

Titolo/Title	Guida per la Taratura di Apparecchiature per misurazioni ausiliarie nel settore acustico <i>Guidelines for the calibration of equipment for subsidiary measurements in the acoustic field</i>
Sigla/Reference	DT-08-DT
Revisione/Revision	00
Data/Date	19-05-2017

Redazione	Approvazione	Autorizzazione all'emissione	Entrata in vigore
L'assistente del Responsabile del Sistema di Gestione	Il Direttore di Dipartimento	Il Direttore Generale	19-05-2017

INDICE

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3. SPECIFICHE STRUMENTI DA UTILIZZARE PER LE TARATURE	4
4. CARATTERISTICHE DA VERIFICARE	5
4.1. GENERATORI DI SEGNALI UTILIZZATI NEL CAMPO DI FREQUENZA AUDIO (DA 20 HZ A 20 KHZ)	5
4.2. SCHEDE DI ACQUISIZIONE DATI DI PRECISIONE (SOLO COME ACQUISITORE, NON COME GENERATORE DI SEGNALI)	7
4.3. PREAMPLIFICATORI MICROFONICI	7
4.4. ALIMENTATORI MICROFONICI	9
4.5. AMPLIFICATORE PER ATTUATORE ELETTROSTATICO	11
4.6. AMPLIFICATORE AUDIO PER ACCOPPIATORE ATTIVO	12
4.7. ATTENUATORE PASSIVO	14
4.8. DISTORSIMETRO (O SCHEDA DI ACQUISIZIONE DATI UTILIZZATA COME DISTORSIMETRO).....	15

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Lo scopo di questo documento è di fornire una guida ai Laboratori interessati alla taratura di strumenti nel settore acustico per quanto riguarda le procedure per la taratura, il controllo e la verifica delle apparecchiature utilizzate per misurazioni ausiliarie. Esso fornisce inoltre indicazioni pratiche sui parametri delle apparecchiature per misurazioni ausiliarie che devono essere verificati e sull'intervallo di taratura raccomandato.

Il presente documento è stato redatto in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica.

Questo documento non stabilisce requisiti aggiuntivi, ma fornisce indicazioni per l'applicazione / interpretazione di quanto già previsto nelle norme tecniche di riferimento. Qualora il laboratorio decidesse di non applicare le modalità qui indicate, dovrà dimostrare la validità ed adeguatezza allo scopo del proprio operato.

La guida si applica ai seguenti strumenti:

- Generatori di segnali, utilizzati generalmente nel campo di frequenza audio (da 20 Hz a 20 kHz)
- Schede di acquisizione dati di precisione (solo come acquisitore, non come generatore di segnali).
- Preamplificatori microfonici.
- Alimentatori microfonici.
- Amplificatore per attuatore elettrostatico.
- Amplificatore audio per accoppiatore attivo
- Attenuatore passivo
- Distorsimetro o distorsiometro (o scheda di acquisizione dati utilizzata come distorsimetro).

Inoltre:

- tutte le procedure di taratura indicate si intendono eseguite nelle normali condizioni ambientali che il laboratorio ha individuato nel proprio sistema di gestione della qualità;
- l'intervallo delle tarature deve valutato da Accredia-DT. Indicativamente non deve essere superiore all'anno; diversi intervalli possono essere valutati se suffragati da evidenze oggettive di stabilità dello strumento;
- salvo diversamente specificato tutti gli strumenti vanno tarati nel loro campo di utilizzo;
- la dichiarazione di conformità a specifica metrologica di seguito indicata deve essere confrontata con la somma aritmetica dello scarto/errore e l'incertezza di misura associata.

Ogni laboratorio dovrà individuare il proprio bilancio di incertezza come indicato nella UNI EN ISO/IEC 17025; i fattori di incertezza indicati di seguito sono quelli minimi da considerare.

Per la taratura di ognuno degli strumenti oggetto della presente guida occorre calcolare la/e relativa/e incertezza/e di misura. Nel caso in cui le incertezze estese ottenute superino quelle precedentemente considerate dal Laboratorio, sarà necessario rivedere ed eventualmente rivalutare le incertezze dichiarate nella tabella di accreditamento.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente documento fa riferimento a quanto prescritto dai seguenti documenti, nella revisione/edizione in corso di validità.

- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura;
- UNI EN ISO 10012 Requisiti per i processi e le apparecchiature di misurazione;
- EA-4/02 Expression of the uncertainty of measurement in calibration (DT-05-DT);
- DT-04-DT Prescrizioni sulle principali regole di scrittura (per la stesura dei certificati di taratura/rapporti di taratura interni);
- ILAC P10:01/2013 ILAC Policy on the Traceability of Measurement Results;
- ILAC P14:01/2013 ILAC Policy for Uncertainty in Calibration.

3. SPECIFICHE STRUMENTI DA UTILIZZARE PER LE TARATURE

Per eseguire le tarature della strumentazione prevista al paragrafo precedente occorre utilizzare strumenti caratteristiche riportate nella tabella sottostante. E' possibile utilizzare strumenti diversi (ad es. a seguito dell'evoluzione tecnologica degli stessi) purché sia fornite evidenze di prestazioni analoghe a quelle indicate.

Strumento	Specifica
Multimetro	Minimo 6 ½ digit, accuratezza minima: 0,0035 % DC, 0,06 % AC
Distorsimetro /distorsimetro/ strumento misuratore di distorsione	misurare la THD e THD + noise nel campo da 0,1 % a 5 % con un'incertezza non superiore al 0,1 %
Generatore di segnali	Stabilità a breve termine bassa distorsione (max 0,1 %).

4. CARATTERISTICHE DA VERIFICARE

4.1. GENERATORI DI SEGNALI UTILIZZATI NEL CAMPO DI FREQUENZA AUDIO (DA 20 HZ A 20 KHZ)

Prima di eseguire la taratura occorre verificare che il generatore, dopo il completamento dell'auto-test iniziale, non segnali eventuali messaggi di errore e che l'intera stazione di misura sia alimentata da almeno un'ora e stabilizzata termicamente.

Strumentazione utilizzata:

- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio,
- Distorsimetro o scheda di acquisizione dati con software per la misura della distorsione armonica o strumentazione equivalente che possa misurare la THD e THD + noise nel campo da 0,1 % a 5% con un'incertezza non superiore al 0,1 %.

4.1.1 Misure da effettuare

4.1.1.1 Linearità in ampiezza

Si collega l'uscita del generatore direttamente all'ingresso del multimetro, lo strumento viene predisposto come generatore di segnali sinusoidali.

Dopo aver predisposto lo strumento come generatore di segnali sinusoidali, se ne collega l'uscita direttamente ai morsetti d'ingresso del multimetro

Si imposta la frequenza sul valore di 4 kHz oppure 8 kHz (sono i valori di frequenza del segnale da utilizzare per la verifica della linearità dei fonometri, a seconda che siano conformi alle norme CEI EN 60651 e CEI EN 60804 nel primo caso, oppure alla norma CEI EN 61672 nel secondo caso), l'impostazione dell'ampiezza del segnale d'uscita viene variata dal minimo al massimo livello utilizzato nell'esecuzione delle tarature accreditate, a passi di massimo 2 dB, rilevando le corrispondenti letture del multimetro; la differenza tra il valore atteso e quello misurato costituisce l'errore di linearità.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	L'errore di linearità rilevato deve risultare <0,1 dB
--	---

4.1.1.2 Linearità in frequenza

Si collega l'uscita del generatore direttamente all'ingresso del multimetro, lo strumento viene predisposto come generatore di segnali sinusoidali.

Dopo aver predisposto lo strumento come generatore di segnali sinusoidali, se ne collega l'uscita direttamente ai morsetti d'ingresso del multimetro

Si imposta la frequenza del segnale sul valore di 1 kHz (valore di riferimento) e l'ampiezza sul valore di 1 V_{rms} ; tramite il multimetro si misura l'ampiezza del segnale e si assume tale valore come riferimento. L'impostazione della frequenza del segnale d'uscita viene variata dal minimo al massimo valore utilizzato nelle tarature accreditate ad intervalli di ottava (vedi appendice). Per

ogni valore di frequenza impostato, si legge sul multimetro l'ampiezza del segnale corrispondente. Per ogni frequenza il rapporto, in dB, tra l'ampiezza misurata e quella di riferimento costituisce l'errore commesso dallo strumento.

Nel caso il generatore venga utilizzato anche per la verifica di filtri incorporati nei fonometri o negli analizzatori, la verifica deve essere estesa fino alla frequenza di 300 kHz (o quella massima utilizzata).

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	L'errore rilevato per ogni frequenza di misura (rapporto in dB tra l'ampiezza misurata e quella di riferimento), non deve superare quello massimo indicato dal costruttore
--	--

4.1.1.3 Distorsione armonica totale (THD) o Distorsione di 2^a e 3^a armonica

Si collega l'uscita del generatore direttamente all'ingresso del distorsimetro, della scheda di acquisizione o dello strumento utilizzato come misuratore di distorsione.

La verifica deve essere eseguita con segnali sinusoidali di ampiezza pari a $1 V_{rms}$, alle stesse frequenze utilizzate per la misura della linearità in frequenza, o fino alla frequenza massima permessa dallo strumento utilizzato per misurare la distorsione. Si misurano i valori di distorsione armonica totale (THD) oppure la distorsione di 2^a e 3^a armonica.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Il valore di distorsione misurato (espresso in %), non deve superare la specifica del costruttore
--	---

4.1.2 Principali componenti che concorrono al calcolo dell'incertezza di misura

4.1.2.1 Linearità in ampiezza e in frequenza

- Risoluzione del generatore (influisce nella regolazione dell'ampiezza);
- Stabilità a breve termine del generatore;
- Incertezza di misura del multimetro;
- Ripetibilità della misura.

4.1.2.2 Distorsione

- Incertezza del distorsimetro, della scheda di acquisizione (questa incertezza è diversa da quella dichiarata nella misura della TD dei calibratori, manca l'influenza del rumore ambientale).
- Ripetibilità della misura

4.2. SCHEDE DI ACQUISIZIONE DATI DI PRECISIONE (SOLO COME ACQUISITORE, NON COME GENERATORE DI SEGNALI)

Generalmente caratterizzate da due o più canali di ingresso, inserite all'interno del PC o a esso collegate tramite una porta USB, le schede vengono gestite tramite uno specifico software ottimizzato per la tipologia di misura da eseguire. Nel caso la scheda sia dotata di più canali d'ingresso e di più portate, la taratura riguarderà i canali e le portate utilizzate dal laboratorio per l'esecuzione delle misure. Prima di eseguirne la taratura è necessario che la scheda sia alimentata da almeno un'ora per garantire la sua stabilizzazione termica.

Strumentazione utilizzata:

- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio;
- Generatore di segnali sinusoidali con adeguata stabilità.

4.2.1 Misure da effettuare

Per ciascuna portata d'interesse, al parallelo costituito dai terminali d'ingresso del canale selezionato e da quelli del multimetro, viene applicato, da parte del generatore, un segnale sinusoidale di ampiezza variabile corrispondente a un livello pari a -1 dB, -10 dB, -20 dB, -30 dB, -39 dB rispetto al fondo scala (sono valori indicativi; se il Laboratorio decide di utilizzare la scheda fino a -30 dB, le misure saranno limitate a -29 dB). Per ciascuno di questi livelli, la frequenza del segnale viene progressivamente variata, a intervalli di ottava da 20 Hz a 20 kHz (vedi appendice).

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	L'errore rilevato per ogni punto di misura (rapporto in dB tra il valore RMS di tensione misurato dalla scheda e quello misurato dal multimetro), non deve alterare l'incertezza dichiarata nelle misure in cui la scheda viene utilizzata.
--	---

4.2.2 Principali componenti che concorrono al calcolo dell'incertezza di misura

- Incertezza del multimetro (considerare il caso peggiore o differenziare per le diverse portate);
- Ripetibilità delle misure.

4.3. PREAMPLIFICATORI MICROFONICI

Svolgono la funzione di adattatori d'impedenza, essendo caratterizzati da un'alta impedenza d'ingresso (in modo da non caricare i microfoni a loro collegati) e da elevata linearità in frequenza. Due sono le tipologie di preamplificatori utilizzati: a) quelli per normali misure acustiche, b) quelli per tarature, dotati di un ingresso per "tensione di inserzione", intesi come dispositivi di misura di trasferimento.

Prima di eseguire le misure occorre che il preamplificatore sia stabilizzato termicamente (collegato alla stazione di misura) da almeno mezz'ora.

Il preamplificatore da verificare viene collegato ad un alimentatore microfonico che, a seconda del modello, sia in grado di alimentarlo con una tensione continua di 120 V, 28 V, ± 60 V o ± 14 V.

Le caratteristiche da verificare sono:

- a) Guadagno di tensione in funzione della frequenza;
- b) Rapporto segnale/rumore (rapporto S/N) alla frequenza di 1 kHz.

Strumentazione utilizzata:

- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio;
- Generatore di segnali sinusoidali con adeguata stabilità a breve termine.

4.3.1 Misure da eseguire

4.3.1.1 Guadagno di tensione in funzione della frequenza

Utilizzando il generatore viene applicato all'ingresso del preamplificatore, interponendo un adattatore capacitivo, di circa 18 pF, un segnale sinusoidale di ampiezza costante $1 V_{RMS}$ e frequenza variabile da 20 Hz a 20 kHz a intervalli di ottava (vedi appendice). Nel caso di preamplificatore per tarature, dopo aver cortocircuitato l'ingresso dell'adattatore capacitivo, il segnale sinusoidale viene applicato all'ingresso per "tensione di inserzione".

Per ogni valore di frequenza viene misurata, utilizzando il multimetro, la tensione applicata dal generatore all'ingresso e quella fornita dal preamplificatore alla sua uscita.

Il guadagno, per ciascuna frequenza di misura, è calcolato come rapporto, in dB, tra la tensione fornita in uscita e quella applicata all'ingresso del preamplificatore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Gli scostamenti del guadagno misurato rispetto a quello nominale, per ognuna delle frequenze, devono rientrare nelle specifiche fornite dal costruttore.
--	--

4.3.1.2 Rapporto segnale/rumore (rapporto S/N) alla frequenza di 1KHZ

Dopo aver applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale sinusoidale di ampiezza $12,5 mV_{RMS}$ (o ampiezza tipica di uscita dei microfoni campione) e frequenza 1 kHz viene misurato, con il multimetro, il valore della tensione fornita all'uscita. Successivamente, la stessa misura di tensione viene ripetuta, dopo aver cortocircuitato l'ingresso del preamplificatore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Il rapporto, espresso in dB, tra le due tensioni misurate non deve essere inferiore a quello riportato nelle specifiche dichiarate dal costruttore.
--	---

4.3.2 Principali componenti che concorrono al calcolo dell'incertezza di misura

- Incertezza del multimetro nella misura delle tensioni di ingresso e di uscita;
- Ripetibilità della misura.

La componente d'incertezza dovuta all'utilizzo dell'adattatore capacitivo viene ritenuta trascurabile in quanto si considera il valore della capacità costante nel campo di frequenze considerato.

Nota: Si ritiene che l'utilizzo, da parte del Laboratorio, sempre dello stesso adattatore capacitivo, garantisca la confrontabilità nel tempo delle misure eseguite per la verifica di eventuali anomalie o derive del guadagno.

4.4. ALIMENTATORI MICROFONICI

Forniscono le alimentazioni ai valori nominali di 28 V (o ± 14 V), 120 V (o ± 60 V) e 200 V di cui i preamplificatori e i microfoni necessitano per il corretto funzionamento.

In relazione al modello e alle esigenze del Laboratorio, possono amplificare e filtrare il segnale proveniente dal microfono.

Le caratteristiche da verificare sono:

- a) Valore della tensione di polarizzazione;
- b) Linearità in frequenza;
- c) I guadagni in tensione (se presenti);
- d) Rapporto segnale/rumore (rapporto S/N).

4.4.1 Misure da eseguire

4.4.1.1 Verifica della Tensione di polarizzazione

Per la misura della tensione di polarizzazione (200 V) utilizzando il multimetro campione del Laboratorio, è necessario che l'alimentatore microfonico sia dotato di un punto di test a bassa impedenza, per evitare che il carico costituito dall'impedenza d'ingresso del multimetro, alteri il valore della misura. Si misura lo scostamento rispetto al valore nominale della tensione ed eventualmente (se lo strumento lo permette) si effettua una regolazione di tale tensione.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Lo scostamento rispetto al valore nominale, non deve superare quello che il Laboratorio ha specificato come massimo ammesso nelle procedure tecniche riguardanti le misure in cui lo strumento è impiegato, e che è stato considerato nel calcolo dell'incertezza di misura dichiarata nelle suddette procedure.
--	--

4.4.1.2 Verifica della Linearità in frequenza

Tramite il generatore viene applicato all'ingresso microfonico dell'alimentatore, interponendo un opportuno cavo adattatore, un segnale sinusoidale di ampiezza costante $1 V_{RMS}$ e frequenza variabile da 20 Hz a 20 kHz, a passi di ottava (vedi appendice).

Per ognuna delle frequenze di prova viene misurata, utilizzando il multimetro, la tensione applicata dal generatore all'ingresso e quella fornita in uscita dall'alimentatore.

Per ognuna delle frequenze di prova, il rapporto in dB, tra l'ampiezza dei segnali misurati, rispettivamente in uscita e ingresso, normalizzato alla frequenza di 1 kHz, fornisce la risposta in frequenza dello strumento.

Nel caso siano presenti (e utilizzati) un filtro passa alto o la curva di ponderazione A, occorre verificare il loro corretto funzionamento ripetendo la misura con queste ultime selezionate.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Gli scarti misurati devono rientrare nelle specifiche dichiarate dal costruttore.
--	---

4.4.1.3 Verifica dei guadagni in tensione (se presenti)

Dopo aver impostato il selettore di guadagno sullo zero, tramite il generatore viene applicato all'ingresso microfonico dell'alimentatore un segnale sinusoidale di ampiezza 12,5 mV_{RMS} e frequenza 1 kHz.

Tramite il multimetro, vengono misurate la tensione applicata dal generatore all'ingresso e quella fornita in uscita dall'alimentatore. Le misure vengono ripetute per tutte le successive impostazioni del selettore di guadagno.

La sequenza sopra descritta viene ripetuta almeno per i valori di frequenza 31,5 Hz, e 16 kHz del segnale sinusoidale applicato all'ingresso.

Il rapporto in dB, tra l'ampiezza del segnale misurata in uscita e quella misurata in ingresso, per ciascuno dei tre valori di frequenza, costituisce il guadagno in tensione per ognuna delle impostazioni del selettore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Lo scarto tra i guadagni misurati e quelli nominali deve rientrare, per ciascuna frequenza di misura, nelle specifiche dichiarate dal costruttore.
--	--

4.4.1.4 Verifica del Rapporto segnale/rumore (Rapporto S/N)

Dopo aver impostato il selettore di guadagno sullo zero, viene applicato all'ingresso microfonico dell'alimentatore un segnale sinusoidale di ampiezza 12,5 mV_{RMS} e frequenza 1 kHz e, tramite il multimetro, viene misurata la tensione fornita in uscita dall'alimentatore.

Dopo aver cortocircuitato l'ingresso dell'alimentatore viene misurato il nuovo valore di tensione presente sull'uscita dell'alimentatore.

Il rapporto, in dB, tra la prima tensione misurata e la seconda, costituisce il rapporto segnale/rumore.

La sequenza di misure sopra indicata viene ripetuta per tutte le successive impostazioni del selettore di guadagno.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Il valore di rapporto segnale/rumore misurato non deve essere inferiore a quello specificato dal costruttore.
--	---

4.4.2 Misure da eseguire

- Incertezza del multimetro nella misura delle tensioni di ingresso e di uscita;
- Ripetibilità delle letture di tensione.

Si considera trascurabile il contributo dovuto alla stabilità a breve termine del generatore.

4.5. AMPLIFICATORE PER ATTUATORE ELETTROSTATICO

Lo strumento è in grado di amplificare da 20 dB a 50 dB una tensione sinusoidale applicata al suo ingresso, generalmente nel campo di frequenze da 20 Hz a 20 kHz, e di sommarla ad una tensione continua di polarizzazione, nella maggioranza dei casi, di valore 800 V o quello dichiarato dal costruttore. Il segnale in uscita risultante è idoneo a pilotare gli attuatori elettrostatici utilizzati per rilevare la risposta in frequenza di microfoni a condensatore con griglia rimovibile.

Le caratteristiche da verificare sono:

- a) Il guadagno in funzione della frequenza;
- b) Il rapporto segnale/rumore alla frequenza di 1 kHz;
- c) Il valore della tensione continua di polarizzazione (se consentito dallo strumento).

Strumentazione utilizzata:

- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio
- Generatore di segnali sinusoidali con adeguata stabilità a breve termine e bassa distorsione (max 0,1 %).

4.5.1 Misure da eseguire

4.5.1.1 Verifica del guadagno in funzione della frequenza

Tramite il generatore viene applicato all'ingresso dell'amplificatore un segnale sinusoidale di ampiezza costante pari a $1 V_{RMS}$, nel campo di frequenze compreso tra 20 Hz e 20 kHz a intervalli di ottava (vedi appendice). Per ogni punto di taratura viene misurata, utilizzando il multimetro, la tensione applicata dal generatore all'ingresso e quella fornita dall'amplificatore alla sua uscita.

Il guadagno, per ciascuna frequenza di misura, sarà calcolato come rapporto, in dB, tra la tensione fornita in uscita e quella applicata all'ingresso dell'amplificatore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Gli scostamenti tra i guadagni misurati e quelli nominali devono rientrare nelle specifiche dichiarate dal costruttore e devono essere tali da non degradare l'incertezza di misura dichiarata nella procedura in cui lo strumento è impiegato.
--	---

4.5.1.2 Verifica del rapporto segnale/rumore (Rapporto S/N) a frequenza di 1 KHZ

Dopo aver applicato all'ingresso dell'amplificatore un segnale sinusoidale di ampiezza $1 V_{RMS}$ e frequenza 1 kHz, viene misurato, con il multimetro, il valore della tensione fornita in uscita. Successivamente, la stessa misura di tensione viene ripetuta dopo aver cortocircuitato l'ingresso dell'amplificatore.

Il rapporto, in dB, tra la prima tensione misurata e la seconda, costituisce il rapporto segnale/rumore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Il valore di rapporto segnale/rumore misurato non deve essere inferiore a quello specificato dal costruttore.
--	---

4.5.1.3 Verifica della tensione continua di polarizzazione (800 V o il valore dichiarato dal costruttore)

L'esecuzione di questa misura può essere diversa a seconda dello strumento in dotazione al Laboratorio.

Le modalità di esecuzione della misura può differire a seconda della tipologia dell'amplificatore in dotazione al Laboratorio

Nel caso in cui l'amplificatore sia provvisto di un'apposita uscita (o un punto di test) per la verifica della tensione continua, la misura viene eseguita collegando l'ingresso del multimetro a questa uscita.

Se sullo strumento non è prevista un'uscita separata per la tensione continua, ma un'unica uscita su cui è presente la tensione continua sommata al segnale sinusoidale, la misura sarà eseguita su quest'ultima, sempre che il multimetro in dotazione al Laboratorio lo permetta.

4.5.2 Principali componenti che concorrono al calcolo dell'incertezza di misura

4.5.2.1 Verifica del guadagno in funzione della frequenza e del rapporto segnale/rumore

- Incertezza del multimetro nella misura delle tensioni di ingresso e di uscita;
- Ripetibilità della misura
- Stabilità del generatore a breve termine.

4.5.2.2 Verifica della tensione continua di polarizzazione (800 V o il valore dichiarato dal costruttore)

La componente d'incertezza associata alla misura della tensione continua di polarizzazione (dovuta al multimetro) può essere ritenuta trascurabile in quanto:

- Uno scostamento del 5 % del valore di tensione misurato rispetto a quello nominale si ritiene non produca effetti significativi sul risultato delle misure in cui l'amplificatore è utilizzato;
- L'incertezza della misura della tensione continua eseguita dal multimetro è di almeno due ordini di grandezza inferiore agli scostamenti percentuali sopra citati.

4.6. AMPLIFICATORE AUDIO PER ACCOPPIATORE ATTIVO

Lo strumento è in grado di amplificare in genere di 20 dB o 30 dB il segnale applicato al suo ingresso e di alimentare un carico prevalentemente di tipo capacitivo. Il segnale in uscita costituisce l'alimentazione di un accoppiatore attivo utilizzato nella taratura, per confronto, di microfoni con il metodo di eccitazione contemporanea, nel campo di frequenze compreso tra 31,5 Hz e 16 kHz, secondo la norma IEC 61094-5.

Le caratteristiche da verificare sono:

- a) Il guadagno in funzione della frequenza;

- b) Il rapporto segnale/rumore (S/N) a 1 kHz;
- c) La distorsione armonica totale (THD) o la distorsione di 2^a e 3^a armonica.

Strumentazione utilizzata

- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio;
- Generatore di segnali sinusoidali con adeguata stabilità a breve termine (intesa come stabilità tra l'inizio e fine della misura) e bassa distorsione;
- Distorsimetro o scheda di acquisizione dati con software per la misura della distorsione armonica in dotazione al Laboratorio.

4.6.1 Misure da eseguire

4.6.1.1 Verifica del guadagno in funzione della frequenza

Tramite il generatore viene applicato all'ingresso dell'amplificatore, un segnale sinusoidale di ampiezza costante $1 V_{RMS}$ e frequenza variabile da 20 Hz a 20 kHz a passi di ottava (vedi appendice).

Per ogni frequenza di prova viene misurata, utilizzando il multimetro, la tensione applicata dal generatore all'ingresso e quella fornita dall'amplificatore alla sua uscita.

Il guadagno, per ciascuna frequenza di misura, sarà calcolato come rapporto in dB, normalizzato a 1 kHz, tra la tensione fornita in uscita e quella applicata all'ingresso dell'amplificatore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Gli scostamenti del guadagno misurato rispetto a quello nominale, per ognuna delle frequenze, devono rientrare nelle specifiche fornite dal costruttore.
--	--

4.6.1.2 Rapporto segnale/rumore (Rapporto S/N) a frequenza di 1 KHZ

Dopo aver applicato all'ingresso dell'amplificatore un segnale sinusoidale di ampiezza $1 V_{RMS}$ e frequenza 1 kHz, viene misurato con il multimetro il valore della tensione fornita in uscita. Successivamente la stessa misura di tensione viene ripetuta, dopo aver cortocircuitato l'ingresso dell'amplificatore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Il rapporto, espresso in dB, tra le due tensioni misurate non deve essere inferiore a quello dichiarato dal costruttore.
--	--

4.6.1.3 Verifica della distorsione armonica totale (THD) o della distorsione di 2^a e 3^a armonica

Tramite il generatore viene applicato all'ingresso dell'amplificatore un segnale sinusoidale di ampiezza costante $1 V_{RMS}$ e frequenza variabile da 20 Hz a 20 kHz a passi di ottava (vedi appendice).

Per ogni frequenza di prova viene misurata, utilizzando il distorsimetro o la scheda acquisizione dati, la distorsione armonica totale (THD) o, in alternativa, i valori di distorsione di 2^a e 3^a armonica del segnale presente all'uscita dell'amplificatore.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Il valore di distorsione misurato (espresso in %), non deve superare quello massimo indicato dal costruttore.
--	---

4.6.2 Principali componenti che concorrono al calcolo dell'incertezza di misura

- Incertezza multimetro;
- Incertezza a breve termine del generatore;
- Incertezza del distorsimetro o della scheda di acquisizione utilizzata come distorsimetro;
- Ripetibilità delle misure di distorsione.

4.7. ATTENUATORE PASSIVO

Si tratta di uno strumento, spesso auto-costruito con resistenze anti-induttive di elevate caratteristiche (precisione e stabilità), in grado di attenuare di 0 db ÷ 50 dB (non è consigliabile attenuare in misura maggiore) il segnale applicato al suo ingresso; normalmente viene utilizzato nei Laboratori per la taratura dei fonometri.

Strumentazione utilizzata

- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio;
- Generatore di segnali sinusoidali con adeguata stabilità a breve termine e bassa distorsione.

4.7.1 Verifica dell'attenuazione in funzione della frequenza

Utilizzando il generatore, viene applicato all'ingresso dell'attenuatore un segnale sinusoidale di ampiezza costante $10 V_{RMS}$ e dei seguenti 5 valori di frequenza: 31,5 Hz, 250 Hz, 1 kHz, 4 kHz e 12,5 kHz.

Per ogni punto di verifica viene misurata, con il multimetro, la tensione applicata dal generatore all'ingresso e quella fornita dall'attenuatore alla sua uscita.

Il valore di attenuazione, per ciascuna delle cinque frequenze di misura, sarà calcolato come rapporto, in dB, tra la tensione fornita in uscita dall'attenuatore e quella applicata al suo ingresso.

Allo scopo di non superare, nelle procedure in cui viene utilizzato, il valore attribuito alla componente d'incertezza associata all'attenuatore, lo scostamento del valore misurato rispetto a quello nominale, per ognuna delle frequenze di prova, è opportuno che non sia superiore a 0,05 dB ovvero alla componente di incertezza dovuta alla risoluzione tipica dei fonometri. Nel caso in cui lo scostamento risulti superiore, nelle misure che prevedono l'impiego dell'attenuatore dovrà essere applicata la dovuta correzione.

4.7.2 Principali componenti che concorrono al calcolo dell'incertezza di misura

- Incertezza del multimetro nella misura delle tensioni di ingresso e di uscita;
- Stabilità a breve termine del generatore;

- Ripetibilità delle misure.

4.8. DISTORSIMETRO (O SCHEDA DI ACQUISIZIONE DATI UTILIZZATA COME DISTORSIMETRO)

Si tratta di uno strumento in grado di misurare la distorsione armonica totale (THD) e la distorsione totale (TD o THD + noise) di un segnale; nei laboratori di taratura viene utilizzato generalmente per la misura della distorsione totale durante le operazioni di taratura dei calibratori acustici.

Caratteristica da verificare:

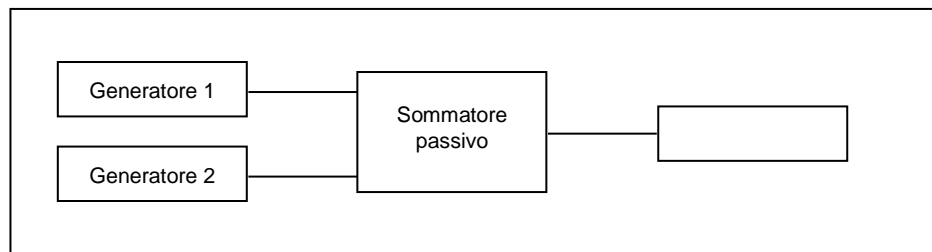
- Misura della distorsione

Strumentazione utilizzata:

- 2 generatori di segnali sinusoidali con adeguata stabilità e bassa distorsione;
- Multimetro campione di riferimento del Laboratorio.

4.8.1 Misure da eseguire

Per verificare la corretta misura della distorsione si applicano all'ingresso dello strumento segnali con fattore di distorsione armonica noto, prelevati all'uscita di un sommatore passivo ai cui ingressi sono collegati due generatori di onde sinusoidali a bassa distorsione secondo lo schema sotto riportato.



Il sommatore passivo è costituito da due resistori di precisione (tolleranza massima 1%) di uguale valore, sufficientemente basso rispetto all'impedenza d'ingresso del distorsimetro e abbastanza alto rispetto all'impedenza d'uscita dei generatori (per questa misura è consigliato impostare il valore di 50 Ω).

I segnali forniti dai due generatori devono essere in rapporto armonico ed avere ampiezze tali da produrre un fattore di distorsione noto.

A titolo di esempio si riportano due combinazioni di segnali forniti dai generatori:

Esempio 1

Generatore 1: 1,00 kHz @ 1,00 V_{RMS}

Generatore 2: 2,00 kHz @ 10,00 mV_{RMS} (-40 dB re 1 V)

Valore di distorsione teorico: 1,0 %

Esempio 2

Generatore 1: 1,00 kHz @ 1,00 V_{RMS}

Generatore 2: 2,00 kHz @ 3,16 mV_{RMS} (-50 dB re 1 V)

Valore di distorsione teorico: $\approx 0,32 \%$

L'ampiezza dei segnali forniti dai due generatori, misurata dal multimetro applicato in successione alle rispettive uscite, viene resa uguale ai valori predeterminati, tali da produrre, in combinazione tra di loro, uno specifico valore teorico di distorsione. Negli esempi riportati si è simulata una distorsione di 2^a armonica, ma lo stesso risultato si otterrebbe simulando una distorsione con rapporto armonico più elevato, purché compreso entro il limite superiore di 20 kHz.

Per ogni punto di verifica, viene determinata la differenza tra il valore di distorsione indicato dallo strumento e quello teorico applicato al suo ingresso.

Dichiarazione conformità a specifica metrologica	Lo scostamento tra il valore di distorsione misurato e quello atteso, non deve superare quello massimo indicato dal costruttore.
--	--

4.8.2 Misure da eseguire

- Incertezza del multimetro nella misura delle tensioni fornite dai generatori;
- Ripetibilità delle misure

Nota: se la tolleranza dei due resistori non supera quella indicata, anche nel caso peggiore, il suo contributo nel calcolo dell'incertezza di misura è trascurabile.

APPENDICE

TERMINI E DEFINIZIONI.

Errore di linearità in ampiezza: ad una data frequenza, differenza tra l'ampiezza (del segnale) attesa e quella misurata.

Errore di linearità in frequenza: differenza di ampiezza del segnale generato al variare della frequenza.

Guadagno (in tensione): rapporto (normalmente espresso in dB) tra il valore di tensione misurato all'uscita e quello applicato all'ingresso, di un dispositivo. Se il valore del rapporto è negativo si definisce attenuazione.

dB (decibel): unità di misura adimensionale, largamente utilizzata in acustica e in elettrotecnica per esprimere rapporti tra grandezze omogenee. Nel caso di due valori di tensione, il loro rapporto in dB si calcola utilizzando l'espressione:

$$dB = 20 * \text{Log} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Distorsione armonica totale (THD): rapporto (espresso in percentuale) tra la somma delle ampiezze di tutte le armoniche del segnale e quella della sua frequenza fondamentale.

Distorsione totale (THD + noise): rapporto (espresso in percentuale) tra la somma delle ampiezze di tutte le armoniche del segnale e delle componenti di rumore, e quella della sua frequenza fondamentale.

Intervallo d'ottava: rapporto nominale di frequenza pari a 2 o a 1/2. Per esempio esiste un rapporto di ottava tra 100 Hz e 200 Hz oppure tra 1000 Hz e 500 Hz.

Elenco delle frequenze impiegate nelle tarature/verifiche:

- 20 Hz, 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz, 20 kHz.