

2.4.4 Piezoelektrischer Kraftaufnehmer

Sachworte: Piezoelektrischer Kraftaufnehmer, Kraftmessung, Spannungsverstärker, Ladungsverstärker, Piezo-Einzelement, Piezo-Doppelement

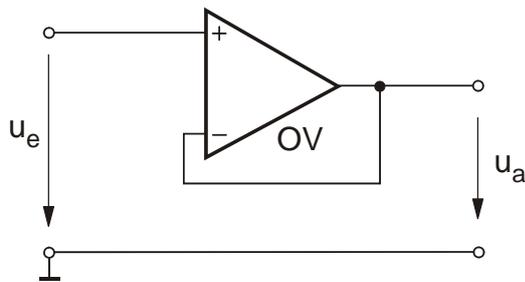


Bild 1 Spannungsverstärker

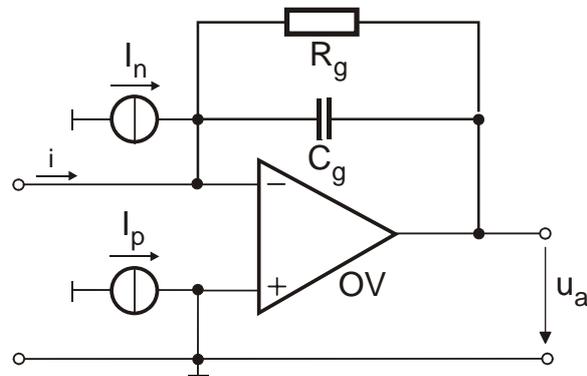


Bild 2 Ladungsverstärker

Eine dynamisch wirkende Kraft F soll mit einem piezoelektrischen Kraftaufnehmer, der aus einem Einzelement (Kapazität C_q , Innenwiderstand R_q , Piezomodul k) aufgebaut ist, erfasst werden. Der Sensor wird über ein Koaxialkabel einmal an einen Spannungsverstärker nach Bild 1 und dann an einen Ladungsverstärker nach Bild 2 angeschlossen. Die Eingangsströme des realen Operationsverstärkers werden durch die beiden Stromquellen I_n und I_p berücksichtigt.

In der Aufgabe sollen typische Sensoreigenschaften gezeigt und die beiden Verstärkertypen auf ihre Eignung zur Messung von Kräften untersucht werden.

Piezokraftaufnehmer: $k = 2,3 \cdot 10^{-12} \text{ As/N}$; $R_q = 10^{12} \Omega$; $C_q = 10 \text{ pF}$;

Koaxialkabel: R_K, C_K

Ladungsverstärker: $R_g = 100 \text{ M}\Omega$; $C_g = 1 \mu\text{F}$

Die Kraft ändere sich zur Zeit $t = 0 \text{ s}$ sprungförmig von $F = 0 \text{ N}$ auf $F = F_0 = 10^3 \text{ N}$.

Fragen:

- Berechnen und skizzieren Sie die Ausgangsspannung u_q des Sensors ohne nachgeschalteten Verstärker.
- Diskutieren Sie die Eigenschaften der beiden Verstärker zur Verstärkung des Sensorsignals. Welche Funktion hat der Widerstand R_g in Bild 2?
- Berechnen und skizzieren Sie für beide Messverstärker den Verlauf ihrer Ausgangsspannung $u_a(t)$ bei $I_n = 0 \text{ mA}$.

- d) Wie wirkt sich bei beiden Verstärkern ein Koaxialkabel, das sich ersatzweise durch einen Parallelwiderstand R_K und eine Parallelkapazität C_K darstellen lässt, auf die Ausgangsspannung aus?
- e) Wie wirkt sich der Eingangsstrom I_n des OV auf die Ausgangsspannung des Ladungsverstärkers aus?
- f) Typische industriell ausgeführte Piezosensoren enthalten zwei Einzelelemente. Skizzieren und erläutern (Vorteil, Nachteil) Sie einen solchen Aufbau.
- g) Ermitteln Sie die Parameter R_{q2} , C_{q2} und k_2 sowie die Zeitkonstante τ_{q2} eines solchen Doppелеlementes abhängig von den Parametern R_q , C_q und k eines Einzelelementes.
- h) Berechnen Sie die Ausgangsspannung u_{q2} des Doppelsensors ohne nachgeschalteten Verstärker bei einem Kraftsprung von $F = 0 \text{ N}$ auf $F = F_0$.
- i) Berechnen Sie für einen Doppelsensor den Verlauf der Ausgangsspannungen $u_a(t)$ beider Messverstärker bei einem Kraftsprung von $F = 0 \text{ N}$ auf $F = F_0$.

8