LAMPADINA COME E PERCHÈ

RIFERIMENTI

Genere	*DATA*	*Generalità*	*Note*	*Distribuzione*
radio	*agosto 2020*	*Descrizione da chicago miniature – general instr.*		*Af, web*

GENERALITA'

Nella eterna opera di riordino e pulizia è venuto fuori un manualetto di riferimento per le lampadine. Si, proprio quelle che usate come illuminazione scala o come spia in qualche vecchio apparato sono purtroppo bruciate e spesso difficili da sostituire.

Questo manualetto di molti anni fa però oltre a elencare le lampadine prodotte dall'azienda, la CHICAGO-MINIATURE (GENERAL INSTRUMENT), propone come introduzione una descrizione molto dettagliata, se pur senza formule incomprensibili, su cosa sono, come sono fatte, come usarle, come progettare usandole.

Si percepisce, a mio parere, una certa passione per il proprio lavoro, per ciò che si fa, e indipendente dal fatto che le lampadine purtroppo come le valvole erano e sono ormai oggetti obsoleti, del passato.

Ho estratto da quel manuale la descrizione già detta, tralasciando l'elenco delle lampadine, ormai in disuso. Da notare che alcune particolarità descritte possono aiutare a capire meglio il funzionamento delle poche valvole rimaste in circolazione, che in fondo sono figlie delle lampadine.

Molto interessante il paragrafo che parla dell'alimentazione delle lampadine.

Buona lettura.

Principi di funzionamento

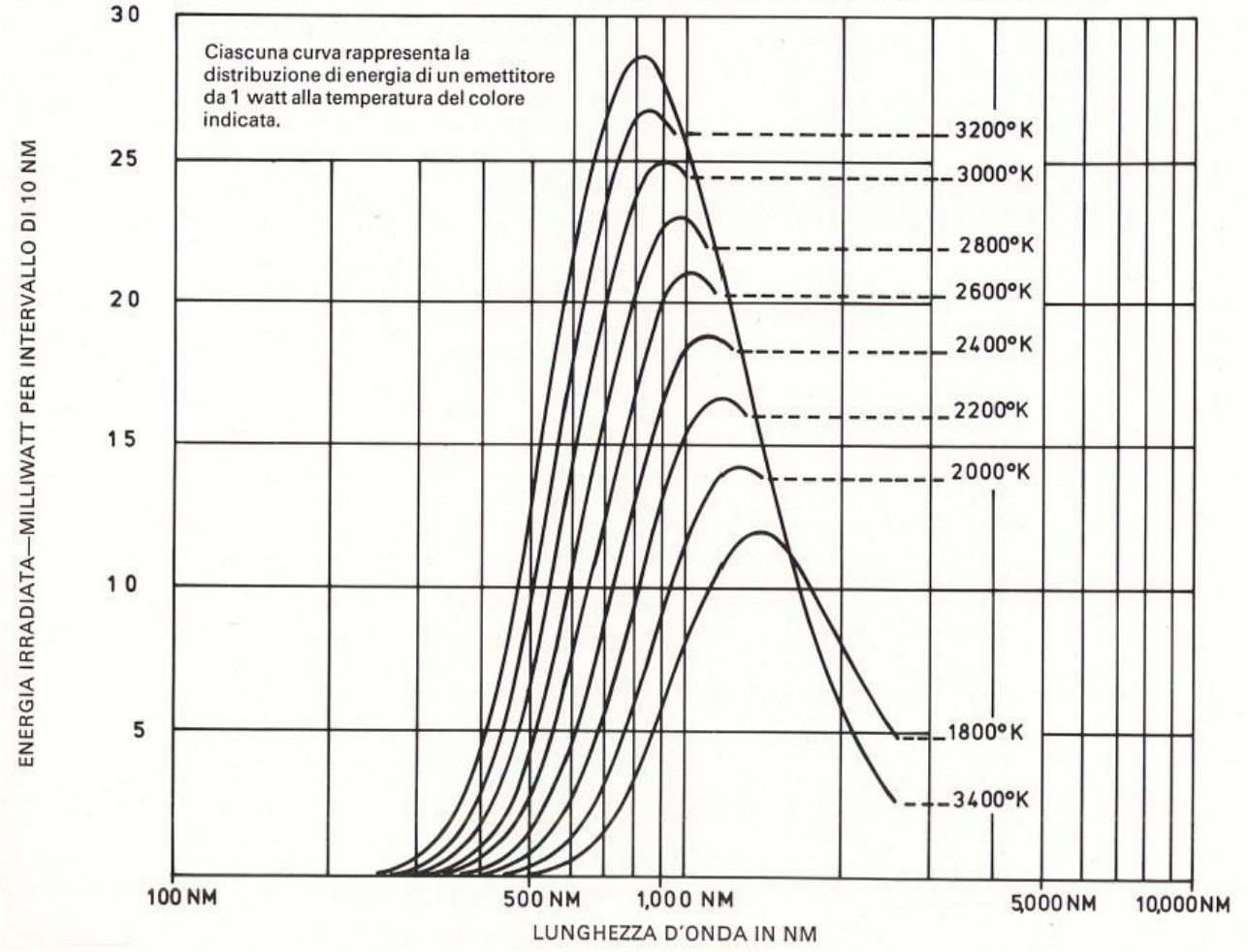
Le lampade a filamento di tungsteno possono essere considerate come trasduttori che trasformano energia elettrica in energia elettromagnetica. L'emissione elettromagnetica è compresa quasi interamente nelle zone infrarosse e visibili dello spettro. L'emissione spettrale precisa dipende sostanzialmente dalla temperatura di funzionamento del filamento, e le caratteristiche di radiazione sono molto simili a quelle di un corpo nero teorico.

La figura A mostra caratteristiche tipiche di filamenti di tungsteno in vetro trasparente, che ha un assorbimento relativamente basso e abbastanza costante dal limite basso di visibilità fino a circa 2.500 nanometri. Con l'aumento nella temperatura di funzionamento, il punto massimo della radiazione si sposta verso lunghezze d'onda più corte, dando una proporzione maggiore di radiazione visibile, o di emissione di luce.

Benché la proporzione di radiazione nella gamma visibile sembri piccola, le lampade a tungsteno sono tuttavia radiatori molto efficaci di luce visibile in confronto con altre sorgenti di luce. L'efficacia luminosa è valutata in termini di capacità relativa delle diverse lunghezze d'onda di produrre sensazioni visive, e viene misurata come emissione luminosa in lumen per watt di energia d'ingresso o energia totale. La figura B mostra le efficacie luminose tipiche ottenute da lampade a tungsteno attraverso la gamma di temperature di funzionamento normalmente usate.

La temperatura di funzionamento del filamento determina anche in gran parte il ritmo di evaporazione e quindi la durata utile di funzionamento. Al punto estremo, cioè al punto di fusione del tungsteno, 3655°K, la durata è zero. A temperature inferiori, si può calcolare la durata in certe condizioni ideali, ma considerazioni teoriche hanno solo limitata validità e in pratica, nel caso di durate superiori a 10.000 ore, per le ragioni discusse in dettaglio più sotto, non è possibile generalizzare sulla durata come funzione della temperatura di funzionamento.

FIG. A CARATTERISTICHE DI RADIAZIONE PER LAMPADE A TUNGSTENO



Aspetti pratici della progettazione

Il tungsteno incandescente deve funzionare in un ambiente non ossidante. Ciò si verifica in una lampada a vuoto. I filamenti in lampade a vuoto funzionano tipicamente a temperature comprese approssimativamente tra 1.800 e 2.500°K, dando efficacie luminose corrispondenti da 1 a 8 lumen per watt circa, e durate teoriche corrispondenti da 100.000 a 100 ore.

Per funzionamento a temperature più elevate senza ulteriore perdita di durata, il vuoto può essere sostituito da un gas inerte ad una pressione che impedisca l'evaporazione del tungsteno. In questo caso è possibile usare il campo di temperatura da 2.500 a 2.900°K con efficacie luminose fino a 17 o 18 lumen per watt. Il riempimento con gas è in una certa misura contro-efficace perché dà luogo ad un raffreddamento supplementare del filamento, che deve venir compensato di solito con l'impiego di un filo di tungsteno più sottile per ridurre la superficie di radiazione.

La maggior parte dei filamenti di tungsteno sono a forma di spirale, o qualche volta di una spirale avvolta essa stessa a spirale, per minimizzare la superficie effettiva che contribuisce alla perdita di calore, e anche per poter adattare la lunghezza necessaria del filo di tungsteno allo spazio disponibile nell'ampolla. Una volta scelta la temperatura di funzionamento, le dimensioni del filamento dipendono dal valore richiesto di corrente elettrica. In termini generali, si può dire che il diametro del filo di tungsteno aumenta con l'aumento della corrente nominale, e la lunghezza del filo di tungsteno aumenta con l'aumento della tensione nominale. Per esempio, una lampada da 28V, 0,04A possiede un filamento lungo e sottile, mentre una lampada da 6V, 0,2A possiede un filamento relativamente corto e largo. Questi principi dettano la gamma di valori che possono venir adattati in una data dimensione di ampolla. Determinano in gran parte la stabilità e la resistenza meccanica del filamento, ed influenzano in modo notevole la durata del filamento in condizioni di funzionamento.

Lampade a tungsteno come sorgenti di luce

La discussione precedente è concentrata sul funzionamento di lampade a tungsteno come sorgenti di luce, che è l'applicazione più comune ma non l'unica. E'stato dimostrato che la lampade possono essere costruite per fornire emissioni di luce varianti da livelli adatti a segnalazione fino a livelli superiori adatti ad illuminazione. La lampade a tungsteno sono adatte anche ad impiego come sorgenti di luce di riferimento, attivazione di dispositivi fotoelettrici, e come segnalazioni colorate.

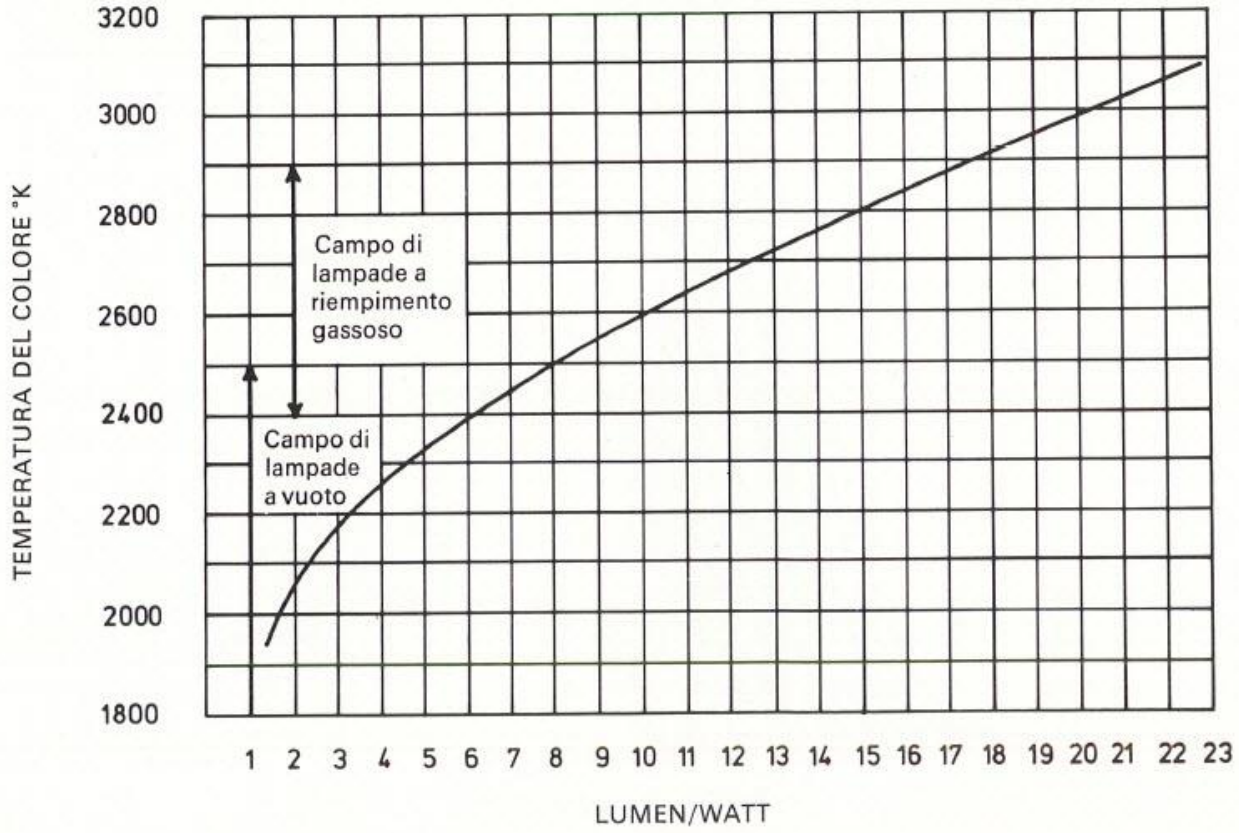
Le caratteristiche che fanno le lampade a tungsteno sorgenti di luce molto convenienti e versatili sono elencate di seguito.

1. L'efficienza di conversione dell'energia elettrica in luce è relativamente alta, e l'emissione copre l'intera gamma visibile di lunghezze d'onda. Quindi le lampade a tungsteno possono venir impiegate in gruppi di segnalazione, o con filtri di qualsiasi colore.
2. Esiste una larga scelta di dimensioni e forme, ed una varietà di mezzi di collegamento elettrico. Gli attacchi metallici comprendono quelli ad avvitamento, ad inserimento, a baionetta ed a flangia. Inoltre ci sono tipi con basi a cuneo in cui la base è formata direttamente dal vetro, oppure quelli con terminali a filo che vengono collegati direttamente al circuito mediante saldatura.
3. Esiste una vasta gamma di valori elettrici, ed entro questa gamma i valori disponibili sono praticamente continui. Quindi se un valore standard non è adatto, si può realizzare il valore preciso richiesto oppure in alternativa si può adattare una lampada esistente. L'adattamento significa sostanzialmente il funzionamento ad una tensione diversa, e a questo scopo si può consultare la figura C che mostra gli effetti della variazione della tensione di alimentazione dal valore nominale originale.
4. Il tipo di alimentazione elettrica non è critico ai fini del funzionamento della lampada : può essere c.a. o c.c., pulsante, frazionata o raddrizzata.
5. Le lampade a tungsteno sono disponibili in grande quantità ed a costi relativamente bassi, con piena disponibilità di pezzi di ricambio, grazie ai metodi di produzione altamente automatizzati.

Lampade a tungsteno come sorgenti di luce infrarossa

Si può vedere dalla figura A che una elevata percentuale della radiazione di una lampada a tungsteno è compresa nella zona infrarossa. Lunghezze d'onda fino ad oltre 2.500 nanometri vengono trasmesse attraverso l'ampolla di vetro con perdite trascurabili. La maggior parte della discussione precedente è valida anche per il comportamento e le caratteristiche di una lampada a tungsteno come emettitore infrarosso, ed inoltre l'emissione infrarossa si verifica a temperature molto inferiori a quelle di incandescenza. Quindi lampade a filamento di tungsteno possono essere impiegate come emettitori per rivelatori sensibili a luce infrarossa, spesso con durate molto superiori a quelle ottenibili quando vengono usate come sorgenti di luce.

FIG. B TEMPERATURA DI COLORE IN FUNZIONE DELL'EFFICACIA LUMINOSA PER LAMPADE A FILAMENTO DI TUNGSTENO



Lampade a tungsteno come componenti di circuito

Ci sono poche applicazioni conosciute in cui è necessario valutare il circuito equivalente di una lampada a tungsteno, e nella maggior parte dei casi è sufficiente considerare la lampada come una resistenza a regime permanente.

E'qualche volta interessante conoscere il comportamento dinamico all'interruzione o al funzionamento ad impulsi, particolarmente nel caso di lampade a bassa corrente usate in applicazioni elettroniche. La risposta ad un ingresso a gradini non è istantanea. Il filamento ha bisogno di un breve tempo di riscaldamento per raggiungere la sua temperatura di funzionamento, e durante questo tempo la resistenza della lampada varia secondo la curva resistenza in funzione della temperatura del tungsteno mostrata nella figura D. Questo comportamento ha due conseguenze.

In primo luogo, una sovracorrente momentanea si verifica all'inserimento. Il valore dipende dalla temperatura finale di funzionamento ed è una funzione della variazione di resistenza mostrata nella figura D. La durata dipende dal diametro del filo, che è una caratteristica della progettazione determinata dalla corrente finale di funzionamento.

Nelle lampade a bassa corrente, che possiedono un filo di minor diametro, la durata della sovracorrente momentanea è un minimo. Caratteristiche tipiche di sovracorrente relative a lampade di valori fino a circa 0,1 A sono mostrate nella figura E. In circuiti pratici, la sovracorrente momentanea dipenderà naturalmente dall'impedenza dell'alimentazione e dalla risposta di altri componenti del circuito.

In secondo luogo, un breve periodo di tempo passa prima che si ottenga la piena emissione di luce. Per la maggior parte delle applicazioni, questo probabilmente non avrà importanza, per esempio si sa da esperienza pratica che

lo sfarfallamento di una lampada a tungsteno non è osservabile quando viene operata a 50 Hz c.a.

Per conoscere il comportamento di una lampada a tungsteno in funzione della tensione applicata, si può ancora consultare la figura C, che può essere usata per determinare la variazione della resistenza al variare della tensione. Il fatto che la resistenza della lampada non varia con il variare della tensione applicata fa, della lampada a tungsteno, un dispositivo circuitale utile, e permette la sua applicazione come resistore autoregolatore, particolarmente quando viene adoperato a temperature inferiori a quelle di incandescenza.

La resistenza di una lampada a tungsteno varia leggermente durante la propria vita, man mano che il tungsteno evapora dal filamento. Questo significa che in certe condizioni di funzionamento, per esempio il funzionamento in serie con una resistenza, o il funzionamento da una sorgente di corrente costante, la caduta di tensione attraverso la lampada può aumentare e quindi la durata può essere notevolmente ridotta.

Durata della lampada e fattori relativi

Il fatto che il filamento abbia una durata limitata, determinata dalla temperatura di funzionamento e dal diametro del filo, è proprio del modo di funzionamento delle lampade a tungsteno. La durata nominale è stimata da calcoli semplificati su questa base, e verificata da prove di laboratorio. Per durate nominali superiori a circa 5.000 ore, le prove di laboratorio vengono effettuate ad una tensione aumentata ed i risultati vengono estrapolati fino alla tensione nominale secondo la figura C.

Nella produzione e nelle condizioni pratiche di funzionamento delle lampade ci sono altri fattori determinanti che devono venir considerati alla progettazione o alla scelta di una lampada per dare prestazioni ottimali per una determinata applicazione. Questi fattori possono essere raggruppati grossolanamente sotto quattro capitoli.

1. Prestazioni richieste per l'applicazione

Il campo di applicazione di lampade a tungsteno è stato delineato in precedenza. La durata utile da attendersi in una applicazione particolare, o in termini della fusione finale o in termini di perdita di luce a causa dell'annerimento dell'ampolla, dipende dall'efficacia luminosa richiesta per l'applicazione stessa. Lampade aventi una efficacia luminosa elevata ed adatte ad illuminazione o a segnali di avvertimento hanno durate comprese tipicamente tra 100 e 1.000 ore. Lampade aventi efficacie luminose minori ed adatte a segnalazione hanno durate comprese tra 1.000 e 10.000 ore, o superiori. La durata della lampada rappresenta sempre un compromesso tra l'emissione di luce richiesta ed il valore nominale di watt di ingresso. La durata viene ottimizzata mantenendo l'emissione di luce al minimo necessario e usando il valore nominale di watt di ingresso il più alto possibile per un dato impiego.

La figura C mostra come la durata della lampada possa venir aumentata notevolmente usando una tensione inferiore a quella nominale, ed illustra il corrispondente sacrificio di emissione di luce. Ci sono diverse applicazioni in cui questo metodo può essere usato con successo, ma non è generalmente valido in pratica sotto l'80% della tensione nominale, o per lampade già progettate per lunga durata alla tensione nominale, perché altri fattori hanno una influenza determinante.

2. Limitazioni sulla lavorazione

Ci sono limiti pratici ai valori elettrici che possono essere realizzati realisticamente in una data dimensione di lampada a tungsteno, oltre i quali ci si può attendere una diminuzione nella durata, nelle prestazioni e nell'affidabilità generale.

Le principali limitazioni sulla lavorazione nelle applicazioni moderne sono le seguenti.

(i) Nel caso di lampade di piccola dimensione, esiste un limite superiore sulla lunghezza del filamento che può trovare alloggiamento con facilità. Questo vuol dire che la tensione nominale massima é minore in lampade piccole.

(ii) La superficie del vetro diminuisce con la diminuzione nella dimensione della lampada, ed il vetro si avvicina al filamento. Entrambi questi fattori contribuiscono ad un più rapido annerimento del vetro a causa dell'evaporazione del tungsteno. Inoltre, la diminuzione di superficie dà luogo ad una maggiore temperatura del vetro. Se la temperatura della parete interna supera 100°C, del vapore d'acqua può evaporare dal vetro nella lampada stessa, provocando una reazione, conosciuta come ciclo d'acqua, che toglie tungsteno dal filamento ed lo deposita sul vetro. Quindi esiste un limite superiore sul wattaggio del filamento che può essere dissipato con sicurezza in una data dimensione di lampada.

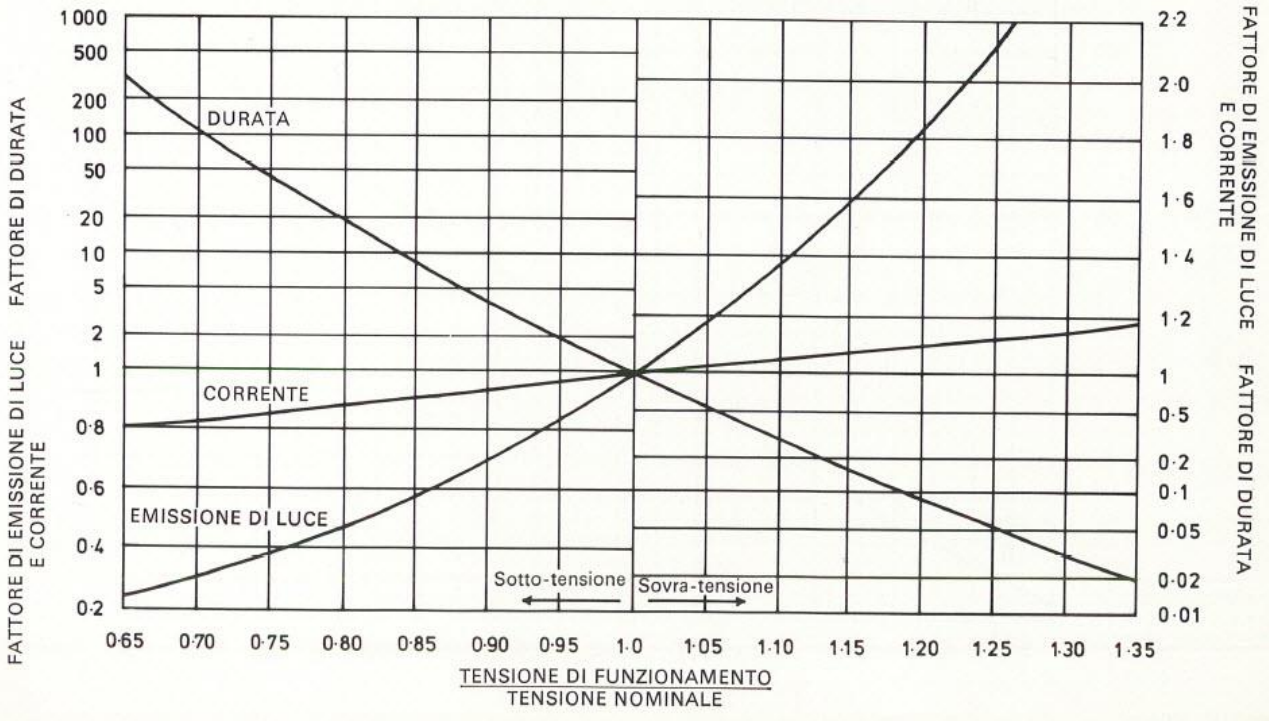
(iii) La corrente nominale richiesta di una lampada determina il diametro del filo di tungsteno, in modo che una corrente minore richieda un filo più sottile. Man mano che si riduce il diametro del filo, il materiale diventa più difficile da trattare, la resistenza meccanica

del filamento viene diminuita, vi é meno tungsteno disponibile per essere consumato nel funzionamento della lampada e vi é generalmente meno margine per errori durante la produzione del filo, del filamento e della lampada .Quindi non è pratico produrre lampade a tungsteno aventi un consumo di corrente estremamente basso.

In pratica, è difficile dare valori precisi ai suddetti limiti. Essi sono interdipendenti, e dipendono dal grado di affidabilità accettabile per l'impiego, ed inoltre vengono sempre migliorati in virtù di nuovi sviluppi. Come esempio approssimativo, i limiti pratici dei valori nominali in lampade da 3 mm (T-1) sono un massimo di 12 volt, un massimo di 0,75 watt ed un minimo di 0,04 ampere circa. Nel caso di lampade da 6 mm (T-1$\frac{3}{4}$) i valori corrispondenti sono circa 28 volt, 2 watt e 0,04 ampere.

Ovviamente vengono realizzate e adoperate lampade ben al di fuori di questi limiti, ma non possono essere considerate di alta affidabilità.

FIG. C CURVE DI PRESTAZIONI PER LAMPADE IN MINIATURA A TUNGSTENO



3. Effetti ambientali

L'ambiente fisico in cui una lampada funziona può essere un fattore molto importante nella riduzione della durata della lampada, a meno che una giusta scelta di lampada non venga fatta in sede di progettazione.

(i) Urti meccanici e vibrazioni sono presenti in una certa misura nella maggior parte delle applicazioni, e possono provocare un guasto prematuro in diversi modi. Urti possono deformare il filamento, provocando il cortocircuito delle spire, o la rottura stessa del filamento. La sensibilità agli urti aumenta con l'aumento del tempo di funzionamento, poichè il tungsteno diventa più fragile con variazioni nella struttura cristallina.

Vibrazioni possono anche provocare la deformazione del filamento ed il cortocircuito delle spire in sequenza progressiva, l'aumento del passaggio di corrente, l'aumento della temperatura del filamento e dell'emissione di luce, ed infine la rapida bruciatura. Vibrazioni possono anche provocare il guasto a causa della risonanza del filamento o di fenomeni di fatica nel metallo. I filamenti più suscettibili alle vibrazioni sono filamenti sostenuti, sottili e lunghi, e filamenti a spirale avvolti su sè stessi, cioè quei filamenti caratteristici di lampade per tensioni superiori.

E' sempre preferibile isolare lampade a tungsteno da urti e vibrazioni quando possibile. Quando essi non

possono essere evitati, dovrebbe essere usata una lampada che possieda un filamento di elevata resistenza meccanica e stabilità, che generalmente significa usare una lampada con la minima tensione, la massima corrente e la minima efficacia in relazione all'impiego.

(ii) La temperatura ambiente ha poco effetto sul funzionamento della lampada entro i limiti normalmente incontrati, poiché la temperatura del filamento è così alta al confronto. Se la temperatura ambiente supera 95°C, é probabile che la temperatura della parete interna dell'ampolla superi 100°C, e può esistere una certa riduzione nella durata a causa dello sviluppo di vapore acqueo dal vetro. E' spesso possibile far funzionare le lampade in ambienti fino a 125°C senza diminuzione significativa di durata. I limiti di funzionamento per periodi brevi a temperature superiori sono determinati dalla lega usata per la saldatura o dagli altri materiali adoperati nella zoccolatura.

La lampada stessa è una sorgente di calore che può provocare l'aumento della propria temperatura ambiente, particolarmente se funziona in spazio limitato, o se incapsulata o impregnata in materiale di bloccaggio. Per ottimizzare le prestazioni della lampada in temperature ambienti elevate, tutte le possibilità di termodispersione e di ventilazione dovrebbero essere utilizzate, e dovrebbe essere scelta una lampada con il minimo wattaggio rispetto alle dimensioni del bulbo.

(iii) La composizione e la pressione dell'atmosfera in cui le lampade funzionano non è normalmente di importanza, eccetto nel caso di atmosfere in elio.

L'elio si diffonde attraverso il vetro ad una velocità che dipende dalla temperatura, dalla differenza di pressione e dal tipo di vetro. Lampade speciali vengono realizzate per funzionamento in atmosfere di elio, per ridurre la penetrazione al minimo.

4. Alimentazione

Le lampade vengono collaudate per stabilire la durata mediante un funzionamento continuo in parallelo, da una sorgente stabilizzata in c.a. E' stato detto in precedenza che il tipo di alimentazione elettrica non è critico ai fini del funzionamento della lampada, perchè le lampade possono funzionare con qualsiasi tipo di tensione o di corrente applicata ; tuttavia, il tipo di alimentazione può avere un effetto significativo sulla durata.

Il funzionamento in c.c. rappresenta una situazione tipica che può comportare una riduzione significativa nella durata della lampada. Ciò avviene a causa della migrazione elettrica del tungsteno sotto l'influenza del gradiente unidirezionale di potenziale, che, unito all'effetto Soret (trasporto di massa sotto un gradiente termico), dà luogo alla formazione di alterazioni superficiali a denti di sega sul filo del filamento, fenomeno conosciuto come la dentellatura da c.c. Questi effetti superano quelli del normale processo di evaporazione quando il diametro del filo del filamento è piccolo e quando la temperatura di funzionamento è bassa. Quindi per lampade che assorbono correnti inferiori a circa 0,08 Ampère, o che funzionano a temperature di filamento inferiori a circa 2300°K, si può realizzare una riduzione della durata con funzionamento in c.c. La diminuzione può arrivare fino al 50%.

La dentellatura da c.c. rappresenta solo un caso in cui i meccanismi complessi della migrazione del tungsteno producono una accelerazione nella rottura del filamento. Tali meccanismi si verificano anche nel caso di sorgenti bidirezionali e ad impulso, e dipendono dalla forma d'onda e dalla frequenza. Quindi, particolarmente nel caso di lampade a bassa corrente, qualsiasi deviazione da una alimentazione sinusoidale a 50 Hz c.a. comporta generalmente una certa riduzione nella durata.

Riassunto

Lo scopo di queste note è di dare agli utenti di lampade una conoscenza delle possibilità e delle limitazioni con lampade a tungsteno. Valori numerici sono stati inseriti e grafici sono stati forniti dove possibile, per dare una guida alle prestazioni delle lampade attualmente disponibili nel campo miniatura e subminiatura. E' di vantaggio per l'utente di considerare queste informazioni nella progettazione di impieghi. Questa discussione é tuttavia incompleta e sono sempre disponibili ulteriori informazioni su qualsiasi impiego particolare. Inoltre, i perfezionamenti continui nei materiali e nei metodi comportano un ampliamento costante del campo di applicazione e delle prestazioni di lampade a tungsteno.

FIG. D RESISTIVITA' DEL TUNGSTENO IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA

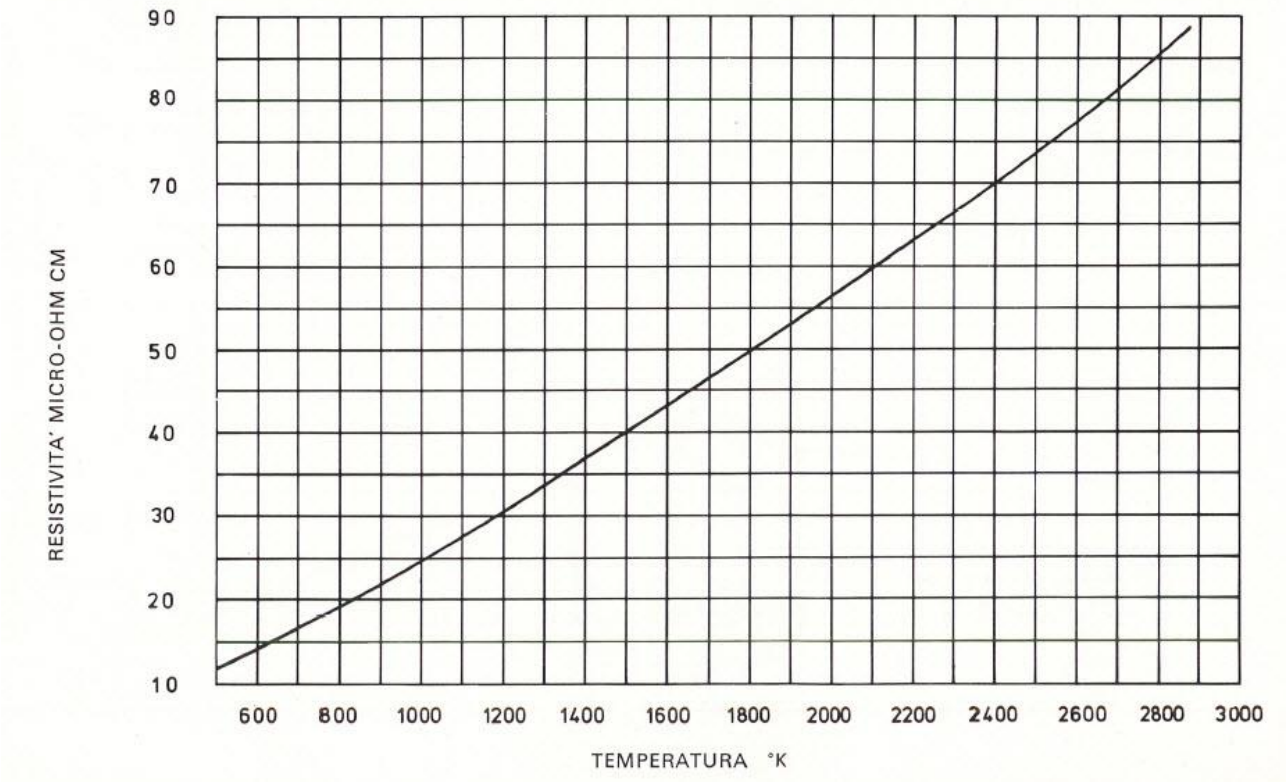
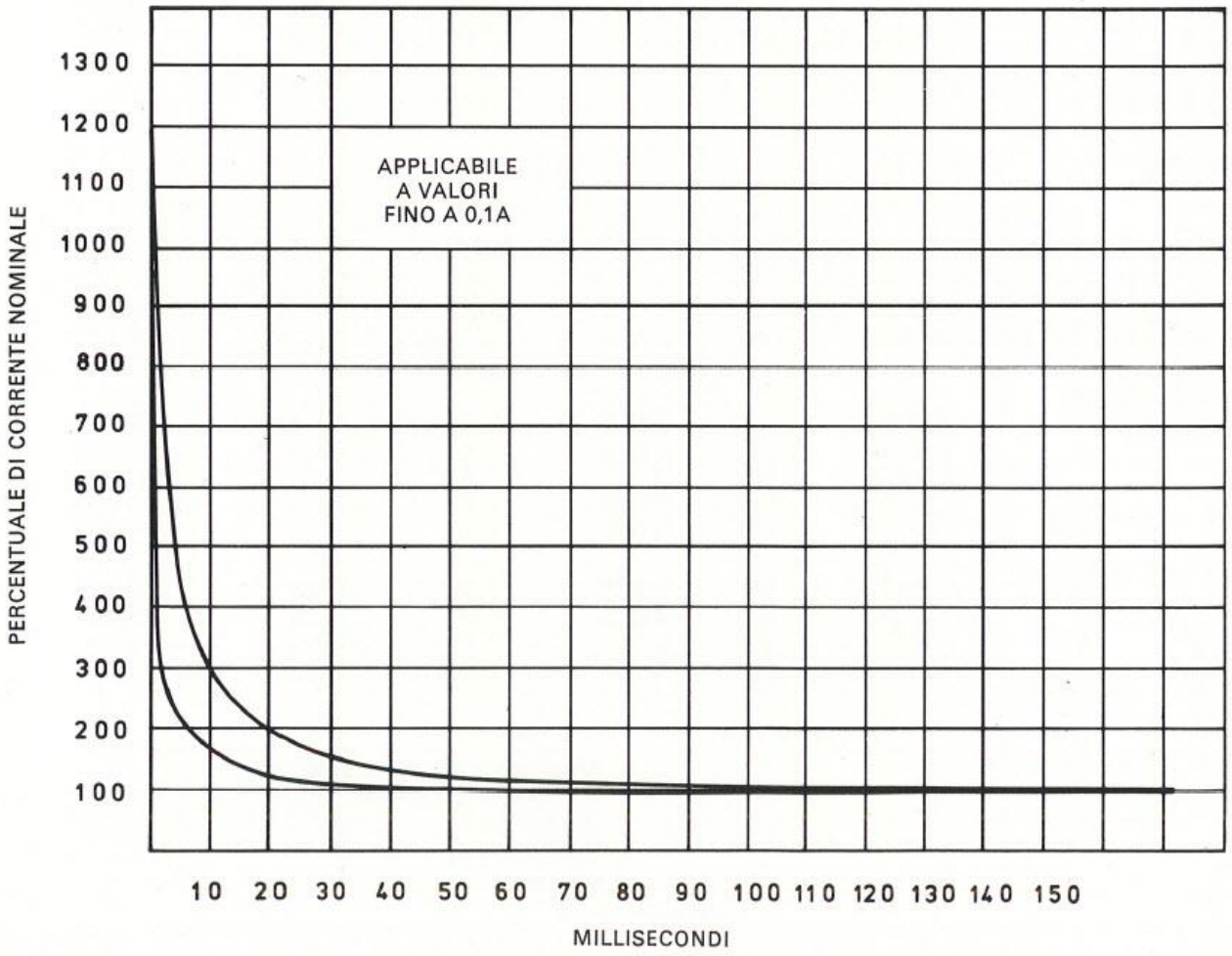


FIG. E CARATTERISTICHE DI SOVRACORRENTE MOMENTANEA PER LAMPADE A TUNGSTENO



Buon divertimento, Alessandro Frezzotti