

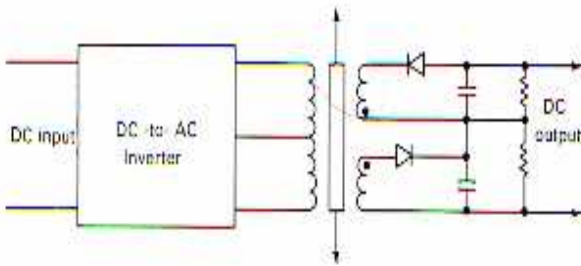
Caratteristiche dell' LVDT DC

Il concetto di un elemento trasduttore funzionante in DC con tutti i vantaggi e le specifiche uniche dell' LVDT ha sempre attratto gli strumentisti. In pratica, un tale tipo di trasduttore si può ottenere solo incorporando un completo condizionatore all'interno dell' LVDT. L'integrazione dell'elettronica con il trasformatore differenziale a variazione lineare dà luogo ad un LVDT DC. Questo capitolo discute l'evoluzione di questi dispositivi e li compara con i convenzionali LVDT AC.

Evoluzione dell' LVDT DC

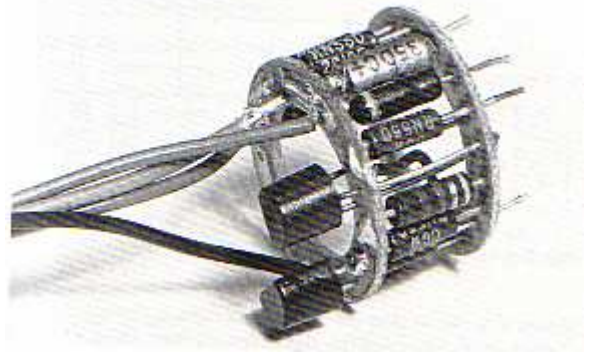
LVDT DC a componenti discreti

Prima dell'invenzione del transistor, non c'erano componenti abbastanza piccoli per ottenere un LVDT DC. Tuttavia, quando divennero disponibili i dispositivi allo stato solido ed i componenti in miniatura, incominciarono a svilupparsi vari tentativi per produrre un condizionatore di segnale in miniatura da inserire nel corpo dell' LVDT. Il risultato fu un LVDT DC come presentato nel diagramma a blocchi della Fig. 8.1.



Si può considerare questo circuito come l'antesignano degli LVDT DC. Viene utilizzato uno "switching inverter" per alimentare un avvolgimento primario speciale. Al secondario è connesso un demodulatore passivo ed un filtro passa basso. La Fig. 8.2 mostra l'assemblaggio di questi componenti in una costruzione a torsolo intorno alla bobina del trasformatore. Questi primi LVDT DC a componenti discreti hanno due svantaggi. Il principale è l'assenza di un circuito di amplificazione, di conseguenza in modo comparativo, la sensibilità di un trasformatore con lunga corsa e con corsa breve, è bassa. In molte applicazioni, la sensibilità e l'ampiezza in uscita sono fattori significativi che purtroppo non possono essere soddisfatti dall' LVDT DC a componenti discreti. In aggiunta, l'impedenza d'uscita è relativamente alta. Per tutti gli scopi pratici, l'impedenza d'uscita è uguale all'impedenza del secondario differenziale. Allora, l'impedenza d'uscita aumenta con più spire al secondario ve avvolte per ottenere un'uscita più alta. Questa

impedenza d'uscita alta rende difficoltoso l'uso dei tipici indicatori a bassa resistenza, sacrificando i significativi vantaggi della maggior parte dei trasduttori funzionanti in DC. Una resistenza di carico bassa determina un'uscita non lineare e conseguente riduzione del campo lineare. Però, nonostante ciò, lo sviluppo di questi LVDT a componenti discreti senza amplificatore, rappresentarono un contributo importante per lo stato dell'arte degli LVDT DC. Fig.8.2



LVDT DC con micro elettronica

Lo stato dell'arte avanzò in maniera drastica con lo sviluppo e l'introduzione dei moduli con microelettronici ibridi come quello mostrato in Fig.8.3

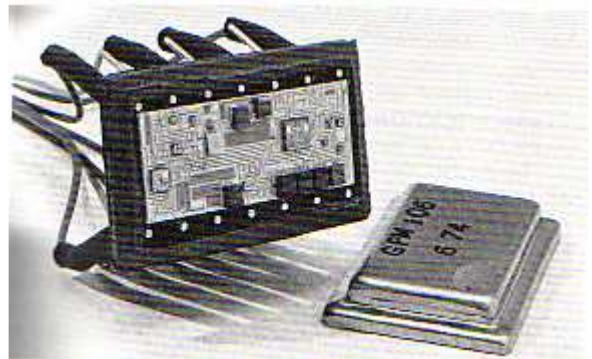
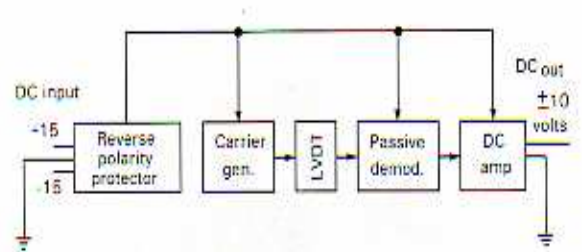


Fig. 8.4



Il diagramma a blocchi di Fig. 8.4, mostra che il modulo incorpora un completo demodulatore passivo ed un amplificatore di segnale in DC. Incorporando un simile modulo gli LVDT DC hanno un'alta sensibilità, una bassa impedenza d'uscita, un'eccellente affidabilità.. Pertanto, in questo capitolo, verranno considerati solo gli

LVDT DC con microelettronica. Le specifiche di funzionamento meccanico degli LVDT DC sono esattamente corrispondenti a quelle degli LVDT AC, ovvero assenza di frizione e medesima costruzione. Quindi rispetto all'applicazione meccanica, l' LVDT DC è perfettamente intercambiabile con l' LVDT AC in ogni applicazione.

Specifiche e valutazione degli LVDT DC

Per comparare le valutazioni di un LVDT DC con quelle di un LVDT AC, l' LVDT DC dovrà essere considerato come un'entità separata piuttosto che come un LVDT AC con un condizionatore di segnale inserito all'interno. Allora, la seguente discussione delle valutazioni e specifiche è basata sull' LVDT DC come fosse un "modulo" con un ingresso ed una uscita. Quando l'alimentazione DC è applicata ai terminali d'ingresso di questo "modulo", appare una tensione dc ai terminali d'uscita che ha un'ampiezza proporzionale alla posizione del nucleo e la polarità determinata dalla posizione del nucleo relativa allo zero.

Spostamento di fondo scala

La variabile di base di un LVDT DC rispetto ad un altro è lo *spostamento di fondo scala*. Questo termine ha esattamente lo stesso significato per l' LVDT DC come specificato per l' LVDT AC nel capitolo 4. Tuttavia, mentre per LVDT AC è necessario considerare, la frequenza di eccitazione e l'impedenza di carico, per la determinare lo spostamento di fondo scala e del campo lineare nominale, per l' LVDT DC è solo la resistenza di carico da considerare più specificatamente una relazione allo spostamento di fondo scala.

Uscita di fondo scala

La tensione di uscita di fondo scala di un LVDT DC non porta necessariamente a considerare la tensione dc di alimentazione. Questo contrasta con l' LVDT AC dove l'uscita è una funzione diretta dell'eccitazione al primario. Il termine *sensibilità* come definito nel Capitolo 4 descrive l'uscita di un LVDT AC; il termine comparativo per l' LVDT DC è *fattore di scala d'uscita* espresso in mV per mm o Volt per pollice di corsa del nucleo (mV_{out}/mm o $V_{out}/pollice$ o V_{out}/mm).

Linearità

La linearità di un LVDT DC è definita esattamente nello stesso modo che per la sua controparte in AC. Ma, mentre per la linearità di un LVDT AC è necessario considerare la frequenza di eccitazione e la resistenza di carico, nel caso dell' LVDT DC

dobbiamo tenere conto solo della resistenza di carico che deve essere uguale o più alta del valore definito nella specifica. La giusta interpretazione di linearità in un sistema di misurazione con LVDT è discussa nel Capitolo 14.

Tensione di zero e quadratura

Questi termini sono applicabili solo agli LVDT AC. Non hanno significato quando si parla di un LVDT DC poiché la posizione di zero è definita dall'uscita di tensione zero. Questo valore è altamente ripetibile negli LVDT DC così come per gli LVDT AC.

Frequenza di risposta e caratteristiche dinamiche

La frequenza di risposta di un LVDT AC è limitata dal minimo rapporto richiesto della frequenza portante verso la frequenza di modulazione e incerti casi, dalla massa del nucleo. Negli LVDT DC la frequenza di taglio del filtro passa basso associato all'amplificatore interno di condizionamento rappresenta una limitazione in più. La frequenza di taglio varia in funzione della corsa dell' LVDT DC, ma in pratica è sempre più bassa di 500 Hz.

Considerazioni elettriche dell' LVDT DC

Per questa sezione e la successiva discussione, il concetto di LVDT DC come "modulo" è stato allargato per includere il concetto che esso include anche un'elettronica di condizionamento. Questa caratterizzazione è fatta per un confronto ed osservazione più chiare.

Considerazioni sulla tensione d'ingresso

La tensione nominale di alimentazione di un LVDT DC è scelta per ottenere una buona stabilità in temperatura ed una ragionevole uscita. Il limite minimo della tensione d'ingresso è determinato dalla minima tensione necessaria affinché l'oscillatore interno funzioni. La massima tensione d'ingresso è il valore che potrebbe causare un danno o la distruzione dell'elettronica. Tuttavia, usando un livello di tensione d'ingresso elevato, la stabilità in temperatura dell'uscita verrà sacrificata. Una tensione d'ingresso leggermente più alta o più bassa della tensione nominale può essere usata per la maggior parte degli LVDT DC se ciò è conveniente per l'utilizzatore che dispone di un qualche suo alimentatore. La tensione d'ingresso deve essere ben stabilizzata rispetto alle variazioni della tensione di linea. Tale regolazione è necessaria principalmente per stabilizzare l'uscita dell'oscillatore. L'amplificatore differenziale dc ha un'alta reiezione di modo comune e quindi è poco

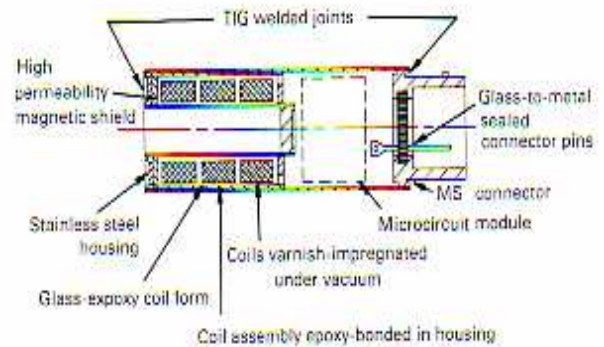
suscettibile alle variazioni della tensione d'ingresso. La stabilizzazione dell'ingresso in dc migliora le prestazioni e la stabilità del LVDT DC.

Considerazioni sull'uscita

L'uscita di un LVDT DC è una tensione dc bipolare che dipende dalla posizione del nucleo. Allo zero meccanico, l'uscita è veramente zero. Lo spostamento del nucleo da una parte e dalla parte opposta rispetto allo zero centrale determina rispettivamente un'uscita positiva e negativa. Come per tutti gli LVDT, l'ampiezza dell'uscita è una funzione lineare della posizione del nucleo. La linearità di un LVDT DC è stimata per una resistenza di carico o per l'impedenza del lettore d'uscita che non influenzi l'uscita in tensione eccessivamente. L'impedenza d'uscita è tipicamente 100 ohm. Per prevenire gli effetti di sovraccarico e di deterioramento della linearità, è consigliabile una impedenza di carico maggiore di almeno 10 volte l'impedenza nominale d'uscita. Un carico resistivo tra 10 e 50 Kohm è usato normalmente. Tuttavia, un circuito di misura con una resistenza totale di 1 Kohm, dà dei risultati soddisfacenti. Una importante differenza tra gli LVDT DC e gli LVDT AC è che i primi non hanno l'ingresso isolato. Quando parecchi LVDT DC sono alimentati dalla stessa sorgente, le uscite sono suscettibili dell'anello di terra e degli effetti di linea comune. Questo problema può essere minimizzato facendo attenzione al cablaggio ed utilizzando tecniche di connessione adatte. A proposito dell'isolamento ingresso-uscita dobbiamo notare un'eccezione alla precedente situazione. La famiglia di LVDT funzionanti in DC sviluppata prima della venuta del modulo in microelettronica usava un inverter a componenti discreti per eccitare il primario dell' LVDT e diodi a semiconduttore collegati al secondario come demodulatori. Questi LVDT DC avevano l'uscita isolata. Tuttavia l'impedenza d'uscita era elevata e la sensibilità bassa, specialmente nei modelli a corsa lunga. Gli LVDT DC attuali sono superiori praticamente in tutte le applicazioni.

Considerazioni dell'influenza delle condizioni ambientali per l' LVDT DC

La presenza dell'elettronica interna determina effetti più evidenti delle condizioni ambientali sull' LVDT DC. Generalmente, l'effetto più significativo è la variazione della temperatura ambiente. Un LVDT DC ermeticamente sigillato, mostrato in Fig. 8.5, può essere usato in certe condizioni ambientali gravose.



Temperatura di funzionamento e di sopravvivenza

Mentre per l' LVDT AC il limite superiore di temperatura è determinato dai materiali e, normalmente è di 300°F che possono arrivare fino a 1100°F per il funzionamento e 1400°F di sopravvivenza per LVDT AC speciali, per l' LVDT DC il limite più grosso è imposto dall'elettronica interna. Quindi la massima temperatura di funzionamento è di 250°F, mentre quella di sopravvivenza 250°F.

Temperatura ambiente

Le variazioni della temperatura ambiente hanno un effetto prevedibile sul funzionamento di un LVDT AC, principalmente sull'impedenza del primario. Gli effetti di dilatazione meccanica dovuti alla temperatura sono generalmente molto più piccoli. Adatti condizionatori di segnale sono disponibili per la compensazione delle variazioni della corrente nel primario. Questi identici effetti dovuti alla temperatura succedono anche per l' LVDT DC. Tuttavia, la capacità di compensazione è più limitata poiché il condizionatore di segnale è posto all'interno dell' LVDT DC ed inoltre il modulo ha un proprio coefficiente di temperatura che influenza il segnale di uscita. Allora, l' LVDT DC può essere più sensibile alle variazioni della temperatura ambiente se confrontato al corrispondente LVDT AC con un condizionatore di segnale esterno.

Funzionamento alle basse temperature

L' LVDT DC può funzionare fino a - 40°F se la temperatura rimane abbastanza costante. Sotto questo valore, specialmente a temperature criogeniche, il limite è determinato dai semiconduttori al silicio e quindi il funzionamento non è praticabile.

Radiazioni nucleari

Un'altra condizione ambientale legata alla temperatura è la radiazione nucleare. Le proprietà

elettriche dei semiconduttori e degli isolamenti organici possono essere distrutti se sottoposti a pesanti dosi di radiazione. Perciò, l' LVDT DC non è adatto a questo impiego ma è raccomandato l'uso di un LDVT AC appositamente costruito per questo servizio.

Effetti di campo magnetico

L'influenza di un campo magnetico esterno è simile a quella per l' LVDT AC. Le stesse precauzioni devono pertanto essere applicate eccetto che per l'influenza sulla tensione di zero non ha alcun effetto sull'uscita dell' LVDT DC.

Umidità

Il modulo elettronico è incapsulato con materiali di riempimento di qualità così l'influenza dell'umidità è come per l' LVDT-AC. Le bobine sono impregnate con vernici sotto vuoto che provvedono ad un' eccellente resistenza agli effetti dell'umidità.

Affidabilità di un LVDT DC

In ogni sistema, l'affidabilità è funzione del numero dei componenti ed il loro tasso di guasto. Cosicché, l'analisi dei guasti del condizionatore di segnale è garantita per le applicazioni spaziali. La conclusione è che il valore di MTBF, per un LVDT DC, è stimato in 33.000 ore.

Uso di un LVDT DC nei trasduttori.

L' LVDT DC può essere impiegato anche come elemento di trasduzione per altri tipi di misurazioni quali, le teste di misura, celle di carico e trasduttori di pressione. Sono disponibili anche i trasduttori di posizione angolare RVDT DC. Nelle successive note affronteremo la discussione su questo tipo di impiego.

Dott. Edward E. Herceg
Handbook of Measurement and Control