



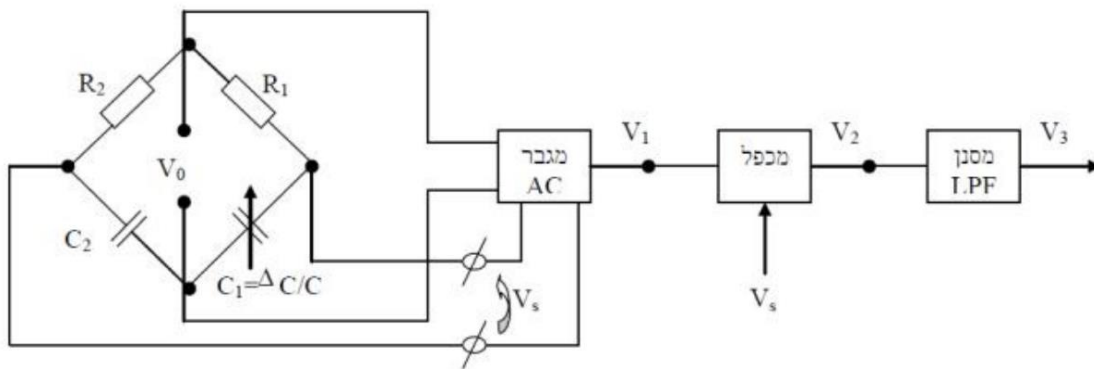
### גיליון תרגילים מספר 3

הערות:

• מועד אחרון להגשת התרגיל: 10.6.2021

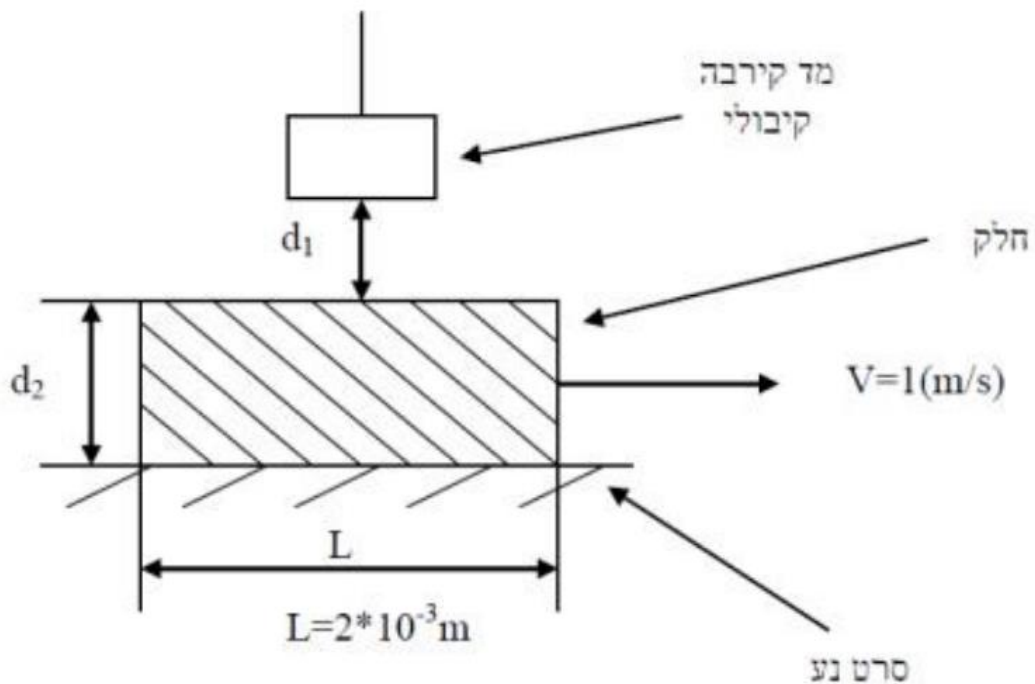
#### שאלה 1

נתונה מערכת מדידה כמתואר בציור מס' 1:



ציור מס' 1

כאשר  $C_1$  הינו מד קירבה קיבולי העובר מול חלקים הנעים על גבי מסוע במהירות  $V$  ובמימדים הנתונים בציור מס' 2.  
 שימו לב: מרחק בין חלקים הוא  $L$ .



ציור מס' 2



מתח המוצא מהמעגל גשר הינו:  $V_0 = V_s \frac{\Delta C}{C} \frac{1}{4}$ . תדר הגל הנושא הינו  $f_c = 4 [kHz]$  והוא מתנהג לפי:

$$V_s = \sin(2\pi f_c t)$$

(א) צייר 4 גרפים (אחת מעל השני) של המתחים  $V_0, V_1, V_2, V_3$  כתלות בזמן עבור מעבר של חלק בודד.

(ב) הערך את המהירות המקסימאלית של החלק  $V_{max}$  אשר ניתנת למדידה.

הערות:

אפשר להניח ש אורך של המדיד הקיבולי קטן יחסית ל-L - כך שהשינוי הוא מיידי.

## שאלה 2

משתמשים בחיישן LVDT כדי למדוד תזוזות של מערכת מכנית שניתן למדל אותה כמערכת מסה-קפיץ-מרסן, עם

$$M = 1Kg (= 10N); k = 36,000 \frac{N}{m}; \xi = 0.1$$

- בהנחה שמערערים את המערכת בכל התדרים באופן שווה (רעש לבן), ומעוניינים למדוד תנודות מכניות עד לתדר בו יש הנחתה בפקטור של 1000. בחרו תדירות עירור מתאימה ל LVDT בכפולות של 500 הרץ.
- שרטטו את הספקטרום של אות היציאה מה- LVDT (לפני מעגל הדימודולציה). באיזה תדרים מופיעים פיקים בגלל התהודה של המערכת?
- מחברים את היציאה של חיישן ה LVDT למעגל דימודולציה שמכיל מכפל ומסנן:
  - שרטטו את הספקטרום של האות אחרי המכפל.
  - מה צריך להיות תדר הקיטעון של המסנן (בהנחה שהוא אידיאלי)?
- מתחו את הקפיץ ב 10 ס"מ ושחררו. ששרטטו בעזרת MATLAB את תגובת המערכת ואת אות היציאה מה-LVDT לפני מעגל הדימודולציה.

## שאלה 3

למדידת תאוצה, משתמשים במד תאוצה המבוסס על אלמנט של מסה סיסמית (בית מדיד הכולל בתוכו מסה, קפיץ ואלמנט ריסון). התנועה היחסית בין המסה ובין בית המדיד נמדדת על ידי קורה זעירה הממוקמת בתוך בית המדיד. הקורה עוברת כפיפה בהשפעת התאוצה, וכפיפה זאת מתורגמת למתח חשמלי על ידי מדי עיבור זעירים

המודבקים לקורה ומחוברים למעגל גשר המעורר על ידי מתח חילופין בתדר של  $3000 [Hz]$ .

היציאה מהגשר עוברת דרך מגבר גל נושא עם מסנן בתדירות מתאימה.

התדירות העצמית של המדיד הסיסמי (המערכת המכנית) היא  $100 [Hz]$ , ויחס הריסון הוא 0.5.



- (א) מצא את תחום התדירות של התאוצות אשר ניתנות למדידה על ידי המערכת הנתונה כאשר דרוש שהשגיאה הדינאמית לא תחרוג מ 5% .  
 (ב) מצא את התדירויות של המתח ביציאה מהגשר.

מציעים למדוד את התנועה היחסית בין המסה ובין בית המדיד על ידי LVDT במקום הקורה, מדי עיבור והגשר. העירור של ה-LVDT מבוצע גם הוא על ידי אותו ספק מתח חילופין בתדר של  $3000 [Hz]$ . היציאה מה-LVDT עוברת דרך מגבר גל נושא עם מסנן בתדירות מתאימה. שאר המערכת נשארת ללא שינוי.

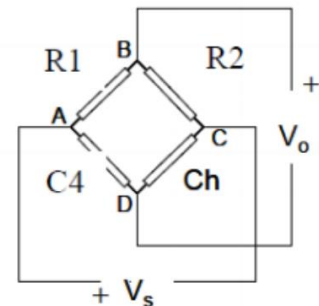
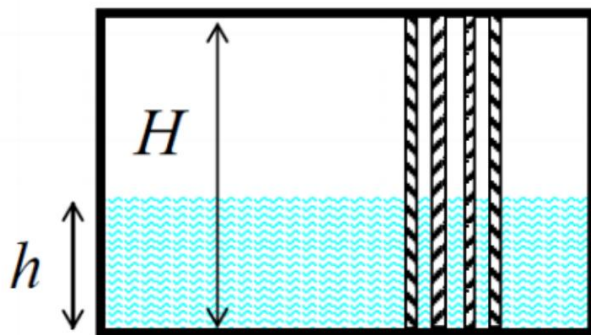
(ג) ערוך השוואה בין המערכת המקורית והמערכת החדשה מבחינת תחום מדידה, רגישות, ורגישות ניצבת.

רוצים להשתמש במערכת המקורית לצורך מדידת תזוזות בשלושה תדרים אופייניים:  $40, 250, 2000 [Hz]$ .

(ד) איזה משלושת התדרים האופייניים הנ"ל ניתן למדידה? נמק.

#### שאלה 4

חיישן קיבולי גלילי (רדיוס גליל פנימי  $r_1$  ורדיוס גליל חיצוני  $r_2$ , יחס הרדיוסים הוא 12) משמש למדידת גובה מים בתוך מיכל בגובה  $H = 4 [m]$ , כמתואר בציור. הקיבולת של החיישן  $C_h$  תלוי בגובה המים  $h$ . מחברים את החיישן במעגל גשר כמתואר מטה.





א) מצאו קשר בין הקיבול  $C_h$  לבין גובה המים  $h$  ובין מתח היציאה  $V_0$  והקיבול  $C_h$ .

ב) נבטא את הקבל  $C_h$  באופן הבא:

$$C_h = C_0(1 + \delta)$$

כאשר  $C_0$  הוא ערך הקבל כשהמיכל ריק ( $h = 0$ ). מהו תחום הערכים של  $\delta$ .

ג) איזה יחס נגדים  $\frac{R_1}{R_2}$  כדאי לבחור (משיקולי ליניאריות ובהתחשב בסעיף ב), ומהי הרגישות המתקבלת

במקרה זה?

ד) בחרו  $C_4$  כך שהגשר יהיה מאוזן כאשר המים ממלאים חצי מהמיכל ( $h = 0.5H$ ).

ה) נתון שבמים  $\epsilon_w = 88$  בטמפרטורה של  $0^\circ\text{C}$  ו  $\epsilon_w = 55$  עבור  $100^\circ\text{C}$ . הניחו שהמקדם הדיאלקטרי משתנה

באופן ליניארי בתחום זה. מהי רגישות הקיבולת לטמפרטורה?

ו) יש דרישה להגדיל את הרגישות של המדידה סביב נקודת עבודה באמצע המיכל. הציעו שני שינויים בחיישן

או במערכת המדידה וציינו מה החיסרון של כל אחד.

בהצלחה!