

פאזה

מידעון מקצועי לחשמל



חברת החשמל



תחזוקה כחוליה חיונית במערכת החשמל, ראו כתבה בעמוד 10

שינויים בתקנות החשמל - (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך) • נצילות של מנועי השראה - עדכוני תקינה • הגנות חוסר פאזה, חוסר איזון, מתח יתר, תת-מתח - חובה או רשות? • תחזוקה כחוליה חיונית במערכת החשמל • חיבורים קטנים מ-1x25 אמפר • שינויים בתקנות החשמל - עבודה במיתקן חי או בקירבתו • בטיחות פוטוביולוגית של מקורות אור ומערכות תאורה • חימום תת-רצפתי חשמלי - הדגשים • חברת החשמל למען תושבי הדרום • הנחיות מנהל ענייני חשמל בנושא בדיקה לצורך חידוש אספקת החשמל

דבר המערכת

קוראים יקרים,

בפתחה של שנה חדשה אנו שמחים על פרסום גיליון ספטמבר 2014 של "פאזה אחרת", ובו מיגוון כתבות ועדכונים.

חלק נכבד מהגיליון מוקדש לעדכונים בתקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך, עבודה במיתקן חי או בקירבתו), וכלול בו גם מסמך הנחיות של מנהל ענייני חשמל בנושא בדיקה לצורך חידוש אספקת החשמל למיתקנים שהופסקו עקב מצבים המתוארים במסמך.

התקנים הנוגעים לציוד צורך אנרגיה חשמלית מצטיינים בשנים האחרונות בהגדרת דרישות ביצועים אנרגטיים יעילים. עד כה פורסמו תקנים מחייבים לגבי דרישות לנצילות אנרגטית של נורות, מזגני אוויר, מקררים ושנאי הספק. בגיליון הנוכחי נפרט ביחס לעדכוני תקינה בתחום נצילות של מנועי השראה.

במאמר נוסף נסקרות ההגנות השונות במיתקני מתח גבוה, חלקן שיגרתיות וחלקן ייחודיות, שיש בהן כדי לשפר את אמינות האספקה ואת הבטיחות של המיתקן.

תחזוקה הינה חוליה חיונית במחזור החיים של מערכת החשמל, ועל היזם/המתכנן לתת את הדעת על סוג התחזוקה המתאימה ביותר לסוג המיתקן, ועל כך בגיליון.

כפי שאנחנו נוהגים בגיליונות האחרונים, גם בגיליון זה אנו מביאים מידע שימושי לחשמלאי על סוגי החיבורים לבית (חל"ב). הגיליון הנוכחי עוסק בחיבורים במתח נמוך הקטנים מ-1X25 אמפר.

בד בבד עם התרחבות השימוש בנורות יעילות עולות שאלות ביחס להשפעה הפוטוביולוגית של מקורות האור השונים על האדם. הנושא מוצא את ביטויו בכתבה המציגה תקן ייעודי, אשר יכול לשמש הן את המתכנן והן את המשתמש לגבי בחירה נכונה של סוג מקור האור.

השימוש בחימום תת-רצפתי להבטחת תנאי נוחות בחורף מתרחב בדירות מגורים סטנדרטיות, ובהקשר זה פורסמו מספר כתבות בגיליונות קודמים. בגיליון זה מצאנו לנכון להציג מספר הדגשים והבהרות בנושא זה.

על מבצע "צוק איתן" ועל פעילותה של חברת החשמל לשם הבטחת אספקת חשמל סדירה ללקוחות - תוכלו לקרוא בכתבה המסכמת תקופה זו.

קריאה נעימה ומועילה,
שנה טובה ובטוחה.

מה במידעון

3 שינויים בתקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך)

6 נצילות של מנועי השראה - עדכוני תקינה

8 הגנות חוסר פאזה, חוסר איזון, מתח יתר, תת-מתח - חובה או רשות?

10 תחזוקה כחוליה חיונית במערכת החשמל

12 חיבורים קטנים מ-1X25 אמפר

14 שינויים בתקנות החשמל - עבודה במיתקן חי או בקירבתו

15 בטיחות פוטוביולוגית של מקורות אור ומערכות תאורה

18 חימום תת-רצפתי חשמלי - הדגשים

21 הנחיות מנהל ענייני החשמל בנושא בדיקה לצורך חידוש אספקת החשמל

ה מ ע ר כ ת



כתובת המערכת:
מערכת "פאזה אחרת" חברת החשמל, ת"ד 10, חיפה 3100001
טל' 04-8182681. פקס: 04-8182687
e-mail: faza-aheret@iec.co.il
קוד זיהוי: "פאזה אחרת" ספטמבר 2014 - 081
פאזה אחרת באינטרנט: באתר חברת החשמל www.iec.co.il

סרקו את הקוד והכנסו לחוברת פאזה אחרת באתר חברת החשמל

כל הזכויות שמורות לחברת החשמל. אין לצטט קטעים מתוך כתב העת ללא אישור בכתב של מערכת "פאזה אחרת".

עורך ראשי: בנימין כהן
עורך: שלומי לוי
מערכת: יצחק ברכה, נולדי גרינברג, אברהם יניב, אורי מאור, שלמה סדן, יפים רוזנפלד
מינהלה והוצאה לאור: יצחק עקיבא
הדפסה: א.ג. הפקות
איור שער האחורי: אנדי צ'אוסו
תמונת השער: מח' תפעול ולוגיסטיקה, המה"ר
עיצוב גרפי והפקה: מרק בלייזיס, תקשורת שיווקית

שינויים בתקנות החשמל העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך

ב-4.3.2014 פורסמו בקובץ התקנות 7349 תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך), התשע"ד-2014. תקנות אלו מבטלות את תקנות החשמל (העמסה והגנה של מוליכים מבודדים וכבלים עד 1,000 וולט), התשנ"ג-1992. התקנות החדשות ייכנסו לתוקף שישה חודשים ממועד פרסומן, אולם מותר לפעול לפיהן החל ביום פרסומן. במאמר זה יפורטו השינויים שהכניסו התקנות מ-2014 לעומת התקנות הישנות, ויוצגו דוגמאות והסברים לגבי הבדלים אלו.

הגדרות

בתקנות המעודכנות שופרו חלק מההגדרות, נוספו מונחים לועזיים חיוניים, ונוספו הגדרות חדשות, כגון מקדם תיקון, מקדם תיקון משוקלל, זרם מתמיד מרבי מתוקן ($I'z$) ועוד.

חובת ההגנה על מוליך

בנוסף לדרישה המופיעה בתקנת משנה 3(א): "א) כל מוליך חי, בקו, במעגל או במעגל סופי, שאיננו מוליך אפס (N), מוליך PEN או מוליך תווך מוארק, יוגן על ידי מבטח המגן הן בפני זרם קצר והן בפני זרם העמסת יתר, או על ידי מבטח נפרד לכל ייעוד", נוספה הסתייגות:

"על אף האמור בתקנת משנה (א) אין צורך בהגנה מפני זרם העמסת יתר, אם מקור הזינה אינו יכול לגרום לזרם העמסת יתר במוליכים או אם המעגל מזין מיתקני חירום".

כמו כן נוספה לתקנה 3 הדרישה הבאה: "חתך מוליך אפס (N) יהיה כזה שימנע חימום יתר של מוליך זה".

מבטח להגנה בפני זרם העמסת יתר

בתקנות הישנות הופיעו 3 משוואות שונות שביטאו את הקשר בין הזרם המתמיד המקורי (Iz) של המוליך לבין זרם הבדיקה הגבוה ($I2$) של המבטח, כך שכל משוואה מיועדת למבטח מסוג אחר - נתיך, מא"ז, מפסק אוטומטי ניתן לכיוונון. לעומת זאת, ההתקנות המעודכנות אינן מבחינות בין נתיך, מא"ז או מפסק אוטומטי בנוגע לדרישה זו, כדלקמן:

"6(א) מבטח המגן על מוליך מפני זרם העמסת יתר בלבד, יתאים לכל הדרישות האלה:

$$Ib \leq In \leq I'z \quad (1)$$

$$I2 \leq 1.45 \times I'z \quad (2)$$

$$I'z = Iz \times C \quad (3)$$

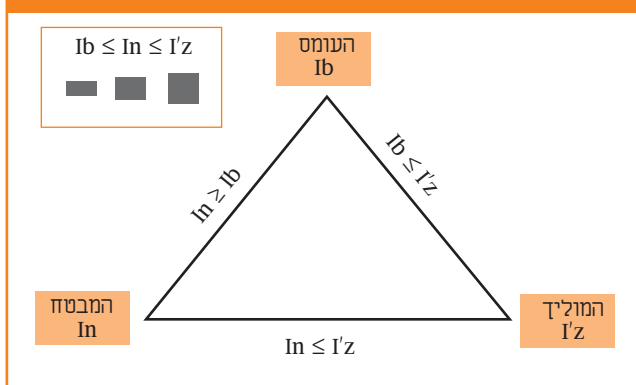
בנוסחה זו -

- Ib - זרם העבודה הממומש המרבי;
- In - הזרם הנקוב של המבטח או הזרם שאליו הוא כוונן;
- $I2$ - זרם הבדיקה הגבוה;
- Iz - זרם מתמיד מרבי;
- $I'z$ - זרם מתמיד מרבי מתוקן;
- C - מקדם תיקון משוקלל;

איור 1 מבטא את דרישות ההתאמה בין העומס, המבטח והמוליכים, כפי שהן מופיעות במשוואות לעיל.

בתקנות הקודמות לא הופיעו ערכי זרם הבדיקה הגבוה ($I2$) של מבטחים שונים ביחס לזרם הנקוב שלהם (In), ונדרש להתייחס

איור 1: תנאי ההתאמה בין העומס, המבטח והמוליכים להגנה בפני זרם העמסת יתר



לערכים שהופיעו בתקנים הרלבנטיים. בתקנות המעודכנות נמצאים ערכים אלה של ($I2$) לראשונה בתקנת משנה 6(א), כמתואר בטבלה 1.

על מנת לחשב את כושר ההעמסה הנדרש של מוליך, יש להציב את ערכי $I2$ הנ"ל במשוואה המבטאת את הקשר בין הזרם המתמיד המרבי (Iz) של המוליך לבין זרם הבדיקה הגבוה ($I2$) של המבטח שהוצג לעיל (מתקנת משנה 6) - $I2 \leq 1.45 \times I'z$. לאחר ההצבה נקבל משוואות חדשות המבטאות את הקשר בין הזרם המתמיד המרבי של המוליך לבין הזרם הנקוב של המבטח (המבטאות את כושר ההעמסה הנדרש למוליך), בהתאמה לסוג המבטח.

בטבלה 1 מוצגות המשוואות המתקבלות המבטאות את כושר ההעמסה הנדרש של מוליך, תוך השוואה בין התקנות הישנות לבין התקנות המעודכנות.

טבלה 1: משמעות השינוי לגבי בחירת כושר העמסה של המוליך, הנדרש לקיום התנאי של הגנה בפני זרם העמסת יתר

סוג המבטח		זרם הבדיקה הגבוה $I2$	כושר העמסה הנדרש של מוליך על-פי התקנות החדשות	כושר העמסה הנדרש של מוליך על-פי התקנות הישנות
נתיך	$10A < In \leq 25A$	$In \times 1.75$	$I'z \geq 1.21 In$	$I'z \geq 1.21 In$
	$In \geq 25A$	$In \times 1.6$	$I'z \geq 1.1 In$	$I'z \geq 1.1 In$
מפסק אוטומטי זעיר (מא"ז)		$In \times 1.45$	$I'z \geq 1.0 In$	$I'z \geq 1.12 In$
מפסק אוטומטי הניתן לכיוונון		$In \times 1.3$	$I'z \geq 0.89 In$	$I'z \geq 1.18 In$

נציין, כי תקנת משנה 14(ב) בתקנות הישנות איפשרה למתכנן המיתקן החשמלי לסטות מהערכים הנדרשים בתקנות בהתאם לשיקוליו הטכניים. תקנה זו הוחלפה בתקנת משנה 6(ה), ונוסחה כדלקמן:

6. (ה) מתכנן בעל רשיון חשמלאי מהנדס רשאי לסטות מהערכים המתקבלים מהנוסחאות שבתקנה זו, בתנאי שהוא מבסס את חישוביו על תנאי ההתקנה והעמסה של המעגל".

שיטות התקנה חדשות

בתקנות המעודכנות נוספו שיטות התקנה: 31 שיטות במקום 18.

טבלאות ערכי זרם מתמיד מרבי לפי שיטת התקנה

לגבי סוגיית ההגנה בפני זרם העמסת יתר חלו שנויים בטבלאות שבתוספת השנייה ובערכי זרם המתמיד המרבי, כדלקמן:

- שינוי ערכי הזרם המתמיד המרבי לפי תקן IEC עדכני.
- ביטול הצגת הזרם הנומינלי של מא"ז ושל נתיך הנדרש להגנת מוליך נחושת (בחתך עד 4 ממ"ר) בפני זרם יתר.
- לעומת הטבלאות הקיימות, המציגות את ערכי הזרם המתמיד המרבי לחתכי מוליכים עד 120 ממ"ר ושל כבלים עד 240 ממ"ר, מתייחסות רוב הטבלאות החדשות לחתכים עד 300 ממ"ר.

בטבלה 2 מוצגת לדוגמא השוואה של ערכי הזרם המתמיד המרבי בין טבלאות מהתקנות הישנות והחדשות - טבלה 90.3 מהתקנות הישנות וטבלה 90.7 מהתקנות החדשות אשר מתייחסות לשיטות התקנה דומות - "כבלים רב-גידיים או חד-גידיים על מגש מחורר" ו"כבלים רב-גידיים על מגש מחורר או מגש רשת", בהתאמה.

בדוגמה המוצגת בטבלה 2 ניתן להבחין, כי עבור שיטת התקנה של כבלים רב-גידיים על גבי מגש רשת, בתקנות המעודכנות חלה **העלאה** בכושר ההעמסה המותר ביחס לאותם התנאים שבתקנות הישנות.

בטבלה 3 מוצגת דוגמא נוספת המשווה את ערכי הזרם המתמיד המרבי בין טבלה 90.5 מהתקנות הישנות ("כבלים טמונים במישרין באדמה עם כיסוי מגן על ידי לוחות בטון, מרצפות וכיו"ב), לבין טבלה 90.6 מהתקנות החדשות ("כבלים חד-גידיים או רב-גידיים טמונים באדמה במישרין עם או בלי כיסוי מגן").

בדוגמה המוצגת בטבלה 3 ניתן להבחין, כי עבור שיטת התקנה של כבלים רב-גידיים טמונים באדמה, בתקנות המעודכנות חלה ירידה מסוימת בכושר ההעמסה המותר, אולם חשוב לציין שבתקנות החדשות תנאי הבסיס של ערכי הטבלה בנוגע להתנגדות התרמית הסגולית של הקרקע השתנו (ראו הסבר מפורט בסעיף מקדמי תיקון בהמשך המאמר).

מקדמי תיקון

על-פי ההגדרה, זרם מתמיד מרבי הוא זרם מתמיד של מוליך המעלה את הטמפרטורה של המוליך לטמפרטורה המרבית המותרת בתנאי סביבה אחידים, בהתאם לתוספת השנייה שבתקנות ובהתאם לשיטת ההתקנה שבתוספת השלישית של התקנות.

מקדם התיקון הוא למעשה מקדם שמכמת את ההשפעה של שונות התנאים המעשיים השוררים במיתקן המתוכנן, לעומת אלה ששימשו להגדרת הזרם המתמיד המרבי.

בתקנות המעודכנות נוספו טבלאות של מקדמי תיקון C לחישוב I'z בתנאי התקנה שונים (טבלאות בתוספת הראשונה של התקנות):

טבלה 2: דוגמא - השוואה בין ערכי הזרם המתמיד המרבי של מוליך המופיעים בטבלה 90.3 בתקנות הישנות לבין אלו שבטבלה 90.7 שבתקנות החדשות

טמפרטורה אופפת 35 מעלות צלסיוס				שטח חתך S [ממ"ר]
זרם מתמיד מרבי Iz [אמפר]				
תקנות ישנות - טבלה 90.3		תקנות חדשות - טבלה 90.7		
נחושת בידוד 90		נחושת בידוד 90		
מעגל תלת-מופעי	מעגל חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי	מעגל חד-מופעי	
22	25	20	23	1.5
31	35	28	30	2.5
40	47	36	40	4
52	60	41	53	6
72	83	66	73	10
96	110	88	99	16
122	143	118	130	25
152	178	145	160	35
184	216	175	196	50
236	277	223	248	70
286	338	270	300	95
332	394	313	348	120
383	454	-	-	150
438	520	-	-	185
516	615	-	-	240
596	711	-	-	300

טבלה 3: דוגמא - השוואה בין ערכי הזרם המתמיד המרבי של מוליך המופיעים בטבלה 90.5 בתקנות הישנות לבין אלו שבטבלה 90.6 שבתקנות החדשות

טמפרטורה אופפת 35 מעלות צלסיוס				שטח חתך S [ממ"ר]
זרם מתמיד מרבי Iz [אמפר]				
תקנות ישנות - טבלה 90.5		תקנות חדשות - טבלה 90.6		
כבל רב-גידים - נחושת בידוד 90		כבל חד-גידים או רב-גידים - נחושת בידוד 90		
מעגל תלת-מופעי	מעגל חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי	מעגל חד-מופעי	
20	24	28	31	1.5
27	32	36	40	2.5
34	41	44	50	4
43	52	56	64	6
57	68	76	87	10
73	88	97	111	16
94	113	124	142	25
113	136	148	171	35
134	161	179	202	50
166	198	220	249	70
196	234	265	303	95
223	267	303	345	120
252	301	339	-	150
283	338	382	-	185
326	390	442	-	240
368	441	-	-	300

הדרישה להגנה בפני זרם קצר, אך מתירה זאת רק כאשר מדובר בקווי זינה קצרים שמרחקם לא יעלה על 25 מטרים, כדלקמן:
9. (ג) הוראות תקנת משנה (א) לא יחולו על מוליכים המחברים מקור זינה אל הלוח ובלבד שהקטע שבין מקור הזינה לבין הלוח יהיה קצר ככל האפשר ולא יעלה על 25 מטרים".

בדיקת ההגנה על מוליך או כבל

בתקנות הישנות נדרש לערוך בדיקה של מערכת ההגנה על המוליכים או הכבלים במיתקן לפני הפעלתו, או לאחר שבוצע שינוי יסודי, כהגדרתו בתקנה, כדלקמן:

(א) ההגנה של מוליך מבודד או של כבלים במתקן תיבדק לפני הפעלת המיתקן או עקב שינוי יסודי במיתקן; לעניין זה, שינוי יסודי הוא שינוי בחתך המוליכים, בחומר המוליכים, בבידוד המוליכים או בצורת ההתקנה.

(ב) בבדיקה יאומת אם התקיימו הוראות תקנות אלה.

התקנות החדשות מתייחסות לבדיקה בשני מצבים. האחד הוא לפני הפעלה ראשונה של מיתקן או אחרי ביצוע שינוי יסודי בו. במצב השני יש לערוך בדיקה תקופתית במיתקנים בעלי זרם נקוב העולה על 160 אמפר, כדלקמן:

בדיקה לפני הפעלה ראשונה או שינוי יסודי

"(א) בעל רישיון חשמלאי בודק כמשמעותו בסימנים י' עד י"ב בפרק השני לתקנות החשמל (רישיונות), התשמ"ה-1985, יבדוק הגנה של מוליך מבודד או של כבל, לפני הפעלה ראשונה של המיתקן או לאחר שינוי יסודי בו; לעניין זה, "שינוי יסודי" – שינוי בחתך המוליכים, בחומר המוליכים, בבידוד המוליכים, במספר המוליכים המותקנים במובל, בצורת ההתקנה או בתנאי הסביבה.

(ב) בבדיקה כאמור יש לבדוק ולוודא כי במיתקן מתקיימות דרישות תקנות אלה.

(ג) תוצאות הבדיקות יירשמו ויימסרו לבעל המיתקן, למחזיקו, למפעילו ולאחראי על המיתקן ויישמרו בידם במשך תקופת פעילות המיתקן".

בדיקה תקופתית

"(א) במיתקן בעל זרם נקוב העולה על 3x160 אמפר יבוצעו, אחת לשנה, בדיקות אלה:

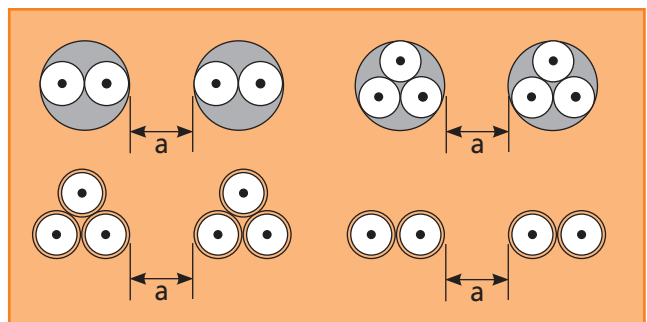
- (1) כיוונון המפסקים האוטומטיים בהתאם לרשום בסימון המבטח;
- (2) בדיקה שהזרם הנקוב של המבטחים מתאים לתוכניות המעודכנות של המיתקן;
- (3) בדיקה שחיבורי המוליכים מהודקים היטב ולא נראים עליהם סימני חימום יתר.

(ב) חשמלאי בעל רישיון המתאים לגודל המיתקן ולייעודו יבצע את הבדיקות, והתוצאות יירשמו ויימסרו לבעל המיתקן, למחזיקו, למפעילו ולאחראי על המיתקן ויישמרו בידם למשך כל תקופת הפעילות של המיתקן.

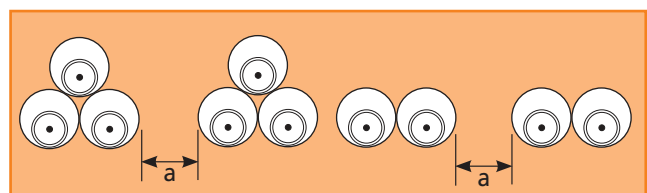
(ג) מתקין של מיתקן כאמור בתקנת משנה (א) יציג על גבי המיתקן הודעה בדבר חובת הבדיקה התקופתית לפי תקנה זו.

(ד) הוראות תקנה זו לא יחולו לגבי מיתקן של בעל רישיון ספק שירות חיוני לפי חוק משק החשמל, התשנ"ו-1996".

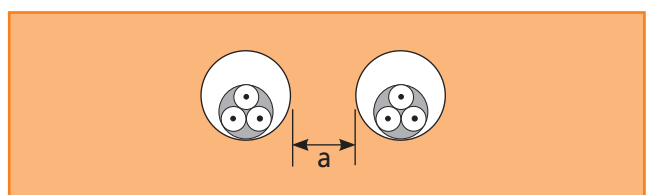
- בעבור ערכים שונים של טמפרטורה אופפת של האוויר
- בעבור ערכים שונים של טמפרטורה אופפת של הקרקע
- בעבור ערכים שונים של התנגדות תרמית סגולית של הקרקע: ערכי הזרם המתמיד המרבי של כבלים בשיטות שונות של התקנה בקרקע, המופיעים בתקנות הישנות, חושבו על יסוד הנחה שההתנגדות התרמית הסגולית של האדמה היא 120 מעלות צלסיוס ס"מ לווואט. בטבלאות החדשות נעשו החישובים על יסוד הנחה שההתנגדות התרמית הסגולית של האדמה היא 250 מעלות צלסיוס ס"מ לווואט (2.5 מעלות קלווין מטר לווואט).
- בעבור כבלים המותקנים בקבוצות בלא רווח ביניהן
- בעבור מעגלים מכבלים חד-גידיים צמודים או מכבלים רב-גידיים המונחים במישורין באדמה, כתלות במרחק ביניהם, כמתואר באיור להלן.



- בעבור קבוצות של כבלים חד-גידיים בתוך צינורות המונחים ישירות באדמה - כל כבל בצינור נפרד, כמתואר באיור להלן.



- בעבור קבוצות של כבלים רב-גידיים בתוך צינורות המונחים ישירות באדמה - כל כבל בצינור נפרד, כמתואר באיור להלן.



מבטח להגנה בפני זרם קצר

בתקנה 6 של התקנות הישנות נדרש מבטח להגנה בפני זרם קצר. תקנת משנה 6(ג) קבעה סייג לדרישה זו, והתירה לא ליישמה על מוליכים המחברים מקור זינה אל הלוח, כדלקמן:

"6. (א) מבטח להגנה בפני זרם קצר בלבד, יפסיק את זרם הקצר בכפוף לאמור בתקנה 7;

(ג) הוראות תקנת משנה (א) לא יחולו על מוליכים המחברים מקור זינה (כגון גנרטור, שנאי, ממיר או מצבר) אל הלוח ובלבד שבלוח מותקן מבטח למוליכים אלה".

ואילו בתקנות החדשות, תקנת משנה 9(ג) מסייגת גם כן את

נצילות של מנועי השראה

עדכוני תקינה

מנועים חשמליים צורכים כ-50% מצריכת החשמל בארץ ומעל 70% מצריכת החשמל בתעשייה. כיום, הוצאות החשמל הכרוכות בהפעלת המנוע מהוות את המרכיב המשמעותי ביותר מכלל הוצאות המנוע, והן גורם מכריע בשיקולים טכנו-כלכליים בהחלטה בדבר השימוש בו. מאמר זה מציג בקצרה את עדכוני התקינה האחרונים בנוגע לנצילות של מנועי השראה תלת-מופעיים כלוביים.

כמאמר זה נציג בקצרה את עדכוני התקינה בנוגע לרמות נצילות של מנועי השראה תלת-מופעיים כלוביים.



הלב של מערכות הנעה חשמליות הוא המנוע. ממיר את האנרגיה החשמלית לאנרגיה מכנית, ומעביר אותה דרך תמסורת למערכת המונעת. נצילות המנוע מוגדרת כיחס בין ההספק המכני על הציר לבין ההספק החשמלי במבוא המנוע, והיא תלויה בסוג המנוע ובשיעור ההעמסה שלו (במאמר זה לא נעסוק בכך). מערכות הנעה חשמליות צורכות כ-40% מצריכת החשמל במיגזר המסחרי, וכ-70% מצריכת החשמל במיגזר התעשייתי. יתרה מזאת, צריכת החשמל של מערכות הנעה

הפסדי אנרגיה במנועים חשמליים

הפסדי האנרגיה במנוע הם הגורם המשפיע על הנצילות של המנוע. בין הפסדים העיקריים ניתן לציין הפסדי נחושת בליפופי הסטטור והרוטור, הפסדי (הפסדי היסטריזיס), הפסדים מכניים (הפסדי חיכוך במיסבים + הפסדי אנרגיה במאוורר), והפסדים נוספים (זרמים תועים ברבדים של הברזל - בסטטור

וברוטור). טבלה 1 מציגה את הפסדים השונים, התפלגותם, ושיטות להקטנתם.

מהו מנוע יעיל?

כאמור, נצילות המנוע מוגדרת כיחס בין ההספק המכני על הציר לבין ההספק החשמלי במבוא המנוע. היא תלויה בסוג המנוע ובשיעור ההעמסה שלו, והיא מבטאת לרוב באחוזים. קיים שוני רב בין המאפיינים של מנוע "רגיל" לבין אלו של מנוע יעיל. שיפורים בתכנון, בחומרים ובטכניקות הייצור של המנוע מאפשרים למנוע יעיל לבצע למעשה יותר עבודה ליחידת אנרגיה חשמלית נצרכת.

שיפורים בתכנון, בחומרים ובטכניקות הייצור של המנוע מאפשרים למנוע יעיל לבצע הלכה למעשה יותר עבודה ליחידת אנרגיה חשמלית נצרכת

במיגזר התעשייתי מהווה 30%-40% מצריכת האנרגיה החשמלית העולמית.

כ-80% מהמנועים החשמליים הנמכרים בעולם הם מנועי השראה חשמליים, תלת-מופעיים, כלוביים, בעלי הספק העולה על 0.75 קילוואט, והם גם אחראים על מרבית צריכת האנרגיה למנועים בכלל. על-פי נתוני סוכנות האנרגיה הבינלאומית - IEA, שימוש במנועים חשמליים יעילים בשילוב של מערכות הנעה מווסתות מהירות (כגון וסתית תדר) עשוי לחסוך כ-7% מצריכת החשמל העולמית, כאשר כרבע עד כשליש מפוטנציאל החיסכון הזה יתקבל כתוצאה משימוש במנועים יעילים.

טבלה 1: הפסדי אנרגיה במנוע חשמלי

סוג הפסדים	אחוז מסך כל הפסדים במנוע	תיאור	הפסדים קבועים או הפסדים משתנים התלויים בשיעור ההעמסה של המנוע	דרכים להקטנתם
הפסדי נחושת	25%-40%	הפסדי חום	הפסדים משתנים	הגדלת שטח החתך של הליפופים
הפסדי ברזל	15%-25%	האנרגיה הנדרשת למיגנוט ליבת הברזל	הפסדים קבועים	שימוש בפלדה באיכות גבוהה יותר, הארכת הליבה
הפסדים מכניים	5%-15%	הפסדי חיכוך במיסבים והפסדים של המאוורר כתוצאה מהתנגדות האוויר	הפסדים קבועים	שימוש במיסבים יעילים יותר (חיכוך מועט) ושיפור בתכנון זרימת האוויר של המאוורר
הפסדים נוספים	10%-20%	זרמים תועים	הפסדים משתנים	שיפורים גיאומטריים של חריצי הרוטור והסטטור

מקור: Energy Efficient Motor - DOE

ומה בישראל?

עד שנת 2012 חל בישראל התקן הישראלי ת"י 5289: "נצילות אנרגיה מינימלית של מנועי השראה חשמליים אסינכרוניים, תלת-מופעיים, כלוביים". תקן זה הציג שתי רמות נצילות מינימלית - Eff1 ו-Eff2. רמה Eff2 הותרה ליישום עד דצמבר 2007, והחל מינואר 2008 נדרש לעמוד בדרישות הנצילות על-פי רמה Eff1. ערכי הנצילות שהופיעו בתקן התבססו על הערכים שפורסמו באירופה על-ידי הוועדה האירופית של יצרני מכונות חשמל ואלקטרוניקה הספק - CEMEP, שתואר לעיל, וכן על ערכים שהופיעו בתקן האוסטרלי-ניו-זילנדי משנת 2004. באוקטובר 2012 התפרסם תקן ישראלי חדש, ת"י 60034 חלק 30: "מכונות חשמל מסתובבות: רמות נצילות של מנועי השראה תלת-מופעיים, כלוביים, במהירות קבועה (קוד IE)". תקן זה הוא אימוץ של התקן של הנציבות הבינלאומית לאלקטרו-טכניקה IEC 30-60034, שתואר לעיל, עם שינויים ותוספות לאומיים. אחת התוספות הבולטות שהוגדרו בתקן הישראלי קובעת, שהחל מיולי 2013, נצילות המנוע לא תקטן מרמה IE3. בטבלה 2 מובאים ערכי הנצילות של רמה IE3 הנדרשים בתקן

טבלה 2: השוואה בין ערכי הנצילות המינימלית בין ת"י 5289 (תקן ישן) לבין ת"י 30-60034 (תקן חדש)

הספק המנוע (kW)	נצילות מינימלית (%) עבור רמה IE3 לפי התקן החדש ת"י 30-60034			נצילות מינימלית (%) עבור רמה Eff1 לפי התקן הישן ת"י 5289		
	זוג קטבים	2 זוגות קטבים	3 זוגות קטבים	זוג קטבים	2 זוגות קטבים	3 זוגות קטבים
0.73	-	-	-	77.7	82.2	80.5
0.75	78.9	82.5	80.7	77.7	82.2	80.5
1.1	81	84.1	82.7	79.9	83.8	82.2
1.5	82.5	85.3	84.2	81.5	85	84.1
2.2	84.3	86.7	85.9	83.4	86.4	85.6
3	85.6	87.7	87.1	84.9	87.4	86.7
4	86.8	88.6	88.1	86.1	88.3	87.6
5.5	88	89.6	89.2	87.4	89.2	88.5
7.5	89.1	90.4	90.1	88.5	90.1	89.5
11	90.3	91.4	91.2	89.8	91	90.6
15	91.2	92.1	91.9	90.7	91.8	91.3
18.5	91.7	92.6	92.4	91.3	92.2	91.8
22	92.2	93	92.7	91.8	92.6	92.2
30	92.9	93.6	93.3	92.5	93.2	92.9
37	93.3	93.9	93.7	93	93.6	93.3
45	93.7	94.2	94	93.5	93.9	93.7
55	94.1	94.6	94.3	93.9	94.2	94
75	94.6	95	94.7	94.4	94.7	94.6
90	94.9	95.2	95	94.8	95	95
110	95.1	95.4	95.2	95.1	95.3	95.1
132	95.4	95.6	95.4	95.4	95.5	95.4
150	-	-	-	95.6	95.7	95.5
160	95.6	95.8	95.6	-	-	-
מעל 185	-	-	-	95.6	95.7	95.5
375 - 200	95.8	96	95.8	-	-	-

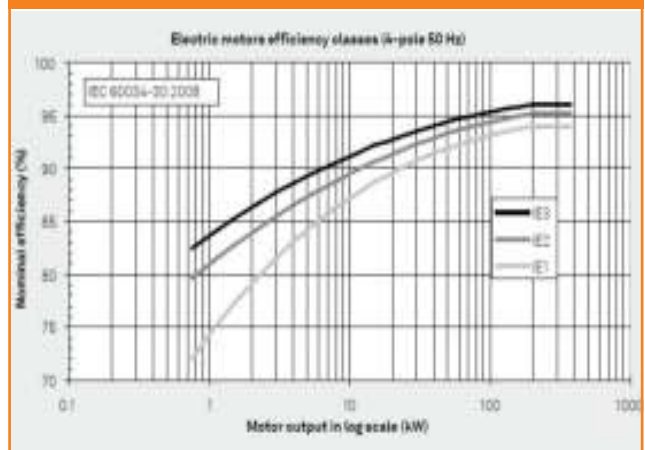
המשך בעמוד 23

מלבד החיסכון האנרגטי, ומאחר שהם נבנים באמצעות טכניקות ייצור מתקדמות יותר ומחומרים טובים יותר, למנועים יעילים יש יתרונות נוספים: פחות רעידות, פחות איבודי חום, פעולה שקטה יותר, וכן משך חיים ארוך יותר של המיסבים והבידוד. כל אלו ועוד מגבירים את המהימנות של המנוע. עקב כל אלו, חלק מייצרני המנועים מציעים אחריות למשך תקופה ארוכה יותר למנועים יעילים, בהשוואה למנועים הרגילים.

תקינה בנוגע לרמות נצילות של מנועי השראה תלת-מופעיים כלוביים

עד לשנת 2007 היה שוני בין ההגדרות של רמות הנצילות של מנועי השראה הכלולות בתקנים של מדינות שונות, כדלהלן. באירופה הסכימו הוועדה האירופית של יצרני מכונות חשמל ואלקטרוניקה הספק - CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) וארגון ההסמכה האירופאי, EU (European Commission), כי יש לעודד את השימוש במנועים בעלי נצילות משופרת. ההסכם קבע שלושה תחומי נצילות - Eff1, Eff2, Eff3 (על בסיס תקן IEC 60034-2 משנת 1999). בארצות הברית הגדירו את רמות הנצילות על בסיס התקנים EPA/Act/NEMA. באוסטרליה הוגדרו שתי רמות נצילות - Minimum Efficiency / High Efficiency, ואילו בסין הגדירו 3 דרגות של נצילות, בדומה לאירופה. בשנת 2007 יזמה הנציבות הבינלאומית לאלקטרו-טכניקה - IEC, פרויקט להגדרת רמות נצילות אחידות בינלאומיות, ופירסמה בהתאם בשנת 2008 את התקן IEC 60034-30: "Rotating electrical machines: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-(induction motors IE code)". רמות הנצילות שהגדיר תקן IEC הן: נצילות "פרימיום" - IE3 (Premium Efficiency). נצילות גבוהה - IE2 (High Efficiency). נצילות רגילה - IE1 (Standard Efficiency). נוסף על כך הגדיר התקן נצילות עתידית גבוהה יותר - נצילות "סופר-פרמיום" - (IE4 Super Premium Efficiency). מנועים אלו מצויים כיום בשלבי פיתוח, ועדיין אינם מיוצרים באופן מסחרי. התקן מגדיר ערכי נצילות עבור מנועים בעלי זוג קטבים, שני זוגות קטבים, ושלושה זוגות קטבים, תוך הבחנה בין תדר רשת של 50 הרץ לתדר 60 הרץ. באיור 1 מוצג לדוגמה גרף המתאר את רמות הנצילות שהגדיר תקן IEC עבור מנועים בעלי שני זוגות קטבים, לתדר 50 הרץ.

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



מקור: Motor MEPS Guide- www.motorsystems.org

הגנות חוסר פאזה, חוסר איזון, מתח יתר, תת-מתח - חובה או רשות?

לקוח תלת-פאזי המקבל שתי פאזות בלבד, שאינו מוגן על-ידי הגנת חוסר פאזה (כמתואר באיור 2) או באמצעות הגנת תת-מתח/מתח יתר המנתקת מייד את המיתקן, יכול בעקבות תקלה זו - שהיא מסוג Force Majeure - לספוג פגיעה משמעותית בצידוד הסובב. לכן, הגנת חוסר פאזה היא הגנת חובה. בשוק קיימות הגנות חוסר פאזה המיועדות להספקים שונים, ומייצרים אותן רוב יצרני ציוד חשמלי גדולים. ניתן לשקול שילוב הגנה מסוג זה בלוח הראשי של המיתקן, או, לחלופין, להתקין הגנות מקומיות בלוחות המשנה באמצעות



- במיתקני מתח גבוה של לקוחות נהוג להשתמש בהגנות מהסוג הבא:
- הגנה פחת כונית - שתפקידה למנוע הפסקת קו מתח גבוה עקב קצר ברשת הפנימית של הלקוח.
- הגנה ממתחי יתר - שתפקידה למנוע ממתחי יתר מעל לרמה מסוימת לחדור למיתקני החשמל ולגרום לפריצת הבידוד.
- הגנת יתרת זרם - שתפקידה להפסיק את המפסק תוך הגבלת ערך זרם היתר לזמן קצוב בהתאם ליכולת הולכת המעגל.
- הגנה מושהית - שתפקידה לגרום להפסקת המפסק בזרמי קצר בערכים נמוכים בהשוואה לקצר.
- הגנה מיידית - שתפקידה להפסיק מייד את המעגל בעקבות התרחשות קצר בעוצמת זרם גבוהה.

שימוש בהגנות להספקים קטנים יותר.

כדי לזהות האם המקור לחוסר פאזה טמון בתקלה ברשת של חברת החשמל או ברשת הפנימית, יש לדאוג שבלוח החשמל הראשי של הלקוח המוזן מאספקת חברת החשמל יותקנו גורות חיווי המצביעות על המתח בפאזות. כך ניתן בקלות לקבוע היכן הבעיה.

לרוב, הגנה לחוסר פאזה משלבת בתוכה גם הגנות נוספות.

הגנת סדר פאזות

אם מסיבה כלשהי, למשל עקב עבודות תחזוקה, הזנה למנוע תלת-פאזי חוברה לא נכון, הגנה זו תבחין בחיבור השגוי, ותנתק את המיתקן מייד. הגנה זו חשובה מאוד: הפיכת שתי פאזות במנוע תלת-פאזי תגרום להפיכת כיוון הסיבוב, וכתוצאה מכך יכולים להיגרם נזקים לציוד.

האם אלה הגנות מספקות? התשובה היא כמובן - לא. על-מנת לספק למיתקן החשמל מעטפת של הגנה כמעט מושלמת, מומלץ להביא בחשבון גם הגנות נוספות, שתכליתן הגנה על המיתקן והציוד בו בעקבות מצבים כגון ניתוק פאזה, חיבור לא נכון של סדר פאזות, היווצרות של מתח יתר או תת-מתח, וחוסר איזון במתחי הפאזות.

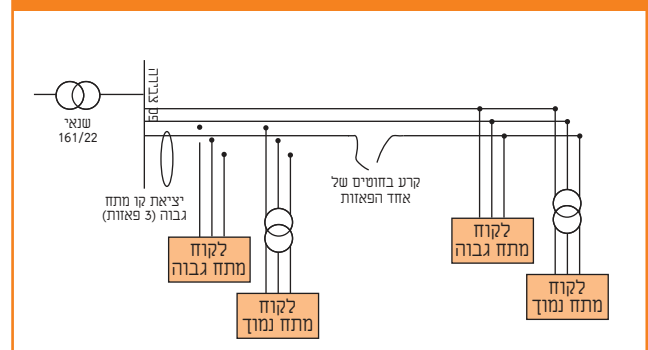
הגנת חוסר פאזה

אחת התופעות החוזרות על עצמן ברשתות החשמל היא ניתוק פאזה ללקוח. כאשר הלקוח מחובר בסוף קו מתח גבוה המזין לקוחות רבים, ניתוק פאזה עקב קריעת גשר או חוטים אינו מורגש במערכות הניטור וההגנה של חברת החשמל המותקנות בתחנת המשנה, כל עוד החוט הקרוע אינו נוגע בפאזה אחרת או באדמה, כמתואר באיור 1.

איור 2: דוגמאות של הגנות חוסר פאזה



איור 1: קריעת חוטים ברשתות החשמל ללא גרימת קצר לאדמה או לפאזה סמוכה



הגנת מתח יתר - Overvoltage

כאשר המתח במיתקן עולה מעל סף מסוים שניתן לכוונו בהגנה (בדרך כלל, הערך זמן ההשהיה עד להפעלת ההגנה, כדי למנוע הפסקות מיתקן עקב תופעות מעבר קצרות מאוד, כגון נחשולי מתח) - ההגנה מפסיקה את המיתקן. ניתן לקבוע אם אספקת החשמל תחודש אוטומטית כאשר מתח האספקה חוזר לתחום המתחים המותר, האם תבוצע השהיה מסוימת וכו'.

בגלל הדינמיות בזרם בקו מתח גבוה, ניתוק פאזה בסוף הקו אינו גורם לרוב שינוי משמעותי בזרם, ולכן מערכות ההגנה של חברת החשמל אינן מסוגלות לגלות מצב כזה. לניתוק פאזה יכולות להיות מספר סיבות נוספות: שריפת נת"ך, תקלה ברכיבים האלקטרומכניים, אי-יצירת מגע באחד הקטבים של המנתק וכיוצא באלו.

איור 3: דוגמה של הגנת תת-מתח ומתח יתר



- לכך שנופל מתח גדול (מגע לא טוב, קורוזיה וכדומה) על הדקיו.
- הפעלת ציוד חד-פאזי כבד, כמו רתכות או מנועים חד-פאזיים גדולים.
 - עומס לא תקין (מנוע פגום).

חוסר איזון במתחים יגרום לפעולה משובשת של מערכות הנע: מנועים, משאבות, מדחסים. כאשר נוצר חוסר איזון במתחים, נוצר גם חוסר איזון משמעותי יותר בזרמים. כתוצאה מכך יורדת נצילות המנועים, המנועים מתחממים, והבלאי למנוע יהיה גדול יותר.

סיכום

התופעות שתוארו במאמר הן דבר לא רצוי, אך הן מתרחשות כמעט בכל מיתקן חשמלי. יישום של ההגנות שתוארו במאמר עשוי לשפר את אמינות המיתקן החשמלי ולהגן על ציוד, וכן על מערכות ותהליכים במיתקן.

מתחי יתר קבועים יכולים להיווצר עקב פעולה לא תקינה של משנה דרגות בתחנת המשנה (תופעה נדירה מאוד), וכן בשל פעולה לא תקינה של מערכת לבקרת מקדם הספק, קירבה למערכות פוטו-וולטאיות, או ירידה פתאומית בעומס בקו מתח גבוה כאשר המיתקן נמצא קרוב לתחנת משנה.

הגנת תת-מתח - Undervoltage

כאשר מתח האספקה למיתקן יורד מתחת לסף מסוים, נגרמים נזקים ושיבושים בפעולות מערכות תאורה, וכן הפסקת פעולתם של מעגלי פיקוד ובקרה. התופעה גורמת גם לחימום מנועים המנסים לספק את ההספק הנדרש, ומעלים את הזרם בעקבות ירידת מתח ההזנה. הגנת תת-מתח תנתק את המיתקן כאשר רמת המתח יורדת מתחת לסף שנקבע. כמו בהגנת מתח יתר, ניתן לקבוע השהיה לחיבור המתחים, ולקבוע האם החזרת האספקה תהיה אוטומטית או לא.

תת-מתח יכול להיווצר עקב העמסת יתר של קווי חלוקה. לדוגמה, כאשר יש תקלה ממושכת בקו מתח גבוה מסוים, מעבירים את הלקוחות במידת האפשר להזנה מקווי מתח גבוה אחרים. העמסת קווים יתר על המידה גורמת למפל מתח לאורך הקו, ולקוחות הנמצאים בסוף הקו עלולים לסבול ממתחים ירודים.

הגנת איזון - Unbalance

אחת התופעות היכולות להתרחש ברשתות חשמל היא חוסר איזון במתחי הפאזות. הסיבות לכך מגוונות:

- פיזור עומסים לקוי במיתקן המכיל גם עומסים חד-פאזיים.
- רכיב לא תקין בתוך רשת החשמל בעל התנגדות גדולה, הגורם

סוג הפרעה	מקורות הפרעה עיקריים	השלכות אפשריות	ביאורים ופתרונות
<p>תת-מתח (undervoltage)</p> <ul style="list-style-type: none"> • מתח שערכו בין 90% ל-5% • מהמתח הנומינלי. • משך הפרעה מעל דקה. 	<ul style="list-style-type: none"> • עומס יתר במוליכים. • מגעים רופפים או בלויים. • עומס בלתי-מאוזן בין הפאזות. • חיבורים או חיווטים לא נכונים. • העמסת יתר של רשת האספקה. • כיוון מוטעה של מחלף דרגות (tap-setting) בשנאי. • ניתוק פאזה או שריפת נתיך מתח גבוה בשנאי. 	<ul style="list-style-type: none"> • תיפקוד לקוי של מיתקנים רגישים. • ירידה בנצילות ובמשך חיי מיתקנים כגון: תנורים ומנועים מסויימים. • הארכת משך הזמן של תהליכי חימום אוהמיים וחימום תת-אדום. • נזק לחומרה של מכשירים. • עמעום נורות ליבון ובעיות בהדלקת נורות פלאורניות. • שחרור מגעונים. 	<p>פתרונות אפשריים:</p> <ul style="list-style-type: none"> • תחזוקה שוטפת של מיתקנים וציוד חשמלי. • בדיקת גודל המבטחים והתאמתם למיתקן. • חלוקה נכונה של העומסים בין הפאזות. • כיוון מחלף דרגות בשנאי. • החלפה של שנאי מועמס או חיבור שנאי נוסף במקביל אליו. • הגדלת גודל חיבור החשמל.
<p>מתח יתר (overvoltage)</p> <ul style="list-style-type: none"> • מתח שערכו גבוה מ-110% מהמתח הנומינלי 	<ul style="list-style-type: none"> • יישום לא נכון של קבלים לשיפור מקדם ההספק (cosφ). • כיוון מוטעה של מחלף דרגות (tap-setting) בשנאים. • ניתוק מוליך האפס. 	<ul style="list-style-type: none"> • חימום יתר וקיצור משך חיי מיתקני החשמל. • נזק לציוד אלקטרוני. • נזק לתהליכי קרינה בתת-אדום (היווצרות בוועת אוויר במוצר). 	<p>פתרונות אפשריים:</p> <ul style="list-style-type: none"> • יישום נכון של קבלים לשיפור מקדם ההספק (cosφ). • שינוי מחלף דרגות בשנאי (tap-setting).
<p>אסימטריה/אי-איזון מתחים פאזיים (unbalance phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> • מצב במערכת תלת-פאזית, שבו ערכי המתחים הפאזיים /או זוויות בין הפאזות אינם שווים. 	<ul style="list-style-type: none"> • העמסה בלתי-מאוזנת של פאזות. • תקלה בשנאים. • ליקויים בהארקה. 	<ul style="list-style-type: none"> • פגיעה בתיפקוד וקיצור משך חיי מנועים ושנאים עקב חימום יתר. • השלכות דומות לתת-מתח ומתח יתר לגבי מיתקנים ומכשירים חד-פאזיים. 	<p>פתרון אפשרי הוא חיבור מחדש של עומסים בין פאזות שונות באופן יותר מאוזן.</p>

תחזוקה כחוליה חיונית במערכת החשמל

תחזוקה מנבאת / חזויה

זו פעולת אחזקה המסייעת לקבוע את מצבם של מערכת או ציוד, על מנת לחזות מתי יהיה צורך בפעולות תחזוקה אשר ימנעו נזק או שבר בעתיד. הדבר מאפשר תזמון נוח ותכנון אפקטיבי של תחזוקה.

שיטה זו מבוססת על ניטור (monitoring) וחיוזי מצב המערכת באמצעות בדיקה, בחינה, הערכה והשוואה של יחידת ציוד ליכולת תיפקוד נדרשת, תוך שימוש באמצעים טכנולוגיים מתקדמים, ניתוח הממצאים

ומתן הנחיות בזמן אמת לטיפול בציוד, ומניעת התפתחות תקלות לנזק המחייב ביצוע אחזקת שבר (ראו אזור 1).

רוב בדיקות התחזוקה המנבאת / חזויה מבוצעות בזמן אמת, ובכך מצמצמים את שיבוש הפעולות הרגילות של המערכת. ההחלטה לביצוע מתקבלת על-פי ניתוח סטטיסטי נאות ולפי אנליזה ותכנון מבוקר.



ההתקדמות הטכנולוגית המתמדת והמהירה מחייבת למצוא שיטות תחזוקה חדשניות ומתקדמות שלא יפגרו אחריה.

כל ארגון, חרף אינספור אילוצים ושיקולים אנושיים וטכנו-כלכליים, חייב לשמור המיתקנים והמכונות שברשותו, לטפל בהם, ולשפר את תיפקודם. תכנון האחזקה כבר משלב הפיתוח הוא הבסיס להבטחת תפעול תקין של מערכת צריכת אנרגיה, בכחינת "סוף מעשה במחשבה תחילה".

נהוג להבחין בין שלוש שיטות תחזוקה:

- תחזוקת שבר / תחזוקה מתקנת - Breakdown Maintenance
- תחזוקה מונעת - Preventive Maintenance
- תחזוקה מנבאת / חזויה - Predictive Maintenance

תחזוקת שבר

זו פעולת אחזקה שבמסגרתה מטפלים במערכת או בציוד רק לאחר שאירעה תקלה ונוצר מצב הדורש תיקון (Run to Failure). יתרונה של שיטה זו הוא בכך, שהחלקים מוחלפים רק לאחר שתם משך חייהם, ובכך נחסכים הוצאות התחזוקה השוטפת וזמן טיפולים שיגרתי.

חסרונות השיטה רבים למדי:

- השבתה לא צפויה ועיתוי לא מתוכנן מראש.
- סיכוי לפגיעה בעובדים בסביבת המיתקן.
- סיכוי לנזק בציוד משני הסמוך לאותו התקן או מחובר אליו (נזק סביבתי).
- היות שהתקלה פתאומית ולא ערוכים לה, זמן הטיפול הוא ארוך יחסית.
- קיים סיכון להוצאות כספיות גדולות לצורך תיקון דחוף ונרחב.

תחזוקה מונעת

זו פעולת אחזקה המתבצעת באופן שגרתי, והיא נועדה לצמצם או למנוע התרחשות שבר ותקלות עתידיות. העבודה מבוצעת לפי הנחיות המבוססות על הניסיון, ולרוב - לפי הוראות היצרן.

בשיטה זו ישנה אפשרות לרכז את פעולות האחזקה בזמנים מוגדרים, ולבצע את העבודות במקביל. כך נחסכים עלויות של כוח אדם וציוד, וכן זמן (שיטה זו מתאימה במיוחד למפעלים המצוידים במכונות או בציוד אחיד).

החיסרון הבולט בשיטה זו הוא, שלמרות ההשקעה בפעולות מונעות, עדיין אין מנגנון החוזה את מצב המכונות, וקיים חוסר ודאות לגבי מועד התקלה הבאה והיקפה, שכל הנראה יהיה נזק הדומה בהיקפו לנזק שבר.

איור 1: המחשת תהליך תחזוקה מנבאת



מעקב, אבחון, הערכת מצב

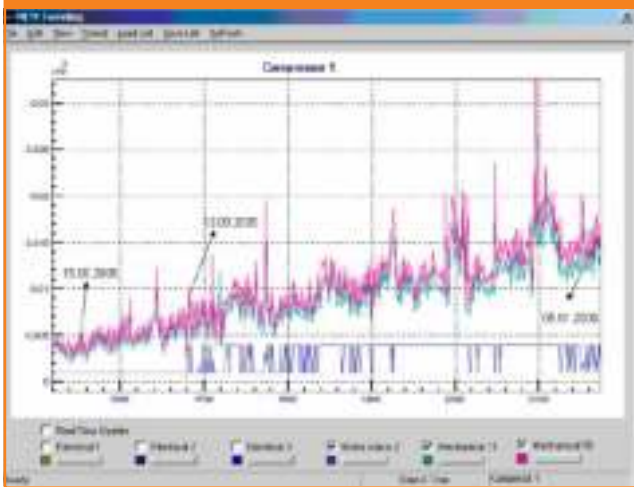
אחזקה חזויה מבוססת על חיוזי במספר שיטות וטכניקות שונות בהתאם לסוג המערכת. ישנם אמצעים שונים, המותאמים לסוג המכלול והציוד ולאופי פעילותו. להלן דוגמאות לטכניקות שימושיות.

מדידת תנודות ורעידות וניתוח מכאני

באמצעות מדידה מדויקת של אנרגיה מבוצעת הנובעת מרעידות במערכת המכאנית ניתן למדוד את חומרת התקלה ללא הפסקת פעולתה של מערכת, ואף ללא מגע בחלקים הנעים. בטכניקה זו מודדים את העוצמה ואת התדר של הרעידות.

כמו כן, מערכת הבקרה מציגה את הנתונים על גבי גרפים מתאימים, כפי שמתואר לדוגמה באיור 3. באיור זה מוצג גרף שמבטא את הפרמטרים המכאניים החריגים החוזרים ונשנים בתדירות הולכת וגדלה, שהוצגו באיור 2.

איור 3: דוגמא - פלט של מערכת הבקרה ביחס לפרמטרים מכאניים חריגים של מנוע



מקור: MCM; An Inexpensive, Simple to Use Model Based Condition Monitoring Technology) <http://www.plant-maintenance.com/articles/MCM.pdf>

ניטור תרמי אינפרא אדום - תרמוגרפיה

מצלמת הדמיה תרמית היא כלי מצוין לתחזוקת מערכות מכאניות וחשמליות. באמצעות סריקות תרמוגרפיות של מערכת חשמל ניתן לאתר "נקודות חמות" לא שגרתיות, המבטאות עומס יתר, חיבורים ומגעים רופפים ועוד, וכך למנוע בעוד מועד תקלות שעלולות להתרחש ולגרום קצרים והתלקחויות. למשל, סריקה תרמוגרפית של משאבות ומנועים עשויה לזהות בעיות במיסבים ובציר המנוע בטרם יישרף ויהיה צורך להחליפו. בין המערכות החשמליות שלגביהן מומלץ לערוך סריקות תרמוגרפיות ניתן לציין: לוחות חשמל, מפסקים ומנתקים, שנאים, מנועים, מהדקי חיבורים לכבלים ועוד.

באיור 4 מוצגות לדוגמא תוצאות סריקה תרמוגרפית שבוצעה בלוח חשמל. נצפו נקודות חמות SPO1 ו-SPO2 בטמפרטורות של 37.2-37.3 מעלות צלסיוס, בהתאמה, בהשוואה לטמפרטורה הרווחת בלוח - 31.1 מעלות צלסיוס. כלומר, קיימת חריגה של כ-6 מעלות צלסיוס בנקודות אלו. ההמלצה הנובעת מסריקה זו היא לבדוק את מגעי החיבורים בנקודות הללו, ולדאוג לניקוי ולחיזוק של החיבורים.

איור 4: דוגמא - זיהוי "נקודות חמות" בלוח חשמל באמצעות סריקה תרמוגרפית



מקור: מעבדת חשמל מרכזית, חברת החשמל

ניטור אקוסטי - אולטרסאונד

בדיקות אלו מבוססות על צלילים שמעל לסף השמיעה שלנו. השימושים העיקריים בהן בעולם האחזקה הן לשם גילוי דליפות אוויר וגזים ממכלים ומצנרת, בדיקת תקינות דודי קיטור, קווי קיטור ומלכודות קיטור, גילוי תופעות חשמליות מסוג קורונה וארקנג, פריצות חשמל, ניצוצות ויוניציאה.

בדיקה ויזואלית חזותית

זו בדיקה שנועדה לוודא את שלמות המיתקנים והחיבורים. בדיקות ויזואליות ומדידות באמצעות עיבוד תמונה ממוחשב מאפשרות קבלת נתונים שאינה אפשרית בבדיקות שמבצעים בני אדם. ישנה אפשרות לאגור כמות רבה ומגוונת של נתונים, אשר בעיבוד ובניתוח מתאימים יגלו מידע חשוב שלא היה נחשף אחרת.

ניטור חומרי סיכה, שמנים ונוזלים

ביצוע בדיקות אלו מאפשר להאריך את זמן השימוש בחומרים ובשמנים, לעיתים הרבה מעבר להמלצות ספק השמנים/המכונות, מבלי ליטול סיכון. מדובר בבדיקות פיסיקליות, כגון צמיגות קינמטית, תכולת מים בשמן, חומציות ובסיסיות כוללת, תכולת מתכות, בלאי, ותוספים בשיטה ספקטרומטרית, נקודת הבזקה, מתח פריצה, ובדיקות רבות נוספות לשמנים, גריזים וסולרים.

ניטור מוטורי של מנועים

שיטה זו כרוכה באיסוף מידע וניתוח ספקטרלי של אותות המתח והזרם של המנוע, שלאחריו מתבצעת השוואת הפרמטרים שנמדדו למודל ידוע של המנוע - כדי לאבחן חריגות חשמליות ומכאניות שונות.

באיור 2 מוצגת לדוגמא התרעה של מערכת בקרה לניטור מנועים. עקב חשש לתקלה במיסיבי המנוע ובתמסורת המכאנית שלו. מערכת הבקרה מציגה נתונים חיוניים, כגון מתחים, זרמים, גורם הספק וכדומה, ומאבחנת בעיות מכאניות וחשמליות קיימות, או אף מתריעה על פרמטרים חריגים אשר עשויים להצביע על תקלות שעלולות להתרחש.

איור 2: דוגמא להתרעה של מערכת בקרה לניטור מנועים



מקור: MCM; An Inexpensive, Simple to Use Model Based Condition Monitoring Technology) <http://www.plant-maintenance.com/articles/MCM.pdf>

חיבורים קטנים מ-1x25 אמפר

כמו כן יש לתאם את נושא הפיקוח על הנחת הצינור.

- על המזמין לבצע על חשבונו את כל העבודות האזרחיות הנדרשות לביצוע החיבור. לפני ביצוע עבודת החפירה על הלקוח לפנות לחברת החשמל לשם קבלת אישור חפירה.

- על המזמין לבצע על חשבונו את ההנחה/ההשחלה של הכבל אשר תספק לו חברת החשמל, חזו תבוצע בתיאום עם נציגי חברת החשמל או יחד איתם.

- על המזמין לבצע על חשבונו את ההכנות להתקנת ציוד חברת החשמל - ראו הסברים בהמשך.

הערה: לקוח אשר מתכנן לבצע את החיבורים בפריסה ארצית - או בשני מחוזות לפחות - מוזמן ליצור קשר, באמצעות המתכנן המחוזי, עם אנשי הרשת הארצית של חברת החשמל, על מנת לתאם את עקרונות החיבור ברמה ארצית. הלקוח יעביר את פירוט ההתקנות שברצונו לבצע, כולל שרטוטים מפורטים, פירוט טכני מלא והנחיות התקנה.



מאמר זה הוא הראשון בסדרת מאמרים העוסקים בהנחיות תכנון בסיסיות בעת חיבורים ייחודיים למיתקני חשמל בעלי גודל חיבור קטן מ-1x25 אמפר לרשת החשמל. מתוארות בו בקצרה שיטות החיבור של מיתקנים בעלי גודל חיבור קטן מ-1x25 אמפר במתח נמוך, ומוצגות בתמצית ההכנות הנדרשות והנחיות התכנון הבסיסיות עבור החיבורים השונים.

ההנחיות המופיעות במאמר זה מיועדות לשמש כקווים מנחים עבור חיבור מתכנני המיתקנים, וזאת לצורך **תכנון ראשוני בלבד**. לקוח המזמין חיבור חשמל חייב לתאם את כל פרטי החיבור עם מתכנן חברת החשמל, ולקבל את האישורים המתאימים לכך.

הנחיות הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל בנושא חיבורים קטנים מ-1x25 אמפר

1.1 החיבורים הללו מוגדרים בהחלטת הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל בישיבה 333, מיום 11.4.2011 החלטה מס' 1 - תעריפי חיבור ייחודי למיתקני חשמל בעלי גודל חיבור קטן מ-25 אמפר.

הגדרות לחיבורים אלה:

"מיתקן צריכה ייחודי" - מיתקן המחובר בגודל חיבור הקטן מ-1x25 אמפר.

"מיקבץ מיתקנים ייחודיים" - קבוצת מיתקני צריכה ייחודיים בעלי מאפייני צריכת חשמל דומים כפי שיאושר על-ידי ראש אגף הנדסה ברשות, ולמעט מיתקני צריכה ייחודיים עם מונים שהותקנו לצורך חיוב הצריכה בפועל.

דוגמאות: מיתקנים אלקטרוניים המותקנים בשטח ציבורי אשר מאופיינים בצריכה נמוכה וקבועה, כמו: מרכזיות טלפוניה, טלוויזיה בכבלים, מיתקני שילוט אלקטרוניים וכו'.

דרישות טכניות

על המזמין לבצע, על חשבונו, את ההכנות הבאות:

- עם פתיחת ההזמנה, על המזמין למסור לחברת החשמל את האישורים הנדרשים להתקנת החיבור מהגורמים המתאימים. בשלב התיאום הטכני יוצגו היתרי חפירה ותוכניות מפורטות של תוואי הכבל.

כמו כן, על המזמין לתאם את כל הנושאים הקשורים לחיבור עם הגורמים מהמחוז הרלבנטי של חברת החשמל.

- לפני ביצוע כל עבודה יש לתאם עם מחלקת התכנון של חברת החשמל את מיקום החיבור, צומת חשמלי להזנת החיבור, וכן תוואי חפירה והנחת הצינור.

דרישות טכניות במקרה שמותקן מונה בתא חברת החשמל שבמיתקן הלקוח:

החיבור ימוקם בתוך תא נפרד בארון הלקוח, או, במקרה שהדבר אינו אפשרי, בארון נפרד המותקן צמוד למיתקן הלקוח.

הלקוח יקבל מהרשות המקומית הרשאה להצבת המיתקן, כולל הארון המיועד להתקנת החיבור המתוכנן על דופן ארון הלקוח.

הארון/התא יהיה בעל דלת נפרדת, שאפשר לנעול אותה באמצעות מנעול חצי צילינדר שבשימוש חברת החשמל.

בדלת הארון/תא יותקן מנגנון נעילה המתאים להתקנת מנעול חצי צילינדר של חברת החשמל. מנעול חצי צילינדר בצבע לבן יסופק על-ידי מנהל עבודה / עובד חברת החשמל.

אם החיבור יהיה בארון נפרד, הארון להתקנת החיבור יהיה בעל בידוד כפול (למשל, פוליאסטר משורייני), בעל עמידה UV, ומתאים להתקנה חיצונית.

רמת האטימות המינימלית תהיה IP 44, וההתקנה תהיה בגובה מינימלי של 0.5 מטר מפני הקרקע.

בסיכום עם נציגי חברת החשמל אפשר לבצע את החיבור בשתי אפשרויות:

אפשרות א': ארון/תא המתאים להתקנת ערכת חיבור מתועשת; אפשרות ב': ארון/תא המתאים להתקנת ציוד חברת החשמל על פלטה (יתואר במאמר המשך).

הערה: במקרים מיוחדים, כשאין אפשרות להתקין ארון - כמו עמודי שילוט, עמודי הכוונה וכו' - קיימת אפשרות של התקנת החיבור בתוך קופסה מבודדת בעמוד. פרטים יימסרו במאמר המשך למאמר זה.

ארון/תא המתאים להתקנת ערכת חיבור מתועשת

פירוט טכני:

התא יהיה במידות המינימליות (מידות נטו) הבאות:

גובה: 600 מ"מ

רוחב: 400 מ"מ

עומק: 220 מ"מ

- בתוך התא תורכב על-ידי חברת החשמל הערכה לחיבור - מק"ט חח"י 4550356.
- הערכה תורכב בגב תא חברת החשמל. על הלקוח לספק לפחות 4 ברגים להתקנת הערכה אשר יסופקו יחד עם הארון.
- בהתאם לשיטת ההגנה מפני חימום אשר תסוכם עם המחלקה לצרכנות טכנית מהמחוז הרלבנטי, על המזמין לדאוג להתקנת פס השוואת פוטנציאלים בתוך תא חברת החשמל, אם הדבר נדרש.
- כמו כן, על המזמין להתקין בתוך תא חברת החשמל (בתיאום עם המחוז הרלבנטי) קופסה מבודדת לחיבור כבל הלקוח. בתוך הקופסה יהיו שני מהדקים 10 מ"מ"ר כל אחד. המהדקים שבקופסה זו יהיו הגבול בין מיתקן חברת החשמל לבין מיתקן הלקוח.

השחלת הכבל:

- במסד הארון יותקן צינור PVC קשיח, בקוטר 2", ביציקת בטון לכניסת הכבל. הצינור יסופק עם חוט משיכה. הצינור יבלוט בתוך הארון עד לגובה הקופסה עם הנתך הראשי.
- כמו כן, יוכנס הצינור לאדמה בעומק של 20-25 ס"מ, מחוץ למסד הבטון.
- הכבל יושחל בתיאום עם חברת החשמל או איתה.
- חיבור לרשת עילית: קצה הכבל, באורך מספיק, יגולגל ויונח לרגלי העמוד.
- חיבור לרשת תת-קרקעית: קצה הכבל יונח בתוך התעלה, וליד ארגז החלוקה תישאר זרובה לחיבור הכבל.
- הכבל אשר יסופק / יושחל על-ידי חברת החשמל יהיה בחתך 10x2 מ"מ"ר.
- חיבור הכבל בשני קצוות יבוצע אך ורק על-ידי עובדי חברת החשמל.

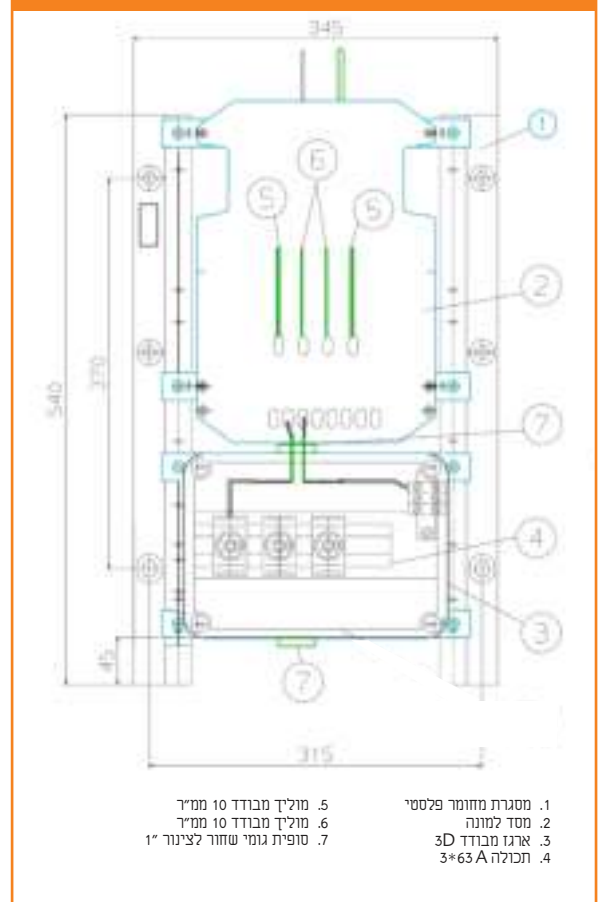
התקנת המונה ומתן הזרם יהיו לאחר בדיקת המיתקן בידי עובדי חברת החשמל.

באיור 2 מתוארת לדוגמה התקנה של ערכת חיבור מתועשת שהותקנה בתא ייעודי שבמרכזיית תקשורת.

איור 2: דוגמת התקנה של ערכת חיבור מתועשת בתא ייעודי בתוך מרכזיית תקשורת



איור 1: מערכת חיבור מתועשת להתקנה בארון הלקוח



כדלת הארון/תא יותקן מנגנון נעילה המתאים להתקנת מנעול חצי צילינדר של חברת החשמל. מנעול חצי צילינדר בצבע לבן יסופק על-ידי חברת החשמל.

המזמין יתקין צינור/פח הגנה על דופן הארון לצורך השחלת הכבל התת-קרקעי להזנת החיבור.

שינויים בתקנות החשמל עבודה במיתקן חי או בקירבתו

ב-4.3.2014 פורסמו בקובץ התקנות 7349 תקנות החשמל (עבודה במיתקן חי או בקירבתו), התשע"ד-2014. תקנות אלו מבטלות את תקנות החשמל (עבודה במיתקן חי או בקירבתו), התשס"ט-2008. הן נכנסות לתוקף 6 חודשים מפרסומן, אולם מותר לפעול לפיהן החל ביום פרסומן. במאמר זה יוצגו כמה מן השינויים בין התקנות הקודמות משנת 2008 לתקנות המעודכנות משנת 2014, וכן דוגמאות והסברים לגבי הבדלים אלו. ככלל, יש לפעול לפי התקנות המלאות המעודכנות. סקירה מלאה יותר תוצג באתר האינטרנט.

פרק א': פרשנות

תקנה 1 - הגדרות:

שופרו ההגדרות ונוספו הגדרות חדשות, כגון:

"בדיקה תרמוגרפית" - אבחון נקודות חמות במיתקני חשמל, באמצעות מצלמה רגישה לטמפרטורה;

"ניקוי בהתזה" - ניקוי מיתקן חי באמצעות התזת חומרי ניקוי או מים;

נוספו הסתייגויות כגון:

"עבודה במיתקן חי" - עבודה שבה חשמלאי בא במגע עם חלק חי שאינו מבודד או עם חלק שאינו מבודד העלול להפוך לחלק חי בשעת ביצוע העבודה במיתקן, לרבות כל עבודה הכרוכה בחדירה של חלק כלשהו מגוף החשמלאי או ציוד שבידו לתחום עבודה במיתקן חי, למעט מדידה במיתקן כמפורט בתקנה 14, בדיקה תרמוגרפית כמפורט בתקנה 15 וניקוי בהתזה כמפורט בתקנה 16;

"עבודה בקירבת מיתקן חי" - עבודה, שבה חשמלאי או עובד חודר לתחום הקירבה למיתקן חי עם חלק כלשהו מגופו או מציוד שבידו, למעט עבודה במקום שבו קיים מחסום פיסי קבוע מחומר מתכתי מוארק או מחומר מבודד מתאים, המונע חדירה לתחום מיתקן חי;

נוסף איור 3: תחום העבודה במיתקן חי או הקירבה למיתקן חי לאחר התקנת מחיצות או כיסויים המותקנים במרחק הקטן מזה הנדרש בטבלה שבתקנה 13(ב).

"תחום הקירבה למיתקן חי" - תחום שמעבר לרדיוס DL ועד קצה רדיוס Dv, לפי איורים 1, 2 ו-3 והטבלה שבתוספת הראשונה;

פרק ב': עבודה במיתקן חי

תקנה 2 - תנאים שבהם מותרת עבודה במיתקן חי

(א) לא תבוצע עבודה במיתקן חי במתח נמוך או במתח גבוה אלא אם כן הפסקת האספקה החשמלית למיתקן עלולה לגרום

לאחד מאלה:

- (1) סכנה לחיי אדם או לבריאותו;
- (2) שיבוש בתהליכי ייצור המחייבים אספקת חשמל רציפה;
- (3) שיבוש בקיום שירותים לציבור;
- (4) שיבוש באספקת חשמל ממערכת החשמל של בעל רישיון ספק שירות חיוני כמשמעותו בחוק משק החשמל, התשנ"ו-1996.

נוספו הסתייגויות:

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א), העבודות המפורטות להלן אפשר לבצען במיתקן חי:

- (1) החלפת מכשיר מדידה, אבזר פיקוד, אבזר הגנה או מיתוג המותקן במעגל פיקוד של עד 10 אמפר;
- (2) החלפה, ניתוק חיבור ובדיקת מכשיר למניית אנרגיה ובלבד שיתקיימו כל אלה:
 - (א) קיים קושי באיתור מבטחי המיתקן או שאותם מבטחים משמשים להגנה על כמה מיתקנים;
 - (ב) עוצמת הזרם של המיתקן אינה עולה על 100 אמפר;
 - (ג) ההחלפה מבוצעת בהתאם להוראה בכתב של חשמלאי הנדסאי לפחות.

תקנה 4 - גורם מבצע עבודה במיתקן חי

מלבד האחראי על ביצוע העבודה (בעל רישיון חשמלאי המתאים לגודל המיתקן), בתקנות המעודכנות חלה הקלה בדרישות לגבי רישיון החשמלאי של שאר חברי הצוות.

בתקנות המעודכנות נדרש ש"חשמלאי אחר אחד לפחות בצוות יהיה בעל רישיון המתאים לגודל המיתקן או רישיון מסוג הנמוך ממנו בדרגה אחת", בעוד שבתקנות הקודמות נדרש ש"החשמלאים האחרים יהיו בעלי רישיון המתאים לגודל המיתקן האמור או רישיון מסוג הנמוך ממנו בדרגה אחת".



המשך בעמוד 22

בטיחות פוטוביולוגית של מקורות אור ומערכות תאורה

תקינה רלבנטית

קיימים שני תקנים ישראלים עיקריים הנוגעים לבטיחות פוטוביולוגית של תאורה. תקנים אלו הם למעשה אימוץ של תקני הנציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה - IEC.

התקן הישראלי ת"י 62471 "בטיחות פוטוביולוגית של נורות ושל מערכות תאורה" כולל הנחיות לגבי הערכת הבטיחות הפוטוביולוגית של מקורות אור ומערכות תאורה, לרבות זו של דיודה פולטת אור (לד), ולמעט לייזרים. התקן מפרט מה הם גורמי הסיכון של מקורות האור, גבולות החשיפה, ודרגות המיון של



מקורות האור על-פי קבוצות הסיכון.

התקן השני הוא למעשה חלק 2 של התקן ת"י 62471 "בטיחות פוטוביולוגית של נורות ומערכות תאורה - הנחיות לדרישות ייצור הנוגעות לבטיחות: קרינה אופטית שאינה קרינת לייזר". תקן זה למעשה משמש כמדריך טכני עבור יצרנים של מערכות תאורה בנושאי דרישות בטיחות קרינה אופטית, דרישות סימון בתווית של מוצרים, הקצאת אמצעי בטיחות ועוד.

יש להדגיש, שתקנים אלו אינם עוסקים בדרישות הבטיחות הפוטוביולוגית נוכח חשיפה לקרינה אופטית של ציוד שיוף, מכשירים לטיפול בעיניים, התקנים רפואיים/קוסמטיים וכדומה.

עוד חשוב לציין, כי תקנים אלו אינם תקנים רשמיים, ולכן למעשה הם אינם מחייבים.

גורמי סיכון פוטוביולוגיים

רוב ההשפעות הפוטוביולוגיות הן על העור ועל העיניים של בני האדם, והן נפרסות על פני מיוגון תחומים של אורכי גל.

גבולות החשיפה שנקבעו בתקן מציגות את עוצמת הקרינה תוך קשר ישיר לזמן החשיפה. ערכים אלו, שנקבעו על בסיס מחקרים, מתאימים למרבית האוכלוסייה, כך שחשיפה לערכים הללו באופן חוזר ונשנה לא תגרור השפעות על בריאותם של בני אדם. אולם, ערכים אלו אינם מתאימים לקבוצות אוכלוסייה חריגות, שלהן רגישות מיוחדת לאור (למשל, חולי זאבת - לופוס).

גבולות החשיפה מתייחסים למקורות בעל אור רציף, ולזמן חשיפה שלא יפחת מ-0.01 שנייה ולא יעלה על 8 שעות (שהן כ-30,000 שניות). נציין, כי התקן מדגיש שאין להתייחס לערכים הנקובים בו כאל קו גבול מדויק ביותר בין התחום הבטיחותי לתחום שאינו בטיחותי, ותיכנה סטיות לכאן או לכאן.

מכחינים בין עוצמת הקרינה בכיוון נתון ובזווית מסוימת, אשר

בשנים האחרונות חלה התקדמות ניכרת בענף התאורה, החל בהתפתחותם של מקורות האור הקונבנציונליים בהיבט של משך החיים, היעילות האורית, צבעי האור וכדומה, וכלה בהתפתחות המוצאת ופריצת הדרך בתחום תאורת המוליכים-למחצה - כלומר תאורת לד - אשר נעשית פופולרית במיוגון יישומי תאורה. יחד עם זאת, ודווקא נוכח השילוב המואץ של מקורות האור החדשניים, גוברת הדאגה נוכח ההשפעות הפוטוביולוגיות של מקורות האור השונים על האדם. מאמר זה מציג בקצרה את גורמי

הסיכון של מקורות האור, את גבולות החשיפה, ואת דרגות המיון של מקורות האור על-פי קבוצות הסיכון, כפי שהם מוגדרים בתקינה הרלבנטית.

אור הוא למעשה אנרגיית קרינה, המתפשטת בצורה של גלים אלקטרומגנטיים. הקרינות בטבע מוגדרות כקרינות אלקטרומגנטיות. מגדירים ומסווגים אותן לפי אורך הגל, כמתואר באיור 1.

קרינה אופטית היא קרינה הכוללת 3 תחומים - התחום האולטרה סגול (או על-סגול), התחום הנראה, והתחום האינפרא אדום (או התת-אדום). התחום הנראה מצוי בין אורכי הגל 400 ננו-מטר ו-700 ננו-מטר. קרינה על-סגולה (UV) היא קרינה של אורכי גל קצרים, בתחום 100-400 ננו-מטר, ואילו קרינה תת-אדומה היא קרינה של אורכי גל ארוכים, בתחום 400-1,000,000 ננו-מטר. שאר הספקטרום האלקטרומגנטי כולל קרני X, קרני גמא, גלי מיקרו, וגלי רדיו.

איור 1: הספקטרום האלקטרומגנטי



מקור: DOE Optical Safety of Led

לאור השפעות רבות על גוף האדם. מלבד הראייה, הוא מניע את השעון הביולוגי של הגוף, ומשפיע על תהליכים נוספים בגוף האדם, כגון מחזורי שינה, תיאבון, חום הגוף ועוד. אולם, אנרגיית קרינה גבוהה מדי עלולה לגרום נזקים. למשל, גלים קצרים (UV) יכולים לגרום כוויות בעור או אף להשפיע על התאים ועל ה-DNA של האדם. גלים ארוכים (IR) מתבטאים כחום, ולכן עוצמה גבוהה שלהם עלולה לגרום אי-נוחות ואף לפגיעה.

טבלה 2: קבוצות סיכון פוטוביולוגי

קבוצת סיכון	מהות הסיכון
ללא סיכון	אין סיכון פוטוביולוגי
קבוצת סיכון 1 (סיכון נמוך)	אין סיכון פוטוביולוגי במגבלות התנהגות נורמליות
קבוצת סיכון 2 (סיכון בינוני)	לא נחשב סיכון בעת תגובה שלילית לאור קורן או בעת אי-נוחות תרמית
קבוצת סיכון 3 (סיכון גבוה)	סיכון פוטוביולוגי אפילו עקב חשיפה רגעית

בטבלה 3 מוצגים גבולות ערכי עוצמת הקרינה (E) וזמני החשיפה המרביים עבור חשיפה לגורמי הסיכון השונים, תוך הבחנה בין קבוצות הסיכון.

נוסף על האמור בתקן IEC שאומץ על-ידי מכון התקנים כפי שתואר לעיל, נוספה בתקן הישראלי המלצה של משרד הבריאות בדבר נקיטת צעדי זהירות מונעת נוספים, כדלקמן: "נורה פלואורנית קומפקטית (CFL) מטיפוס פתוח: מומלץ להרחיק מרחק של 30 ס"מ לפחות מן הנחשפים לה, כאשר משך החשיפה לנורה צפוי להיות גדול משעה אחת ביממה".

- "לאנשים בעלי רגישות יתר לקרני השמש (כגון החולים בזאבת - לופוס): מומלץ להימנע מחשיפה לתאורה של נורות פלואורניות קומפקטיות".

סימון של הנורה או מערכת התאורה בתווית נתונים

על-פי הקבוע בחלק 2 של התקן ת"י 62471, נדרש לסמן בתווית על גבי הנורה או על גבי מערכת התאורה, ולציין את קבוצת הסיכון, כמתואר לדוגמה בטבלה 4.

קרויה Radiance (L) ונמדדת ביחידות $W/m^2 \times Sr$, לבין עוצמת הקרינה הכוללת של מקור אור המגיעה ליחידת שטח, אשר קרויה Irradiance (E) ונמדדת ביחידות W/m^2 .

בטבלה 1 מוצגים גבולות החשיפה לגורמי הסיכון הפוטוביולוגיים שנקבעו בתקן, וכן ההשפעות של חשיפה החורגת מגבולות אלו על העיניים והעור, עבור עוצמת הקרינה הכוללת (E) של מקור אור. בתקן ניתן למצוא גם ערכים עבור עוצמות קרינה בכיוון ובזווית נתונים (L).

(המונחים של גורמי הסיכון הפוטוביולוגיים המוצגים בטבלה הם המונחים הלועזיים המקובלים).

מיון של מקורות האור לפי קבוצת סיכון

מאחר שמקורות האור יכולים להכיל כמה סכנות פוטוביולוגיות, וכן על מנת להקל על המשתמש הסופי, הכרחי לשייכם לקבוצות

טבלה 1: גבולות החשיפה לגורמי סיכון פוטוביולוגיים של קרינה כוללת של מקור אור (E)

גורם סיכון	תחום אורכי גל משפיעים (ננו-מטר)	זמן חשיפה (שניות)	E-עוצמת הקרינה הכוללת (W/m^2)	האיבר המושפע	הסימפטום
Actinic UV skin and eye גורם סיכון של קרינה על-סגולה	200-400	$t < 30,000$	30/t	עין, עור	פגיעה בקרנית, נפיחות, דמע רב, קטרקט, אדמומיות של העור, התנוונות של העור
UV-A eye	315-400	$t \leq 1,000$ $t > 1,000$	10,000/t 10	עין	קטרקט
Retinal Blue-Light small source גורם סיכון של אור כחול	300-700	$t \leq 100$ $t > 100$	100/t 1	עין	נזק לרשתית
Infrared radiation eye גורם סיכון של קרינה תת-אדומה	780-3,000	$t \leq 1,000$ $t > 1,000$	$18,000/t^{0.75}$ 100	עין	פגיעה בקרנית, קטרקט
Thermal skin	380-3,000	$t < 10$	$20,000/t^{0.75}$	עור	כוויות עור

טבלה 3: גבולות עוצמת הקרינה וזמני החשיפה תוך הבחנה בין קבוצות הסיכון

גורם סיכון	E - עוצמת הקרינה הכוללת (W/m^2)			זמן החשיפה המרבי (שניות)		
	ללא סיכון	סיכון נמוך	סיכון בינוני	ללא סיכון	סיכון נמוך	סיכון בינוני
Actinic UV	0.001	0.003	0.03	10,000	1,000	30,000
UV-A eye	10	33	100	300	100	1,000
Blue-Light small source	1	1	400	100	100	10,000
Infrared radiation eye	100	570	3200	100	100	1,000

נוסף על כך, נדרש לספק מידע מפורט יותר על גבי מדריך למשתמש ביחס לאמצעי הזהירות הבסיסיים שיש לנקוט בעת שימוש במערכת התאורה, בהתאמה לקבוצת הסיכון, כמתואר לדוגמה בטבלה 5.

סיכון. התקן מתייחס לשני סוגי מקורות אור. האחד הוא מקורות אור לצרכים רגילים, כלומר מקומות שבהם נמצאים לרוב בני אדם, כגון בתי ספר, משרדים, דירות מגורים, חנויות וכדומה. הסוג השני הוא מקורות אור לצרכים מיוחדים, כגון תהליכים

תעשייתיים, הפקת סרטים וכדומה, וכן מקורות אור לא-רציפים המתאפיינים באור פולסים לטווחי זמן של עד 0.25 שנייה (מכונות צילום, הבזקים למינייה ועוד). במאמר זה נתייחס רק למקורות האור לשימושים רגילים, ולא נציג את התייחסות התקן למקורות האור אשר מיועדים לצרכים ייחודיים.

הערכים שנקבעו בתקן עבור מקורות האור לשימושים רגילים מתייחסים לעוצמות הארה של 500 לוקס ובמרחק

של מקור האור שלא יפחת מ-200 מ"מ.

קבוצות הסיכון מעידות על פוטנציאל הסיכון בלבד. פוטנציאל זה עלול להפוך לממשי בהתאם לערכי זמן החשיפה ועוצמת הקרינה. בהתאם לכך נקבעו 4 קבוצות סיכון, כמתואר בטבלה 2.

בהתאם לגורמי הסיכון ולגבולות של עוצמות זמני החשיפה להם, משויכות מערכות התאורה על-פי מיון ל-4 קבוצות סיכון - "ללא סיכון", "סיכון נמוך", "סיכון בינוני", "סיכון גבוה"

טבלה 4: דוגמה לסימון של מערכות תאורה בתונית, לפי קבוצת הסיכון בהתאם לגורם הסיכון

גורם הסיכון	קבוצת סיכון פטורה מסיכון	קבוצת סיכון 1	קבוצת סיכון 2	קבוצת סיכון 3
גורם סיכון של קרינה על-סגולה, 200 ננו-מטר עד 400 ננו-מטר	פטור	הודעה מוצר זה פולט קרינה על-סגולה	זהירות מוצר זה פולט קרינה על-סגולה	אזהרה מוצר זה פולט קרינה על-סגולה
גורם סיכון של אור כחול לרשתית, 300 ננו-מטר עד 400 ננו-מטר	פטור	פטור	זהירות מוצר זה פולט קרינה אופטית העלולה להיות מסוכנת	אזהרה מוצר זה פולט קרינה אופטית העלולה להיות מסוכנת
גורם סיכון של אור כחול לרשתית או גורם סיכון תרמי, 400 ננו-מטר עד 780 ננו-מטר	פטור	פטור	זהירות מוצר זה פולט קרינה אופטית העלולה להיות מסוכנת	אזהרה מוצר זה פולט קרינה אופטית העלולה להיות מסוכנת
גורם סיכון של קרינה תת-אדומה לקרנית/לעדשה, 780 ננו-מטר עד 3,000 ננו-מטר	פטור	הודעה מוצר זה פולט קרינה תת-אדומה	זהירות מוצר זה פולט קרינה תת-אדומה	אזהרה מוצר זה פולט קרינה תת-אדומה
גורם סיכון תרמי לרשתית, גירוי חזותי חלש, 780 ננו-מטר עד 1,400 ננו-מטר	פטור	אזהרה: מוצר זה פולט קרינה תת-אדומה	אזהרה מוצר זה פולט קרינה תת-אדומה	אזהרה מוצר זה פולט קרינה תת-אדומה

מקור: תקן ישראלי ת"י 2-62471

טבלה 5: דוגמה להסבר על המידע שיש להציג בתונית ובהנחיות לגבי אמצעי זהירות

גורם הסיכון	קבוצת סיכון פטורה מסיכון	קבוצת סיכון 1	קבוצת סיכון 2	קבוצת סיכון 3
גורם סיכון של קרינה על-סגולה, 200 ננו-מטר עד 400 ננו-מטר	פטור	מזער חשיפה של העיניים או העור. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה	החשיפה עלולה לגרום לגירוי של העיניים או העור.	הימנע מחשיפה של העיניים או העור למוצר שאינו מוגן מפני קרינה
גורם סיכון של אור כחול לרשתית, 300 ננו-מטר עד 400 ננו-מטר	פטור	פטור	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת. הדבר עלול להזיק לעיניים	אין להסתכל על הנורה הדולקת. הדבר עלול לפגוע בעיניים
גורם סיכון של אור כחול לרשתית או גורם סיכון תרמי, 400 ננו-מטר עד 780 ננו-מטר	פטור	פטור	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת. הדבר עלול להזיק לעיניים	אין להסתכל על הנורה הדולקת. הדבר עלול לפגוע בעיניים
גורם סיכון של קרינה תת-אדומה לקרנית/לעדשה, 780 ננו-מטר עד 3000 ננו-מטר	פטור	השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	הימנע מחשיפת העיניים. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	הימנע מחשיפת העיניים. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים
גורם סיכון תרמי לרשתית, גירוי חזותי חלש, 780 ננו-מטר עד 1400 ננו-מטר	פטור	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת	אין להסתכל על הנורה הדולקת

מקור: תקן ישראלי ת"י 2-62471

סיכום

האור הוא גורם חיוני לאדם, הן לראייה והן להנעת תהליכים בגוף האדם, אך בו בזמן הוא גם טומן בחובו גורמי סיכון העלולים להשפיע לרעה על בריאות האדם. דווקא משום כך, ונוכח השילוב המואץ של מקורות האור החדשניים, חשוב להכיר את ההשפעות

הפוטוביולוגית של מקורות האור השונים על האדם, ולהתייחס בכובד ראש לנושא זה בעת רכישת מערכות תאורה חדשות, על בסיס התקנים שהוצגו במאמר.

נורה פלואורנית קומפקטית (CFL) מטיפוס פתוח מומלץ להרחיק 30 ס"מ לפחות מן הנחשפים לה, כאשר משך החשיפה לנורה צפוי להיות גדול משעה אחת ביממה

חימום תת-רצפתי חשמלי - הדגשים

בשנים האחרונות קיימת מגמה של שימוש בחימום תת-רצפתי בבנייה החדשה, ולכן חשוב להציף את הנושא לידיעת העוסקים בחשמל והלקוחות.

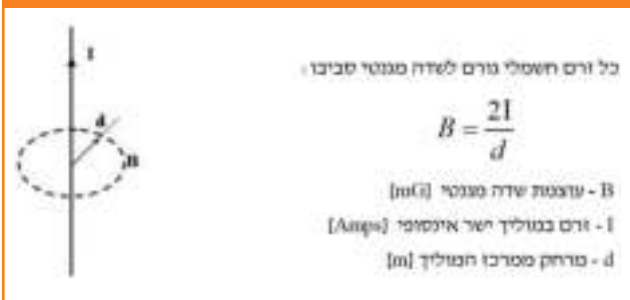
בהמשך למאמר "חימום תת-רצפתי של חדרים", שכתב המהנדס משה שפיגל והתפרסם בגיליון פברואר 2010 של המידעון "פאזה אחרת", ובעקבות קולות הנשמעים מהשטח בדבר התקינה הנדרשת למוצרי חימום תת-רצפתי חשמלי, נבחר במאמר זה מספר היבטים של החימום התת-רצפתי באמצעות גופי חימום חשמליים.

לדוגמא כמתואר באיור 2, ככלי החימום פרוסים במרפסת ובמדרגות למניעת היווצרות קרח. בין היתרונות הבולטים של היריעות הגמישות ניתן לציין, שהתקנת היריעות קלה יותר ומהירה יותר, עם מירווחים קבועים בין כבלי החימום, והספקים חשמליים ליחידת שטח מחומם שהם קבועים מראש. יתרה מכך, התקנת היריעות מתבצעת בקרבת הריצוף, כך שמובטח ניצול יעיל של אנרגיית החום בהשוואה לכבלי החימום המותקנים במפלס נמוך יותר, בגלל הטמפרטורה הגבוהה יותר, דבר הגורם להפסדי אנרגיה במסה של הרצפה.

סוגיית השדה המגנטי

כמו כל מערכת חשמלית, מערכות חימום חשמלי תת-רצפתי יוצרות שדה מגנטי אליו עלולים בני אדם להיחשף לפרקי זמן ארוכים יחסית. עוצמתו של השדה המגנטי סביב מוליך חשמלי בודד תלויה בעוצמת הזרם ביחס הפוך ליניארי למרחק הרדיוס מהמוליך, כמתואר באיור 3.

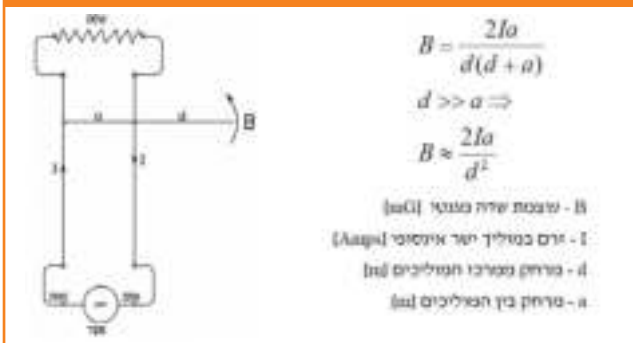
איור 3: שדה מגנטי של מוליך ישר



מקור: דו"ח איפוס יחיד במבנה - חברת החשמל

מנגד, כאשר מדובר בשני מוליכים מקבילים קרובים (או צמודים בתוך כבל), שבהם זרמים בעלי כיוונים מנוגדים (פאזה ואפס), קיים קיזוז הדדי של שדות מגנטיים שנוצרים על-ידי כל אחד מהמוליכים, כך שהשתנות השדה תלויה בעוצמת הזרם ובמרחק שבין המוליכים, וביחס הפוך למרחק מהמוליכים בריבוע, כמתואר באיור 4.

איור 4: קיזוז הדדי של שדה מגנטי של שני מוליכים במעגל חד-מופעי



מקור: דו"ח איפוס יחיד במבנה - חברת החשמל

איור 1: יריעות גמישות לחימום תת-רצפתי



מקור: archiproducts.com

סקירת הטכנולוגיה

גופי החימום המשמשים מערכות חימום תת-רצפתי חשמלי הם למעשה חוטי התנגדות. הם יכולים להיות מסוככים, בודדים או כפולים. קיימות שתי צורות התקנה אופייניות למערכות אלו: פריסת חוטי התנגדות במבנה מסודר מוכן מראש (יריעות גמישות לחימום תת-רצפתי), כשהם ארוגים באריג, מושחלים/מוצמדים לרשת, או מודבקים בסרט (איור 1), או פריסת חוטי התנגדות באתר בצפיפות הדרושה (איור 2).

איור 2: כבלי חימום תת-רצפתי בודדים



מקור: Ambient Electric Underfloor Heating
<http://www.ambient-elec.co.uk/shop/floor-heating-cable-kits>

השיטה השכיחה יותר בשוק לחימום תת-רצפתי חשמלי היא השימוש ביריעות גמישות. עם זאת, אין כל איסור להשתמש גם בשיטה השנייה שתוארה לעיל. השימוש בחוטי התנגדות בודדים (שלא ביריעות) שכיח יותר במיתקנים תעשייתיים לצורכי הפשרת קרח בדלתות של חדרי קירור, חימום צנרת וכדומה.

למעשה, ככל שהמרחק בין שני המוליכים הולך וקטן, כך קטנה גם עוצמת השדה המגנטי. לכן, אם גופי החימום בנויים מזוג חוטי התנגדות סמוכים, השדה המגנטי של מוליך אחד מתקזז ברובו על-ידי השדה של המוליך הסמוך.

תקינה

קיימים שני תקנים שימושיים עבור מערכות חימום תת-רצפתי חשמלי. התקן הראשון הוא IEC 60335-2-96 של הנציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה בנושא יריעות גמישות לחימום תת-ריצפתי: Household and similar electrical appliances – Safety: Particular requirements for thin sheet flexible heating elements for room heating.

תקן זה לא אומץ בארץ, אך סידרת התקנים IEC 60335 אומצה בארץ כסידרת תקנים ישראליים ת"י 900. תקן האב הוא ת"י 900, חלק 1 – "בטיחות מכשירי חשמל ביתיים ומכשירים דומים: דרישות כלליות", וישנם גם תקני משנה. ת"י 900 חלק 1 מגדיר דרישות בטיחות כלליות לגבי מכשירים, ותקני המשנה שלו בסידרה, המסומנים כ"י 900 עם החלקים 2XX, מגדירים דרישות בטיחות מיוחדות לגבי סוגים שונים של מכשירים. למעשה, לא כל תקני המשנה של הסידרה הבינלאומית אומצו כתקנים ישראליים, אולם מכשירים אשר עליהם חל ת"י 900 חלק 1 חייבים לעמוד במקביל גם בתקן המשנה הרלבנטי (אף שאינו קיים בגירסה הישראלית), כנדרש בסעיף 4.201 בת"י 900 חלק 1, שבו נקבע: "מכשירים אשר לא קיים לגביהם תקן ישראלי מיוחד אך קיים לגביהם תקן בינלאומי ייבדקו בהתאם לדרישות התקן הבינלאומי ותקן זה".

משום כך, למרות שתקן IEC 60335-2-96 של הנציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה בנושא יריעות גמישות לחימום תת-ריצפתי לא אומץ כתקן ישראלי, הרי שעל היריעות לחימום תת-ריצפתי חל ת"י 900, ולכן הן חייבות לעמוד גם בדרישות תקן IEC 60335-2-96. בפשטות ניתן לומר, כי תקן IEC 60335-2-96 קיבל רשמיות מתוקף קשר זה.

התקן השני הוא התקן הישראלי, ת"י 60800, "כבלי חימום בעלי מתח נקוב 300/500 וולט לחימום ביתי ולמניעת היווצרות קרח". זהו אימוץ של התקן IEC 60800 של הנציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה לגבי כבלי חימום – Heating cables with a rated voltage of 300/500 V for comfort heating and prevention of ice formation.

על אף שתקן זה אינו תקן רשמי, הרי שעל מערכת תת-רצפתי אשר מיושמת בשיטה זו לעמוד בדרישותיו, וזאת מתוקף הדרישה שמופיעה בתקנת משנה 3(ג) בתקנות החשמל "מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1,000 וולט", אשר קובעת: "ציוד חשמלי במעגל סופי יתאים לדרישות התקן".

תקן רשמי

תקן ישראלי שנקבע על-ידי מכון התקנים הישראלי הוא תקן וולונטרי. אולם, שר התעשייה המסחר והתעסוקה (כיום, שר הכלכלה) רשאי, לאחר התייעצות עם נציגי היצרנים והצרכנים, להכריז בהכרזה שפורסמה ברשומות על תקן מסוים, כולו או חלקו, כעל תקן ישראלי רשמי (מחייב), אם נוכח כי הדבר דרוש להשגת אחת המטרות הבאות:

- < שמירה על בריאות הציבור
- < שמירה על בטיחות הציבור
- < הגנה על איכות הסביבה
- < אספקת מידע, כאשר לא קיים מידע או מגנון חלופי העשוי להקנות הגנה לצרכן
- < הבטחת תאימות או חליפיות של מוצרים
- < מניעת נזק כלכלי משמעותי העלול להיגרם לצרכן כתוצאה משימוש במערכות, בחומרים או במוצרים המשמשים לבנייה, הגלויים לעין, וכן מניעת נזק כלכלי העלול להיגרם לצרכן כתוצאה משימוש בחומרי בנייה שאינם גלויים לעין.

חובת עמידה בדרישותיו של תקן רשמי

מוצר שהתקן אשר חל עליו הוכרז כתקן רשמי, אין לייצר, למכור, לייבא או להשתמש בו לביצוע עבודה שהכללים הטכניים של התהליך שלה נקבעו כתקן רשמי, אלא אם כן התאימו המוצר או תהליך העבודה לדרישות התקן הרשמי. האחראי על מילוי הוראות תקן רשמי הוא הממונה על התקינה במשרד הכלכלה. הממונה רשאי, בכל עת המתקבלת על הדעת, לערוך ביקורת, ולבדוק האם ממולאות הוראות חוק התקנים. בעת עריכת ביקורת רשאי כל אדם שהוסמך לכך על-ידי הממונה על התקינה ליטול דוגמא מכל מצרך לשם בדיקה, וכן לתפוס ולעכב כל דבר שיש יסוד להניח שנעברה בו עבירה על הוראות חוק התקנים.

המהנדסים של הממונה על התקינה במשרד הכלכלה מנהלים חקירות בעקבות ביקורות יזומות או תלונות, ואם מתברר כי בוצעה עבירה על חוק התקנים, ננקטים הליכים משפטיים נגד בעלי עסקים, יבואנים או יצרנים.

לתשומת לב העוסקים בתחום החשמל

החלפת ת"י 1419 בת"י 61439 – לוחות מיתוג ובקרה למתח נמוך

ב-20.5.2013 הוכרז ברשומות שהתקן הישראלי החדש, ת"י 61439 – לוחות מיתוג ובקרה למתח נמוך, על כל חלקיו, יהיה תקן רשמי החל מ-20.7.2013, אולם עד 1.11.2014 ניתן עדיין להשתמש בתקן הישראלי הרשמי הקודם, ת"י 1419.

לפיכך, על כל העוסקים בתחום החשמל (מתכננים, יצרנים, קבלני חשמל, חשמלאים וכדומה) לפעול על מנת שלוח החשמל יתאים לדרישות התקן הרשמי.

במכרזים גדולים דורשים כבר היום שהלוחות יתאימו לדרישות ת"י 61439, שמערכת האיכות שלו תתאים ל-ISO 9001 (או לנוהל 007 של מכון התקנים), וכן שהיצרן יהיה בעל היתר ממכון התקנים הישראלי לסמן את לוחות החשמל בתו תקן.

מאמר מפורט בנושא שהכין משה שפיגל פורסם במידעון "פאזה אחרת" – פברואר 2013.



חברת החשמל למען תושבי הדרום

המשפחות. בירושלים נרתמו העובדים למען משפחתו של סמל משה מלקו ז"ל, ודאגו לשלוח חבילות לבית המשפחה.

היות שבמהלך מבצע "צוק איתן" נבצר מקוראי המונים של החברה לבצע קריאות אצל חלק מהלקוחות באיזור הדרום, קראה החברה ללקוחות שם שקיבלו חשבונות חשמל בימים אלה, ובהם מצוין (בהדגשה בצבע אדום) כי החשבון נערך על פי הערכת צריכה, לבדוק את קריאת המונה בפועל, להתקשר למרכז השירות 103, או באמצעות אתר האינטרנט של החברה, ולעדכן את נתוני צריכת החשמל. אם יתברר כי קיים הפרש בין קריאת המונה בפועל לבין הערכת הצריכה, יבוטל החשבון שנשלח על-פי הערכה, וללקוח יישלח חשבון מעודכן לתשלום על פי קריאתו, ללא חיוב בריבית פיגורים. לקוחות המשלמים בהוראת קבע בבנק או באמצעות כרטיס אשראי, שחשבונם חויב על-פי הערכה הגבוהה מהקריאה בפועל, יכולים לפנות לשירות 103, למסור קריאת מונה - וחשבונם יזוכה בהפרש.

יפתח רון-טל, יו"ר דירקטוריון חברת החשמל, אמר שהחברה נרתמה למאמץ הלאומי, ותסייע לתושבי הדרום בכל תחום שהיא יכולה - באספקת חשמל, בעבודה תחת אש, וגם בתחום הכלכלי. "אנחנו חברה לאומית עם אחריות לאומית, ויש לנו מחויבות ללקוחותינו בעיתות שלום ובעיתות מלחמה", אמר רון-טל.



כשאלפי טילים ורקטות נורו לעבר ישראל במהלך מבצע "צוק איתן", היו מקומות שבהם נפגעה גם רשת החשמל. במהלך המבצע נפגעו עמודי מתח גבוה, בעיקר ביישובי עוטף עזה. גם במהלך הלחימה תיקנו עובדי חברת החשמל - מנפת באר שבע ומאיזור אשקלון - ושיקמו את מערכת החשמל, תוך כדי הפגזות, כאשר מסביב נשמעו הדי פיצוצים. לעובדים לא הייתה אפשרות להגיע למרחבים מוגנים, ולא אחת הם מצאו עצמם תלויים בין שמיים לארץ, על במת הרמה, כשכל שנותר להם הוא להתפלל שלא ייפגעו.

כל העבודות באיזור עוטף עזה התבצעו בליווי מתוגבר של כוחות צה"ל. טרם כניסת הצוותים לשטחים המסוכנים התקיימו תדריכים ביטחוניים ובטיחותיים, וכל העובדים מוגנו בצידוד מיגון אישי.

נוסף על כך, מנכ"ל החברה, אלי גליקמן, נפגש עם אלי זוהר, ראש העיר קריית מלאכי, והבטיח לו שחברת החשמל תסייע לעירייה בהיערכותה נוכח המצב הביטחוני. בעקבות זאת התגייסו עובדי אגף ביצוע פרויקטים ועובדי מחוז דרום של חברת החשמל כדי לסייע לעיריית קריית מלאכי בהכנתם של עשרות מיקלטים בעיר לשימוש התושבים בעת הצורך. העבודות כללו הסדרת חיבורי חשמל, וכן עבודות מסגרות ותיקוני צבע וטיח במיקלטים הנמצאים בקומות הקרקע בבתי שבהם התשתית ישנה.

במישור אחר, ועל מנת להקל על תושבי הדרום, הודיעה החברה במהלך המבצע כי היא מתכוונת להקדים תשלומים לספקים מהדרום הנמצאים בטווח של 40 קילומטרים מרצועת עזה - בעלי עסקים ויצרני חשמל באמצעות מיתקנים פוטו-וולטאיים. בתיאום עם לשכת שר התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, סילבן שלום, הוחלט שעל מנת שלא לפגוע בתזרים המזומנים של יצרני החשמל הללו, ומאחר שלא ניתן להגיע ליישובי עוטף עזה והסביבה כדי לקרוא את המונים, יועבר אליהם תשלום מיידי, בסכום שייקבע על-פי הערכה.

חבורת הזמר של חברת החשמל הופיעה בפני עשרות תושבים בעלי צרכים מיוחדים באשקלון, באשדוד ובבאר שבע. עובדי חברת החשמל מכל רחבי הארץ העבירו משלוחים לחיילי צה"ל הלוחמים. חבילות של גופיות ולבנים, מזרנים, מאווררים, חבילות אישיות, חבילות שי וערכות מזון, נמסרו לחיילי סוללת תותחנים - דרקונים, לפלחה"ן 35 - צנחנים, לגדס"ר גולני, לחיילי כיפת ברזל, ולעוד לוחמים בעוטף עזה.

עובדי חברת החשמל ביקרו פצועים בבתי החולים ותמכו בכני



מדינת ישראל

משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים. מינהל החשמל

הנחיות מנהל ענייני חשמל בנושא בדיקה לצורך חידוש אספקת החשמל (מתאריך 30.3.2014)

הגורמים לניתוק מרשת חלוקת החשמל:

בטיחות

- כשל בטיחותי המתגלה במהלך בדיקת מתקן המבוצעת על ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים;
- שריפה של מתקן או חלק ממנו;
- חשמול או התחשמלות במתקן;
- חדירת מים למתקן או לחלק ממנו.

שריפת נתין של בעל רישיון החלוקה, אליו מחובר המתקן

כניסה למתקן כתוצאה מזרם יתר מהסיבות:

- עומס יתר במתקן;
- קצר במתקן או במכשיר המחובר למתקן;
- העדר התאמה של גודל החיבור.

אי תשלום חשבון החשמל

ניתוק יזום על פי בקשת הלקוח (יש לציין כי על בעל רישיון החלוקה ליידע את הלקוח באשר להליך החיבור מחדש)

שב"ח צריכה

שינוי המבוצע על ידי הלקוח במתקן של בעל רישיון החלוקה ללא אישור

להלן התהליך חידוש האספקה בהתאם לסיבת הניתוק ולסוג המתקן:

להלן הנחיות מנהל ענייני חשמל בנושא בדיקה לצורך חידוש אספקת החשמל (עד להוצאת תקנות החשמל בנושא בדיקות מתקני חשמל):

בדיקה או בדיקה לצורך חידוש אספקה או ביקורת חזותית של מתקני חשמל המבוצעת לצורך חידוש אספקה למתקן מופסק, נועדה להבטיח שמתקני חשמל, שהיו מנותקים ממערכת חלוקת החשמל, יחוברו מחדש רק אם רמתם הבטיחותית תקינה. על המתקנים לעמוד בדרישות המאפשרות את חיבורם מבלי לגרום נזק לנפש או לרכוש ומבלי לחשוף את רשת החלוקה להפרעות ושיבושים העלולים להזיק למתקנים אחרים המחוברים לאותה רשת.

הגדרות לצורך הנחיות אלו

בדיקת מתקן - בדיקת התאמתו של המתקן לנדרש בתקנות החשמל המבוצעת על ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים לביצוע בדיקות מטעם בעל רישיון החלוקה (לרבות בעל רישיון חשמלאי מסוייג),

בדיקה לצורך חידוש אספקה - בדיקת בטיחות מתקן, המבוצעת על ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים לביצוע בדיקות מטעם בעל רישיון החלוקה (לרבות בעל רישיון חשמלאי מסוייג), הכוללת, בין היתר, בדיקה ותיעוד הלוח הראשי, בדיקת ההארקה ומערכת ההגנה בפני חשמול; במתקן שאינו דירתי, ניתן לקבל הצהרת חשמלאי, בעל רישיון מתאים, על תקינות רציפות ההארקה, כהשלמה לבדיקה.

ביקורת חזותית - ביקורת ויזואלית

חיצונית בלבד של לוח החשמל הראשי, המבוצעת על ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים לגודל המתקן מטעם בעל רישיון החלוקה (לרבות בעל רישיון חשמלאי מסוייג), הכוללת: ביקורת שלמות הצידוד החשמלי בלוח, וידוא התאמת המפסק הראשי של המתקן לגודל החיבור המסופק על ידי בעל רישיון חלוקה.

התחשמלות - מעבר זרם דרך גוף אדם;

חשמול - הופעת מתח על גוף מתכתי עקב תקלה;

מתקן - מתקן חשמלי כהגדרתו בחוק החשמל התשי"ד - 1954;

מתקן דירתי - מתקן במבנה או בחלק ממנו, המיועד לשמש למגורי אדם או שתנאי השימוש בו דומים לאלה של דירת מגורים;

מתקן שאינו דירתי - מתקן חשמל שאינו דירת מגורים.

שב"ח צריכה - שימוש בלתי חוקי בחשמל; צריכת חשמל שאינה מבוצעת דרך מונה הצריכה.

נוכחות חשמלאי מטעם הלקוח	מתקן שאינו דירתי	מתקן דירתי	הסיבה להפסקת חשמל במתקן
נדרשת	בדיקת מתקן	בדיקת מתקן	בטיחות
אינה נדרשת	ביקורת חזותית	ביקורת חזותית	שריפת נתין של בעל רישיון החלוקה
אינה נדרשת	ניתוק מעל שבועיים ועד חודש - ביקורת חזותית	ניתוק מעל שבועיים ועד 3 חודשים - ביקורת חזותית	אי תשלום חשבון החשמל
מתקן דירתי - אינה נדרשת מתקן שאינו דירתי - נדרשת	ניתוק מעל חודש - בדיקה לצורך חידוש אספקה	ניתוק מעל 3 חודשים - בדיקה לצורך חידוש אספקה	
אינה נדרשת	ניתוק עד חודש - הצהרת הלקוח או חשמלאי מטעמו על אי ביצוע שינויים. הביקורת תהיה חזותית	ניתוק עד 3 חודשים - הצהרת הלקוח או חשמלאי מטעמו על אי ביצוע שינויים. הביקורת תהיה חזותית	ניתוק יזום על פי בקשת הלקוח
מתקן דירתי - אינה נדרשת מתקן שאינו דירתי - נדרשת	ניתוק מעל חודש - בדיקה לצורך חידוש אספקה	ניתוק מעל 3 חודשים - בדיקה לצורך חידוש אספקה	שב"ח צריכה
נדרשת	בדיקת מתקן	בדיקת מתקן	
נדרשת	בדיקת מתקן	בדיקת מתקן	שינוי המבוצע על ידי הלקוח במתקן של בעל רישיון חלוקה ללא אישור

המשך בעמוד הבא

הערות:

- ישנם מקרים בהם נוכחות החשמלאי המורשה נדרשת כנציגו המקצועי של הלקוח. החשמלאי המורשה אמור להכיר את המתקן על בוריו ויכול לבצע את פעולות/עבודות הנדרשות לצורך ביצוע הבדיקות ו/או הביקורות המפורטות בטבלה הנ"ל.
- בחידוש אספקת חשמל לאחר שריפת נתיך, הביקורת החזותית תתבצע כאשר יש נגישות ללוח חשמל הפרטי במועד חידוש האספקה הנדרשת. במידה ואין נגישות ללוח החשמל הפרטי לא תבוצע ביקורת חזותית אך תחודש אספקת החשמל למתקן.
- בחידוש אספקת חשמל לאחר ניתוק יזום לפי בקשת הלקוח, הביקורת החזותית תבוצע לאחר קבלת הצהרת הלקוח ו/או בעל רישיון חשמלאי מטעם הלקוח שלא בוצע כל שינוי במתקן החשמל. היה ויתגלה כי בוצע שינוי, לא תחודש האספקה ותידרש בדיקת מתקן בתשלום.

4. במקרים בהם במהלך הבדיקה לצורך חידוש אספקה מתגלים ליקויים בטיחותיים, לא תחודש אספקת החשמל למתקן. על הלקוח להזמין חשמלאי לתיקון הליקויים ולהזמין בדיקה חוזרת בתשלום, על פי התעריף הנקבע על ידי הרשות לשירותם ציבוריים-חשמל. הבדיקה תבוצע בנוכחות חשמלאי מטעמו.

במקרה שבמהלך ביקורת חזותית מתגלים ליקויים כגון חוטיים גלויים, לוח שבור לחלוטין וכו', לא תחודש אספקת החשמל. על הלקוח להזמין חשמלאי לתיקון הליקויים ולהזמין בדיקה בתשלום. הבדיקה תבוצע בנוכחות חשמלאי מטעמו.

הנחיות אלה אינן חלות על ניתוקים עקב צו בדבר הפסקת חשמל למתקן מטעם מנהל ענייני חשמל.

אלברטו ברנשטיין

מנהל ענייני החשמל מינהל החשמל
משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים

שינויים בתקנות החשמל - עבודה במיתקן חי או בקירבתו המשך מעמוד 14

הראשונה, טבלת תחום העבודה במיתקן חי ותחום הקירבה למיתקן חי לפי המתח במיתקן, בעוד שבתקנות הישנות לא הייתה כל התייחסות לכך (טבלה 1).

פרק ד': מדידה במיתקן חי

תקנה 14 - מדידה במיתקן חי

בתקנות המעודכנות ישנה הקלה בסוג הרישיון הנדרש למדידה במיתקנים חיים במתח נמוך (רישיון חשמלאי מוסמך לפחות או חשמלאי מסויג), ובמתח גבוה (בעל רישיון חשמלאי סטנאי לפחות או חשמלאי מסויג), במקום בעל רישיון מתאים לגודל המיתקן שנדרש בתקנות הקודמות.

פרק ה': שונות

בתקנות המעודכנות נוספו 3 תקנות: 15 - בדיקה תרמוגרפית; 16 - ניקוי בהתזה; ו-20 - תחולה.

תקנה 15 - בדיקה תרמוגרפית

בתקנות המעודכנות נוספה תקנה המגדירה הנחיות לביצוע בדיקה תרמוגרפית במיתקני מתח נמוך ומתח גבוה.

תקנה 16 - ניקוי בהתזה

בתקנות המעודכנות נוספה תקנה המגדירה הנחיות לביצוע ניקוי מיתקן חי באמצעות התזת חומרי ניקוי או מים.

טבלה 1: תחום העבודה במיתקן חי ותחום הקירבה למיתקן חי לפי המתח במיתקן

מתח נקוב Un (kV)	רדיוס Dv (בסנטימטרים)	רדיוס Dl (בסנטימטרים)	תחום הקירבה למיתקן חי
<1.0	40	20	40-20
3.3	122	22	122-22
6.6	123	23	123-23
12.6	126	26	126-26
22	141	41	141-41
33	156	56	156-56

כמו כן נוספה הבהרה לגבי הרישיון הנדרש ממי שנותן הוראות בכתב לביצוע עבודה במיתקן חי במתח נמוך.

תקנה 7 - ציוד לעבודה במיתקן חי

בתקנות המעודכנות ישנו פירוט לגבי התייעוד של הציוד ושמירת התייעוד.

כמו כן, בתקנות המעודכנות נדרש שחשמלאי מהנדס ייתן הוראות טכניות בכתב, בעוד שבתקנות הישנות נדרשו הוראות טכניות מחשמלאי מהנדס או מחשמלאי הנדסאי, אך לא נדרש במפורש שההוראות תהיינה בכתב.

פרק ג': עבודה בקירבת מיתקן חי

תקנה 9 - הגורם המבצע בקירבת מיתקן חי

בתקנות החשמל המעודכנות, פרט לדרישה לגבי האחראי לביצוע העבודה, נקבעה דרישה שלא הייתה בתקנות הקודמות לגבי אחד מחברי הצוות:

(ג) חשמלאי אחר אחד לפחות בצוות יהיה בעל רישיון חשמלאי כלשהו.

תקנה 10 - אמצעי בטיחות - עבודה בקירבת מיתקן חי

בתקנות החשמל המעודכנות ישנה התייחסות מפורטת להתקנת מחיצות, יריעות או כיסויים מבודדים, בעוד שבתקנות הקודמות הייתה התייחסות כללית לבידוד חלקי המיתקן ולבידוד הסביבה.

תקנה 12 - בדיקת ציוד לעבודה בקירבת מיתקן חי

בתקנות החשמל המעודכנות נדרשת בדיקת ציוד במעבדה במקום בדיקה חזותית, כפי שהיה בתקנות הקודמות:

(1) מחיצות, מוטות, יריעות וכיסויים המיועדים לעבודה בקירבת מיתקן חי במתח גבוה, ייבדקו בדיקה חשמלית במעבדה, אחת לשנתיים לפחות;

תקנה 13 - מחיצות, יריעות וכיסויים מבודדים

בתקנות החשמל המעודכנות ישנה התייחסות למרחק בין חלק של מיתקן חי לא מבודד לבין המחיצה, בעוד שבתקנות הישנות לא הייתה כל התייחסות, למרות שבקירבת המחיצה מעבר למוליך קיים תחום עבודה מסוים שהוא מסוכן (ראו, איור 3).

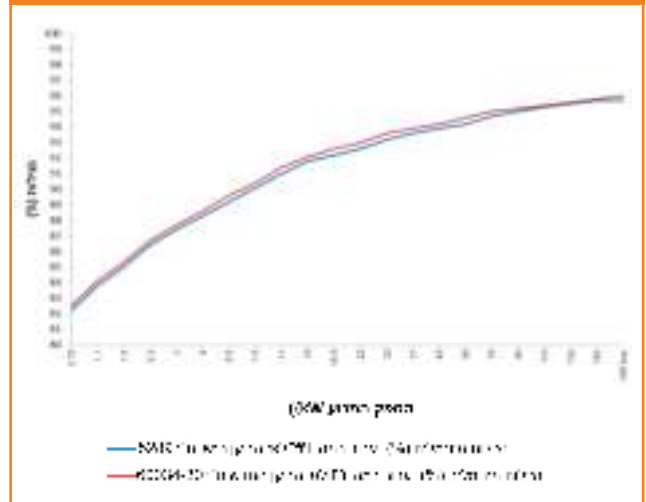
יתרה מכך, בתקנות החשמל המעודכנות קיימת, בתוספת

נצילות של מנועי השראה - עדכונים תקינה

הישראלי החדש ת"י 30-60034 - בהשוואה לערכי הנצילות של רמה Eff1 שנדרשו בתקן הישראלי הישן ת"י 5289.

באיור 2 מוצג גרף השוואה בין ערכי הנצילות המינימלית שנדרשו בת"י 5289 לבין אלו הנדרשים בתקן החדש ת"י 30-60034.

איור 2: ערכי הנצילות המינימלית של מנוע השראה עם שני זוגות קטבים, בהשוואה בין ת"י 5289 (תקן ישן) לבין ת"י 30-60034 (תקן חדש)



איזכורים בתקנות מקורות אנרגיה

תקנות מקורות אנרגיה (נצילות אנרגיה של מנועי השראה חשמליים), תשס"ד-2004 קובעות חובת עמידה בתקן נצילות וסימון, כדלקמן:
"סעיף 2.

- לא ייבא אדם, לא ייצר ולא ימכור מנוע, אלא אם כן:
1. הוא עומד בנצילות המזערית המותרת על פי סעיף 3 - "נצילות" - שבתקן;
 2. הוא סומן כנדרש לפי הפרק "סימון" שבתקן;
 3. הוא נבדק במעבדה מאושרת, והועברו לממונה, על-ידי היצרן או היבואן, נתוני הסימון כאמור בפרק "סימון" שבתקן."

בסעיף 1 בתקנות אלו, סעיף ההגדרות, נכלל התקן הישראלי ת"י 5289 (התקן הישן שתואר לעיל במאמר). אמנם, תקן 5289 לא היה תקן רשמי, אך מתוקף ההפניה אליו מתקנות אלו הוא נעשה מחייב. מאחר שהתקן הוחלף בתקן חדש

שתואר לעיל, ת"י 30-60034, נדרש לעדכן את התקנות בהתאם. ואכן, בימים אלו ממש עוברות התקנות רביזיה בכל האמור להפניה לתקן המתאים.

התקן הישראלי ת"י 30-60034 קובע כי החל מיולי 2013 לא תקטן נצילות המנוע מרמה של IE3.

תחזוקה כחוליה חיונית במערכת החשמל

יתרונות התחזוקה המנבאת

התחזוקה מתבצעת באופן מבוקר, מתוכנן וממוקד. מה שנתפס בעבר כ"עצירה לא מתוכננת" לצורך אחזקה נתפס כיום כ"עצירה מתוכננת" קצרה וממוקדת יותר, דבר אשר מגביר את זמינות הציוד ומקנה עוד יתרונות, כגון:

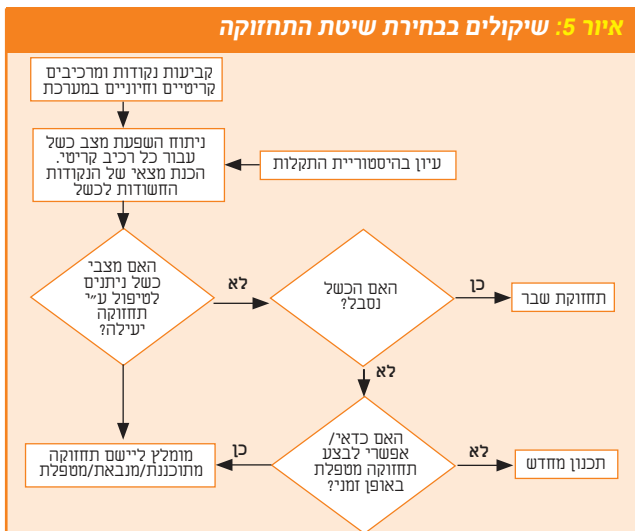
- חיסכון בעלויות בהשוואה לתחזוקה מונעת; המשימות מבוצעות רק כאשר יש צורך.
- שיפור רמת הבטיחות והאמינות של הציוד.
- שיפור איכות המוצר המוגמר בקו ייצור.
- צמצום תאונות ועצירות עקב שבר; הפעילות מתבצעת לפני שהתקלה מתרחשת.
- הקטנת מלאי החלפים; חלקי החילוף מותאמים לטיפול.
- משך חיים גדול יותר של המכונה.
- טיפול יעיל ומתוזמן לפני התרחשות שבר ונזק, דבר המפחית את הסיכוי לפגיעה בסביבה.

שיקולים בבחירת שיטת התחזוקה

אימוץ שיטת תחזוקה על-ידי הארגון תלוי בשיקולים טכנו-כלכליים וניהוליים כאחד, ובהתחשב בחיוניות של המערכת, המוצר והשירות.

כמתואר בתרשים הזרימה שבאיור 5, השלב הראשון ההכרחי הוא הגדרת הנקודות הקריטיות במערכת, וניתוח מידת השפעתן הצפויה על המערכת בעת התרחשות תקלה. לאחר שמביאים בחשבון את היסטוריית התקלות של המערכת ניתן להכין רשימה של תקלות אפשריות, ולהעריך מה ההסתברות שהן תתרחשנה. יתרה מזאת, מתן מענה לשאלות בדבר חיוניות הציוד והשפעתו על תפקוד המערכת, או בדבר העלויות האפקטיביות של יישום תחזוקה תקופתית (למשל, האם היא יכולה למנוע או להפחית את ההסתברות להתרחשות מצבי כשל), עשוי להוות כלי הכוונה לארגון בדבר שיטת התחזוקה המומלצת לגבי מערכת כלשהי.

איור 5: שיקולים בבחירת שיטת התחזוקה



לסיכום

כדי להתחרות בכלכלה של היום, חשוב שכל חברה תהיה מעודכנת ומוודעת לחשיבותה של תחזוקה מנבאת. ההתקדמות הטכנולוגית מחייבת מעקב מתמיד והבנה עמוקה כיצד פועלת תוכנית תחזוקה מנבאת / חזויה, ומה היא תורמת לקידום הארגון ושיפורו. יחד עם זאת, אימוץ שיטת תחזוקה על-ידי הארגון תלוי בשיקולים טכנו-כלכליים וניהוליים כאחד, ובהתחשב בחיוניות של המערכת, המוצר והשירות.



שנה טובה
וההארכת
לכל האלסקים
במשלנו!