

תצורות חיבור של גנרטורים קבועים (לא ארעיים) לאספקה חלופית

הצורך באספקת חשמל רציפה מביא את המתכננים של מיתקני החשמל לשלב אמצעי גיבוי - גנרטורים. במקרים מסוימים זו חובה על-פי חוק, ובמקרים אחרים הדבר נעשה בהתאם לשיקול דעתם של המתכננים או על-פי דרישה של בעלי המיתקן. לפיכך, בשנים האחרונות הופכים גנרטורים לחלק בלתי-נפרד ממיגוון מיתקני החשמל, הן אלו המשמשים בנייני מגורים מרובי דיירים והן אלו המשמשים מיתקנים מסחריים, ציבוריים ותעשייתיים. מאמר זה מציג בקצרה הנחיות כלליות לחיבור של גנרטורים קבועים (לא ארעיים), לאספקה חלופית בלבד. בין היתר מוצגות גם מספר תצורות אופייניות לחיבור של גנרטורים למיתקן, כתלות באמצעי ההגנה בפני חישמול, שיטת האספקה ומספר הקטבים של המפסק-מחלף, והפריסה של מרכיבי המיתקן (השנאי המזין, הגנרטור, ומיתקן הצריכה) בשטח.



מחבריו של מאמר זה - חברי צוות עבודה של חברת החשמל בנושא גנרטורים - התבססו על הוראותיהן של תקנות החשמל (התקנת גנרטורים למתח נמוך), תקנות החשמל (הארכות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1,000 וולט), אמות-המידה ככלל, ואמת-המידה בדבר "הסדר דיזל גנרטורים" בפרט.

היתרים ובדיקות

דרישות תקנות החשמל (התקנת גנרטורים למתח נמוך)

תקנה 3(ב) ותקנה 25(א) קובעות, שגנרטור קבוע במיתקן קבוע לא יופעל אלא על פי היתר של מנהל ענייני החשמל כמפורט בתקנה 25 ובהתאם לתנאי ההיתר. תקנה 25(ד) קובעת, שלבקשה למתן היתר יצורפו, בין היתר, תוכנית החיבורים החשמליים של ערכת הגנרטור, כולל פרטי ההארכה שלו, וכן תרשים חד-קווי חשמלי של חיבור הגנרטור אל הלוח המוזן ושל הלוח עצמו. בתקנה 25(ה) נקבע, שהבקשה למתן היתר של מנהל ענייני החשמל להפעלת גנרטור צריכה לכלול דו"ח בדיקה של המיתקן

שילובם של גנרטורים במיתקני חשמל מהווה למעשה הוספה של מקורות הזנה נוספים לרשת חברת החשמל, שהיא בעלת הרשת והאחראית עליה, מקורות שהיא אינה מתפקדת ואינה מפקחת עליהם. לעובדה זו יש משמעויות לא מבוטלות בכל האמור בבטיחות הרשת ובתפעולה, ולכן מחויבת חברת החשמל לשמור על בטיחות העובדים ברשת החשמל ועל בטיחות הלקוחות המשתמשים בה, ובה בעת גם למנוע פגיעה באמינות הרשת ובאיכות החשמל המסופק באמצעותה, תוך שימת דגש בהיבטים הבאים:

- מניעת סיכון בטיחותי למשתמשים בגנרטור ולעובדי חברת החשמל.
- מניעת הופעת מתח חוזר ברשת כתוצאה מפעילות הגנרטור בעת הפסקת חשמל ברשת.
- מניעת נזק לרשת וללקוחות הניזונים מאותה רשת כאשר המיתקן עובר לקבל הזנה מהגנרטור.
- מניעת הכנסת הפרעות לרשת מצד הגנרטור.
- וידוא פעולה תקינה של הגנרטור והגנותיו בתרחישים שונים.

החתום בידי חשמלאי-בודק.
תקנה 26 מתייחסת לנושא בדיקות, כדלקמן: בתקנת משנה (א) נקבע, כי כל גנרטור צריך להיבדק בידי חשמלאי-בודק, לפני הפעלתו הראשונה, לאחר ביצוע שינויים, וכן אחת ל-5 שנים לפחות.
על-פי תקנה 4 נדרש ליידע את חברת החשמל לפני ההפעלה הראשונה של הגנרטור.
כמו כן, על-פי תקנה 26(ב), חברת החשמל צריכה לבצע בדיקה של לוח החיבורים של גנרטור לאספקה חלופית, חלקית או מלאה, לפני ההפעלה הראשונה של הגנרטור.

נציין, כי תוקפו של ההיתר של מנהל ענייני החשמל שבמשרד האנרגיה והמים מותנה בעמידה בבדיקות התקופתיות כנדרש בתקנות החשמל. בודקי חברת החשמל אינם מבצעים את בדיקת הגנרטור, כנדרש על-ידי מנהל ענייני החשמל כתנאי למתן היתר להפעלת גנרטור; את הבדיקה הזאת צריך לבצע בודק פרטי. יתרה מזאת, לבדיקות הגנרטור יש ערך בטיחותי חשוב, ולכן חובה לבצע גם במקרים שללקוח אין היתר/רישוי להפעלת הגנרטור.

להלן המקרים בהם מבוצעת בדיקת הגנרטור על-ידי חברת החשמל:

מסגרת בדיקה רגילה

בכל בדיקה רגילה (חיבור חדש, הגדלת חיבור או אחר) של מיתקן שמותקן בו גנרטור נדרש ביצוע בדיקה של הגנרטור (אלא אם כן קיים תיעוד שהגנרטור נבדק בידי בודק חברת החשמל).

בגנרטור המשמש לאספקה חלופית למיתקן בשלמותו יכול המפסק מחלף לשמש כמפסק ראשי של המיתקן כאשר הוא בעל מצב ביניים "מופסק"

במיתקן בו קיימת הכנה לחיבור גנרטור ארעי או נייד (למשל במיתקני תהר"ם - תמרורי הוריה, רמזורים), יבדוק הבודק את ההכנה בלבד.

כאשר מותקן גנרטור, או מבוצע שינוי בצורת חיבורו

כאשר לקוח מתקין גנרטור חדש, מחליף גנרטור, או מבצע שינוי בלוח החיבורים

של הגנרטור, הוא מחויב להזמין בדיקה של חברת החשמל. לקוח יוכל להצטרף להסדר דיזל גנרטורים רק אם בודק של חברת החשמל ביצע בדיקה של מערכת ההחלפה באספקה חלופית.

מיתקן המקבל אספקה במתח גבוה

באספקה חלופית מבוצע בדיקה של מערכת ההחלפה בלבד.

במיתקן המוזן מרשת חברת החשמל ובו הגנרטור מחובר לחלק מהמיתקן שאינו מוזן על-ידי חברת החשמל

בהתייחס לחלק שאינו מוזן מחברת החשמל, יבדוק בודק חברת החשמל רק ביצוע התקנה סמויה, סימון ושילוט מתאים; שאר המיתקן ייבדק בידי בודק פרטי.

במיתקן המקבל אספקה במתח גבוה והותקן בו גנרטור המזין חלק מהמיתקן באופן בלעדי

הגנרטור ייבדק בידי בודק פרטי.

הגדרות*

"אספקה חלופית" - אספקת חשמל מגנרטור כחלופה מלאה או חלקית לאספקה מרשת של חברת החשמל בשעת הפסקתה.

"אספקה מקבילה" - אספקת חשמל מגנרטור הפועל בסינכרון עם רשת של חברת החשמל.

"גנרטור" - הרכב הכולל גנרטור, מנוע ראשוני והציוד הנלווה אליהם, כגון מערכות פיקוד ובקרה, קוץ דלק ומצבר להתנעה.

"גנרטור ארעי" - גנרטור שניתן להעבירו בנקל והוא מובא אל מיתקן החשמל לשם אספקה ארעית במקרים כגון הפסקת האספקה הסדירה, או שהוא פועל במקום שאין בו אספקת חשמל ציבורית.

"מפסק-מחלף" - מפסק דו-קוטבי, תלת-קוטבי או ארבע-קוטבי, המיועד לחבר את המיתקן המוזן באמצעותו לאחד משני מקורות אספקה חלופיים. **"שולב"** - סידור בקרה המונע ביצוע פעולה מסוימת לפני ביצוע פעולה אחרת.

"היתר הפעלה" - היתר הפעלה לגנרטור המתקבל ממשרד האנרגיה והמים [בהתאם לתקנות החשמל (התקנת גנרטורים במתח נמוך)].

* הגדרות אלו מתבססות על ההגדרות שמופיעות בתקנות החשמל, בתוספת מספר השלמות.

לפני ביצוע הבדיקה נדרש הלקוח או החשמלאי מטעמו להגיש את המסמכים הבאים:

- היתר להפעלת הגנרטור - במיתקנים בהם, בהתאם לתקנות החשמל, קיימת חובה להתקין גנרטור; לדוגמא, בבניינים רבי-קומות ובאתרים רפואיים. גם במיתקנים בהם מותקן גנרטור שאין חובה להתקינו על-פי תקנות החשמל, קיימת חובה לקבלת היתר זה; אולם, העדר היתר לא יעכב או ימנע את ביצוע הבדיקה.

- סכימה חד-קווית של חיבור הגנרטור ללוח, תוך פירוט אמצעי המיתוג, הגנות ומסרים.

- במיתקן הכולל יותר ממערכת החלפה אחת, על החשמלאי להגיש תיאור פעולות ואמצעים לחיגור/מיתוג בין המערכות (טבלת מצבים).

- פרטים טכניים לגבי הגנות ומסרים (כולל הארכת השיטה והארכת הגנה של הגנרטור).

- אישור בדיקת גנרטור בידי בודק פרטי - ללקוח מתח גבוה.

- תוכנית העמדה של הציוד בשטח

(מרחקים, אלקטרודות, הארכת יסוד וכדומה) - ללקוח מתח נמוך בלבד.

- סכימת הארקות ואפסים במיתקן כולו, תוך התייחסות לאמצעי ההגנה בפני חישובול המיושם במיתקן - ללקוח מתח נמוך בלבד.

- טופס בקשה לבדיקה - ניתן להוריד את הטופס מאתר האינטרנט של חברת החשמל.

הנחיות כלליות שילוט

במיתקן בו מותקן גנרטור יותקנו שלטים בני-קיימא כנדרש בתקנות החשמל, באותיות לבנות על גבי רקע אדום, כדלהלן:

- שלט מקורי של היצרן הכולל נתונים טכניים שניתן לקרוא אותם.

- שלט בולט לעין ובר-קיימא המציין את קיום הגנרטור במיתקן יותקן בלוח הראשי של המיתקן.

- שלט **"גנרטור"** יותקן ליד ההתקן להדממת הגנרטור.

- שלטים **"גנרטור מופעל אוטומטית"** יותקנו גם בלוח הראשי וגם בלוח הגנרטור.

- במיתקן בו קיימת הפעלה ידנית של המקשר יותקן השלט **"לא לחבר כשהגנרטור בעבודה"**.

- במיתקן בו קיים גנרטור יתקין הבודק של חברת החשמל בפילר, או על-גבי מערכת המנייה, שלט **"זהירות, גנרטור במיתקן"**.

- במיתקן בו האיפוס לשנאי ולגנרטור מבוצע במיתקן חברת החשמל (בתחט"פ או במנייה) יתקין הבודק של חברת החשמל, סמוך לנקודת האיפוס, שלט **"זהירות! אסור לפרק! מוליך זה משמש לאיפוס השנאי והגנרטור"**.

מפסק ראשי של הגנרטור

חובה לצייד את הגנרטור במפסק ראשי. אם קיים במפסק הראשי התקן נעילה, מותר שיאפשר נעילה במצב "מופסק" בלבד. בגנרטור המשמש לאספקה חלופית למיתקן בשלמותו יכול המפסק-מחלף לשמש כמפסק ראשי של המיתקן כאשר הוא בעל מצב ביניים "מופסק". במקרה זה ניתן לחבר את התקן הבקרה על חוסר מתח (NO VOLT Relay) בקו הזינה של חברת החשמל, לפני המפסק הראשי.

לוחות חשמל במיתקן

שדות בלוח החשמל המוזנים מחברת החשמל בלבד יופרדו משדות המוזנים גם מגנרטור (לפחות כפליים מהרווח שבין מבטחים שונים של קבוצה אחת, אולם לפחות 17.5 מ"מ), כנדרש בתקנה 18 בתקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט). כמו כן, נדרשת הפרדה ברורה בין מעגל חיוני ובין מעגל לא חיוני, עם סימון בולט ובר-קיימא של אבזרים המוזנים ממעגל חיוני.

תצורות חיבור של גנרטורים באספקה חלופית

העקרונות המנחים לקביעת תצורות חיבור של גנרטורים, מעֵבֶר להתאמה לתקנות גנרטורים כפי שתואר לעיל, נשענות על 3 קווים מנחים עיקריים:

- התאמה לדרישות תקנות גנרטורים בנוגע למספר הקטבים של המפסק-מחלף (תקנה 11, סעיפים ה' ו-ו'), כדלהלן:

(ה) מפסק-מחלף של גנרטור חד-מופעי יהיה דו-קטבי.

(ו) מפסק מחלף של גנרטור תלת-מופעי יהיה אחד מאלה לפי העניין:

(1) מפסק מחלף ארבע-קוטבי לפי איור מס' 1 בתוספת הראשונה - בכל מקרה;

(2) מפסק מחלף תלת-קוטבי לפי איור מס' 2 בתוספת הראשונה - במקרים האלה:

(א) כאשר מיתקן הצריכה מוגן בשיטת איפוס ומתקיים בו אחד מאלה, ובלבד שאם, מסיבה כלשהי, יש צורך לנתק את מוליך האפס במקום כלשהו בין החיבור של מוליך האפס אל מוליך ה-PEN בכניסה

למבנה לבין נקודת הכוכב של הגנרטור, יותקן גישור זמני שישמור על הרציפות הגלוונית בין שתי הנקודות האמורות:

1. חיבור הגנרטור

למיתקן הצריכה נעשה באותו הלוח הראשי של המבנה שבו או בצמוד לו בוצע האיפוס; נקודת הכוכב של הגנרטור מחוברת בקביעות לפס האפס של הלוח כמתואר באיור מס' 2 בתוספת הראשונה;

2. חיבור הגנרטור נעשה בלוח משנה הממוקם באותו מבנה בו ממוקם הלוח הראשי

ובתנאי שהזנת לוח המשנה נעשית ישירות מהלוח הראשי של המבנה, ללא חיבורים בלוחות אחרים או הסתעפויות. (ב) כאשר מיתקן הצריכה מוגן בשיטת הארקת הגנה ועומד בכל הדרישות המפורטות בפסקאות (1) עד (6):

- השנאי המזין את מיתקן הצריכה הוא בלעדי למיתקן זה;
- חתך המוליך להארקת השיטה של הגנרטור לא יהיה קטן מחתך המוליך להארקת השיטה של השנאי;
- אורכם המרבי של כל אחד ממוליכי הארקת השיטה של השנאי ושל הגנרטור לא יעלה על 50 מטרים;
- החתך המזערי של מוליך האפס של הגנרטור יהיה כחתך מוליך האפס של השנאי;
- מוליכי הארקת השיטה של הגנרטור ושל השנאי יהיו נפרדים עד למקום חיבורם אל אלקטרודת ההארקה או אל פס השוואת הפוטנציאלים או אל פס מתכתי, המחובר בשני מקומות לפחות לאלקטרודת הארקה, ובתנאי שחיבור כל מוליך הארקה יהיה בהדק נפרד;
- במוליכי האפס של השנאי ושל הגנרטור לפני ההסתעפות הראשונה בהם, מותקן אבזר המאפשר ניתוק האפס באמצעות כלים בלבד; מיקום האבזר מאפשר גישה נוחה אליו.

- עמידה בדרישת איפוס יחיד במיתקן, כנדרש בתקנה 40(ג) בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1,000 וולט), כדלהלן:

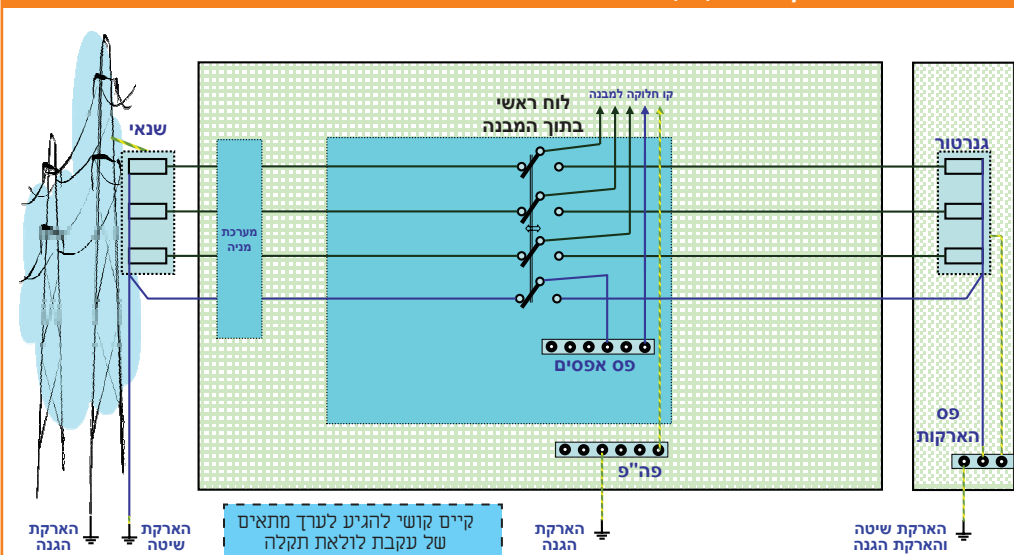
40. הארקת מוליך PEN

א. מוליך PEN של רשת יחובר אל פס השוואת הפוטנציאלים; חיבור זה ייעשה במוליך בעל בידוד בצבע כחול עם סימון, באמצעות שריוול או כיצא באלה, בצבע צהוב/ירוק לסירוגין בכל קצה, וחתכו יהיה לפחות כחתך מוליך האפס (N) הגדול ביותר היוצא מפס האפס או מהדק האפס.

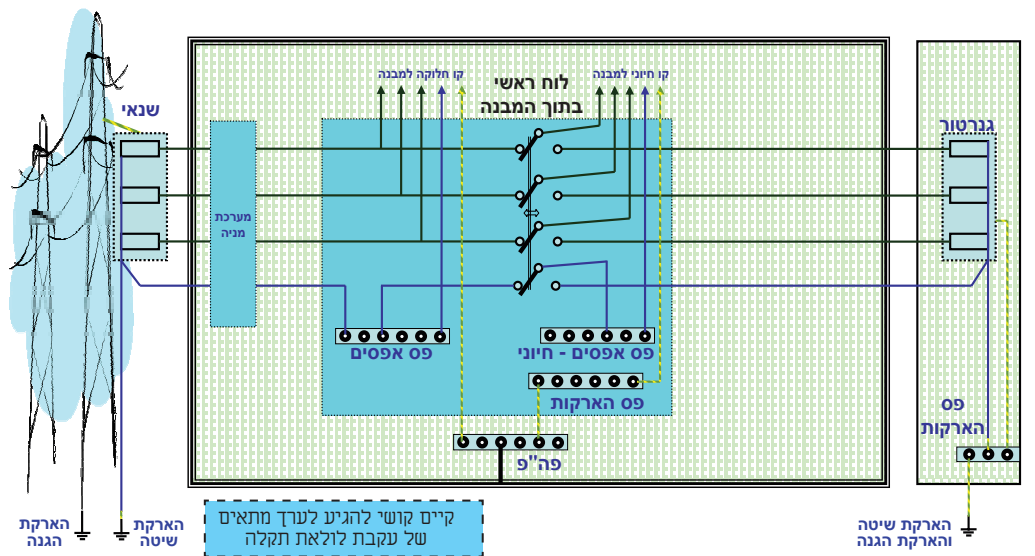
ב. החיבור לפי תקנת משנה (א) לא ייעשה אלא בהיתר מאת בעל הרשת.

ג. על אף האמור בתקנה 10 לא יותקן, בנוסף לחיבור לפי תקנת משנה (א), כל חיבור אחר בתוך המבנה בין מוליך האפס (N) לבין מוליך הארקה.

איור 1: גנרטור לאספקה חלופית מלאה המחובר באמצעות מפסק מחלף ארבע-קוטבי - הגנה בפני חישמול באמצעות הארקת הגנה (IT)



איור 2: גרנטור לאספקה חלופית חלקית המחובר באמצעות מפסק מחלף ארבע-קוטבי - הגנה בפני חישובול באמצעות הארקת הגנה (TT)



תצורת חיבור זו תוך שימוש במפסק מחלף ארבע-קוטבי באספקה חלופית חלקית, למעשה, אספקה זו מצריכה חלוקה לשדות חיוני ולא חיוני, עם 2 פסי אפסים בהתאם.

נצין, שבשימוש באמצעי ההגנה בפני חישובול באמצעות שיטת הארקת הגנה (TT) קיים קושי להשיג ערכים מתאימים של עכבת לולאת התקלה, כנדרש בתקנות החשמל (הארקות) ואמצעי הגנה בפני חישובול במתח עד 1,000 וולט).

יישום של מפסק-מחלף תלת-קוטבי בשימוש באמצעי הגנה בפני

חישובול בשיטת הארקת הגנה (TT) מחייב עמידה בדרישות המופיעות בתקנה 11, סעיף ו', תת-סעיף 22, המוצגת לעיל.

הגנה בפני חישובול באמצעות איפוס (TN-C-S)

בתצורת החיבור להלן חייב מבנה הצרכנות להיות בעל הארקת יסוד, ולעמוד בכל הדרישות שמופיעות בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישובול במתח עד 1,000 וולט) - בנוגע להגנה בפני חישובול באמצעות איפוס.

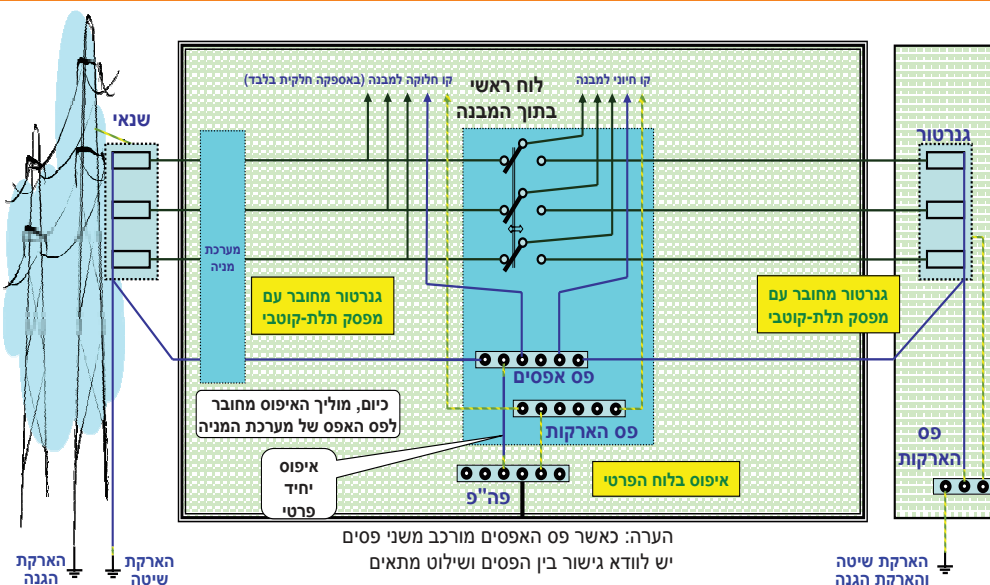
איור 3 מציג את תצורת חיבור זו תוך שימוש במפסק תלת-קוטבי באספקה חלופית חלקית או מלאה. תצורה זו מותרת בתנאי שהמיתקן עומד בדרישות תקנה 11, סעיף ו', תת סעיף 2א, המוצגת לעיל.

• הימנעות מיישום הגנה על-ידי איפוס והגנה על-ידי הארקת הגנה בעת ובעונה אחת במיתקן אחד, כנדרש בתקנה 37 בתקנות החשמל (הארקות) ואמצעי הגנה בפני חישובול במתח עד 1,000 וולט), כדלהלן: "לא ישתמש אדם במבנה אחד בהגנה על-ידי איפוס ובהגנה על-ידי הארקת הגנה".

להלן מספר תצורות אופייניות לחיבור של גרנטור קבוע באספקה חלופית. על מנת לא להכביד בפרטים, לא הוכנסו בסקיצות המוצגות להלן מפסקים/מ"זים בכניסות ללוח החשמל, ביציאה מהגרנטור, ביציאות למבנה וביציאות החיוניות למבנה, וגם לא שורטו הארקות של משני הזרם במערכות המנייה והארקות של ארונות מנייה מתכתיים (הסקיצות הן סקיצות עקרוניות בלבד).

עקרונות חשובים: התאמה לדרישות תקנות גרנטורים בנוגע למספר הקטבים של המפסק-מחלף; עמידה בדרישת איפוס יחיד במיתקן; והימנעות מיישום הגנה על-ידי איפוס והגנה על-ידי הארקת הגנה בעת ובעונה אחת במיתקן אחד

איור 3: גרנטור לאספקה חלופית חלקית או מלאה המחובר באמצעות מפסק מחלף תלת-קוטבי - הגנה בפני חישובול באמצעות איפוס (TN-C-S)



גרנטור במבנה נפרד, מבנה צרכנות עם הארקת יסוד או בל-עדיה, ושנאי על עמוד מחוץ למבנה הצרכנות
הגנה בפני חישובול באמצעות הארקת הגנה (TT)

איור 1 (עמ' 8) מציג את תצורת חיבור זו תוך שימוש במפסק מחלף ארבע-קוטבי באספקה חלופית מלאה.

ומנגד, באיור 2 מוצגת

