



# חיל הים ענף מערכות הספק ובקרה

מפרט טכני  
לרכש

ערכת הדרכה לביצוע ניסויים  
ביסודות ומכונות חשמל

SAP# 20266281

סמ"ר שלמה לביא רס"מ רון חנצינסקי	כתב
סא"ל ארז דוננפלד סגן נועם לנציאנו	בדק
רס"מ רון חנצינסקי רס"ן מאנו האלחל	מתאים לדרישות
סא"ל יעקב לובשבסקי	אישר

**תוכן עניינים:**

4	1. כללי	4
4	2. מעקב גרסאות	4
4	3. דרישות סף	4
4	4. תקנים מנחים והוראות כלליות	4
5	5. דרישות טכניות כלליות	5
65	6. יכולות נדרשות (פירוט נושאים ללימודים פרונטליים)	65
12-7	7. יכולות נדרשות (פירוט נושאים ללימודים מעשיים)	12-7
13	8. פירוט המייצגים הנדרשים	13
31	9. דרישות שילוט	31
14	10. דרישות תיעוד	14
41	11. ספרות טכנית	41
51	12. השתלמויות וקורסים	51
	13. הובלה, אספקה והתקנה	
15	15	15
	14. אחריות	
15	15. יצרן	15

## 1. כללי

- 1.1. מסמך זה מתאר את הדרישות הטכניות לרכש ואספקת ערכות הדרכה לביצוע ניסויים ביסודות ומכונות חשמל.
- 1.2. הערכות ישמשו ללימוד יסודות ומכונות חשמל לחניכי הבה"ד ע"פ תיקי הקורס הקיימים.
- 1.3. מיקום התקנת ערכת הלימוד יהיה בכיתת הדרכה בבסיס ההדרכה בחיל הים.

## 2. מעקב גרסאות:

גרסה	תאריך	עדכן	מהות העדכון
1	12.3.18	סמ"ר שלמה לביא רס"מ רון חנצ'סקי	גרסת בסיס

## 3. תקנים מנחים והוראות כלליות

- 4.1. על הציוד המסופק לעמוד בדרישות חוק החשמל התשי"ד 1954 - מהדורה אחרונה.
- 4.2. תקן נדרש לעמידה בציוד המסופק התקן הישראלי IEC ת"י 32.

## 4. דרישות טכניות כלליות

- 5.1. מעבדת יסודות ומכונות חשמל תכלול מערך ניסויים כמפורט במסמך זה (ראה פירוט להלן בפרקים 6,7)  
כל נושא יכלול: מערך שיעור, מערך ניסוי, מיצגים, מערך תרגילים, המחשות ואנימציה לביצוע הניסוי, מבחן לכל נושא.
- 5.2. הזנה ראשית – הזנה קיימת באתר הינה של 50HZ\400V תלת פאזי גודל חיבור 3X16A.
- 5.3. חיבור הערכה וכלל הציוד לשקע ההזנה הינה באחריות הספק.
- 5.4. באחריות הספק שילוב מפסק בטיחות מסוג "פטרייה" במערכת לצורך ניתוק המתחים לכלל הערכה במקרה חירום.
- 5.5. בכל עמדת לימוד פיקוד ובקרה יהיה מפסק-מפתח לניתוק העמדה המקומית. אין סעיף זה בא להחליף את מפסק הפיטריה הראשי.

- 5.6. גודלה הפיסי של הערכה לא יעלה על אורך 360 ס"מ רוחב 80 ס"מ . כלל הציוד (מחשבים, עמדות תלמיד וכלל החומרה הנלווית).
- 5.7. כלל הציוד שיסופק יאפשר עבודה של שלושה (3) חניכים לפחות במקביל (כל אחד על נושא אחר).
- 5.8. כחלק מהמענה למכרז זה, באחריות הספק לפרט את מערך הניסוי. כל מערך ניסוי יתאים למשך זמן 50 דקות.
- 5.9. כלל מערכי הניסוי יהיו ממוחשבים (מדיה מגנטית) בשפה העברית, כולל אנימציות והמחשורת ויזואליות ממוחשבות.
- 5.10. לחיל הים שמורה הזכות להשתמש/להפיץ באופן חופשי את כל המידע בחייל.

## **5. יכולות נדרשות**

להלן פירוט הנושאים ללימודים מעשיים (ניסויים) הנדרשים.

- 6.1. מודגש כי כל הציוד המפורט בניסויים יהווה חלק מהערכה המסופקת, אלא אם צוין אחרת.
- 6.2. כלל הרכיבים המוזכרים בפירוט הניסוי יהיו חלק ממעגל מודפס המהווה חלק מהערכה המסופקת.
- 6.3. מודגש כי מערך הניסוי ילווה בתוכנה ממוחשבת ללימוד החניך וליווי תהליך ביצוע הניסוי, כולל מבחן מסכם.
- 6.4. מודגש כי כל הרכיבים בערכה זו יהיו בעלי תקן IEC ת"י 32.
- 6.5. המגענים עובדים במתח 120-230 וולט, הניתנים לעבודה בזרמים DC/AC.
- 6.6. מודגש כי המערכת תכלול בין השאר את ציוד הבדיקה הבא:
- 6.6.1. ספק כוח DC דגם adj כפול (2 יציאות) 5A 30V (או שווה ערך שייבדק ויאושר ע"י הלקוח).
- 6.6.2. מחולל אותות ואפנון AM/FM 2 מגה הרץ דגם 2a Mfg 300 (או שווה ערך שייבדק ויאושר ע"י הלקוח).
- 6.6.3. משקף תנודות ספרתי 200 מגה הרץ 4 ערוצים מדגם utd4204c (או שווה ערך שייבדק ויאושר ע"י הלקוח).
- 6.6.4. תצוגה במקביל של: זרם, מתח, תדר, הספק חד ותלת פאזי.
- 6.7. חיבורי הרכיבים בערכה יהיה בעיקרון של חיבור מהיר (כדוגמת בנות) - Plug & Play.
- 6.8. כלל הציוד יועבר לאישור הלקוח.

**6. מערכי הדרכה**

סודר	נושא	פירוט ניסוי נדרש
1	<p><u>ספק כוח רב מודד</u></p> <p>1. <u>ספק כוח מעבדתי</u> (כפול (2 יציאות) 5A 30V</p> <p>2. רב-מודד (יסופק ע"י הלקוח).</p>	<p>3. הסברה והדגמה של אופן תפעולו של ספק כוח (ספק כוח AC, DC, חד פאזי, תלת פאזי).</p> <p>4. הסברה והדגמה של אופן תפעולו של רב-מודד.</p> <p>5. ביצוע מדידה- באמצעות רב-מודד- של מתח ישר וזרם ישר במעגל חשמלי, הכולל רכיבים אחדים (כדוגמת נורות, נגדים, ממסרים).</p> <p>6. המדידות תהיינה מבוססות על מעגלים מודפסים (לא מטריצות) ומערכת למידה ממוחשבת התומכת את החניך.</p>
2	מדידת התנגדות	<ul style="list-style-type: none"> <li>הצגת נגדים מסוגים שונים: נגד פחם; נגד סליל; נגד שכבה; מערך נגדים משולב; ונגד משתנה כדוגמת פוטנציומטר וראוסטט.</li> <li>לימוד קודי הסימון של נגדים.</li> <li>מדידת התנגדות באמצעות מד-התנגדות, והשוואת הערך הנמדד לערך הנקוב ע"י היצרן.</li> <li>מדידת התנגדות נגדים בשיטת מתח-זרם, והשוואת הערך- המתקבל בשיטה זו- לערך המתקבל באמצעות מד- התנגדות.</li> <li>מדידת התנגדויות של נגד משתנה (כדוגמת פוטנציומטר וראוסטט).</li> </ul>
3	התנגדות לינארית/לא לינארית	<ul style="list-style-type: none"> <li>מדידת אופייני התנגדות של רכיב לינארי (נגד) ורכיבים לא לינאריים, כדוגמת נורת להט, ודיודה.</li> <li>מדידת אופייני מתח-זרם של נגדים.</li> <li>מדידת אופיין מתח-זרם של רכיב לא-לינארי.</li> </ul>
4	מדידת התנגדות שקולה של נגדים בטור ובמקביל	<ul style="list-style-type: none"> <li>הסעיפים יבוצעו באמצעות רכיבים מעשיים.</li> <li>מדידת ההתנגדות השקולה של נגדים, המחוברים בטור. המדידה תתבצע בשיטת מתח-זרם.</li> <li>מדידת ההתנגדות השקולה של נגדים, המחוברים במקביל. המדידה תתבצע באמצעות מד-התנגדות.</li> <li>מדידת ההתנגדות השקולה של נגדים, המחוברים בטור. המדידה תתבצע באמצעות מד-התנגדות.</li> <li>מדידת ההתנגדות השקולה של נגדים, המחוברים במקביל. המדידה תתבצע בשיטת מתח-זרם.</li> <li>ציוד המדידה יהווה חלק מהערכה המסופקת ומאפשר מדידה</li> </ul>

		והצגת נתונים במקביל של מתח וזרם.
5	מדידות במעגל מעורב, הכולל מקור מתח יחיד	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מדידת ההתנגדות השקולה של נגדים במעגל.</li> <li>• מדידת המתח של כל אחד מהנגדים- והזרם דרך הרכיב המתאים.</li> <li>• השוואת הערכים הנמדדים לערכים המחושבים.</li> <li>• ציוד המדידה יהווה חלק מהערכה המסופקת ומאפשר מדידה והצגת נתונים במקביל של מתח וזרם.</li> </ul>
6	בדיקת חוקי קירכהוף במעגל זרם ישר, הכולל שני חוגים ומקור מתח יחיד	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מדידת הזרמים הנכנסים לכל אחד מהצמתים במעגל- והזרמים היוצאים, בהתאמה מכל צומת.</li> <li>• מדידת המתחים בכל אחד מהחוגים במעגל.</li> <li>• חישוב סכום המתחים בכל אחד מהחוגים במעגל.</li> <li>• ציוד המדידה יהווה חלק מהערכה המסופקת ומאפשר מדידה והצגת נתונים במקביל של מתח וזרם.</li> </ul>
7	מדידת הספק במעגל חשמלי מעורב בזרם ישר	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מדידת הספק, המתפתח על כל נגד. המדידה תתבצע באמצעות מד מתח ומד זרם.</li> <li>• מדידת הספק המקור- באמצעות מד הספק שנכלל במערכת.</li> <li>• בדיקת מאזן ההספקים במעגל חשמלי.</li> <li>• ציוד המדידה יהווה חלק מהערכה המסופקת ומאפשר מדידה והצגת נתונים במקביל של מתח זרם והספק.</li> </ul>
8	טעינה ופריקה של קבל	<ul style="list-style-type: none"> <li>• מדידת הזרם במעגל RC טורי – בתלות בזמן- בעת טעינת הקבל.</li> <li>• מדידת הזרם במעגל- בתלות בזמן בעת פריקת הקבל הטעון.</li> <li>• מדידת המתח על הקבל- בתלות הזמן- במהלך טעינת הקבל.</li> <li>• מדידת המתח על הקבל- בתלות בזמן- בעת פריקת הקבל הטעון.</li> <li>• ציוד המדידה יהווה חלק מהערכה המסופקת ומאפשר מדידה והצגת נתונים גרפיים של עקומי הטעינה/פריקה.</li> </ul>
9	הממסר ושימושו	<ul style="list-style-type: none"> <li>• הפעלות שונות של הממסר : הפעלה רגעית ; החזקה עצמית ; ממסר מכני : מגעני עזר.</li> <li>• יכולת בניית מעגלים הכוללים שימוש במגע יבש N.O ו- N.C</li> </ul>
10	כא"מ מושרה ומדידת השראות משרן	<ul style="list-style-type: none"> <li>• יצירת כא"מ מושרה- ע"י הזזת מגנט בתוך סליל.</li> <li>• יצירת כא"מ מושרה- ע"י שינוי זרם בסליל.</li> <li>• חישוב ערך המשרן עפ"י מדידות.</li> </ul>
11	כא"מ מושרה ומדידת	<ul style="list-style-type: none"> <li>• בניית מעגל חשמלי, הכולל ספק מתח ישר, פוטנציומטר, רב מודד</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>ומשרן.</li> <li>פתיחה וסגירה של המעגל, ומדידת הזרם בתלות בזמן.</li> <li>חישוב קבוע הזמן של המעגל.</li> <li>השוואת ההשראות, המתקבלת מתוך הגרף, לערך הנתון של ההשראות.</li> </ul>	<p>השראות משרן</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>בניית מעגל RLC טורי, מקבילי שבו מקור המתח הוא מחולל אותות סינוסאידלי .</li> <li>מדידת המתחים על הרכיבים במעגל- בתדר נתון ; מדידת הזרמים באותו תדר ; ובניית משולש עכבות.</li> </ul>	<p>מעגל RLC טורי, מקבילי בזרם חילופין</p>	<p>12</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>חיבור מקור מתח תלת מופעי למשקף תנודות, ומדידת הפרשי המופע בין זוגות ההדקים.</li> <li>חיבור עומס מאוזן (פעם כוכב ופעם משולש) למקור המתח, ומדידת מתחי המופע והקו, וזרמי המופע והקו.</li> <li>מודגש כי מערך הניסוי ילווה במשקף תנודות 4 ערוצים המאפשר בחינה של הפרש שלושת הפאזות</li> </ul>	<p>מעגלים תלת מופעיים- חיבור כוכב וחיבור משולש</p>	<p>13</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>בניית מערכת תלת מופעית סימטרית.</li> <li>שינוי ההתנגדות של כל אחד מהנגדים במערכת התלת מופעית, כך ששלושת הנגדים יהיו בעלי התנגדויות שונות.</li> <li>מדידת הזרם בכל אחד מהמופעים (פאזות) במעגל- כולל המוליך הניטרלי (מוליך האפס), והשוואת פאזות הזרם במוליך הניטרלי (מוליך האפס)- לסכום שאר פאזות הזרם.</li> <li>מודגש כי מערך הניסוי ילווה במנוע תלת מופעי סינכרוני</li> </ul>	<p>המוליך הניטרלי ("מוליך האפס") במערכת תלת מופעית</p>	<p>14</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ערכת רכיבים שתכלול: נגדים, קבלים, דיודות, טרנזיסטור PNP, NPN מנועים קטנים לזרם ישר, מד זרם, מד מתח, נורות חיווי, TRIAK, SCR, IGBT מקור מתח DC- לטובת חיבור הרכיבים השונים בטור או מקביל או מעורב בנוסף לחיבור של מעגלי תהודה משני רכיבים או שלושה רכיבים בטור ובמקביל.</li> <li>מודגש כי ערכה זו תוכל להתחבר לציוד הבדיקה שיסופק ע"י הלקוח</li> </ul>	<p>הגדרות מרכזיות בחשמל ומעגלי חשמל לזרם חילופין</p>	<p>15</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>אלקטרומגנט פרסה, הכוח הפועל על מוליך בשדה מגנטי, השראות</li> </ul>	<p>חוקי מגנטיות</p>	<p>16</p>



<p>הדדית בין שני סלילים, הסבר על חוק לנץ, פריקה וטעינה של קבל, מחולל גנרטור ידני קווי שטף של שדה מגנטי, השראות מגנטית.</p> <p><b>הערה: לפחות 15 ניסויים שונים.</b></p> <p>• הניסוי יהיה מפורט בעברית, כולל מדריך מלא ודפי מידע</p>		
	<p>• מעגל חשמלי הכולל בית תקע, מפסק חד קוטבי ומפסק כפול המאפשרים הדלקה של שלוש נורות הממוקמות במקומות שונים.</p>	17
	<p>• מעגל חשמלי הכולל שני מפסקים מחלפים המאפשרים הדלקה בו זמנית של נורת ליבון.</p>	18
	<p>• מעגל חשמלי המאפשר הדלקה בו זמנית באמצעות ממסר צעד של שתי נורות הממוקמות במקומות שונים.</p>	19
	<p>• חיווט לוח ביתי, הכולל: מאמ"ת ראשי, מפסק פחת, שעון שבת עם מפסק עקיפה, שישה מאמ"תים למעגלים סופיים.</p>	20
	<p>• מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת מופעי ממקום אחד.</p>	21
	<p>• מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת מופעי משני מקומות ארבעה לחצנים.</p>	22
	<p>• מעגל פיקוד להפעלה קבועה ורגעית של מנוע תלת מופעי ממקום אחד, כולל הגנה מפני חוסר מופע.</p>	23
	<p>• מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת מופעי בשתי מגמות סיבוב, בשילוב עם מפסקי גבול; ההפעלה באמצעות לחצנים כפולים והמעבר מכיוון סיבוב אחד לכיוון הסיבוב השני הוא דרך מצב השבתה.</p>	24
	<p>• מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת מופעי לזמן קצוב עם השהייה בהפעלה.</p>	25
	<p>• מעגל פיקוד להפעלה עוקבת של שני מנועים תלת מופעיים באמצעות לחצנים ובאמצעות הפעלה אוטומטית.</p>	26
	<p>• מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת מופעי בהתנעת כוכב \ משולש.</p>	27
	<p>• מערך ייצור אנרגיה בעזרת מנועים AC/DC המערכת תהיה בהספקים של 300W לפחות.</p>	28

מעריך הניסוי ישמש את החניך להבנת עקרון פעולת המנועים הנ"ל.	
<ul style="list-style-type: none"><li>• מערכת סינכרון המדמה סינכרון משני מקורות מתח שונים. היחידה תכלול בדיקת סדר פאזות, מתח ותדר.</li><li>• הסינכרון יבוצע בצורה אוטומטית ובצורה ידנית (דרך בורר).</li><li>• המערכת תכלול את הרכיבים הבאים :</li><li>• 2 מנועים W300 AC לפחות</li><li>• 2 וסתי תדר מותאמים</li><li>• ספק כוח תלת פאזי מותאם להספקי המערכת</li><li>• לוח פיקוד חשמלי לטובת סנכרון בין גנרטורים אוטו/ידיני – הלוח יאפשר מתן חיוויים ותנאים מקדימים לסנכרון, כולל תצוגת נתונים חשמליים בתהליך ולאחר גמר הסנכרון.</li></ul>	29

---

## 7. פירוט המייצגים הנדרשים (מצגים = ציוד)

סודר	נושא	פירוט	הערות	כמות
1	מבנה האטום	מיצג של אטום לצורך הדגמה והמחשה	30 ס"מ לפחות	3
2	רכיבים חשמליים	דגם של מאמ"ת שקוף לתצוגה לצורך הסבר על חלקיו השונים.		20
3		דגם של ממסר פחת שקוף לתצוגה לצורך הסבר על חלקיו השונים.		20
4	שיטות הארקה וחשמל בים	התקנת דגם של לוח חשמל ביתי שיכלול: מפסק ראשי, ממסר פחת, פטריית חירום, 5 מאמ"תים שונים, 5 שקעי הזנה, 5 תאורות.	הלוח ייתן מענה לסודרים 17-20 כולל בטבלת הניסויים שצוינה לעיל בסעיף 6. הלוח יהיה ניתן לפירוק והרכבה, הרכיבים יהיו מותקנים על פס דין.	1
5	מכונות חשמל	חתך מנוע DC לתצוגה.	30x30 ס"מ לפחות	3
		חתך מנוע AC חד פאזי לתצוגה והדרכה.	30x30 ס"מ לפחות	3
		חתך מנוע AC תלת פאזי לתצוגה והדרכה.	30x30 ס"מ לפחות	3

## 8. דרישות שילוט

- 8.1. כלל הציוד במעבדה יהיה משולט לרבות הציוד החשמלי.
- 8.2. השילוט על גבי הפאנלים להנחיות ולאינדיקציה (מפסקים, מתגים וכי"ב). השילוט יהיה עשוי חומר פלסטי עמיד באש דו שכבתי (שני צבעים), כיתוב בעברית.
- 8.3. שילוט אזהרה וסימון כולל למתחים חשמליים יהיה עשוי חומר פלסטי עמיד באש דו שכבתי (שני צבעים) רקע אדום חריטה בלבן.
- 8.4. כל אביזר בתוך לוח ישולט באופן ברור לזיהוי שם הקוד שלו בהתאם לשרטוט הצבת החלקים. כמו כן, יותקן שילוט לאביזרי הפעלה לטובת זיהויים ע"י המפעיל (מפסק

ומצביו, נורית סימון מתח ושם הפאזה וכ"ב) כולל לוחות הרכיבים האלקטרוניים (נגדים, קבלים וכו')

8.5. כלל הגידים החשמליים באביזרים השונים ובלוחות החשמל יסומנו באופן פרטני ע"י סימון קבוע בלתי מחיק ( לדוג' שרוול מודפס מתכווץ). הסימון יכלול את נקודות החיבור של הגיד ומספורו בתוכנית החיבורים.

## 9. דרישות תיעוד

- 9.1. היצרן יספק לאישור ח"י שרטוטי תיאור המערכת וכן סכמה חשמלית.
- 9.2. כל התיעוד יהיה בבעלות ח"י ולשימושיו וצרכיו.
- 9.3. היצרן יספק לח"י רשימת חלקים, כמויות, מספר יצרן/ מק"ט יצרן, שם יצרן, דפי מפרט יצרן לציוד והאביזרים מהם מורכבת ערכת ההדרכה.

## 10. ספרות טכנית

החברה תכין תיעוד וספרות טכנית שיאפשרו הפעלת ותחזוקת הציוד המוזמן ברמות שונות כדלקמן:

מספר	תאור התיעוד הנדרש	כמות
1.	דפי הפעלה למפעיל	2
2.	ספר מפעיל כולל: חוברת המתארת את עקרונות הפעולה הנחיות לתחזוקה בדרג צוות	2
3.	ספר אחזקה לדרג בסיס כולל: שרטוטים רלוונטיים מידע והנחיות לתחזוקה בדרג בסיס	2
4.	ספר אחזקה לדרג מספנה כולל: שרטוטים רלוונטיים מידע והנחיות לתחזוקה בדרג מספנה	2
5.	מארוזי הדרכה לכלל הניסויים	2
6.	הנחיות לאחסנה	2
7.	קטלוג פריטים	2

כל התיעוד והספרות הטכנית יאושרו ע"י חיל הים לפני הפצתם.  
התיעוד יסופק בעותקי נייר בהתאם לרשימה הנ"ל וכן על גבי מדיה אלקטרונית / מגנטי בתוכנות סטנדרטיות שיתואמו עם הלקוח.

### 11. השתלמויות וקורסים

החברה אחראית לתכנן ולקיים השתלמויות וקורסים כמפורט בטבלה הבאה. הקורסים יועברו בעברית באתר התקנת הציוד.

מס"ד	שם ההשתלמות	רמת המשתלמים	מספר השתלמויות	מספר משתתפים בכל השתלמות	משך בימים	הישג נדרש
1.	השתלמות דרג מפעילי	טכנאי	1	5	3	שליטה מלאה ביכולות הפעלה ותחזוקה

### 12. הובלה, אספקה והתקנה

כלל הציוד יסופק ויותקן באופן מלא ע"י הספק לבסיס ההדרכה של חיל הים שבשכונת בת גלים בחיפה ותתבצע הפעלה של כלל היחידות ע"י טכנאי מוסמך ע"י הספק וברמת סיווג "שמור" לפחות, המתאים לעבוד במתקני חיל הים.

### 13. סימון חלקים

לכל מכלול יוצמד לוחית אשר יצויין עליה הנתונים הבאים: שם הספק, מועד אספקה, גמר אחריות, איש קשר, טלפון.