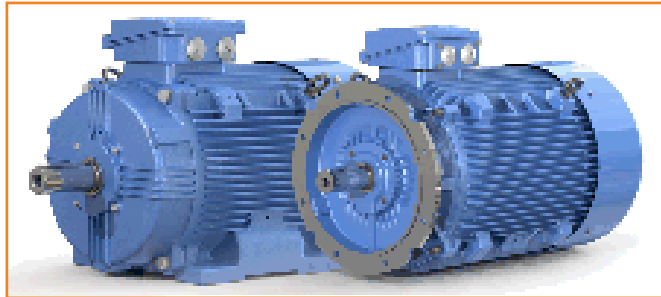




"עושים חשבון"

חישוב כדאיות כלכלית ביישום של מנועים יעילים



כיום הן גורם מכריע בשיקולים הטכנו-כלכליים אם ליישמו אם לאו.

במאמרי "נצילות של מנועי השראה - עדכוני תקינה", שפורסם בגיליון ספטמבר 2014 של המידעון "פאזה אחרת",

ה"לב" של כל מערכת הנעה חשמלית הוא המנוע. המנוע ממיר את האנרגיה החשמלית לאנרגיה מכאנית, ומעביר אותה דרך מערכת תמסורת למערכת המונעת. נצילות המנוע, המוגדרת כיחס בין ההספק המכאני על הציר לבין ההספק החשמלי במבוא המנוע, תלויה בסוג המנוע ובשיעור ההעמסה שלו. במנועים סטנדרטיים (בעלי נצילות נמוכה), הנצילות בהעמסה מלאה נעה בין 80% (מנוע בהספק 0.75 קו"ט), ל-95% (מנוע בהספק 90 קו"ט).

בעבר תוכננו המנועים כך שיהיו בעלי נצילות נמוכה, כדי להקטין ככל האפשר את כמות חומרי הגלם שמהם יוצרו - נחושת, אלומיניום וברזל. אמנם, מנועים אלה היו זולים וקומפקטיים, אך עקב נצילותם הנמוכה (הפסדים גדולים), הייתה צריכת החשמל שלהם גבוהה. כדאי לדעת, שבניגוד להשקעה בעצם רכישת המנוע, הוצאות החשמל אינן גלויות מייד לעין המתבונן, משני טעמים: הן נפרסות על פני שנים, והן נבלעות בכלל הוצאות החשמל. עם זאת, שיעורן עצום, יחסית למשך חיי מנוע - הן גבוהות פי 10 עד 20 מעלות רכישתו, ומחיר המנוע עצמו הוא 1%-3% בלבד מכלל העלויות הכרוכות בהפעלתו במשך מחזור חייו.

בשנים האחרונות השתנתה לחלוטין הגישה בעניין זה. כפי שפירסמנו בעבר, היות שהוצאות החשמל הכרוכות בהפעלת המנוע מהוות את המרכיב המשמעותי ביותר מכלל הוצאות המנוע,

טבלה 1: חישוב תקופת החזר השקעה בגין החלפת מנוע קיים בעל נצילות IE1 במנוע חדש בעל נצילות IE3

סוגי המנוע (מתוצרת marathon)		איפיוני המנוע
מנוע יעיל עם נצילות IE3 "פרימיום"	מנוע סטנדרטי עם נצילות IE1	
110	110	הספק המנוע במוצא (קו"ט) - P_o
95.5	93.2	נצילות בהעמסה מלאה (%) - η
115.18	118.02	הספק מבוא (קו"ט) - $P_{in} = P_o / \eta$
460,072	472,080	צריכה שנתית (קוט"ש) עבור $H = 4,000$ שעות פעולה (על בסיס חישוב של שתי משמרות עבודה ביממה לאורך 250 ימי עבודה שנתיים) $E = P_{in} \times H$
207,032	212,436	הוצאות חשמל שנתיות לפי מחיר של 0.45 ש"ח לקוט"ש (מחיר קוט"ש ממוצע של תע"ז מ"ג במיגזר התעשייתי) $E / 0.45$
25,000		אומדן עלות המנוע החדש (בש"ח)
5,404		הפרש הוצאות חשמל שנתיות (בש"ח)
25,000 / 5,404 = 4.6		תקופת החזר השקעה (בשנים)

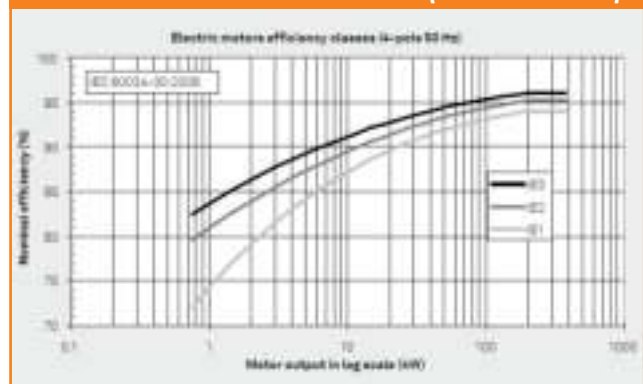
הצגתי את ההגדרות החדשות של רמות הנצילות של מנועי השראה (קוד IE). כפי שתואר באותו מאמר, התקן הישראלי ת"י 60034 משנת 2012, שאימץ את התקן הבינלאומי IEC60034-30, מגדיר את רמות הנצילות הבאות (כמתואר באיור 1).

- נצילות "פרימיום" - IE3 (Premium Efficiency)
- נצילות גבוהה - IE2 (High Efficiency)
- נצילות רגילה - IE1 (Standard Efficiency)

נוסף על כך מגדיר התקן נצילות עתידית גבוהה יותר - נצילות "סופר-פרימיום" - IE4 (Super Premium Efficiency).

כדי להמחיש את התועלת הכלכלית והטכנית הכרוכה ביישום מנועים בעלי נצילות גבוהה במקום מנועים עם נצילות נמוכה יותר, נערוך שלוש השוואות בין שני זוגות מנועים, בהספקי מוצא של 110 קו"ט ו-30 קו"ט, ובעלי נצילויות IE1, IE2, IE3 ו-IE4.

איור 1: רמות נצילות מינימליות של מנועים בעלי שני זוגות קטבים בתדר 50 הרץ



(מקור: Motor MEPS Guide- www.motorsystems.org)

מנגד, כאשר אנו מתכננים מערכת חדשה או חייבים להחליף מנוע פגום, נשקול האם לבחור במנוע בעל נצילות "גבוהה", IE2, או במנוע בעל נצילות "פרימיום" IE3. בטבלה 2 מוצג חישוב תקופת החזר ההשקעה במקרה של בחירה במנוע בעל נצילות IE3 בהשוואה למנוע בעל נצילות IE2. במקרה זה, מאחר שאנו בוחרים אחת משתי חלופות, עלות ההשקעה שנביא בחישוב היא ההפרש בין העלויות של שני המנועים. תוצאות החישוב – המלמדות כי החזר ההשקעה הוא תוך קצת יותר משנה וחצי – מצביעות בוודאות על הצורך ברכישת המנוע היעיל יותר (IE3).

בטבלה 3 ישנה השוואה דומה בין שתי חלופות של מנועים בהספק מוצא של 30 קו"ט: האחת, מנוע יעיל בעל נצילות "פרימיום" IE3, והשנייה – מנוע חדשני בנצילות "סופר פרימיום" IE4 בהשראה מגנטית. כמתואר בטבלה זו, ההשקעה במנוע החדשני בעל הנצילות IE4 "סופר פרימיום" אינה כדאית נכון להיום, מאחר שזמן החזר ההשקעה ארוך מאוד – 10 שנים. למרות זאת, צפוי שעם הזמן יהפכו מנועים אלו לשכיחים יותר ואף יהיו בעלי הספקים גבוהים יותר, וככל הנראה, גם עלותם תקטן, כך שתשתפר הכדאיות הכלכלית ביישומם.

טבלה 2: חישוב תקופת החזר השקעה בבחירה בין שתי חלופות – מנוע בעל נצילות IE2 ומנוע בעל נצילות IE3

סוגי המנוע (מתוצרת marathon)		איפיוני המנוע
מנוע עם נצילות "פרימיום" IE3	מנוע עם נצילות "גבוהה" IE2	
110	110	הספק המנוע במוצא (קו"ט) – Po
95.5	94.5	נצילות בהעמסה מלאה – η
115.18	116.4	הספק מבוא (קו"ט) – $P_{in}=P_o/\eta$
460,072	465,600	צריכה שנתית (קוט"ש) עבור $H = 4,000$ שעות פעולה (על בסיס חישוב של שתי משמרות עבודה ביממה לאורך 250 ימי עבודה שנתיים) $E = P_{in} \times H$
207,032	209,520	הוצאות חשמל שנתיות לפי מחיר של 0.45 ש"ח לקוט"ש (מחיר קוט"ש ממוצע של תעו"ז מ"ג במיגזר התעשייתי) $E/0.45$
25,000	21,000	אומדן עלות המנוע (בש"ח)
4,000		הפרש עלויות (בש"ח)
2,488		הפרש הוצאות חשמל שנתיות (בש"ח)
$4000 / 2488 = 1.6$		תקופת החזר השקעה (שנים)

טבלה 3: חישוב תקופת החזר השקעה בבחירה בין שתי חלופות – מנוע בעל נצילות IE3 ומנוע בעל נצילות IE4

סוגי המנוע (מתוצרת marathon)		איפיוני המנוע
מנוע עם נצילות "סופר פרימיום" IE4	מנוע עם נצילות "פרימיום" IE3	
30	30	הספק המנוע במוצא (קו"ט) – Po
95	93.6	נצילות בהעמסה מלאה – η
31.57	32.05	הספק מבוא (קו"ט) – $P_{in}=P_o/\eta$
126,280	128,200	צריכה שנתית (קוט"ש) עבור $H = 4,000$ שעות פעולה (על בסיס חישוב של שתי משמרות עבודה ביממה לאורך 250 ימי עבודה שנתיים) $E = P_{in} \times H$
56,826	57,690	הוצאות חשמל שנתיות לפי מחיר של 0.45 ש"ח לקוט"ש (מחיר קוט"ש ממוצע של תעו"ז מ"ג במיגזר התעשייתי) $E/0.45$
15,690	7,000	אומדן עלות המנוע (בש"ח)
8,690		הפרש עלויות (בש"ח)
864		הפרש הוצאות חשמל שנתיות (בש"ח)
$8,690 / 864 = 10$		תקופת החזר השקעה (שנים)

כאשר אנו באים להחליף מנוע תקין באופן יזום, ולו כדי ליישם התייעלות אנרגטית (רטרופיט), עלינו להביא בחשבון את עלותו המלאה של המנוע החדש. טבלה 1 מציגה את חישוב תקופת החזר ההשקעה עבור החלפת מנוע קיים בעל נצילות IE1 במנוע חדש במנוע בעל נצילות IE3. על-פי תוצאות החישוב, מדובר בהחזר השקעה על פני כ-4.5 שנים, זמן סביר לכל הדעות.