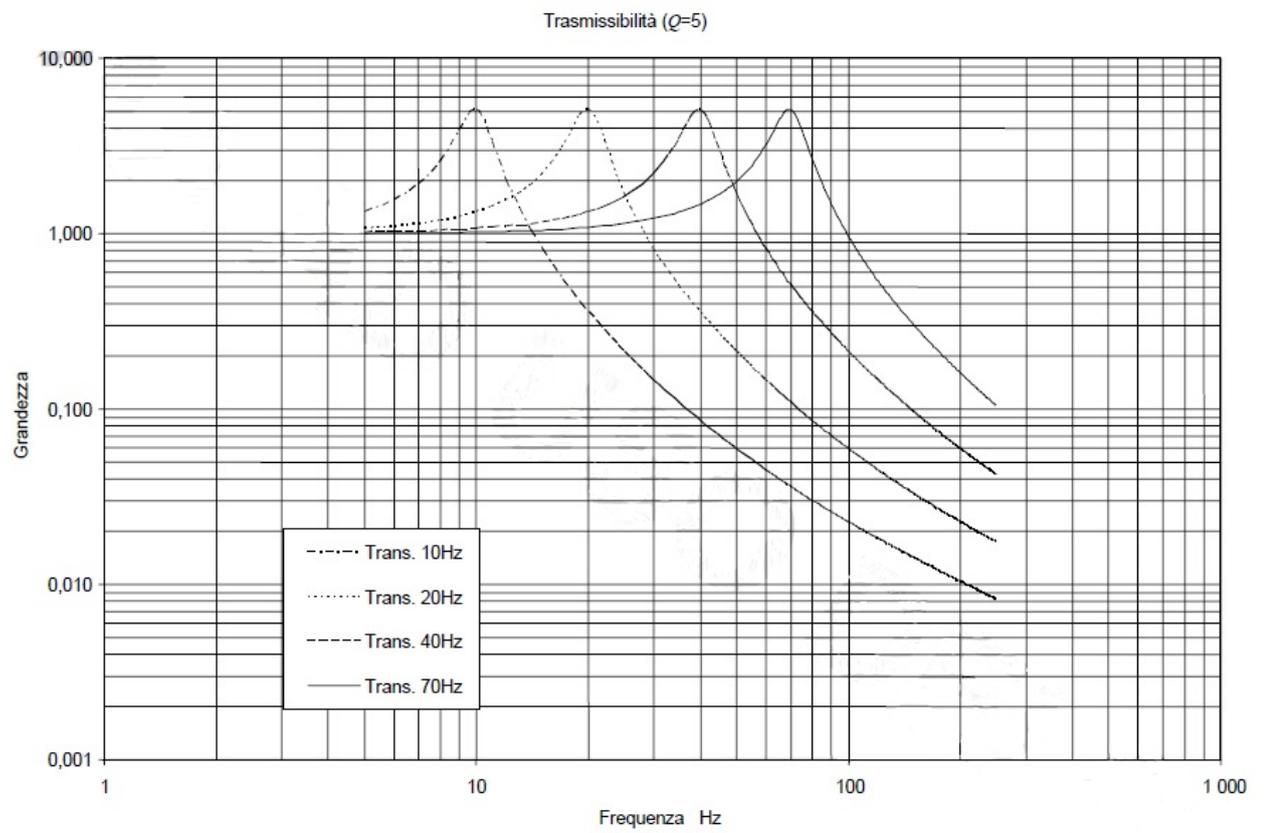


Fig. 1.8: Fattori generalizzati di trasmissibilità per materiali imballati

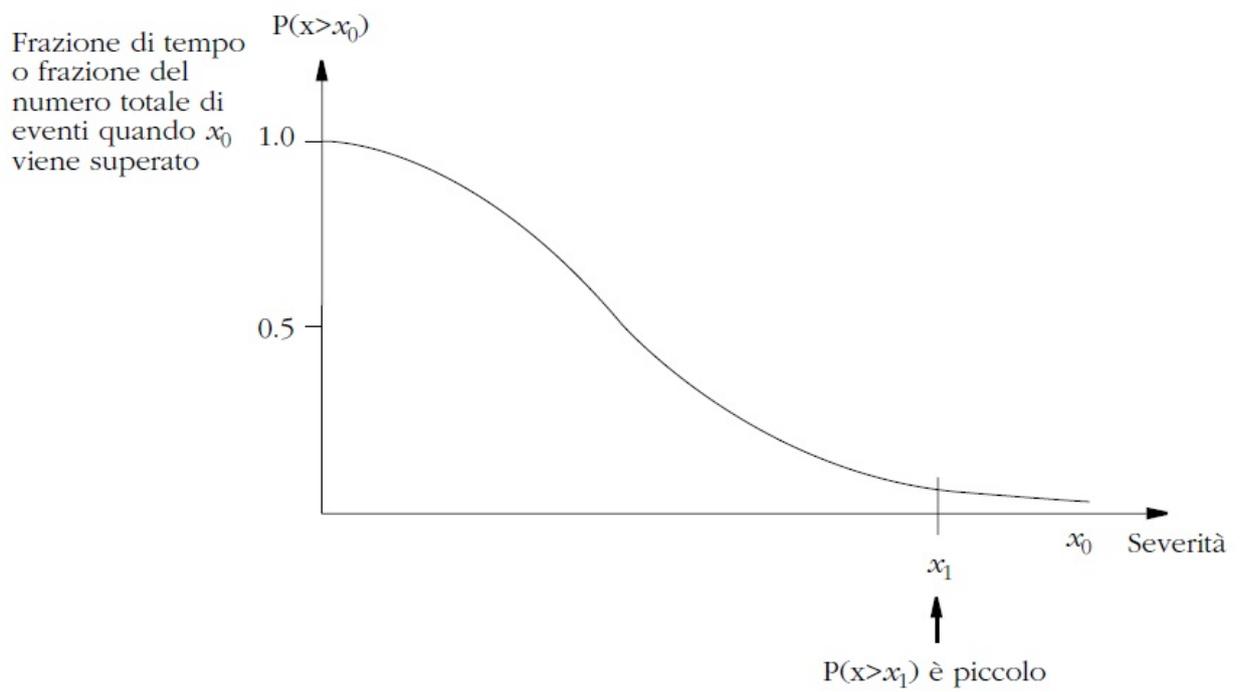


Fig. 1.9: Diagramma della frazione di tempo o della frazione del numero complessivo degli eventi quando viene superata una determinata severità ambientale

Tab. 1 **Durata totale di applicazione**

Applicazione	Durata				
	1 mese	6 mesi	1 anno	2 anni	3 anni
Immagazzinaggio	1 mese	6 mesi	1 anno	2 anni	3 anni
Trasporto	24 h	1 settimana	1 mese	6 mesi	
Uso	1 anno ⁽¹⁾	5 anni	10 anni	20 anni	40 anni

(1) Casi eccezionali possono richiedere una durata molto breve, per es. sonde meteorologiche.

Tab. 2 **Durata massima di un singolo evento**

1	s
10	s
1	min
0,5	h
1	h
8	h
24	h
1	settimana
2	settimane
1	mese

Tab. 3 **Frequenza di accadimento**

Durata di accadimento (per unità di tempo) ⁽¹⁾		Numero degli eventi significativi (per unità di tempo) ⁽¹⁾
0,5 h	o	1
1 h		2
8 h		5
24 h		10
1 settimana		
2 settimane		
1 mese		
2 mesi		
6 mesi		

(1) Unità di tempo da scegliere tra le seguenti: secondo, minuto, ora, 24 h, settimana, mese, anno.

Fig. 1.10: Durata totale di applicazione, di un singolo evento e frequenza di accadimento

Classification of mechanical conditions		Classificazione delle condizioni meccaniche								
Parametro ambientale <i>Environmental parameter</i>	Unità di misura <i>Unit</i>	Classe <i>Class</i>								
		5M1			5M2			5M3		
a) Vibrazione stazionaria, sinusoidale: ⁽¹⁾ ampiezza dello spostamento ampiezza dell'accelerazione gamma di frequenze <i>Stationary vibration, sinusoidal⁽¹⁾: displacement amplitude acceleration amplitude frequency range</i>	mm m/s ² Hz	1,5	5	3,3	10	15	7,5	20	40	
		2-9	9-200	2-9	9-200	200-500	2-8	8-200	200-500	
b) Vibrazione stazionaria, aleatoria: ⁽¹⁾ Densità spettrale di accelerazione gamma di frequenza <i>Stationary vibration, random⁽¹⁾: acceleration spectral density frequency range</i>	m ² /s ³ Hz	0,3	0,1	1	0,3	3			1	
		10-200	200-500	10-200	200-500	10-200			200-500	
c) Vibrazione non stazionaria, urti compresi : Spettro di risposta agli urti Tipo I Accelerazione di picco \hat{a} Spettro di risposta agli urti Tipo II Accelerazione di picco \hat{a} <i>Non-stationary vibration, including shock⁽²⁾: shock response spectrum type I peak acceleration \hat{a} shock response spectrum type II peak acceleration \hat{a}</i>	m/s ² m/s ²		50		100				300	
			No		300				1000	
d) Urti diretti da corpi estranei, pietre <i>Impact from foreign bodies, stones</i>	J		No		5				20	
(1) La gamma di frequenza può essere limitata a 200 Hz anche per le Classi 5M2 e 5M3, per i prodotti montati su una struttura con elevata attenuazione interna. <i>The frequency range may be limited to 200 Hz also for classes 5M2 and 5M3, for products mounted on a structure with high internal damping.</i>										

Fig. 1.11: Classificazione delle condizioni meccaniche

Condizioni di installazione <i>Condition of installation</i>		Classe <i>Class</i>								
		5M1			5M2			5M3		
a) Vibrazione sinusoidale stazionaria <i>Stationary vibration, sinusoidal</i>										
ampiezza dello spostamento <i>displacement amplitude</i>	mm	1,5		3,3			7,5			
ampiezza dell'accelerazione <i>acceleration amplitude</i>	m/s ²		5		10	15		20	40	
gamma di frequenza <i>frequency range</i>	Hz	2-9	9-200	2-9	9-200	200-500	2-8	8-200	200-500	
b) Vibrazione stazionaria aleatoria <i>Stationary vibration, random:</i>										
densità spettrale in accelerazione <i>acceleration spectral density</i>	m ² /s ³	0,3	0,1	1		0,3	3		1	
gamma di frequenza <i>frequency range</i>	Hz	10-200	200-500	10-200		200-500	10-200		200-500	
Veicoli azionati da motori elettrici utilizzati solo per la guida all'interno su superfici piane, per es. i robot nei magazzini <i>Vehicles powered by electrical engines, used only for driven indoors on smooth surfaces, e.g. robots in stores</i>			x			x			x	

Fig. 1.12: Determinazione parametri per prove meccaniche nelle prove della norma 60721-3-5 (parte 1 di 3)

Condizioni di installazione <i>Condition of installation</i>	Classe <i>Class</i>		
	5M1	5M2	5M3
<p>Veicoli stradali a cuscino d'aria, rimorchi a cuscino d'aria, altri veicoli stradali, ad eccezione dei veicoli cingolati, in aree con sistemi stradali ben sviluppati. Sono esclusi i motocicli, gli scooter o altri veicoli leggeri.</p> <p>Treni con sospensioni morbide, carrelli elevatori a forcella. Veicoli azionati da motori a combustione interna, vetture passeggeri: sul cruscotto, al quale possono essere trasmesse vibrazioni ad alta frequenza provenienti dal motore o da parti collegate ad esso</p> <p><i>Air-cushioned road vehicles, air-cushioned trailers, other road vehicles except tracked vehicles in areas with well-developed road systems. Excluding motorcycles, scooters and other vehicles with low mass</i></p> <p><i>Trains with soft suspension, fork-lift trucks. Vehicles powered by internal combustion engines, passenger cars: on instrument panels, to which high-frequency vibrations from engine or from parts connected to the engine may be transmitted</i></p>		X	X
<p>Veicoli stradali in zone prive di un sistema stradale ben sviluppato, rimorchi, treni a sospensioni rigide. Veicoli cingolati e macchine operatrici ad autopropulsione. Veicoli fuoristrada. Motocicli, scooter e altri veicoli leggeri.</p> <p>Tutti i veicoli eccetto le vetture passeggeri: sul cruscotto, al quale possono essere trasmesse vibrazioni ad alta frequenza provenienti dal motore o da parti collegate ad esso</p> <p><i>Road vehicles in areas without well-developed road systems, trailers, trains with hard suspension. Tracked vehicles and self-propelled machinery. Overland vehicles. Motorcycles, scooters and other vehicles with low mass.</i></p> <p><i>All vehicles except passenger cars: on instrument panels to which high-frequency vibrations from engine or from parts connected to the engine may be transmitted</i></p> <p><i>Note: I prodotti montati con collegamento diretto all'unità di azionamento o a parti non isolate da terra tramite le sospensioni, per es. sul carrello rotabile, possono avere vibrazioni in eccesso rispetto a quelle qui indicate. Queste sono attualmente allo studio.</i></p> <p><i>Products mounted with direct connection to the power unit or parts not isolated from the ground by suspension, e.g. on rolling stock bogies, can have vibrations in excess of those given here. These cases are under consideration</i></p>			X

Fig. 1.13: Determinazione parametri per prove meccaniche nelle prove della norma 60721-3-5 (parte 2 di 3)

Condizioni di installazione <i>Condition of Installation</i>		Classe <i>Class</i>		
		5M1	5M2	5M3
c) Vibrazione non stazionaria compresi gli urti: <i>Non-stationary vibration, including shock:</i> spettro di risposta agli urti tipo I, accelerazione di picco \hat{a} <i>shock response spectrum type I peak acceleration \hat{a}</i> spettro di risposta agli urti tipo II, accelerazione di picco \hat{a} <i>shock response spectrum type II peak acceleration \hat{a}</i>	m/s ²	50	100	300
	m/s ²	No	300	1000
Veicoli azionati da motori elettrici utilizzati solo per la guida all'interno su superfici piane, per es. i robot nei magazzini <i>Vehicles powered by electrical engines, used only for driving indoors on smooth surfaces, for example, robots in stores</i>		x	x	x
Veicoli stradali in aree con sistemi stradali ben sviluppati. Rimorchi a cuscino d'aria. Locomotive e vagoni con respingenti appositamente progettati per ridurre gli urti. Carrelli elevatori a forcella. Motocicli, scooter e altri veicoli leggeri sono esclusi. <i>Road vehicles in areas with well-developed road systems. Air cushioned trailers. Locomotives, wagons with specially designed buffers to reduce shock. Fork-lift trucks. Excluding motorcycles, scooters and other vehicles with low mass</i>			x	x
Veicoli stradali in aree senza sistemi stradali ben sviluppati. Rimorchi. Treni, comprese le manovre di smistamento. Motocicli, scooter e altri veicoli leggeri <i>Road vehicles in areas without well-developed road systems Trailers. Wagons, including shunting. Motorcycles, scooters and other vehicles with low mass</i>				x
d) Urti causati da corpi estranei, pietre <i>Impact from foreign bodies, stones</i>	J	No	5	20
Veicoli utilizzati all'interno. Veicoli utilizzati all'esterno: in vani, su superfici non soggette alla caduta massi <i>Vehicles used indoors. Vehicles used outdoors: in compartments, on surfaces which are not subjected to flying stones</i>		x	x	x
In vani, su superfici soggette alla caduta massi <i>In compartments, on surface, which may be subjected to flying stones</i>			x	x
All'esterno, in luoghi che possono essere direttamente colpiti dalla caduta di massi <i>External, in places which may be directly hit by flying stones</i>				x

Fig. 1.14: Determinazione parametri per prove meccaniche nelle prove della norma 60721-3-5 (parte 3 di 3)

Categoria Category	Piazzamento Location	Descrizione del piazzamento dell'apparechiatura Description of equipment location
1 Classe_Class A	M N O I e_and J	Componenti montati direttamente su o sotto la cassa <i>Components which are mounted directly on to or under the car body</i>
1 Classe_Class B	D	Componenti montati entro un comparto sottocassa che a sua volta è fissato alla cassa del veicolo <i>Components mounted into an underframe cubicle which is in turn fixed to the car body</i>
1 Classe_Class B	K e_and E	Componenti montati entro un grande comparto interno che a sua volta è fissato alla cassa del veicolo <i>Components mounted into a large internal cubicle which is in turn fixed to the car body</i>
1 Classe_Class B	F	Componenti montati in un sottoassieme che a sua volta è montato in un comparto, a sua volta fissato alla cassa del veicolo <i>Components mounted into subassemblies which are in turn mounted into a cubicle which is in turn fixed to the car body</i>
2	G	Comparto, sottoassieme, apparecchiature e componenti che sono montati sul carrello di un veicolo ferroviario <i>Cubicles, subassemblies, equipment and components which are mounted on the bogie of a railway vehicle</i>
3	H	Sottoassiemi, apparecchiature e componenti o assiemi che sono montati sulla sala di un veicolo ferroviario <i>Subassemblies, equipment and components or assemblies which are mounted on to the axle assembly of a railway vehicle</i>

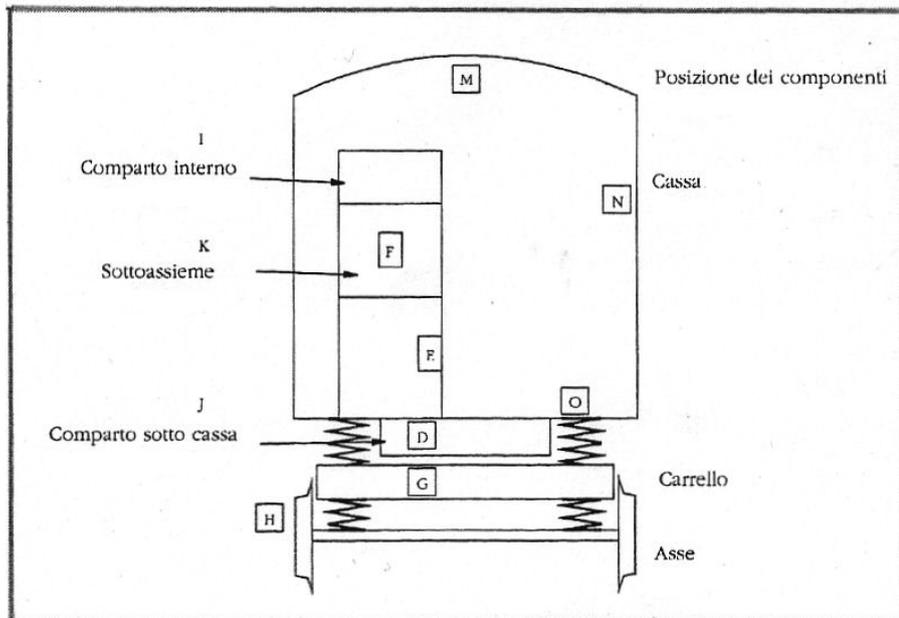


Fig. 1.15: Categorie di distinzione di un apparecchio in base alla zona di montaggio

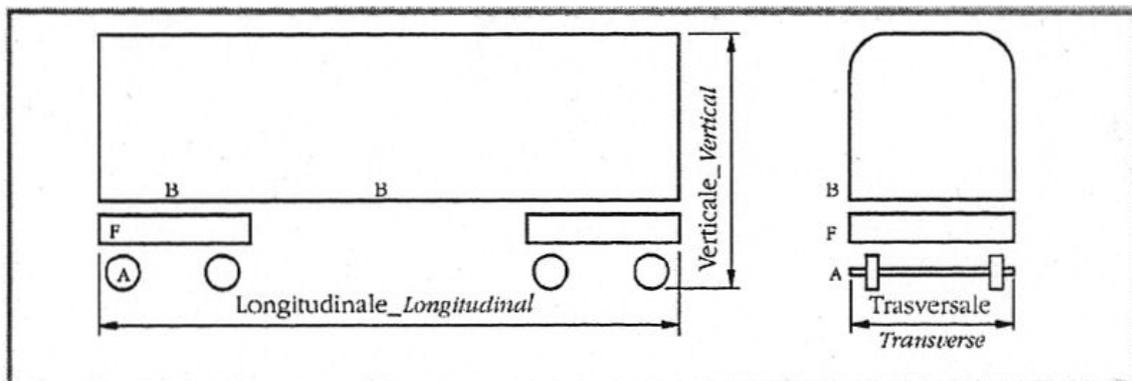


Fig. 1.16: Assi convenzionali per un vagone ferroviario

Test severity and frequency range for functional random vibration tests Prova di severità e gamma di frequenze per prove funzionali di vibrazione casuale

Categoria <i>Category</i>	Orientamento <i>Orientation</i>	Valore efficace <i>RMS</i> m/s ²	Gamma di frequenze <i>Frequency range</i> (vedere fig. <i>see figure</i>)
1 Classe <i>Class</i> A Montaggio su cassa <i>Body mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	0,75	1
	Trasversale <i>Transverse</i>	0,37	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	0,50	
1 Classe <i>Class</i> B Montaggio su cassa <i>Body mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	1,00	2
	Trasversale <i>Transverse</i>	0,45	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	0,70	
2 Montaggio su carrello <i>Bogie mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	4,7	3
	Trasversale <i>Transverse</i>	4,7	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	2,5	
3 Montaggio sull'asse <i>Axle mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	38	4
	Trasversale <i>Transverse</i>	34	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	17	

Fig. 1.17: Prova di severità e gamma di frequenze per prove funzionali di vibrazione casuale

Categoria <i>Category</i>	Orientamento <i>Orientation</i>	Durata di prova di 5 h Valore efficace <i>RMS</i> <i>5 h test period</i> m/s ²	Gamma di frequenze <i>Frequency range</i> (vedere fig. <i>see figure</i>)
1 Classe <i>Class</i> A Montaggio su cassa <i>Body mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	5,90	1
	Trasversale <i>Transverse</i>	2,90	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	3,90	
1 Classe <i>Class</i> B Montaggio su cassa <i>Body mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	7,90	2
	Trasversale <i>Transverse</i>	3,50	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	5,50	
2 Montaggio su carrello <i>Bogie mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	42,5	3
	Trasversale <i>Transverse</i>	37,0	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	20,0	
3 Axle mounted <i>Montaggio sull'asse</i>	Verticale <i>Vertical</i>	300	4
	Trasversale <i>Transverse</i>	270	
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	135	

Fig. 1.18: Prova di severità e gamma di frequenze per prove di durata simulata a livelli di vibrazione casuale incrementati

Categoria <i>Category</i>	Orientamento <i>Orientation</i>	Accelerazione di picco <i>Peak acceleration</i> A m/s²	Durata nominale <i>Nominal duration</i> D ms
1 Classe A e classe B <i>Class A and class B</i> Montaggio su cassa <i>Body mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i> Trasversale <i>Transverse</i> Longitudinale <i>Longitudinal</i>	30 30 50	30 30 30
2 Montaggio su carrello <i>Bogie mounted</i>	Tutti <i>All</i>	300	18
3 Montaggio sull'asse <i>Axle mounted</i>	Tutti <i>All</i>	1 000	6
Nota: Vedere la Fig. 6 per i dettagli concernenti la forma dell'impulso. <i>See figure 6 for pulse shape details.</i>			

Fig. 1.19: Accelerazione di picco e durata nominale dell'impulso per le prove di urto

Shock test tolerance – Bands half sine pulse

Bande di tolleranza delle prove di urto - Impulsi semisinusoidali

CAPTION

- a** Upper bounds
- b** Normal pulse
- c** Lower bounds
- d** Integration time = 1,5 D
- e** Monitoring duration of shock tester = 2,4 D
- f** Monitoring duration of vibration generation = 6 D

LEGENDA

- a** Limiti superiori
- b** Impulso nominale
- c** Limiti inferiori
- d** Durata di integrazione = 1,5 D
- e** Durata di monitoraggio del dispositivo di prova di urto = 2,4 D
- f** Durata di monitoraggio del generatore di vibrazione = 6 D

Categoria <i>Category</i>	Orientamento <i>Orientation</i>	Accelerazione di picco <i>Peak acceleration</i> A (m/s ²)	Durata nominale <i>Nominal duration</i> D (ms)
1 Classe A e Classe B <i>Class A and class B</i> Montaggio su cassa <i>Body mounted</i>	Verticale <i>Vertical</i>	30	30
	Trasversale <i>Transverse</i>	30	30
	Longitudinale <i>Longitudinal</i>	50	30
2 Montaggio su carrello <i>Bogie mounted</i>	Tutti <i>All</i>	300	18
3 Montaggio sull'asse <i>Axle mounted</i>	Tutti <i>All</i>	1000	6

Nota: Alcune apparecchiature di categoria 1 destinate ad applicazioni specifiche possono richiedere prove di urto supplementari con delle accelerazioni di picco A di 30 m/s² e una durata D di 100 ms. In tali casi si raccomanda che tali livelli di prova siano richiesti e concordati prima delle prove.
Some category 1 equipment intended for specific applications may require additional shock testing with peak accelerations A of 30 m/s² and duration D of 100 ms. In such cases these test levels should be requested and agreed prior to testing.

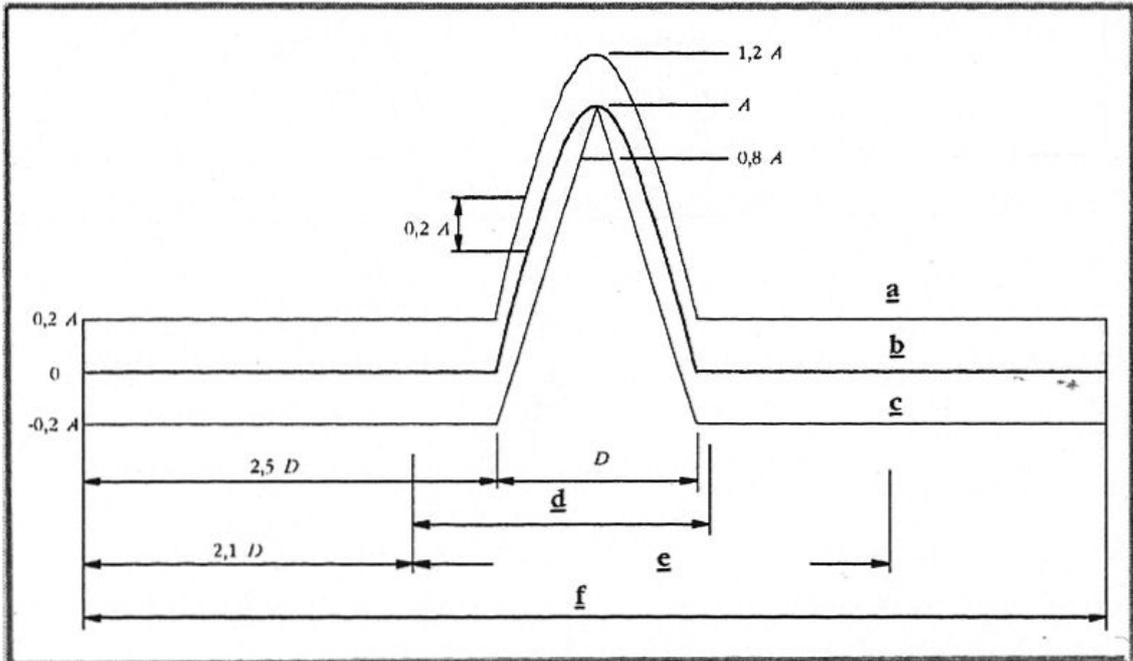


Fig. 1.20: Accelerazione di picco e durata nominale dell'impulso per le prove di urto

Le prove di Vibrazione

2.1 Introduzione

Nel seguente capitolo viene illustrata l'attrezzatura utilizzata per un test di vibrazione, spiegandone anche il principio di funzionamento; successivamente verranno trattate delle problematiche introdotte dalle " fixture " e si esporrà il metodo utilizzato per la taratura dello shaker.

2.2 Strumentazione per un test di vibrazione

L'attrezzatura utilizzata durante il periodo di tirocinio comprendeva:

1. uno **shaker** mod. V730 della LDS con **slip table** annessa (Figura 2.1)
2. un'amplificatore di segnale mod. DPA10K, in grado di erogare 10KVA di potenza, visibile in Figura 2.2
3. un condizionatore di segnale collegato a un software installato su di un pc
4. accelerometro monoassiale e triassiale visibili in Figura 2.5



Fig. 2.1: Shaker con annessa slip table (o tavola vibrante)

Lo **shaker** é composto da una struttura magnetica che alloggia e supporta l'assemblaggio dell'armatura e le bobine di campo. Le bobine di campo e di armatura sono raffreddate ad aria attraverso un'apposita ventola di aspirazione separata dallo shaker. Sono presenti

anche bobine di *degauss* per minimizzare i campi magnetici di dispersione dell'armatura sopra la tavola. L'intero strumento poggia su quattro isolatori ad aria ed é equipaggiato con interruttore di fine corsa. L'eccitatore elettrodinamico, che fa vibrare il sistema, consiste in una struttura magnetica cilindrica in acciaio, disegnata per sostenere meccanicamente e contenere il blocco armatura, le bobine di campo e di *degauss*. Il polo centrale e il piatto inferiore sono accoppiati rigidamente per mezzo di appositi bulloni, cosí da formare un unico pezzo, che si estende dalla parte inferiore dello shaker a quella superiore. Il cilindro del corpo e il piatto superiore completano la struttura magnetica. Il blocco armatura consiste in un avvolgimento cilindrico accoppiato ad una struttura radiale ricavata per fusione. La bobina viene collocata in un traferro anulare costituito dal piatto superiore e dal polo centrale. L'albero guida dell'armatura scorre assialmente su di un cuscinetto a sfere, fondamentale per limitare i movimenti laterali dell'armatura. Quattro rulli oscillanti su elementi flessibili in polipropilene assicurano la limitazione del movimento laterale e rotatorio dell'armatura, mentre due sospensioni in gomma assicurano la rigidità assiale. L'armatura e il carico vengono sostenuti da un sistema di supporto ad aria compressa. Un regolatore di pressione controlla la posizione statica dell'armatura e questo, insieme all'indicatore, é montato sulla struttura di sostegno. Il sistema di supporto dello shaker permette di esercitare la forza assiale verticalmente o orizzontalmente, cambiando in modo opportuno l'asse di vibrazione. Esplicative sono le Figure 2.3 e 2.4 a pagina 40, che mostrano lo shaker in sezione.

Lo shaker utilizzato riesce a generare un vettore-forza sine di 2000 lfb (8896 N), un campo di frequenza fino ai 2 kHz e una variazione di spostamento di 2 in (50.8 mm).

L'**amplificatore** converte un piccolo segnale di ingresso in un grande segnale di potenza in uscita, il quale pilota il generatore di vibrazioni. L'amplificatore é alimentato da una tensione trifase e contiene due moduli di potenza ad alto coefficiente di amplificazione di classe D, una unità di controllo e tutte le alimentazioni richieste per il funzionamento del sistema. L'amplificatore é dotato di un semplice pannello frontale che dá la possibilità all'operatore di regolare il guadagno del segnale, e di monitorare una serie di protezioni e di rilevazione di guasti. La tabella 2.1, a pagina 35, fornisce le specifiche dell'amplificatore.

Per la misura delle accelerazioni durante il test vengono utilizzati, in base alle esigenze, un accelerometro triassiale e/o uno monoassiale. Le specifiche delle due tipologie di sensori sono riportate nelle Tabelle 2.2 e 2.3.

Nella Figura 2.5, a pagina 41, sono presenti anche delle foto.

2.2.1 Funzionamento della Strumentazione

Il generatore di segnale, tramite il software di interfaccia con l'utente, genera un segnale che una volta amplificato verrà dato in ingresso allo shaker, il quale riprodurrá la vibrazione richiesta dalla specifica di test. Un accelerometro piezoelettrico monoassiale misura la vibrazione prodotta e manda un segnale di retroazione al generatore di segnale (si veda la Figura 2.6 a pagina 41) consentendo un confronto fra la vibrazione voluta e quella effettiva. L'andamento in tempo reale viene anche visualizzato nel software del computer.

Bisogna tenere presente che una buona regolazione del guadagno dell'amplificatore porta ad avere una prova con errori piú bassi; infatti nel caso di guadagno troppo basso il condizionatore di segnale dovrá dare un segnale di controllo troppo alto, uscendo dai limiti imposti e andando in errore, mentre un'amplificazione eccessiva porta il nostro controllore a dover generare un segnale di controllo di ampiezza tale da confondersi con i disturbi e il rumore bianco.

<i>Specifiche dell'amplificatore DPA10K</i>		
Uscita VA in un carico reattivo:		10 KVA
Uscita di potenza sinusoidale con fattore di potenza 0.7 in un carico resistivo (ohms):		7KW
Campo di frequenza per un uscita di potenza variabile:		da 10 a 5000 Hz
Distorsione armonica totale per un'uscita variabile in un carico resistivo variabile:		
Voltaggio d'uscita	10 Hz - 1KHz	1KHz - 5 KHz
100%	0.15%	0.5%
75%	0.3%	0.6%
50%	0.5%	0.7%
25%	0.75%	1.0%
10%	1.0%	1.5%
Corrente sinusoidale d'uscita (rms):		100 A
Sovraccarico di corrente (rms):		100 A
Picco di corrente in condizioni random:		300 A
Calore prodotto:		1,67 KW
Alimentazione principale (KVA):		
Amplificatore:		8.0
Campo:		4.6
Degauss:		1.5
Aspiratore:		3.2
Totale:		17.2
Tensione di alimentazione campo:		78 V (max)
Corrente di alimentazione campo:		52 A (max)
Sensibilità di ingresso a 400 Hz:		1.0V per 100V RMS di uscita
Tensione sinusoidale nominale d'uscita:		100 V RMS
Massima tensione senza carico:		110 V RMS
Impedenza di uscita:		10 Kohm
Rapporto segnale rumore:		70 dB w.r.t. 100V (rms) in uscita, 10 Kohm terminali di ingresso e carico resistivo collegato
Efficienza amplificatore:		90%
Tensione di offset in uscita (5-40°C):		±10mV

Tab. 2.1: Specifiche dell'amplificatore DPA10K.

<i>Specifiche dell'accelerometro Monoassiale mod. 736 della Wilcoxon Research Inc</i>	
Parametri Dinamici:	
Sensitivit�, $\pm 5\%$, $20^\circ C$:	100mV/g
Range delle Accelerazioni:	50 g picco
Ampiezza non linearit�:	1%
Risposta in frequenza:	
$\pm 5\%$	5.0 - 15,000 Hz
$\pm 3dB$	2.0 - 25,000 Hz
Frequenza di risonanza:	60 KHz
Sensitivit� asse trasversale, max:	7% della assiale
Parametri Elettrici:	
Tensione richiesta:	18 - 30 VDC
Corrente del diodo di regolazione:	2 - 10 mA
Rumore elettrico (in g di accelerazione):	
banda larga (2.5Hz a 25KHz):	150 μg
Spettrale a 10 Hz	10 $\frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$
100 Hz	2 $\frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$
1,000 Hz	1 $\frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$
10,000 HZ	0.8 $\frac{\mu g}{\sqrt{Hz}}$
Impedenza di uscita, max:	150 Ω
Parametri Ambientali:	
Range di temperatura di lavoro:	da -50 a $120^\circ C$
Limite di Vibrazione:	500 g picco
Limite di urto:	5,000g picco
Sensibilit� Elettromagnetica (in g di accelerazione):	100 $\frac{\mu g}{gauss}$

Tab. 2.2: Specifiche dell'accelerometro Monoassiale.

2.3 Fixture e loro problematiche

Le Fixture sono dei componenti usati per collegare i campioni da testare allo *shaker* o alla *tavola vibrante*. La Figura 2.7, a pagina 42,   un esempio di fixture utilizzata per dei test di vibrazione su di un cellulare. Tali componenti introducono tuttavia inerzie, momenti e frequenze di risonanza indesiderate, che possono andare a compromettere la buona riuscita del test. Per accertarsi che tale effetto sia trascurabile, sulle fixture utilizzate durante le prove viene effettuata un indagine in frequenza¹. A titolo di esempio la Figura 2.8, a pagina 42, mostra la Fixture utilizzata per il test del capitolo 4.2. L'indagine in frequenza ha dato come risultati nei tre assi le Figure 2.9, 2.10 e 2.11. Tale fixture non introduce effetti rilevanti; infatti le ampiezze dei moti spuri sono minori del 50% del valore dato per l'asse principale, come prescritto dalla norma di riferimento della prova.

¹con indagine in frequenza si intende una scansione delle frequenze di interesse per il test con un'accelerazione costante. Ci  viene fatto per evidenziare nella fixture possibili frequenze di risonanza.

<i>Specifiche dell'accelerometro Monoassiale mod. 3023A1 della Dytran Instruments, inc.</i>	
Parametri Dinamici:	
Sensitivit�, $\pm 5\%$, $20^\circ C$:	10mV/g
Range delle Accelerazioni:	± 500 g picco
Risposta in frequenza, -5 / 15%:	
Asse 1 e 2	1.5 - 5,000 Hz
Asse 3	1.5 - 10,000 Hz
Frequenza di risonanza:	40 KHz
Rumore elettrico equivalente:	0.95 G,RMS
Parametri Elettrici:	
Tensione richiesta:	18 - 30 VDC
Corrente del diodo di regolazione:	2 - 20 mA
Costante di scarica, nom:	0.3 s
Impedenza di uscita, max:	100 Ω
Parametri Ambientali:	
Range di temperatura di lavoro:	da -60 a $250^\circ C$
Limite di Vibrazione:	± 600 g picco
Limite di urto:	5,000g picco

Tab. 2.3: Specifiche dell'accelerometro Triassiale.

2.4 Calibrazione dello shaker

Lo scopo della calibrazione   quello di stimare l'errore di offset e quello di guadagno, in tutti i campi possibili del condizionatore di segnale in maniera tale che, appena questi dati vengono memorizzati, la misurazione e il segnale sorgente di ingresso possano essere il pi  accurati possibile.

Strumenti per la Calibrazione

Per la calibrazione del condizionatore di segnale, oltre al software specifico sono necessari:

1. 9 connettori BNC e un adattatore BNC per il Voltmetro
2. 9 connettori BNC a T
3. Un Voltmetro a calibrazione certificata. Il voltmetro deve essere in grado di misurare la tensione continua e il vero valore efficace (true RMS) della tensione in ingresso con un'accuratezza dello 0.25% ². Inoltre la banda passante del voltmetro deve essere maggiore di 10 kHz.

²L'accuratezza del voltmetro dovrebbe essere dello 0.25% poich  si vuole calibrare il condizionatore di segnale con un livello di accuratezza del $\pm 1\%$. In generale, la precisione dello strumento di taratura dovrebbe essere quattro volte superiore rispetto a quella del sistema che deve essere calibrato.

Procedura

Le fasi per la calibrazione sono descritte in seguito:

1. Connessione dei cavi al condizionatore di segnale

Si collegano tutti i canali di ingresso e quello di uscita del condizionatore di segnale, in serie con il voltmetro, come visibile in Figura 2.12 a pagina 44.

2. Esecuzione del software per la calibrazione

Una volta installato il software specifico sul PC collegato al condizionatore di segnale lo si avvia. Nella prima finestra viene richiesto l'inserimento della data di calibrazione del voltmetro e il nome dell'operatore. In una seconda finestra di dialogo viene richiesto, prima di premere il pulsante di avvio della procedura di calibrazione, di annotare l'offset della tensione DC, misurata nel canale principale (drive channel).

3. Calibrazione del canale di uscita

Una finestra di dialogo step by step guiderà l'operatore nelle operazioni richieste. Come prima fase si richiede di digitare su una finestra di dialogo il valore di offset letto dal voltmetro nello step precedente. La misurazione dell'uscita DC sarà ripetuta tre volte, una misura a 10, 1 e 0.1 Volt (Figura 2.13 a pagina 45). Successivamente il condizionatore di segnale genererà un segnale sinusoidale in uscita, del quale verrà richiesta la misura del vero valore efficace (RMS)(Figura 2.14 a pagina 45).

4. Calibrazione dei canali di ingresso

I canali di ingresso vengono calibrati automaticamente. Infatti, sfruttando il canale di uscita appena calibrato come riferimento, il software é in grado di determinare errori di offset e di guadagno in maniera autonoma.

5. Calibrazione finale di verifica

Dopo la calibrazione dei segnali di ingresso, il condizionatore di segnale genera nuovamente un segnale di tensione continua, chiedendo la misura di valore DC e poi un'onda sinusoidale per misurare il valore RMS. Tramite questa procedura il software controlla che i valori, di uscita e di ingresso, siano quelli attesi.



Fig. 2.2: L'amplificatore dello shaker

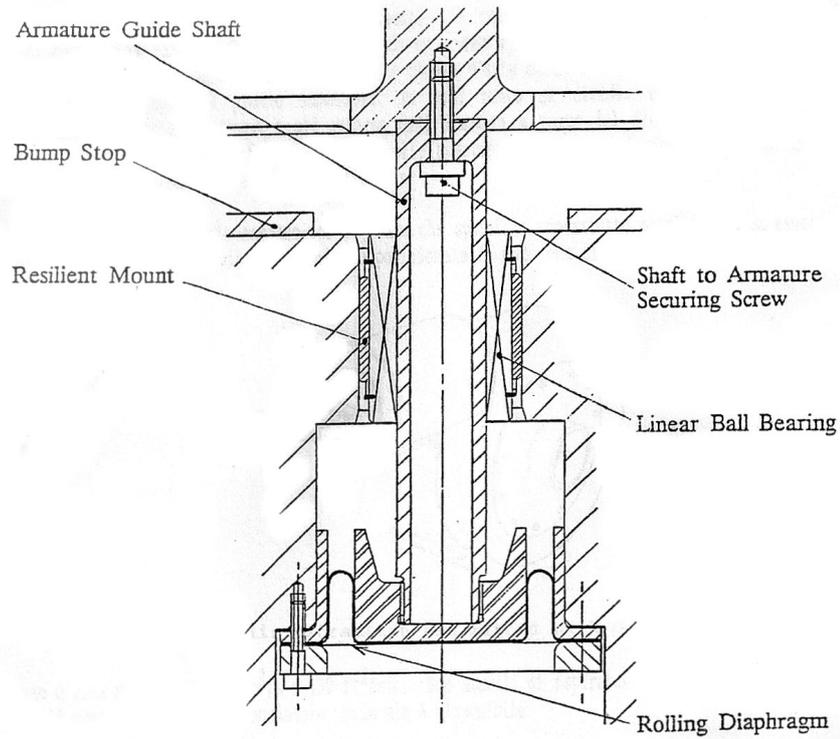


Fig. 2.3: Sezione dello shaker

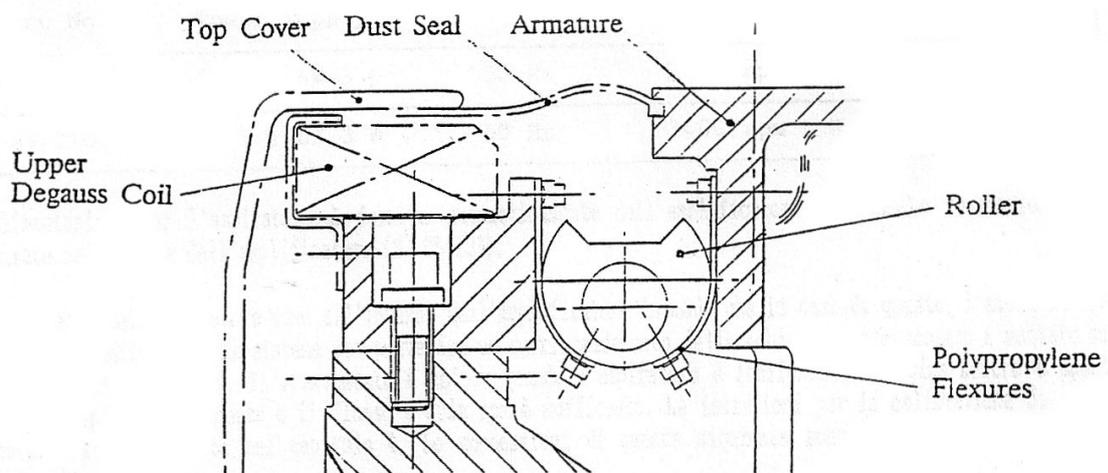


Fig. 2.4: Dettaglio superiore sulla sezione dello shaker

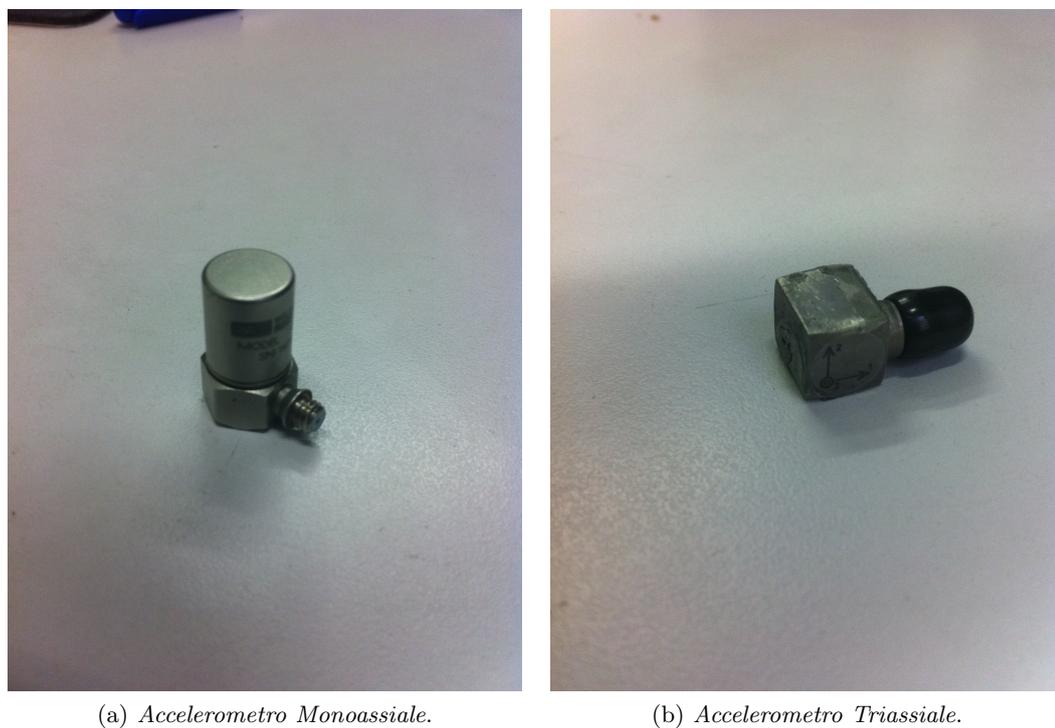


Fig. 2.5: Tipi di accelerometri utilizzati

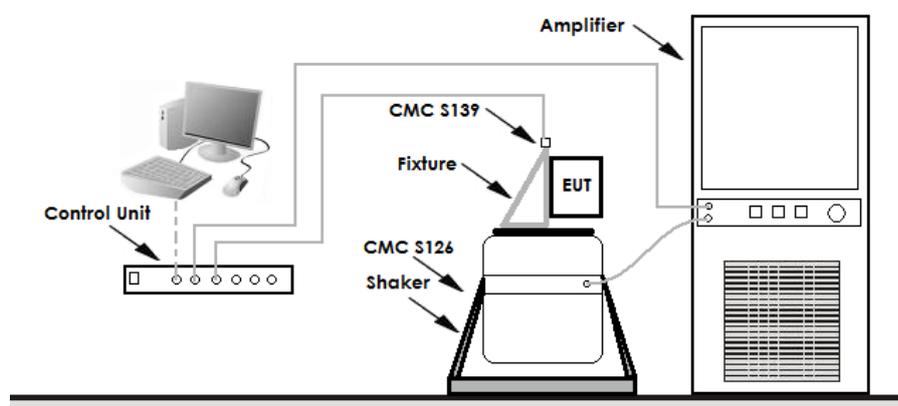


Fig. 2.6: Schema del funzionamento a catena chiusa di un sistema per le prove di vibrazione

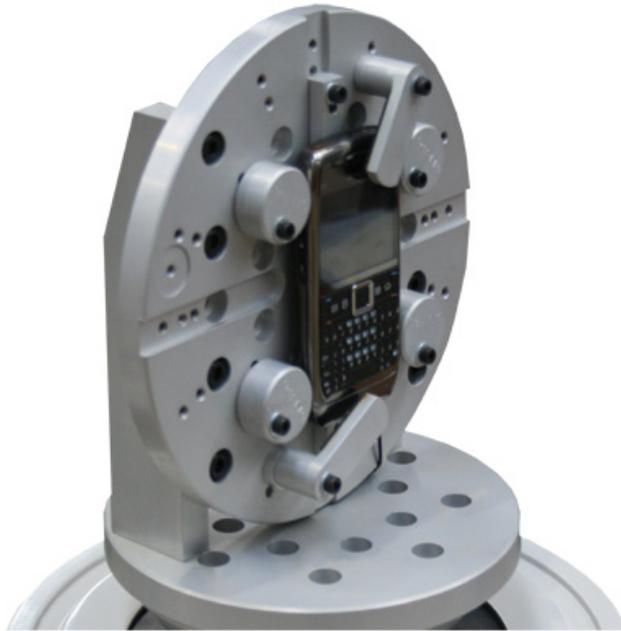


Fig. 2.7: Esempio di fixture

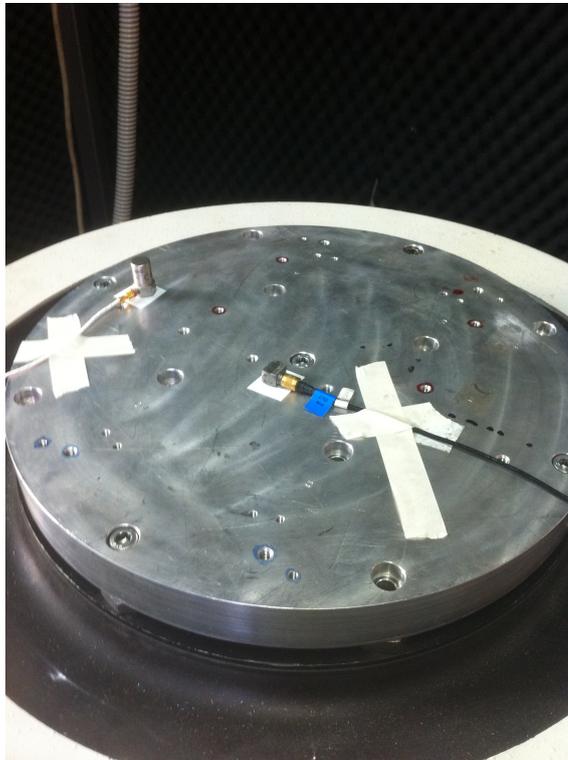


Fig. 2.8: Fixture utilizzata per un test di vibrazione in laboratorio

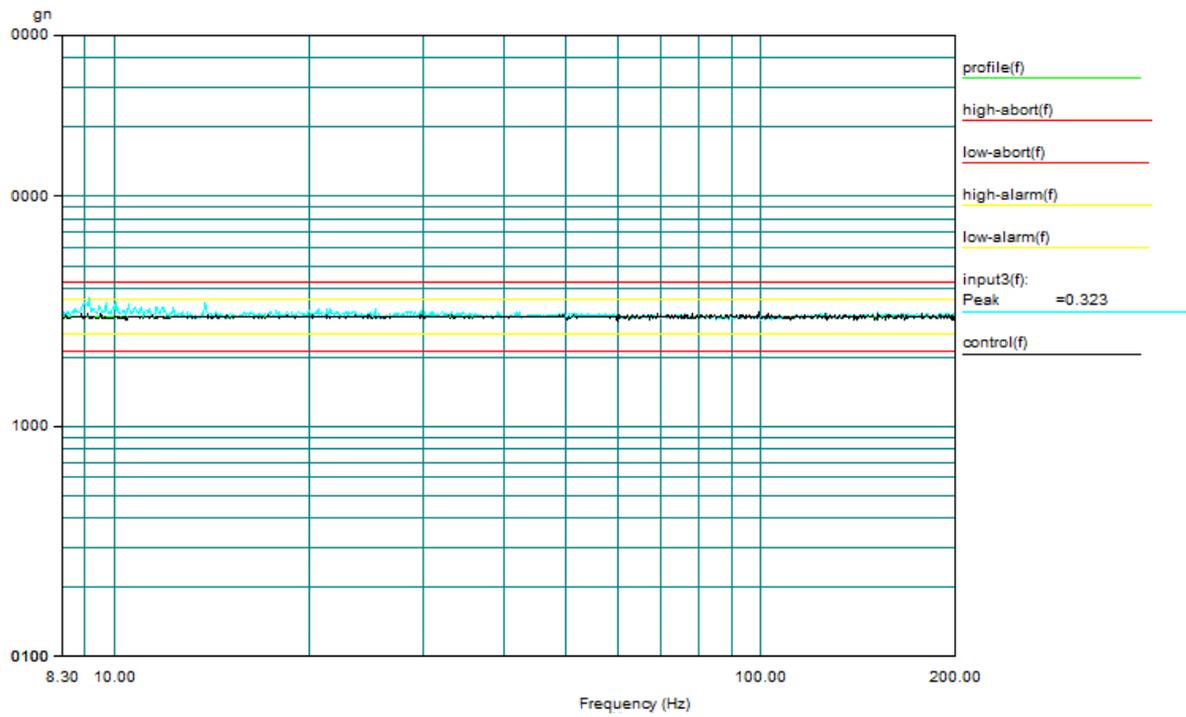


Fig. 2.9: Indagine in frequenza di una fixture (asse Y)

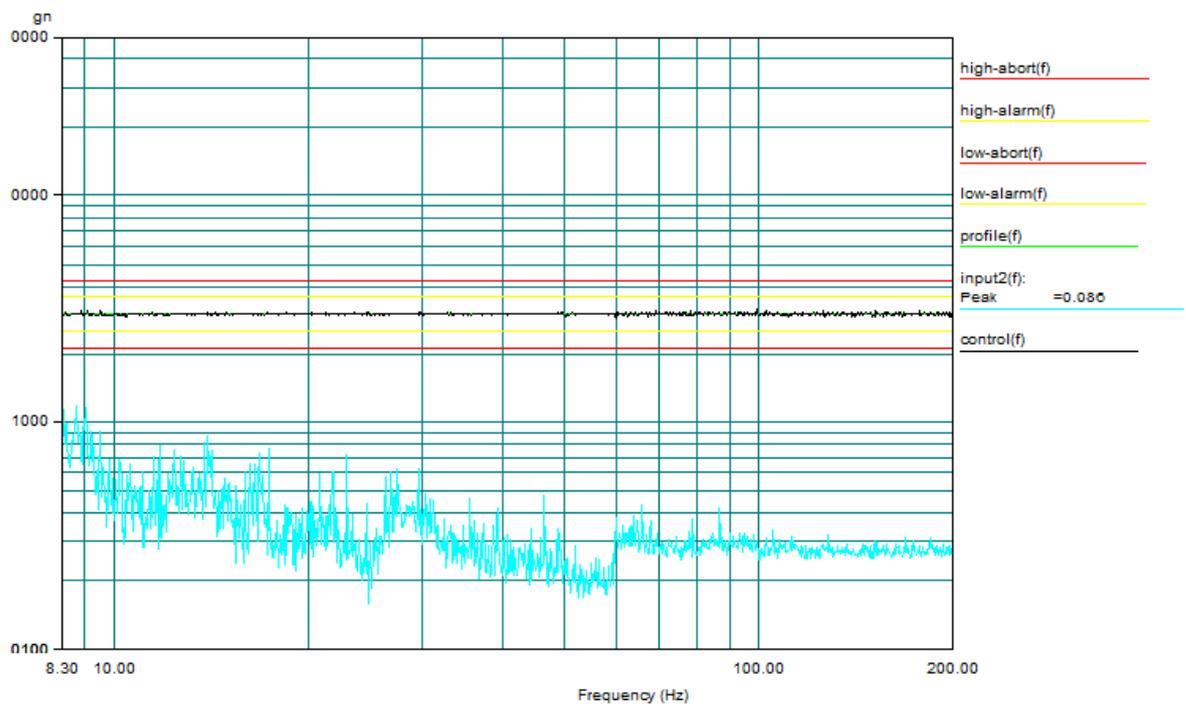


Fig. 2.10: Indagine in frequenza di una fixture (asse X)

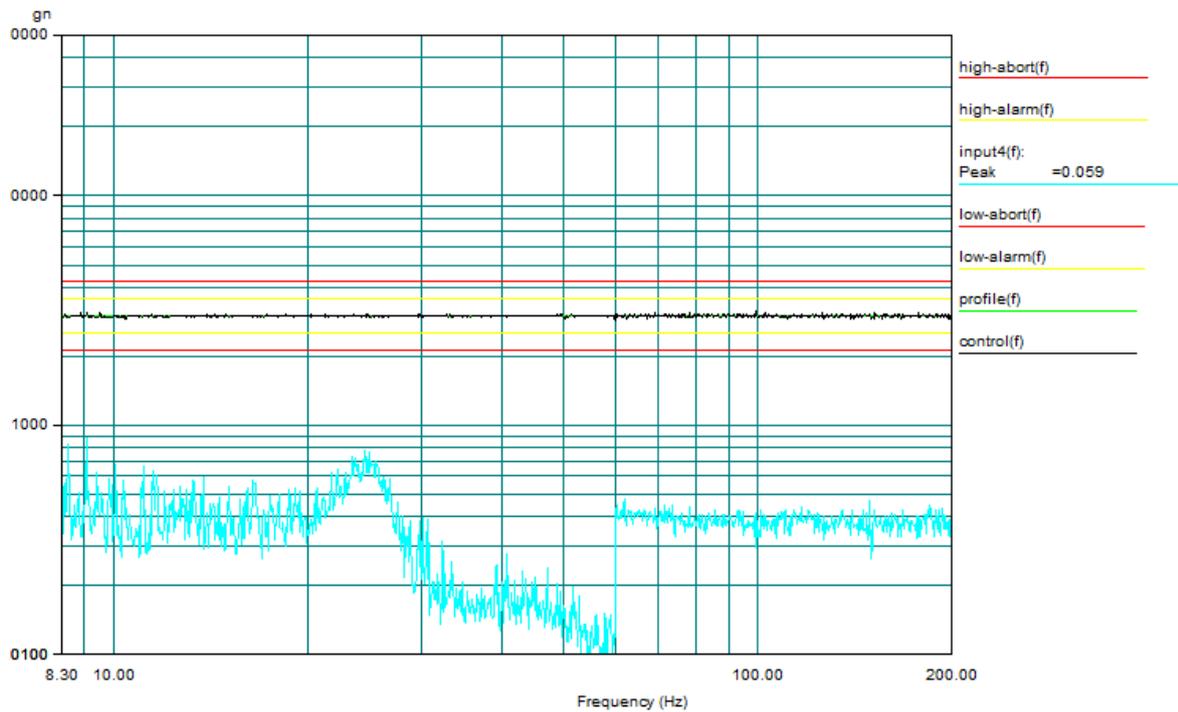


Fig. 2.11: Indagine in frequenza di una fixture (asse Z)

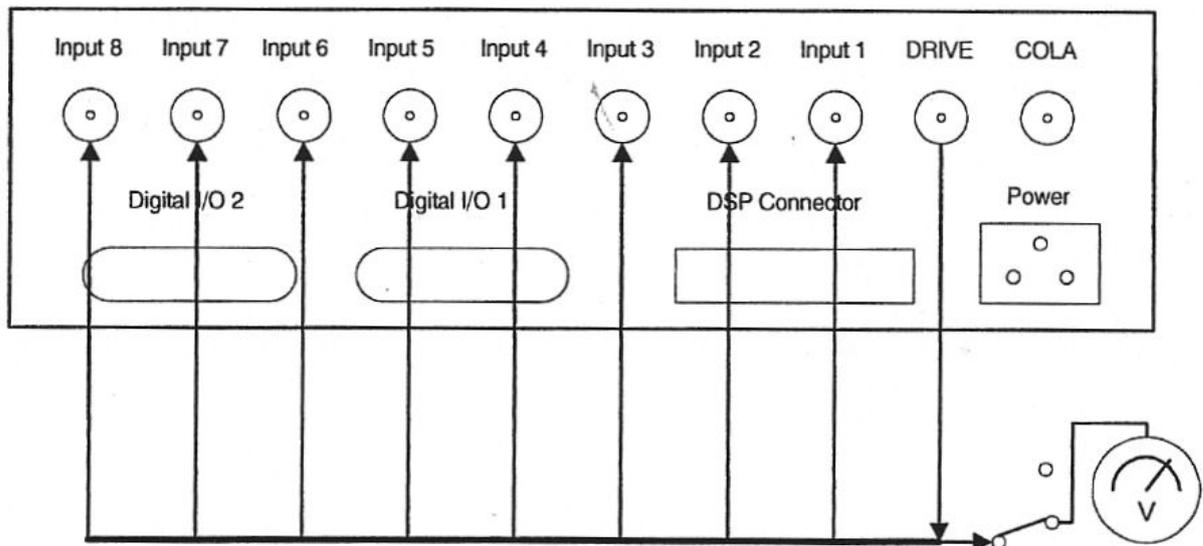


Fig. 2.12: Collegamento in serie di ingressi e uscite del condizionatore di segnale insieme con un voltmetro

Read data from meter

Calibrate output offset at 10 volt range.
Switch your volt meter into DC measurement (mV setting preferred).
Please measure the DC offset with volt meter and type in the readings into following boxes.
Typical measurement will be from - 0.07 to +0.07 volts DC.

Output Channel Drive (Volts) :

Fig. 2.13: Finestra di dialogo con l'operatore durante la calibrazione dello shaker

Read data from meter

Calibrate the output gain at 10 volt range.
Switch your volt meter into AC measurement.
Measure the RMS value of the output channels and type in the readings in the following boxes.
Typical measurement will be from +4.5 to +6.0 volts RMS.

Output Channel Drive (Volts) :

Fig. 2.14: Finestra di dialogo con l'operatore durante la calibrazione dello shaker

Grafici e programmazione di prove di vibrazione

3.1 Grafici prove sinusoidali

Nelle prove sinusoidali i profili utilizzati con maggiore frequenza sono:

- profili ad accelerazione costante
- profili con una prima fase a spostamento costante e una seconda fase a velocità o accelerazione costante

Nel caso di prove ad accelerazione costante un esempio é riportato in Figura 3.1. La

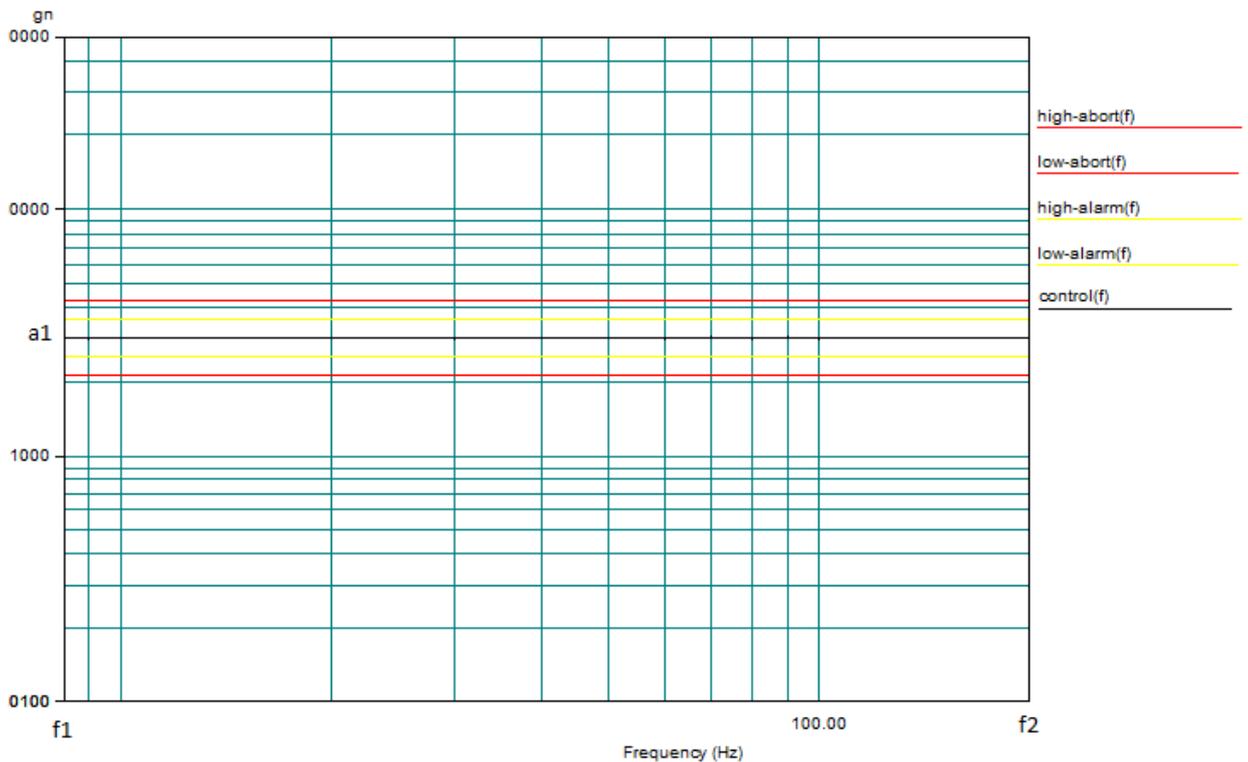


Fig. 3.1: Grafico con andamento ad accelerazione costante

prova consiste nell'esecuzione di uno o più sweep¹ alla accelerazione costante a_1 dalla frequenza f_1 alla frequenza f_2 ².

Tale andamento viene utilizzato nella maggiorparte dei casi per le indagini in frequenza. Tali prove consistono nel collegare, oltre all'accelerometro di controllo monoassiale, un accelerometro triassiale in un punto di interesse dell'EUT per evidenziare possibili frequenze di risonanza.

In Figura 3.2 si può invece notare un andamento formato da una prima fase a sposta-

¹sweep = spazzolata

²NOTA: le norme considerano come sweep il ciclo f_1 a f_2 a f_1 mentre il software a disposizione considera lo sweep come metà ciclo (ossia f_1 a f_2 solamente).

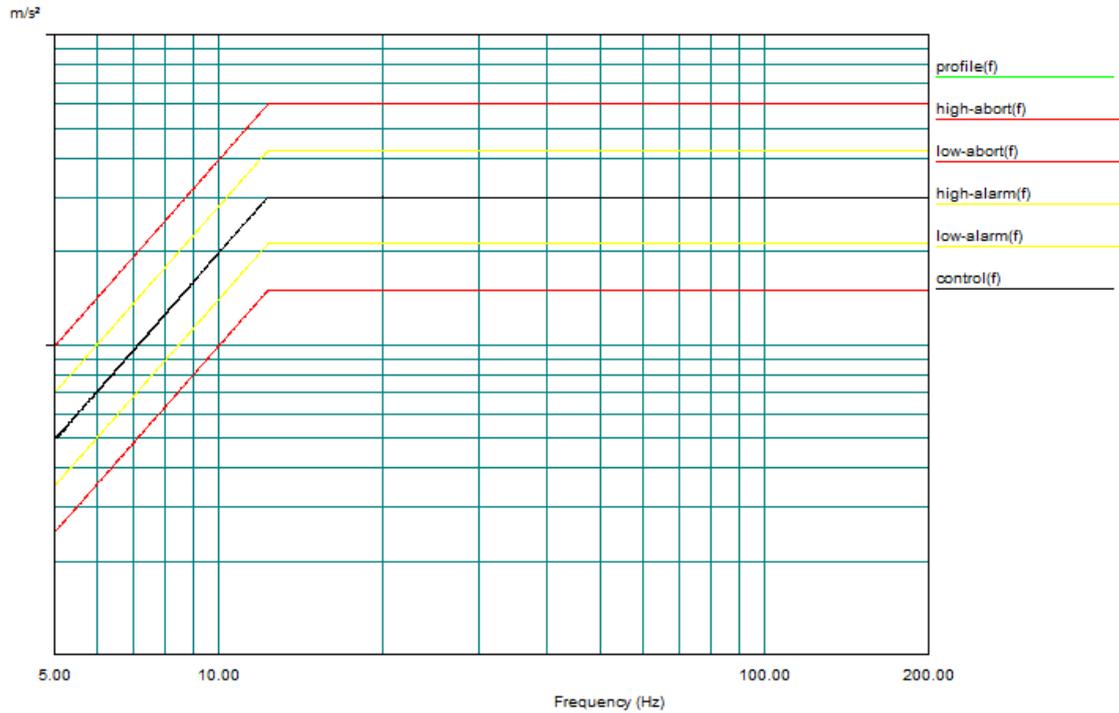


Fig. 3.2: Grafico con frequenza di crossover

mento picco-picco costante e una seconda fase ad accelerazione costante. La frequenza alla quale le due rette si incrociano é detta **frequenza di cross-over** e viene calcolata in automatico dal software dando come input lo spostamento costante picco-picco e l'accelerazione richiesta dalla frequenza di cross-over in poi.

L'input nel software funziona come una tabella excel nella quale le colonne sono divise in:

- frequenza di start
- incremento sinistro (in dB/oct)
- accelerazione costante o velocità costante o spostamento costante
- incremento destro (in dB/oct)
- valori limite di errore (in dB)

mentre ogni riga corrisponde a un diverso settore del profilo.

Per esempio la Figura 3.3 mostra un profilo a multi-gradino, con il corrispondente input sulla tabella.

Come si può notare si ha una divisione in più settori:

- un settore dalla frequenza 2 Hz a quella di 8.15 Hz con uno spostamento costante di 15 mm picco-picco
- un settore dalla frequenza 8.15 Hz a quella di 200 Hz con un'accelerazione costante di 2 g ($19.62 m/s^2$)
- un settore dalla frequenza 200 Hz a quella di 500 Hz con un'accelerazione costante di 4g ($39.24 m/s^2$)

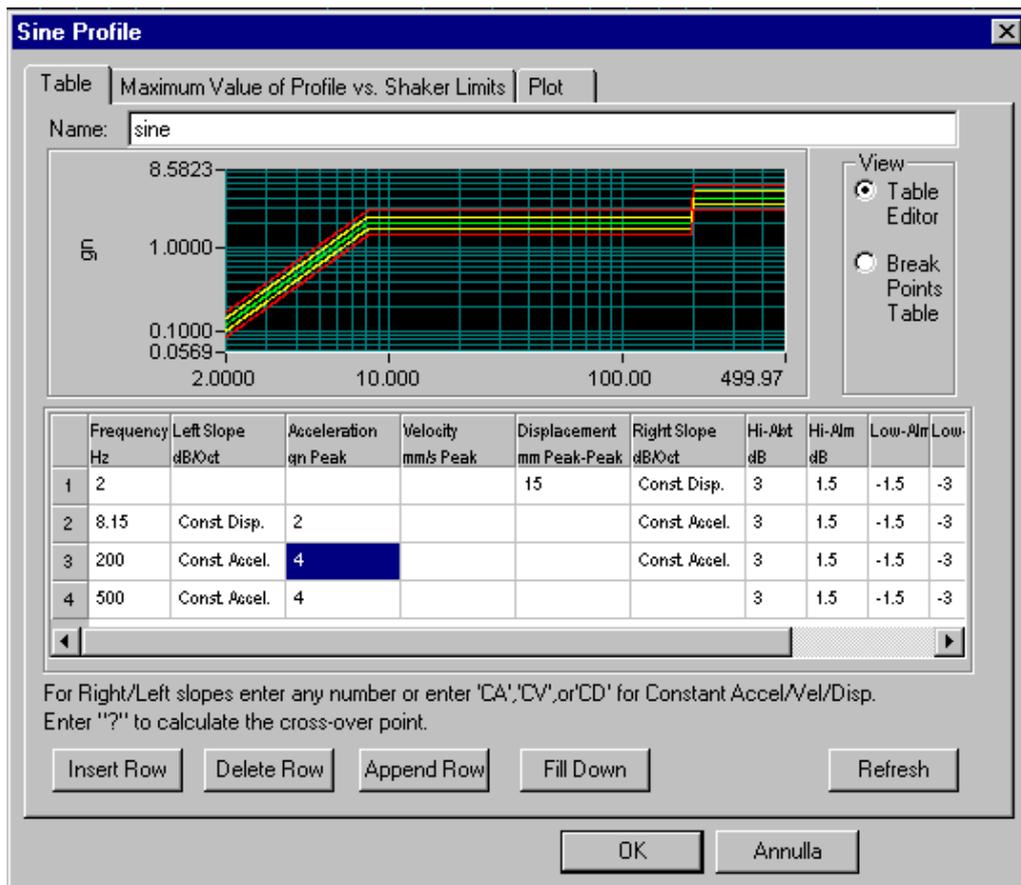


Fig. 3.3: Grafico con andamento a multi-gradino

3.2 Grafici per prove d'urto

Le tre tipologie di impulso descritte dalla norma EN60068-2-27 sono visibili nelle Figure 3.4, 3.5 e 3.6.

Nel caso di tipologia di prova d'urto il software predispone un'interfaccia visibile in Figura 3.7, a pagina 53.

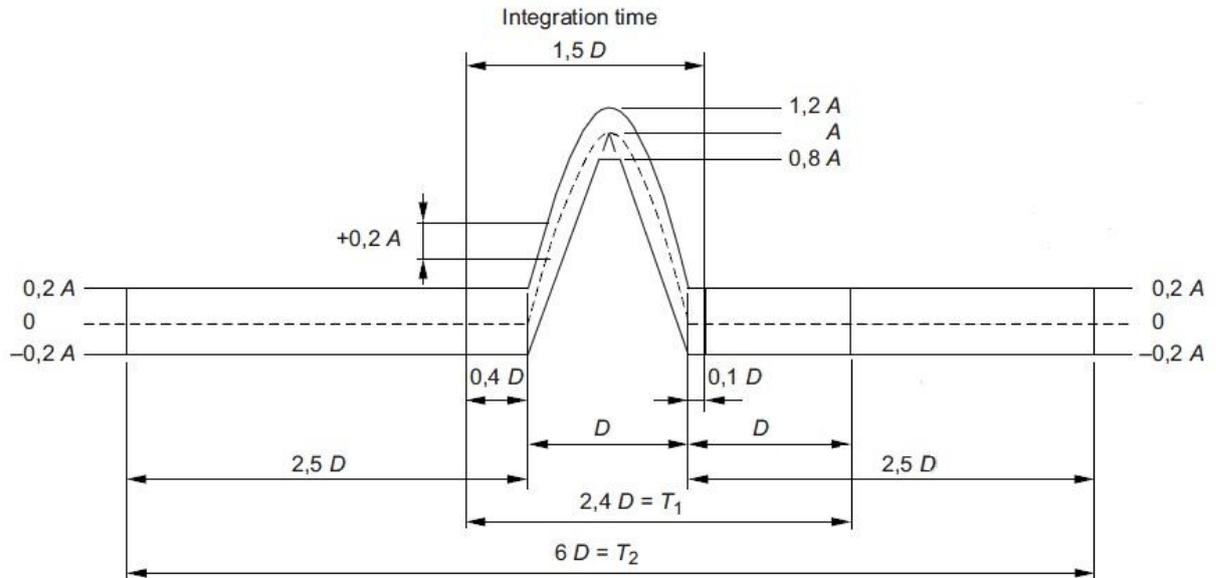
Dopo aver generato il profilo desiderato, su di un'altra finestra é possibile decidere il numero di impulsi positivi e negativi.

3.3 Grafici per prove random

Nel caso la specifica particolare richieda prove aleatorie essa dovrà definire la densità (o distribuzione) spettrale³ del segnale desiderato.

³Matematicamente la densità spettrale del segnale é definita come:

$$\text{PSD}(f) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \frac{x_{\Delta f}^2}{\Delta f},$$



IEC 303/08

Key (applicable for all three Figures 1 to 3)

--- nominal pulse

— limits of tolerance

D = duration of nominal pulse

A = peak acceleration of nominal pulse

T_1 = minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a conventional shock-testing machine

T_2 = minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a vibration generator

Fig. 3.4: Forma di impulso a mezzo seno

Il software fornisce, come visibile in Figura 3.8, un input simile alle prove sinusoidali descritte nel capitolo 3.1, ossia, come una tabella excel nella quale le colonne sono divise in:

- frequenza di start
- incremento sinistro (in dB/oct)
- densità spettrale di accelerazione (in g^2/Hz)
- incremento destro (in dB/oct)
- valori limite di errore (in dB)

mentre ogni riga corrisponde a un diverso settore del profilo.

con:

- $X_{\Delta f}^2$ = risposta quadratica media di un filtro ideale a banda stretta $x(t)$
- Δf = banda passante del filtro

In pratica il PSD é lo spettro FFT del segnale.

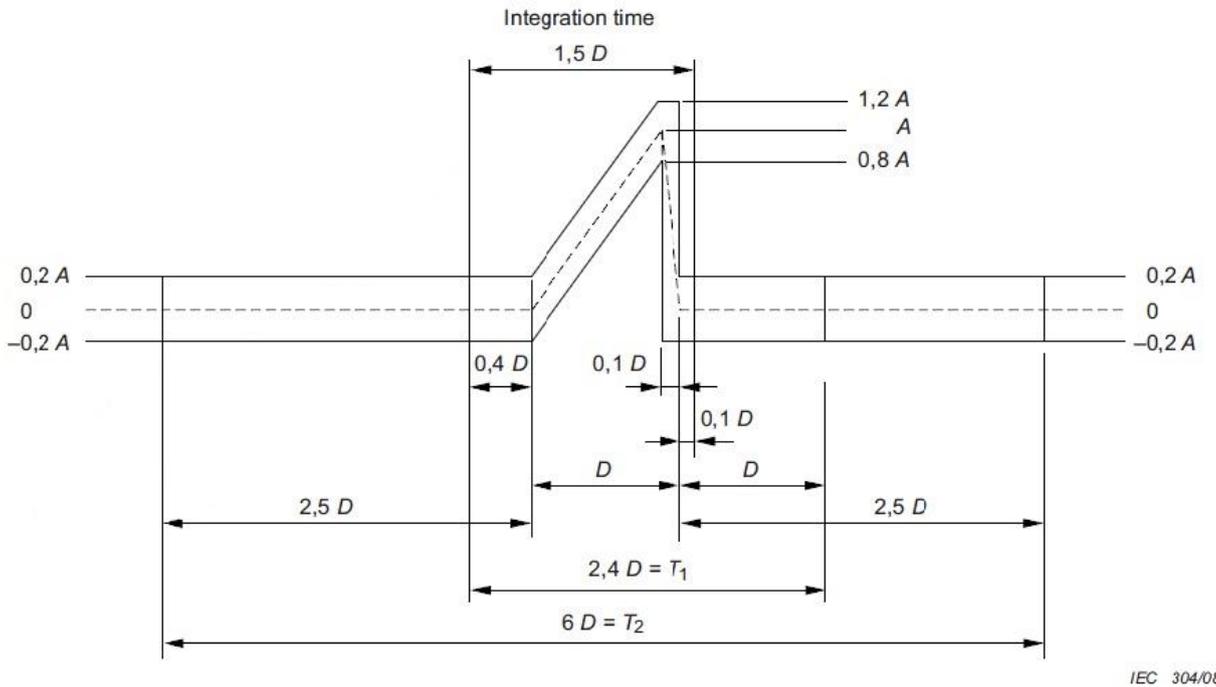


Fig. 3.5: Forma di impulso a dente di sega

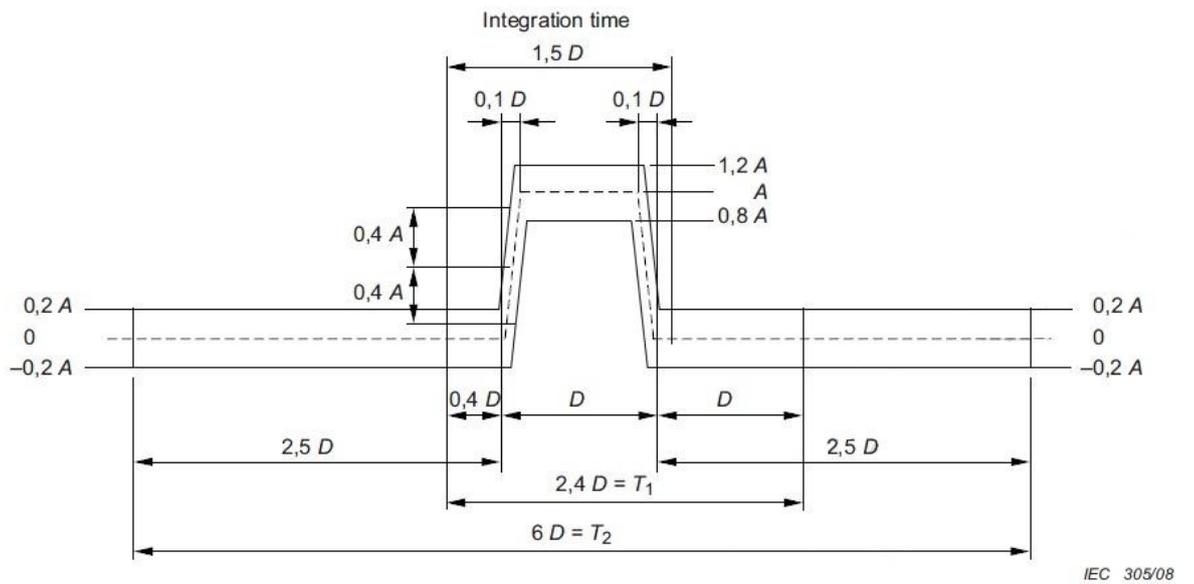


Fig. 3.6: Forma di impulso trapezoidale

La Figura 3.8 é formata da:

- un settore, dalla frequenza 20 Hz a quella di 80 Hz con un incremento di 3 *dB/dec*
- un settore, dalla frequenza 80 Hz a quella di 350 Hz con un'accelerazione costante di 0.04 g^2/Hz
- un settore, dalla frequenza 350 Hz a quella di 2000 Hz con un decadimento di 3 *dB/dec*

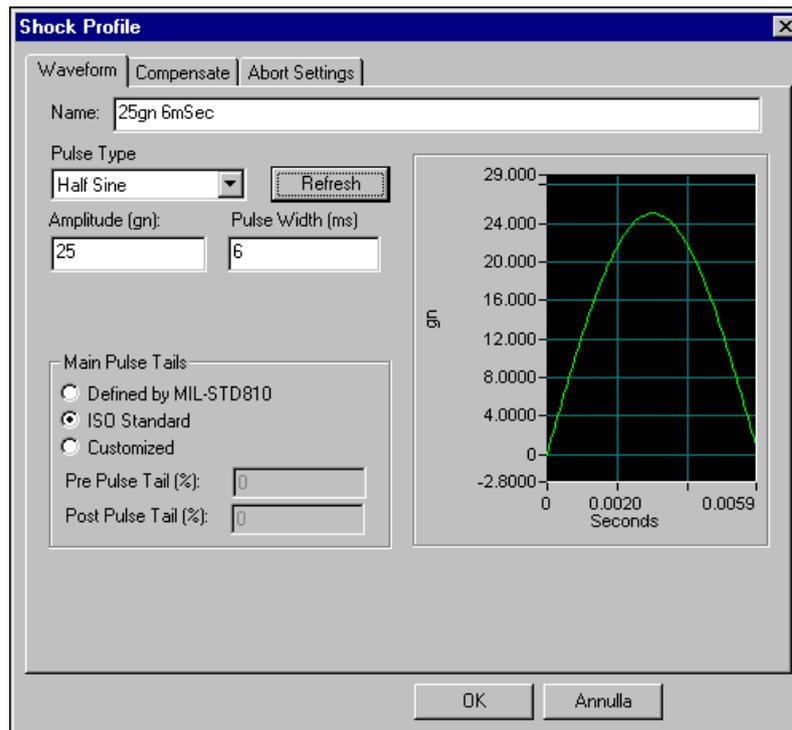


Fig. 3.7: Input del software per prove d'urto

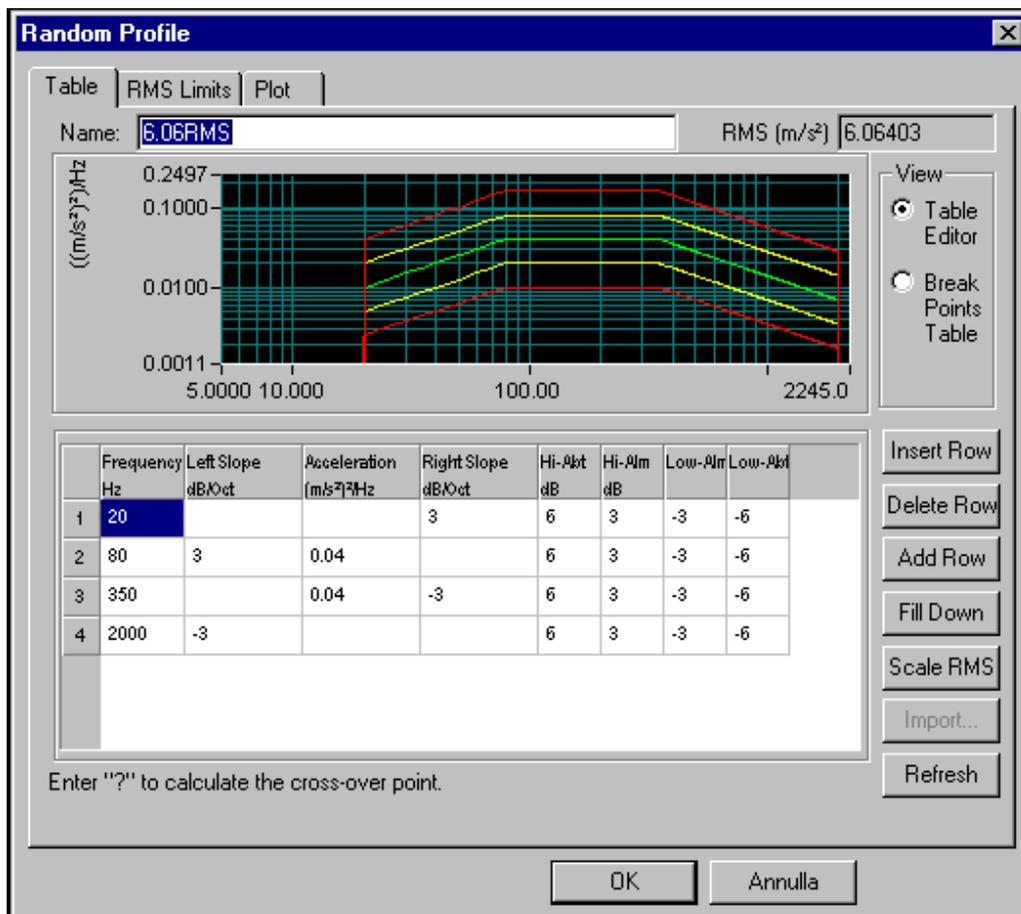


Fig. 3.8: Input del software per prove aleatorie

Esempi di prove effettuate durante lo stage

NOTA: per rispettare la privacy dei clienti della ditta CMC si sono rimossi dai due Test Report ogni riferimento alla ditta che ha richiesto il test, e le pagine che mostravano l'oggetto e come esso fosse fissato allo shaker durante il test sono state anch'esse rimosse.

4.1 Primo Caso

L'oggetto sotto test é stato un dispositivo bluetooth di interfaccia fra un computer e una centralina da automobile. Dato il campo di applicazione il cliente ha prescritto due tipologie di test da effettuare su ogni singolo asse:

- un test sinusoidale con una prima fascia di frequenze a spostamento picco-picco costante e una seconda fase a accelerazione costante (si veda la Figura 4.13 a pagina 69).
- un test random con una distribuzione spettrale delle accelerazioni come in Figura 4.18 a pagina 74.

La specifica particolare chiedeva che durante l'esecuzione dei test si effettuassero dei controlli del corretto funzionamento del dispositivo. Tale EUT si é guastato durante il test random in uno dei tre assi.

Tramite il test di vibrazioni si é infatti osservato che le schede elettroniche di cui era composto l'EUT avevano troppo gioco all'interno dell'involucro di protezione; tale gioco ha portato le schede a urtarsi a vicenda arrivando infine alla rottura.

Successivamente l'EUT é stato migliorato mettendo degli smorzatori di vibrazioni ed eliminando il gioco interno delle schede elettroniche. Tramite tali accorgimenti il prodotto ha infine passato i test e il Test Report, rilasciato dalla CMC al cliente, é visibile dalla Figura 4.1 alla figura 4.20.

4.2 Secondo Caso

L'oggetto sotto test é stato un filtro per le polveri che viene montato su autocarri. La specifica particolare di questo test richiedeva per ogni singolo asse il seguente ciclo di prove:

- una ricerca iniziale delle frequenze di risonanza con EUT operativo
- un test di durata alle frequenze di risonanza trovate con EUT operativo
- una ricerca finale delle frequenze di risonanza
- un test di durata alle frequenze di risonanza trovate

La commessa prevedeva, tra le condizioni di prova, che le prime due fasi del test avvenissero

con l'impiego di un generatore di polvere (fornito dal committente) che é stato collegato al filtro.

Completate queste prove si é accertato che a valle del filtro non vi fosse presenza di polvere (provata efficacia del filtro) e si é proceduto alla seconda fase, che é avvenuta con l'esclusione del geratore di polvere.

La specifica prevedeva che si considerassero come frequenze di risonanza quelle con una ampiezza di 3 volte quella prestabilita.

Nel caso non si fossero trovate frequenze di risonanza la specifica prevedeva di eseguire un test di durata alla Frequenza di 88.7 Hz con un'accelerazione di 6.8 g per una durata di 90 minuti per gli assi orizzontale e longitudinale e di 180 minuti per l'asse verticale. Il Test Report, rilasciato dalla CMC al cliente, é visibile dalla Figura [4.21](#) alla figura [4.46](#).



Independent Testing Laboratory
CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI) – ITALY
 Tel./Fax +39 0445 367702
 www.cmclab.it - info@cmclab.it



LAB N° 0168

Accredited by ACCREDIA according to UNI CEI EN ISO/IEC 17025 cert. nr. 0168
 Accredited by Ministry of Communications – Notified Body EMC Directive 2004/108/EC n° NB 2044

TEST REPORT nr. V10168001	
Environmental Testing: Vibration	
Test item	
Description	VEHICULAR CAN BUS INTERFACE
Trademark	
Model/Type	
Test Specification	
Standard	See inside at page 3
Client's name	
Address	
Manufacturer's name:	Same as client
Address	--
Report	
Tested by	F. Boschiero - <i>Technician</i>
Approved by	R. Beghetto - <i>Laboratory Manager</i>
Date of issue	17.12.10
Contents	23 pages

This test report shall not be reproduced except in full without the written approval of CMC.
 The test results presented in this report relate only to the item tested.

Fig. 4.1: Test Report del primo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Index

1. SUMMARY	3
1.1 TEST HISTORY	3
2. DESCRIPTION OF EQUIPMENT UNDER TEST (EUT)	4
3. TESTING AND SAMPLING	4
4. OPERATIVE CONDITIONS	4
5. PHOTOGRAPH(S) OF EUT	5
5.1 PHOTOGRAPH(S) OF EUT	5
5.2 PHOTOGRAPH(S) OF SETUP	6
5.3 PHOTOGRAPH(S) OF FIXING MODE	7
6. EQUIPMENT LIST	8
7. MEASUREMENT UNCERTAINTY	11
8. REFERENCE DOCUMENTS	12
9. DEVIATION FROM TEST SPECIFICATION	13
10. TEST CASE VERDICTS	13
11. RESULTS	13
11.1 SINE VIBRATION TESTING	14
11.2 RANDOM VIBRATION TEST CONDITIONS	19



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

1. Summary

Tests:

EN 60068-2-6:2008
EN 60068-2-64:2008

Test specifications	Environmental Phenomena	Tests sequence	Result
EN 60068-2-6	Sine test	1	P
EN 60068-2-64	Random vibration test	2	P

1.1 Test History

See Annex 2



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

2. Description of Equipment under test (EUT)

Power supply : 12 Vdc from battery
Serial Number : --
Components list : See document of client

3. Testing and sampling

Date of receipt of test item : 10.11.10
Testing start date : 01.12.10
Testing end date : 08.12.10
Samples tested nr. : 1
Sampling procedure : Equipment used for testing was picked up by the manufacturer, at the end of the production process with random criterion
Internal identification : adhesive label with the product number P101102

4. Operative conditions

EUT exercising tests : Steady condition, supplied
Auxiliary equipment : None
Performance check for test : Control of correct exercising, serial communication and I/O management



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

6. Equipment list

<i>Id. number</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Model</i>	<i>Description</i>	<i>Serial number</i>
CMC B001	CMC	SM001	Test pin	---
CMC B002	CMC	SM002	Test probe	---
CMC B003	ATS	SMIP2X	Test finger IP2X	146/99
CMC B004	CMC	SMIP3X	Rigid steel IP3X	---
CMC B005	CMC	SMIP4X	Rigid steel IP4X	---
CMC B006	Delta Ohm	HD8802	Digital thermometer	291096D294
CMC B008	EDC	8170 CF	HV tester	1162
CMC B009	EDC	8270 CL	Insulation Tester	372
CMC B010	EDC	9170 DG	Security resist. Tester	334
CMC B011	Valex	1800300	Calliper	---
CMC B012	CMC	SMIPX5	Nozzle IPX5	---
CMC B013	CMC	SMIPX6	Nozzle IPX6	---
CMC B014	CMC	SMAIPX56	Connection for nozzle IPX5/IPX6	---
CMC B015	LUTRON	FG-5000	Digital force gauge	L398212
CMC B016	PTL	F22.50	Impact-test apparatus	9709349
CMC B017	Super Lap/split	Super Lap/split	Chronometer	---
CMC B018	ATS	Art. N. 02.04	Ball-pressure apparatus	26
CMC B019	BETA	580/25F	Dynamometric screwdriver	7GT035996
CMC B020	CMC	SM004	Leakage current tester	---
CMC B021	Ci-efte-Gi	HT	Variac	4598
CMC B025	Borletti	COC 100 S	Calliper	602992
CMC B026	Angelantoni	UY 245 IU	Climatic chamber	1059.78
CMC B027	ATS	Art. N. 01.02-A	Rigid test finger	064/98
CMC B028	ATS	Art. N. 01.10	Test finger nail	065/98
CMC B029	CMC	SM005	Glow Wire Test	---
CMC B030	CEWAL	DN 150	Manometer	6-16425
CMC B031	ATS	BF01	Steel Ball	---
CMC B036	Ridge Tool Company	RIDGID 1450	Pump for plant test	---
CMC B038	CMC	CU01	Humidity test chamber	---
CMC B039	CMC	K	Thermocouple	---
CMC B040	CMC	FP01	Plastics test oven	---
CMC B041	Borletti	FD 110	Dynamometer	---
CMC B046	Elettrotest	TPS/M 6000	AC Source	67
CMC B047	ATS	Art. 01.06	Test Needle 1 mm, force 1N	466/02
CMC B048	ATS	Art. 01.07	Test Needle 2,5 mm, force 3N	467/02
CMC B049	ATS	Art. 01.09	Test Sphere 50 mm	478/02
CMC B050	ATS	BF02	Test Sphere 12,5 mm	---
CMC B051	ATS	Art. 01.12	Test Wire 1 mm	480/02



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Id. number	Manufacturer	Model	Description	Serial number
CMC B052	ATS	Art. 01.11	Test Rod 2,5 mm	479/02
CMC B053	ATS	Art. 02.07-A	Needle-flame	101/03
CMC B054	Angelantoni	UY 560	Climatic chamber	1265
CMC B055	CMC	SM006	Leakage current tester	---
CMC B057	Agilent	34970A	Data acquisition	MY41022158
CMC B058	ATS	Art. 03.02-A	IP5X-IP6X chamber	002111/03
CMC B059	Delta Ohm	HD9216	Thermo hygrometer	3006104
CMC B060	ATS	Art. BF02	1 kg Sphere	---
CMC B061	ATS	Art. 10J	10 J Hammer	001
CMC B062	Agilent	34970A	Data acquisition	MY41009272
CMC B063	Chauvin Arnoux	C.A 6160	Multitester	14091466
CMC B064	Novex	64210	Stereo Microscopes	---
CMC B065	CMC	PA01	Pneumatic arm	---
CMC B066	Testo	521-3	Pressure tester	01229247/606
CMC B067	Kern	DE 120K10N	Electronic platform balance	WC0634274
CMC B068	Fluke	Ti20	Thermal Imager	92420133
CMC B069	Angelantoni	CH 600C	Climatic chamber	41973
CMC B070	Dini Argeo	DFW06+ETB6	Electronic platform balance	117330+117353B1
CMC B071	Siemens	SAG	CO / CO2 / O2 Analyzer system	02.26.12.006
CMC B072	CMC	PT01	Pressure Tester	---
CMC B073	ISCO	NS 9060	Plastics test oven	38654-T4E
CMC B074	CMC	CIP06	IP Chamber IPX1,2,3,4,5,6	---
CMC B075	STAHWILLE	775/30	Dynamometric screwdriver	07F007
CMC B076	RS	440 9574	Chronometer	---
CMC B081	ATS	Art. 03.20	Nozzle IPX4	071/08
CMC B082	KERN	80005	Dynamometer	---
CMC B083	KERN	80020	Dynamometer	---
CMC B084	Agilent	34970A	Data acquisition	MY44049839
CMC B085	Array	3711A	Electronic Load	A06BJ02018
CMC B087	Yokogawa	WT3000	Precision Power analyzer	91JB15155
CMC B088	Voltcraft	K101	Digital thermometer	60500381
CMC S005	Xitron	2503	Power supply analyser	2503592013
CMC S026	Chroma	C6530	AC Source	653000095
CMC S031	Tektronix	TDS 210	Digital oscilloscope	B010552
CMC S032	SCHAFFNER	NSG 2050	Surge source with CDN	200111-253AR
CMC S035	Eutron	BVR 1800 30-50	DC Source	3004
CMC S122	Fluke	336	Amperometric clamp meter	81754972
CMC S126	LDS + Dactron	V730-335+LASER	Vibration testing system	132+133+4512698
CMC S139	Wilcoxon	736	Accelerometer 101 mV/g	12245
CMC S140	Wilcoxon	732A	Accelerometer 9.8 mV/g	1424

Fig. 4.6: Test Report del primo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

<i>Id. number</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Model</i>	<i>Description</i>	<i>Serial number</i>
CMC S141	Dytran	3023A1	Accelerometer Triaxial	383
CMC S156	Yokogawa	DL9040	Digital oscilloscope	91F643771
CMC A011	Riedel	Hexane	Hexane	---



Fig. 4.7: Test Report del primo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

7. Measurement uncertainty

Test	Expanded uncertainty	Note
Temperature	$\pm 3,7$ °C	1
Power	$\pm 0,7$ %	1
Current	$\pm 0,2$ %	1
Leakage current	$\pm 2,6$ %	1
Voltage	$\pm 0,2$ %	1
Resistance	$\pm 0,3$ %	1
Force	± 5 cN	1
Length	$\pm 0,1$ mm	1
Insulation test	$\pm 1,6$ %	1
Security resistance test	$\pm 3,6$ %	1
Electric strength		2
IPX1 – IPX6		2
IP5X – IP6X		2
Humidity test		2
Climatic test (temperature) Temperature fluctuation = $\pm 0,2$ °C Temperature variation in space = $\pm 1,0$ °C Temperature gradient = $\pm 5,0$ °C	$< \pm 2,0$ °C	1
Climatic test (humidity)	$< \pm 3,0$ %	1
Vibration (acc. level)	$\pm 4,9$ %	1
Vibration (frequency)	$\pm 1,0$ %	1

Note 1:

The expanded uncertainty reported according to EN55016-4-2 (2004-10) is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of $K=2$, providing a level of confidence of $p = 95\%$

Note 2:

It has been demonstrated that the used test equipment meets the specified requirements in the standard with at least a 95% confidence, covering factor $k = 2$



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

8. Reference documents

Reference no.	Description
EN 60068-2-6:2008	Environmental testing -- Part 2-6: Tests - Test Fc: Vibration (sinusoidal)
EN 60068-2-64:2008	Environmental testing - Part 2: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance
Internal Procedure PM001 rev. 2.0 (Quality Manual)	Measure procedure
Internal procedure INC_M rev. 8.0 (Quality Manual)	Measurement uncertainty calculation



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

9. Deviation from test specification

--

10. Test case verdicts

Test case does not apply to the test object..... : N
 Test item does meet the requirement..... : P
 Test item does not meet the requirement..... : F
 Test not performed : N.E.

11. Results

In this clause tests results are reported.

Measurement uncertainty is in accordance with document CMC INC_M rev. 8.0.



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.1 Sine vibration testing

Test set-up and execution

- EN 60068-2-6
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report
- Client specification

Test configuration and test method

Test site:
 Vibration Room

Auxiliary equipment:
 See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S126; CMC S139
 Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

Frequency range: 5-200 Hz
 Constant displacement: 10 mm_{pp} 5-12 Hz
 Constant acceleration: 30 m/s² 12-200 Hz
 Duration: 8 h per axis

Acceptance limits	See clause 4 of this test report
--------------------------	----------------------------------

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.11: Test Report del primo caso

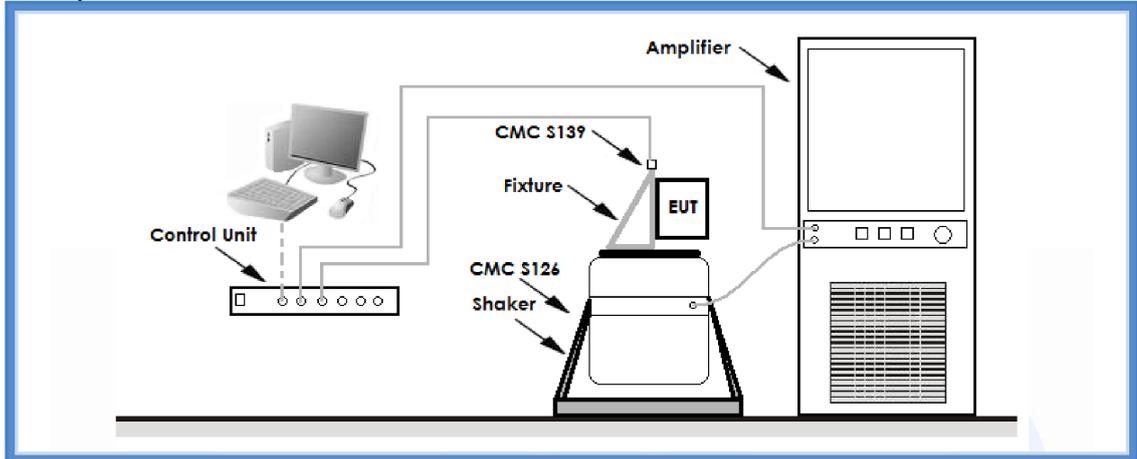


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Setup



Result

Axis	Acceleration (m/s^2)	Endurance of test (h)	Graphs	Result
X	30	8	G10168001	P
Y	30	8	G10168002	P
Z	30	8	G10168003	P
Remarks: --				



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Graphs

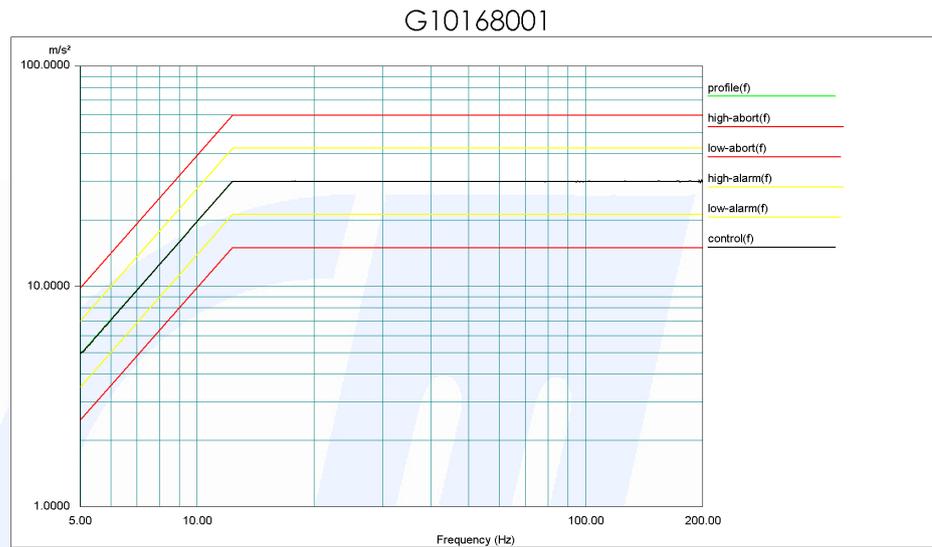


Fig. 4.13: Test Report del primo caso

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

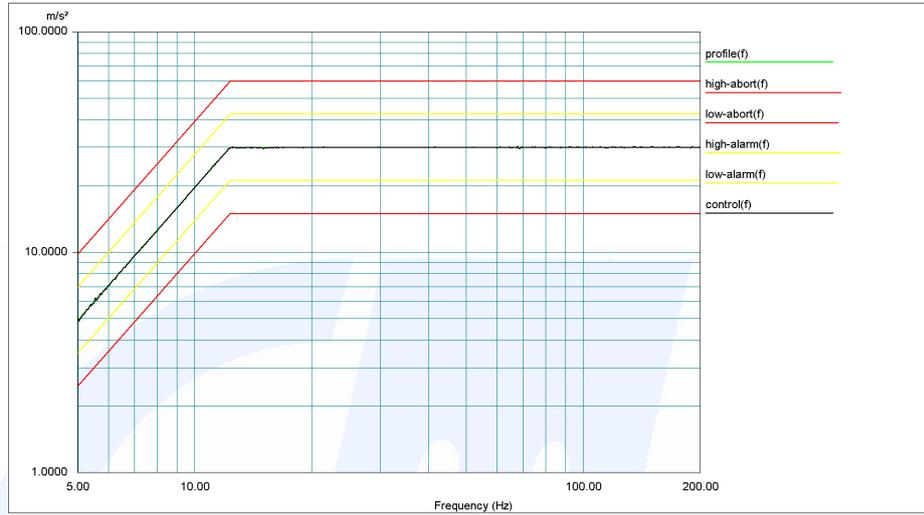


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

G10168002



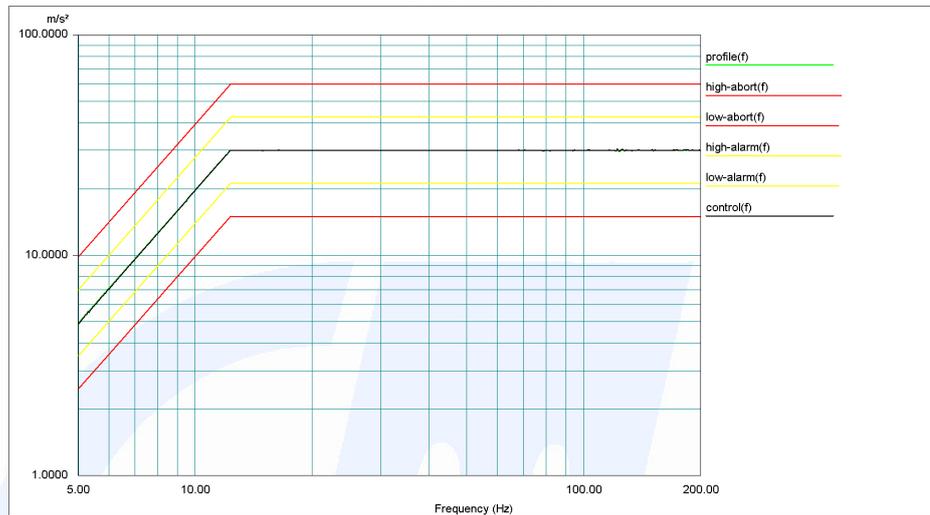


CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

G10168003



Result: The requirements are met

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.15: Test Report del primo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.2 Random vibration test conditions

Test set-up and execution

- EN 60068-2-64
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report
- Client Specification

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test specification

Frequency range: 5-1000 Hz
Acceleration RMS: 3,15 g
Test duration: 8 h per axis

Test configuration and test method

Test site:
Vibration Room

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S126; CMC S139
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Acceptance limits

See clause 4 of this test report

Fig. 4.16: Test Report del primo caso

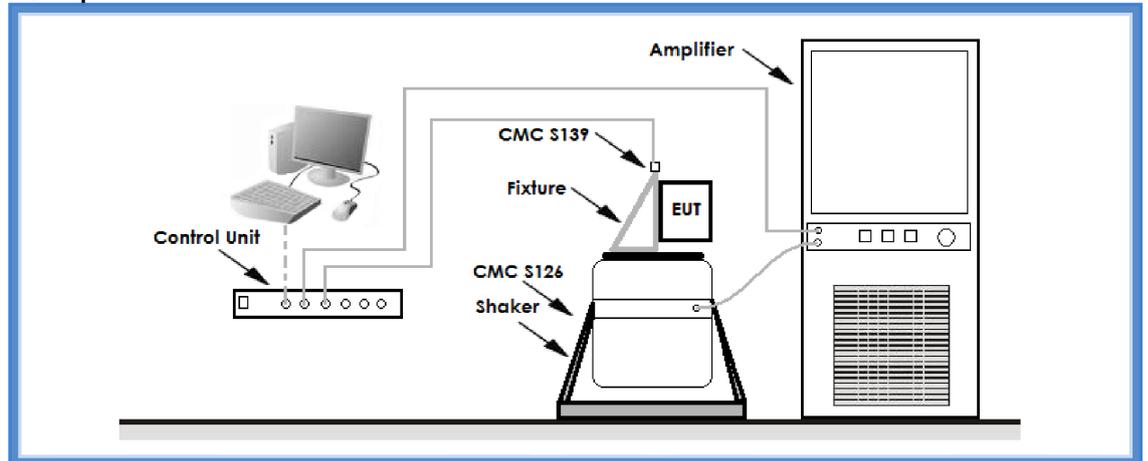


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Setup



Result

Axis	Endurance of test (h)	Acceleration RMS (g)	Graphs	Result
X	8	3,15	G10168004	P
Y	8	3,15	G10168005	P
Z	8	3,15	G10168006	P
Remarks: --				

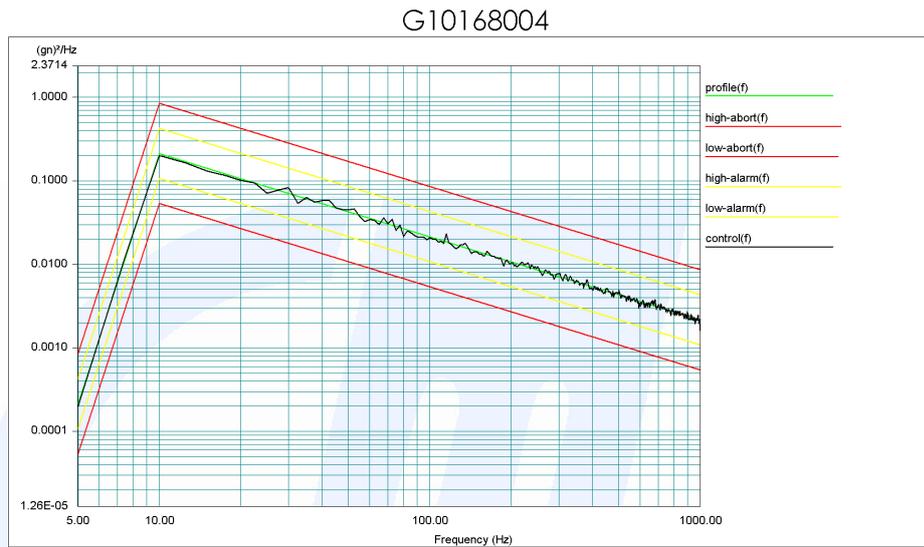


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Graphs





CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

G10168005

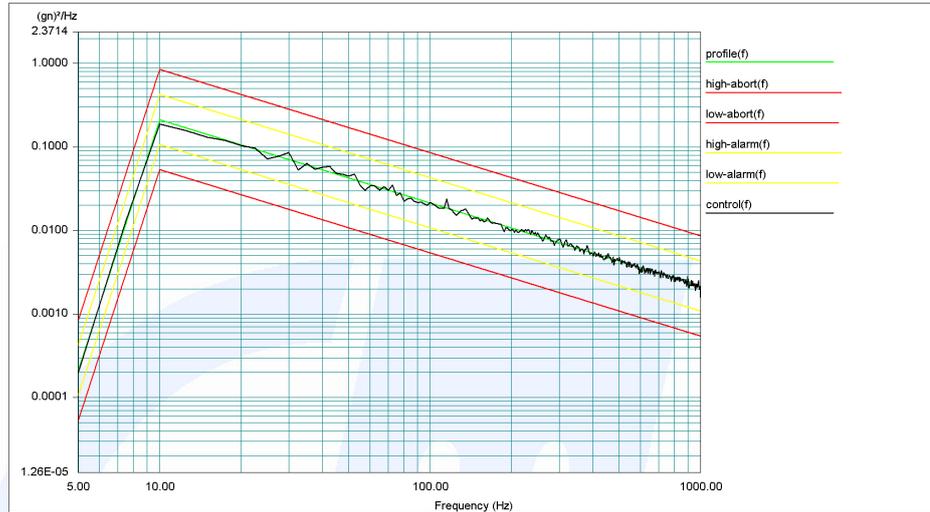


Fig. 4.19: Test Report del primo caso

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

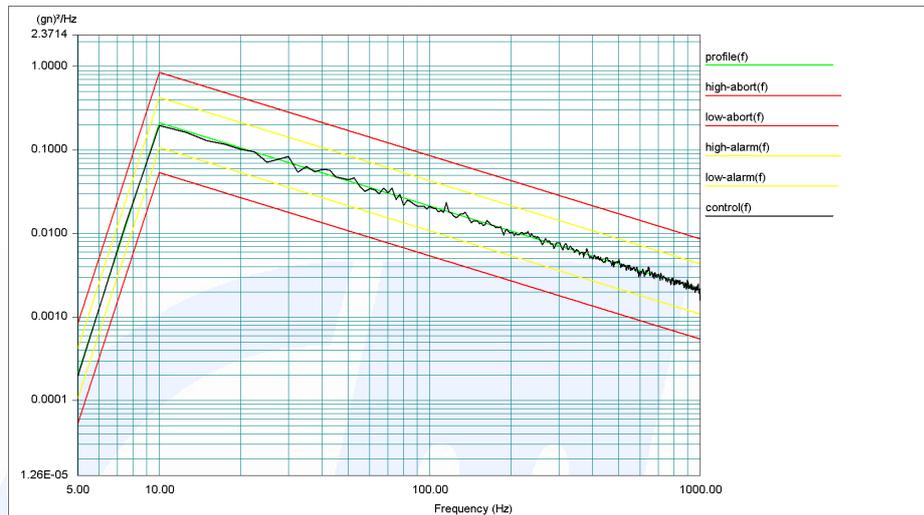


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

G10168006



Result: The requirements are met



Independent Testing Laboratory
CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI) – ITALY
 Tel./Fax +39 0445 367702
 www.cmclab.it - info@cmclab.it



Accredited by Sinal according to UNI CEI EN ISO/IEC 17025 cert. nr. 0168
 Accredited by Ministry of Communications – Notified Body EMC Directive 2004/108/EC n° NB 2044

TEST REPORT nr. V10150401	
Environmental Testing: Vibration	
Test item	
Description	CARTRIDGE FILTER
Trademark	
Model/Type	
Test Specification	
Standard	EN 60068-2-6:2008;
Client's name	
Address	
Manufacturer's name:	Same as client
Address	--
Report	
Tested by	F. Boschiero - <i>Technician</i>
Approved by	R. Beghetto - <i>Laboratory Manager</i>
Date of issue	15.11.10
Contents	29 pages

This test report shall not be reproduced except in full without the written approval of CMC.
 The test results presented in this report relate only to the item tested.

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.21: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



Index

1. SUMMARY	3
1.1 TEST HISTORY	3
2. DESCRIPTION OF EQUIPMENT UNDER TEST (EUT)	4
3. TESTING AND SAMPLING	4
4. OPERATIVE CONDITIONS	4
5. PHOTOGRAPH(S) OF EUT	5
5.1 PHOTOGRAPH(S) OF EUT	5
5.2 PHOTOGRAPH(S) OF SETUP	6
5.3 PHOTOGRAPH(S) OF FIXING MODE	7
6. EQUIPMENT LIST	8
7. MEASUREMENT UNCERTAINTY	11
8. REFERENCE DOCUMENTS	12
9. DEVIATION FROM TEST SPECIFICATION	13
10. TEST CASE VERDICTS	13
11. RESULTS	13
11.1 RESONANCES RESEARCH - COMPLEX TEST	14
11.2 ENDURANCE TEST AT RESONANCE FREQUENCIES - COMPLEX TEST	17
11.3 RESONANCES RESEARCH	20
11.4 ENDURANCE TEST AT RESONANCE FREQUENCIES	25



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



1. Summary

Test:

Client Specification

<i>Test specifications</i>	<i>Environmental Phenomena</i>	<i>Tests sequence</i>	<i>Result</i>
EN 60068-2-6:2008	Initial resonances research - Complex Test	1	Complies
EN 60068-2-6:2008	Endurance test at resonance frequencies - Complex Test	2	Complies
EN 60068-2-6:2008	Initial resonances research	3	Complies
EN 60068-2-6:2008	Endurance test at resonance frequencies	4	Complies

1.1 Test History

See Annex 2



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



2. Description of Equipment under test (EUT)

Power supply : --
Serial Number : --
Components list : See document of client

3. Testing and sampling

Date of receipt of test item : 04.11.10
Testing start date : 04.11.10
Testing end date : 05.11.10
Samples tested nr. : 1
Sampling procedure : Equipment used for testing was picked up by
the manufacturer, at the end of the production
process with random criterion
Internal identification : adhesive label with the product number
P100978

4. Operative conditions

EUT exercising : See test descriptions
Auxiliary equipment : See test descriptions
Performance check for test : --
Acceptance limits : See test descriptions



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



6. Equipment list

<i>Id. number</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Model</i>	<i>Description</i>	<i>Serial number</i>
CMC B001	CMC	SM001	Test pin	---
CMC B002	CMC	SM002	Test probe	---
CMC B003	ATS	SMIP2X	Test finger IP2X	146/99
CMC B004	CMC	SMIP3X	Rigid steel IP3X	---
CMC B005	CMC	SMIP4X	Rigid steel IP4X	---
CMC B006	Delta Ohm	HD8802	Digital thermometer	291096D294
CMC B008	EDC	8170 CF	HV tester	1162
CMC B009	EDC	8270 CL	Insulation Tester	372
CMC B010	EDC	9170 DG	Security resist. Tester	334
CMC B011	Valex	1800300	Calliper	---
CMC B012	CMC	SMIPX5	Nozzle IPX5	---
CMC B013	CMC	SMIPX6	Nozzle IPX6	---
CMC B014	CMC	SMAIPX56	Connection for nozzle IPX5/IPX6	---
CMC B015	LUTRON	FG-5000	Digital force gauge	L398212
CMC B016	PTL	F22.50	Impact-test apparatus	9709349
CMC B017	Super Lap/split	Super Lap/split	Chronometer	---
CMC B018	ATS	Art. N. 02.04	Ball-pressure apparatus	26
CMC B019	BETA	580/25F	Dynamometric screwdriver	7G1035996
CMC B020	CMC	SM004	Leakage current tester	---
CMC B021	Ci-efte-Gi	HT	Variac	4598
CMC B025	Borletti	COC 100 S	Calliper	602992
CMC B026	Angelantoni	UY 245 IU	Climatic chamber	1059.78
CMC B027	ATS	Art. N. 01.02-A	Rigid test finger	064/98
CMC B028	ATS	Art. N. 01.10	Test finger nail	065/98
CMC B029	CMC	SM005	Glow Wire Test	---
CMC B030	CEWAL	DN 150	Manometer	6-16425
CMC B031	ATS	BF01	Steel Ball	---
CMC B036	Ridge Tool Company	RIDGID 1450	Pump for plant test	---
CMC B038	CMC	CU01	Humidity test chamber	---
CMC B039	CMC	K	Thermocouple	---
CMC B040	CMC	FP01	Plastics test oven	---
CMC B041	Borletti	FD 110	Dynamometer	---
CMC B046	Elettrotest	TPS/M 6000	AC Source	67
CMC B047	ATS	Art. 01.06	Test Needle 1 mm, force 1N	466/02
CMC B048	ATS	Art. 01.07	Test Needle 2,5 mm, force 3N	467/02
CMC B049	ATS	Art. 01.09	Test Sphere 50 mm	478/02
CMC B050	ATS	BF02	Test Sphere 12,5 mm	---
CMC B051	ATS	Art. 01.12	Test Wire 1 mm	480/02

Fig. 4.25: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



Id. number	Manufacturer	Model	Description	Serial number
CMC B052	ATS	Art. 01.11	Test Rod 2,5 mm	479/02
CMC B053	ATS	Art. 02.07-A	Needle-flame	101/03
CMC B054	Angelantoni	UY 560	Climatic chamber	1265
CMC B055	CMC	SM006	Leakage current tester	---
CMC B057	Agilent	34970A	Data acquisition	MY41022158
CMC B058	ATS	Art. 03.02-A	IP5X-IP6X chamber	002111/03
CMC B059	Delta Ohm	HD9216	Thermo hygrometer	3006104
CMC B060	ATS	Art. BF02	1 kg Sphere	---
CMC B061	ATS	Art. 10J	10 J Hammer	001
CMC B062	Agilent	34970A	Data acquisition	MY41009272
CMC B063	Chauvin Arnoux	C.A 6160	Multitester	14091466
CMC B064	Novex	64210	Stereo Microscopes	---
CMC B065	CMC	PA01	Pneumatic arm	---
CMC B066	Testo	521-3	Pressure tester	01229247/606
CMC B067	Kern	DE 120K10N	Electronic platform balance	WC0634274
CMC B068	Fluke	Ti20	Thermal Imager	92420133
CMC B069	Angelantoni	CH 600C	Climatic chamber	41973
CMC B070	Dini Argeo	DFW06+ETB6	Electronic platform balance	117330+117353B1
CMC B071	Siemens	SAG	CO / CO2 / O2 Analyzer system	02.26.12.006
CMC B072	CMC	PT01	Pressure Tester	---
CMC B073	ISCO	NS 9060	Plastics test oven	38654-T4E
CMC B074	CMC	CIP06	IP Chamber IPX1,2,3,4,5,6	---
CMC B075	STAHWILLE	775/30	Dynamometric screwdriver	07F007
CMC B076	RS	440 9574	Chronometer	---
CMC B081	ATS	Art. 03.20	Nozzle IPX4	071/08
CMC B082	KERN	80005	Dynamometer	---
CMC B083	KERN	80020	Dynamometer	---
CMC B084	Agilent	34970A	Data acquisition	MY44049839
CMC B085	Array	3711A	Electronic Load	A06BJ02018
CMC B087	Yokogawa	WT3000	Precision Power analyzer	91JB15155
CMC B088	Voltcraft	K101	Digital thermometer	60500381
CMC S005	Xitron	2503	Power supply analyser	2503592013
CMC S026	Chroma	C6530	AC Source	653000095
CMC S031	Tektronix	TDS 210	Digital oscilloscope	B010552
CMC S032	SCHAFFNER	NSG 2050	Surge source with CDN	200111-253AR
CMC S035	Eutron	BVR 1800 30-50	DC Source	3004
CMC S122	Fluke	336	Amperometric clamp meter	81754972
CMC S126	LDS + Dactron	V730-335+LASER	Vibration testing system	132+133+4512698
CMC S139	Wilcoxon	736	Accelerometer 101 mV/g	12245
CMC S140	Wilcoxon	732A	Accelerometer 9.8 mV/g	1424

Fig. 4.26: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



<i>Id. number</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Model</i>	<i>Description</i>	<i>Serial number</i>
CMC S141	Dytran	3023A1	Accelerometer Triaxial	383
CMC S156	Yokogawa	DL9040	Digital oscilloscope	91F643771
CMC A011	Riedel	Hexane	Hexane	--



Fig. 4.27: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



7. Measurement uncertainty

Test	Expanded uncertainty	Note
Climatic test (temperature) Temperature fluctuation = $\pm 0,2$ °C Temperature variation in space = $\pm 1,0$ °C Temperature gradient = $\pm 5,0$ °C	< $\pm 2,0$ °C	1
Climatic test (humidity)	< $\pm 3,0$ %	1
Vibration (acc. level)	$\pm 4,9$ %	1
Vibration (frequency)	$\pm 1,0$ %	1

Note 1:

The expanded uncertainty reported according to EN55016-4-2 (2004-10) is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of K=2, providing a level of confidence of p = 95%

Fig. 4.28: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



n° 0168

8. Reference documents

Reference no.	Description
EN 60068-2-6:2008	Environmental testing -- Part 2-6: Tests - Test Fc: Vibration (sinusoidal)
Internal Procedure PM001 rev. 2.0 (Quality Manual)	Measure procedure
Internal procedure INC_M rev. 8.0 (Quality Manual)	Measurement uncertainty calculation



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



9. Deviation from test specification

--

10. Test case verdicts

Test case does not apply to the test object..... : N
 Test item does meet the requirement..... : P
 Test item does not meet the requirement..... : F
 Test not performed : NE

11. Results

In this clause tests results are reported.

Measurement uncertainty is in accordance with document CMC INC_M rev. 8.0.

Fig. 4.30: Test Report del secondo caso



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



11.1 Resonances research - Complex Test

Test set-up and execution

- EN 60068-2-6
- Internal procedure PM001
- Client Specification

Test configuration and test method

Test site:
 Vibration Room

Auxiliary equipment:
 None

EUT exercising

None

Test equipment used

CMC S126; CMC S139; CMC S141
 Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

Frequency range: 20-200 Hz
 Constant acceleration: 6,8 g 20-200 Hz
 Resonance value: 3 times the excitation value

Acceptance limits	No mechanical damage after the test
--------------------------	-------------------------------------

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

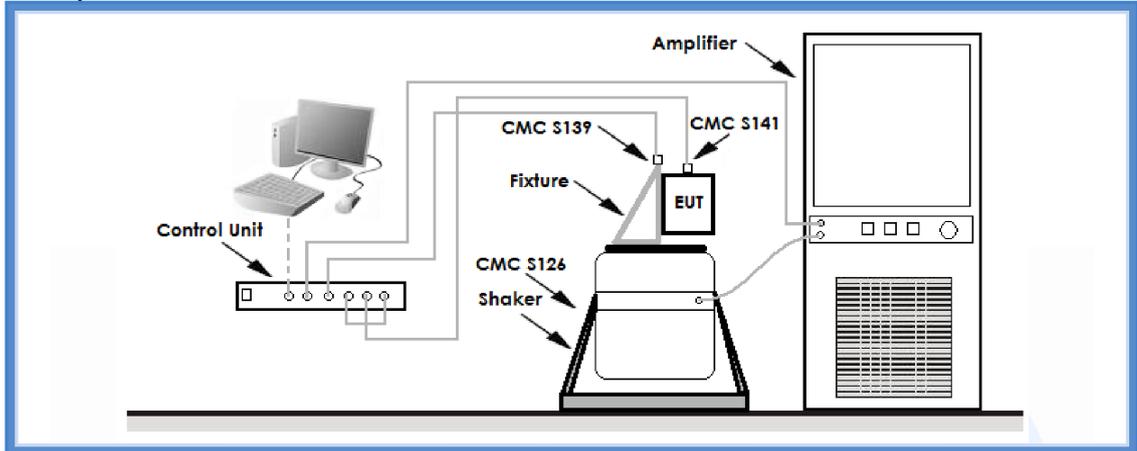
Fig. 4.31: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



Setup



Result

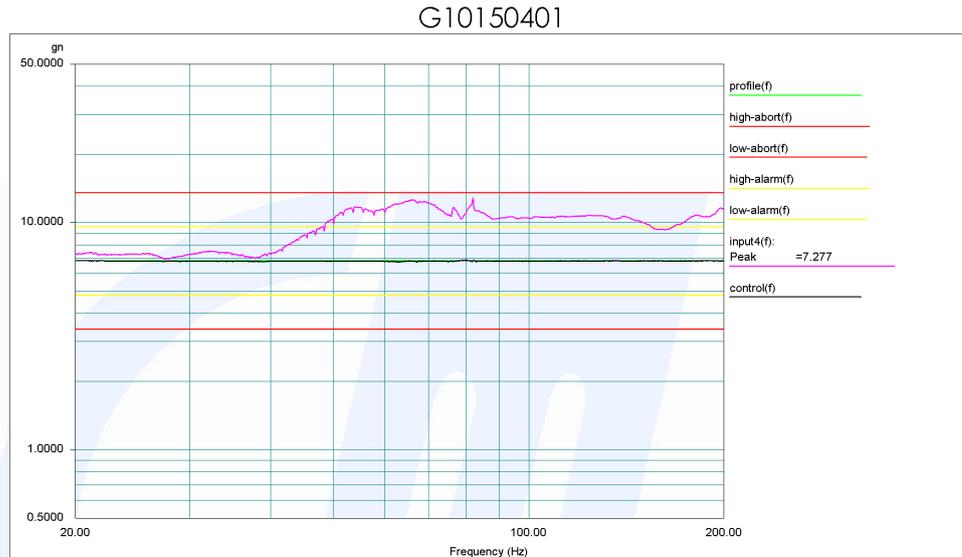
Axis	Acceleration (g)	N° cycle	Graphs	Result
Vertical	6,8	1	G10150401	P
Remarks: --				



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



Graphs



Result: The requirements are met

Fig. 4.33: Test Report del secondo caso

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



11.2 Endurance test at resonance frequencies - Complex Test

Test set-up and execution

- EN 60068-2-6
- Internal procedure PM001
- Client Specification

Test configuration and test method

Test site:
Vibration Room

Auxiliary equipment:
Dust and blower apparatus supplied by the manufacturer

EUT exercising

50 g of dust charges into the filter, connected with flexible tube to client's blower with flow 2 m³/min (see photos nr. 3 and 4).
Blower is switched ON for all test duration

Test equipment used

CMC S126; CMC S139; CMC S141
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

Acceleration for endurance tests: 6,8 g
Test duration: 30 min at fixed frequency individuated as the frequency of the previous test with the maximum excitation

Acceptance limits

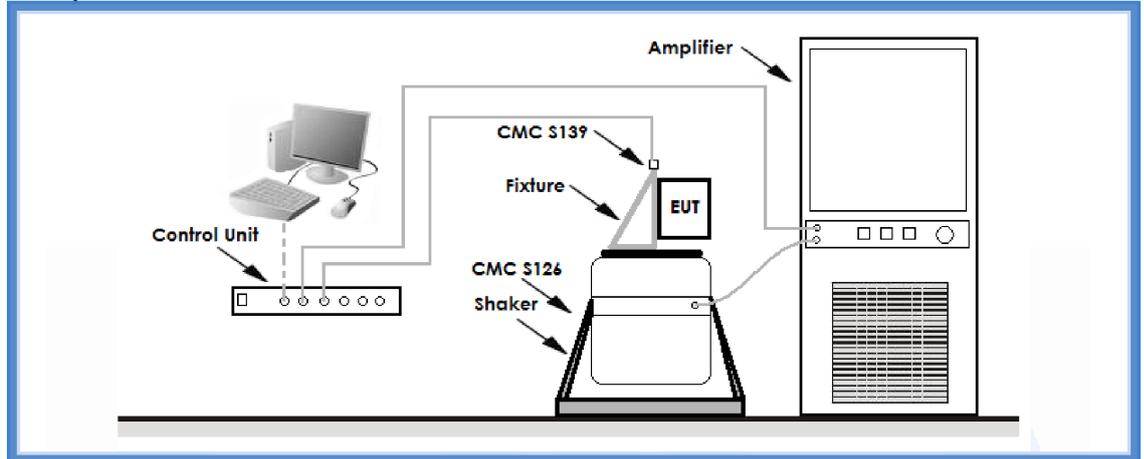
No mechanical damage after the test, and no dust after the filtering parts



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



Setup



Result

Axis	Acceleration (g)	Endurance of test (min)	Excitation Frequency (Hz)	Graphs	Result
Vertical	6,8	30	82	G10150402	P
Remarks: --					

Fig. 4.35: Test Report del secondo caso

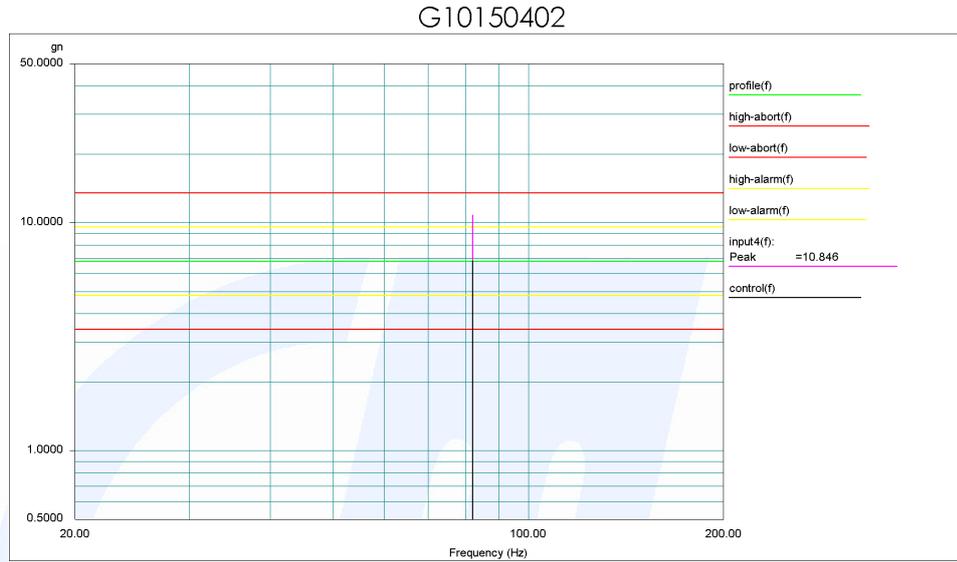
CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



Graphs



Result: The requirements are met

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.36: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



11.3 Resonances research

Test set-up and execution

- EN 60068-2-6
- Internal procedure PM001
- Client Specification

Test configuration and test method

Test site:
Vibration Room

Auxiliary equipment:
None

EUT exercising

None

Test equipment used

CMC S126; CMC S139; CMC S141
Measurement uncertainty: See clause 7 of
this test report

Test specification

Frequency range: 8,3-200 Hz
Constant acceleration: 2 g 8,3-200 Hz
Resonance value: 3 times the excitation value

Acceptance limits

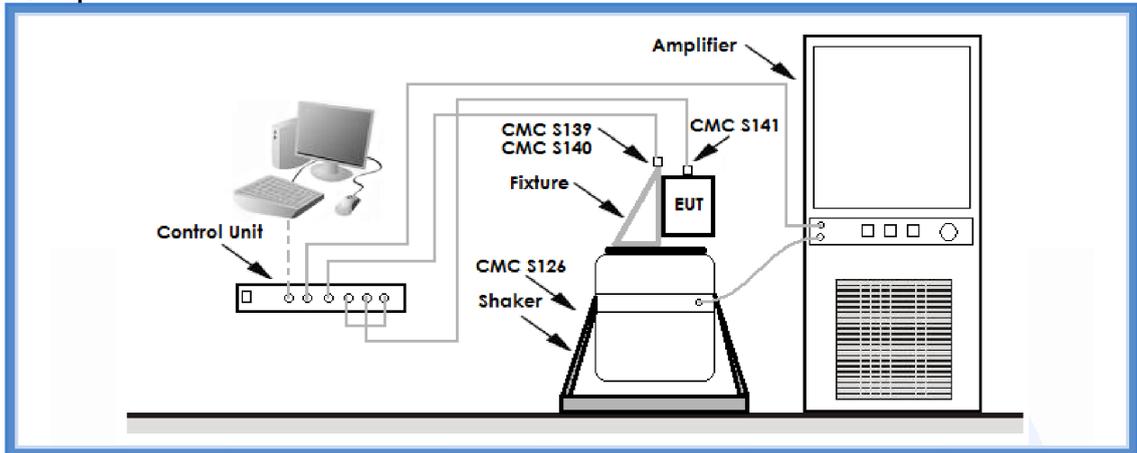
See clause 4 of this test report



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



Setup



Result

Axis	Acceleration (g)	N° cycle	Graphs	Result
Horizontal	2	1	G10150403	P
Longitudinal	2	1	G10150404	P
Vertical	2	1	G10150405	P
Remarks: --				



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



Graphs

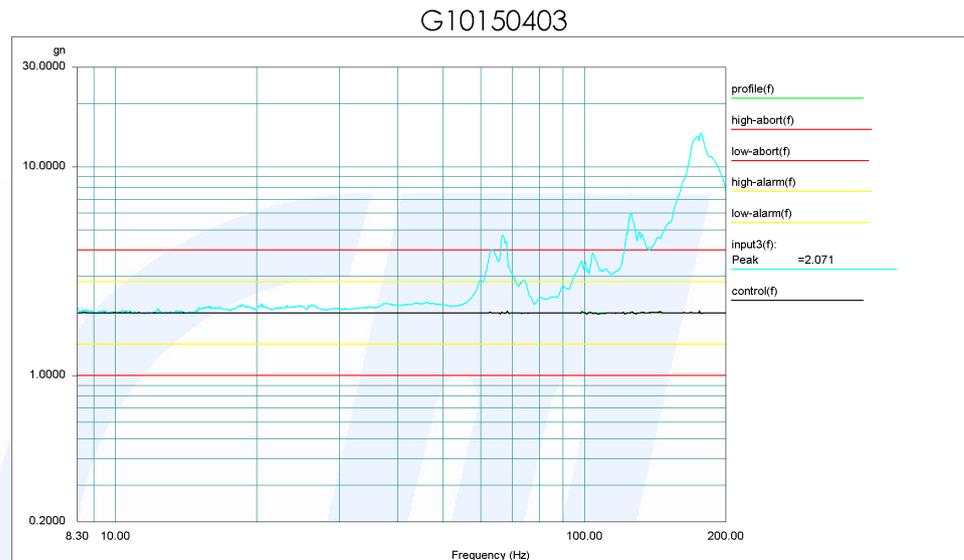


Fig. 4.39: Test Report del secondo caso

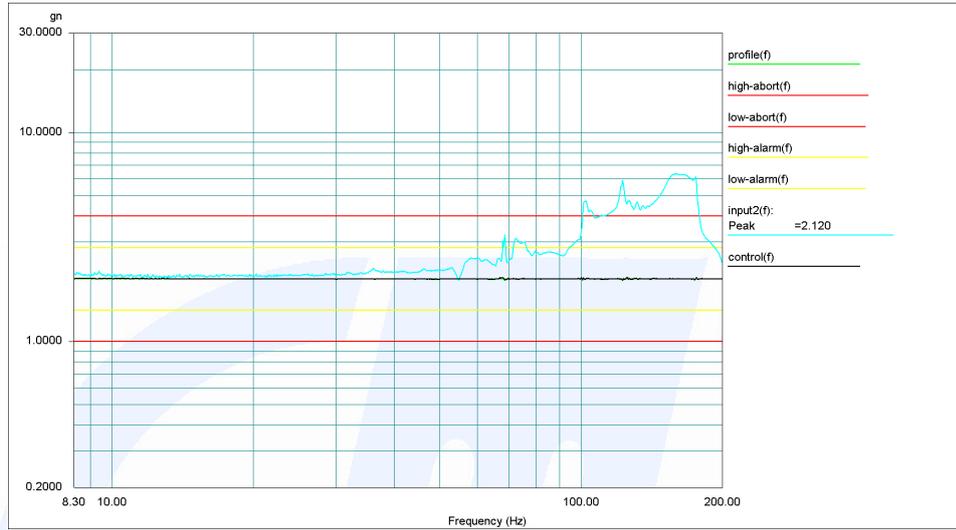
CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



G10150404

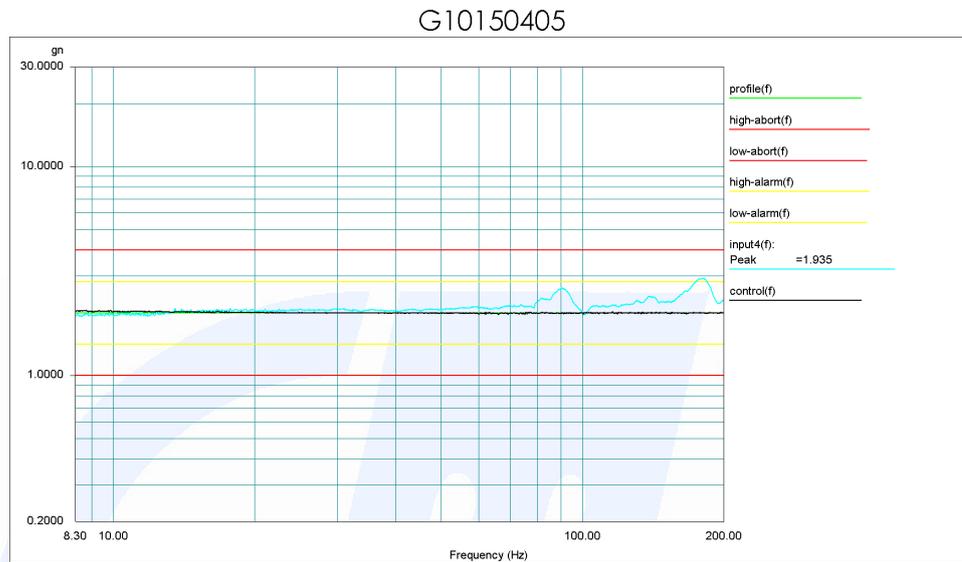


CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.40: Test Report del secondo caso



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



Result: The requirements are met

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.41: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



11.4 Endurance test at resonance frequencies

Test set-up and execution

- EN 60068-2-6
- Internal procedure PM001
- Client Specification

Test configuration and test method

Test site:
Vibration Room

Auxiliary equipment:
None

EUT exercising

None

Test equipment used

CMC S126; CMC S139; CMC S141
Measurement uncertainty: See clause 7 of
this test report

Test specification

In case of resonance detected during cl. 11.3:

- Frequency: the one with the maximum excitation value found during cl. 11.3
- Acceleration: 13 g
- Test duration: 30 min for horizontal and longitudinal axis, 60 min for vertical axis

If no resonances are detected during cl. 11.3:

- Frequency: 88.7 Hz
- Acceleration: 6.9 g
- Test duration: 90 min for horizontal and longitudinal axis, 180 min for vertical axis

Acceptance limits

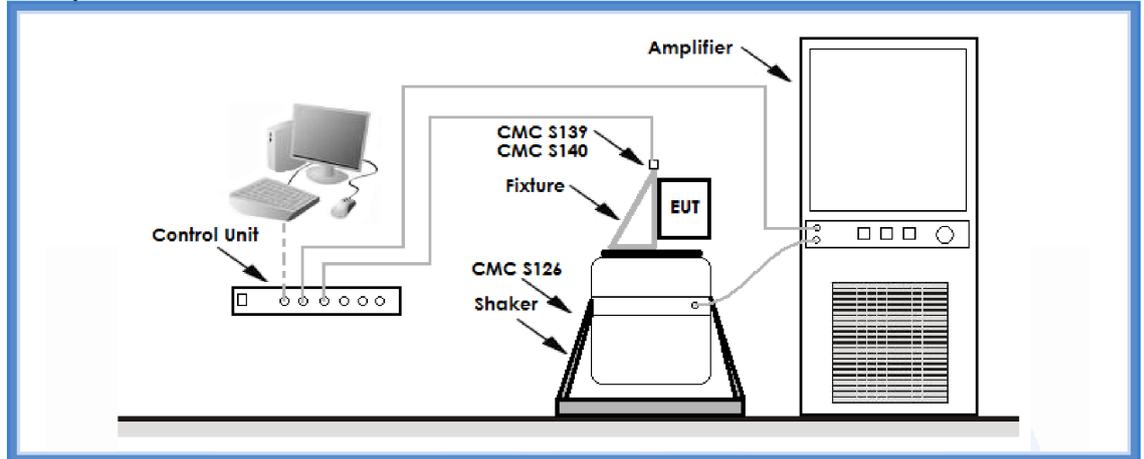
No mechanical damage after the test



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



Setup



Result

Axis	Acceleration (g)	Endurance of test (min)	Resonance Frequency (Hz)	Graphs	Result
Horizontal	13	30	177,5	G10150406	P
Longitudinal	13	30	165	G10150407	P
Vertical	6,9	180	88,7	G10150408	P
Remarks: --					

Fig. 4.43: Test Report del secondo caso

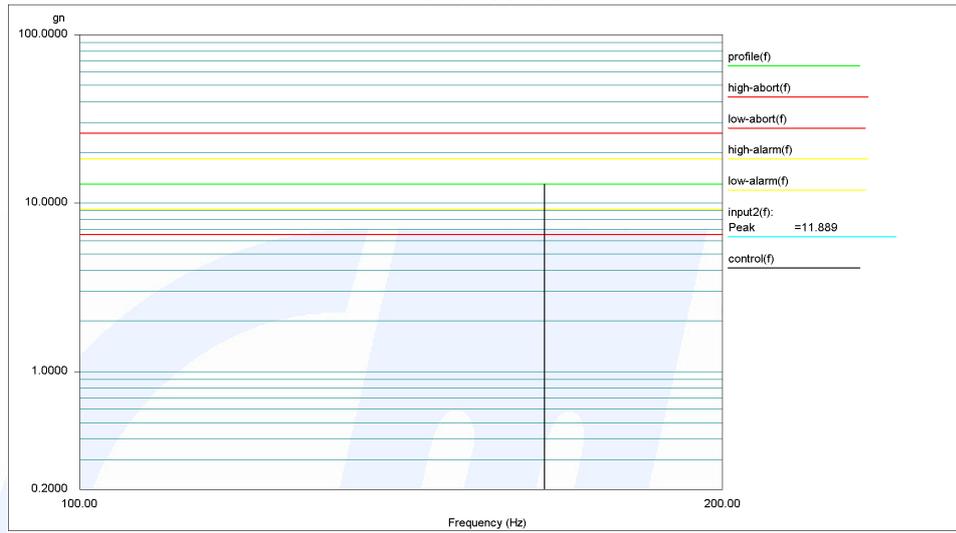


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



Graphs

G10150406



CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

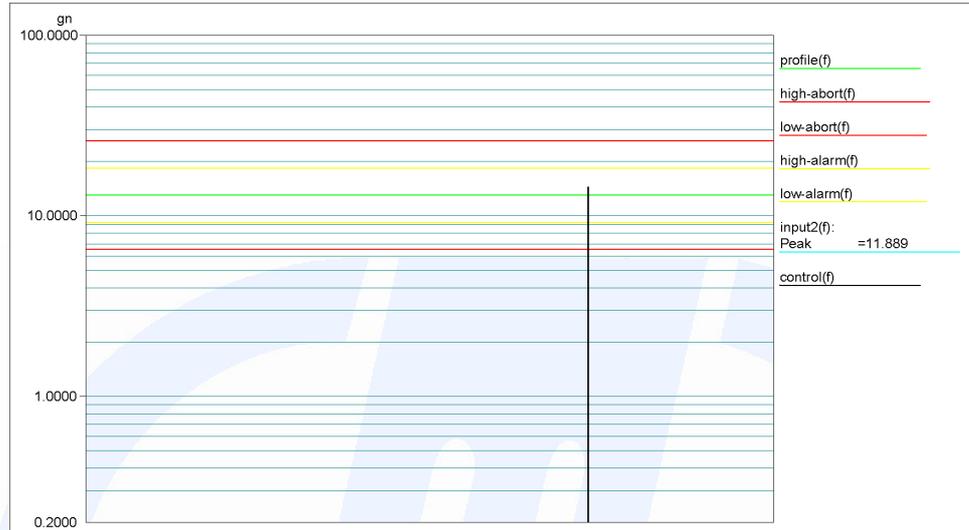
Fig. 4.44: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



G10150407



CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

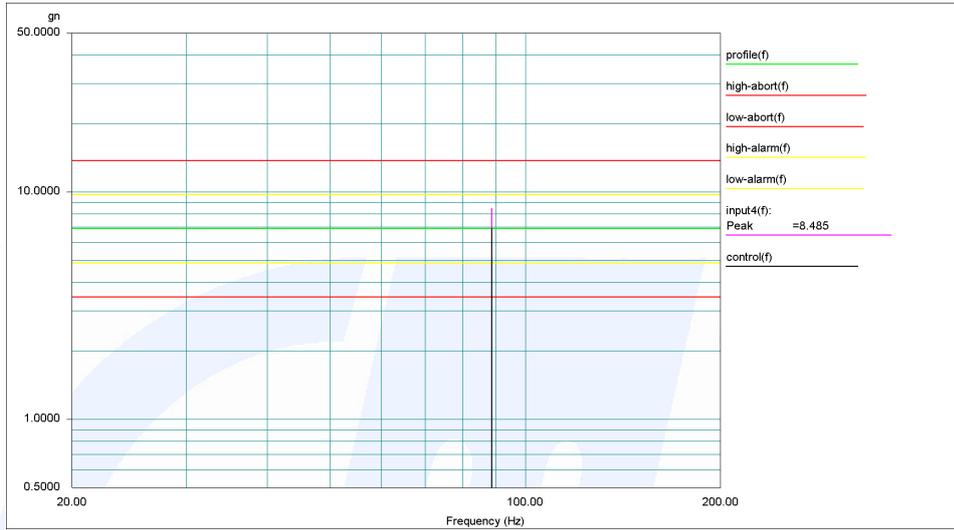
Fig. 4.45: Test Report del secondo caso



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



G10150408



Result: The requirements are met

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.

Fig. 4.46: Test Report del secondo caso

Conclusioni

La misura della capacità degli apparecchi elettronici, elettrici ed elettromeccanici di resistere a determinati tipi di stress meccanici, indica ai costruttori i limiti di impiego negli apparecchi di propria produzione.

Risulta confermata la necessità di disporre di norme specifiche per campi di applicazione. L'elaborato può anche avere la funzione di guida per l'allestimento di centri di prova in azienda.

Bibliografia

- [1] CEI EN 60068-2-6, Prove Ambientali, Parte 2-6: Prove Fc: Vibrazioni (sinusoidali) , 11 2009.
- [2] CEI EN 60068-2-27, Prove Ambientali, Parte 2-27: Prove - Prova Ea e guida: Urti , 02 2010.
- [3] CEI EN 60068-2-64, Prove Ambientali, Parte 2: Metodi di prova - Prove Fh: Vibrazioni aleatorie a larga banda e guida , 01 2010.
- [4] CEI EN 60068-2-47, Prove Ambientali, Parte 2-47: Prove - Montaggio di campioni per prove dinamiche di vibrazione, urto e similari , 11 2009.
- [5] CEI EN 60721-3-0, Classificazione delle condizioni Ambientali, Parte 3: Classificazione dei parametri Ambientali e le loro severit  - Introduzione , 06 1997.
- [6] CEI EN 60721-3-5, Classificazione delle condizioni Ambientali, Parte 3: Classificazione dei parametri Ambientali e le loro severit  - Installazione in veicoli terrestri , 06 1997.
- [7] CEI EN 61373, Railway applications - Rolling stock equipment - Shock and vibration tests , 06 2006.

