

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 הממושך המרבי;

In - הזרם הנקוב של המבטח או הזרם שאליו הוא כוונן;

$I2$ - זרם הבדיקה הגבוה;

Iz - זרם מתמיד מרבי;

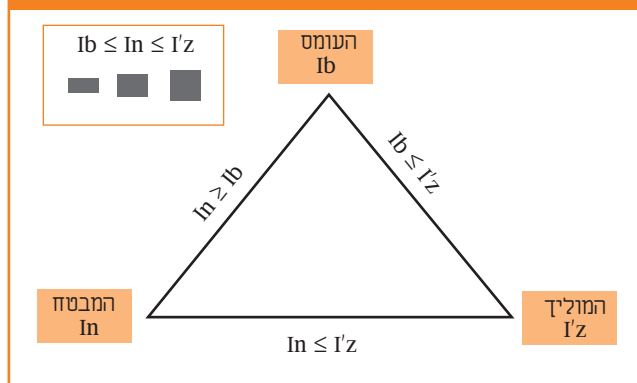
$I'z$ - זרם מתמיד מרבי מתוקן;

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

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-גדיים או חד-גדיים על מגש מחורר" ו"כבלים רב-גדיים על מגש מחורר או מגש רשת", בהתאמה.

בדוגמה המוצגת בטבלה 2 ניתן להבחין, כי עבור שיטת התקנה של כבלים רב-גדיים על גבי מגש רשת, בתקנות המעודכנות חלה **העלאה** בכוחו 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-גדיים או רב-גדיים טמונים באדמה במישרין עם או בלי כיסוי מגן").

בדוגמה המוצגת בטבלה 3 ניתן להבחין, כי עבור שיטת התקנה של כבלים רב-גדיים טמונים באדמה, בתקנות המעודכנות חלה ירידה מסוימת בכוחו 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 חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי	מעגל חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי	
23	20	25	22	1.5
30	28	35	31	2.5
40	36	47	40	4
53	41	60	52	6
73	66	83	72	10
99	88	110	96	16
130	118	143	122	25
160	145	178	152	35
196	175	216	184	50
248	223	277	236	70
300	270	338	286	95
348	313	394	332	120
-	-	454	383	150
-	-	520	438	185
-	-	615	516	240
-	-	711	596	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 [מ"ר]
זרם מתמיד מרבי Iz [אמפר]				
תקנות ישנות - טבלה 90.5		תקנות חדשות - טבלה 90.6		
כבל רב-גידי - נחושת בידוד 90		כבל חד-גידי או רב-גידי - נחושת בידוד 90		
מעגל חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי	מעגל חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי	
31	28	24	20	1.5
40	36	32	27	2.5
50	44	41	34	4
64	56	52	43	6
87	76	68	57	10
111	97	88	73	16
142	124	113	94	25
171	148	136	113	35
202	179	161	134	50
249	220	198	166	70
303	265	234	196	95
345	303	267	223	120
-	339	301	252	150
-	382	338	283	185
-	442	390	326	240
-	-	441	368	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 המחוברים 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 בו 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) כיוון המפסקים האוטומטיים בהתאם לרשום בסימון המבטח;

(2) בדיקה שהזרם הנקוב של המבטחים מתאים לתוכניות המעודכנות של המיתקן;

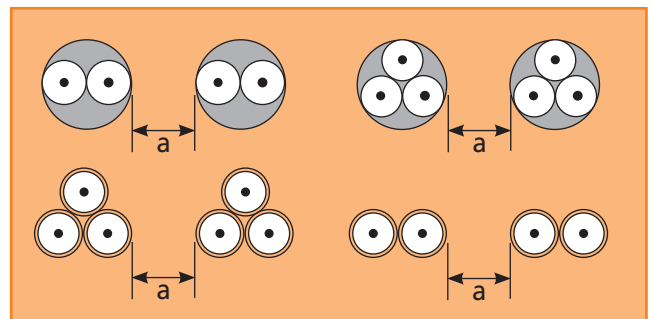
(3) בדיקה שחיבורי המוליכים מהודקים היטב ולא נראים עליהם סימני חימום יתר.

(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.

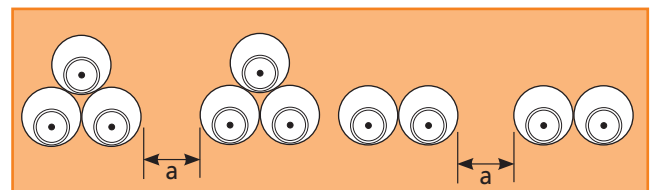
(ג) מתקין של מיתקן כאמור בתקנת משנה (א) יציג על גבי המיתקן הודעה בדבר חובת הבדיקה התקופתית לפי תקנה זו.

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

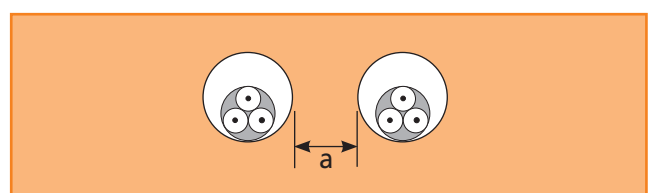
- בעבור ערכים שונים של טמפרטורה אופפת של האוויר
 - בעבור ערכים שונים של טמפרטורה אופפת של הקרקע
 - בעבור ערכים שונים של התנגדות תרמית סגולית של הקרקע:
- ערכי הזרם המתמיד המרבי של כבלים בשיטות שונות של התקנה בקרקע, המופיעים בתקנות הישנות, חושבו על יסוד הנחה שההתנגדות התרמית הסגולית של האדמה היא 120 מעלות 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-גדיים צמודים או מכבלים רב-גדיים המונחים במישור באדמה, כתלות במרחק ביניהם, כמתואר באיור להלן.



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



- בעבור קבוצות של כבלים רב-גדיים 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 המחוברים 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 המחוברים מקור זינה (כגון גנרטור, שנאי, ממיר או מצבר) אל הלוח ובלבד שבחלו מותקן מבטח למוליכים אלה".

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