

CEI EN 62493**2010-09**

La seguente Norma è identica a: EN 62493:2010-02.

*Titolo***Valutazione delle apparecchiature di illuminazione relativamente all'esposizione umana ai campi elettromagnetici***Title***Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields***Sommario*

Questa Norma tratta la valutazione, mediante misure e/o calcoli, delle apparecchiature di illuminazione relativamente all'esposizione umana ai campi elettromagnetici. La valutazione riguarda la densità di corrente indotta per frequenze da 20 kHz a 10 MHz e il tasso di assorbimento specifico per frequenze da 100 kHz a 300 MHz relative alle apparecchiature di illuminazione.

Questa Norma si applica a tutte le apparecchiature di illuminazione per illuminazione generale (illuminazione industriale, residenziale, illuminazione pubblica e stradale) con funzione prevalente di generare e/o distribuire luce destinata a scopi di illuminazione e previste per il collegamento alla rete elettrica di alimentazione a bassa tensione o a batteria, utilizzate all'esterno o all'interno.

La presente Norma riporta il testo in inglese e italiano della EN 62493; rispetto al precedente fascicolo n. 10309E di aprile 2010, essa contiene la traduzione completa della EN sopra indicata.



DATI IDENTIFICATIVI CEI

Norma italiana CEI EN 62493
Classificazione CEI 34-130
Edizione

COLLEGAMENTI/RELAZIONI TRA DOCUMENTI

Nazionali

Europei (IDT) EN 62493:2010-02;

Internazionali (IDT) IEC 62493:2009-12;

Legislativi

Legenda (IDT) - La Norma in oggetto è identica alle Norme indicate dopo il riferimento (IDT)

INFORMAZIONI EDITORIALI

Pubblicazione Norma Tecnica
Stato Edizione In vigore
Data validità 01-05-2010
Ambito validità Internazionale
Fascicolo 10676
Ed. Prec. Fasc. Nessuna
Comitato Tecnico CT 34-Lampade e relative apparecchiature

Approvata da Presidente del CEI
 CENELEC

In data 15-03-2010

In data 01-02-2010

Sottoposta a Inchiesta pubblica come Documento originale

Chiusura in data 30-10-2009

ICS 29.020; 29.140;

Valutazione delle apparecchiature di illuminazione relativamente all'esposizione umana ai campi elettromagnetici

Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields

Evaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques

Beurteilung von Beleuchtungseinrichtungen bezüglich der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern

I Comitati Nazionali membri del CENELEC sono tenuti, in accordo col regolamento interno del CEN/CENELEC, ad adottare questa Norma Europea, senza alcuna modifica, come Norma Nazionale. Gli elenchi aggiornati e i relativi riferimenti di tali Norme Nazionali possono essere ottenuti rivolgendosi al Segretariato Centrale del CENELEC o agli uffici di qualsiasi Comitato Nazionale membro. La presente Norma Europea esiste in tre versioni ufficiali (inglese, francese, tedesco). Una traduzione effettuata da un altro Paese membro, sotto la sua responsabilità, nella sua lingua nazionale e notificata al CENELEC, ha la medesima validità. I membri del CENELEC sono i Comitati Elettrotecnici Nazionali dei seguenti Paesi: Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Croazia, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Norvegia, Olanda, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera e Ungheria.

I diritti di riproduzione di questa Norma Europea sono riservati esclusivamente ai membri nazionali del CENELEC.

CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a National Standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such National Standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member. This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language and notified to the CENELEC Central Secretariat has the same status as the official versions. CENELEC members are the national electrotechnical committees of: Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Croatia, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

© CENELEC Copyright reserved to all CENELEC members.



PREFAZIONE

Il testo del documento 34/133/FDIS, futura prima edizione della IEC 62493, preparato dal TC 34 IEC, Lamps and related equipment, è stato sottoposto al voto parallelo IEC-CENELEC ed è stato approvato dal CENELEC come EN 62493 in data 01-02-2010.

Si richiama l'attenzione sulla possibilità che alcune parti del presente documento possano essere oggetto di brevetti. Il CEN e il CENELEC non devono essere ritenuti responsabili di identificare alcuni o tutti i suddetti brevetti.

Sono state fissate le date seguenti:

- data ultima entro la quale la EN deve essere recepita a livello nazionale mediante pubblicazione di una Norma nazionale identica o mediante adozione (dop) 01-11-2010
- data ultima entro la quale le Norme nazionali contrastanti con la EN devono essere ritirate (dow) 01-02-2013

L'Allegato ZA è stato aggiunto dal CEELEC.

AVVISO DI ADOZIONE

Il testo della Norma Internazionale IEC 62493:2009 è stato approvato dal CENELEC come Norma Europea senza alcuna modifica.



INDICE

INTRODUZIONE.....	6
1 Campo di applicazione.....	7
2 Riferimenti normativi.....	7
3 Termini, definizioni, grandezze fisiche ed unità di misura.....	7
3.1 Termini e definizioni	7
3.2 Grandezze fisiche e unità di misura.....	9
4 Limiti.....	9
4.1 Generalità	9
4.2 Limiti di applicazione	9
4.3 Apparecchiature di illuminazione considerate conformi senza prove	10
5 Prescrizioni generali	10
5.1 Tensione di alimentazione	10
5.2 Campo delle frequenze di misura	10
5.3 Temperatura ambiente.....	10
5.4 Prescrizioni relative alle apparecchiature di misura	10
5.5 Incertezza della strumentazione di misura	12
5.6 Rapporto di prova	12
5.7 Valutazione dei risultati.....	12
6 Procedura di misura	12
6.1 Generalità	12
6.2 Condizioni di funzionamento	13
6.3 Distanza di misura	13
6.4 Allestimento utilizzato per la misura	13
6.5 Posizione della testa di prova per la misura.....	15
6.6 Calcolo dei risultati	15
Allegato A (normativo) Distanze di misura	16
Allegato B (informativo) Posizione della testa di prova utilizzata per la misura.....	17
Allegato C (informativo) Limiti di esposizione.....	21
Allegato D (informativo) Razionale del metodo di valutazione e misura.....	23
Allegato E (normativo) Metodo pratico di misura e di valutazione	34
Allegato F (normativo) Rete di protezione	36
Allegato G (informativo) Incertezza della strumentazione di misura	39
Bibliografia	41
Allegato ZA (normativo) Riferimenti normativi alle Pubblicazioni Internazionali con le corrispondenti Pubblicazioni Europee.....	42



INTRODUZIONE

La presente Norma Internazionale stabilisce un metodo adeguato di valutazione per la determinazione dei campi elettromagnetici nello spazio circostante le apparecchiature indicate nel campo di applicazione e definisce le condizioni di funzionamento normalizzate e le distanze di misura.

La presente Norma è progettata allo scopo di valutare, mediante misure e/o calcoli, i campi elettromagnetici (EM) e il loro potenziale effetto sul corpo umano, con riferimento ai livelli di esposizione di un pubblico generico indicati nella Guida ICNIRP:1998 [1]⁽¹⁾, nella Norma IEEE C95.1:2005 e nella Norma IEEE C95.6:2002 [2]. I livelli di esposizione a cui bisogna essere conformi rappresentano i limiti di base (basati sia sulle ICNIRP che sulle IEEE).

NOTA 1 Non vengono utilizzati i livelli massimi di esposizione ammessi (basati sulle IEEE) o i livelli di riferimento (basati sulla ICNIRP).

Sulla base delle caratteristiche di funzionamento degli apparecchi di illuminazione, il campo di frequenze dei limiti di base applicabili può essere limitato come segue:

- densità della corrente indotta compresa tra 20 kHz e 10 MHz;
- tasso di assorbimento specifico (SAR) compreso tra 100 kHz e 300 MHz;
- la densità di potenza non rientra nel campo di applicazione della presente Norma.

NOTA 2 Le frequenze di funzionamento degli apparecchi di illuminazione sono superiori a 20 kHz, questo per evitare i rumori acustici e l'interferenza ad infrarossi. I contributi delle frequenze superiori a 300 MHz possono essere trascurati.

La presente Norma non intende sostituire le definizioni e le procedure specificate nelle Norme sull'esposizione, ma ha lo scopo di integrare la procedura già specificata per la conformità ai livelli di esposizione.

I limiti di esposizione indicati nell'Allegato C (informativo) sono forniti solo a titolo di informazione, essi non rappresentano un elenco completo e sono validi solo in certi Paesi del mondo. È responsabilità degli utenti della presente Norma controllare se viene utilizzata la versione in vigore dei valori limite specificati dalle autorità nazionali preposte.

(1) I numeri tra parentesi quadre fanno riferimento alla Bibliografia.



VALUTAZIONE DELLE APPARECCHIATURE DI ILLUMINAZIONE RELATIVAMENTE ALL'ESPOSIZIONE UMANA AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

1 Campo di applicazione

La presente Norma Internazionale si applica alla valutazione delle apparecchiature di illuminazione relativamente all'esposizione umana ai campi elettromagnetici. La valutazione riguarda la densità di corrente indotta per frequenze comprese tra 20 kHz e 10 MHz e il tasso di assorbimento specifico (SAR) per frequenze compresa tra 100 kHz e 300 MHz, nello spazio circostante le apparecchiature di illuminazione.

Nel campo di applicazione della presente Norma rientrano:

- tutte le apparecchiature di illuminazione per illuminazione generale con la funzione primaria di generare e/o distribuire la luce a scopo di illuminazione e previste per essere collegate ad un'alimentazione elettrica a bassa tensione o per il funzionamento a batteria, utilizzate all'esterno e/o all'interno. Per apparecchiatura di illuminazione generale si intende tutta l'illuminazione industriale, residenziale, pubblica e stradale;
- la parte di illuminazione di un'apparecchiatura multi-funzione in cui una delle funzioni primarie consiste nell'illuminazione;
- i dispositivi ausiliari indipendenti previsti esclusivamente per essere utilizzati con apparecchiature di illuminazione.

Sono esclusi dal campo di applicazione della presente Norma:

- le apparecchiature di illuminazione per aeromobili e aeroporti;
- le apparecchiature di illuminazione per veicoli stradali (ad eccezione dell'illuminazione degli scompartimenti destinati ai passeggeri nel trasporto pubblico);
- le apparecchiature di illuminazione utilizzate in agricoltura;
- le apparecchiature di illuminazione per barche/navi;
- le fotocopiatrici, i proiettori di diapositive;
- le apparecchiature per le quali le prescrizioni relative ai campi elettromagnetici sono esplicitamente indicate in altre Norme IEC.

NOTA I metodi descritti nella presente Norma non sono idonei per confrontare tra loro campi generati da apparecchiature di illuminazione diverse.

La presente Norma non si applica ai componenti da incorporare, per apparecchi di illuminazione, quali le unità di alimentazione elettroniche.

2 Riferimenti normativi

I documenti citati nel seguito(*) ai quali viene fatto riferimento sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. Per quanto riguarda i riferimenti datati, si applica esclusivamente l'edizione citata. Per quanto riguarda i riferimenti non datati, si applica l'ultima edizione del documento al quale viene fatto riferimento (comprese eventuali Modifiche).

3 Termini, definizioni, grandezze fisiche ed unità di misura

3.1 Termini e definizioni

Ai fini della presente Norma, si applicano i seguenti termini e definizioni; all'interno della Norma vengono utilizzate le unità di misura SI accettate in ambito internazionale.

(*) **N.d.R.:** Per l'elenco delle Pubblicazioni si veda l'Allegato ZA.



3.1.1

limite di base (limitazioni di base)

limiti all'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo, basati su effetti biologici stabiliti e che includono un fattore di sicurezza. I limiti di base costituiscono il livello massimo, che non dovrebbe essere superato in nessuna condizione

3.1.2

esposizione

l'esposizione si verifica quando e nel punto in cui una persona è sottoposta a campi elettrici, magnetici o elettromagnetici o a correnti di contatto diverse da quelle originate da processi fisiologici all'interno del corpo e da altri fenomeni naturali

3.1.3

distanza di misura

distanza tra l'apparecchiatura di illuminazione e la superficie esterna della testa di prova utilizzata per la misura (vedi Allegato A)

3.1.4

punto di misura

posizione e collocazione della testa di prova utilizzata per la misura rispetto all'apparecchiatura di illuminazione

3.1.5

unità di alimentazione di lampada

uno o più componenti, posti tra l'alimentazione e una o più lampade, che possono servire a trasformare la tensione di alimentazione, limitare la corrente della o delle lampade al valore richiesto, fornire la tensione di innesco e la corrente di pre-riscaldamento, prevenire l'innesco a freddo, correggere il fattore di potenza o ridurre le radio-interferenze

3.1.6

unità di alimentazione di lampada da incorporare

unità di alimentazione di lampada generalmente progettata per essere incorporata in un apparecchio di illuminazione, una scatola, un involucro o un dispositivo simile e non destinata ad essere montata all'esterno di un apparecchio, ecc., senza particolari precauzioni. Il vano previsto per l'unità di alimentazione posto alla base del palo per l'illuminazione stradale è considerato un involucro

3.1.7

unità di alimentazione di lampada indipendente

unità di alimentazione di lampada costituita da uno o più componenti separati progettati in modo da poter essere montati separatamente all'esterno di un apparecchio di illuminazione, con una protezione conforme alla marcatura dell'unità di alimentazione di lampada, priva di involucro aggiuntivo. Essa può essere costituita da un'unità di alimentazione da incorporare, alloggiata in un involucro adeguato, in grado di fornire tutta la necessaria protezione conforme alla sua marcatura

3.1.8

unità di alimentazione di lampada integrata

unità di alimentazione di lampada che costituisce una parte non sostituibile di un apparecchio di illuminazione e che non può essere provata separatamente dall'apparecchio stesso

3.1.9

alimentatore

unità inserita tra l'alimentazione e una o più lampade a scarica che, per mezzo di un'induttanza, una capacità o una loro combinazione, serve principalmente a limitare la corrente della(e) lampada(e) al valore richiesto. L'alimentatore può includere anche mezzi per trasformare la tensione di alimentazione e dispositivi che aiutino a fornire la tensione di innesco e la corrente di pre-riscaldamento

**3.1.10****lampada con alimentatore incorporato**

unità che non può essere smontata senza essere danneggiata in modo permanente, munita di attacco per lampada e che incorpora una sorgente luminosa e i componenti aggiuntivi necessari per l'innesco e per il funzionamento stabile della sorgente luminosa

3.1.11**alimentatore elettronico in corrente continua**

invertitore da c.c. a c.a. che utilizza dispositivi a semiconduttori, che può comprendere elementi di stabilizzazione per alimentare una o più lampade fluorescenti

3.1.12**convertitore elettronico indipendente**

unità di alimentazione di lampada costituita da uno o più elementi separati, progettati in modo da poter essere montati separatamente all'esterno di un'apparecchiatura di illuminazione, con una protezione conforme alla marcatura dell'unità di alimentazione di lampada, priva di involucro aggiuntivo. Esso può essere costituito da un'unità di alimentazione da incorporare, alloggiata in un involucro adeguato, in grado di fornire tutta la necessaria protezione conforme alla sua marcatura

3.2 Grandezze fisiche e unità di misura

Le grandezze fisiche e le unità di misura utilizzate nella presente Norma sono riportate nella Tabella 1.

Tabella 1 – Grandezze fisiche e unità di misura

Grandezza	Simbolo	Unità di misura	Dimensione
Conduttività	σ	siemens per metro	S/m
Densità di corrente	J	ampere per metro quadro	A/m ²
Campo elettrico	E	volt per metro	V/m
Frequenza	f	hertz	Hz
Campo magnetico	H	ampere per metro	A/m
Densità del flusso magnetico	B	tesla	T (Wb/m ² , Vs/m ²)
Potenza	P	Watt	W
Corrente	I	ampere	A

4 Limiti**4.1 Generalità**

Si applicano i limiti di base per il pubblico generico indicati nella Norma IEEE C95.1:2005 o nella Guida ICNIRP:1998, vedi l'Allegato C.

4.2 Limiti di applicazione

Le apparecchiature di illuminazione descritte nel campo di applicazione sono conformi alla presente Norma se soddisfano tutte le seguenti prescrizioni:

CISPR 15:2005:

- § 4.3.1: Tensione di disturbo ai morsetti di alimentazione nel campo di frequenze da 20 kHz a 30 MHz;
- § 4.4: Disturbi elettromagnetici irradiati nel campo di frequenze da 100 kHz a 30 MHz;



CISPR 15:2005, Modifica 1 (2006):

- § 4.4.2: Disturbi elettromagnetici irradiati nel campo di frequenze da 30 MHz a 300 MHz;

la densità di corrente indotta misurata (ponderata e riassunta) dovuta al campo elettrico, nel campo di frequenze da 20 kHz a 10 MHz, non supera il fattore (F) 0,85 definito nell'Allegato D.

4.3 Apparecchiature di illuminazione considerate conformi senza prove

Le apparecchiature di illuminazione prive di unità di alimentazione elettroniche sono considerate conformi alle prescrizioni della presente Norma, senza effettuare prove.

Tutti i tipi di accenditori, starter, interruttori, regolatori di intensità luminosa (dimmer) (comprese le unità a controllo di fase, ad esempio i triac, i GTO) e i sensori non sono considerati unità di alimentazione elettronica.

5 Prescrizioni generali

5.1 Tensione di alimentazione

Le misure devono essere effettuate entro il ± 2 % della massima tensione nominale di alimentazione. Le apparecchiature fatte funzionare con un'alimentazione in c.a. e/o in c.c. devono essere misurate con un'alimentazione in c.a. con un'unica frequenza.

5.2 Campo delle frequenze di misura

Il campo delle frequenze di misura considerato è da 20 kHz a 10 MHz (vedi Allegato E).

5.3 Temperatura ambiente

Le misure devono essere effettuate nel campo di temperature ambiente da 15 °C a 25 °C.

5.4 Prescrizioni relative alle apparecchiature di misura

È richiesto un ricevitore di prova di interferenza elettromagnetica (EMI) o un analizzatore di spettro conforme alla CISPR 16-1-1, a cui si applicano le regolazioni indicate nella Tabella 2:

Tabella 2 – Regolazioni del ricevitore o dell'analizzatore di spettro

Campo di frequenze	B_6 conforme alla CISPR 16-1-1	Durata della misura	f_{step}	Rilevatore
20 kHz – 150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	Picco
150 kHz – 10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	Picco

La testa di prova di "Van der Hoofden", descritta nella Figura 1, è costituita da una sfera conduttrice di diametro esterno $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, montata su un supporto isolato (ad esempio legno, plastica) e collegata attraverso un conduttore ordinario ad una rete di protezione.

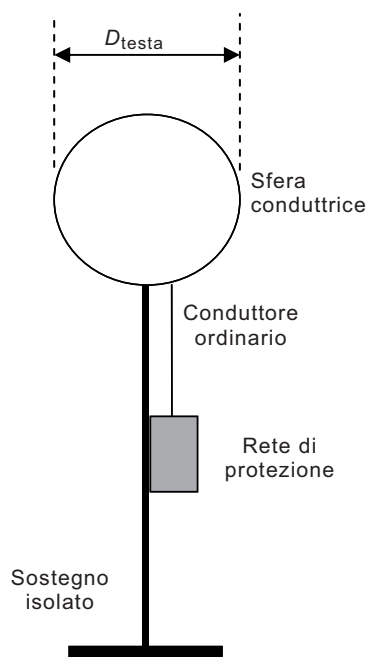
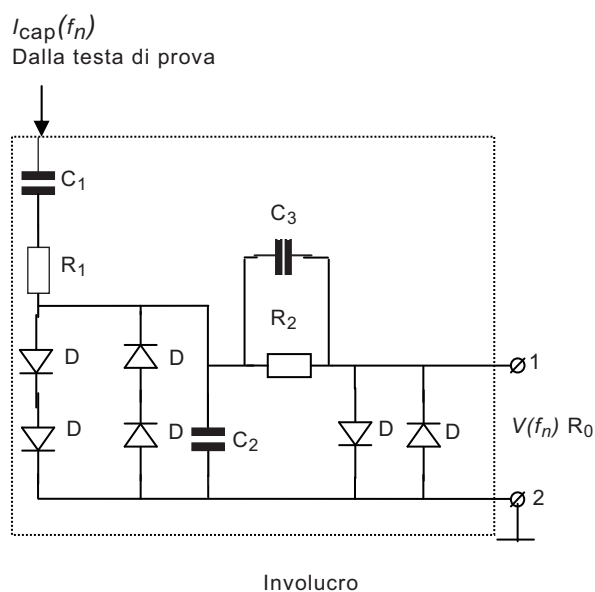


Figura 1 – Testa di prova di “Van der Hoofden”

Nella Figura 2 è mostrato un esempio di circuito di protezione.



Esempio

- $C_1 = 470 \text{ pF}$
- $C_2 = 10 \text{ nF}$
- $C_3 =$ condensatore facoltativo ($\sim 56 \text{ pF}$) per soddisfare le prescrizioni per la funzione di trasferimento dell'Allegato F.
- $R_1 = 470 \text{ } \Omega$
- $R_2 = 150 \text{ } \Omega$
- $D =$ Diodo di Schottky
- $R_0 = 50 \text{ } \Omega$ in ingresso del ricevitore EMI

I morsetti 1 e 2 devono essere collegati al ricevitore EMI dell'analizzatore di spettro con un cavo coassiale.

Figura 2 – Esempio di circuito di protezione

La funzione di trasferimento della rete di protezione è indicata nell'Equazione (1)

$$g(fn) = \frac{V(fn)}{i_{cap}(fn)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_2) \cdot 2 \cdot \pi \cdot f(n) \cdot C_2]^2}} \quad (1)$$



La funzione di trasferimento della rete di protezione non deve discostarsi di oltre ± 1 dB rispetto alla caratteristica calcolata (per i calcoli vedi l'Allegato F). La taratura della rete di protezione deve essere effettuata utilizzando la procedura descritta in dettaglio nell'Allegato F.

In 6.4 è fornita una panoramica del set-up di prova utilizzato per la misura.

5.5 Incertezza della strumentazione di misura

L'incertezza massima della strumentazione utilizzata per la misura (U_{basic}) è stata stimata nel 30 %.

Vedi 5.7 su come gestire l'incertezza di misura per la valutazione dei risultati della misura. Nell'Allegato G si può trovare un esempio del singolo calcolo.

NOTA Nella IEC 61786:1998 [4] si può trovare una guida per la valutazione dell'incertezza.

5.6 Rapporto di prova

Il rapporto di prova deve includere almeno i seguenti elementi:

- l'identificazione dell'apparecchiatura di illuminazione;
- la specifica dell'apparecchiatura di misura;
- il modo di funzionamento, il/i punti di misura e la/le distanze;
- la tensione e la frequenza nominali;
- i risultati della misura;
- l'insieme dei limiti applicati.

5.7 Valutazione dei risultati

La conformità o meno con il limite deve essere determinata nel seguente modo.

Se l'incertezza calcolata con la strumentazione effettivamente utilizzata per la prova di (U_{lab}) è inferiore o uguale all'incertezza indicata in 5.5 (U_{basic}) allora:

- la conformità è soddisfatta se il risultato della misura non supera il limite applicabile;
- l'apparecchio è considerato non conforme se il risultato della misura supera il limite applicabile.

Se l'incertezza calcolata con la strumentazione in uso per la prova di (U_{lab}) è superiore all'incertezza indicata in 5.5 (U_{basic}) allora:

- l'apparecchio è considerato conforme se il risultato della misura, aumentato di ($U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$), non supera il limite applicabile;
- l'apparecchio è considerato non conforme se il risultato della misura, aumentato di ($U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$), supera il limite applicabile.

6 Procedura di misura

6.1 Generalità

Il metodo di valutazione si basa sui limiti di base indicati sia nella Guida ICNIRP:1998 che nella Norma IEEE C95.1:2005. La procedura di misura utilizzata simula la densità di corrente in una persona posta nelle vicinanze di apparecchiature di illuminazione. Le misure vengono effettuate nelle condizioni specificate nella Tabella A.1 dell'Allegato A.



6.2 Condizioni di funzionamento

6.2.1 Condizioni di funzionamento per apparecchiature di illuminazione generale

Le misure sulle apparecchiature di illuminazione devono essere effettuate nelle condizioni di funzionamento specificate dal costruttore.

Nel caso di apparecchiature di illuminazione in cui sia possibile sostituire le lampade con altre di potenza nominale diversa, è necessario effettuare solo le misure sulle apparecchiature di illuminazione con le lampade aventi la massima potenza nominale.

Prima di effettuare la misura, la(e) lampada(e) deve(devono) essere fatta(e) funzionare fino al raggiungimento di condizioni stabili. Se non diversamente indicato dal costruttore, devono essere osservati i seguenti periodi di stabilizzazione:

- 15 min. per le lampade fluorescenti;
- 30 min. per le altre lampade a scarica.

Tutte le misure devono essere effettuate su lampade che abbiano subito un invecchiamento di 100 h.

6.2.2 Condizioni di funzionamento per apparecchiature di illuminazione specifiche

Apparecchiature di illuminazione munite di più lampade: quando l'apparecchiatura di illuminazione incorpora più di una lampada, tutte le lampade devono funzionare simultaneamente.

Apparecchiature di illuminazione di emergenza autonome: se l'apparecchio può essere collegato ed alimentato dalla rete, deve essere sottoposto a prova in questo modo di funzionamento. Non sono richieste prove per il modo di funzionamento da batteria.

Le apparecchiature di illuminazione provviste di regolazione della luminosità devono essere sottoposte a prova alla regolazione di luminosità massima e minima.

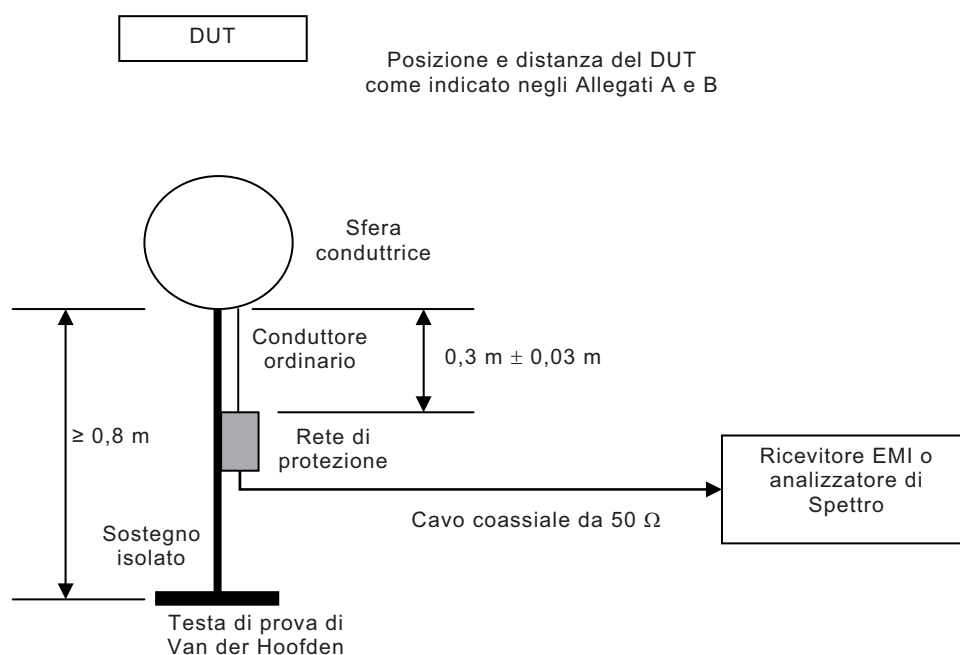
Le misure devono essere effettuate entro il ± 2 % della tensione nominale di alimentazione. Nel caso di una gamma di tensioni, la misura deve essere all'interno del ± 2 % del valore massimo e minimo della gamma di tensioni nominali di alimentazione.

6.3 Distanza di misura

L'apparecchiatura di illuminazione è valutata, se non diversamente specificato dal costruttore, alla distanza di misura indicata nella Tabella A.1 dell'Allegato A. La superficie esterna della testa di prova viene presa come punto di riferimento per la determinazione della distanza di misura. Le tolleranze sulle distanze di misura sono ± 5 %.

6.4 Allestimento utilizzato per la misura

L'allestimento utilizzato per la misura è mostrato nella Figura 3.



DUT = dispositivo in prova.

NOTA Il ricevitore EMI o l'analizzatore di spettro devono essere alimentati da una rete che prevede la terra di protezione.

Figura 3 – Allestimento utilizzato per la misura

Se l'apparecchiatura di illuminazione è munita di un morsetto di terra, questo deve essere collegato attraverso un conduttore di terra interno al cavo di alimentazione dell'apparecchiatura.

Durante le prove, nessun piano o oggetto conduttore o essere umano dovrebbe trovarsi ad una distanza dall'apparecchiatura di illuminazione inferiore a 0,8 m.

L'altezza del sostegno isolato è almeno di 0,8 m. La sfera conduttrice è collegata alla rete di protezione attraverso un conduttore ordinario di lunghezza $30 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm}$. La rete di protezione è quindi collegata al ricevitore EMI o all'analizzatore di spettro attraverso un cavo coassiale con impedenza di 50Ω , con la perdita massima del cavo di 0,2 dB ed una resistenza in c.c. $\leq 10 \Omega$.

6.4.1 Allestimento di misura per apparecchiature di illuminazione specifiche

6.4.1.1 Lampade con alimentatore incorporato

Queste lampade devono essere inserite direttamente nel portalampe montato su un pezzo di materiale isolante. La testa di prova per la misura è posizionata alla distanza di misura specificata nella Tabella A.1 dall'estremità della lampada.

6.4.1.2 Unità di alimentazione elettronica indipendente

Le unità di alimentazione elettroniche indipendenti devono essere montate su un pezzo di materiale isolante assieme a idonee lampade della massima potenza ammessa. Se non diversamente specificato dal costruttore, il/i cavi di collegamento del carico tra l'unità di alimentazione e l'apparecchiatura di illuminazione devono avere una lunghezza di 0,8 m, con una tolleranza relativa del 20 %. La configurazione dell'unità di alimentazione, delle apparecchiature di illuminazione e del(i) cavo(i) deve essere misurata come mostrato nella Figura B.2e.



6.5 Posizione della testa di prova per la misura

Le posizioni di misura devono essere scelte rispettando i seguenti criteri.

Le misure devono essere effettuate solo nella direzione corrispondente a quella della probabile esposizione del pubblico generico durante l'uso normale.

Nel caso di apparecchiature di illuminazione che incorporano lampade fluorescenti a doppio attacco, di dimensioni superiori a 30 cm, la testa di prova è posizionata come mostrato nella Figura B.2a. La procedura di misura viene ripetuta su entrambe le estremità della lampada e, nel caso di apparecchiature di illuminazione multilampade, ogni lampada viene sottoposta a prova.

Nel caso di apparecchiature di illuminazione previste per essere utilizzate con altre lampade, la testa di prova è posta alla distanza di misura appropriata specificata nella Tabella A.1, in posizione centrale rispetto al punto di illuminazione previsto.

Per le apparecchiature di illuminazione in cui il punto centrale di illuminazione non possa essere determinato o in cui la direzione di illuminazione durante l'uso normale non coincide con quella rivolta verso il pubblico generico, ad esempio nel caso di una luce indirizzata verso l'alto, il punto di misura posto viene scelto ad una distanza di prova appropriata rispetto all'apparecchiatura di illuminazione, attorno al suo perimetro. Per confermare le prestazioni delle apparecchiature di illuminazione possono essere scelti più punti di misura.

Le Figure da B.2a a B2.f dell'Allegato B forniscono esempi delle posizioni del/dei punti di misura per apparecchiature di illuminazione tipiche.

6.6 Calcolo dei risultati

I risultati delle misure vengono calcolati come indicato nell'Allegato E.



Allegato A (normativo)

Distanze di misura

Le distanze di misura della Tabella A.1 sono state definite sulla base dei punti previsti in cui, durante il normale funzionamento, è prevista la presenza di un pubblico generico.

Tabella A.1 – Apparecchiature di illuminazione e distanze di misura

Tipo di apparecchiatura di illuminazione	Distanza di misura (cm)
Apparecchi portatili ^(a)	5 ^(a)
Apparecchiature di illuminazione da tavolo	30
Apparecchiature di illuminazione a parete	50
Apparecchiature di illuminazione con la luce rivolta verso l'alto	50
Apparecchiature di illuminazione sospesi	50
Apparecchiature di illuminazione a soffitto e/o da incasso per lampade fluorescenti con potenza in ingresso ^(b) ≤ 180 W	50
Apparecchiature di illuminazione a soffitto e/o da incasso per lampade fluorescenti con potenza in ingresso ^(b) > 180 W	70
Apparecchiature di illuminazione a soffitto e/o da incasso per lampade a scarica con potenza in ingresso ^(b) ≤ 180 W	70
Apparecchiature di illuminazione a soffitto e/o da incasso per lampade a scarica con potenza in ingresso ^(b) > 180 W	100
Apparecchiature di illuminazione mobili	50
Proiettori	200
Apparecchiature di illuminazione stradale	200
Catene luminose	50
Apparecchiature di illuminazione per piscine e applicazioni simili	50
Apparecchiature di illuminazione per palcoscenici, studi televisivi e cinematografici (per interni ed esterni)	100
Apparecchiature di illuminazione previste per gli ambienti clinici degli ospedali e delle unità sanitarie	50
Apparecchiature di illuminazione incassate nel terreno	50
Apparecchiature di illuminazione per acquari	50
Apparecchiature di illuminazione notturna montati su presa	50
Lampade con alimentatore incorporato	30
Apparecchiature per radiazione UV e IR	50
Illuminazione dei mezzi di trasporto (installata negli scompartimenti dei passeggeri di autobus e treni)	50
Altre apparecchiature di illuminazione non citate in questa tabella	50
(a) La distanza di misura dovrebbe essere 30 cm e il valore misurato dovrebbe essere calcolato ad una distanza di 5 cm (equazione; $1/r^3$).	
(b) Potenza nominale totale dell'apparecchiatura di illuminazione.	



Allegato B (informativo)

Posizione della testa di prova utilizzata per la misura

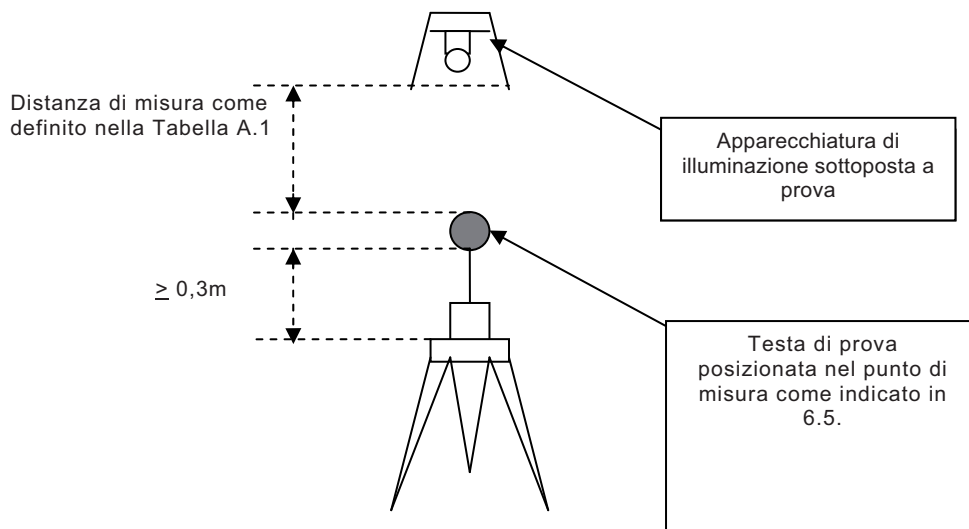


Figura B.1 – Tipico allestimento di misura

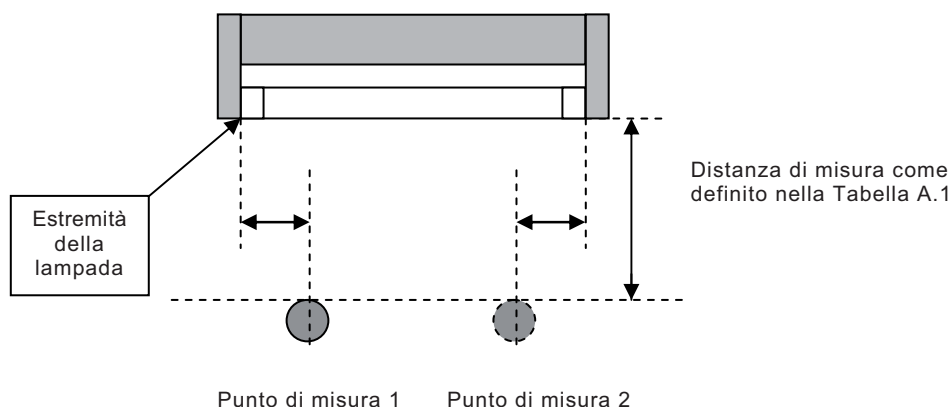


Figura B.2a – Posizione del punto di misura per le apparecchiature di illuminazione con una o più lampade fluorescenti a doppio attacco (incassate, montate sulla superficie o su un palo)

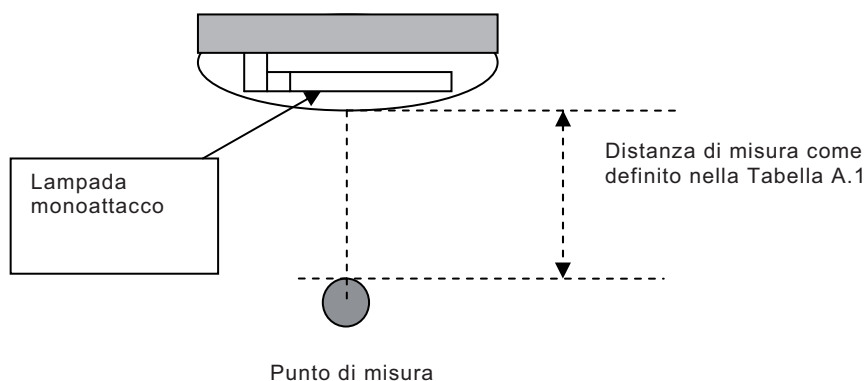


Figure B.2b – Posizione del punto di misura per le apparecchiature di illuminazione con una o più lampade monoattacco (incassate, montate sulla superficie o su un palo)

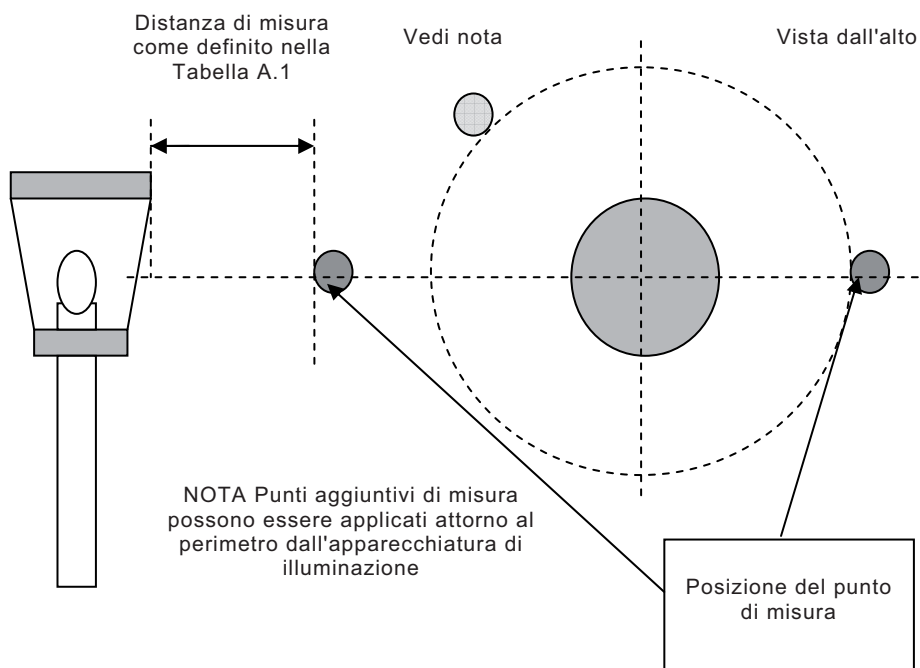


Figura B.2c – Posizione del/dei punti di misura per le apparecchiature di illuminazione con lampada monoattacco (illuminazione a 360°)

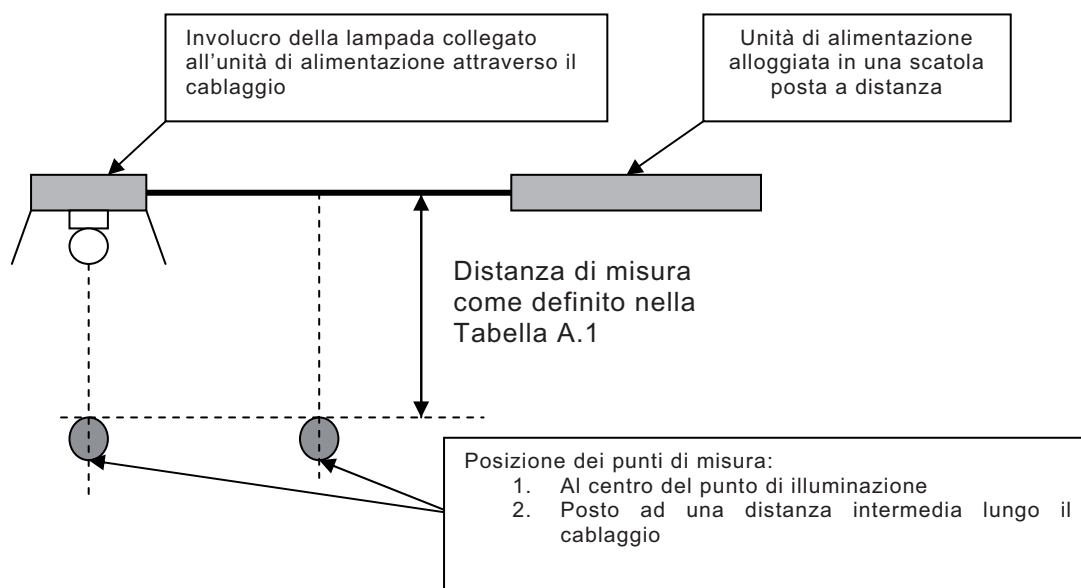
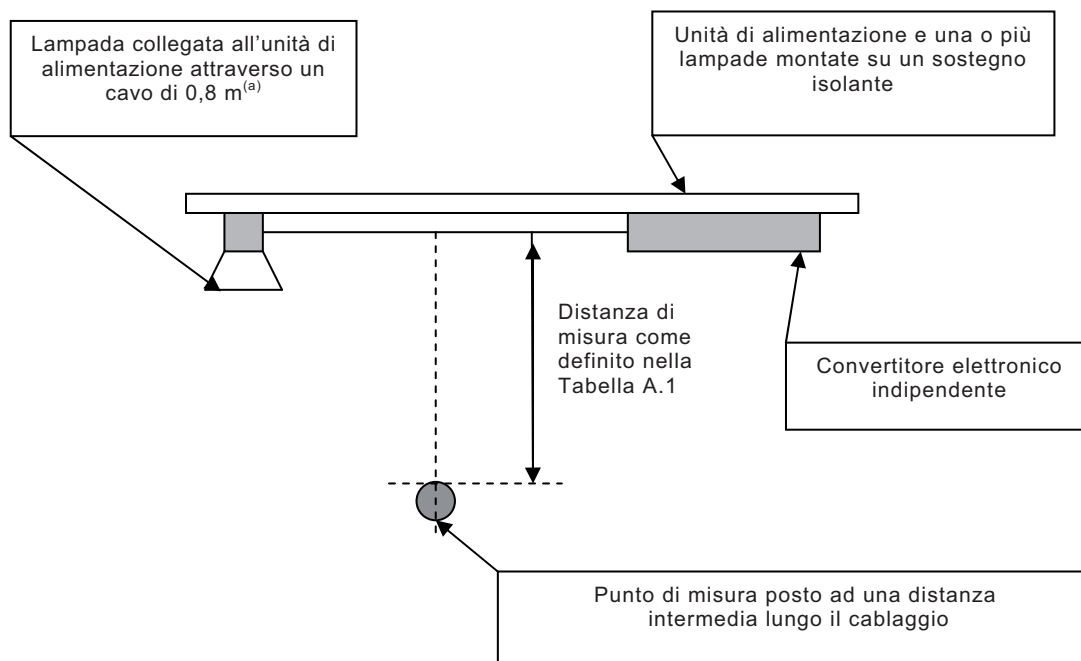
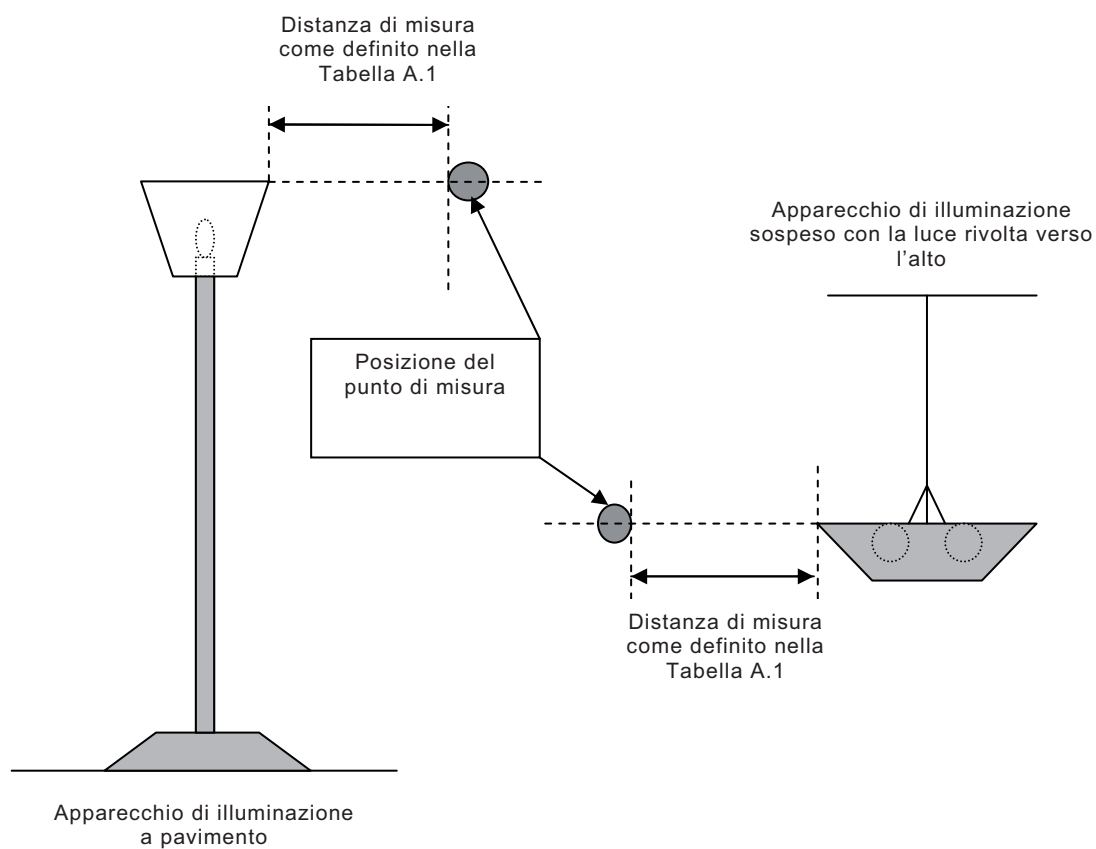


Figura B.2d – Posizione dei punti di misura per le apparecchiature di illuminazione con unità remota



(a) NOTA La lunghezza del cavo è di 0,8 m, a meno che non venga definito diversamente nelle istruzioni di installazione del costruttore.

Figura B.2e – Posizione del punto di misura per un convertitore elettronico indipendente



- (a) NOTA Nel caso di lampade fluorescenti lineari, la testa di prova è posta perpendicolarmente rispetto alla(e) lampada(e) ad una distanza di 15 cm dalla loro estremità.

Figura B.2f – Posizione del punto/dei punti di misura per un apparecchio di illuminazione con la luce rivolta verso l'alto (a pavimento/sospesa)

Figura B.2 – Posizione della testa di prova utilizzata per la misura



Allegato C (informativo)

Limiti di esposizione

C.1 Generalità

I limiti di esposizione indicati nel presente Allegato informativo sono forniti solo a titolo informativo, non rappresentano un elenco completo e sono validi solo in certi Paesi del mondo. È responsabilità degli utenti della presente Norma verificare che essi stiano utilizzando la versione in vigore dei valori limite specificati dalle pertinenti autorità nazionali.

C.2 ICNIRP

Tabella C.1 – Limiti di base (BR) per l'esposizione di un pubblico generico a campi magnetici ed elettrici variabili nel tempo per frequenze fino a 10 GHz

Campo di frequenze	Densità di corrente (testa e tronco) mA/m ² (valore efficace)	SAR medio (intero corpo) W/kg	SAR localizzato (testa e tronco) W/kg	SAR localizzato (arti) W/kg
Fino a 1 Hz	8			
1 Hz – 4 Hz	8/f			
4 Hz – 1 000 Hz	2			
1 kHz – 100 kHz	f/500			
100 kHz – 10 MHz	f/500	0,08	2	4
10 MHz – 10 GHz		0,08	2	4

NOTA f è La frequenza espressa in Hertz.

C.3 IEEE

Tabella C.2 – Limiti di base della IEEE (BR) per l'esposizione di un pubblico generico

		Livello di intervento ^(a)			Persone all'interno di ambienti controllati		
Tessuto esposto	f _e (Hz)	E ₀	(valore efficace)	(V/m)	E ₀	(valore efficace)	(V/m)
Cervello	20	5,89 x 10 ⁻³			1,77 x 10 ⁻²		
Cuore	167	0,943			0,943		
Estremità	3 350	2,10			2,10		
Altri tessuti	3 350	0,701			2,10		

E₀ è la reobase del campo nel punto, mentre f_e è il parametro della frequenza.

(a) All'interno di questo campo di frequenze, il termine "il livello di intervento" è equivalente al termine "pubblico generico" della IEEE Std C95.6-2002.

NOTA I valori della Tabella 2 e in altre parti della presente Norma sono a volte indicati con tre cifre significative. Questo grado di precisione è fornito affinché il lettore possa seguire le diverse derivazioni e relazioni della presente Norma e non implica che le grandezze numeriche siano note con questa precisione.



Tabella C.3 – Limiti di base della IEEE (BR) per frequenze comprese tra 100 kHz e 3 GHz per il pubblico generico

		Livello di intervento^(a) SAR^(b) (W/kg)	Persone all'interno di ambienti controllati SAR^(c) (W/kg)
Esposizione all'intero corpo	Media dell'intero corpo (WBA)	0,08	0,4
Esposizione localizzata	Localizzata (media spaziale di picco)	2 ^(c)	10 ^(c)
Esposizione localizzata	Estremità ^(d) e padiglioni auricolari	4 ^(c)	20 ^(c)
<p>(a) BR per il pubblico generico quando non è disponibile un programma di sicurezza per la RF.</p> <p>(b) Il valore di SAR è mediato sulla base di tempi medi appropriati.</p> <p>(c) Mediato su un pezzo di tessuto di 10 g (definito come volume di tessuto di forma cubica - il volume è di circa 10 cm³).</p> <p>(d) Le estremità sono le braccia e le gambe, rispettivamente, distanti dai gomiti e dalle ginocchia.</p>			



Allegato D (informativo)

Razionale del metodo di valutazione e misura

D.1 Generalità

Il metodo di misura dell'esposizione e di valutazione della conformità, basato sulla Guida ICNIRP e sulla Norma IEEE e riportato nel presente Allegato (vedi la Figura D.1), consiste in una valutazione della corrente indotta (vedi l'articolo D.2) e degli effetti termici (vedi l'articolo D.3).

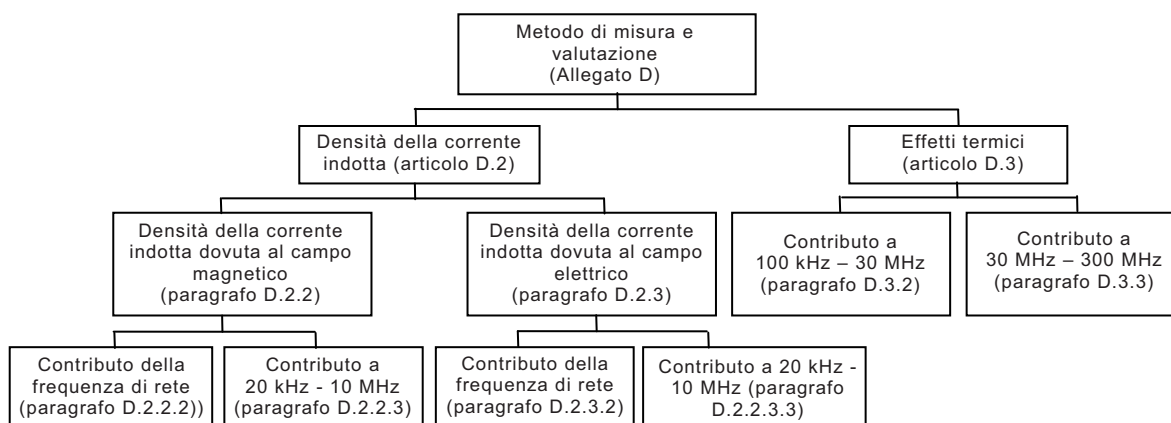


Figura D.1 – Panoramica dei metodi di misura e di valutazione

D.2 Densità di corrente indotta

D.2.1 Generalità

In funzione dei limiti di base, la densità della corrente indotta in una persona (manichino) deve soddisfare i requisiti dell'Equazione (D.1):

$$\sum_{f_i = 1\text{Hz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.1})$$

con:

$J(f_i, d)$ è la densità di corrente alla frequenza i ad una distanza di misura d indicata nell'Allegato A;

$J_{\text{Lim}}(f_i)$ è il limite per la densità di corrente alla frequenza i della Tabella C.1;

La densità della corrente indotta in una persona (manichino) può essere causata da:

- correnti parassite nella persona (manichino) dovute al campo magnetico generato dall'apparecchiatura di illuminazione in prova, come descritto nel presente articolo.
- correnti capacitive generate dall'apparecchiatura di illuminazione in prova verso la persona (manichino) dovute al campo elettrico, come descritto in D.3.



In questo modo l'Equazione (D.1) può essere trasformata nell'Equazione (D.2):

$$\sum_{f_i=1\text{ Hz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1\text{ Hz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.2})$$

dove

$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$ è la densità di corrente dovuta al campo magnetico alla frequenza i e alla distanza d conforme all'Allegato A;

$J_{\text{cap}}(f_i, d)$ è la densità di corrente dovuta al campo elettrico alla frequenza i e alla distanza d conforme all'Allegato A.

Le frequenze per i convertitori di potenza delle apparecchiature di illuminazione sono superiori a 20 kHz, questo allo scopo di evitare il rumore acustico e l'interferenza ad infrarossi. In questo modo l'Equazione (D.2) può essere trasformata nell'Equazione (D.3):

$$\sum_{f_i=1\text{ Hz}}^{20\text{ kHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1\text{ Hz}}^{20\text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.3})$$

La frequenza di rete di 50 Hz o 60 Hz è la sola componente rilevante della frequenza nel campo di frequenze da 1 Hz a 20 kHz. Di conseguenza l'Equazione (D.3) può essere trasformata nell'Equazione (D.4)

$$\frac{J_{\text{eddy}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.4})$$

D.2.2 Densità di corrente indotta dal campo magnetico; $J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$

D.2.2.1 Generalità

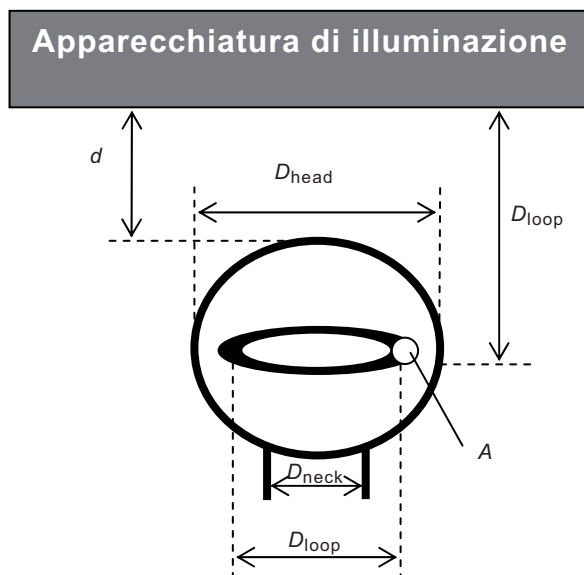


Figura D.2 – Distanze della testa, dell'anello e allestimento per la misura



La tensione indotta in un anello nella testa (vedi la Figura D.2), dovuta al campo magnetico può essere calcolata dall'Equazione (D.5)

$$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{loop}}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.5})$$

dove

$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})$ è la tensione indotta in un anello nella testa, alla frequenza f_i a una distanza d_{loop} ;

D_{loop} è il diametro dell'anello nella testa;

$B(f_i, d_{\text{loop}})$ è il campo magnetico B alla frequenza f_i e alla distanza d_{loop} .

La corrente indotta nell'anello nella testa dal campo magnetico, può essere calcolata dall'Equazione (D.6)

$$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})}{\frac{\pi \cdot D_{\text{loop}}}{A \cdot \sigma(f_i)}} \quad (\text{D.6})$$

dove

$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$ è la corrente indotta in un anello nella testa, dovuta al campo magnetico alla frequenza f_i alla distanza d_{loop} ;

A è la superficie del "cavo" dell'anello nella testa;

$\sigma(f_i)$ è la conduttività dell'anello nella testa alla frequenza f_i .

A conclusione, la densità di corrente nell'anello nella testa dovuta al campo magnetico, ad una certa frequenza f_i e alla distanza d_{loop} , può essere calcolata dall'Equazione (D.7)

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{A_{\text{loop}}} = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.7})$$

D.2.2.2 Il contributo della frequenza di alimentazione alla densità della corrente indotta dovuta al campo magnetico:

Il campo B misurato alla frequenza di rete e ad una distanza di $d = 0,3$ m dall'apparecchiatura di illuminazione, è all'incirca di 60 nT. Con $\sigma(f_{\text{mains}}) \leq 0,09$ (valore per il cervello dalla Tabella C.1 della IEC 62311) e $D_{\text{loop}} = D_{\text{head}} = 0,21$ m, possono essere calcolati i dati che seguono (vedi la Tabella D.1):

Tabella D.1 – Calcoli della densità della corrente indotta

$f_i = f_{\text{mains}}$ [Hz]	$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$ [nA/m ²] @ f_{mains} e $d = 0,3$ m	$J_{\text{Lim}}(f_i)$ [mA/m ²] @ f_{mains}	$\frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)}$ @ f_{mains} e $d = 0,3$ m
50	89,1	2	45×10^{-6}
60	107	2	53×10^{-6}

Si può concludere che il contributo della densità di corrente nell'anello nella testa, dovuto al campo magnetico, alla frequenza di rete e alla distanza di misura $d = 0,3$ m può essere trascurato.



D.2.2.3 Il contributo delle frequenze da 20 kHz a 10 MHz alla densità di corrente indotta dovuta al campo magnetico

Il più gravoso contributo della densità di corrente nell'anello nella testa, dovuto al campo magnetico nel campo di frequenze da 20 kHz a 10 MHz e alla distanza di misura d , può essere determinato utilizzando le emissioni magnetiche irradiate indicate nella CISPR 15. Secondo la CISPR 15 la corrente massima alla frequenza f_i in un'Antenna a Grande Anello di 2 m (LLA) è mostrata nella Figura 3.

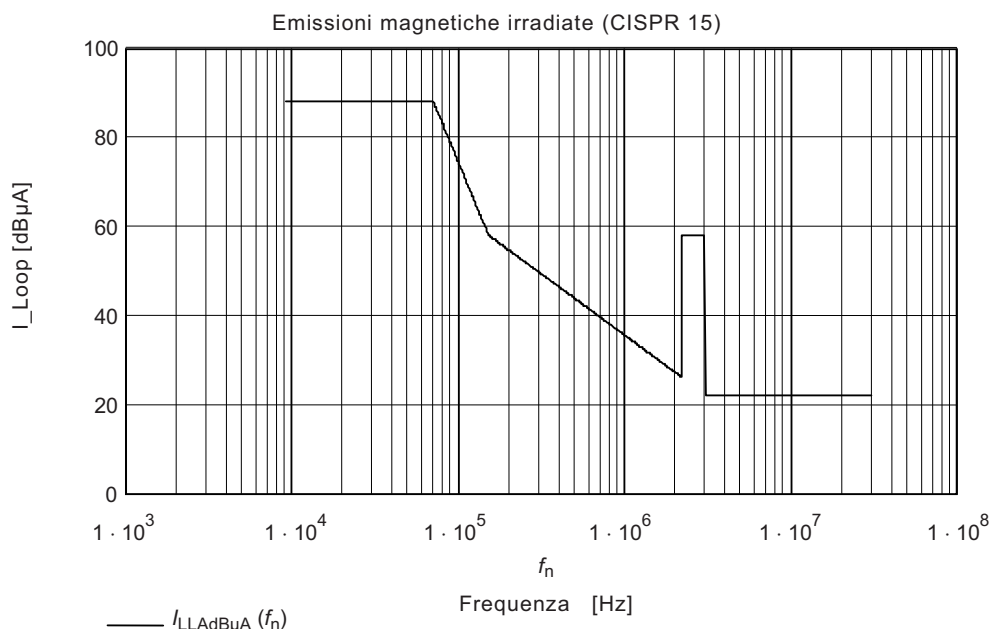


Figure D.3 – Massima corrente in una LLA di 2 metri, in funzione della frequenza

La corrente massima, alla frequenza f_i nella LLA di 2 m della Figura D.3, può essere convertita nell'intensità massima del campo B alla frequenza f_i e ad una distanza arbitraria d .

La conversione può essere spiegata come segue:

Un dipolo magnetico virtuale di area A_{dipole} , posto al centro della LLA di 2 m, ha un'induttanza reciproca rispetto alla LLA di 2 m pari a:

$$M = \frac{\mu_0 \cdot A_{\text{dipole}}}{D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.8})$$

dove

M è l'induttanza reciproca tra il dipolo magnetico virtuale e la LLA di 2 m;

A_{dipole} è l'area del dipolo magnetico virtuale;

D_{LLA} è il diametro della LLA di 2 m, ed è uguale a 2 m.

Il momento del dipolo magnetico virtuale della LLA di 2 m è $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$.

dove $I_{\text{dipole}}(f_i)$ è la corrente virtuale alla frequenza f_i nel dipolo magnetico virtuale.



La tensione indotta nella LLA è:

$$V_{\text{ind}}(f_i) = 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot M \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \quad (\text{D.9})$$

La corrente nella LLA è:

$$I_{\text{LLA}}(f_i) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i)}{2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot L_{\text{LLA}}} = \frac{\mu_0 \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{L_{\text{LLA}} D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.10})$$

dove L_{LLA} è l'induttanza della LLA di 2 m ed è uguale a 9,65 μH .

In questo modo, dal limite impostato per la corrente nella LLA, può essere calcolato il momento del dipolo magnetico virtuale $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$. Da questo momento del dipolo magnetico virtuale può essere calcolata l'intensità di campo H nella direzione in cui è massima. I calcoli vengono fatti fino alla frequenza di 10 MHz, così che la lunghezza d'onda minima sia 30 m e la transizione tra il campo vicino e il campo lontano avvenga a $30/2 \pi = 4,8$ m. Per la EMF l'interesse è rivolto alla densità di corrente indotta ad una distanza minima, di conseguenza tutti i calcoli sono basati sulla condizione di campo vicino in cui $H \sim 1/d^3$. La massima intensità di campo alla distanza d_{loop} può essere espressa come:

$$H(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.11})$$

con: $d_{\text{loop}} = d + D_{\text{head}}/2$

Da questa equazione, il valore massimo dell'intensità del campo B, alla frequenza f_i per una distanza arbitraria d_{loop} è definito come:

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.12})$$

Nel caso peggiore i campi B nella direzione x, y e z, rispettano tutti questo valore massimo. L'intensità di campo B risultante può essere calcolata dall'Equazione (D.13):

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.13})$$

L'Equazione (D.7) può essere trasformata nell'Equazione (D.14):

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.14})$$

Il contributo del caso peggiore della densità di corrente nell'anello della testa dovuto al campo magnetico, nel campo di frequenze che va da 20 kHz a 10 MHz e ad una distanza $d = 0,3$ m, può ora essere calcolato come segue:

$$\sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{J_{\text{Lim}}(f_i)}$$

e il risultato dovrebbe essere $\leq 0,15$



Conclusione:

Se l'apparecchiatura di illuminazione è conforme alla CISPR 15, l'Equazione (D.4) può essere semplificata nell'Equazione (D.15):

$$\frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.15})$$

D.2.3 Densità di corrente indotta dovuta al campo elettrico; $J_{\text{cap}}(f_i, d)$

D.2.3.1 Generalità

Il contributo della corrente capacitiva alla densità di corrente indotta è misurato utilizzando un fantoccio posto vicino all'apparecchiatura di illuminazione, ad una distanza di misura d , come indicato nella Tabella A.1 e in una posizione conforme a quanto indicato nell'Allegato B. Il fantoccio utilizzato è il modello di corpo umano omogeneo descritto nella Figura C.3 della IEC 62311.

Si ipotizza che la testa del fantoccio sia posta più vicino all'apparecchiatura di illuminazione e che la massima densità di corrente si verifichi nel collo. Di conseguenza solo la testa (una sfera metallizzata con un diametro esterno di $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$) viene utilizzata come "testa per la prova di corrente". Il diametro del collo $D_{\text{neck}} = 110 \text{ mm}$, viene utilizzato per i calcoli della densità di corrente. I dettagli della "testa per la prova di corrente", detta testa di prova di "Van der Hoofden", si possono trovare in 5.4.

NOTA La densità di corrente nel collo è omogenea, dato che l'influenza della pelle fino a 10 MHz può essere trascurata.

D.2.3.2 Contributo di f_{mains} alla densità di corrente indotta dovuta al campo elettrico

Il contributo della rete di alimentazione alla densità di corrente indotta verrà calcolato sulla base della seguente costruzione del caso peggiore. L'apparecchiatura di illuminazione è costituita da una piastra di grandi dimensioni ad una tensione V_{mains} rispetto a terra (vedi la Figura D.4).

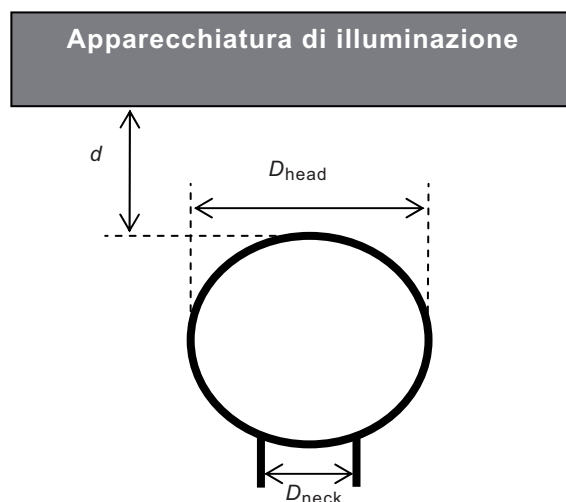


Figura D.4 – Distanze della testa e allestimento di misura



La capacità parassita tra la piastra di grandi dimensioni e la sfera può essere calcolata con le formule di W.R. Smythe, *Static and Dynamic Electricity*, McGraw-Hill, 1950 [3] (vedi la Figura D.5):

$$\alpha = \cosh^{-1} \left[2 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot d}{D_{\text{head}}} \right)^2 - 1 \right] \quad (\text{D.16})$$

$$C_{\text{Sphere_Plate}} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{D_{\text{head}}^2}{2 \cdot d + D_{\text{head}}} \cdot \sinh(\alpha) \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sinh(n \cdot \alpha)} \quad (\text{D.17})$$

NOTA Nella maggior parte dei casi pratici il valore $N = 50$ è considerato sufficiente.

Con $d = 0,3 \text{ m}$: $C_{\text{sphere_plate}} = 3 \text{ pF}$

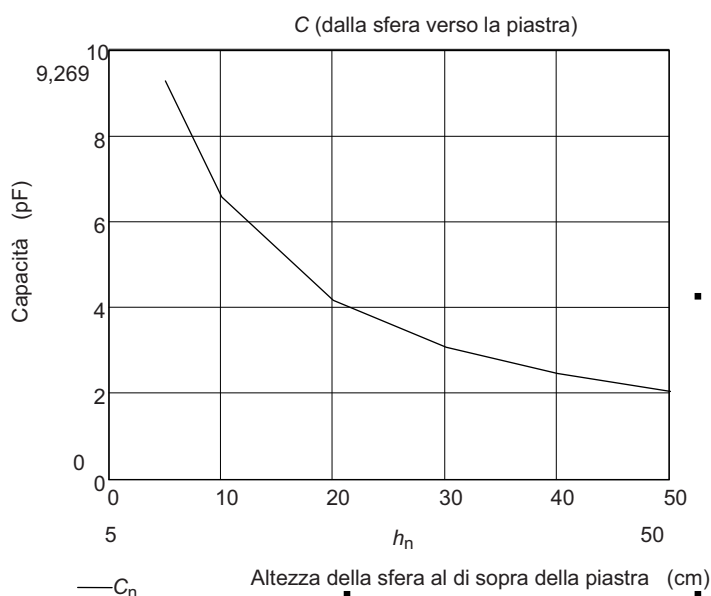


Figura D.5 – Curva delle Equazioni (D.16) e (D.17)

La densità di corrente nel collo, dovuta alla rete di alimentazione, può essere calcolata dall'Equazione (D.18).

$$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = \frac{U_{\text{mains}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{mains}} \cdot C}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{neck}}^2} = 661 \cdot 10^6 \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.18})$$

I calcoli dei contributi principali più comuni sono mostrati nella Tabella D.2.

Tabella D.2 – Calcolo dei contributi principali

U_{mains} [V]	f_{mains} [Hz]	$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)$ [$\mu\text{A}/\text{m}^2$] @ f_{mains} e $d = 0,3 \text{ m}$	$J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})$ [mA/m^2]	$\frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}$ @ f_{mains} e $d = 0,3 \text{ m}$
230	50	22,8	2	0,011
120	60	14,6	2	0,007
277	60	33,6	2	0,017



I risultati dei calcoli, come descritto nell'ultima colonna della Tabella D.2, mostrano come il contributo della rete possa essere ignorato e come l'Equazione (D.15) possa essere semplificata nell'Equazione (D.19).

$$\sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.19})$$

D.2.3.3 Contributo della frequenza da 20 kHz a 10 MHz della densità di corrente indotta dovuta al campo elettrico:

Il contributo della corrente capacitiva sulla densità di corrente indotta, nel campo di frequenze da 20 kHz a 10 MHz, deve essere misurato con un ricevitore EMI conforme alla Figura 3 e all'Equazione (D.19).

Il passo di frequenza della sommatoria è determinato utilizzando la CISPR 16-1-1. Secondo la CISPR 16-1-1, il filtro IF del ricevitore ha la funzione di trasferimento dell'Equazione (D.20):

$$H(f) := \left[\frac{2}{1 + \left(1 + j \cdot \frac{f}{B_6} \cdot 2\sqrt{2} \right)^2} \right]^2 \quad (\text{D.20})$$

NOTA B_6 è la larghezza di banda di 6 dB specificata nella CISPR 16-1-1.

Il modulo dell'Equazione (D.20) è espresso dall'Equazione (D.21).

$$|H(f)| := \frac{1}{1 + \left(\frac{2f}{B_6} \right)^4} \quad (\text{D.21})$$

Il passo di frequenza per l'aggiunta dell'ampiezza è definito dall'Equazione (D.22):

$$f_{\text{step_ampl}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| \cdot df \quad (\text{D.22})$$

Risolvendo l'Equazione (D.22) si ottiene un passo di frequenza per la somma dell'ampiezza uguale a 1,11 volte B_6 , vedi la Tabella D.3.

Tabella D.3 – Passi di frequenza per la somma dell'ampiezza uguale a 1,11 volte B_6 .

Campo di frequenza	B_6 secondo la CISPR 16-1-1	$f_{\text{step_ampl}}$
20 kHz – 150 kHz	200 Hz	220 Hz
150 kHz – 10 MHz	9 kHz	10 kHz



L'Equazione (D.19) può essere trasformata nell'Equazione (D.23);

$$\sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 150 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.23})$$

Step = 220 Hz Step = 10 kHz

Un metodo di misura e di valutazione pratico per valutare l'Equazione (D.23) è illustrato nell'Allegato E.

D.3 Effetti termici a frequenze da 100 kHz a 300 GHz

D.3.1 Generalità

Gli effetti termici sono considerati conformi se la potenza delle emissioni irradiate è ≤ 20 mW, come indicato nella Guida ICNIRP. Nel presente capoverso verrà mostrato che la potenza delle emissioni irradiate è ≤ 20 mW per ogni apparecchiatura di illuminazione conforme alla CISPR 15.

La dimostrazione che la potenza irradiata è ≤ 20 mW parte dall'Equazione (D.24):

$$P_{\text{rad,max}} = \sum_{100 \text{ kHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) + \sum_{30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) \quad (\text{D.24})$$

Il passo di frequenza della sommatoria viene determinato utilizzando la CISPR 16-1-1, come spiegato in D.2.3.3.

Il passo di frequenza per la sommatoria della potenza può essere definito dell'Equazione (D.25):

$$f_{\text{step_power}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 \cdot df \quad (\text{D.25})$$

Risolvendo l'Equazione (D.25) si ottiene un passo di frequenza per la somma della potenza che è uguale a 0,833 volte B_6 , vedi la Tabella D.4.

Tabella D.4 – Passi di frequenza per la somma di potenze uguali a 0,833 volte B_6

Campo di frequenza	B_6 secondo la CISPR 16-1-1	$f_{\text{step_power}}$
100 kHz – 150 kHz	200 Hz	167 Hz
150 kHz – 30 MHz	9 kHz	7,5 kHz
30 MHz – 300 MHz	120 kHz	100 kHz





Secondo la CISPR 15 i limiti per l'intensità di campo sono:

**Tabella D.5 – Limiti per le intensità di campo conformi alla CISPR 15:2005
(inclusa la Modifica 1 (2006))**

Campo di frequenza [MHz]	E(lim) [dBμV/m]	E(lim) [μV/m]	r [m]
30 -230	30	31,6	30
230 – 1000	37	70,8	30

Risolvendo l'Equazione (D.28) si ha:

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz to } 300 \text{ MHz}) \leq 0,10[\text{mW}]$$

Conclusione:

Ogni apparecchio di illuminazione conforme alla CISPR 15 è considerato conforme alle prescrizioni sugli effetti termici della ICNIRP e della IEEE.



Allegato E (normativo)

Metodo pratico di misura e di valutazione

E.1 Misura della densità di corrente

La densità di corrente deve essere misurata tra 20 kHz e 10 MHz, come indicato in 5.2.

Il presente Allegato descrive un esempio basato su un ricevitore EMI, che genera dati in uscita in una matrice, in cui la frequenza [MHz] è riportata nella colonna 0 e la tensione misurata [dBμV] nella colonna 1. I dati in uscita devono essere elaborati con il programma di calcolo indicato nell'articolo E.2.

E.2 Programma di calcolo

I dati misurati sono riportati in una matrice in cui la frequenza f_n [MHz] è registrata nella colonna 0 e la tensione misurata $V(f_n)$ [dBμV] nella colonna 1.

La tensione misurata $V(f_n)$ [dBμV] della colonna 1 è stata convertita in $V(f_n)$ [V], utilizzando l'Equazione (E.1).

$$V(f_n)[V] = 10^{\frac{V(f_n)[dB\mu B]}{20}} \cdot 10^{-6} \quad (E.1)$$

La tensione $V(f_n)$ [V], che deve essere convertita nella corrente $I_{cap}(f_n)$ [A] utilizzando la funzione di trasferimento $g(f_n)$ [V/A] determinata dalla rete di protezione indicata in 5.4, è indicata nell'Equazione (E.2)

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{cap}(f_n)} = \frac{50}{\sqrt{1 + (4\pi \cdot f_n)^2}} \quad (E.2)$$

La densità di corrente $J_{cap}(f_n)$ [A/m²] è data dall'Equazione (E.3)

$$J_{cap}(f_n) = \frac{V(f_n)}{g(f_n) \cdot A_{neck}} \quad (E.3)$$

$$\text{con: } A_{neck} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,11^2$$

La densità di corrente $J_{cap}(f_n)$ deve essere dimensionata sul valore limite $J_{Lim}(f_n)$ e sommata in modo da determinare il fattore F , come indicato dall'Equazione (E.4)

$$F = \sum_{f=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{cap}(f_n)}{J_{Lim}(f_n)} \quad (E.4)$$

$$\text{con: } J_{Lim}(f_n) = \frac{f_n}{500} \cdot 10^{-3} \text{ e } f_n \text{ in Hz}$$

Il passo è definito nella Tabella 2.



E.3 Criteri di conformità:

Un apparecchiatura di illuminazione, che rientra nel campo di applicazione della presente Norma, è conforme alla presente Norma se soddisfa le seguenti prescrizioni.

CISPR 15:2005:

- § 4.3.1: Tensione di disturbo ai morsetti di alimentazione nel campo di frequenze da 20 kHz a 30 MHz;
- § 4.4: Disturbi elettromagnetici irradiati nel campo di frequenze da 100 kHz a 30 MHz;

CISPR 15:2005, Modifica 1 (2006):

- § 4.4.2: Disturbi elettromagnetici irradiati nel campo di frequenze da 30 MHz a 300 MHz;

la densità di corrente indotta misurata (ponderata e sommata) dovuta al campo elettrico nel campo di frequenza da 20 kHz a 10 MHz non deve superare il fattore (F) 0,85 definito nell'Allegato D.



Allegato F (normativo)

Rete di protezione

F.1 Taratura della rete di protezione

La taratura deve essere effettuata in modo simile a quella utilizzata per la rete di alimentazione fittizia (V-Network) descritta nella CISPR 16-1-2.

Le porte di ingresso e di uscita della rete di protezione non sono adattate all'impedenza caratteristica di $50\ \Omega$ dell'analizzatore di rete (NWA). A causa di questa caratteristica, la taratura deve essere effettuata nelle seguenti due fasi:

Fase 1:

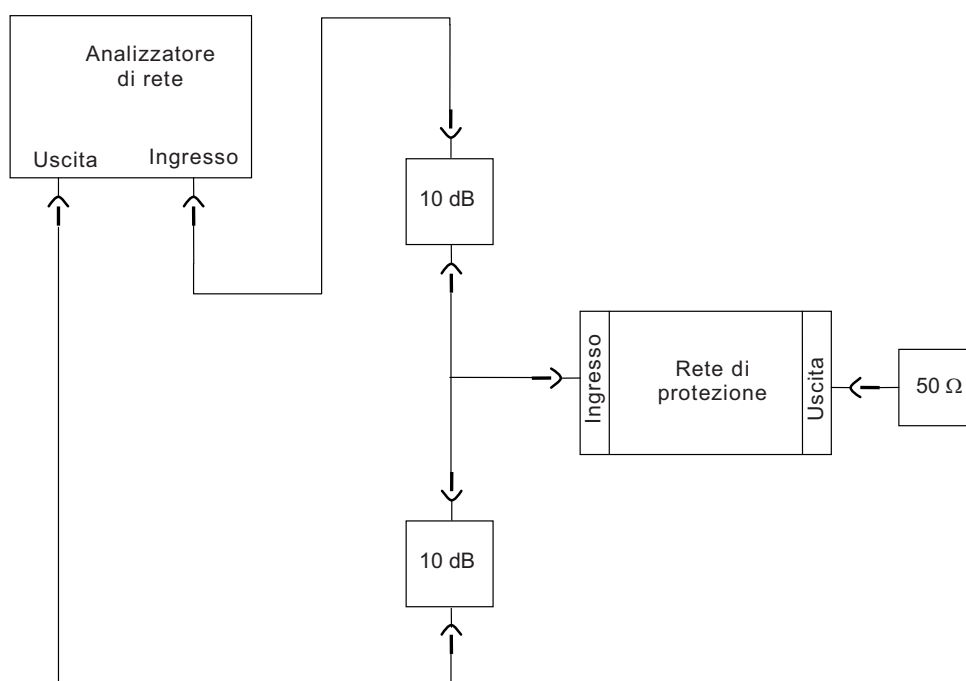


Figura F.1 – Set-up di prova per la normalizzazione dell'analizzatore di rete

Dopo la taratura dell'analizzatore di rete con il set-up di prova mostrato nella Figura F.1, il circuito deve essere modificato nella nuova configurazione mostrata nella Figura F.2.



Fase 2:

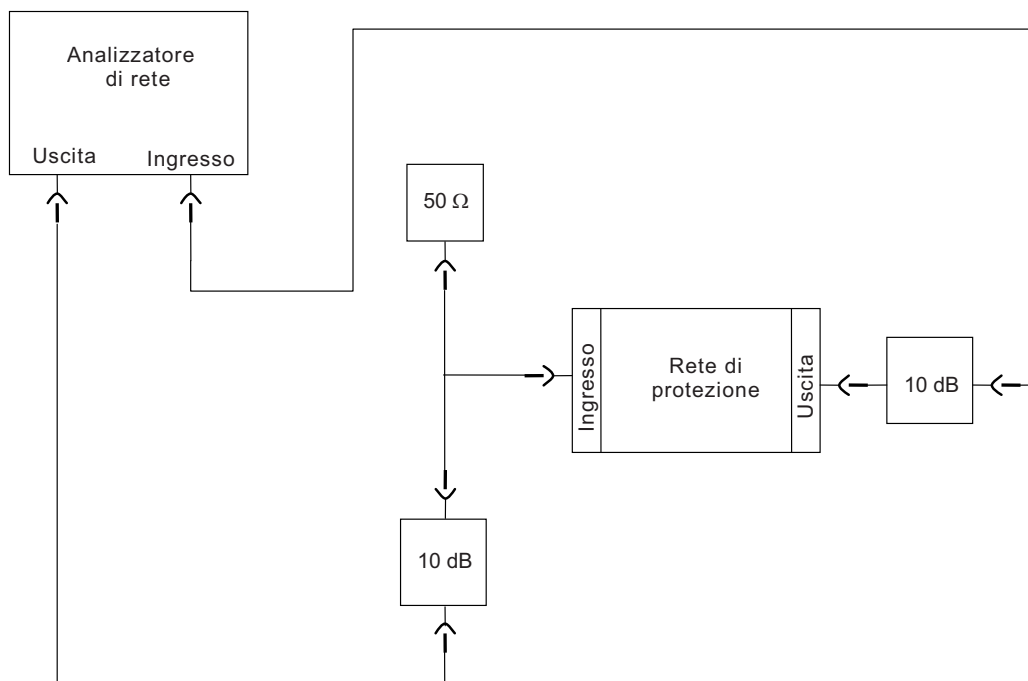


Figura F.2 – Set-up di prova di misura del fattore di divisione della tensione utilizzando un analizzatore di rete

Dopo aver misurato la funzione di trasferimento per mezzo dell'analizzatore di rete, questo valore deve essere confrontato con la caratteristica teorica.

F.2 Calcolo della caratteristica teorica della rete di protezione

La funzione di trasferimento indicata nell'Equazione (1) di 5.4 non può essere utilizzata per la taratura. Di conseguenza, il calcolo della caratteristica teorica viene riportato nel seguito.

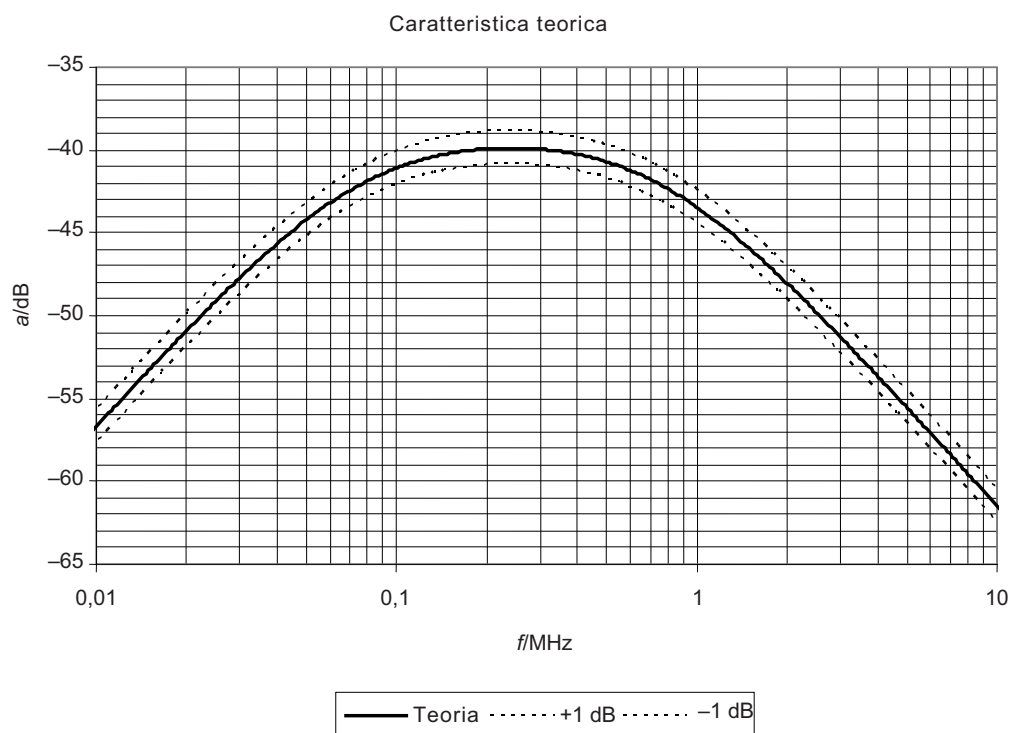
La funzione di trasferimento teorica (vedi la Figura F.3) della rete di protezione per la taratura con un analizzatore di rete è indicata nell'Equazione (F.1). Tutti i valori, ad eccezione di quello di R_{NWA} (l'impedenza di ingresso R_{NWA} dell'analizzatore di rete è tipicamente pari a 50 Ω) possono essere ricavati dalla Figura 2.

$$a(f) = 20 \cdot \log \left(\frac{|V_{out}(f)|}{|V_{in}(f)|} \right) \quad (F.1)$$

$$R_{2NWA} = R_2 + R_{NWA} \quad (F.2)$$

$$|V_{out}(f)| = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2} \quad (F.3)$$

$$|V_{in}(f)| = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} + \frac{1}{\omega C_1} \right)^2} \quad (F.4)$$



Il massimo scostamento ammesso nella figura è posto a ± 1 dB.

Figura F.3 – Caratteristica teorica calcolata per la taratura della rete di protezione



Allegato G (informativo)

Incerteza della strumentazione di misura

Le componenti principali dell'incertezza per ciascun contributo dell'incertezza sono state identificate e valutate. Le ipotesi fatte sono documentate nella Tabella G.2 e indicate, come note nella Tabella G.1, per il calcolo dell'incertezza effettiva.

Il valore V misurato è calcolato:

$$V = V_r + L_c + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta g + \delta D + \delta d + \delta l$$

Tabella G.1 – Calcolo dell'incertezza per il metodo di misura descritto in 6.4 nel campo di frequenze compreso tra 20 kHz e 10 MHz

Grandezza in ingresso	X_i	Incertezza di x_i		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	Funzione di distribuzione della probabilità			
Lettura ricevuta ¹⁾ (a)	V_r	$\pm 0,1$	$k = 1$	0,10	1	0,10
Attenuazione: Rete di Protezione – ricevitore ²⁾	L_c	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05	1	0,05
Correzioni del ricevitore:						
Tensione sinusoidale ³⁾	δV_{sw}	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,50	1	0,50
Risposta in ampiezza dell'impulso ⁴⁾	δV_{pa}	$\pm 0,0$	Rettangolare	0,00	1	0,00
Risposta del tasso di ripetizione degli impulsi ⁵⁾	δV_{pr}	$\pm 0,0$	Rettangolare	0,00	1	0,00
Vicinanza rispetto al rumore di fondo ⁶⁾	δV_{nf}	$\pm 0,0$		0,00	1	0,00
Disallineamento: Rete di protezione – ricevitore ⁷⁾	δM	$\pm 0,085$	ad U	0,06	1	0,06
Funzione di trasferimento della rete di protezione della ⁸⁾	δg	$\pm 1,0$	Rettangolare	0,50	1	0,58
Distanza tra la testa di prova e il DUT ⁹⁾	δD	- 0,367 / +0,35	$k = 1$	0,36	1	0,36
Diametro della testa di prova ¹⁰⁾	δd	-0,423 / +0,365	$k = 1$	0,39	1	0,39
Lunghezza del cavo ordinario ¹¹⁾	δl	$\pm 0,0$		0,00		0,00
Incertezza di misura combinata: $u_c =$						0,94 dB
Incertezza di misura estesa: $2 u_c (V) =$						$\pm 1,88$ dB
(a) I numeri in apice si riferiscono ai commenti riportati nella Tabella G.2.						

**Tabella G.2 – Commenti e informazioni relativi alla Tabella G.1**

Commenti	Riferimento all'Allegato A.5 della CISPR 16-4-2	Dati utilizzati per i calcoli / la dichiarazione
1) Fluttuazione casuale delle letture del ricevitore	Nota 1	CISPR 16-4-2:2003, Tabella A.1
2) Incertezza della misura della perdita introdotta dal cavo	Nota 2	CISPR 16-4-2:2003, Tabella A.1
3) Incertezza della correzione dell'onda sinusoidale sul ricevitore	Nota 4	CISPR 16-4-2:2003, Tabella A.1
4) Incertezza della correzione di risposta all'ampiezza dell'impulso sul ricevitore	–	Dato che vi sono solo segnali sinusoidali e le loro armoniche, la risposta in ampiezza dell'impulso può essere trascurata.
5) Incertezza della correzione di risposta del tasso di ripetizione dell'impulso sul ricevitore	–	Dato che vi sono solo segnali sinusoidali e le loro armoniche, la risposta in ampiezza dell'impulso può essere trascurata.
6) Incertezza dell'influenza del rumore di fondo sul ricevitore	Nota 6	CISPR 16-4-2:2003, Tabella A.1
7) Incertezza del disaccoppiamento tra il ricevitore e la rete di protezione	Nota 7	CISPR 16-4-2:2003, Tabella A.1
8) Tolleranza sulla funzione di trasferimento della rete di protezione. Specificata come ± 1 dB rispetto alla curva teorica.	–	–
9) Incertezza dovuta alla tolleranza sulla distanza tra la testa di prova e il dispositivo in prova (DUT)	–	6.3 Distanza di misura
10) Incertezza dovuta alle tolleranze di costruzione della testa di prova	–	5.4 Prescrizioni relative alle apparecchiature di misura
11) L'incertezza dovuta alla lunghezza del cavo può essere trascurata	–	La sperimentazione ha dimostrato che l'errore tra 0,2 m e 2,5 m è inferiore allo 0,8 %. Come indicato in 6.4 (Allestimento utilizzato per la misura) la lunghezza del cavo (0,3 m) può variare entro $\pm 0,03$ m. Come conseguenza di questa specifica, l'errore dovrebbe essere inferiore allo 0,2%.



Bibliografia

- [1] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* , 1998, vol. 41, no. 4, pp. 449-522
- [2] IEEE C95.6:2002, *IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz*
- [3] SMYTHE, W.R. *Static and Dynamic Electricity*. McGraw-Hill, 1950
- [4] IEC 61786:1998, *Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements*



Allegato ZA (normativo)

Riferimenti normativi alle Pubblicazioni Internazionali con le corrispondenti Pubblicazioni Europee

I seguenti documenti di riferimento sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. In caso di riferimenti datati, si applica solo l'edizione indicata. In caso di documenti non datati, si applica l'ultima edizione (incluse eventuali Modifiche) della Pubblicazione indicata.

NOTA Quando la Pubblicazione Internazionale è stata modificata da modifiche comuni CEI, indicate con (mod), si applica la corrispondente EN/HD.

<u>Pubblicazione</u>	<u>Anno</u>	<u>Titolo</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Anno</u>	<u>Norma CEI</u>
IEC 62311 (mod)	2007	Valutazione degli apparecchi elettronici ed elettrici in relazione ai limiti di base per l'esposizione umana ai campi elettromagnetici (0 Hz - 300 GHz)	EN 62311	2008	106-19
CISPR 15 + A1 + A2	2005 2006 2008	Limiti e metodi di misura delle caratteristiche di radiodisturbo degli apparecchi di illuminazione elettrici e degli apparecchi analoghi	EN 55015 + A1 + A2	2006 2007 2009	110-2
CISPR 16-1-1	–	<i>Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus</i>	EN 55016-1-1	–	–
CISPR 16-1-2	–	<i>Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Conducted disturbances</i>	EN 55016-1-2	–	–
CISPR 16-4-2	2003	<i>Specificazione per gli apparati e i metodi di misura del radiodisturbo e dell'immunità - Parte 4-2: Incertezza, statistica, modellazione dei limiti - Incertezza nelle misure EMC</i>	EN 55016-4-2	2004	210-92
IEEE C95.1-2005	–	<i>Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz</i>	–	–	–



Versione originale documento



FOREWORD

The text of document 34/133/FDIS, future edition 1 of IEC 62493, prepared by IEC TC 34, Lamps and related equipment, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 62493 on 2010-02-01.

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

The following dates were fixed:

- latest date by which the EN has to be implemented at national level by publication of an identical national standard or by endorsement (dop) 2010-11-01
- latest date by which the national standards conflicting with the EN have to be withdrawn (dow) 2013-02-01

Annex ZA has been added by CENELEC.

ENDORSEMENT NOTICE

The text of the International Standard IEC 62493:2009 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.



CONTENTS

INTRODUCTION.....	46
1 Scope	47
2 Normative references	47
3 Terms, definitions, physical quantities and units	47
3.1 Terms and definitions	47
3.2 Physical quantities and units	49
4 Limits	49
4.1 General	49
4.2 Application of limits	49
4.3 Lighting equipment deemed to comply without testing.....	50
5 General requirements	50
5.1 Supply voltage.....	50
5.2 Measurement frequency range	50
5.3 Ambient temperature	50
5.4 Measurement equipment requirements.....	50
5.5 Measurement instrumentation uncertainty	52
5.6 Test report	52
5.7 Evaluation of results	52
6 Measurement procedure	52
6.1 General.....	52
6.2 Operating conditions.....	53
6.3 Measurement distance.....	53
6.4 Measurement set-up	53
6.5 Location of measurement test-head	55
6.6 Calculation of the results	55
Annex A (normative) Measurement distances	56
Annex B (informative) Location of measurement test-head.....	57
Annex C (informative) Exposure limits	61
Annex D (informative) Rational measurement and assessment method	63
Annex E (normative) Practical measurement and assessment method	74
Annex F (normative) Protection network	76
Annex G (informative) Measurement instrumentation uncertainty	79
Bibliography	81
Annex ZA (normative) Normative references to international publications with their corresponding European publications	82



INTRODUCTION

This International Standard establishes a suitable evaluation method for determining the electromagnetic fields in the space around the equipment mentioned in the scope, and defines standardized operating conditions and measurement distances.

This standard is designed to assess, by measurements and/or calculations, electromagnetic (EM) fields and their potential effect on the human body by reference to exposure levels of the general public given by ICNIRP:1998 [1]⁽¹⁾, IEEE C95.1:2005 and IEEE C95.6:2002 [2]. The exposure levels with which to comply are basic restrictions (both ICNIRP- and IEEE-based).

NOTE 1 Maximum permissible exposure levels (IEEE-based) or reference levels (ICNIRP-based) are not used.

Based on the lighting equipment operating properties, the frequency range of the applicable basic restrictions can be limited as follows:

- induced current density between 20 kHz to 10 MHz;
- specific absorption rate (SAR) between 100 kHz to 300 MHz;
- power density is outside the scope.

NOTE 2 Operating frequencies of lighting equipment are higher than 20 kHz to avoid audible noise and infrared interference. Frequency contributions above 300 MHz can be neglected.

This standard is not meant to supplant definitions and procedures specified in exposure standards, but it is aimed at supplementing the procedure already specified for compliance with exposure.

The exposure limits given in Annex C (informative) are for information only, do not comprise an exhaustive list and are valid only in certain regions of the world. It is the responsibility of users of this standard to ensure that they use the current version of the limit values specified by the applicable national authorities.

(1) Figures in square brackets refer to the Bibliography.



ASSESSMENT OF LIGHTING EQUIPMENT RELATED TO HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS

1 Scope

This International Standard applies to the assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields. The assessment consists of the induced current density for frequencies from 20 kHz to 10 MHz and the specific absorption rate (SAR) for frequencies from 100 kHz to 300 MHz around lighting equipment.

Included in the scope of this standard are:

- all lighting equipment for general lighting with a primary function of generating and/or distributing light intended for illumination purposes, and intended either for connection to the low voltage electricity supply or for battery operation; used indoor and/or outdoor. General lighting equipment means all industrial, residential and public and street lighting;
- lighting part for general lighting of multi-function equipment where one of the primary functions of this is illumination;
- independent auxiliaries exclusively for the use with lighting equipment.

Excluded from the scope of this standard are:

- lighting equipment for aircraft and airfields;
- lighting equipment for road vehicles; (except lighting used for the illumination of passenger compartments in public transport)
- lighting equipment for agriculture;
- lighting equipment for boats/vessels;
- photocopiers, slide projectors;
- apparatus for which the requirements of electromagnetic fields are explicitly formulated in other IEC standards.

NOTE The methods described in this standard are not suitable for comparing the fields from different lighting equipment.

This standard does not apply to built-in components for luminaires such as electronic control gear.

2 Normative references

The following referenced documents^(*) are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies. Terms, definitions, physical quantities and units

3 Terms, definitions, physical quantities and units

3.1 Terms and definitions

For the purpose of this standard the following terms and definitions will apply, the international accepted SI-units are used throughout the standard.

(*) **Editor's note:** For the list of Publications see Annex ZA.

**3.1.1****basic restriction (basic limitations)**

restrictions on exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields that are based on established biological effects and including a safety factor. The basic restriction is the maximum level that should not be exceeded under any conditions

3.1.2**exposure**

exposure occurs whenever and wherever a person is subjected to electric, magnetic or electromagnetic fields or to contact currents other than those originating from physiological processes in the body and other natural phenomena

3.1.3**measurement distance**

distance between the lighting equipment and the external surface of the measurement test-head (see Annex A)

3.1.4**measurement point**

position and location of the measurement test-head relative to the lighting equipment

3.1.5**lamp control gear**

one or more components between the supply and one or more lamps which may serve to transform the supply voltage, limit the current of the lamp(s) to the required value, provide starting voltage and preheating current, prevent cold starting, correct power factor or reduce radio interference

3.1.6**built-in lamp control gear**

lamp control gear generally designed to be built into a luminaire, a box, an enclosure or the like and not intended to be mounted outside a luminaire, etc. without special precautions. The control gear compartment in the base of a road lighting column is considered to be an enclosure

3.1.7**independent lamp control gear**

lamp control gear consisting of one or more separate elements so designed that it can be mounted separately outside a luminaire, with protection according to the marking of the lamp control gear and without any additional enclosure. This may consist of a built-in lamp control gear housed in a suitable enclosure that provides all the necessary protection according to its markings

3.1.8**integral lamp control gear**

lamp control gear which forms a non-replaceable part of a luminaire and which cannot be tested separately from the luminaire.

3.1.9**ballast**

unit inserted between the supply and one or more discharge lamps which by means of inductance, capacitance, or a combination of inductance and capacitance, serves mainly to limit the current of the lamp(s) to the required value. It may also include means for transforming the supply voltage and arrangements that help provide starting voltage and pre-heating current

**3.1.10****self-ballasted lamp**

unit which can be dismantled without being permanently damaged, provided with a lamp cap and incorporating a light source and additional elements necessary for starting and for stable operating of the light source

3.1.11**d.c. supplied electronic ballast**

d.c. to a.c inverter using semiconductor devices which may include stabilizing elements for supplying power to one or more fluorescent lamps

3.1.12**independent electronic converter**

lamp control gear consisting of one or more separate elements so designed that it can be mounted separately outside a lighting equipment, with protection according to the marking of the lamp control gear and without any additional enclosure. This may consist of a built-in lamp control gear housed in suitable enclosure that provides all the necessary protection according to its markings

3.2 Physical quantities and units

The physical quantities and units used in this standard are given in Table 1.

Table 1 – Physical quantities and units

Quantity	Symbol	Unit	Dimension
Conductivity	σ	Siemens per meter	S/m
Current density	J	Ampere per square meter	A/m ²
Electric field strength	E	Volt per meter	V/m
Frequency	f	Hertz	Hz
Magnetic field strength	H	Ampère per meter	A/m
Magnetic flux density	B	Tesla	T (Wb/m ² , Vs/m ²)
Power	P	Watt	W
Current	I	Ampere	A

4 Limits**4.1 General**

The basic restrictions of the general public of either IEEE C95.1 2005 or ICNIRP 1998 are used, see Annex C.

4.2 Application of limits

Lighting equipment, as described in the scope, complies with this standard if it fulfils all of the following requirements:

CISPR 15:2005:

- § 4.3.1: Disturbance voltage mains terminals in the frequency range from 20 kHz to 30 MHz;
- § 4.4: Radiated electromagnetic disturbances in the frequency range from 100 kHz to 30 MHz;



CISPR 15:2005, Amendment 1 (2006):

- § 4.4.2: Radiated electromagnetic disturbances in the frequency range from 30 MHz to 300 MHz;

the measured (weighted and summarized) induced current density due to the electric field in the frequency range 20 kHz to 10 MHz does not exceed the factor (F) 0,85 as defined in Annex D.

4.3 Lighting equipment deemed to comply without testing

Lighting equipment without electronic control gear is deemed to comply with the requirements of the standard without testing.

All kind of ignitors, starters, switches, dimmers (including phase control units e.g. triac, GTO) and sensors are not considered as electronic control gear.

5 General requirements

5.1 Supply voltage

Measurements shall be carried out within $\pm 2\%$ of the maximum rated supply voltage. Equipment which can be operated from an AC- and/or DC supply shall be measured from one AC supply at a single frequency.

5.2 Measurement frequency range

The measurement frequency range considered is from 20 kHz to 10 MHz (see Annex E).

5.3 Ambient temperature

Measurements shall be carried out in the ambient temperature range 15 °C to 25 °C.

5.4 Measurement equipment requirements

An electromagnetic interference (EMI) test receiver or spectrum analyser according to CISPR 16-1-1 is required, with the settings given in Table 2:

Table 2 – Receiver or spectrum analyser settings

Frequency range	B_6 according to CISPR 16-1-1	Measurement time	f_{step}	Detector
20 kHz – 150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	Peak
150 kHz – 10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	Peak

A “Van der Hoofden” test-head, as depicted in Figure 1, consists of a conducting sphere with an outside diameter of $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ mounted on an insulated (e.g. wood, plastic) support and connected via an ordinary wire to a protection network.

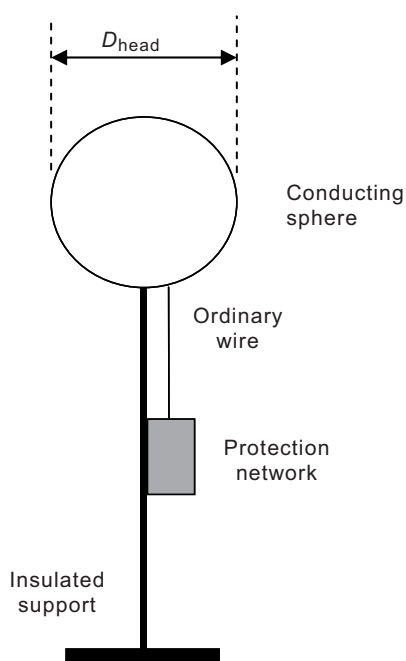
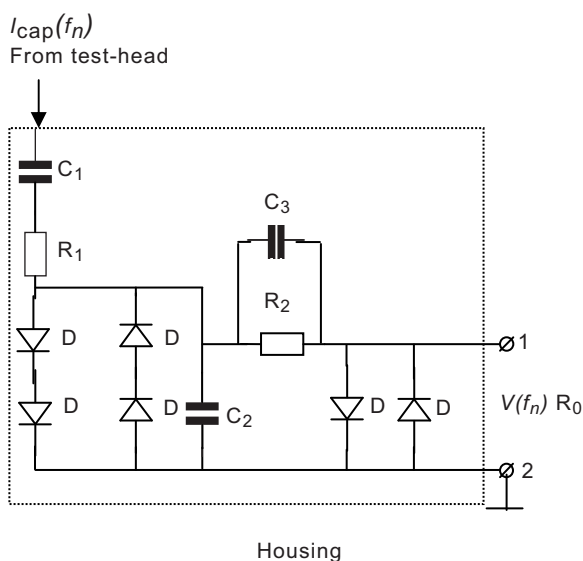


Figure 1 – The “Van der Hoofden” test-head

An example of the protection circuit can be found in Figure 2.



Example

- $C_1 = 470 \text{ pF}$
- $C_2 = 10 \text{ nF}$
- $C_3 = \text{optional capacitor } (\sim 56 \text{ pF})$
to fulfill the transfer function requirements of annex F.
- $R_1 = 470 \Omega$
- $R_2 = 150 \Omega$
- $D = \text{Schottky diode}$
- $R_0 = 50 \Omega \text{ input of EMI receiver}$

Terminal 1 and 2 have to be connected to EMI receiver of spectrum analyzer via coaxial

Figure 2 – Example of a protection circuit

The transfer function of the protection network is given by Equation (1)

$$g(fn) = \frac{V(fn)}{i_{cap}(fn)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_2) \cdot 2\pi \cdot f(n) \cdot C_2]^2}} \quad (1)$$



The transfer function of the protection network shall not deviate more than ± 1 dB from the calculated characteristic (see Annex F for calculation). The calibration of the protection network shall be done according to the procedure described in detail in Annex F.

An overview of the measurement set-up is given in 6.4

5.5 Measurement instrumentation uncertainty

The maximum measurement instrumentation uncertainty (U_{basic}) has been estimated to be 30 %.

See 5.7 on how to handle the measurement uncertainty for evaluating the measurement results. An example for the individual calculation can be found in Annex G.

NOTE Guidance to assess uncertainty can be found in IEC 61786:1998 [4].

5.6 Test report

The test report shall include at least the following items:

- identification of the lighting equipment;
- specification of the measuring equipment;
- operating mode, measurement point(s) and distance(s)
- rated voltage and frequency;
- measurement result;
- applied limit set.

5.7 Evaluation of results

Compliance or non-compliance with the limit shall be determined in the following manner.

If the uncertainty calculated with the instrumentation actually used for the test (U_{lab}) is less or equal than the uncertainty given in 5.5 (U_{basic}) then:

- compliance is deemed if the measurement result does not exceed the applicable limit;
- non-compliance is deemed to occur if the measurement result exceeds the applicable limit.

If the uncertainty calculated with the instrumentation used for the test (U_{lab}) is higher than the uncertainty given in 5.5 (U_{basic}) then:

- compliance is deemed to occur if the measurement result, increased by $(U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}})$, does not exceed the applicable limit;
- non-compliance is deemed to occur if the measurement result, increased by $(U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}})$, exceeds the applicable limit.

6 Measurement procedure

6.1 General

The assessment method is based on basic restrictions given in both ICNIRP 1998 and IEEE C95.1 2005. The measurement procedure used simulates the current density in a person near lighting equipment. The measurements are carried out under the conditions specified in Table A.1 of Annex A.



6.2 Operating conditions

6.2.1 Operating conditions for general lighting equipment

Measurements on the lighting equipment shall be carried out in operating conditions as specified by the manufacturer.

In the case of lighting equipment where it is possible to interchange between lamps of different rated wattage, it is only necessary to measure the lighting equipment in combination with the lamp that has the highest nominal lamp voltage.

Prior to measurement, the lamp(s) shall be operated until stabilisation has been reached. Unless otherwise stated by the manufacturer, the following stabilisation times shall be observed:

- 15 min. for fluorescent lamps;
- 30 min. for other discharge lamps.

All measurements have to be done with 100 h aged lamps.

6.2.2 Operating conditions for specific lighting equipment

Multiple lamp lighting equipment: When the lighting equipment incorporates more than one lamp, all lamps shall be operated simultaneously.

Self-contained emergency lighting equipments: If the appliance can be connected and be operated from the mains it shall be tested in this mode of operation. No tests are required in the battery-operating mode.

Lighting equipment capable of light regulation shall be measured at both the maximum and minimum limit of light regulation.

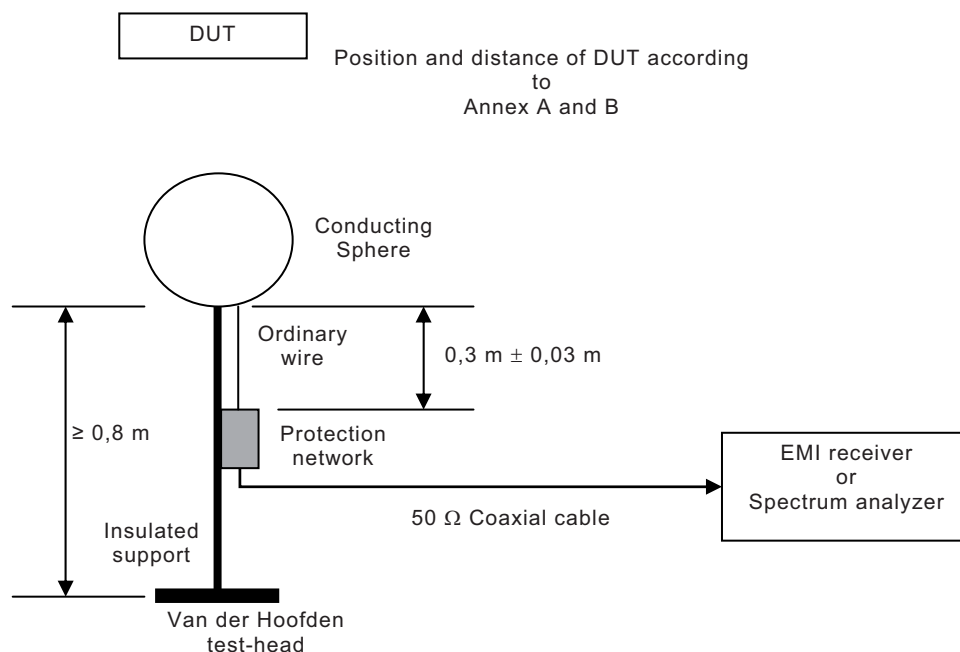
Measurements shall be carried out within ± 2 % of the rated supply voltage. In the case of a voltage range, measurement shall be carried out within ± 2 % of minimum and maximum nominal supply voltage of that range.

6.3 Measurement distance

Lighting equipment is evaluated in accordance with the measurement distance given in Table A.1 of Annex A unless otherwise specified by the manufacturer. The external surface of the test-head is taken as the reference point when determining the measurement distance. Tolerances of the measurement distances are ± 5 %.

6.4 Measurement set-up

The measurement set-up is given in Figure 3.



DUT = device under test.

NOTE The EMI receiver or spectrum analyzer must be powered by mains including protective earth.

Figure 3 – Measurement set-up

If the lighting equipment is provided with an earthing terminal, the lighting equipment shall be connected by means of an earth conductor contained in the power cable to the lighting equipment.

During the tests no conductive plane or object or human being should be closer to the lighting equipment than 0,8 m.

The height of the insulated support is minimum 0,8 m. The conducting sphere is connected to the protection network via an ordinary wire of length $30 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm}$. The protection network is then connected to the EMI receiver, or spectrum analyser, by a 50 Ω coaxial cable having a maximum cable loss of 0,2 dB and a d.c. resistance of $\leq 10 \Omega$.

6.4.1 Measurement set-up for specific lighting equipment

6.4.1.1 Self-ballasted lamps

These lamps shall be inserted directly into a lamp holder, which is mounted on a piece of insulating material. The measurement test-head is positioned at the measurement distance as specified in Table A.1 from the end of the lamp.

6.4.1.2 Independent electronic control gear

Independent electronic control gear shall be mounted on a piece of insulating material together with a suitable lamp of the maximum permitted power. The load cable(s) between the control gear and the lighting equipment shall be 0,8 m with a relative tolerance of 20 % unless otherwise specified by the manufacturer. The configuration of control gear, lighting equipment and cable(s) shall be measured in accordance with Figure B.2e.



6.5 Location of measurement test-head

The measurement locations shall be selected in accordance with the following criteria.

Measurements shall only be performed in a direction consistent with that of the likely exposure of the general public during normal use.

In the case of lighting equipments incorporating double capped fluorescent lamps greater than 30 cm, the test-head is positioned as shown in Figure B.2a. The measurement procedure is repeated for both ends of the lamp, and in the case of multiple-lamp lighting equipment each lamp is measured in-turn.

In the case of lighting equipment for other lamps, the test-head is positioned at the appropriate measurement distance as specified in Table A.1, central to the point of intended illumination.

For those lighting equipment where a central point of illumination cannot be determined, or where the direction of illumination is not in the direction of the general public during normal use, for example an up light, a measurement point is selected at the appropriate test distance from the lighting equipment around its perimeter. More than one measurement point maybe selected to confirm the performance of the lighting equipment.

Figures B.2a to B2.f in Annex B give examples of the location of the measurement point(s) for typical lighting equipment.

6.6 Calculation of the results

The measurement results are calculated in accordance with Annex E.



Annex A (normative)

Measurement distances

The measurement distances in Table A.1 have been defined, based upon the expected location of the general public during normal operation.

Table A.1 – Lighting equipment and measurement distances

Type of lighting equipment	Measurement distance (cm)
Hand lamps ^(a)	5 ^(a)
Table lighting equipment	30
Wall lighting equipment	50
Up lighter	50
Suspended lighting equipment	50
Ceiling and/or recessed lighting equipment for fluorescent lamps with an input power ^(b) ≤ 180 W	50
Ceiling and/or recessed lighting equipment for fluorescent lamps with an input power ^(b) > 180 W	70
Ceiling and/or recessed lighting equipment for discharge lamps with an input power ^(b) ≤ 180 W	70
Ceiling and/or recessed lighting equipment for discharge lamps with an input power ^(b) > 180 W	100
Portable lighting equipment	50
Flood lights	200
Lighting equipment for road and street Lighting	200
Lighting chains	50
Lighting equipment for swimming-pools and similar applications	50
Lighting equipment for stage lighting, television and film studios (outdoor and indoor)	100
Lighting equipment for use in clinical areas of hospitals and health care buildings	50
Ground recessed lighting equipment	50
Aquarium lighting equipment	50
Plug- in night lights	50
Self ballasted lamps	30
UV and IR radiation equipment	50
Transport lighting (installed in the passenger compartment of buses and trains)	50
Other lighting equipment not mentioned in this table	50
(a) Measurement distance should be 30 cm and the measured value should be calculated to a distance of 5 cm (équation; $1/r^3$).	
(b) Total nominal power of the lighting equipment.	



Annex B (informative)

Location of measurement test-head

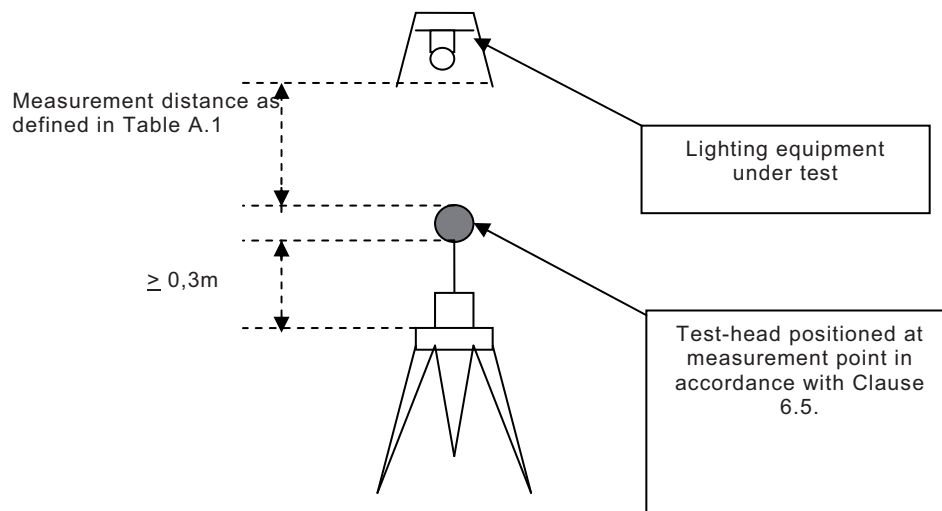


Figure B.1 – Typical measurement arrangement

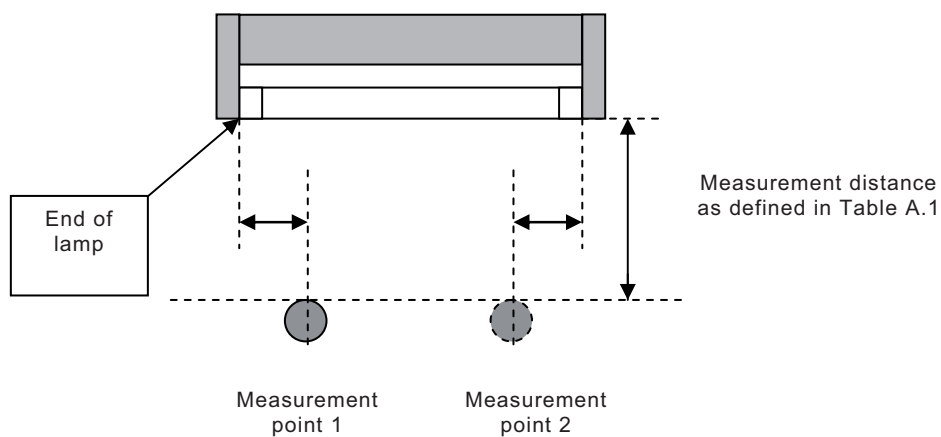


Figure B.2a – Location of measurement point for lighting equipment with double capped fluorescent lamp(s) (recessed, surface or pole mounted)

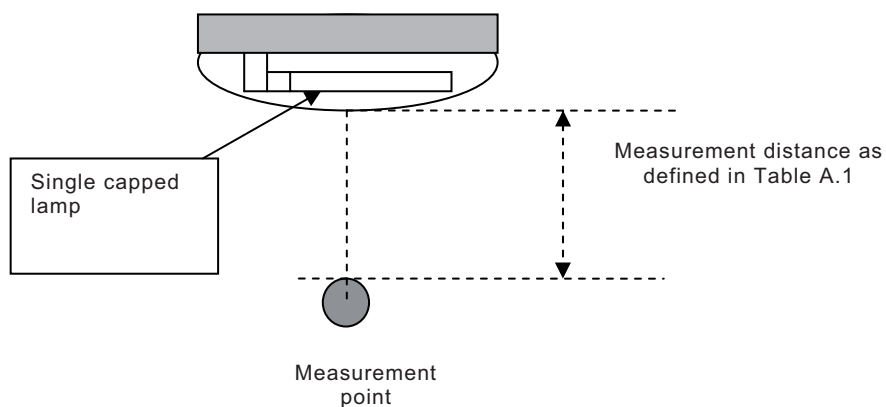


Figure B.2b – Location of measurement point for lighting equipment with single capped lamp(s) (recessed, surface or pole mounted)

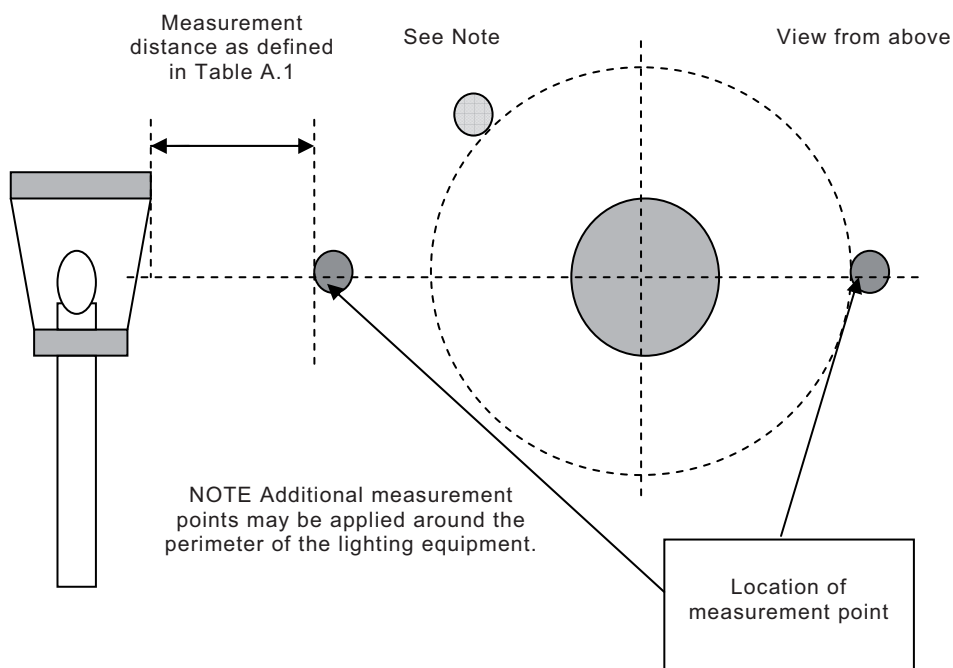


Figure B.2c – Location of measurement point(s) for lighting equipment with single capped lamp (360° illumination)

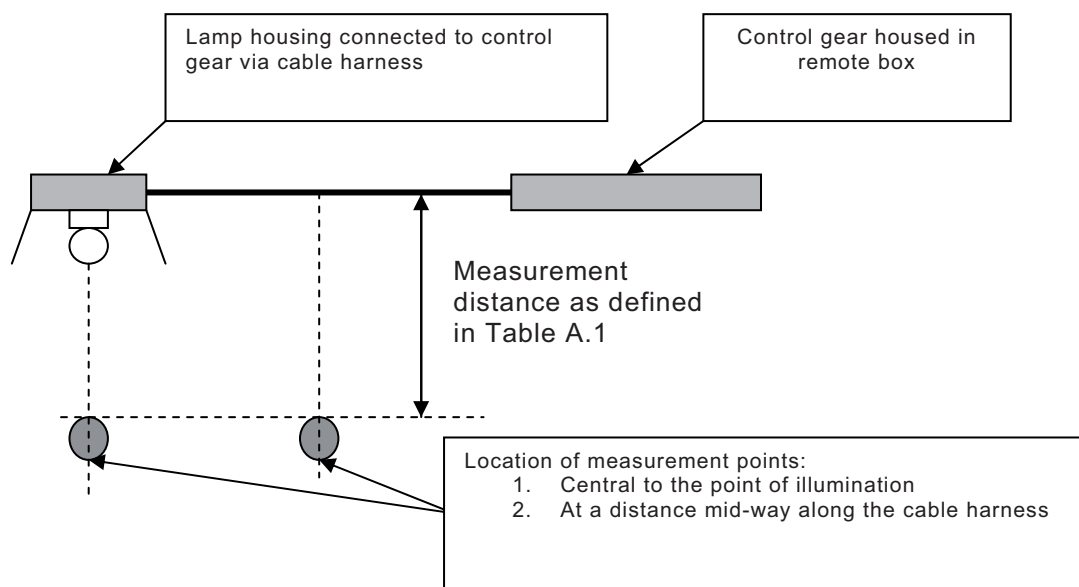
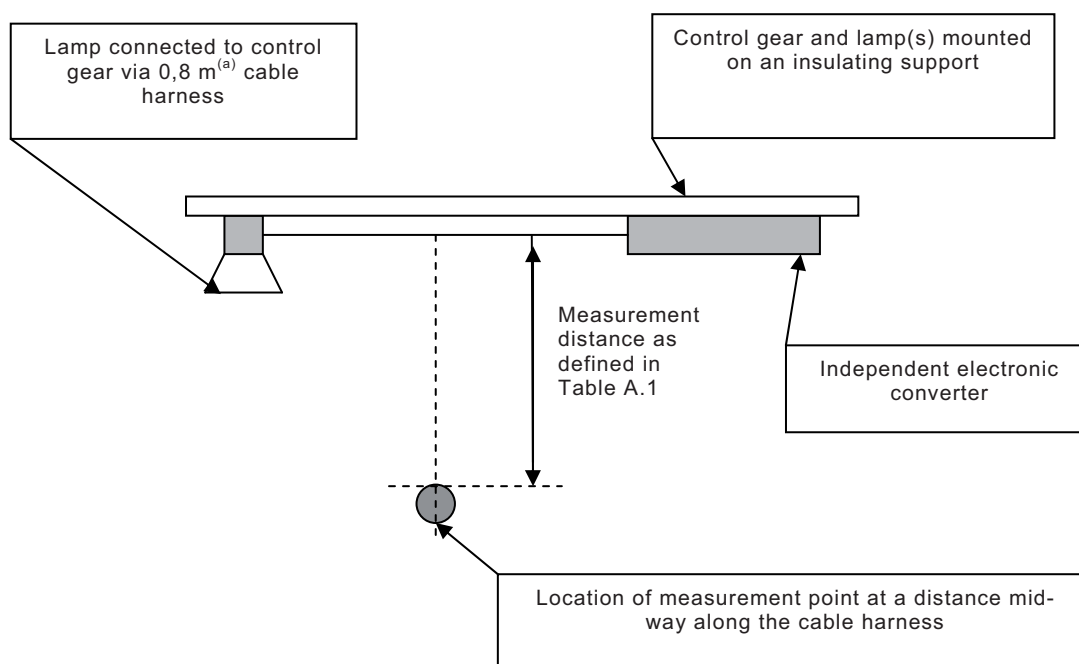
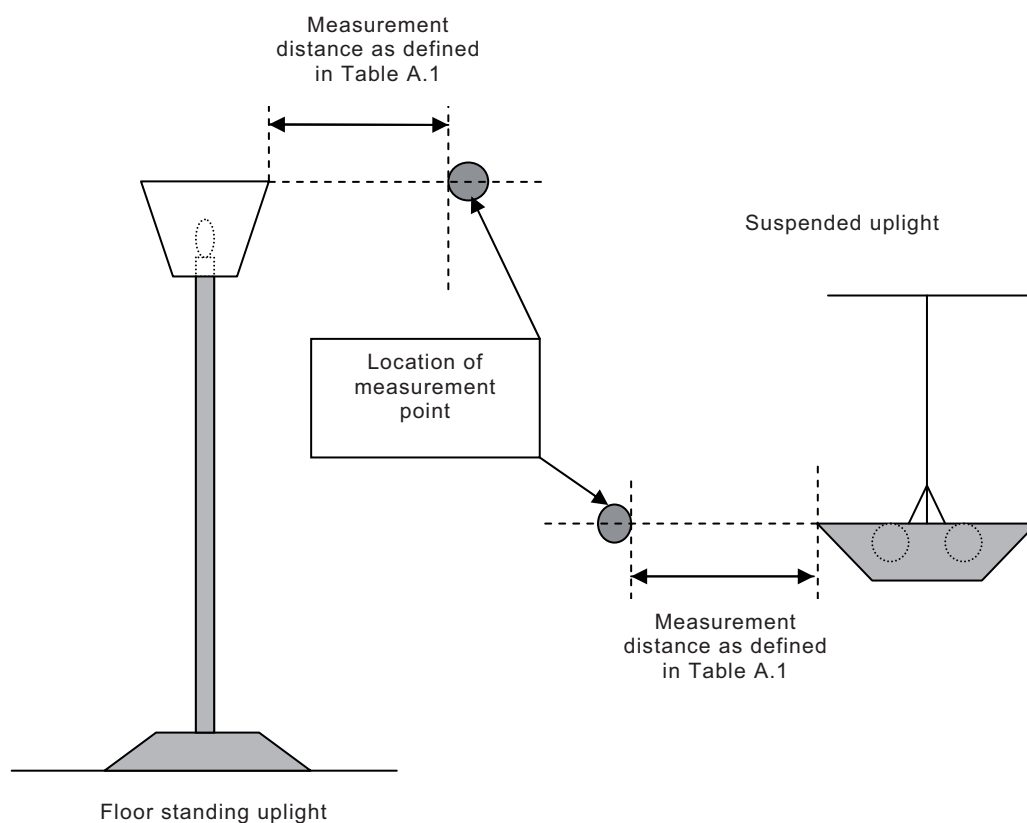


Figure B.2d – Location of measurement points for lighting equipment with a remote gear



(a) NOTE Length of cable 0,8 m unless defined otherwise in manufacturer's installation instructions.

Figure B.2e – Location of measurement point for an independent electronic converter



- (a) NOTE In the case of linear fluorescent lamps the test-head is located perpendicular to the lamp(s) 15 cm from the end of the lamp(s).

Figure B.2f – Location of measurement point(s) for an up light (floorstanding/suspended)

Figure B.2 – Location of measurement test-head



Annex C (informative)

Exposure limits

C.1 General

The exposure limits given in this informative annex are for information only, do not comprise an exhaustive list and are valid only in certain regions of the world. It is the responsibility of users of this standard to ensure that they use the current version of the limit values specified by the applicable national authorities.

C.2 ICNIRP

Table C.1 – Basic restrictions (BR) for general public exposure to time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 GHz

Frequency range	Current density (head and trunk) mA/m ² (rms)	Average SAR (whole body) W/kg	Localised SAR (head and trunk) W/kg	Localised SAR (limbs) W/kg
Up to 1 Hz	8			
1 Hz – 4 Hz	8/f			
4 Hz – 1 000 Hz	2			
1 kHz – 100 kHz	f/500			
100 kHz – 10 MHz	f/500	0,08	2	4
10 MHz – 10 GHz		0,08	2	4

NOTE f is the frequency in Hertz.

C.3 IEEE

Table C.2 – IEEE Basic Restrictions (BR) for the general public

Exposed tissue	f_e (Hz)	Action level ^(a)			Persons in controlled environments		
		E_0	(rms)	(V/m)	E_0	(rms)	(V/m)
Brain	20	$5,89 \times 10^{-3}$			$1,77 \times 10^{-2}$		
Heart	167	0,943			0,943		
Extremities	3 350	2,10			2,10		
Other tissues	3 350	0,701			2,10		

E_0 is the rheobase in situ field. f_e is the frequency parameter.

(a) Within this frequency range the term "action level" is equivalent to the term "general public" in IEEE Std C95.6-2002.

NOTE Entries in Table 2 and elsewhere in this standard are sometimes given to three significant digits. This degree of precision is provided so that the reader can follow the various derivations and relationships presented in this standard, and does not imply that the numerical quantities are known to that precision.



Table C.3 – IEEE Basic Restrictions (BR) between 100 kHz and 3 GHz for the general public

		Action level ^(a) SAR ^(b) (W/kg)	Persons in controlled environments SAR ^(c) (W/kg)
Whole-body exposure	Whole-Body Average (WBA)	0,08	0,4
Localized exposure	Localized (peak spatial-average)	2 ^(c)	10 ^(c)
Localized exposure	Extremities ^(d) and pinnae	4 ^(c)	20 ^(c)
<p>(a) BR for the general public when an RF safety program is unavailable.</p> <p>(b) SAR is averaged over the appropriate averaging times.</p> <p>(c) Averaged over any 10 g of tissue (defined as a tissue volume in the shape of a cube –the volume of the cube is approximately 10 cm³).</p> <p>(d) The extremities are the arms and legs distal from the elbows and knees, respectively.</p>			



Annex D (informative)

Rational measurement and assessment method

D.1 General

The ICNIRP and IEEE based exposure compliance measurement and assessment method, given in this annex (see Figure D.1), consists of an evaluation of the induced current (see Clause D.2) and the thermal effects (see Clause D.3).

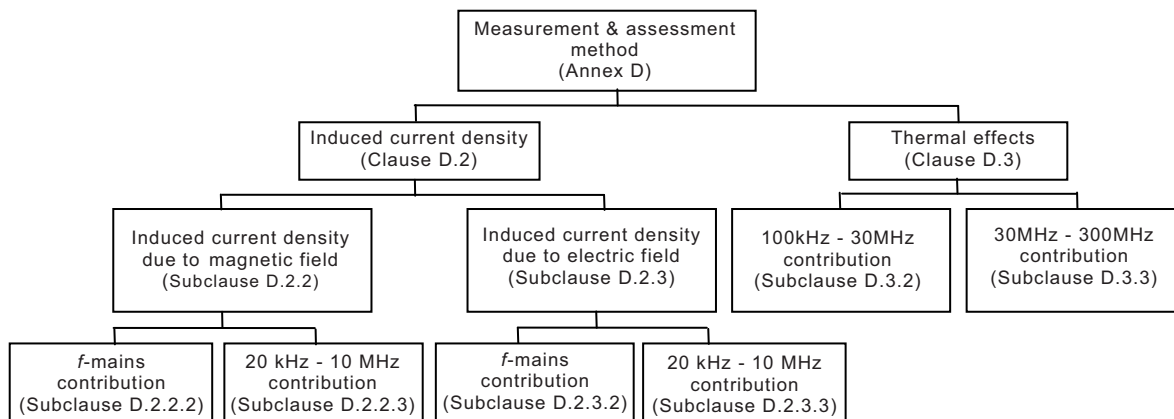


Figure D.1 – Overview measurement and assessment method

D.2 Induced current density

D.2.1 General

Based on the basic restrictions, the induced current density in a (dummy) person shall meet the requirement of Equation (D.1):

$$\sum_{f_i = 1\text{Hz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.1})$$

with:

$J(f_i, d)$ is the current density at frequency i and at a measurement distance d according to Annex A;

$J_{\text{Lim}}(f_i)$ is the current density basic restriction at frequency i , of Table C.1

The induced current density in the (dummy) person can be caused by:

- eddy currents in the (dummy) person due to the magnetic field of lighting equipment under test, as described in this clause.
- capacitive currents from lighting equipment under test to the (dummy) person due to the electric field, as described in Clause D.3.



So Equation (D.1) can be rewritten in Equation (D.2):

$$\sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.2})$$

where

$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$ is the current density due to the magnetic field at frequency i and at a distance d according to Annex A

$J_{\text{cap}}(f_i, d)$ is the current density due to the electric field at frequency i and at a distance d according to Annex A

The frequencies for the power converters in the lighting equipment are higher than 20 kHz in order to avoid audible noise and infrared interference. With this knowledge Equation (D.2) can be rewritten into Equation (D.3):

$$\sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{20 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{20 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.3})$$

The mains frequency of 50 Hz or 60 Hz is the only relevant frequency component in the frequency area of 1 Hz to 20 kHz. Therefore Equation (D.3) can be rewritten in Equation (D.4)

$$\frac{J_{\text{eddy}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.4})$$

D.2.2 Induced current density due to the magnetic field; $J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$

D.2.2.1 General

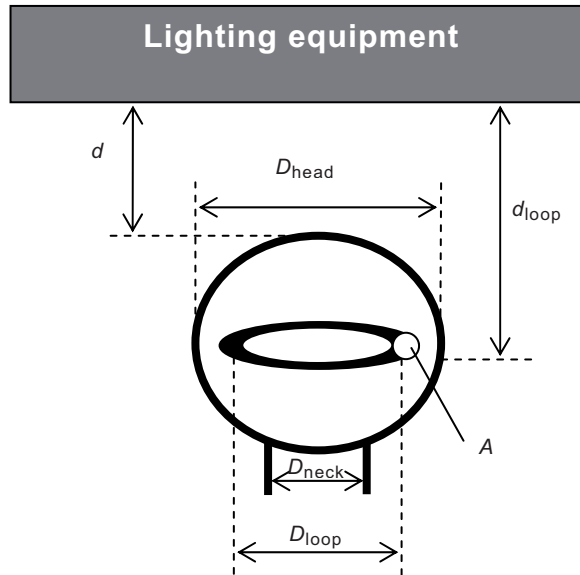


Figure D.2 – Distances of the head, loop and measurement set-up



The induced voltage in a loop in the head (see Figure D.2) due to the magnetic field can be calculated by Equation (D.5)

$$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{loop}}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.5})$$

where

$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})$ is the induced voltage in a loop in the head at frequency f_i and at a distance d_{loop} ;

D_{loop} is the diameter of the loop in the head;

$B(f_i, d_{\text{loop}})$ is the magnetic B-field at frequency f_i and at a distance d_{loop} .

The induced current in the loop of the head due to the magnetic field can be calculated by Equation (D.6)

$$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})}{\frac{\pi \cdot D_{\text{loop}}}{A \cdot \sigma(f_i)}} \quad (\text{D.6})$$

where

$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$ is the induced current in a loop of the head due to the magnetic field at frequency f_i and at a distance d_{loop} ;

A is the "wire" area of the loop in the head;

$\sigma(f_i)$ is the conductivity of the loop in the head at frequency f_i .

Finally, the current density in the loop of the head due to the magnetic field, at a certain frequency f_i and distance d_{loop} , can be calculated by Equation (D.7)

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{A_{\text{loop}}} = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.7})$$

D.2.2.2 The f_{mains} contribution of the induced current density due to the magnetic field:

The measured B-field at the mains frequency and at a distance $d = 0,3$ m from the lighting equipment is approximately 60 nT. With $\sigma(f_{\text{mains}}) \leq 0,09$ (brains value according to Table C.1 of IEC 62311) and $D_{\text{loop}} = D_{\text{head}} = 0,21$ m the following data can be calculated (see Table D.1):

Table D.1 – Induced current density calculations

$f_i = f_{\text{mains}}$ [Hz]	$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$ [nA/m ²] @ f_{mains} and $d = 0,3$ m	$J_{\text{Lim}}(f_i)$ [mA/m ²] @ f_{mains}	$\frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)}$ @ f_{mains} and $d = 0,3$ m
50	89,1	2	45×10^{-6}
60	107	2	53×10^{-6}

It can be concluded that the current density contribution in the loop of the head due to the magnetic field at the mains frequency and a measurement distance of $d = 0,3$ m can be neglected.



D.2.2.3 The 20 kHz to 10 MHz contribution of the induced current density due to the magnetic field

The worst-case contribution of the current density in the loop of the head due to the magnetic field in the frequency area from 20 kHz to 10 MHz and at a measurement distance d can be determined by using the radiated magnetic emissions of CISPR 15. According to CISPR 15 the maximum current at the frequency f_i in the 2 m Large Loop Antenna (LLA) is given by Figure 3.

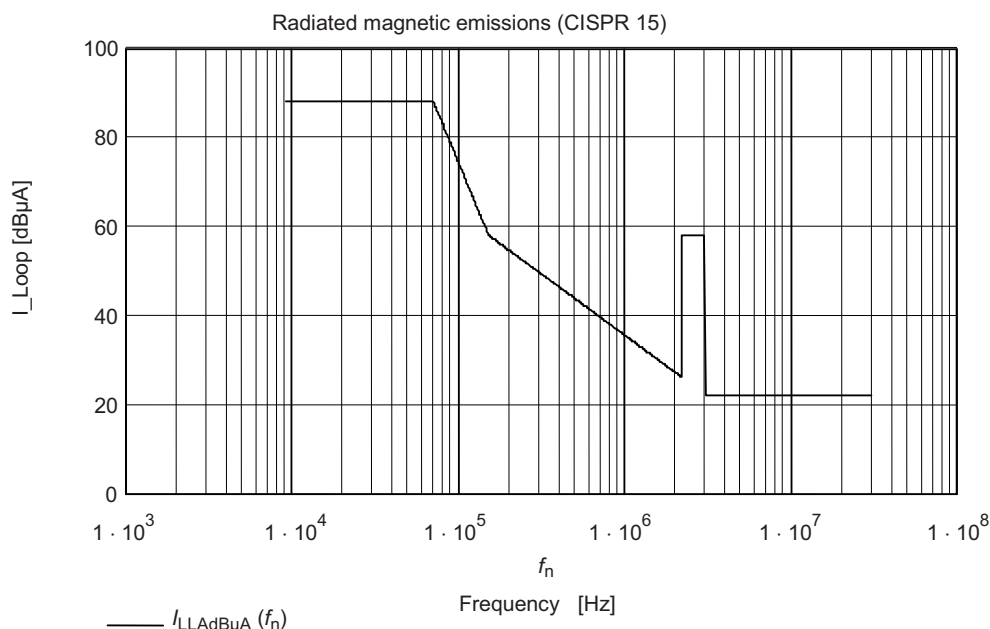


Figure D.3 – Maximum current in the 2 meter LLA as function of the frequency

The maximum current at the frequency f_i in the 2 m LLA of Figure D.3 can be converted to the maximum B-field at the frequency f_i and at an arbitrary distance d .

The conversion can be explained as follows:

A virtual magnetic dipole with area A_{dipole} located at the centre of the 2 m LLA has a mutual inductance to the 2 m LLA of:

$$M = \frac{\mu_0 \cdot A_{\text{dipole}}}{D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.8})$$

where

M is the mutual inductance between the virtual magnetic dipole and the 2 m LLA;

A_{dipole} is the area of the virtual magnetic dipole;

D_{LLA} is the diameter of the 2 m LLA and equals 2 m.

The virtual magnetic dipole momentum is $I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}$

where $I_{\text{dipole}}(f_i)$ is a virtual current at frequency f_i in the virtual magnetic dipole.



The induced voltage in the LLA is:

$$V_{\text{ind}}(f_i) = 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot M \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \quad (\text{D.9})$$

The current in the LLA is:

$$I_{\text{LLA}}(f_i) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i)}{2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot L_{\text{LLA}}} = \frac{\mu_0 \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{L_{\text{LLA}} D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.10})$$

where L_{LLA} is the inductance of the 2 m LLA and equals 9,65 μH

So, from the limit set to the current in the LLA, the virtual magnetic dipole momentum $I_{\text{dipole}}(f_i)$ A_{dipole} can be calculated. From this virtual magnetic dipole momentum the H-field strength in the direction where it is maxima can be calculated. The calculations are made up to 10 MHz, so the smallest wavelength is 30 m and the transition between near field and far field is at $30/2 \pi = 4,8$ m. For EMF we are interested in the induced current density at a smaller distance, so all calculations are based on the near field condition where $H \sim 1/d^3$. The maximum field strength at distance d_{loop} can be expressed as:

$$H(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.11})$$

with: $d_{\text{loop}} = d + D_{\text{head}}/2$

From this the maximum B-field at the frequency f_i and an arbitrary distance d_{loop} is defined as:

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.12})$$

In the worst case the B-fields in the x-, y- and z-direction all meet this maximum value. The resulting B-field can be calculated by Equation (D.13):

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.13})$$

Equation (D.7) can now be rewritten in Equation (D.14):

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.14})$$

The worst-case contribution of the current density in the loop of the head due to the magnetic field in the frequency area from 20 kHz to 10 MHz and at a distance $d = 0,3$ m can now be calculated by:

$$\sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{J_{\text{Lim}}(f_i)}$$

and the result should be $\leq 0,15$



Conclusion:

If lighting equipment complies with CISPR 15, Equation (D.4) can be simplified in Equation (D.15):

$$\frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.15})$$

D.2.3 Induced current density due to the electric field; $J_{\text{cap}}(f_i, d)$

D.2.3.1 General

The contribution of the capacitive current to the induced current density is measured by using a dummy person near the lighting equipment at a measurement distance d ; according to Table A.1 and a position according to Annex B. The dummy person used is the homogenous body model as described in Figure C.3 of IEC 62311.

It is assumed that the head of the dummy person is closest to the lighting equipment and the maximum current density occurs in the neck. Therefore only the head (a metalized sphere with an outside diameter of $D_{\text{head}} = 210 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$) is used as a “current-test-head”. The diameter of the neck $D_{\text{neck}} = 110 \text{ mm}$, is used in the calculations of the current density. Details of the “current-test-head” called “Van der Hoofden” test-head can be found in paragraph 5.4.

NOTE The current density in the neck is homogenous since the skin effect up to 10 MHz can be neglected.

D.2.3.2 The f_{mains} contribution of the induced current density due to the electric field

The contribution of the mains to the induced current density will be calculated based on the following worst-case construction: Lighting equipment is a large plate at V_{mains} with respect to ground (see Figure D.4).

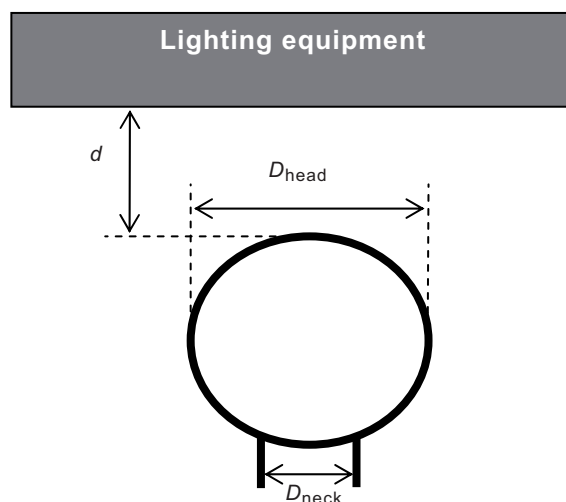


Figure D.4 – Distances of the head and measurement set-up



The parasitic capacitance between a large plate and a sphere can be calculated with the formulas from W.R. Smythe, *Static and Dynamic Electricity*, McGraw-Hill, 1950 [3] (see Figure D.5):

$$\alpha = \cosh^{-1} \left[2 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot d}{D_{\text{head}}} \right)^2 - 1 \right] \quad (\text{D.16})$$

$$C_{\text{Sphere_Plate}} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{D_{\text{head}}^2}{2 \cdot d + D_{\text{head}}} \cdot \sinh(\alpha) \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sinh(n \cdot \alpha)} \quad (\text{D.17})$$

NOTE In most practical situations $N = 50$ is sufficient

With $d = 0,3 \text{ m}$: $C_{\text{sphere_plate}} = 3 \text{ pF}$

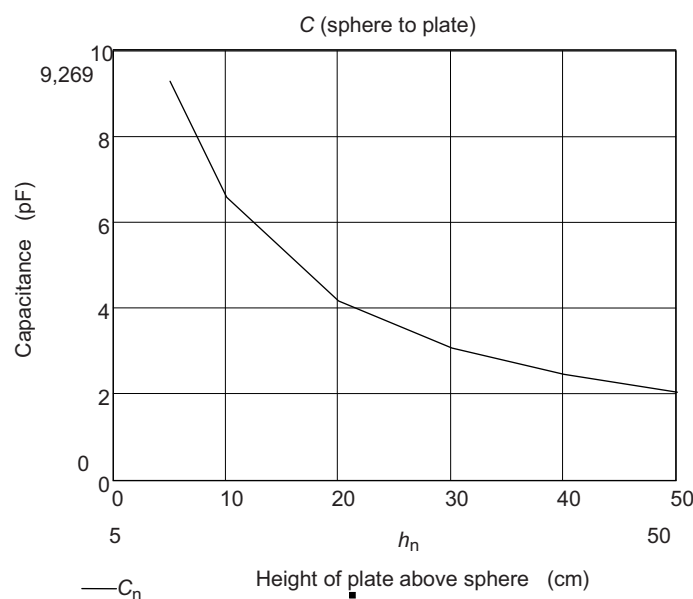


Figure D.5 – Plot of Equations (D.16) and (D.17)

The current density in the neck, caused by the mains can be calculated by Equation (D.18).

$$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = \frac{U_{\text{mains}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{mains}} \cdot C}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{neck}}^2} = 661 \cdot 10^6 \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.18})$$

Calculations of the most common main contributions are given in Table D.2.

Table D.2 – Calculation main contributions

U_{mains} [V]	f_{mains} [Hz]	$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)$ [$\mu\text{A}/\text{m}^2$] @ f_{mains} and $d = 0,3 \text{ m}$	$J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})$ [mA/m^2]	$\frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}$ @ f_{mains} and $d=0,3 \text{ m}$
230	50	22,8	2	0,011
120	60	14,6	2	0,007
277	60	33,6	2	0,017



The calculation results, as depicted in the last column of Table D.2, show that the contribution of the mains can be neglected and Equation (D.15) can be simplified to Equation (D.19)

$$\sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.19})$$

D.2.3.3 The 20 kHz to 10 MHz contribution of the induced current density due to the electric field:

The contribution of the capacitive current to the induced current density in the frequency range 20 kHz to 10 MHz has to be measured with an EMI-receiver according to Figure 3 and Equation (D.19).

The frequency step of the summation is determined by using CISPR 16-1-1. According to CISPR 16-1-1, the IF-filter of the receiver has the transfer function of Equation (D.20):

$$H(f) := \left[\frac{2}{1 + \left(1 + j \cdot \frac{f}{B_6} \cdot 2\sqrt{2} \right)^2} \right]^2 \quad (\text{D.20})$$

NOTE B_6 is the 6 dB bandwidth as specified in CISPR 16-1-1.

The modulus of Equation (D.20) is expressed by Equation (D.21).

$$|H(f)| := \frac{1}{1 + \left(\frac{2f}{B_6} \right)^4} \quad (\text{D.21})$$

The frequency step for the amplitude addition is defined by Equation (D.22):

$$f_{\text{step_ampl}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| \cdot df \quad (\text{D.22})$$

Solving Equation (D.22) results in a frequency step for the amplitude addition that equals 1,11 times B_6 , see Table D.3.

Table D.3 – Frequency steps for the amplitude addition that equals 1,11 times B_6 .

Frequency range	B_6 according to CISPR 16-1-1	$f_{\text{step_ampl}}$
20 kHz – 150 kHz	200 Hz	220 Hz
150 kHz – 10 MHz	9 kHz	10 kHz



Equation (D.19) can be rewritten in Equation (D.23);

$$\sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 150 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.23})$$

Step = 220 Hz Step = 10 kHz

A practical measurement and assessment method to evaluate Equation (D.23) is given in Annex E.

D.3 Thermal effects from 100 kHz to 300 GHz

D.3.1 General

The thermal effects are deemed to comply if the power of radiated emissions ≤ 20 mW according to ICNIRP. In this paragraph it will be shown that the power of the radiated emissions ≤ 20 mW for any lighting equipment that complies with CISPR 15.

The proof that the radiated power is ≤ 20 mW starts with Equation (D.24):

$$P_{\text{rad,max}} = \sum_{100 \text{ kHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) + \sum_{30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) \quad (\text{D.24})$$

The frequency step of the summation is determined by using CISPR 16-1-1 as explained in subclause D.2.3.3.

The frequency step for the power addition can be defined by Equation (D.25):

$$f_{\text{step_power}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 \cdot df \quad (\text{D.25})$$

Solving Equation (D.25) results in a frequency step for the power addition that equals 0,833 times B_6 , see Table D.4.

Table D.4 – Frequency steps for the power addition that equals 0,833 times B_6

Frequency range	B_6 according to CISPR 16-1-1	$f_{\text{step_power}}$
100 kHz – 150 kHz	200 Hz	167 Hz
150 kHz – 30 MHz	9 kHz	7,5 kHz
30 MHz – 300 MHz	120 kHz	100 kHz



D.3.2 The 100 kHz to 30 MHz contribution to the thermal effects:

The maximum terminal voltage (TV) of the conducted emission is set by CISPR 15:2005. The radiated emission is maximum if this TV is caused by common-mode-current only and if the mains cord acts as a half wavelength dipole at any frequency. From a half wavelength dipole it is known that the impedance for radiation is 73Ω . From this the maximum radiated power in this frequency range can be calculated by using Equation (D.26).

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} I_{\text{cm}}^2(f_i) \cdot 73 \quad (\text{D.26})$$

where

$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz})$ is the maximum radiated power [W] between 100 kHz to 30 MHz;

$I_{\text{cm}}(f_i)$ is the common mode current [A] at frequency i .

By using Kirchhof's law, Equation (D.26) can be rewritten into Equation (D.27):

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) = \sum_{f_i=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left(\frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{\frac{50}{2}} \right)^2 \cdot 73 + \sum_{f_i=150 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} \left(\frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{\frac{50}{2}} \right)^2 \cdot 73 \quad (\text{D.27})$$

Step = 167 Hz
Step = 7,5 kHz

with:

$TV_{\text{lim}}(f_i)$ = Terminal Voltage limits according to CISPR 15 at frequency i

Solving Equation (D.27) results in:

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz to } 30 \text{ MHz}) \leq 5,98 [\text{mW}]$$

D.3.3 The 30 MHz to 300 MHz contribution to the thermal effects:

The lighting equipment complies with the radiated emissions requirements according to CISPR 15. Worst case, at any frequency the lighting equipment radiates as a half wave dipole. The maximum radiated power in the main direction of the field is given by Equation (D.28):

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ to } 300 \text{ MHz}) = \sum_{f_i=30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} \left(\frac{r \cdot E_{\text{lim}}(f_i, r)}{7} \right)^2 \quad (\text{D.28})$$

Step=100 kHz

where:

$E_{\text{lim}}(f_i, r)$: limit of the E-field [V/m] at frequency f_i



According to CISPR 15 the field strength limits are:

Table D.5 – Field strength limits according to CISPR 15:2005 (as amended by its Amendment 1 (2006))

Freq. range [MHz]	E(lim) [dB μ V/m]	E(lim) [μ V/m]	r [m]
30 -230	30	31,6	30
230 – 1000	37	70,8	30

Solving Equation (D.28) results in:

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz to } 300 \text{ MHz}) \leq 0,10[\text{mW}]$$

Conclusion:

Any lighting equipment that complies with CISPR 15 is deemed to comply with the thermal effects requirements according to ICNIRP and IEEE.



Annex E (normative)

Practical measurement and assessment method

E.1 Measurement of current density

The current density has to be measured from 20 kHz to 10 MHz according to subclause 5.2.

This annex describes an example based on an EMI receiver that generates output data in a matrix where the frequency [MHz] is stored in column 0 and the measured voltage [dB μ V] in column 1. This data output has to be processed by the calculation program of Article E.2.

E.2 Calculation program

The measured data is a matrix with the frequency f_n [MHz] stored in column 0 and the measured voltage $V(f_n)$ [dB μ V] in column 1.

The measured voltage $V(f_n)$ [dB μ V] of column 1 has to be transferred into $V(f_n)$ [V], using Equation (E.1).

$$V(f_n)[V] = 10^{\frac{V(f_n)[dB\mu B]}{20}} \cdot 10^{-6} \quad (E.1)$$

The voltage $V(f_n)$ [V] has to be transferred into a current $I_{cap}(f_n)$ [A], using the transfer function $g(f_n)$ [V/A], determined by the protection network of paragraph 5.4, is given in Equation (E.2)

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{cap}(f_n)} = \frac{50}{\sqrt{1 + (4\pi \cdot f_n)^2}} \quad (E.2)$$

The current density $J_{cap}(f_n)$ [A/m²] is given by Equation (E.3)

$$J_{cap}(f_n) = \frac{V(f_n)}{g(f_n) \cdot A_{neck}} \quad (E.3)$$

$$\text{with: } A_{neck} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,11^2$$

The current density $J_{cap}(f_n)$ has to be rated with the limit value $J_{Lim}(f_n)$ and has to be summated to determine the factor F , as given by Equation (E.4)

$$F = \sum_{f=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{cap}(f_n)}{J_{Lim}(f_n)} \quad (E.4)$$

$$\text{with: } J_{Lim}(f_n) = \frac{f_n}{500} \cdot 10^{-3} \text{ and } f_n \text{ in Hz}$$

Step size is defined in Table 2.



E.3 Compliance criteria:

Lighting equipment, as described in the scope, complies with this standard if it fulfils the following requirements:

CISPR 15:2005:

- § 4.3.1: Disturbance voltage mains terminals in the frequency range from 20 kHz to 30 MHz;
- § 4.4: Radiated electromagnetic disturbances in the frequency range from 100 kHz to 30 MHz;

CISPR 15:2005, Amendment 1 (2006):

- § 4.4.2: Radiated electromagnetic disturbances in the frequency range from 30 MHz to 300 MHz;

the measured (weighted and summarized) induced current density due to the electric field in the frequency range 20 kHz to 10 MHz does not exceed the factor (F) 0,85 as defined in Annex D.



Annex F (normative)

Protection network

F.1 Calibration of the protection network

The calibration shall be done in a similar way to the calibration of an artificial mains network (V-Network) as described in CISPR 16-1-2.

The input and output port of the protection network are not matched to the $50\ \Omega$ characteristic impedance of the network analyzer (NWA). Because of that property the calibration shall be done in the following two steps:

Step 1:

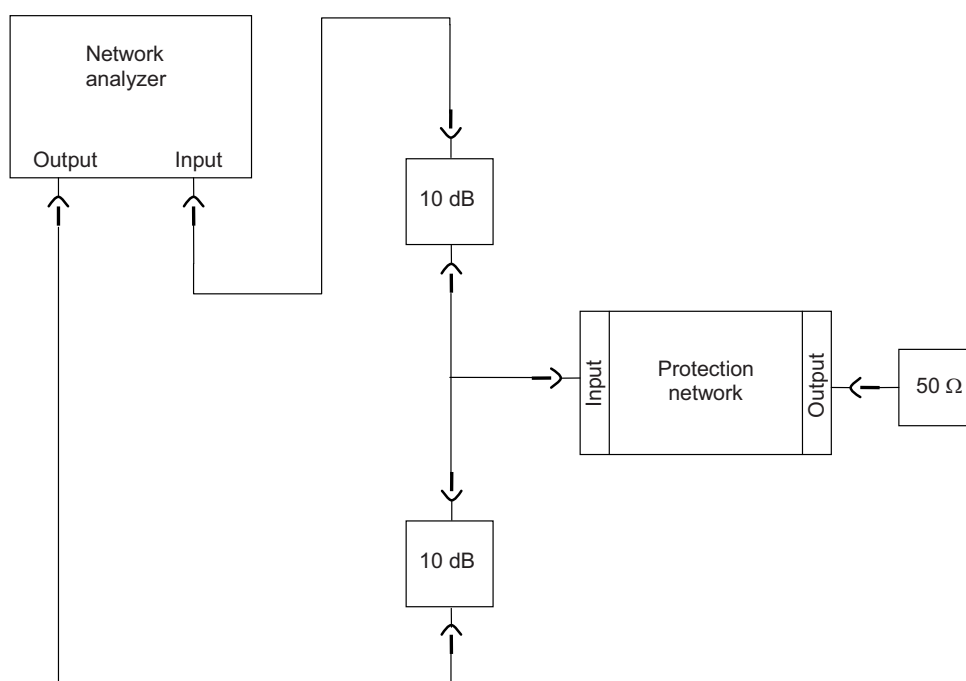


Figure F.1 – Test set-up for normalization of the network analyzer

After the network analyzer is calibrated with the test set-up shown in Figure F.1, the circuit has to be changed into the new configuration shown in Figure F.2.



Step 2:

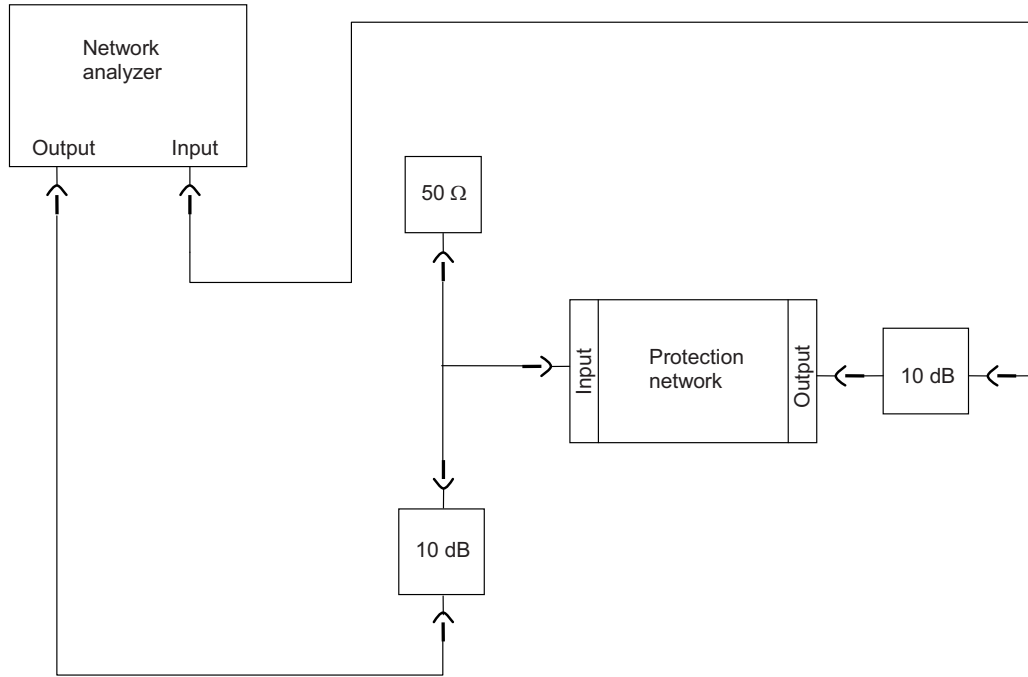


Figure F.2 – Test set-up for measurement of the voltage division factor using a network analyzer

After the transfer function is measured with the network analyzer, it has to be compared with the theoretical characteristic.

F.2 Calculation of the theoretical characteristic of the protection network

The transfer function given in Equation (1) in paragraph 5.4 cannot be used for the calibration. Therefore the calculation of the theoretical characteristic is given here.

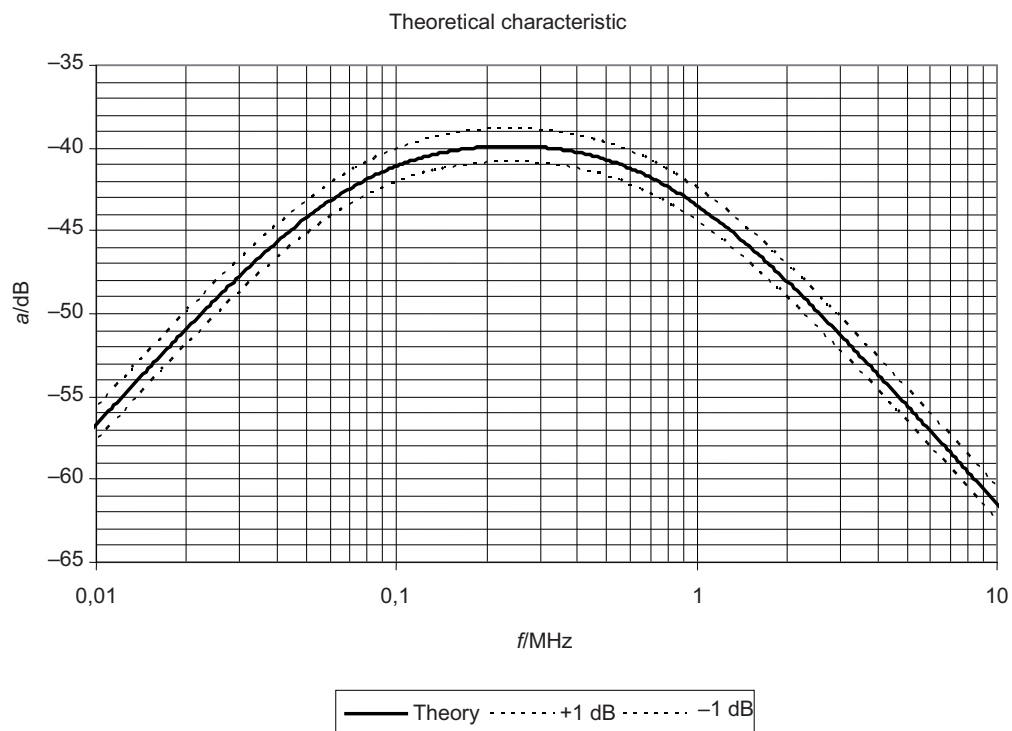
The theory transfer function (see Figure F.3) of the protection network for calibration with a network analyzer is given by Equation (F.1). All values except the R_{NWA} (the input impedance R_{NWA} of the network analyzer is typically 50Ω) can be taken from Figure 2.

$$a(f) = 20 \cdot \log \left(\frac{|V_{out}(f)|}{|V_{in}(f)|} \right) \quad (F.1)$$

$$R_{2NWA} = R_2 + R_{NWA} \quad (F.2)$$

$$|V_{out}(f)| = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2} \quad (F.3)$$

$$|V_{in}(f)| = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} + \frac{1}{\omega C_1} \right)^2} \quad (F.4)$$



The maximum allowed deviation in the picture is set to ± 1 dB.

Figure F.3 – Calculated theoretical characteristic for the calibration of the protection network



Annex G (informative)

Measurement instrumentation uncertainty

The main uncertainty components for each uncertainty contribution have been identified and estimated. All assumptions made are documented in Table G.2 and referenced as notes in the actual uncertainty calculation Table G.1.

The measured V is calculated to:

$$V = V_r + L_C + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta g + \delta D + \delta d + \delta l$$

Table G.1 – Uncertainty calculation for the measurement method described in Clause 6.4 in the frequency range from 20 kHz to 10 MHz

Input quantity	X_i	Uncertainty of x_i		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	Probability distribution function	dB		dB
Receiver reading ¹⁾ (a)	V_r	$\pm 0,1$	$k = 1$	0,10	1	0,10
Attenuation: Protection network – receiver ²⁾	L_c	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05	1	0,05
Receiver corrections:						
Sine wave voltage ³⁾	δV_{sw}	$\pm 1,0$	$k = 2$	0,50	1	0,50
Pulse amplitude response ⁴⁾	δV_{pa}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	1	0,00
Pulse repetition rate response ⁵⁾	δV_{pr}	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00	1	0,00
Noise floor proximity ⁶⁾	δV_{nf}	$\pm 0,0$		0,00	1	0,00
Mismatch: Protection network – receiver ⁷⁾	δM	$\pm 0,085$	U-shaped	0,06	1	0,06
Transferfunction protection network ⁸⁾	δg	$\pm 1,0$	Rectangular	0,50	1	0,58
Distance between Test-head and DUT ⁹⁾	δD	- 0,367 / +0,352	$k = 1$	0,36	1	0,36
Diameter of the Testhead ¹⁰⁾	δd	-0,423 / +0,365	$k = 1$	0,39	1	0,39
Length of the ordinary cable ¹¹⁾	δl	$\pm 0,0$		0,00		0,00
Combined measurement uncertainty: $u_c =$						0,94 dB
Expanded measurement uncertainty: $2 u_c (V) =$						$\pm 1,88$ dB
(a) The figures in superscript refer to the comments listed in Table G.2.						

**Table G.2 – Comments and information to Table G.1**

Comments	Reference to Annex A.5 of CISPR 16-4-2	Used data for calculations / statement
1) Random fluctuation of receiver reading	Note 1	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
2) Uncertainty of the cable loss measurement	Note 2	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
3) Uncertainty of the receiver sine wave correction	Note 4	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
4) Uncertainty of the receiver pulse amplitude response correction	–	Because there are only sine wave signals and their harmonics, the pulse amplitude response can be neglected.
5) Uncertainty of the receiver pulse repetition rate response correction	–	Because there are only sine wave signals and their harmonics, the pulse amplitude response can be neglected.
6) Uncertainty of the receiver noise floor influence	Note 6	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
7) Uncertainty of the mismatch between receiver and protection network	Note 7	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
8) Transfer function tolerance of the protection network. Specified as ± 1 dB of the theoretical curve.	–	–
9) Uncertainty due to the tolerance in the distance between the Test head and device under test (DUT)	–	6.3 Measurement distance
10) Uncertainty of the production tolerance of test head	–	5.4 Measurement equipment requirements
11) Uncertainty of the cable length can be neglected	–	An experiment showed, that the mistake between 0,2 m and 2,5 m is less than 0,8 %. According to 6.4 (Measurement set-up) the length of the cable (0,3 m) can vary $\pm 0,03$ m. Because of that specification the mistake should be less than 0,2%.



Bibliography

- [1] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* , 1998, vol. 41, no. 4, pp. 449-522
- [2] IEEE C95.6:2002, *IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz*
- [3] SMYTHE, W.R. *Static and Dynamic Electricity*. McGraw-Hill, 1950
- [4] IEC 61786:1998, *Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements*



Annex ZA (normative)

Normative references to international publications with their corresponding European publications

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE Where an international publication has been modified by common modifications, indicated by (mod), the relevant EN/HD applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 62311 (mod)	2007	Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)	EN 62311	2008
CISPR 15 + A1 + A2	2005 2006 2008	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment	EN 55015 + A1 + A2	2006 2007 2009
CISPR 16-1-1	–	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus	EN 55016-1-1	–
CISPR 16-1-2	–	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Conducted disturbances	EN 55016-1-2	–
CISPR 16-4-2	2003	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling - Uncertainty in EMC measurements	EN 55016-4-2	2004
IEEE C95.1-2005	–	Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz	–	





La presente Norma è stata compilata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.

Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano – Stampa in proprio

Autorizzazione del Tribunale di Milano N. 4093 del 24 Luglio 1956

Responsabile: Ing. R. Bacci

Comitato Tecnico Elaboratore
CT 34-Lampade e relative apparecchiature

Altre Norme di possibile interesse sull'argomento