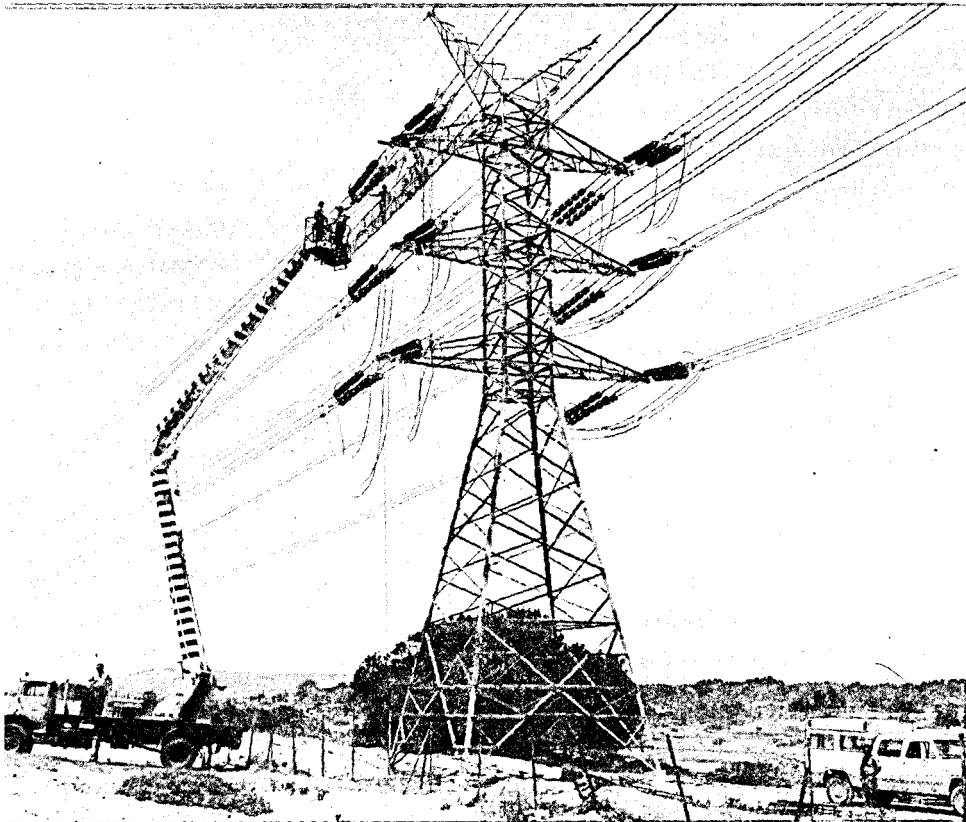
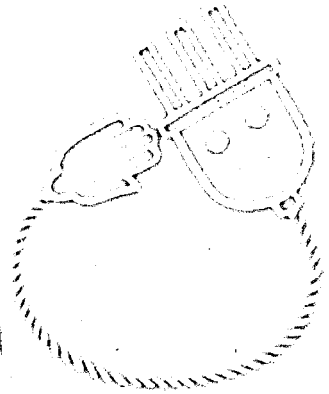


התקע המצדיע

ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



ביום שישי 5.9.80
חובר למערכת
הארצית הקו החדש
במתח 161 ק"ו
המחבר את אתר
הכח החדש בחדרה
אל תחנת המיתוג
קיסריה.
הקו החדש מיועד
להעביר הספק של
700 מגו"ט.
בתמונה : שלבים
סופיים בהתקנת
הקו.
(פרטים נוספים
ראה עמ' 7).

תוכן העיניים

3	. . .	עובדי חברת החשמל בין התני פרס קפלן לשנת 1980
3	. . .	תשלום על חשבון צריכה שוטפת
3	. . .	הודעה על חידוש מינויי „התקע-המצדיע“
4	. . .	תקנות החשמל (התקנת כבלים) — (תיקון)
5	. . .	תקנות החשמל (התקנת מוליכים) — (תיקון)
6	. . .	שימוש בסרט אזהרה לכבלים
7	. . .	קו מ.ד. קיסריה מס' 1 תפקידה של חברת החשמל בהקטנת התלות
8	. . .	הלאומית באספקת דלק נוזלי
14	. . .	מי מפחד מקבלים?
19	. . .	אנטנה מרכזית — דרישות התקנים מול המציאות
21	. . .	שיקולי תפעול ואחזקה בעת תכנון מתקן חשמלי
		מדור מודעות — שרות פרסומי
		הגנת מבנים ומתקני חשמל בפני פגיעות ברקים —
23	. . .	דרישות התקן ויישומן המעשי בצורה נאותה
29	. . .	סימולי הכבלים המקובלים בישראל ובחוץ-לארץ
35	. . .	זיהום רשתות על ידי צרכנים
43	. . .	תאונת חשמל ולקחה
43	. . .	התקן הישראלי החדש לבידוד תרמי של בניינים

העורך :
א. לייטנר

המערכת :
צ. אביתר, י. בלב, מ. זיסמן,
ל. יבלונובסקי, ש. מרדיקס,
י. נוימן, ז. ספורן, נ. פלג,
ג. פרבר, ה. ציפר

מנהלה :
ש. וולפסון

תסדיר וביצוע :
מ. ציטרון

כתובת המערכת :
חברת החשמל לישראל בע"מ
ת.ד. 25, תל-אביב — 61000
טלפון 03'625963

הדפסה :
דפוס זאופסט נורמן, חיפה.

צ'צ'ות - אצא - צ'ולל

עובדי חברת החשמל בין חתני פרס קפלן לשנת 1980

צוות משימה מהמגזר הטכני במחוז הדרום של חברת החשמל, זכה בפרס המדינה לייעול, על ביצוע הפרויקט של חישובול שני שדות התעופה ההולכים ומוקמים ע"י חברות אמריקאיות ב"רמת-משרה" וב"בקעת-עובדה" בנגב.

פרס נכסף זה ניתן לצוות כגמול על הצלחתם בקידום לוח הזמנים של הפרויקט, אף מעבר לדרישות החברות האמריקאיות, ועל תרומתם הישירה בחיסכון כספי למשק המדינה, בסך של החיסכון הגדול במטבע זר נבע מהצלחתו של הצוות לקצר את משך הפרויקט לחודשיים וחצי במקום למעלה משנה בתנאים רגילים ובכך מנעו את רכישתם המיוחדת של 12 גנרטורים, בעלי הספק של 750 קו"א כ"א, שאמורים היו לספק את החשמל למחנות העבודה, באתרי הבניה של שדות התעופה.

31 מיליון לירות, במטבע זר.

נקודה הראויה לציון מיוחד, היא העובדה שחברת החשמל תיכננה ובנתה את קוי החשמל כך שיתאימו להספק הגדול יותר, שידרש לתפעול שדות התעופה בעתיד, ולא בהספק כפי שהזמינו החברות האמריקאיות, רק עבור מחנות העבודה.

ועדת פרס קפלן ציינה במיוחד את הפרויקט המוצלח שבוצע, תוך התגברות על תנאי קרקע קשים, בעיות לוגיסטיות מסובכות, על בעיות תאום עם רשויות צבוריות שונות ובתנאי אקלים קשים במיוחד.

מן הראוי להזכיר כי גם בעבר זכו צוותי עובדי החברה, המהווים בבואה נאמנה לעובדים רבים בחברה, העושים עבודתם נאמנה, בפרסי ייעול של המדינה ע"ש קפלן ובפרסי העבודה של ההסתדרות ע"י נמיר ובכך הפנו את הזרקורים אל העשייה הברוכה בחברת החשמל.

י. שליט — מרכז ארצי של ועדות הייעול, חברת החשמל

תשלום על-חשבון צריכה שוטפת

בעקבות העמדת האשראי לצרכני החשמל על 15 ימים בלבד (לעומת 25 ימים עד כה), חלו, החל בחודש יוני 1980, שינויים בתשלום על חשבון הצריכה השוטפת.

לגבי הצרכנות הדו-חודשית יחול תשלום נוסף בשעור של 16.3%, שיוטל בהדרגה במשך 4 השבונות חשמל כך, שבסופו של דבר, יועמד התשלום הכולל על שעור של 58.3%.

לגבי הצרכנות הדו-חודשית יחול תשלום נוסף בשעור של 33.3% שיוטל בהדרגה במשך 9 חשבונות חשמל, כך שבסופו של דבר יועמד התשלום על שעור של 66.3%.

כפי שכבר הובהר בחוברת הקודמת (מס' 23) נועדה הנהגת התשלום על חשבון הצריכה השוטפת לחסוך בהוצאות חברת החשמל ובכך תסייע כמובן למתן את עליית מחירי החשמל.

הודעה על חידוש מינויי „התקע-המצדיע“

* בהופעת חוברת זו (24) מסתיימת סדרת דמי המינוי הנוכחית לחברות 21-24.

* לבוכה העלויות המשמעותיות בהוצאות ההדפסה והמשלוח הוחלט להגדיל את דמי המינוי המהווים השתתפות חלקית בלבד במחיר הפקת העלון החל מהחברת הבאה (25).

* דמי המינוי עבור 4 החברות הבאות 25, 26, 27, 28, נקבעו ל-10 שקלים. לתלמידים תנתן הנחה מיוחדת (ברכישה מרוכזת לפי רשימות שיוגשו ע"י בית הספר).

* עדכון רשימת המינויים והרשמת מינויים חדשים ייעשה באמצעות כרטיס המינוי החדש המצורף לחוברת זו אשר יש למלאו לרבות תשלום דמי המינוי לזכות חשבוננו בבנק, בהתאם להוראות המפרטת בכרטיס.

* החוברת הבאה תשלח רק למחירי המינוי.



רשומות

קובץ התקנות

18 בספטמבר 1980

4166

ח' בתשרי התשמ"א

תקנות החשמל (התקנת כבלים) (תיקון), התשמ"א-1980

בתוקף סמכותי לפי סעיף 13 לחוק החשמל, התשי"ד-1954, אני מתקין תקנות אלה:

1. במקום תקנה 7 לתקנות החשמל (התקנת כבלים), התשכ"ז-1966, יבוא:
"סימון מוליכים
בכבל

7. בידוד כל מוליך בכבל יהיה בעל צבע או סימון מיוחד בהתאם לייעודו; הצבע או הסימון יהיה יעיל, בר קיימא, נוח לזיהוי וימלא אחר תנאים אלה:

א. הבידוד יהיה בעל צבע כמפורט בזה:
(1) לזרם חילופין —

(א) מופע (פזה) — פרט למוליך מופע שהותקן לבקרה או לויסות במעגל חשמלי — חום, כחול או סגול; בידוד של כל מוליך יהיה בצבע שונה או יהיה מסומן לאורכו בהתאם לתקן כך שיאפשר להבחין בין המוליכים.

(ב) מוליך מופע שהותקן לבקרה או לויסות במעגל חשמלי — כל צבע, למעט ירוק או צהוב או שילובם.

(ג) אפס — שחור.

(ד) תארה — צהוב וירוק לסירוגין, בהתאם לתקן.

(2) לזרם ישר —

(א) חיובי — חום;

(ב) שלילי — שחור;

(ג) תווך — כחול.

ב. שרוול מבודד המותקן על קצה מוליך יסומן בהתאם לייעודו, אלא אם צבע הבידוד של המוליך או הסימון בקצהו החפשי של השרוול מאפשר זיהוי קל.

ג. בידוד של מוליכים בכבל המובא לתיבה, מכשיר, לוח או כל אבזר חשמלי אחר יהיה בעל צבע או בעל סימון המאפשר זיהוי קל.

2. תחלתן של תקנות אלה ששה חדשים מיום פרסומן. תחילה

יצחק מודעי
שר האנרגיה והתשתית

י"א בתמוז התש"ם (25 ביולי 1980)

תקנות החשמל (התקנת מוליכים) (תיקון), תש"ס-1980

בתוקף סמכותי לפי סעיף 13 לחוק החשמל, תשי"ד-1954, אני מתקין תקנות

אלה:

1. תיקון תקנה 1 בתקנה לתקנות החשמל (התקנת מוליכים), תש"ל-1970, (להלן — התקנות העיקריות), אחרי הגדרת „נומינלי” יבוא:

„פס השוואת הפוטנציאלים” — פס שאליו מתחברים מוליכי הארקה ומוליכי החיבור.”

2. במקום תקנה 11 לתקנות העיקריות יבוא:

„סימון מוליכים”

11. בידוד של מוליך יהיה בעל צבע מיוחד בהתאם לייעודו במתקן, במעגל או בקו; הצבע יהיה יעיל, בר קיימא ונוח לזיהוי וימלא אחרי התנאים האלה:

(א) בידוד יהיה בעל צבע כמפורט בזה —

(1) לזרם חילופין:

(א) מופע (פזה) פרט למוליך מופע שהותקן לבקרה או לויסות במעגל חשמל — חום, כחול או סגול.

(ב) מוליך מופע שהותקן לבקרה או לויסות במעגל חשמלי — כל צבע, למעט ירוק או צהוב או שילובם.

(ג) אפס — שחור.

(ד) הארקה — צהוב וירוק לסירוגין בהתאם לתקן.

הוראות אלה לא יחולו על מוליכים המותקנים בלוח חשמל, אלא אם אלה מוליכי הארקה.

(2) לזרם ישיר:

(א) חיובי — חום.

(ב) שלילי — שחור.

(ג) תווך — כחול.

(ב) בידודו של מוליך החיבור המוגן בשיטת איפוס, צהוב וירוק לסירוגין, בהתאם לתקן.

(ג) בידודו של מוליך המחבר את מוליך האפס של קו הזינה של מיתקן חשמלי עם פס השוואת הפוטנציאלים במתקן המוגן בשיטת איפוס — שחור.

(ד) בידודו של מוליך בכבל המובא לתיבה, מכשיר, לוח או כל אביזר חשמלי אחר יהיה בעל צבע או בעל סימון המאפשר זיהוי קל.

(ה) שרוול מבודד המותקן על קצה מוליך יסומן בהתאם לייעודו, אלא אם צבע הבידוד של המוליך או הסימון בקצהו החופשי של השרוול מאפשר זיהוי קל.

(ו) בידודם של פסי צבירה בלוחות חשמל יהא כל צבע למעט ירוק או צהוב או שילובם.

(ז) פסי צבירה גלויים בלוחות חשמל יסומנו בצורה בר-קיימא, בהתאם לייעודם.”

3. תחילתן של תקנות אלה ששה חדשים מיום פרסומן. תחילה

”א בתמוז תש”ס (25 ביוני 1980)

יצחק מודעי.

שר האנרגיה והתשתית

שמוש בסרט אזהרה לכבלים

המעבר מרשת עילית לרשת תתיקרקעית נמצא כיום בארץ בשלבי פיתוח נמרצים. מעבר זה דורש תוויות רשת תתיקרקעית.

במשך שנים השתמשו בהגנה מכנית על כבלים שהוטמנו בקרקע, כלומר, ע"י לבנים — אריחי בטון או חצאי צנורות בטון. הגנה זאת התאימה במשך הרבה שנים לשיטות חפירה ידניות, כגון: מכושים, אתי חפירה וכד'. באמצעים המכניים השימושיים כיום, בעידן התפתחות טכניקת החפירות, ההגנות הנ"ל אינן מוכיחות יעילות רבה ואינן מהוות התראה חזותית למפעיל של הציוד הכבד.

לאור ההתפתחות בעבודות כבלים התחילו באירופה לפתח שיטות הגנה אחרות שיכולות להחת הגנה יותר יעילה וכן להאריך את אורך החיים של הכבלים. השיטה החדשה מבוססת על עקרון של התראה ולא הגנה מכנית ישירה.

כיום מתקנים מעל הכבל (ראה ציור מס' 1) לאורך כל התוואי סרט פלסטי צבעוני שתפקידו — התראה. הסרט מיוצר מפוליאתילן בצבע צהוב עם הדפסה שחורה.

קיים גם סרט אזהרה בצבע אדום השייך למשרד התקשורת.

רוחב הסרט 160 מ"מ ועוביו 0.15 מ"מ. הסרט מיוצר בגלילים שאורכם 250 מ'. הנוסח מודפס באורך 500 מ"מ וחוזר על עצמו (ראה ציור מס' 2).

לסרט זה תכונה מיוחדת — כושר ההתארכות גדול עד כ" 400%, כלומר, הוא מסוגל להתארך ע"י משוכה ללא קריעה או נזק מכני אחר עד פי 4 מאורכו המקורי.

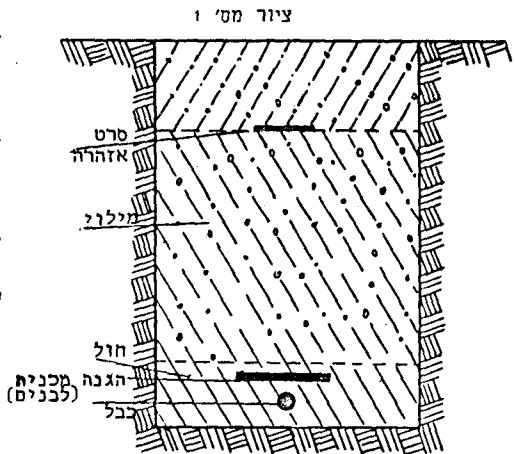
תכונה זו חשובה כיוון שבזמן החפירה ע"י ציוד כבד, סרט זה יוצא מהקרקע, לא גרע, ומהווה התראה בולטת למפעיל

תכונה שניה של הסרט היא עמידותו בכל התנאים הסביבתיים שבהם הסרט עשוי להמצא.

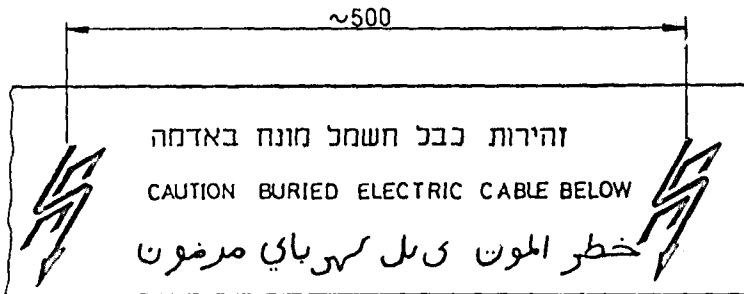
תכונות אחרות של הסרט הן עמידות בפני שיפשוף מחיקה, נוזלים למיניהם, מכות, לחות, מלחים הנמצאים בקרקע וכדומה.

הנוסח מודפס על הסרט בשלוש שפות: עברית, אנגלית וערבית וכולל סימון של חברת החשמל לישראל בע"מ.

לאחר נסיונות בשטח ודיונים, הוחלט להשתמש בסרט האזהרה כאמצעי הגנה ואזהרה בלעדי עבור הנחות כבלים מתח נמוך בקרקע. לגבי כבלי מתח גבוה בקרקע סרט האזהרה מהווה אמצעי התראה בנוסף להגנה מכנית על הכבל.



ציור מס' 2



קו מ. ד. קיסריה מס' 1

הנוסע בכביש המהיר חיפה-ת"א, בהגיעו לאיזור קיסריה-חדרה יתקלו עיניו במבנים „אימתניים“ לאורך הכביש המתנשאים לגובה רב והנושאים עליהם „יער“, „מבהיל“ של תילים, שרשרות מבדדים, מהדקים ואבזורים אחרים. זהו, בקיצור, קטע קו דו-מעגלי 161 ק"ו המתכר את תחנה"כ חדרה עם תחנת המיתוג האיזורית.

קו זה מיועד להעביר את האנרגיה שתיוצר ב-2 יחידות בתחנה"כ, דרך קוי המסירה לתחנות ההשנאה ומשם למרכזי הצריכה הפזורים בכל הארץ.

עתה, לאחר מאמץ מרוכז ועבודה מפרכת במשך חדשים, נסתיימה בניית הקו.

מבנה העמודים, נבחר בצורה האנכית של סידור הפזות בכל מעגל, כדי ששטח הקרקע הנתפס ע"י תואי הקו יהיה ככל האפשר מצומצם.

כל פזה מורכבת מצרור של 3 תילי אלומניום-פלדה בחתך של 680/85 ממ"ר לכל תיל. קוטר התיל 36 מ"מ ומשקלו 257 ק"ג/מ'. תיל כזה מסוגל להעביר זרמים של 1000 אמפרים בערך. כמות הברזל שהושקעה בעמוד כזה היא כ-16 טון.

כח השליפה ברגל העמוד מגיע עד 120 טון.

בהתאם לעומסים אלה תוכננו היסודות בקרקע החולית של האיזור. תכנון חישוב המבנים והיסודות נעשו ביחידת הרשת הארצית. חלק מעבודת התכנון נעשה בעזרת מחשב.

הקו מצוייד ב-2 תילי הארקה, אלומי-פלדה 150/25 ממ"ר כל אחד המחוברים על הגבהה דמוית אוזני שפן בראש העמוד, הצריכים להגן על תילי הפזות כנגד ברקים ובזמן קצר חד פזי. שיטת התקנת האבזורים שנבחרה מבוססת על הנוהג האיטלקי לצורך זה נשלחו מספר עובדים לחו"ל ללימוד הנושאים הספציפיים.

העברת התילים ומתיחתם הייבה רכישת זוג מכונות Tensioner*puller („מושך-בולם“) אותן מציבים ב-2 צידי „שדה המתיחה“.

ה„מושך“ כשמו — מושך את התילים לאורך שדה בו מורכבים מספר עמודים לפעמים באורך עד 2-3 ק"מ כאשר בכל שרשרת מותקנות גלגלות מיוחדות בהן עוברים התילים במסעם. ה„מושך“ מסוגל למשוך בכך עד 6000 ק"ג.

ה„בולם“ המוצב בצד השני של „שדה המתיחה“ תפקידו לבלום את המשיכה. עליו מותקנים תומי ענק בהם נעים התילים במסעם לכוון „המושך“. מכונה זו מסוגלת לפתח כח בלימה של 5000 ק"ג.

בזמן תנועת התילים יש פיקוח צמוד ליד כל עמוד וגלגלת וקיים קשר אלחוטי בין כל הנקודות כדי לאתר תקלות וכן כדי לווסת את עצמת המתיחה ב„מושך“ ואת מהירות התנועה אותה יש להתאים לתנאי השטח בהתאם לתואי הקו.

בגמר הנחת התילים וויסות המתלה המתאים, יש לחבר לאורך כל מפתח (Span) מחזיקי מרחק (spacers) במרחקים של 40-50 מ' בין אחד לשני.

תפקידם הוא לשמור על מרחק קבוע של 40 ס"מ בין כל תיל בודד למשנהו בצרור של 3 תילי הפזה, כדי שהתילים לא יתנפצו זה אל זה וינזקו בזמן רוחות.

לצורך הרכבת מחזיקי מרחק אלו, נרכשה קרונית נסיעה התלויה על התילים והנמשכת ע"י חבל מהקרקע.

לטיפול בשרשרות המבדדים ושאר האבזורים שבקצה הזרוע, הוכנה פלטפורמה באורך 16 מ' הנתנת לכוון בהתאם לנטיית הקו.

הפלטפורמה מותקנת מתחת לזרוע בקצה ועליה יכולים „לטייל“ ולטפל באבזורים.

התקנת קו עם 3 תילים בחתך 680/85 ממ"ר לפזה, בוצעה ע"י חברת החשמל לראשונה בארץ. כדי להגיע לכך היה צורך בהכנות ממושכות, לימוד החומר, בחירת השיטה ועבודה פיזית קשה של אנשי הביצוע. תוך גילוי תושיה להתגבר על תקלות בלתי צפויות. כן חייב הפרויקט תאום הדוק בין המתכננים האחראים להזמנת החומרים, האבזורים, ציוד העזר ואנשי הביצוע ששטח כדי שהכל „ידפוק“ כראוי.

(אינג' א. הבר — הרשת הארצית, חברת החשמל)

תפקידה של חברת החשמל בהקטנת התלות הלאומית באספקת דלק נוזלי

אינג' י. לב-ער, אינג' י. פורת

תפעול המערכת ואחזקתה

- ננקטו האמצעים הבאים:
- הפעלת תכנית מחשב להעמסה אופטימלית של יחידות הייצור.
 - הקטנת צריכת הדלק של יחידות הייצור ב-אמצעות פרמטרים תפעוליים חדשים, כמו להצי קיטור גבוהים יותר, טמפרטורות קיטור גבוהות יותר, טמפרטורות נמוכות יותר של גזי הפליטה ביציאה.
 - השחיקה המוגדלת במקצת של הציוד כתוצאה מהנייל שגרמה להוצאות תחזוקה גדולות יותר, עדיין השתלמה, לאור מחירי הדלק הגבוהים.
 - פיקוח צמוד והקפדה קפדנית על הפרמטרים התפעוליים, דבר המחייב עירנות מירבית של מפעילי התחנה והצוות הטכני.
 - הכנסת תמריצים כספיים לצוותי ההפעלה ו-תחזוקה המתבססים על הגורמים שהוזכרו, והמכוונים להגביר את ההפעלה החסכונית של תחנות כח.
 - הקמת מחלקה מיוחדת שתפקידה העיקריים הם:
 - א. מעקב ובקרה אחרי הנצילות התפעולית של המערכת כולה, ושל תחנת הכח בפרט.
 - ב. ייזום והכנסה לשימוש של שיפורים ב-קריטריוני הפעלה ושיטות הפעלה.
 - רכישה של ציוד ומכשירי תחזוקה נוספים ו-גיוס עובדי תחזוקה נוספים.
- בדרך זו קוצרו זמני התחזוקה והשיפורים ולא על חשבון איכות הביצועים. גורם זה הוא בעל חשיבות מיוחדת, הואיל והוא מאפשר לתחנות כח יעילות יותר, להיות זמינות יותר.
- לשינויים שהוכנסו בשיטות ההפעלה ובמדיניות התכנון לאחר אוקטובר 1973 היתה השפעה מ-כרעת. כמות הדלק שנצרכה לייצור קילוואט-שעה ירדה כתוצאה משימוש יעיל יותר בציוד הקיים. יתרה מזאת, אספקה מהימנה יותר התאפשרה תוך דות לאמינות הגבוהה יותר של הציוד, שהושגה תודות למדיניות התחזוקה החדשה.
- במשך התקופה 1975/6—1976/7 * ירדה הצריכה הספציפית של דלק מ-244.4 גרם לקילוואט-שעה ל-241.9 גרם לקילוואט-שעה. הירידה של 2.5 גרם לקילוואט-שעה גרמה לחסכון של 25,000 טון של דלק נוזלי

משבר הדלק וההשלכות הכלכליות שלו השפיעו ב-אופן דרמטי על כל חברות החשמל בעולם, ולא כל שכן על חברת החשמל הישראלית. כל מיגוון הפעילויות של החברה הושפע מפגיעת המשבר.

חוסר האמון במהימנות אספקת הדלק לטווח ארוך, והעליה העצומה במחיר, שינו באופן יסודי את מדיניות האנרגיה של חברת החשמל לטווח הקצר והארוך כאחד. התפתח מצב, שבו נוצר צורך מצד אחד לחסוך באנרגיה, ומצד שני, לחפש מקורות אנרגיה אלטרנטיביים לדלק נוזלי, כמו: פחם, אנרגיה גרעינית, אנרגיה הידרואלקטרית ודלקים בעלי ערך קלורי נמוך (אבן ביטום-נית וליגניט).

עלות מחירי הדלק שינתה את היחסים בין עלויות ההון לבין הוצאות ההפעלה והתחזוקה, דבר שהביא להערכה מחדש של מדיניות הבקרה על פעילויות אלה, ולשינויים מפליגים בתכנון לטווח הקצר ולטווח הארוך.

העובדה שעלות מרכיב הדלק מגיעה ל-2/3 מהוצאות ההפעלה של חברת החשמל הישראלית (בי-השוואה לערך של כ-1/3 שהיה קיים לפני מלחמת אוקטובר 73) הפכה את נושא החיסכון באנרגיה בכלל והקטנת צריכת הדלק במיוחד למטרות עיקריות.

את צריכת הדלק ניתן להקטין בדרכים הבאות:

- אופטימיזציה של תהליך ייצור החשמל, העברתו וחלוקתו ע"י חברת החשמל ושימור וחיי-סכון באנרגיה מצד הצרכן.

— החלפת הדלק הנוזלי במקורות אנרגיה אלטרנטיביים בכל מגזרי הצריכה, ובמיוחד בתהליך ייצור החשמל.

— מעבר אינטנסיבי לשימוש באנרגיה חשמלית בכל שטחי הצריכה כמו: תחבורה, חימום מרכזי, בישול, חימום ישיר בתעשייה וכו'.

אופטימיזציה בתהליך ייצור החשמל

עלית מחירי הדלק הכתיבה מדיניות חדשה בכל פעילויות החברה על ידי שינוי היחסים שבין מחירי רים קבועים ומחירים שוטפים שונים (ציוד, כח אדם. עלות הדלק).

* בשנים 1975/6—1976/7 לא התווספה כל יחידה חדשה למערכת.

אינג' י. לב-ער — המהנדס הראשי, חברת החשמל. אינג' י. פורת — מנהל מחלקת פיתוח ומחקר אנליטי, אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל.

תכנון ציוד וקריטריוני תכנון

על פי הפילוסופיה החדשה, תכנון של ציוד ו-קריטריוני התכנון של תחנות כח עברו אופטימי-זציה.

להלן מספר דוגמאות:

- מפרטי השנאים שונו על מנת להקטין את הפסדי הנחשת והברזל.
- שטח החתך של המוליכים בקווי ההעברה והחלוקה הוגדל.
- מנסים לקדם את לוח הזמנים של בנית תחנות משנה וקווי מתח גבוה על מנת להנות מהחיסכון המושג בהקטנת הפסדי אנרגיה.
- מתבצעת תוכנית לשיפור מקדם ההספק. ה-פעולה תשפר את מקדם העומס של המערכת ו-תקטין את ההפסדים. יתרה מזאת, ניתן יהיה להעביר יותר הספקים פעילים באותם קווי תמסורת ולדחות תוספת של קווים חדשים.
- ההשפעות לטווח הרחוק של השינויים בתכנון וב-מדיניות ההשקעות עדיין צפויים.

שימור אנרגיה וחסכון בדלק נזולי בצד הצרכן

מספר פעילויות בהן חברת החשמל משתפת פעולה עם משרד האנרגיה מתוארות בפרק זה.

א. מקדם ההספק הסטנדרטי הנדרש מצרכני ה-חשמל הועלה ל-0.92. התוצאות שהושגו עד כה מעודדות מאד ומצביעות על חיסכון ניכר באנרגיה ושיפור התפעול של המערכת.

ב. בהכנה נמצאת תוכנית להחלפת כמות משמעותית של דלק נזולי הנשרף בתעשייה, בפחם.

ניתן ליישם את התוכנית על ידי בנית מתקני כח תעשייתיים לאספקת חשמל וקישור במרכזים תעשייתיים עיקריים. מאמנים שניתן יהיה להמיר 300,000 טון של דלק נזולי בפחם, כל שנה. באותו זמן ניתן לחסוך באנרגיה גם תודות ליעילות הגבוהה של המתקנים הדרתכלתיים.

ג. בהנחה שעד 1986/7 כל הימום המים יהיה באנרגית השמש, ניתן יהיה להשיג חיסכון שנתי של 500 מיליון קוט"ש שהם אקוילנטיים ל-120,000 טונות של דלק נזולי. בהכנסה לשימוש של דודי שמש, במקום המחממים החשמליים אשר מופעלים בשעות השפל, צפויה הקטנה במקדם העומס של המערכת. בימים מעוננים, מערכת ה-גיבוי החשמלית של דודי השמש, תגדיל את השיא החורפי, תוריד את אמינות האספקה, ותגביר את צריכת הדלק ביחידות הייצור להספקת שיאי ה-ביקוש. ניתן להתגבר על חלק ממגרעת זו של מערכות החימום הסולריות על ידי אמצעים מיר-חדים לניהול עומס.

גיוון מקורות האנרגיה

את השימוש במקורות אנרגיה אלטרנטיביים לדלק נזולי ניתן לנצל בדרך הטובה ביותר, ובהיקף ה-רחב ביותר, בתהליך ייצור החשמל.

הקריטריונים העיקריים להערכה ולבחירה של מקורות אנרגיה אלטרנטיביים הם לוח זמנים ו-היקף התרומה שלהם למערכת ייצור החשמל. ה-תזמון תלוי במצב הידע ובאפשרויות לשימוש כלכלי.

לאור הקריטריונים הנ"ל, יש ליחס ללא ספק את הפוטנציאל הגדול ביותר לפחם ולאנרגיה גרעינית (כורים תרמיים), העשויים להחליף את מרבית הדלק הנזולי ב-20 עד 30 השנים הבאות. מקורות אנרגיה אחרים, רלבנטיים לאותה התקופה אבל מוגבלים ושוליים יותר בתרומתם, הם קודם כל אנרגיה הידרואלקטרית ואנרגיה סולרית לחימום, ואח"כ דלקים דלי קלוריות כמו לייגניט ואבן ביטומנית, אנרגיה גיאותרמית, אנרגיה מאשפה, אנרגית רוח ואנרגיה סולרית.

מקורות אנרגיה בעלי פוטנציאל לשימוש נרחב ב-תחילת המאה הבאה הם כורי הביקוע, כורים דוגרים ואנרגיה סולרית לייצור חשמל.

בסעיפים הבאים נעשה נסיון לתת תאור של ה-פוטנציאל הקיים במקורות אנרגיה אלטרנטיביים מנקודת הראות של אפשרויות השגה, תזמון, תר-מה לתהליך ייצור החשמל, ותרומה לכלכלת ישראל.

פ ח מ

לאחר המלחמה באוקטובר 1973, יזמה חברת ה-חשמל הישראלית בדיקות מדוקדקות של כל ה-אספקטים הקשורים לשימוש בפחם בתהליך ייצור החשמל בישראל.

הואיל והטכנולוגיה של שימוש בפחם לא היתה מוכרת עד אז בישראל, היה הכרח ללמוד ביסר-דיות את ההשלכות של שימוש בפחם במדינה.

נבחנה זמינות הפחם, כלכליות השימוש בו, בעיות אקולוגיות, בעיות לוגיסטיות של הובלתו וסילוק האפר.

הואיל והסתבר שההסבה של תחנות הכח הקיי-מות לשימוש בפחם אינה מעשית, נבחנה אפשרות הסבתם של התחנות שהיו בשלבי תכנון והקמה.

שיקולים כלכליים וטכניים הביאו למסקנה ש-הסבתה לשימוש בפחם של תחנת הכח אשכול די-שהיתה אז בתהליך הקמה, איננה מוצדקת, וה-תוכנית נדחתה.

אנרגיה הידרואולית

אלמגור

הרעיון לניצול מי הירדן לייצור חשמל מבוסס על האפשרות להטיית ערוץ הנהר מצפון לכנרת. אגם בקיבול של 1.6 מיליון מטרים מעוקבים ה- נמצא בגובה 251 מטר (שהוא הבדל הגבהים בין הירדן והכנרת), עשוי על פי ההערכה לספק 265 מיליון קוט"ש לשנה בהספק מכסימלי של 100 מגו"ט. תחנת כח הידרואלקטרית זו עשויה לה- ביא היסכון של 65,000 טון דלק לשנה. הקמת התחנה תעלה כ-65 מיליון דולר. התחזית להפג- לת תחנת הכח באלמגור היא לשנת 1986/7.

פרויקט ים-תיכון — ים-המלח

פרויקט זה לייצור חשמל מתבסס על ניצול הפר- שי הגובה, כ-400 מטר, שבין הים התיכון לים המלח.

על פי התכנון יהיה הייצור ב-12 השנים הראשו- נות 1220 מיליון קוט"ש לשנה בהספק של 546 מגו"ט ו-725 מיליון קוט"ש לשנה, בהספק של 337 מגו"ט — לאחר מכן. הבנייה תארך 8 שנים וההשקעה תהיה כ-1200 דולר לקו"ט.

מועד ההפעלה המוקדם ביותר יכול להיות בשנת 1990. המפעל יביא להיסכון של 300,000 טון דלק * בכל אחת מן השנים בתקופת 12 השנים הראשונות, ו-175,000 טון דלק * בכל שנה לאחר מכן.

אגירה שאובה

חברת החשמל החלה בעבודות סקר למציאת את- רים פוטנציאליים. זוהו שלושה אתרים אפשריים לאורך חופי הכנרת. הערכה ראשונית מצביעה על כדאיות של תחנה בגודל 2x150 מגו"ט.

הפעלת האגירה השאובה צפויה לאחר הכנסתן לפעולה של תחנות גרעיניות. על פי החישובים צפוי ייצור אנרגיה של 213 מיליון קוט"ש בשנה ב- הספק של 300 מגו"ט ובנצילות כוללת של 78%. משך הבנייה יהיה 7 שנים והעלות כ-1000 דולר ל- קילוואט. מפעל כזה עשוי להחליף כ-59,000 טון דלק נוזלי בשנה.

דלקים בעלי ערך קלורי נמוך

ליגניט

מתוך סקרים אשר נערכו בשנה שעברה עבור מנ- הלת פרויקט החולה, מסתמנות התוצאות הבאות: המכרה החזוי המכיל כ-300 מיליון טון ליגניט בקרוב, יספיק להפעלה של 3-2 יחידות בעלות הספק של 200 מגו"ט כל אחת, במשך 30 שנה. עלות הכרייה מוערכת ב-5 דולר לטון.

השקעת ההון המוערכת בתחנת הכח היא 780 דולר לקילוואט. היסכון הצפוי בדלק נוזלי הוא 880 אלף טון בשנה.

המצב היה שונה לגבי תחנת הכח בחדרה, ש- היתה אז בשלבי תכנון מתקדמים. מרבית פרטי הציוד העיקריים אמנם הוזמנו, אבל עדיין לא יוצרו. לכן, היה עדיין אפשרי לשנות את התכנון, ולהבטיח שהיחידות תוכלנה לספק את אותה התפוקה בעבודה עם דלק נוזלי או עם פחם.

הוחלט להתאים את התחנה כך, שאכן תוכל ל- היות מופעלת גם בדלק נוזלי וגם בפחם. להחלטה זו היתה התנגדות נרחבת מחוץ לחברת החשמל, ולחברה היה תפקיד קשה בשכנוע הרשויות ובעלי התפקידים הקשורים לנושא.

בשנת 1984 תוכל תחנת הכח בחדרה המופעלת ב- פחם בהספק של 1400 מגו"ט לייצר כ-50% מסך האנרגיה החשמלית אשר תיוצר באותה שנה, הי- שג שיקטין באופן משמעותי את התלות בדלק הנוזלי.

יש לציין שפחם יכול לשמש גם כתחליף לצריכת דלק נוזלי בתעשייה בעיקר בתעשיית המלט. כמו- יות הפחם לשימוש תעשייתי עשויות להגיע ל-1 מיליון טונות בשנת 1990 בתוספת ל-8 מיליון טונות לייצור חשמל באותה השנה.

אנרגיה גרעינית

במקביל לפעילות המיועדת להכנסת תחנות כח המוסקות בפחם, הושקע מאמץ ניכר לשלב גם תחנת כח גרעינית במערכת הייצור. למטרה זו, כבר בשנת 1974, הקדישה חברת החשמל הישרא- לית אמצעים וכח אדם לתכנון וניהול של פרויקט כזה. לאחר שנבחר סוג הריאקטור, נבחר גודל יחיד- דת הייצור אשר תתאים לגודל מערכת הייצור, להתנהגות הדינמית, לדרישות עתודה, עקיבה אח- רי שנויי עומס וכו'. לאחר חתימת ההסכם על העשרת אורניום נשלחו הזמנות למכרזים על פרטי הציוד העיקריים, התקבלו הצעות והן נבחנו. הוכן דו"ח על המיקום המועדף להקמת התחנה והוא הוצג בפני הועדה לאנרגיה אטומית. כמה פעילו- יות שאפשר היה להתחיל בהן באותו שלב הושל- מו, כגון: תכנון הסינדרור הכללי של האתר, תכנון עקרוני של מיגוון הכור, הכנות לייצור מקומי של חלק מן הציוד, הקמת אגד תכנון מקומי, יחידה לבקרת איכות ועבודת מחקר לכימית האפשרויות להקמת תחנה דו-תכליתית לייצור חשמל והמתקת מי ים. בשלב זה בוחנים אתר לתחנת כח גרעינית בפנים הארץ רחוק מאיזורים מאוכלסים. עבור מ- קום זה לומדים את הבעיות הקשורות לקרור.

הקמת התחנה הגרעינית נדחתה לפי שעה משי- קלים פוליטיים, אבל חברת החשמל ערוכה לה- כנס לטיפול מואץ בכל הנושאים הקשורים לתה- לוך, מיד כשיוסרו המגבלות.

* טוה ערך נפט.

היום, נקודת הסדאיות עבור מפעל הליגניט ב- חולה היא בעלות כריה שבין 2.6 לבין 3.1 דולר לטון.

את היחידה הראשונה ניתן יהיה להפעיל בשנות ה-90 המוקדמות, במידה ומחירי הדלק יצדיקו את כדאיות הפרויקט. ובמידה ותפתרנה עד אז הבעיות האקולוגיות ובעית מי הקור.

אפשרויות מימוש של פרויקט הליגניט ייבחנו מחדש מדי פעם בעתיד בהתאם לנסיבות ולתנאים המשתנים.

את האבן הביטומנית ניתן לנצל לייצור השמל או במפעל משותף לייצור השמל וקיטור לתעשייה. עדיין מוקדם מדי לתת תאריך משוער להגשמת פרויקט מסוג זה.

אבן ביטומנית

שדה הכריה החזוי "צפע-אפעה" מזרחית לדי-מונה עשוי להספיק להפעלת תחנת כח של כ-600 מגווי"ט במשך 30 שנה ולהביא לחיסכון של כ-880 אלף טונות דלק נזולי בשנה.

בהתחשב בזמינות מקורות האנרגיה לייצור הש-מל כפי שתואר לעיל, נעשו מספר הנחות כבסיס לפיתוח מערכת הייצור בעתיד:

תוכנית הפיתוח לשנים 1980-2000

דלק נזולי לא יישמש יותר להסקת היחידות הבסיסיות לייצור השמל.

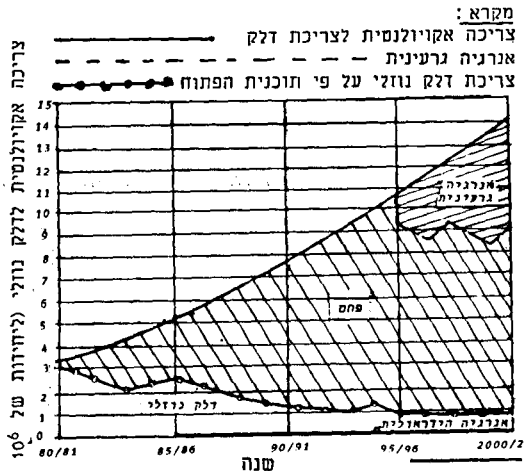
הואיל ותחנות כח גרעיניות לא תהיינה בנמ-צא לפני שנות ה-90 יתבסס עיקר ייצור ה-שמל על תחנות מוסקות בפחם.

הייצור בשעות השיא יתבסס על מפעלים היד-רוחשמליים, במידת האפשר ועל טורבינות גז.

תרשים מס' 1

ייצור חשמל צריכה כוללת ביחידות דלק אקוילונטיות

מקרא: צריכה אקוילונטית לצריכת דלק אנרגיה גרעינית צריכת דלק נזולי על פי תוכנית הפתוח



* כיום, פחם זול יותר מדלק נזולי באופן משמעותי, ויש להניח שהמצב הזה יישמש גם בעתיד.

תוכנית פיתוח מערכת הייצור המתבססת על ה- הנחות הנ"ל ועל התחזית לגידול הצריכה (התח-זית הנמוכה בטבלה 2) מובילים לתוצאות המו-צגות בתרשימים 1 ו-2, ולמסקנות הבאות:

— במקרה וחברת החשמל הישראלית היתה ממ-שיכה להשתמך על דלק נזולי בלבד כמקור אנרגיה, הרי צריכתו היתה עולה מפותח מ-3 מיליון טונות בשנת 1978/79 ליותר מ-14 מיליון טונות בשנת 2000.

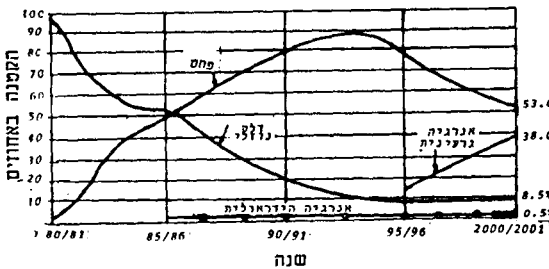
— בהתאם לתוכנית הפיתוח הנוכחית, תרד צרי-כת הדלק במהירות, בקצב של בערך 5.6% בשנה, ותגיע לצריכה של פחות מ-1 מיליון טונות בשנת 2000.

ביצוע מוצלח של תוכנית הפיתוח יאפשר הקטנה משמעותית של התלות בדלק יחז עם הטבות כל-כליות ניכרות*.

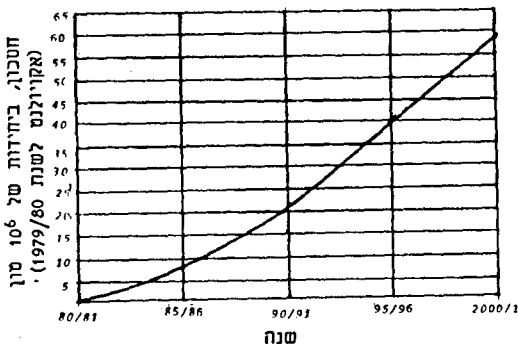
בתרשים 2 מתוארת הירידה של תלות חברת ה-חשמל בדלק נזולי.

בתרשים 3 מוצג האפקט המצטבר של השימוש בפחם (הבסיס הוא צריכת הדלק ב-1979/80). מתוך התרשים אפשר לראות שהכמויות המצטב-רות של דלק המוחלפות בפחם בשנים 1985/6, 1990/91, 1995/96, 2000/2001 הן 7.5, 21 ו-59 מיליון טונות, בהתאמה.

תרשים מס' 2 הקטנת התלות של חברת החשמל בדלק נזולי



תרשים מס' 3 חסכון מצטבר של דלק



טבלה מס' 1
צריכת דלק כוללת וצריכה לייצור חשמל

שנתי שנה	צריכת דלק למעט הכמות של ייצור חשמל	צריכת דלק לייצור חשמל			צריכת דלק כוללת	שנה תקציבית
		שנתי %	שנתי %	שנתי %		
	3,704			1,693		1970/71
4.6	3,875	32.7	11.3	1,885	6.7	1971/72
8.6	4,207	33.0	9.8	2,070	9.0	1972/73
	4,683	32.6		2,262		1974/75
-4.9	4,455	34.6	+4.0	2,353	-2.0	1975/76
-1.0	4,410	35.9	+5.0	2,470	+1.1	1976/77
+3.2	4,554	36.6	+6.3	2,625	+4.3	1977/78
+2.6	4,672	37.9	+8.8	2,857	+4.9	1978/79

טבלה מס' 1 מציגה את המגמה הקיימת בשטח זה בישראל.

מתוך הטבלה ניתן לראות ש:

הירידה בקצב הגידול של צריכת החשמל לאחר 1973 היתה קטנה בהרבה מזו שבשאר מגזרי ה-אנרגיה.

חלקו של הדלק בייצור חשמל לעומת צריכת ה-דלק הכוללת עלתה ב-5.3% בתקופת 1974/5-1978/9.

בהתבסס על תחזית הביקוש לחשמל של חברת החשמל (טבלה 2) והתחזיות לצריכת אנרגיה מסר-גים אחרים, ניתן לצייר תמונה על יכולת המשק ה-ישראלי להקטין את תלותו בדלק נוזלי (תרשים 4). התרשים מתבסס על ההנחה שההקטנה בגידול צריכת הדלק הנוזלי תאזן על ידי תוספת של אנרגיה חשמלית שתופק בעיקר מפחם.

בהנחות אלה ניתן לחשב את החלק היחסי של החשמל בכלכלת האנרגיה הלאומית (תרשים 5).

המעבר לשימוש באנרגיה חשמלית

כפי שצויין קודם, הגדלת חלקה של האנרגיה החשמלית בצריכת האנרגיה הכוללת הוא אחד מהגורמים החשובים המובילים להקטנת התלות הלאומית באספקת דלק.

פרט לעובדה המרכזית, שאנרגיה חשמלית היא הדרך העיקרית המאפשרת שימוש במקורות אנר-גיה אלטרנטיביים במידה משמעותית, קיימים גם גורמים אחרים הנותנים עדיפות לשימוש נרחב ב-חשמל, למשל:

— שיקולים אקולוגיים נותנים עדיפות לשימוש באנרגיה חשמלית במקומות בעלי צפיפות אוכ-לוסין גבוהה.

— פיתוחים טכנולוגיים המאפשרים בקרה אר-טומטית ותהליכים יעילים כאשר משתמשים באנרגיה חשמלית.

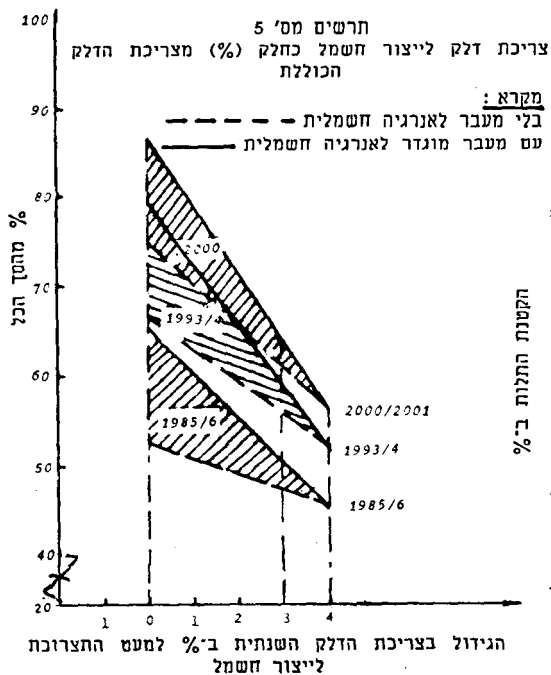
הגורם העיקרי האחראי לקצב הגידול המהיר יחסית של צריכת אנרגיה חשמלית הוא „נוחיות השימוש בחשמל“. גידול הצריכה בחשמל הוא בקצב כפול מן הגידול בצריכת האנרגיה הכללית, וכך הוא המצב ברוב המדינות התעשיותיות.

טבלה מס' 2

תחזית לקצב גידול שנתי של צריכת אנרגיה חשמלית *

התחזית השנתית ב-% בהנחה של ירידת הגידול השנתי ביתר גזרות השימוש באנרגיה מ-4%		תחזית חברת החשמל (% לשנה)		שנה תקציבית
ל-3%	ל-0%	הערכה נמוכה	הערכה גבוהה	
14.8	10.9	8.6	8.6	1890/81—1985/6
10.5	9.2	9.2	8.2	1986/7—1989/90
8.4	8.0	8.2	7.2	1990/91—1994/5
6.8	6.9	7.2	6.2	1995/6—2000/01

* יש לציין שבתחזיות הביקוש החדשות ההערכות נמוכות יותר מאלו המצוינות בטבלה דלעיל.



סכומים ומסקנות

התלות הלאומית בדלק נוזלי תלויה:

בהיקף החיסכון באנרגיה.
בשימור אנרגיה.

בהחלפת דלק נוזלי במקורות אנרגיה אחרים.

במידת המעבר לצריכת אנרגיה חשמלית.

אופוזימיצייה של ייצור החשמל, מערכות ההעברה והחלוקה וחיסכון מצידו של הצרכן, יכולים לִתרום רבות להורדת התלות הלאומית בדלק נוזלי. הקטנה נוספת של התלות בדלק נוזלי ניתן להשיג ע"י שימוש באנרגיה השמש לחימום מים, ושימוש בפחם בתעשייה.

אין ספק כי התרומה העיקרית לתהליך הנ"ל תבוא עם התחלת השימוש בפחם, ומאוחר יותר בדלק גרעיני — לייצור אנרגיה חשמלית.

הקטנת התלות בדלק נוזלי תהיה ללא ספק מהירה יותר במשק החשמל מאשר בשאר שימושי האנרגיה. הקטנה זו תהיה מלווה גם ביתרונות כלכליים בולטים.

מגמה זו צריכה לקבל תמיכה רצופה על-ידי הפעלת מדיניות אנרגיה לאומית המשתקפת בצעדים הבאים:

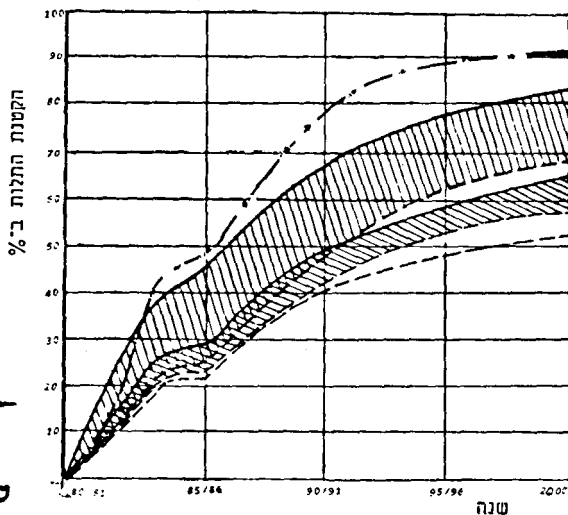
— קיצור ופישוט תהליכי הרישוי להקמת תחנות כח חדשות המוסקות בפחם, באנרגיה גרעינית, באנרגיה הידרואולית, או בדלקים בעלי ערך קלורי נמוך.

— עידוד אינטנסיבי על מנת לעבור לשימוש מִקיף באנרגיה חשמלית.

תרשים מס' 4
הקטנת התלות בדלק נוזלי של חברת החשמל ושל המדינה.

מקרא:

חברת החשמל בלבד (ממוצע שנתי 5.6%)
ס"ה במשק (כולל חברת החשמל) עבור גידול שנתי של 4.3% עבור כל המשק למעט חח"י.
בלי מעבר לאנרגיה חשמלית.
עם מעבר נרחב לשימוש באנרגיה חשמלית.



אם היעד הלאומי הוא להקטין את התלות בדלק נוזלי בצורה מואצת, המעבר לאנרגיה חשמלית הוא חובה.

השטחים העיקריים שבהם אנרגיה חשמלית עשויה לשמש כתחליף לשימוש בדלק נוזלי יגו הם:

— תחבורה (תחבורה ציבורית ופרטית, רכבות, רכב מסחרי)

— חימום מרחבי (משאבות חום)

— חימום ישיר בתעשייה

— בישול

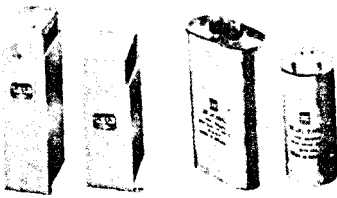
טבלה מס' 2 מציגה את קצב הגידול של צריכת החשמל הנובעת מירידה בקצב הגידול של צריכת הדלק בשאר הסקטורים של הכלכלה הישראלית (מוצגים 2 מקרים, ירידה מ־4% ל־3% וירידה מ־4% ל־0%).

מעבר אינטנסיבי לשימוש באנרגיה חשמלית ניתן להגשים ע"י נקיטת מספר אמצעים, שהחשובים שבהם הם:

— יש צורך לבצע חקירה יסודית בכל הסקטורים של צרכני אנרגיה על מנת לקבוע את האפשרויות הקיימות בהם למעבר לחשמל.

— בכל אחד מן המקרים יש לבחון את הכדאיות הכלכלית, את יכולת המימוש הטכנית, ואת לוח הזמנים המתאים.

— יש לעדכן את תחזיות הביקוש לחשמל בהתאם לפוטנציאל כנ"ל ולהביא זאת בחשבון בתכניות הפיתוח של מערכת החשמל.



מי מפחד מקבלים ?

(או מה נכון, ומה לא נכון בכל הנוגע לשימוש בקבלים לשיפור מקדם ההספק !)

במבוא לסדרה („התקע המצדיע" מס' 20), נאמר אמנם, שהקבלים כשלעצמם אינם מקור גלים עליונים בדומה לאלה הננרמים על ידי מכונות השראה ושנאים למיניהם. אולם, מאחר וההיגב של הקבלים תלוי בתדירות הזרם, קיימת אפשרות העמסת יתר של הקבל, עקב קיומו ברשת של הגל העליון. (העמסת יתר זו אינה מתקרבת לגבולות העמסת יתר סטנדרטית של הקבל 135%).

בשיפור מקדם ההספק במערכות יישור בעלות הספק גבוה היצורות הרמוניקות ברשת, יש לתת את הדעת לבחירה נכונה של הספק הקבלים, ואולי אפילו התקנת מסננים מתאימים. והנה, נתקלנו לאחרונה — במתקנים של קבלים לשיפור מקדם ההספק, הקיימים במערכות תעשייתיות בעלות מיישרים מבוקרים, ובהספקים גדולים יחסית (250—350 קו"א) — בתופעות בלתי רצויות של תהודה, מתח יתר ובעקבות כך פריצות והרס מערכת הקבלים, כל זאת עקב גלים עליונים. לכן מצאנו לנכון לדון בנושא בהרחבה על מנת להמנע מבעיות מיותרות במערכות מסוג זה.

שיפור מקדם ההספק ברשתות הכוללות מיישרים

אינג' א. אפשטיין M.Sc

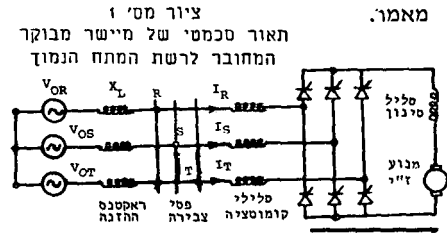
א. היכן קיימת הבעיה

מיישרים משמשים כיום בתחום נרחב של עומסים. החל מוויטס בודדים, כמו בתאורה המווסתת ב- אופן רציף, וכלה במגוונים רבים בתעשית הפלדה וחקר הגרעין, כשבתוכם מצטרפים יותר ויותר מפי- עלים תעשייתיים בעלי מנועים מבוקרי מהירות, בעלי תהליכים אלקטרוכימיים מבוקרי זרם ועוד. האופי המיוחד של המיישרים, או באופן כללי יו- תר — של ממירים בהספק גבוה, מעמיד בפני ה- מערכות המקובלות לשיפור מקדם ההספק (כלומר קבלים להספק עיוור) סוג חדש של עומס, המת- ייחד מעומסים מקובלים בשתי תכונות עיקריות:

1. שינוי מהיר

היות ומטרתם של המיישרים המבוקרים היא ל- ספק שליטה מושלמת על התהליך, פרוש הדבר שהם יכולים לעבור תוך פרק זמן קצר — שהוא בסדר גודל של מחזור הרשת, ממצב של ריקם לער- מס נקוב של המתקן, הן בהספק הפעיל והן בהספק העיוור.

דוגמא לכך היא מערכת בקרת מהירות למנוע זרם ישר, המתוארת בצירוף 1. מערכת כזו היא נפוצה מאד ולכן יכנס מעט לפרטיה במשך ה- מאמר.



2. תכולה של גלים עליונים (הרמוניות גבוהות)

כאשר המנוע עובד בסיבובים נמוכים אך במומנט מתנגד גבוה, ההספק העיוור שהוא צורך מהרשת יכול להיות גבוה יותר מההספק הפעיל. ולכן מקדם ההספק שיימדד ברשת המזינה יהיה נמוך מאד. עם שינוי פתאומי של עומס המנוע, ישתנה כמובן ההספק הפעיל, אך גם ההספק הראקטיבי יכול להשתנות בבת אחת; אם. למשל, תהיה דרישה פתאומית למהירות סיבוב גבוהה יותר, יקטן ההספק הראקטיבי הנצרך.

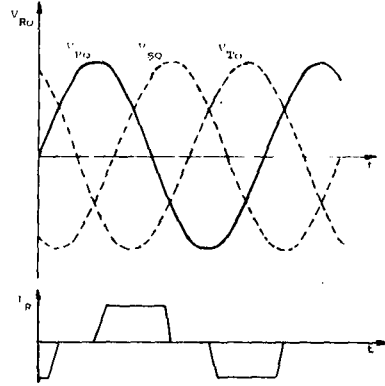
דוגמא לזרמים שאינם סינוסיים הם הזרמים ה- זורמים בפאות המזינות את המיישר התלת-פזי. אותם ניתן לראות בצירוף 2:

כפי שניתן לראות הזרם שמשפיק הרשת הוא מעין טרפז, וזאת מכיוון שהעומס שהיא רואה אינו קבוע, אלא הוא מעין מתג שמעברו יש סליל גדול (סליל הסינון והשראות העונן של המנוע).

דוגמא למתח שאינו סינוסי יכול להיות מתח ה- הזנה בכניסה למיישר. אמנם בצירוף 1 הנחננו מתח

אינג' א. אפשטיין — מדרוך בפקולטה להנדסת חשמל, הטכניון חיפה.

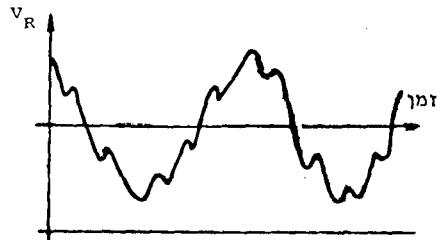
ציור מס' 2



רשת V_{R0} סינוסי. אבל היות וזרם דרך ראקטנס ההזנה (המורכב בעיקר מהשראות הקויים וה- שנאי) זרם שאינו סינוסי (I_R המתואר לעיל), יכול מתח פסי הצבירה להיות בעל צורה כפי שנראה בציור 3, בתנאים מסויימים כפי שנראה בהמשך.

ציור מס' 3

מתח פסי צבירה במצב של תהודה בתדר 350 HZ (הרמוניה שביעית)



ב. מה הבעיה — גלים עליונים וקבלים.

הופעת גלים עליונים — או במלים אחרות צורות זרם שאינן סינוסיות ידועה במערכות תעשייתיות מכבר, ובעיקר נבעה מזרמי המינגוט של שנאים, שהופכים להיות ללא סינוסים כאשר המעגל ה- מנגטי שלהם מתקרב לרוויה.

בדרך כלל התכנון היה מכוון ליצירה של עיוות מינימלי, ולכן התופעה לא הורגשה במיוחד ובגלל האימפדנס הגבוה של השראות המוליכים לתדרים גבוהים היא דוכאה בדרך כלל. עם חזי רת הממירים להספק גבוה הפכה העבודה עם זרמים לא סינוסיים לעבודה נורמלית. ולכן נתר-

כו בתופעות המתרחשות בממירים אלו, ובעיקר במיישרים התעשייתיים המקובלים, כלומר בין 20 קו"א ובין מו"א בודדים.

הבעיה הראשונה שהוזכרה — שינויים גדולים בהספק הראקטיבי הרצוי בזמנים קצרים. אינה ניתנת לפתרון גם במערכות קבלים ממותגות ה- מקובלות כיום, שכן אלה פועלות עם השהיות (מכוונות) הרבה יותר ארוכות מאשר זמן השנוי של העומס. יחד עם זאת קיזוז מהיר אינו חיוני ברוב המקרים, שכן בדרך כלל מעניין רק היחס בין ההספק העיוור להספק הפעיל במשך תקופת זמן ארוכה.

המקרים שבהם נדרש קיזוז מהיר — בדרך כלל כדי למנוע הופעת נפילת מתח ההזנה. דורשים שיטות קיזוז לא מקובלות שאין לפרט אותן כאן. נתרכז לכן בבעיה השניה — והיא השפעתם של הגלים העליונים בנוכחות קבלי קיזוז.

ניתן להבחין בשתי תופעות עיקריות:

(1) הופעת תהודה ברשת ובעקבותיה מתחים גבוהים.

(2) העמסת יתר של הקבלים.

ובמספר בעיות שהופעתן נדירה יותר:

(3) עלול להופיע זרם קצר מעבר ליכולת ההג- נות המתוכננת.

(4) מתח זרם יתר מופיעים בזמן מיתוג ה- קבלים.

(5) אותות בקרה המשודרים דרך הרשת מונח- תים ע"י הקבלים.

נפרט את הבעיות הללו אחת לאחת.

1. הופעת התהודה ברשת —

כפי שראינו בסעיף הקודם, עומס כמו זה המופיע בציור 3 מאלץ זרם בעל צורה מסויימת ברשת. צורה זו ניתן לפרק למרכיבים שהם זרמים סינ- טיים בתדרים שונים.

המיישר הנדון הוא מיישר בעל ששה פולסים (שכן המתח המופיע על פני העומס הוא בעל שש פעימות במשך מחזור רשת אחד, 20 מילי-שניות). ניתן למצוא בעזרת ניתוח אנליטי או בעזרת מדי- דות את מרכיבי הזרם. ובמיישר כזה הזרם מורכב בעיקר מהתדרים הבאים (טבלה 1):

כפי שניתן לראות מטבלה זו העצמות של הגלים יורדות ככל שהתדר עולה, ולכן החשובים ביותר הם אלו בעלי התדר הנמוך.

טבלה מס' 1

מספר הגל (n)	1	5	7	11	13
התדר	50	250	350	550	750
גודל יחסי מקורב	1	0.25	0.14	0.09	0.08

— יש להדגיש כי תואר כאן רק המקור של אחד מגלי הזרם, בתדר שלו (שהוא פי n גבוה מתדר הרשת) גובה אימפדנס הרשת (שהוא, כמעט כולו השראתי) פי n מהאימפדנס המופיע בתדר הרשת, נאילו אימפדנס הקבל מחולק ב- n . כפי שניתן לראות. יוכל להיות מצב של תהודה, כלומר — מקור זרם בתדר $n \times 50$ הרץ מזין עומס (הבנוי מקבל הקיזוז במקביל עם ראקטנס ההזנה). הנמי צא בתהודה מקבילית. במצב זה האימפדנס שהוא רואה הוא גבוה מאד, ולכן על פסי הצבירה יופיע מתח בתדר התהודה.

למתח זה עלולות להיות השפעות הרסניות על כל העומסים המחוברים לפסי הצבירה בהם הוא מופיע, בעיקר על גשר היישור עצמו וקבלי הקיזוז שלו.

2. העמסת יתר של הקבלים

בעקבות הופעת מתחים בתדרים גבוהים על פסי הי צבירה אליהם מחוברים הקבלים, יופיע זרם גבוה מאד בקבלים, שכן האימפדנס שלהם קטן עם התדר. הופעת עיוות נמוך יחסית במתח (כפי שמתואר למשל במצב תהודה בתדר הגל השביעי בציור 3) תביא לזרם גבוה מאד, עד כדי מספר פעמים מי הזרם הנקוב של הקבל.

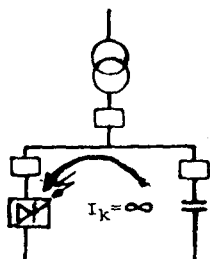
בעקבות כך תופיע התחממות יתר של הקבלים. קיצור חייהם או הפעלת ההגנות שלהם.

התופעות הנוספות שהוזכרו הן :

3. הופעת זרם קצר גבוה

אם נשרטט רק את החלק של המתח הנמוך מתוך ציור 4 נקבל את המעגל המתואר בציור 7.

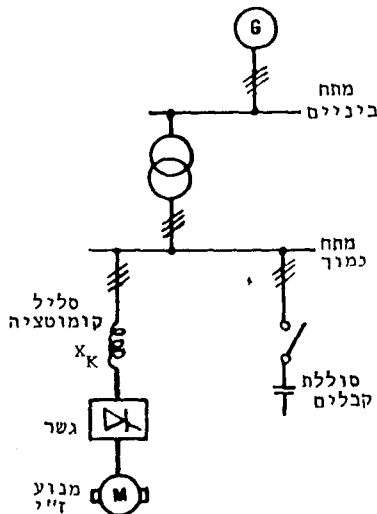
ציור מס' 7
קצר בגשר



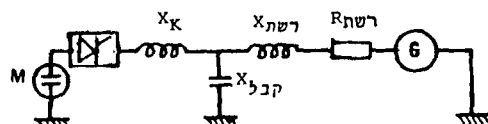
קצר בנקודות ההזנה של הגשר עלול להביא לזרם גבוה מאד שאינו עובר בהכרח דרך ההזנה הראי שית של המתח הנמוך, וההגנות הקיימות בכניסה לקבלים ולגשר עלולות שלא לעמוד בזרם קצר גבוה כזה — ובעקבות כך הופעת נזק לאלמנטים עליהם הן אמורות להגן.

ניתן לייצג לכן את המיישר כמספר מסויים של מקורות זרם בתדרים שונים המחוברים במקביל. מה קורה כאשר מחברים קבלים לפסי הצבירה של מיישר כזה במתח הבינוני או הנמוך לשם שיפור מקדם ההספק שלו עצמו. המצב מתואר בציור 4, ובצורה סכמתית חד קוית בציור 5.

ציור מס' 4
סכמת החיבור של מנוע ז"י ברשת המתח הנמוך

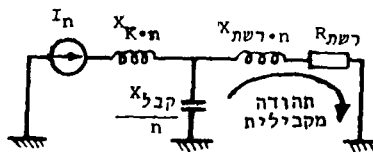


ציור מס' 5
סכמה חד קוית של הנ"ל.



לשם בדיקת השפעת הגלים העליונים נשרטט מי חדש את ציור 5, כאשר הפעם נכניס את מקורות הזרם המייצגים את המיישר והעומס שלו ונבטל מקורות שאינם רלוונטיים.

ציור מס' 6
תואר המצב בהשפעת גל הזרם מס' n



4 מתח יתר זרם יתר בזמן מיתוג הקבלים

במקרים בהם מחוברות מספר קבוצות קבלים ב- נקביל לעומס ומבוקרות ע"י בקרים שונים, ה- מחברים ומנתקים אותם בזמן קיום מתח בפסים, עלולים להופיע זרמי טעינה גבוהים הזורמים דרך השראויות הפסים והחוטרים.

תדר הזרם הזה הוא גבוה מאד ולכן עלול להיות ראקטנס הקווים הללו בסדר גודל של הראקטנס ה- קיבולי (אך בסימן הפוך), וליצור תהודה טורית, ובעקבותיה מתחים גבוהים שהם הרסניים לגבי הנשרים.

5. הנחתה של אותות בתדר גבוה

תופעה נוספת היא הנחתה של אותות בתדר גבוה — כמו אותות בקרה המשודרים על פני רשת ההזנה, המופיעה בגלל האימפדנס הנמוך של הקבלים בתדרים אלו. אין זו תופעה אופינית לרשתות עם מיישרים דוקא, אך הפתרון הנקוט ברשתות אלו, כפי שנראה בהמשך, מסייע גם ל- התגבר על תקלה זו.

ג. הפתרון — נסיון ותכנון

הפתרונות לבעיות הגלים בתדר גבוה ולתוצאותיהם שונים ממקרה למקרה. נסקור אותם ב- קצרה אך נתרכז באחד מהם, העונה על רוב ה- בעיות שנתכרו בסעיף הקודם, והוא של שימוש במסננים. הפתרונות האפשריים הם:

1. רבוי מספר הפולסים.

בממירים (ומיישרים בכלל זה), מופיעות באופן בולט הרמוניות שמספריהן הם: $n = k \times q \pm 1$ כאשר $k = 1, 2, \dots$ מספר הפולסים במחזור. מכאן ששימוש בממירים בעלי מספר גבוה יותר של פולסים, מביא לביטול ההרמוניות הנמוכות. למשל עבור ממיר בעל 12 פולסים תהיה ההרמוני- ניה הנמוכה ביותר מן הסדר: (550 הרץ) $n = 1 \times 12 - 1 = 11$ לעומת ההרמוניה החמישית ש- תופיע במיישר שתואר מקודם.

פתרון זה אפשרי כמובן רק בשלב התכנון, והוא כלכלי (ולעיתים חיוני) רק במערכות בעלות הס- פקים גבוהים במיוחד.

2. שימוש בקומפנסטור סינכרוני במקום קבלים.

במקרה זה קיימות פחות סכנות הנובעות ממעגלי התהודה, אך כמובן שפתרון זה יקר ויש לזכור שאין להסתפק בגנרטור סינכרוני רגיל, אלא להת- חשב בקיום ההרמוניות הגבוהות, (יש צורך ברא- קטנס פיזור נמוך).

3. שינוי מיקום הקבלים.

פתרון בשיטה זו, אם הוא מתוכנן חייב להשתמש באנליזה ע"י מחשב של זרימת ההרמוניות ברשת, והצבת הקבלים בריחוק חשמלי מהמיישר במקום בו צפוי שיהיה ריסון רב יותר של התנודות.

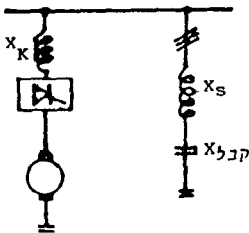
פתרונות אלו בדרך כלל אינם מדוייקים ורק לעי- תים רחוקות התוצאה הצפויה מתקבלת, אך אם המצב מאפשר זאת — הוא נעשה בדרך כלל בשיטה של ניסוי וטעייה. כמובן שיש לזכור שאם מחברים את הקבלים בריחוק — היתרון של שיפור מקדם ההספק המתבטא בהקטנת הזרם האפקטיבי אינו בא לידי בטוי במוליכים, בשנאים ובמתקני המיתוג הנמצאים בין העומס (המישר) ובין הקבלים, כך שחלק מהתועלת שהם מביאים למשתמש מת- בטלת.

4. שימוש במסננים

הכוונה היא למעגלי C, L טוריים — הקרו- יים לתהודה בתדר אותו הם אמורים לסנן, וה- מחוברים במקביל למיישרים.

ציור 8 מבהיר את הכוונה:

ציור מס' 8
חיבור מסנן במקביל למיישר



אם נזכור שהמיישר מהווה מעין מקור זרם בהר- מוניות שונות, נראה שאם נדאג לכך שבתדר ה- בעייתי (הרץ $50 \times n$) יתקיים בקרוב:

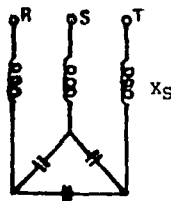
$$n \times X_s = X \quad n / \text{קבלים}$$

אזי המסנן מהווה מסלול בעל אימפדנס נמוך ל- זרם של הגל בתדר זה, ונמנעת הופעת המתח באותו תדר בגלל התהודה המקבילית שתוארה בסעיף ב'1.

בדרך כלל לא בונים מסנן מקבל וסליל מיוחדים, אלא משתמשים בקבל המתוכנן לשיפור מקדם ההספק ומוסיפים לו סליל טורי, והחיבור לרשת התלת פאזית הוא פשוט כמתואר בציור 9.

להוספת הסלילים הללו השפעה משפרת גם בקשר לבעיות האחרות שהובאו בסעיף הקודם:

ציור מס' 9
הוספת סלילים לקלי הקיזוז, לקבלת סינון



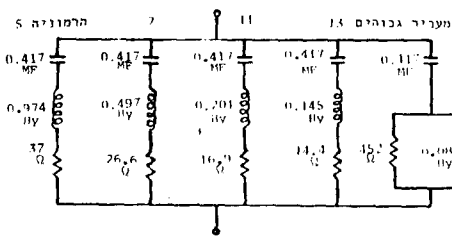
יש להתחשב בכל המרכיבים של המעגל, כשהוא כולל את התנגדות הסלילים (ולפעמים התנגדות הנוספת במכוון לשם הקטנת הזרמים), ואת ערכי הקיבול הקיצוניים — העלולים להשתנות עם הטמפרטורה.

דוגמה לתכנון פילטר:

לשם שיפור מקדם ההספק של גשר תלת פאזי (כמתואר בציור 1) המחובר למתח הביניים תוכננו קבלים של 0.417 מיקרו־פרד (קיבול הנמדד מ־פזה לאפס).

היות וזהו גשר בעל ששה פולסים יש לתכנן פילטר טריס להרמוניות החמישית, השביעית, ה־11 וה־13, ויתכן אף פילטר מעביר גבוהים. אם נתון מקדם שינוי טמפ' של $0.05\%/^{\circ}\text{C}$ של הקבלים ותחום טמפ' $\pm 20^{\circ}$, וטווח שינוי התדר $\pm 1\%$ ניתן לתכנן הן את הסלילים הדרושים כדי לתעד את הקבלים והן את ההתנגדויות הדרושות כדי לקבל מקדם טיב נחוץ. והתוצאה תראה כך (ראה ציור 10).

ציור מס' 10
טכמה חד פאזית למקדז ומטנן של גשר



ד. סיכום — והערות נוספות

בעת חיבור עומס לא לינארי גדול לרשת, יש לתכנן מראש את שיטת שיפור מקדם ההספק שלו, יחד עם תכנון מערכת ההזנה שלו.

יש להתחשב בגלי זרם ומתח בתדרים גבוהים ה־עלולים להופיע, לצפות את ערכם, או לפחות ל־בצע עליהם מדידות לאחר ההתקנה.

בכל מקרה בו צפויות תקלות, ובודאי במקרים בהם הן הופיעו, יש לשקול את השימוש במסננים, ולהקפיד היטב על שיטת מיתוגם באם מדובר במערכת מפקדת.

כדאי להבהיר שהזרמים בתדרים הגבוהים יכו־לים להיות, אף בלי הופעת תהודה עד כ־50% מזרם הרשת, דבר שמפחית את מקדם ההספק האמיתי (יחס ההספק הפעיל למדומה), שכן הזר־מים ההרמוניים תורמים להספק המדומה.

השפעתם המזיקה של הזרמים ההרמוניים צריכה לכן להיות ברורה הן למשתמש והן לחברת החשמל שצוידה חייב להעביר את הזרמים הללו.

— הם מקטינים את זרמי החיבור של קבוצות קבלים.

— הם מקטינים את זרם הקצר הנוצר במקרה של תקלה במישרים.

— הם מגדילים את האימפדנס בתדרים גבוהים — ולכן ממעיטים את הניחות של אותות הבקרה.

איך עושים זאת?

בתהליכות של תכנון המסננים יש לבצע מספר חישובים מוקדמים הקובעים את המשך התכנון:

1. מה תחום ההשתנות של ההספק העיוור של העומס ובהתאם לכך מהם תחומי ערכי הקבלים שיש להוסיף.

2. מה הם תחומי המתח בפסי הצבירה בתנאים הקיצוניים — מתח יתר, מתח בהעמסת יתר ובי־שוני הספק ראקטיבי.

3. האם יש אפשרות לשליטה על המתח הנ"ל — אם באמצעות סנפים בשנאי ההזנה. או בעזרת קיזוז ע"י מקדז סינכרוני.

4. אילו הם התדרים הבעייתיים:

את התדרים של זרמי ההרמוניות קובע בדרך כלל העומס (אך לעיתים יש להתחשב בזרמי מינוט טל השנאים), וכפי שראינו במישרים המקובלים התדרים הם: 250, 350, 550 הרץ ותדרים גבוהים יותר.

את התדרים שבהם עלולה להופיע תהודה ניתן לחשב בקרוב במערכות הקפיות — בהן המישר מוזן מצד אחד לפי הנוסחה:

$$\text{הספק הקצר בפסי הצבירה} = \frac{\pi \cdot \text{תהודה אפשרית}}{\text{הספק עיוור של הקבלים}}$$

קיימים קרובים טובים יותר, אך החישוב המדו־ייק — במיוחד אם יש סכנה של השפעת הרמו־ניות המוזרקות מצד הרשת יכול להעשות רק ב־אמצעות תכנית מחשב מתאימה.

בדרך כלל מממשים את המסננים לתדרים הנמו־כים, המסננים לתדרים הגבוהים יותר נחוצים במקרים בודדים, או שניתן להסתפק במסנן „מ־עביר גבוהים“ המהווה אימפדנס נמוך ומשכך לכל התדירויות שמעבר ל־550 הרץ. יש לזכור שמס־נים לתדרים גבוהים, קטנים וזולים יותר.

5. רצוי לתכנן את המסננים עם סטייה מתוכנ־נת מתדר התהודה המחושב, כדי למנוע זרמים גבוהים מדי באם מופיעות הרמוניות במתח.

6. יש להשיג את נתוני יכולת הנשיאה של ה־קבלים הנתונים, שכן הזרם הכולל שהם ישאנו והמתח שיופיע על פניהם, יכלול גם רכיבים ב־תדרים גבוהים, בנוסף על הרכיב היסודי שעבורו ערכם נקוב (ב־קוא"ר עבור מתח העבודה).

הערה חשובה: בזמן חישוב התדר בו יהיה המס־ן באימפדנס המינימלי, וחישוב אימפדנס זה,

אנטנה מרכזית — דרישות התקנים מול המציאות

אינג' א. קלו

מאמר זה נכתב בעקבות תכנית הטלוויזיה „כלבוטק“ שהציגה בשני שידורים רצופים את המצב העגום בכל הקשור בהתקנה של אנטנות מרכזיות לקליטת שידורי רדיו וטלוויזיה.

יאמר מראש שלמרות שההתייחסות במאמר תהיה לאנטנות מרכזיות, רוב הדרישות ניתנות ליישום גם לאנטנות פרטיות וגם לאנטנות המשרתות יותר מבית אחד (אנטנות שכונתיות).

ת ק י נ ה

כבר בימים הראשונים של הפעלת שידורי הטלוויזיה הישראלית ומתוך ראיית הנולד, פורסם תקן ישראלי (ת"י 704 משנת 1968) ובו דרישות מפורטות לגבי ההתקנה והבטיחות של האנטנה המרכזית מבלי שיכללו בו דרישות לטיב הקליטה. באותם הימים אפשר היה להקים תורן תקני, להרכיב עליו „מטאטא“ ולטעון שזו אנטנה המתאימה לדרישות התקן.

שלוש שנים לאחר פרסום ת"י 704 פורסם תקן שני — ת"י 799 ובו דרישות המתייח-סות לטיב הקליטה של המתקן המשותף ולאיכות התמונה המתקבלת בכל דירה ודירה. שני התקנים עברו תקופת הרצה של שנים אחדות, נבדק המצב הלכה למעשה, הופקו לקחים ובשנת 1975 פורסמו רויזיות לתקנים הנ"ל.

מתוך מעורבות אישית בנעשה בשטח, בתחום זה, ידוע לי שהתקנים מעשיים וניתן לעמוד בהם מבלי לייקר את המתקן.

ת ח י ק ה

שני סיבות עיקריות להתענינות המחוקק באנטנות מרכזיות.

א. אנטנה מרכזית הינה בדרך כלל החלק הבולט ביותר בכל בית משותף, עובדה זו הופכת את התורן למועמד טבעי לפגיעת ברק.

ב. האנטנה המרכזית נמסרת לרוכש הדירה כחלק בעיסקת חבילה, מבלי שהיתה לו כל אפשרות להשפיע על איכותה.

חובת ההתאמה של מיתקן האנטנה המרכזית לדרישות שני התקנים שהוזכרו לעיל נדרשת בשני חוקים:

1. חוק התכנון והבניה — בתקנות בדבר בקשה להיתר, תנאיו ואגרות שפורסם ביום 12.5.72 בקובץ התקנות 2848 עמוד 1177 נאמר: „בכל בית שיש בו יותר משתי דירות תותקן אנטנה מרכזית.“
הקמת האנטנה או חלק ממנה, תעשה לפי ת"י 704 ות"י 799.
2. חוק התקנים — הממונה על התקינה הכריז על התקנים כתקנים רשמיים ובתוקף הכרזה זו אסור להתקין, למכור, ואף להשתמש במתקן שאינו מתאים לדרישות התקן.

מ צ י א ו ת

מהאמור עד כה, מסתבר שהתקנה של אנטנה שאינה מתאימה לדרישות התקן מהווה למעשה עבירה על שני חוקים ולמרות זאת, מבט קצר על גגות הבתים ברוב חלקי הארץ, פרט לבניה הציבורית, יראה שרבים הם העבריינים על החוקים בנושא זה. נשאלת השאלה המרכזית האם הדרישות בתקנים הן כאלה שלא ניתן לעמוד בהם? התשובה היא לא ב-א' רבת! מזה שנים מקפיד משרד השיכון על התקנת אנטנות המתאימות לדרישות התקנים. מספר רשיות מקומיות כגון בת-ים, רמת גן, פתח תקוה, כפר סבא ואחרות מקפידות גם הן על תקינות האנטנות המרכזיות המוקמות בתחום שיפוטן.

מה למעשה נדרש בתקנים אלה, מה היתרון הגדול שיש למתקנים הבוחרים לעבור על החוק באופן מודע?

אינג' א. קלו — מהנדס אלקטרוניקה ראשי, מכון התקנים הישראלי

הדרישות כפי שיפורטו להלן הן ממש אלמנטריות :

1. כל תורן יחובר לאלקטרודת הארקה, מחוץ למבנה, בדרך הקצרה ביותר. באמצעות מוליך נחושת בעל שטח חתך של 16 מ"ר לפחות.
2. כל חלק מחלקי המערכת הטעון הארקה יוארק.
3. התורן ומיתרי המתיחה יהיו מעוגנים לגג באמצעות בטון.
4. זווית הנטייה של מיתרי המתיחה תהיה בין 45° לבין 60° .
5. מיתרי המתיחה יהיו מפלדה שזורה בקוטר 4 מ"מ לפחות.
6. המרחק האנכי בין שתי אנטנות על אותו תורן יהיה 80 ס"מ לפחות.
7. האנטנה הנמוכה ביותר תהיה בגובה 2 מ' לפחות מעל לגג.
8. כבלי הקואקס יהיו מתאימים ליעודם ויהיו מחוזקים לתורן.
9. כניסת הכבלים למבנה ולארון המגברים תעשה בצורה שלא תאפשר חדירת מים.
10. המגברים, המסננות והמפצלים, השייכים לכלל המערכת, יהיו בארון נעול ומאוורר הנמצא ברשות הרבים.
11. כל צרכן המחובר למערכת המשותפת יקבל בדירתו רמת אותות הווהה לפחות לזו שהיה מקבל אילו האנטנה שעל הגג הייתה משרתת אותו בלבד.
12. לא תהיה הפרעה הנובעת מכך שיותר מצרכן אחד משתמש באותה מערכת.
13. לא תהיה הפרעה הנובעת מכך שציוד ההגברה והחלוקה אינו מתאים ליעודו.
14. לא תהיה הפרעה הנובעת מכך שתחנות בעלות עוצמה שונה מוגברות באותה מערכת.

סעיפים 1 עד 10 הם למעשה האלף בית של התקנה מכנית ולא זכור לי אפילו מקרה אחד שמתקין התקשה להתקין לפי דרישות אלה. הבעיות המתעוררות הן בעיות כספיות. זול יותר לא לחבר הארקה, זול יותר לא להתקין ארון, זול יותר לא לעגון בגג וכו'.

בצורה זאת מושג "חיסכון" על חשבון בטיחות המתקן והצרכנים הפוטנציאליים חשופים לסכנות מכניות וחשמליות.

לגבי סעיפים 11 עד 14, נדרשת מיומנות מקצועית של המתקין ובשטח זה קיים במקרים רבים חוסר ידיעה הגובל בבורות.

צירוף זה של יתרונות חומריים מצד אחר וחוסר ידע מצד שני גרם לכך שהתמונה בשטח היא עגומה עד כדי כך. בבתים רבים שדייריהם שילמו במיטב כספם עבור אנטנה מרכזית, מקבלים למעשה תמונה גרועה, מעוותת, עם הפרעות מתחנות זרות ולא תמיד בעוצמה הדרושה.

אילוסטרציה קטנה למצב הקיים ניתן לקבל אצל מתקינים המכירים את דרישות התקנים ואף פועלים על פי דרישות אלה ברשויות המקומיות המחייבות זאת: פניה למתקינים אלה בדבר הקמת אנטנה או רכישת אביזרים נתקלת בדרך כלל בשאלה — "לפי התקן או בלי תקן" — כלומר קיים שוק כפול: תקני ולא תקני והבוחר בהתקנה הלא תקנית מטעמי חיסכון מדומה הופך למעשה שותף לעבירה על החוקים. למעשה מתברר שלעתים מספיק לבקש התקנה תקנית ובדיקה של מכון התקנים בכדי לקבל מתקן קליטה בטוח ואפקטיבי.

בדיקות מכון התקנים :

עם פרסום ת"י 704 ות"י 799 ומתוך הרגשה של שליחות, רכש מכון התקנים ציוד והחל בבדיקות של אנטנות מרכזיות. המחיר שנקבע היה מחיר מינימלי ורק יעילות העבודה, המאפשרת בדיקה של מספר רב של יחידות דיור ביום עבודה אחד, גורמת לכך שהמכון מסוגל להמשיך ולספק שרות זה לכל דורש.

בהתחשב בכך שמחיר מקלט טלוויזיה צבעונית עולה היום קרוב ל-90,000 ל"י עלות התקנה של נקודה אחת של אנטנה מרכזית בבנין רב קומות מגיעה ל-3,000 ל"י, ואילו מחיר הבדיקה בסך 200 (מאתיים) לירות לכל יחידת דיור הוא ממש אפסי וחובה להביא לידיעת וערי הבתים את השרות החיוני הזה של מכון התקנים.

ניתן לציין בסיפוק שבעקבות תכנית "כלבוטק" רבו הפניות בנושא זה והציבור מודע לאפשרות של דרישה להתקנה לפי התקן.

גם עיריית תל-אביב החליטה לחייב הוכחת תקינות האנטנה המרכזית בבנינים חדשים הנבנים בשטחה ויש לקוות שבעקבותיה תבוא דרישה דומה גם מעיריית אחרות.

שיקולי תפעול ואחזקה בעת תכנון מתקן חשנולי

אינג' א. דינס

מערכת קשר אמינה לאפשר שיחה עם המנתח (אשר איננו יכול להפסיק את הניתוח כדי לשחרר את ידיו ולאחוז במכשיר הקשר), איתות ובקרה אל המוקד בדבר קיום כל השרותים המוזכרים לעיל ולבסוף — להבטיח כי בהתקלקל מערכת אספקה אחת, תופעל אוטומטית מערכת אספקת חרום אותה יש להחזיק ב"כוננות" לפעולה, בהת- מדה, בתנאי החרום בהם אנו חיים. מיום הקמת המדינה מהווה התכנון להספקת חרום נושא בעל חשיבות ראשונית במעלה.

שיקולים בקשר לאספקה אלטרנטיבית

כל פרויקט, יהיה זה מרכז חיוני זה או אחר, מבנה תעשייתי, מבנה מגורים וכדומה, חייב ב- ראש וראשונה להבטיח לעצמו אספקה של ה- אנרגיה, ללא הפרעות בלתי צפויות. ניתן אומנם להבטיח זאת על ידי התקנה של גרטורים, אינורטורים, הספקת חשמל משתי תחנות מיתוג של חברת החשמל — אך לכל אלה מתווספת המשמעות הכלכלית הן בעלות הציוד בשלב ה- התקנה, והן במחיר היקר המתווסף, עקב הצורך באחזקתו, רכישת חלפים וכו'.

מסתבר מכאן כי "קל" מאוד להבטיח אמינות מוגברת ו"כמעט בטחון מלא" בקיומו של הכח החשמלי אם "שוכחים" את המחיר שיש לשלם עבורו.

שיקולי חסכון אנרגיה

בנוסף לכך יש לחשוב על צמצום צריכת האנרגיה החשמלית מבלי לפגוע בתועלת שמעוניינים להפיק ממנה. אין זה רק החיסכון בהוצאות הכספיות המדרבן להמנע מבזבז. השקול הנוסף והחשוב לא מעט, נובע מנקודת ההשקפה הלאומית שלנו, והוא לצמצם את התלות שלנו במקורות ההספקה של האנרגיה (נפט ומוצרים) המשמשים לייצור החשמל.

פרוט השיקולים בהתייחס לפרויקט הקמה/הרחבה של בית חולים

עד כאן ההיבט הכללי, הכלכלי והלאומי המחייב אותנו להקדיש מחשבה להשגת מטרות אלה. נראה להלו חלק ממיגוון השיקולים המחייבים את הדואגים לתכנון האחזקה והפעלתו היעילה של המתקן אחרי שלב ההקמה ו"חתוך הסרט" ביום החגיגי.

שלב התכנון המוקדם

בירור האפשרויות של קבלת ההספקה מחברת החשמל, תוך התחשבות במיקומו של בית ה-

חשיבותו של התכנון לתפעול ואחזקה נכונים, ולהארכת חייו של פרויקט כלשהו, איננה נופלת מזו המוקדשת לתכנונו הארכיטקטוני ותכנון מערכתיו השונות. אמת פשוטה זו לא הדרה עדיין, בהיקף משמעותי, לתודעתם של המתכננים והיור עצים השונים בארצנו ועל כך יש להצטער. עלינו להציב לנו כמטרה להוכיח למשקיעים בהקמת הפרויקטים מחד, וליועצים השונים מאידך, את התועלת הרבה שתצמח משיתוף מומחי אחזקה, במקצועות השונים, לאורך שלבי התכנון השונים ועד להפעלתם. יש אכן להודות כי ניכרת כבר התעוררות — אם כי מוגבלת עדיין — בכיוון זה.

התכנון לניהול, תפעול ואחזקה נכונים של מתקני החשמל, הקשר והאלקטרוניקה, המהווים חלק ממרכיביו האלקטרומכניים של כל פרויקט, חייב להעשות כבר בשלבי התכנון הארכיטקטוני המוקד- דם, להימשך לאורך התכנון וההקמה במקצועות השונים ובשלב הסופי לרכז, למיין ולערוך את הוראות היצרניים למיניהם, שרטוטי הביצוע (להב- דיל משרטוטי התכנון) להוסיף הוראות הפעלה ואחזקה מקומיים, לתדרך את הצוות המתחזק ולפקח על הפעלתו בשלבי ההרצה הראשונים. כל זה כמובן, כאשר עלות האחזקה מחד, ובלאי מינימאלי של המערכות מאידך, מהווים גורמים בעלי חשיבות מכרעת בשיקולי של מתקן האחזקה. אין זו משימה פשוטה ובוודאי שאיננה תמיד "נוחה". טבעי הדבר כי במהלך התכנון נוצרים עימותים בין המגמה הביצועית של ההתקנה המיידית לבין המחשבה לגבי האפשרויות של תפעול יעיל, גישה נוחה לציוד, לטיפול בו ותחזוקה מכך לניצולו המירבי לטווח ארוך ככל האפשר. הנסיון הוכיח כי ניתן תמיד למצוא את "שלב הזהב" בין ההשקפות השונות, והמשקיע/בעל המתקן יוצא נשכר.

מיגוון הנושאים השונים בכל פרויקט הינו רב ביותר. פתרון של בעיה אחת יוצר, "מכשולים" לגבי נושאים אחרים וכדי להתגבר על אלה, שוב יש להקדים ולפתור אחרים וחוזר חלילה.

לדוגמה: תכנון והקמה של בית חולים חדיש ומודרני תוך שילובו במכלול המבנים והשירותים הקיימים במבנה (מבנים) הישן, (תופעה אופיינית בתנאים שלנו):

כחדרי ניתוח יש להבטיח הספקת אויר מסונן, חמצן, מים קרים וחמים, טמפרטורה קבועה וממוכה, גזים שונים, חשמל לתאורה במתח אחד ולמיכשור (המתחדש כמעט ללא הפסק) במתח שני ובעוצמות זרם גבוהות, בתדירויות שונות.

אינג' א. דינס — המחלקה הטכנית לבינוי ואחזקה, מכון ויצמן.

התחברותו המקרית למקור ההספקה האלטרנטיבי. ברי הרבה אסונות נבעו מסיבות אלה, מאחר ואופיה של האנרגיה החשמלית מונע האפשרות "לראותה" ולראות בסכנה המתקרבת.

האפשרות לטיפול בצידוד אשר בתוך הלוח

שיקול אשר בשלבי התכנון איננו "תופס" מקום של חשיבות מיוחדת, אך חייב לתפוס מקום חשוב ומכובד במחשבותיהם של מתכנני האחזקה הוא אופן הוצאתו של הצידוד אשר בתוך הלוח, מהירות הטיפול בו, הכנסתו מחדש (או החלפתו באחר) וזאת ללא צורך בנייתוקו של המתקן כולו, ממתח. צידוד במתח גבוה וצידוד במתח נמוך, לזרמים גבוהים, גם הם מהווים צידוד אשר משקלו לא מבוטל. במקרים רבים אין הוא מוסע על עגלות אשר לגלגליו נוגעות בקרקע. יש להבטיח לכן, דרך שלפתו, העברתו אל מתקן הסעה, הרמתו והורדתו אל שולחן הטיפולים וחוזר חלילה. לה. הוצאת מפסק כזה ממקומו — צריכה להבטיח גם, שהמגעים הקבועים בתוך הלוח לא ישארו גלויים, ולא יהיו סכנה למתקרים אליהם. צורת השליפה חייבת להיות "נקיה וחלקה" תוך צורך מינימאלי של שמוש בכלי עבודה.

מיניעת קורוזיה

מבנה הפח והקונסטרוקציות השונות — חייבים להיות "מעובדיכי" בצורה אשר תמנע קורוזיה, כל מגע בין סוגי מתכת שונים — ייגן ויצופה בחומרים הכימיים המתאימים. יש למנוע לחות מסוכנת, חדירה של אבק, אך יחד עם זאת להבטיח זרימה של אויר ותחלופתו. להגן מפני מגע מקרי, ע"י מחיצות, שלטים וכו', אך להבטיח עם זאת דרך גישה ופירוק מהיר ונוח של אותן המחיצות, כאשר הדבר דרוש.

מידע טכני של המערכות המותקנות

במפריטי התכנון יש לשלב דרישה לאספקת מידע טכני מלא על הצידוד המותקן כגון: קטלוגים, ספרי הוראות תפעול ואחזקה, רשימות חלפים, תכניות תזרים ובניה עדכניות כשהסימון בהן זהה לזה שבמציאות, הנחיות בטיחות וכו'.

תכנון מערך האחזקה

חיוני ביותר להשלים תכנון מערך האחזקה של הפריקט לפני הפעלתו. התכנון צריך לכלול בין השאר: מפרטי אחזקה המפרטים כיצד (מה, מתי, איך ובאיזה תנאים) יש לבצע פעולות אחזקה מתוכננות תקופתיות על כל הפריטים במערכת. כרטיסי תולדות צידוד, ספרי מכונה שיקיפו כל המידע הטכני במערכת, לוחות זימון פעולות תקר פתיות, מערכת זיהוי ושילוט. מצבת כח האדם שתטפל בביצוע התפעול האחזקה וכו'.

חולים, ההספק הנצרך, ההספק בשלב הסופי של הפתוח, מיקום תחנת המיתוג הראשית בהתחשב במרחקה ממוקדי הצריכה העיקריים וממיקום תחנת המיתוג הקיימת כבר, במבנה הישן מאחר ששתיהן חייבות — בסופו של הביצוע — לקבל את ההספקה מתחנת מיתוג משותפת אחת. כל זה תוך צמצום מירבי של שימוש בכבלים יקרים (בעלי חתך גדול) וארוכים הגורמים למפלי מתח, ומגבירים הסכנה של פגיעה בהם, הן כמהלכם בתוך תעלות הכבלים והצנרת והן בהיותם גורם עלית החום בסביבתם.

שיקולים בבחירת צידוד המיתוג — במתח גבוה ובמתח נמוך

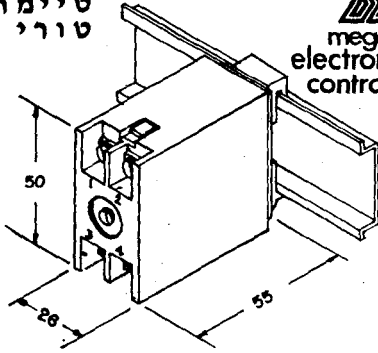
המפסקים, התאים המשוריינים, מערכות פסי ה"צבירה וכל יתר האביזרים הקשורים בהם מחייבים מחשבה רב צדדית בבחירתם. צידוד טוב וזול במחירו, איננו בהכרח גם זול בתפעולו. הדואגים לאחזקתו חייבים לקחת בחשבון מגוון רב ביותר של גורמים. החל מרמת העובדים שניתן להשיג בתנאים הקיימים, בבטיחות הגישה לצידוד לשם בדיקה, ביצוע טיפולים שונים ותיקונים, דרך השימוש במתקני העזר לשם החלפת המבטחים, התקנת מערכות הקשר וראית מצב פעולתו של הצידוד, מבלי להסתכן שלא לצורך.

צמצום סוגי הצידוד או אף תחומי פעולתו, כדי להמנע מהצורך בהחזקת מלאי גדול ורב גווי של חלקי חילוף. דאגה להספקת שילוט הדרכה והכוונה בשפה המובנת לכל, סימון דרגות ה"בטיחות והמולוכים השונים בצבעים המדברים בעד עצמם. התקנת הוראות בטיחות והוראות הגשת עזרה ראשונה. הבטחת איורור, ניקוז, אפשרויות גישה, אפשרויות מילוט, אפשרות נוחה להוצאת הצידוד לשם טיפול ותיקון ולבסוף — דאגה לאפשר הרחבה נוחה, ללא הפרעה לפעילותו השיגרתית של בית החולים, כאשר יתעורר הצורך לכך.

הבטחה מירבית של קיום הספקת החשמל לי מוקדים חיוניים

יהיה זה חדר הניתוח על כל צורות ההספקה הנדרשות על ידו, או חדרי התאוששות אשר חיוניותם של המכשירים השונים המופעלים בהם איננה פחותה מזו אשר לחדרי הניתוח. תאורת חרום במעברים, חדרי מדרגות, מעליות, המערכות לסילוק אשפה, איורור ומיזוג אויר במתקנים ה"שונים. כל זה תוך התחשבות בהוצאות הכרוכות בכך, בהכרח לצמצום קווי ההזנה, באפשרות פשר טה ומחירה בהעברת ההספקה ממקור אחד ל"משנהו תוך ניטרול מוחלט של מקור ההספקה שהופסק כדי להמנע מהסכנה הבטיחותית הנובעת מקיומה של ההספקה ממספר מקורות בבת אחת, או מ"החייאת" קו ההזנה שהופסק ע"י

חדש!
טיימר
טורי



- * יחידה אחת המתאימה למתח החל מ-12 וולט ועד 400 וולט.
- * 10 תחומי זמן ניתנים לבחירה ע"י חיבור מיני.
- * מתאים למסילות DIN סטנדרטיות.
- * איכות מעולה במחיר נמוך (\$ 17)
- * במשך חודשיים הנחה מיוחדת 10% אספקה מהמלאי!

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 82374, 04-88835

למידע נוסף סמן מס' 230

שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

- כדי לקבל מידע נוסף:
1. סמן בדף השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
 2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור בכל משבצת מהמודעות שסימנת.
 3. שלח את דף השרות (בשלמותו) לפי כתובת המערכת:

מערכת "התקע המצדיע"

ת.ד. 25

תל-אביב

הפרטים יישלחו למפרסם המודעה, אשר ימציא לך מידע נוסף הנמצא ברשותו.

תלוש הזמנה

לכב'

חברת החשמל לישראל בע"מ
מערכת "התקע-המצדיע"
ת.ד. 25, תל-אביב

א"נ,

אנו מזמינים מודעה בגודל של

עמוד שדוגמה ממנה רצופה בזה.

שם המפעל

הכתובת

.....

.....

לשם ברור תוכן וצורת המודעה

נבקשם להתקשר עם מר

טלפון

נבקשם לשלוח את נציגכם לקבלה.

לתשומת-לב המפרסמים!

לנוחיות כל אלה, המעוניינים במסירת חומר-פרסומי לכתב-העת שלנו הננו מצרפים מחירון לרכישת מקום לפרסום.

שטח עמוד נטו:

גובה — 20 ס"מ

רוחב — 13.5 ס"מ

המחיר:

1 עמוד — 600. שקל

" 1/2 — 350. שקל

" 1/4 — 200. שקל

לא כולל מע"מ.

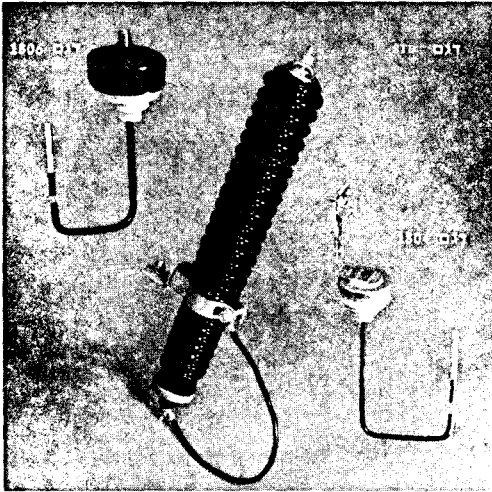
ההדפסה היא באופסט (אין צורך בגלופות)

באם הנך מעונין בפרסום מודעה בגליון הקרוב של עתוננו, שלח דוגמה ממנה לפי כתובת המערכת או מלא את תלוש ההזמנה הסמוך ונציגנו יבוא לקבלה.

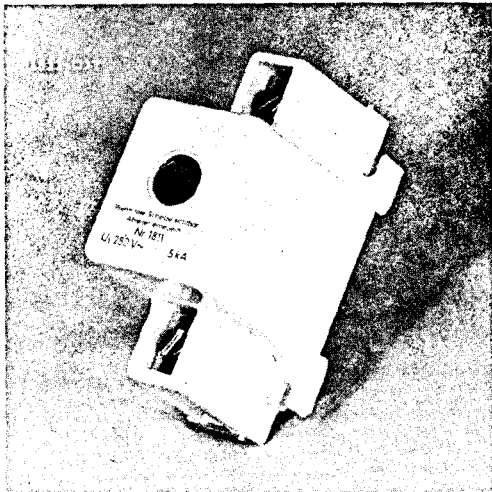
<p>250 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>240 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>230 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
<p>251 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>241 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>231 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
<p>252 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>242 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>232 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
<p>קורא יקר, זכור לחדש את המנוי, (ראה פרטים בגלויה הרצופה לעלון)</p>	<p>243 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>233 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
	<p>244 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>234 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
	<p>245 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>235 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
	<p>246 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>236 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
	<p>247 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>237 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
	<p>248 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>238 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>
	<p>249 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>	<p>239 שם: _____</p> <p>כתובת: _____</p>

בתוקף עד 30.11.80

הגן על מתקניך באמצעות מגיני ברק של "ויקמן"



**LIGHTNING ARRESTERS FOR
0,28 TO 36 KV**

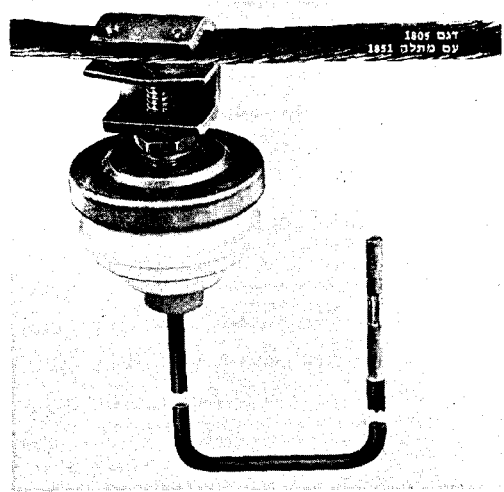


**OVER-VOLTAGE FILTER FOR
CONSUMER INSTALLATIONS**

✧ מתוצרת גרמניה, בהתאם לתקנים
IEC 99-1, VDE 0675.
✧ מיגוון דגמים למתח נמוך וגבוה,
להגנת מתקנים ורשתות.
✧ אספקה מהמלאי או מחו"ל.
תחומי מוצרים נוספים:
נתיכים, בסיסי-נתיכים ומנתקים בעומס,
הן למתח נמוך והן למתח גבוה.
יצוג והפצה:

GATAG LTD. גתג בע"מ

ת.ד. 13113, תל-אביב
טלפון: 03-471027
שלקס: 35770-COIN/GAT



**L.V. LIGHTNING ARRESTER
WITH SUSPENSION CLAMP**

Wickmann-Werke AG

Annenstraße 113 · D 5810 Witten 6
Tel. (0 23 02) 66 21 · Telex 08 229 145



Sicherheit,
wo Ströme
fließen

A mark
of safety



הכצה ושוקה ישיר למוצרי איכות

הכל על תאורת החרום

כשעוסקים בנושאי בטיחות אי אפשר להתעלם מנושא מרכזי והוא תאורת חרום. תאורת חרום פרושה תאורה אלטרנטיבית לתאורה הרגילה הפועלת באופן אוטומטי כאשר נפסק החשמל מסיבות של תקלה, קצר או נתוק הזרם במקרה שריפה או פגוע. אנו מבחינים ב־2 סוגים עקריים של תאורה:



א. תאורת הכוונה הכוללת שלוט.

תאורה זו פועלת גם כאשר יש חשמל ולחלופין מיד בהפסקתו.



ב. תאורת התמצאות המיועדת להארת חדרי מדרגות, שטחים צבוריים ודרכי מלוט.

כל מכשיר לתאורת חרום כולל בתוכו מצבר נטען (ניקל קדמיום) יבש לחלוטין ומשמש מקור חשמל למנורה.

ומה דורש התקן? (מתוך קובץ התקנות — 4111 תכנון הבניה מיום 17.4.80)

א. שלטים

לשלטים תותקן תאורה מרשת החשמל של הבנין וממקור חשמל רזרבי אמין.

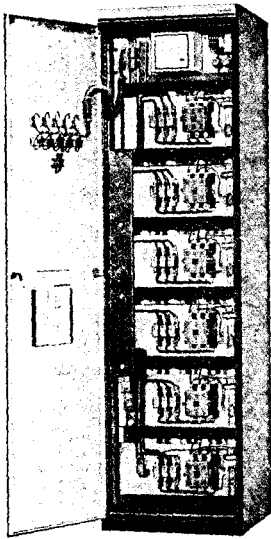
ב.

תאורת התמצאות בפרוזדורים, חדרי מדרגות יותקנו גופי תאורת התמצאות. גופים אינדוידואליים הנטענים ומופעלים אוטומטית ויפעלו למשך זמן לא פחות מ־60 דקות. ולכן אתם בתעשייה, בעסק, אולם, מלון, תאטראות, קולנוע, פנימיה, מועדון ובתים רביי קומות בדקו מה קורה אצלכם והקדימו פתרון לבעיה.

יעוץ הדרכה והתקנה ע"י חב' צבנד 1978 — בוקי בן יוגלי 8, תל-אביב. טל. 297855.

חברת ירידן. ווד בע"מ הנדסת חשמל

אזור התעשייה הישן, ראשון-לציון, ת. ד. 588, טלפון 44 98 99



מערכות לשיפור מקדם הספק

מבנה קומפקטי • הפסדי אנרגיה נמוכים

☆ קבלים דגם MKV תוצרת SIEMENS.

☆ הפסדים דיאלקטריים נמוכים: 0.5 w לכל קוא"ר.

☆ משנקי פריקה (במקום נגדים).

☆ הפעלה ידנית או אוטומטית.

☆ וסת אוטומטי SIEMENS.

גדלים סטנדרטיים: מ"מ 25 – 400 קוא"ר –
ליעוץ והדרכה אנא פנה למשרדנו

ת.ד. 588 ראשל"צ • טל. 999844

למידע נוסף סמן מס' 233



אלקטרוניקה בע"מ

קרית טבעון, רח' קק"ל 16, מיקוד: 3600 טלפון: 932583, 931752-04

☆ לוחות חלוקה, פקוד וסינופטיים

☆ מתקני חשמל (אינסטלציה) בתעשייה במשק ובמבני ציבור

☆ מתקני מתח גבוה

☆ ייצור טרנספורמטורים ומטענים

☆ ליפוף מנועים

☆ שרותי תחזוקה ותיקונים

למידע נוסף סמן מס' 234



תנדראן

חרושת חשמל

מערכות חשמל - ייצור והתקנה מתח גבוה, מתח נמוך פיקוד ובקרה

שיווק ומכירת מלאי רכיבים
מיבוא :

— UNELEC ציוד מיתוג למתח נמוך.
— FARAL מגענים, מתנעים ואביזרי פקוד.
— ENTRELEQ מהדקי חבורים ללוחות
— MICAFIL קבלים לשפור כופל ההספק

"יצור עצמי"

מפסיקי זרם אוטומטיים זעירים דגם HS-68
מפסקי זרם בעומס — ישר — AE. מחליף — AU בזרמים 60-1000 אמפר
ממסרי זרם פחת — חד מופעי ותלת מופעי — לשמוש ביתי ותעשיתי.
מוצרי מיתוג ביתיים — ציתור 63
ציתופיט — מערכות אוטומטיות לשפור כופל ההספק
ציתוסטרט — מתנע למנוע עם רוטור מלופף

ציתור 

רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 (03) טלקס 35436

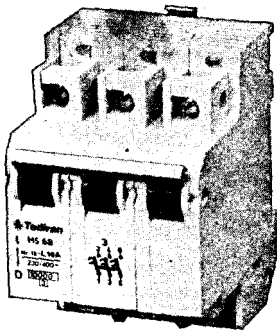
אספקה מהמכני



תדיראן

חרושת השמל

מפסיקי זרם אוטומטיים זעירים 10 000 3

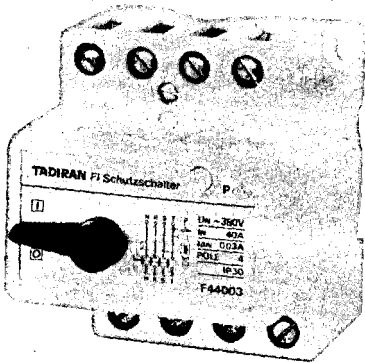


Kupp HS-68

עצמת ניתוק גבוהה במיוחד עד 15KA
ב-220/380 וולט, $\cos \phi = 0.4$.
סלקטיביות לפי דרגה 3 בזרמים עד
10KA, לפי VDE 0641/6.78.
זרמים נקובים 6, 10, 16, 20, 25, 32 אמפר.
הגנה מגנטית ותרמית באפיינים L-G.
ממדים קטנים — 68 מ"מ עומק,
17.5 מ"מ רוחב.

- ☆ מסופקים בדגמים ☆ חד קוטביים
- ☆ דו קוטביים ☆ תלת קוטביים
- ☆ חד קוטביים עם ניתוק האפס. ☆
- ☆ תלת קוטביים עם ניתוק האפס. ☆

ממסרי זרם פחת



חד מופעי ותלת מופעי
לשמוש ביתי ותעשיתי

לפי תקן VDE 0664/3.63.
זמן ניתוק פחות מ-20 מילישניות.
כושר ניתוק 3000 אמפר.
אורך חיים 20,000 פעולות.
התקנה באמצעות ברגים או חיבור למסילת
DIN סטנדרטית.

מהדקים מתאימים למוליכים עד חתך 25 ממ"ר.
דרגת אטימות IP20. IP30 עם כיסוי מהדקים).
מתאים להפיכת חבורי "הזנה" ו"יציאה".

ציתור



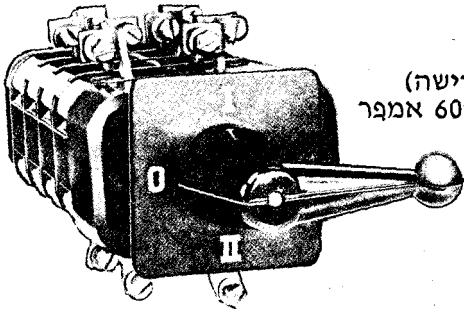
רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 טלקס 35436

אספקה מהמלאי



תדיראן

חרושת השמר

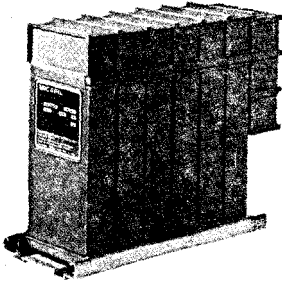


מפסיקי זרם בעומס

בדגמים: ישיר AE, מחליף AU
2-3-4 קוטבים (דגמים מיוחדים לפי דרישה)
בגדלים: 60-100-250-400-600-800-1000 אמפר
אפשרויות התקנה מגוונות

תוספות לבחירה:

- מצמד לידיית הפעלה
- מגעי עזר
- מבנה קצר



קבלים לשפור כופל ההספק

מתוצרת MICAFIL שוצריה
לפי תקנים IEC 70A/68, VDE 0560-4/4.73
הפסדים נמוכים פחות מ-0.5 ואט/קוא"ר
ריפוי עצמי של פריצות
נגדי פריקה ומשרן להגבלת זרם טעינה
ראשוני בתוך הקבלים
מבנה מודולרי קטן מימדים וקטן משקל

מערכות אוטומטיות לשפור כופל ההספק — ציתופיט

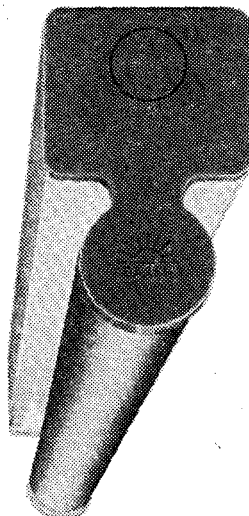
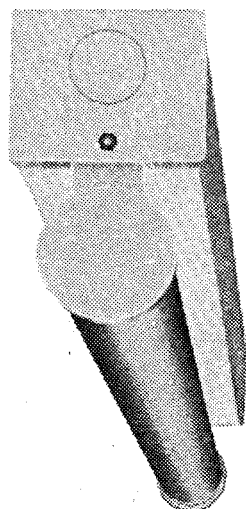
דגמים סטנדרטיים מודולריים 400-300-240-120-60 קוא"ר עם 6-8 דרגות.
ניתן לקבל כל כמות קבלים נדרשת — מותקנת ביחידות הסטנדרטיות.
קבוצות הקבלים מופעלות אוטומטית באמצעות בקר הספק אלקטרוני
כל קבוצת קבלים מותקנת במגירה מודולרית הכוללת מגען הפעלה והגנה
באמצעות נתיכי ע.נ.ג. מנורות סימון ומד כופל ההספק בחזית הלוח.
המערכת קטנת מימדים ומסופקת מושלמת ומוכנה לחיבור.

ציתור

רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 טלקס 35436

המציאות שונה

החיצוניות דומה



המטרות הפלואורסצנטיות דומות מאד. אך רק בחיצוניותן. כי געש 2000 שונה מכל מנורה פלואורסצנטית אחרת. היא עוברת תהליכי שימור וייצור המעניקים לה (בניגוד לאחרות) אורך חיים להרבה שנות אור.

געש 2000 בנויה משני חומרי-גלם עיקריים: גוף המנורה עשוי פח דקופירט בעובי של 0.8 מ"מ, ובתו-המנורה מפוליקרבונט.

הפח משומן ומאוחסן במפעל לפני הייצור. לאחר תקופת האחסנה, מנקים אותו באלקלי חם. השלב הבא הוא הכנה לצבע בתהליך פוספורטיזציה נגד חלודה וכדי שהצבע ייקלט טוב. השלב האחרון הוא צביעה אלקטרוסטטית באבקת אפוקסי (משני צידי הפח), בעובי של למעלה מ-50 מיקרון.

מסקנה: אל תתיחס לדמיון חיצוני. קנה געש 2000.



מכעלי תאורה

געש

קבוץ געש

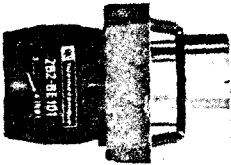
טל. 8-78985-052, טולקס 99433.

"טלמניט" בע"מ 7D 804010-3

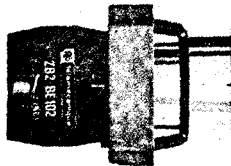
רח' הנפח 10, איזור התעשייה חולון

חדש!

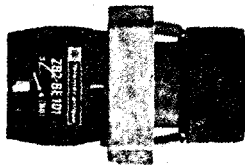
לחצני פיקוד ובתי מנורות
 \varnothing 22.2 mm



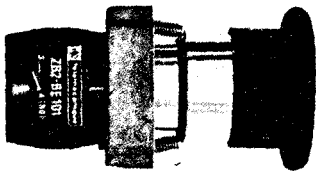
XB2-BA**



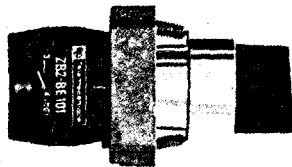
XB2-BA42



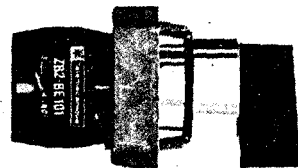
XB2-BP21



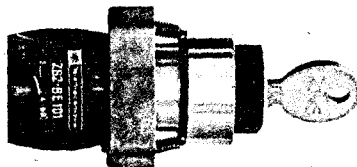
XB2-BC21



XB2-BD21



XB2-BJ21



XB2-BG21



XD2-PA22

ושוב חברת
טלמניט הפתיחה!!

- לחצני פיקוד ובתי מנורה

מדגם - XB2-B

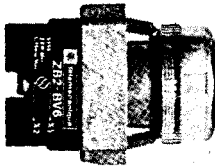
- קל להרכבה, (בחצי סיבוב)

- אפשרות להרכבה עד 4 מגעים
פתוחים או סגורים 10 אמפר

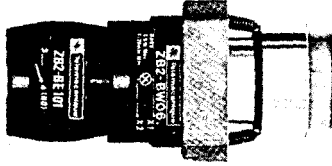
- צורה מודרנית ומרשימה



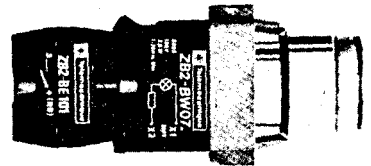
Telemecanique



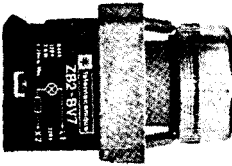
XB2-BV63



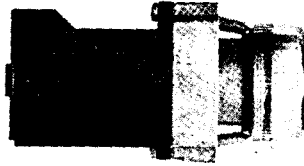
XB2-BW3365



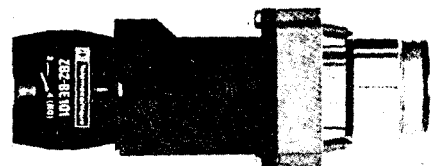
XB2-BW3375



XB2-BV73



XB2-BV43



XB2-BW3345

ת א ו ר	ד ג ם	מס. סר.
לחצן קומפלט עם מגע פתוח	XB 2- BA 21	.301
לחצן קומפלט עם מגע סגור	XB 2- BA 42	.302
לחצן מוגן-אטום עם מגע פתוח	XB2- BP 21	.303
לחצן פטריה	XB2- BC 42	.304
מפסיק סיבובי 2 מצבים מגע פתוח או סגור	XB2- BJ 21	.305
מפסיק סיבובי 2 מצבים עם מגע פתוח+סגור	XB2- BJ 25	.306
מפסיק סיבובי 3 מצבים מגע פתוח+סגור	XB2- BJ 33	.307
מפסיק עם מפחה 2 מצבים	XB2- BG 21	.308
מפסיק עם מוט 2 מצבים	XD2- PA 22	.309
מפסיק עם מוט 4 מצבים	XD2- PA 24	.310
ביח מנורה ללא נוריה	XB2- BV 63	.311
ביח מנורה עם נגד כולל נוריה	XB2- BV 73	.312
ביח מנורה עם שנאי ל-110 וולט	XB2- BV 33	.313
ביח מנורה עם שנאי ל-220 וולט	XB2- BV 43	.314
לחצן מואר לא כולל נוריה	XB 2- BW 3365	.315
לחצן עם נגד ל-220 וולט כולל נוריה	XB 2- BW 3375	.316
לחצן עם שנאי ל-110 וולט כולל נוריה	XB 2- BW 3335	.317
לחצן עם שנאי ל-220 וולט כולל נוריה	XB 2- BW 3345	.318
מגע נוסף פתוח או סגור	XB2-BE 101	.319

ההפצה של ציוד חברת TELEMECANIQUE בצפון הארץ ובאיזור ירושלים

המפיץ בצפון: חברת יעד אלקטריק- נצרת עילית, טל. 065-74434/5/6
 ובאיזור ירושלים: חברת ל. את ב. - איזור התעשייה עטרות טל. 02-855845
 או באמצעות "איתורית" טל. 02-224341 קו פנימי 631

4 שנות אור באחריות

האור המלא שמפיצים כדורי-התאורה של געש, משקף את איכות החומר שממנו הם עשויים.

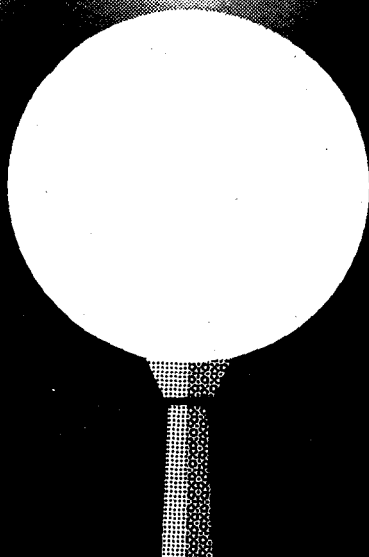
כדורי-התאורה של געש עומדים בקרינה אולטרה-סגולית (גם של השמש וגם של הנורה), שומרים על גמישותם (לא הופכים להיות שבירים), מלוטשים להפליא ואינם מצהיבים.

כדורי-התאורה הם אמנם מושג בתאורת-חוץ, אך בגעש תשיג אותם גם בצורות גיאומטריות אחרות כמו קוביות-תאורה, אליפסות-תאורה ועוד. עם יתרונות כאלה,

מה הפלא שגעש נותן אחריות ל-4 שנות אור?

ממעלי תאורה
געש 

טל' 8-78985-052, טלקס 99433



זמר



פיקון שיפור מקדם הספק בע"מ

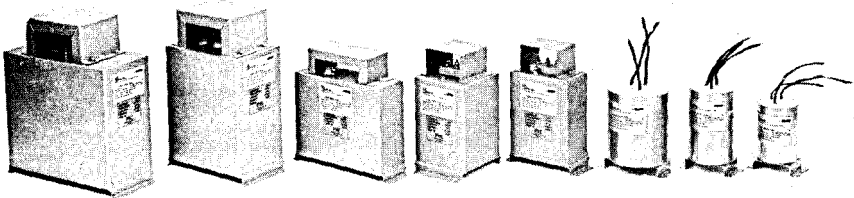
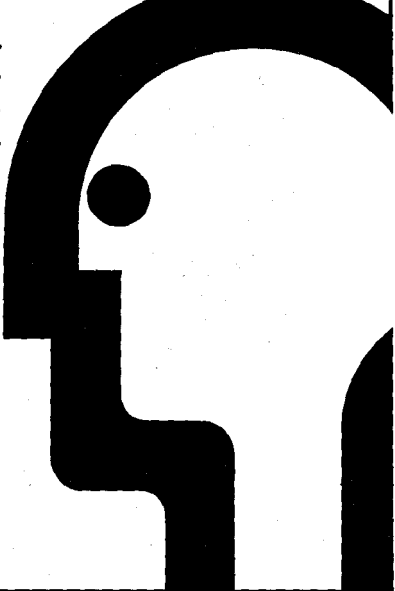
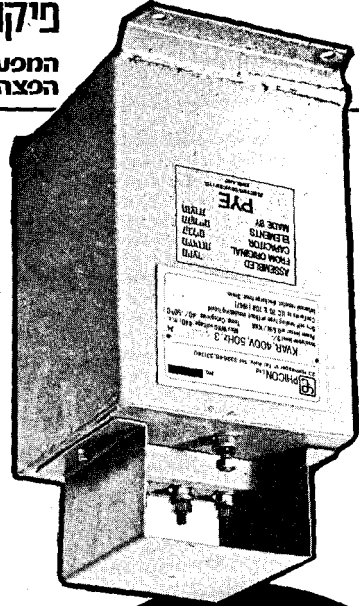
המכעל: רח. החרושת 12 ת"א, טל. 337062
המפצה: רח. נחלת בנימין 98 ת"א, טל. 822461

קבל על הראש

רק קבלי הספק מתוצרת „פיקון”
ניתנים להרכבה בכל מצב
אפילו כשהם „עופדים על הראש”

רק קבלו הספק מתוצרתנו
מאחדים בתוכם את כל
התכונות הבאות:

- ✓ מתח עבודה מירבי 440 וולט 50 הרץ
 - ✓ ניתנים להרכבה בכל מצב
 - ✓ אטימה כפולה
 - ✓ מיכל יחיד במבחר גדלים -
2.25 עד 100 קווא"ר
 - ✓ מבדדים בולטים - מרחק זחילה
מוגדל לפגיעת קצר בשל אבק ולחות
 - ✓ הפסדים נמוכים
 - ✓ חסכון בתשלום עבור צריכת חשמל
 - ✓ אין בעיות התחממות
 - ✓ תיקון עצמי של הקבל בעת קצר
 - ✓ שטח רצפה קטן להתקנה
 - ✓ מחיר השוואתי נמוך
 - ✓ עמידות בפני שריפה
- ייעוץ והדרכה חינם בעפעלך
ושנתיים אחריות



לידיעת סיטונאים וקבלני חשמל



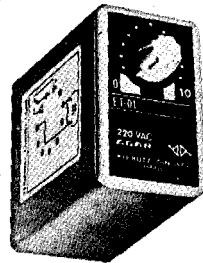
הגברנו ייצור
מפסיקים חצי אוטומטיים
(ממתי"ם)
לשוק המקומי.

אפשר להשיג מפסיקים
מ-6A עד L-25A
בכל כמות.

המחירים נוחים ביותר
בתנאי תשלום נוחים.

אחריות ל-3 שנים
לכל
הממתי"ם.

לידיעתכם אנו מייצרים כל סוגי קוצבי
הזמן האלקטרוניים (טיימרים)
המותאמים לכל סוגי לוחות בקרה,
לכל מתח ולכל זמן פעולה.



נשמח לספק פרטים במפעל ישירות.

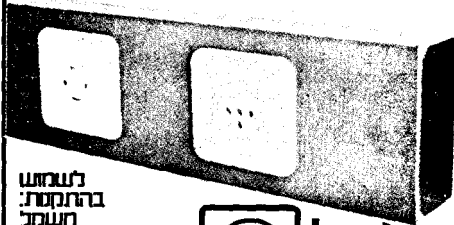
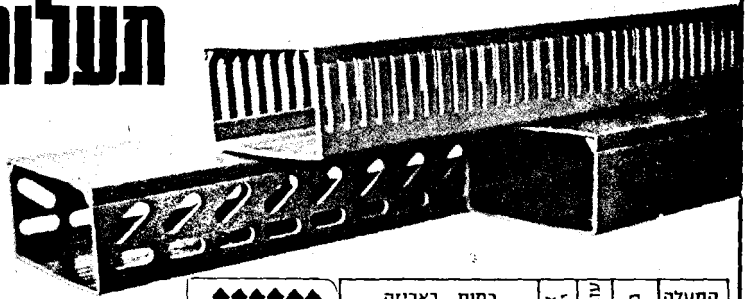
אבאר

אלקטרוניקה ומתכת ננוסר

טל. 067-92152, 067-20206, 03-249085

תעלות פי.וי.סי

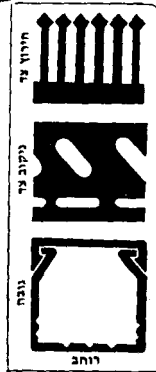
קשיח לנוזלי השחל



לשמוע
בהתקנות
העמל
תקשורת
פיקוד ובקרה
העמל כנאמני
צדדת גמישה לחומרים



פנרגל
הפציה



התעלה	מיקול		טובי דופן	עובי ירידה	אורך חלקי	כמות באריזה		מ"מ
	ג"ב	ג"מ				חידוד צד	נקוב תחת	
40	60	60	2.2	2	36	36	40	-
60	60	60	3.2	2	36	36	32	-
80	60	80	2.5	2	36	36	32	-
42	120	42	2.7	3-2	24	24	20	-
60	120	60	3	3-2	24	24	16	24
100	100	100	3.5	3	12	3	16	-
100	300	100	4	3	6	3	-	6

* תעלות מחוררות צד מספקות בקרטונים * יצג קודם בהחנות מיחידות

מגל-הפציה, טל. 065-81095, 81094, 81629, 81101

למידע נוסף סמן מס' 243

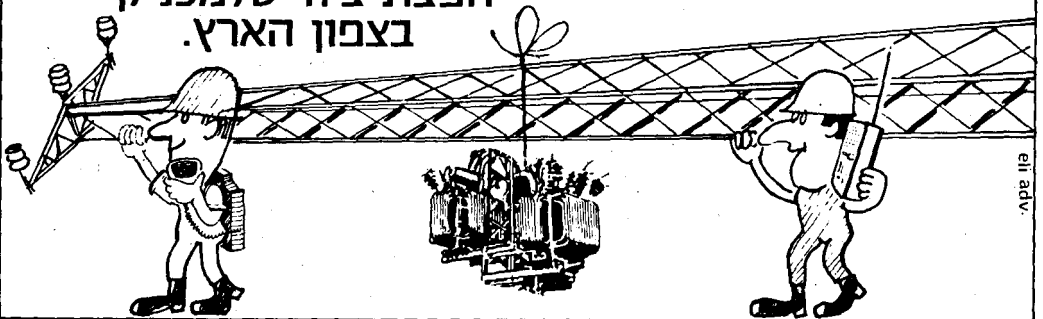
שרות וביצוע

עבודות השחל

בתעשיה, במבנים ציבוריים,
תחנות טרנספורמציה,
פקוד ובקרה.
הודעה חשובה.
ברשותנו מלאי כבלים
מכל הסוגים למכירה!
הפצת ציוד טלמכניק
בצפון הארץ.

יעד אלקטריקה

כתובתנו
החדשה
נצרת עילית.
אזור תעשיה ב'
רח' העמל 3, ת.ד. 609
טל. 065-74434-5-6-70

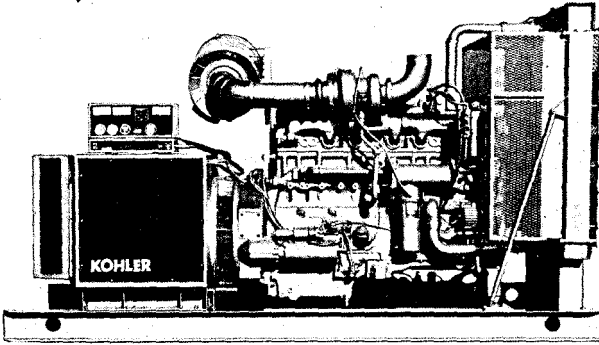


למידע נוסף סמן מס' 244

תחם

דיזל גנרטורים

דיזל גנרטורים בגדלים 1150-2.5 קווא' ממלאי, במחירים מאד מתחרים מתוצרת קוהלר ארה"ב.

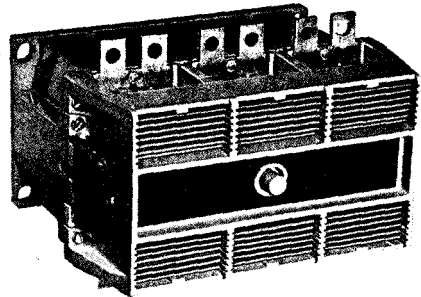


הבנוי עם הגנרטור החדיש בעל טירסטורים מסתובבים, עם זמן תגובה קצר ביותר, הנותן עד שמונה פעמים זרם נומינלי, דבר הדרוש להנעת מנועים. (כל גנרטור אחר נותן רק פעמיים זרם נומינלי)

מגענים EG תוצרת ASEA

המגענים לזרם גדול ובמידות קטנות

- תחום זרמים מ-16 עד 630 אמפר
- השטח הדרוש להרכבה מינימלי עם אפשרות להצמידים
- הרכבה בכל מצב כולל מלמעלה למטה
- התחברות נוחה ושרות קל
- מתאימים לעבודה בתנאים קשים במיוחד
- כל חלקי הנחושת מצופים כסף
- בסיס עמיד בפני קורוזיה עם פיזור חום מצוין
- החלקים הטרמור-פלסטיים עמידים בפני אש.



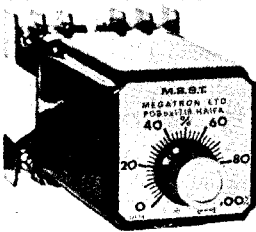
ישו זכ
זבתוקתנו
החגישה

אל תהסס לפנות אלינו למידע נוסף!
קנה ASEA בסופו של דבר, זה משתלם!

הודסת חשמל בע"מ

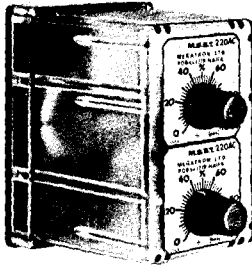


רמת גן, רחוב ביאליק 129/ליד גשר ההלכה • ת.ד. 8229 • טל. 03-729146, 720067 • טלפקס 32154
בערב טל. 053-38731



megatron
electronics &
controls Ltd.

גם לך מגיע להנות
ממוצר אמין,
נוח להתקנה, מסופק
מהמלאי במחיר נמוך.
אם עדיין לא קבלת
את הקטלוג של
הטימרים תוצרת
מגטרון
דרוש אותו מיד!
מיגוון של סוגי
הפעלה, תחומי זמן,
מתחי הפעלה.



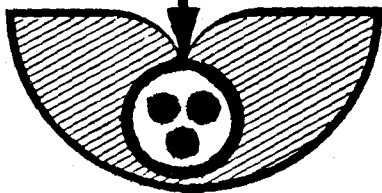
אחריות 5 שנים לפעולה תקינה!

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 82374, 04-88835

למידע נוסף סמן מס' 247

בדיקת כבל



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

יפו, שד' ירושלים 153
טלפון 821661
ת.ד. 27154

למידע נוסף סמן מס' 248

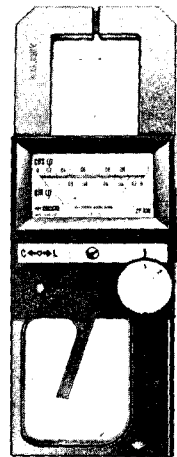
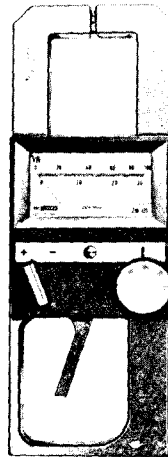
חברת ישראלנוקס בע"מ

רחוב ארלוזורוב 25, תל-אביב • ת.ד. 6014
טלפון: 05-2266 : טלקס: 24 82 13-4-5

BBC GOERZ
BROWN BOVERI

רוצה למדוד הספק?
רוצה למדוד $\cos \phi$?

אנו נעזור לך עם
הצבתות של B.B.C.



מד כופל הספק נייד
("צבת" $\cos \phi$)

למידת כופל הספק השראתי או קיבולי 1...0
10 עד 1000 אמפר, 220 וולט, 50 הרץ.
למידת זרם במוליכים עגולים או
פסי צבירה עד 60×50 מ"מ.

מד הספק נייד
("צבת" וואט-מטר)

למידת הספק במערכות חד פאזיות
או תלת פאזיות 380/220 וולט, 50 הרץ.
תחומי מדידה: 30-100-300-1000 קילוואט.

מכשירי מדידה ורישום ניידים
ולוחות למדידת זרמים ומתחים בכל התחומים.
שנאי זרם, מתמרי מתח זרם, מודדי טמפ'
ורשמים לטמפ', מודדי התנגדות בידוד והארקות.

למידע נוסף סמן מס' 246

קרה-קור

מפעלי בית-אלפא לויסות אוטומטי

תרמוסטטים לקירור דגם 51B

- למקררים ביתיים מכל הסוגים
- למקררים מסחריים
- לארגזי גלידה
- למיכלי מים
- להקפאה עמוקה

תרמוסטטים למזוג-אוויר דגם MA

- לחימום, קירור וחימום-קירור
- למזגני חלון מכל הסוגים
- למזוג אוויר מרכזי
- למבטיחים נגד קפיאה
- למפשירי קרח
- לתפקידים מיוחדים

לדרישות מיוחדות ומדוייקות!

תרמוסטט כפול דגם FD

בעל מפסק אחד (FD-3) או שני מפסקים נפרדים (FD-6) מסוג S.P.D.T. הניתנים לכוון בנפרד. להפעלת 2 מערכות נפרדות לחימום וקירור ומערכת משולבת לויסות טמפרטורה:

- בחדרי ומגדלי קירור
 - בחממות
 - בלולים
 - באולמות מבוקרים
- תחומי עבודה בין $+80^{\circ}\text{C} \div -30^{\circ}\text{C}$
דיפרנציאל של $1-3^{\circ}\text{C}$

ניתן גם להשיג בקופסת פלסטיק עם שקלת מעלות

בית-אלפא, ז. נ. גלבווע, טל. (065)81924

טלקס מס' 46304



ENGINEERING LTD.

הטעני הצברים עד 250 אמפר.

הטענים להלגזות בעשיטת 1U-10 לבי תמן
DIN 41773

ספקי כח מיוצבים עד 500 אמפר.

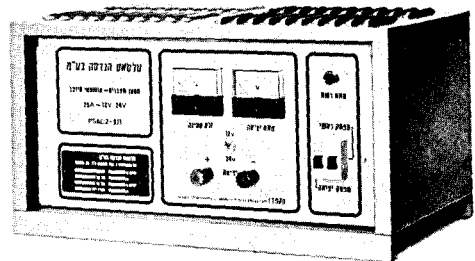
מיישרי זרם לציפוי ונהגנה קטודית עד 1000 אמפר.

ווסתי מהירות למנועי זרם ישר.

מערכות התנעה למנועי זרם חילופין (טרנסטורים).

חמרים למתח ותדר.

הטען הצברים-אוטומטי מיוצב



דגם PSAC 2, לפי תקן DIN 41773

- 12v או 24v (נקבט ט"י ממסס בחזית).
- זרם יציאה 2.5A.
- מוגן בכפי קצד מוחלט ביציאה.
- אמון בנוי בעשיטת "Full Proof".
- מתח יציאה לפי 2.23v לתא.
- אידיי מיים נמוך ביותר.

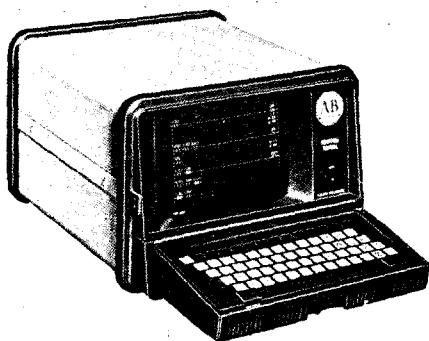
טלסאט הודסה בע"מ

רח' החשמזנאים 7, 1'1, טל 03-785380

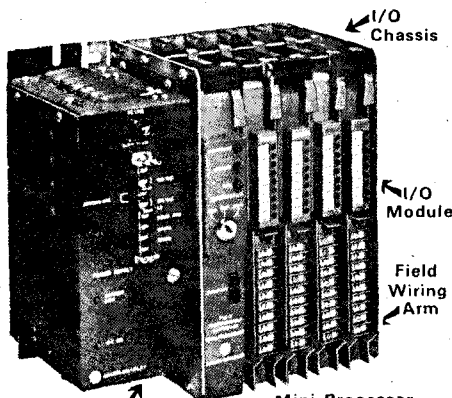
הצעיר במשפחת הבקרים המתוכנתים של ALLEN-BRADLEY Mini-PLC-2

מעטה כדאי לשלב בקר מתוכנת גם במתקנים קטנים

- * קומפקטי מאוד בגודלו.
- * מכיל עד 128 כניסות/יציאות.
- * עד 896 אלמנטים לוגיים ו-40 טיימרים/מונים, פנימיים.
- * אפשרות לפעולות חישוביות.
- * כניסות ויציאות במגוון רחב, כולל אנלוגיות.
- * מתח הפעלה של 220 VAC או 24 VDC ישירות.
- * שילוב (סטנדרטי) למדפסת להדפסת דוחות יצור/דוח תקלות / תכנית פיקוד.
- * שילוב מלא בחומרה ובתוכנה עם אחיו הבכירים: ה-PLC-2, ה-PLC-2/20.
- * לרשותכם שרותי התקנה, תיכנות, ואספקת מערכות Mini מהמלאי.
- * מחיר המערכת: החל מ-1467 \$, פו"ב נמל תעופה בחו"ל.



CRT Program Panel



System Power Supply Mini-Processor Module
Mini-PLC-2 Programmable Controller



קונטל
הודסת מיכשור ובקרה בע"מ
CONTEL
CONTROL & INSTRUMENTATION ENGINEERING LTD

רח' תוצרת הארץ 10, תל-אביב
ת.ד. 36005, טל. 03-260186/7

לשרותך חדר הדרכה ותצוגה
ומערכת הדרכה ניידת.
ברשותינו: ציוד תיכנות
לתירגול עצמי או מודרך,
רשם סרט מגנטי להקלטת
תוכניות והזנתן, וחלפים.



לרשותך צוות אנשי מכירות וקטלוג מוצרים הגדול בארץ

יבואנים וחפיצים בלטרניים:

NIKO
מפסקי השמל
ביתיים



בלגיה

KÜHNEL

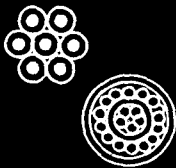
ביקוד
בוטואלקטרי



אוסטריה

**CONZEN-
KABEL**

נבלים



גרמניה

FRIEDLAND

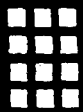
פנחונים
לביית
ולחפנטלים



אנגליה

MAEHLER & KAEGE

ציוד חוגן
התפוצצות



גרמניה



י. קשטן חומרי השמל בע"מ

תל אביב 61000 רחוב אלנובי 121 ת.ד. 802 טל. 613208-623854

הגנת מבנים וכותקני חשמל בפני פגיעות ברקים - דרישות התקן וישומן המעשי בצורה נאותה

אינג' א. נאוטרה

סיכונים לרכוש

קיימים סיכונים ישרים ע"י אפקטים חשמליים, מכניים ותרמיים למבנים, למערכות חשמל, מתקני טלקומוניקציה מתקנים לויסות ובקרה, מתקנים אלקטרוניים, מתקני חשמל ביתיים וציוד חשמלי אחר. כן קיימים סיכונים עקיפים עקב אפשרות להתפתחות שריפה, התפוצצות של חומרי נפץ או חומרים דליקים, התפוצצות של חומרים רדיואקטיביים, חומרים כימיים, גזים רעילים וכו'.

באופן מיוחד פגיעים מתקני טלקומוניקציה בגלל האנטנות הגבוהות החשופות לפגיעות ברק, מתקנים אלקטרוניים בגלל רגישות הקומפוננטות שלהם לעליות מתח (מספיקים כמה עשרות וולטים) ומתקני חשמל עיליים בגלל היותם פרושים על שטחים נרחבים.

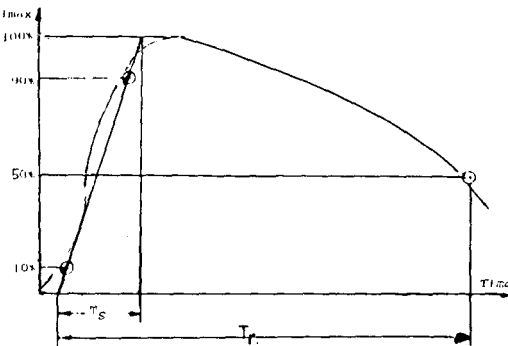
ערכים מאפיינים של הברק

ע"י מדידות רבות נצטבר מידע על צורת גל זרם הברק. בתרשים מס' 1 רואים שזרם הברק עולה במשך 1 עד כמה מיקרושניות לערך פסגה ולאחר מכן יורד במשך כמה עשרות מיקרושניות.

הערכים המאפיינים גלי ברק הם:

- ערך פסגה (ק"א)
- משך חזית ומחצית אורך הגל (מיקרושניה)
- המטען הכולל (קולון).

תרשים מס' 1
צורת גל זרם הברק



משך חזית הגל: מוגדרת כפרק הזמן מ-10% עד 90% מערך הפסגה כפול 1.25.

משך מחצית הגל: מוגדרת כפרק הזמן מתחילת הגל עד מחצית ערך השיא בזנב הגל.

כבר בשנת 1752, הוכיח פרנקלין בעזרת ניסוי העיפוף המפורסם, שהברקים הם תופעה חשמלית, אך הבנת התכונות הפיסיקליות של ברקים מע-סיקה חוקרים רבים עד היום הזה.

היווצרות הברק קשורה עם הפרדת המטענים בענן. בדרך כלל מצטבר מטען חיובי בחלק העליון של הענן ומטען שלילי בחלקו התחתון. כאשר עוצמת השדה עוברת גבול מסוים נוטשים מטענים שליליים את חלקו התחתון של הענן בכיוון לאדמה במהירות הקטנה יחסית (1/10 ממהירות האור). בהתקרב המטענים השליליים אל האדמה נוטשים מטענים חיוביים, בגלל עוצמת השדה הגבוהה, מנקודות בולטות עלפני האדמה ונעים לקראת המטענים השליליים הבאים מהענן.

משפגשו המטענים נוצרת התפרקות חזקה בצורת גל זרם הלם בעוצמה שיכולה להיות מכמה קילואמפר עד 200 קילואמפר.

משך התפרקות זו הוא מכמה עשרות עד כמה מאות מיקרושניות.

התפרקות הברק מלווה מספר תופעות פיסיקליות: — הבזק אור חזק כמו בניצוץ חשמלי הנראה למרחק קילומטרים רבים.

— רעם עקב גל הלם אקוסטי הנשמע למרחק עד 10 ק"מ.

— טמפרטורה גבוהה מאד שוררת בנתיב הברק (עד 30,000 מעלות צלזיוס), היכולת להתיך מוליכי מתכת או להתיך חורים בפחי מתכת. — כוחות מכניים עקב הכח האלקטרודינמי של זרם הברק ועקב התאיידות נוזלים בנתיב הברק.

— התהוות מתח גבוה בקרבת נתיב הברק עקב השראה אינדוקטיבית; או/ו מפל מתח בנקודות כניסת הברק לקרקע.

הסיכונים עקב פגיעות ברק

- הסיכונים עקב פגיעות ברקים מתחלקים לשניים: — סיכון לנפש ולחיי.
- סיכון לרכוש.

סיכונים לנפש

פגיעת ברק ישירה או פגיעה קרובה בשטח בלתי מוגן עלולה לגרום למוות משתי סיבות: הלם חשמלי (מתח גבוה). כוויית (טמפרטורה גבוהה). בארץ לא נרשמו מקרי מוות רבים, אך בשנה ה-אחרונה קרה מקרה של מוות ופגיעה של אדם ואחות ששהו בשדה בקרבת קו חשמלי למתח גבוה בשעה שפגע בו ברק.

אינג' א. נאוטרה — מגלה מעברת החשמל למחקר ופיתוח, חברת החשמל.

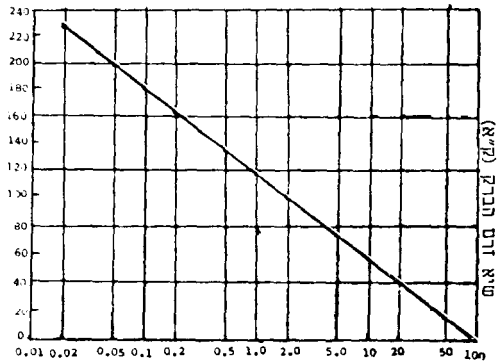
רת החשמל לשם ספירת מספר ההתפרקויות לקרקע באיזורים שונים ובעוד שגל בעל חזית פחות תלולה אבל ממושך וערך אמפר X שניות גבוה) גורם ל- תופעות תרמיות מוגברות ולכן מכנים אותו „גל חס”.

הסטטיסטיקה על הברקים

ערך הפסגה של גלי ברק מתפלג לפי פלוג סטטיסטי- טי מסוים. במחקרים רבים שבוצעו עד כה, נקבע שרוב ההתפרקויות של ברקים לאדמה מתפלגות בין 7 ל-200 ק”א. רק כ-2% מהברקים הם מעל 100 ק”א והערך הממוצע הוא כ-30 ק”א.

תרשים מס’ 2

פילוג של עוצמות שיא זרם הברק



אהוז הברקים שזרמיהם עוברים את האורדינטה

תופעת הברק קשורה בדרך כלל במספר התפר- קויות הקורות זו אחר זו. באופן סטטיסטי נקבע שמספר התפרקויות ממוצע לכל ברק הוא 3 לערך. מלבד ההתפרקויות לקרקע קיימות התפרקויות בין העננים ביחס של פי חמש לערך ממספר התפרקויות לקרקע.

מקובל להגדיר בכל איזור מספר ימי סופות בר- קים בשנה כמדד לפעילות ברקים באיזור, (רמה קראונית).

מפה עם קוים המציינים את מספר ימי הברקים בשנה נקראת מפה איזורי-קראונית. מפה איזור- קראונית של ישראל אפשר לראות בתרשים מס’ 3. המפה מראה מספר ימי סופות ברקים ממוצע ב- שנה. כפי שנמדדה ע”י המכון המטאורולוגי ב- ישראל.

מדד יותר מדוייק ממספר ימי סופות ברקים הוא מספר התפרקויות לקרקע לקמ”ר לשנה.

במחקרים השונים נמדד שמספר התפרקויות ל- קרקע הוא 0.1—0.2 התפרקויות לקמ”ר לשנה לכל יום סופות ברקים (המספר תלוי בסוג סופות הפרקים, חזיתיות או מקומיות, והוא משתנה ב- התאם לאיזור הגיאוגרפי). בארץ מתנהל כעת מחקר משותף בין השרות המטאורולוגי ובין חב-

ההסתברות לפגיעות ברק ונקודת הפגיעה

ההסתברות לפגיעת ברק במתקן או מבנה מסוים תלויה ברמה הקראונית או יותר מדויק — במספר התפרקויות לקרקע לקמ”ר לשנה, גובה המבנה, במידת החשיפה של המבנה כלפי הסיביבה וכד’. שיטות לחישוב ההסתברות לפגיעת ברק במבנה מסוים מתבססות על השטח שהמבנה תופס מ- בחינת קליטת ברקים.

השטח הזה מוערך כמעגל בעל רדיוס 3 עד 4 פעמים הגובה האפקטיבי של המבנה. הגובה ה- אפקטיבי במישור שווה לגובה המבנה עצמו, אבל אם המבנה נמצא על גבעה, הגובה האפקטיבי הוא יותר גדול.

דוגמא א’: לשם הדגמה נחשב את ההסתברות ה- פגיעה בתורן תקשורת 45 מטר גובה המוצב על גבעה של 70 מטר מעל הסיביבה באיזור ברמה איזוקראונית של 30. ההסתברות הפגיעה תחושב לפי הנוסחה:

$$P = \alpha \cdot T \cdot A$$

α - מקדם התפרקויות לקרקע.

T - מספר ימי ברקים בשנה.

A - שטח הקליטה בקמ”ר.

$$p = 0.1 \times 30 \times \frac{\pi \times (3 \times 115)^2}{10^6} = 1.1 \frac{\text{פגיעות}}{\text{שנה}}$$

כלומר, בתנאים אלה יש הסתברות ל-1.1 פגיעות ברק בשנה בתורן הני”ל.

בצורה דומה ניתן לחשב את ההסתברות הפגיעה של ברקים במבנה.

דוגמא ב’: בתור דוגמא שניה נחשב את הסתב- רות הפגיעה של ברק לק”מ של קו מתח גבוה שגובה עמודיו 30 מטר והעובר באיזור מישורי בעל רמה איזוקראונית של 30:

$$P = \alpha \cdot T \cdot A = 0.2 \times 30 \times \frac{2 \times (3 \times 30) \times 10^3}{10^6} = 1.1 \frac{\text{פגיעות}}{\text{ק”מ אשנה}}$$

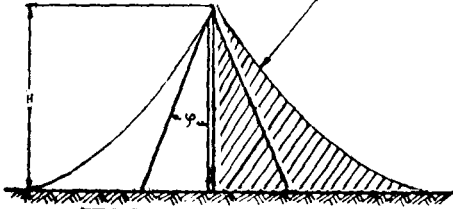
לגבי נקודת הפגיעה של הברק קיימות מספר תי- אוריות. נזכיר שתים מהחשובות:

א. תיאוריה של מירווח פריצה מינימלי
תיאוריה זו אומרת שברק המתקרב אל הקרקע יפגע באותה הנקודה שכלפיה המירווח הוא שווה או קטן למירווח הפריצה המינימלי. מירווח זה תלוי בעוצמת הברק:

תרשים מס' 4

השטח המוגן עליידי מוט אנכי

דוגמא, מוט אנכי:
 השטח המקוקו מוגן ע"י
 המוט האנכי.



$$h_D = 2 \cdot i + 30 \cdot (1 - e^{-\frac{i}{58}}) \quad (m)$$

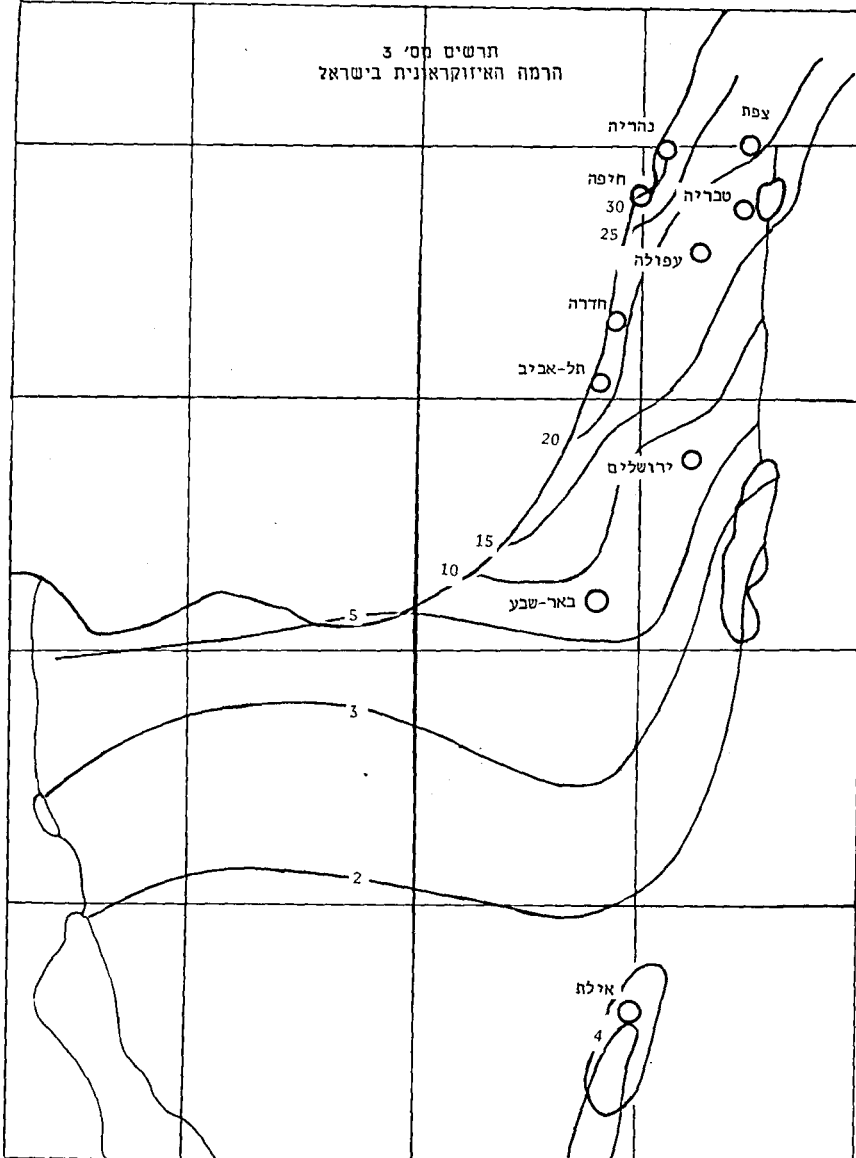
כאשר i עוצמת הברק ב"ק"א.

עבור ברק מינימלי של 7 ק"א, מירווח הפריצה הוא כ-40 מטר.

עבור ברק ממוצע של 30 ק"א, מירווח הפריצה הוא כ-90 מטר.

בעזרת מירווח הפריצה ניתן להעריך איזורים מוגי נים של צורות גיאומטריות שונות:

תרשים מס' 3
 הרמה האיזוקראנית בישראל



ב. תיאוריה של עוצמות שדה קריטיות

תיאוריה זו מבוססת על ההנחה שכאשר מתקרב ברק אל הקרקע יוצא המטען החיובי לקראתו מנקודה שבה עוצמת השדה גבוהה מעוצמת השדה הקריטית. עוצמת השדה הקריטית תלויה מסוג החומר של המבנה ושטח הפנים שלו (חלק או פינות חדות).

לפיכך נקודת הפגיעה תיקבע באותה נקודה שם עוצמת השדה הקריטית היא הנמוכה ביותר. לשם חישוב הסתברות הפגיעה בנקודות שונות של המבנה, יש להניח ברקים בעוצמות שונות שיוציאו דים בכיוונים שונים וזוויות שונות ולחשב את עוצמת השדה בנקודות שונות של המבנה. בנקודה שם עוצמת השדה תהיה גבוהה מהעוצמה הקריטית תיתכן פגיעת ברק. לשם יישום שיטה זו דרוש לבצע חישובים רבים בעזרת מחשב, לכן שיטה זו מעשית עבור ביצוע עבודות מחקר ופחות מעשית עבור תכנון יום-יומי.

הגנת מבנים בפני פגיעות ברקים

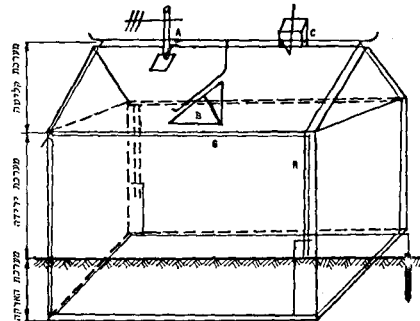
מטרת מערכת הגנה להפחית את הסיכונים לנפש ולרכוש ע"י העברת זרם הברק אל האדמה ופירורו בתוכה.

מערכת ההגנה מורכבת מ-3 רכיבים עיקריים:

- מערכת קליטה שתפקידה לקלוט את הברק.
- מערכת ירידה שתפקידה לחבר את מערכת הקליטה עם מערכת ההארקה.
- מערכת הארקה שתפקידה לפזר את הברק באדמה (ראה דוגמא בתרשים מס' 5).

מערכת קליטה יכולה לכלול קולטים אפקיים או קולטים אנכיים או שילובים ביניהם. את מוליכי הקליטה מתקינים במקומות שם סכויי הפגיעה הם גבוהים ביותר, בדרך כלל על גג המבנה.

תרשים מס' 5
מערכת הגנה בפני ברקים
בבית חדיקומתי



מקרא	
A —	אנטנה
B —	עלית גג
C —	ארובה
G —	מרב
R —	מרב

מערכת ירידה כוללת 2 או יותר מוליכים, בהתאם לגודל המבנה, בעלי חתך מספיק כדי להעביר את זרם הברק אל מערכת הארקה מבלי לסכול מהתחממות יתר.

מערכת הארקה כוללת מספר מוליכים אנכיים או אופקיים בתוך הקרקע המחוברים אל מוליכי הירידה.

אלקטרודות הארקה ארוכות אינן יעילות להארכת ברקים בגלל האימפדנס האינדוקטיבי שלהם.

בדרך כלל נחשב כאורך יעיל של אלקטרודה: באלקטרודות אנכיות עד 6 מטר אורך ובאלקטרודות אופקיות עד 12 מ' אורך.

בנוסף למערכת ההגנה המתוארת לעיל, המכונה לפעמים מערכת הגנה חיצונית, חשוב לדאוג ל"שלוש נאות של מערכות אחרות במבנה עם המערכת הנ"ל, כמו למשל:

גישור בין כל המערכות המתכתיות במבנה על-מנת להשוות את הפוטנציאלים ביניהן בשעת פגיעת ברק ולמנוע פריצות משניות.

המערכות הנ"ל הן כדלקמן:

מעטי כבלים להספקת חשמל וטלפון, צנרת מים, ביוב, דלק וגז, דודי שמש, מערכות מיזוג אוויר, מעליות, אנטנות לקליטת טלוויזיה וכו'.

במבנים המצוידים בהארקת יסוד הדבר נעשה ב"אמצעות הפס להשוואת פוטנציאלים ונשאר עוד לגשר בין מערכת הארקה לברקים והפס להשוואת פוטנציאלים. (ראה תרשים מס' 6).

במבנים מבטון מזויין ניתן לקבל הגנה יעילה מאד ע"י חיבור גלוני בין ברזלי הזיון לשם יצירת רציפות חשמלית ביניהם, דבר המפחית במידה רבה את המתחים המושרים בתוך המבנה בשעת התפרקות ברק. (ראה תרשים מס' 7).

הגנת רשתות חשמל בפני פגיעות ברק

רשתות חשמל עיליות פגיעות במיוחד לברקים. בהתאם לחישוב שהובא בסעיף קודם המתאים ל"תנאים השוררים במישור החוף, קיימת הסתברות של פגיעה אחת לכל ק"מ קו מתח עליון. פגיעה ישירה באחת הפזות של הקו תגרום לעלית מתח שתלויה בעוצמת הברק ובאימפדנס הגלים של הקו לפי הנוסחה הבאה:

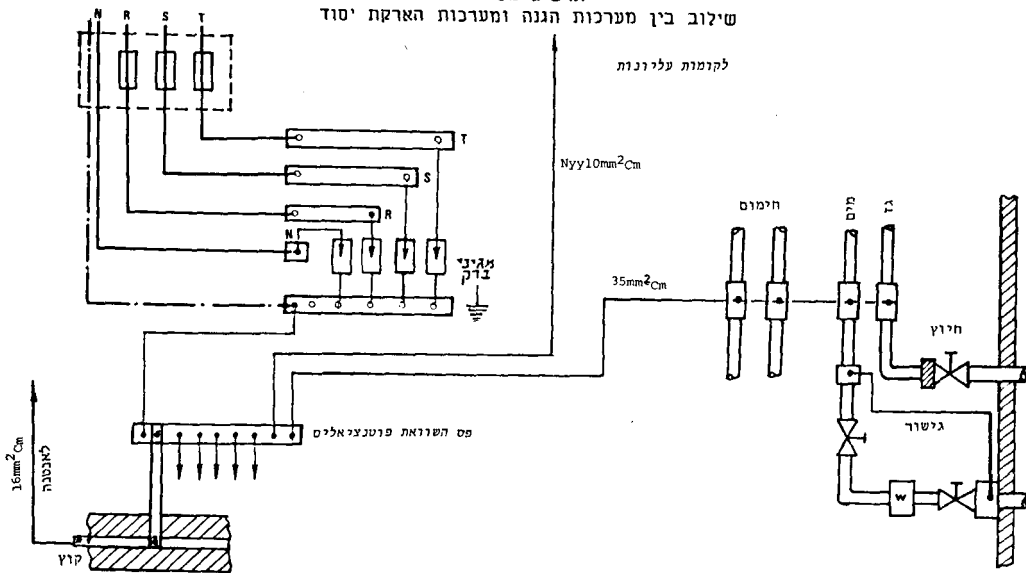
$$U = I \cdot \frac{Z}{2} \quad (kV)$$

כאשר: I — פסגת זרם הברק (ק"א)

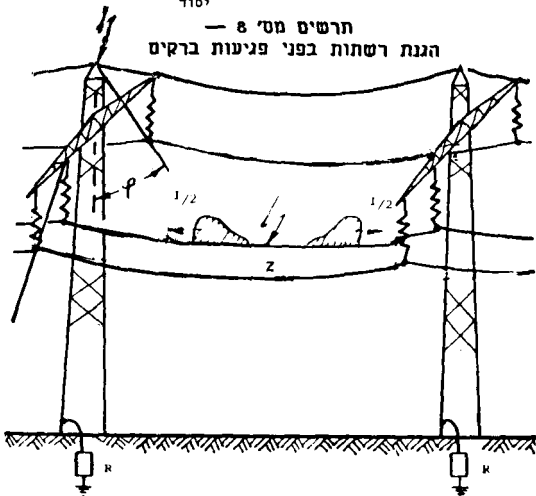
Z — אימפדנס הגלים של הקו (כ-450 אום) ברק בעל עוצמה בינונית של 30 ק"א למשל יגרום לעליית מתח של 6750 ק"ג, מתח אשר יגרום נזקאות לפריצת הבידוד של הקו.

על-מנת לצמצם פגיעות ברק ישירות בתילי הפזה, מקובל למתוח תיל הגנה אחד או יותר מעל הקו שתפקידם לקלוט את הברקים ולהעבירם לאדמה. (ראה תרשים מס' 8).

תרשים מס' 6
שילוב בין מערכות הגנה ומערכות הארקה יסוד



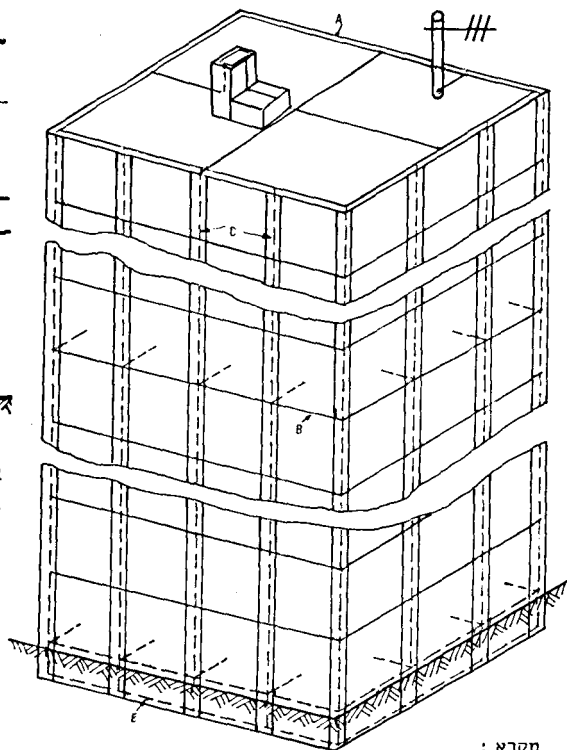
תרשים מס' 8 -
הגנת רשתות בפני פגיעות ברקים



אם ברק פוגע בקו הוא מתפשט בו בשני כיוונים במהירות האור. בנקודות שם מחוברים שנאים או סופיות כבל קיימת סכנה של פריצת הבידוד ולכן נהוג להגן על נקודות אלה באמצעות מגיני ברק. מגיני ברק קיימים בכל רמות המתחים, החל ממתח נמוך (400 וולט) ועד למתחים הגבוהים ביותר.

מתקני טלקומוניקציה כוללים קומפוננטות רגישות לעליות מתח, ועלולים להיזקק ממתחים מושרים עקב פגיעות ברק קרובות. כדי להגן עליהם נהוג לחבר מפרצים בין הכניסה למיכשור ובין האדמה. מפרצים אלה יכולים להגביל עליות המתח לכמה עשרות וולטים בלבד.

תרשים מס' 7
הגנה בפני ברקים של בית רב קומות



תקרא :

- A - מערכת קליטה
- B - גישור ערב
- C - מוליכי ירידה
- E - הארקה יסוד

חות. בתקן זה יש דרישה להארקה נאותה של התורן להגנה נגד פגיעה של ברקים.

מאחר ואנטנות טלוויזיה מותקנות כמעט על כל גג בישראל, הן מהוות באופן טבעי נקודה פגיעה ביותר במבנה.

למרות שהארקת האנטנה אינה מהווה תחליף למערכת הגנה בפני ברקים, היישום המעשי של דרישות התקן הנ"ל מפחית במידה רבה את הסיכונים עקב פגיעת ברק במבנה ובמיוחד את הסיכון למערכת האנטנה ולמקלטי הטלוויזיה היקרים הנמצאים כמעט בכל דירה.

חוק הארקות יסוד שפורסם בקובץ התקנות 3854-תשל"ח (30.5.1978) משפר במידה רבה את האפשרויות להגנה של המתקנים הפנימיים במבנה, באמצעות שילוב יעיל בין מערכת ההגנה נגד ברקים עם מערכת הארקות היסוד במבנה.

התקינה הבין-לאומית

כמעט בכל ארץ קיים תקן למערכות הגנה נגד ברקים. נפרט כאן רק כמה מבין התקנים הידועים:

1. ABB ; Blitzschutz ; 1976. גרמניה
2. ANSI/NFPA ; Lightning ארה"ב
protection Code 1977.
3. B.S. Code of Practice CP 326,1965. אנגליה
4. NEN 1014, Bliksemafleider- הולנד
installaties, 1971.

בשנה שעברה הוקמה ועדה במסגרת IEC שמת-רתה להכין תקן בין-לאומי למערכות הגנה בפני ברקים. יש לשער שתקן כזה יאחד בתוכו את הניסיון והידע הרב שנצטבר בארצות השונות בנושא זה.

גם כבלים תתי-קרקעיים עלולים להיזקק עקב פגיעות ברק קרובות במיוחד אם הם מונחים באדמה סלעית בעלת התנגדות גבוהה.

הסתברות לפגיעה בכבלים תתי-קרקעיים בשטח עירוני, בו יש הרבה גופים מתכתיים בתוך האדמה, היא נמוכה ולכן כבלים כאלה נחשבים כמוגנים.

התקינה בארץ

חוק התכנון והבניה תשכ"ה-1965 שפורסם בקובץ התקנות 2581 מ-8 ביולי 1970 סימן י"ג בפסקה ב', דורש שקולט ברקים יותקן בהתאם לתקן מעל הבנויים הבאים:

1. בנין רב-קומות
2. בנין גבוה ובנין אחר הבנויים על שטח המתג-שא מעל פני סביבתו.

בחוק זה מוגדר „בנין רב קומות“ כבנין שרצפת קומתו העליונה עוקה על 25 מ' מעל מפלס הכניסה הראשי, דהיינו מ-8 קומות ומעלה.

ו„בנין גבוה“ — בנין שרצפת קומתו העליונה עולה על 11.5 מטר מעל מפלס הכניסה הראשית, דהיינו מעל 4 קומות.

למרות האמור בחוק אין עדיין תקן ישראלי למערכות הגנה נגד ברקים. במכון התקנים הישראלי הוקמה ועדה אשר עובדת על התקן הני"ל משנת 1975.

הטייטה הראשונה כבר מוכנה ובעוד מספר חודשים תפורסם טייטה שניה לבקורת ציבורית, בעוד כשנה צפוי שיפורסם התקן.

עם זאת, יש לציין, שקיים תקן ישראלי רשמי ת"י 704 משנת 1968 (מעודכן בשנת 1975), הדן באנטנות לקליטת רדיו וטלוויזיה — דרישות בטי-

השרברב שהתחשמל

(המשך מעמוד 43)

נוסף לזרם העבודה בין הפזה והאפס, זרם גם זרם דלף בעוצמה של 50 מיליאמפר בין הפזה לבין ההארקה. (ראה איור 1). כאשר שבר השרברב את צינור המים וכתוצאה מכך החיילק ביד אחת חלק מהצינור שהיה מחובר לרשת המים וכיודו השנייה חלק מהצינור שעליו היה מחובר מוליך ההארקה הראשי הוא נכנס לתוך מעגל חשמלי של זרם דלף (זרם תקלה) וקיבל מכת חשמל שגרמה לתאונה (ראה איור 2).

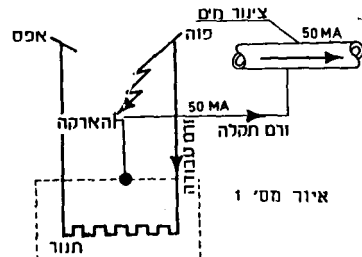
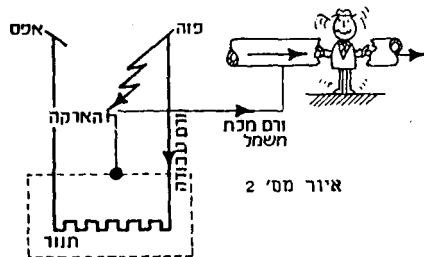
הלקח

השרברב היה צריך להרכיב בעזרת גשר זמני את קטע צינור המים שבו הוא טיפל ובכך להבטיח את רציפות ההארקה כפי שנדרש בתקנה 21 של תקנות חשמל. אסור לבצע עבודות בגובה רב כאשר עומדים באופן בלתי יציב ללא חגורת בטיחות.

התאונה

שרברב הוזמן לתקן צינור מים חיצוני המספק מים למשרד פרסום הנמצא בקומה שנייה בבניין משרדים גדול. הוא נעמד על אדן החלון של המשרד וניגש לטפל בדליפת המים מהצינור תוך כדי העבודה נשבר הצינור הרקוב, השרברב קיבל מכת חשמל, איבד את שיווי המשקל ונפל על משטח הבטון של חצר הבניין. כתוצאה מחניפלה נחבל השרברב קשות "ובילה" חודשים מספר בבית החולים.

בחקירה התברר שאל צינור המים היה מחובר מוליך ההארקה הראשי של המשרד. בזמן התאונה היה מופעל כמשרד תנור חשמלי שהתקע שלו היה שרוף במקצת מבפנים כתוצאה מהתרופפות חיבור מוליך הפזה, לכן



סימולי הכבלים המקובלים בישראל ובחוץ-לארץ

ד"ר נ. סורוצ'קין

גרמניים, כיוון שסימולים אלה מקובלים על-פי רוב בישראל. הסימולים הישראליים קרובים למ-די לסימולים הגרמניים במשמעותם וגם הם נדר-נים במאמר. כמו כן, מוזכרים מספר סימולי כב-לים המקובלים בתקנים האנגליים והאמריקאיים.

שיטת הסימולים של מוצרי כבלים

בפרקטיקה העולמית והישראלית מקובל לסמן (לכנות) את מוצרי הכבלים בעזרת קבוצות אותיות וספרות וגם כן בעזרת סימני הפרדה (—, +, /, \) ויחידות מדידה.

בעזרת האותיות מסמנים את הנתונים, שמתייחסים להרכב, למבנה ו- (לפעמים) למטרתו של מוצר ה-כבל. עם זאת, לפעמים אות זו או אחרת קשורה עם מלה קונקרטיית (מסוימת) המתיחסת למבנה או מיוחדות אחרות של הכבל (בדרך כלל זה האות הראשונה של המלה הקובעת את סוג ה-כבל). במקרים אחרים אין קשר כזה.

בעזרת הספרות מציינים את הפרמטרים של עבר-דת הכבל.

יש חשיבות לא רק לאותיות ולספרות עצמן, אלא גם למקום, שהן תופסות בסימול מוצר הכבל, כיוון שלעיתים אותן אותיות או ספרות משמשות למטרות סימול שונות. ורק מיקומן בכינוי מ-אפשר לפרש את משמעותן בצורה נכונה. על מש-מעותם של סימני הפרדה יוסבר בהמשך.

סימול אותיות וספרות של כבל מסויים בצרוף הסימוכין לתקן מתאים קובע בצורה חד-משמעית את הכבל, לכן בכל איזכור של כבל (הזמנה, תס-פקה, בדיקות, רישום וכדומה) יש להשתמש ב-סימולו התקני ולציין את התקן, אשר הכבל מ-יוצר לפיו. לדוגמא:

Kabel NYY 3 x 95/50 sm, 0.6/1 kV, VDE 0271/3.69

כבל טבט, 3x25/10, 0.6/1 ק"ו, ת"י 547. כאשר מדברים על הרכב או מבנה הכבל (חוט חשמל, פתיל), מתכוונים, למשל, לחומר המוליכים (נחושת, אלומיניום), לצורתם (עגולים, סקטוריא-ליים), להרכבם (חד- או רב-תילים), לחומר ה-בידוד (נייר רווי שמן, חומר פלסטי, גומי וכו'), סיכוכים, מעטים (של עופרת, אלומיניום, חומר פלסטי, גומי), שריון (מסרטי או תילי מתכת ובדרך כלל — פלדה), רכבי עזר שונים (תיל נושא וכו').

במגוון הרחב של מוצרי חשמל תופסים מוצרי הכבלים מקום ניכר למדי. במונה מוצרי כבלים אנו כוללים כבלים, חוטי חשמל ופתילים. אין הבדל ברור או עקרוני בין שלושת הסוגים של מוצרי כבלים אלו, ומשום כך שמות אלה הם מוסכמים למדי.

בדרך כלל, כשמדובר בכבל, מתכוונים למוליך אחד מבודד (גיד) או למספר גידים, שמאוגדים ועטויים במעטה הגנה הרמטי ממתכת (עופרת, אלומיניום), חומר פלסטי או גומי. על פני מעטה זה יכולים להיות מונחים גם כישויים אחרים, ל-משל, שריון, שכבת יוטה רוויה או מעטה נוסף כלשהו. בתוך הכבל יכולים להיות גם רכיבים אחרים כמו ליבה, סיכוכים ועוד.

כשמדובר בחוט חשמל מתכוונים למוליך אחד מ-בודד או למספר מוליכים מבודדים, שמאוגדים ועטויים במעטה הגנה (מגן) מקיף דק מחומר פלסטי, מגומי או בצורת מקלעת סיבים, שיכולה להיות רוויה בלכה. בשם חוט חשמל קוראים גם למוליך ללא בידוד המיועד לקו עילי.

כשמדובר בפתיל מתכוונים לחוט חשמל גמיש מ-יחד, עם מוליכים בשטח חתך קטן יחסית (עד 2.5 מ"מ²).

אחד המאפיינים המיוחדים של מוצרי הכבלים — היא הרבגוניות העצומה שלהם. ידוע, שקיימים יותר מ-2000 סוגים שונים של מוצרי כבלים. ה-חבר מוסבר ברבגוניות גדולה של ייעודם ותנאי שימושם. למעשה, לא קיים התקן חשמלי אחד, מכשיר או מערכת חשמלית, שאין בהם כבל, חוט חשמל או פתיל כלשהו. משום כך יש קושי מסוים להתמצא בריבוי-הצורות של סוגי מוצרי הכבלים ומבניהם בצורה יסודית. הכרה של מוצרי הכב-לים מאפשרת לבחור באופן קל יותר את הכבל (חוט חשמל, פתיל) המתאים ביותר למטרה כ-להי. שהי מתוך מבחר הכבלים שנמצאים בשוק.

אין כל אפשרות להביא במאמר קצר את הידיעות לא רק על כל סוגי הכבלים, אלא אפילו על כמות גדולה ממוצרי הכבלים הקיימים בעולם. לכן, מטרתו של מאמר זה היא להביא לקוראים מוד-עות כלליות בנושא.

נתונים מדויקים וממצים נמצאים בתקנים למוצ-רי הכבלים המתאימים. רוב ההסברים, שנימצאים במאמר, מתייחסים לכינויי (לסימולי) הכבלים ה-

ד"ר נ. סורוצ'קין — מעבדת החשמל למחקר ופיתוח, חברת החשמל.

סימולי הכבלים עם בידוד מנייר רווי שמן

למרות העובדה שכבלים עם בידוד מנייר רווי שמן אינם נפוצים ביותר כיום, ובמיוחד בישראל, סימוליהם נחשבים קלאסיים, ולכן כדאי להתחיל מהם.

כפי שנאמר קודם, למוליך נחושת ולבידוד מנייר רווי שמן אין אותיות זיהוי מיוחדות בסימול ה-כבל, אלא קיומם מסתבר מאליהו.

אם בסימול הכבל הגרמני אחרי האות N נמצאת אות כלשהי, פרט לאות A, אז הכוונה היא, ש-גידי הכבל עשויים מנחושת. אם אחרי האות N (או אותיות NA) נמצאת אות כלשהי, פרט ל-Y, S, G, F, או סיפרה 2, פרוש הסימון שיתכן, שבידוד הכבל עשוי מנייר רווי שמן. ולכן, בסימולי כבלים עם בידוד מנייר רווי שמן, שברמניה, נמצא כדלהלן:

A (במקום השני אחרי N) — גיד מאלומיניום
(Aluminium — A);

H (אחרי N או NA) — סיכוך מנייר מצופה מ-תכת (בדרך כלל אלומיניום) על פני הבידוד של כל מופע הכבל. האות H מקורה במילה "Hochstädter", מתחסת לכבל עם המופע-עים המסוככים בנפרד (הכבל מכונה על שם ממי-ציאו);

E (אחרי N או NA) — סימן של כבל תלת-גידי עם מעטים מעופרת או אלומיניום בכל מופע;

K (אחרי N, NA או E) — מעטה עופרת;

KL (זוג אותיות זה במקום ה-K הבודדה) — מעטה מצונר-חלק מאלומיניום;

E (אחרי K או KL) — שכבת הגנה בצורת ליפוף מסרט פלסטי (Elastomerband) על פני מעטה המתכת;

B — שריון מסרטי פלדה (Band);

F — שריון מתילי פלדה משוטחים (Flach);

R — שריון חד-שכבתי מתילי פלדה עגולים (Rund);

RR — שריון דרשכבתי מתילי פלדה עגולים;

Gb — ליפוף מסרט פלדה על פני השריון מ-תילי פלדה, שמונה בכיוון מנוגד, לצורכי חיזוק (Gegenbandwendel);

Z — שריון מתילי פלדה שצורתם (בחותך) דומה ל-Z;

A (בסוף הסימול) — כיסוי הגנה חיצוני (Äussere) מיוטה רוויה אספלט (Asphalt);

Y (בסוף הסימול) — מעטה חיצוני מ-PVC;

J — (אחרי קו הפרדה) — הכבל כולל גיד עם בידוד בצבע צהוב-ירוק;

כאשר מדברים על פרמטרים של כבלים, מתכוונים לכמות וחתך של מוליכים. חתך של סיכוך, מתח נומינלי וכו'.

בדרך כלל, ככל שמבנה מוצר הכבל פשוט יותר, הסימול שלו קצר יותר, ולהיפך.

את סימולי הכבלים האירופאיים והאמריקאיים קוראים משמאל לימין ואת הסימולים הישראליים, באופן טבעי, מימין לשמאל.

סדר האותיות בסימולים מתאים לסדר, אשר לפיו ממוקמים בכבל הרכיבים הנפרדים שלו, מן מוליך החוצה.

חשוב לקחת בחשבון, ששיטות סימולי הכבלים למטרות שונות נבדלות זו מזו במקצת. כך, למשל, סימולים לכבלי כוח לעבודה בתנאים קבועים, לכבלי כוח וחוטוי חשמל גמישים, לכבלי תקשורת וכו' הם בעלי מיוחדויות ספציפיות שלהם. לכן, מציינים לפעמים באותה אות רכיבים שונים ב-סימולי כבלים שונים, ומאידך מציינים לפעמים רכיבים זהים בעזרת אותיות שונות. לדוגמה, בכבלי כוח גמישים וכבדים מציינים, בתקן הגרמני, בעזרת האות L את השריון מקבוצות תילי פלדה ה-שזורים ביחד (L — Litze), ובכבלי תקשורת האות L היא מעטה ישר (צינור) מאלומיניום. לעומת זאת, את מעטה העופרת בכבלי כוח עם בידוד מ-נייר רווי שמן או עם בידוד מגומי מציינים, בדרך כלל, באות K, ובכבלי תקשורת — באות M. יש לציין כי בסימול הכבלים קיימת חוסר-עיקביות רבה. בכמה מקרים קשה להבחין (לזהות) את הכבל המסוים רק לפי סימנים נורמליים ולכן יש לעיין בתקן המתאים, כדי שהזיהוי יהיה חד-משמעי.

סימולים של כבלי כוח להתקנה קבועה ולמטרות כלליות

סימולים של כבלי הכוח בגרמניה הפיעו בתחילת המאה ה-20. מבין סוגי הכבלים המעטים, שהיו אז, הנפוץ ביותר היה כבל כוח עם גידי נחושת ובידוד מנייר רווי שמן, במעטה עופרת. כיוון ש-גידי נחושת ובידוד מנייר רווי שמן נראו אז כ-אפשרות יחידה לכבלי כוח, חשבו שאין צורך ל-ציין עובדה זו בסימול הכבל. נוהג זה קיים עד היום.

לפי הפרקטיקה הגרמנית, בסימולי כבלים אלה משתמשים באות N כאות הראשונה.

האות N במקום ראשון מלמדת, כי סימול זה מתייחס לכבל הכוח המיוצר לפי התקן הגרמני. בפרקטיקה הישראלית וכן בפרקטיקה של רוב מדינות העולם לא משתמשים באות מיוחדת למטרה דומה.

- v — מעטה מחוזק (Verstärke) מ-PVC ;
- r — גיד עגול (rund) ;
- s — גיד בצורת סקטור (גזרה) (Sektorförmig) ;
- e — גיד חד-תילי (Eindrätigt) ;
- m — גיד רב-תילי (mehrdrätigt) .

דוגמאות לכבלים המתוארים לפי הסימונים הגרמניים

(א) — NKA 1 x 95 rm 11.6/20 kV

כבל כוח (N), עם מוליך אחד (1 X ...), מנחושת (האות A לא מופיעה אחרי האות N, אלא אחרי ה-K), מוליך זה הוא עגול (r), רב-תילי (m). ב-שטח חתך של 95 ממ"ר; הבידוד מנייר רווי שמן (אחרי האות N לא מופיעות האותיות S, G, F, Y או ספרות); מעטה מתכתי מעופרת (K); הכבל בעל כיסוי הגנה חיצוני (ה-A האחרונה) מיוטה רוויה אספלט. הכבל מיועד למתח נומינלי של 20 ק"ו בין המופעים (11.6 ק"ו בין מופע להארקה).

(ב) — NKY-J 4 x 25 re 0.6/1 kV

כבל כוח (N), בעל ארבעה גידים (4 X ...), עם מוליכי נחושת עגולים (r) חד-תילים (e) בשטח חתך של 25 ממ"ר (כל המוליכים בחתכים זהים), בידוד מנייר רווי שמן; מעטה מתכת מעופרת (K); בתוך המעטה החיצוני מ-PVC (ה-Y האחרונה); אחד מהגידים בעל בידוד בצבע צהוב-ירוק (J-). ה-כבל מיועד למתח נומינלי של 0.6/1 ק"ו.

(ג) — NKBA 3 x 95/50 sm 0.6/1 kV

כבל כוח (N), בעל ארבעה גידים, עם מוליכי נחושת סקטוריאליים (s), רב-תילים (m). שלושה מ-המוליכים (3 X ...) בעלי שטח חתך זהה ושווה ל-95 ממ"ר והמוליך הרביעי (50/...) בעל החתך של 50 ממ"ר, שצבע פני בידודו צהוב-ירוק (J-). הכבל בעל מעטה עופרת (K) ומסופק בשריון מ-סרטי פלדה (B) ובכיסוי ההגנה מיוטה רוויה אס-פלט (A).

(ד) — NKFGbY 3 x 185 sm 5.8/10 kV

כבל כוח (N) תלת-גילי (3 X ...), עם מוליכי נחושת בשטח חתך של 185 ממ"ר כל אחד, בידוד מנייר רווי שמן. בתוך מעטה עופרת (K), שריון מתילי פלדה משוטחים (F), עם ליפוף מסרט פלדה נגדי, המחזק את שכבת תילי השריון (Gb), וכן מעטה הגנה מ-PVC (Y). כבל זה מיועד למתח של 5.8/10 ק"ו.

(ה) — NAEKLEBA 3 x 120 rm 17.3/30 kV

כבל כוח (N) תלת-גילי (3 X ...), בעל מוליכי אלומיניום (A במקום הqני), רב-תילים (m) עגול-לים (r), בשטח חתך של 120 ממ"ר, במעטה אל-

מיניום מצוור (KL) לכל מופע (ה-E הראשונה), עם שכבה מסרטי פלסטי על כל המעטה (ה-E השניה), ושריון מסרטי פלדה (B), וכיסוי חיצוני מיוטה שרוויה אספלט (A בסוף). הכבל מיועד למתח 17.3/30 ק"ו.

בישראל לא מייצרים כבלי כוח עם בידוד מנייר רווי שמן, משום כך אין סימונים מתאימים ב-תקנים הישראליים.

דוגמאות לכבלים המתוארים לפי הסימונים האנגליים

בפרקטיקה האנגלית משתמשים במקרה זה בסי-מולים כדלקמן:

- P — בידוד מנייר רווי שמן (Paper-Insulation) ;
 - L — מעטה עופרת (Lead) ;
 - LY (בצרוף) — מעטה מסגסוגת עופרת (Lear-alloy) ;
 - A — מעטה אלומיניום (Aluminium) ;
 - S — שכבת הגנה (Serving) מיוטה רוויה ;
 - T — שריון מסרטי פלדה (Tape) ;
 - W — שריון מתילי פלדה בשכבה אחת (Wire) ;
 - D — שריון מתילי פלדה בשתי שכבות (Double) .
- קיימים למשל, כבלים מסוגים PAS, PLYSDS

סימולי הכבלים עם בידוד מגומי או מחומר פלסטי

סימולים גרמניים :

- N — כבל כוח ;
- A אחרי N — מוליך אלומיניום (לגיד נחושת אין סימול משלו) ;
- G אחרי N או NA — בידוד מגומי. אם האות G מופיעה אחרונה בין אותיות הסימול, מתייחסת את אות זו למעטה ההגנה החיצוני מגומי ;
- 2G אחרי N או NA — בידוד מגומי סינטטי ;
- Y אחרי N או NA — בידוד מ-PVC, ואם מר-פיעה אחרונה בין אותיות הסימול, מתייחסת את זו למעטה ההגנה החיצוני מ-PVC ;
- 2Y אחרי N או NA — בידוד מפוליאטילן (PE) ;
- 2X אחרי N או NA — בידוד מפוליאטילן מוצלב (VPE, XLPE) ;
- H אחרי Y — שכבות על פני מוליך ובידוד ל-מטרות ויסות השדה החשמלי ;
- C — מוליך בעל ציר משותף מתילי נחושת, שמו-נח בצורת ליפוף רגיל ;
- CW — מוליך בעל ציר משותף מתילי נחושת, ש-מונח בצורף ליפוף גלי ;
- CW — מוליך בעל ציר משותף מתילי נחושת, ש-מונח בצורת ליפוף רגיל על פני כל גיד מבודד בנפרד, בכבלים רב-גיליים ;
- S — סיכוך מנחושת ;

SE — סיכוך מנחשת, שמונח על פני כל גיד מבודד בנפרד, בכבלים רביגדיים;
 $F, R, RR, Gb, J, T, S, e, m$ — אותה ה-
 משמעות, שבכבלים עם בידוד מנייר רווי שמן;
 O — (אחרי קו הפרדה) — הכבל לא כולל את הגיד בצבע צהוב-ירוק.

דוגמאות לכבלים המתוארים לפי הסימולים הגרמניים

(א) — NYY-J 3 x 95/50 sm 0.6/1 kV
 כבל, שדומה לכבל מטיפוס
 NKBA-J 3 x 95/50 sm 0.6/1 kV

(ראה לעיל), אך עם בידוד ומעטה הגנה מ-PVC.

(ב) — NAYCWY 3 x 120 se/70 0.6/1 kV

כבל כוח (N), בעל ארבעה מוליכים. שלושה מוליכי כי (3 X ...) אלומיניום (A) צורתיים (S), חד-תילים (e), בשטח חתך של 120 ממ"ר ומוליך רביעי משותף-ציר (C) בשטח חתך של 70 ממ"ר עשוי מתילי נחושת, המונחים בצורת ליפוף גלי (W). הבידוד והמעטה החיצוני עשויים מ-PVC (Y הראשונה ו-Y הסופית). כאן יש לשים לב לעובדה. שהאותיות "se" נמצאות אחרי הספרות שמתייחסות רק לשטחי החתך של הגידים היסודיים (מופעים). זהו הדבר, שמציין, כי הגיד ה-רביעי הוא גיד משותף-ציר ומונח על פני הגידים היסודיים השזורים ביחד.

(ג) — NA2XSX 3x185 se/25 6/10 kV

כבל כוח (N), שדומה לקודם, אך בידודו עשוי מ-XLPE (2X) והסיכוך המשותף-ציר (S), שב-שטח החתך של 25 ממ"ר, עשוי מתילי נחושת, המונחים בצורת ליפוף רגיל.

(ד) — N2YSEY 3 x 70 rm/16 6/10 kV

כבל כוח (N), בעל שלושה מוליכי נחושת בשטח חתך של 70 ממ"ר כל אחד, עם בידוד מ-PE רגיל (2Y) וסיכוך משותף-ציר על פני כל הגיד (SE). במקרה זה שטח החתך של 16 ממ"ר הוא סכום שטחי החתך של שלושת הסיכוכים הנפר-דים. המעטה החיצוני עשוי מ-PVC (ה-Y האחר-רונה).

הסימולים הישראליים

ח — מוליך אלומיניום (חמרן). למוליך נחושת אין אות מיוחדת);

ט — בידוד או מעטה חיצוני מ-PVC;

2 — בידוד מפוליאתילן;

ג — מילוי בין גידים מבודדים שמהווה גם מע-טה פנימי;

ס — סרט מפלסטיק אי-הגורסקופי וגם כן מוליך למחצה;

מ — שריון מתילי מתכת (פלדה) מלבנים;

נ — לולין שמונח בכיוון מנוגד מסרטי פלדה;

ש — שריון מסרטי מתכת (פלדה);
 ע — שריון מתילי מתכת (פלדה) עגולים;
 א — מקלעת מתילי פלדה;
 ק — סיכוך או מוליך משותף-ציר;
 קק — סיכוך על פני כל גיד.

דוגמאות לכבלים המתוארים לפי הסימולים הישראליים

(א) טט 25 0.6/1 ק"ו —

כבל חדי-גדי עם מוליך נחושת בשטח חתך של 25 ממ"ר, עם בידוד מ-PVC (ט) ומעטה חיצוני גם מ-PVC (הי-ט השניה).

(ב) טטט 10+16+25 0.6/1 ק"ו —

כבל בעל תמישה מוליכי נחושת, שלושה מהם הם מוליכי המופעים בשטח חתך של 25 ממ"ר, מוליך אחד בשטח חתך של 16 ממ"ר לאפס ומר-ליך אחד בשטח חתך של 10 ממ"ר לאהרקה. כל חמשת הגידים שזורים ביחד. בידוד ומעטה חיצוני עשויים מ-PVC (ט ר-ט). לכבל מילוי ומעטה פני-מי (ב).

הערה: אם מולך הארקה עשוי בצורת ליפוף מ-שותף-ציר מתילים שמונחים על פני קבוצת של-שת הגידים והשזורים ביחד, אז שטח החתך של הגיד הזה נכתב אחרי קו נטוי: 3x25/10.

(ג) טטטט 25 X 3 0.6/1 ק"ו —

כבל בעל שלושה גידים מנחושת בשטח חתך של 25 ממ"ר, בידוד ומעטה חיצוני מ-PVC (ט ר-ט), עם מילוי ומעטה פנימי (ב), ושריון מתילי פלדה שטוחים (מ) המחוברים ע"י סרט או תיל לולני (ג) שמלוכף בכיוון נגדי.

סימולים לכבלי כוח וחוטים חשמליים מיוחדים עם גידי נחושת

מכיון שקשה למדי לקבוע כללים למבנה סימולי הכבלים והחוטים החשמליים, נתונים להלן כל ה-הסברים על ידי דוגמאות.

דוגמאות:

(א) חוט חשמל למטרות כלליות עם בידוד PVC; ללא מעטה הגנה:

NYA 1 x 16 rm; 1000 V

האותיות N ו-R מסמלות סימון זהה לזה שבכבלי כוח אחרים, R במקרה זה סתם גיד (Ader).

(ב) אותו חוט חשמל כאשר הוא משמש למערכות תאורה, יכול להיות למשל, מהסוג הבא:

NYFAF 1 x 50 rm 380 V

כאשר צירוף האותיות FA (Fassungsader) מתייחס לשימוש בחוט זה במערכות תאורה, פרוש האות F האחרונה היא שהמוליך שזור מהרבה תילים

- ג — בידוד ומעטה מגומי ;
 ח — אלומיניום (חמרון) ;
 ט — בידוד ומעטה מ-PVC ;
 כ — מעטה כבד (בעובי גדול יותר) ;
 נ — מעטה פנימי ;
 פ — פתיל ;
 פת — פתיל לתליית מנורות ;
 ר — גשר ;
 רת — פתיל ריתוך.
- דוגמאות :**
- (א) **חסטר 2x2.5 400 ו' —**
 כבל דריגדי עם מוליכים מאלומיניום (ח), בידוד ומעטה היצוני מ-PVC (ט רט) וגשר (ה) בין ה- גידים.
- (ב) **טנט 3x4 500 ו' —**
 כבל תלת-גידדי עם מוליכי נחושת. בידוד ומעטה היצוני מ-PVC, מילוי ומעטה פנימי (נ).
- (ג) **פטט 3x0.75 400 ו' —**
 פתיל (פ) תלת-גידדי עם בידוד ומעטה היצוני מ-PVC.
- (ד) **פטטכ 2x1.5 400 ו' —**
 כתיל דריגדי עם בידוד ומעטה היצוני כבד מ-PVC.
- (ה) **פגג 4x4 400 ו' —**
 פתיל בעל ארבעה גידים, עם בידוד ומעטה היצוני כגומי.
- הסימולים האמריקאיים**
- מספר דוגמאות כדלהלן יראו את הגישה האמרי- קאית לבנית סימולי חוטי חשמל.
- R — בידוד מגומי (Rubber) ;
 H — עמידות בפני חום (Heat resistance) ;
 HH — עמידות בפני חום גבוהה יותר מ-H ;
 W — יכולת לעבוד בלחות גבוהה (Wet locations) ;
 U — סוג מיוחד של גומי (Unmilled) ;
 T — בידוד מ-Thermoplastic
 מעטה מ-Nylon
 X — בידוד מ-(Cross-linked polyethylene) XLPE ;
 TFE — בידוד מ-Polytetrafluorethylene
 A — בידוד מ-Asbestos
 B — מעטה בצורת מקלעת מחוטים (Braid) ;
 S — חוט ללוחות חשמל (Switchboard) ;
 SI — בידוד סינטטי (Synthetic) ;
 MI — בידוד מינרלי (Mineral Insulation) ;
 UF — כבל תת-קרקעי (Underground Feeder) ;
 SA — בידוד מ-Silicon-Asbestos ;
 FEP — בידוד מ-Fluorinated Ethylene Propylene ;
 V — בידוד מ-Varnished Cambric ;
 L — מעטה עופרת (Lead Sheath) ;
 AA — בידוד מ-Asbestos ;
 AI — בידוד ומעטה (מקלעת) מ-Impregnated Asbestos

דקים (Feindrätigt), כלומר, הוא גמיש ביותר.
 ג) חוט חשמל ידומה לאחרון. עם בידוד מ-PVC, לעבודה בטמפרטורה גבוהה יותר, יקבל את הסימול NYFAFW, כאשר Wärmebeständigkeit W — עמידות לחום.
 ד) חוט חשמל מסוק NYA. אך עם בידוד חזק יותר, יכול להיות, למשל בעל הסימול NSYA, כאשר האות S בין האותיות N ו-Y מתייחסת למלה Sonder, כלומר מיוחד.

ה) חוט חשמל למנורות מיוחדות (מתח גבוה) מסומל, למשל, בצורה הבאה :
 NYL 1 x 1.5 rm 7,5 kv
 כאשר L (Leuchtrohrenleitung) — חוט למנורות מיוחדות.

ו) חוט חשמל שטוח למטרות כלליות, בעל 2 עד 5 גידים עם בידוד מ-PVC ומעטה היצוני מ- גומי או PVC, מקבל, למשל את הסימול :

NYIF 4 x 2.5 380 V

או

NYIFY 4 x 2.5 380 V

כאן NY — באותה המשמעות שבכבלי כוח אחר- ריכו. והאות I מציינת גשר בין הגידים. האות F במקרה זה מתייחסת למלה Flach, כלומר שטוח. חוט חשמל לפי הסימול הראשון מהשניים הנ"ל הוא בעל מעטה היצוני מגומי (עובדה זו לא מ- בטאת בסימולו של הכבל מסוג NYIF), וחוט חשמל לפי הסימול השני בעל מעטה היצוני מ- PVC (ה-Y האחרונה).

ז) כבל המכיל מאחד ועד לחמישה גידים עם בידוד ומעטה היצוני מ-PVC יכול להתייחס. ל- משל, לטיפוס

NYM 3 x 16 rm 500 V

כאשר M (Mantel) — מעטה היצוני.

ח) כבל כזה עם תיל נושא מבודד, המיועד ל- תליה באוויר, יסומל כאשר NYMT, כאשר ת (Tragseile) תיל נושא.

ט) כבל דריגדי עם בידוד ומעטה גומי ועם תיל נושא בתוך הכבל (בצירו של כבל) יכול להיות, למשל, בעל הסימול של

NTSöu 3 x 25/16 6 kv

כאשר T — תיל נושא S (Sonder) — מיוחד. ö (ölbeständig) — כבל עומד בפני שמן. והאות U — כבל חסין אש.

בקבוצות כבלי כוח וחוטי חשמל מיוחדים ישנם סוגים רבים ביותר, אך אנו נסתפק כאן רק ע"י מספר הדוגמאות שניתנו.

הסימולים הישראליים

בסימולים הישראליים לקבוצת כבלים אלה מש- תמשים באותיות כדלהלן :

טבלת השוואה בין התקנים הישראליים לבין
התקנים הגרמניים שמתייחסים למוצרי כבלים

התקנים הגרמניים VDE-Bestimmungen	התקנים הישראליים
VDE 0295/7.79 : "VDE-Bestimmung : Leiter für Isolierte Starkstromleitungen"	ת"י 65 "מוליכי חשמל עגולים מנחושת כבלים, בתילים ובמוליכים מבודדים"
VDE 0250/3.69 (a/7.72 ; b/5.73) : "Bestimmungen für Isolierte Starkstromleitungen"	ת"י 473 "כבלים, תילים ומוליכים מבודדים חשמליים למתח נומינלי עד 1000 וולט : דרישות כלליות"
VDE 0209/3.69 : "Bestimmungen für Isolierhüllen aus thermoplastischem Kunststoff für Isolierte Leitungen und Kabel"	
VDE 0281/4.76 (a/7.77) : "Bestimmungen für Starkstromleitungen mit einer Isolierung aus thermoplastischem Kunststoff auf der Basis von PVC"	
VDE 0282/4.76 (d/7.77) : "Bestimmungen für Starkstromleitungen mit einer Isolierung aus Gummi"	
VDE 0472/6.65 (a/3.69 ; b/68 ; c/9.71 ; d/12.77) : "Leitsätze für die Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen und Kabeln"	ת"י 474 "כבלים, תילים ומוליכים מבודדים חשמליים למתח נומינלי עד 1000 וולט : שיטת בדיקה"
VDE 0250/3.69 (a/7.72 ; b/5.73) : "Bestimmungen für Isolierte Starkstromleitungen"	ת"י 519 "מוליכים מבודדים בעלי מעטה מ-פוליוויניל כלורי, למתקנים במתח נמוך מאוד בכלי רכב ממונעים"
VDE 0209/3.69 : "Bestimmungen für Isolierhüllen aus thermoplastischem Kunststoff für Isolierte Leitungen und Kabel"	
VDE 0271/3.69 (a/2.76 und b/9.75) : "Bestimmungen für Kabel mit Isolierung und Mantel aus Kunststoff auf der Basis von Polyvinylchlorid für Starkstromanlagen"	ת"י 547 "כבלים תת-קרקעיים מבודדים מולי-ווינילכלורי למתח נומינלי עד 1000 וולט"
VDE 0209/3.69 : (ראה לעיל)	
,VDE המתייחסים לחלקים ממוחלקות בין מספר תקנים	ת"י 618 "מוליכי חשמל עגולים מאלומיניום לכבלים ומוליכים מבודדים"
VDE 0210/5.69 : "Bestimmungen für den Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannung über 1 kV"	ת"י 643 "מוליכי אלומיניום לקווים עליים"
VDE 0211/2.70 : "Bestimmungen für den Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannung bis 1000 V"	
VDE 0271/3.69 (a/2.76 ; b/9.75) : (ראה לעיל)	ת"י 735 "כבלים מבודדים על-ידי חומר תר-מופלסטי למתח העולה על 1000 וולט בין המופעים"
VDE 0209/3.69 : (ראה לעיל)	
VDE 0273/8.78 : (ראה לעיל) "VDE-Bestimmung : Kabel mit Isolierung aus thermoplastischem oder Vernetztem Polyäthylene - Nennspannungen Vo/V 6/10, 12/20 und 18/30 kV"	

„זיהום“ רשתות על ידי צרכנים

אינג' נ. אליאש M.Sc.

הגידול המשמעותי בשימוש בעומסים לא ליניאריים הגדיל את בעיית זיהום הרשתות. הנזקים המצטברים מגל מזהם הביאו מספר ארצות תעשייתיות לצורך בתחיקה בתחום זה ובפיתוח אמצעים לאכיפתה. בארצות שבהן יש גם תעבורה חשמלית ניתן להבחין באוסצילוסקופ, בגל מתח מעוות. ואילו אצלנו המצב, מבחינה זו, עדיין די טוב. בעקבות מצב הפיתוח התעשייתי לא ניכרים, באופן רגיל, עיוותים בגל המתח הנצפה על פני האוסצילוסקופ. עם זאת יש להגביר את המודעות לבעיה כי בעקבות הקידום התעשייתי היא תגיע גם אלינו ורצוי להקדיש ולנקוט צעדים לצימצומה.

רשת „נקיה“

ניתוח תופעות בגלים שאינם סינוסואידליים מהווה קושי אשר ניתן להתגבר עליו בעזרת הפרוק הידוע לטור אוילר-פוריה.

פירוק זה מאפשר החלפת הטיפול בגל מעוות ר במקומו טיפול בסדרה של גלים סינוסואידליים ועוד רכיב זרם ישר.

הביטוי המתמטי לפירוק זה יראה:

$$U = U_0 + U_1 \sin(\omega t + \psi_1) + U_2 \sin(2\omega t + \psi_2) + \dots = U_0 + \sum_{n=1}^n U_n \sin(n\omega t + \psi_n)$$

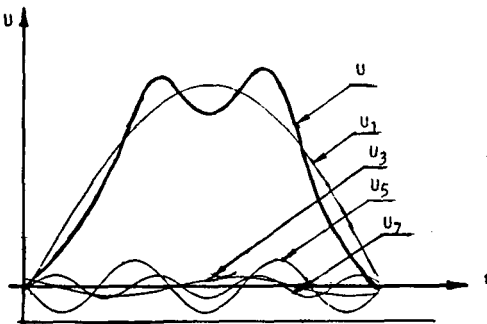
שבה U_0 — מבטא את רכיב הזרם הישר או ה- ממוצע על פני מחזור

U_n — מבטא את עוצמת ההרמוניקה מסדר n — זווית המופע

דוגמא לגל מורכב ופירוקו להרמוניקות השונות אפשר לראות בציור מס' 1.

ציור מס' 1

גל מעוות ורכיביו



סיבוב מכני מלא של הרוטור בחלל הסטטור של הגנרטור מתבטא בגל מתח בהדקי המכונה. גל זה דומה בצורתו, הנצפית באוסצילוסקופ לגל הסינר סואידלי המוכר מספרי הטריגונומטריה. הגל מתפשט דרך טרנספורמטורים, רשתות מתח-עליון, כבלים, רשתות מתח גבוה ומתח חלוקה ולבסוף לכל אחד ואחד מהצרכנים. אין לשכוח כי בדרכו חולף הגל על-פני מבדדים ומפריצים, דרך אמצעי מיתוג והגנה ואחרון אחרון (לא כל כך חביב אך הכרחי) — דרך מונה האנרגיה, המפריד בין רשתות הצרכן לרשות חברת החשמל. כאשר גל מתח זה חוזר על עצמו בדיוק 50 פעם בשניה או $50 \times 60 \times 24 \times 365 = 1,576,800,000$ לשנות את משך הופעתו, את עוצמתו ואת צורתו, אזי ניתן לדבר על רשת „נקיה“ אידיאלית. הפרה של אפילו אחד מהתנאים (משך, עוצמה, או צורה) מהווה זיהום רשת.

התדירות מבטאת את משך המחזור, עוצמת הגל במערכת תלת-פזית מבוטאת בשני פרמטרים: גודל המתח והאזוון, או הסימטריה, בין שלושת הרשתות, הצורה מוצאת ביטוי במקדם העיוות ה- מראה עד כמה דומה גל המתח לגל הסינוס.

למה סינוס?

גל סינוסי הינו רק אחד מתוך הרבה צורות גל אפשריות: מלבני, שן-מסור, פרבולי ועוד. ביחברת החשמל ננקטים אמצעים לייצר, לשמור ולחלק גל מתח חילופין קרוב עד כמה שאפשר לגל הסינוסואידלי והאת על-ידי מבנה הרוטור בגנרטורים, ליפופי הסטטור ומבנה וקבוצות ה- חיבור של הטרנספורמטורים.

גל הסינוס הינו הגל המחזורי הרצוף היחיד אשר לגביו הנגזרת של הפונקציה דומה לפונקציה עצמה, בצורתה.

עובדה מתמטית זו מתבטאת באחידות צורת גלי המתח והזרם בכל הרכיבים הליניאריים של מעגלי זרם החילופין וצירופיהם.

אינג' נ. אליאש — סגן מנהל יח' המעבדות המרכזיות ובקרת איכות, חברת החשמל.

מאפשר טיפול באמצעות דיאגרמה וקטורית. למרות היות הקרוב מתאים בדרך כלל למציאות אין כשכוח כי המציאות הפיסיקלית היא מסובכת יותר והחישובים מהווים קרוב בלבד.

כאן המקום לציין כי למקדם ההספק $(\cos\psi)$, המוגדר באופן ברור לגבי גל סינוסואידלי, יש הגדרה שונה במקרה של מעוות והיא:

$$\cos\psi = \frac{P}{U \cdot I}$$

הצגה של השפעת אינדוקטיביות טהורה וקיבול טהור על צורת גל הזרם במתח מעוות תמחיש את מורכבות הנושא ואת חשיבות נקיון הרשת. הערך האפקטיבי של כל אחד מרכיבי גל הזרם יחושב לפי:

$$I_n = U_n / n\omega L$$

ואילו הערך האפקטיבי של הגל כולו:

$$I = \frac{1}{\omega L} \sqrt{\frac{U_1^2}{1} + \frac{U_3^2}{9} + \frac{U_5^2}{25} + \dots + \frac{U_n^2}{n^2}}$$

כלומר — גל הזרם באינדוקטיביות טהורה יהיה פחות מעוות מגל המתח, כיוון שעם גידול סדר ההרמוניקה יגדל גם ערך הריאקטנס של האינדיקטיביות. גל הזרם בהרמוניקה זו יקטן בהתאם והשפעתו על הערך האפקטיבי תהיה קטנה ככל שהגל עליון יותר.

אם ניתן את אותו גל מתח על פני קבל נקבל גל זרם שונה לגמרי. הערך האפקטיבי של כל אחד מרכיבי גל הזרם יחושבו לפי:

$$I_n = U_n n\omega C$$

ואילו הערך האפקטיבי של הגל כולו:

$$I = \omega C \sqrt{U_1^2 + 9U_3^2 + 25U_5^2 + \dots + n^2 U_n^2}$$

כלומר גל הזרם בקבל הינו הרבה יותר מעוות מגל המתח וזה מכיוון שהריאקטנס של הקבל קטן בהרבה. פרופורציה לסדר הגל.

ציורים 2 ו-3 מבהירים זאת בצורה גרפית.

השפעות הזיהום

לצורך בהירות הדיון בנושא נגזיר מספר מונחים:

- א. „שינוי מתח“ — שינוי בודד של ערך גל המתח מערכו הנומינלי ΔU (ראה ציור 4)
- ב. „עוצמת שינוי מתח“ — ההפרש היחסי בין שינוי המתח למתח הנומינלי. $\Delta U/U$
- ג. „מספר שינויי מתח לדקה“ — $z=N/T$ היחס בין מספר שינויי המתח שנאפו בתקופה T, ב־דקות.

ההרמוניקה בעלת מקדם 1 נחוג לקרוא הגל ה־יסודי או הרכיב הראשוני של הגל. יתר הגלים מכונים — גלים עליונים.

גל מתח שבו חצי המחזור השלילי מהווה תמרינתי ואילו לחצי המחזור החיובי הממוצע על פני המחזור, הוא אפס ולכן רכיב הזרם הישר הוא אפס. בגל זה לא יופיעו הרמוניקות זוגיות. המצב שונה בגל מיושר; בפרוק יופיעו גם הרמוניקות זוגיות וגם איזוגיות וכמו כן רכיב ממוצע או רכיב זרם ישר.

לשם מציאת ערך גל הזרם יש לטפל בכל הרמוניקה בנפרד ולהתאים לה את ערך האימפדנס הנכון בהתאם לתדירות. גל הזרם, בדרך כלל, יחיה בעל צורה שונה מגל המתח (אלא במקרה של גל סינוסי וקי) ונוסחתו תהיה:

$$i = I_0 + \sum_{n=1}^n I_n \sin(n\omega t + \psi_n)$$

את הערך האפקטיבי של גל מעוות ניתן למצוא בעזרת הגדרתו:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

ובאמצעות ניתוח מתמטי ניתן להוכיח כי:

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots} = \sqrt{\sum_{n=1}^n I_n^2}$$

ואלו שה־כ העיוותים:

$$I_{t\%} = \frac{100}{I_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$$

והוא הדין לגבי גל המתח.

הספק של גל מעוות

מתוך ההגדרה הבסיסית של הספק תופעה מחזורית ניתן להראות כי ההספק של כל הרמוניקה והרמוניקה:

$$P_n = U_n I_n \cos\psi_n$$

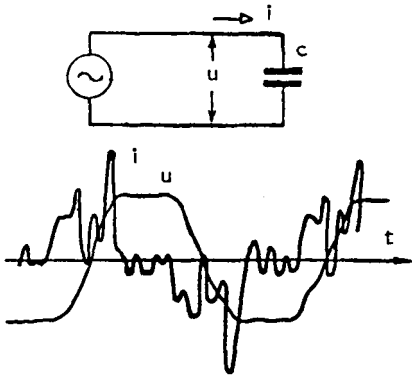
וההספק הכולל:

$$P = U_0 I_0 + \sum_{n=1}^n U_n I_n \cos\psi_n$$

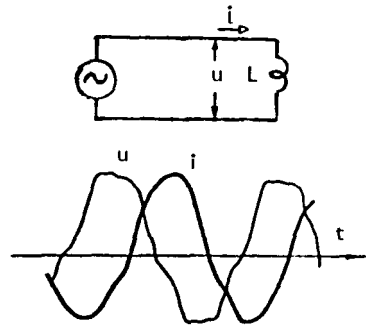
כלומר, ההספק הפעיל של גל מעוות — הינו הסכום של ההספקים הפעילים של כל הרמוניקות ורכיב הזרם הישר.

לעיתים קרובות, כאשר לא נדרש דיוק מירבי, מתייחסים את הגלים המעוותים בגלי זרם ומתח סינוסואידליים בעלי אותו ערך אפקטיבי. תחליף זה

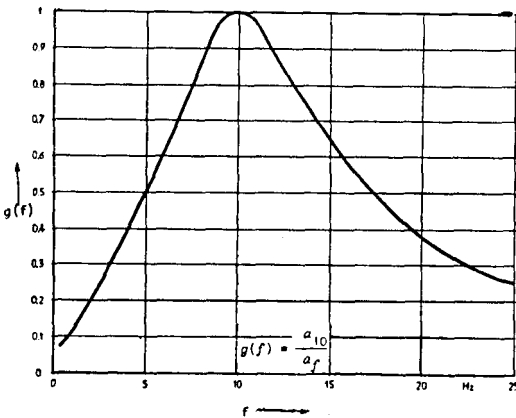
ציור מס' 3
גלי מתח וזרם בקיבול סהור



ציור מס' 2
גלי מתח וזרם באינדוקטיביות סהורה



ציור מס' 5
עקום איינחות שוות'ערך



ד. אי איזון במערכת תלת-פזית היא בקירוב טוב סטיה מכסימלית של אחד המתחים מהמתח הממוצע חלקי המתח הממוצע.

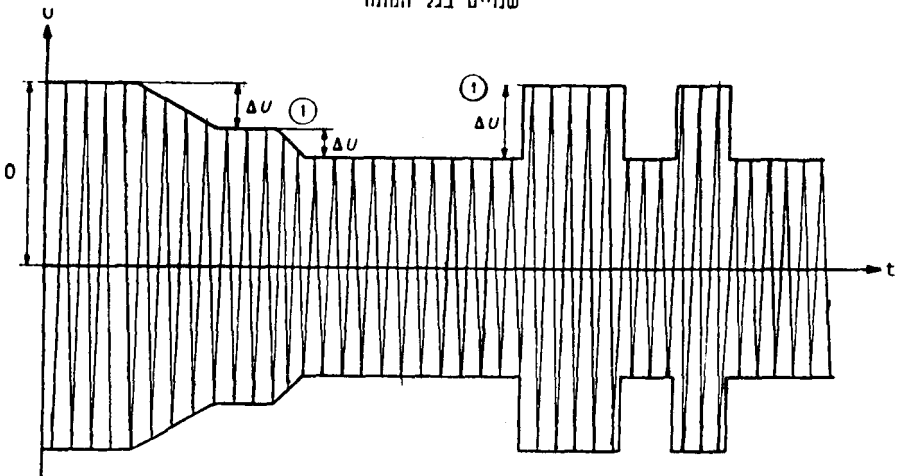
ה. „היבהוב” — רושם של שינוי בעוצמת ההא-רה, כאשר תדירות השינוי נמצאת בין מספר הר-צים בודדים לבין תדר — אשר בו הדמות נבלעת בעין ומתקבלת תנועה רצופה.

ו. „מנת היבהוב” — F — חוסר הנוחות הנגרם למי שחשוף להיבהוב בתדר 10 הרץ בעוצמה 1% למשך 1 דקה.

היבהוב בתדר שונה מ-10 הרץ יתורגם לפי עקום — אי נוחות — שווה ערך לאי נוחות המת-קבלת בתדר 10 הרץ. (ראה ציור מס' 5)

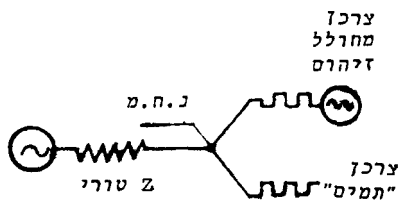
$$F = \int_0^T a_{10}^2 dt ; \quad a_{10} = g(f) \times a_f$$

ציור מס' 4
שנויים בגל המתח



צרכן „המזהם” יושפע מזיהום זה. (ראה ציור מס' 6)

ציור מס' 6
נקודת חיבור משותפת



חיבור וניתוק

האוויר מהווה כידוע חומר בידוד טוב עד לעוצמות שדה של 20 ק"ו למ"מ בערך, בעוצמות שדה גדר-לות יותר, האוויר נפרץ. סגירה ופתיחה של מעגל חשמלי מלווה בתופעות פריצה עם התקרבות מי געי המפסק. בפרק הזמן הקצר שלפני הסגירה הגלונית של המעגל, נפרץ מירווח האוויר ופורץ ניצוץ המקדים את הזרם החשמלי במעגל. פריצה זו מתבטאת בתנודות מתח בתדר מספר מגהרצים אולם לתקופות זמן קצרות (חלקי מילי שניות).

תופעה דומה, אך מסובכת יותר, מתרחשת בזמן ניתוק מעגל. ניתן להבחין בתופעות אלה במקלטי הרדיו והטלוויזיה. תופעה זו של חיבור וניתוק יכולה לחול פעמים בודדות ועד אלפי ומאות אלפי פעם ביממה.

אחת המכונות בהן מתרחשת פעולה זו באופן רציף במשך כל פעולתה היא המנוע האוניברסלי (AC/DC). במידה ומנוע זה אינו מתוחזק כראוי: קולטור פגום, מברשות משופשות או לא מתאימות וכו', יהווה המנוע מקור לעיוותים ולגלי רדיו שיתפשטו בחלל ובמוליכי רשת החשמל.

תנור קשת היא אלמנט נוסף בו תופעות של חיבור וניתוק שיחיות בכל תהליך ההתכה. בגלל עקרויות הפעולה של התנור הוא מהווה מקור משמעותי תי לזיהום הרשת וסכנה למתקנים הקרובים, במיוחד לקבלים לשפור מקדם ההספק. בתהליך ההתכה ישנם פרקי זמן בהם האלקטרודות מקורצרות באופן מעשי ע"י חלקי ברזל (מותך ו/או מוצק), פרקי זמן אחרים בהם מופסק לחלוטין הזרם באחת הפזות ופרקי זמן נוספים המאופיינים ע"י קשתות יציבות (זהו המצב בו הסתיים תהליך התכה וכל המתכת נמצאת במצב נוזלי). תהליכים אלה מלווים בתופעות מעבר של שינויים קיצוניים בזרם הרשת, מפלי מתח, חוסר איזון בין הפזות ותדירויות רדיו: בקצור — זהום הרשת.

מכונות ריתוך בקשת הינן תנורי קשת בזעיר-אנרגיה אך נפוצות הרבה יותר.

בזמן ניתוח ההשפעה המזיקה של עיוותי המתח יש להתייחס לשלושה היבטים:

א. נזק לציוד בקרה אלקטרוני בעל רגישות לנתר, כולל לציוד בו מנוצל התדר כאמצעי למדידת זמן.

ב. איבודים חשמליים התלויים בתדר ובמתח עלולים לגרום לחומרי בידוד לחימום יתר ונזק. ג. השפעות אלקטרומגנטיות — היסטריזיס, מערבולת, ואחרים — תלויים כמידה זו או אחרת בתדירות ובצורת הגל, ומהם נובעים מומנטים פריזיים והפרעות לתקשורת טלפונית.

נתרכז בשני האחרונים כי הראשון הוא מורכב ושונה ממקרה למקרה.

השפעת העיוותים על חמרי הבידוד מורגשת במיוחד בקבלים. בתקנים הלאומיים והבינלאומיים ניתן לכוך ביטוי.

כיוון שזרמי ההרמוניקות בקבל גדולים עם גידול סדר ההרמוניקה, מותרות הרמוניקות נמוכות בהרמוניקות גבוהות יותר מאלה שבהרמוניקות גבוהות; מ-35% להרמוניקה שלישית ועד ל-17% להרמוניקה ה-13. כל זה בתנאי שהקבל לא יועמס מעל ל-135% מההספק העיוור הנקוב שלו.

עם זאת יש תמיד לקחת בחשבון אפשרויות של תהודות הקבל עם אינדוקטיביות הקו והמקור להרמוניקות והסכנות הכרוכות בתהודה זו.

קבלים חשמליים חייבים לעמוד ללא נזק השפעת גל בעל 10% עיוותים, ועיוות של כל אחת מההרמוניקות לא יעלה על 7%.

השפעת אי האיזון ניכרת במיוחד בעלית הטמפרטורה של ליפופי המנועים (אי איזון בן 5% עלול להגדיל את עלית הטמפרטורה מ-60°C ל-90°C) השפעה זו מתבטאת גם בגליות של זרם מיושר ובאיבודים מוגדלים במערכת המסירה.

מחוללי-זיהום

כבר צויין כי חברת החשמל מייצרת ומספקת גל סינוס נקי וכי צרכנים ליניאריים יגרמו לגל זרם סינוסואידלי (ללא גלים עליונים). למעשה, כוללת המערכת אלמנטים לא ליניאריים וצרכנים שונים גורמים לתופעות מעבר ולזרמי הרמוניקות המהווים ביחד מחוללי זיהום.

זיהום גל הזרם ישפיע על גל המתח ביחס ישר לעומת זיהום גל הזרם, לזוית המופע של כל הרמוניקה והרמוניקה ולערך האימפדנס הטורי שביין מקור אספקת האנרגיה לבין הצרכן. ככל ש-הצרכן מחובר לרשת בעלת הספק קצר גבוה יותר (אימפדנס טורי נמוך יותר) תהיה השפעת העיוות קטנה יותר. אלמנטים במתקן הצרכן מחולל הזיהום יהיו חשופים לו, אך גם צרכן „תמיס" המחובר בנקודת חיבור משותפת (כ.ת.מ.) עם ה-

כאשר הריתוך נעשה באמצעות גנרטור + מנוע, קיימת הפרדה בין הקשת החשמלית לרשת-חברת החשמל ואילו במקרה של ריתוך באמצעות טרנס-פורמטורים (עם יישור או בלעדיו) קיימת השפעה ישירה של הקשת על הרשת.

זרמי-מיגנוט

הברזל כידוע אינו אלמנט ליניארי ולכן ההנחה כי סליל בעל גרעין ברזל הוא בעל אינדוקטיביות קבועה — היא הנחה מקורבת בלבד.

מעבר לנקודת העבודה נכנס הברזל לרוויה, והי-אינדוקטיביות קטנה באופן משמעותי. לכך נוסף פת עוד תופעת ההיסטריזיס המעוותת את צורת גל הזרם בהשוואה לגל המתח ולשטף.

כל זאת נכון במצב יציב. בזמן חיבור מעגל בעל סליל וגרעין ברזל למתח חילופין חלה תופעה נר-ספת המותנת במגנטיות השיווית של הגרעין וב-רגע חיבור המעגל. תופעה זו מתבטאת בזרמים רגועים העלולים להגיע במקרים קיצוניים ל-15 פעם הזרם הנומינלי. תופעה זו דועכת תוך עשרות עד מאות מילי שניות בהתאם לתנאי המעגל.

(Inrush current)

עומס משתנה

כאשר חל שינוי בעומס, משתנים גם הזרם ומפלי המתח בהתאם. אחת מהמכונות המהווה עומס משתנה שגורם להרבה מטרידים הוא הדחסן. פעולת הדחיסה בבוכנה היא פעולה לא ליניארית ובהתאם למספר הבוכנות ולמהירות הפעולה יש-תנה העומס על הרשת שילווה בשינוי מתאים של הזרמים ומקדם ההספק וכך עלול להגרם מטריד היבוב בנוסף למטרדי הזיהום ה"רגילים".

התנעת מנועים

התנעת מנוע מהווה צירוף של תופעות זרמי מיג-נוט ועומס משתנה. מלבד הבעיות הכרוכות ב-הבאת המכונה ממצב מנוחה למצב תנועה חלות גם התופעות של גל זרם משתנה בזמן, המהווה מקור לעיוותי גל המתח.

תופעת עיוות מיוחדת תחול בזמן ניתוק מנוע ו-חיבורו אחרי פרק זמן קצר (לפני עצירתו)

קבלים

בזמן חיבור קבלים לרשת יהיה זרם החיבור גדול במיוחד כי לפונקציית מדרגה מהווה הקבל אפס אימפדנס, ובאופן מעשי יגיע הזרם לעשרות ואף מאות פעם הזרם הנקוב של הסוללה. זרם זה ילווה בתנודות מטרסונות בתדר המאות ועד מאות אלפי הרץ בהתאם לתכונות הקבל והרשת.

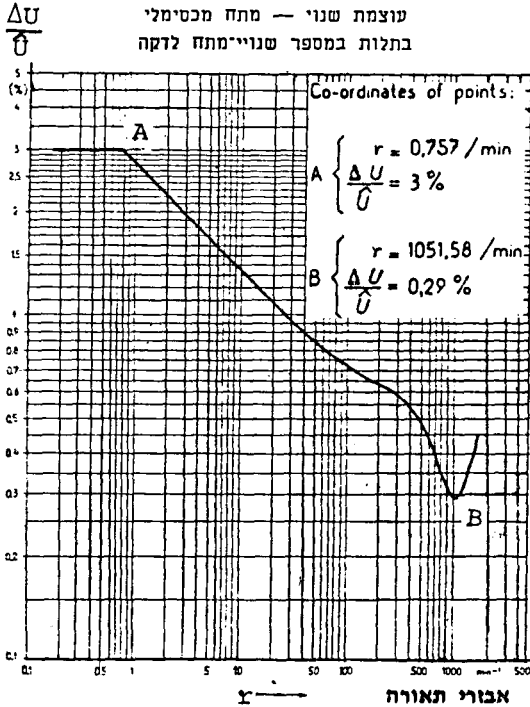
ניתוק קבלים מהרשת מלווה במתחי יתר. באופן מעשי הניתוק לא יחול בזימנית בשלוש הפזות. הקבל המחובר לפזה שנותקה ראשונה ישאר במתח

המתאים לרגע בו חל הניתוק בעוד שתי הפזות האחרות מחוברות עדיין, הניתוק המלא יתרחש כאשר סוללת הקבלים נמצאת במצב טעון ובהתי-אם — יתקבלו מתחי יתר. מתחים אלה עלולים להזיק לקבלים ולאמצעי המיתוג ולגרום לפריצה חוזרת (Restrike) וכתוצאה ממנה להלם מתחי יתר הגדולים פי כמה מהמתח הנומינלי.

מניעת סכנה זו מחייבת שימוש במפסק מהיר ללא פריצה חוזרת ואמצעים נוספים. הקבל עצמו מייצר גלים עליונים אך מכיוון שהריאקטנס שלו משתנה ביחס הפוך לתדר, די בעיוות קטן בגל המתח כדי לגרום לעיוות ניכר בגל הזרם; לכן גם מחייבים התקנים הלאומיים השונים כי הקבלים יוכלו לעי-מוד ללא נזק בהספק עיוור גדול יותר ב-25% מהנקוב. זרמים ניכרים בתדרי ההרמיניקות עשוי-יים להגביר את מפלי המתח ובמקרים קיצוניים, בשלוב עם מקורות כמו תנורי קשת או אינורטר-רים, עלולה לחול תהודה באחד מהגלים העליו-נים ובעקבות זאת ונזקים למערכת.

צירוס מס' 7

עוצמת שנוי — מתח מכטימלי
בתלות במספר שנוי-מתח לדקה



בעבודה רגילה נורות ליבון הן בעלות אופיין אר-מי. אולם בעת תופעת המעבר בה מתלהט חוט הלהט מטמפרטורת הסביבה לטמפרטורת העבודה. ההתנגדות גדלה באופן משמעותי ושינוי הזרם בהתאם.

בלל האינרציה התרמית הנמוכה של חוט הלהט

ג. בקרה על ידי רוחב פולסי הולכה.

ד. בקרת מחזורים שלמים.

כל אחת משיטות אלה ניתנת ליישום באופן חד-דרכי ובבקרת גל-מלא, ולכל אחת מהצורות תרומה משלה לזיהום הרשת.

כפי שהוזכר לעיל ניתן לפרק כל גל מעוות לרכי-בים סינוסואידליים לפי טורי פוריה, ובהתאם ל-אופי הרשת אפשר לטפל בכל הרמוניה והרמוניה. מקדם נוסף הראוי לציון הוא מקדם העיוות.

מקדם זה מוגדר על פי הנוסחה.

$$K = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} (I_n/I_1)^2}{1 + \sum_{n=2}^{\infty} (I_n/I_1)^2}}$$

בנוסחה זו כמו בנוסחאות הקודמות, מצוין n את סדר ההרמוניה. מקדם זה נותן לנו מידה ל-כמות הגלים העליונים בגל הזרם.

תופעות מעבר זאת של חיבור הנורה דועכת ב-זמן קצר.

לעומת זאת נורת הפריקה בגז (פלורסצנט, כספית וכו') גורמת לעיוותי זרם ניכרים הן בתקופת המעבר הארוכה יחסית והן במשך הפעולה ה-רגילה.

עיוות זה עלול להגיע ל-10% ויותר מערך גל הזרם והוא מושפע מסוג הנורה, מאופי המשנק הטורי ומערך המתח בהדקי הנורה.

חצאי מוליכים

פיתוח המיישרים המבוקרים (תיריסטורים) מהווה ללא כל ספק מהפכה משמעותית באפשרויות ניצול הזרם החשמלי. התיריסטורים מאפשרים לסגור ר-לפתוח מעלי זרם בכל זמן רצוי ובתדר כל שהוא — מחלקי הרץ ועד לעשרות אלפי הרץ.

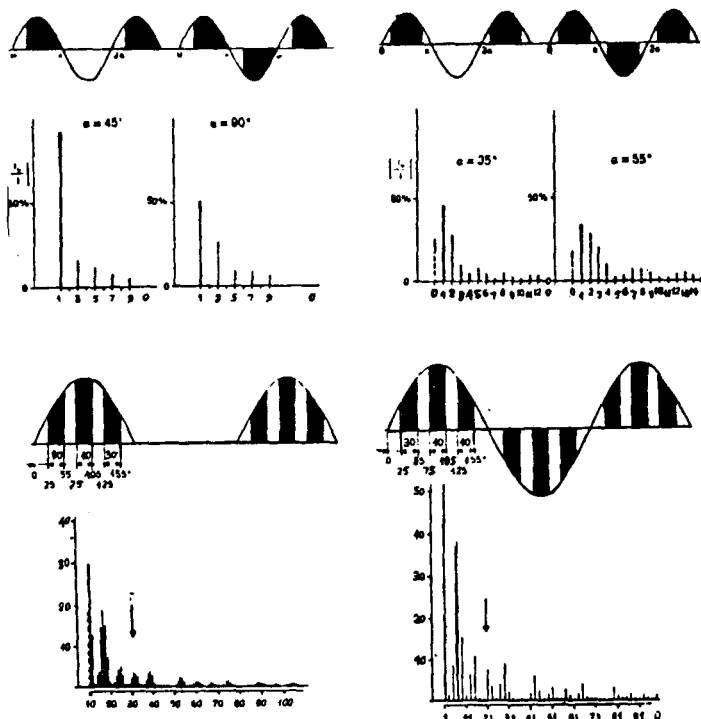
מכשיר מיתוג משובכלל זה מהווה מקור נכבד ל-גלים עליוניים בזרם ועיוותים וזיהומים בהתאם, בגל המתח.

את הצורות השונות של בקרת החספק על ידי מי-תוג תיריסטורי ניתן לחלק ל-4 שיטות עיקריות:

- בקרה על ידי זווית הצתה — כיבוי טבעי.
- בקרה על ידי זווית הצתה וזווית כיבוי — כיבוי מאולץ.

ציור מס' 8

צורות בקרת חספק תיריסטורי הרמוניקות בגל הזרם



אמצעים ליצוב התדר

תדר יציב הוא אחד המאפיינים של מערכת יציבה. תחנות הכח נעזרות בוותי מהירות משוכללים המבטיחים כי הגנרטורים יסתובבו במהירות קבירה ומדויקת של 3000 סל"ד. יציבות התדר מותנת בין היתר בהספק הכולל של המערכת. במערכות בין-ארציות בעלות קוים וחיבורים רבים בדומה למערכות באירופה או באמריקה התדר הינו יציב ביותר כך שגנרטור בודד או צרכן בודד כמעט רי אין באפשרותו להשפיע על שנוי התדר, במערכת הענקית.

לנו אין עדיין קשרי-אנרגיה חשמלית עם שכנינו ומצבנו מבחינה זו דומה למערכת חשמל באי. יציבות התדר תלויה בהספק תחנות הכח בישראל. עם זאת, גידול המערכת והוספת יחידות ייצור גדולות, מגדילים גם את יציבות התדר. ראוויה לציון מערכת השלת העומס (מ.ה.ע.) המ-סייעת בהגדלת יציבות המערכת. כאשר, מסיבה כל שהיא, התדר יורד מתחת ל-49.4 הרץ פועלת מ.ה.ע. ומפסיקה כמות מצומצמת של צרכנים וכך מקטינה את ההפרש בין החספק המיוצר וההספק הנדרש, ומאפשרת, — ע"י שנויים נדרשים בתחנות, כולל הפעלת טורבינות גז — לתדר לחזור לערכו הנומינלי (50 הרץ) ולחבר חזרה את הצרכנים ש-הושלו.

אמצעים ליצוב המתח

גובה המתח המגיע לצרכן בתנאי העמסה מש-תנים מחייב אמצעי בקרה וויסות גם בתחנות הכח וגם בתחנות הטרנספורמציה. אמצעים אלה חייבים לקחת בחשבון את אופי העומס (עוצמתו ומקדם ההספק בו ניצרך). גודל היחידות המבר-קרות כמו גם גודל החספק המבוקר, עלות הא-נרגיה וטובת הצרכנים מחייבים ומצדיקים אמצעי בקרה משוכללים.

בישראל בקרת האנרגיה החשמלית הינה ברמת טכנולוגיה גבוהה ביותר.

ווסתי המתח בגנרטורים מושפעים מאופי העומס (עוצמה ומקדם ההספק) ובהתאם לכך משפיעים ומשנים את רמת העירור ואת מתח ההדקים של הגנרטור.

גם הווסתים האוטומטיים של הטרנספורמטור-רים מושפעים לא רק מגובה המתח עצמו אלא גם מאופי הצריכה ובהתאם לאופי קווי ההזנה אל הצרכן משנים את מצב מחלף-הדרנות.

אמצעים להבטחת רציפות ההזנה

במגמה להבטיח את רציפות ההזנה יש לצמצם ככל האפשר את התקלות בצידוד מערכת היצירה, החלוקה והמסירה. במגמה זו יש לחזק מראש אותן נקודות בהן צפויות תקלות. פגיעה בבידוד

ציור מס' 8 מראה מספר צורות בקרת הס-פק, פילוג ההרמוניקות הנובע מהן ומקדם העיוות. היבטים המאפיינים את צורות בקרת ההספק ל-סוגיהן השונים מבחינת זיהום הרשתות:

— בבקרה חד-דרכית מופיעים גם רכיב ז"י וגם הנצרך (ביחס להספק המבוקר).

— בבקרה חד-דרכית מופיעים גם רכיב ז"י וגם גלים זוגיים.

בבקרת גל מלא — רק גלים איזוגיים (אין רכיב ז"י)

— בבקרת זיית ההצתה הרכיב הראשוני של ה-זרם מוזז ביחס לגל המתח כך שעומס אומי יראה כעומס אינדוקטיבי (גל הזרם מפגר אחר גל המתח).

— בבקרת רוחב הפולס ובבקרת זיית הצתה ו-כנוי אין הזזה בין רכיב הגל הראשוני של גל הזרם לבין המתח (עומס אומי יראה כאומי). בהקשר הנידון נשאלת לעתים השאלה בדבר הש-פעת הגל המעוות על קריאת המונה: ניתוחים מתמטיים ונסויי מעבדה הראו כי הספק העיוותים, אפילו בגל זרם מעוות מאד, מהווה רק אחוזים בודדים מהספק רכיב הגל הראשוני ושגיאת ה-מונה אף במקרים הקיצוניים, נמצאת בתחום ה-שגיאה הנומינלי.

אמצעים שחברת החשמל נוקטת לנקיון רשתות

חברת החשמל לישראל, מלבד היותה החברה הלאומית לשרות ציבורי בתחום החשמל יש לה גם ענין כלכלי בהבטחת רציפות האספקה ונקיון ה-רשתות.

כל הפסקת חשמל מהווה נזק למשק הלאומי, נזקים לצרכן שאינו יכול להשתמש באנרגיה ובו בזמן גם נזק לחברת החשמל שאינה מספקת בי-זמן זה אנרגיה ואינה מנצלת כראוי את מתקני היצירה והמסירה. החברה מעוניינת בהגדלת זרמי-ההרמוניקות ועיוותי גל המתח מהסיבות הבאות:

א. אסור שצרכן אחד יגרום לזרמי הרמוניקות ועיוותים בגל המתח אשר עלולים לגרום נזק או פעולה לא נכונה למתקני צרכן שני (כולל מתקניה העצמיים של החברה שמבחינה זאת גם הם בחז-קת צרכנים).

ב. אסור שכתוצאה מעיוותים קלים (וקבילים) הנגרמים על ידי מספר רב של צרכנים ייגרמו נז-קים מצטברים והפרעות לצרכנים, "תמימים" כמו גם לצרכנים יוצרי העיוותים הקלים.

לכן משקיעה החברה משאבי ממון, ידע, צידוד ר-כה אדם בצעדים מתוכננים ובאמצעי מנע והגנה מגוונים להבטחת נקיון הרשת.

חלק מאמצעים אלה נסקור להלן:

למשל תלויה בתופעת "קצר" ובנוק לצידו, לרצי-
פות ההזנה שינויים בתדירות ופגיעה ביציבות ה-
מערכת.

בין מרכיבי מערכת ההגנה המשוכללת שנועדה ל-
שפר את רציפות ההזנה ראוי לציון הממסר לחי-
בור חוזר האוטומטי.

אלמלא היה קיים הממסר לחיבור חוזר היתה
כל הפרעה חולפת ברשת כתוצאה מפריצת בידוד
או מפגיעת ברק, מתבטאת בהפסקה ארוכה ל-
צרכן. שיטת החיבור החוזר האוטומטי מחזירה
את המתח לצרכן כעבור 0.1—1.6 שניות בקירוב
ובמרבית המקרים מנעו ניתוק ממושך. עם זאת
עלולים להיגרם גם מהפסקות קצרות אלה נזקים
למפעלים בהם יפלו קונטקטורים ויפסיקו פעולת
מכונות חיוניות ולעתים ללא צורך.

מדידות מעבדה בשדה הראו כי, במידה ועד להחז-
רת המתח לתיקנו לא חלה ירידה גדולה מדי של
מהירות המנוע, ניתן להשאיר את המנוע מחובר
כלי שהזרם בזמן החיבור יגרום נזק למערכת או
למנוע.

מובן שיש לדאוג לכיוון מתאים של הגנות הקיום
והטרנספורמטורים. השארת המנוע מחובר לפרק
זמן קצוב לאחר אפיסת המתח ניתנת להשגה ב-
אמצעים שונים.

ניטור איכות-הגל

הצעדים הבסיסיים שנוקטת החברה להבטחת צר-
רת גל סינטזואידלי ואספקתו במינימום עיוותים
כבר הוזכרו לעיל (מבנה הרוטור צורת הליפוף,
קבוצת חיבורים של טרנספורמטורים) גל נקי זה
עקול להיות "מזוהם" ע"י צרכנים בעיתיים וב-
מגמה לצמצם זהומים אלה יש צורך לזהותם ר-
לאחר את מקורותיהם. לצורך זה רכשה מעבדת
המחקר של חברתנו ציוד ניטור מיוחד (ויקר),
באמצעות ציוד זה ניתן למדוד ולרשום את ה-
עוצמה היחסית ואת זווית המופע של הגלים ה-
עליונים שברשת. הרמוניקות זוגיות ואי זוגיות,
מהראשונה עד להרמוניקה מס' 25, הן בגל ה-
מתח והן בגל הזרם, וכל זאת ברגישות ודיוק
גבוהים. מדידות אלה מאפשרות גם חישוב ופילוג
סטטיסטי של רכיבי ההזנה השונים לפי שעות
היממה, ימי השבוע וכדומה.

ציוד הניטור מופעל במטרה לסייע לצרכנים אשר
להם מקורות רבי עוצמה לזיהום הרשת ואשר הם
עצמם חשופים ראשונים ובעוצמה החזקה ביותר
לנזק מזיהום זה.

דוגמת אופיינית לסיוע כזה הוא הפעלת תנור קי-
שת הפעלה אופטימלית של ציוד יקר ועתיר
אנרגיה כולל חיבור סוללת הקבלים לשפור מקדם
ההספק ואפשרה, בין היתר, על ידי סיוע שקבל
הצרכן ממעבדת המחקר.

מלבד הסיוע המוזמן במקרים מיוחדים עורכת

חברת החשמל גם ניטור יזום בסביבות הצרכנים
החשודים בזיהום הרשת. הניטור נערך בנקודות
שונות במערכת למטרת איתור מוקדם של מוקדי
זיהום. עם זאת ראוי לציון כי עד עתה ארעו ב-
ארץ ובעולם רק מספר מצומצם של הפרעות גזר-
לות שניתן להצביע על סיבתם בעיוות הגל.

אמצעים שבידי הצרכן לנקוט לנקיון הרשתות

במערכת גדולה, השפעתו של צרכן בודד על כלל
המערכת היא קטנה. עם זאת ההשפעה על סביב-
תו הקרובה עלולה להיות מטרידה ומזיקה ומכיוון
שהניזוק הראשון עלול להיות הצרכן עצמו כדאי
לצרכן לצמצם את זיהום הרשת ולשמור על נקי-
יונה.

צעד ראשון בכיוון זה הוא איתור מקורות זיהום
אפשריים.

חלק ממקורות הזיהום פורט לעיל (מתנעים, מ-
נועים, דחסנים, רתכות, מיישרים — ואינוור-
טורים) אולם כל איש תחזוקה מכיר את הציוד
הבעייתי הפרטי שבמפעלו. הכלל שאחזקה טובה
משתלמת נכון גם לצימצום הזיהום. ציוד פגום
הינו מקור מוגבר לזיהומים.

התקון יהיה אינדיבידואלי לכל מכונה ומכונה.

לעיתים יהיה צורך לשנות מיקום צרכנים במפעל.
לדוגמה: הרחקת מכונות ריתוך מהמעבדה או מי-
מכונות אחרות בעלות בקרה ספרתית. הרחקה לא
במובן הגיאוגרפי כי אם במובן חשמלי — על ידי
חבור לשנאי הזנה שונה, או לפחות לקו זינה שונה.
באותם מקרים של מתקנים הרגישים במיוחד ל-
זיהום רשתות יש לנקוט אמצעי מניעה והגנה
בין אלה נזכר:

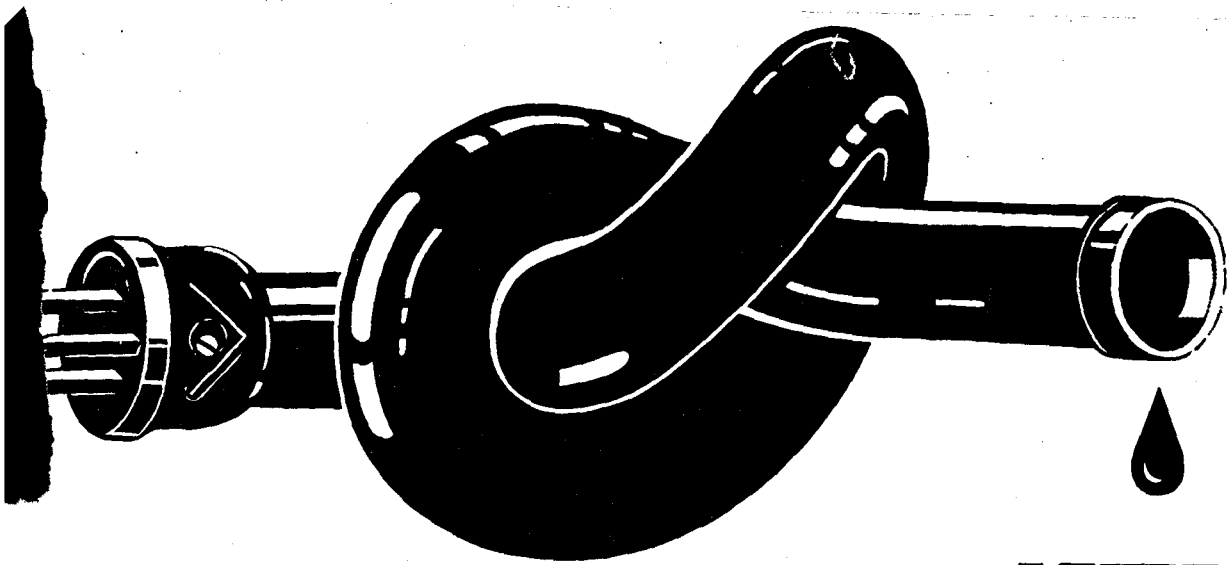
1. מפרצים להגנה בפני יתרונות מתח.
2. מייצבי מתח — טלולזיות ומערכות בקרה
ספרתית.
3. מוטור-גנרטורים — לאלמנטים הדרושים. הפ-
רדה מושלמת מרעשים חשמליים ומזיהומי מתח.
4. ספקים בלתי מופרעים (U.P.S.)
5. מסננות חשמליות.

בזמן בחירת ציוד חדש יש להתחשב מראש גם
בגורמי הזיהום והשפעת עיוותי הגל על הציוד.
יצרני הציוד ערים לבעיה, ולא רק מכח החוק
בארצם, וישיבו ללא ספק לשאלות בנודון.

סיכום:

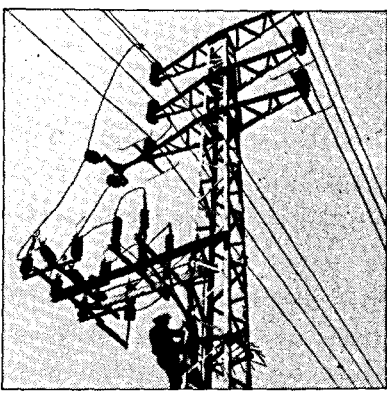
ההתפתחות הטכנולוגית ועלית רמת החיים יביאו,
ללא ספק להתפתחות צריכת החשמל אשר תקיף
שטחים חדשים וצורות בקרה מיוחדות. צורות חד-
שות אלה יצרכו חשמל בתדרים שונים ובצורות
שונות של גלי מתח וזרם.

עירנות מוקדמת ונקיטת צעדים מתאימים, טכנו-
לוגיים ותחיקתיים, יביאו לכך שהקידמה הטכנו-
לוגית תשאיר רשת נקייה ובלתי מזוהמת.

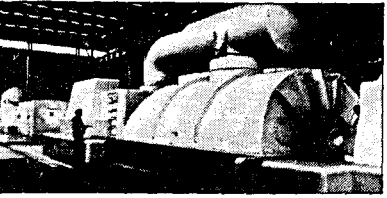


נפט - הטעם המר של החשמל

זה נכון, כל עוד יהיה די נפט. אין ברירה-מוכרחים לחסוך. גדולים וחזקים מאיתנו עומדים בפני בעיות כאלה-וחוסכים. נמשיך לעשות הכל כדי להבטיח אספקת חשמל תקינה למדינה אך אנו זקוקים גם לעזרתך-חסוד חשמל. חיסכון בחשמל לא יפגע ברמת החיים שלך. תתפלא, כמה חשמל וכסף תחסוך בעזרת מעשים פשוטים ויומיומיים. בימים הקרובים נפרסם באמצעי התקשורת עצות חיסכון מעשיות.



חורף 1980. בכל העולם-דאגה וחוסר יציבות מחירי הנפט משתוללים. לנו קשה להשיג נפט, אפילו במחירים גבוהים. הנפט הוא הטעם המר של החשמל.



תחנות הכוח שלנו שורפות מיליוני טונות של דלק מידי שנה לייצור החשמל עבורך. גם כאשר נפיק חשמל מפחם נזקק עדיין להרבה הרבה נפט. האמת היא שחסרים לנו בישראל הרגלי חיסכון בשימוש באנרגיה. אנחנו בטוחים שיש חשמל, שתמיד יהיה, כמה שנרצה, רק ללחוץ על הכפתור-והוא יבוא.

חברת החשמל לישראל

טוב שיש חשמל
חסוך-שלא יחסר