

Monitoraggio delle vibrazioni con loop di corrente e PLC

Comprendere le opzioni di scala del normale trasmettitore di vibrazioni

Meredith Christman, Product Marketing Manager
PCB Piezotronics

L'uso del monitoraggio delle vibrazioni per l'analisi e la diagnostica delle condizioni dei macchinari è una pratica comune nella maggior parte degli impianti industriali. Un programma di monitoraggio delle vibrazioni può includere i seguenti metodi:

- **Route-based:** i punti di raccolta dei dati sulle vibrazioni sono identificati e mappati su un percorso. I tecnici si spostano da un punto all'altro, prendendo dati con un accelerometro con uscita VAC e un raccoglitore di dati portatile.
- **Installazione permanente:** gli accelerometri con uscita VAC sono installati in modo permanente e collegati a un sistema di acquisizione dei dati.
- **Monitoraggio del processo:** i trasmettitori di vibrazioni con uscita in corrente 4-20mA sono installati in modo permanente e collegati a un controllore logico programmabile (PLC), a un sistema di controllo distribuito (DCS) o a un sistema di controllo e acquisizione dati (SCADA).

Considerando l'uso diffuso dei PLC negli impianti industriali per altri scopi, è molto comune per i tecnici che si occupano di manutenzione e affidabilità scegliere di utilizzare i trasmettitori di vibrazioni come sensore preferenziale per via della loro capacità di integrarsi perfettamente nel sistema esistente e fornire un segnale continuo che può essere monitorato, registrato e di cui tracciarne l'andamento. Prima di selezionare un trasmettitore di vibrazioni, è fondamentale che il tecnico comprenda le diverse opzioni di unità di misura disponibili (radice quadrata media [RMS], picco e picco reale).

Il ruolo del trasmettitore di vibrazioni in un loop di corrente

Come la maggior parte dei loop di corrente, quello dedicato al monitoraggio delle vibrazioni è formato da tre tipi di componenti principali cablati tra di loro:

- Alimentazione VDC
- Trasmettore/i di vibrazioni
- Resistore

L'alimentazione (tipicamente 24 VDC) fornisce la corrente al sistema. Ogni trasmettitore dotato di un campo di misurazione specifico controlla il flusso di corrente per far passare solo la quantità di corrente corrispondente all'attuale misura della vibrazione. La corrente passa poi nel cavo fino al resistore, dove viene convertita in tensione continua. Il resistore è di norma dimensionato a 250 Ω per un segnale 1-5 VDC o 500 Ω per un segnale 2-10 VDC.

I trasmettitori di vibrazioni sono comunemente dotati di campi di misura in accelerazione, in velocità o in spostamento. La tabella seguente illustra i più comuni campi di misura di accelerazione, di velocità e di spostamento e il relativo valore di uscita della corrente.

Uscita corrente	Accelerazione			Velocità			Spostamento		
	0-5 g	0-10 g	0-20 g	0-0,5 ips	0-1 ips	0-2 ips	0-10 mils	0-20 mils	0-40 mils
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,31	0,63	1,25	0,03	0,06	0,13	0,63	1,25	2,50
6	0,63	1,25	2,50	0,06	0,13	0,25	1,25	2,50	5,00
7	0,94	1,88	3,75	0,09	0,19	0,38	1,88	3,75	7,50
8	1,25	2,50	5,00	0,13	0,25	0,50	2,50	5,00	10,00
9	1,56	3,13	6,25	0,16	0,31	0,63	3,13	6,25	12,50
10	1,88	3,75	7,50	0,19	0,38	0,75	3,75	7,50	15,00
11	2,19	4,38	8,75	0,22	0,44	0,88	4,38	8,75	17,50
12	2,50	5,00	10,00	0,25	0,50	1,00	5,00	10,00	20,00
13	2,81	5,63	11,25	0,28	0,56	1,13	5,63	11,25	22,50
14	3,13	6,25	12,50	0,31	0,63	1,25	6,25	12,5	25,00
15	3,44	6,88	13,75	0,34	0,69	1,38	6,88	13,75	27,50
16	3,75	7,50	15,00	0,38	0,75	1,50	7,50	15,00	30,00
17	4,06	8,13	16,25	0,41	0,81	1,63	8,13	16,25	32,50
18	4,38	8,75	17,50	0,44	0,88	1,75	8,75	17,50	35,00
19	4,69	9,38	18,75	0,49	0,94	1,88	9,38	18,75	37,50
20	5,00	10,00	20,00	0,50	1,00	2,00	10,00	20,00	40,00

Processo di condizionamento del segnale di un trasmettitore di vibrazioni

Il processo di condizionamento del segnale di un trasmettitore di vibrazioni è simile a quello di un accelerometro IEPE (Integrated Electronics Piezo-Electric, piezoelettrico con elettronica integrata) e inizia con la produzione di un'uscita di carica ad alta impedenza da parte dell'elemento sensibile, una volta sollecitato da una forza. La carica è raccolta nel condensatore e viene convertita in un segnale in tensione a bassa impedenza dall'amplificatore.

Il segnale a bassa impedenza è un segnale in tensione AC (tipicamente 0-5 VAC per un sensore con una sensibilità di 100 mV/g) che si sovrappone alla tensione di bias CC fino al disaccoppiamento. Il segnale di tensione AC oscilla in positivo e in negativo. In negativo, l'oscillazione di tensione va da un limite inferiore specifico del sensore alla tensione di bias. In positivo, l'oscillazione di tensione va dalla tensione di bias alla tensione di eccitazione.

Il campo di misura del segnale di tensione AC può rimanere in accelerazione o essere integrato per avere un output in velocità o doppiamente integrato per un output proporzionale allo spostamento. Viene poi scalato all'intervallo di misurazione specificato, come indicato nella tabella della sezione precedente. Il segnale di tensione AC è successivamente convertito in CC con RMS o con il metodo di rettificazione/cattura del picco. Il segnale di tensione CC è poi convertito in un segnale di corrente 4-20 mA.

La conversione del segnale di tensione AC in CC è il fattore principale che determina la scalatura del segnale di corrente risultante. Non è così semplice come fare la media dei valori dei singoli segnali di tensione AC perché risulterebbe una misura non valida pari a zero per le onde sinusoidali con uguali semicicli positivi e negativi. Se il segnale è convertito con RMS, l'uscita di corrente risultante sarà scalata in RMS e in picco. Se il segnale è convertito con raddrizzamento/cattura del picco, l'uscita di corrente risultante sarà scalata in picco reale.

Prima di vedere in dettaglio i passaggi coinvolti in ognuno dei due metodi associati alla conversione della tensione AC in CC, rivediamo la differenza tra le tre opzioni di scalatura.

- RMS: media aritmetica di tutte le ampiezze catturate nel periodo di tempo.
- Picco: media aritmetica di tutte le ampiezze catturate nel periodo di tempo per 1,414.
- Picco reale: il picco di massima ampiezza reale nel periodo di tempo.

Metodo del valore quadratico medio

Il metodo RMS consiste nelle seguenti quattro fasi di calcolo:

- Dividere un ciclo (cioè un mezzo ciclo positivo e un mezzo ciclo negativo) della forma d'onda CA in molte parti, ciascuna abbastanza piccola da rappresentare una tensione costante durante il periodo di tempo. Vedere Figura 1.
- Calcolare il valore quadratico di ogni singola tensione costante. Il valore quadratico di ogni singola tensione converte tutte le tensioni, indipendentemente dal fatto che siano originariamente positive o negative, in valori positivi. Vedere Figura 2.
- Calcolare la media dei valori quadratici. Vedere Figura 3.
- Calcolare la radice quadrata della media. Il risultato è il valore RMS della tensione CC.

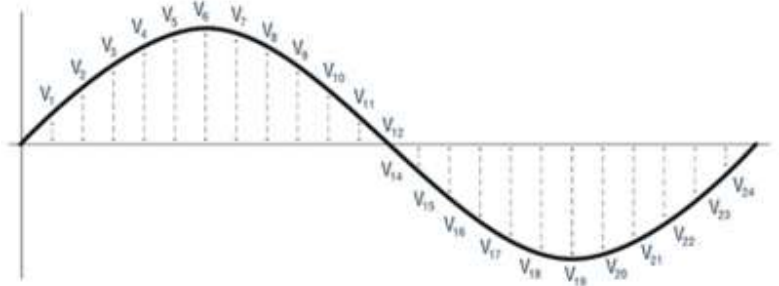


Figura 1: i semicicli positivi e negativi di una forma d'onda CA sono divisi in molte parti, ciascuna abbastanza piccola da rappresentare una tensione costante.

La tensione di picco (V_P) può essere calcolata in base alle seguenti equazioni partendo dal valore RMS della tensione CC. Come per la precedente equazione del valore RMS della tensione CC, la seguente equazione può essere usata solo se la forma d'onda è un'onda sinusoidale.

$$V_P = V_{RMS} \times \sqrt{2} = V_{RMS} \times 1.414$$

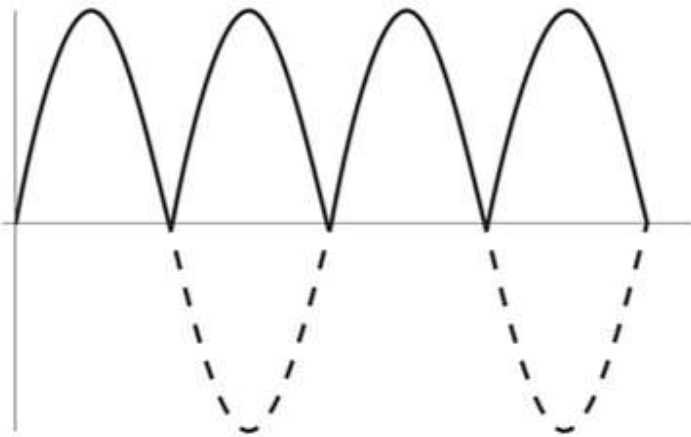


Figura 2: il valore quadratico di ogni singola parte della forma d'onda farà sì che le porzioni negative diventino positive.

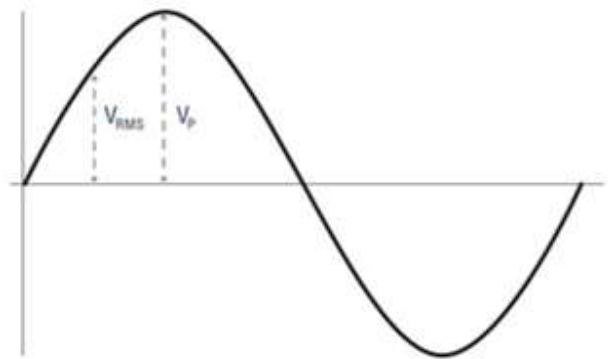


Figura 3: la scala RMS rappresenta il 70,7% dell'energia sotto la curva della forma d'onda, mentre la scala di picco rappresenta il 100% dell'energia sotto la curva della forma d'onda.

Metodo di rettifica/cattura dei picchi

Per le applicazioni in cui è necessario identificare il picco di ampiezza realmente più elevato nel periodo di tempo (ad esempio, cuscinetti, compressori alternativi e altri monitoraggi di impatto metallo con metallo), il segnale di tensione CA è convertito in CC con il metodo di rettifica/cattura dei picchi, invece che con il metodo RMS. Il processo di raddrizzamento converte tutti i semicicli negativi della forma d'onda in semicicli positivi di ampiezza equivalente. La funzione di cattura dei picchi scansiona quindi tutti i semicicli positivi durante un dato periodo di tempo e cattura l'ampiezza più elevata come valore di picco reale.

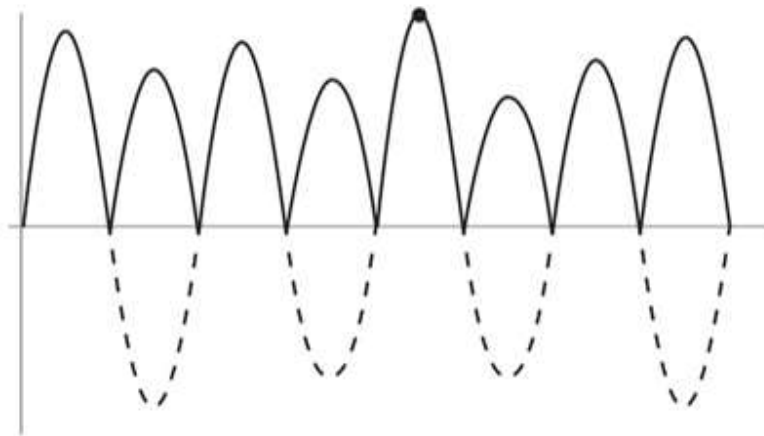


Figura 4: nella metodologia di rettifica/cattura dei picchi, tutte le parti negative della forma d'onda sono convertite in positive, poi viene identificata l'ampiezza più elevata.

Conclusione

Un trasmettitore di vibrazioni produce un'uscita di corrente che può essere facilmente monitorata e registrata per poi tracciarne l'andamento come richiesto da PLC, DCS o SCADA. La scala dell'uscita di corrente (RMS, picco o picco reale) dipende dal metodo utilizzato per convertire la tensione AC in CC durante il processo di condizionamento del segnale del trasmettitore di vibrazioni.