



## מבחן מועד א' – 26.7.2020

משך המבחן – שלוש שעות.

מותר השימוש בכל חומר עזר, אסור להיעזר באנשים אחרים בכל צורה

### שאלה 1: מדי עיבור למדידת מומנט פיתול (25%)

דרוש למדוד מומנט פיתול בתחום עבודה של  $\pm 100N-m$  שמופעל על ציר מסתובב עם רדיוס  $r=0.03m$ .

$$\text{(מעוות הפיתול } \gamma \text{ שנוצר בגלל מומנט פיתול } T \text{ הוא } \gamma = \frac{2T}{\pi G_M r^3} \text{ כאשר } G_M \text{ הוא מודול הגזירה)}$$

$$.(G_M = 80GPa = 8 * 10^{10} N / m^2)$$

- נתונים מדי עיבור בעלי התנגדות נומינלית של  $120\Omega$  וקבוע  $G=2.0$ . איך תמקם את מדי-העיבור ואיך תחבר אותם בגשר כדי לקבל רגישות מקסימאלית?
- מהי הרגישות ביחידות של  $mV/V/N$ ? האם המדידה רגישה לכוח צירי? למומנט כפיפה? לטמפרטורה?
- איזה מתח אספקה כדאי לבחור כדי לקבל רגישות מקסימאלית כשידוע שההספק המקסימלי שניתן לספק למדי העיבור הינו  $P=0.21 \text{ Watt}$ .
- כדי לבדוק את הרגישות החליטו להשתמש בנגד כיוול ולבדוק את תגובת המעגל. איזה נגד כיוול תחבר במקביל לאחד ממדי-העיבור כדי לדמות פיתול בקצה תחום העבודה?
- משתמשים במתח אספקה שנבחר בסעיף ג ומחברים את היציאה של מעגל הגשר למגבר מכשור. מה צריך להיות ההגבר של מגבר המכשור אם רוצים לדגום את היציאה שלו עם דוגם שמתח הכניסה שלו הוא  $\pm 5V$ . נתון כי עיבור המגבר,  $CMRR=200,000$ . מהי מתח היציאה מהמגבר בגלל ההגבר המתח המשותף? מהי השגיאה היחסית בקצה תחום העבודה?

### שאלה 2 (25%) משתמשים בחיישן *Moving Coil Sensors* כדי למדוד מהירות תנועה של גוף בתחום תדרים

של  $10-1000\text{Hz}$ . החיישן מכיל מגנט קבוע בגודל  $B=12,000 \text{ Gauss}$  ( $\text{Gauss} = 10^{-8} \text{ Volt*sec/cm}^2$ ).

- הסליל הפנימי מלופף על ליבה בקוטר של  $1\text{cm}$ . כמה ליפופים צריכים להיות כדי לקבל רגישות של  $48\text{mV}/(\text{cm}/\text{sec})$ ?
- מה אמפליטודה של מתח היציאה עבור תזוזה סינוסואידלית בתדר  $10\text{Hz}$  ואמפליטודה של  $1\text{cm}$ ?
- דוגמים את מתח היציאה ע"י דוגם עם  $12$  ביטים שמקבל מתח כניסה של  $\pm 5V$ . מה המהירות המינימאלית שאפשר למדוד? מה השינוי המינימאלי בתדר של התזוזה מסעיף ב (תזוזה באמפליטודה של  $1\text{cm}$ ) שאפשר למדוד?
- מסתבר שצריך למדוד גם את המקום ולא רק את המהירות. מציעים להשתמש בחיישן השראות דיפרנציאלי שמחובר לגשר. האם אפשר להשתמש במקור מתח עם תדירות רשת החשמל בארץ ( $50$  הרץ) כמקור מתח למעגל הגשר כדי למדוד את התזוזה מסעיף ב? אם לא, הצע תדר שמתאים. בכל מקרה: אילו תדרים יופיעו במתח היציאה מהגשר? איזה רכיבים תחבר ליציאה מהגשר כדי לקבל מתח שפרופורציוני לתזוזה? עבור כל רכיב: פרטו מה הוא עושה ואם יש פרמטר חשוב, ציינו מה הוא צריך להיות.



**שאלה 3: חיישני כוח פיזו-אלקטרי בהשוואה לחיישן כוח עם מדי עיבור (50%)**

נתון חיישן כוח פיזו-אלקטרי ללא מגבר מטען פנימי, עם הנתונים הבאים:

תחום כוחות: 0-750N

רגישות מטען לכוח: 4pC/N

לינאריות: 1%FSO

תחום התדרים שבו החיישן מעביר את מדידת הכוח בדיוק של עד 10% הוא: 1-XHz כאשר X הוא מספר שנוצר מ-4 הספרות האחרונות של תעודת הזהות שלכם (אם מספר ת.ז. הוא 123456789 אז  $X=6789$ ).

(1) תגובת התדירות של החיישן:

(a) מהם הערכים השכיחים למקדם ריסון ( $\xi$ ) שמשתמשים בחיישנים פיזואלקטריים. בחרו מקדם ריסון בתחום הזה והניחו שזה הערך האמתי.

(b) מהו התדר הטבעי של החיישן?

(c) שרטטו באופן מקורב את תגובת התדירות של החיישן. ציינו באופן ברור את תחום התדרים בו דיוק המדידה יותר טוב מ-10% ואת תדר הרזוננס של החיישן.

(d) נניח שיש כוח שמעורר תדרים סביב התדר הטבעי של המערכת – בתחום 0.5-1.5 התדר הטבעי. האם הדוגם שבחרתם בפרויקט מתאים לדגום את המתח שנוצר? נמקו. במקרה ואתם לא מוצאים את המידע המתאים: ציינו מה המידע שדרוש ומה התנאי שהוא צריך לקיים כדי להיות מתאים לדגום את המתח שנוצר.

(e) מהו אורך הפולס המלבני המקסימאלי שהשגיאה בסופו תהיה קטנה מ-10%?

(2) הורדת הגבול הנמוך של תחום התדרים של החיישן

(a) תכנן מעגל להורדת הגבול הנמוך של תחום התדרים של החיישן לפחות מ-0.25Hz.

(b) נתונים נגד של 10GOhm וקבלים של 100,200,300,400pF. בחר קבל מתאים – מתוך הקבלים הנתונים. מהם השיקולים בבחירת ערכי הקבל?

(c) איך תושפענה התשובות לסעיף (1) מהורדת הגבול הנמוך של תחום התדרים של המערכת? לכל תת-סעיף: ציינו האם התשובה תשתנה. אם לא, נמקו. אם כן, מה תהיה התשובה בהינתן הגבול החדש.

(3) מודדים אות שמשתנה באופן סינוסואידלי עם אמפליטודה של 4V ותדר של 1000Hz.

(a) בהזנחת השגיאה הדינאמית והאי-לינאריות של החיישן: מה האמפליטודה והתדר של הכוח?

(b) מה שגיאת האמפליטודה בהתחשב בשגיאה הדינאמית? מה האמפליטודה של הכוח שנמדד בהתחשב בשגיאה הדינאמית?

(c) מה שגיאת האמפליטודה בהתחשב בשגיאת האי-לינאריות?

**מהצמחה**