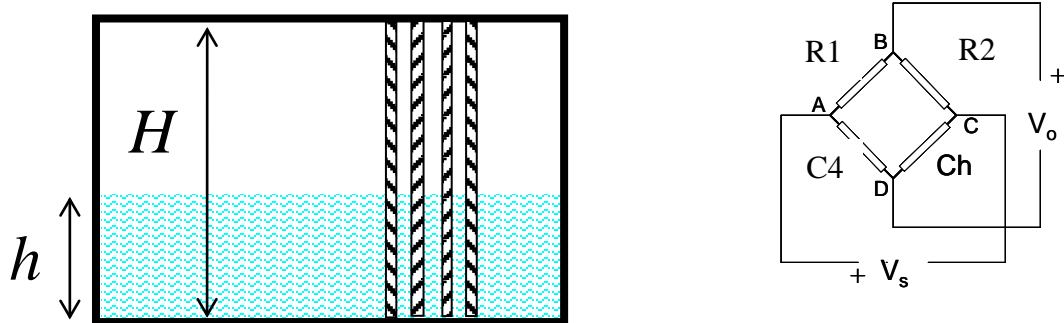


שאלה 5

חיישן קיבולי צילינדר (רדיוס צילינדר פנימי r_1 ורדיוס צילינדר חיצוני r_2 , יחס הרדיוסים הוא 12) משמש למדידת גובה מים בתוך מיכל בגובה $H=4\text{m}$, כמתואר בציור. הקיבולות של החיישן C_h תלויה בגובה המים h . מחברים את החיישן במעגל גשר כמתואר.



- מצאו קשר בין הקיבול C_h לבין גובה המים h ובין מתח היציאה V_0 והקיבול C_h .
- 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 δ ?
- איזה יחס נגדים R_1/R_2 כדאי לבחור (משיקולי ליניאריות ובהתחשב בסעיף ב), ומהי הרגישות המתקבלת במקרה זה.
- בחרו C_4 כך שהגשר יהיה מאוזן כאשר המים ממלאים חצי מהמיכל ($h=0.5H$).
- נתון שבמים $\epsilon_w=88$ ב- 0°C ו- $\epsilon_w=55$ ב- 100°C . הניחו שהמקדם הדיאלקטרי משתנה באופן ליניארי בתחום זה. מהי רגישות הקיבולת לטמפרטורה?
- יש דרישה להגדיל את הרגישות של המדידה סביב נקודת העבודה באמצע המיכל. הציעו שני שינויים בחיישן או במערכת המדידה וציינו מה החיסרון של כל אחד.

- מצאו קשר בין הקיבול C_h לבין גובה המים h ובין מתח היציאה V_0 והקיבול C_h .

$$C(h) = \frac{2\pi\epsilon_0 H}{\ln(r_2/r_1)} \left[1 + \frac{h}{H} (\epsilon_w - 1) \right]$$

$$V_0 = V_s \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{Z_h}{Z_h + Z_4} \right] = V_s \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{C_4}{C_h + C_4} \right]$$

- נבטא את הקבל C_h באופן הבא: $C_h = C_0(1+\delta)$, מהו תחום הערכים של δ (עבור מקדם דיאלקטרי יחסי של 60)?

$$\delta = \frac{h}{H} (\epsilon_w - 1) = 0 : (\epsilon_w - 1) = 0 : 59$$

עבור $\epsilon_w=60$ לדוגמא
 $C_0 = 89.5$

- $\delta \ll$ משתנה בתחום גדול!!
- איזה יחס נגדים R_1/R_2 כדאי לבחור (משיקולי ליניאריות ובהתחשב בסעיף ב), ומהי הרגישות המתקבלת במקרה זה, ומה צריך להיות C_4 ?
- \ll הקיבולת לינארית בגובה אבל האימפדנס לא לינארי בגובה, לכן נבחר r קטן, כך שגם $R_1/R_2=r=1/600$ למשל $r^*(1+\delta_{\max}) \ll 1$
 נבחר גם $Z_4/Z_0=C_0/C_4=r$

$$V_0 = V_s \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{C_4}{C_h + C_4} \right] = V_s \left[\frac{1}{r+1} - \frac{1}{r(1+\delta)+1} \right] = V_s \left[\frac{r\delta}{(1+r)(1+r(1+\delta))} \right]$$

עבור $r=1$ המתח לא לינארי בגובה

$$V_0 = V_s \left[\frac{\delta}{2(2+\delta)} \right]$$

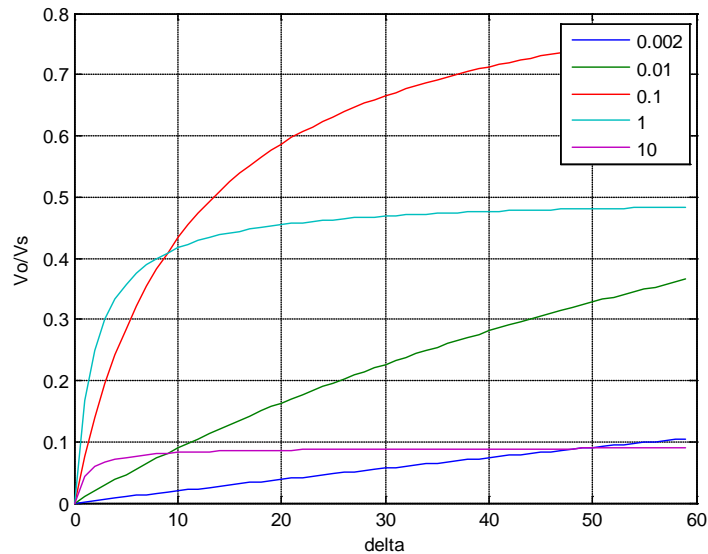
עבור $r \gg 1$ המתח לא לינארי בגובה

$$V_0 = V_s \left[\frac{\delta}{r(1+\delta)} \right]$$

עבור $r \ll 1$ המתח בקירוב לינארי בגובה

$$V_0 \approx V_s r \delta [1 - r(2+\delta)] \approx V_s r \delta$$

בשרטוט אפשר לראות שעבור r קטן (למשל $r=0.002$) מתקבלת מדידה לינארית, עם תחום מדידה קטן אבל סביר.



$$\hat{\Delta} C = \frac{2\pi\epsilon_0 h}{\ln(r_2/r_1)} \frac{\Delta\epsilon_w}{\Delta T} \approx \frac{2\pi\epsilon_0 h}{\ln(r_2/r_1)} \frac{(88-55)}{100} \quad \hat{\Delta} C \text{ הניחו שהמקדם הדיאלקטרי הקיבולת לטמפרטורה?}$$

ה. יש דרישה להגדיל את הרגישות של המדידה סביב נקודת העבודה באמצע המיכל. הציעו שני שינויים בחיישן או במערכת המדידה וציינו מה החיסרון של כל אחד.
 $1 \ll$: לקצר את גובה הקבל ולהציב אותו באמצע המיכל. חיסרון: לא מודד את גובה המים בכל המיכל
 $2 \ll$: להגדיל את r ל 1. חיסרון: מגדיל את האי-לינאריות של המדידה.