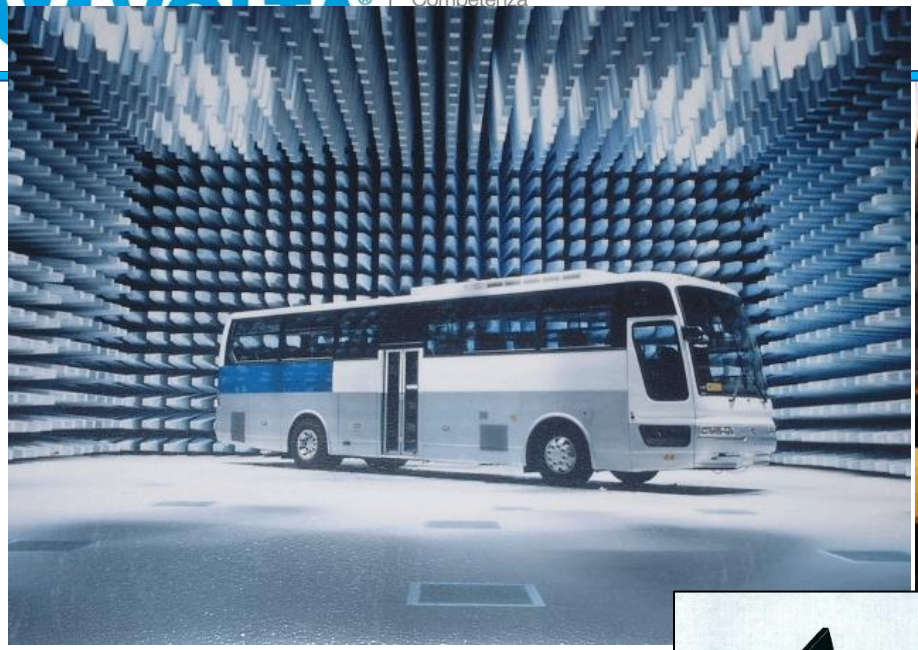
Dott. Domenico Festa
d.festa@ibdonline.it

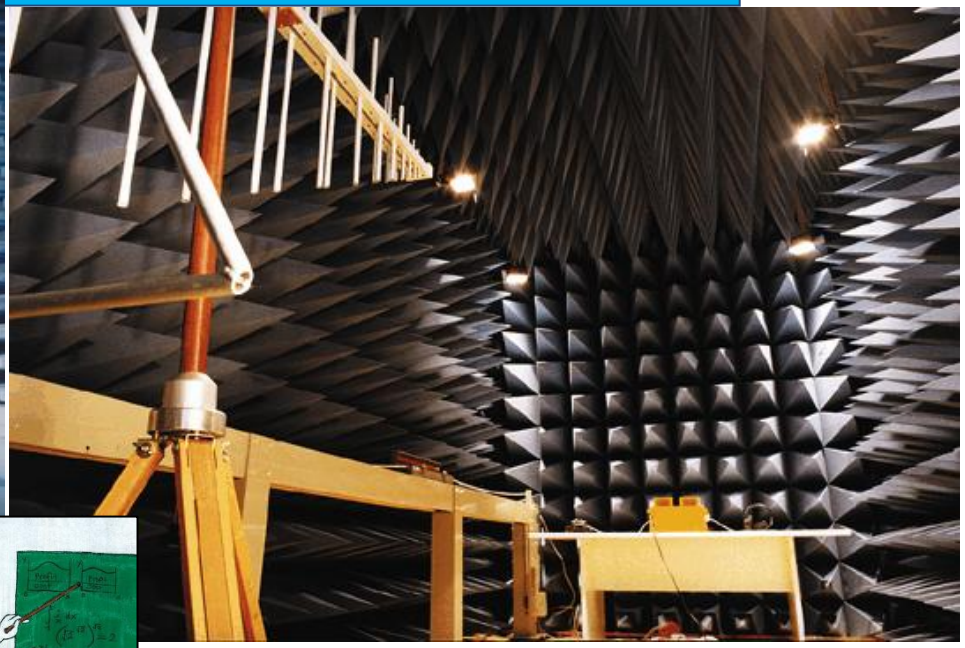
EMC nel settore Automotive

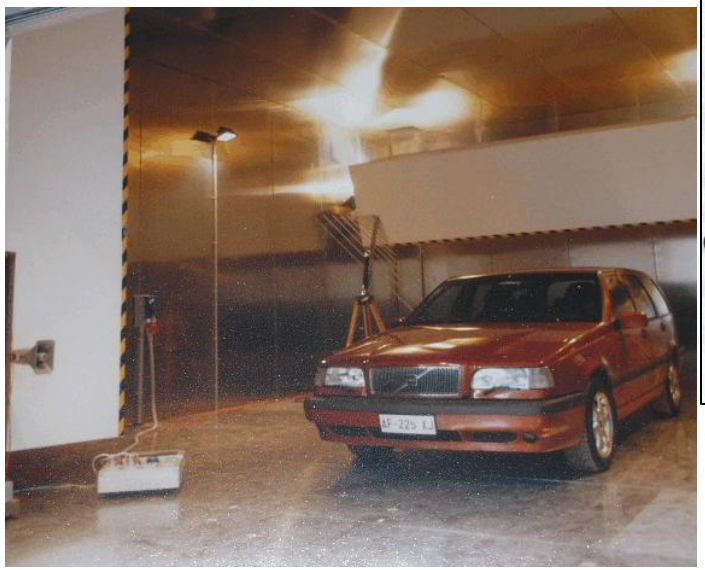
Le prove di immunità irradiata secondo ISO 11452-2 (camera anecoica), ISO 11452-3 (cella TEM), ISO 11452-5 (stripline)

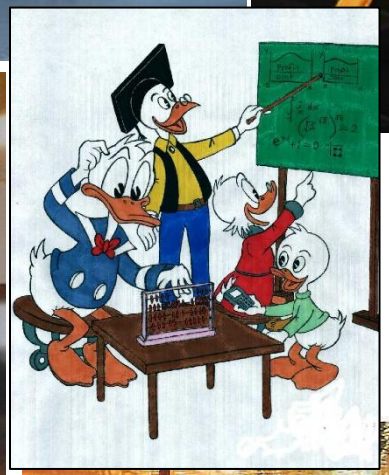
Correggio, 7 Giugno 2017
Torino, 8 Giugno 2017

Copyright © IBD - Lucidi







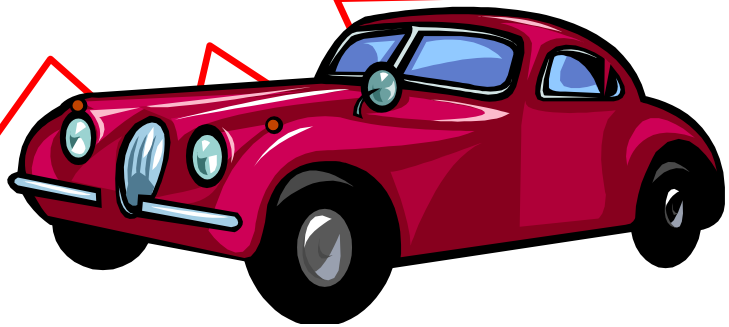


© IBD – Tutti i diritti riservati

PRINCIPIO EMC

“sorgente” (generatore)

“cammino” (meccanismo) di accoppiamento



“vittima” (ricevitore)

© IBD – Tutti i diritti riservati

PROBLEMA EMC?

- Disturbi temporanei a radio e sistemi di navigazione;
- Segnalatori con indicazioni fasulle;
- Cambi di stato di apparecchiature di comando;
- Reset di sistemi automatici;
- Innesco di elettroesplosivi;
- Danneggiamento di componenti elettronici
- …

© IBD – Tutti i diritti riservati

COMPATIBILITÀ

Quando un “sistema”:

- Non causa interferenza ad altri sistemi
- È immune alle emissioni di altri sistemi
- Non si “autodisturba”

Come?:

- Riducendo le emissioni quanto più possibile
- Rendendo sfavorevole il percorso di accoppiamento
- Irrobustendo la “vittima” per renderla meno sensibile ai disturbi

© IBD – Tutti i diritti riservati

PERICOLO?

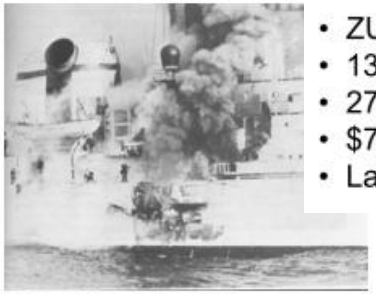
- 1969: Portaerei USS Forrestal
- 1982: Cacciatorpediniere HMS Sheffield
- 1985: Missile Pershing II
- 20xx: accelerazioni improvvise
- 20xx: mancanza di sterzo o freni
- ….

USS Forrestal (Vietnam -1969)

- ZUNI rocket inadvertently launched by a ship rada
- 134 dead
- 27 aircraft destroyed
- $72M damage to ship ($335M in 2000 dollars)
- Largest Naval loss of life since WW II

Pershing II Nuclear Missile (Germany)

- Missile motor exploded during routine maintenance
- Electrostatic discharge identified as the cause
- 3 dead



HMS Sheffield (Falkland Islands -1982)

- Hit by undetected EXOCET missile
- EMI caused degradation of surveillance radar
- 21 dead,
- Ship sank 4 days later

© IBD – Tutti i diritti riservati

PROSSIME EVOLUZIONI

EMC sarà sempre più critica:

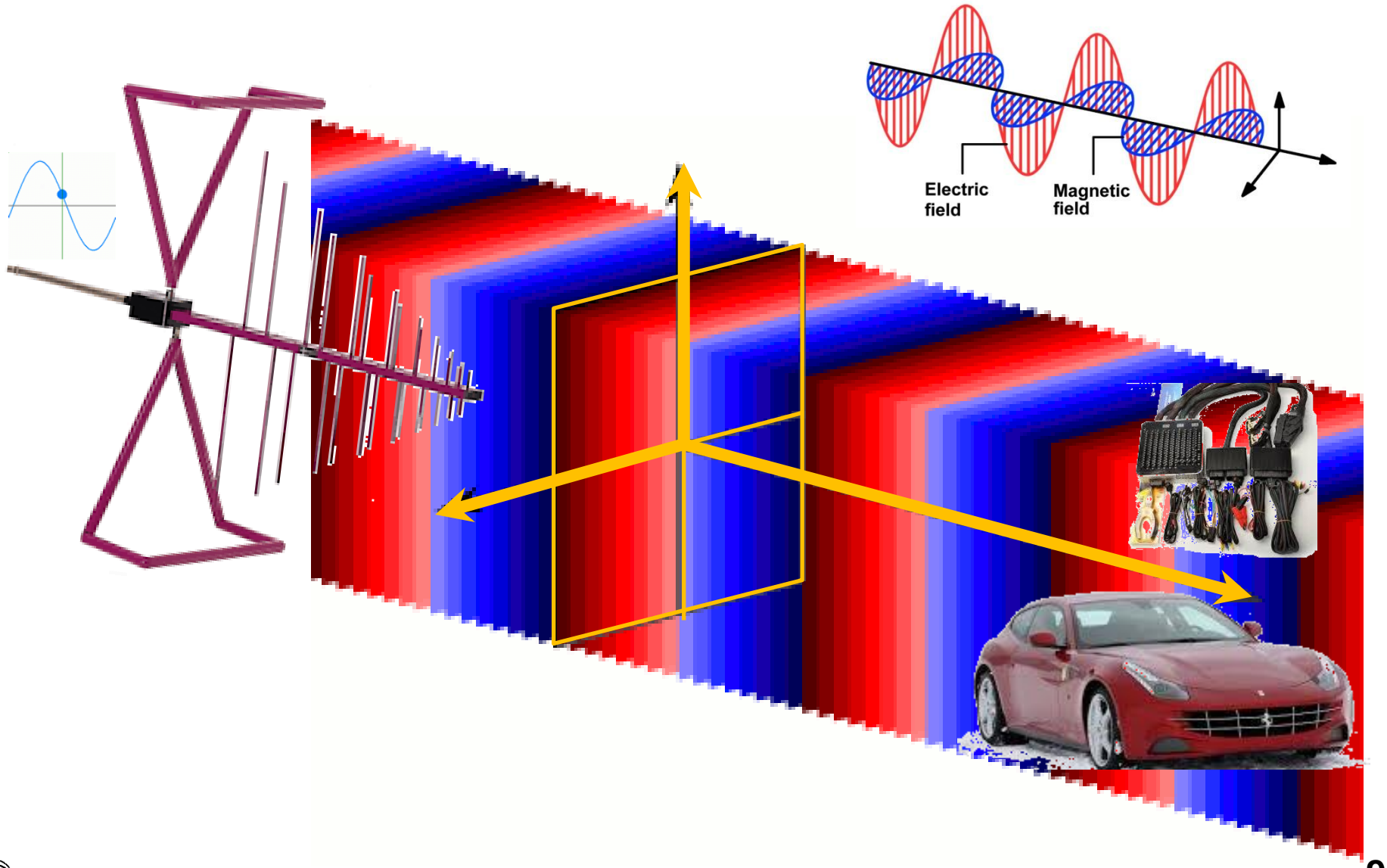
- Aumento dispositivi elettronici in genere e wireless in particolare;
- Tecnologie a sempre più basso consumo/energia e sempre maggiore frequenza operativa;
- Maggior densità di dispositivi;
- Prezzi sempre più competitivi;
- Smartphone e PC pervasivi;
- Sistemi evoluti di guida, di controllo, ecc.

© IBD – Tutti i diritti riservati

INTENTIONAL EMI …

© IBD – Tutti i diritti riservati

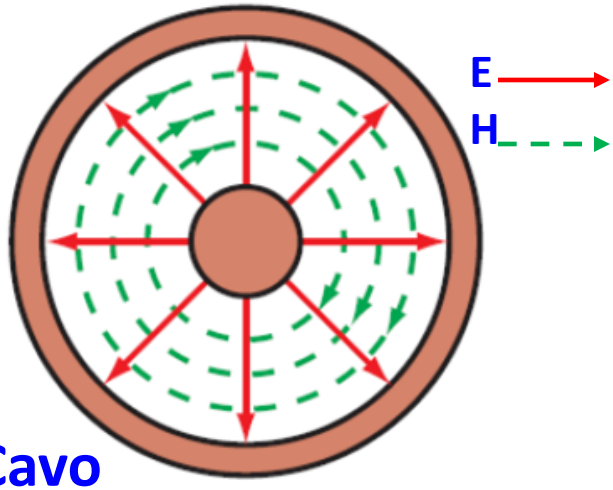
IMMUNITÀ IRRADIATA



© IBD – Tutti i diritti riservati

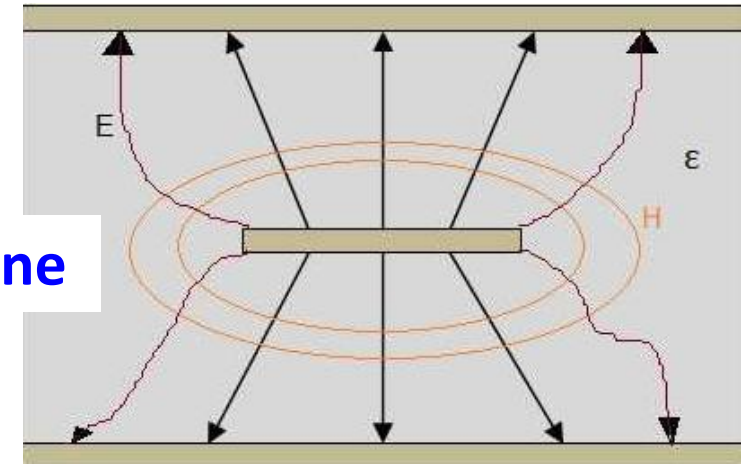
MODO TEM

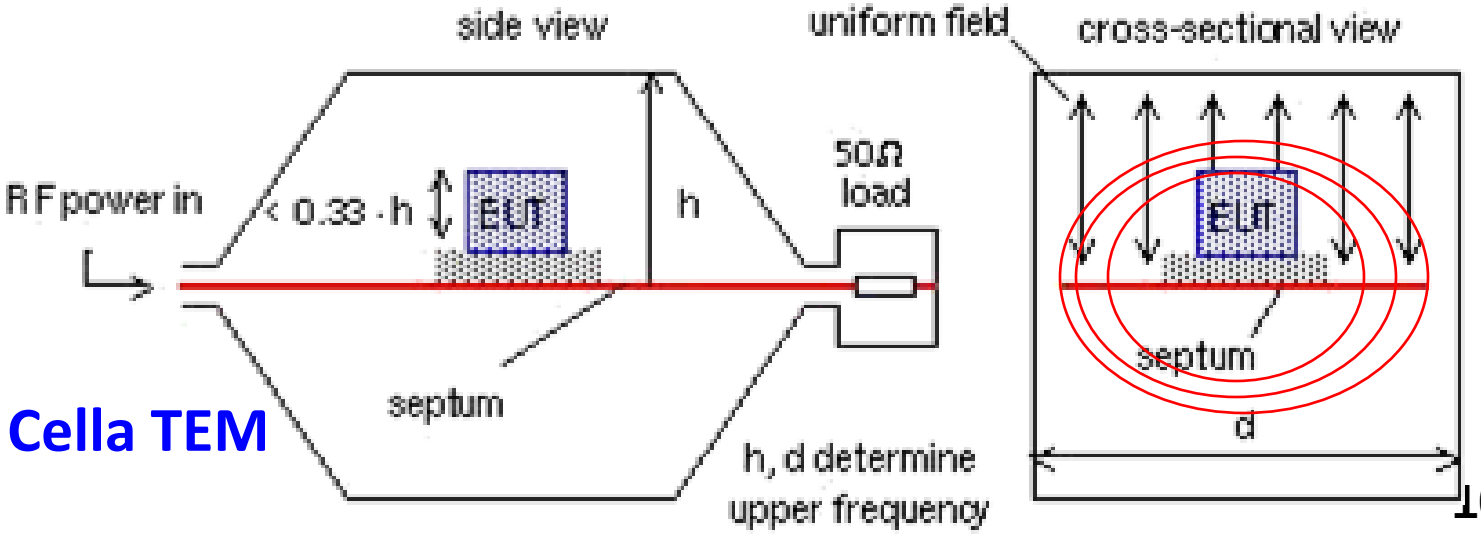
Campo elettrico e magnetico sono ortogonali tra di loro e ortogonali alla direzione di propagazione



Cavo coassiale

StripLine





Cella TEM

© IBD – Tutti i diritti riservati

APPLICABILITÀ

	11452-2	11452-3	11452-5
Frequenza	80 MHz-18 GHz	10 kHz-200 MHz	10 kHz-400 MHz
Componenti Electronici	☑	☑	☑
Veicolo	**no**	**no**	**no**
Cablaggio	☑	**possibile**	☑
Periferiche	☑	**no**	**no**
Solo disturbi continui	☑	☑	☑
Solo banda stretta	☑	☑	☑
Camera schermata	☑	**no**	**raccomandata**

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" UNA NORMA

- Prefazione (Foreword)
  - *"storia" del documento*
  - *Date*
  - *Adozione*

- Introduzione (Introduction)
  - *Notizie importanti*

- Campo di Applicazione (Scope)
  - *A cosa la norma si applica*
  - *Limitazioni*

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" LA ISO 11452-2

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO 11452-2 was prepared by Technical Committee ISO/TC 22, *Road vehicles*, Subcommittee SC 3, *Electrical and electronic equipment*.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 11452-2:1995), which has been technically revised.

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" LA ISO 11452-2

ISO 11452 consists of the following parts, under the general title *Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy*:

— *Part 1: General principles and terminology*

— *Part 2: Absorber-lined shielded enclosure*

— *Part 3: Transverse electromagnetic mode (TEM) cell*

— *Part 4: Bulk current injection (BCI)*

— *Part 5: Stripline*

— *Part 7: Direct radio frequency (RF) power injection*

The radiating loop method is to form the subject of a future part 8.

Introduction

Immunity measurements of complete vehicles are generally able to be carried out only by the vehicle manufacturer, owing to, for example, high costs of an absorber-lined shielded enclosures, the desire to preserve the secrecy of prototypes or a large number of different vehicles models.

For research, development and quality control, a laboratory measuring method can be used by both vehicle manufacturers and equipment suppliers to test electronic components.

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" LA ISO 11452-2

Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy —

Part 2:
Absorber-lined shielded enclosure

1 Scope

This part of ISO 11452 specifies an absorber-lined shielded enclosure method for testing the immunity (off-vehicle radiation source) of electronic components for passenger cars and commercial vehicles regardless of the propulsion system (e.g spark-ignition engine, diesel engine, electric motor). The device under test (DUT), together with the wiring harness (prototype or standard test harness), is subjected to an electromagnetic disturbance generated inside an absorber-lined shielded enclosure, with peripheral devices either inside or outside the enclosure. It is applicable only to disturbances from continuous narrowband electromagnetic fields. See ISO 11452-1 for general test conditions.

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" LA ISO 11452-3

Introduction

Immunity measurements of complete road vehicles are generally able to be carried out only by the vehicle manufacturer, owing to, for example, high costs of absorber-lined shielded enclosures, the desire to preserve the secrecy of prototypes or a large number of different vehicle models.

For research, development and quality control, a laboratory measuring method can be used by both vehicle manufacturers and equipment suppliers to test electronic components.

The TEM cell method has the major advantage of not radiating energy into the surrounding environment. The method can be used for testing either the immunity of a component with the field coupling to the wiring harness or the immunity of the component alone with minimum exposure to the wiring harness.

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" LA ISO 11452-3

Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy —

Part 3:
Transverse electromagnetic (TEM) cell

1 Scope

This document specifies transverse electromagnetic (TEM) cell tests for determining the immunity of electronic components of passenger cars and commercial vehicles to electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy, regardless of the vehicle propulsion system (e.g. spark-ignition engine, diesel engine, electric motor).

The electromagnetic disturbances considered are limited to continuous narrowband electromagnetic fields.

© IBD – Tutti i diritti riservati

Introduction

Immunity measurements of complete road vehicles are generally able to be carried out only by the vehicle manufacturer, owing to, for example, high costs of absorber-lined shielded enclosures, the desire to preserve the secrecy of prototypes or a large number of different vehicle models.

For research, development and quality control, a laboratory measuring method can be used by both vehicle manufacturers and equipment suppliers to test electronic components.

© IBD – Tutti i diritti riservati

COME "LEGGERE" LA ISO 11452-5

Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy —

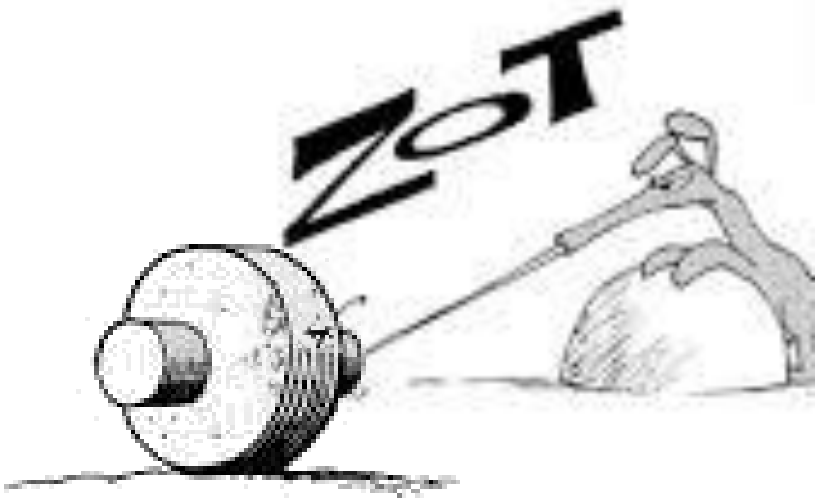
Part 5:
Stripline

1 Scope

This part of ISO 11452 specifies stripline tests for determining the immunity of electronic components of passenger cars and commercial vehicles to electrical disturbances from narrowband electromagnetic energy, regardless of the vehicle propulsion system (e.g. spark-ignition engine, diesel engine, electric motor). To perform such tests, the equipment harness is exposed to a disturbance field. This technique is limited to equipment harnesses, which have a maximum diameter of one-third the stripline height or less.

The electromagnetic disturbances considered are limited to continuous narrowband electromagnetic fields.

© IBD – Tutti i diritti riservati



MOBILE DEVICE

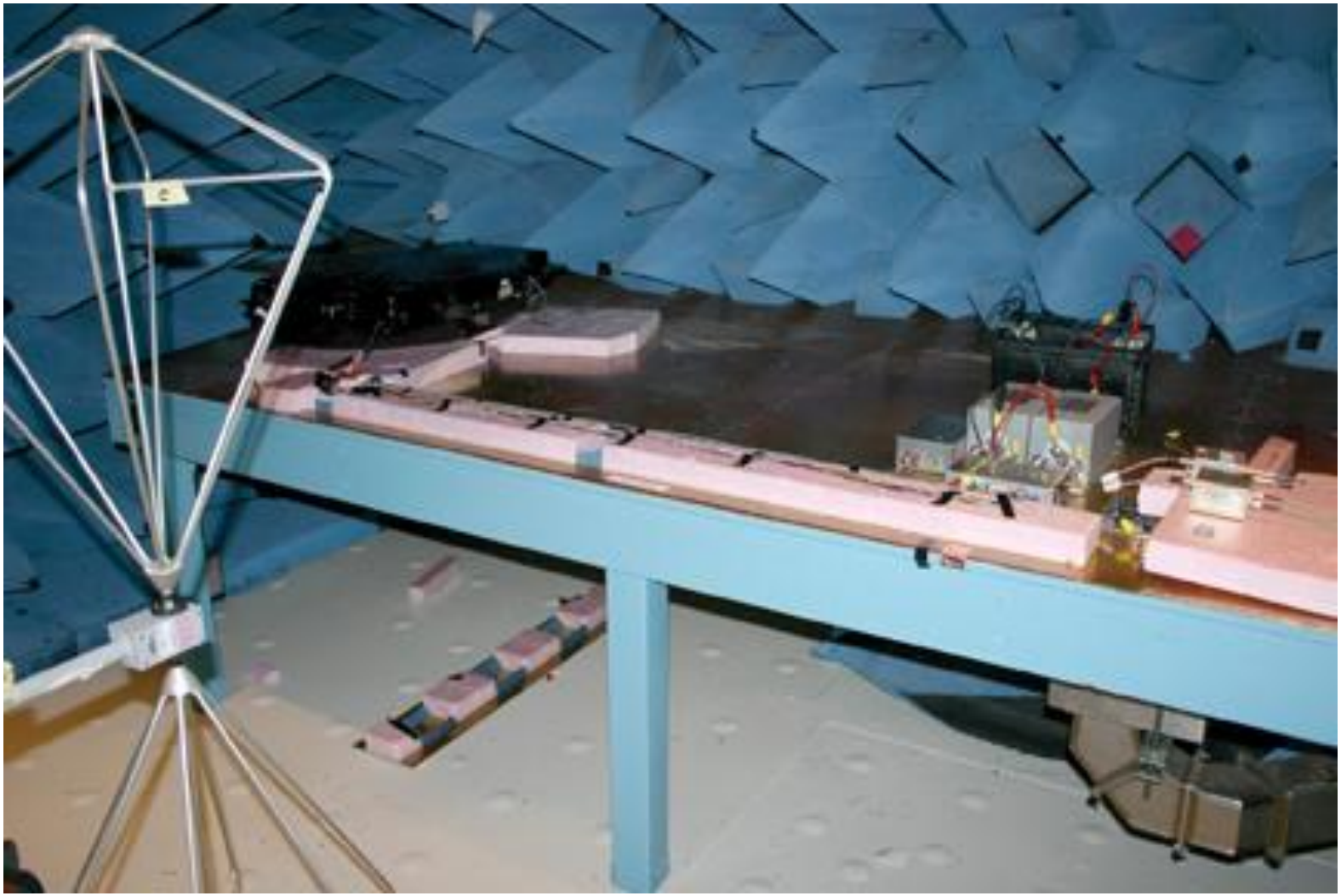
© IBD – Tutti i diritti riservati

PRIMA DI INIZIARE …

- A fine prova serve il Rapporto di Prova! (tenere traccia di tutto)
- Tutta la strumentazione funziona, è tarata e riferibile?
- C'è tutto? (soprattutto accessori: rimandare una prova perché manca un adattatore da 5 € può essere un problema)
- Che prova devo fare? Limiti? Specifiche? Istruzioni particolari?
- Norma Tecnica?
- Software di prova (sia per EUT, sia per laboratorio)?
- Check List

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-2 "CAMERA"



© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-2: APPARECCHIATURE

- Camera schermata semianecoica o completamente anecoica
- Energia riflessa nel volume di prova ≤ 10 dB (rispetto alla diretta)
- Qualsiasi “Field-generating Device” (antenna) (purchè in grado di dare la polarizzazione richiesta)
- Sensore di campo piccolo e isotropico
- Reti artificiali 5μH//50Ω, generatore, amplificatore
- Misuratore di potenza diretta e riflessa, accoppiatore
- Piano metallico (tavolo) minimo 1 m x 2 m x 0,5 mm collegato alla camera con resistenza massima 2,5 mΩ (e distanza tra i collegamenti < 30 cm)

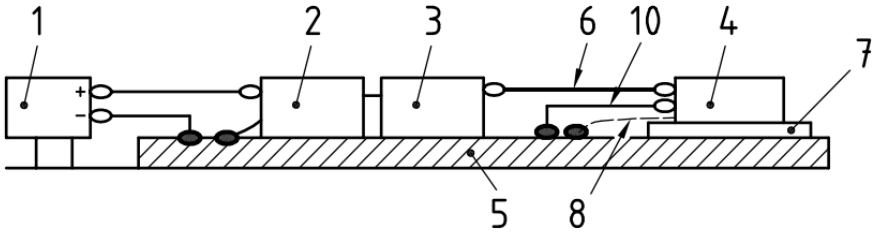
© IBD – Tutti i diritti riservati

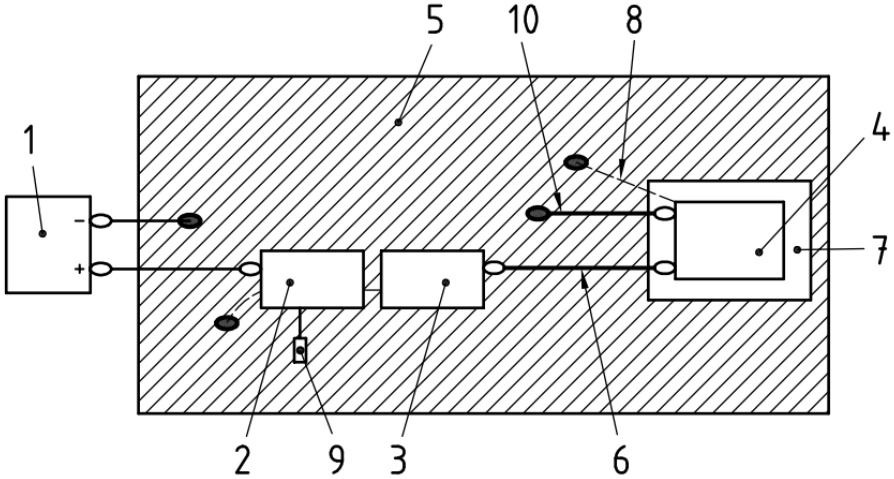
ISO 11452-2: EUT

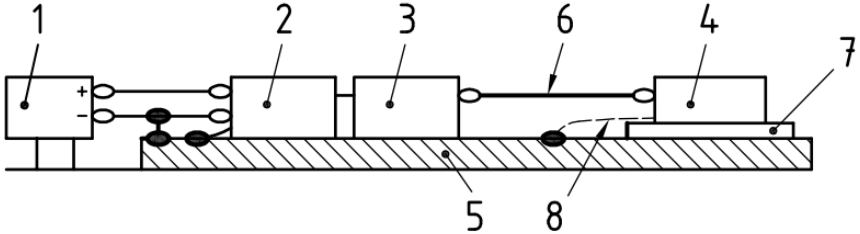
- Orientato e messo in funzione come previsto
- Sollecitato sulle varie uscite
- Monitorato via fibra ottica o alta impedenza
- Su supporto dielettrico ($\varepsilon_r \leq 1,4$) da (50 ± 5) mm e a distanza di (200 ± 10) mm dal bordo del piano di massa
- Con (1500 ± 75) mm di cablaggio parallelo al fronte a distanza di (100 ± 10) mm dal bordo del piano di massa
- Massima lunghezza del cablaggio 2 m e su supporto dielettrico da (50 ± 5) mm
- Simulatore del carico sul piano di massa (o ad esso collegato) e alimentato tramite rete artificiale 5μH//50Ω

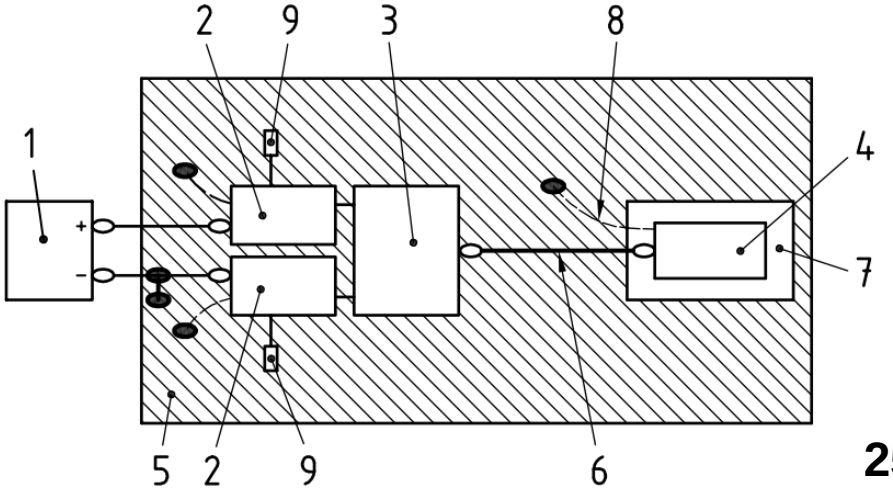
© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-2: ALLESTIMENTO









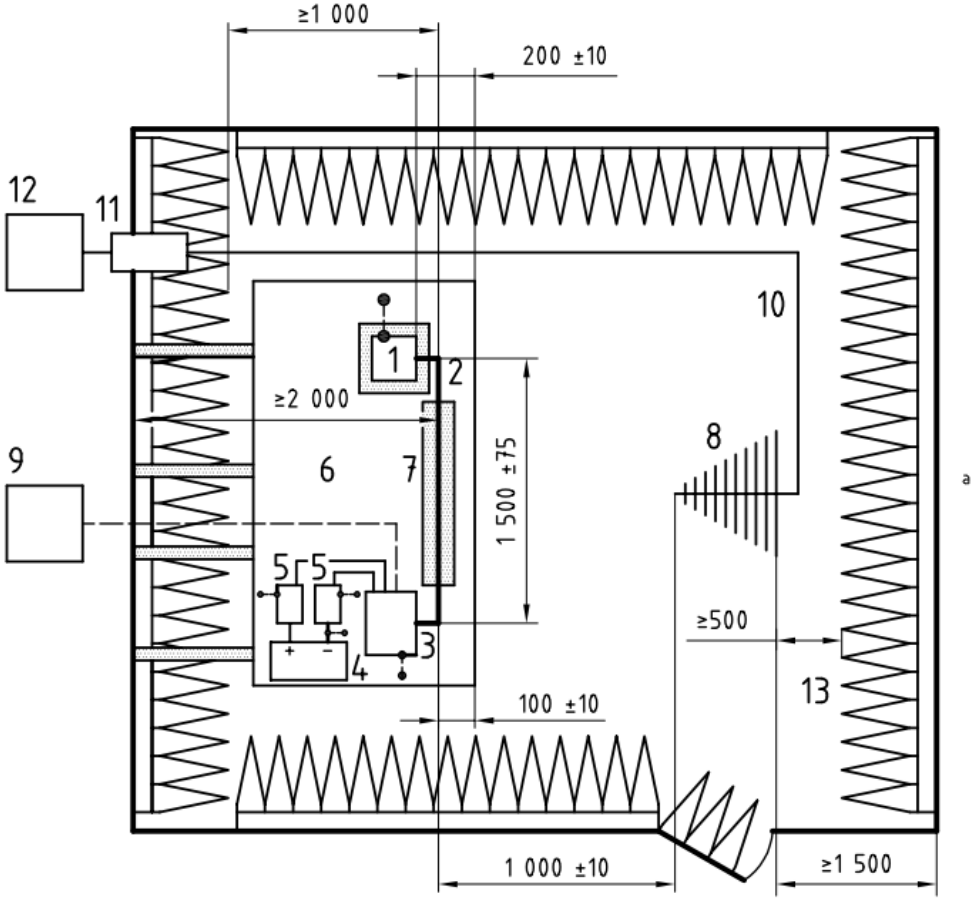
© IBD – Tutti i diritti riservati

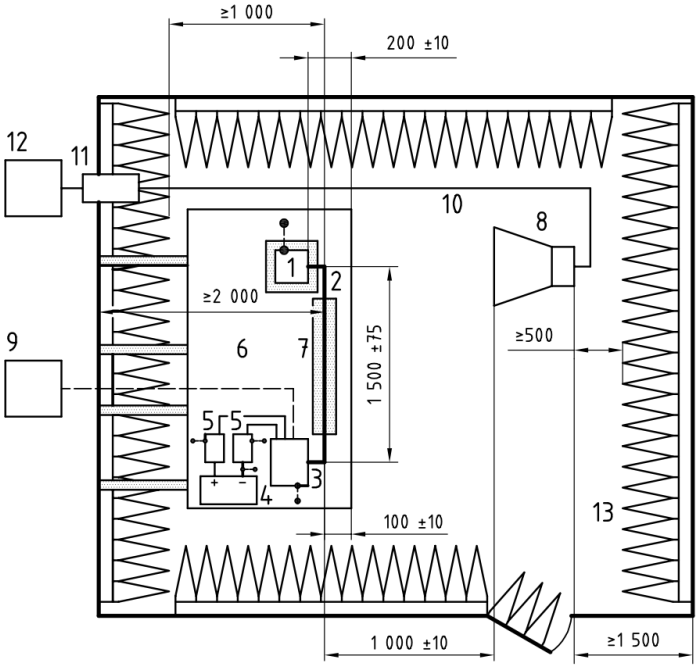
ISO 11452-2: ANTENNA

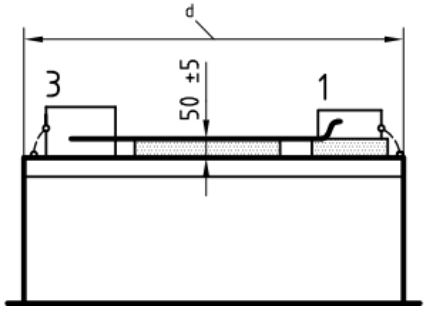
- A 1 m dal cablaggio (da centro biconica; da punta LogPeriodica; da fronte antenna a tromba)
- Di fronte alla mezzeria del cablaggio sino a 1 GHz; di fronte all'EUT > 1 GHz
- Centro di fase (100 ± 10) mm sopra il piano di massa (del tavolo)
- Distanze minime: 25 cm dal pavimento; 50 cm da materiale assorbente; 1,5 m da pareti o soffitto
- 80 MHz – 18 GHz in polarizzazione verticale
- 400 MHz – 18 GHz in polarizzazione orizzontale

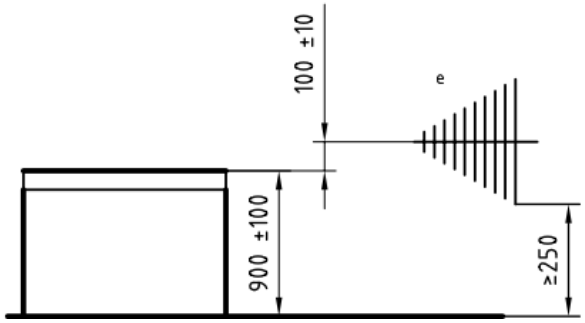
© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-2: ANTENNA









© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-2: LIVELLO

- Senza EUT e cablaggio, regolazione livello registrando la potenza necessaria a generare con onda sinusoidale continua non modulata un dato valore di campo misurato col sensore di campo
- Centro di fase del sensore (150 ± 10) mm sopra il piano di massa e a (100 ± 10) mm dal bordo del piano di massa
- In linea con la mezzeria del cablaggio sino a 1 GHz; di fronte all'EUT > 1 GHz
- Antenna a (1000 ± 10) mm dal centro di fase del sensore
- Entrambe le polarizzazioni

© IBD – Tutti i diritti riservati

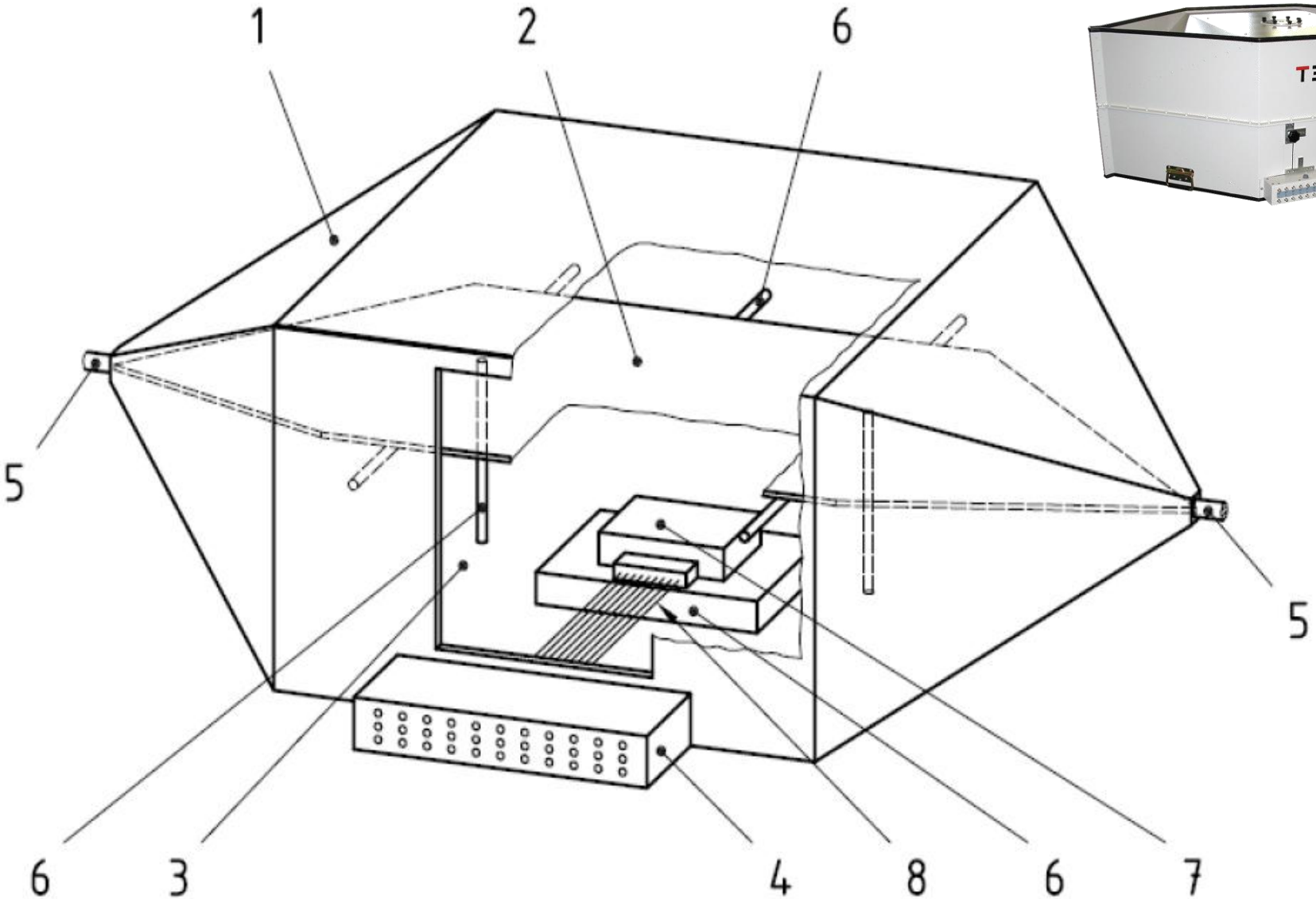
ISO 11452-2: PROVA

- Si installa l'EUT col cablaggio e tutto quanto necessario al funzionamento e al monitoraggio
- Si può mettere un sensore di campo sopra al cablaggio
- Si esegue la prova con segnale modulato in "conservazione del campo"
- Entrambe le polarizzazioni

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

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-3 “CELLA TEM”



© IBD – Tutti i diritti riservati

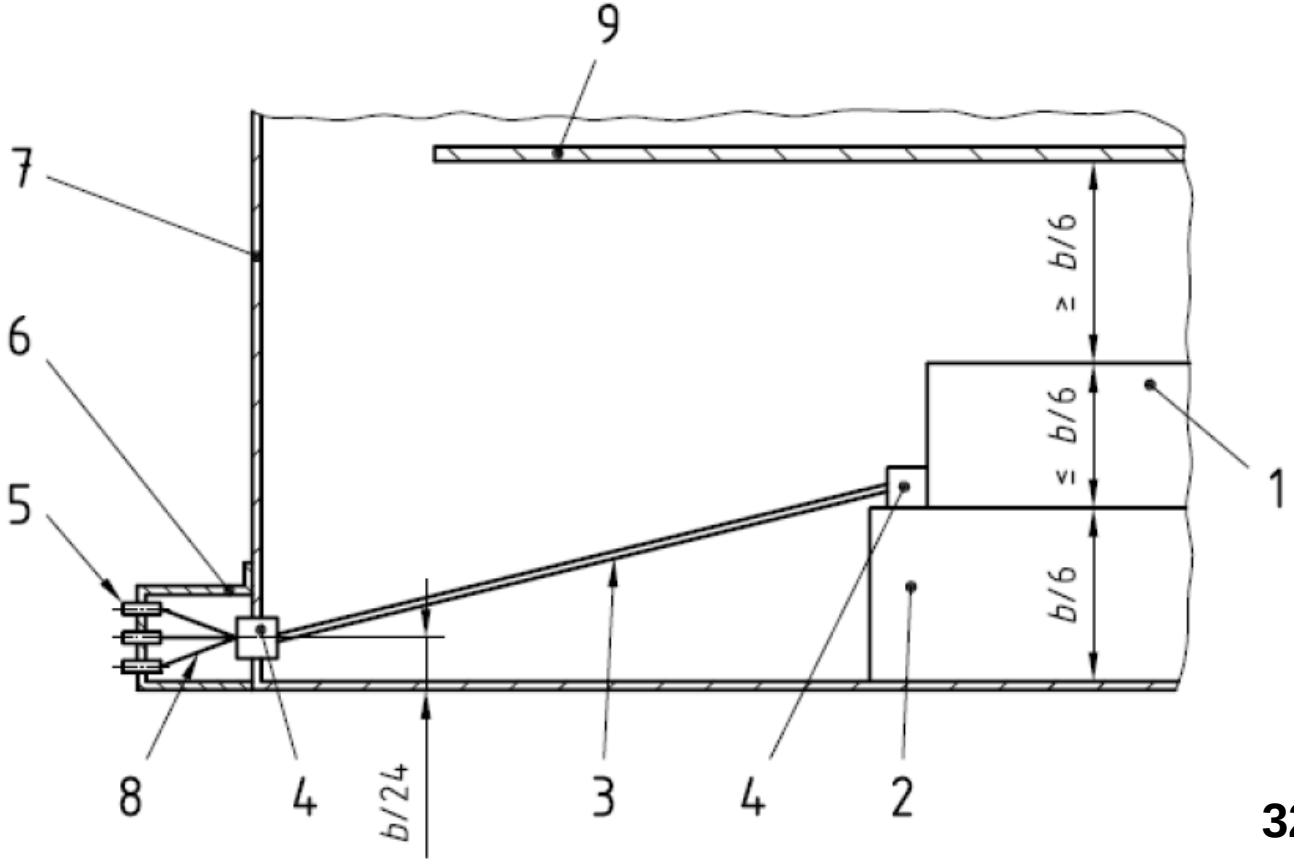
ISO 11452-3: APPARECCHIATURE

- Consente di generare campi con buona precisione (entro i 2 dB) se l'EUT è sufficientemente piccolo
- Oltre la frequenza di taglio presenta forti risonanze e diventa inutilizzabile
- Generatore, amplificatore
- Misuratore di potenza diretta e riflessa, accoppiatori
- Filtri passa basso
- Sensore di campo piccolo e isotropico (opzione)

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-3: EUT

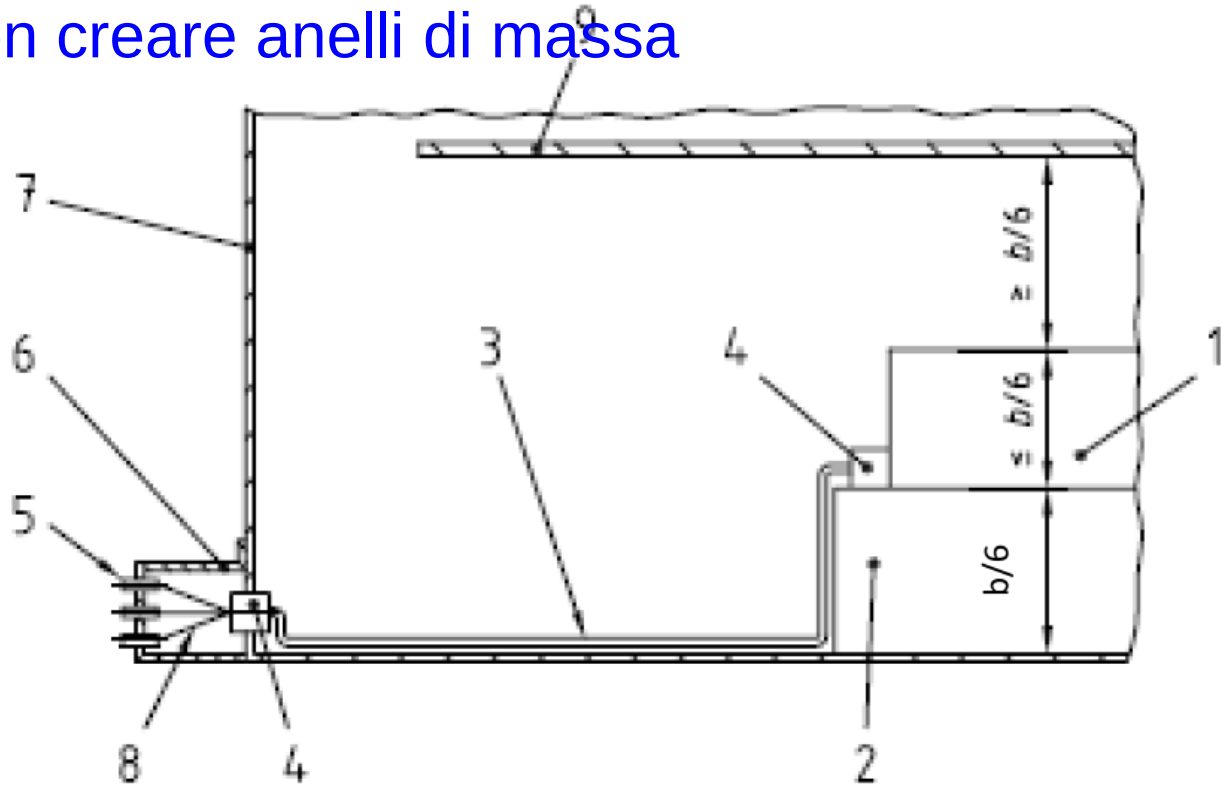
- Massimo 1/6 dell'altezza totale della cella
- Al centro della cella su supporto dielettrico
- Collegato al connettore da cablaggio rigido (o PCB)



© IBD – Tutti i diritti riservati

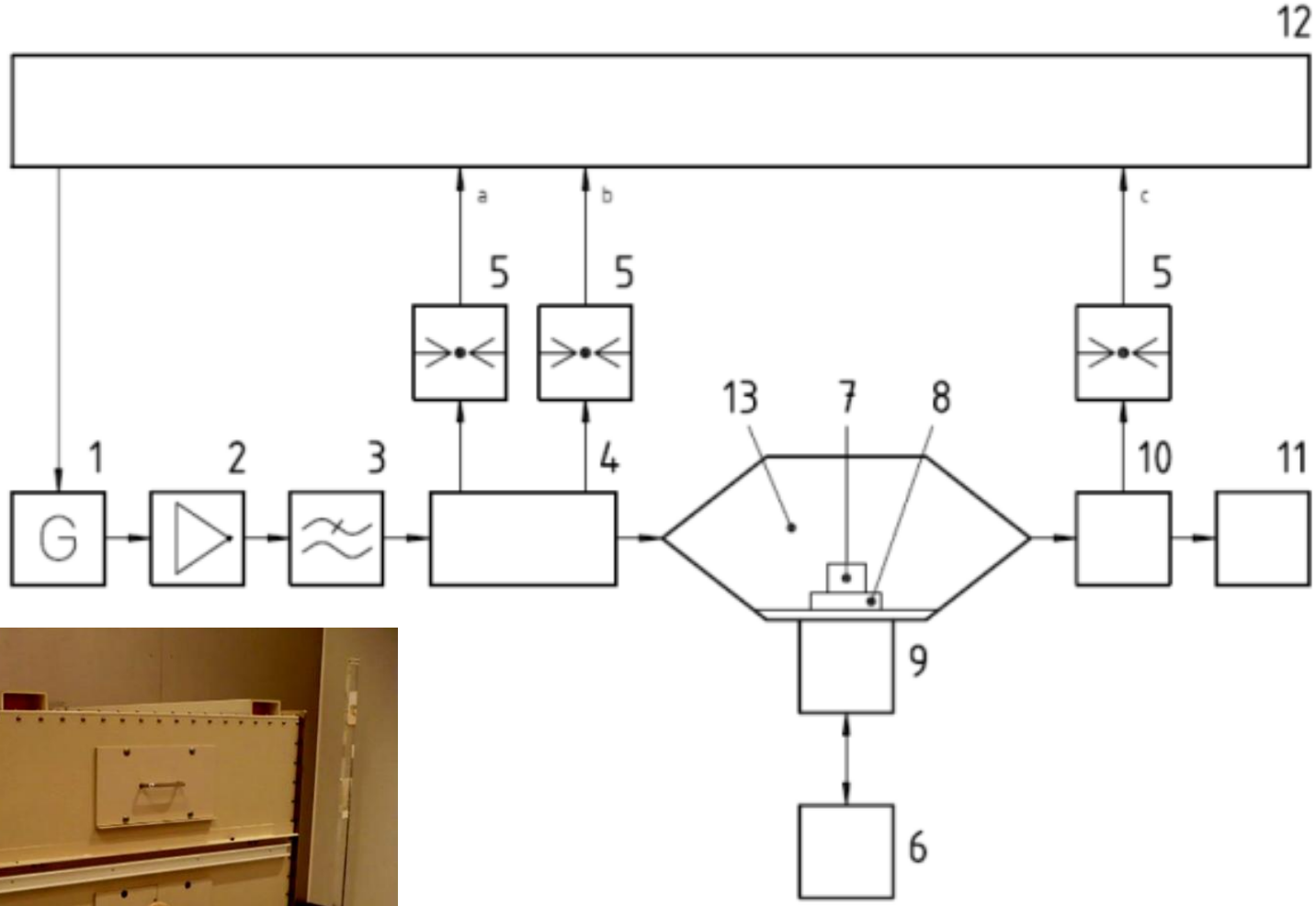
ISO 11452-3: ALLESTIMENTO

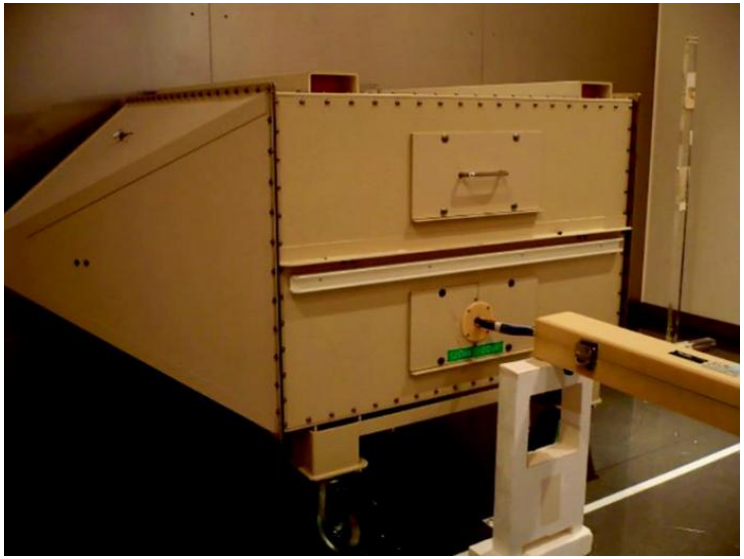
- Posizione del cablaggio (e EUT) critica per la ripetibilità
- Su cablaggi non schermati accoppiamento di modo comune per il campo elettrico e di modo differenziale per il campo magnetico
- Attenzione a non creare anelli di massa



© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-3: ALLESTIMENTO





© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-3: LIVELLO

- Senza EUT e cablaggio, regolazione livello a cella vuota e porta chiusa, tutti i connettori non in uso chiusi e schermati
- Ad ogni frequenza calcolare la potenza netta richiesta e applicare un segnale in onda continua non modulata di tale potenza
- Misurare la potenza diretta e riflessa e regolare la potenza iniettata sinché la potenza netta sia quella necessaria
- Registrare tale valore, che sarà poi usato per la prova

$$|E| = \frac{\sqrt{P \times Z}}{h}$$

$|E|$ valore (assoluto) del campo elettrico
P potenza netta in ingresso
Z impedenza caratteristica della cella
h altezza del setto dal fondo della cella [m]

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-3: PROVA

- Eseguire la prova con i valori di potenza registrati con tolleranza -0 ÷ +1 dB
- L'EUT non va messo a massa, salvo che ciò sia espressamente richiesto
- Si esegue la prova con segnale modulato in "conservazione del campo"

Frequency band MHz	Test Level I V/m	Test Level II V/m	Test Level III V/m	Test Level IV V/m	Test Level V V/m
0,01 to 10	50	80	150	200	Specific value agreed between the users of this part of ISO 11452
10 to 30	50	80	150	180	
30 to 80	60	100	120	180	
80 to 200	60	100	120	200	

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5 “STRIPLINE”

© IBD – Tutti i diritti riservati

Dove metto la stripline?

Energy radiated from the stripline into the enclosure will result in room resonance, which can cause large errors. This effect can be reduced significantly by an improved impedance matching of the stripline and by installation of RF-absorbing material close to the stripline. This material absorbs the energy radiated from the stripline (at frequencies above the multi-mode frequency) and thereby reduces the influence of any reflections from the walls of the shielded room. If absorber-lined shielded rooms are used, these measures are redundant.

... possibilmente in camera!

Attenzione a tensioni (sul setto) e campi in prossimità della cella

PERICOLO!

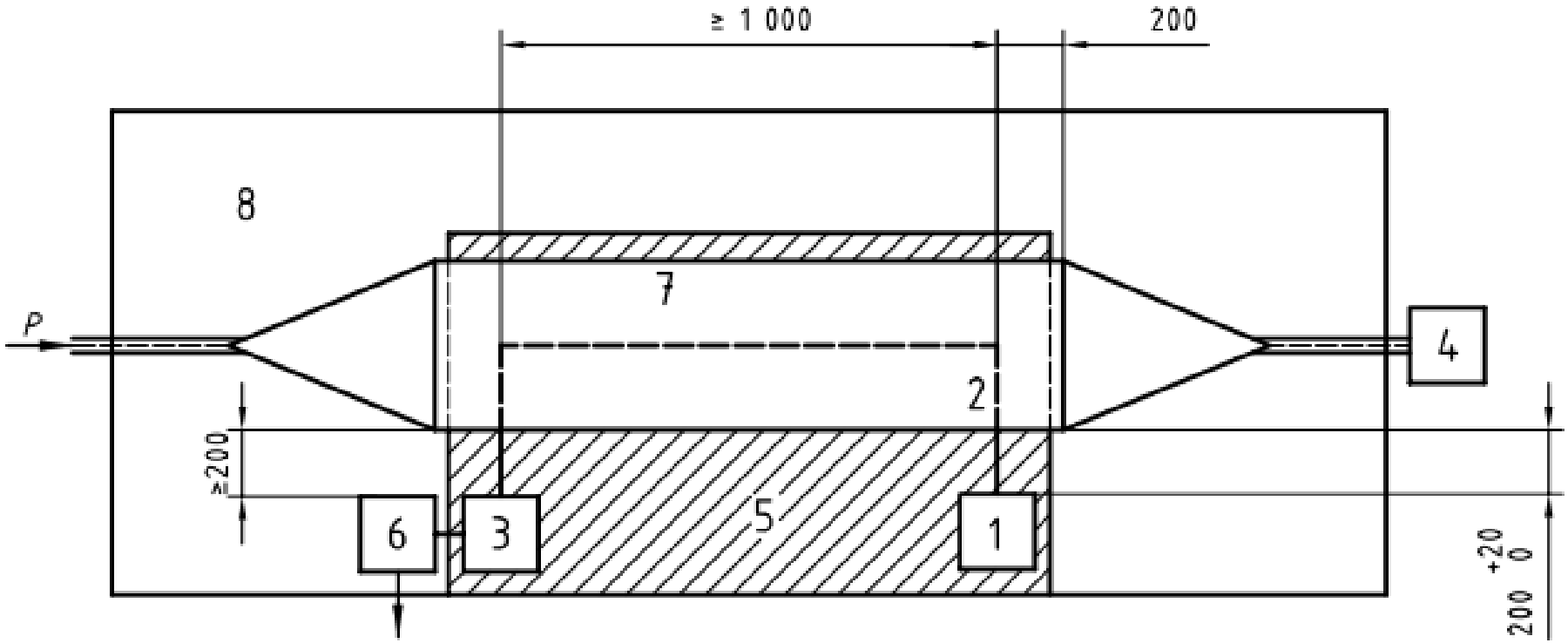
© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: APPARECCHIATURE

- Consente di generare campi con buona precisione e definisce una zona di campo uniforme per esporre almeno 1 metro di cavi
- Oltre la frequenza di taglio presenta forti risonanze e diventa inutilizzabile
- Generatore, amplificatore
- Misuratore di potenza diretta e riflessa, accoppiatori
- Filtri passa basso
- Rete artificiale 5μH//50Ω
- Sensore di campo piccolo e isotropico (opzione)

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: APPARECCHIATURE



1	Device under test
2	Wiring harness
3	Peripheral
4	Terminating resistance
5	Insulating base
6	Artificial network(s)
7	Active conductor
8	Ground plane

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: EUT

Configurazioni di prova:

- Solo cablaggio (la più usuale)
- Solo EUT (cablaggio che esce a 90° appena possibile)
- Cablaggio e EUT

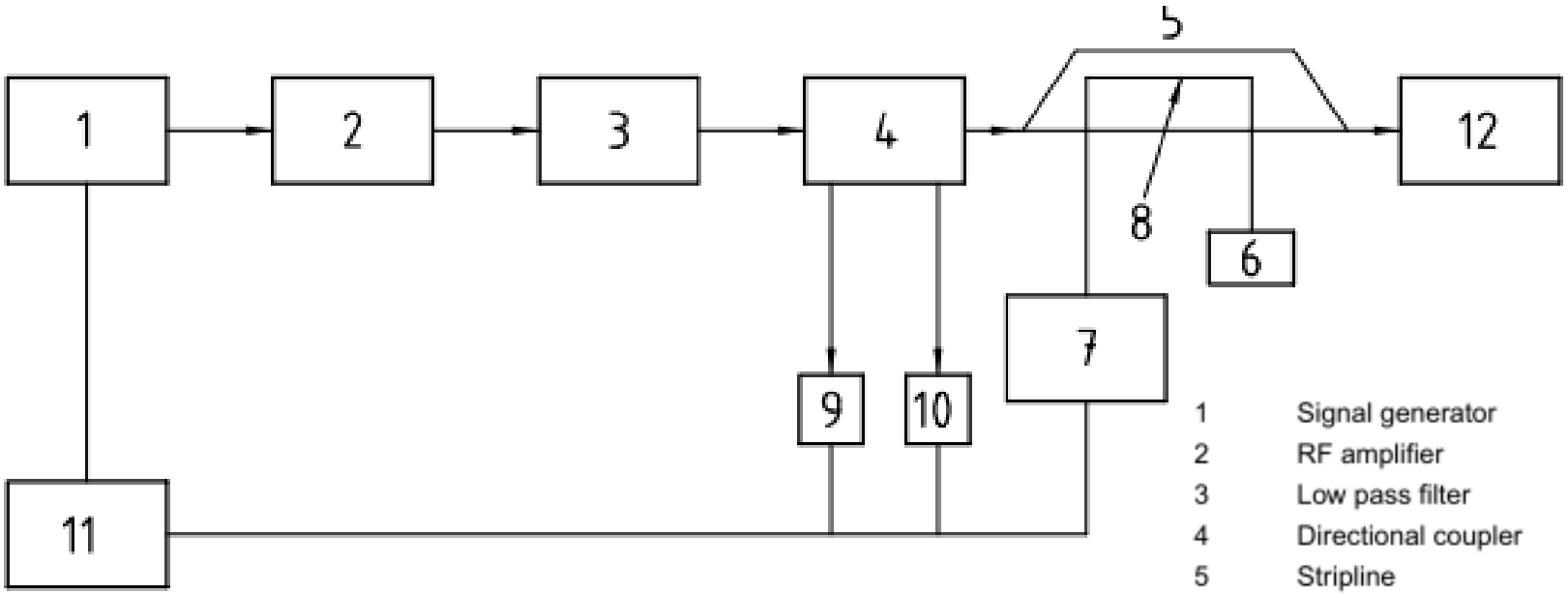
© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: ALLESTIMENTO

- Posizione del cablaggio critica per la ripetibilità: necessaria una dima in materiale dielettrico concepita per questo scopo
- EUT in prossimità del conduttore attivo, con un lato parallelo ad esso e distante ($200\ ^{+20}_{0}$) mm
- Ogni dispositivo ausiliario deve stare ad almeno 200 mm dal conduttore attivo
- Almeno 1 m di cablaggio al centro del conduttore attivo, su supporto dielettrico (dima) da 50 mm
- Collegamenti a massa (es. di involucri metallici) e tutti i cavi terminati o caricati come previsto
- Collegamenti con dispositivi in camera schermati e filtrati (fuori camera lo si dà per scontato)

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: ALLESTIMENTO



1	Signal generator
2	RF amplifier
3	Low pass filter
4	Directional coupler
5	Stripline
6	Device under test
7	Test monitor
8	Wiring harness in stripline
9	Power meter F
10	Power meter R
11	Control computer
12	RF termination

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: LIVELLO

- I valori di campo si ottengono dalla relazione

$$|E| = \frac{\sqrt{P \times Z}}{h}$$

$|E|$ valore (assoluto) del campo elettrico
P potenza netta in ingresso
Z impedenza caratteristica della linea
h altezza del setto dal fondo della linea [m]

- Oppure, senza EUT e cablaggio, si pone un piccolo sensore isotropico di campo al più possibile al centro della stripline
- Ad ogni frequenza misurare la potenza diretta e riflessa e regolare la potenza iniettata sinché la potenza netta sia quella necessaria ad ottenere il valore di campo desiderato
- Registrare tale valore, che sarà poi usato per la prova

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-5: PROVA

- Massima dimensione cablaggio e/o EUT: 1/3 della distanza conduttore attivo/piano di massa
- Il non rispetto di questa regola porta a test più severi
- Si esegue la prova con segnale modulato in “conservazione del campo”

Test severity level	Value V/m
I	50
II	100
III	150
IV	200
V	Specific value agreed between the users of this part of ISO 11452, if necessary.

© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-1: "GENERALE"

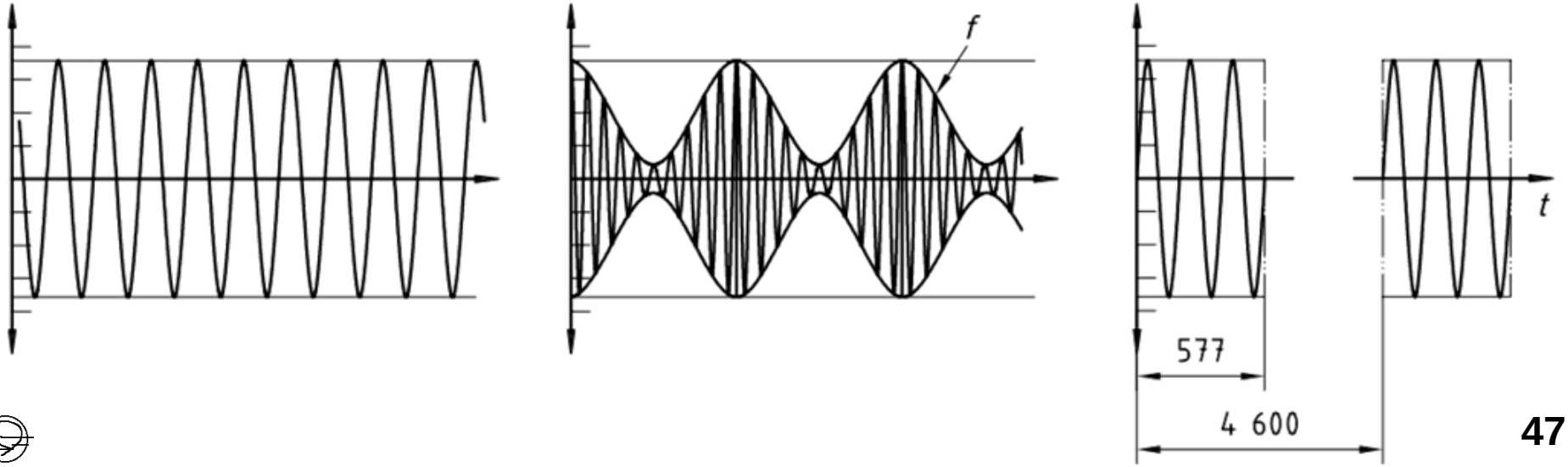
- Per componenti, nella gamma da 10 kHz a 18 GHz
- Fissa parametri e caratteristiche comuni (es. ± 1 dB per il misuratore di potenza, ± 3 dB per il sensore di campo, ecc.)
- Specifica il tempo minimo ("dwell time") ad ogni frequenza
- Definisce i passi di frequenza

Frequency band MHz	Linear steps MHz	Logarithmic steps %
0,01 to 0,1	0,01	10
> 0,1 to 1	0,1	10
> 1 to 10	1	10
> 10 to 200	5	5
> 200 to 400	10	5
> 400 to 1 000	20	2
> 1 000 to 18 000	40	2

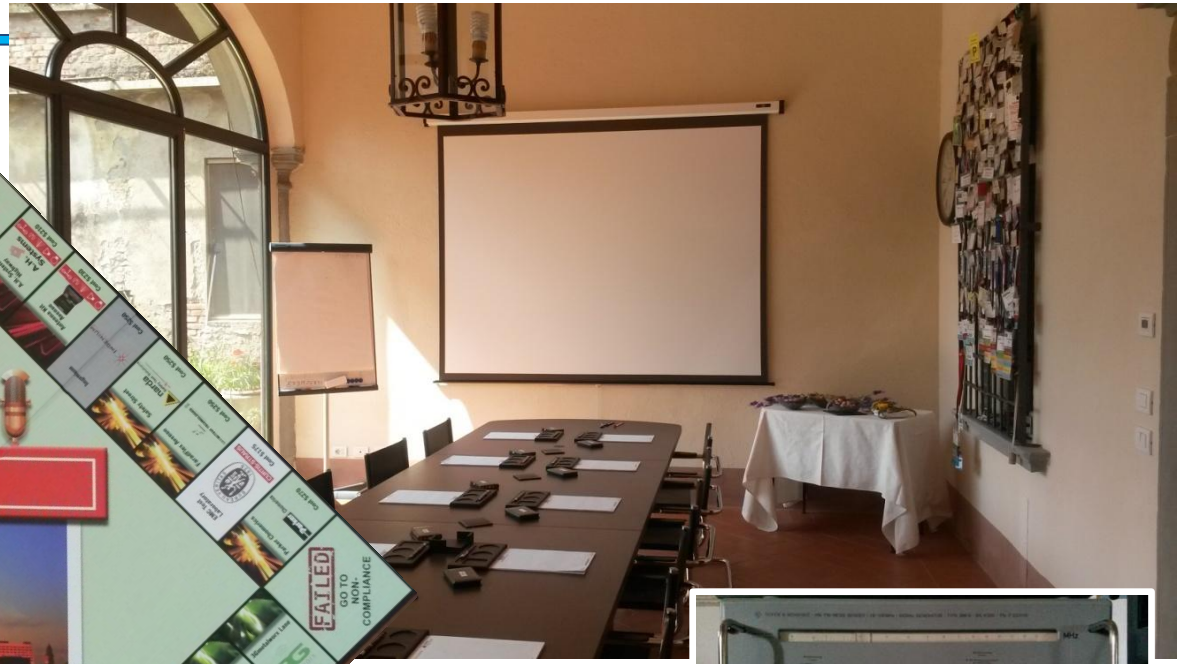
© IBD – Tutti i diritti riservati

ISO 11452-1

- Fissa vari parametri (es. modalità di approvazione del disturbo; metodo di regolazione livello, ecc.)
- Caratteristiche segnale/modulazione (CW; AM 1 kHz 80%; PM t_{on} = 577 μs e periodo 4600 μs)
  - CW: 10 kHz ÷ 18 GHz
  - AM: 10 kHz ÷ 800 MHz
  - PM: 800 MHz ÷ 18 GHz



© IBD – Tutti i diritti riservati



Grazie!

© IBD – Tutti i diritti riservati