



הדגמות ב-כא"מ מושרה – סלילי הלמהולץ

הערות למורה ולצוות הטכני

ציוד

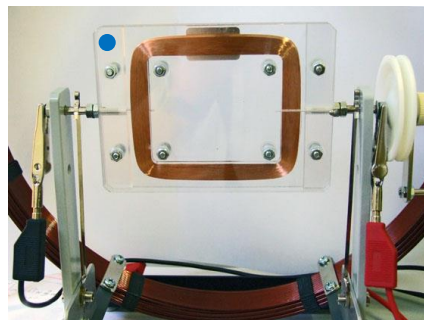
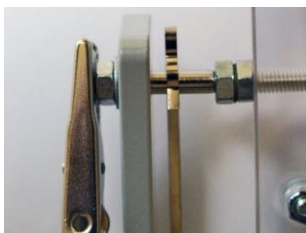
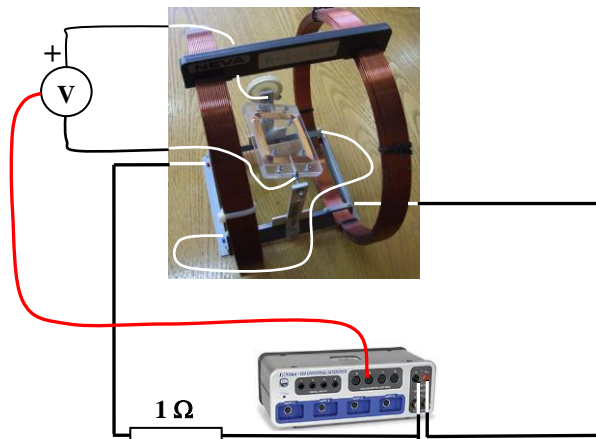
- סלילי הלמהולץ עם סליל דק המסתובב ביניהם
- ממשק 850
- חיישן מתח עם שני תנינים
- חיישן שדה מגנטי
- מזהה קטבים מגנטיים
- נגד של 1Ω
- תילים
- מגנט מוט
- מחט מגנטית על ציר וקוביית פרספקס להגבהתה
- מעמד להתקנת מגנט מוט מול מרכז סלילי הלמהולץ
- מחבר זוויתי של Phywe

הכנת מערכת ההדגמה

1. הרכבת המערכת

א. הרכב את מערכת ההדגמה ובנה את המעגל החשמלי בהתאם לתרשים. יש להרכיב את המערכת על שולחן שאינו מכיל חומרים פרומגנטיים. לקבלת הסימן הנכון של כ.א.מ מושרה, יש להקפיד על החיבורים של סלילי הלמהולץ וחיישן המתח בהתאם למעגל החשמלי המופיע בתרשים. על מנת שכיוון הליפופים יהיה זהה בסלילי הלמהולץ ובסליל הפנימי, בהתקנת הסליל הפנימי יש להקפיד על כך שהנקודה הכחולה המסומנת על מסגרתו, תימצא בפינה השמאלית העליונה (ראה תצלום הסליל הפנימי). התנאי הוא הכרכי להדגמת חוק לנץ.

ב. יש לחבר את חיישן המתח ישירות לצירי הסליל הדק באמצעות תנינים, בהתאם לתצלום (התנגדות המעבר של המגעים הקפיציים משבשת מדידות ה-כ.א.מ מושרה). את התנינים יש לחבר לצירי הסליל – לא לאומים (ראה תצלום)!



ג. העמד מחט מגנטית על ציר בערך מול מרכז סלילי הלמהולץ, להגבהתה היעזר בתיבה במידות מתאימות העשויה מחומר שאינו פרומגנטי. סובב את סלילי הלמהולץ כך שמישורם יהיה מקביל למחט המגנטית (כלומר, מישור סלילי הלמהולץ צריך להיות בכיוון "צפון – דרום") והזז את המחט הצידה.

2. אתחול מערכת מדידה ממוחשבת

- א. הדלק את ממשק 850 והעלה את תבנית העבודה הדגמות בכא"מ מושרה.
- ב. כוון את חיישן השדה המגנטי: Range – 10x, כיוון המדידה- אנכי (המחלפים נמצאים על גוף החיישן).

ביצוע ההדגמות

הערה: קריאת חיישן השדה המגנטי היא חיובית כאשר וקטור השדה "נכנס" אל תוך הנקודה הלבנה המסומנת על מוט החיישן.

I. היווצרות כא"מ מושרה**1. היווצרות כא"מ מושרה בשטף מגנטי משתנה (הדגמות כלליות)**

מדגימים באופן איכותי את היווצרות כא"מ מושרה בסליל דק כתוצאה משינוי בשטף המגנטי. מגנט מוט משמש כמקור שדה מגנטי.

א. שינוי בשטף המגנטי על ידי שינוי עוצמת השדה

- טובב את הסליל הדק כך שמישורו יהיה מאונך לפני השולחן.
 - אפס את חיישן השדה המגנטי (לחץ על כפתור Tare הנמצא על גוף החיישן) והרץ מדידות. קרב את מגנט המוט אל הסליל (במאונך לו) והרחק אותו החוצה. עצור מדידות.
 - הגרפים של ה- כא"מ המושרה והשדה המגנטי מוצגים בחלון הגרף. כדי לדון בסימן ה-כא"מ המושרה, יש לזהות את סוגו של קוטב המגנט הפונה אל הסליל הדק באמצעות מזהה הקטבים המגנטיים.
- ב. שינוי בשטף המגנטי באמצעות שינוי בזווית בין כיוון השדה המגנטי לבין מישור הסליל הדק.**
- העמד את מגנט המוט על המעמד וקרב אותו לסליל הדק כך שלא יפריע לסליל בסיבובו.
 - אפס את חיישן השדה המגנטי, הרץ מדידות, טובב את הסליל הדק ברבע סיבוב ועצור את המדידות.

2. חוק פאראדיי וחוק לנץ.

מטרת ההדגמות מקבוצה זו היא חקירת הקשר הכמותי בין שינוי השדה המגנטי לבין כא"מ מושרה הנוצר בסליל דק מקובע. ההדגמות מאפשרות לאשש את חוק פאראדיי (גודל הכא"מ המושרה פרופורציוני לגודל נגזרת השטף המגנטי) ואת חוק לנץ (סימן הכא"מ המושרה מנוגד לסימן הנגזרת השטף המגנטי).

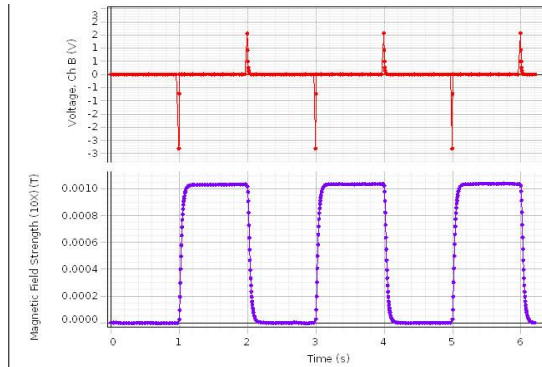
א. הדגמה טרומית - שדה מגנטי משתנה

- ההדגמות מהקבוצה 2 מבוצעות בשדה מגנטי משתנה בזמן (כאות משולש או מלבן), לכן כדאי להראות לתלמידים את התנהגות השדה המגנטי המשתנה.
- העמד את המחט המגנטית על הגבהה (קובית פרספקס) בסמוך לסלילי הלמהולץ - היא צריכה להיות בערך מול מרכז הסלילים ומקבילה למישורם (בהתאם להכנת מערכת ההדגמה).
 - עבור לכרטיסיה "התנהגות השדה המגנטי - "משולש" בתוכנה.
 - אפס את חיישן השדה המגנטי והרץ מדידות (ברגע זה יופעל מחולל האותות).
 - אחרי הצפייה בהתנהגות המחט, הרחק אותה מהסלילים ועצור את המדידות.
- במהלך ההרצה אפשר לראות שהמחט המגנטית מסתובבת הלך וחזור ב- 180° . מסבירים את ההתאמה בין צורת הגרף $B(t)$ לבין תנועת המחט.
- הערה: הפעלת הרצה גורמת לקפיצה עזה בשדה המגנטי, וכתוצאה מכך, לתנודות המחט. בתחילת ההרצה יש להפסיק את התנודות ביד.

ב. היווצרות כא"מ מושרה בשדה המגנטי המשתנה כאות מלבני חיובי. חוק לנץ

בהדגמה זו אפשר לראות ש-כא"מ מושרה נוצר רק תוך כדי שינוי השדה המגנטי. בחירת אות חיובי (ולא סימטרי ביחס לציר הזמן) נועדת למניעת התפיסה השגויה אצל התלמידים שהיפוך סימן ה-כא"מ המושרה קשור להיפוך כיוון השדה המגנטי.

- עבור לכרטיסיה "חוק לנץ, אות מלבני".
- אפס את חיישן השדה המגנטי והרץ מדידות במשך מספר שניות.

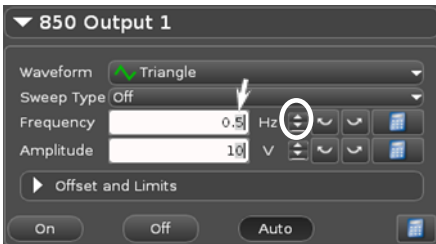


אפשר לראות שכאשר השדה המגנטי הוא קבוע, לא נוצר כ"מ מושרה. שינויים חדים של השדה המגנטי גורמים לקפיצות בגרף של ה-כ"מ המושרה, סימן ה- כ"מ מנוגד לסימן השינוי של השדה המגנטי (חוק לנץ).


ג. חוק פארדיי

מדגימים שגודל הכ"מ המושרה פרופורציוני לגודל נגזרת השטף המגנטי לפי זמן. משנים את קצב שינוי השטף באמצעות שינוי תדירות השדה המגנטי שמשרעתו קבועה, ומודדים את הכ"מ המושרה הנוצר בסליל הדק. משום ששטח הסליל והזווית בין הסליל לבין השדה נשארים קבועים במהלך ההדגמה, מספיק להראות שהיחס בין נגזרות השדה המגנטי (עבור תדירויות שונות) הוא כיחס בין ערכי הכ"מ המושרה הנוצרים

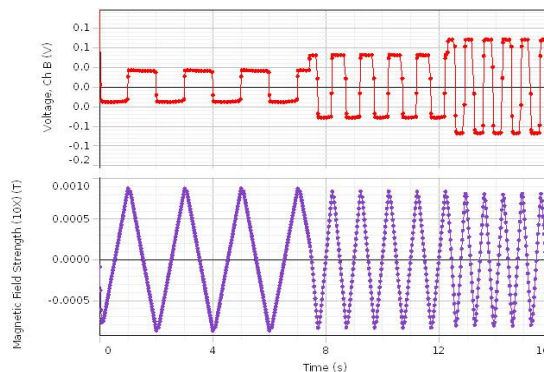
$$\text{בתדירויות אלה: } \dot{\varepsilon}_1 / \dot{\varepsilon}_2 = \dot{B}_1 / \dot{B}_2$$




• עבור לכרטיסיה "חוק פארדיי" והקלק על הספרה "5" בלוח הנקרה של המחולל (ראה תרשים משמאל).

• אפס את חיישן השדה המגנטי והרץ מדידות. כעבור מספר שניות, שנה את תדירות המחולל ל - 1 Hz בעזרת לחיצות חוזרות על הכפתור  וכעבור מספר שניות נוספות - ל - 1.5 Hz, כל זה ללא הפסקת המדידות (אפשר לשנות את תדירות המחולל גם על ידי הקלדה ישירה בשדה Frequency והקשה על Enter במקלדת המחשב). עצור את המדידות אחרי מספר שניות הרצה ב- 1.5 Hz.

• בעת שינוי התדירות נצפית קפיצה על גרף ה-כ"מ, לכן בתום המדידות יש להתאימו ידנית לגודל התצוגה.



בגרפים שהתקבלו, ניתן לראות שהגדלת ערך הנגזרת של השדה המגנטי לפי הזמן (שיפועי צלעות המשולש באות) מגדילה את ה-כ"מ המושרה.

היעזר בכלי שיפוע  (Slope tool) ומצא את שיפועי צלעות האות המשולש בגרף $B(t)$ עבור התדירויות השונות של השדה. באמצעות הכלים הסטטיסטיים, מצא מתוך הגרף $V(t)$ את ערכי ה-כ"מ הממוצעים המתאימים לנגזרות אלה.

אפשר לראות שעבור כל צמד התדירויות היחס בין הנגזרות הוא כיחס בין ערכי ה-כ"מ: $\dot{\varepsilon}_1 / \dot{\varepsilon}_2 = \dot{B}_1 / \dot{B}_2$. תוצאה זו מוכיחה שהיחס בין כ"מ מושרה לבין נגזרת השטף המגנטי הינו יחס ישר, כאשר שטח הסליל ומיקומו קבועים.

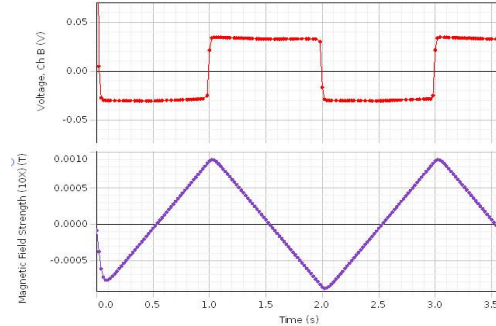
הערה: עקב השיגאה הקבוע במדידת מתח על ידי ממשק 850, הגרף $V(t)$ אינו סימטרי לחלוטין ביחס לציר הזמן. לכן, למציאת כ"מ מושרה מתוך הגרף $V(t)$ יש לבחור מחזור אחד, למדוד את המתחים בכל אחד מחציי המחזור ולחשב את הממוצע של ערכיהם המוחלטים.

ד. אישוש המקדם בקשר בין כ"מ מושרה לבין נגזרת השדה המגנטי בחוק פארדיי

אחרי שבהדגמה הקודמת הוכח ש- $\varepsilon \propto \dot{B}$, אפשר להראות שכאשר השדה מאונך למישור הסליל, המקדם בקשר בין כ"מ מושרה לבין נגזרת השדה המגנטי הוא מכפלת שטח הסליל במספר הליפופים בו:

$$|\varepsilon| = N \cdot A \cdot |\dot{B}|$$

התמקד בקטעי הגרפים $B(t)$ & $V(t)$ המתאימים לתדירות 0.5 Hz.

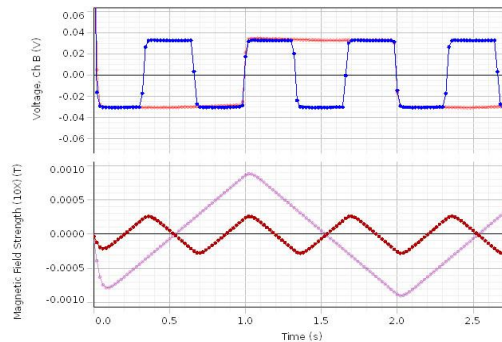


אפשר למצוא את נגזרת השדה המגנטי לפי הזמן, ואת ה-כ"מ המושרה שנוצר בסליל הדק במחצית המחזור. שטחו האפקטיבי של הסליל הוא 41.7 סמ"ר. לפי הנתונים הנ"ל, מחשבים את מספר הליפופים בסליל ומשווים אותו עם נתון היצרן ($N=4000$).

3. כ"מ מושרה ועוצמת השדה המגנטי

מדגימים שעבור קצב נתון של שינוי השדה המגנטי, עוצמת השדה אינה משפיעה על גודל הכ"מ המושרה הנוצר.

- עבור לכרטיסיה "כ"מ מושרה ועוצמת השדה".
- הרץ מדידות במשך מספר שניות ועצור אותן.
- שנה עת תדירות המחולל ל- 1.5Hz ואת משרעת מתח המחולל ל- 1V – שינוי זה אינו משפיע על שיפוע של צלע האות המשולש. הרץ מדידות, אפשר לראות שבשני המקרים התקבל אותו ערך ה- כ"מ המושרה.



הדגמת מחולל מתח חילופין



- עבור לכרטיסיה "מחולל מתח חילופין".
- הסר את חיישן השדה המגנטי מהמסגרת של סלילי הלמהולץ.
- העבר את חיבורי חיישן המתח מציר הסליל לשקעים במסגרת המחזיקה את הסליל.
- בחר בלוח הבקרה של המחולל מתח קבוע (DC Voltage) והגדר בו המתח של 3V.
- הרץ מדידות וסובב את הסליל הדק.

II. הפקת כ"מ מושרה בשדה המגנטי הארצי

- נתק את מגבר ההספק מסלילי הלמהולץ.
- הרץ מדידות וסובב את הסליל הדק.