



נחושת או אלומיניום כמוליכי חשמל? • דרישות עקרוניות להכנת מתקני חשמל לקראת חידוש אספקה • בחינה השוואתית בין יחידות לקירור מים (צילרים) בעיבוי אוויר ובעיבוי מים • הנחיית מנהל מינהל החשמל בנושא הארכת מודולים של מתקן פוטו-וולטאי • השוואת מחירי חימום חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים • תמונה אחת שווה אלף מילים" • כנסים מקצועיים לעוסקים בחשמל

מה במידעון

3 נחושת או אלומיניום כמוליכי חשמל?

6 דרישות עקרוניות להכנת מתקני חשמל לקראת חידוש אספקה

8 בחינה השוואתית בין יחידות לקירור מים (צ'ילרים) בעיבוי אוויר ובעיבוי מים

12 הנחיית מנהל מינהל החשמל בנושא הארכת מודולים של מתקן פוטו-וולטאי

13 השוואת מחירי חימום חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים

14 "תמונה אחת שווה אלף מילים"

15 כנסים מקצועיים לעוסקים בחשמל

דבר העורך



קוראים יקרים!

אנחנו פותחים את הגיליון בכתבה אשר דנה בשאלה שבה נתקלים עוסקים רבים בחשמל מדי יום ביומו – האם להשתמש במוליכים ובכבלים מנחושת או מאלומיניום? הכתבה מציגה בקצרה תכונות חשמליות ומכניות של שתי המתכות ואת היתרונות ואת החסרונות של השימוש בהן כמוליכי חשמל.

בכל שנה אנו מציגים למתלבטים את מכשיר החימום היעיל ביותר. גם הפעם אנו מציגים טבלת השוואה מעודכנת של מחירי חימום חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים, אשר תסייע בבחירת המכשיר המתאים ביותר לצורכיהם.

מתקני מיזוג אוויר הם אחד הצרכנים העיקריים של חשמל במשק. למעשה, היחידות לקירור מים (צ'ילרים) הן הגורם הדומיננטי לכך. אנו מביאים כתבה המציגה בחינה השוואתית של יחידות לקירור מים בעיבוי אוויר ובעיבוי מים.

הגידול הניכר ביישום של מערכות פוטו-וולטאיות לייצור חשמל מעלה לא אחת גם את הצורך בקבלת הבהרות הנוגעות לאופן היישום של מתקני חשמל אלו. בגיליון זה מובא פרסום של הנחיית מנהל מינהל החשמל בנושא הארכת מודולים של מתקן פוטו-וולטאי.

לעתים מתקני חשמל מנותקים ממערכת חלוקת החשמל עקב סיבות שונות, כגון שרפות, תקלות חשמליות, מפגעים שונים ועוד. לקראת חידוש האספקה נדרש להכין את המתקנים לקראת בדיקה בטרם חיבורם מחדש לרשת. ועל כך – כתבה בגיליון.

כמנהגנו בגיליונות האחרונים, מוצגת בגיליון פינת "תמונה שווה אלף מילים". והפעם, אנו מציגים תמונה של תנור חימום ובית תקע בחדר אמבטיה, ובוחנים אם המתואר בתמונה אינו נוגד את תקנות החשמל.

במסגרת החדשות השוטפות מתפרסמת בגיליון סקירה על כנסים מקצועיים המיועדים לעוסקים בחשמל, אשר התקיימו בשנה החולפת. הכנסים מעניקים הזדמנות להתעדכנות מקצועית ולהידוק הקשר המקצועי והחברתי בקרב העוסקים בחשמל, דבר המסביר את ההשתתפות הערה בהם.

אנו מאחלים לכם קריאה מהנה ומועילה!

העורך
שלומי לוי

המערכת



כתובת המערכת:

מערכת "פאזה אחרת" חברת החשמל, ת"ד 10, חיפה 3100001

טל' 076-8634626. פקס: 072-3432132

e-mail: faza-aheret@iec.co.il

קוד זיהוי: "פאזה אחרת" מרץ 2018 - 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: שלומי לוי
מינהלה והוצאה לאור: יצחק עקיבא
הדפסה: גסטליט דיגיטל
איור שער האחורי: אנדי צ'אוסו
תמונת השער: shutterstock
עריכה לשונית: רחל גליקמן
עיצוב גרפי והפקה: מרק בלייזיס, תקשורת שירותית



נחושת או אלומיניום כמוליכי חשמל?

הדיון ביתרונות ובחסרונות של השימוש בשתי המתכות, נחושת ואלומיניום, כמוליכי חשמל מתנהל כבר שנים רבות. כמו בתחומים רבים אחרים, התשובה לשאלה מהי המתכת העדיפה להולכת חשמל, אינה חד משמעית ותלויה בגורמים רבים. שנים רבות שימשה הנחושת כמתכת המועדפת להולכת חשמל. אבל עקב עליית מחיר הנחושת במידה ניכרת בהשוואה למחיר האלומיניום, החל שימוש מוגבר במוליכי אלומיניום לצורכי הולכת חשמל. כחלק מהבעיה יש לציין תופעה מדאיגה של גניבת כבלי/ מוליכי נחושת (לדוגמה, בתים נותרים ללא הארקה עקב גניבת מוליכי הארקה מנחושת). נשאלת השאלה: האם השימוש במוליכים, במחברים ובמגעים מנחושת עדיף על השימוש באלומיניום?

מאמר זה מציג בקצרה את התכונות המכניות והחשמליות של שתי המתכות ואת היתרונות ואת החסרונות של השימוש בהן כמוליכי חשמל.

החשמל שבהם שתי המתכות "מתחרות" זו בזו.

כדי להשוות בין מוליכי אלומיניום למוליכי נחושת עלינו לבחון מספר מאפיינים:

- תכונות פיזיקליות: משקל סגולי, מקדם התפשטות תלות בטמפרטורה וחוזק מתיחה.
- תכונות חשמליות (יכולת הולכת זרם): התנגדות סגולית, מוליכות סגולית ושטח חתך ביחס לזרם נישא.

השוואת תכונות פיזיקליות של מוליכי נחושת ומוליכי אלומיניום

התכונות המעניינות אותנו בנוגע

למוליכי חשמל מנחושת או מאלומיניום הן חוזק המתיחה ומקדם ההתפשטות התרמית. לכך השפעה רבה גם על היכולת של



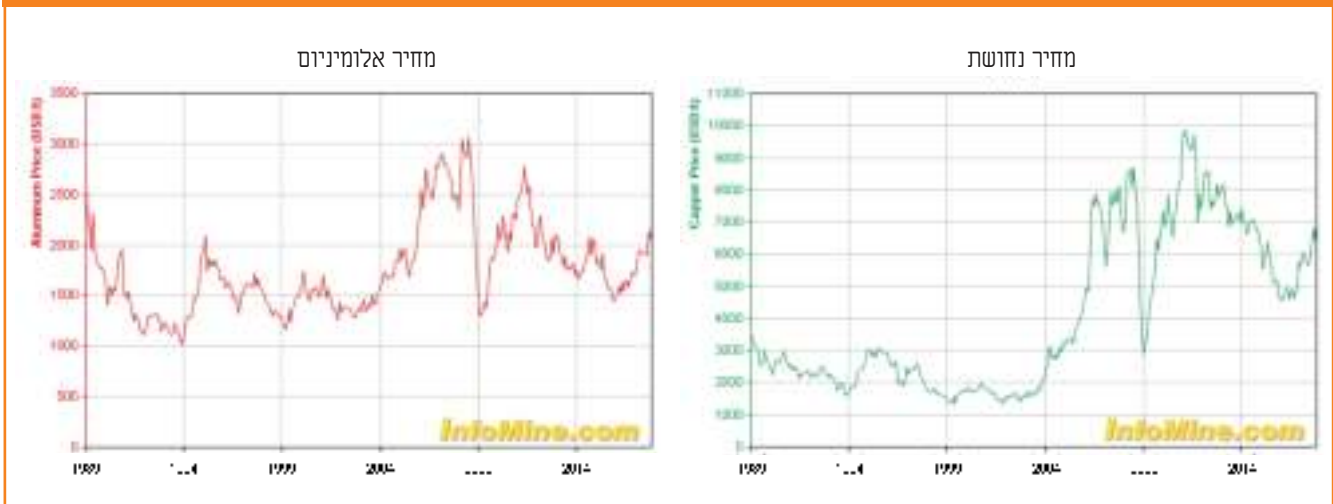
המתכות אלומיניום ונחושת הן שתי המתכות הנפוצות ביותר למוליכים ולפסי צבירה בצידוד חשמלי. לכל אחת ממתכות אלו יש תכונות חיוביות ושליליות המשפיעות על שימושיהן השונים.

כבלים בדרך כלל מורכבים מנחושת או מאלומיניום. בעבר השתמשו בנחושת כמוליך חשמלי, ואלומיניום הוצג כעבור שנים כחומר מוליך חדש. נחושת ואלומיניום נבדלים בתכונות ובמחיר חומרי הגלם שלהם, כמתואר בהמשך המאמר.

באיור 1 מוצגים השימושים העיקריים בנחושת ובאלומיניום במתקני חשמל.

כמתואר באיור 1, קיימים רק שלושה או ארבעה תחומים בענף

השינוי במחירים של הנחושת והאלומיניום לאורך השנים



טבלה 1: השוואה של מספר תכונות פיזיקליות.

אלומיניום	נחושת	התכונות
2.7 g/cm^3	8.9 g/cm^3	משקל סגולי (ב- 20°C)
$0.0285 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$	$0.0175 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$	התנגדות סגולית (ב- 20°C)
$36 \text{ m} / \Omega\text{mm}^2$	$57 \text{ m} / \Omega\text{mm}^2$	מוליכות סגולית (ב- 20°C)
23	16.6	מקדם התפשטות (ל- $10^6 \times ^\circ\text{C}$)
22.5×10^6	35.15×10^6	חוזק מתיחה (kg/m^2)
156	100	שטח חתך של אלומיניום ביחס לנחושת לצורך הולכת זרם חשמלי זהה

אלומיניום, מתחמצנות בעת חשיפתן לאוויר. עם זאת, אלומיניום מטבעו רגיש יותר לחמצון. הדבר מתרחש כאשר הוא בא במגע עם לחות חומרים

אחרים, כגון כלוריד, גופרית וכדומה. תהליך החמצון מגביר את התנגדות המגע בנקודות החיבור, ועלול להעלות את הטמפרטורה בנקודת החיבור, עד כדי המסת הבידוד של המוליך ושרפתו. כך שהתנגדות המגע החשמלי של האלומיניום גבוהה יותר בהרבה מזו של נחושת. בשל סיבה זו מצפים את נקודות החיבור בחומר מונע חמצון (כגון בדיל או כסף).

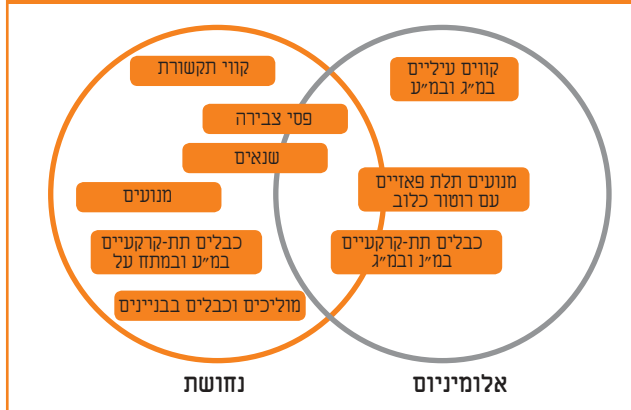
באיור 2 מוצגת כדוגמה נעל כבל בציפוי בדיל, המיועדת לחיבור מוליך אלומיניום. לאור כל האמור לעיל, השימוש במוליכי/כלי אלומיניום

מצריך השקעה רבה יותר ברמת התחזוקה של המתקן החשמלי, אשר כוללת בין היתר בדיקה של רמת ההידוק של נקודות החיבור ובחינת הימצאות של המוליכים (הימצאות קורוזיה).

יכולת הולכת זרם חשמלי

יכולת הולכת הזרם של מוליכים תלויה בסגסוגת שממנה הם עשויים, ומתבטאת בצפיפות הזרם של המוליך (הזרם ליחידת שטח חתך).

איור 1: שימושים מעשיים של אלומיניום ונחושת במתקני חשמל



מקור: <http://electrical-engineering-portal.com/copper-or-aluminium>

המוליך לעמוד בכוחות הנוצרים עקב זרמי קצר, וכן על מידת ההתפשטות של המוליך עקב חום המתפתח בנקודות חיבור ומגע בין מוליכים.

כמתואר בטבלה 1, לאלומיניום חוזק מתיחה נמוך משל הנחושת, כך שעמידותו בפני

הכוחות הנוצרים בעת קצר חשמלי נמוכה יותר. כמו כן מקדם ההתפשטות למעלת צלזיוס של אלומיניום גבוה בערך ב-40% מזה של נחושת. הדבר בא לידי ביטוי במידת ההתפשטות וההתכווצות של המוליכים בנקודות המגע והחיבור החשמלי, כך שלאורך זמן תיתכן היחלשות של המגע החשמלי, ויכולה להיווצר קשת חשמלית שעלולה לגרום שרפה. לכן קיימת חשיבות גבוהה למידת ההידוק והחזק של מוליכי אלומיניום.

מנגד, מוליכי נחושת בעלי חוזק מתיחה גבוה בהרבה ורגישים פחות לשינויים בטמפרטורה בנקודות המגע והחיבור. לכן הם נחשבים חומר הרבה יותר יציב ביחס לאלומיניום.

מנגד, אחד היתרונות של אלומיניום הוא משקלו הסגולי הנמוך ביחס לנחושת (טבלה 1). הדבר בא לידי ביטוי בנחות הגבוהה יותר של נשיאת הכבל והעבודה בו, וכן בהתקנתו ברשתות עיליות. נציין ששתי המתכות, הן נחושת והן

טבלה 2: טבלאות 70.3, 90.3 בתקנות החשמל - ערכי זרם מתמיד מרבי של מוליך לפי שיטת התקנתו

זרם מתמיד מרבי Iz [אמפר]								שטח חתך S [ממ"ר]
בידוד 90°C				בידוד 70°C				
אלומיניום		נחושת		אלומיניום		נחושת		
מעגל תלת- מופעי	מעגל חד- מופעי	מעגל תלת- מופעי	מעגל חד- מופעי	מעגל תלת- מופעי	מעגל חד- מופעי	מעגל תלת- מופעי	מעגל חד- מופעי	
-	-	19	22	-	-	15	16	1.5
-	-	27	30	-	-	20	23	2.5
-	-	36	40	-	-	26	30	4
36	41	46	52	26	30	34	39	6
50	57	63	72	37	41	47	54	10
68	76	84	96	50	56	64	71	16
89	101	112	128	66	74	84	95	25
111	125	138	157	81	91	103	118	35
134	151	168	190	98	111	126	142	50
172	192	213	243	125	141	161	180	70
208	232	258	294	151	170	195	218	95
241	270	300	340	175	197	225	253	120

מקור: על פי תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך)

איור 2: דוגמה: נעל כבל המיועדת לחיבור מוליך אלומיניום



(מקור: מפעל מתכת כפר מנחם)



(מקור: מפעל מתכת כפר מנחם)

שתוארו לעיל בנוגע להתרופפות נקודות החיבור של מוליכי אלומיניום.

יצרני ההתקנים הנ"ל מגדירים הוראות התקנה מפורטות לתקנים אלו. חלקם גם מציין לדוגמה את העובדה ששרוולי לחיצה של נעלי כבל המיועדים לחיבור מוליכי אלומיניום, ממולאים בגריז מגעים, דבר המדגיש את החשיבות היתרה שיש לאופן ההתקנה של מוליכי אלומיניום. נציין שהתקן הישראלי ת"י 61545 "התקני חיבור - התקנים לחיבור של מוליכי אלומיניום באמצעות יחידות הידוק מחומר כלשהו ושל מוליכי נחושת באמצעות יחידות הידוק בעלות גוף אלומיניום", חל על התקנים כאלה.

סיכום

מאמר זה מציג בקצרה את היתרונות ואת החסרונות שבשימוש בכבלים או במוליכים מאלומיניום ומנחושת. אין המאמר בא לקבוע אם להשתמש בנחושת או באלומיניום. יש לבחון את הסוגיה לגופו של עניין על בסיס קריטריונים טכנו-כלכליים (עלות החומר, זמן ההתקנה הנדרש, רמת התחזוקה המיועדת במתקן וכדומה).

כמתואר בטבלה 1, ההתנגדות הסגולית של אלומיניום גבוהה בערך פי 1.6 מזו של נחושת, לכן שטח החתך הנחוץ להזרמת אותו הזרם יהיה גדול יותר. למעשה, שטח החתך של מוליך אלומיניום יהיה גבוה בערך ב-56% מזה של מוליך נחושת להולכת זרם זהה.

לדוגמה, בטבלה 2 מוצגות טבלאות העמסת מוליכים וכבלים 70.3 ו-90.3 מתקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך) הממחישות את יכולת הולכת הזרם הגבוהה יותר של כבלי/מוליכי נחושת בהשוואה לזו של כבלי/מוליכי אלומיניום.

התקנים לחיבור בין מוליכי אלומיניום למהדקי נחושת וההפך

כאשר מחברים שתי מתכות בעלות פוטנציאל אלקטרוכימי שונה, נוצר ביניהן מעין תא גלווני, והתוצאה היא איכול (קורוזיה) בין המתכות.

נקודות ממשק אלו קיימות במגוון מתקני חשמל, כגון: חיבורים של כבלי נחושת לפסי צבירה להולכה העשויים מאלומיניום, חיבורים של כבלי אלומיניום לפסי צבירה העשויים מנחושת בלוחות חשמל, חיבורים של כבלי אלומיניום למהדקי מפסקים העשויים מנחושת, וכדומה.

כדי למנוע קורוזיה בנקודות ממשק אלו, יש להשתמש באמצעי חיבור ייעודיים (לדוגמה, איור 3). יתרה מזו, התקני החיבור הייעודיים למוליכי אלומיניום עשויים גם לצמצם את הכשלים



דרישות עקרוניות להכנת מתקני חשמל לקראת חידוש אספקה

מאמר זה מרכז את הדרישות העקרוניות להכנת מתקן חשמל, אשר נותק ממערכת חלוקת החשמל עקב סיבות שונות, כגון: תקלה חשמלית, שרפה, אי תשלום חשבון חשמל וכדומה. חידוש אספקת חשמל למתקן שנותק יבוצע לאחר שעמד בהצלחה בבדיקה של בודק מטעם בעל רישיון החלוקה (בודק חברת החשמל), כפי שנדרש בהנחיית מנהל ענייני החשמל בנושא בדיקה לצורך חידוש אספקת החשמל (מתאריך 30 במרס 2014), שפורסמה בגיליון ספטמבר 2014 של המידעון פאזה אחרת.

בטבלה מספר 1 מוצג תהליך חידוש האספקה בהתאם לסיבת הניתוק ולסוג המתקן, כפי שהיא מופיעה בהנחיית מנהל ענייני החשמל.

הדרישות המופיעות במאמר זה מיועדות לשמש כקווים מנחים בלבד לציבור החשמלאים ולמתכנני המתקנים, והן אינן באות כתחליף לדרישות תקנות החשמל, לפסיקות ועדת הפירושים, להנחיות מנהל ענייני החשמל ולדרישות התקינה של הציוד החשמלי במתקן.

חומר טכני שעל הלוקח או על חשמלאי מטעמו למסור כתנאי מקדים לביצוע הבדיקות

- אם חל שינוי במתקן, יש להציג את תוכנית לוח החשמל של כל המבנה חתומה על ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים. בתוכנית יצוין מקור הארקה של כל המבנה.

- טופס הגשת מתקן לבדיקה (אם נדרשת נוכחות חשמלאי בבדיקה).
- הצהרת חשמלאי לצורך חידוש האספקה למתקן שאינו דירתי שנותק יותר מחודש ולא בוצע בו שינויים.

דגשים בנושא מערך ההגנה מפני חשמול

- עכבת לולאת התקלה תתאים לדרישות שבתקנות החשמל ובהתאם לאמצעי ההגנה מפני חשמול המיושם במתקן. הערך המרבי המותר תלוי בסוג הלוח (סוג I, סוג II) ובאופיינים של המא"זים (G, L, B, C וכדומה).

- במתקנים ישנים שבהם מקור ההארקה הוא צנרת מים, מומלץ להתקין אלקטרודת הארקה נוספת, בתוך שוחה מתאימה (בקוטר 60 ס"מ), שתחובר לפס ההארקות הראשי (נוסף לצנרת המים הראשית).
- במתקנים ישנים ללא הארקה יסוד (שנבנו לפני 1979 טרם פרסום תקנות החשמל - הארקה יסוד) לא יבוצע איפוס, אלא אם כן תבוצע השוואת פוטנציאלים כמפורט בפסיקת ועדת פירושים מספר 41-03, שפורסמה בגיליון אוגוסט 2009 של המידעון פאזה אחרת.

המידעון פאזה אחרת.

- הימצאות מפסק מגן אחד או יותר, באופן שכל מעגל סופי במתקן דירתי יוגן מפני זרם דלף העולה על 0.03 אמפר (מדגם A לפחות).
- התאמת חתך מוליך ההארקה הראשי לגודל החיבור.
- יש לוודא תקינות של הגשרים המתכתיים בצנרת המים (כמוני מים, בפילטרים וכדומה) ושל חיבור הפה"פ או פס ההארקות אל מקור הארקה.
- יש לוודא רציפות ההארקה בבתי תקע ובנקודות מאור. במתקנים שנבנו לפני 21 באפריל 1980 לא חלה חובה על מוליך הארקה, אלא אם כן הותקן גוף תאורה מתכתי או בית תקע בעל שלושה פינים.
- יש לוודא שמוליכי

טבלה 1: תהליך חידוש האספקה בהתאם לסיבת הניתוק ולסוג המתקן

הסיבה להפסקת חשמל במתקן	מתקן דירתי	מתקן שאינו דירתי	נוכחות חשמלאי מטעם הלוקח
בטיחות	בדיקת מתקן	בדיקת מתקן	נדרשת
שרפת נתיך של בעל רישיון החלוקה	ביקורת חזותית	ביקורת חזותית	אינה נדרשת
אי תשלום חשבון החשמל	ניתוק של יותר משבועיים עד שלושה חודשים - ביקורת חזותית	ניתוק של יותר משבועיים עד חודש - ביקורת חזותית	אינה נדרשת
	ניתוק של יותר משלושה חודשים - בדיקה לצורך חידוש אספקה	ניתוק של יותר מחודש - בדיקה לצורך חידוש אספקה	- מתקן דירתי - אינה נדרשת מתקן שאינו דירתי - נדרשת
ניתוק יזום על פי בקשת הלוקח	ניתוק עד שלושה חודשים - הצהרה או חשמו"ל מטעמו על אי ביצוע שינויים. הביקורת תהיה חזותית	ניתוק עד חודש - הצהרה או חשמו"ל מטעמו על אי ביצוע שינויים. הביקורת תהיה חזותית	אינה נדרשת
שב"ח צריכה	בדיקת מתקן	בדיקת מתקן	נדרשת
שינוי המבוצע על ידי הלוקח במתקן של בעל רישיון חלוקה ללא אישור	בדיקת מתקן	בדיקת מתקן	נדרשת

ההארקה עשויים מנחושת, ומותקנים באדמה בעומק המתאים והם בחתך של 25 מ"מ לפחות, כאשר הם ישירות באדמה, ובחתך של 10 מ"מ לפחות, כאשר הם מותקנים בצינור המתאים להתקנה באדמה, בהתאם לתקנות החשמל (התקנת מובלים והתוויל שבהם במתח שאינו עולה על מתח נמוך).

דגשים בנושא לוח החשמל הראשי של המתקן

- הלוח יהיה ללא סימנים חיצוניים המעידים על פגיעה מכנית, על רטיבות, על חריכה וכדומה.
- הימצאות מא"ז או מפסק אוטומטי ראשי המתאים לגודל החיבור המבוקש.
- התאמת המבטחים (מא"זים, מפסקי זרם אוטומטיים) של

03-41

הארקות ואמצעי הגנה בפני חישוב במתח עד 1,000 וולט

איפוס במבנה ללא הארקות יסוד

? בתקנת משנה 39 ב' לתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישוב) נקבע:

"מותר להשתמש באיפוס במבנה אשר אין בו הארקות יסוד, אם יש לו אלקטרודת הארקה מקומית וקיימת במבנה השוואת פוטנציאלים כנדרש בתקנות הארקות יסוד, למעט חובת חיבור לזיון המבנה".
האם יש אפשרות לבצע השוואת פוטנציאלים במבנה (לצורך ביצוע איפוס) על-ידי חיבור השירותים המתכתיים אל הפה"פ מבלי להתקין מוליך הארקה טבעית באדמה סביב המבנה ומבלי לחבר את זיון המבנה אל הפה"פ?

תשובת הוועדה

! בתקנה 39 לתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישוב) נקבע:

"(א) לא ישתמש אדם באיפוס במבנה אשר אין בו הארקות יסוד בהתאם לתקנות הארקות יסוד.

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א), מותר להשתמש באיפוס במבנה אשר אין בו הארקות יסוד, אם יש לו אלקטרודת הארקה מקומית וקיימת במבנה השוואת פוטנציאלים כנדרש בתקנות הארקות יסוד, למעט חובת חיבור לזיון המבנה".

בתשובה קודמת של ועדת הפירושים, בהתייחס להשוואת פוטנציאלים במבנה טרומי יביל, פסקה הוועדה: "במבנה קיים, לא תמיד אפשר להגיע לברזלי הזיון, אך תמיד אפשר לגשר אל פס השוואת הפוטנציאלים את כל השירותים המתכתיים בבניין כדי ליצור 'כלוב פראדי'. הדבר נכון גם לגבי מבנה טרומי שאין לו הארקות יסוד ואין בו אפשרות להגיע לברזלי הזיון או שלא קיים זיון כלל. מאידך, אם ברזלי הזיון נגישים ואפשר לחברם לפס השוואת הפוטנציאלים, הרי שרצוי ונכון לעשות כן".

במפרט החשמל לבתים יבילים (מפמ"כ 412 – ספטמבר 1990), נקבע: "במבנה הנסמך על קורות יסוד מבטון ייעשה גישור בין הקורות לבין פה"פ באמצעות פס פלדה מגולוון 4x40 מ"מ לפחות", "במבנה המותקן על עמודונים מבטון יחבורו זיוני העמודונים על-ידי טבעת גישור מפס פלדה מגולוון 4x40 מ"מ לפחות, הטמונה באדמה בעומק של 0.5 מטר לפחות".

כלומר, בהתאם לנדרש בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישוב), ביצוע איפוס במבנה ללא הארקות יסוד מחייב אלקטרודה מקומית והשוואת פוטנציאלים ראוייה. השוואת פוטנציאלים ראוייה ניתן לקבל על-ידי חיבור כל השירותים המתכתיים במבנה אל פה"פ, כנדרש בתקנה 8 לתקנות החשמל (הארקות יסוד), כולל ברזלי הזיון של המבנה, ובנוסף הטמנת טבעת מתכתית היקפית באדמה מסביב למבנה וחיבורה אל הפה"פ.

כל פתרון אחר המבטיח השוואת פוטנציאלים ראוייה, שיתוכן על-ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים, ויידק מבחינת השוואת הפוטנציאלים שהוא מספק, אפשרי.

פירושים לתקנות החשמל

- כאשר הלוח מסוג I, בהתאם למבטח, בקו הזינה של הלוח.

- כאשר הלוח מסוג II, בהתאם למבטח הגדול ביותר בלוח המגן על יציאה מהלוח.

- ללוח ללא גב המותקן על עץ, יותקן חיץ מבודד וככה מאליו בין הלוח לבין העץ.
- גובה אמצעי ההפעלה בלוח לא יהיה גבוה משני מטרים. לוח בעל אמצעי הפעלה בגובה מרבי של 2.4 מטרים יאושר רק בבתים שנבנו במועד שבו אפשרו זאת תקנות החשמל, כלומר בבתים שנבנו עד 25 במאי 1977. במקרה זה נדרש להעביר את המפסק הראשי ואת מפסק המגן לגובה שאינו יותר משני מטרים.

- הלוח הדירתי יותקן בתוך הדירה, ובמקרה של בתים צמודי קרקע בכניסה מקורה, ובלבד שהלוח יוגן מפני חדירת מים. במקרה של דירות מגורים שבהן לוח החשמל מותקן בחדר המדרגות, והדירות נבנו במועד שבו היה מותר להתקין את הלוח הראשי בחדר המדרגות, כלומר דירות שנבנו לפני 1 באוגוסט 1993, אין חובה להעביר את הלוח לתוך הדירה.
- התנגדות הבידוד לא תפחת מ-0.25 מגה-אום למעגל קיים, ולא תפחת מ-1.5 מגה-אום למעגל חדש.

צבעי הבידוד של המוליכים במתקן

- במתקן שבו הוחלפו או נוספו מעגלים או קווים חדשים, שבהם המוליכים בצבעים החדשים, יש להתקין שלט בנוסח הבא: "זהירות - הצבע הכחול של בידוד מוליך במתקן יכול לסמן מוליך אפס (N) או מוליך מופע". השילוט צריך להופיע בלוח הראשי, וכן בכל לוח משנה שבקו המזין את המעגלים או את קווים שבהם המוליכים הם בצבעים החדשים.
- במקרה של החלפת לוח ללא תוספת של מוליכים או כבלים חדשים, אפשר להשאיר את המוליכים או את מוליכי הכבלים בצבעי הזיהוי הישנים, תוך סימוןם בצבעים החדשים באמצעות שרולי סימון.
- יש לוודא שכלוח שהוחלף, והוחלפו או נוספו בו מוליכים או כבלים בצבעים

החדשים, וקיימים בו גם מוליכים או כבלים בצבעים הישנים, יותקנו על קצות המוליכים הישנים וגם על קצות המוליכים של הכבלים הקיימים (הישנים) שרולי סימון בצבעים החדשים. זאת כדי שלצבעי המוליכים בלוח יהיה סימון אחיד.

- אין להשתמש בסרט דביק (איזולירבנד) כתחליף לשרולי סימון.
- בכל מקרה אין להשתמש במוליך בעל בידוד בצבעים צהוב או ירוק כמוליך מופע או אפס.

המעגלים הסופיים לשטח החתך של המוליכים היוצאים מהלוח. לא יאושר לוח שמותקנים בו נתיכים "אנגליים".

- לוח דירתי, לרבות המעטה שלו, יהיה מסוג II (בידוד כפול או בידוד מוגבר). לוח מסוג I מותר רק אם במועד התקנתו התייר זאת התקנות שהיו בתוקף (מתקנים שהותקנו לפני 1992), או בהתאם לגודל החיבור. עם זאת, חברת החשמל ממליצה התקנת לוח מסוג II.
- עכבת לולאת התקלה המרבית המותרת תיקבע כדלהלן:

המשך בעמוד 11



בחינה השוואתית בין יחידות לקירור מים (צ'ילרים) בעיבוי אוויר ובעיבוי מים

- שסתום התפשטות להפחתת לחץ הנוזל והפיכתו לנוזל קר.
- השלב הסופי במעגל הקירור - המאייד (מחליף חום קרר מים) שבו מקוררים המים על ידי הקרר. בתהליך זה מצב הצבירה של הקרר משתנה מנוזל חלקי לגז.
- עיבוי הגז מתבצע באמצעות אוויר צח אשר נשאב מהסביבה העוטפת את היחידה באמצעות מפוחים.
- יחידה זו היא יחידה עצמאית שבה כל מרכיבי המערכת נשלטים על ידי בקר, אשר מפעיל אותם בהתאם לתפוקה הנדרשת בפועל בכל רגע נתון. לדוגמה, בתפוקה חלקית יופעלו חלק ממפוחי המעבה בהתאם לתפוקת היחידה הנדרשת.

קירור מים בעיבוי מים

מערכת לקירור מים בעיבוי מים כוללת את אותם המרכיבים שבהסבר לעיל על מערכת בעיבוי אוויר (מדחס, מאייד ושסתום התפשטות), אבל ביחידה זו עיבוי הגז מבוצע על ידי מים המכונים מי עיבוי (Condense water) (איור 2).

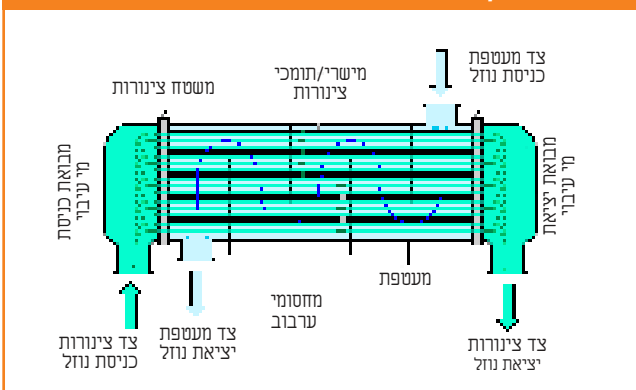
איור 2: דוגמה - יחידה לקירור מים בעיבוי מים



(מקור: גולן קור)

כמתואר באיור 3, מי העיבוי מוזרמים במעבה מסוג מחליף חום גז-מים, בתצורת קליפה וצינורות (Shell & tube). הקרר (גז) מוזרם על פני מעטפת הצינורות ומתקרר על ידי מי העיבוי שמוזרמים בצינורות.

איור 3: תהליך החלפת חום במעבה מסוג גז-מים



בסוף המאה ה-19 הומצאה מערכת הקירור הראשונה. המערכות הראשונות פותחו לצורך קירור של מבני ציבור ותעשייה, כגון בתי חולים, בתי דפוס, מרכזים פיננסים וכדומה.

מערכות אלו התבססו על טכנולוגיה של קירור ישיר של האוויר (Direct expansion-Dx). באופן שבו מקור הקור מקרר ישירות את האוויר המוזרם לאזור המקורר.

עם התפתחות הטכנולוגיה ופיתוח מוצרי החלפת החום (Heat exchanger) החלו לייצר מערכות קירור מתקדמות שנקראו "יחידות לקירור מים". מטרתן של מערכות אלו לקרר מים המסוחררים במעגל סגור, למערכות קצה שמוותקנות באזורים שונים. במערכות הקצה מבוצע מעבר החום (באמצעות מחליפי חום מקומיים) מהמים הקרים לאוויר, שמוזרם לאזור המקורר.

לשיטת קירור מים מספר יתרונות על פני שיטת הקירור הישיר (Dx):

- את המים קל יותר להעביר לאזורים מרוחקים, הצנרת נוחה יותר ליישום מאחר שהיא תופסת פחות מקום.
- למים מקדם החזק חום משופר, כלומר מים מוליכים חום טוב יותר מאשר אוויר (פחות איבוד חום לסביבה).
- אפשר לשלוט ברמת הקירור המסופק לכל אזור בנפרד.

מאמר זה סוקר בקצרה יחידות לקירור מים בעיבוי אוויר ויחידות לקירור מים בעיבוי מים, ומשווה ביניהן, תוך הצגת היתרונות והחסרונות של כל אחת מהמערכות.

סוגי מערכות לקירור מים (צ'ילרים)

כיום אפשר להבחין בשני סוגי מערכות עיקריים לקירור מים: מערכות בעיבוי אוויר ומערכות בעיבוי מים.

קירור מים בעיבוי אוויר

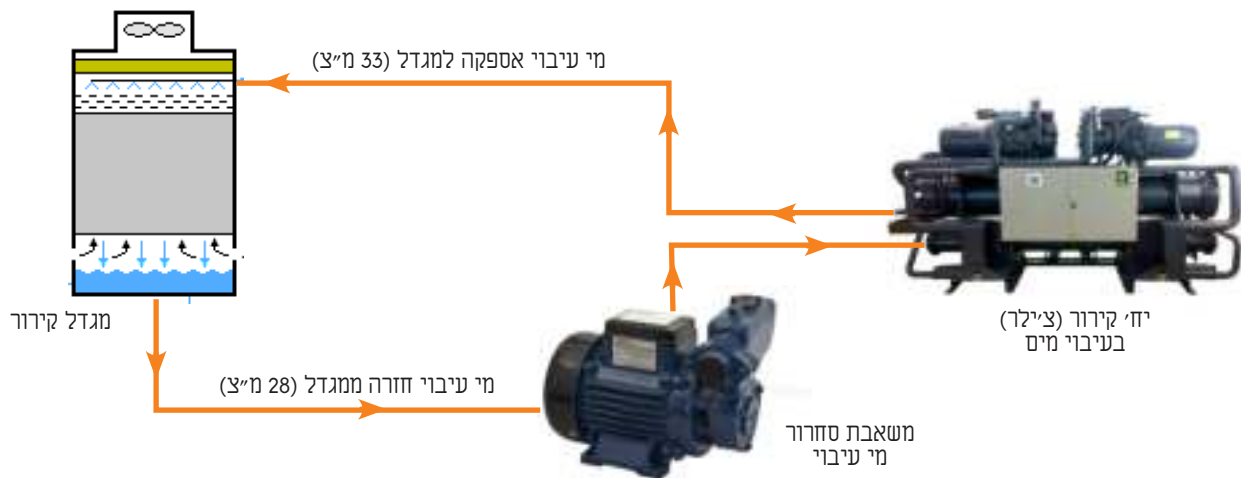
מערכת לקירור מים בעיבוי אוויר היא יחידה אחת בעלת מרכב אחד, הכוללת את המרכיבים הבאים (איור 1):

- מדחס לדחיסת הקרר (גז) ולהעלאת הלחץ.
- מעבה אוויר (מחליף חום קרר אוויר) הכולל סוללה ומפוחי אוויר. בצינורות הסוללה מוזרם הגז החם, ומפוחי האוויר מזרימים אוויר צח מהסביבה על מעטפת צינורות הסוללה. בתהליך זה מתבצע שינוי מצב הצבירה של הקרר החם לנוזל.

איור 1: דוגמה - יחידה לקירור מים בעיבוי אוויר



(מקור: גולן קור)



כחלק ממהלך קירור מי העיבוי במגדל הקירור, מתאדים חלק ממי העיבוי. עקב כך רמת המוליכות (TDS) במים הנוותרים עולה. להורדת רמת המוליכות לרמה הרצויה (בסביבות $2,000 \mu\text{S}$) יש לנקז מים ממגדל מי העיבוי, ולהוסיף מי רשת לדילול המים הקיימים. מים אלו נקראים מי תוספת (Make up water).

לרוב, פעולת הניקוז מבוצעת אוטומטית על ידי מערכת שמירת מוליכות ייעודית. את המים החסרים משלימים באופן אוטומטי באמצעות ברז חשמלי, המחובר למצופף אשר תפקידו לשמור על כמות המים הרצויה.

מאחר שחלק ממי העיבוי של המערך מתאדים במגדל, כמות המים הדרושה להשלמה נאמדת בעשרה ליטרים לכל טו קירור

לאחר עיבוי הגז במעבה נדרש לקרר את מי העיבוי. לשם כך נדרשים שני מרכיבים נוספים: מגדל קירור שמטרתו לקרר את מי העיבוי על ידי הזרמת אוויר צח מהסביבה, ומשאבת סחרור שבאמצעותה המים מסוחררים בין מעבה הצילר למגדל הקירור. תהליך קירור מי העיבוי כולל הזרמת מי העיבוי ממעבה יחידת הקירור בטמפרטורה של כ-33 מעלות צלזיוס למגדל הקירור. המים מובלים לחלקו העליון של המגדל ומותזים דרך דיזות, שייעודן ליצור רסס לצורך החלפת חום מיטבית עם האוויר הצח שמוזרם כנגד. טיפות המים מנוקזות לתחתית המגדל בטמפרטורה של כ-29 מעלות צלזיוס, ומובלות חזרה למעבה יחידת הקירור (איור 4).

טבלה 1: דרישות יעילות אנרגטית מזערית ליחידת קירור מים חדשה

סוג יחידה	תפוקת היחידה	יעילות מזערית בעומס מלא בקירור COP	יעילות מזערית בעומס חלקי בקירור ESEER או IPLV
עיבוי אוויר	יחידה מקוררת אוויר עם מעבה ומדחסים מסוג "שבלול" (scroll)	עד 350 קילו וואט (להלן - קו"ט)	3.6
	שווה או גדול מ-350 קו"ט	3.3	3.7
	יחידה מקוררת אוויר עם מעבה ומדחסים מסוג בורגי (rotary screw)	עד 350 קו"ט	3.7
	שווה או גדול מ-350 קו"ט	3.3	3.7
	יחידה עם מעבה מקורר אוויר המופעלת כיחידה אחידה לקירור או חימום מים (משאבת חום)	עד 350 קו"ט	3.7
	שווה או גדול מ-350 קו"ט	3.3	3.5
	יחידה מקוררת אוויר בלא מעבה	כל התפוקות	אין דרישה
עיבוי מים	יחידה מקוררת מים בוכנתית	כל התפוקות	אין דרישה
	יחידה מקוררת מים מסוג בורגי (rotary screw) ושבלול (scroll)	עד 350 קו"ט	5.5
	שווה או גדול מ-350 קו"ט ועד 1055 קו"ט	5.4	5.5
	שווה או גדול מ-1055 קו"ט	6.0	6.2
	יחידה מקוררת מים צנטריפוגלית	עד 528 קו"ט	6
	שווה או גדול מ-528 קו"ט ועד 1,055 קו"ט	6.1	6.5
	שווה או גדול מ-1,055 קו"ט	6.7	7

המופק מהמערכת. לדוגמה, מערכת טיפוסית בתפוקה של 100 טו קירור הפעילה ברציפות בכל ימות השנה ברמות עומס משתנות מפיקה כ-520,000 טו קירור בשנה. לשם כך תידרש כמות מי השלמה של כ-5,200 מטרים מעוקבים בשנה בעלות של עשרות אלפי שקלים בשנה.

נחיצות הטיפול במים

עם הזרמת מי התוספת מקובל להוסיף כימיקלים שונים, למניעת אבנית, חלודה וקורוזיה והיווצרות אצות. תכשירים למניעת אבנית מכילים אינהיבטורים שמונעים התגבשות גבישי אבנית, ותכשירים למניעת אצות הכוללים ביוציד בריכוזים נמוכים למניעת התפתחות מיקרואורגניזמים.

הדרישה לטיפול במים אינה רק תפעולית אלא גם בריאותית. מאחר שמדובר במערכת פתוחה המסחררת מים בטמפרטורה של 35 מעלות צלזיוס ומעלה, עלולים להתפתח חיידקי ליגיונלה שהם סכנה לבריאות. לכן הוספת החומרים לטיפול במים הכרחית ומיושמת ברוב המקומות.

קיימות שיטות נוספות לטיפול במים, כגון שימוש במרכזים לריכוך מי התוספת (המכונים מים רכים) או שימוש במי RO (אוסמוזה הפוכה לסינון המים ולהפחתת המוליכות), אך שיטות אילו יקרות יותר ונפוצות בעיקר באתרים גדולים.

עלות הכימיקלים למי התוספת נאמדת ב-2.5 שקלים על כל מטר מעוקב של מי תוספת.

מה עדיף, עיבוי אוויר או עיבוי מים?

יחידות קירור מים בעיבוי מים נחשבות יעילות במיוחד ובעלות מקדם יעילות (COP) של חמש ומעלה. מנגד, מקדם היעילות של יחידות בעיבוי אוויר עומד על כ-3.15 ומעלה.

לפי תקנות מקורות אנרגיה תשע"ג 2013 להתרת יבוא של מערכות חדשות (יעילות אנרגטית מזערית ליחידת קירור מים חדשה) נקבעו ספי יעילות מינימלית ליבוא. כמוצג בטבלה 1 (מובאת מהתקנות הנ"ל), אפשר לראות שקיים הפרש ניכר ביעילות של המערכות המותרות ליבוא, בין יחידה לקירור מים בעיבוי אוויר ליחידה בעיבוי מים.

חשוב לציין שלמרות החיסכון בחשמל של היחידה עצמה

טבלה 2: דוגמה - השוואה כלכלית בין שתי חלופות העיבוי של יחידה בעלת תפוקת קירור של 100 ט"ק, הפעילה ברציפות 24/7 בעומס ממוצע של 60%.

צ"לר עיבוי אוויר	צ"לר עיבוי מים מגדל קירור סמוך	צ"לר עיבוי מים מגדל קירור מרוחק	
100	100	100	תפוקה (ט"ק)
350	350	350	תפוקה (קו"ט)
111.1	69.1	69.1	צריכת חשמל (קו"ט)
3.15	5.07	5.07	מקדם יעילות (COP)
8760	8760	8760	שעות פעילות בשנה
0.6	0.6	0.6	עומס ממוצע על הצ"לר
583,918	363,162	363,162	סה"כ צריכת החשמל השנתית לצ"לר (קוט"ש)
	5.5	7.5	צריכת חשמל משאבת סחרור מי עיבוי (קו"ט)
	5.5	5.5	צריכת חשמל מפוח מגדל קירור (קו"ט)
	96,360	113,880	סה"כ צריכת החשמל השנ"ת לצידוד משלים (קוט"ש)
0.48	0.48	0.48	תעריף החשמל ממוצע (שקלים / קוט"ש)
	5,256	5,256	צריכת מים שנתית להשלמת מי מגדל (מ"ק)
	12	12	תעריף ממוצע למ"ק מים וכימיקלים (שקלים / למ"ק)
280,280	220,571	228,980	עלות צריכת חשמל שנתית (שקלים)
	63,072	63,072	עלות שנתית מים וכימיקלים (שקלים)
280,280	283,642	292,052	סה"כ עלות שנתית (שקלים)
	3,362	11,772	(שקלים) הפרש

בעיבוי מים, קיימות צריכות חשמל נוספות למשאבת הסחרור ולמפוח מגדל הקירור, כך שיעילות המערכת בכללותה פוחתת. נוסף על כך, קיימות עלויות של צריכת מים וכימיקלים, כפי שתואר לעיל.

אז מה עדיף מהיבט הכלכלי?

כמקובל בשאלות מורכבות, גם במקרה זה אין תשובה חד משמעית, וכל מקרה לגופו. להלן שתי דוגמאות (טבלאות 2 ו-3) המציגות השוואה כלכלית בין שתי החלופות.

מהדוגמאות לעיל אפשר לראות שבמערכות בתפוקה נמוכה יחסית, בהתייחסות לעלות ולפשטות התפעול, המגמה נוטה לטובת השימוש במערכות בעיבוי אוויר. עם זאת, ככל שתפוקת המערכת עולה, כך גוברת כדאיות השימוש במערכות בעיבוי מים, אך הדבר תלוי במרחק מיקום מגדל הקירור מהצ"לר.

ככל שהמרחק רב, נדרש שימוש במשאבת סחרור גדולה יותר, ועל כן ההפרש בצריכות החשמל מצטמצם.

קיימות עוד מספר נקודות חשובות שיש להביא בחשבון, המפורטות להלן:

- בתנאי חוץ קיצוניים בטמפרטורת סביבה של יותר מ-35 מעלות צלזיוס פוחתת יעילותן של מערכות בעיבוי אוויר. ברוב אזורי ארצנו גם בחודשי הקיץ טמפרטורת החוץ הממוצעת אינה גבוהה יותר מ-32 מעלות צלזיוס. באזורים חמים, כגון אילת וים המלח, שבהם טמפרטורת החוץ בחודשי הקיץ חוצה את הסף של 45 מעלות צלזיוס, יעילות מערכות בעיבוי מים תושפע פחות לרעה.
- אם נדרשת יחידת קירור מסוג Heat Pump (משאבת חום) המספקת קירור או חימום, בטמפרטורת חוץ נמוכות של חמש מעלות צלזיוס ומטה, אי אפשר לחמם ביחידה בעיבוי מים אלא רק ביחידה בעיבוי אוויר!
- במערכות עיבוי המים אפשר לשלב רכיבי בקרה להפחתת צריכת החשמל של משאבת הסחרור או מפוח המגדל. גם באתרים שבהם אינה מותקנת מערכת בקרה מרכזית אפשר להתקין מערכת בקרה ייעודית שתפקד מקומית על רכיבים אלו.

סיכום

יחידה בעיבוי אוויר היא מערכת "מושלמת" שאינה דורשת רכיבים נוספים להפעלתה. כל שנדרש הוא לחבר ולהפעיל. יעילות המערכת מושפעת ישירות מתנאי החוץ, כך שבטמפרטורה שבגובה מ-35 מעלות צלזיוס תפחת יעילות המערכת, בעוד שבטמפרטורות נמוכות יעילות המערכת משתפרת. יתרה מזו, התקנת היחידה מותנית במיקום שקיים בו אוורור רציף למניעת קצרי אוויר. לעומת זאת, ליחידת קירור בעיבוי מים נדרש ציוד משלים להפעלתה. נוסף על כך נדרש להתקין לה מערכת בקרה מקומית לתפעול יעיל של כל מרכיבי

טבלה 3: דוגמה - השוואה כלכלית בין שתי חלופות העיבוי של יחידה בעלת תפוקת קירור של 250 ט"ק, הפעילה ברציפות 24/7 בעומס ממוצע של 60%.

צ'ילר עיבוי אוויר	צ'ילר עיבוי מים מגדל קירור סמוך	צ'ילר עיבוי מים מגדל קירור מרוחק	
250	250	250	תפוקה (ט"ק)
875	875	875	תפוקה (קו"ט)
276.6	173.1	173.1	צריכת חשמל (קו"ט)
3.16	5.05	5.05	מקדם יעילות (COP)
8760	8760	8760	שעות פעילות בשנה
0.6	0.6	0.6	עומס ממוצע על הצ'ילר
1,453,738	909,992	909,992	סה"כ צריכת החשמל השנתית לצ'ילר (קוט"ש)
	10	15	צריכת חשמל משאבת סחרור מי עיבוי (קו"ט)
	10	10	צריכת חשמל מפוח מגדל קירור (קו"ט)
-	175,200	219,000	סה"כ צריכת החשמל השנתי תית לצידוד משלים (קוט"ש)
0.48	0.48	0.48	תעריף החשמל
	13,140	13,140	צריכת מים שנתית להשלמת מי מגדל (מ"ק)
	12	12	תעריף ממוצע למ"ק מים וכימיקלים (שקלים / למ"ק)
697,794	520,892	541,916	עלות צריכת חשמל שנתית (שקלים)
-	157,680	157,680	עלות שנתית מים וכימיקלים (שקלים)
697,7942	678,572	699,596	סה"כ עלות שנתית (שקלים)
	-19,222	1,802	הפרש (שקלים)

המערכת. עם זאת, יחידה זו מושפעת פחות מתנאי חוץ קיצוניים. הפעלת יחידה זו מצריכה התעסקות רציפה במים, וטיפול במים על ידי מערכות נוספות, כגון משאבות מינון להזנת כימיקלים, מונה מים ומעקב רציף אחר הצריכות (למניעת בזבזי מים). כמו כן התקנת היחידה מותנית בהקצאת מקום למגדלי קירור.

המשך מעמוד 7

דרישות עקרוניות להכנת מתקני חשמל לקראת חידוש אספקה

דגשים נוספים למניעת ליקויים בטיחותיים

יש לוודא שאין במתקן החשמל ליקויים בטיחותיים, העלולים לסכן את המשתמשים במתקן, ולחשוף אותם לסכנה של התחשמלות, שרפה, פיצוץ וכדומה. יש לוודא שלמות והיעדר סימני חריכה של אביזרי הקצה (בתי תקע, מפסקים, לחצנים וכדומה).

סיכום

קיימת חשיבות רבה בהכנת מתקן החשמל המנותק בטרם חיבור מחדש, לצורך הבטחת בטיחות המשתמשים בו ומניעת הפרעות לרשת החשמל. לפיכך, על ציבור העוסקים בחשמל לוודא עמידת המתקנים בדרישות המופיעות לעיל בטרם בדיקת המתקן.

מפסק מגן



הנחיית מנהל מינהל החשמל בנושא הארקת מודולים של מתקן פוטו-וולטאי

רשות
החשמל

מדינת ישראל
רשות החשמל



מינהל החשמל

כ"ג בטבת התשע"ח
10 בינואר 2018

חש_4_2018

הנדון: "הארקת מודולים של מתקן פוטו-וולטאי"

להלן הבהרות בנושא "הארקת מודולים של מתקן פוטו-וולטאי".

כללי:

כל מתקן חשמלי לרבות מתקן פוטו-וולטאי יעמוד בהוראות חוק החשמל ותקנותיו ככלל ובתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט) ובתקנות החשמל (הארקות יסוד) בפרט.

הארקת מודולים:

1. מודולים שאינם מסוג בידוד כפול – יוארקו.
 2. בהתייחס למודולים מסוג בידוד כפול בעלי אפשרות חיבור מובנית ייעודית של היצרן לחיבור להארקה (המעטה החיצוני של המודולים הוא מתכתי), יש לפעול כדלקמן:
 - במקרים בהם אמצעי ההגנה בפני חישמול המיושם בצד הזרם הישר (DC) הוא זינה צפה (IT) – המודולים יוארקו.
 - במקרים בהם אמצעי ההגנה בצד הזרם הישר (DC) הוא מתח נמוך מאד והמודולים הינם בעלי אפשרות חיבור מובנית ייעודית של יצרן לחיבור הארקה - ההחלטה לגבי הצורך בהארקת המודולים מההיבט הבטיחותי והתפקודי תהיה בהתאם להוראות מתכנן המתקן והוראות היצרן (של המהפכים).
- נציין שמעבר להבטחת הבטיחות החשמלית, קיימים יצרני מודולים הדורשים את הארקת המודולים בכדי להבטיח פעילות תקינה של המודולים לאורך שנים ולכן במקרים אלו יש לפעול בהתאם לדרישת היצרן (של המודולים).
- אין צורך בהארקת מודולים מסוג בידוד כפול כאשר המעטה החיצוני של המודולים אינו מתכתי.


איגור סטפנסקי
מנהל מינהל החשמל

רח' יפו 216 ת.ד. 36148 ירושלים 9136002 טל': 02-5006862 פקס': 02-5006758
דוא"ל: istepensky@energy.gov.il כתובתו באינטרנט: www.energy.gov.il





מחירי חימום בחורף

השוואה בין עלויות ההפעלה באמצעות מכשירים ומתקנים שונים

מידע ונתונים על מחירי חימום חדרים באמצעים שונים - חשמליים ואחרים - בחורף 2018/2017, רוכזו ומוצגים בטבלה. המידע מיועד לסייע בחישוב הוצאות החימום בדירות מגורים. מדובר בהוצאות שוטפות בלבד, ללא חישוב עלויות ההשקעה ברכישה, בהתקנה ובתחזוקה

מחיר ממוצע ליחידת חום (1,000 ק"ל) במכשירי חימום ובמתקני חימום הנפוצים בדירות מגורים

סוג המכשיר/המתקן ומקור האנרגיה	מקור האנרגיה	מחיר מקור האנרגיה דלק (באגורות)	ערך קלורי "ברוטו" (קק"ל"ש)	מקדם תפוקה משוער	מחיר לקק"ל"ש (נטו) (באגורות)	אחוז עלות עודפת יחסית למזגן
תנור ספירלה/מפזר חום תנור אינפרא אדום	חשמל	54 לקוט"ש	860	0.95	66	368%
רדיאטור שמן	חשמל	54 לקוט"ש	860	0.9	70	389%
מזגן אוויר	חשמל	54 לקוט"ש	860	3.5	18	100%
מתקן לחימום תת-רצפתי מבוסס על גופי חימום חשמליים	חשמל	54 לקוט"ש	860	0.8	79	438%
מתקן לחימום תת-רצפתי מבוסס על מים חמים ועל משאבת חום	חשמל	54 לקוט"ש	860	1.7	38	210%
תנור פלט (גריסי עץ דחוס)	פלט	220 לק"ג	4,247	0.8	65	361%
תנור נפט	נפט	800 לליטר	8,300	0.8	120	671%
תנור סולר	סולר	800 לליטר	8,500	0.8	118	655%
מתקן הסקה מרכזי סולר	סולר	700 לליטר	8,500	0.6	137	765%
מקרן חום גז	גז	1,191 לק"ג	11,500	0.9	115	641%
תנור גז אספקה ממכלים	גז	1,191 לק"ג	11,500	0.8	130	721%
תנור גז אספקה מצובר	גז	1,106 לק"ג	11,500	0.8	120	670%

בטור הראשון בטבלה מפורטים 13 סוגים של מכשירי חימום ומתקני חימום ביתיים הנפוצים בדירות מגורים.

בטור השני בטבלה מפורטים מקורות האנרגיה של מכשירי החימום, שישה מהם מופעלים בחשמל, והשאר בעץ, בנפט (קרוסין), בסולר ובגז.

בטור השלישי בטבלה מוצגים מחירי מקור האנרגיה (הדלקים).

בטור הרביעי בטבלה מצוין הערך הקלורי ברוטו של מקורות האנרגיה השונים (חשמל ודלקים)

בטור החמישי בטבלה מוצג מקדם התפוקה המשוער של המכשירים והמתקנים. מקדם התפוקה מוגדר כיחס בין כמות האנרגיה המנוצלת בפועל לשם העלאת הטמפרטורה בחדר, לבין כמות האנרגיה הנצרכת להפעלה של המכשיר או המתקן, ואשר בשבילה משלם הצרכן.

בהשוואה למכשיר חימום חשמלי, כגון תנור אינפרא אדום שמקדם היעילות שלו קרוב לאחת (c.o.p=1), מקדמו של מכשיר חימום אשר מופעל בגז נמוך בכ-20% מוקדם יעילות החימום של מכשיר אשר מופעל בסולר נמוך בכ-20%-40%. מקדם היעילות הנמוך יחסית נובע משלוש סיבות עיקריות, הקשורות בעיקר למאפיינים הספציפיים של הדלקים ולתהליך הפיכתם לאנרגיית חום, כמתואר בהמשך.

הערך של מקדם התפוקה מושפע בעיקר משלושה גורמים, כדלהלן:

*** מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר**, אשר תלויה בין היתר במידה שבה מתבצעת שרפת הדלק במכשיר או במתקן (שלמות של שרפת הדלק), ברמת התקינות והתחזוקה של המכשיר או המתקן וברמת ההפסדים התרמיים בצנרת (למשל, במקרה של הסקת מרכזית).

*** כמות החום הנפלטת אל מחוץ לחדר** שבו נדרש החימום, עקב החובה לאוורר את החדר ולחדש את כמות החמצן באוויר החדר, המנוצלת בתהליך השרפה של דלקים נוזליים (סולר, נפט) וגז.

*** ניצול של החום המופק מן המכשיר או מן המתקן תוך זמן מוגדר**. גורם זה נעשה משמעותי בעיקר כאשר מחממים באמצעות מכשירים או מתקנים אשר חולף פרק זמן מסוים מרגע הפעלתם ועד שהחום שמפיק המכשיר מורגש בפועל בחדר.

בטור השישי בטבלה מוצגים המחירים של יחידת חום (1000 ק"ל נטו) המתקבלת ממקורות האנרגיה. מחירים אלו הכוללים מע"מ בשיעור 17% חושבו בהתאם לערך הקלורי של מקור האנרגיה ובהתאם למקדם התפוקה של המכשירים השונים.

בטור האחרון בטבלה מוצג אחוז עודפת יחסית למזגן מהטבלה עולה כי החימום במזגן הוא הזול ביותר.



"תמונה אחת שווה אלף מילים"

חדר אמבטיה בדירת מגורים

האיורים הבאים ממחישים את החלוקה לאזורים כפי שהם מוגדרים בתקנות.

נוסף על כך, תקנה 19 בתקנות הנ"ל קובעת איזה ציוד חשמלי מותר להתקין בכל אחד מהאזורים הללו, כך שהתקנתם של בית תקע ושל תנור חימום (כפי שרואים בחדר האמבטיה שבתמונה) מותרת באזור 3 בלבד.

למעשה, במקרה הנ"ל המחלוקת נסבה על קביעת חלוקת האזורים בחדר האמבטיה המוצג. כפי שאפשר להבחין בתמונה, לאמבט תוספת בנויה רציפה – מסך גלישת המים עד לקיר שבו מותקן בית התקע. יש שייטענו כי מדובר בהמשך ישיר וחלק בלתי נפרד מהאמבט, כך שכל המשטח עד לקיר שבו מותקנים בית התקע ותנור החימום נחשב לאזור 1 (להלן, תרחיש א').

לכן במקרה של תרחיש א', ברור

שהתקנתם של בית התקע ותנור פסולה.

מנגד, יש שייטענו שתחום האמבט מסתיים בנקודת החיבור בין האמבט לתוספת הבנויה הנ"ל, כך שכל המשטח הנוסף עד לקיר הוא כבר אזור 2 (להלן, תרחיש ב'). במקרה של תרחיש ב' נדרש למדוד את

המרחק בין סף האמבט לקיר. אם המרחק יותר מ-60 ס"מ, אז בית התקע מותקן באזור 3, ומכאן שהתקנתו מותרת. אם המרחק קטן מ-60 ס"מ, אז התקנת בית

התקע פסולה (להלן, תרחיש ג').

חשוב לציין שבתרחיש ג', גם אם התנור מותקן גבוה יותר מ-2.25 מטרים והוא בתחום 60 ס"מ מהאמבט, כביכול התקנתו מותרת, אבל מאחר שהתקע של התנור מתחבר לבית התקע אשר באזור 2, התקנתו בתרחיש ג' פסולה.

יתרה מזו, כאשר בוחנים את המקרה לא רק על פי התקנות היבשות, אלא גם בהתאם לכללי המקצוע הטובים, אפשר להבחין שהמשטח הבנוי המחובר לאמבט יכול לשמש כמקום לישיבה ולעמידה של ילדים ופעוטות, כך שהם יכולים לבוא במגע ישיר עם בית התקע תוך שימוש במים. מצב זה מסכן אותם באופן ישיר.



הפעם בחרנו להציג לפניכם התקנה של בית תקע ותנור חימום בחדר אמבטיה בדירת מגורים.

השאלה הנשאלת היא אם ההתקנה אינה נוגדת את תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניתנים במתח עד 1,000 וולט). במבט ראשון נראה שהדעות בנוגע להתקנה זו יהיו חלוקות.

ראשית, בטרם נבחן את הסוגיה בהיבט של חלוקה לאזורים כמוגדר בתקנות החשמל, נציין כי תקנת משנה 4 (א) בתקנות הנ"ל "התאמה למקום ההתקנה" קובעת שכל ציוד חשמלי של מעגל סופי יתאים לתנאים שבמקום ההתקנה. ממבט חטוף בתמונה עושה רושם שבית התקע ומפצל בתי התקע שמחובר לו אינם מותאימים למקום התקנתם, מכיוון שאינם מוגנים מפני רטיבות שעלולה לקרות בעת התזה של המקלח שבאמבט.

כעת נבחן את הסוגיה בהיבט של החלוקה לאזורים בחדר אמבטיה כפי שמוגדר בתקנה 1 בתקנות החשמל (מעגלים סופיים):

"אזור –

חלל בתוך

או בקרבת

אמבטיה או תא

מקלחת במתקן

ביתי.

אזור 0 –

החלל בפנים

האמבטיה או

אגן המקלחת

עד לגובה של

סף גלישת

המים מהאמבטיה או מהאגן החוצה.

אזור 1 – החלל מעל אזור 0 עד לתקרת החדר או עיגול שמרכזו בראש המקלחת ברדיוס של 60 ס"מ עד לתקרת החדר.

אזור 2 – החלל שנתחם בין אזורים 0 או 1 לבין שטח שבמרחק אופקי של 60 סנטימטרים, או עד קיר או מחיצה קבועה אחרת, לפי הקרוב יותר, עד לגובה של 2.25 מטרים.

אזור 3 – החלל הנתחם בין אזור 2 לבין שטח שבמרחק אופקי של 2.40 מטרים, או עד לקיר או מחיצה קבועה אחרת, לפי הקרוב יותר, עד לגובה של 2.25 מטרים."



אמבט ללא מחיצה

אמבט עם מחיצה

מבט צד



כנסים מקצועיים לעוסקים בחשמל



משתתפים בכנס המקצועי לעוסקים בחשמל שנערך באזור רמלה/לוד

בענף החשמל, ענף דינמי ומתחדש, צריך להיות "במרכז העניינים" ועם "האצבע על הדופק". כל איש חשמל, בכל תחום ודרג, חייב להתעדכן בנושאים החיוניים לעבודתו. למען מטרה זו וכחלק מהשירות שמעניקה חברת החשמל אגף שירות לקוחות בחברת החשמל מקיים כנסים מקצועיים לעוסקים בחשמל. המשתתפים

בכנסים נהנים מהמידע העדכני, המעניין והעשיר הנוגע לעבודה השוטפת ולנושאי מדיניות, וכן משיפור רמת המקצועיות והבטיחות של ציבור העוסקים בחשמל, למען ציבור הלקוחות. הכנס המקצועי ביוזמת חברת החשמל הוא גשר בין המשתתפים לבין הגורמים הרלוונטיים ברשויות ובארגונים שונים, כמו הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל, מכון התקנים הישראלי, המוסד לביטוח ולגיהות ועוד.

המפגש הבלתי אמצעי משמש ערוץ ישיר לקבלת תשובות לשאלות עקרוניות, לקבלת מידע ביחס לתקנות החשמל החדשות היישר מאנשי המקצוע בחברת החשמל וכן לקבלת מידע עדכני על כל שינוי וחדוש בשירותי חברת החשמל, על תעריפים, על הוראות טכניות, על מחירי התחברות לרשת, על שימוש מושכל בחשמל, על התקנת מערכות פוטו-וולטאיות ועוד. ההרצאות המקצועיות בכנסים עוסקות בכל התחומים של תכנון וביצוע, תפעול ותחזוקה של מתקני חשמל במתח גבוה ובמתח נמוך.

במהלך שנת 2017 התקיימו כנסים מקצועיים לעוסקים בחשמל באזורים רעננה, ראשון לציון, רמלה-לוד ובמחוזות חיפה ודן. בכל כנס חולק ספר הכולל את תקצירי ההרצאות וכן חומר רלוונטי נוסף לשימוש החשמלאים.

פתיחת הכנסים הוקדשה להעברת המסרים של חברת החשמל ללקוחותיה, תוך שימת דגש בכמה נושאים חשובים, ובהם שיפור השירות לעוסקים בחשמל בנקודות הממשק עמהם, עליית

מערכת שובל (שירות ובילינג ללקוחות) ושיפור השירות ללקוחות במוקדי 103. המשתתפים האזינו להרצאות מקצועיות במגוון נושאים: חידושים ועדכונים בנושאי חקיקה ותקינה, דגשים בנוגע לבדיקות מתקני החשמל, דגשים בנושא תמ"א 38, ביצוע איפוס במתקן הלקוח, חידושים בתחום החל"ב ועוד.

בתום ההרצאות התנהל רב-שיח ערני בין המשתתפים לבין הצוות המקצועי מטעם חברת החשמל במכלול הנושאים המשותפים לכל הצדדים. להלן תמצית הנושאים והשאלות שהועלו:

- חתכי מוליך הארקה.
- רשת 110 וולט ביתית.
- שימוש בכבלי אלומיניום כחלופה לכבלי נחושת.
- תשלום פיצוי בגין נזק שנגרם לציוד בבית לקוח, על פי הקבוע באמות המידה.
- ביצוע בדיקות במתקן חשמל ציבורי בבניין רב-קומות.
- המחסור בהארקות בבתים ישנים, וביצוע בדיקות תקופתיות במתקני חשמל פרטיים.
- שיטות הגנה שונות מפני חשמול והשילוב ביניהן.
- סוגיית מקדמי תיקון של כבלים.
- איסור התקנת מוליך הארקה מאלומיניום כמוליך הארקה נפרד בתוך מבנה.
- סוגיית החלפת צנרת מים ישנה ששימשה כהארקה.
- הצורך במענה טלפוני זמין לפניות חשמלאים לצורך תיאום בדיקות.

נציין כי העוסקים בחשמל יכולים להתעדכן באתר האינטרנט של חברת החשמל במועדי הכנסים המקצועיים הבאים.

לכל האוסקים בחשמה חז שלמה

