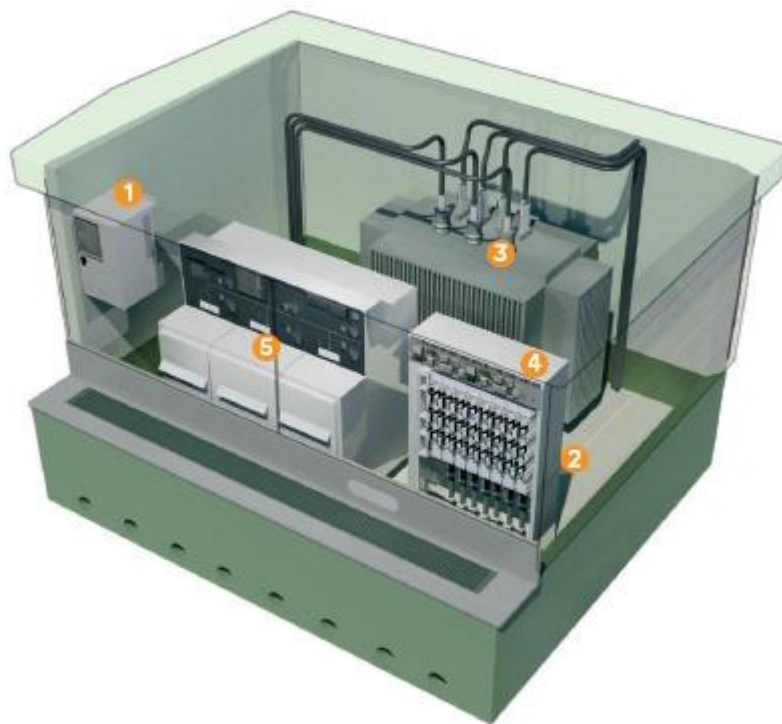


דרישות לתכנון ובדיקות מתקני חשמל במתח גבוה



Royafalo@gmail.com כתיבה ועריכה: רועי אפללו

פברואר 2014

אדר תשע"ד

1. מבוא

חוברת זו עוסקת בדרישות לתכנון ובדיקות של מתקנים במתח גבוה. החוברת מתייחסת למתקנים חדשים, למתקנים שעברו הסבה מהזנה במתח נמוך להזנה במתח גבוה וכן על מתקנים קיימים במ"ג, אשר עברו שינוי יסודי. החוברת מתבססת על הדרישות המפורטות בחברת חשמל, דרישות תקני IEC וכן דרישות תקנות החשמל.

יש לציין שתכנון מתקן במ"ג נעשה בד"כ על ידי הוראות ח"ח ובדיקת המתקן נעשית בד"כ על ידי בודקי חברת החשמל ולכן חלק מתוכן החוברת כולל את דרישות ח"ח מתוך נהלי הרשת.

2. פירוט המרכיבים העיקריים של המתקן

2.1 ציוד מיתוג למ"ג - מתחים נומינליים ורמות בידוד - דרישות טכניות

המתח הנומינלי ורמת הבידוד של ציוד למ"ג, מסוג כל שהוא, יותאמו לאפיוני רשת הזינה.

מתח נומינלי ומתח מרבי

בטבלה מס' 1 רשומים המתחים הנומינליים והמרביים ברשתות מ"ג של חברת החשמל והשוואתם לדרגות המתחים הנומינליים עפ"י תקנה IEC-60071.

טבלה מס' 1: השוואת דרגות המתחים

תקנה IEC-60071: דרגת מתח של ציוד במ"ג ק"ו	רשת חלוקה של חברת החשמל	
	מתח מיירבי של רשת חלוקה	מתח נומינלי של רשת החלוקה
7.2	6.6	6.3
17.5	13.8	12.6
24	24	22
36	36	33

הערכים שבטבלה מתאימים למתקנים עד גובה 1000 מטר מעל פני הים.

מעל ל - 1000 מטר המתחים עולים בהתאם לגורם $\frac{1}{K}$, לדוגמה: בגובה 3000 מטר $k=0.8$

ולכן עבור רשת 24KV נקבל: $\frac{24}{0.8} = 30KV$, כפי שניתן לראות למרות שהמתח המוזן הוא

24KV יש להתחשב ברמת בידוד של 36KV בכדי לקבוע את רמת הבידוד של הציוד.

מתחי יתר

אחת התקלות הנפוצות ביותר במתקנים במתח גבוה הם מתחי יתר. מתחי יתר אלו הם מתחים גבוהים מהמתחים הנומינליים שבגללם עשויה המערכת לצאת מכלל פעולה, אפשר לתכנן מערכת שתהיה מוגנת בפני כל התופעות של מתחי יתר שעלולים לקרוא אבל אז המערכת לא תהיה כדאית מבחינה כלכלית לכן מגינים על המערכת בפני מתחי יתר שההסתברות שהם יופיעו יהיו הגדולים ביותר. ניתן לחלק מתחי יתר לשלושה סוגים עיקריים :

a. מתחי יתר חולפים.

b. מתחי יתר הנובעים כתוצאה מפעולת מיתוג.

c. מתחי יתר שמקורם בפגיעות ברק.

מתחי יתר חולפים נובעים משתי סיבות : קצרים ותקלות לאדמה, ותופעות תהודה.

בקצרים לאדמה מתי היתר תלוי בשיטת הארקה של נק' האפס, מתח זה נע בין חלקי שניות למספר שניות, תדירותו שווה לתדירות הרשת, וערכו המרבי יכול להגיע למתח שלוב.

מתחי יתר מפעולות מיתוג נובעים גם כן משתי סיבות :

- חיבור או הפסקה של מעגלים בעלי אופי השראתי (במיוחד שנאים בריקים) שדרכם זורמים זרמים בעוצמות נמוכות.

- חיבור או הפסקה של מעגלים בעלי אופי קיבולי בעיקר בעת פעולת ניתוק של סוללת קבלים וקווי מתח בריקים (במיוחד כבלים).

ערכים אופייניים של מתחי יתר אלה הם בתחום פי 2.5 עד פי 6 מערך המתח הנקוב של הרשת.

משך הזמן של מתחי יתר אלה הוא כ- 60 מילי-שניות.

עוצמת יתרת המתח משתנה בהתאם :

א. סוג התקלה

ב. צורת חיבור נקודת הכוכב על השנאי

ג. אופן המיתוג

ד. אורך הקווים, חתך החוטים, מרחקים בין הפאזות, מרחק בין פאזה לאדמה

בנוסף להנ"ל גם תופעת תהודה במתקן למשל תהודה מתכתית של השנאי, יכולה לגרום למתחי יתר פנימיים.

(PWF) Over voltage Power Withstand Frequency - כושר עמידה במתח יתר 50 הרץ - למשך 1 דקה.

כל הציוד במתח גבוה חייב לעמוד בבדיקת מתח ישר בתדר של הרשת פעמיים רמת מתח הבידוד לדקה אחת, בדיקה זו בודקת את העמידות במתח ישר פנימי.

לדוגמה : ברשת 12.6KV רמת המתח המרבי 13.8KV ורמת הבידוד המרבית 17.5KV.

לכן בבדיקה על הציוד לעמוד במתח יתר של $2 \times 17.5 = 35KV$.

RATED LIGHTNING IMPULSE WITHSTAND VOLTAGE - כושר עמידה במתח הלם בצורת גל 1.2/50µs

מתחי יתר אלו נגרמים בד"כ ע"י תופעות עבור מעגלי ברקים או גלים דומים הנוצרים מקצרים

ומיתוגים, מתחים אלו יכולים להגיע לערכים של 3 – 5 פעמים המתח המרבי הממוצע.

צורת בדיקה לעמידות הציוד במתח ישר חיצוני (ברקים, וכו') צורת הגל של הבדיקה היא 5 פעמים

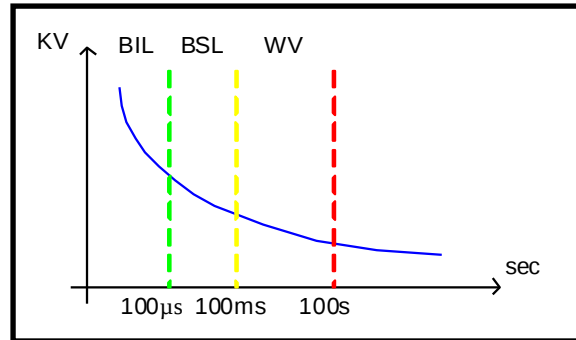
המתח המרבי למשך 1.2 שני' ודעיכה ל 50% - תוך 50 שני'. בדיקה זו קובעת את המרחקים בין המופעים

עצמם והארקה.

נהוג להגדיר את בדיקת רמת הבידוד כ- Basic Insulation Level (BIL)

BSL = יכולת עמידת ציוד במתח יתר שמקורו במיתוגים

VVV = יכולת עמידה במתח יתר חילופין



איור 1: אופיין מתחי יתר

רמת הבידוד

רמת הבידוד של ציוד חשמלי במ"ג תותאם לרמת הבדיקות במתח הלם ובמתח יתר הרשומות

בטבלה מס' 2 - רשימה מס' 2 (LIST 2) - בהתאם לתקנה IEC-60694.

במתקנים שאינם מוזנים ישירות מרשת החברה אלא באמצעות שנאים, מותר להתקין ציוד

למ"ג העומד בדרישות הטבלה - מס' 1 (LIST 1).

טבלה מס' 2: רמות בידוד תקניים של ציוד למיתוג

מתח בדיקה בתדר 50 הרץ RMS למשך 1 דקה בשעורי		מתח בדיקת בהלם (שיעורי שיא)				מתח
		רשימה מס' 2 (LIST 2)		רשימה מס' 1 (LIST 1)		נקוב
במרחק הניתוק הבטיחותי KV	בין הקטבים, בינם לאדמה בין המגעים הפתוחים של ציוד למיתוג KV	במרחק הניתוק הבטיחותי KV	בין הקטבים, בינם לאדמה בין המגעים הפתוחים של ציוד למיתוג KV	במרחק הניתוק הבטיחותי KV	בין הקטבים, בינם לאדמה בין המגעים הפתוחים של ציוד למיתוג KV	KV
12	10	46	40	23	20	3.6
23	20	70	60	46	40	7.2
32	28	85	75	70	60	12
45	38	110	95	85	75	17.5 (13.8)
60	50	145	125	110	95	24
80	70	195	170	165	145	36

הערות:

- המונח, בין המגעים הפתוחים של ציוד למיתוג, מתייחס למרחק הפתיחה של מנתקים בעומס, מפסקי זרם, נתיכים וכו'.
- המונח "במרחק הניתוק הבטיחותי" מתייחס:
 - למרחק הפתיחה של מנתקים ללא עומס לפי הגדרת IEC-60129 (A.C. DISCONNECTORS) המיועדים לבודד חלקי מתקנים וכן
 - למרחק בין המגעים הקבועים במתקני השליפה של ציוד מיתוג נשלף.
- מתח ההלם המוגבר הנדרש למרחק הניתוק הבטיחותי נובע מדרישת התקנה IEC-192 סעיף 5.102 והוא מבטא את הצורך למנוע זרמי דליפה בין מגעי הציוד, כמפורט לעיל בסעיף משנה ב', כשהם במצב פתוח. הדרישה אינה חלה על מנתקים בעומס קבועים המותקנים בלוחות מ"ג מבודדים ב-SF6.

2.2 ציוד מיתוג למ"ג - זרמים נומינליים תפעוליים וכושר עמידה בזרמי יתר - דרישות

טכניות

הזרמים הנומינליים של ציוד מיתוג למ"ג ועמידתו בפני זרמי יתר יהיו מותאמים לאפיוני רשת החשמל כמפורט בסעיפים הבאים :

זרמים נומינליים תפעוליים

זרם נומינלי (RATED NORMAL CURRENT) - הזרם המתמיד, האפקטיבי, שהציוד מסוגל להוליד במצב תקין.

הזרם הנומינלי של הציוד יבחר ע"י הצרכן בהתאם לעומס התפעולי של המתקן.

זרם ניתוק נומינלי (RATED BREAKING CURRENT) - זרם הניתוק מתייחס למנתקים

בעומס ולמפסקי זרם במ"ג, בעת פתיחתם ומוגדר, עפ"י סוגי העומס, כדלקמן :

א. זרם הניתוק הנומינלי בעומס : זרם נומינלי של הציוד, נקבע לפי אפיוני מתקן הצרכן.

ב. זרם ניתוק בריקם של כבלים (RATED CABLE-CHARGING BREAKING CURRENT) :

הזרם אשר מתפתח בעת ניתוק הזנה של קו תת-קרקעי, כתוצאה מהתפרקות מטען

הקיבולי של כבלים.

(1) מפסקי זרם : בהתאם להוראות התקנה IEC-60056.

(2) מנתקים בעומס : לפחות 10 אמפר (לפי IEC-60265).

ג. זרם ניתוק בריקם של שנאים (RATED NO LOAD TRANSFORMER BREAKING

CURRENT) : הזרם אשר מתפתח בעת ניתוק הזינה של שנאים בריקם. מנתקים בעומס : לפחות

הזרם בריקם של שנאי כח בהספק של 1250 קו"א (לפי IEC-60265).

ד. זרם הניתוק של סוללת קבלים (RATED SHORT CURRENT OF A CAPACITOR BANK) :

הזרם אשר מתפתח בעת ניתוק הזינה של סוללת קבלים.

(1) מפסקי זרם : לפי הוראות התקנה IEC-60265.

(2) מנתקים בעומס : לפחות 80% מזרם הנומינלי של המנתק (לפי IEC-60265).

כושר עמידת הציוד בזרם קצר

הספק הקצר : הספק הקצר מוגדר כהספק אשר מספק שנאי או שנאים מחוברים במקביל,

במקרה של קצר סימטרי בין המופעים על הדקי היציאה של השנאי או השנאים.

$$S_k = \frac{S_n \times 100}{\Delta U_k} \quad \text{כאשר } S_n - \text{גודל השנאי ב-KVA, } \Delta U_k - \text{מתח הקצר באחוזים שווה ל-} :$$

$$\Delta U_k = \frac{100 \times U}{U_n} \quad \text{מתח שנמדד על סליל הראשוני של השנאי כאשר קיים קצר בסליל}$$

המשני וזרם הקצר מגיע לזרם הנומינלי של השנאי.

הספק הקצר המוצהר ברשת מתח גבוה של חברת חשמל : הספק הקצר המוצהר הינו ערך קבוע לציוד

המחובר לרשת חברת החשמל.

במתחים 22KV, 33KV מחושב הספק הקצר לפי 2 שנאים בגודל 30MVA

כל אחד מחוברים במקביל ($\Delta U = 12\%$ לכל שנאי)

$$S_k = \frac{60 \times 100}{12} = 500MVA \quad \text{עבור הרשת במתחים 22KV, 33KV.}$$

ברשת במתח 12.6KV הספק הקצר 400MVA.

ערכים אלה מוצהרים על ידי חברת החשמל ולא משתנים לפי מרחק הצרכן מתחמ"ש החברה.

לצרכני חברת החשמל המקבלים אספקה במתח עליון, הספק הקצר משתנה בהתאם לגודל השנאי SN ולעכבת השנאי הפנימית ב - %.

הספק הקצר הינו נתון אלמנטרי לקביעת עמידות הציוד בתנאי קצר.

ערכי זרם הקצר

$$I_k = \frac{500 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 22} = 13 \text{ KA} \quad \text{למתח } 22 \text{ KV} \quad I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \times U_{grid}} \quad \text{מחושב:}$$

$$\text{עבור מתח של } 12.6 \text{ KV} \text{ נקבל } I_k = \frac{400 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 12.6} = 18.5 \text{ KA} \quad \text{למתח } 33 \text{ KV}$$

$$I_k = \frac{500 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 33} = 9 \text{ KA}$$

בבחירת הציוד לעמידה בתנאי קצר חייבים להתייחס לעובדה שבתנאי קצר מתבצע חיבור חוזר.

הנוהל בחברת החשמל שבמקרה של קצר הוא חיבור חוזר ראשון – מידי (Reclosing) תוך 0.3sec וחיבור חוזר שני כעבור 180 sec.

בפועל מתבצע החיבור החוזר השני (Reclosing) כבר אחרי 72 sec.

Close – Open ----- Close – Open ----- Close – Open
0.3 שני 180 שניות (בפועל 72)

Close – מחובר , Open – מופסק

האופן שבו מבצעת ח"ח חיבור חוזר, במקרה של קצר מחייב עמידות הציוד בתנאים אלו.

ההשהיה של 0.3 sec נועדה להבטיח שהחיבור החוזר לא יתבצע באנטי פאזה ביחס למתח

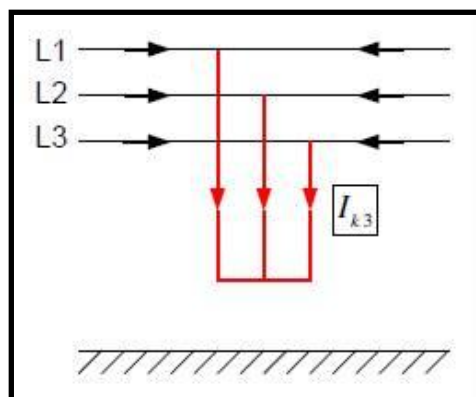
השיורי ברשת. (בסינכרון "שקט" ישנה עליה של מתח ברשת)

מפסק ראשי של שנאי לא צריך לעמוד בחיבור חוזר הנ"ל, לעומת זאת מפסק ראשי של צרכן/ מתקן חייב לעמוד בתנאי חיבור החוזר שתוארו.

כושר עמידת הציוד בזרם קצר ייבדק עפ"י הנתונים הנומינליים של היצרן ועפ"י תעודות הבדיקה, המלווים את הציוד.

הגדרות לזרמי קצר

$I_K(r.m.s)$ - זרם קצר סימטרי זרם קצר ממוצע בתדר הרשת העובר בשלושת הפאזות באופן שווה.



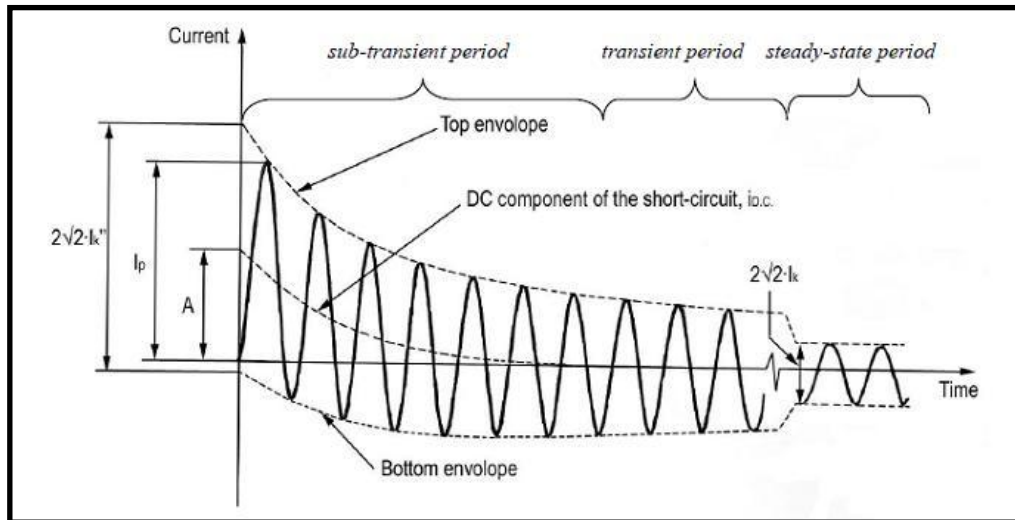
איור 2: קצר תלת מופעי סימטרי

$I_K(dyn)$ - זרם קצר סימטרי התחלתי, ערך זרם הקצר ברגע הופעת הקצר (הוא הולך ודועך).

$I_K(peak)$ - ערך שיא של זרם הקצר, הערך המקסימאלי "PEAK" של זרם הקצר הסימטרי.

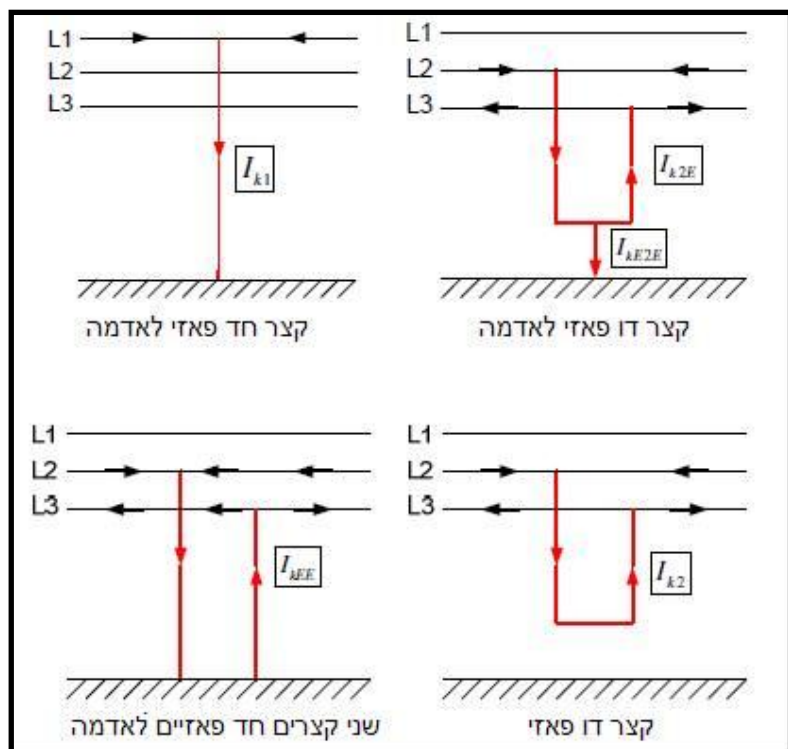
$$I_K(peak) = I_k(r.m.s) \times \sqrt{2}$$

$I_K th(r.m.s)$ - זרם קצר קבוע (זרם קצר תרמי), הערך הממוצע (r.m.s.) של זרם הקצר לאחר תופעת המעבר עד לניתוק המבטיח המגן על המעגל.



איור 3: גרף המתאר את רכיבי הקצר

זרם הקצר האסימטרי: זרם הקצר העובר בנקודת הקצר במקרים של: קצר דו פזי, קצר דו פזי לאדמה, קצר חד פזי לאדמה.



איור 4: סוגים של זרמי קצר אסימטריים

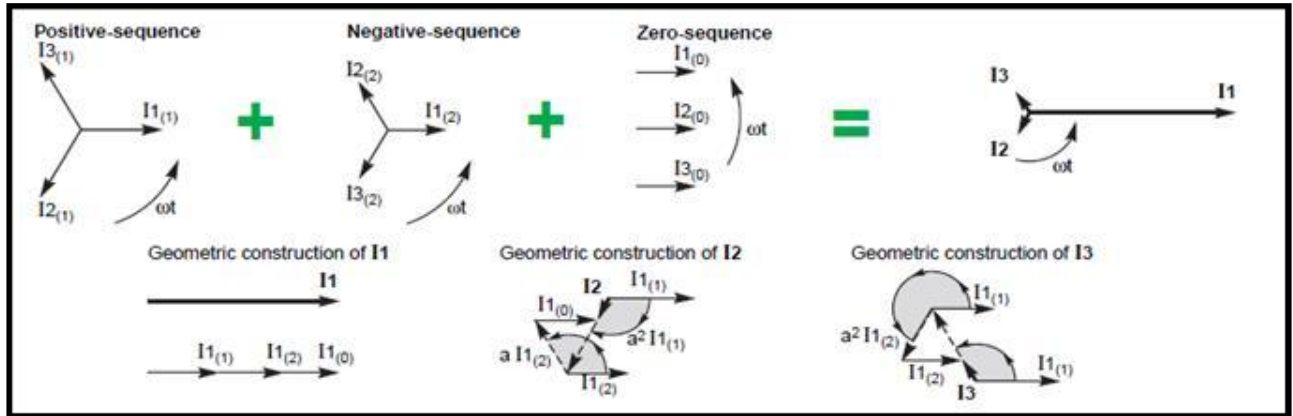
קיימים שלושה רכיבים לזרם הקצר האסימטרי:

א. קצר פרונטאלי: Positive Sequence, ממקור הזנה על נקודת הקצר.

ב. קצר עקיפי: Negative Sequence, מהעומס המחובר לכיוון נקודת הקצר.

ג. קצר לאדמה: Zero Sequence

לכן זרם הקצר האסימטרי הכללי גבוה בדרך כלל מהקצר הסימטרי.



איור 5: רכיבי זרם הקצר האסימטרי

ברגע התפתחות הקצר מופיעים 2 רכיבים של הזרם:

(א) זרם הקצר המקסימאלי I_k

(ב) רכיב של זרם ישר שדועך

עוצמתו משתנה בהתאם להתרחקות הקצר ממקור ההזנה.

$$I_K(dyn) = I_k(r.m.s) \times \sqrt{2} \times K$$

כל ציוד חייב לעמוד בכוח חיבור של זרם קצר דינמי.

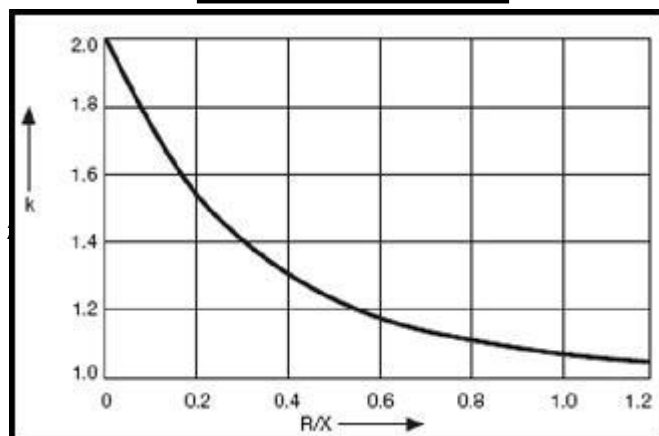
K - מקדם להערכת ערך השיא של זרם הקצר והוא תלוי ב- $\frac{R}{X}$ (ראה גרף בעמוד הבא)

כאשר הקצר מתרחש בהדקי השנאי נקבל $R = 0$ ולכן $K = 2$

לפי תקן IEC60909 עבור מערכת $K = 1.8$

נוסחה לחישוב מקדם K

$$K = 1.02 + 0.98 e^{-3 \frac{R}{X}}$$



איור 6: אופיין המתאר את מקדם ערך שיא הקצר

עמידת הציוד בזרמי קצר תרמי (RATED SHORT TIME WITHSTAND)

(CURRENT

$I_{kth}(r.m.s)$ - זרם הקצר האפקטיבי שציוד מיתוג מסוגל לעמוד בו, למשך

פרק זמן של לפחות שניה אחת (בתנאים מיוחדים - 3 שניות).

$$I_{kth} = \frac{100 \times S_n}{\Delta U_k \times U_n \times \sqrt{3}}$$

S_n - גודל השנאי ב-MVA

ΔU_k - מתח הקצר באחוזים

U_n - מתח נומינלי בין מופעים ב-KV

כל ציוד במתח גבוה המחובר לרשת ח"ח ללא אבטחה בפני זרם קצר חייב לעמוד בזרם התרמי למשך שניה אחת כדלקמן :

$$I_{kth} \frac{500 \text{ MVA}}{22 \text{ KV} \times \sqrt{3}} \approx 13 \text{ KA} : 22 \text{ KV למתח}$$

$$I_{kth} \frac{500 \text{ MVA}}{33 \text{ KV} \times \sqrt{3}} \approx 9 \text{ KA} : 33 \text{ KV למתח}$$

$$I_{kth} \frac{400 \text{ MVA}}{12.6 \text{ KV} \times \sqrt{3}} \approx 18.5 \text{ KA} : 12.6 \text{ KV למתח}$$

ציוד המחובר אחרי אבטחה לזרם קצר עמידתו תחושב לפי $\frac{I_{kth}}{\sqrt{t}}$ (של הציוד)

כאשר t - זמן פתיחת מפסק לניתוק הקצר.

כושר עמידה דינמית בשיא זרם הקצר (RATED PEAK WITHSTAND CURRENT)

כל ציוד במתח גבוה המחובר לרשת ח"ח או אחרי האבטחה, חייב לעמוד בזרם הקצר הדינמי

המופיע ברגע התרחשות הקצר, ערך זה מוגדר לפי התקן ל-45 מילי שניות.

זרם הקצר הדינמי מחושב לפי הנוסחה הבאה :

$$I_K(dyn) = I_k(r.m.s) \times \sqrt{2} \times 1.8 \approx 2.54 \times I_K(r.m.s)$$

כושר הניתוק

יכולת אביזר הניתוק לנתק את הזרם העובר דרכו או יכולת אביזר הניתוק לנתק זרם הקצר המתפתח במקום התקנת הציוד.

לפי הכללים במדינת ישראל כושר ניתוק בקצר מחושב לפי הספק הקצר המוצהר ולא לפי מקום התקנת הציוד.

כל ציוד המיתוג חייב לעמוד בזרם הקצר התרמי לפי הספק קצר 500MVA .

כושר הניתוק משתנה בהתאם לצורת החיבור החוזר ברשת המזינה.

חיבור חוזר של ח"ח היינו פעולה של הפסקה וחידוש הזרם לסירוגין ע"י ח"ח בתופעת קצר ברשת.

החיבור החוזר מופעל במקרה של קצר של מופע לאדמה וגם בקצר תלת פאזי ברשת של ח"ח .

כושר החיבור

מוגדר כיכולת הציוד לחבר בזרם הקצר הדינמי המחושב לפי הספק הקצר המוצהר ברשת

חברת החשמל. כל ציוד חייב לעמוד בכושר חיבור של זרם הקצר הדינמי.

ציוד המיתוג למ"ג במתקני צרכנים המחוברים ישירות לרשת חברת החשמל,
 יעמוד בזרמי הקצר המינימליים כמפורט בטבלה מס' 3.
טבלה מס' 3 : כושר עמידה של ציוד למ"ג בזרמי קצר

מתח נקוב בק"ו					סוג זרמי הקצר
36	24	17.5 (13.8)	12	7.2	
8	12.5	16	16	16	כושר עמידה בזרם קצר תרמי $I_{Kth}(r.m.s)$ למשך 1 שניה ק"א (RMS)
20	32	40	40	40	כושר חיבור בזרם קצר ק"א שיא (Peak Value)
8	12.5	16	16	15	כושר ניתוק בזרם קצר ק"א (RMS)
הערות:					
א) כושר העמידה בזרם קצר תרמי $I_{Kth}(r.m.s)$ חל על ציוד כגון : מפסקי זרם, מנתקים בעומס, מנתקים ללא עומס, מנתקי הארקה, שנאי מדידה, נתיכים, לוחות במ"ג (פסי צבירה). ב) כושר העמידה בזרם קצר יחול על אותו ציוד הרשום לעיל לפי הנוסחה : $I_K(dyn) \leq 2.54 \times I_K(r.m.s)$ ג) זרמי קצר תרמיים I_{Kthn} נקובים למשכי זמן t_n גדולים מ- 1 שניה (בד"כ 3 שניות) יחשבו ביחס לערכים הרשומים בטבלה לפי הנוסחה : $I_{thn} \geq \frac{I_{Kth}}{\sqrt{t}}$ ד) כושר החיבור בזרם קצר חל על ציוד כגון : מפסקי זרם, מנתקים בעומס ומנתקי הארקה. ה) כושר הניתוק בזרם קצר חל על מפסקי זרם ונתיכים במ"ג.					

כושר העמידה בזרמי קצר של ציוד המיתוג למ"ג שאינו מחובר ישירות לרשת החברה, אלא אחרי שנאים, יחשב עפ"י זרמי הקצר המרביים וזרמי הניתוק העשויים להתפתח במתקן הצרכן

2.3 לוחות מיתוג במתח גבוה - הגדרות ודרישות

סוגי לוחות

METAL CLAD לוח משוריין

מחולק לתאים, כאשר האוויר משמש כחומר בידוד. החלוקה לתאים מתבצעת ע"י מחיצות מתכת. לרוב החלוקה לתאים היא: תא פס צבירה, תא כבלים, תא מפ"ז ותא פיקוד. על התאים להכיל מנגנונים לשחרור לחץ מהתאים, לעמוד בזרם קצר מרבי ללא נזק לתא או לסביבה ואטימות זהה של המחיצות והתא.

METAL ENCLOSED לוח משוריין

מבנה מתכתי ללא מחיצות מתכת בין הפונקציות השונות למעט תא הפיקוד. בחלק מן התאים קיימים מחיצות מחומר מבודד.

לוח קומפקטי או בידוד מוגבר המאפשר צמצום המרווחים בין המוליכים.

SF6 לוח משוריין בעל בידוד לוח בלתי-משוריין מורכב תאים בנויים

ציוד המיתוג מותקן על קיר או על מחיצות בטון המפרידות בין התאים הסגורים ע"י דלתות. לוח קונבנציונלי

לוח מיתוג כלשהו שבו נשמרים מרחקים מינימליים בהתאם לטבלת המרחקים (ראה בהמשך). לוחות מיתוג בלתי משוריינים.



איור 7: דוגמה ללוח מ"ג

שולבים בלוחות מיתוג

- מותקן, מנתק הארקה המיועד להאריק את הצד המופסק של מנתק או מפסק זרם, הוא יצויד בשולב אשר ימנע את המצב שבו, מנתק הארקה סגור בו זמנית עם המנתק או מפסק הזרם האמור.
- מפסקי זרם נשלפים שאינם מחוברים בטור עם מנתקים יצויידו בהתקנים אשר ימנעו את הכנסתם או שליפתם מתנוחתם הסופית, אלא אם כן הם במצב פתוח בלבד. לגבי מפסקי זרם בלתי נשלפים המחוברים בטור עם מנתקים, יותקן שולב שימנע הפעלת המנתק אלא אם כן המפסק במצב פתוח.
- בלוחות מיתוג מדגם קומפקטי יותקנו שולבים אשר ימנעו פירוק המכסים החיצוניים של הלוח וע"י כך חשיפת חלקים חיים במ"ג אלא אם כן החלקים האלה נותקו ממקור המתח וחוברו לאדמה ע"י מנתק הארקה.

- כל מנתק עומס, מנתק ללא עומס או מפסק זרם, הן מדגמים קונבנציונליים והן מדגמים קומפקטיים, המותקנים בלוח מ"ג בצורה קבועה (בלתי נשלפת) יצוידו בהתקני נעילה שיאפשרו את נעילתם במצב מנותק.
- מותקן בלוח מ"ג קונבנציונלי מנתק המופעל ע"י ידית הפעלה, ייסגר המנתק תוך הרמת הידית ויפתח תוך הורדת הידית. אם ההפעלה נעשית בתנועה סיבובית, אזי הסגירה תהיה בכיוון מחוגי השעון. בלוחות קומפקטיים שבהם הפעלת הידית נעשית בצורה אחרת יותקנו מנעולים שימנעו הפעלה שגויה של הצויד, כמו כן יותקנו על ידם שלטים עם הוראות ציוריות על שיטת ההפעלה.

שלטי סימון ואזהרה של לוחות במ"ג

- על כל תא יותקן שלט (או מספר שלטים) זיהוי ועליו יצוינו מספר הסידורי של התא ויועדו.
- על התאים המכילים נתיכים ו/או ממסרי הגנה יצוינו גודל הנתיכים ו/או דגמי ממסרי ההגנה.

השלט המזהה של תא הכניסה הראשי יהיה בצבע בולט השונה משאר התאים.

- על לוחות קומפקטיים ועל לוחות אחרים המקבלים הזנה מיותר ממקור אחר יותקנו שלטי אזהרה חמורים על הסכנה הנובעת מהזינה האפשרית משני כיוונים.

הגנה על סופיות כבלים

סופיות כבלים המותקנים בכניסה או ביציאה של לוחות מ"ג משוריינים והם נמצאים מחוץ ללוח בגובה של עד 2300 מ"מ מהרצפה יוגנו בפני פגיעה בבני אדם, במקרה של התפוצצות, ע"י מחיצות עשויות מפח או מחומר מבדד.

מרחקים מינימליים של בידוד אוויר

מרחקים מינימליים של בידוד אוויר בין מוליכים חשופים במתקני מ"ג פנימיים וחיצוניים בטבלה הבאה נתונים המרחקים בין מוליכים השייכים למופעים שונים ובינם לאדמה.

טבלה מס' 4 : מרחקים מינימליים של בידוד אוויר

מתח נומינלי של הצויד KV	מתח בדיקה בהלם LIST 2 KV	*מתקני מ"ג פנימיים מ"מ	מתקני מ"ג חיצוניים מ"מ
3.6	40	60	150
7.2	60	90	150
17.5 (13.8)	95	120	190
24	125	215	260
36	170	325	360
* מרחקים לפי תקן IEC 71-1 INSULATION COORDINATION			

המרחקים הרשומים בטבלה חלים על המתקנים הבאים :

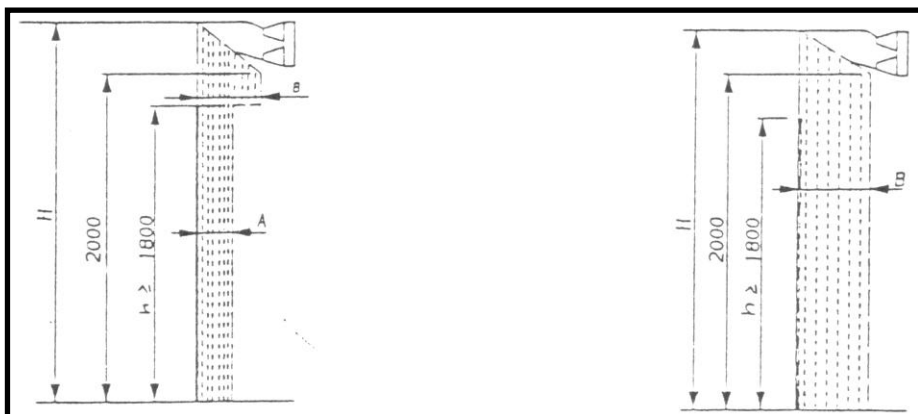
- לוחות מיתוג משוריינים קונבנציונליים.
- לוחות מיתוג פתוחים, פנימיים.
- תאי שנאים פנימיים או חיצוניים כולל קיוסקים.
- חדרי מיתוג פנימיים.
- חצרי מיתוג חיצוניים.

- קיימים במתקן רכיבים צמודים המשתייכים למופעים של מערכות שונות כשוויות החשמלית ביניהם עשויה להגיע עד 180° , יוגדל המרחקים הרשומים בטבלה ב-20%.
- יהיו הרכיבים המוליכים החיים-מבודדים, ניתן להקטין את המרחקים הרשומים בטבלה ובלבד שהיצרן יבדוק את הלוח בבדיקות מתח הלם ומתח יתר, עפ"י הוראות הבדיקה הרלבנטיים בתקנה IEC-60298, המתייחסת לביצוע בדיקות מדגמיות.
- האמור לעיל, חל גם על לוחות מיתוג קומפקטיים שבהם קיימים רכיבים מוליכים חיים חשופים או מבודדים.
- במקרים חריגים, כשהמוליכים מבודדים, או כשמותקנת מחיצה מבודדת בין מוליך חי לבין חלק מאורק ניתן לוותר על הבדיקה במתח הלם בתנאים הבאים :
 - א. המרחק בקו ישיר בין המוליך החי לבין החלק המוארק (כולל עובי הבידוד או המחיצה) לא יהיה קטן מ-70% מהערך הרשום בטבלה מס' 4.
 - ב. קיימת מחיצה מבודדת והמרחק בקו ישיר מוקטן כאמור, לא יהיה המרחק באוויר קטן מהערך הרשום בטבלה מס' 4.
 - ג. עובי הבידוד או המחיצה עפ"י חוזקו הדיאלקטרי בק"ו/מ"מ יבטיח עמידה במתח יתר ב-50 הרץ, המתאים למתח הנומינלי של הצידוד לפי המפורט בטבלה מס' 2.
 - ד. הבידוד או המחיצה לא יגעו בו זמנית בשתי פזות או בין פזה לאדמה.
- בתחנות מיתוג פנימיות שבהם מותקנים לוחות מיתוג בלתי משוריינים המורכבים מתאים בנויים יישמרו המרחקים המינימליים הבאים :
 - א. גובה המעבר המינימלי מתחת לחלקים חיים חשופים המתחברים ללוחות הנ"ל, יהיה :

$$H > 2300 + A > 2500 \text{ mm}$$

- ב. המרחק המינימלי בין חלקים חשופים לבין מחיצות או דלתות עשויות מרשת עד לגובה של 2000 מ"מ יהיה : $B = A + 100$.
- ג. המרחק B הנ"ל יקוים גם לגבי מחיצות או דלתות עשויות מפח, מעל גובה "h" עד לגובה של 2000 מ"מ, וגם לגבי לוחות משוריינים המצויידים במנתקים.
- ד. גובה המינימלי של דלתות חזיתיות עשויות מפח או מרשת.

$$h > 1800 \text{ mm}$$



איור 8: מרחקים בלוחות מ"ג

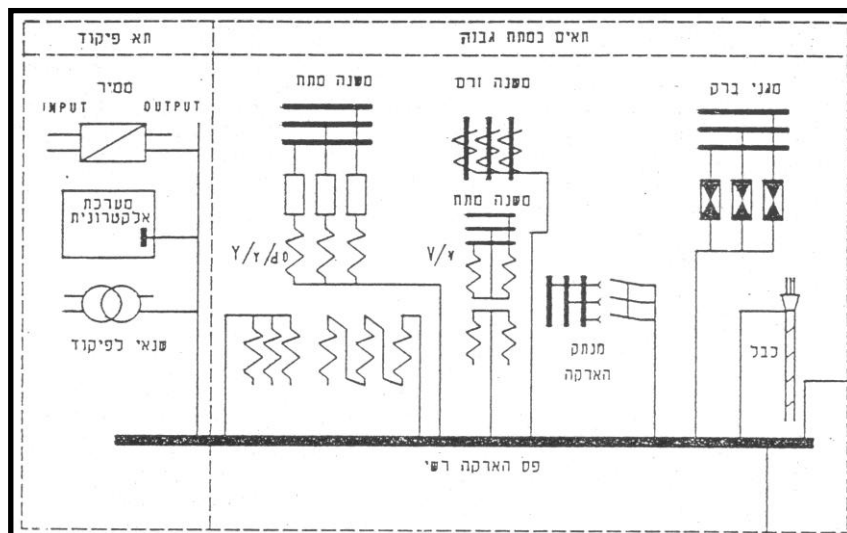
טבלה מס' 5: מידות מינימליות

בתאי מ"ג - בנויים

מתח נומינלי של הציוד KV	גובה מינימלי של המעבר H מ"מ	מרחק מינימלי A מ"מ	מרחק מינימלי B מ"מ
3.6	2500	60	160
7.2	2500	90	190
17.5 (13.8)	2500	130	230
24	2515	215	315
36	2625	325	425

דרישות לארקת הציוד המותקן בלוחות מיתוג במ"ג

- לאורך כל לוח מיתוג במ"ג, מסוג כל שהוא משוריין או בלתי משוריין, יותקן פס הארקה ראשי.
 - אל פס הארקה הראשי יחוברו הרכיבים הבאים:
 - א. השלד המתכתי של הלוח (כולל המחיצות).
 - ב. הדקי הארקה של הציוד הראשוני המותקן בתוך הלוח.
 - ג. הדקי הארקה של מנתקי הארקה.
 - ד. השריון והסיכוך של הכבלים במ"ג המחוברים ללוח.
 - ה. נקודת הארקה של מגני מתח יתר.
 - ו. מנגנון ההפעלה של מנתקים בלתי נשלפים.
- עפ"י הצורך מותר לחבר לפס הארקה הראשי גם את ההדקים הבאים:
- הדקי נקודת האפס בצד המשני של משני זרם.
 - הדקי האפס של הליפוף הראשוני של משני מתח חד-פזיים או תלת-פזיים.
 - הדקי הארקת הליפוף המשני, של משני מתח.
- קיימים בלוח, גם תאי פיקוד ובהם מותקנים מכשירי פיקוד, אפשר, לפי הצורך, לחבר את הארקת השיטה שלהם או את הארקת ההגנה אל פס ההארקה הראשי של הלוח.
- מכשירי פיקוד אלה יכולים להיות: שנאי פיקוד, ממירים מערכות אלקטרוניות למיניהן וכדומה.



איור 9: דוגמה להארקה בלוח מ"ג

- פס הארקה הראשי בלוח מ"ג יהיה עשוי נחושת חשוף בחתך של לפחות 120 ממ"ר.
- מוליכי החיבורים בין הצידוד לפס הארקה הראשי יהיו מוליכי נחושת בחתך של 35 ממ"ר לפחות.
- חתך מוליכי הארקה המשמשים כהארקת שיטה בצד מ"ג של משני מתח או להארקת הגנה של מכשירים במ"ג המותקנים בלוחות מ"ג יהיה, בהתאם לזרם העשוי לזרום דרכם, עפ"י הוראות תקנות החשמל אך לא פחות מ- 1.5 ממ"ר.
- הארקת דלתות בלוחות מ"ג תבוצע באמצעות מוליך נחושת גמיש בחתך של 16 ממ"ר לפחות.

דרישות בטיחות

- לוחות מיתוג בלתי משוריינים
 - כל תא ייסגר ע"י דלת מפח 25X25 מ"מ, גובה מיני' מהרצפה 1800 מ"מ
 - חוזק מכני למניעת גישת אנשים לחלקים חיים.
 - קיים ציוד נשלף – ניתן לצורכי תפעול להחדיר פלטה מחומר מבודד בין המגעים.
 - מגעים מינימליים בהתאם לטבלת המרחקים.
- לוחות מיתוג משוריינים קונבנציונאלי
 - כל תא נפרד יהיה סגור בפני גישה לחלקים חיים.
 - מעטפת הלוח ENCLOSURE תהיה בהתקנה פנימית IP4X בהתקנה חיצונית IP65 לפחות.
 - התקנת פתח לשחרור גזים.
 - על הדלת של תא המפ"ז יותקן חלון שיאפשר אבחנת מצב פתוח/סגור של הציוד.

2.4 שנאים – דרישות טכניות

סוגי שנאי

שנאי שמן

- קירור בשמן באוויר טבעי - ONAN - Oil Natural Air Natural
- קירור בשמן באוויר מאולץ - ONAF – Oil Natural Air Forced
- קירור בשמן מסוחר באוויר טבעי - OFAN – Oil Forced Air Natural
- קירור בשמן מסוחר ובאוויר מאולץ - OFAF – Oil Forced Air Forced
- קירור בשמן מסוחר ובמים מאולצים - OFWF – Oil Forced Water Forced
- סוגי שמנים לקירור שנאים :

שמן מינרלי – מיוצר מנפט גולמי, נקודת בעירה 170 מעלות צלסיוס, מקדם קירור גבוה. לא בטיחותי לכן מותקן במקום בו אין התקהלות אנשים.

שמן סינתטי – מיוצר מנוזלים כימיים מוגדרים. (בעבר נעשה שימוש בשמנים : PCB

קלופן/אסכרל שמן זה מסוכן לאיכות הסביבה, ואסור לשימוש כיום).

השמנים הסינתטיים הנפוצים כיום : R-TEMP מקדם קירור כמו שמן מינרלי שמן בטוח לשימוש. ניתן להשתמש בו כתחליף לשמן מינרלי.

סוג נוסף סילקוני מקדם קירור נמוך ממינרלי לכן דורש נפח גדול יותר.

שנאי יבש

שנאי רגיש לתנאי סביבה. קירור ע"י מאוורר לכל סליל, צורך במערכת לייבוש האוויר.

על פי הגדרות היצרניים שנאיים אלו הנם MAINTENCE FREE..

השנאים שיותקנו בתחנות טרנספורמציה יכולים להיות מהסוגים הבאים :

1. שנאים מבודדים בשמן מינרלי, מצוידים בקונסרבטור, או אטומים.
2. שנאים מבודדים בסיליקון או בנוזל אחר, בעל נקודת דליקה גבוהה מעל 300°C.
3. שנאים יצוקים.

השנאים יהיו מהדגמים שאושרו ע"י חח"י לשימוש במתקני צרכנים ויעמדו בדרישות הטכניות הבאות, עפ"י תעודות בדיקה ונתונים קטלוגים.

להלן סוגי שנאים סטנדרטיים בחברת החשמל לישראל (חח"י) :

טבלה מספר 6 שנאים תלת-פאזיים ממולאי שמן אטומים (ללא קונסרבטור) עם מבדדי

שקע-תקע בצד המתח הגבוה :

מספר קטלוגי של חח"י	מתחים נקובים (ק"ו)	הספק נקוב (קו"א)
2078046	12.6/0.4	630
2691681	12.6/0.4	1000
4102380	22/0.4	250
4102398	22/0.4	400
2078079	22/0.4	630
2691699	22/0.4	1000
4102406	33/0.4	250
4102414	33/0.4	400
2078103	33/0.4	630
3702891	33/0.4	1000

טבלה 7 שנאים תלת-פאזיים עם בידוד שרף יצוק(להלן "שנאי יבש") :

הספק נקוב (קו"א)	מתחים נקובים (ק"ו)	מספר קטלוגי של חח"י
630	12.6/0.4	635821
1000	12.6/0.4	635854
630	22/0.4	636001
1000	22/0.4	636035

הערה: כיוון שאין שנאים יבשים 33 ק"ו בחח"י, תחט"פ 33 ק"ו חייבת לעמוד בדרישות להתקנת שנאי שמן.

על השנאי לעמוד בבדיקת מתחי יתר ומתח הלם לפי הטבלה המצורפת:

טבלה 8 עמידה במתח יתר ובמתח הלם

מתח נומינלי (kV)	מתח הלם (BIL) בגל $1.2/50\mu s$ (kV)	מתח יתר ב-50 הרץ למשך 1 דקה
12.6	95	38
22	125	50
33	170	70

עמידה בזרם קצר (Ability to withstand short circuits)

זרם הקצר על הדקי המבדדים בצד מ"י יהיה בהתאם לדרישות התקן

$$I_k = \frac{S_k * S_n}{\sqrt{3} \times U_n * (S_n + U_k * S_k)} \quad \text{IEC - 76-5 ויהיה שווה ל:}$$

שבו:

S_n - הספק השנאי ב-MVA

U_k - מתח הקצר ביחידות P.U

U_n - מתח נומינלי של הרשת ב-KV

S_k - הספק הקצר של הרשת ב-MVA

מרחקי הזחילה של מבדדי חרסינה בצד מ"י והמרחקים ביניהם יהיו לפחות כמפורט בטבלה הבאה בהתקנה פנימית או חיצונית.

טבלה 9 מרחקי זחילה

המתח הנומינלי (kV)	מרחק בין מרכזי המבדדים (מ"מ)	מרחקי זחילה (מ"מ)
12.6	400	450
22	400	630
33	500	810

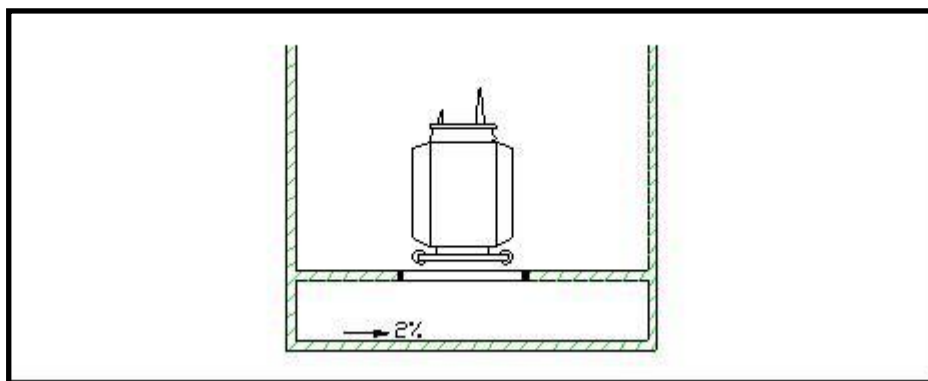
התקנת שנאים טבולים בנוזל בידוד וקירור (שמן) – אמצעים למניעת דליקות וזיהום הקרקע

כללי

- בהתקנת שנאים יש לנקוט בכל האמצעים הדרושים למניעת שריפות והתפשטות האש לפי הוראות תקנות חשמל, חוק הבניה ונוהלי הגורמים הנוגעים בדבר (מכבי אש, רשויות לאיכות הסביבה וכו').
- מותקן שנאי בחדר חשמל, יהיו הקירות, הרצפה והתקרה עמידים בפני אש למשך 120 דקות לפחות, והדלתות למשך 30 דקות לפחות, הכל בהתאם למוגדר בתקן הישראלי ת"י 755 – "סיווג חומרי בנייה לפי תגובותיהם בשריפה"
- התקנת שנאים במתקני חשמל ציבוריים בבניינים רבי קומות תבוצע בהתאם לתקנות החשמל "מתקן חשמל ציבורי בבניין רב-קומות".
- במבנים אחרים תותר התקנת שנאים מבודדים בשמן מינרלי בתנאים הבאים:
 1. אין להתקין בחדר אחד יותר מ-3 שנאים.
 2. הגישה לחדר השנאים תהיה ישירות מבחוץ או דרך חדר או דרך פרוזדור, בלעדיים עבור הכניסה לחדר השנאים, כשהיא מרוחקת עד כדי 10 מ' לפחות מהכניסה הראשית של המבנה האמור. אורך הפרוזדור לא יעלה על 20 מ'.
 3. ההפרש בגובה שבין רצפת חדר השנאים לבין מפלס המשטח של הכניסה הראשית למבנה, המשמש לגישת רכב לכיבוי אש, לא יעלה על ± 5 מטרים.
 4. פתחי האוויר של חדר השנאים יופנו ישירות או דרך תעלות, כלפי חוץ.
 5. בחדר השנאים לא יותקנו פירי כבלים, פירי אוורור או פירי צנרת כלשהם הקשורים לחדרים אחרים במבנה ושדרכם עלולה להתפשט האש אל תוך המבנה.
 6. החדר יצויד באמצעים לגילוי וכיבוי אש כנדרש על-ידי הרשויות לכיבוי אש.

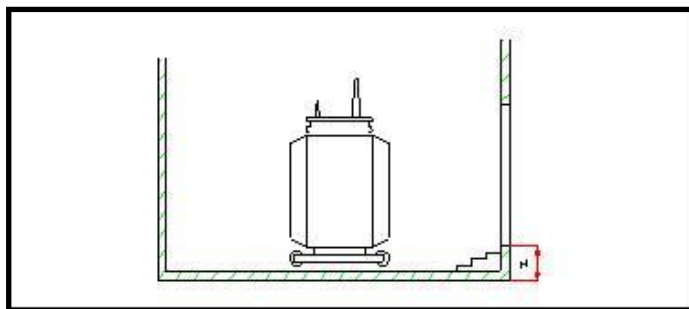
התקנת שנאים בעלי קיבולת שמן עד 1000 ליטר ליחידה

מותקן שנאי בתחנת טרנספורמציה על רצפה כפולה, הוא יועמד על פתח בעל מידות שהן שוות לפחות להיקף החיצוני של השנאי והרצפה התחתונה תשמש לאיסוף השמן, כשהיא משופעת בשיפוע של 2% כלפי המקום שממנו ניתן לשאוב את השמן החוצה. הרצפה התחתונה תהיה אטומה בפני חדירת שמן לתוך הקרקע, הרצפה הכפולה תחשב מבחינת החוזק המבני בהתאם למשקל הנקודתי של השנאי.



איור 10: התקנת שנאי על רצפה כפולה

מותקן שנאי יחיד בתחנת טרנספורמציה על רצפה רגילה, מותר לאסוף את השמן בחדר ע"י הגבהת פתחי הגישה או הנמכת הרצפה כך שיווצר נפח איסוף בעל קיבולת השווה לכמות השמן של השנאי.

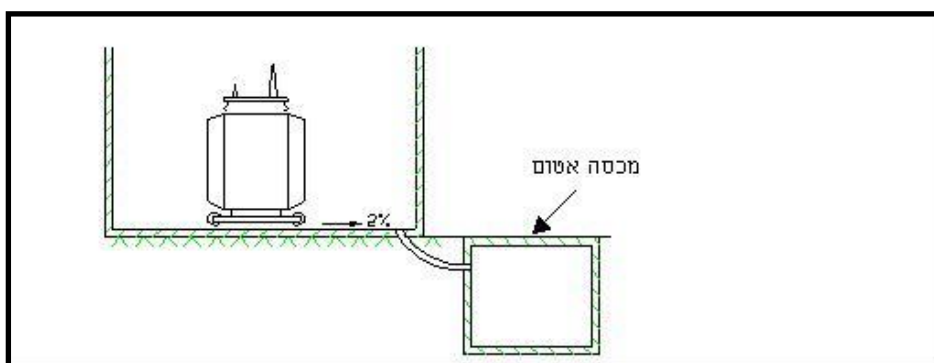


איור 11: התקנת שנאי על רצפה רגילה

הרצפה והדפנות שמנקזות את השמן יהיו בלתי חדירים למים.

אין לנקז את השמן לתוך הקרקע.

מותקן שנאי יחיד או מספר שנאים בתחנת טרנספורמציה על רצפה רגילה, היא תהיה משופעת בשיפוע של 2% כלפי תעלה או בור איסוף חיצוני, המסוגל לקלוט את כל כמות השמן (ראה איור 12). הבור יכוסה במכסה אטום בפני חדירת מים.



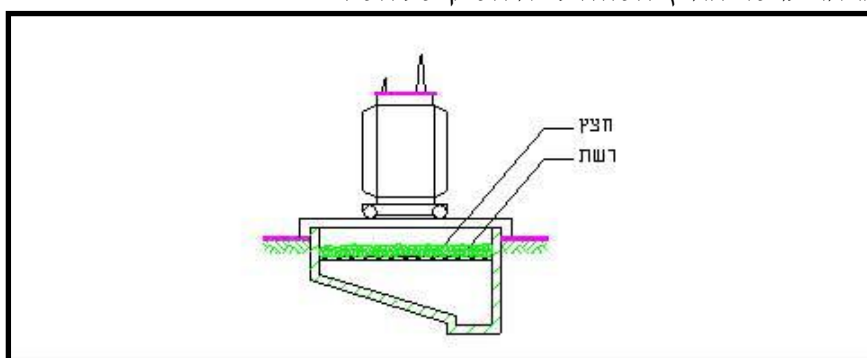
איור 12: התקנת שנאי על רצפה רגילה עם בור איסוף חיצוני

מותקנים יותר משנאי אחד בתחנת טרנספורמציה על רצפה כפולה, יחולו על כל אחד מהם ההוראות הנ"ל.

מותקנים מספר שנאים צמודים זה לזה, מותר להתקין בור איסוף משותף כשהוא בעל קיבולת השווה לכמות השמן של השנאי הגדול מביניהם.

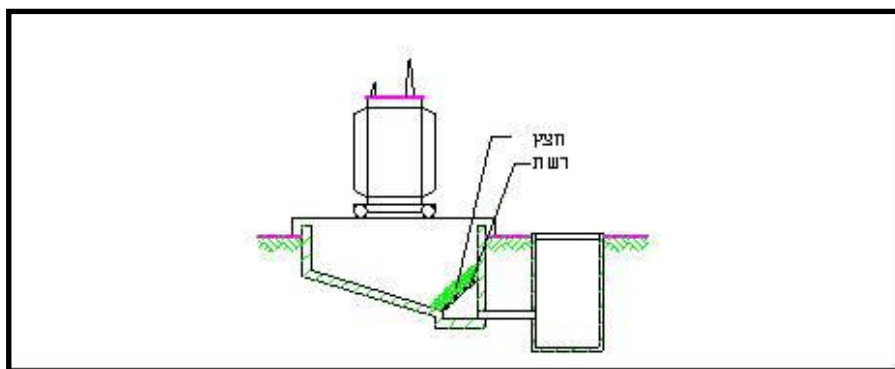
שנאים בעלי קיבולת שמן העולה על 1000 ליטר ליחידה

מתחת לכל שנאי יש להתקין בור ניקוז וספיגה המצוייד בשכבת חצץ למניעת התפשטות האש בעל קיבולת מתחת לרשת החצץ השווה לנפח השמן של השנאי.



איור 13: התקנת שנאי עם בור ניקוז וספיגת שמן

מותר להתקין בור ספיגה מתחת לשנאי בעל קיבולת של 20% לפחות מכמות השמן של השנאי כשהוא מחובר לבור ניקוז חיצוני ע"י צינור בקוטר של 100 מ"מ לפחות.

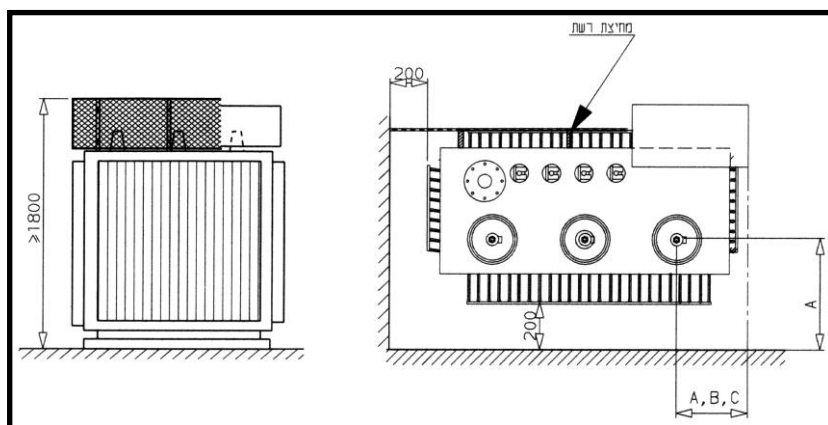


איור 14: התקנת שנאי עם בור ניקוז חיצוני

מותקנים בתחנה מספר שנאים מותר לנקז את השמן לבור ניקוז חיצוני משותף. במקרה זה יהיה בור הניקוז החיצוני בעל קיבולת השווה לנפח השמן של השנאי הגדול ביותר שמתנקז אליו בתוספת נפח המים שעלולים להציף את הבור. הבור החיצוני יצויד במשאבה להוצאת מי ההצפה. בכל מקרה, יש להגביה את מפתני הבור ולאטום את פתח הכניסה כדי למנוע הצפות מים ככל שניתן.

התקנת שנאים – אמצעי בטיחות בפני נגיעה מקרית בחלקים חיים

1. השנאים יותקנו, בתאים בודדים בנויים או בתאים בודדים המופרדים משאר הציד ע"י מחיצות רשת או בתאים בודדים משוריינים.
2. למרות האמור לעיל, אין צורך בהתקנת שנאי מבודד בשמן, בתא בודד ובלבד שהוא מצויד בצד מ"ג במהדקי שקע-תקע מבודדים וכשהחלקים החיים בצד מ"ג מוגנים בפני נגיעה מקרית באמצעות מחיצות.
3. דלת הכניסה לתא של שנאי תימצא ככל האפשר בצד המתח הנמוך של השנאי.
4. מותקן בחדר סגור שנאי יצוק או שנאי מבודד בשמן בעל מבדדים או מהדקים חשופים והנקודה התחתית של המבדדים נמצאת בגובה נמוך מ-2.3 מ' מעל פני הרצפה, תותקן לפניו (מאחורי דלת הכניסה לחדר) מחיצה מרשת שתמנע גישה או נגיעה מקרית בחלקים החיים.
5. הרשת תהיה בעלת חריצים עד 25X25 מ"מ. על המחיצה יותקן שלט אזהרה האוסר את הכניסה מעבר למחיצה ללא הפסקת מתח.



מקרא:

- A - מחיצה מוארכת מלאה
- B - מחיצת רשת
- C - מחסום מחומר מבודד

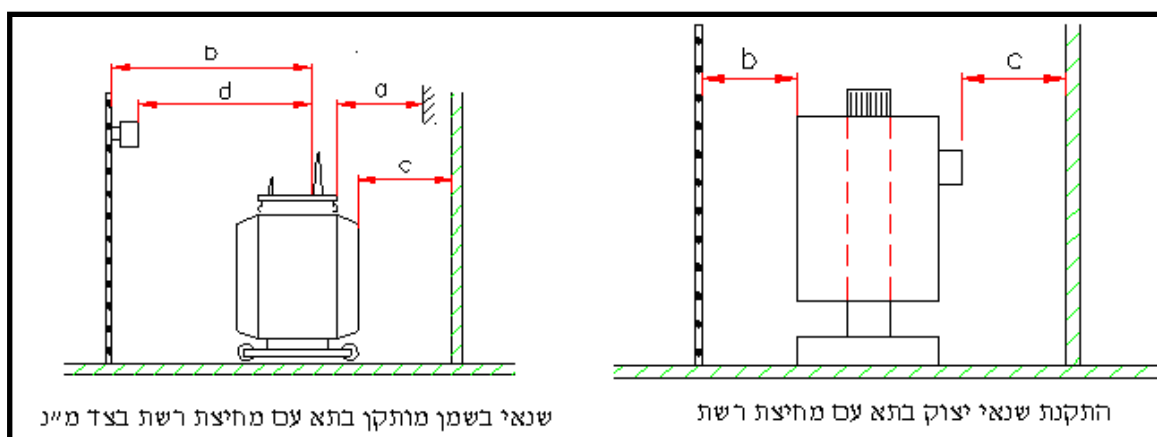
איור 15: התקנת שנאי עם מיכל התפשטות וחיבורי תקע שקע

6. גובה הרשת בחדר שבו מותקן שנאי יצוק יהיה 1.5 מטר לפחות עבור שנאים מבודדים בשמן. מותר שהרשת תגן על החלקים החיים בלבד, כשהיא בעלת רוחב של 0.5 מטר לכל אורכה ומותקנת בגובה של 1.5 מטר מעל פני הרצפה.
7. מותקנים על השנאי מכשירים שדורשים מעקב תקופתי, יותקן השנאי כך שניתן יהיה לקרוא את הנתונים מעל מכשירים אלה ללא פתיחת המחיצה, האמורה לעיל.
8. השנאים יהיו מחוזקים היטב למסד שעליהם הם ניצבים כך שתימנע הזזתם בשל רעידות בעת פעולתם.
9. על הדלת החיצונית של חדר השנאי ובמידת הצורך על מחיצת המגן, יותקן שלט זיהוי המאפיין את השנאי ביחס לשנאים אחרים הנמצאים בתוך המתקן.
10. מרחקים מינימאליים - בהתקנת שנאי בתא סגור יש להבטיח מרחקים מינימאליים בטיחותיים כמפורט בטבלה הבאה.

טבלה 10 מרחקי בטיחות

סימול	מתח הרשת (ק"ו)					מס' ת א ו ר
	33	22	12.6	7.2	3.6	
a	325	215	130	90	65	1 בין מבדדים חשופים לבין הקיר או חלק מאורק כלשהו
b	600	600	600	600	600	2 בין המבדדים לבין מחיצת רשת
c	600	600	600	600	600	3 בין הצלע המקבילה למבדדים לבין הקיר או המחיצה שממול
d	400	400	300	-	-	4 בין חלק חי במ"ג לבין מוליך במ"ג המותקן בצינור PVC או אבזר במ"ג אחר בעל עטיפה בלתי מאורקת

המרחקים a, b, d מתייחסים למבדד במ"ג וימדדו מתחתית המבדד.



איור 16: מרחקי בטיחות

11. מותקן בחדר מ"ג שנאי טבול בשמן ללא מבדדים גלויים, מותר להתקינו ביחד עם לוחות חשמל ללא מחיצות ביניהם. במקרה זה, יש לשמור על מרווחים מזעריים הבאים:

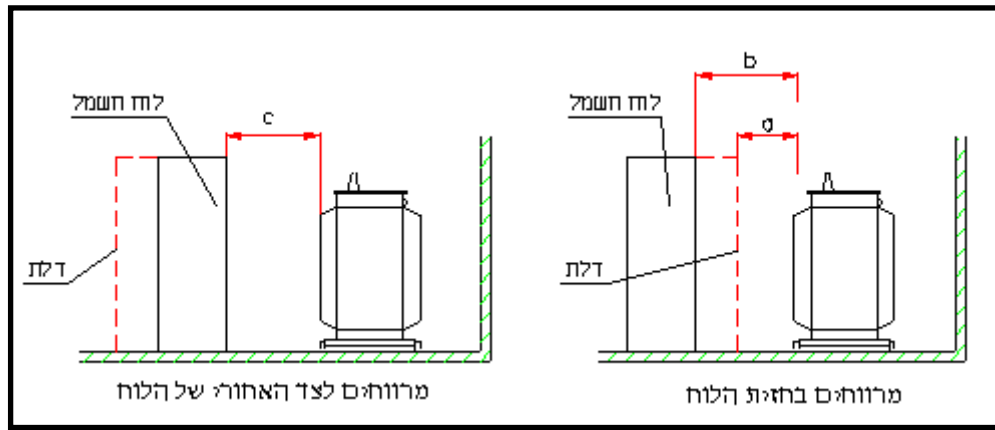
a = מרווח בין השנאי עד לדלת פתוחה של לוח מ"ג או מ"ג: 600 מ"מ

b = כני"ל אך עם דלת סגורה: 1000 מ"מ.

c = מרווח בין שנאי לבין הצד האחורי של לוח מ"ג או מ"ג: 800 מ"מ.

חזית הלוח ►

משמש המרווח c למעבר ואורך הלוח עולה על 3000 מ"מ, אזי יהיה c שווה ל 1000 מ"מ.



איור 17: מרווחים בין שנאי המצויד במהדקי שקע-תקע מ"ג מבודדים, לבין לוח חשמל חיבור שנאים במקביל

לצורך חיבור שנאים במקביל יש לשמור על התנאים הבאים:

1. מתח פאזי ראשוני בכל השנאים שמחוברים במקביל זהה, ומתח פאזי משני בכל השנאים במקביל זהה, כלומר יחס השנאה בכל השנאים זהה.
2. קבוצת חיבורים של כל השנאים במקביל זהה.
3. מתח קצר ומרכיביו בכל השנאים שמחוברים במקביל זהים.

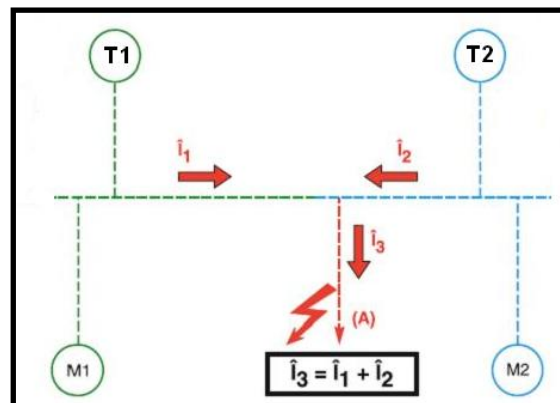
הערות

- יחס השנאה חייב להיות זהה כי יחס השנאה שונה גורם להופעתו של זרם השוואה בין השנאים שהוא עומס יתר לשנאי.
 - לפי תקן מותרת סטייה בין מתחי קצר $\pm 10\%$
 - רצוי לחבר שנאים במקביל כאשר הספקים שלהם נמצאים בגבולות 1: 3 לדוגמה אם שנאי ראשון 200kVA שנאי שני לא יותר מ 600kVA
- הספקים שמספקים שני שנאים בעומס משותף ניתן לחשב לפי התנאים הבאים:

$$\frac{S_A}{S_B} = \frac{S_{nA} \times U_{k\%B}}{S_{nB} \times U_{k\%A}}$$

$$S_A + S_B = S_T$$

כאשר שנאים מחוברים במקביל יש לזכור שזרם הקצר הצפוי יהיה פי 2 מכיוון שלכל שנאי יש את תרומת זרם הקצר שלו, ולכן יש לבחור ציוד (פסי צבירה, ומפסקי זרם שיתאים לזרם קצר המקסימלי.



איור 18: זרם הקצר בחיבור שנאים במקביל

קבוצות חיבור

בחיבור שנאים במקביל יש חשיבות רבה לקבוצות חיבור, כידוע בשנאי תלת מופעי יש שני ליפופים, ליפוף ראשוני וליפוף משני כאשר כל ליפוף הוא בעל שלושה סלילים. סלילי הצד הראשוני וסלילי הצד המשני ניתנים לחיבור באחת מ-3 הצורות הבאות:

Connection	Star	Delta	Zigzag
Diagram			
Symbol			
Letter	Y or y	D or d	Z or z
Notes	Simple, robust and suitable for very high voltages	More suitable for high currents	Used on the secondary side of distribution transformers

א. כוכב.

ב. משולש.

ג. זיגזג.

איור 19: צורות חיבור לסלילים

קבוצת חיבור בשנאי תלת פאזי מוגדרת כזווית מופע בין מתח שלוב בסליל ראשוני לבין מתח שלוב בסליל המשני שנמדד בין אותם פאזות כאשר הזווית נמדדת בכפולות של 30^0 .

כל קבוצה מקבלת ציון על ידי שתי אותיות ומספרים.

הצד הראשוני מסומן באותיות גדולות: Y – חיבור כוכב, D – חיבור משולש.

הצד המשני מסומן באותיות קטנות: y – חיבור כוכב, d – חיבור משולש, z – חיבור זיגזג.

מבדילים בין 6 קבוצות חיבור:

- חיבור כוכב- כוכב Y/y.
- חיבור משולש- משולש D/d.
- חיבור משולש-כוכב D/y.
- חיבור כוכב-משולש Y/d.
- חיבור כוכב-זיג זג Y/z.
- חיבור משולש – זיג זג D/z.

	Dd0		Dd6
	Yy0		Yy6
	Dz0		Dz6
	Dy1		Dy5
	Yd1		Yd5
	Yz1		Yz5

איור 20: קבוצות חיבור בין הסלילים

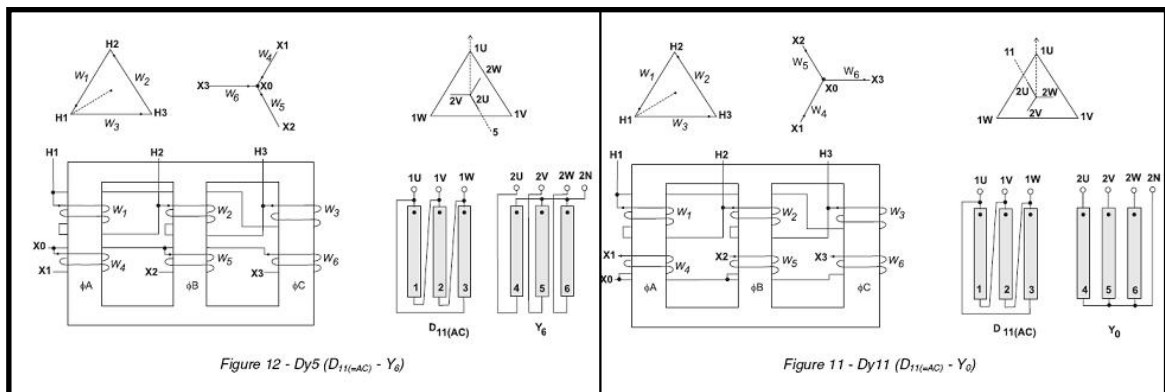
קבוצות החיבורים בשנאים תלת מופעים מתחלקות כדלקמן:

Vector Group No	Phase Displacement	IEC Standard Vector Notation
1	0°	Yy0, Dd0 and Dz0
2	180°	Yy6, Dd6 and Dz6
3	-30°	Yd1, Dy1 and Yz1
4	+30°	Yd11, Dy11 and Yz11

איור 21: טבלה קבוצות חיבור בין הסלילים

כפי שניתן לראות מתוך הטבלה כאשר נחבר שנאים במקביל עם קבוצות חיבור סלילים שונה נגרום לכך שהזווית בין המתח המשני למתח הראשוני תהיה שונה, דבר העלול לגרום לקצרים פנימיים בתוך השנאי.

ניקח לדוגמה שנאי Dy11 מחובר במקביל עם שנאי Dy5



איור 22: חיבור שנאים במקביל בין שני קבוצות חיבור שונות

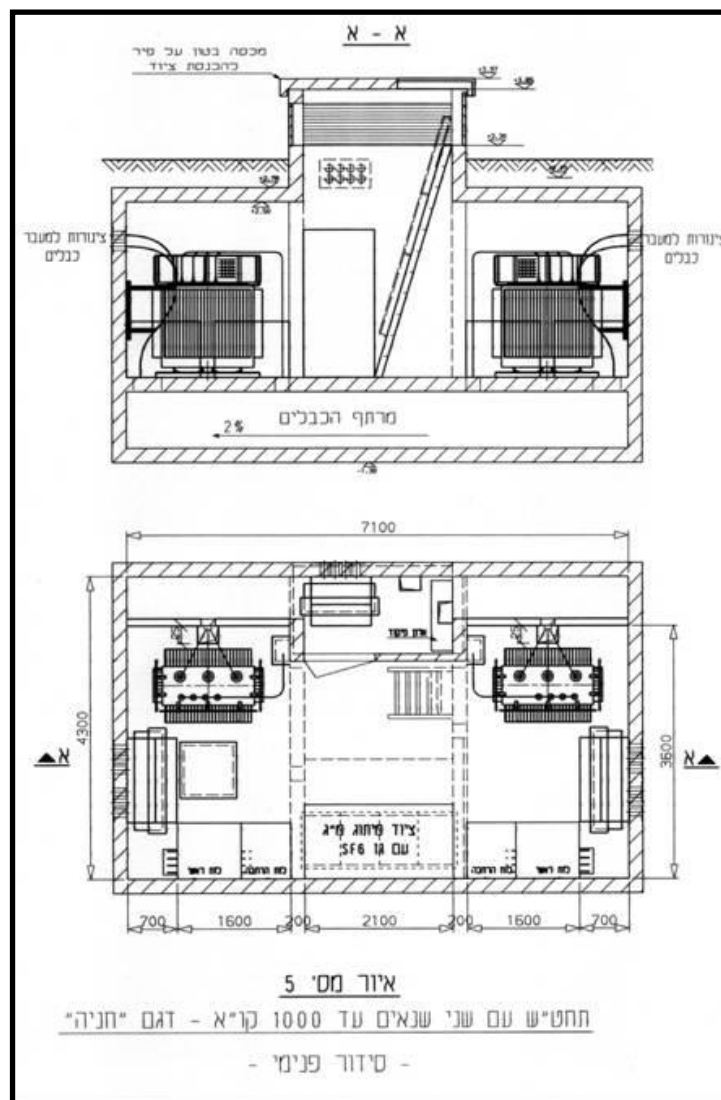
כפי שניתן לראות קבוצות החיבור מנוגדות אחת לשנייה וההפרש בזווית המתחים בין שני השנאים הוא 180° החיבור הנ"ל עלול לגרום לזרם קצר פנימי שיזרום בין שנאי אחד לשני שעלול לגרום לפיצוץ.

במקרים מסוימים כאשר נתונים שנאים עם הפרש בין שתי צורות חיבורים 180° (6שעות) ניתן לקבל אותה קבוצת החיבור אם נהפוך את ההדקים בסליל משני. כאשר ההפרש בין צורות החיבור 120° (4 שעות) ניתן לקבל קבוצות חיבור זהות אם באחד השנאים מחליפים סדר פאזות בראשוני.

3. חדרי חשמל במתח גבוה - הגדרות ודרישות

כללי

- חדר חשמל במ"ג מוגדר כחדר שבו נמצא בצירופים שונים ציוד חשמלי במ"ג, כגון לוחות מ"ג, שנאים, קבלים וכו' או ציוד מעורב במ"ג ובמ"נ כולל לוחות קשר, ציוד אלקטרוני, מצברים וכו'.
- נוכחות הציוד במ"ג קובעת את הגדרתו כחדר חשמל במ"ג על כל הדרישות המפורטות להלן.
- מותקן חדר חשמל במ"ג במתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות, הוא יעמוד בדרישות תקנות החשמל "מתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות".
- הקירות, הרצפה והתקרה יהיו עשויים מחומר בלתי דליק, עמידים באש למשך 120 דקות והדלתות למשך 30 דקות לפחות, בהתאם למוגדר בת"י 755.
- מותקנת בחדר החשמל רצפה כפולה, היא תהיה עמידה לעומס מפורש של 1,500 ק"ג למ"ר.
- גובהו של חדר חשמל יהיה 2 מ' לפחות; מעבר שרות ותחזוקה יהיה בגובה של 1.8 מטרים לפחות.
- הדלת שלו תיסגר אוטומטית כך שפתיחתה מבחוץ תחייב שימוש במפתח ואילו פתיחתה מבפנים תהיה חופשית.



איור 23: דוגמה לסידור פנימי בחדר טרנספורמציה

התקנת ציוד במ"ג ובמ"נ

לוחות חשמל במ"ג

מותקנים בחדר החשמל לוחות במ"ג, תהיה הגישה אליהם נוחה, ללא מכשולים, ויובטחו מידות המעברים.

שנאים

מותקן בחדר החשמל שנאי ביחד עם לוחות חשמל במ"ג או במ"נ, כשהוא מותקן בתא בנפרד משאר הציוד, יובטחו מעברים המאפשרים את הוצאתו של השנאי בצורה נאותה אל מחוץ לחדר. רוחב המעבר יהיה גדול ב- 40 ס"מ לפחות ממידות הרוחב של השנאי.

לוחות במ"נ

מותקנים בחדר חשמל במ"ג לוחות חשמל במ"ג ביחד עם לוחות חשמל במ"נ, יישמרו לגבי הלוחות במ"ג המרווחים המזעריים, כמפורט בטבלה מס' 1. המרווחים והמעברים לגבי הלוחות במ"נ יענו לדרישות תקנות החשמל.

על מנת לאפשר גישה של חשמלאי בעל רישיון למ"נ לציוד במ"נ הנמצא בחדר חשמל ביחד עם ציוד במ"ג, יש להתקין מחיצות המונעות את גישתו לציוד במ"ג.

דרכים ופתחי מילוט

- מותקנים בחדר חשמל לוחות במ"ג או שנאים, הם ימוקמו כך שישאר מסלול מילוט פנוי לאורך המעברים, ללא מכשולים, עד לדלת היציאה הקרובה ביותר של החדר, כשאורכו של המסלול אינו עולה על 40 מ'.
- במרתף כבלים הפתוח לגישה ולמעבר בני אדם שאורכו עולה על 10 מ', יותקן פתח מילוט בנוסף לדלת או לפתח הכניסה הראשיים.
- דלת מילוט תהיה בעלת מידות מזעריות של 0.6×1.9 מ' ותאפשר מעבר חופשי של בני אדם ללא מכשולים.
- מותקן בחדר החשמל פתח מילוט נוסף המיועד למילוט בלבד, הוא יהיה בעל מידות מזעריות של 0.6×0.6 מ'.
- מותקנים בחדר החשמל דלת או פתח מילוט בגובה העולה על 0.5 מ' מעל פני הרצפה, יותקנו אמצעי גישה אליהם קבועים כגון מדרגות או סולמות.
- המעבר או פתח המילוט יפנו כלפי חוץ לכיוון המקום שבו ניתן להימלט בשעת הצורך בצורה קלה ובלתי מסוכנת.
- דלתות כניסה או מעבר בחדר החשמל וכן פתחי המילוט ייפתחו מבפנים כלפי חוץ ע"י דחיפה ללא כלים או מפתחות ובכל מצב של נעילה.
- דלתות המפרידות בין חדר חשמל במ"ג לבין חדר חשמל במ"נ ייפתחו כלפי האחרון.
- דלת או מכסה של פתח המילוט יהיו עשויים מחומר עמיד בפני אש, למשך שעה וחצי לפחות.
- דלת אשר פונה לחדר החשמל במ"ג תהיה נעולה בכל עת כשהמפתח נמצא ברשות חשמלאים בעלי רישיון מתאים בלבד.
- על הצד החיצוני של הדלת או המכסה של פתח המילוט יותקן שלט אזהרה ברור ובר-קיימא.
- משטחי גישה לדלתות או לפתחים שפונים מחדר חשמל במ"ג או מתא של שנאי כלפי חוץ, יאובטחו בפני חניית רכב או אחסון חפצים שעלולים למנוע את פתיחתם. לשם

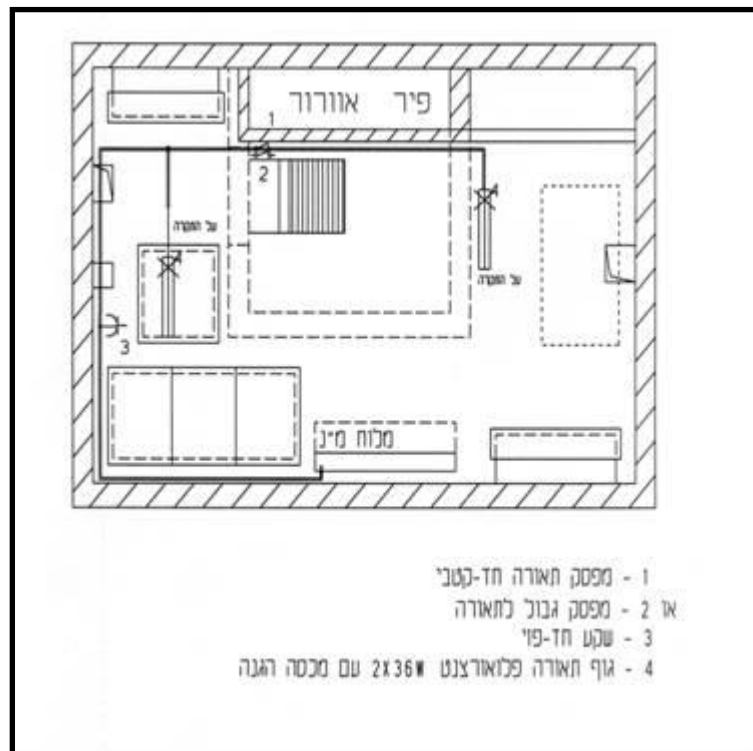
כך יותקנו עמודונים או אבני סימון או אמצעים אחרים אשר ישאירו את הגישה אליהם פנויה לחלוטין מול הדלתות במרחק של 1 מ' לפחות.

חלונות

- מותקנים חלונות בחדר חשמל, הם יהיו בנויים כך שתימנע חדירה של מי גשם, אבק, של בעלי חיים או של אנשים בלתי מורשים.
- החלונות יהיו מסוג בלתי שביר או מגובים ברשת צפופה ויותקנו בגובה של 2 מ' לפחות מעל מפלס הגישה החיצון.

תאורה

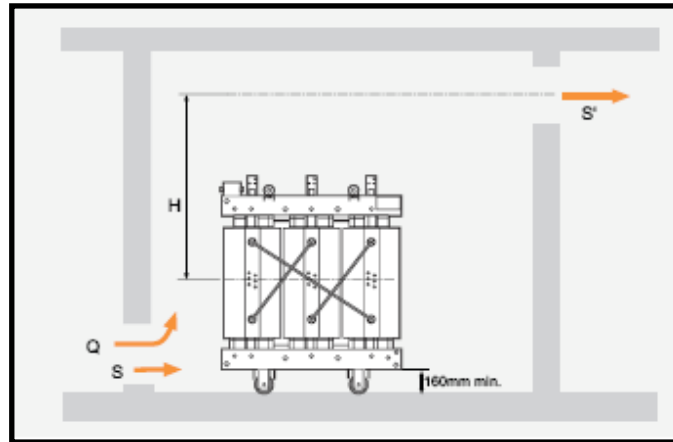
- בחדר חשמל יותקנו אמצעי תאורה קבועים. עוצמת התאורה תאפשר טיפול נוח בציד המותקן בחדר והארה נאותה של המעברים ובמיוחד של מסלולי המילוט. מתקן התאורה יכלול מנורות חירום (עצמאיות או מוזנות ממקור הזנה חירום) שיאירו את מסלול המילוט. מנורות חירום יתאימו לתקן ישראלי ת"י 20.2.22.
- על הדלתות והפתחים המיועדים למילוט יותקנו שלטי מילוט מוארים ע"י תאורת חירום.
- מותקן שנאי בתא סגור, תותקן מנורה שתידלק באופן אוטומטי בפתיחת הדלת או ידנית ע"י מתג המותקן מחוץ לחדר.
- המנורה תהיה ממוקמת כך שאפשר יהיה להחליף את הנורה בביטחה מבלי להתקרב בצורה מסוכנת לחלקים חיים.



איור 24: דוגמה לציוד שירות בחדר טרנספורמציה

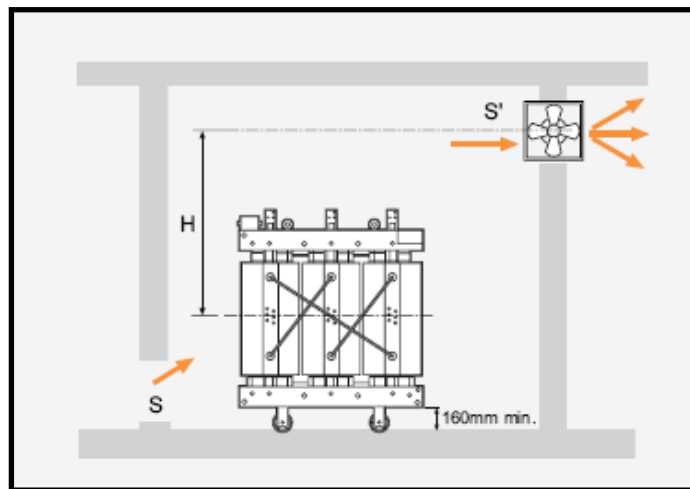
אורור

- מותקן בחדר החשמל במ"ג ציוד הפולט חום כגון לוחות חשמל בעלי זרמים גבוהים וכו', יש להתקין מערכת אורור שתבטיח שטמפרטורת הסביבה אינה עולה על הטמפרטורה המותרת לפי נתוני יצרן הציוד.



איור 25: חדר שנאי עם אורור טבעי

- מותקן שנאי בודד בחדר החשמל או ביחד עם ציוד אחר, יותקנו אמצעי אורור שיבטיחו כי הפרש הטמפרטורה בין האוויר הנכנס לבין האוויר היוצא לא יעלה על 15 מעלות צלסיוס כשהשנאי(ים) ושאר הציוד הפולט חום מעומסים בעומס המרבי המתוכנן. מומלץ להתקין מערכת התראה שתפעל עם הפסקת האורור.



איור 26: חדר שנאי עם אורור מאולץ

- פתחי האורור יהיו מותקנים כך שתימנע חדירת מי גשם, חדירת גופים זרים והצפות.
- מותקנת מערכת אורור בחדר שבו נמצאים שנאים, היא תוזן ממעגל הזנה בלעדי לה.
- אין לקרר חדר חשמל במ"ג או תא שנאים באמצעות מערכת אורור או מיזוג אוויר משותפת לחדרים אחרים במבנה, זולת אם ננקטו כל האמצעים הדרושים שימנעו התפשטות העשן במקרה של התפרצות דליקה בחדרי החשמל האמורים, או חדירת לחות לחדר החשמל.

גילוי עשן וכיבוי אש

- יש להתקין גלאי עשן בחדר חשמל במ"ג וגם בתוך תאי לוחות במ"ג או בתאי שנאים ובלבד שהם יימצאו במרחק של לפחות 40 ס"מ מכל חלק חי במ"ג. יש לסדר גישה נוחה לצורכי בדיקה וטיפול בגלאי עשן בצורה בלתי מסוכנת.

- יש להתקין מערכות לכיבוי אש בתוך תאי לוחות במ"ג או בתאי שנאים ובלבד שהן יהיו תקינות, מהדגמים שאושרו ע"י הגורמים המוסמכים לכך ושלא יגרמו לפיצוצים או לחשמול בעת הפעלתם.
- מותקנים מתיזי מים (ספרינקלרים) בחדר החשמל, יש למנוע באופן אוטומטי את הפעלתם אלא אם כן הזנת החשמל הכללית מנותקת.

שונות

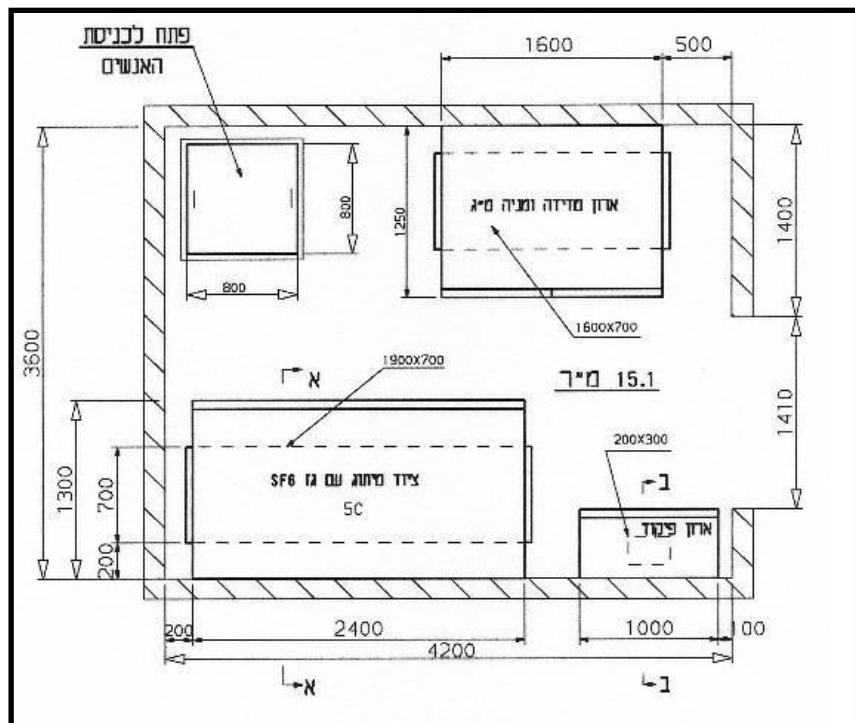
- התקנת צנרת מעבר של גזים או נוזלים בחדר חשמל במ"ג
אין להתקין צינורות מעבר של גזים או נוזלים בחדר חשמל. במקרים חריגים מותר להתקין צינור כנ"ל, ובלבד שהוא יהיה שלם לכל אורכו ולא יותקן מעל ללוחות חשמל ראשיים במ"ג, לוחות במ"ג או שנאים.
- התקנת סוללות מצברים
אין להתקין בחדר חשמל במ"ג סוללות מצברים הפולטים גזים רעילים, קורוזיביים או נפיצים. מצברים אלה יותקנו בחדרים נפרדים המיועדים לכך, כשהם מוגנים ומצוידים בהתאם לדרישות תקנות החשמל או תקנות אחרות מוכרות. למרות האמור לעיל, מותר להתקין בחדר מ"ג סוללת מצברים בעלת מתח נומינלי של עד 48VDC, המזינה את מערכת הפיקוד של לוח מ"ג ראשי בלבד. חדר בו מותקנים מצברים יאוורר בשיטת אוורור מאולץ. הרצפה ומסד המצברים וכן מערכת האוורור יהיו עמידים בפני השפעת האלקטרוליט. בחדר יותקן שלט "אסור לעשן".
- קירות ורצפות בחדר חשמל במ"ג
הקירות יהיו חלקים ויאפשרו את אחזקת הציוד במצב נקי. הרצפה תהיה מפולסת ללא שקעים או חספוסים המאפשרים הצטברות של לכלוך, ללא שיפועים, מדרגות או מכשולים אחרים שעלולים לגרום למעידה.
- שלטים
על כל דלת כניסה יותקן שלט אזהרה בפני מתקן במ"ג. על דלת הכניסה הראשית יותקן שלט זיהוי של התחנה.
- בתוך החדר יותקנו כל התוכניות של המתקן במ"ג והוראות בטיחות.
- לחצן חירום
בכניסה למבנה שבו נמצא חדר החשמל במ"ג או בכניסה לחדר או בכל מקום שיידרש ע"י הרשויות לכיבוי אש, יותקן לחצן חירום שינתק את המפסק הראשי במ"ג של המתקן.
- בית תקע
בחדר החשמל יותקן לפחות בית תקע אחד המיועד לצרכי שירות.
- ציוד בטיחות
חדר החשמל במ"ג יצויד בציוד בטיחות אשר יכלול לפחות: כובע מגן, כפפות למתח גבוה, מקצרים, בוחן מתח, שטיח גומי וציוד לכיבוי אש. הציוד ייבדק תקופתית בהתאם להוראות היצרן.

3.1 מתקן פנימי במבנה קבוע (INDOOR)

לוחות חשמל במתח גבוה

תנאי ההתקנה

- הלוחות יותקנו בחדרי חשמל סגורים הניתנים לגישה לחשמלאים מורשים לעבודות במתח גבוה בלבד.
- מותקן הלוח במבנה תעשייתי (באולם ייצור) אפשר להתקינו על משטח מגודר שאינו סגור בתנאים הבאים :
 - א. הלוח הינו מדגם משוריין.
 - ב. המקום מוגן בפני פגיעות מכאניות, חדירת מים, קורוזיה או כל גורם אחר שעלול לפגוע בתקינות הלוח.
 - ג. הגישה נוחה וללא מכשולים.
 - ד. המשטח אופקי ללא שיפוע.
 - ה. הלוח יופרד משאר המבנה באמצעות מחיצות גדר.
- מותקן לוח במ"ג על משטח מוגבה כשהגישה אליו נעשית באמצעות מדרגות יינקטו, בנוסף לנאמר האמצעים הבאים :
 - לאורך החזית התפעולית של הלוח במרחק של 1.0 מטר לפחות, יותקן מעקה או מחיצת גדר.
 - גובה הגדר או המעקה יהיה לפחות 1.2 מ'.
- התקנת לוחות במתח גבוה במתקני חשמל ציבוריים בבניינים רבי קומות תבוצע בהתאם לתקנות חשמל "מתקן חשמל ציבורי בבנין רב קומות".



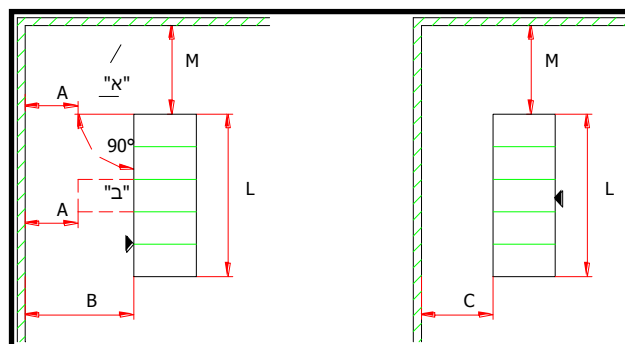
איור 27: דוגמה של חדר מיתוג ומדידה ל-36KV עם ציוד מיתוג SF6

מרווחים ומעבריםהתקנת שנאי יצוק בחדר סגורמרחקים מינימאליים

- בהתקנת שנאי בתא סגור יש להבטיח מרחקים מינימאליים בטיחותיים כמפורט בטבלה מס' 10 – לפי הדוגמאות שבאיורים 16 ו-17.

לוחות משוריינים

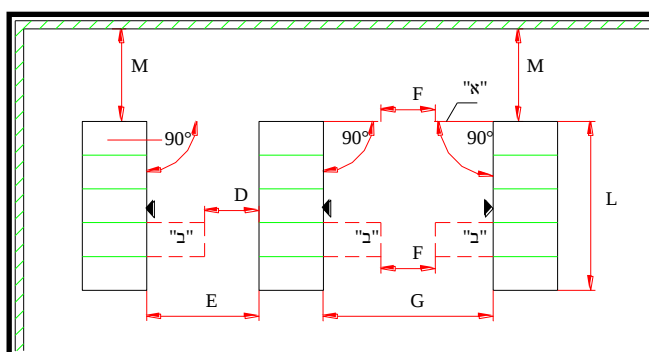
- המרווח המזערי החופשי בין החלק הבולט ביותר של לוח לבין קיר או בין לוח אחר יהיה לפי המפורט באיורים 1 ו-21 ובטבלה מס' 11.



איור 28: מרווחים בין לוח לקיר ממול

חזית הלוח

מקרא: "א" דלת פתוחה בזווית של 90°
"ב" ציוד נשלף



איור 29: מרווחים בין לוחות מקביליים

טבלה 11: לוחות משוריינים – מרווחים מזעריים (מילימטרים)

מרווחים מזעריים									תאור	איור
M	G	F	E	D	C	B	A	L		
600*	≥ 1000	600	≥ 1000	600			600	≤ 3000	דלת פתוחה בזווית של 90° או ציוד נשלף הנמצא במצב של שליפה מלאה	1 או 2
600*	≥ 1000	600	≥ 1000	600		≥ 1000	600	> 3000		
600*					800			≤ 3000	החלק האחורי של הלוח משמש לטיפול או מעבר	1
600*					1000			> 3000		
100					100				לוח צמוד לקיר	1
						≥ 1000			חלק חזיתי של לוח שאין בו דלת או ציוד נשלף	1

א. המרווח M המסומן ב-* חל על מעברים בין הלוח לקיר.

ב. המרווחים הרשומים בטבלה מס' 1 תקפים גם לגבי המרחקים בין לוחות במ"ג ללוחות מ"י.

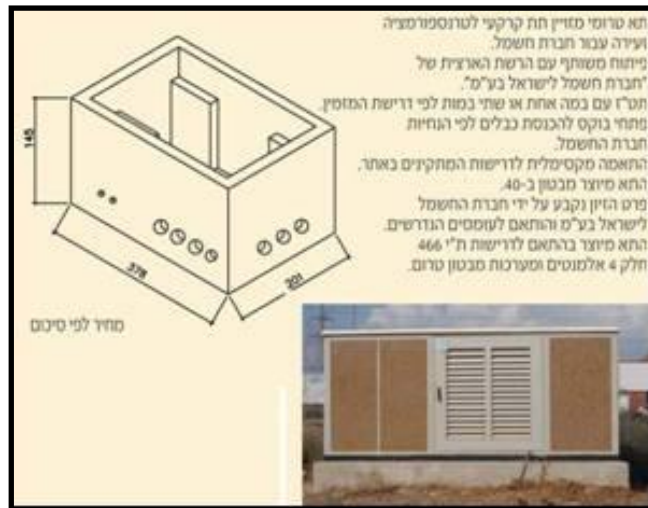
דלתות של לוחות הנפתחות במעבר

קיימת בחזית התפעולית של לוח מ"ג דלת הנפתחת לכיוון המעבר הקדמי או האחורי, יותקן מעצור שיבטיח את נעילתה במצב פתוח, בזווית של לפחות 90 מעלות.

3.2 מתקני חשמל בביתנים (קיוסקים)

כללי

- ביתן או קיוסק, מוגדר במובן הנוהל הזה, כמבנה קל בעל דפנות חיצוניים עשויים מפח או מחומר אחר. בלתי דליק.
- בתוך הביתן מותקן ציוד חשמלי כגון: לוח מ"ג, שנאי, לוח חלוקה במ"נ וכו', בדרך כלל ללא מעברים, כשהגישה נעשית לחלק מהציוד או לכולו, במישרין מחוץ לביתן. הביתן מותקן על מסד אשר דרכו עוברים כבלי החשמל.
- כל ביתן (קיוסק) אשר אמור להיות מחובר לרשת חברת החשמל במ"ג, אם שהוא מורכב בארץ ואם שהוא מיובא, חייב באישור חברת החשמל.



איור 30: דוגמה לביתן "קיוסק" חדר טרנספורמציה

מבנה הביתן וחלוקתו לתאים

- עשוי המבנה החיצוני מפח, הוא יהיה עמיד בפני קורוזיה בתנאי סביבה האופייניים בארץ. עשוי המבנה מחומר אחר, הוא יהיה בלתי דליק, עמיד בפני קרינה אולטרה-סגולית.
- עשוי המבנה משכבות של חומרים שונים, יהיה לפחות אחד מהם מהסוג הבלתי דליק והשאר מהסוג הכבד מאליו.
- הביתן יחולק לתאים נפרדים עבור סוגי הציוד המותקנים בו כגון: תא לוח במ"ג, תא שנאי, תא מ"נ וכו'. הגישה לכל אחד מהתאים יכולה להיות מבפנים – אם מובטחים התנאים הקשורים למעברים, מרווחים ודלתות כמפורט בפרק 2 או ישירות מבחוץ – בהעדר התנאים האמורים.
- הביתן יותקן במרוחק מדרכים נגישות לרכב, כשהוא מוגבה מעל דרכים אלה ו/או מוגן על-ידי מכשולים בפני פגיעות אפשריות של כלי רכב.

התקנת שנאים

- מותקן בביתן שנאי בעל מבדדים גלויים, הוא יופרד משאר הציוד ע"י מחיצה.
- מותקן שנאי מהסוג – טבול בשמן, יבוצעו הספיגה וניקוז השמן כמפורט בפרק שנאים.
- המרחקים המינימאליים בתא השנאי יהיו כמפורט בפרק שנאים.
- אוורור תא השנאי יבוצע כמפורט בפרק שנאים.
- מותקן בקיוסק שנאי יצוק, יהיה התא מאוורר בשיטה מאולצת.
- תא השנאי יבוצע בהתאם לדרישות כמפורט בפרק שנאים.

התקנת לוח מ"ג

- הלוח יהיה מדגם משוריין ויעמוד בדרישות הטכניות המפורטות בפרק לוחות.
- הלוח יצויד בפתח לשחרור לחץ אשר יבטיח כי במקרה של קצר פנימי, יעמוד הקיוסק בתנאים הנדרשים בפרק לוחות (בדיקת PEHLA).
- דלת הגישה החיצונית של הביתן לתא מ"ג תצויד בהתקן נעילה בפתיחה בזווית של 90 מעלות לפחות, ותפתח מבפנים כלפי חוץ.

אוורור הביתן

- הביתן יצויד במערכת אוורור טבעית או מאולצת שתבטיח שהציוד יפעל בטמפרטורה המרבית המותרת על-ידי היצרן וכשהפרש הטמפרטורה בין האוויר הנכנס לבין האוויר היוצא לא יעלה על 15 מעלות צלסיוס בעומס מלא.
- פתחי האוורור יהיו מותקנים כך שתימנע חדירת מי גשם, חדירת גופים זרים והצפות.

תאורה

- בכל תא של הביתן, שנאי, לוח מ"ג או לוח מ"נ, יותקנו מנורות שיודלקו ע"י מתג מבחוץ או באופן אוטומטי עם פתיחת דלת הגישה המתאימה.
- על מנת למנוע פגיעות ע"י כלי רכב, יש להתקין תאורת חוץ סביבתית.

3.3 מתקני מתח גבוה חיצוניים (OUTDOOR)

כללי

- מתקנים במ"ג חיצוניים הינם מתקנים הנמצאים בחצרי צרכנים באתרים פתוחים בלתי מקורים או מתחת לסככות.
- המתקנים החיצוניים עשויים להיות אחד מאלה :
 - מסדרי מ"ג הכוללים לוחות מ"ג מותקנים על הקרקע.
 - תחנות טרנספורמציה הכוללות ציוד כגון : שנאים, לוחות מ"ג, לוחות מ"ג וכו' מותקנים על הקרקע בחצר סגורה או תחת סככה.
 - שנאים או ציוד מיתוג (מנתקים, מפסקי זרם) מותקנים על עמודי רשת.
 - סוללות קבלים במ"ג, מסנני הרמוניות במ"ג או ציוד אחר המותקנים על קונסטרוקציה או על עמודים.

לוח מ"ג חיצוני

כללי

- לוח מ"ג חיצוני כולל בדרך כלל תא כניסה ראשי (המצויד במפסק זרם או במנתק) ומספר תאי יציאה למתקנים שונים, כשהוא מותקן בחוץ, על הקרקע או על משטח מוגבה.

מבנה הלוח

- לוח מ"ג יכול להיות מותקן באחת מהשיטות הבאות :
- התקנה על הקרקע או על משטח מוגבה בחצר סגורה בלתי מקורה.
- התקנה בתוך מבנה קל דמוי קיוסק או ארון עשוי מפח או מחומר מבודד.

התקנה בחצר סגורה בלתי מקורה

- הלוח יהיה מדגם משוריין מתאים להתקנה חיצונית, מוגן בפני מים ואבק בדרגה IP55 לפחות.
- הלוח יהיה מוגן ע"י גדר רשת בגובה 1.8 מ' לפחות. המעבר בין הלוח והגדר יהיה 2 מ' לפחות.
- מותקן הלוח על משטח מוגבה, יותקן בחזית הלוח משטח לצורך תפעול וטיפול כשהוא מצויד במעקה בטחון, בעל גובה של 1.2 מ' לפחות.

התקנה במבנה קל

- מותקן הלוח במבנה קל, מותר שהלוח המותקן בתוכו יהיה בדרגת אטימות IP4X ובלבד שהמבנה עצמו יהיה בדרגה IP55.
- עשוי המבנה מפח, הוא יהיה עמיד בפני קורוזיה.
- עשוי המבנה מחומר אחר, הוא יהיה עמיד בפני קרינה אולטרה סגולית. במקרה והלוח מ"ג בנוי ממספר תאים וקיים מעבר פנימי בחזית הלוח המשמש לצורכי תפעול, יהיה רוחבו לפחות 1 מ'.
- נבנה הלוח מ"ג בצורת תאים נפרדים הנפתחים ישירות כלפי חוץ, יהיו הדלתות בחזית כל תא בדרגת אטימות IP55 לפחות.
- המבנה יוגן בפני פגיעות מכאניות וחיזוניות.
- על המבנה יותקנו שלטי זיהוי ואזהרה.
- אוורור המבנה (במידת הצורך), התאורה והשילוט, יבוצעו כמפורט בפרק – קיוסקים.

תחנת טרנספורמציה חיצונית

כללי

- התחנה עשויה להיות מותקנת מתחת לסככה או בחצר מגודרת בלתי מקורה. הציוד המותקן בת"ט חיצונית עשוי לכלול חלקים חיים גלויים (כגון מנתקים, שנאים בעלי חלקים חיים גלויים וכו'), או להיות מסוג מבודד ללא חלקים חיים גלויים.

ת"ט בסככה פתוחה או בחצר בלתי מקורה – ללא חלקים חיים גלויים

לוחות במ"ג

- מותקן לוח במ"ג בת"ט, הוא יהיה מדגם משוריין בדרגת הגנה IP55 לפחות, כשהוא מופרד משאר הציוד ע"י מחיצות רשת.
- המרווחים בין הלוח לבין המחיצות וציוד אחר יהיו כמפורט בפרק לוחות.

שנאים

- שנאים המותקנים בת"ט יהיו מהסוג הטבול בשמן.
- התקנת שנאים תבוצע בהתאם לדרישות המפורטות בפרק שנאים, מותקן שנאי על בור ניקוז כמפורט באיורים 12 או 13, יש לשאוב מעת לעת את המים המצטברים בתוך הבור.
- מותקן שנאי בעל קיבולת שמן העולה על 1000 ליטר, הוא יורחק מקיר מבנה כלשהו במרחק העולה על 3 מ' עבור שנאי עד 10MVA, ועל 5 מ' עבור שנאי עד 40MVA.
- אם הקיר האמור הינו חסין אש למשך 90 דקות לפחות, אזי מותר להקטין את המרווחים האלה, ובלבד שבמקרה של הדלקות השמן לא יגרום הדבר להתפשטות האש בתוך המבנה.
- מותר להתקין שנאי בעל קיבולת שמן עד 1000 ליטר על גג של מבנה תעשייתי בתנאים האלה:
 - המבנה אינו מסווג למבנים המפורטים בפרק שנאים.
 - ההתקנה נעשית תחת סככה מקורה.
 - איסוף השמן נעשה בבור איסוף בתחתית המבנה כשהוא מצויד בכיסוי לשאיבת השמן או המים.
 - ההתקנה מאושרת על-ידי הרשויות לכיבוי אש.

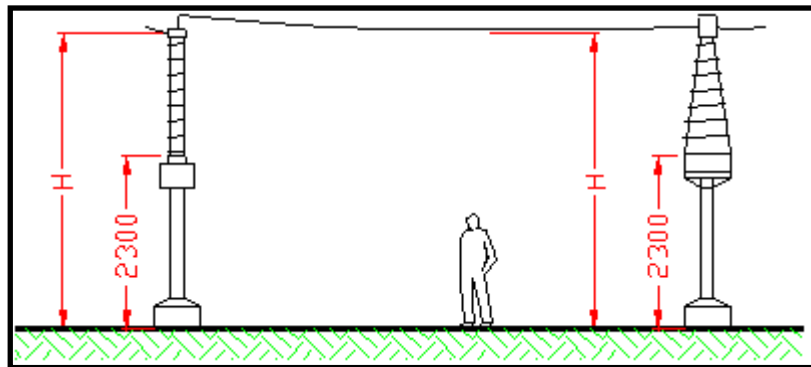
ת"ט בסככה פתוחה או בחצר בלתי מקורה – הכוללת חלקים חיים גלויים

סוג הצידוד

- מותקן בת"ט צידוד במ"ג בעל חלקים חיים גלויים כגון: שנאים, מנתקים, שנאי מדידה, קבלים וכו', הם יהיו מדגם חיצוני (OUTDOOR), מותאמים לתנאי הסביבה.
- המבדדים החיצוניים של הצידוד הנ"ל וכן מבדדי תמיכה או מעבר של חיבורים גלויים במ"ג, יהיו בעלי מרחק זחילה כמפורט בטבלאות, ולגבי שנאים כמפורט בטבלה מס' 10.
- אין להתקין בסככה או בחצר בלתי מקורה שנאים יבשים, אלא אם כן הם בנויים להתקנה חיצונית וקיימות תעודות בדיקה המעידות על כך.

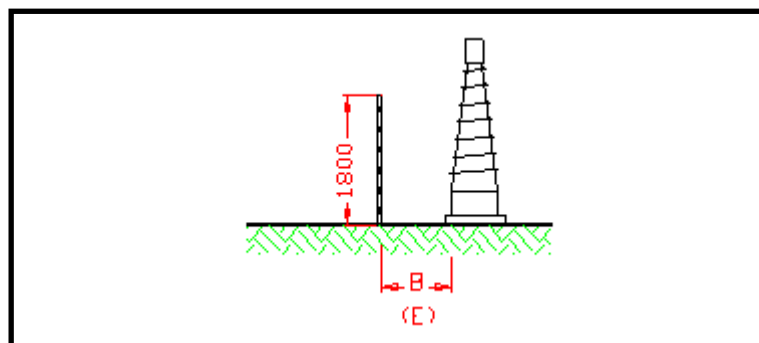
התקנת צידוד

- מותקן בחצר, על הקרקע, שנאי כוח או כל צידוד מ"ג בעל מבדדים אנכיים סמוך למעברים או לשבילי גישה של אנשים ללא מחיצות מגן, יהיה גובה הבסיס של המבדדים מעל פני הקרקע 2300 מ"מ לפחות וגובה "H" של החלקים הגלויים במ"ג.



איור 31: התקנת צידוד מ"ג ללא מחיצות מגן

- למרות האמור לעיל בסעיף הקודם, מותר להתקין מבדדים או חלקים חיים בגובה נמוך יותר בסמוך למעברים או לשבילי גישה ובלבד שהם מוגנים בפני נגיעה ישירה באמצעות מחיצות רשת עד לגובה של 1800 מ"מ לפחות כשהם נמצאים במרחק מינימלי.



איור 32: התקנת צידוד מ"ג עם מחיצות מגן

טבלה 12 : מרחקים מינימאליים ומרחקי זחילה

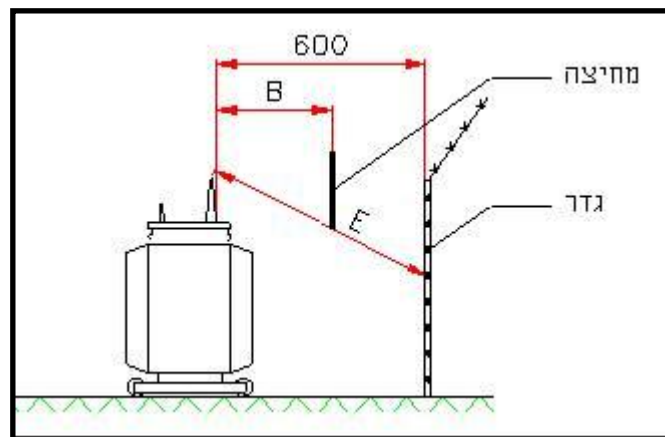
סמל	ת א ו ר	מרחקים בהתאם למתח הרשת במ"מ		
		12.6 ק"ו	22 ק"ו	33 ק"ו
H	גובה מינימאלי של חיבורים גלויים במ"ג בלתי מוגנים מעל מעברים	2600	2600	3000
B	מרחקים מינימאליים בין חיבורים גלויים במ"ג המותקנים בגובה H (כולל פסי צבירה) ובינם לבין חלקים מאורקים כולל מחיצות	400	400	400
E	מרחקים מינימאליים בין חלקים חיים שנמצאים בגובה פחות מ-2600 מ"מ לבין גדר הרשת	1660	1720	1820
L	מרחקי זחילה של מבדדים	450	800	1050

חתך החיבורים במ"ג (כולל פסי צבירה גלויים) והמרחק בין הפזות יתאימו לתנאי עמידה בזרמי קצר תרמי ודינאמי.

גידור תחנת טרנספורמציה

מותקן הציוד בחצר מגודרת בלתי מקורה, יש להתקין מסביב גדר בגובה 2.3 מ' לפחות, מהם 1.8 מ' רשת והשאר גדר תיל.

המרחק המינימאלי (E) בין רשת הגדר לבין חלקים גלויים יהיה כמפורט בטבלה מס' 12. מותקנות מול החלקים החיים מחיצות מלאות מחומר מבודד או מפת, ניתן להקטין את המרחק עד 600 מ"מ ובלבד שהמרחק באלכסון (E) יישאר כמפורט בטבלה מס' 12.



איור 33: התקנת ציוד מ"ג במרחק מוקטן מול הגדר

3.4 רשת עילית במתח גבוה

ציוד מ"ג מותקן על עמודי רשת

סוגי הציוד

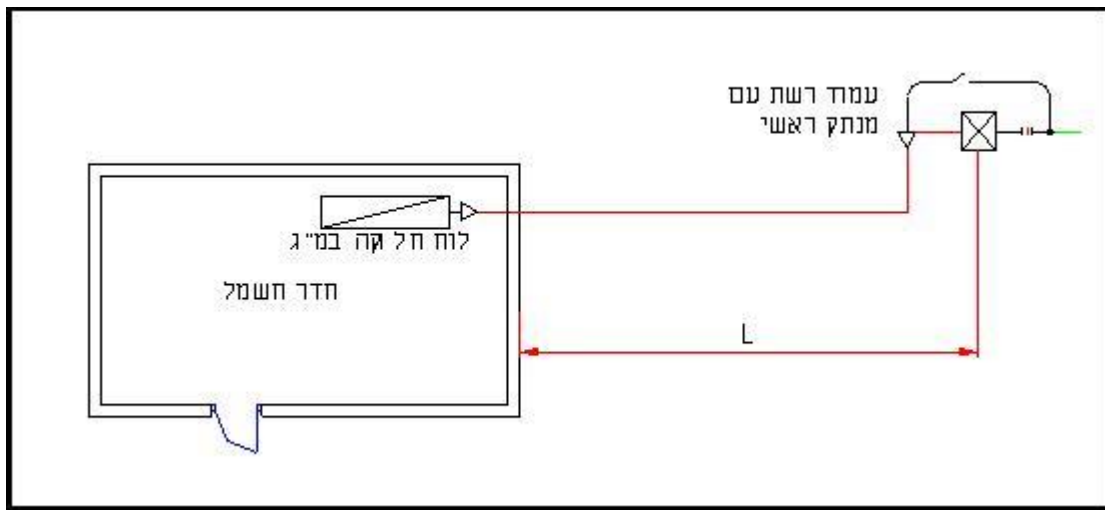
הציוד במ"ג המותקן על עמודי רשת עשוי להיות אחד מאלה:

- מנתקים.
- מפסקי זרם.
- שנאים.
- מגני ברק.

הציוד יעמוד בדרישות הכלליות והמפורטות בחוברת זו.

התקנת מנתקים

- המנתק יותקן בצורה אנכית או אופקית עפ"י הוראות היצרן.
- מצויד המנתק במנגנון הפעלה ידני, הוא יותקן כך שידית ההפעלה פותחת את המנתק במצב "למטה" וסוגרת אותו במצב "למעלה". ידית ההפעלה תצויד במנגנון נעילה בשני המצבים.
- מצויד המנתק במנגנון הפעלה מרחוק, יש להתקין עליו את ההתקנים הבאים:
 - מראה מצב חשמלי/או מכני
 - מערכת נעילה מכאנית במצב פתוח.
- מותקן מנתק ראשי של צרכן במ"ג על עמוד חח"י, הוא יצויד במנעול בעל שני מפתחות, אחד עבור הצרכן ואחד עבור חח"י.
- מותקן מנתק ראשי על עמוד בטור עם לוח חלוקה במ"ג של צרכן והוא משמש לצורך ניתוק הלוח בכללותו בעת ביצוע עבודות בלוח האמור, יותקן העמוד במרחק אשר לא יעלה על 20 מ'.



איור 34: דוגמה למרחק בין מנתק על עמוד לבין חלוקה במ"ג

למרות האמור לעיל, ניתן להגדיל את המרחק בתנאים שיאושרו ע"י מהנדס המחוז של חח"י

- הנאמר לגבי מנתק ראשי על עמוד, המשמש לניתוק של לוח מ"ג המותקן בתוך מבנה, חל גם על ניתוק של שנאי כח המותקן בתוך מבנה (אם לא קיים אמצעי ניתוק אחר הנמצא קרוב לשנאי האמור).

התקנת מפסק זרם (מפ"ז) על עמוד

- התקנת מפ"ז על עמוד המשמש כמפסק ראשי של צרכן מותנית באישור מהנדס המחוז של חח"י.
- מותקן מפסק זרם על עמוד הוא יהיה מדגם חיצוני (OUTDOOR) מותאם לתנאי הסביבה.
- בטור עם המפ"ז, לפניו – מכיוון הזינה יותקן מנתק.
- מצויד המפ"ז בלוח פיקוד המיועד להפעלה חשמלית ולהגנות, הוא יותקן בקרבת העמוד בתוך ביתן.

התקנת שנאים

- התקנת שנאי על עמוד תבוצע מבחינה קונסטרוקטיבית עפ"י הדוגמאות הקיימות בחברת החשמל.
- מותר להתקין על עמוד אחד עד 2 שנאים בהספק שלא עולה על 630 קו"א כל אחד.

קווי מ"ג עיליים

חתך התילים

- חתך וסוג התילים של קו מ"ג עילי בחצרי הצרכן יהיו זהים לאלה של קו הזינה של חח"י המגיע לעמוד שעליו מותקן המנתק הראשי של הצרכן.

4. התקנת כבלים במ"ג ואבזריהם

- הכבלים עיבודם, והתקנתם יתאימו לכל דרישות שבתקנות חשמל "התקנת כבלי חשמל במתח גבוה", יהיו מהדגם שאושר ע"י החברה ויענו לדרישות הטכניות לגבי עמידה במתח יתר וזרם קצר.
- כבל במ"ג המחובר בין מיכל המדידה במ"ג או בין תא מדידה במ"ג עם שנאי מתח יבשים או בין מנתק ראשי של הצרכן לבין המפסק הראשי במ"ג של הצרכן, יהיה בעל נתונים טכניים מינימאליים כדלקמן:

טבלה 13: חתך כבלים

33	22	12.6	מתח נומינלי של הרשת (kV)		
26/45	18/30	12/20	מתח נומינלי של הכבל (kV)		
8.5	12.5	16	זרם קצר תרמי למשך 1" (kA)		
95	95	120	Cu	בידוד XLPE	חתך מינימלי (ממ"ר)
95	120	150	Al		

- מותקן כבל במ"ג אחרי המפסק הראשי של הצרכן, הוא יהיה בעל מתח נומינלי לפי הרשום בטבלה מס' 13.
- החתך המינימאלי של הכבל ייחשב עפ"י עמידתו התרמית בזרם העומס ובזרם הקצר בהתאם לנתונים הטכניים של המתקן, אך לא פחות מ-50 ממ"ר – נחושת או 70 ממ"ר – אלומיניום.

בחירת כבל מ"ג בהתקנה תת-קרקעית או אווירית, עבור רשת/מתקן חשמלי חדש/ה

ההעמסה המירבית המותרת לכבלים נקבעה לפי תקן גרמני VDE-0298, חלק 2 והותאמה לתנאי

העבודה המקומיים כדלקמן :

- טמפרטורה מירבית של המוליך 90°C .

- טמפרטורת קרקע בהתאם למיקום ההתקנה 30°C או 35°C .

- טמפרטורת אוויר בהתאם למיקום ההתקנה 35°C או 40°C .

כאשר מגדירים אזור "א"-בעל טמפרטורת קרקע של 30°C או טמפרטורת אוויר של 40°C , הכולל את כל אזורי הארץ, למעט אלה הנכללים באזור "ב".

אזור "ב"-בעל טמפרטורת קרקע של 35°C או טמפרטורת אוויר של 45°C , הכולל את סביבת הכנרת, בקעת הירדן, סביבת ים המלח והערבה, לרבות אזור אילת.

- מקדם העמסה - 70%.

- התנגדות הטרמית של האדמה 1.5°Km/W , 2.5°Km/W .

- עומק ההטמנה של הכבלים 85 ס"מ.

סוגי הכבלים הסטנדרטיים לפי הפירוט הבא :

א. כבלים חד פזיים בחתך 1×150 ממ"ר ו- 1×300 ממ"ר על פי מפרט הרשת הארצית- "כבלים למתח גבוה 18/30 ק"ו".

יעוד כבלים אלה הוא :

- לרשתות תת-קרקעיות במתח 13.2 ק"ו ו- 24 ק"ו.
 - לרשתות תת-קרקעיות במתח 33 ק"ו, המוזנות משנ"ג עם נקודת אפס מאורקת בקשיחות (ישירות) ושאינן כוונה להעביר שנ"ג זה לעבודה עם סליל פטרסון.
- ב. כבלים חד פזיים בחתך 1×95 ממ"ר ו- 1×240 ממ"ר על פי מפרט הרשת הארצית "כבלים למתח גבוה 26/45 ק"ו".

יעוד כבלים אלה הוא לרשתות תת-קרקעיות במתח 33 ק"ו, מוארקות באמצעות סליל פטרסון. כאשר מתקינים כבל העובר לאורכו בקרקעות בעלות התנגדויות תרמיות סגוליות משתנות, יש להביא בחישוב הזרם המותר, את המצב הגרוע ביותר של ההתנגדות הטרמית הסגולית של הקרקע, שנמצא לאורך התוואי.

טבלה 14 : התנגדות הטרמית הסגולית של האדמה -לפי תקנות החשמל

מס'	א. סוג הקרקע	גבולות ההתנגדות הטרמית הסגולית $^{\circ}\text{K m/W}$
1	חול ים עדין	$0.7 \div 1$
2	אדמה חומה	$1 \div 1.5$
3	אדמת גיר או סלע גיר	$0.7 \div 1$
4	אדמת מילוי עם אבנים (קוטר מעל 10 ס"מ)	$4 \div 5$
5	אדמת מילוי עם אבנים קטנות (קוטר עד בערך 5 ס"מ)	$1.5 \div 2$
6	אדמה חומה עם סלע	$1.2 \div 2$
7	אדמה חוורית אפורה יבשה (עמק הירדן)	$1.2 \div 2$
8	אדמה שחורה	$0.8 \div 1.2$
9	אדמת לס	$1 \div 1.2$
10	אדמת מילוי - לס ואבנים	$1.2 \div 2.5$

בטבלאות הבאות מפורטים הזרמים המרביים בכבל תת קרקעי :

עבור כבלים למתח 18/30 ק"ו

כבלים מותקנים באדמה בטמפרטורה (30°C)

חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$	
		1.5	2.5	1.5	2.5
1x150	נחושת	426	348	414	337
1x300	נחושת	601	486	601	485

כבלים מותקנים באדמה בטמפרטורה 35°C

חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$	
		1.5	2.5	1.5	2.5
1x150	נחושת	408	333	397	322
1x300	נחושת	575	465	575	464

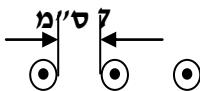
כבלים מותקנים באוויר בטמפרטורה 35°C

חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$	
		1.5	2.5	1.5	2.5
1x150	נחושת	492	407	492	407
1x300	נחושת	731	613	731	613

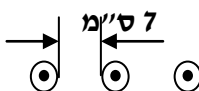
כבלים מותקנים באוויר בטמפרטורה 40°C

חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^{\circ}\text{Km/W}$	
		1.5	2.5	1.5	2.5
1x150	נחושת	463	380	463	380
1x300	נחושת	687	572	687	572

כבלים מותקנים באדמה בטמפרטורה (30°C)

חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
					
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$	
		1.5	2.5	1.5	2.5
1x95	נחושת	335	277	325	267
1x240	נחושת	541	441	534	435

כבלים מותקנים באדמה בטמפרטורה 35°C

חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
					
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$	
		1.5	2.5	1.5	2.5
1x95	נחושת	321	265	311	256
1x240	נחושת	518	423	512	416

כבלים מותקנים באויר בטמפרטורה 35°C

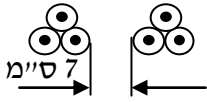
חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
					
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$	
95	נחושת	355		316	
240	נחושת	605		542	

כבלים מותקנים באויר בטמפרטורה 40°C

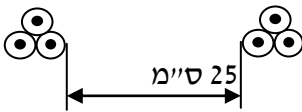
חתיך (ממ"ר)	מוליך	זרם מירבי (א')		זרם מירבי (א')	
					
		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$		התנגדות טרמית סגולית של הקרקע $^0\text{Km/W}$	
95	נחושת	331		295	
240	נחושת	567		506	

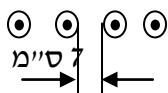
התקנת כבלים למתח גבוה בהנחה תת-קרקעית

במקרה של הנחה תת-קרקעית של מספר מערכות תלת-פזיות של כבלים חד-גידיים יש להכפיל את הנתונים שבסעיפים הקודמים במקדם א'.
שיטת הנחה :

<u>מקדם א'</u>		<u>מספר מערכות</u>
1		1
0.85		2
0.75		3
0.7		4
0.66		5
0.63		6
0.59		8
0.56		10

שיטת הנחה :

<u>מקדם א'</u>		<u>מספר מערכות</u>
1		1
0.89		2
0.82		3
0.78		4
0.75		5
0.73		6
0.7		8

<u>מקדם א'</u>		<u>מספר מערכות</u>
1		1
0.87		2
0.77		3
0.73		4
0.7		5
0.68		6
0.65		8
0.63		10

חיבורים

- החיבור בין מוליכי כבלים יבוצעו ע"י מופות תקניות המתאימות לסוג הכבל למתח המרבי של הרשת ולמקום התקנתם.
 - על קצוות הכבל יותקנו סופיות כבלים תקניות המתאימות לסוג הכבל למתח המרבי של הרשת ולהדקי הצידוד.
 - מותקנות סופיות כבלים מדגם "ELBOW" או "T" המשמשות לחיבור כבל ללוח חשמל במ"ג קומפקטי והן בעלות עטיפת בידוד חצי מוליך – מאורק, מותר להתקינן בחזית הלוח.
 - מותקנות סופיות כבלים כנ"ל בעלות עטיפת בידוד בלתי מאורקת, אין להתקינן בחזית של לוח מ"ג אלא אם כן הן מכוסות ע"י מכסה חזיתי מתאים.
 - יותקן חיגור חשמלי שימנע חיבור הלוח תחת מתח אלא אם כן המכסה החזיתי האמור מותקן במקומו ולהיפך, ניתוק המתח יחד עם פירוק המכסה.
 - התקנת סופיות כבלים נשלפות בתאי כניסה או יציאה של לוח מ"ג, מותנית בקיום מנתקי הארקה בתוך התאים, אשר יחייבו הארקה המהדקים שאליהם מחוברות הסופיות, לפני שליפתן.
- התקנת כבל מ"ג על תיל נושא

- ההתקנה מותרת רק לכבלים המיועדים לכך (תא"מ) ברשת עילית מבודדת.

5. הארקות

הארקת עמודי מ"ג בחצרי צרכנים

- קיימים בחצרי הצרכן קווים עיליים במ"ג הניזונים מרשת מ"ג של חברת החשמל, יש להאריק את העמודים במ"ג באמצעות תיל הארקה שיותקן לאורך הקווים.
- מוזנים הקווים ממרכזיית מ"ג פנימית של הצרכן, יחובר תחילתו של כל תיל הארקה מכיוון הזינה, למערכת ההארקה של המרכזייה.
- מוזן קו מרשת חח"י ללא מרכזיה (באמצעות מנתק עומס או מפסק זרם מותקן על עמוד), תחובר תחילתו של תיל ההארקה לתיל ההארקה של הרשת המזינה.
- תיל ההארקה יהיה זהה מבחינת מבנהו ושטח החתך לתילי הפאזות.
- שטח החתך המרבי יהיה 95/15 Al/St ממ"ר בקווים בעלי תילי אלומיניום/פלדה ו-Cu-70 ממ"ר בקווים בעלי תילים מנחושת.
- התנגדות ההארקה השקולה של כל העמודים במ"ג המחוברים גלונית למערכות ההארקה של מתקני מ"ג אחרים בחצרי הצרכן, לא תעלה על 20 אוהם.
- קיימים בחצרי הצרכן עמודי מ"ג מתכתיים הנמצאים בקרבת מקומות בעלי הסתברות גבוהה להמצאות או למעבר קהל רב של אנשים כגון: בריכות שחייה, חדרי אוכל, גני ילדים, מגרשי ספורט, כניסה למבנים תעשייתיים וכו', יש לנקוט באחד האמצעים הבאים:
 - להתקינן סביב לעמוד משטח מבודד בר קיימא עשוי משכבת בטון או חצץ מהודק בעובי של 10 ס"מ מכוסה בשכבת אספלט בעובי של לפחות 3 ס"מ או לחלופין משכבת אבן משולבת.
 - המשטח הנ"ל יעקוף את העמוד במרחק היקפי של לפחות 1 מ'.
 - להתקינן מסביב לעמוד במרחק היקפי של 1 מ', טבעת הארקה משווה פוטנציאלים, טמונה באדמה בעומק של 0.8 מ', עשויה ממוליך נחושת גלוי בעל שטח חתך של 35 ממ"ר לפחות. הטבעת תחובר לבורג הארקה שיותקן על אחד מרגלי העמוד בגובה של 0.5 מ' מעל פני הקרקע.

- מותקן ציוד מ"ג על עמוד מ"ג כגון: מנתקים מפסקי זרם, שנאים, כלאי ברק, סופיות כבלים וכו', הוא יאורק כדלקמן:

- עשוי העמוד ממתכת או בטון, יאורק הציוד לבורג הארקה שיימצא בחלקו העליון של העמוד, קרוב לתמיכה המתכתית של הציוד, באמצעות מוליך הארקה מנחושת גלוי ושזור בחתך של 70 ממ"ר לפחות.
- עשוי העמוד מעץ, יוארק הציוד לתיל ההארקה באמצעות מוליך הארקה כמפורט לעיל.
- מיוצב עמוד מ"ג העשוי מבטון או עץ באמצעות עוגנים, יש לבדוד אותם מגוף העמוד באמצעות מבדדי מתיחה של 10 ק"ו לפחות, שיותקנו בגובה במרחק של 1 מ' ממקום חיזוקו של כל עוגן לעמוד.
- גובה התקנת המבדד יהיה 5 מ' לפחות מעל פני הקרקע, אם העוגן מעוגן באדמה, ו-3 מ' לפחות אם הוא מעוגן בקיר של מבנה.

הארקת כבלי מ"ג תת-קרקעיים

- הארקת כבל תת-קרקעי במ"ג תבוצע באחת מהשיטות הבאות:
 - מאורק סיכוך הכבל בצד אחד בלבד, יבודד קצהו השני. לכל אורכו של הכבל יש להטמין מוליך הארקה שזור וגלוי מנחושת בחתך של 35 ממ"ר לפחות, אשר יחובר בשני צידיו לאלקטרודת הארקה.
 - האלקטרודה יכולה להיות: גוף של עמוד מ"ג מאורק, תיל הארקה עילי, הארקת יסוד של מבנה, אלקטרודת הארקה מיוחדת וכו'.
 - מאורק סיכוך הכבל בשני צידיו, ישמש סיכוך הכבל כמוליך הארקה, ובלבד שחתכו יהיה 16 ממ"ר לפחות.
 - מונח מוליך ההארקה לאורכו של כבל מ"ג, אין לחבר אליו ישירות את סיכוך הכבל בשני צידיו, אלא אם הוכח שהדבר אינו גורם להפחתה משמעותית בזרם ההעמסה המותר של הכבל.
- האורך המרבי של כבל מ"ג שמותר להאריק בצד אחד בלבד, יהיה כדלקמן:

<u>אורך</u>	<u>שטח החתך (ממ"ר)</u>
120	1x50
65	1x95
40	1x150
20	1x300

- התנגדות ההארקה השקולה של הקווים במ"ג תת-קרקעיים או מעורבים בחצרי הצרכן, לא תעלה על 20 אוהם.

הארקת תחנות טרנספורמציה

תנאים כלליים

הארקת תחנות הטרנספורמציה תבוצע בהתאם לתנאים המפורטים להלן, באחת משתי השיטות הבאות:

א. הארקה משותפת אשר פירושה חיבור של השיטה בשנאי ושל הגוף המתכתי שלו לאלקטרודה אחת משותפת.

ב. הארקה נפרדת אשר פירושה חיבור של השיטה בשנאי ושל הגוף המתכתי שלו לשתי אלקטרודות נפרדות.

ההארקה המשותפת תבוצע בכל ת"ט המוזנת מקו מ"ג בעל האפיונים הבאים:

- קו עילי במ"ג – שתחילתו משנאי בתחמ"ש אשר מאורק באמצעות סליל פטרסן, שנאי הארקה, נגד, או סליל הארקה.

- קו תת-קרקעי – שתחילתו בתחמ"ש או בתחנת מיתוג של חברת החשמל. מוזנת ת"ט מרשת 33 ק"ו המאורקת בקשיחות כשהקו המזין את תה"ט הינו מסוג עילי או מעורב עילי/תת קרקעי, תבוצע ההארקה כדלקמן:

א. נמצא השנאי והלוח הראשי במ"ג המוזן ממנו במבנה אחד, והלוח האמור מזין מתקני צרכנים באותו המבנה ו/ או במבנים אחרים, תבוצע שיטת ההארקה המשותפת.

ב. נמצא השנאי במבנה אחד והלוח הראשי שלו במבנה אחר, כשהמרחק הקרוב ביותר בין הארקות היסוד של שני המבנים אינו עולה על 20 מטר, תבוצע גם כן שיטת ההארקה המשותפת.

ג. במקרה ובמבנה האמור שבו נמצא הלוח הראשי במ"ג אין הארקת יסוד, תבוצע מערכת השוואת פוטנציאלים כנדרש בתקנות החשמל.

ד. בשאר המקרים תבוצע שיטת ההארקה הנפרדת כמפורט.

ה. בת"ט שבהן תיושם ההארקה המשותפת, לא תעלה התנגדות ההארקה השקולה של מערכת ההארקה במ"ג במקביל להארקת השיטה של השנאים ושל הקווים במתח נמוך מעל 2 א"והם.

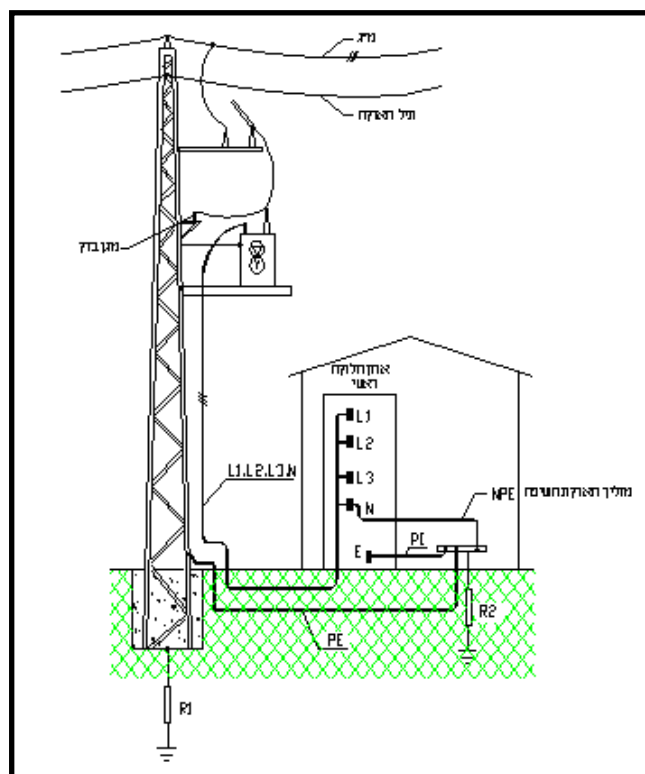
ו. בת"ט שבהן תיושם ההארקה הנפרדת, לא תעלה ההתנגדות השקולה בצד מ"ג על 20 א"והם.

ז. התנגדות הארקת השיטה של השנאים בצד מ"ג תהיה בהתאם לנדרש בתקנות החשמל.

ביצוע הארקה המשותפת בת"ט

שנאי מותקן על עמוד מ"ג (ת"ט חיצונית)

- א. מזין השנאי לוח ראשי במ"י המותקן במבנה סמוך, תבוצע הארקת השיטה של השנאי ע"י חיבור פס האפס N שבלוח האמור לפס השוואת הפוטנציאלים של המבנה (פה"פ) (ראה איור מס' 35).
- מוליך הארקת השיטה (N-PE) יהיה בצבע צהוב-ירוק, בעל שטח חתך בהתאם לתקנות החשמל.
- ב. פה"פ של המבנה יחובר ע"י מוליך ההארקה לרגל העמוד שעליו מותקן השנאי.
- ג. מותקן השנאי על עמוד מתכתי, יאורק גוף השנאי בדרך הקצרה ביותר לחלקו העליון של העמוד.
- ד. התנגדות ההארקה השקולה של יסוד העמוד ביחד עם תילי ההארקה של הקו מ"ג, בעוד שמוליך הארקת השיטה מנותק מפס האפס, לא תעלה על 20 אוהם.
- ה. ההתנגדות השקולה הנ"ל יחד .



איור 35: דוגמת שנאי מותקן על עמוד מ"ג המזין לוח ראשי מ"נ פנימי

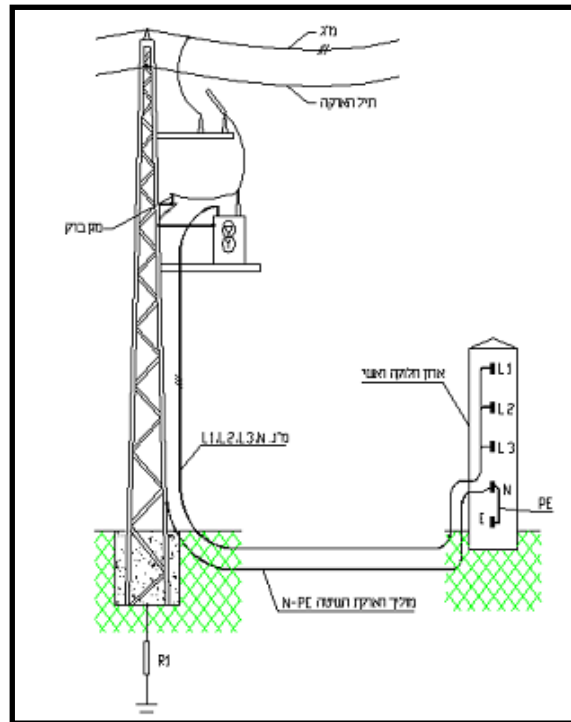
ביצוע הארקה המשותפת

$$R1 \leq 20\Omega = \text{התנגדות ההארקה השקולה של העמוד ושל תיל ההארקה של הקו מ"ג המזין.}$$

R2 = התנגדות ההארקה של המבנה שבו נמצא הלוח הראשי.

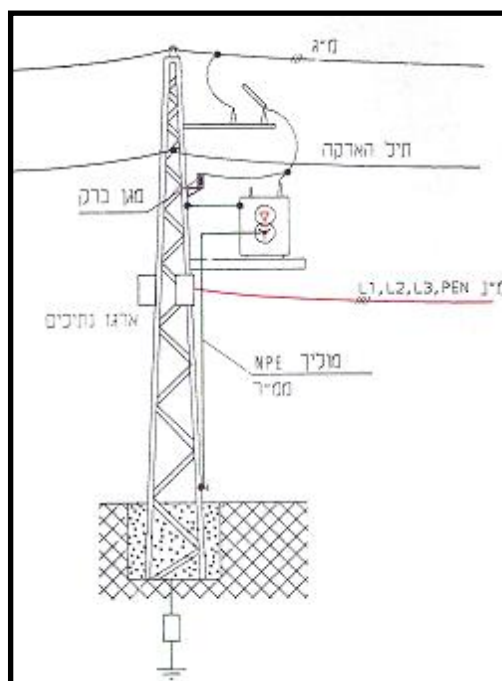
ההתנגדות השקולה של R1 ו-R2 לא תעלה על 2 אוהם.

- ו. מזין שנאי פילר ראשי חיצוני שממנו מסתעפת רשת מ"ג של הצרכן, תבוצע הארקה השיטה ע"י חיבור מוליך (N-PE) בין פס האפס של הלוח הראשי לבין בורג ההארקה הנמצא לרגלי העמוד (ראה איור מס' 36).



איור 36: דוגמה שנאי מותקן על עמוד מ"ג המזין ארון חלוקה (פילר) חיצוני ביצוע הארקה משותפת

- $R1 \leq 2\Omega$ = ההתנגדות השקולה של העמוד ושל תיל ההארקה של הקו המזין במ"ג.
 ז. התנגדות ההארקה השקולה של העמוד יחד עם תילי ההארקה של הקו במ"ג, לא תעלה על 2 אוהם.
 ח. מזין שנאי רשת מ"ג עילית תבוצע הארקה השיטה ע"י חיבור מוליך N-PE לבורג הארקה הנמצא לרגלי העמוד (ראה איור).



איור 37: דוגמת שנאי מותקן על עמוד מ"ג המזין רשת מ"ג עילית ביצוע הארקה המשותפת

ביצוע הארקה בת"ט פנימיתאלקטרודת ההארקה של התחנה

א. מותקנת הת"ט במבנה אשר קיימת בו הארקה יסוד, היא תשמש כאלקטרודת ההארקה של התחנה.

ב. מותקנת התחנה במבנה שאין בו הארקה יסוד, יש להתקין מערכת אלקטרודות מקומית מחוץ למבנה והיא תשמש כאלקטרודת ההארקה של התחנה.

ג. ממוקמת הת"ט בתוך מבנה ישן יותקן פס הארקה שיחובר למערכת האלקטרודות החיצוניות באמצעות שני מוליכי הארקה לפחות.

פס השוואת הפוטנציאלים (פה"פ) ופס ההארקה של התחנה

א. ממוקמת התחט"פ במבנה חדש, יותקן פס השוואת הפוטנציאלים (פה"פ) או פס ההארקה באחד מחדרי התחנה, בדרך כלל בחדר שבו נמצא הלוח הראשי במ"נ.

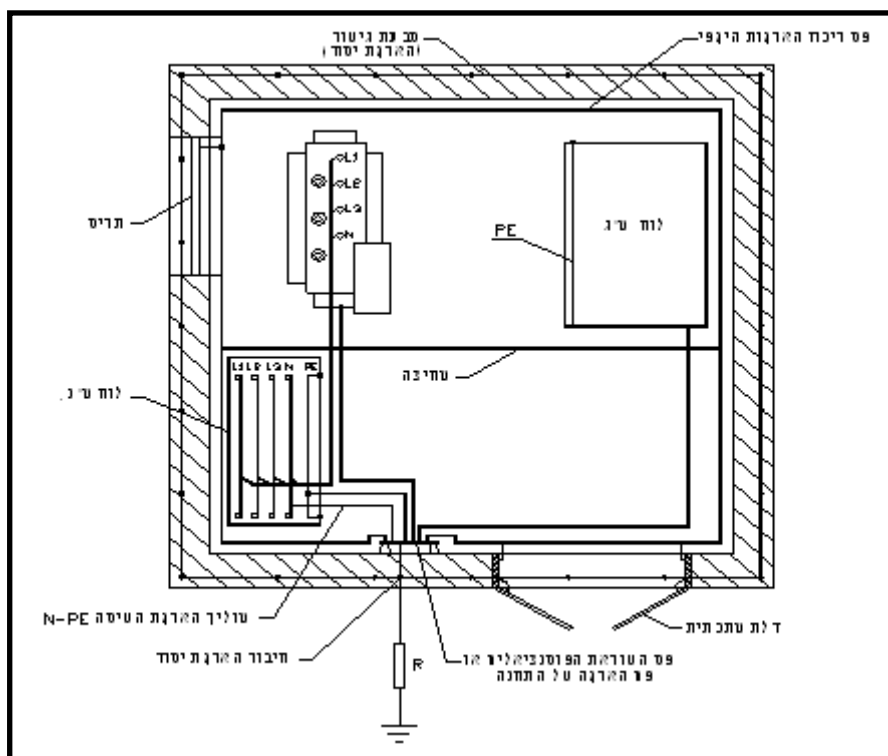
ב. נמצאת התחנה במפלס התחתון של המבנה, קרובה להארקה היסוד, ישמש פה"פ של התחנה כפה"פ ראשי של המבנה כולו.

ג. נמצאת התחנה במפלס המבנה, רחוק מעל מפלס הארקה היסוד, היא תחובר למקור הארקה של המבנה באחת מהשיטות הבאות:

- ע"י חיבור לזיון היסוד בקרבת מיקום הפה"פ – אופציה מעודפת.
- ע"י חיבור של פה"פ שבתחט"פ לפה"פ של המבנה באמצעות פס מגולוון או מוליך נחושת בחתך של 150 ממ"ר לפחות וזאת כאשר לא ניתן לחבר את הפה"פ של תחט"פ ישירות לזיון המבנה.
- פס הארקה זה ישמש כפס משווה פוטנציאלים עבור הארקה השיטה והארקה ההגנה של הצידוד החשמלי במ"נ ובמ"ג.
- ד. ממוקמת התחט"פ במבנה קיים עם פה"פ קיים, יותקן באחד מחדרי התחנה פס הארקה אשר ישמש כפס משווה פוטנציאלים עבור הארקה השיטה ועבור הארקה ההגנה של הצידוד החשמלי במ"נ ובמ"ג.
- ה. הפס האמור יחובר ליציאת הארקות היסוד (קוץ) התקנית הקרובה ביותר וגם לפה"פ של המבנה באמצעות מוליך מבודד בעל צבע צהוב-ירוק.
- ו. מבנה פס ההארקה של ת"ט יהיה בהתאם לנדרש בתקנות החשמל לגבי "פס השוואת הפוטנציאלים".
- ז. הפס יותקן קרוב ככל האפשר ללוח הראשי במ"נ של התחנה במקום נוח לגישה.

יישום ההארקה המשותפת

- נמצא הלוח הראשי במ"נ של שנאי חלוקה בתוך הת"ט, יחובר פס האפס "N" של הלוח לפה"פ או לפס ההארקה של התחנה ע"י מוליך הארקת השיטה (N-PE).
- הלוח הראשי יצוייד בפס הארקה "PE" אשר יאורק בנפרד לאותו פה"פ או לפס ההארקה של התחנה.
- המוליך "N" המחובר בין הדק האפס של השנאי לבין פס האפס בלוח הראשי, יהיה זהה בסוגו ובחתיכו למוליכי הפאזות.
- מוליך הארקת השיטה הראשי (N-PE) יהיה בהתאם לנדרש בתקנות החשמל (ראה איור מס').



איור 38: דוגמת תחט"פ עם שנאי ולוח ראשי מותקנים בחדר אחד

ביצוע הארקה משותפת

$$R \leq 20\Omega = \text{ללא המוליך N-PE}$$

$$R \leq 2\Omega = \text{עם המוליך N-PE מחובר}$$

הערה: הדוגמה שבאיור זה חלה גם על המקרים שבהם הלוח הראשי במ"נ נמצא בחדר נפרד מהשנאי

- נמצאים בת"ט יותר משנאי חלוקה אחד, יבוצעו החיבורים הנ"ל לפי סעיף משנה א' לעיל עבור כל אחד מהשנאים בנפרד.
- נמצא הלוח הראשי של שנאי חלוקה מחוץ למבנה של הת"ט (פילר) תבוצע הארקת שיטה של שנאי חלוקה ע"י חיבור ישיר של מהדק "N" (אפס) של השנאי ללפס הארקות של התחנה. הערה: ניתן לחבר את האפס של השנאי לפס הארקות גם דרך פס האפס של תחט"פ.
- נמצאים במבנה שבו מותקנת ת"ט לוחות חלוקה משניים, אין לבצע בהם חיבורי איפוס בנוסף לאיפוס שבוצע בלוח הראשי.
- פסי ההארקה של הלוחות המשניים יחוברו במישרין או בעקיפין לפה"פ או לפס ההארקה של הת"ט שממנה הם ניזונים (ראה איור מס').
- נמצאים לוחות חלוקה משניים בחצרי הצרכן במבנים אחרים ממבנה הת"ט, מותר לבצע בהם איפוס נוסף להארקת השיטה בכפוף לתנאים המפורטים בתקנות החשמל.

התנגדות הארקה

א. מוזנת התחט"פ מרשת מ"ג שאינה מאורקת בקשיחות, לא תעלה ההתנגדות השקולה למסה הכללית של האדמה מעל הערכים האלה:

- 20 אוהם: התנגדות אלקטרודת הארקה של מבנה הת"ט (הארקת היסוד) הנמדדת על ה"קוץ" של טבעת הגישור כשפס ההארקה יחד עם כל מוליכי ההארקה מנותקים ממנו.

- 2 אוהם: כשפס ההארקה מחובר לאלקטרודת התחנה וכשכל מוליכי ההארקה מחוברים לפס הארקה כולל מוליך הארקת השיטה.

ב. מוזנת התחט"פ מרשת מ"ג המאורקת בקשיחות ומבצעים בה את ההארקה המשותפת, לא תעלה ההתנגדות הנמדדת בין פס ההארקה למסה הכללית של האדמה מעל הערכים המפורטים בסעיפים לעיל.

ג. מתבצעת שיטת הארקה הנפרדת, תהיה התנגדות ההארקה בהתאם למפורט

חיבורי הארקת הגנה

א. הארקת הגופים המתכתיים כולל פסי הארקה של לוחות מ"ג, תבוצע באחת מהשיטות הבאות:

1. חיבורי הארקה רדיאליים לפס הארקה עבור כל גוף וגוף מתכתי בנפרד.

2. התקנת פס ריכוז הארקות היקפי שיחבר את הגופים המתכתיים במקביל.

3. חיבורים מעורבים כנ"ל.

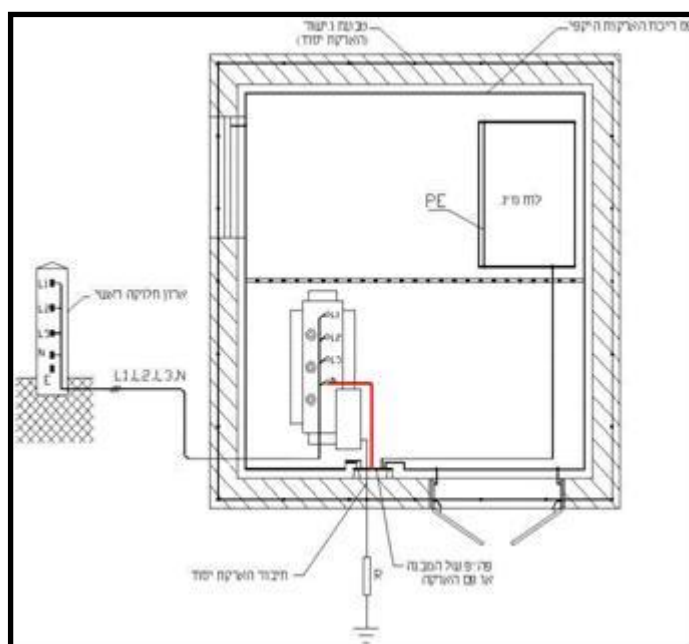
ב. מותקן בתחט"פ פס ריכוז הארקות היקפי, הוא יהיה אחד מאלה:

1. פס פלדה מגולוון בעובי של 3.5 מ"מ לפחות ושטח חתך של 100 מ"מ² לפחות.

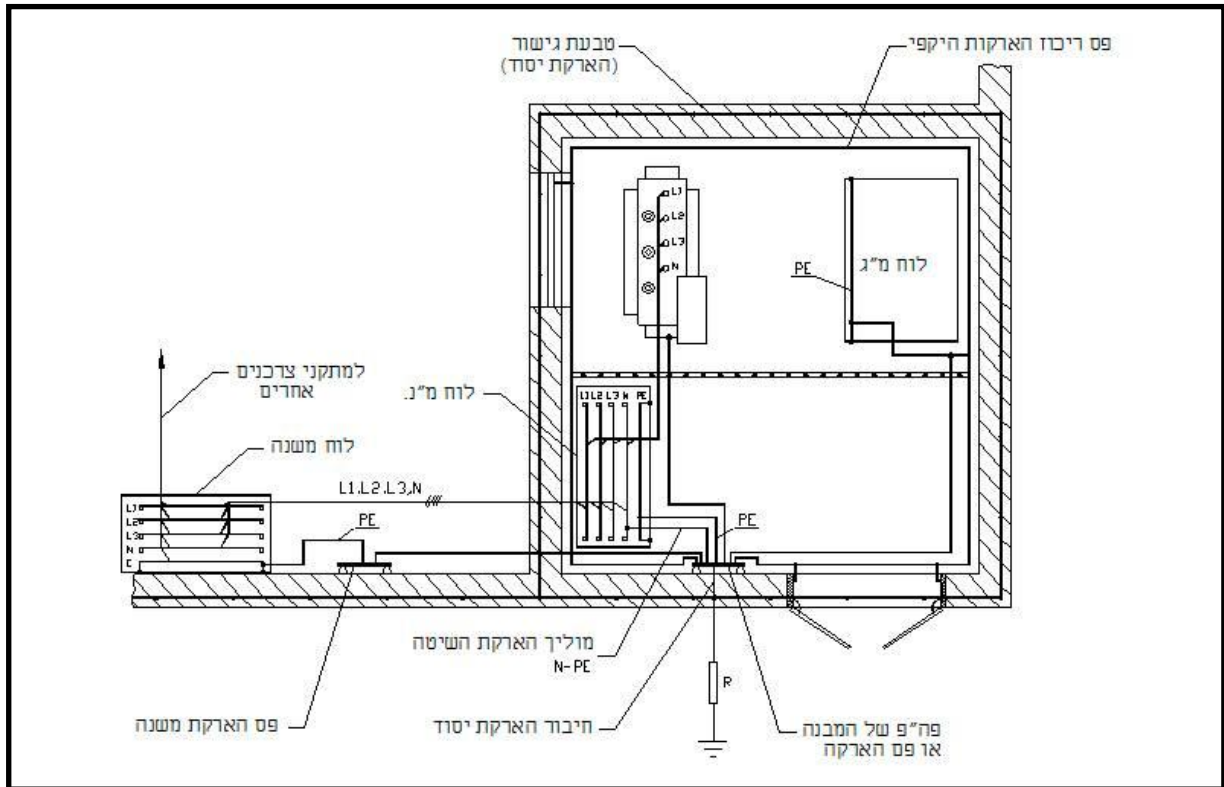
2. מותר להשתמש במשקופי פלדה של חלונות ודלתות מתכתיים כחלק מפס הפלדה, ובתנאי שתובטח רציפות חשמלית ע"י ריתוך.

3. פס נחושת או סגסוגת המכילה לפחות 50% נחושת בעובי של 4 מ"מ לפחות ושטח חתך של 160 מ"מ² לפחות.

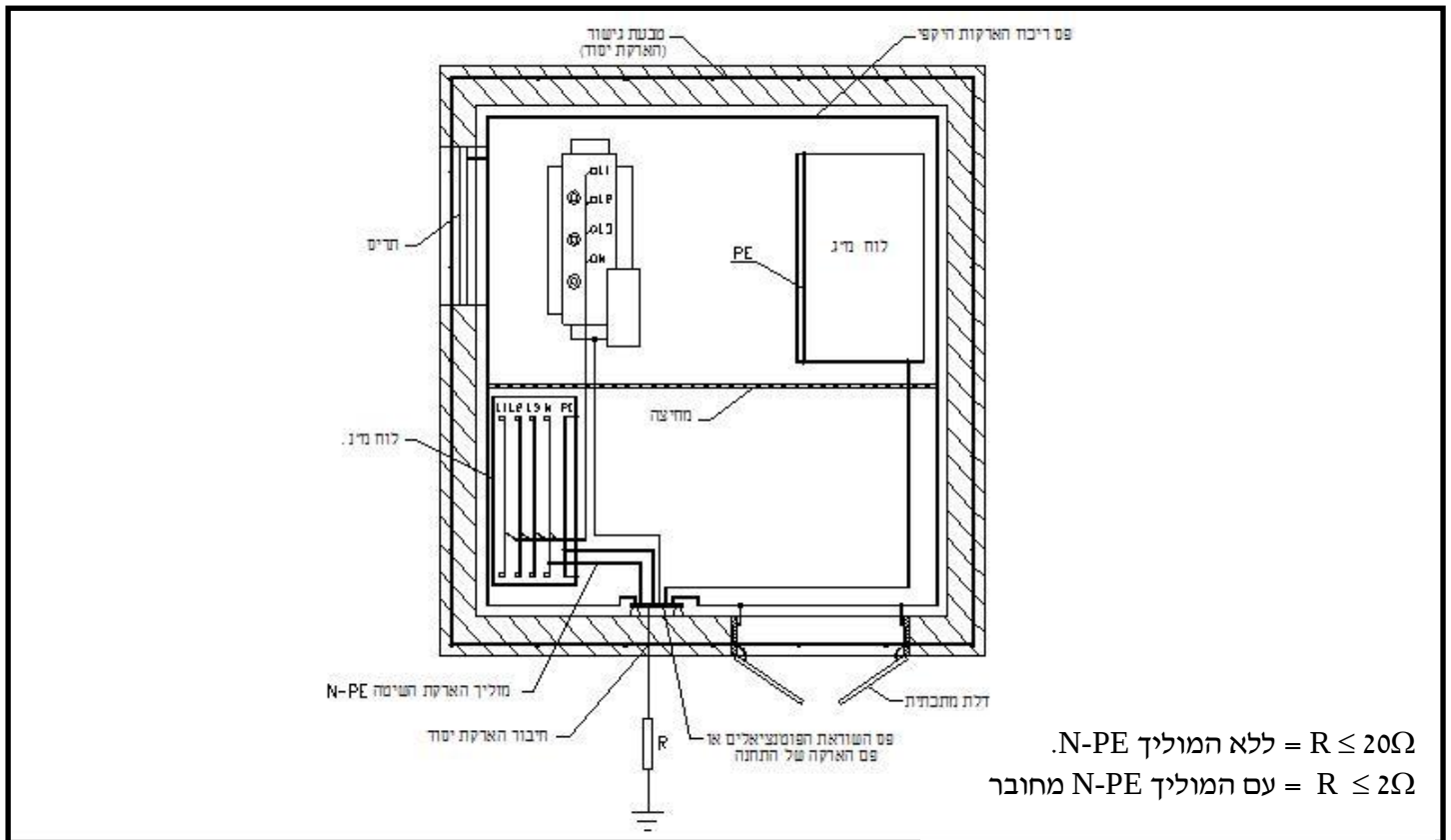
ג. מוליכי הארקה יהיו מהסוג ושטח החתך כמפורט בתקנות החשמל.



איור 39: דוגמת תחט"פ המזינה לוח חיצוני ראשי (פילר)
ביצוע הארקה משותפת



**איור 40: דוגמת תחט"פ המזינה לוח ראשי ולוח משנה במבנה אחד
ביצוע הארקה משותפת**



**איור 41: דוגמת תחט"פ עם שנאי ולוח ראשי מותקנים בחדר אחד
ביצוע הארקה משותפת**

6. בדיקות מתקני מ"ג

פרק זה עוסק בפעולות הבדיקה של מתקן מ"ג כאשר הפרק מתחלק לבדיקות שמבוצעות ע"י בודקי חברת החשמל לפני חיבורם לרשת מתח גבוה וכן לבודקים פרטיים סוג 3 המבצעים בדיקה מקדימה. תהליך הבדיקה חל על מתקני לקוחות חדשים, על מתקני לקוחות שעברו הסבה מהזנה במתח נמוך להזנה במתח גבוה וכן על מתקנים קיימים במ"ג, אשר עברו שינוי יסודי.

פירוט ביצוע הבדיקות לפי שלביהם

הקבלן ימציא לצורכי הבדיקה את המסמכים הבאים, כשהם חתומים ע"י המהנדס המתכנן :
תוכניות חד קוויות כלליות ו/או תוכניות חד קוויות של לוחות חשמל במ"ג הכוללות את דגמי הציוד במ"ג, את הנתונים הרלוונטיים של הציוד, את סוגי ההגנות של הקווים הנכנסים והיוצאים כולל נתוני ההגנות, את הציוד להגנה בפני מתח יתר וכו'.
תוכניות הרכבה של ציוד חשמלי בחדרי חשמל ובתחנות טרנספורמציה פנימיות או חיצוניות, כולל פרטים על הרכבת שנאים ואמצעים לאיסוף השמן.
סוגי הכבלים במ"ג, סוגי סופיות כבלים במ"ג, סוגי מופות ומיקומם בשטח, מיקום שוחות כבלים, התוואים ואופן הטמנת הקווים התת-קרקעיים.
תוכניות הארקה בחדרי חשמל ובתחנות טרנספורמציה, הארקות קווים עיליים, הארקות קווים תת-קרקעיים, התחברות למערכות הארקה קיימות.
להלן סוגי הבדיקות ביחס למרכיבים העיקריים של המתקן :

1. בדיקות למתקן מתקן גבוה 22KV :

א. לוח מתח גבוה :

- תעודות בדיקה מהיצרן :
 - עמידת הלוח בזרם הקצר של 12.5 ק.א. (500 מו"א) לשניה אחת.
 - עמידת הלוח בזרם קצר דינמי של 32 ק.א., לפי חישובי כוחות על המבדדים
 - עמידת הלוח , על כל רכיבו במתח יתר בתדר הרשת של 50 ק"ו, לדקה אחת.
 - עמידת הלוח על כל רכיבו במתח הלם של 125 ק"ו לפי (1.2/50 מיקרו שנייה)
 - פרטים טכניים של כל רכיב בלוח
 - בדיקות פונקציונאליות, למערכות ההפעלה והפיקוד, בנוכחות הבודק.
 - כיול ההגנות של המפסקים בלוח , בהתאם לדרישות המתכנן.
 - כניסה לרוויה של כל משני הזרם .
 - בדיקה פונקציונאלית של ההגנה בפני זליגה לאדמה (הגנה וואט מטריית כיוונית) , אם קיימת.
- תעודות בדיקה של הקבלן :
 - עמידת הלוח במתח יתר של 80% מהמתח יתר הנדרש בתדר הרשת לדקה, לאחר ההתקנה במקום הצריכה.
- תעודות בדיקת הבודק :
 - יציבות הלוח
 - חתך מוליך ההארקה ללוח
 - רציפות ההארקה
 - מרחק בין פאזות וביניהן לאדמה
 - שלטי סימון, אזהרה, הדרכה בלוח ובמתקן
 - בידוד הלוח ב- 5000 וולט בזרם ישר, לדקה.
 - בדיקה ויזואלית של כיול ההגנות, וחיווט של מוליכי הפיקוד.
 - הפעלה פונקציונאלית של המפסקים בלוח,
 - בדיקת חגורים בין המפסקים לבין מקצרים להארקה.
 - בדיקת מנעולים למפסקים, לדלתות הלוח.

ב. המתקן למתח גבוה :

- תעודות מהקבלן :
 - הצהרת הקבלן, על ביצוע העבודה בהתאם לנוהל, לתקנות ולתקנים.
 - בדיקת השנאים (דוח בדיקה של היצרן)
 - בדיקת כל המתקן לעמידה במתח יתר של 40 ק"ו בתדר 50 הרץ, לדקה.
 - תרשים מערכת ההארקות "AS MADE"
 - תרשים תוואי הכבלים "AS MADE"
- תעודות הבודק :
 - בדיקת טיב האלקטרודה כלפי המסה
 - בדיקת החיבורים בין האלקטרודה לבין פסי ההארקה .
 - בדיקת רציפות ההארקה לכל הגופים המתכתיים החשמליים והלא חשמליים לרבות הלוחות והשנאים
 - בדיקת השוואת פוטנציאלים לכל השטחים ממתכת של חדרי החשמל, לרבות דלתות וחלונות.
 - בדיקת תאי השנאים,
 - בדיקת החיבורים לשנאים במתח גבוה ובמתח נמוך בהתאם להנחיות חברת החשמל
 - בדיקת מרחקים בין השנאי לבין המחיצות ו/או הקירות של תא השנאי
 - בדיקת חיבור סופיות הכבלים ללוחות ולשנאים
 - בדיקת הארקה סיכוך הכבלים.
 - בדיקת קיום כל דרישות הבטיחות בהתאם להנחיות חברת החשמל והתקן הבין לאומי
 - בדיקה ויזואלית של ההגנות למפסקים בלוח
 - בדיקת טיב ספקי הכוח למערך ההגנות , הפיקוד וההתראות
 - בדיקת שלטים לסימון, אזהרה והתראה, לרבות שלטי עזרה ראשונה וטיפול בנפגעים.
 - בדיקת קיום הדרישות לכיבוי אש
 - בדיקת בידוד המתקן בין פאזות ובין פאזה לאדמה במתח 5,000 וולט, לפי דרישת התקן הבין לאומי
 - בדיקת אמצעי ההגנה על השנאים
 - בדיקת מערכות האוורור.
 - הכנות למתן מתח

2. בדיקות למתקן מתח נמוך 400 וולט**א. לוח מתח נמוך :**

- תעודות בדיקה של יצרן הלוח :
 - עמידת הלוח בזרם קצר הנדרש על ידי המתכנן
 - בדיקות פונקציונאליות, למערכות ההפעלה והפיקוד, בנוכחות הבודק
 - כיול ההגנות של המפסקים בלוח , בהתאם לדרישות המתכנן.
 - כניסה לרוויה של כל משני הזרם .

ב. מתקן מתח נמוך

- תעודות מהקבלן :
 - הצהרת הקבלן, על ביצוע העבודה לפי כללי המקצוע, השתמש בציוד תקני וביצע בהתאם לתקנות החשמל
 - תוכנית "AS MADE", לעמידת הלוחות, תוואי הכבלים, ההארקות וכולי
 - בדיקת רציפות ההארקה
 - בדיקת בידוד המתקן ב- 500 וולט
- תעודות הבודק :
 - יציבות הלוחות
 - בדיקת הלוחות במקום לאחר התקנה
 - בדיקת שלטים לסימון, התראה, הפעלה, לרבות כיול המפסקים האוטומטיים
 - בדיקת עמידת הציוד בכושר ניתוק הנדרש, בדיקת הגנות עורפיות
 - בדיקת רציפות ההארקה
 - בדיקת חתך מוליכי ההארקה , לרבות המוליך הראשי
 - בדיקת פס ההשוואה הפוטנציאלי וחיזוקו
 - בדיקת בידוד המתקנים ב- 500 וולט
 - בדיקת שהציוד שהותקן במתקן אכן תקני ושלים

בדיקת לוח וציוד מיתוג מ"ג קונבנציונלי

מס'	סוג הבדיקה	יבדק:
1	בדיקת מנתקים מ"ג:	- התאמה לתכנון. - בדיקה ויזואלית של המנתק (כולל מבדדים). - הרכבה לפי ההוראות. - מרחקים בטיחותיים - נעילת מנגנון הפעלה - אמצעי קיצור (בורג ראש כדורי). - פתיחה וסגירת המנתק (כולל הקפדה על כניסה נאותה של הסכינים לסתות). - הארכת הבסיס.
2	בדיקת נושא (בסיס) נתיכים מ"ג:	- התאמה לתכנון. - בדיקה ויזואלית (מבדדים, לסתות) - אמצעי קיצור (בורג ראש כדורי). - מרחקים בטיחותיים. - הארכת הבסיס. - גישה להחלפת הנתיכים מ"ג.
3	תאים מודולריים:	- תקינות סגירת הדלתות. - תקינות הנעילות המכניות של הדלתות. - מרחקים בטיחותיים. - הארקה.
4	מחיצות הפרדה והתקנים להתקנת פסי צבירה	- התאמה לתכנון - מרחקים בטיחותיים - הארקה - תקינות החיבורים של פסי הצבירה

בדיקת לוח וציוד מיתוג מ"ג עם בידוד גז SF6

מס'	סוג הבדיקה	יבדק:	הערות
1	בדיקת התאמת הציוד לתכנון	- מספר תאי כבל - מספר תאי שנאי	יש לתעד שם היצרן
2	בדיקת הרכבה :	- פילוס הציוד. - חיזוק לבסיס לפי הוראות הרשות - המוסמכת. - הרכבת פח בטחון לבסיס.	
3	בדיקת קיום האבזרים :	- ידיות הפעלה. - נוריות בדיקת מתח.	
4	בדיקת תקינות הציוד :	- לחץ גז. - מצב חיצוני תקין (העדר פגיעות מכניות). - בדיקת סגירה ופתיחת מנתקי העומס ומנתקי הארקה וסימון מתאים בפנל ההפעלה בכל תא. - פעולה תקינה של כל החיגורים המכניים הקיימים בציוד. - פתיחה וסגירת כל המכסים (כולל מכסים של תאי הנתיכים).	
5	בדיקת הפעלה חשמלית של הציוד.	תקינות הפעלה חשמלית של הציוד	
6	הארקת הציוד	- רציפות פס ההארקה של הציוד - חיבור לטבעת הארקה - תקינות החיבורים	
7	חיבורי הכבלים ומגיני ברק אל הציוד.	- סופיות הכבלים/תקעים מתאימים לציוד ולחתך הכבלים - חיזוק הכבל, התקע ומגיני הברק (אם ישנם) - מרחקים בין המופעים ובין המופע לגוף המוארק - הארקה	
8	בדיקת קיום שלט הוראות הפעלת הציוד	התאמת השלט לסוג הציוד	

בדיקת שנאי

אפשרויות	תוצאות הבדיקה				נתוני השנאי
	שנאי 4	שנאי 3	שנאי 2	שנאי 1	ותאור הבדיקה
250 400 630 1000					התאמת הספק ביח' KVA לפי התכנון (סמן "X" במקום המתאים).
שמן רגיל שמן אטום יצוק					התאמת סוג השנאי לתכנון (סמן "X" במקום המתאים)
ארדן אלקו S.B.G אחר					מאיזה תוצרת (סמן "X" במקום המתאים)
					שנת ייצור
					מספר סידורי
					% מתח קצר
- לא קיים - בלוח מ"נ - בפה"פ - אחר					איפוס השנאי (סמן "X" במקום המתאים).
					(פה"פ = פס השוואת פוטנציאלים של התט"פ)
					בדיקה ויזואלית
					התקן שקע-תקע
					גובה שמן
					מצב סיליקה-גיל

טופס נתונים של השנאי

דו"ח בדיקת שנאי מס':		קבוצה חיבורים: _____
תאריך בדיקה:	פקודת עבודה מס':	
נתוני שנאי:		
תוצרת	מס' סידורי	צד מ"ג KV
סוג הבידוד	הספק הנקוב KVA	צד מ"נ KV
שם ממלא הטופס:		חתימה:

בדיקת כבלים מ"ג ו- מ"נ

מס'	תאור הבדיקה	יבדק:	הערות
1.	התאמת הכבל לתכנון	חתך, מתח	
2.	בדיקת אבזרי קצה של הכבלים	- התקנת אבזרי קצה של כבלים לפי הוראות ביצוע של רשות המוסמכת - התאמה לתכנון	
3.	התקנת הכבלים	- חיזוק הכבלים - רדיוס כיפוף בהתאם לסוג הכבל וחתך הכבל	
4.	בדיקת כבלים מ.ג. :	בדיקת כבלים	
	בדיקת כבלים מ.ג. :	מגיני ברק	
		בדיקת מגר 5000 V	

בדיקת תקינות לוח מ"נ

מס'	סוג הבדיקה	יבדק:
1.	בוצע איפוס בלוח	אם בוצע איפוס בלוח או לא
2.	עמדת אבטחה ראשית :	
	- מיקום סרגל 4A ראשי (כניסה) - התאמת נתיך ראשי	
3.	עמדות של היציאות :	התאמה לתכנון
	- מיקום, גודל הסרגל וחתך הכבלים בכל יציאה - חבור מכני של כל סרגל	תקינות החיבור של הסרגל אל פסי צבירה
4.	מצב מכני של החיבורים	תקינות החיבורים
5.	שילוט של כל סרגל כניסה, יציאה, כבלים ושל הלוח	קיום שילוט והתאמתו לתכנון
6.	בדיקת כבלים מ"נ	
8.	קיום מחיצת הגנה בלוח 1000A	

בדיקת הארקות ואיפוסים

הארקות ואיפוסים:

אפשרויות	הציוד		
	1	2	3
מס' מסדר מ"ג			
מעטה מסדר מ"ג			
רגליות			
מסדר מ"ג			
פס הארקה פנימי במסדר מ"ג			
הערות:			

מספר השנאי					
4	3	2	1		
מס' מסדר מ"ג				מעטה	שנאי/ס
מס' מסדר מ"ג				האיפוס	
מס' מסדר מ"ג				בוצע ב:	
מס' מסדר מ"ג				הערות:	לוח/ות מ"ג
מס' מסדר מ"ג				מסגרת	
מס' מסדר מ"ג				האיפוס	
מס' מסדר מ"ג				בוצע ב:	לוח/ות מ"ג
מס' מסדר מ"ג				הערות:	
מס' מסדר מ"ג					

בדיקה כללית

דלת/ות כניסה	מס' מסדר מ"ג
תריסי איזורור	מס' מסדר מ"ג
זיזים לחיזוק כבלי מ"ג	מס' מסדר מ"ג
רשת/ות הגנת שנאי	מס' מסדר מ"ג
חיבור פס הארקה פנימי של תחט"פ	מס' מסדר מ"ג
לפס השוואת פוטנציאלים	מס' מסדר מ"ג
סימון ירוק צהוב על פס הארקה	מס' מסדר מ"ג
חיבור פס השוואת פוטנציאלים	מס' מסדר מ"ג
להארקת היסוד	מס' מסדר מ"ג
חיבור פס הארקה פנימי של תחט"פ	מס' מסדר מ"ג
להארקת היסוד	מס' מסדר מ"ג
התנגדות הארקה (אוהם)	מס' מסדר מ"ג
הערות כלליות:	מס' מסדר מ"ג

בדיקת השילוט

השלטים הינם בהתאם להוראות ונוהל שילוט אחיד במתקני חשמל - פרק תחט"פ.

מס'	יודא קיום השלטים:
1.	שם ו/או מס' זיהוי התחנה
2.	שלטי זיהוי • לכבלים מ"ג • לכבלים מ"נ • למנתקים • לסרגלים מ"נ • ללוח מ"נ • לשנאים • לציווד מיתוג SF6 • לארונות פיקוד
3.	שלט הכוונה
4.	שלטי הוראה
5.	שלטי אזהרה
6.	שלטים אחרים

הערה: אין להתקין שלטים על מכסים נשלפים של ציוד מיתוג SF6 ועל ידיות שליפה ("קסטות נשלפות") של סרגלי נתיכים.

בדיקת התאורה ומעגלי כח 220 וולט

מס'	סוג הבדיקה	יבדק:
1.	מיקום מתג/מתגים	התאמה לתכנון
2.	מיקום גוף/גופי תאורה	• התאמה לתכנון • מרחקי בטיחות של גוף התאורה מחלק חי של המתקן • נוחות החלפת הנורה
3.	מפסק גבול (מיקרוסוויץ' להפעלת התאורה)	תקינות
4.	מעגל התאורה	• התאמה לתכנון • תקינות
5.	שקע כח	• התאמה לתכנון • תקינות

בדיקת קיום אבזרי בטיחות

יש לוודא קיום אבזרי הבטיחות המפורטים להלן:

מס'	תאור האבזר
1.	שטיח גומי על יד לוח מ"נ
2.	רשת הגנה לשנאי למניעת מגע מקרי בחלק הלא מאורק של השנאי והתאמתה לגודל השנאי
3.	ברגי ראש כדורי על יציאות השנאים
4.	רשת הגנה לציווד מיתוג קונבנציונלי
5.	רשת הגנה למערכת מדידה מ"ג
6.	שלט הוראות עזרה ראשונה
7.	אבזרים להפעלה ידנית של אמצעי מיתוג וקיצור
8.	התקן להנחת אביזרים להפעלה ידנית
9.	שלט הוראות התנהגות ופעילות בחרום בתחט"פ עם ציווד SF6
10.	בוחני מתח קיבוליים לציווד מ"ג עם גז SF6 בכל מופע ובכל תא
11.	מכסים לפתחים ברצפה
12.	הוראות הפעלת ציווד מיתוג עם גז SF6 (שלט)
13.	קיום שלט אזהרה לגבי מקור הזנת גוף חימום (אם קיים) בתאי מדידה מ.ג.
14.	קיום שלט אזהרה לגבי מקור הזנת התאורה והכח בתחנות מיתוג

בדיקת מערכת מדידה מ"ג

מס'	סוגים של מערכות מדידה	סוג הבדיקה	יבדק:
1	מיכל מדידה בשמן סוג החיבור במ"ג: ☐ מבדדים חרסינה ☐ שקע תקע	- בדיקת תקינות מיכל מדידה	קיום תו בדיקה של מעבדת מונים ארצית
		- בדיקה ויזואלית	• העדר פגיעות מכניות
		- בדיקת ההתאמה לתכנון	• צבע
		- בדיקת שמן	• תקינות החיבורים
		- מצב סיליקה - גיל	• צבע
		- בדיקת החיבורים ומגיני ברק	• ריח
		- בדיקת מרחקים בטיחותיים	כניסה P1 יציאה P2
		- בדיקת יח' מונים ארצית	• התאמה לנוהל
		- בדיקת הארקות ואמצעי קיצור	• קיום רשת הגנה
			התוצאה תירשם בטופס שבנספח A12
2	תא מדידה עם משני זרם ומתח יבשים	- בדיקת תקינות משני זרם ומשני מתח	קיום תו בדיקה של מעבדת מונים ארצית
		- בדיקת התאמה לתכנון	• מתח ראשוני ומשני
		- בדיקה ויזואלית	• זרם ראשוני ומשני
		- בדיקת החיבורים ומגיני ברק	• העדר פגיעות מכניות
		- בדיקת מרחקים בטיחותיים	• תקינות החיבורים
		- בדיקת הארקות	• צבע
		- בדיקת יח' מונים ארצית	כניסה P1 יציאה P2
			• התאמה לנוהל
			• קיום רשת הגנה
			התוצאה תירשם בטופס שבנספח A12

ביצוע בדיקות בעת הכנסת מתח לראשונה

שם התחט"פ _____

אזור : _____ ישוב : _____ רחוב _____ מס' בית _____

כניסות כבלים מ"ג - התאמת מופעיםאין התאמה ☐יש התאמה ☐**לוחות מ"נ**

L6		L5		L4		L3		L2		L1		בדיקת מתחים כיוון סיבוב
UF	UL	UF	UL	UF	UL	UF	UL	UF	UL	UF	UL	

הערה :

 U_F - מתח פאזי U_L - מתח שלוב**התאמת מופעים מצד מ"נ:**אין התאמה ☐יש התאמה ☐

חתימת המבצע

שם מבצע _____

_____ תאריך _____ (מורשה אחראי על פעולות)

