



גיליון תרגילים מספר 1

שאלה 2.

מצורפים מפרטים טכניים של חיישני לחץ תוצרת חברת Dytran עבור דגמים 2200V1, 2201V1 ו-2011V1.

א. נדרש למדוד לחץ בתחום 3MPa – 6MPa. באיזה חיישן מבין החיישנים הקיימים תבחרו?

Model	2200V1 & 2201V1	2011V
Range FS [PSI]	100	1000
Range FS [MPa]	0.689	6.894

כאשר יחס ההמרה הוא $1\text{MPa} = 145.03\text{PSI}$.

לכן נבחר בחיישן 2011V.

ב. עבור החיישן שבחרתם, התקבל אות מוצא (מתח) בגודל של 3.75V. מהו הלחץ הנמדד?

מתוך המפרט – $\text{Sensitivity} = 5\text{mV/PSI}$.

$$V_{out} = SP_{in} \quad \rightarrow \quad P_{in} = \frac{V_{out}}{S} = \frac{3750_{[V]}}{5_{\left[\frac{mV}{PSI}\right]}} = \boxed{750_{[PSI]}}$$

ג. פרט את הסיבות האפשריות לאי-דיוק במדידה (לפי הגדלים המופיעים במפרט). יש לסווג

כל גודל לסוג השגיאה שאליו הוא שייך (שגיאת %F.S., שגיאת %Reading).

$$\text{Resolution } 0.009_{\text{PSI}} : e_{res} = \frac{0.009_{[PSI]}}{FS_{[PSI]}} = \frac{0.009_{[PSI]}}{1000_{[PSI]}} = \boxed{\pm 0.00045\% FS}$$

Acceleration Sensitivity $0.02_{\text{PSI/G}}$:

$$e_{AS} = \frac{0.02_{\left[\frac{PSI}{G}\right]} \text{MaxVibration}_{[G]}}{FS_{[PSI]}} \times 100\% FS = \frac{0.02_{\left[\frac{PSI}{G}\right]} 1000_{[G]}}{1000_{[PSI]}} \times 100\% FS = 2\% FS = \boxed{\pm 1\% FS}$$

Non-Linearity +/- 1%FS : $e_{NL} = \pm 1\% FS$

השגיאות הללו הן שגיאות %FS, משום שהן נותנות שגיאה מוחלטת קבועה בתחום.

Thermal Coefficient of Sensitivity $0.03\%/^{\circ}F$:

$$e_t = 0.03_{\left[\frac{\%}{^{\circ}F}\right]} \Delta T_{[^{\circ}F]} = \boxed{0.03 \Delta T [\% \text{Reading}]}$$

שגיאה זו היא שגיאת %Reading משום שהיא נותנת שגיאה יחסית קבועה בתחום.



ד. נתון עסף: למערכת המדידה הכוללת את החיישן מחובר גם מד טמפרטורה בעל דיוק של $\pm 10^0 F$. מהי השגיאה במדידת הלחץ שמתקבלת עבור כניסה של 500psi?

$$\Delta P_{in} = \frac{0.03}{100} \Delta T P_{in} = \pm \frac{0.03}{100} \left[\frac{1}{^{\circ}F} \right] \times 10 [^{\circ}F] \times 500 [PSI] = \boxed{\pm 1.5 [PSI]}$$

ה. מהו אי הדיוק הכללי במדידה (הניחו כי המכשיר קורא לחץ P כלשהו). הציגו את התחום (כפונקציה של P) בו נמצאת המדידה, התחשבו בגורמי השגיאה שמצאתם בסעיף ג'. יש להציג את e_i כאחוז מFS:

$$e_i = 0.03 \left[\frac{\% P_{in}}{^{\circ}F} \right] 10 [^{\circ}F] = 0.3 [\% P_{in}] = \frac{0.3}{FS} P_{in} [\% FS] = 0.0003 P_{in} [\% FS]$$

$$e_{overall} = \sqrt{\sum e_i^2} = \sqrt{0.00045^2 + 1^2 + 1^2 + (0.0003 P_{in})^2}$$

אי הדיוק יהיה:

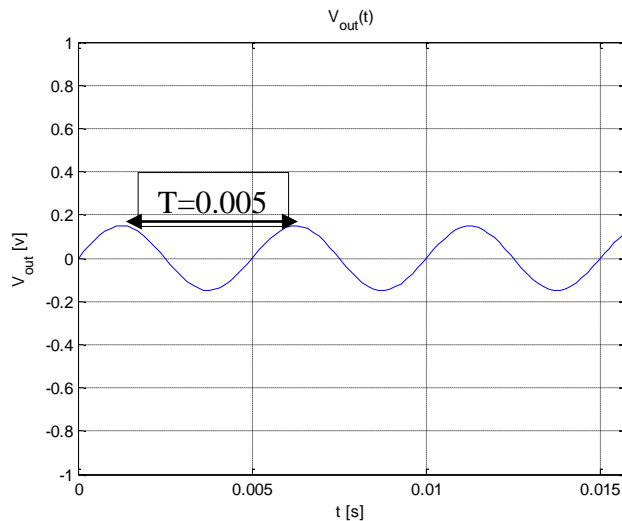
$$\Delta P_{in} = P_{in} \pm \frac{e_{overall}}{100} FS = P_{in} \pm 10 e_{overall}$$

שאלה 3.

מצורף מפרט של מד תאוצה ומהירות זוויתית של חברת Systron Donner Inertial Division.

המדיד מחובר לאוסצילוסקופ שעליו מתקבל האות הבא:

גל סינוס בעל זמן מחזור של $0.005 [sec]$ ומשרעת של $0.15 [V]$.



א. חשב את רגישות המדיד, עבור תחום מדידה של עד

$10 [g]$



Full Range Output +/- 7.5v

FS 10 g's

$$V_{out} = Sa_{in} \rightarrow S = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta a_{in}} = \pm \frac{7.5[V]}{10[g]} = \boxed{0.75 \left[\frac{V}{g} \right]}$$

ב. מהי משרעת ההזזה המכנית הנמדדת?

החיישן מודד תאוצה (לא מיקום!), את המיקום נחשב ע"י אינטגרציה כפולה של משוואת התנועה עבור אוסילטור הרמוני:

$$\ddot{x} = a_0 \sin(\omega t)$$

$$\dot{x} = -\frac{a_0}{\omega} \cos(\omega t)$$

$$x = \frac{a_0}{\omega^2} \sin(\omega t) \quad A_0 = \frac{a_0}{\omega^2} = \frac{a_0 T^2}{4\pi^2}$$

ואת האמפליטודה של התאוצה נמצא מרגישות החיישן:

$$V_{out} = Sa_{in} \rightarrow a_{in} = \frac{V_{out}}{S} = \frac{0.15[V]}{0.75 \left[\frac{V}{g} \right]} = 0.2g = 1.962 \left[\frac{m}{sec^2} \right]$$

$$\left(g \approx 9.81 \left[\frac{m}{sec^2} \right] \right)$$

לכן נקבל:

$$A_0 = \frac{a_0 T^2}{4\pi^2} = \frac{1.962 \frac{m}{sec^2} \cdot 0.005^2 sec^2}{4\pi^2} = \boxed{1.242 \mu m}$$

ג. משתמשים בחיישן למדידת תאוצה. מהי שגיאת המדידה המירבית עקב העובדה

שהחיישן עובד בסביבה בה הטמפרטורה הנה $50 [^{\circ}C]$ במהלך הניסוי? איזו שגיאה זו?

נשים לב כי הכיול נעשה בטמפרטורה של $22^{\circ}C$. כלומר, המדידה נעשתה $28^{\circ}C$ מעל הכיול.

Temperature Sensitivity $0.03\%/^{\circ}C$

$$\left. \begin{aligned} e_t &= \pm 0.03 \left[\frac{\% \text{Reading}}{^{\circ}C} \right] \Delta T [^{\circ}C] = 0.84 [\% \text{Reading}] \\ \text{Reading} &= a_{in} = \frac{V_{out}}{S} = 0.2g \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta a_{in} = \pm \frac{0.84}{100} \times 0.2g = \boxed{\pm 1.68 \times 10^{-3} g}$$



ד. כמו בסעיף ג', רק שהפעם מצאו את שגיאת המדידה המרבית כאשר החיישן עובד

בסביבה בה הטמפרטורה הינה $100 [^{\circ}C]$.

טמפרטורה זו גבוהה מתחום העבודה של החיישן ולכן לא נוכל למדוד איתו. למעשה, זהו אף קצה תחום טמפרטורת האיכסון, כך שהחיישן אפילו ינזק.