



מעבדה בנושא
מנוע שריפה פנימית

המחלקה להנדסת מכונות
מבוא להנדסת מכונות 362-1-1163

1. מגישי הדו"ח: . ת.ז. .

2. . ת.ז. .

3. . ת.ז. .

קבוצה: .

תאריך ביצוע המעבדה: \ \ . שם המדריך: .

תאריך הגשת המעבדה: \ \ .

מפתח לבדיקת הדו"ח

<u>הערות</u>	<u>מתוך</u>	<u>ניקוד</u>	<u>סעיף</u>
	5		מטרות המעבדה
	15		סקיצות רכיבי המנוע של מכסחת הדשא
	25		עקרון פעולת המנוע ורכיביו
	10		זיהוי ותאור חלקים נוספים
	25		חישוב נצילות מנוע Cussons
	10		מסקנות
	10		סיכום
	100		סך הכל:

שם הבודק וחתימה: .



פרק בטיחות- מנוע אוטו

- המעבדות הן שטח תפעולי המשופע בעצמים חמים וזרמי חשמל גבוהים.
- מותר לסטודנטים לעבוד במעבדה רק כאשר נמצא במקום עובד מסגל המעבדה ו/או מדריך מוסמך אשר מודע לניסוי אותו הם מבצעים .
- אין להכניס למעבדה מזון ושתייה. אין לאכול, לשתות או לעשן במעבדה. אסור להשתמש בטלפונים סלולריים בתוך המעבדה (המעבדה היא שיעור לכול דבר)
- לבעלי שיער ארוך- חובה לאסוף את השער בכניסה לכל חדר מעבדה או ניסוי ולהכניסו מתחת לחולצה
- אין לעבוד עם שרוולים ארוכים ולא רכוסים ו/או בגדים רפויים
- סטודנט שלא יגיע עם נעליים סגורות -היינו נעלים סגורות באופן מלא גם מלפנים (אצבעות רגליים) וגם מאחור (קרוסול חשוף) לא יוכל לבצע המעבדה ולא יקבע לו שיבוץ מחדש. הערה- אין להגיע עם נעלי "CROCS" למעבדות
- בכל מקרה של ספק או חשש בהפעלה של מערכת הניסוי יש להתייעץ עם המדריך או איש הסגל האחראי. חל איסור חמור על הפעלת מערכות ניסוי ללא אישור טכנאי או מדריך ו/או במידה ויש ספק או חשש.
- לא יקבע מועד שיבוץ חדש לסטודנט אשר לא ימלא חובות אלו

- גזי הפליטה היוצאים מהמנוע רעילים. יש לוודא שצינור הפליטה מהמנוע יוצא מהמעבדה דרך החלון.
- צינור הפליטה יכול להגיע מעל לטמפ' 500 °C. יש להיזהר שלא לגעת בצינור היציאה.
- אין להכניס חוטים/עצמים לכיסוי המנוע או לכיסוי האלטרנטור!
- במידה ומתגלה דליפה של דלק, יש להפסיק את הניסוי ולקרוא לאחראי המעבדה.
- הקפד על סביבת עבודה נקייה- ציוד שאינו בשימוש, החזר אותו למקומו.
- אין ללחוץ על כפתורים או להזיז חוגות ללא סיבה
- לא יודע כיצד להפעיל? קרא למדריך או טכנאי



א. מטרת הניסוי

1. ניתוח עצמאי של עקרון ואופן הפעולה של מערכת מכנית – מנוע שריפה פנימית, תוך שימת דגש על העקרונות הפיסיקלים המרכזיים וחלקיה השונים של המערכת.
2. הבנת "גלגולי האנרגיה" במנוע ומושגים בסיסיים של מנוע שריפה פנימית.

ב. ציוד

1. מנוע מכסחת דשא שלם לפרוק והרכבה.
2. מנוע Cussons למטרת חישוב נצילות במצבי העמסה ומהירויות שונים.

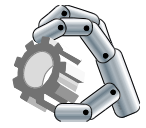
ג. שלבי המעבדה

1. בשלב ראשון יבצע הסטודנט באופן עצמאי פרוק והרכבה של המנוע. על הסטודנט לערוך רשימה מסודרת של כל חלקי המנוע ולהסביר בכתב (תוך עריכת איורים) את תפקידם, אופן פעולתם ושילובם במערכת הכוללת.
2. ניסוי (בליווי המדריך) למדידת נצילות מנוע.

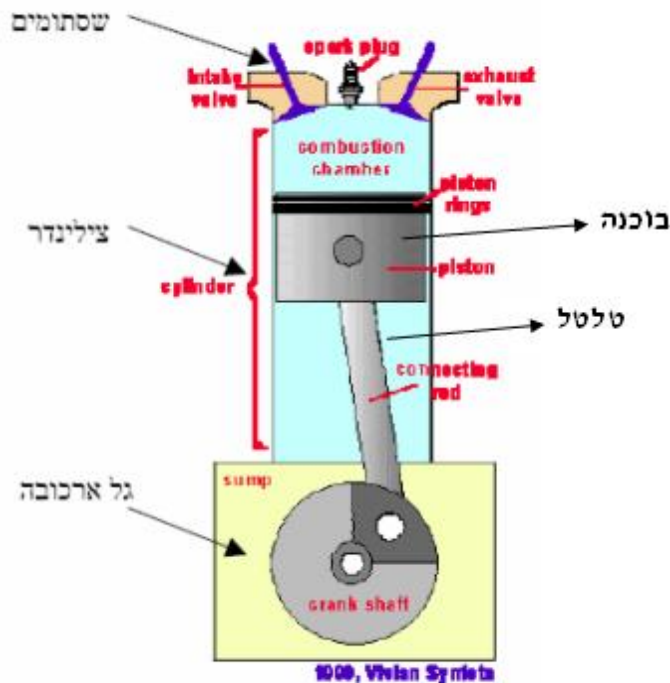
ד. רקע תאורטי

מנוע הינו מכונה ההופכת אנרגיה כימית (מחומר בעירה) לתרמית (חום) במטרה לבצע עבודה מכנית. במנוע שריפה פנימית (ICE – Internal Combustion Engine) חומר הבעירה מתפשט ומבצע את העבודה. הדוגמה המוכרת היא מנוע בנזין. במנוע בנזין תערובת דלק-אוויר (חומר הבעירה) נשרפת בתוך הצילינדרים של המנוע. התוצאה הסופית מבעירה זו הינה סיבוב של הציר אליו מחוברים הגלגלים.

במעבדה זו המנוע הינו של מכסחת דשא. זהו מנוע שריפה פנימית מסוג אוטו (חומר הבעירה הינו בנזין) בעל ארבע פעימות (כלומר נדרשים ארבעה מהלכים להשלמת מחזור עבודה אחד). המנוע הינו בעל צילינדר אחד ומטרתו לסובב את הציר עליו נמצאת הלהב של מכסת הדשא. נדגיש כי אין שום הבדל עקרוני בין פעולת מנוע זה למנוע בנזין בעל ארבעה צילינדרים הנפוץ בכלי הרכב. הבעירה מתרחשת בצילינדר שהינו גלילי חלול סגור בקצהו האחד. גזי הבעירה מניעים בוכנה הנעה אנכית בתוך הצילינדר. הבוכנה מחוברת לגל הארכובה באמצעות מוט המכונה טלטל. בשל החיבור האקסצנטרי של גל הארכובה לטלטל מומרת התנועה האנכית של הבוכנה לתנועה סיבובית של הגל. לצורכי המחשה ראה איור 1.



ארבעת מהלכי המנוע הינם **יניקה**, **דחיסה**, **התפשטות** ו**פליטה**, אשר משלימים מחזור אחד לאחר שני סיבובים מלאים של גל הארכובה. כל מהלך משמש שלב מכין למהלך שאחריו ומשתלב עם המהלך הקודם לו. במהלך **היניקה** יורדת הבוכנה מהנקודה העליונה ביותר בצילינדר לנקודה התחתונה ביותר ונוצר הפרש לחצים בין הסביבה לבין פנים הצילינדר. בתחילת המהלך נפתח שסתום היניקה ונשאבת תערובת אוויר-דלק לתוך הצילינדר ועם סיום המהלך נסגר שסתום זה. במהלך **הדחיסה** עולה הבוכנה מהנקודה התחתונה לעליונה והתערובת נדחסת. לאורך מהלך זה סגורים שסתומי היניקה והפליטה. לפני תחילתו של מהלך **ההתפשטות** (המכונה גם מהלך העבודה) מוצתת התערובת הדחוסה על-ידי ניצוץ חשמלי. השריפה גורמת לתערובת להתחמם ולכן הגזים מתפשטים ודוחפים את הבוכנה לנוע מהנקודה העליונה לתחתונה. האנרגיה הנוצרת במהלך זה מנוצלת לסיבוב גל הארכובה. גם לאורך מהלך זה שני השסתומים סגורים. לבסוף, במהלך **הפליטה**, עולה שוב הבוכנה מהנקודה התחתונה לעליונה תוך כדי פתיחת שסתום הפליטה והגזים השרופים נפליטים מהצילינדר. הצילינדר מוכן עתה למהלך היניקה וכך חוזר הלילה. נבחין כי רק המהלך השלישי – ההתפשטות/עבודה – מייצר תנועה, המשכיות תנועה זו היא המעניקה את התנועה לשלושת המהלכים הנוספים. שים לב כי במחזור אחד הבוכנה עולה ויורדת פעמיים אך כל שסתום נפתח פעם אחת בלבד. לשם פעולתו התקינה של המנוע יש הכרח בתאום מלא בין השסתומים לבוכנה, תאום המכונה תזמון שסתומים (Timing).



איור 1.

נבחן בקצרה את העקרונות המנחים בחישוב **נצילות** המנוע שהינו אחד המדדים המרכזיים לביצועי המנוע. היות ובכל מערכת קיימים הפסדים, הנצילות (η) הינה היחס בין העבודה המתקבלת (W_{out}) לעבודה המושקעת (W_{in}). לכן נרשום,



$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}}$$

במקרה שלפנינו העומס על ציר המנוע הינו אלטרנטור ולכן העבודה המתקבלת הינה עבודה חשמלית. אם נסמן את מתח היציאה מהאלטרנטור ב- V ואת הזרם ב- I , נוכל לרשום את העבודה ביציאה

$$W_{out,eng} = VI t / \eta_A$$

כאשר t הינו משך הזמן בו פועל האלטרנטור, המכפלה VI זהו ההספק של האלטרנטור ו- η_A הינה נצילות האלטרנטור והיא משתנה כתלות בזרם ובמהירות הסיבוב של האלטרנטור. ראה גרף בנספח 1.

מהירות הסיבוב של האלטרנטור שונה ממהירות הסיבוב של המנוע ומשום שמד המהירות בניסוי מתיחס למהירות המנוע, נמיר את המהירות של המנוע למהירות האלטרנטור לפי יחס הקטרים של הגלגלים, המניע והמונע.

$$d_{engine} = 122 \text{ mm} \text{ - קוטר הגלגל המניע}$$

$$d_{Alternator} = 80 \text{ mm} \text{ - קוטר הגלגל המונע}$$

אם כן, מהירות האלטרנטור תתקבל לפי הקשר:

$$\omega_{Alternator} = \frac{d_{engine} \times \omega_{engine}}{d_{Alternator}}$$

העבודה המושקעת הינה תולדה של האנרגיה הסגולית (אנטלפיה) האגורה בתוך הדלק שנסמנה ב- h . נשים לב כי היחידות של h הן עבודה $[kJ]$ ליחידת מסה $[kg]$. אם ידוע כי עבור הדלק הנתון $h = 44250 [kJ/kg]$ וצפיפותו

$$\rho = 750 [kg/m^3] \text{, העבודה המושקעת הינה}$$

$$W_{in,eng} = \Delta V \rho h$$

כאשר ΔV הינו נפח הדלק הנשרף.

ה. מהלך הניסוי

1. פרק את המנוע של מכסחת הדשא בהתאם לאיורים הניתנים בנספח 2. רשום ושרטט את כל החלקים והסבר את אופן פעולתם ותפקידם. תן דעתך לנושאים הבאים:
 - א. כיצד עובד הסטרטר של המנוע.
 - ב. כיצד מבוצע תזמון השסתומים במנוע ואיזה מבין השסתומים הוא היניקה ואיזה הפליטה.
 - ג. מהו הכיוון הנכון של חיבור הטלטל לגל הארכובה וכיצד משומנים גלגלי השיניים במנוע.
2. הרכב חזרה את המנוע על כל חלקיו. יש לוודא שלא נותרים ברגים בסוף ההרכבה.
3. במנוע ה- Cussons בצע את השלבים הבאים:



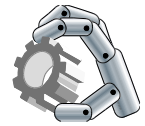
- א. התנע ואפשר חימום קל של המנוע (בהשגחת מדריך או טכנאי).
- ב. שלוט בעומס ובמצערת על מנת לשמור על מהירות סיבוב קבועה של 1200 סל"ד (rpm) שהינם 20 סיבובים לשנייה (rps).
- ג. רשום את המתח והזרם ביציאה וכן את זמן ההתכלות של 3 מיליליטר דלק במשורה.
- ד. חזור על שני הסעיפים הנ"ל, עבור שתי מהירויות שונות (העומס נשאר קבוע).
- ה. חשב את נצילות המנוע (שימו לב לאחידות ביחידות).
4. בהנחיית המדריך, העלה את העומס וחזור על סעיף 3.

1. הוראות ביצוע הדו"ח

1. מטרת הניסוי.
2. שרטט סקיצה של מרכיבי מנוע מכסחת הדשא.
3. תאר את תפקידם ואופן פעולתם של כל רכיבי המנוע, תוך הסבר על אופן שילוב כל הרכיבים וחלקם במחזור המנוע.
4. הסבר מהו הסטרטר וכיצד הוא פועל במנוע זה.
5. הסבר מיהו שסתום היניקה ומיהו שסתום הפליטה וכיצד מתבצע תזמון השסתומים במנוע זה.
6. הסבר כיצד מבוצע שימון גלגלי השיניים ויתר החלקים הנעים במנוע.
7. חשב את נצילות מנוע ה-Cussons בששת המצבים הנידונים בסעיף 3 בפרק ה'.
8. הכן גרף של נצילות המנוע כתלות במהירות הסיבוב עבור שני העומסים השונים (סה"כ שני גרפים).
9. הסבר כיצד משפיע העומס על ציר המנוע ומהירות סיבוב הציר על נצילות המנוע. הסבר ממה נובעת השפעה זו.
10. מסקנות.
11. סיכום.

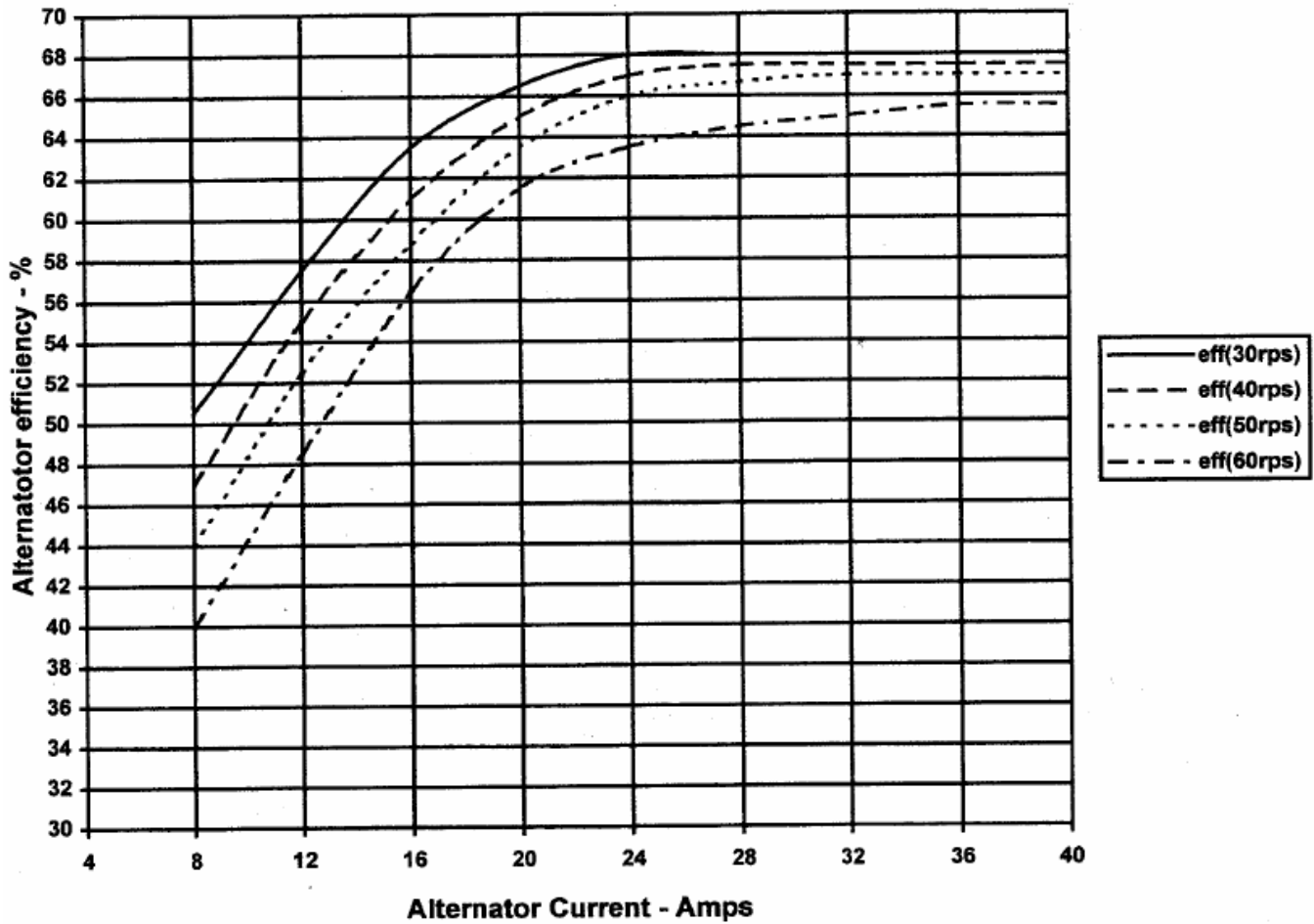
2. ספרות

שר ע., "מבוא למנועי שריפה פנימית", מכלול, 1990
<http://www.howstuffworks.com/engine2.html>

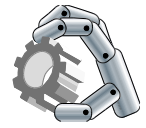


נספח 1

FIGURE 2 ALTERNATOR EFFICIENCY CURVES



דוגמה: נבחר כי לפנינו אלטרנטור הסובב במהירות 55[rps] והזרם הנמדד הינו 16[Amps]. על-פי ערכים אלו, מגרף נצילות האלטרנטור ניתן לראות כי נצילותו בקירוב טוב הינה 58%.



נספח 2

