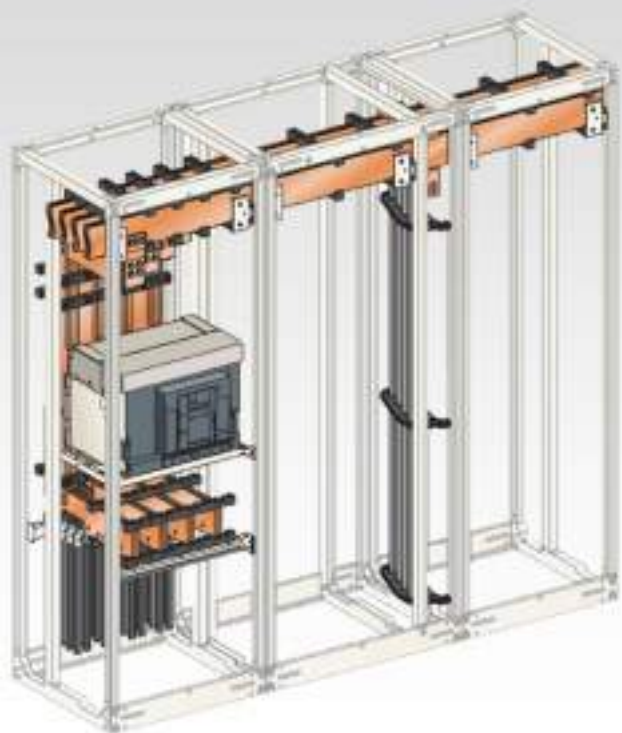


# התאמת ובדיקת לוחות מתח נמוך על פי תקן 61439-2



כתיבה ועריכה:  
סגל אריאל

## תקן 1419

■ תקן 1419 חלק 1 אושר באפריל 2006 על ידי ועדת מומחים שכללה בהרכבה נציגים מגופים שונים:

- איגוד התעשייה הקיבוצית.
- איגוד לשכות המסחר.
- המוסד לבטיחות וגיהות.
- התאגדות המלאכה והתעשייה בישראל.
- התאגדות התעשיינים.
- חברת החשמל לישראל.
- לשכת המהנדסים.
- מכון התקנים.
- משרד הבטחון.

# לוחות מתח נמוך מותאמים ובדוקים עפ"י תקן 1419

## מטרות התקן:

- שמירה על בריאות הציבור
- שמירה על בטיחות הציבור
- הגנה על איכות הסביבה
- מניעת נזק כלכלי משמעותי העלול להיגרם לצרכן כתוצאה משימוש במערכות, בחומרים או במוצרים.
- ליצור הגדרות אחידות בתנאי השימוש, אמצעי התכנון, הנתונים הטכניים ולהגדיר את הבדיקות הנדרשות ללוחות חשמל.
- בתקן נדונים כל מרכיבי הלוח: ציוד מיתוג, מרכיבים מכניים, חיבורים מכניים וחיבורים חשמליים.

## סעיפי תקן 1419

- חלק 1 עוסק בלוחות מיתוג ובקרה למתח נמוך שנבדקו בבדיקות טיפוס TTA, בבדיקות טיפוס חלקיות PTTA, שמתחם הנקוב אינו עולה על 1000V AC בתדרים שאינם עולים על 1000HZ, או 1500V DC.
  - חלק 2 עוסק בדרישות למערכות סינוף של פסי צבירה בלוחות מיתוג ובקרה.
  - חלק 3 עוסק בדרישות המיוחדות מלוחות מיתוג ובקרה המיועדים להתקנה במקומות נגישים לאנשים בלתי מיומנים. הגישה האפשרית ללוחות אלה היא לפעולות מיתוג. בלוחות אלה זרם המבוא אינו עולה על 250A וזרם נקוב של מעגלי היציאה אינו עולה על 125A.
  - חלק 4 עוסק בלוחות מיתוג ובקרה לאתרי בניה.
  - חלק 5 עוסק בלוחות מיתוג ובקרה המיועדים להתקנה חיצונית או פנימים ברשתות ציבוריות.
- התקן נחתם על ידי שר התמ"ת אלי ישי ב-30 במרץ 2009 ונכנס לתוקף כתקן רשמי בתחילת יוני 2009.**

## לוחות חשמל בעבר

- לוחות חשמל גדולים מאוד ומרווחים.
- זרמי קצר והספקים קטנים יחסית.
- הספקים שמתפתחים במפסקי הזרם קטנים יחסית.

## לוחות חשמל מודרניים

- נטיה להקטין ככל האפשר את מימדי הלוחות.
- זרמים נומינלים והספקים גדולים.
- הפסדים גדולים בהרבה במפסק בעקבות מזעורו.

הפסדי הספק

# המצב בארץ לפני החלת התקן

- רוב לוחות החשמל יוצרו בצורת "חייטות".
- סטנדרטיזציה ברמה מאוד נמוכה.
- שיטות הבניה השתנו בהתאם למחירי האביזרים, הימצאותם וחומרי עזר.
- לא היו קריטריונים ברורים לעמידה בתקן (למעט ת"ת 22).
- לא היו מתקני בדיקה לבדיקות טיפוס מלאות.
- קבלני חשמל ייצרו לוחות חשמל ללא הסמכה או אישור של מכון התקנים.

## תמונת מצב

- בתקנות החשמל, התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט פרק ב' נכתב: "לוח וציודו יתאימו לדרישות התקנים החלים עליהם".
- תקן ישראלי ללוחות חשמל ת"י 1419 אימץ את התקן הבינלאומי IEC 60439-1. יזמים, משתמשים, מתכננים מחויבים לדרוש לוחות הבדוקים ומיוצרים עפ"י תקן זה.
- החל מחודש יוני 2009 הפך התקן לרשמי
- מכון התקנים פנה ליצרני לוחות המאושרים לת"ת 22 (תקן תהליך 22) בדרישה לייצר ולעבוד רק עם מכלולי לוחות שעומדים בתקן 1419. האישורים לייצר לוחות על פי ת"ת 22 היו תקפים עד לסוף שנת 2010 ובסיומה נדרשו היצרנים לקבל אישור לתו תקן.

## המעבר לתקן 61439

- התקן הבינלאומי 60439-1 עליו מתבסס תקן 1419, השתנה והוחלף ל- 61439-1.
- לאור זאת, ב-20.5.2013 הוכרז ברשומות שהתקן הישראלי החדש, ת"י 61439 – לוחות מיתוג ובקרה למתח נמוך, על כל חלקיו, יהיה תקן רשמי החל מ-20.7.2013, אולם עד 1.11.2014 התאפשר להתקין לוחות בהתאמה לתקן הישראלי הרשמי הקודם, ת"י 1419.
- התקן החדש מחמיר יותר בדרישות הבטיחות ומותאם לדרישה הגוברת והולכת של לוחות חשמל בהספקים גדולים יותר ברמת אמינות ובטיחות גבוהה יותר. בתקן זה בוטלו המושגים TTA ו-PTTA תוך הגדרת קווים מנחים לתכנון לוחות ושיטות החישוב.

# הגדרות בתקן 61439

■ יצרן מקורי- Original Manufacturer: מי שעסק בתכנון המקורי של סיסטם, תיעד אותו בשרטוטים, בחישובים, בקטלוגים ובמסמכים דומים, וביצע את כל שלבי האימות הנדרשים בהתאם לתקן.

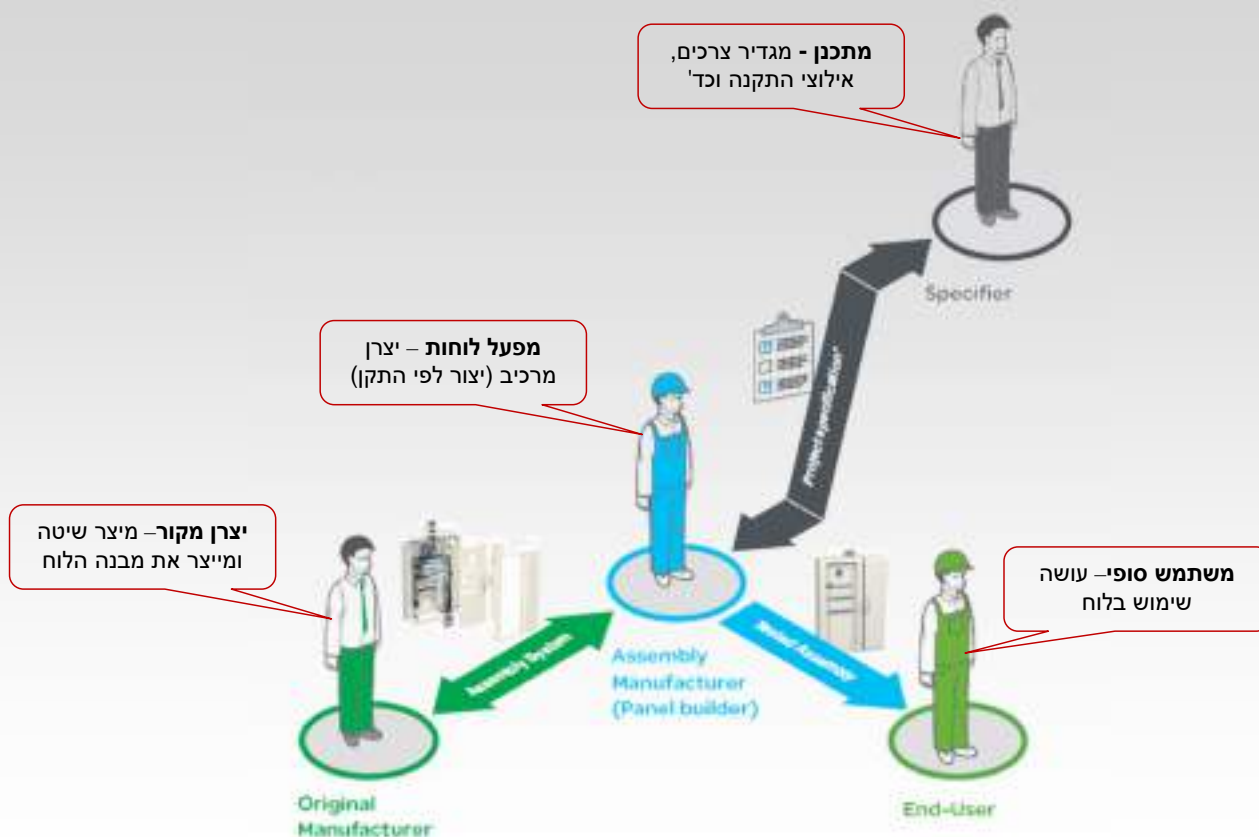
הערה: יצרן מקורי יכול שלא לייצר כלל, או להיות גם יצרן מרכיב.

■ לוח שיטה- Assembly System: סידרה שלמה של אביזרים מכאניים וחשמליים, כפי שהוגדרו עלי ידי היצרן המקורי וניתנים להרכבה בהתאם להוראותיו על מנת לקבל לוחות חשמל בהרכבים שונים.

■ יצרן מרכיב- Assembly manufacturer: מפעל האחראי לביצוע לוח החשמל על פי הנחיות יצרן המקור. ליצרן המרכיב חייב להיות הסכם ידע תקף עם היצרן המקורי וחייב לבצע את ההרכבה בהתאם ל-System.

רשימת "יצרנים מרכיבים" שקיבלו את אישור הועדה במכון התקנים לסימון הלוחות בתו תקן נמצאת באתר האינטרנט של מכון התקנים

## הקשר בין הגורמים



# שיקולים כלליים בתכנון לוח חשמל

## שיקולי סביבה

- מידות מקום ההתקנה – רוחב, אורך, גובה, ציוד צמוד....
- טמפרטורת סביבה, אבק, לחות, התקנה חיצונית/פנימית
- סוג המשתמשים – מנוסה, לא מנוסה, מאויש/לא מאויש.

## שיקולים חשמליים

- מתח עבודה, זרם עבודה, זרמי קצר, מתחי יתר, מספר מקורות.
- סוגי מפסקים, יחידות הגנה, שיטת ההגנה בפני חשמול במתקן.
- דרישות מיוחדות – תקשורת, הפעלה מרחוק.

# לוח חשמל מתח נמוך

לוח החשמל מהווה קשר חיוני לחלוקת האנרגיה חשמלית

□ על הלוח לספק איזון בין:

בטיחות, זמינות, אמינות ונוחות תחזוקה



# לוח חשמל למתח נמוך

## הגדרות

- **בטיחות** – יכולת המערכת לא לסכן את המפעיל/המשתמש.
- **זמינות** – **MTBF** (Mean Time Between Failure) אחוז הזמן בו המערכת עובדת באופן תקין. ממוצע זמן בין שתי תקלות הניתנות לתיקון.
- **אמינות** – **MTTF** (Mean Time To Failure) יכולת המערכת לעבוד באופן תקין ולאורך זמן. זמן ממוצע שהמערכת עובדת באופן תקין לפני תקלה ראשונה.
- **נוחות ומהירות תחזוקה** – **MTTR** (Mean Time To Repair) היכולת לתקן את המערכת באופן מהיר. ממוצע הזמן לתיקון המערכת מתקלה עד עבודה באופן תקין.

# תפקידיו של לוח החלוקה למתח נמוך

- לרכז ולהגן על כל מרכיבי הלוח, ציוד מיתוג ובקרה, וכל חיבוריהם המכניים והחשמליים.
- לידע את המשתמש על מצב המתקן.
- להגן על מפעיל הלוח בפני סכנה של מגע ישיר או עקיף.



לוחות להתקנה על קיר עד 630 א'



לוחות עד 3200 אמפר

# מרכיבי לוח החשמל

- ציוד מיתוג.
- פסי צבירה.
- חיבורים.
- אביזרי עזר.

בין המרכיבים השונים חייבים להישמר מרחקי בידוד ובטיחות.

## מעטפת הלוח:

המעטפת מגינה על:

- כל הרכיבים החשמליים בפני השפעות חיצוניות.
- אנשים בפני התחשמלות (ישירה או עקיפה)

# תקן ישראל 61439-2

■ תקן 61439-2 מגדיר כללים לבניית לוחות חשמל במטרה לעמוד בדרישות הבטיחות, האמינות והזמינות הנדרשים.



- התקן מבטיח בטיחות לציוד ואנשים.
- התקן מתייחס למבנים הכוללים ציוד מיתוג ובקרה למתקני חלוקה.
- מגדיר:

- תנאי סביבה (טמפרטורה...)
- דרישות מהמבנה (דרגת אטימות IP, IK, הפרדות...)
- בדיקות נדרשות

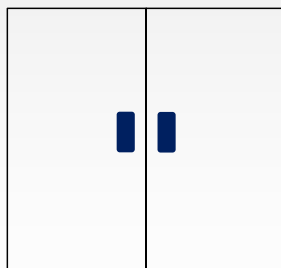
**התאמה לתקן מבטיחה למשתמש, ביטוח על איכות יצור מכלול הלוח ומרכיביו.**



## תקן ישראל 61439 הינו תקן רשמי

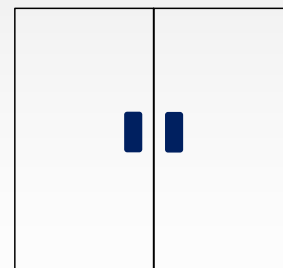
לקוח סופי חייב להזמין לוח תקני והוא רשאי לבחור בין לוח המסומן בתו תקן או הצהרת יצרן

מדבקה של מכון תקנים  
הנושאת תו תקן



תהליך פיקוח ובקרה 4  
פעמים בשנה

הצהרת יצרן מרכיב שהלוח  
עומד בדרישות התקן



## אכיפת תקן ישראל 61439-2

- חשוב שלוח חשמל תקני יסומן במדבקה ממוספרת, בדרך זו יש מעקב. לוח שאינו מסומן במדבקת תו תקן, אינו נכנס לאחריות של מערכת תו התקן גם אם יש למפעל יש היתר לסימון בתקן. מכון התקנים מבקשים מיצרן הלוח שמספר המדבקה יופיע על תכניות העדות של הלוח ובחזית הלוח.
- אישור מיצרן הלוח ללא מדבקה חסר הגיון. מחירה של מדבקת מכון התקנים הוא מספר שקלים והיא מהווה הוכחה שהלוח נמצא באחריות ובפיקוח של מערכת תו התקן. יצרן בעל היתר לסימון הלוחות בתו-תקן שאינו מסמנם כנראה שיש לו סיבה טובה.... כמו למשל שהלוח לא מתאים לכל הדרישות או שחלק מהציוד מיצרן אחר וכד', בחירה שלא לסמנם היא חשודה!

Tested with accordance to standard 61439-2

Tested with compliance to standard 61439-2

בהתאם - Accordance

הענות - Compliance

מינוח שמצביע על עמידה בחלקים מהתקן

מינוח שמצביע על התאמה לכלל דרישות התקן

# אכיפת תקן ישראל 2-61439

## תקן רשמי

ת"י 61439 ללוחות מיתוג ובקרה למתח נמוך (להלן: לוחות חשמל) הינו תקן רשמי ומחייב בייצור, ייבוא ושיווק לוחות חשמל המוגדרים בחלות התקן. זאת מכוח הסעיף 9.9 (א) בחוק התקנים התשי"ג-1953.

## תו-תקן וולונטרי

לעומת האמור לעיל לגבי התקן הרשמי, הסימון של לוחות חשמל בתו-תקן הינו הליך וולונטרי והיצרן המעוניין לסמן את מוצריו בתו-תקן אמור לעשות זאת מרצונו החופשי. יחד עם זאת, פרסם שר הכלכלה והתעשייה את צו התקנים (איסור ייצור מצרכים) ועדכוניו ובו מפורטים עשרות מוצרים שחל איסור לייצורם, אלא אם ניתן ליצרן היתר ממכון התקנים לסמנם בתו-תקן והוא אכן סימן אותם בהתאם להיתר זה (סעיף 9(ב) בחוק התקנים).

לוחות החשמל שחל עליהם ת"י 61439 אינם נכללים בצו איסור ייצור מצרכים ואי לכך תו-תקן ללוחות חשמל הינו תו-תקן וולונטרי.

בברכה,

גרישה דייטש

יועץ לתקינה ואכיפת התקנים,

הממונה על התקינה במשרד הכלכלה והתעשייה לשעבר

# תקן ישראל 2-61439

בישראל חילקו את הגדלים של לוחות החשמל ל 3 חלקים :

- הרכבת לוחות עד 250A לוח SYSTEM או חישובים.
- הרכבת לוחות עד 1600A לוח SYSTEM או בתקן 2-61439.
- הרכבת לוחות מעל 1600A לוח SYSTEM.

התקן מחייב בכל זרם, כי הוא רשמי. בלוחות בזרם העולה על 250 זרם קצר של 10kA (הלם של 17kA, חייב הלוח לעמוד בתקן ולהיבנות בהתאם ללוח שמהווה אב טיפוס שעל פיו יוכל היצרן להוכיח התאמה ללוח שהוא מייצר. מכיוון שאין הרבה יצרנים שידעו להתמודד עם זה בעצמם, אושרו קבוצה קטנה של יצרני מקור שביצעו בדיקות, ויצרנים מרכיבים שקיבלו היתר לסמן את הלוחות שלהם במדבקת תו התקן, שנעשו ע"פ אבי הטיפוס.

**בנוסף, "החריגו" מספר נושאים:**

- כיבוי אש
- זרמי קצר
- לוחות CI
- לוחות ביתיים

# תקנים לציוד מתח נמוך בלוחות חשמל

## התאמת הלוח לתקנים:

### ■ תקן למבנה לוחות חשמל :

IEC 61439-2 : low voltage switchgear assemblies. □

### ■ תקן לציוד מיתוג :

IEC 60947-1 : general provisions □

IEC 60947-2/3 : circuit-breakers/switches □

IEC 60269-1 : low voltage fuses. □

### ■ תקן למתקני חשמל :

IEC 60364 : buildings electrical installation □

התאמת מסד הלוח לת"י 62208 (IEC 62208). □

חוק החשמל □



## בטיחות

בטיחות המפעיל מובטחת בלוחות בנויים במבנה הכולל :

□ פנלים קדמיים שנדרש כלי כדי להסירם

□ דלתות המאפשרות גישה לחלקים חיים ננעלות בעזרת מפתח.

□ כיסויים על החיבורים של ציוד המיתוג (IP20).

□ כיסויים על חיבורי הכניסה והיציאה.

□ מפסק ראשי שמחייב הפסקת הזינה לפני פתיחת הדלת.

בנוסף לכל אלה על מנת להגדיל את בטיחות המשתמשים בונים לוחות ממודרים.



# התועלת במידור



לוחות חשמל המשמשים במתקנים תעשייתיים ממודרים באמצעות מחיצות (Compartments) ממתכת.

## התועלת במידור:

- בטיחות המפעיל בעת ביצוע פעולות, אחזקה ותיקונים.
- הגבלת תקלות וקצרים למקומיים בלבד תוך אפשרו תיקון מהיר והחזרת המתקן לפעולה.

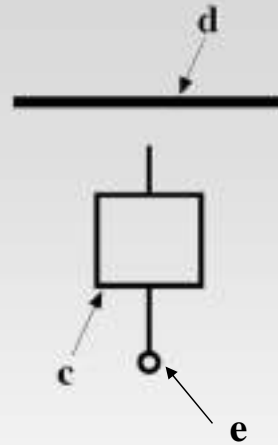
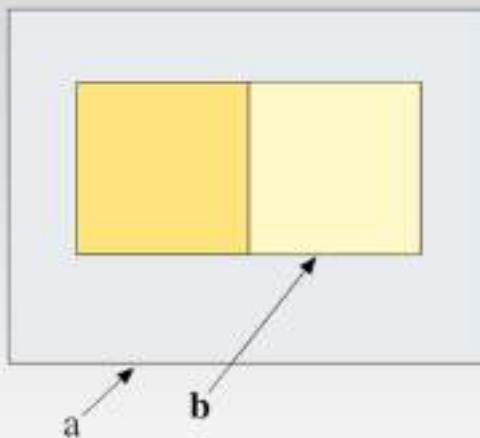


23

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

# מבוא לתבניות



- a - כיסוי חיצוני
- b - מחיצה פנימית
- c - יחידה פונקציונלית הכוללת את מוליכי החיבור לכבל יציאה.
- d - פס צבירה.
- e - קצות היציאות מהיחידה הפונקציונלית.

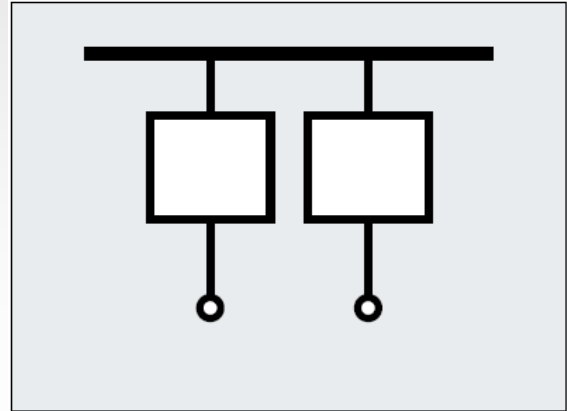
24

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

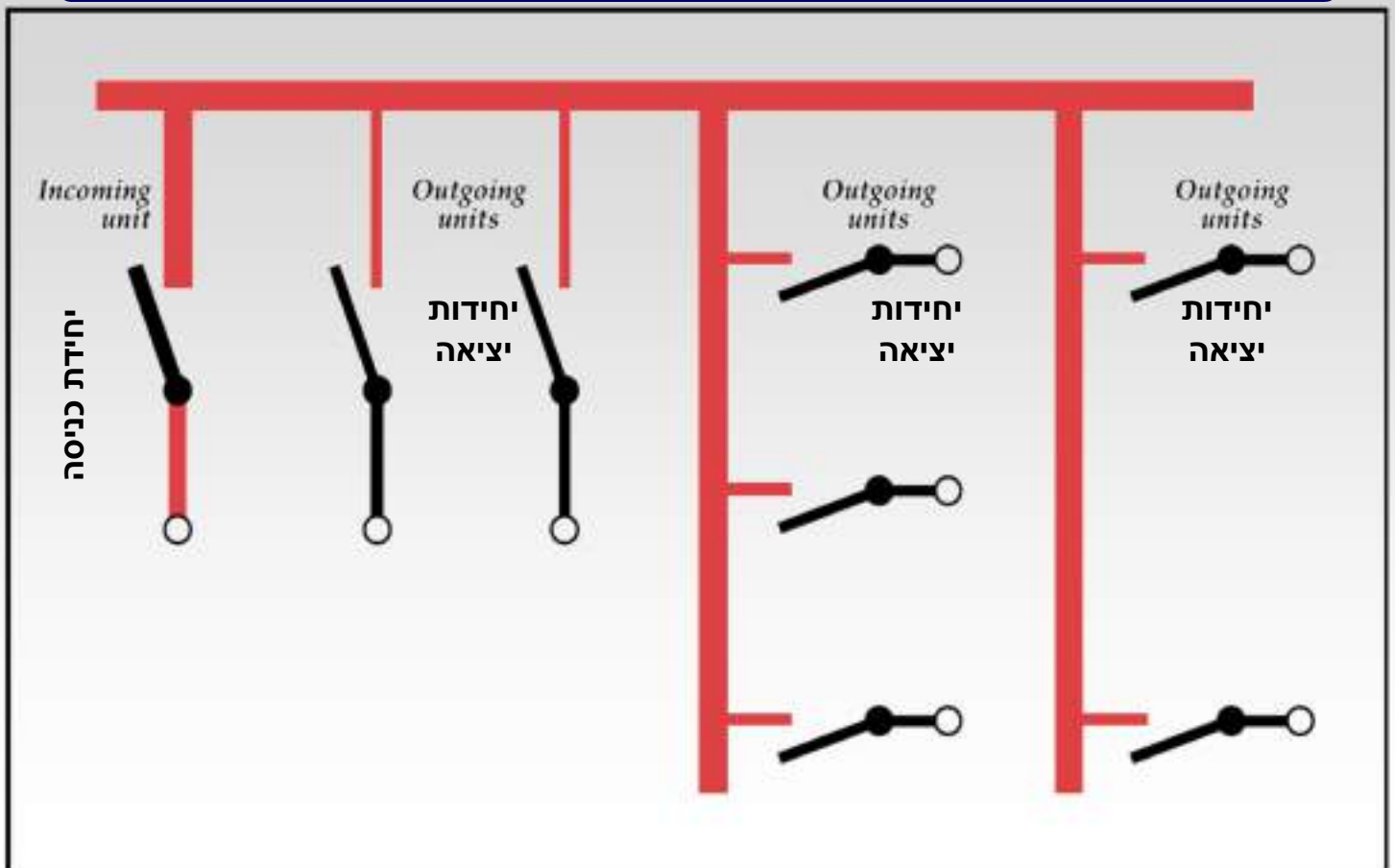
סגל אריאל

# תבניות: מחיצות בתוך המבנה Forms

■ **תבנית 1** : אין הפרדות בתוך המבנה, פסי הצבירה והציוד החשמלי נמצאים באותו תא. לוח מסוג זה אינו בטיחותי ואסור לפתוח אותו (לפי התקנה של עבודה במתקן חשמלי חי או בקרבתו) כאשר הציוד מחושמל. בלוח כזה תמנע פתיחת דלת התאים כל עוד מפסק הזרם במצב מחובר. התאגדות התעשיינים ופורום יצרני לוחות חשמל בישראל ממליצים על לוחות חשמל בעלי רמת מידור מינימלית של 2B.



## Form 1

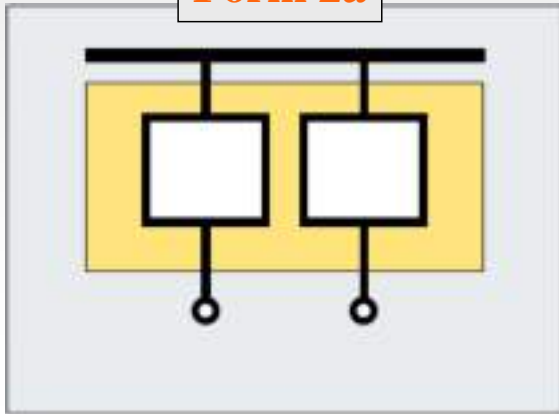


# תבניות: מחיצות בתוך המבנה Forms

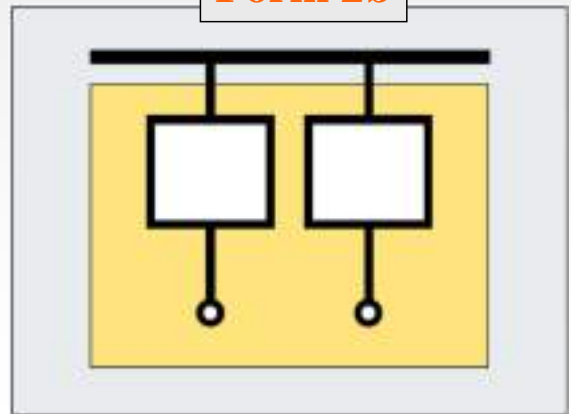
■ **תבנית 2a** : היחידות הפונקציונליות (ציוד המיתוג) מופרדות מפסי הצבירה ומכבלי היציאה. לוח מסוג זה מגן על המשתמש ממגע מקרי בפסי הצבירה, וביציאות המפסקים. הוא מוגן גם מהפגעות בעת קצר בלוח, או בפסי הצבירה. אדם הפותח דלת תאי מפסקים יכול בתנאים אלה לחבר מפסקים או לבצע Reset לממסרי יתרת זרם ללא חשש. במקרה זה העבודה אינה נחשבת לעבודת חשמל היות ואין שימוש בכלים.

■ **תבנית 2b** : היחידות הפונקציונליות (ציוד המיתוג) והחיבורים מופרדים מפסי הצבירה, החיבורים אינם מופרדים מהמפסקים ואחד מהשני. לוח מסוג זה מגן על המשתמש ממגע מקרי בפסי הצבירה. הוא מוגן גם מהפגעות בעת קצר בלוח, או בפסי הצבירה. אדם הפותח דלת תאי מפסקים חייב להיות חשמלאי היות וקצות חיבורי המפסק נמצאים בתוך התא. מאפשר בקלות רבה יותר לבצע סריקה תרמוגרפית.

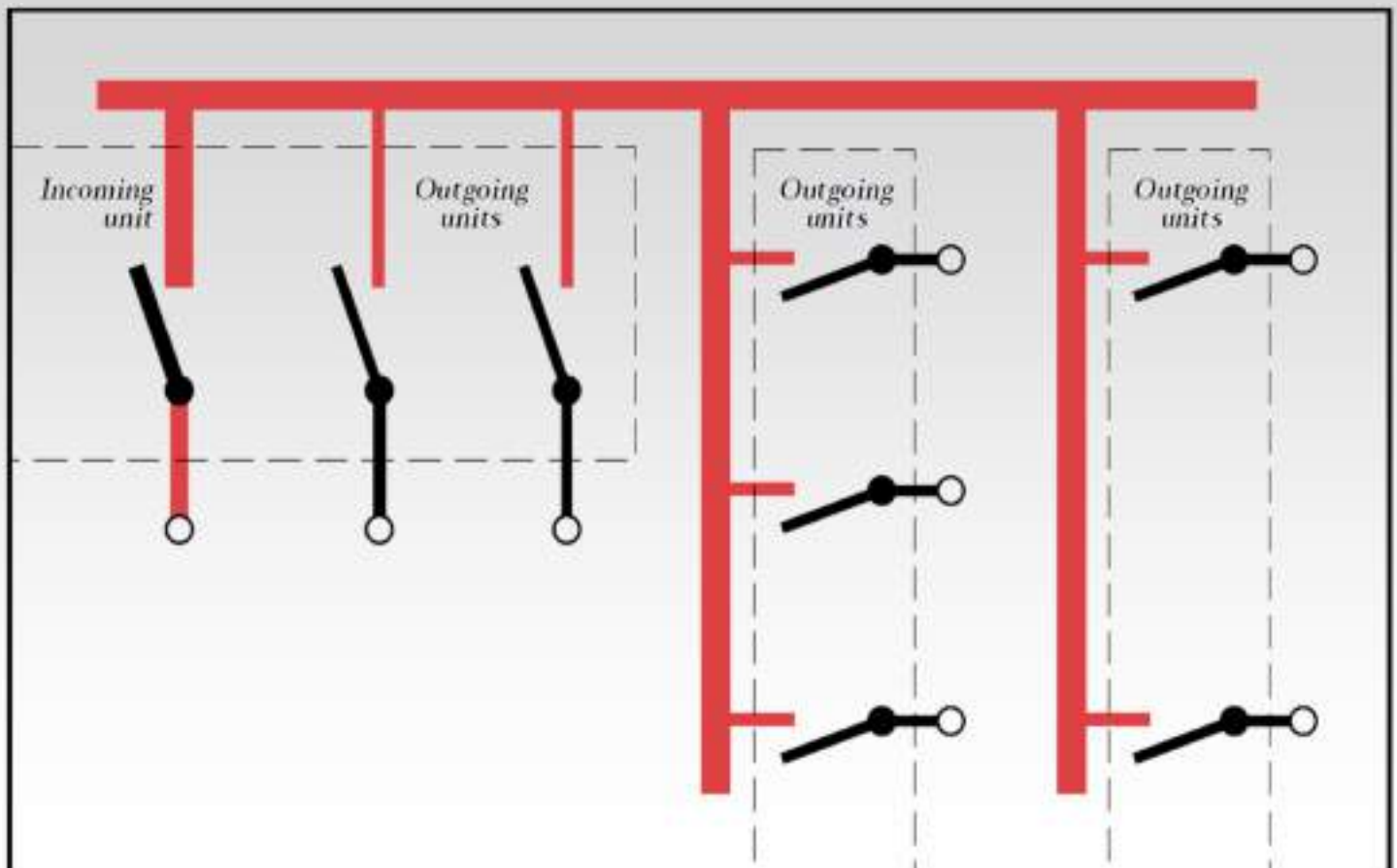
Form 2a



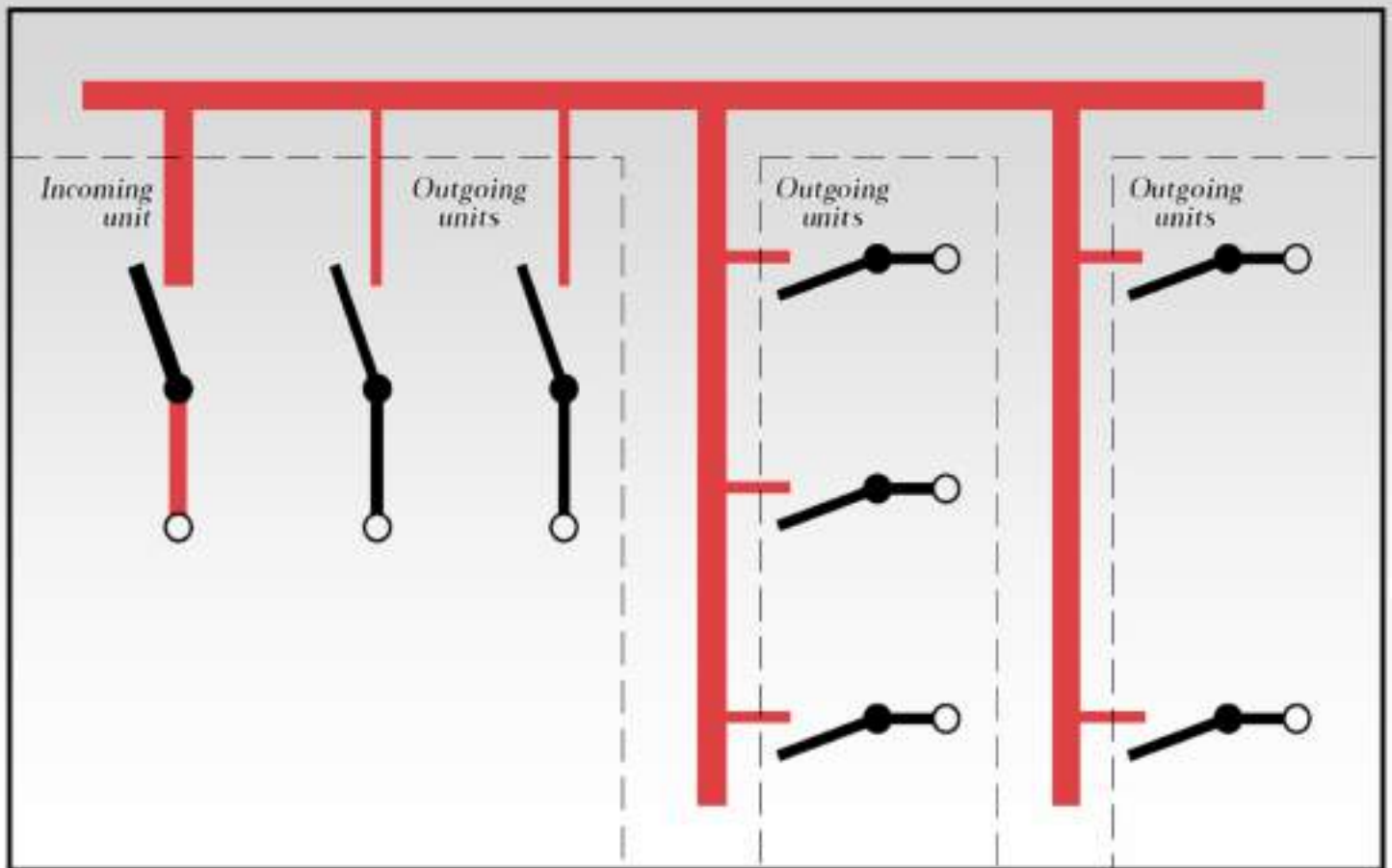
Form 2b



## Form 2a



# Form 2b

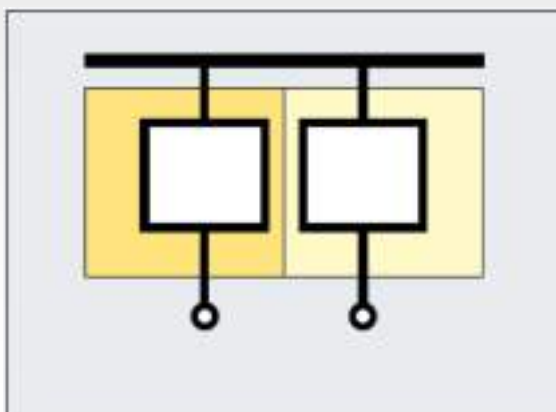


## תבניות: מחיצות בתוך המבנה Forms

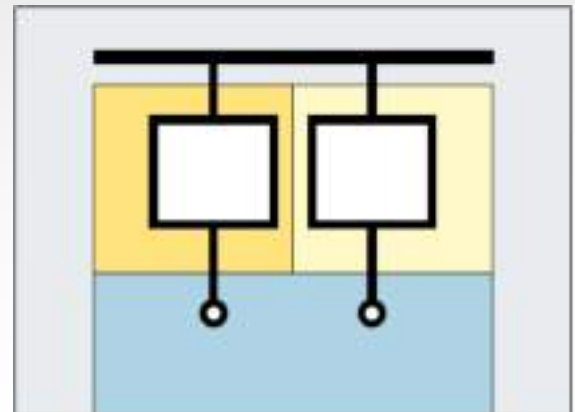
■ **תבנית 3a** : היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה, חיבורי היחידות הפונקציונליות נמצאים באותו תא ואינם מופרדים מפסי הצבירה. בעת פתיחת תא מפסק מגן לוח מסוג זה על המשתמש ממגע מקרי בפסי הצבירה, וביציאות המפסקים. הוא מוגן גם מהפגעות בעת קצר בלוח, או בפסי הצבירה. כל אחד מצידוי המיתוג נמצא בתא נפרד.

■ **תבנית 3b** : היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה. חיבורי היחידות הפונקציונליות מופרדים מפסי הצבירה, אך לא אחד מהשני.

Form 3a

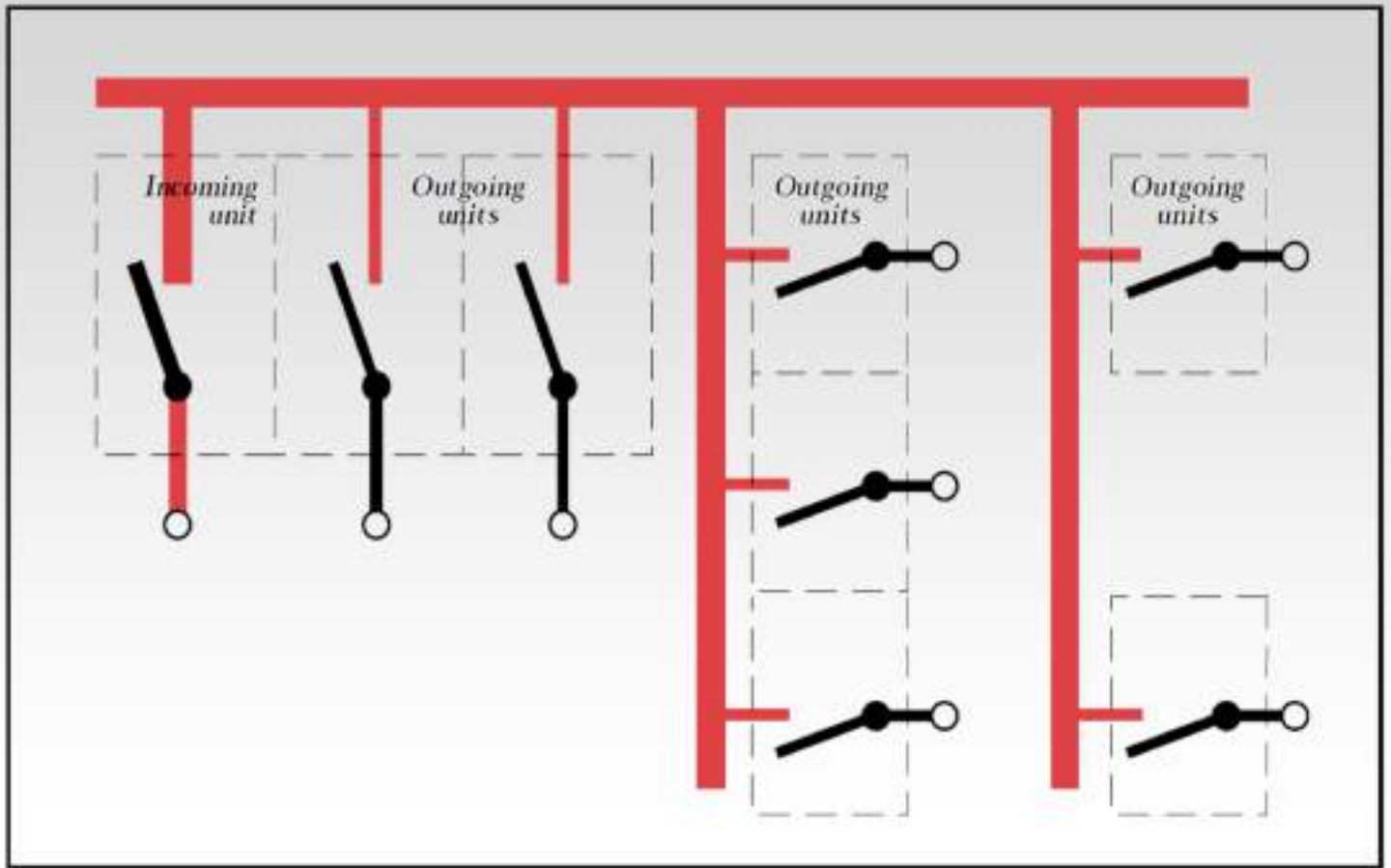


Form 3b

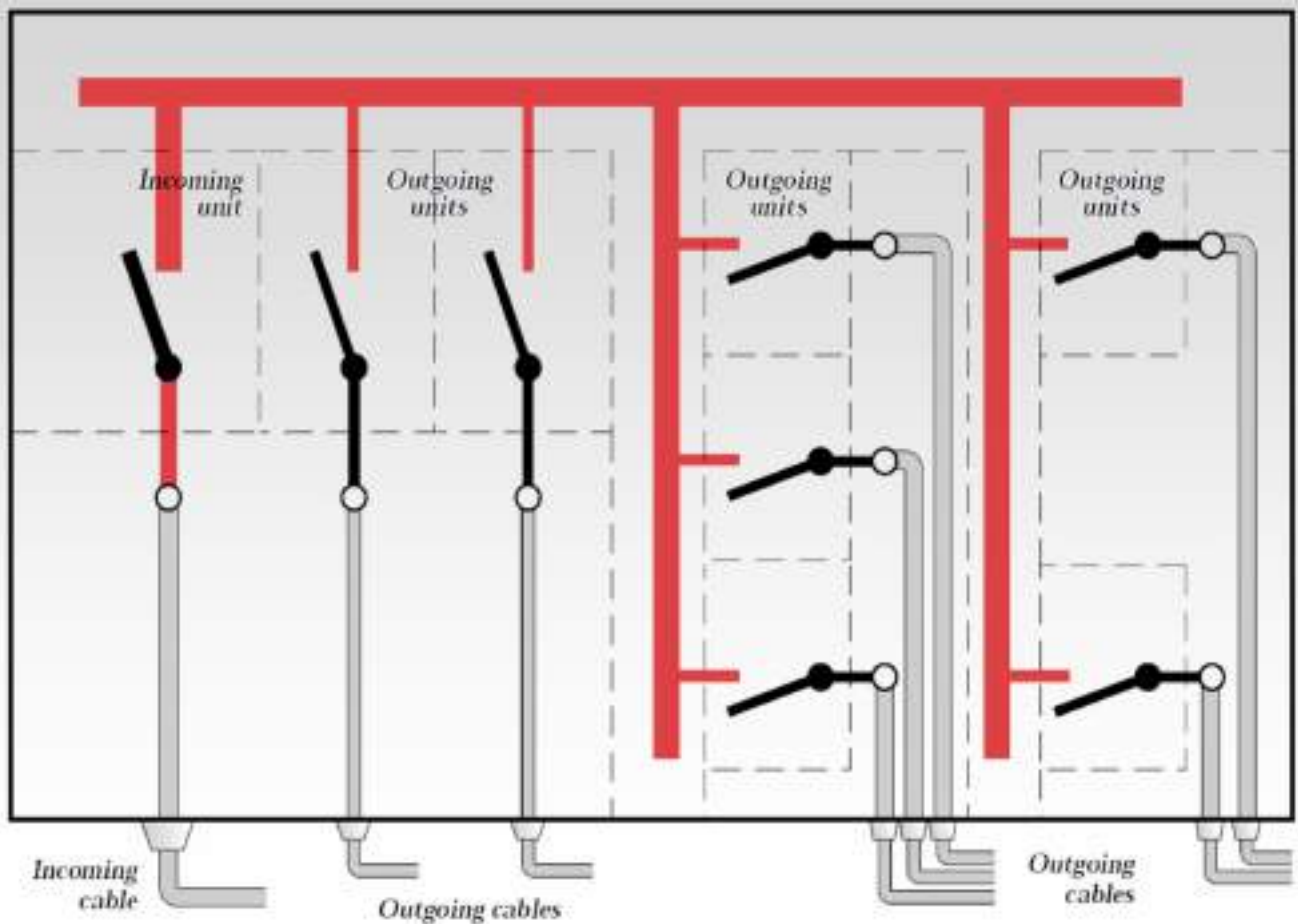




# Form 3a



# Form 3b

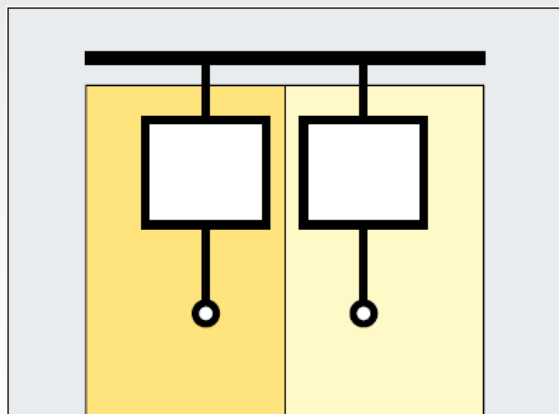




# תבניות: מחיצות בתוך המבנה Forms

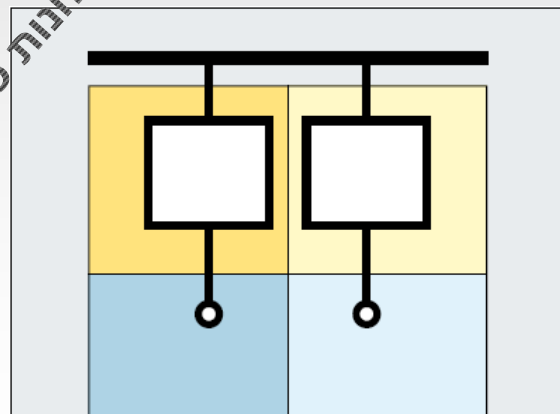
- **תבנית 4a** : היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה. חיבורי היחידות הפונקציונלית באותו תא מופרדים אחד מהשני.
- **תבנית 4b** : רמת המידור הגבוהה ביותר. היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה. חיבורי הכבלים מופרדים אחד מהשני ומהיחידות הפונקציונליות.

Form 4a

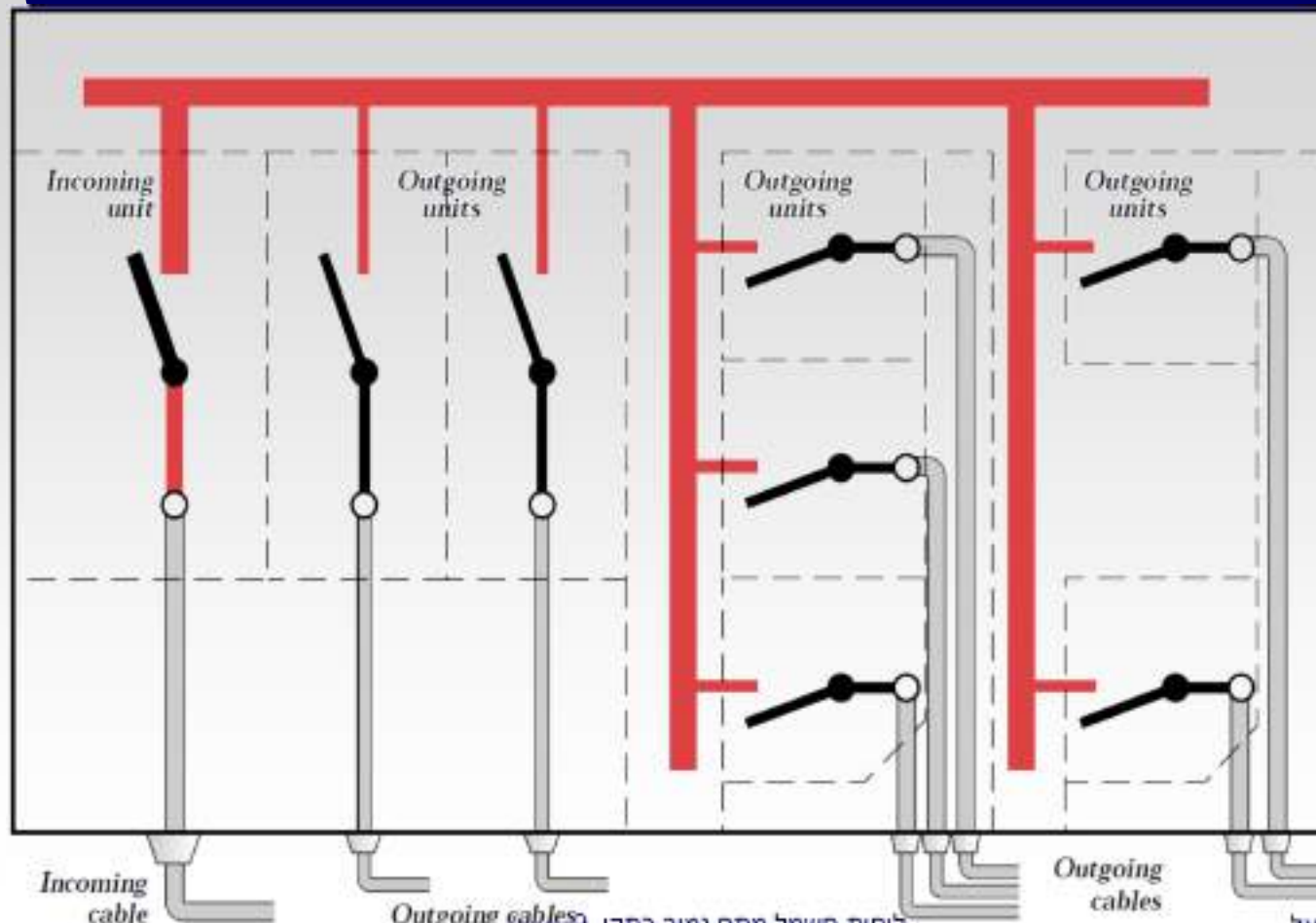


Form 4b

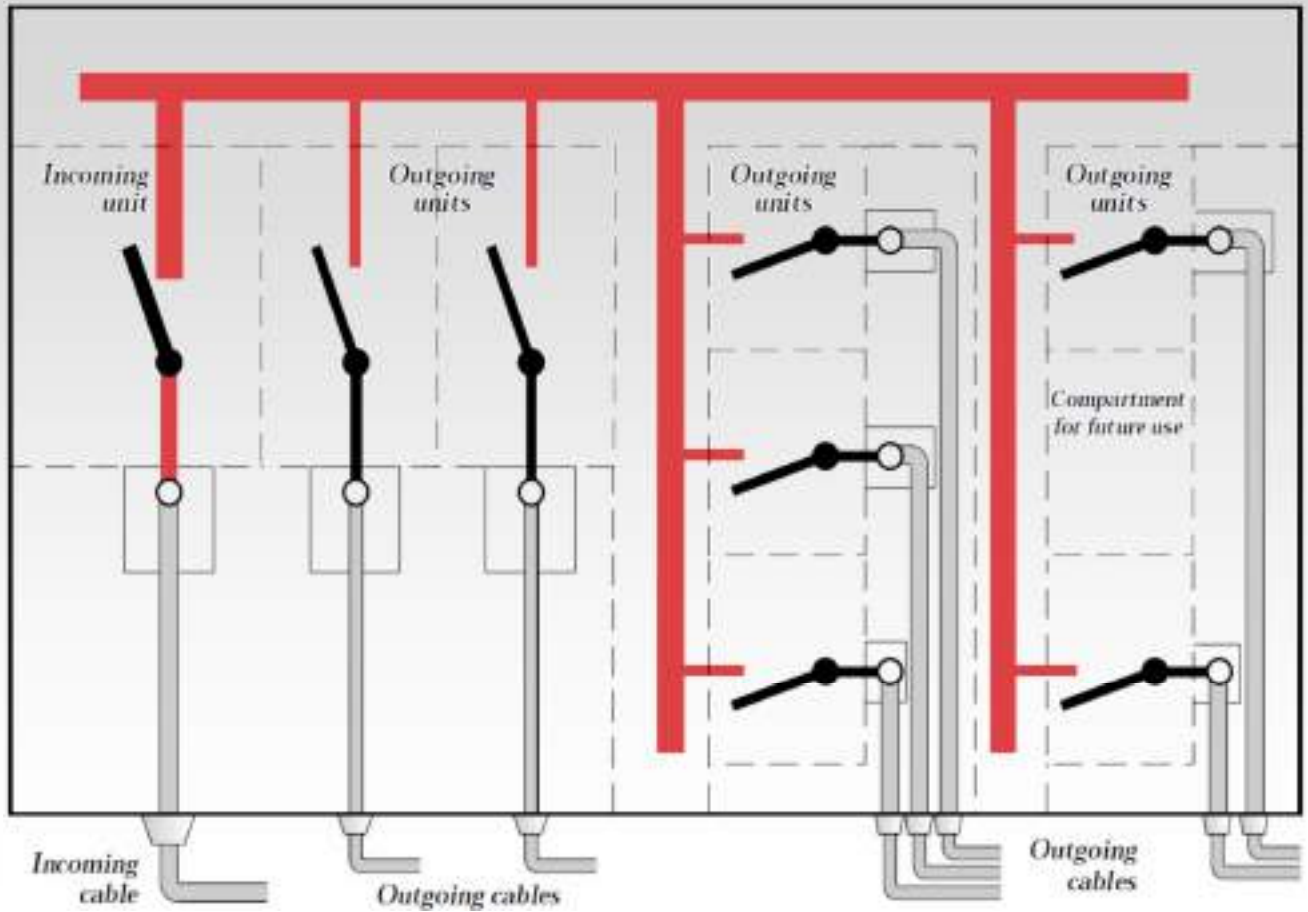
תחנות כוח



## Form 4a



# Form 4b

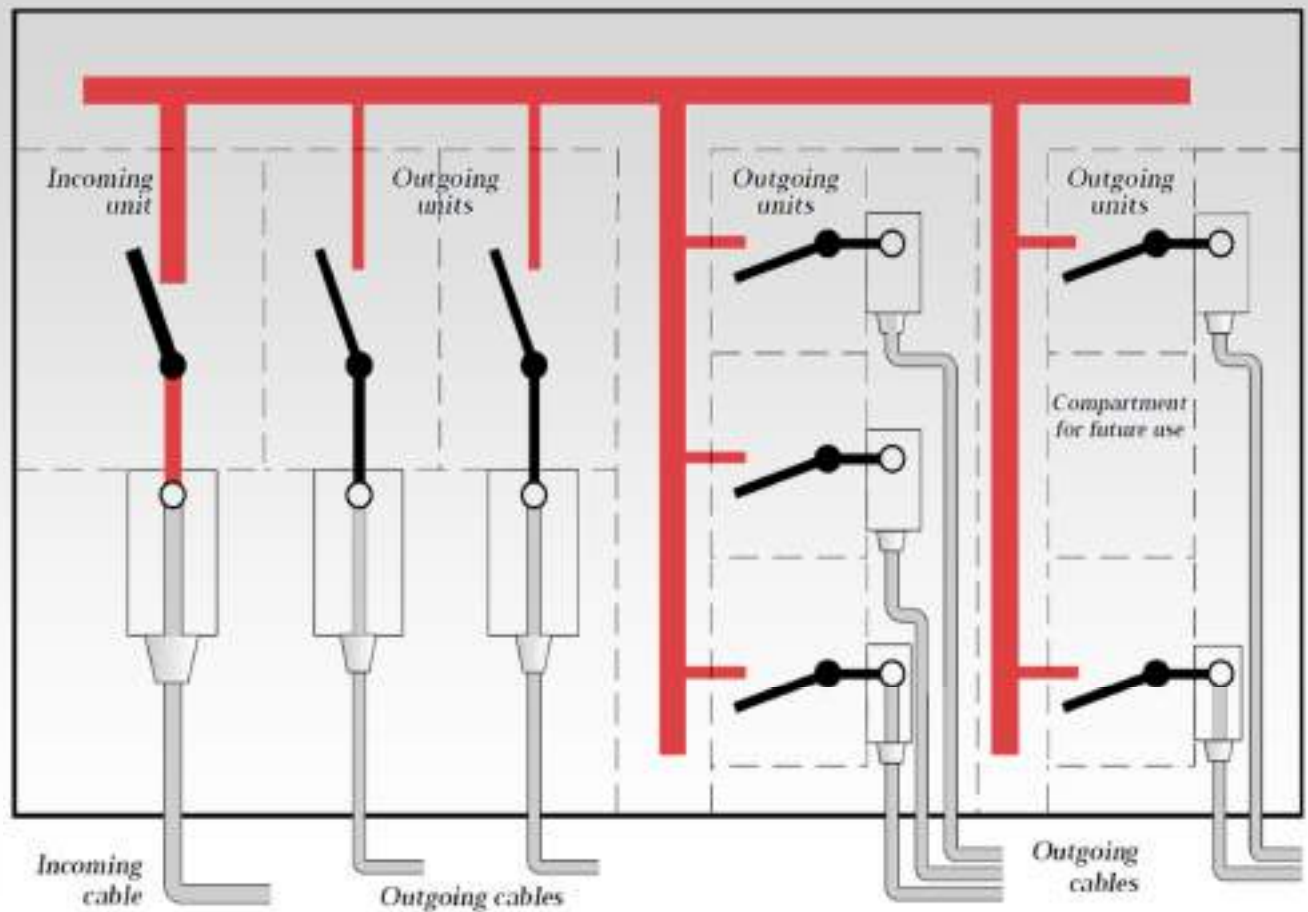


35

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

# Form 4b



36

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

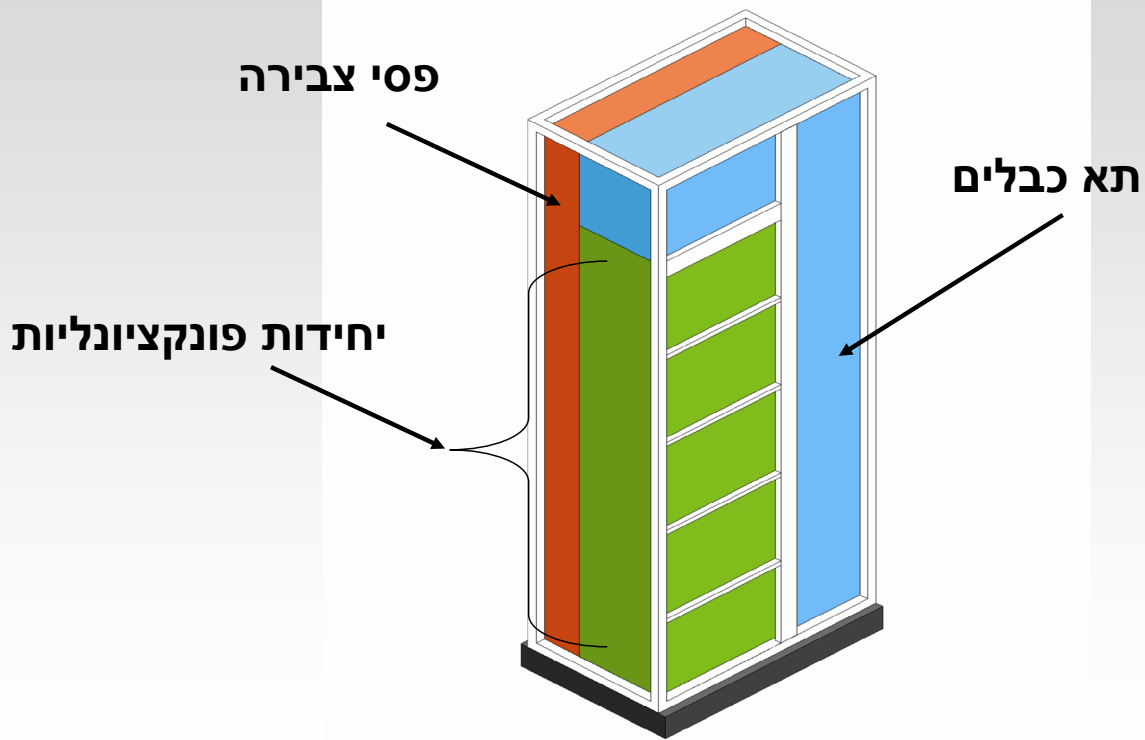


## אפשרויות מניעת מגע מקרי

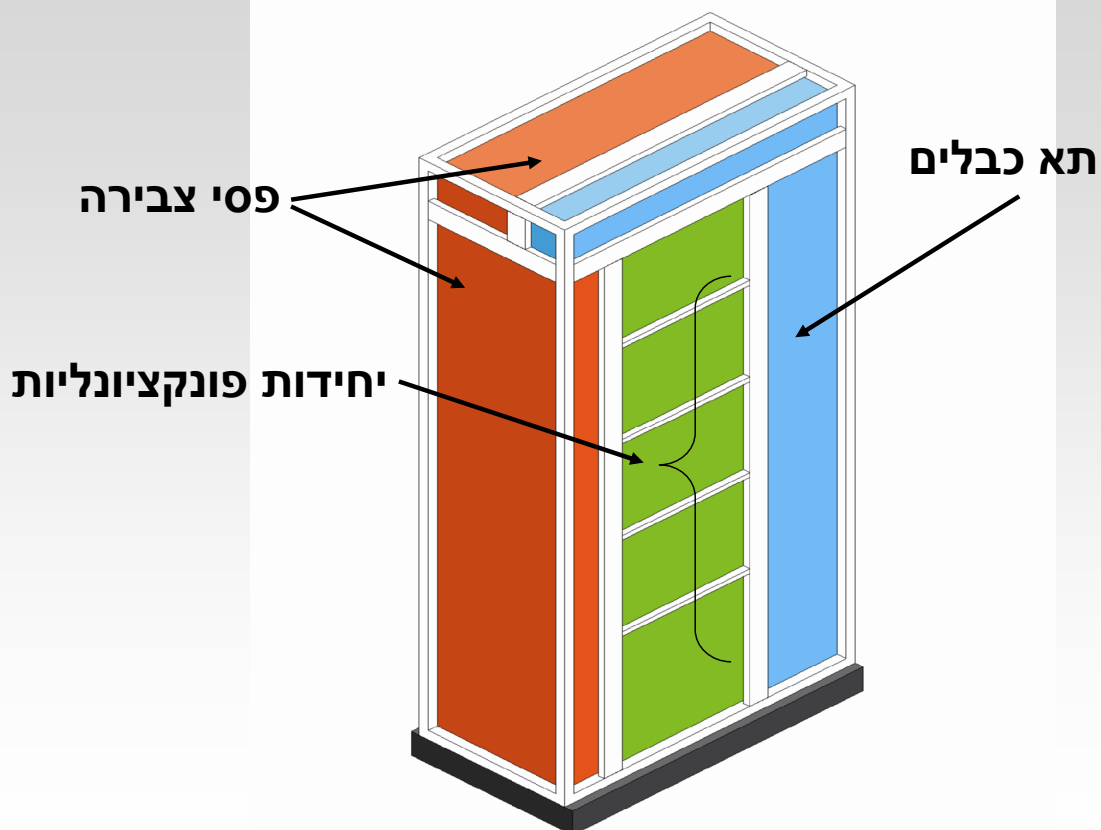
---



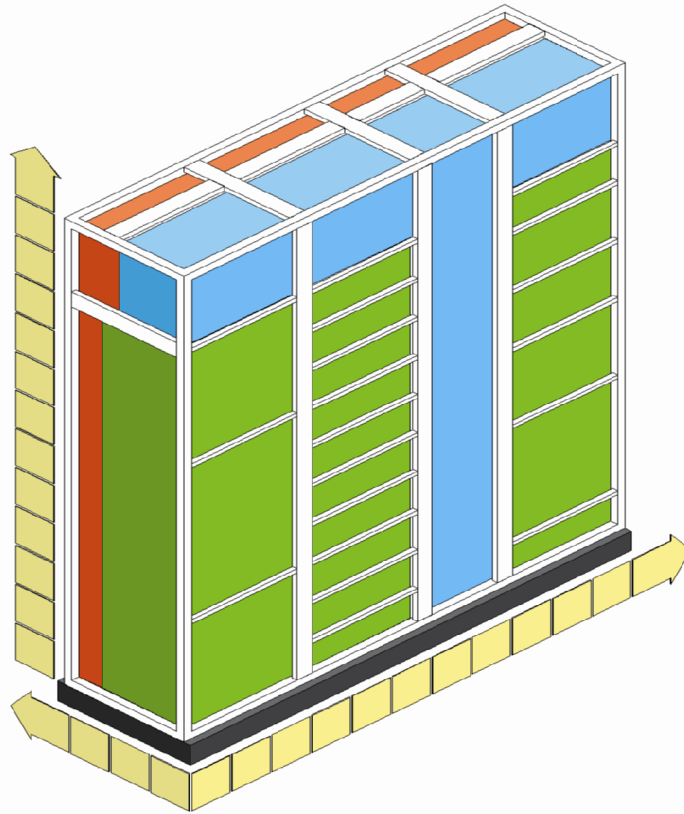
# חלקים עיקריים בלוח



# חלקים עיקריים בלוח



# בניית הלוח ממודולים סטנדרטיים

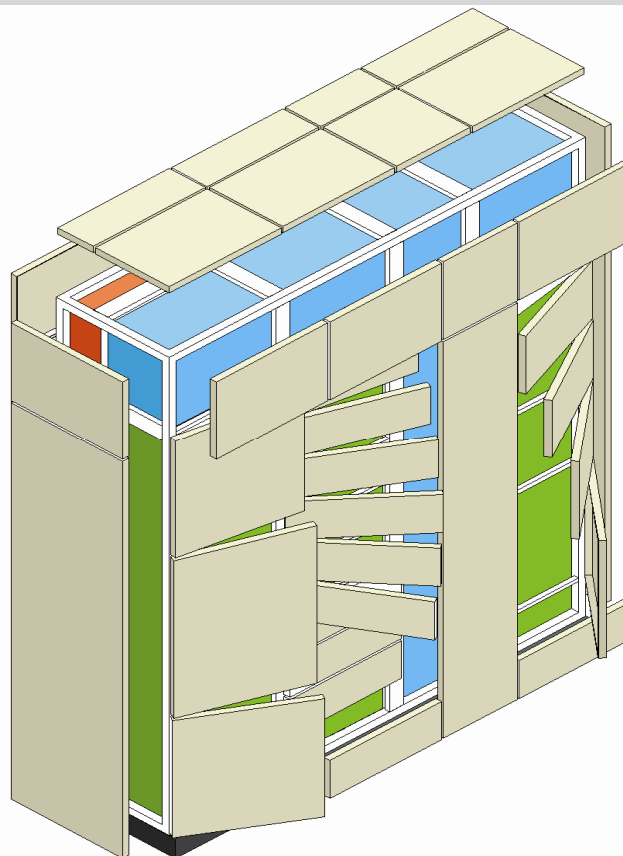


41

לוחות חשמל מתח נמור בתקן 61439

סגל אריאל

# כיסויים

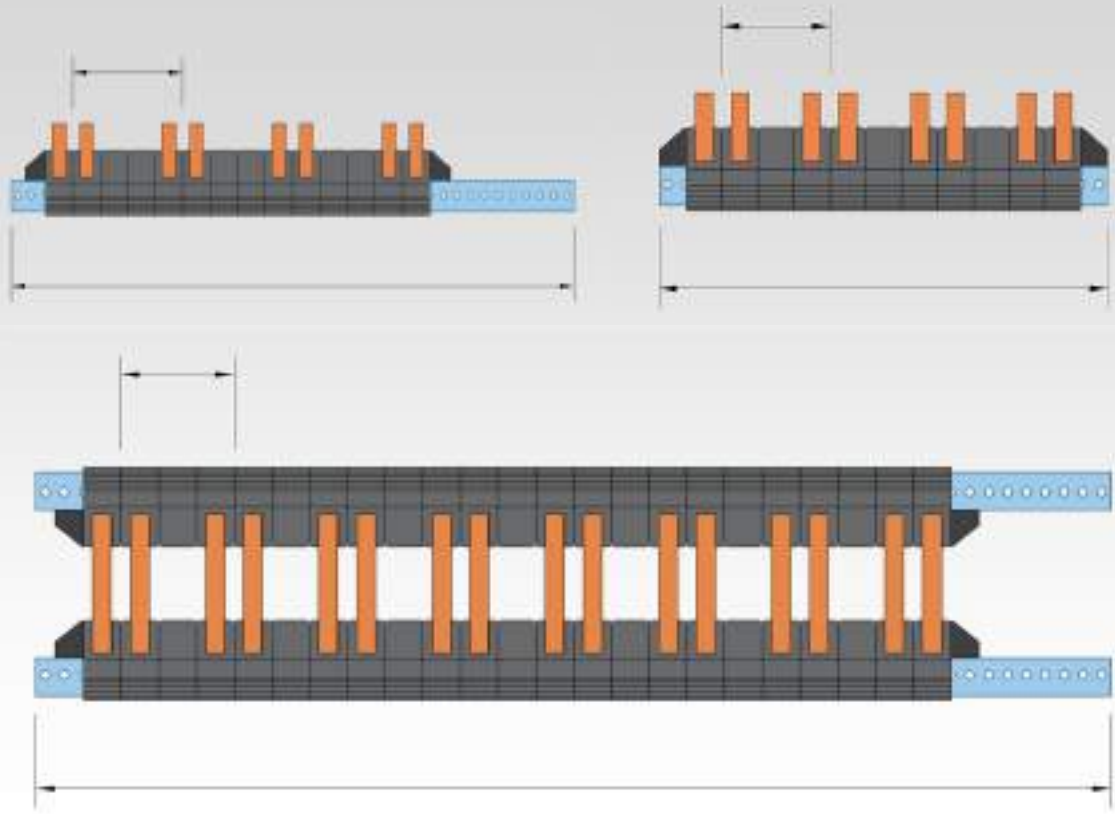


42

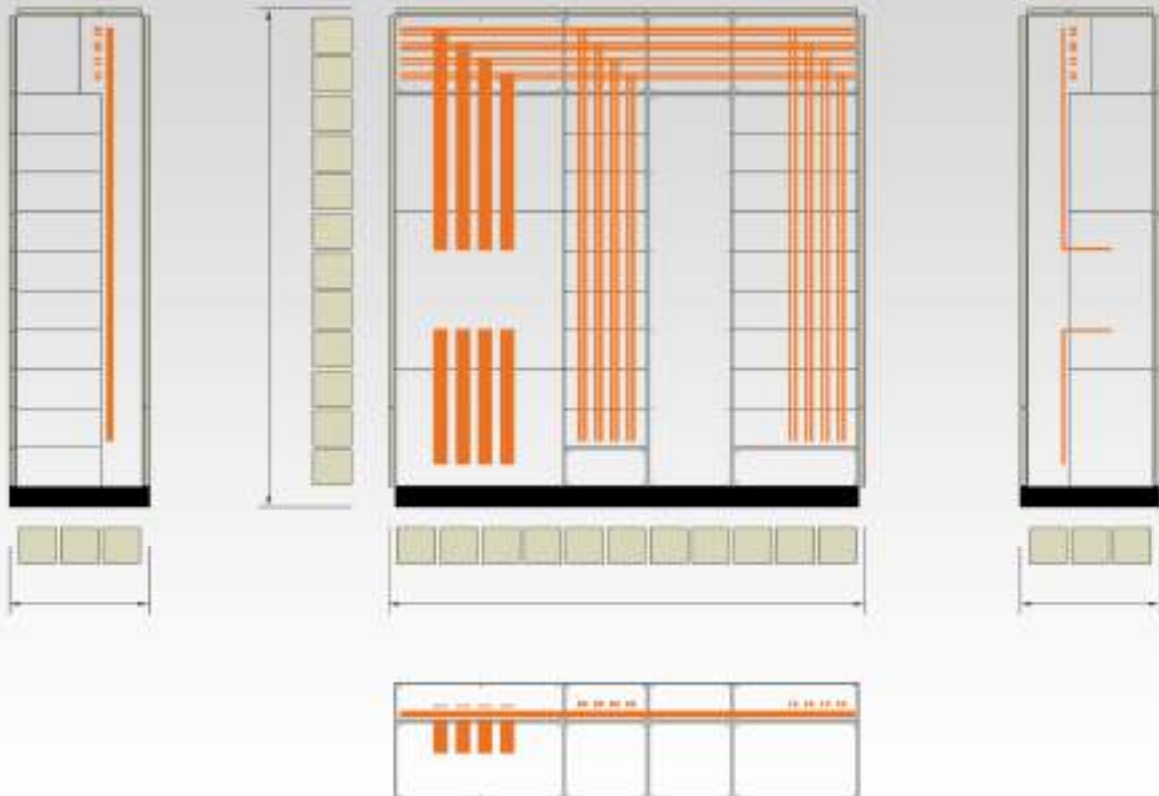
לוחות חשמל מתח נמור בתקן 61439

סגל אריאל

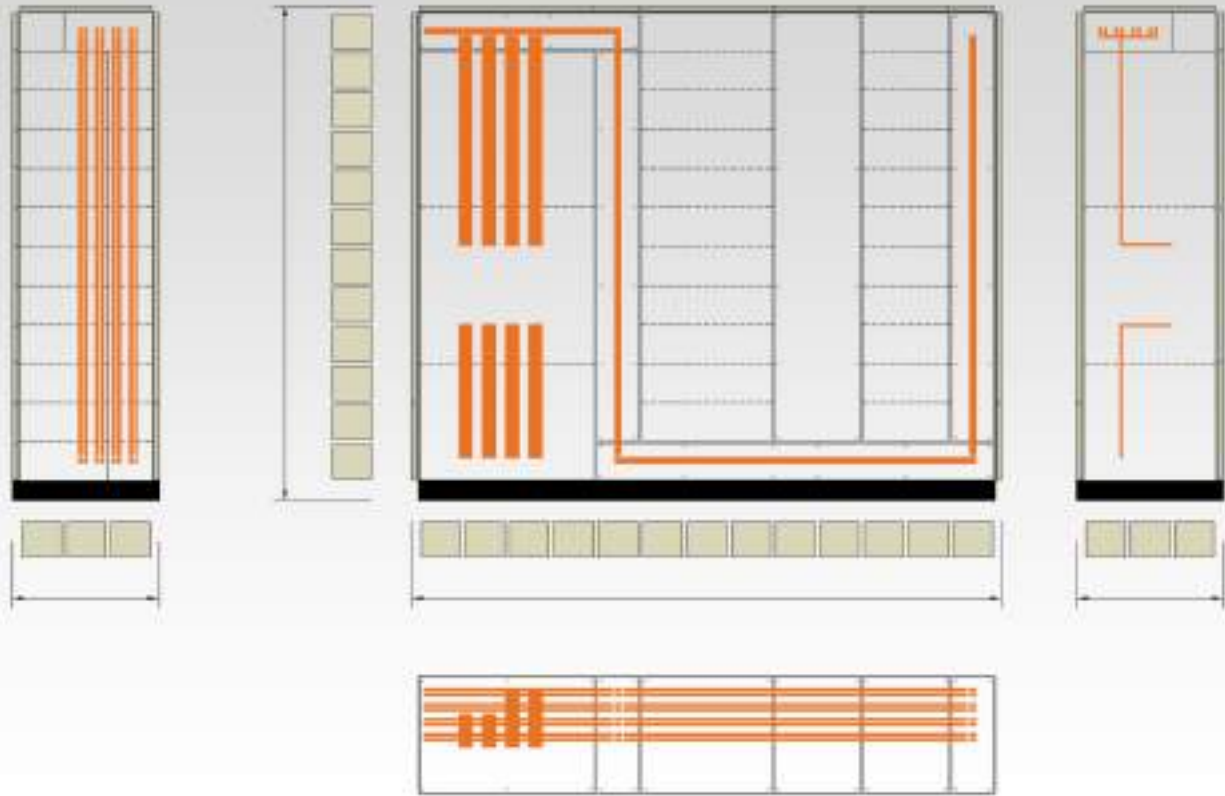
# פסי צבירה



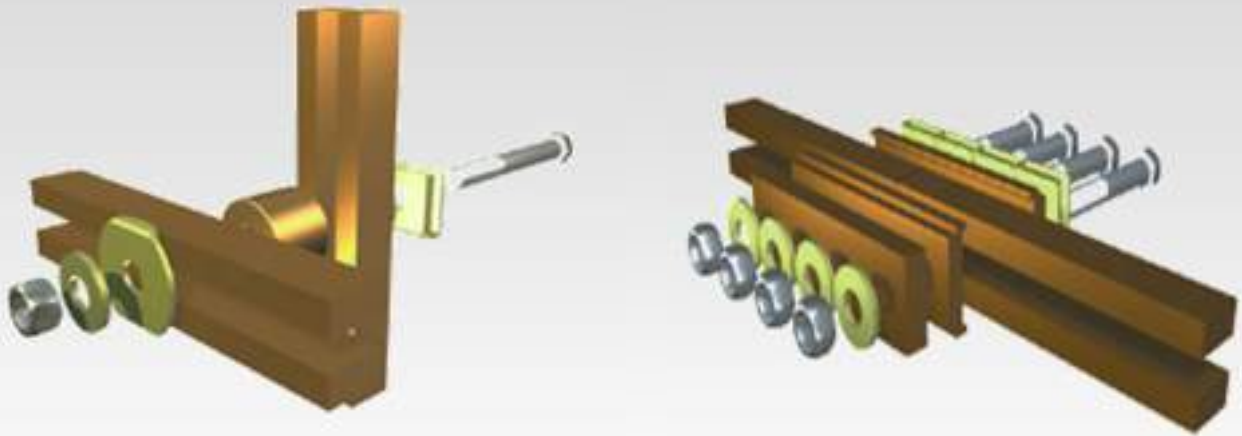
# פסי צבירה



## פסי צבירה



## חיבור פסי צבירה ללא חירור



## הבדיקות הנדרשות מהלוח עפ"י IEC 61439-1

הבדיקות מבטיחות שהלוח מתאים לנדרש בתקן ומאשרות את מאפייניו:  
**7 בדיקות אב טיפוס :**

- מס' 1 – גבולות עלית טמפרטורה
- מס' 2 – התנגדות בידוד וחוזק דיאלקטרי
- מס' 3 – עמידה בזרם קצר
- מס' 4 – רציפות ויעילות מעגלי הגנה
- מס' 5 – מרחקי זחילה
- מס' 6 – עמידות ופעילות מכנית של מכלולים
- מס' 7 – דרגת הגנה IP

### **בדיקות אב טיפוס נוספות:**

- עמידות להולם מכני IK.
- עמידות לחלודה וקורוזיה.
- עמידות למים וללחות.
- התנגדות חומרי הבידוד לחום.
- עמידות לאש.
- בדיקה מדגמית לחיזוק ברגים.





הבדיקות מבטיחות שהלוח מתאים לנדרש בתקן ומאשרות את מאפייניו:

## בדיקות שגרה (במפעל המרכיב):

- רמות אטימה (IP)
- מרחקי בידוד אוויר וזחילה.
- הרכבת האביזרים והרכיבים בלוח.
- בדיקה כללית : חיווט וחיבורים פנימיים
- חיבורים למוליכים חיצוניים
- בדיקת התנגדות בידוד וחוזק דיאלקטרי.
- רציפות הארקה ונאותות מעגל ההגנה.
- מומנט סגירה של הברגים
- סימון ושילוט
- פעולות מכניות
- בדיקה פונקציונלית (חיבור מתח).

טופס בדיקה



## בדיקות אב טיפוס המבוצעות ע"י היצרן

■ מטרת הבדיקות לאמת את המאפיינים ונתוני הלוח

■ 7 הבדיקות יבוצעו על תאים בהרכבי ציוד הקשים ביותר (מקס' ציוד לתא), כאשר הכבלים, חיבורים, פסי צבירה וכו' הם מיצור סטנדרטי ומותקנים עפ"י דרישות התקן.

■ הבדיקות יבוצעו באחת מהמעבדות המאושרות (Asefa, Kema, Lcie, Lovag .....)



## בדיקה מספר 1: גבולות עלית טמפרטורה

■ מטרת הבדיקה: הבטחת מהימנות ובטיחות הלוח והמתקן ע"י מניעת בעיות הנובעות מ-:

- חיבורים לקויים
- ירידה בתכונות חומרי הבידוד ובידוד לקוי.
- סכנה של כויות לאנשי תחזוקה.
- נזקים לציוד אלקטרוני.
- פעולה לא תקינה של ציוד מיתוג: פעולת הגנות שלא בזמן.



1. לוח החשמל יתוכנן להתקנה פנימית בחדר חשמל או בנישה בהתאם לגודלו.
2. טמפרטורה ממוצעת מקסימאלית ל- 24 שעות  $35^{\circ}\text{C}$
3. טמפרטורה מקסימאלית רגעית  $40^{\circ}\text{C}$
4. לחות יחסית צריכה להיות 50%

1

## בדיקה מספר 1: גבולות עלית טמפרטורה

■ תהליך הבדיקה :

- מספר מבנים בהרכבים שונים.
- הלוחות כוללים ציוד מיתוג הכולל מפסקים, מנתקים, מגענים וכד'.
- טמפרטורת סביבה: עד  $+40^{\circ}\text{C}$ .
- ציוד המיתוג מועמס בזרם נומינלי, מוכפל במקדם בו זמניות.

■ גבולות התאמה לתקן (גבולות עלית טמפרטורה)

- לאחר שהטמפרטורה בתוך הלוח התייצבה, הטמפרטורה לא תהיה מעבר לגבולות המותרים לחומרים, או לציוד, או שעלולה לגרום לכוויות. עלית הטמפרטורה המרבית המותרת:
- $70^{\circ}\text{C}$  עבור חיבורים לכבלים מבודדים חיצוניים.
- $15^{\circ}\text{C}$  עד  $25^{\circ}\text{C}$  בהתאם לסוג החומרים, עבור ידיות הפעלה.
- $30^{\circ}\text{C}$  עד  $40^{\circ}\text{C}$  עבור מארזים, או כיסויים חיצוניים נגישים.



1

# בדיקה מספר 1: גבולות עלית טמפרטורה

אימות בבדיקת גבולות עליית טמפרטורה הוא אחד הקריטיים ביותר בקביעת האמינות ויכולת ואורך החיים של מכלולי הלוח. טמפרטורות מוגזמות גורמות להזדקנות מוקדמת של הרכיבים והבידוד, ובסופו של דבר לפריצות.

הבדיקה נערכת כשהמפסק הראשי מועמס בעומס נקוב ומעגלי היציאה עמוסים בזרם הנקוב שלהם כפול מקדם בו זמניות ומקדם העמסה שאליו מוגדר הלוח.



# בדיקה מספר 1: גבולות עלית טמפרטורה

## תוצאות

עלית הטמפרטורה בתוך הלוח ובאביזריו, בלוחות הנבדקים לא תעלה מעל הערכים המותרים.



## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי (בידוד)

■ מטרת הבדיקה להבטיח את בטיחות הלוח ואמינותו במטרה למנוע תקלות כדוגמת:

- התפתחות קשת חשמלית.
- ירידה בערכי הבידוד.
- נזקים לחיבורים.
- עמידות במתחי יתר של ברקים.



2

## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי (בידוד)

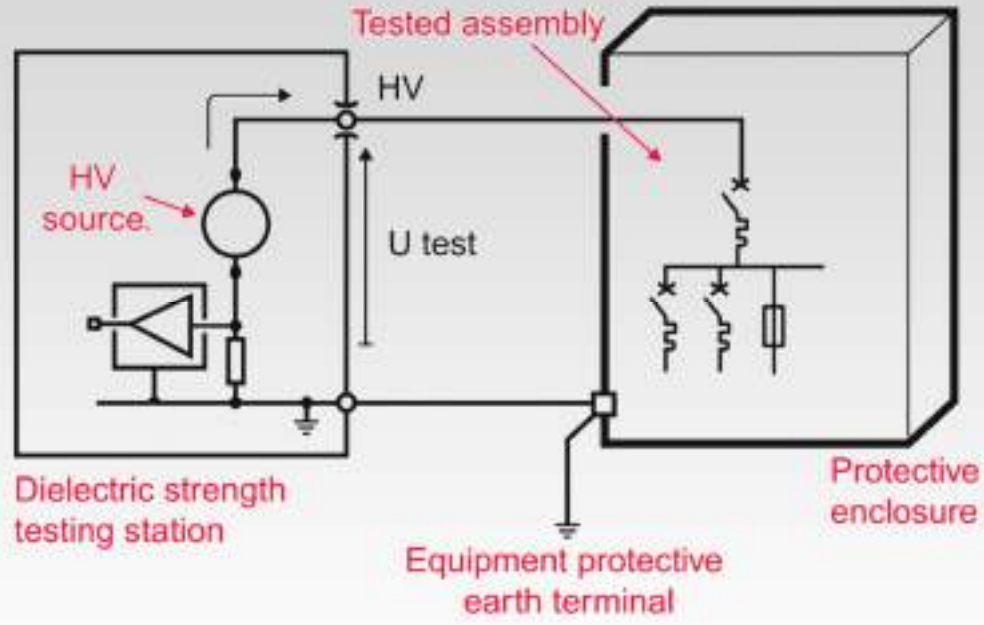
■ תהליך הבדיקה :  
מתח הבדיקה יחובר בין כל החלקים ה"חיים" ובין כל החלקים המחוברים (מסגרת) ובין כל קוטב וקוטב.  
□ מתח הבדיקה

Rated insulation voltage $U_l$ line to line a.c. or dc. V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. value V	Dielectric test voltage <sup>bl</sup> d.c V
$U_l \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_l \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_l \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_l \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_l \leq 1\ 000$	2 200	3 110
$1\ 000 < U_l \leq 1\ 500^*$	-	3 820

□ משך הבדיקה 1 דקה.

2

## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי (בידוד)



2

## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי (בידוד)



2

## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי (בידוד)

The test voltage must be applied according to the following sequence:

1. Between each pole of each circuit (power, control, auxiliaries) and the exposed conductive part of the assembly.
2. Between each pole of the main circuit and the other poles (between each phase and between each phase and neutral).
3. Between each circuit if they are not electrically connected (for example, separate control circuit or SELV and main circuit)
4. Between protective circuit and exposed conductive part for class ii assemblies
5. Between drawn-out or separate parts for the isolation breaking function

**IMPORTANT NOTES!** – Devices that could be damaged by the application of voltage (measurement or detection devices, electronic releases) must have one of their terminals disconnected and isolated.



## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי (בידוד)

■ בדיקת עמידה במתח יתר של ברקים, תתבצע בגל מתח סטנדרטי של  $1.2/50\mu\text{Sec}$ .

■ ערכי מתח הבדיקות יהיו בהתאם לטבלה:

Given impulse voltage $U_{imp}$ (kV)	Test voltage (kV)				
	Se level	200 m	500 m	1000 m	2000 m
2.5	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5
4	4.5	4.8	4.7	4.4	4
6	7.4	7.2	7	6.7	6
8	9.8	9.6	9.3	9	8
12	14.8	14.8	14	13.3	12

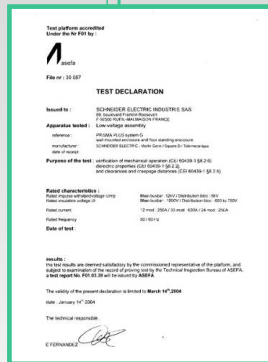
Working Voltage	Tolerated Transient Voltage			
	Category I	Category II	Category III	Category IV
150	800	1500	2500	4000
300	1500	2500	4000	6000
600	2500	4000	6000	8000
1000	4000	8000	8000	12000
Source Impedance	30Ω	12Ω	2Ω	2Ω





## בדיקה מספר 2: חוזק דיאלקטרי

### תוצאות



לא תיווצר קשת חשמלית או פריצה של המבודדים או חומרי הבידוד בעקבות חיבור מתח הבדיקה לפסי הצבירה



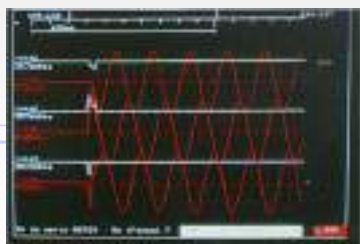
# 2

## בדיקה מספר 3: עמידה בזרם קצר

בדיקה זו מדמה תקלת קצר שיכולה לקרות באתר בזמן עבודה של הלוח

עמידה בזרם הקצר כדי:

- להמנע סיכון לעומדים ליד הלוח (כתוצאה מקריעה ופיזור של חלקים והתפתחות של קשת חשמלית אל מחוץ ללוח).
- לאפשר החזרת המתקן לתפקוד מהר ככל האפשר לאחר האירוע.



# 3

## בדיקה מספר 3: עמידה בזרם קצר

### ■ ביצוע הבדיקה:

- בדיקת עמידה בזרם קצר מבוצעת ע"י חיבור והעברת זרם קצר (בערך שיקבע ע"י היצרן) בפסי הצבירה.
- לדוגמא: בלוחות מדגם P-Prisma 85kA rms/1 sec

### ■ עמידה בבדיקה:

- פסי הצבירה והמבודדים חייבים לשמור על תכונות הבידוד והתכונות המכניות שלהם לאחר הבדיקה (אורך, חתך ותכונות בידוד...).
- לפיכך ניתן יהיה להחזיר את הלוח לעבודה לאחר בדיקה פשוטה.

3

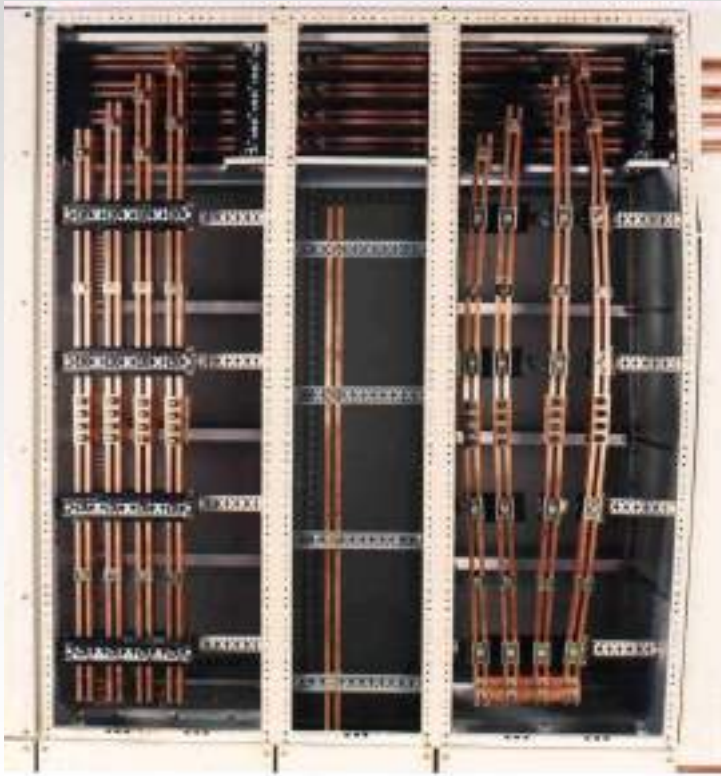
## בדיקה מספר 3: עמידה בזרם קצר



3

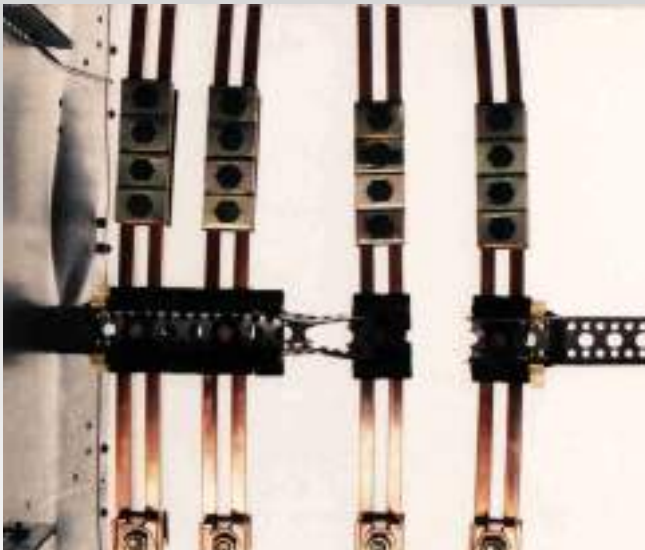


## בדיקת עמידה בזרם קצר

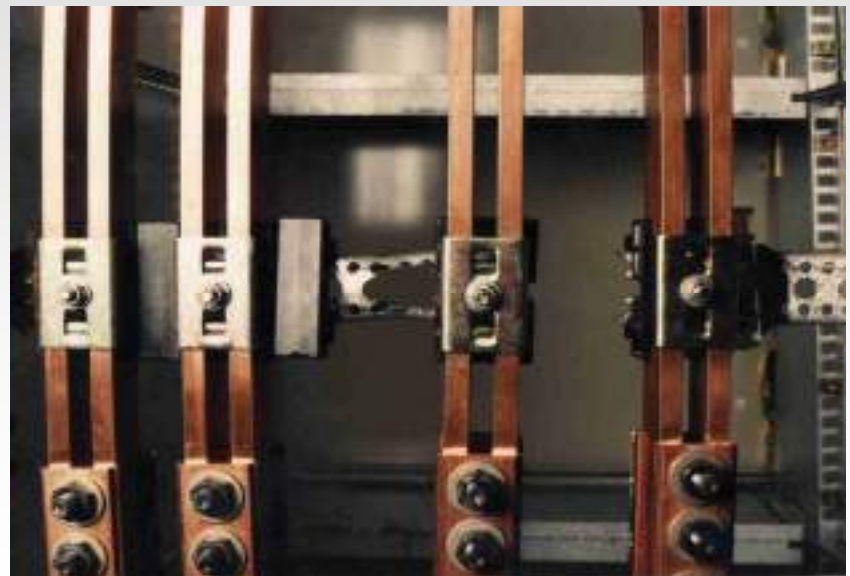


לוח שפסי הצבירה שלו לא עמדו  
בכוחות המופעלים בעת קצר

## בדיקת עמידה בזרם קצר



לוח שפסי הצבירה שלו לא עמדו  
בכוחות המופעלים בעת קצר



## בדיקת עמידה בזרם קצר

לוח שפסי הצבירה שלו לא עמדו  
בכוחות המופעלים בעת קצר

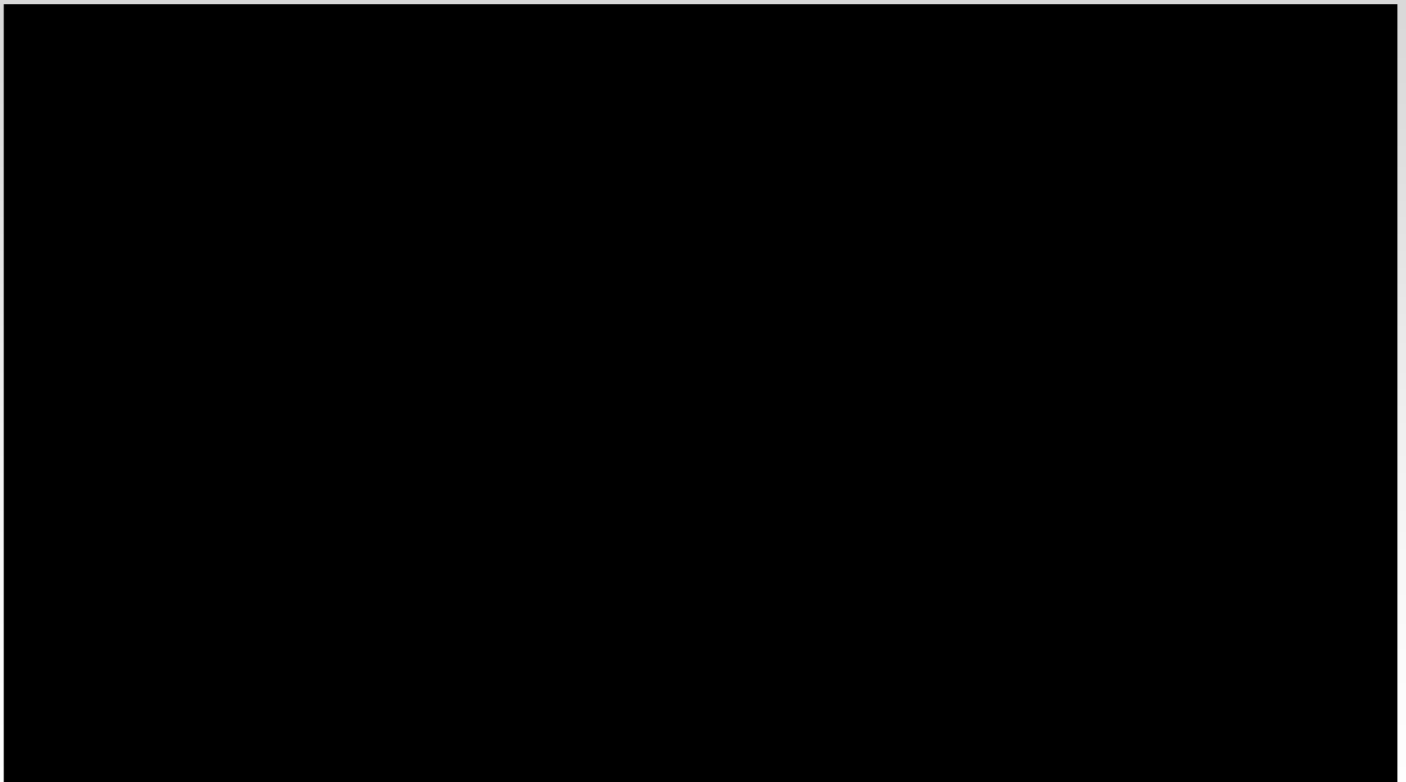


67

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## בדיקות לוח חשמל



68

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## בדיקת עמידה בזרם קצר



69

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## בדיקה מספר 4: יעילות מעגלי ההגנה

**יעילות מעגלי ההגנה (ההארקה) נבדקת פעמיים:**

- מדידת איכות החיבור בין חלקים מוליכים החשופים למגע (דלתות, פנלים...) ובין מעגלי ההגנה.
- עמידה בזרם קצר הזורם בין מוליכי הגנה ובין מוליך הפזה הקרוב.



# 4

70

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## בדיקה מספר 4: יעילות מעגלי ההגנה

### ■ חלק ראשון של הבדיקה:

- בבדיקה זו יש לוודא שחלקים חשופים למגע של המכלול מחוברים בצורה נכונה למוליכי ההגנה.
- הבדיקה מתבצעת על ידי מד התנגדות המזרים זרם של לפחות 25A דרך המוליך. התוצאה הנדרשת הינה התנגדות נמוכה מ-0.1Ω בין נקודות הבדיקה.



4

## בדיקה מספר 4: יעילות מעגלי ההגנה

### ■ חלק שני של ביצוע הבדיקה:

- מחברים מתח בין פזה בודדת ולמוליך ההארקה בכניסה ללוח. בכל אחת מיציאות הלוח מבצעים קצר בין מוליך הפזה למוליך ההגנה של המעגל.
- כל אחד ממפסקי היציאה יהיה מצויד ביחידת הגנה שתאפשר ערך מירבי של זרם קצר (שיא) ואנרגיה  $i^2t$  מרבית.
- הלוח בבדיקה זו צריך להיות מבודד מהרצפה ועוצמת זרם הקצר צריכה להיות שווה לפחות ל- 60% מעוצמתו של קצר תלת מופעי.

- 15 kA rms/1sec. for Prisma Plus System G
- 51 kA rms/1sec. for Prisma Plus System P.

### ■ עמידה בבדיקה:

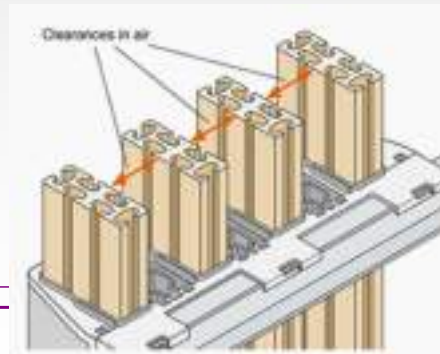
- המוליכים הראשיים, פסי הצבירה והמבודדים ישמרו על תכונות הבידוד ונתונייהם המכנים (אורך, חתך, התנגדות..).

4

- Prisma Plus System G מתאים למתקנים עד 630A.
- Prisma Plus System P מתאים למתקנים עד 3200A.

## בדיקה מספר 5: מרחקים ומרחקי זחילה

- בעת קביעת המרחקים בין אביזרים מוליכים ובין פסי צבירה לגוף הלוח יש לשמור על מרחקי בידוד ומרחקי זחילה שיבטיחו עמידת הלוח בקצרים ומתחי יתר (ברקים ואחרים).
- בבדיקה נמדד המרחק הקצר ביותר בין שני חלקים מוליכים.
- בדיקת מרחקי זחילה: המרחק הקצר ביותר על פני שטח מבודד בין שני חלקים מוליכים.



5

## בדיקה מספר 5: מרחקים ומרחקי זחילה

- הערכים המפורטים בתקן מתייחסים למוליכים חשופים וציוד המיתוג.
- מרחקי המינימום באוויר תלויים במתח יתר בו נבדק הלוח ורמת הזיהום בלוח.
- מרחקי הזחילה המינימליים תלויים במתח הבדדה נומינלי רמת הזיהום וסוג החומר ממנו עשוי המבודד המפריד בין החלקים ה"חיים".
- טבלה המפרטת את מרחקי העמידה ומרחקי הזחילה בהם צריך לעמוד הציוד מפורטת בתקן. בטבלאות מפורטים רמות זיהום, גובה התקנה ורמת הזיהום.

5



# בדיקה מספר 5: מרחקים ומרחקי זחילה

## תוצאות

- לדוגמא בדיקות שבוצעו בלוח Prisma בנתונים הבאים:  
מתח 1000V רמת זיהום 3 נמדדו מרחקי המינמום הבאים:
- 14mm מרחק הפרדה.
- 16mm מרחק זחילה.

תנאים אלו מבטיחים עמידה במתח יתר של כ-12kV בכל רמות הזיהום



## בדיקה מספר 6: פעולות מכניות

- בדיקת עמידות החומרים המרכיבים את המנגנונים המכניים השונים (חיגורים, חלקים נעים וכד')



6

## בדיקה מספר 6: פעולות מכניות

- הבדיקות המכניות מבוצעות על לוח מורכב.

- התקן דורש ביצוע של 50 מחזורי פעולה.

- בדיקה זו נבדקים גם מנגנוני נעילה.

6

## בדיקה מספר 6: פעולות מכניות

### תוצאות

- אחרי 50 מחזורי פעולה, חגורים מכניים וחלקים נעים אחרים שומרים על תכונותיהם הראשוניות.
- חלקים נוספים נבדקים בעמידה ב-10,000 פעולות (דלתות, ידיות, צירים...)



6

## בדיקה מספר 7: רמת הגנה מכנית

בדיקה זו בודקת את יכולתו של הלוח:

- להגן על אנשים בפני מגע בחלקים חיים
- להגן על הציוד המותקן בלוח בפני חדירת נוזלים ומוצקים.
- להגן על הציוד בפני פגיעות מכניות כמו מכות מגופים.



7



# בדיקה מספר 7: רמת הגנה מכנית

## בדיקות:

- בדיקה חדירות של גופים מוצקים.
- בדיקת חדירות נוזלים.
- בדיקת אפשרות מגע מקרי בחלקים חיים.



## IP degree of protection: (IEC 60529/EN 60529)

יידן דרגות הגנה של מנגנונות (ארגונים) לבידוד חשמלי

דרגת הגנה	תיאור (בדיקה לפי EN 60529)	תיאור (בדיקה לפי IEC 60529)
0	הגנה אפסית	הגנה אפסית
1	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 50 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 50 מ"מ או יותר
2	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 12.5 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 12.5 מ"מ או יותר
3	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 2.5 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 2.5 מ"מ או יותר
4	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 1 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 1 מ"מ או יותר
5	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 0.5 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 0.5 מ"מ או יותר
6	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 0.1 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת גוף מוצק בעל קוטר של 0.1 מ"מ או יותר
7	הגנה מפני חדירת נוזל בעל קוטר של 1 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת נוזל בעל קוטר של 1 מ"מ או יותר
8	הגנה מפני חדירת נוזל בעל קוטר של 0.1 מ"מ או יותר	הגנה מפני חדירת נוזל בעל קוטר של 0.1 מ"מ או יותר

הייצוג המקובל:

IP##

לעיתים מתווספות אותיות לציון נתונים נוספים:

אות ראשונה מציינת דרגת הגנה מפני כניסה לאזורים מסוכנים:

A – גב היד.

B – אצבע.

C – כלי.

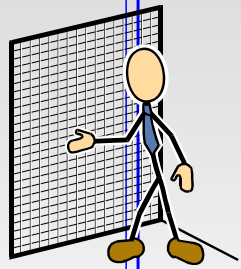
D – מוליך.

אות אחרונה מציינת מידע משלים כמו מתח גבוה, תנאי אקלים וכד'.

IP – Ingress protection

# IP degree of protection: (IEC 60529/EN 60529)

דרגת ההגנה המינימלית של לוח המיועד להתקנה פנימית תהיה IP2X.  
דרגת ההגנה המינימלית בחזית הלוח תהיה IPXXB.  
דרגת ההגנה המינימלית של לוח המיועד להתקנה חיצונית תהיה IPX3.



IP2X or IPXXB



## ArTu L

IP31

Without door



IP43

With door



## ArTu M

IP31

Without door



IP65

With door



## ArTu K

IP31

Without door



IP41

Without door with kit IP41



IP41

With door and lateral ventilated panels



IP65

With door and blind panels



רמת אטימות של לוחות חשמל  
מתוצרת ABB

## IK דרגת הגנה בהולם מכני (IEC 62262)



שווה ערך לפגיעה	אנרגיית הפגיעה	דרגת IK
אין בדיקה	לא מוגן $\geq$	00
הולם של 200 ג' מגובה 7.5 ס"מ	0.14 ג'אול $\geq$	01
הולם של 200 ג' מגובה 10 ס"מ	0.20 ג'אול $\geq$	02
הולם של 200 ג' מגובה 17.5 ס"מ	0.35 ג'אול $\geq$	03
הולם של 200 ג' מגובה 25 ס"מ	0.50 ג'אול $\geq$	04
הולם של 200 ג' מגובה 35 ס"מ	0.70 ג'אול $\geq$	05
הולם של 500 ג' מגובה 20 ס"מ	1 ג'אול $\geq$	06
הולם של 500 ג' מגובה 40 ס"מ	2 ג'אול $\geq$	07
הולם של 1.7 ק"ג מגובה 29.5 ס"מ	5 ג'אול $\geq$	08
הולם של 5.0 ק"ג מגובה 20 ס"מ	10 ג'אול $\geq$	09
הולם של 5.0 ק"ג מגובה 40 ס"מ	20 ג'אול $\geq$	10

לוחות להתקנה פנימית יעמדו בהולם מכני מינימלי של IK05  
לוחות להרכבה חיצונית יעמדו בהולם מכני מינימלי של IK07

## IK דרגת הגנה בהולם מכני (IEC 62262)

IK 08



**ArTu L**  
Impact energy in  
Joule 5,00

IK 09

With glazed door



**ArTu M - K**  
Impact energy in  
Joule 10,00

IK 10

With blind door



**ArTu M - K**  
Impact energy in  
Joule 20,00

רמת עמידה בהולם מכני של  
לוחות חשמל מתוצרת ABB



## בדיקות במפעל היצור: כבילה ופעולות חשמליות

■ בדיקת התאמה של הלוח ל:

- תוכניות החד קוויות ותוכניות הפיקוד
- איכות הכבלים (שטח חתך, כיפופים...)
- סימונים ותוויות.

■ בדיקת ראייה

- רמת הגנה, מרחקי זחילה ומרחקים בין חלקים מוליכים
- בדיקה שכל המוליכים והכבלים מונחים בצורה נכונה והציוד מורכב נכון.

□ ספרות טכנית (תוכניות, הוראות התקנה...)

■ בדיקת מגעי החיבורים, במיוחד חיבורים מתברגים

■ בדיקת פעולות מכניות וחשמליות:

- בדיקת חגורים מכניים, מנעולים, ידיות....



## בדיקת התנגדות הבידוד וחוזק דיאלקטרי

- אין התפתחות של קשת חשמלית או פריצת של מבודדים בזמן בדיקת מתח בין החלקים החיים ובינם לבין המעטפת המתכתית.



## התנגדות הבידוד וחוזק דיאלקטרי

מתח הבדיקה יחובר בין: □

כל קוטב לחלקי מתכת מוליכים המרכיבים את המסגרת, בין הקטבים של המעגלים הראשיים ובין עצמם, בין מעגלי העזר למעגלים הראשיים ובין חלקי המתכת המרכיבים את המסגרת ובין צד ההספקה לחלק הנשלף של הציוד.

בדיקת התנגדות בידוד Insulation test □

בדיקת בידוד תבוצע בעזרת מכשיר בדיקת בידוד במתח 500V. □

בדיקת חוזק דיאלקטרי □

בדיקת חוזק דיאלקטרי תבוצע באתר המרכיב בדומה לבדיקות הדגם ובאתר הלקוח למשך 1 שניה לפחות כדי לזהות בעיות בשינוע ובהרכבה.

## התנגדות הבידוד וחוזק דיאלקטרי

**בדיקת בידוד** הבדיקה מוצלחת אם ההתנגדות בין החלקים המוליכים והחלקים החיים היא לפחות 1000 Ohms/V.

**בדיקת חוזק דיאלקטרי** הבדיקה מוצלחת אם אין התפתחות קשת או פגיעה במבודדים.



### ■ בדיקה באמצעות מכשור:

□ בדיקת אמצעי הגנה ורציפות חשמלית של מעגלי הגנה וחלקים מתכתיים

### ■ בדיקה ויזואלית:

□ בדיקת אמצעי הגנה בפני חשמול בשל מגע ישיר ועקיף.  
□ בדיקת הרציפות החשמלית של מעגלי הגנה וחלקים מתכתיים (בחיבורי ברגים תיבדק התנגדות המגע)

## בדיקות דגם ללוחות חשמל

## הבדיקות שעל בונה הלוחות לבצע בגמר בניית הלוח הן:

- בדיקה ויזואלית.
- הגנה מפני התחשמלות - בדיקה ויזואלית ובדיקת רציפות הארקה.
- הרכבת אביזרים בלוח - בדיקת התאמה להוראות היצרן המקורי או ספק הציוד.
- בדיקת סימונים ושילוט.
- חיבורים בלוח - בדיקה של סגירת ברגים, בעזרת מד מומנט.
- בדיקת כבילה ופעולות חשמליות.
- בדיקת בידוד וחוזק דיאלקטרי בהתאם למתח הבידוד המוצהר או הנדרש על יד הלקוח. הבדיקה תעשה במשך שנייה אחת.
- בדיקה פונקציונלית (חיבור מתח)

## המעבר לתקן 61439

- החיסרון העיקרי שהיה בסדרת התקנים הישנה היתה הדרישה לביצוע בדיקות דגם. היות שיש וריאציות רבות לכל סוג של לוחות מתח נמוך, אין זה מעשי לבצע בדיקת דגם לגבי כולם.
- בסדרת התקנים החדשה, ת"י 61439, נכללות הגדרות נרחבות יותר של הבדיקות, נוספו הליכים של בדיקת התכנון, קיימים יותר נתונים בנושאים תפעוליים ותכנוניים, וכן פורט המידע שיועבר בין היצרן לבין הלקוח. זהו שינוי לטובה ביחס לסדרת התקנים הישנה, כך שאין צורך בפרשנויות.
- במהלך החלפת התקנים בוצעו שינויים במספור חלקי התקן: נוסף תקן חדש ת"י 61439 חלק 1 - דרישות כלליות, ולכן, ת"י 1419 חלק 1 הועבר לת"י 61439 חלק 2, ות"י 1419 חלק 2 הועבר לת"י 61439 חלק 6.



## המעבר לתקן 61439

מספר החלק	סדרת התקנים הישנה IEC 60439 ות"י 1419	סדרת התקנים הישנה IEC 61439 ות"י 61439
חלק 0	-	הנחיות להגדרת לוחות חשמל
חלק 1	לוחות הספק ומיתוג (PTTA, TTA)	דרישות כלליות
חלק 2	פסי צבירה	לוחות הספק ומיתוג
חלק 3	לוחות לאנשים לא מיומנים	לוחות לאנשים לא מיומנים
חלק 4	לוחות לאתרי בניה	לוחות לאתרי בניה
חלק 5	לוחות חלוקה ברשתות ציבוריות	לוחות חלוקה ברשתות ציבוריות
חלק 6	-	פסי צבירה
חלק 7	-	לוחות חשמל לשימושים מיוחדים

## בעיות בתקן הקודם

- לא מעשי לבדוק כל הרכב של רכיבים ולוחות בבדיקת טיפוס מלאה.
- במקרים ולא בוצעה בדיקת טיפוס לא הוצעו דרכי בדיקה חליפיות.
- התקן לא נתן פתרון לעלית טמפרטורה בלוחות מודולריים.
- שיטות הוכחת העמידות של לוחות חשמל שעברו בדיקת דגם חלקית (PTTA) בתקן הישן אינן מספקות ותלויות לחלוטין בכשרון וביושר של בונה הלוחות.
- לוחות קטנים לא נבדקו בבדיקת טיפוס מלאה או חלקית.
- מושגים כמו בדיקת טיפוס חלקית אינם ברורים דיים וגורמים לפרשנויות שונות וייצור לוחות לא תקינים.

## השינויים בתקן החדש

- הגדרת תחומי האחריות והבדיקות של יצרן מקורי לעומת יצרן מרכיב.
- לא קיימים יותר לוחות TTA ו-PTTA.
- בתקן החדש הוצגו 3 סוגי בדיקות שונות במהותן אך שקולות:
  - בדיקה מקפת בדומה לקיים.
  - בדיקה על ידי חישוב ותוצאות מדידה.
  - אימות תקינות על ידי כללי תכנון מספקים.
- הבהרת הדרישות לגבי נושא הטמפרטורה המרבית באזורי הלוח השונים.
- עידכון בהגדרות של מקדם בו זמניות נקרא כעת *rated diversity factor (RDF)*.
- הגדרת אופן בדיקות המבנה.

## השינויים בתקן החדש

- פרק מפורט על בדיקות שיגרה.
- הובהרו הקריטריונים להגדרת ציוד שווה ערך.
- כשאין כוונה לבצע בדיקות דגם, יש צורך לשמור על כללי תכנון כמפורט:
  - 50% תוספת במרחק במידה ולא מבוצעת בדיקת עמידה בפולסי מתח יתר.
  - גריעה של 20% מהספק רכיבים אם לא מבוצעת בדיקת טמפרטורה של המכלול.

## השינויים בתקן החדש – שיטות הבדיקה והאימות

אימות ע"י כללי תכנון	אימות ע"י השוואה ללוח בדוק	אימות ע"י בדיקה	מאפיינים שיש לאמת (ת"י 61439-61439 IEC)	הסעיף בתקן
X	X	✓	חוזק חומרים וחלקים	10.2
✓	X	✓	דרגת הגנה של המעטפת	10.3
✓	✓	✓	מרחקי הגנה וזחילה	10.4
X	X	✓	יעילות הרציפות בין חלקים מוליכים חשופים בלוח לבין מעגל ההגנה	10.5.2
✓	✓	✓	עמידות מעגל ההגנה בזרם קצר	10.5.3
✓	X	X	התקנת התקני מיתוג ורכיבים	10.6
✓	X	X	חיבורים ומעגלים חשמליים פנימיים	10.7
✓	X	X	מגעים למוליכים חיצוניים	10.8
X	X	✓	עמידה במתח יתר	10.9.2
✓	X	✓	עמידה במתח הלם	10.9.3
✓	✓	✓	גבולות עליית טמפרטורה	10.10
X	✓	✓	עמידות בזרם קצר	10.11
✓	X	✓	תאימות אלקטרומגנטית	10.12
X	X	✓	פעולות מכאניות	10.13

98

סגל אריאל

לוחות חשמל מתח נמוך

## בדיקות אימות

**בדיקת אימות -** בדיקה שנערכת על דגם של מכלול או על חלקי מכלולים כדי לוודא שהתכנון עומד בדרישות הרלוונטיות. (בדיקות אימות מקבילות לבדיקות IO – Type test)

**השוואה לאימות -** השוואה של עיצוב מוצע למכלול או חלקים ממכלול, שנבדקו ועמדו בבדיקת אימות.

**הערכת אימות -** אימות באמצעות כללים מוגדרים, לרבות שימוש במרווחי בטיחות מתאימים, או חישובים שהוחלו על לוח מכלול או לחלקים ממכלולים על מנת להוכיח שהלוח עומד בדרישות הרלוונטיות של התקן.

99

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

# אפשרויות אימות התאמה לתקן

N°	Characteristic to be checked	Items	Verification option		
			Tests	Comparison	Assessment
1	Strength of materials and parts	10.2	Yes	No	-
2	Degree of protection (IP)	10.3	Yes	No	Yes
3	Clearance	10.4	Yes	No	No
4	Creepage distance	10.4	Yes	No	No
5	Electric shock protection and integrity of protection circuits	10.5	Yes	-	No
6	Integration of connection devices and components	10.6	No	No	Yes
7	Internal electrical circuits and connections	10.7	No	No	Yes
8	Terminals for external conductors	10.8	No	No	Yes
9	Dielectric properties	10.9	Yes	No	-
10	Temperature rise	10.10	Yes	Yes	Yes
11	Short-circuit resistance	10.11	Yes	Yes	No
12	Electromagnetic compatibility	10.12	Yes	No	Yes
13	Mechanical operation	10.13	Yes	No	No

## שיטות הבדיקה והאימות

No.	Characteristic to be verified	Clauses or subclauses	Verification options available		
			Testing	Comparison with a reference design	Assessment
1	Strength of material and parts:	10.2			
	Resistance to corrosion	10.2.2	YES	NO	NO
	Properties of insulating materials:	10.2.3			
	Thermal stability	10.2.3.1	YES	NO	NO
	Resistance to abnormal heat and fire due to internal electric effects	10.2.3.2	YES	NO	YES
	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	10.2.4	YES	NO	YES
	Lifting	10.2.5	YES	NO	NO
	Mechanical impact	10.2.6	YES	NO	NO
Marking	10.2.7	YES	NO	NO	
2	Degree of protection of enclosures	10.3	YES	NO	YES
3	Clearances	10.4	YES	NO	NO
4	Creepage distances	10.4	YES	NO	NO
5	Protection against electric shock and integrity of protective circuits:	10.5			
	Effective continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit	10.5.2	YES	NO	NO
	Short-circuit withstand strength of the protective circuit	10.5.3	YES	YES	NO
6	Incorporation of switching devices and components	10.6	NO	NO	YES
7	Internal electrical circuits and connections	10.7	NO	NO	YES
8	Terminals for external conductors	10.8	NO	NO	YES
9	Dielectric properties:	10.9			
	Power-frequency withstand voltage	10.9.2	YES	NO	NO
	Impulse withstand voltage	10.9.3	YES	NO	YES
10	Temperature-rise limits	10.10	YES	YES	YES
11	Short-circuit withstand strength	10.11	YES	YES	NO
12	Electromagnetic compatibility (EMC)	10.12	YES	NO	YES
13	Mechanical operation	10.13	YES	NO	NO

## מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

הנתון	מספר סעיף בתקן	אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן
זרם הקצר הצפוי בכניסה ללוח ICP [KA] Prospective short-circuit current	3.8.6	
זרם הקצר הצפוי לפס האפס [kA]	10.11.5.3.5	התקן מניח שזרם הקצר הצפוי על פס האפס הוא לכל הפחות 60% מזרם הקצר הצפוי על פסי הצבירה
זרם הקצר הצפוי לפס הארקה [KA]	10.11.5.6	לכל הפחות 60% מזרם הקצר הצפוי על פסי הצבירה
נתוני הגבלת זרם קצר בכניסה ללוח SCPD incoming functional unit requirement	9.3.2	כן/לא על מנת להקטין את זרמי הקצר הצפויים ביתר חלקי הלוח
מקדם העמסה - Rated diversity factor	10.10.2.3, 5.4, EAnnex E	מקדם RDF עבור קבוצת מעגלים או מקדם RDF עבור המכלול כולו יקבע ע"י המתכנן או ע"פ הטבלה בהמשך

## מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

נתונים כללים של המערכת החשמלית	מספר סעיף בתקן	אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן
שיטת הארקה	5.5, 8.4.3.1, 8.4.3.2.3, 8.6.2, 10.5, 11.4	TT, TN, TN-C, IT, TNS
מתח נקוב [V]	3.8.8.1, 5.2.1, 8.5.3	415V 690V (מקסימום 1500v D.C. או 1000v A.C.)
סיווג מתח אימפולס [KV] UIMP Transient overvoltages	5.2.4, 8.5.3, 9.1, Annex G	לוח ראשי - 8 KV לוח משני - 6 KV בחירת קטגוריה IV/III/II/I

## מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

שיטת התקנה	מספר סעיף בתקן	אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן
סוג ההתקנה	3.3, 5.5	שיטת ההרכבה-לוח עומד על הרצפה/תלוי על הקיר מגבלות מקום הרכבה וכדו'
ניידות	3.5	נייד / נייד
מידות ומשקל מקסימאליים	6.2.1	
כניסת כבלים ללוח	8.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>כבלים/פסי צבירה</li> <li>סטנדרטיים/מערכות סינוף פס"צ וכדו'</li> <li>נחושת/אלומניום</li> <li>יחתך</li> <li>כיוון הכניסה-תחתון/ עליון,</li> <li>קדמי/אחורי</li> <li>דרישות מיוחדות</li> </ul>

## מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

סביבת התקנה	סביבת התקנה	סביבת התקנה
סביבת ההתקנה	3.5, 8.1.4, 8.2	התקנה פנימית/חיצונית, תנאי טמפרטורה יחודיים וכדו'
דרגת הגנה IP (בנוגע למוצקים/נוזלים)		לוחות להתקנה פנימית IP2X לוחות להתקנה חיצונית IP23 (מינימום) (IEC60529)

מקדם בו זמניות ומקדם העמסה

Type of load	Assumed loading factor
Distribution - 2 and 3 circuits	0.9
Distribution - 4 and 5 circuits	0.8
Distribution - 6 to 9 circuits	0.7
Distribution - 10 or more circuits	0.6
Electric actuator	0.2
Motors ≤ 100 kW	0.8
Motors > 100 kW	1.0

כשנתון בו זמניות אינו ידוע יקבע יצרן הלוחות את מקדם הבו-זמניות לפי הטבלה שבתקן



## מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

סביבת התקנה	מספר סעיף בתקן	אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן
עמידות בפני קורוזיה	10.2.2	דרגת חומרה A ללוחות מתכתיים להתקנה פנימית (Indoor), ודרגת חומרה B ללוחות מתכתיים להתקנה חיצונית (Outdoor)
טמפרטורת סביבה – תחום תחתון	7.1.1	Indoor: $-5^{\circ}\text{C}$ Outdoor: $-25^{\circ}\text{C}$
טמפרטורת סביבה – תחום עליון (רגעי)	7.1.1	$40^{\circ}\text{C}$
טמפרטורת סביבה – ממוצע יומי מקסימאלי	7.1.1, 9.2	$35^{\circ}\text{C}$
לחות יחסית מקסימאלית	7.1.2	Indoor: 50 % @ $40^{\circ}\text{C}$ Outdoor: 100 % @ $25^{\circ}\text{C}$
דרגת זיהום	7.1.3	דרגה 3 (ערך ברירת מחדל) לסביבה תעשייתית

## מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

מספר סעיף בתקן	הוראות אחסון והובלה
6.2.2, 10.2.5, 8.1.7, 7.3	מידות, משקל, דרישות מיוחדות וכדו'
מספר סעיף בתקן	הסדרי הפעלה
8.4, 8.5.5, 8.4.2, 8.4.3.3, 8.4.6.2	גישה לציווד הפעלה ידני בלוח, בידוד/הפרדה של קבוצות צרכנים (שדות) וכו'
מספר סעיף בתקן	תחזוקה ואפשרויות שדרוג והרחבה
	גישה לאנשים מיומנים/בלתי מיומנים, הגנה מפני מגע מקרי בתחזוקה/כדו'
<ul style="list-style-type: none"> <li>•F - fixed connections;</li> <li>•D - Disconnectable connections;</li> <li>•W – withdrawable</li> </ul>	שיטת חיבור יח' פונקציונאליות בלוח (מעגל כניסה, מעגל יציאה, מגעי עזר)
	61439-2 Table 104
	<b>בחירת דרגת מידור – FORM</b>

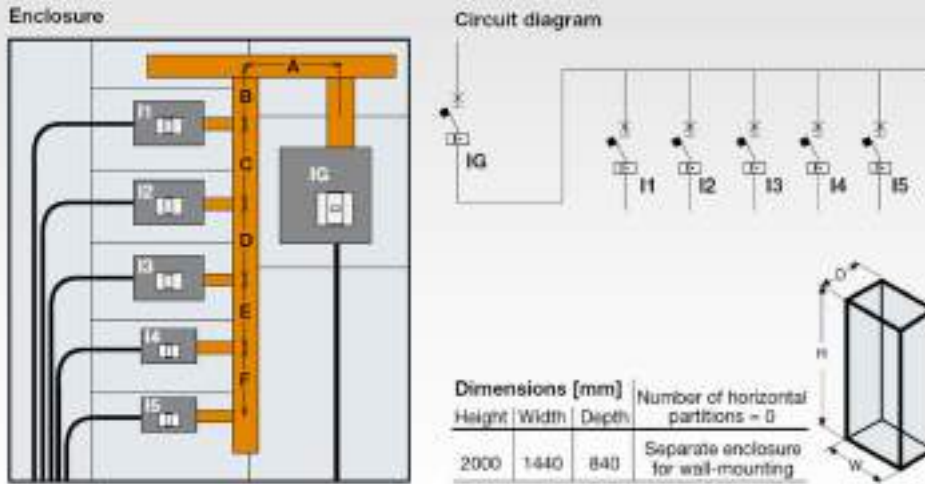


## מדרישות הלקוח המעבר ליצור

לאחר קבלת הנתונים מהמזמין, מכין מנהל הפרוייקט במפעל הלוחות, תוכנית מפורטת לבניית הלוח.

תוכנית מפורטת, הנה התוכנית שעל פיה מרכיבים ומחווטים את הלוח בפועל. התוכנית תכלול:

- תוכנית חד-קווית
- מראה חיצוני
- מראה פנימי
- תרשים מהדקים
- מעגלי פיקוד ובקרה
- מעגלי כח
- דרישות מיוחדות



## מסמכים שעל יצרן הלוח לספק למזמין

- דו"ח על ביצוע בדיקות השיגרה.
- הוראות אחסנה והובלה.
- טבלאות מומנטים לסגירת ברגים.
- ספר הוראות הפעלה והתקנה של הלוחות.
- תוכניות סופיות.
- מפרט טכני מלא.
- מכתב התחייבות להתאמה לתקן.

## המפרט הטכני הנלווה ללוח

### ■ המפרט הטכני יכלול את הפרטים הבאים:

#### □ מאפיינים כלליים וסביבת הלוח

- האתר בו מותקן הלוח
- תנאי אקלים, מקום הרכבת הלוח.
- מידת ההגנה בפני קורוזיה (A ללוח בתוך מבנה, B חיצוני).
- דרגת זיהום (נדרש לפחות 3).
- תקנים רלוונטיים.
- הנחיות כלליות.
- חיגורי בטיחות וסימונים.
- בדיקות קבלה במפעל.
- הנחיות להתקנה באתר.
- העברה ושינוע.
- שיטת ההתקנה (עומד על הרצפה, תלוי).
- כוון הכניסה ללוח (מטה, מעלה, מהצד).
- עבודות הנדסה אזרחית.
- הנחיות להפעלה ותחזוקה.

## המפרט הטכני הנלווה ללוח - המשך

#### □ מאפייני מבנה הלוח

- מקדם בו זמניות
  - דרגת הגנה IP
  - מקדם הספק, זרם, זרם קצר
  - רמת הפרדה/מידור (Form 1-4)
  - מיקום פס הארקה
  - חיבורים ודרכי העברת הכבלים
  - תיאור פסי הצבירה.
  - ציפוי פסי הצבירה
- #### □ תיאור היחידות הפונקציונליות
- מפסקי כניסה
  - מפסקי יציאה
  - שיטת ההרכבה של הציוד: קבוע, נשלף, תקע שקע

## המפרט הטכני הנלווה ללוח- המשך

■ המפרט הטכני יכלול את הפרטים הבאים:

□ נתונים חשמליים

- מתח, תדר
- ההגנה בפני חשמול.
- זרם נומינלי של הלוח.
- זרם נומינלי של המעגלים.
- חתך מוליך האפס ביחס לפזות.
- סווג מתח יתר (לוחות ראשיים 4 ופנימיים 3 לפחות).
- נוכחות הרמוניות.

## המפרט הטכני הנלווה ללוח - המשך

מאפיינים שימושיים נוספים:

- ניהול המקום השמור.
- אפשרויות הרחבה של הלוח וכוון ההרחבה
- מדידות.

# נוסח הצהרת היצרן (מפעל הרכבת הלוחות)

אנו החתומים מטה:

שם היצרן: .....

מצהירים בזאת על אחריותנו לכך שלוחות החשמל

שם ודגם הסיסטם: .....

אשר סופקו בפרוייקט: .....

מספר העבודה: .....

ייוצרו לפי התקנים הישראליים ת"י 61439-2 ולפי תקן בין-לאומי IEC62208.

שם מבצע הבדיקה: .....

תאריך: .....

חתימה: .....

שם המהנדס המאשר: .....

מספר רישיון מהנדס: .....

תאריך: .....

חתימה: .....

# שילוט וסימון על כל לוח

שם היצרן- מרכיב: .....

דגם הסיסטם: .....

לוח מספר: .....

מוזן מ: .....

סוג הזרם: .....

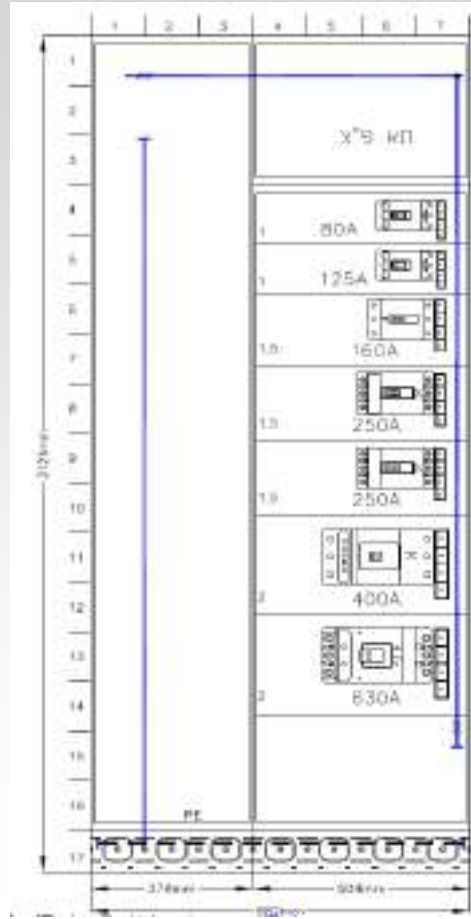
מתח עבודה של המעגלים הראשיים: .....

דרגת הגנה IP: .....

זרם נומינלי: .....

זרם קצר ICW: .....

# דוגמא לבניית לוח ממודולים סטנדרטיים



## מודול לדוגמא

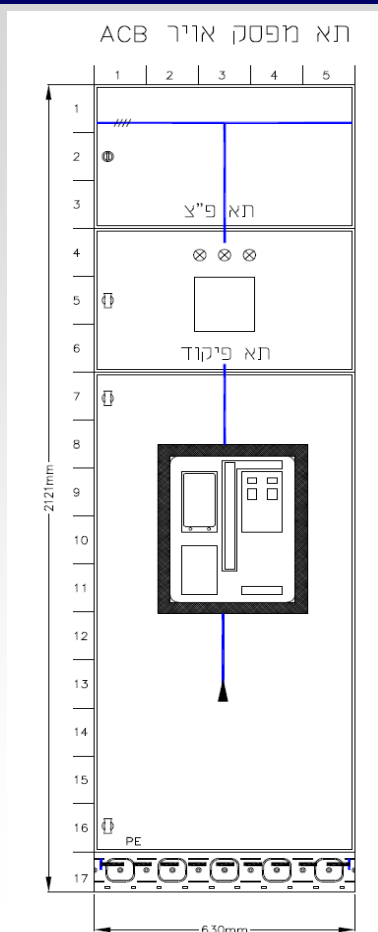
תא יציאות  
פס מאוזן 3200 אמפר  
פס מאונך 1200 אמפר

116

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

# דוגמא לבניית לוח ממודולים סטנדרטיים



## מודול לדוגמא

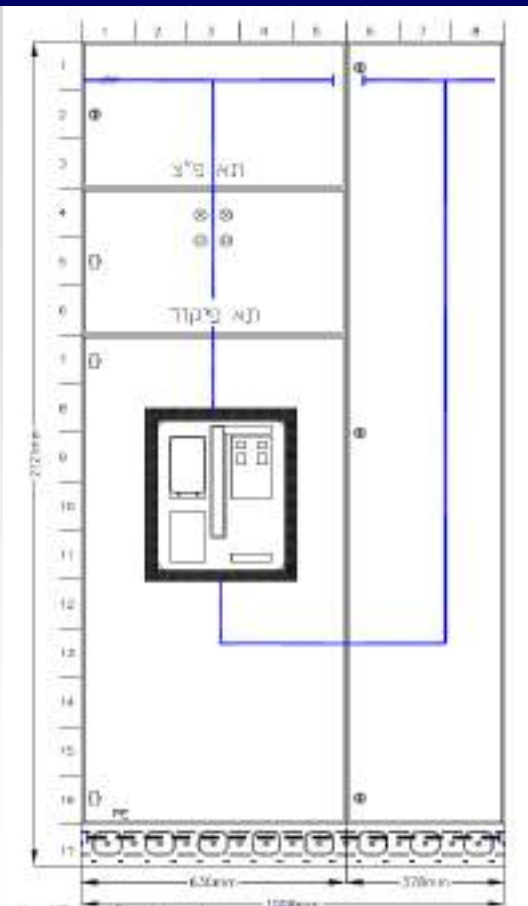
תא מ"ז מסוג אוויר  
3200 אמפר כניסה למטה

117

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## דוגמא לבניית לוח ממודולים סטנדרטיים



## מודול לדוגמא

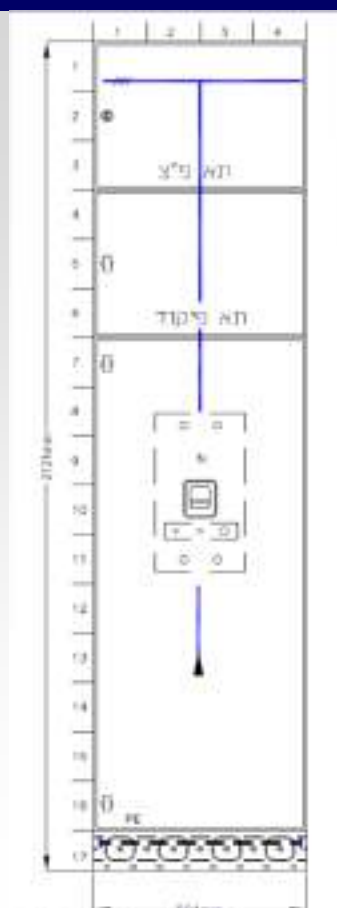
תא מ"ז מסוג אוויר  
3200 אמפר מגשר כולל תא מגשר

118

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## דוגמא לבניית לוח ממודולים סטנדרטיים



## מודול לדוגמא

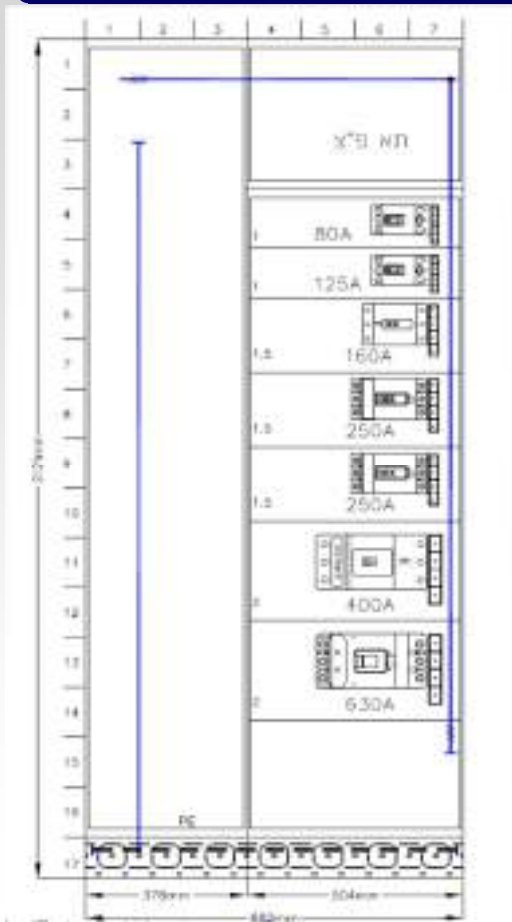
תא מ"ז MCCB  
1200 אמפר כניסה למטה

119

לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

# דוגמא לבניית לוח ממודולים סטנדרטיים



120

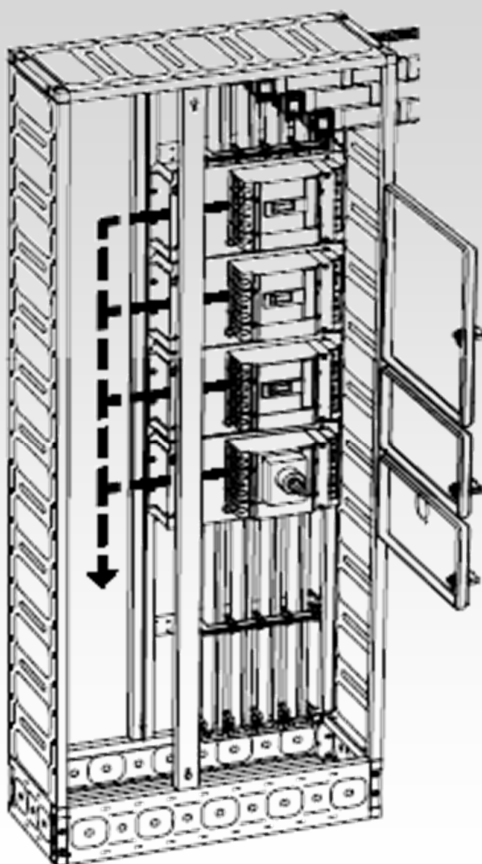
לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

סגל אריאל

## מודול לדוגמא

תא יציאות  
פס מאוזן 3200 אמפר  
פס מאונך 1200 אמפר

# דוגמא לבניית לוח ממודולים סטנדרטיים

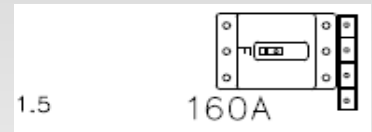


מודולים לדוגמא

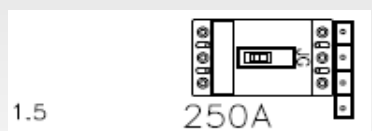
מודול להרכבה בלוח של מ"א עד 125 אמפר



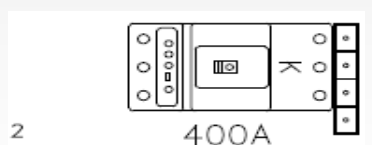
מודול להרכבה בלוח של מ"א עד 160 אמפר



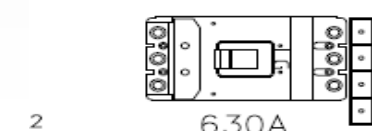
מודול להרכבה בלוח של מ"א עד 250 אמפר



מודול להרכבה בלוח של מ"א עד 400 אמפר



מודול להרכבה בלוח של מ"א עד 630 אמפר



121

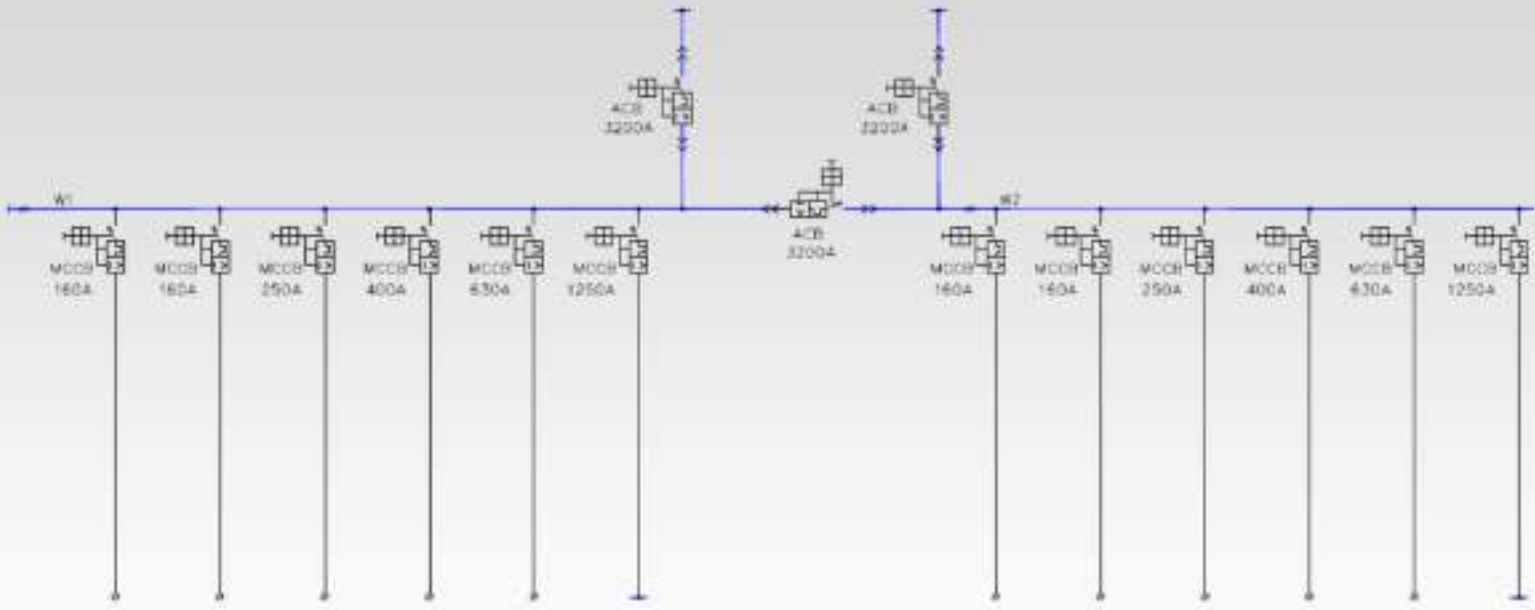
לוחות חשמל מתח נמוך בתקן 61439

2

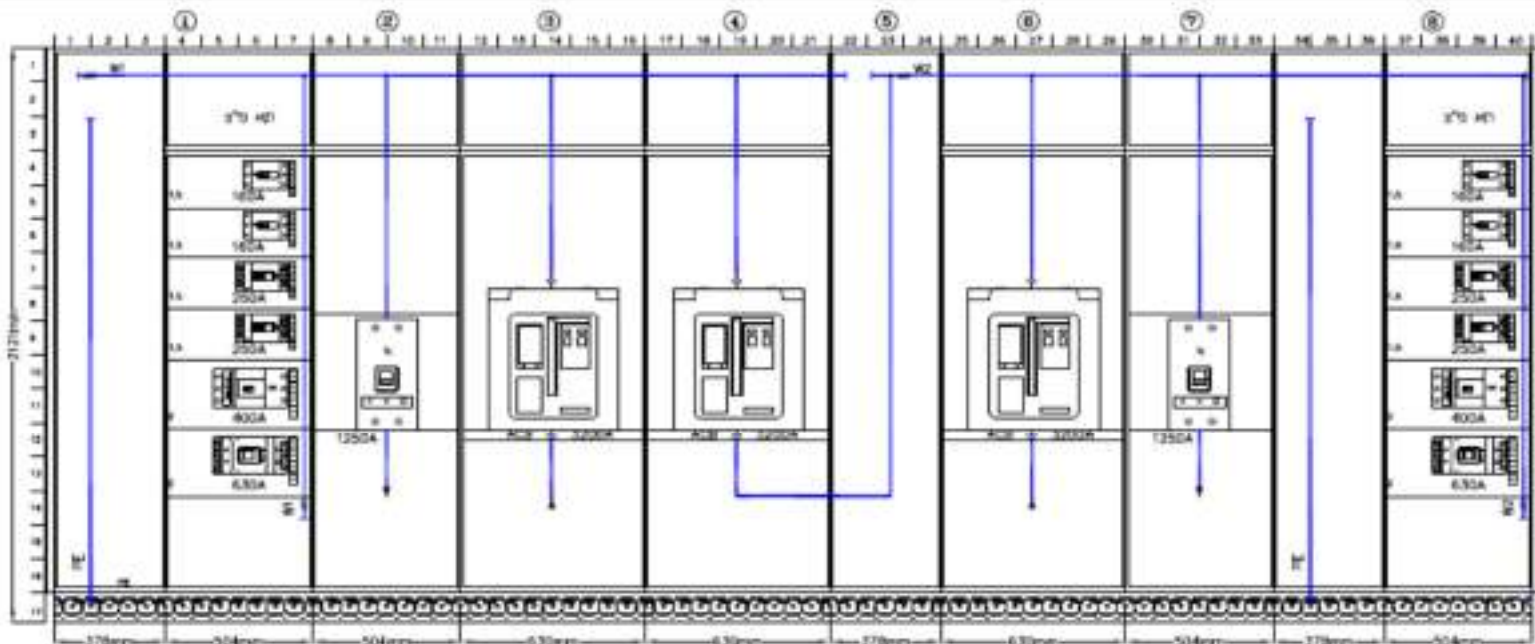
סגל אריאל



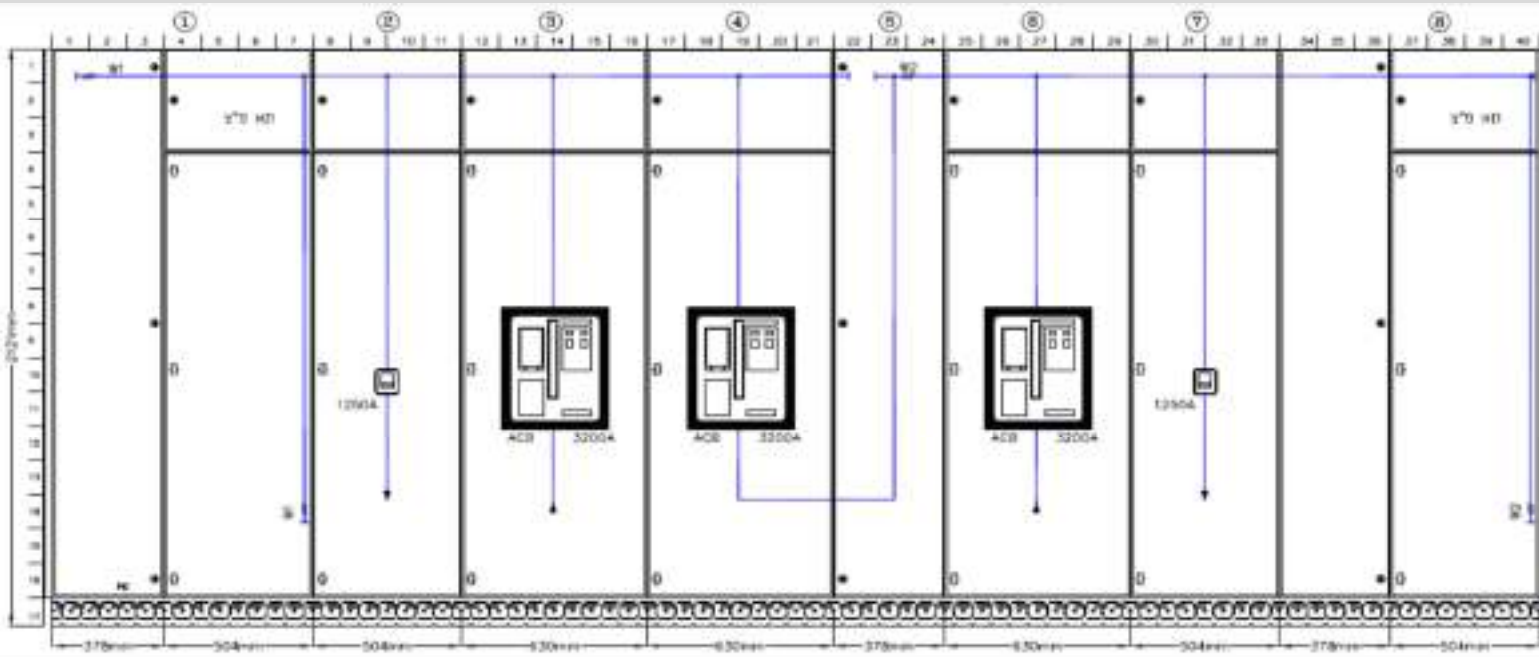
# דוגמא לתרשים חד קווי



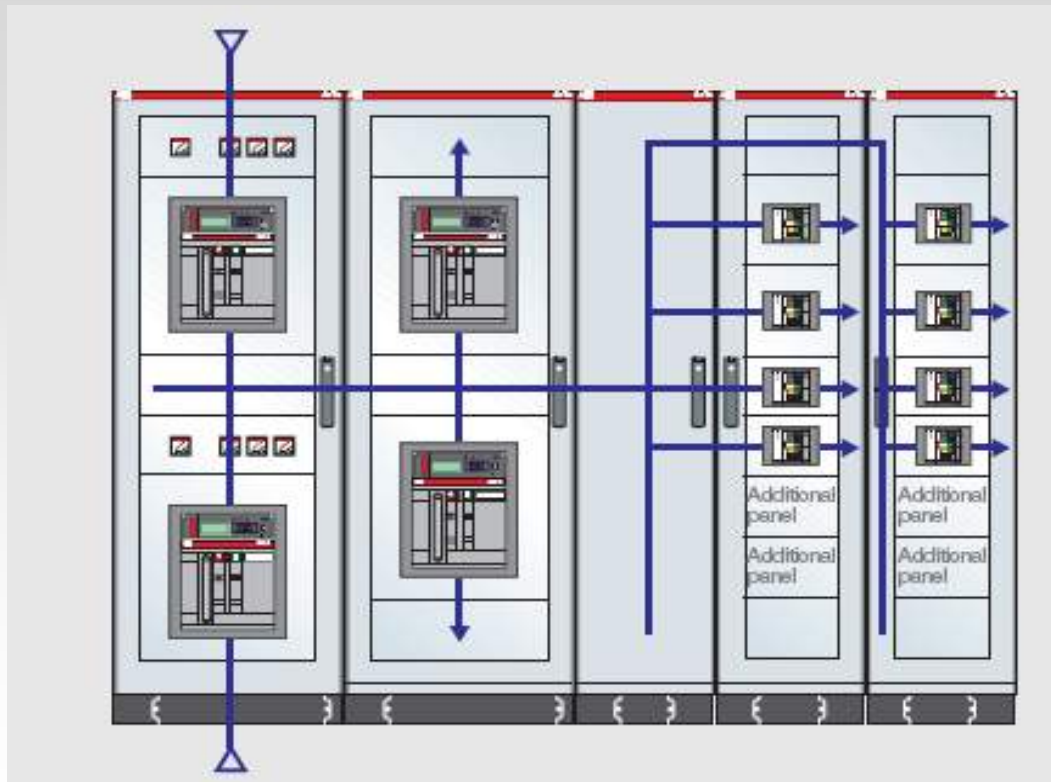
# דוגמא לוח בנוי ממודולים סטנדרטיים



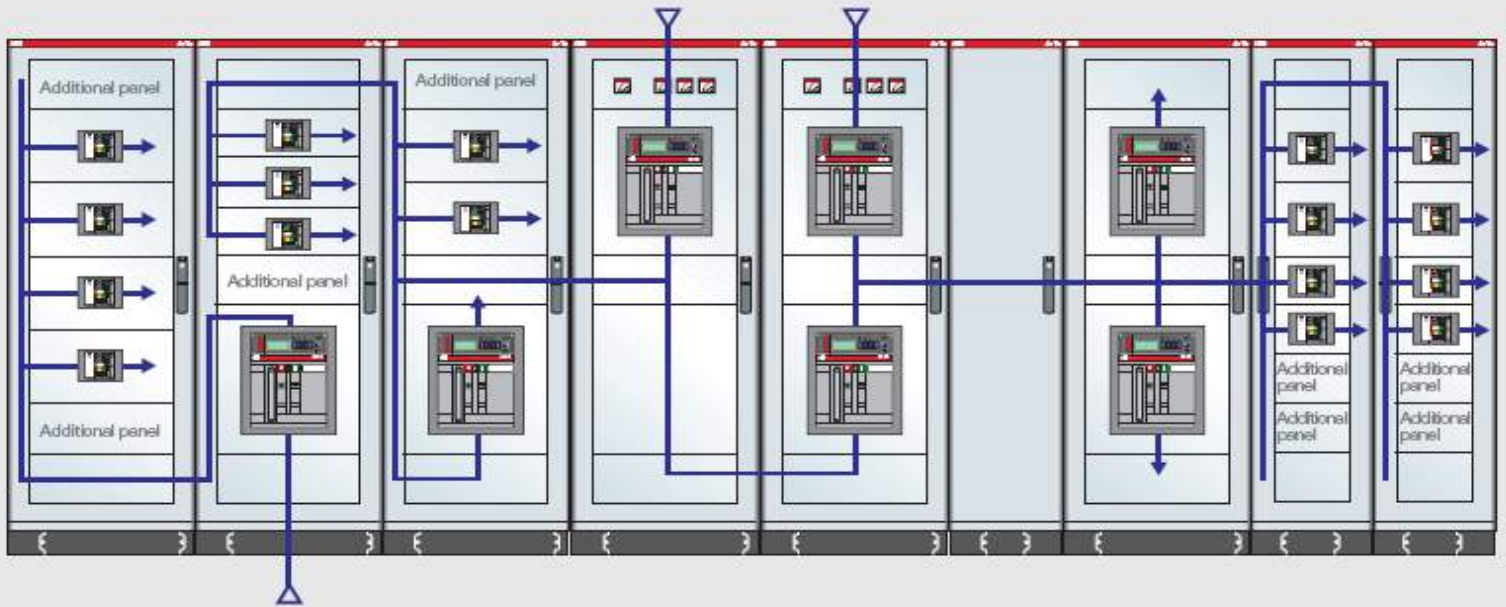
# דוגמא מבט על הלוח ללא דלתות



# דוגמא מבט על לוח בעל אישור דגם



# דוגמא ללוח בעל אישור דגם



# הפחתת השדה המגנטי

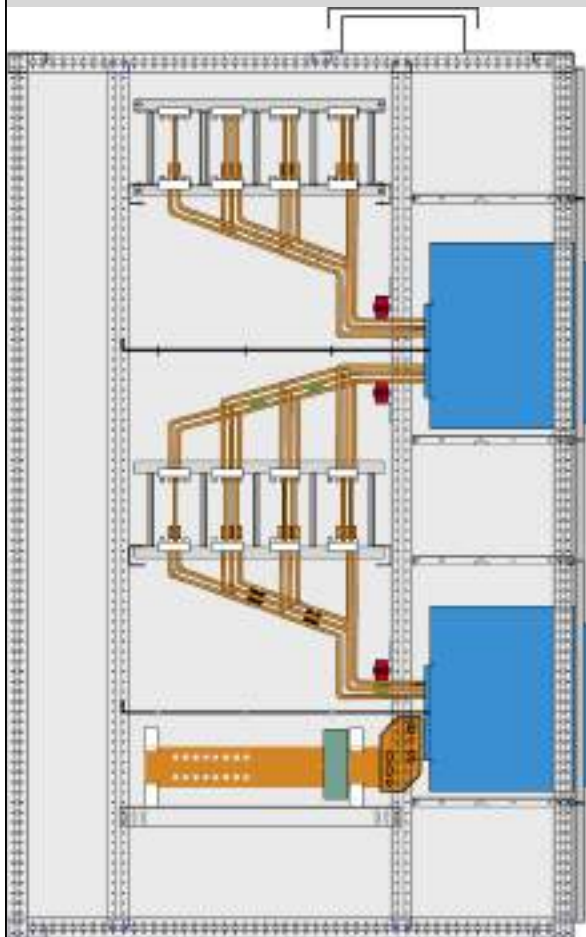


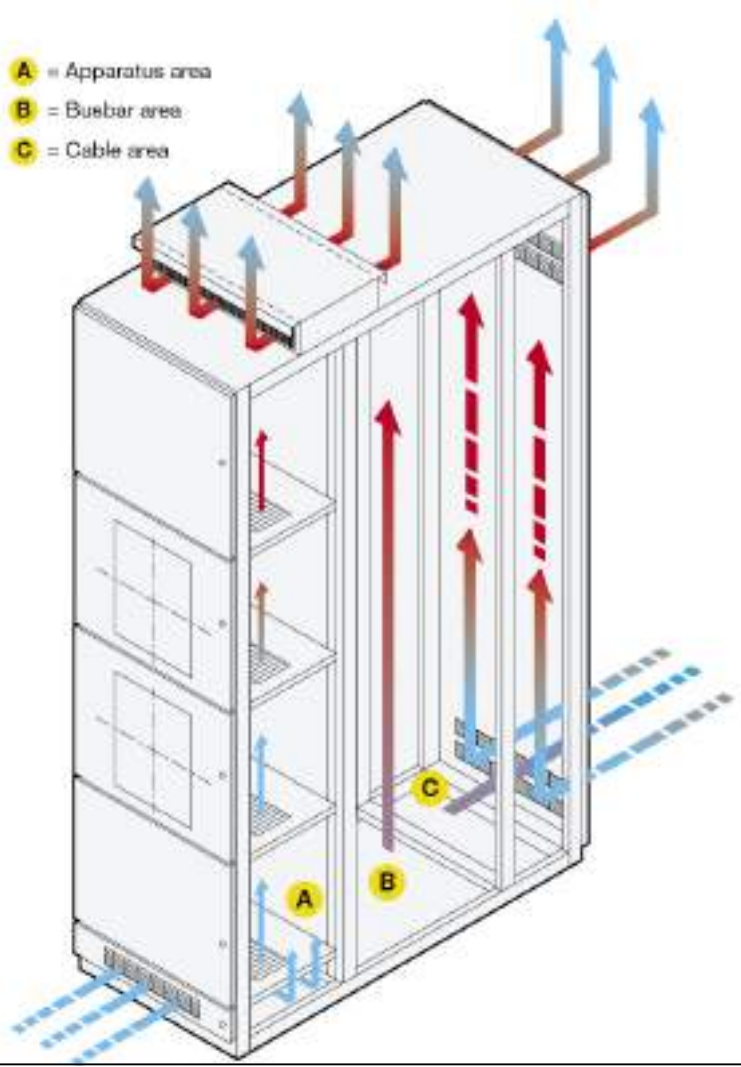


# הפחתת השדה המגנטי



# התקנת מפסק אויר וחיבור לכבלי הזנה



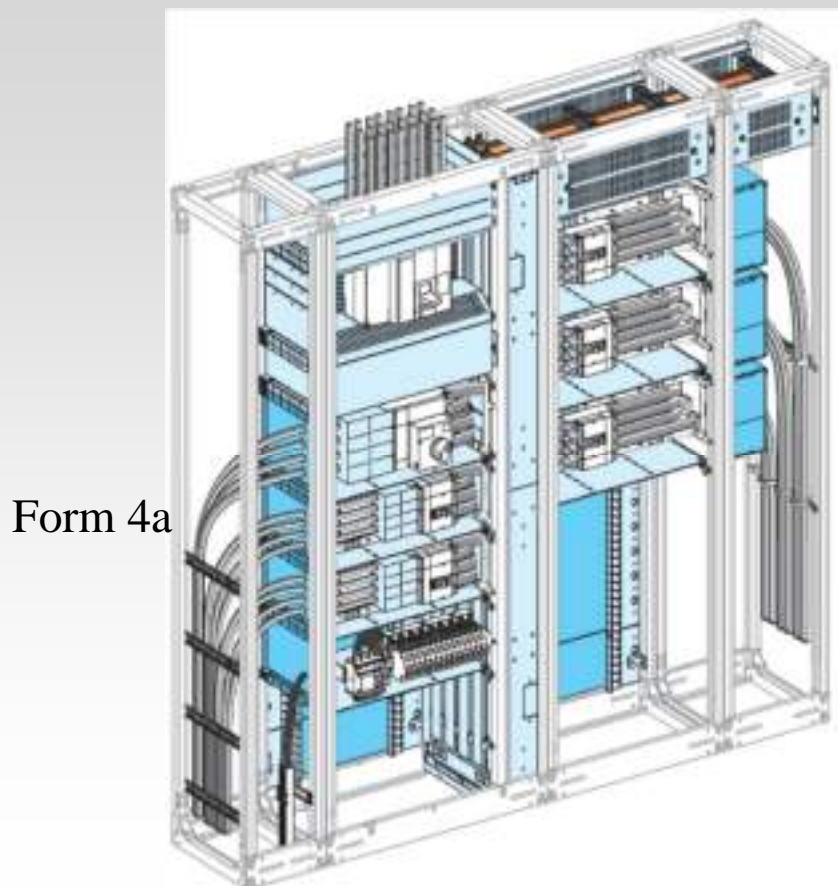


## אוורור טבעי ומסלול סילוק גזים במקרה קשת

לוחות חשמל מתח נמור 1

סגל אריאל

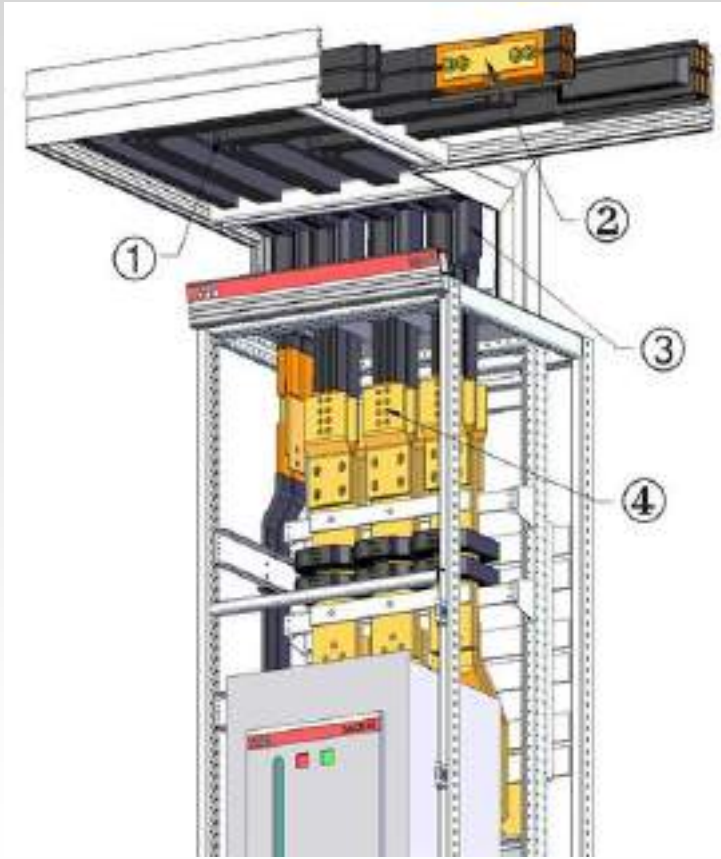
## לוח ממודר בעל דרגות הגנה שונות



Form 4a

Form 4b





## שטחי חתך מוליכים בלוחות חשמל


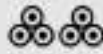
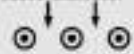
### Operating current and power loss of copper conductors

The following tables provide guidance values for conductor operating currents and power losses under ideal conditions within an ASSEMBLY. The calculation methods used to establish these values are given to enable values to be calculated for other conditions.

**Table H.1 – Operating current and power loss of single-core copper cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C)**

Conductor arrangement		Single-core cables in a cable trunking on a wall, run horizontally. 6 of the cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, touching free in air or on a perforated tray. 6 cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, spaced horizontally in free air	
Cross-sectional area of conductor	Resistance of conductor at 20°C, $R_{20}^a$	Max. operating current $I_{max}^b$	Power-losses per conductor $P_v$	Max. operating current $I_{max}^c$	Power-losses per conductor $P_v$	Max. operating current $I_{max}^d$	Power-losses per conductor $P_v$
mm <sup>2</sup>	mΩ/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m

## שטחי חתך מוליכים בלוחות חשמל

Conductor arrangement							
		Single-core cables in a cable trunking on a wall, run horizontally. 6 of the cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, touching free in air or on a perforated tray. 6 cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, spaced horizontally in free air	
Cross-sectional area of conductor	Resistance of conductor at 20°C, $R_{20}^a$	Max. operating current $I_{max}^b$	Power-losses per conductor $P_v$	Max. operating current $I_{max}^c$	Power-losses per conductor $P_v$	Max. operating current $I_{max}^d$	Power-losses per conductor $P_v$
mm <sup>2</sup>	mΩ/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m
1,5	12,1	8	0,8	9	1,3	15	3,2
2,5	7,41	10	0,9	13	1,5	21	3,7
4	4,61	14	1,0	18	1,7	28	4,2
6	3,08	18	1,1	23	2,0	36	4,7
10	1,83	24	1,3	32	2,3	50	5,4
16	1,15	33	1,5	44	2,7	67	6,2
25	0,727	43	1,8	59	3,0	89	6,9
35	0,524	54	1,8	74	3,4	110	7,7
50	0,387	65	2,0	90	3,7	134	8,3
70	0,268	83	2,2	116	4,3	171	9,4
95	0,193	101	2,4	142	4,7	208	10,0
120	0,153	117	2,5	165	5,0	242	10,7
150	0,124			191	5,4	278	11,5
185	0,099 1			220	5,7	318	12,0
240	0,075 4			280	6,1	375	12,7

a. Values from IEC 60228:2004, Table 2 (stranded conductors).  
 b. Current carrying capacity  $I_{30}$  for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52:2009, Table B.52.4, col. 4 (Method of installation: item 6 in Table B.52.3).  $\lambda_2=0,8$  (Rem 1 in Table B.52.17, two circuits).  
 c. Current carrying capacity  $I_{30}$  for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52:2009, Table B.52.10, col. 5 (Method of installation: item F in Table B.52.1). Values for cross-sections less than 25 mm<sup>2</sup> calculated following Annex D of IEC 60364-5-52:2009.  $\lambda_2=0,88$  (item 4 in Table B.52.17, two circuits).  
 d. Current carrying capacity  $I_{30}$  for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table B.52.10, col. 7 (Method of installation: item G in Table B.52.1). Values for cross-sections less than 25 mm<sup>2</sup> calculated following Annex D of IEC 60364-5-52:2009. ( $\lambda_2=1$ )

## שטחי חתך מוליכים בלוחות חשמל

$$I_{max} = I_{30} \times k_1 \times k_2$$

$$P_v = I_{max}^2 \times R_{20} \times [1 + \alpha \times (T_c - 20 \text{ }^\circ\text{C})]$$

where

$k_1$  reduction factor for air temperature inside the enclosure around the conductors (IEC 60364-5-52:2009, Table B.52.14)

$k_1 = 0,61$  for conductor temperature 70 °C, ambient temperature 55 °C

$k_1$  for other air temperatures: see Table H.2;

$k_2$  reduction factor for groups of more than one circuit (IEC 60364-5-52:2009, Table B.52.17) ;

$\alpha$  temperature coefficient of resistance,  $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ ;

$T_c$  conductor temperature.



## שטחי חתך מוליכים בלוחות חשמל

**Table H.2 – Reduction factor  $k_1$  for cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (extract from IEC 60364-5-52:2009, Table B.52.14)**

Air temperature inside the enclosure around the conductors °C	Reduction factor $k_1$
20	1,12
25	1,06
30	1,00
35	0,94
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61
60	0,50

NOTE If the operating current in Table H.1 is converted for other air temperatures using the reduction factor  $k_1$ , then also the corresponding power losses must be calculated using the formula given above.

## שטחי חתך מוליכים בלוחות חשמל

**Table B.52.17 – Reduction factors for one circuit or one multi-core cable or for a group of more than one circuit, or more than one multi-core cable, to be used with current-carrying capacities of Tables B.52.2 to B.52.13**

Item	Arrangement (cables touching)	Number of circuits or multi-core cables												To be used with current-carrying capacities, reference
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Bunched in air, on a surface, embedded or enclosed	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 to B.52.13 Methods A to F
2	Single layer on wall, floor or unperforated cable tray systems	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No further reduction factor for more than nine circuits or multicore cables	B.52.2 to B.52.7 Method C		
3	Single layer fixed directly under a wooden ceiling	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Single layer on a perforated horizontal or vertical cable tray systems	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72		B.52.8 to B.52.13 Methods E and F		
5	Single layer on cable ladder systems or cleats etc.,	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

## שטחי חתך מוליכים בלוחות חשמל

NOTE 1 These factors are applicable to uniform groups of cables, equally loaded.

NOTE 2 Where horizontal clearances between adjacent cables exceeds twice their overall diameter, no reduction factor need be applied.

NOTE 3 The same factors are applied to:

- groups of two or three single-core cables;
- multi-core cables.

NOTE 4 If a system consists of both two- and three-core cables, the total number of cables is taken as the number of circuits, and the corresponding factor is applied to the tables for two loaded conductors for the two-core cables, and to the tables for three loaded conductors for the three-core cables.

NOTE 5 If a group consists of  $n$  single-core cables it may either be considered as  $n/2$  circuits of two loaded conductors or  $n/3$  circuits of three loaded conductors.

NOTE 6 The values given have been averaged over the range of conductor sizes and types of installation included in Tables B.52.2 to B.52.13 the overall accuracy of tabulated values is within 5 %.

NOTE 7 For some installations and for other methods not provided for in the above table, it may be appropriate to use factors calculated for specific cases, see for example Tables B.52.20 and B.52.21.

## גבולות עלית טמפרטורה

**Table 6 – Temperature-rise limits (9.2)**

Parts of ASSEMBLIES	Temperature rise K
Built-in components <sup>a</sup>	In accordance with the relevant product standard requirements for the individual components or, in accordance with the component manufacturer's instructions <sup>f</sup> , taking into consideration the temperature in the ASSEMBLY
Terminals for external insulated conductors	70 <sup>b</sup>
Busbars and conductors	Limited by <sup>f</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>– mechanical strength of conducting material <sup>g</sup>;</li> <li>– possible effect on adjacent equipment;</li> <li>– permissible temperature limit of the insulating materials in contact with the conductor;</li> <li>– effect of the temperature of the conductor on the apparatus connected to it;</li> <li>– for plug-in contacts, nature and surface treatment of the contact material</li> </ul>
Manual operating means:	
– of metal	15 <sup>c</sup>
– of insulating material	25 <sup>c</sup>
Accessible external enclosures and covers:	
– metal surfaces	30 <sup>d</sup>
– insulating surfaces	40 <sup>d</sup>

## גבולות עלית טמפרטורה

Discrete arrangements of plug and socket-type connections	Determined by the limit for those components of the related equipment of which they form part <sup>a</sup>
<p>NOTE 1 The 105 K relates to the temperature above which annealing of copper is likely to occur. Other materials may have a different maximum temperature rise.</p> <p>NOTE 2 The temperature rise limits given in this table apply for a mean ambient air temperature up to 35 °C under service conditions (see 7.1). During verification a different ambient air temperature is permissible (see 10.10.2.3.4).</p>	
<p><sup>a</sup> The term "built-in components" means:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– conventional switchgear and controlgear;</li> <li>– electronic sub-assemblies (e.g. rectifier bridge, printed circuit);</li> <li>– parts of the equipment (e.g. regulator, stabilized power supply unit, operational amplifier).</li> </ul> <p><sup>b</sup> The temperature-rise limit of 70 K is a value based on the conventional test of 10.10. An ASSEMBLY used or tested under installation conditions may have connections, the type, nature and disposition of which will not be the same as those adopted for the test, and a different temperature rise of terminals may result and may be required or accepted. Where the terminals of the built-in component are also the terminals for external insulated conductors, the lower of the corresponding temperature-rise limits shall be applied. The temperature rise limit is the lower of the maximum temperature rise specified by the component manufacturer and 70 K. In the absence of manufacturer's instructions it is the limit specified by the built-in component product standard but not exceeding 70 K.</p> <p><sup>c</sup> Manual operating means within ASSEMBLIES which are only accessible after the ASSEMBLY has been opened, for example draw-out handles which are operated infrequently, are allowed to assume a 25 K increase on these temperature-rise limits.</p> <p><sup>d</sup> Unless otherwise specified, in the case of covers and enclosures, which are accessible but need not be touched during normal operation, a 10 K increase on these temperature-rise limits is permissible. External surfaces and parts over 2 m from the base of the ASSEMBLY are considered inaccessible.</p> <p><sup>e</sup> This allows a degree of flexibility in respect of equipment (e.g. electronic devices) which is subject to temperature-rise limits different from those normally associated with switchgear and controlgear.</p> <p><sup>f</sup> For temperature-rise tests according to 10.10, the temperature-rise limits have to be specified by the original manufacturer taking into account any additional measuring points and limits imposed by the component manufacturer.</p> <p><sup>g</sup> Assuming all other criteria listed are met a maximum temperature rise of 105 K for bare copper busbars and conductors shall not be exceeded.</p>	