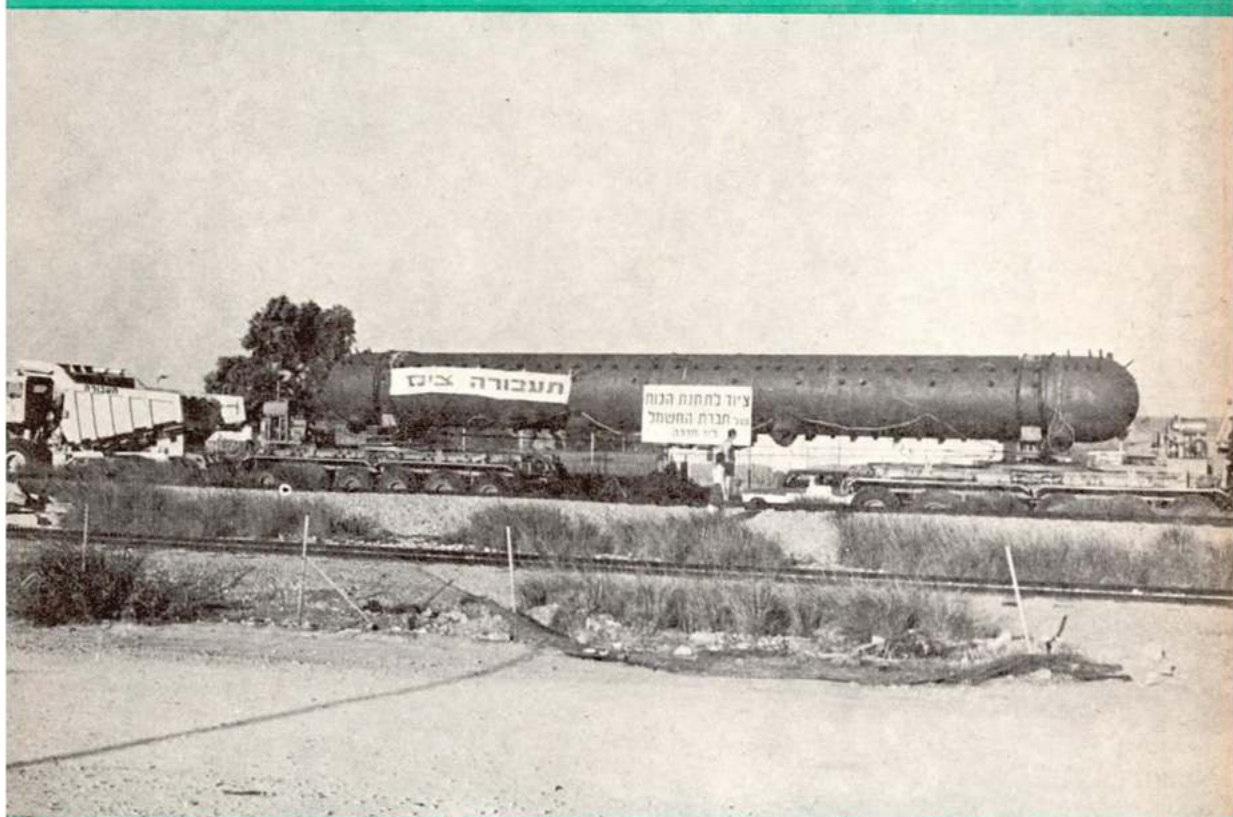


# התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



ספטמבר 1977

מס' 18

## תוכן העיניים

3	. . . . .	הודעה בענין איחוד התעריפים לצרכני התעשייה
4	. . . . .	מכתבים למערכת
5	. . . . .	העברת הציוד הכבד לתחנת הכוח החדשה מצפון לנחל חדרה
6	. . . . .	מערכות הגנה יעילות במתקן הצרכן
11	. . . . .	ההספק המחושב של מפעל
13	. . . . .	ימי עיון לחשמלאים — „התקעהמצדיע" בע"פ
14	. . . . .	שיטות שונות להנעת מנועים חשמליים
17	. . . . .	החישמול על גג הקומה ה-8 (תאונת חשמל)
18	. . . . .	רשיונות, כישורים מקצועיים ואיכות הביצוע
19	. . . . .	מפעל הידרואלקטרי ים-תיכון/ים-המלח
20	. . . . .	מתח בלתי צפוי (תאונת חשמל)

### מדור מודעות — שרות פרסומי

21	. . . . .	ניתוח עומס החשמל במערכת הארצית — מטרות ושיטות
27	. . . . .	הארקות והגנות אחרות — דעת המומחים מחו"ל
32	. . . . .	הקטנת האיבודים בקווי חשמל ובטרנספורמטורים
33	. . . . .	המעבדה הניידת לאיתור תקלות בכבלים
34	. . . . .	ספר חדש: חישובים לחשמלאי
36	. . . . .	המנוע האסינכרוני — כנגרטור אסינכרוני שימושי
39	. . . . .	פתרון החידון מס' 17

העורך:

א. לייטנר

המערכת:

צ. אביהר, מ. זיסמן, ל. יבלונובסקי,  
ז. ספורן, י. פישר, נ. פלג, ג. פרבר

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 ואופסט נורמן, חיפה.

**בשער:** העברת התוף מנגמל חיפה לאתר הבניה של תחנת הכוח החדשה מצפון לנחל חדרה.

פרטים נוספים על מבצע ההעברה — בעמ' 5.

# הודעה בענין איחוד התעריפים לצרכני התעשייה

באישור שר האנרגיה והתשתית חלים על הצריכה לתעשייה, החל מ-1.8.77 תעריפים אחידים לכוח ולמאור, הברירה האפשרית היא בין 2 האלטרנטיבות כדלקמן:

## \* תעריף א' לכח ולמאור לתעשייה ולמלאכה (סיווג התעריף בחשבון החשמל — 51)

חל על האספקה בבתי חרושת ובתי מלאכה.

פרט לתקופות שלגביהן בוחר הצרכן בתעריף ב' לכח ולמאור לתעשייה.

א. תשלום חודשי קבוע	15.00 ל"י
ב. תשלום בעז הקוטי"ש	

(נוסף לתשלום החודשי הקבוע לעיל)

אגורות	51.3	עד כל קוטי"ש עד 1,000 קוטי"ש בחודש
אגורות	48.3	עד כל קוטי"ש מעל ל-1,000 קוטי"ש ועד 2,000 קוטי"ש באותו חודש
אגורות	46.7	עד כל קוטי"ש מעל ל-2,000 קוטי"ש ועד 10,000 קוטי"ש באותו חודש
אגורות	45.7	עד כל קוטי"ש מעל ל-1,000 קוטי"ש באותו חודש

## \* תעריף ב' לכח ולמאור לתעשייה (סיווג התעריף בחשבון החשמל — 54)

חל על האספקה בחצרים תעשייתיים וחל לתקופה או לתקופות של 12 חודשים רצופים כל אחת, והתעריף לא יינתן לתקופה קצרה מ-12 חודשים רצופים;

הברירה בידי הצרכן לבחור בתעריף דלקמן:

(א) תשלום חודשי בעד ביקוש מירביישנתי

ל"י	300.00	עד 20 קוטי"ש הראשונים של ביקוש מירביישנתי או חלק מהם, בכל חודש
ל"י	15.00	בעד כל קוטי"ש של ביקוש מירביישנתי מעל ל-20 קוטי"ש באותו חודש

התשלום בעד ביקוש מירביישנתי ישולם לגבי כל חודש תוך תקופת תחולת התעריף, בין אם הצרכן צורך חשמל ובין אם אינו צורך חשמל באותו חודש.

(ב) תשלום בעד הקוטי"ש

(נוסף לתשלום בעד ביקוש מירביישנתי שב(א) לעיל)

אגורות	39.1	עד כל קוטי"ש עד 150 קוטי"ש לכל קוטי"ש של ביקוש מירביישנתי, בחודש
אגורות	33.7	עד כל קוטי"ש מעל ל-150 קוטי"ש ועד 300 קוטי"ש לכל קוטי"ש של ביקוש מירביישנתי, באותו חודש
אגורות	32.8	עד כל קוטי"ש מעל ל-300 קוטי"ש ועד 450 קוטי"ש לכל קוטי"ש של ביקוש מירביישנתי, באותו חודש
אגורות	29.4	עד כל קוטי"ש מעל ל-450 קוטי"ש לכל קוטי"ש של ביקוש מירביישנתי, באותו חודש

עם הכנס השינוי לתוקפו בוטל הצורך בהתקנת מערכות מניה נפרדות לכח ולמאור במתקנים תעשייתיים ויחולו ההסדרים הבאים:

### 1. כמתקנים חדשים

תנתן אספקה למתקני תעשייה אשר יתוכננו לפי מערכת מניה אחת — משולבת למאור ולכח.

### 2. כמתקנים חדשים שתוכננו למערכות מניה נפרדות וזרם חוזרו למערכת האספקה

מומני חיבורים מסוג זה שלגביהם הוגשה כבר הזמנה לאספקת חשמל, אך טרם בוצעה, יקבלו הודעה מחברת החשמל לגבי ביצוע החיבורים ואופן התקנת מערכת המניה.

### 3. לגבי צרכני תעשייה קיימים

חברת החשמל תברר את האפשרות להסרת אחד המונימים ואיחוד המניה, בכל מקרה בנפרד. הודעות בענין יישלחו על ידי החברה לכל הצרכנים הקיימים.

# מכתבים ומסר

## „קווים שמורים“ במבנה תעשיתי

האם רצוי להשאיר קווים „שמורים“ בזמן הקמת מבנה תעשיתי, דבר שגורר אחריו הגדלה במוליכים ובמובילים.

אברהם אפרים, חיפה

מאחר וגם התיכנון הטוב והמוזר ביותר אינו יכול להביא בחשבון את כל השינויים האפשריים שיידרשו בעתיד במתקן החשמל במפעל, רצוי לתת אפשרות להגדלת השימוש בהספק חשמלי.

דבר זה יכול להיעשות בכמה שיטות או שילוב שלהם:

א. התקנת מוליכים בעלי חתך גדול מהנדרש — דבר זה מחייב אמנם השקעה ראשונית גדולה יותר אך מקטין את איבודי התמסורת ויכול להיות כלכלי תוך תקופת זמן סבירה.

ב. התקנת מוליכים בחתך הצפוי לפי התיכנון אך בתוך מובילים (צינורות) בעלי חתך גדול מהנדרש עבור אותם המוליכים, כך שבעתיד ניתן יהיה להחליף את המוליכים הנוכחיים במוליכים בעלי חתך גדול יותר אם הדבר יידרש. הפרש המחיר הוא בדרך כלל אפסי.

ג. התקנת מובילים (צינורות) ללא שימוש בהם כך שבעתיד ניתן יהיה להעביר מעגלים נוספים לפי הצורך — אם דבר כזה נעשה בשעת הבניה, ה"ה" השקעה היא נמוכה והתועלת עשויה להיות מרובה אפילו אם ישתמשו רק באחוז אחד של המובילים השמורים כי התקנת מעגל אחד נוסף אחרי שה"מבנה על מוביליו כבר קיים תכסה פי כמה את ההשקעה בהתקנה רוברית של הצנרת.

## התקנת בית תקע בחדר אמבטיה

נוכח הצפת השוק בארונות לחדרי אמבטיה הכ"ל ליים בית-תקע, ברצוני לדעת אם ארונות אלו מתאימים להתקנה בארץ מבלי לעבור על תקנות החשמל. אומנם השימוש במפסק מגן לזרם דלף מקטין את סכנת ההתחשמלות, אולם השאלה היא אם הוא נותן מסיפיק בטחון בתנאי הרטיבות של חדר האמבטיה. אולי אפשר להשתמש בשנאי מבדל 220/220 וולט.

בירן בנימין, מגדל העמק

כיום התקנת בית-תקע בחדר אמבטיה אסורה ב"החלט לפי תקן 108 הקיים. נמצאות כרגע בעיבוד תקנות למעגלים סופיים, אשר בטייטא הנוכחית שלה, קיים היתר להתקנת בית-תקע בחדר אמבטיה בתנאי שיהיה מוזן משנאי מבדל 230/230 וולט (הספק של כ-20 וולט אמפר). בית תקע זה מיועד למעשה להפעלת מכשירים כגון מכונת גילוח חש-

מלית, מברשת שיניים חשמלית וכו' שהם עצמם בדרך כלל גם בעלי בידוד כפול. כל בית-תקע ה"מחובר ישירות לרשת החשמל אסור לחלוטין. נכון שמפסק מגן הפועל בורם דלף לאדמה והוא בעל רגישות של לפחות 30 מ"א יכול למנוע חישמול קטלני אך אינו מונע, בזמן תקלה, סכנה של הלם חשמלי, העלול להיות מסוכן ביותר במקום כגון אמבטיה.

## „התקע המצדיע“ ב„ערי-השדה“

ברצוני להביע הערכתי לימי העיון וכנסי „התקע המצדיע“ בע"פ אשר אתם עורכים מדי פעם בפעם בערי הארץ הגדולות ולהודות לכם על הרחבת ה"ידע שאתם מספקים למהנדסים ולחשמלאים בכך. אך ברצוני לבקשכם ליטול על עצמכם ארגון פתי-חתם של קורסים כאלה במקומות שונים בארץ, בערים הקטנות יותר, בעיירות פתוח וכו' היות וה"מאמצים להגיע אל הערים הגדולות, בהן מתקיי-מים ימי העיון שלכם, רבים מכדי שהצבור הרחב של החשמלאים יוכל לעמוד בו. אבקשכם ליטול את היוזמה בענין ובטוחני שצי-בור החשמלאים יכיר לכם תודה על כך.

חסון מאיר, טבריה

הננו לציון שמכתבים דומים התקבלו גם מקוראים נוספים מערים שונות.

מערכת „התקע המצדיע“ התייחסה לנושא בישי-בותיה האחרונות והגיעה לכלל החלטה להקים מועדוני „התקע-המצדיע“ בערי השדה.

הכוונה היא לערוך אחת לחודשיים-שלושה מפגש בשעות הערב אשר בו תהיה אפשרות ללבן בעיות טכניות מעשיות משותפות ההנוגעות לחברת החש-מל ולחשמלאים וכן נשתדל לנצל את מפגשי הערב הללו להדרכה בנושאים אקטואליים.

אנו מקווים שבזמן הקרוב תופעל התוכנית הלכה למעשה.

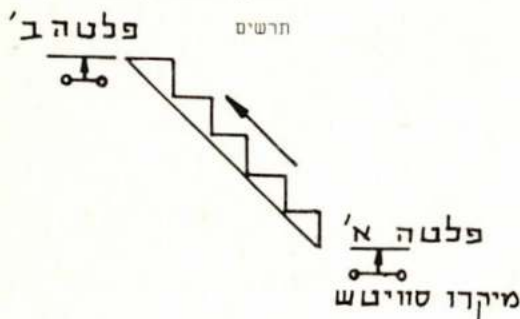
הערה: המעוניינים להצטרף למועדוני „התקע-המצ-דיע“ אשר יתקיימו בערי השדה במחוז הצפון: צפת, טבריה, עפולה, נהריה, חדרה ובמחוז הדרום: נתניה, פתח תקוה, רעננה ראשון לציון, רמלה, רחובות, אשקלון ואילת מתבקשים למלא את ה"פרטים בגלויות השרות המצורפת לעלון.

## חיסכון בתאורה בנורות פלואורסצנטיות

1) במפעלנו מותקנות כ-1400 נורות פלואורסצנט של 40 וט. בזמנו טענו שלא כדאי לכבות תאורה זו להפסקות הקצרות מ-1/2 שעה הואיל והזרם ה-

נעות פלטות עם מיקרו סוויצ'ים מתחתן — כך יפעלו המדרגות רק בשעה שאדם רוצה לעלות בהן. אפשר לנתק את מערכת הפיקוד בשעות העומס. אך בשעות שבהן אין קהל רב כדאי להפעילה. יש כמובן לדאוג לכך שאדם שעלה כבר לא יפסיק את פעולת המערכת אם עוד אדם נמצא על המדרגות הנעות.

איתן רוזנצוויג, פתח תקוה



דרוש להתנעתם בתוספת קיצור חיי הנורות יקר מהוצאות השמוש בחשמל ל-1/2 שעת פעולה. שאלתי, האם יחס זה נשאר עוד היום לאחר ייקור מחיר החשמל ומהו כיום זמן ההפסקה (נקודת האיזון) שבה כדאי לכבות נורות פלואורסצנטיות?

\*\*\*

גם במצב התעריפי הקיים נקודת האיזון (מבחינת החיסכון בחשמל) בין הכדאיות של ההפסקה לבין קיצור אורך החיים של הנורה, בגלל ההדלקה היחזרת, נמצאת בדרך כלל בסביבות 1/2 שעה. כלומר לא כדאי לכבות נורות פלואורסצנטיות כאשר מדובר בהפסקה שהינה קצרה מחצי שעה.

### הפסקת מתקנים לשם חיסכון בחשמל

2) באותו מפעל שני מפרחים גדולים לשאיבת אבק. אחד 110 כ"ס, השני 50 כ"ס. לשניהם התינה כוכבי-משולש. שאלתי היא אם כדאי לשם חיסכון בחשמל להפסיקם בזמן ההפסקות במהלך העבודה ומה אורך ההפסקה בו לא משתלם כבר להפסיק.

מיכאל שדה, קיבוץ הזורע

היות וזמני ההתנעה הם בסדר גודל של מספר שניות — למרות זרמי ההתנעה הגדולים מן היזום הנקוב — הרי איבודי האנרגיה הם יחסית קטנים לכן, באם מדובר בהפסקות מנועים בהספקים של 50 ו-100 כ"ס למשך 10 דקות ומעלה מספר פעמים ביום — ללא הפרעה לתהליך הייצור השוטף, הרי יש בהחלט להפסיקם ובכך להגיע ליחסכון של אלפי קוט"ש בשנה.

### סימול מתקני חשמל

האם קיים ספר אשר מכיל בתוכו את הסימולים היסטנדרטיים הבינלאומיים למתקני חשמל בתעשייה.

חדד בנימין, באר-שבע

בתקן ישראלי ת"י 758 מופיעים כל סימני הרכיבים החשמליים.

### יעול וחיסכון ב"מדרגות נעות"

בארצנו יש "מדרגות נעות" בנימוקים רבים. המדרגות הללו עובדות לרוב בכל שעות היום וגורמות לבזבז בחשמל.

לכן הצעתי היא להתקין לפני ואחרי המדרגות הי-

## העברת הציוד הכבד לתחנת הכוח החדשה מצפון לנחל חדרה

ביום שני 29.8.77, בחמש לפנות בוקר החלה חברת חשמל במבצע העברת הציוד הכבד מנחל חיפה לאתר תחנת הכוח החדשה מצפון לנחל חדרה. שבוע לפני כן הגיעה לנחל חיפה האניה "עליוזה" ועליה חמושה חלקים המיועדים לתחנת הכוח החדשה: 2 דודי קיטור, 2 סטטורים ושנאי אחד. משקלו של כל חלק למעלה מ-200 טון. מחיר כל החלקים — 70 מיליון דולר.

כדי לפרוק את הציוד מן האניה, העבירה חברת החשמל את המנוף הגדול שלה מאתר תחנת הכוח החדשה לנחל חיפה. המנוף הוא הגדול ביותר בישראל — משקלו 400 טון והוא מסוגל להרים מטען עד 600 טון.

לצורך מבצע הפריקה בוצעה עבודת תשתית מיוחדת ברציף, המנוף חונק במעגנים אל הקרקע. במשך חמישה ימים פרקו אנשי חברת החשמל את הציוד אל הרציף ולאחר מכן הוחל בהעברתו ליעדו. העברת החלקים נמשכה 5 ימים.

לאורך הדרך בוצעו עבודות מיוחדות: הוכשרו מעקפים סביב גשרים גדולים שהיה חשש פן לא יעמדו בעומס הגדול, וחוזקו גשרים אחרים. בתי מיכות ברזל ועץ. בהכשרת התוואי הושקעו כ-1 מיליון וחצי ל"י.

ההובלה הגדולה הבאה של ציוד לתחנת הכוח החדשה צפויה בינואר 1979 ובה יובאו לארץ 2 סטטורים ושני דודים. לפי המתוכנן תופעל היחידה הראשונה של התחנה בינואר 1980. ציפים כי בשנת 1983 יעבדו כל ארבעת יחידותיה של התחנה, בהספק כולל של 1,400 מגוואט.

# מערכות הגנה יעילות במתקן הצרכן\*

אינג' א. ירום

מערכות החשמל בשימוש הצרכנים מתוכננות בדרך כלל על ידי משרדים ומהני דסים יועצים ומבוצעות בידי קבלני החשמל, אולם במידה ומתרחשת תקלה במהלך העבודה של המערכת רובצת האחריות לתיקונה, במלואה, על האנשים הממונים על אחזקת החשמל במפעל.

תחזוקה נאותה של המערכת והבטחת מערך הגנה יעיל גורמים לאמינות המערכת ומבטיחים כי תפעל בצורה רצופה ובמינימום תקלות.

מערכת הגנה יעילה מוגדרת כמערכת המבטיחה רציפות מכסימלית באספקת החשמל על ידי סלקטיביות אופטימלית וכן הגנה אינדיבידואלית טובה לכל אחד ואחד ממרכיבי המערכת (מנועים, שנאים, מערכות אלקטרוניות, לוחות חשמל וכו'). בד בבד יש כמובן לתת את הדעת להשקעה הכרוכה בכך ומאידך לעוצמת הנזק אשר ההפרעה עשויה לגרום במקרה של תקלה הן למפעל והן למהלך הייצור התקין. סלקטיביות מערכת ההגנה נבחנת על ידי היכולת לנתק את התקלה בצורה שתאפשר פעולה תקינה של חלקי המערכת האחרים ותבטיח הפרעות מינימליות לתהליך הייצור.

## התקלות האפשריות במתקן

### קצר דו־פזי ותלת־פזי

תופעה זו נגרמת על פי רוב על ידי גוף זר המקצר בין הפזות. זה עשוי להיות כלי עבודה אשר נשכח בתום ביצוע העבודה על הדקי המנוע או על פסי צבירה, או פגיעה על ידי כלי מתכתי אחר. גורם אחר ומסוכן הינו יוניציזית המרחב שבין הפסים, אשר בא לידי ביטוי בהיווצרות קשת איטית של קצר לאדמה. יש מקום להזכיר גם את התופעה של קצרים המופיעים בין הפזות של מנוי עים וצרכנים אחרים למיניהם.

### קצר מלא או חלקי לאדמה

מקורו בחיבור מקרי של פזה לאדמה או לגוף מאורק. כמורכב קיימת אפשרות זליגה לאדמה בעקבות בידוד פגום. בתקלה מסוג זה טמונה סכנה גדולה הואיל וההגנה הקונבנציונלית (מג-נטית ותרמית) אינה חשה בהם תמיד, ואז עשוי הנזק להגיע למימדים גדולים. הפרעה זו עלולה להיות גורם מסייע ליוניציזיה של הסביבה הנזכרת לעיל ולהתפתחות קצר תלת פזי מלא המלווה ב־ שריפת המתקן כולה.

### העמסת יתר של מנועים וקוי זינה

כשמדובר במנועים באות תקלות אלו לידי ביטוי בבלימה מיקרית עקב תהליך העבודה, בהתנעה קשה וממושכת במיוחד (בלתי צפויה), בתפיסת

העוגן מסיבות מכניות, ובעצירה פתאומית לרגל ירידת מתח שחלה ברשת. בכבלי ההזנה מופיעה העמסת יתר בשעה שמקדם הביקוש של הצרכן גדול מהמתוכנן או שחובר עומס נוסף ובלתי צפוי.

### מפלי מתח

תקלות אלו נגרמות בעקבות הפרעות שחלות ברשת ההזנה או מפאת התנעות של צרכנים גדולים המוזנים מאותה רשת, ירידה פתאומית של המ־תח, או הפסקות רגעיות של מתח, מסוכנות משום שהן עלולות לגרום אחריהן שרשרת רצופה של הפרעות בתהליך הייצור או התנעות מחדש של מערכות אשר אסור לחזור ולהפעילן מיד לאחר נפילת המתח.

### עבודה בשתי פזות של מנועים

תקלה זו מתרחשת עם ניתוק פזה אחת במערכת האספקה עקב שריפת נתין, תקלה במגעי המפסק או המנתק.

בעבודה בשתי פזות של מנועים תלת־פזיים ה־עמוסים בעומס מלא, עשוי להוצר מצב בו הזרם בליפוף המנוע עשוי לחמם אותו עד לסכנת פרי־צה וקצר מלא בין הפזות שנשארו, או לגוף המנוע אם אין הגנה מתאימה.

בניתוח תקלה זו יש לבחון שני מצבים ברורים כדלהלן: ליפוף המנוע המחובר בכוכב או ב־משולש.

### שרטוט מס' 1

הזרמים הזורמים דרך ממסר תרמי בעבודה תלת־פזית, של מנוע מחובר בכוכב או במשולש.



\* תקציר ההרצאה שהושמעה בימי העיון התקע המצדיע בע"פ שהתקיימו בתל־אביב, ח'פה וירושלים.

## אמצעי הגנה

לאחר סקירת התקלות האפשריות נתייחס לאמצעי ההגנה העומדים לרשותנו, יתרונותיהם וחסרונותיהם בהתאם לסוג התקלה וזאת על מנת להפיק מהם את התועלת המירבית.

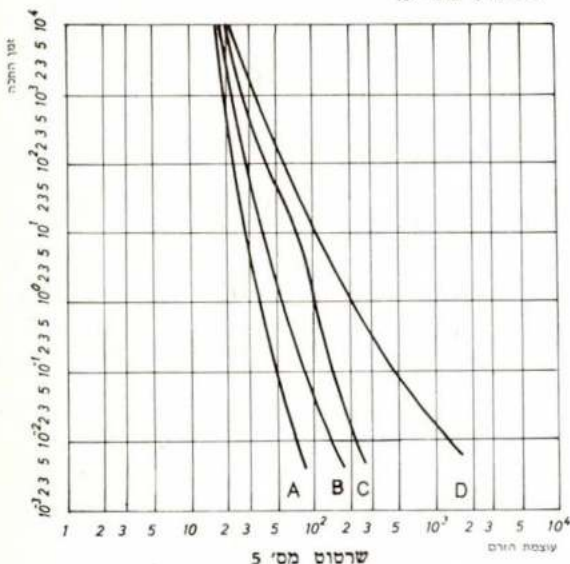
יש להניח שהמושגים של כושר ניתוק ושל אופיין "זרם זמן" ידועים הואיל ובלעדיהם אי אפשר לנתח את היעילות והסלקטיביות של מערכות ההגנה. מאחר שרוב העקומות של "זרם-זמן" מיצגות תוצאות סטטיסטיות, יש להתייחס אליהן כבעלות רוחב מסוים, כאשר על מנת להשיג סלקטיביות, מקורבים מאוד שתי עקומות של מערכות ההגנה בטור.

כאשר הממסרים האלקטרוניים יחדרו בקנה מידה רחב גם למערכות ההגנה למתח נמוך אפשר יהיה לצפות לדיוק רב יותר של הממסרים, דבר שיאפשר בניית סלקטיביות בטוחה יותר.

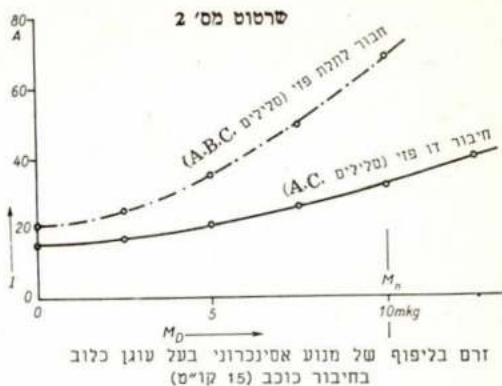
### א. נתיכים

אמצעי הגנה המשמש כהגנה בפני זרמי קצר. בארץ משתמשים בדרך כלל ב-3 סוגי נתיכים: אנגליים (למתקן ביתי בלבד), קונטיננטליים, ונתיכים בעלי כושר ניתוק גבוה. הנתיכים מאופיינים בכושר הניתוק ובזמן ההתכה אשר בא לידי ביטוי באופן "זרם זמן".

בהתאם לקריטריון זה ניתן להבחין ב-4 קבוצות נתיכים: "איטי", "איטי-מהיר", "מהיר", ו"מהיר מאוד" אופיינים מקורבים של "זרם-זמן" מופיעים בשרטוט מס' 5.

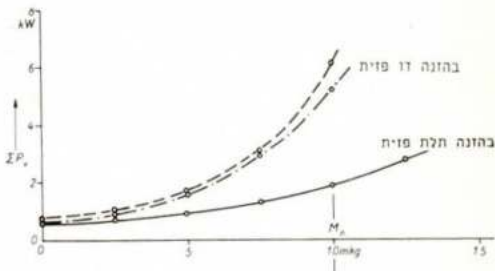


שרטוט מס' 5  
אופיינים מקורבים. זרם זמן של נתיכים למיניהם  
"איטי", "איטי מהיר", "מהיר", "מהיר מאוד"  
A B C D



שרטוט מס' 2  
זרם בליפוף של מנוע אסינכרוני בעל עוגן כלוב בחיבור כוכב (15 קו"ס)

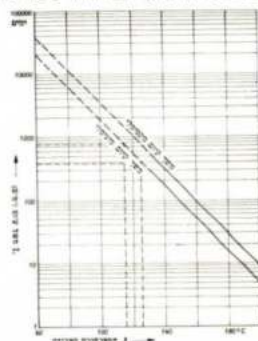
את הזרמים הפזיים והקווים של מנוע אסינכרוני בחיבור משולש, בהזנה תלת-פזית ודרפזית ניתן לראות בשרטוט מס' 8. בעבודה דרפזית גדלים בצורה ניכרת ההפסדים הכוללים של המנוע (ראה שרטוט 3) הגורמים לחימום יתר בסטטור וברוטור שלו.



### שרטוט מס' 3

סה"כ ההפסדים הנגרמים למנוע אסינכרוני תלת-פזי בעל רוטור כלוב, בהספק 15 קו"ס, חיבור כוכב.

חימום יתר של המנוע בעקבות העמסת יתר, עבודה דרפזית, או בשל תנאי איוורור גרועים משפיעים על אורך החיים של המנוע כמתואר בשרטוט מס' 4.

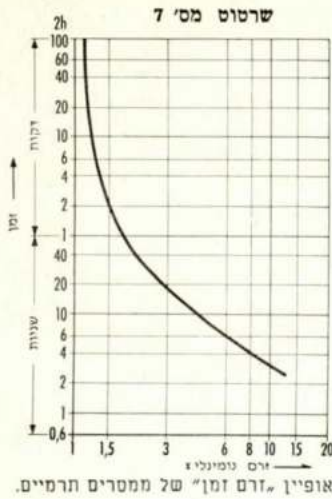


### שרטוט מס' 4

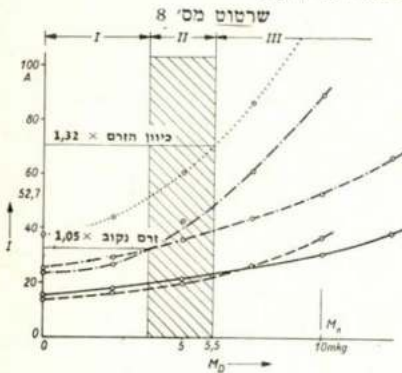
אורך החיים של ליפוף מנוע כתלות בממפרטורת העבודה (דרגת בידוד A)

## יתרונות הנתכים

1. מחיר נמוך יחסית בהשוואה למחירן של אבי טחות אחרות המשמשות אף הן כהגנה בפני זרם קצר.
2. כושר ניתוק גבוה — מאפשר שימוש בנתכים אף לצורך הגנה עורפית (Back-Up Protection) למיכשור אשר אינו עמיד בפני זרמי-קצר גבוהים.
3. כושר להגביל זרמי קצר (ראה שרטוט מס' 6).

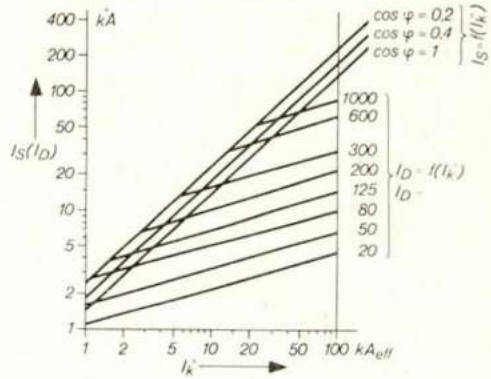


בדרך כלל מווסתים את הממסר התרמי בהתאם ל- זרם הנקוב (נומינלי) של המנוע. בבדיקת שינויי ה- זרמים הקווים והפזיים של מנוע אסינכרוני בעל רוטור כלוב בהספק של 26 קו"ט (חבור משולש) הפועל בהזנה דו פזית (פזה אחת מנותקת) נבחין בתחום II שרטוט מס' 8) כי קיימת סכנת שריפה בפזה עקב אי הפעלת הממסר התרמי בערכים מת- אימים של זרמי הקו.



זרמים פזיים וקווים של מנוע תלת פזי 26 קו"ט חייבור משולש.

- (A, B, C) ————— זרם פזי בהזנה תלת פזית  
 (B, C) - - - - - זרם פזי בהזנה דו פזית  
 (A) - · - · - · זרם פזי בהזנה דו פזית  
 (R, S, T) - - - - - זרם קו בהזנה תלת פזית  
 (R, T) ..... זרם קו בהזנה דו פזית
- הפתרונות היעילים להגנה בפני עבודה דו-פזית הם:
- א. יש להשתמש בממסר תרמי דיפרנציאלי המנצל את תכונת הדו-ממתכת; עקב התקררותו בגלל העדר זרימת זרם דרכו, גורם להקטנת המרחק ומשך זמן ההפעלה של מנגנון הממסר (שרטוט מס' 9).



## שרטוט מס' 6

הגבלת זרם קצר של נתכים.

## חסרונות הנתכים

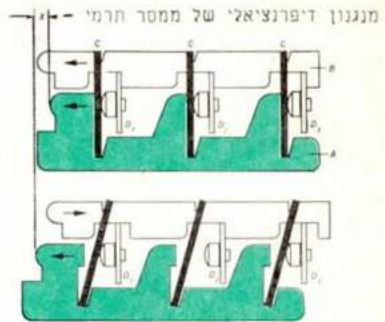
1. חוסר דיוק והעדר אפשרות לויסות.
  2. התיישנות אשר מקטינה את דיוק הנתוך.
  3. אפשרות שיותך רק נתיך אחד בלבד אשר מש- איר את המערכת בעבודה דו פזית.
  4. החלפת הנתוך כרוכה בעיות בטיחותיות ואיר- גוניות.
- על אף כל המגרעות שמנינו הנתוך עדיין מקובל ונמנה על אחד הרכיבים החשובים של מערכות ה- הגנה.

## ב. ממסרים ליתרת זרם

מטרתם הגנה בפני עליה בלתי רצויה של החום במנועים ובכבלים אשר עשויים לעבוד בזרם יתר (לא בתחום הגנת הנתוך) במשך זמן ממושך ולסכן על ידי כך את הבידוד ולקצר את אורך חיי המנוע והכבל. כידוע ממסרים תרמיים פועלים על בסיס עיקרון שינוי צורתו של רכיב דו- מתכתי, בתלות להתחממותו אשר נגרמת עקב זרי- מה ישירה של הזרם לצרכן, או על ידי רכיב עזר כגון גוף חימום, ובהתנעות קשות, שנאי זרם עם ברזל רווי.

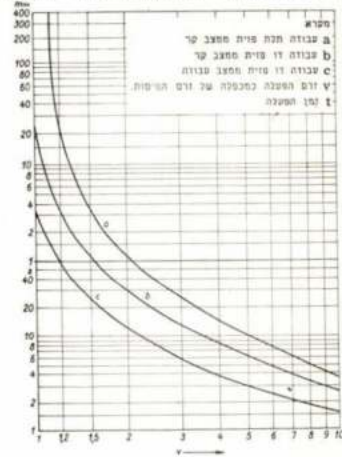
אופיין מקורב של "זרם זמן" המתייחס ל- הגנות תרמיות בשרטוט מס' 7.





שרטוט מס' 10

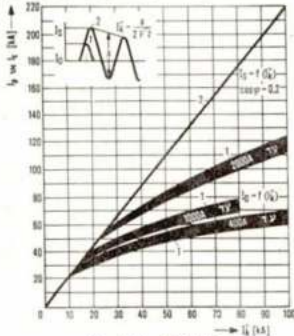
אופיין "זרם זמן" של ממסר תרמי דיפרנציאלי



נים בחום (תרמיסטורים) ובנויים בראשי הליפוף של המנועים ומגששים בצורה ישירה את טמפרטורת הליפוף. שיטה זו יקרה וכדאית רק עבור מנועים גדולים וחשובים במיוחד בתהליך הייצור.

ג. הגנה אלקטרו מגנטית

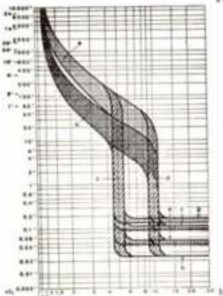
הגנה זו נועדה להגן נגד זרמי קצר, וידועה בשם הגנה מגנטית, הגנה דינמית או הגנה מיידית. ישנם מערכות הגנה מגנטיות אשר בנויות בצורה המאפשרת, על-ידי מנגנון מיוחד קינטי, הגבלת זרם הקצר שבמעגל המובטח על-ידי ניתוקו כבר בהתחלת התפתחות זרם קצר (שרטוט מס' 11).



שרטוט מס' 11  
הגבלת זרם הקצר

הממסרים האלקטרו מגנטיים והתרמיים בנויים בדרך כלל בתוך המפסקים האוטומטיים והחצי אוטומטיים אשר באים למלא את חסרונות ההגנה בעזרת נתיכים כדלקמן:

1. קיימת אפשרות כמעט בלתי מוגבלת לחיבור מחדש של המעגל המנותק ע"י הפעלת המפסק בלבד.
  2. הניתוק והחיבור נעשה בו זמנית בשלושת ה- הפזות.
  3. אפשרות רחבה של ויסות הזרם והזמן בהגנה התרמית והמגנטית, אשר באים כעזר לקביעת הסלקטיביות שבמעגל (השהיות זמן).
- אופייניים מקורבים, "זרם זמן" אפשר לראות בשרטוט מס' 12.



שרטוט מס' 12

אופיין "זרם זמן" של מפסקים אוטומטיים וחצי אוטומטיים.

כפי שצויין, בהתנתקות קשות מאוד משתמשים במשני זרם בעלי ברזל רווי על מנת להשיג השהיית זמן הפעלת הממסר בזמן ההתנתקה.

יש לציין שברוב המקרים אין המנועים עובדים בעומס המלא שלהם ואז יש לווסת את הממסר התרמי בהתאם.

עבור מנועים אשר עובדים בעומס משתנה, בין גבר- כות מרוחקים או עובדים לסירוגין, ההגנה התרמית אינה יעילה בצורה מספקת ויש לכן צורך בהגנה מיוחדת נגד עבודה בשתי פזות כגון ממסר חוסר מתח, ממסרים מגנטיים עם לפוף גשש חיצוני ל- מנוע וכו'.

בבחירת ההגנה התרמית לבנית הסלקטיביות של המערכת יש להתחשב בהפרשי הטמפרטורה של הממסר, אם הוא עובד במצב קר או במצב חם. הממסרים התרמיים נמצאים בשימוש כיחידה במע- גל טורי יחד עם נתיכים מתאימים ומגען (קונטקט- טור) או כאחת משתי ההגנות המותקנות בתוך המפסק האוטומטי או החצי-אוטומטי לצידה של הגנה אלקטרו מגנטית.

שיטה אחרת לאבטחת הגנה תרמית מלאה למנו- עים גדולים היא על ידי שימוש בנגדים אשר משת-

## דוגמה לקבלת סלקטיביות במתקן

לאחר שסקרנו את התקלות האפשריות במערכת, ומנינו את ההגנות האמורות להגן בפניהם ננסה עתה לבחור בהגנות המתאימות לשם השגת מטרת הסלקטיביות והיעילות האופטימליות. בחרנו בסכימה קונבנציונלית הכוללת שני 630 קו"א, לוח ראשי עם זרם קצר של 22 קילואמפר ולוח משני עם זרם קצר של 10 קילואמפר. לשם הפעלת שני המנועים של 15 קו"ט כל אחד, בחרנו:

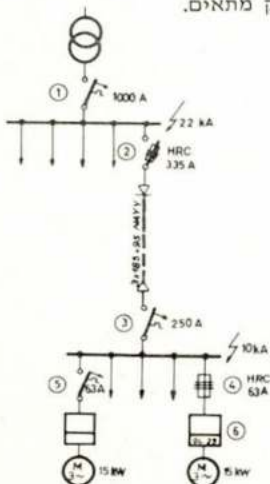
(א) בהגנה באמצעות מפסק חצי אוטומטי עם הגנה תרמית ומגנטית המווסתים לפי אופיין מס' 5 (המפסק עומד בזרם קצר של 10 ק"א). כדי להפעיל את המנוע מרחוק יש להוסיף למעגל גם מגען, יש לציין שהמפסק שבחרנו מגביל את זרם הקצר (10 ק"א).

(ב) באמצעות מגען עם ממסר תרמי (אופין 6) והגנה עורפית ומובטחת ע"י נתיכים עם כושר ניתוק (נבוה (H.R.C.) (אופין 4) ראה שרטוט מס' 13.

כמפסק הראשי של לוח המשנה בחרנו במפסק חצי אוטומטי (אופין 3). כאשר ההגנה בתחילת הקו היא בעזרת מנתק מבטחים (אופין 2). את פעולת המפסק מס' 1 אפשר לראות על האופין מס' 1.

במבט ראשון על שמירת עקרון הסלקטיביות ניתן להבחין שתנאי הסלקטיביות קיימים. אין לשכוח שכשהאופניים הם מקורבים בלבד ולכן קיימת סכנה של שילוב תחומי ההגנה אשר גורמים להחלשת הסלקטיביות הנראית לראשונה.

למרות זאת, ע"י מדידות במקום זעל ידי לימוד הנושא לכל מקרה ומקרה ניתן בתבונה להגיע לפתרון של סלקטיביות אופטימלית והגנה יעילה. כל האמור לעיל בר תוקף בהנחה שממלאים אחר דרישת עמידת הציוד בזרמי הקצר האפשריים עם כושר ניתוק מתאים.



שרטוט מס' 13

בבחירת זמני השהיה לשם בניית סלקטיביות להגנה מגנטית מפני זרמי קצר יש להתייחס בהירות רבה, כדי לא לגרום לעמידת הציוד בפני זרמי קצר גדולים וממושכים ועל ידי כך לאלץ הגדלת כושר הניתוק של הציוד. כאן באים המפסקים המצוידים במנגנון להגבלת זרם הקצר לאפשר בחירת ציוד חסכוני יותר.

## ד. ממסרים לזרם דלף

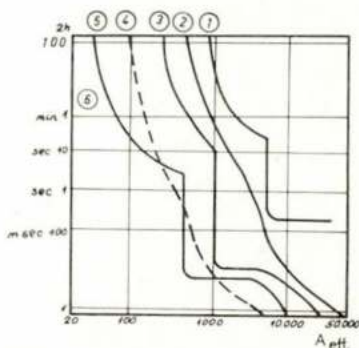
באים להגן על המערכת בפני זרם קצר חלקי או מלא לאדמה.

הואיל ומדובר במערכת מולח נמוך אשר בה התנגדות ההארקה גדולה יחסית למתח הרשת, זרמי הקצר לאדמה קטנים יחסית ובמערכות תעשייתיות בעלות מפסקים גדולים אין ביכולתם של זרמים אלו להיות גורם להפסקתם.

מצב זה גורם נזק רב למתקנים על ידי שריפת קשת עקב יוניזציה הסביבה, אשר עלולה לגרום לקצר תלת-פזי מלא (הריסת פסי צבירה). הגנת פחת ב"עזרת שני זרם דיפרנציאלי (מסכם) באה כדי לעזור ולגלות בעוד מועד הופעת זרם דלף וזאת בעזרת ממסר עזר להפסקת המפסק האוטומטי הגנה זו יקרה יחסית ולא נוהגים להרכיבה לכל צרכן וצרכן כי אם אך ורק על לוחות משניים של המחלקות או על לוח ראשי וזאת על חשבון הילקטיביות במקרים אלה.

אנשי האחזקה של מפעלים נמנעים משימוש בממסרי פחת (דלף) בעיקר בגלל רגישותם היתרה, במקרה שלא יודעים לווסת היטב את הממסר. בהפעלת מערכות תעשייתיות מופיעים לעתים זרמי דלף קטנים לזמן קצר. יש צורך לכן להכיר את המערכות, לווסת בצורה יעילה ביותר את הממסר ואז אפשר יהיה להפיק ממנה את מירב הסלקטיביות וההגנה היעילה. (ראה מאמר מפורט בנדון בחוברת 16).

כאשר מדובר על מערכות חשמליות רגישות וחסרות בות (רציפות מלאה של תהליך הייצור) משתמשים בממסרים ובגששים נוספים אשר באים למלא את החסרונות של ההגנות הקלסיות.



# ההספק המחושב של מפעל

אינג' א. י. איציקוביץ

בעת תכנון מיתקן החשמל של הצרכן (מפעל תעשייה, בית משרדים, בית ספר וכו') יש חשיבות רבה לדרך הקביעה ואופן החישוב של ההספק-המחושב של כל יחידת צריכה בנפרד (מנוע, מכשיר גוף תאורה), של כל קבוצת יחידות ושל סך הכל היחידות במפעל.

$P_i$  — ההספק הנקוב המירבי של המתקן (סכום ההספקים הנקובים של כל המכונות וה-מכשירים במתקן).

$P_C$  — ההספק המחושב המהווה למעשה את העומס המירבי הברזמני הצפוי במתקן.

$k_e$  — מקדם הביקוש שהוא ערך הנתון בטבלאות יש לציין כי הערך של מקדם הביקוש הוא היפונקציה של מספר גורמים: מקדם ההעמסה, מקדם הפיזור, נצילות יחידות הצריכה, ומקדם ניצול הרשת וקו החיבור המזינים את הצרכן.

$$k_e = \frac{k_i \times k_s}{\eta_1 \times \eta_2}$$

$k_i$  — מקדם ההעמסה — מבטא את היחס בין ההספק המירבי של המתקן למעשה לבין סה"כ ההספקים הנקובים של כל יחידות הצריכה.

$k_s$  — מקדם הפיזור — מבטא על ידי היחס בין ההספק הנקוב של יחידות הצריכה הצורכות זרם למעשה לבין ההספק הנקוב של סה"כ יחידות הצריכה במפעל.

$\eta_1$  — נצילות יחידות-הצריכה.

$\eta_2$  — מבטא את ניצול הרשת וקו החיבור המזינים את הצרכן.

## פרוט שיטת מקדמי הביקוש

לאחר שקבענו את ההספקים הנקובים המירביים  $P_i$  מכפילים במקדם הביקוש  $k_e$  עבור כל סוג של ציוד חשמלי וקובעים על ידי כך את ההספק-המחושב הפעיל את ההספק הריאקטיבי  $Q_C$  מחשבים לפי הנוסחה:

$$Q_C = P_C \times \operatorname{tg} \varphi$$

$$Q_C = P_C \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1}$$

$\cos \varphi$  הוא מקדם ההספק האופייני הנתון בטבלאות לגבי כל סוג של יחידת צריכה.

לאחר שמסכמים בנפרד את ההספקים המחושבים (האקטיבי והריאקטיבי) מקבלים את ההספק-המחושב של המפעל כולו  $S_C$ .

בהסתמך על ההספק-המחושב ניתן לתכנן בצורה טכנית-כלכלית טובה את המתקן הפרטי של הצרכן (מעגלים, לוחות משנה, לוח ראשי) וכן את גודל החיבור המוזמן בחברת החשמל דבר שמכתיב גם את תחנת הטרנספורמציה ואת הרשת ממנה יוזן הצרכן. הדברים אמורים גם לגבי תחנת הכח העצמית של המפעל, המתקנת במידה ויש בה צורך מבחינת אופן הצריכה ותהליכי הייצור במפעל.

קביעה נכונה של ההספק המחושב היא אחת הדרכים לתכנון משק החשמל של הצרכן בצורה חסכונית ואמינה הן בהשקעה הראשונית והן בהוצאות השוטפות: מצד אחד יימנעו השקעות מיותרות במתקן החשמל ומצד שני תובטח אמינות האספקה במפעל ותמנענה הפרעות לתהליכי הייצור. כמו כן עשויה להיות לקביעה הנכונה של ההספק המחושב השפעה חיובית על עקומת העומס של המפעל, שלא יופיע בה שיא ביקוש מוגזם מעבר לסדר הגודל שתוכנן בעת תכנון ההספק-המחושב. יש לציין שבארצות שונות קיימים כבר שנים רבות מדדים מקובלים ומוסכמים לקביעת מקדמי הביקוש בהתאם לסוג המפעל ויחידות הצריכה שלו, וזהו הבסיס העיקרי לתכנון ההספק-המחושב. בארץ טרם נקבעו מדדים רשמיים בנושא.

## השיטות לקביעת ההספק-המחושב

ניתן לקבוע את ההספק המחושב בכמה שיטות שהעיקריות שבהן:

א. שיטת מקדמי הביקוש: בשיטה זו משתמשים כאשר קיימות במפעל יחידות צריכה רבות.

ב. שיטת נוסחת "הבינום": שיטה זו מתאימה בעיקר למספר קטן של יחידות צריכה במפעל.

ג. שיטת זמן השימוש עבור ההספק המכסימלי המחושב: בשיטה זו משתמשים אך ורק בעת עריכת סקר טכני וכלכלי לצרכי תכנון המפעל.

בהמשך הדברים נתייחס לשיטת מקדמי הביקוש (שיטה א' דלעיל).

את ההספק-המחושב  $P_C$  מקבלים בידיעת ההספק הנקוב המירבי  $P_i$  בעזרת מקדם הביקוש  $k_e$  בהתאם לנוסחה:  $P_C = k_e \times P_i$

בטבלה מס' 1 נתונים מספר מקדמי ביקוש האופייניים ליחידות צריכה מסוימות (נתונים אלה שנבחרו מתוך טבלאות מקיפות מתבססים על מחקרים שנערכו בנושא בארצות מזרח אירופה).

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$$

כללי

מקדם ההספק הכולל המחושב של המפעל מתקבל מהנוסחה:

$$\cos \varphi = \frac{P_C}{S_C}$$

טבלה מס' 1

**מקדם ביקוש ומקדם ההספק עבור סוגים שונים של ציוד חשמלי**

cosφ	k <sub>e</sub>	סוג יחידת הצריכה
0.8	0.75	מנועים עם העמסה מלאה ופעולה רצופה: מדחסים, מאוררים, משאבות, סרט נע, מכונות ריתוך וכו'
0.6	0.20	מנועים לעבוד שבבי עם פעולה עצמית ומשטר עבודה רגיל מחרטות, מקדחות, כרסמים, וכו'
0.6	0.25	מנועים לעיבוד שבבי עם פעולה עצמית למשטר עבודה קשה.
0.6	0.25	מבלטות, מחרטות אוטומטיים, כרסמים עבור גלגלי שיניים.
0.65	0.45	מנועים לעיבוד שבבי עם פעולה עצמית ומשטר עבודה קשה במיוחד טחנות קמח, מכונות שבירה, מכונות חישול ועירגול מכבשים וכו'
0.45	0.10	מכונות חשמל עם פעולות לסרוגין: מנופים, עגורנים, רכבת כבלים וכו'
0.45	0.15	א. עם משטר עבודה קל ב. עם משטר עבודה קשה
0.95	0.60	מכשירי חימום, תנורים עם התנגדויות, תנורי ייבוש
0.35	0.37	טרנספורמטור קשת לריתוך
0.35	0.72	תנורי השראה בתדירות נמוכה
0.95	0.80	בתדירות גבוהה
0.85	0.70	תנורי קשת, יציקות פלדה
0.9	1.0	<b>מתקני תאורה</b> עבור חדרים עד ל-200 מ <sup>2</sup>
נורות ליבון	0.85	אולמות תעשייה — עם חדרים נפרדים
	0.95	בלי הפרדות
	0.90	משרדים, בתי ספר, מעבדות וכו'
	0.90	תאורת חוץ
	1	תאורת חרום

## דוגמת חישוב

הספק ריאקטיבי מחושב (קוא"ר)	הספק פעיל מחושב (קו"ט)	מקדם הספק (cosφ)	מקדם ביקוש (K <sub>e</sub> )	עומס מחובר P <sub>i</sub> (קו"ט)	סוג יחידות הצריכה
107	80	0.6	0.20	400	1. עבוד שבבי : מחרטות, כרסמים, מקדחות, טב"ל-תליטוש, מחרטות אוטומטיות, כרסמים עבור גלגלי שיניים
67	50	0.6	0.25	200	2. יציקות פלדה
416	160	0.35	0.80	200	תנורי השראה בתדירות נמוכה
17	10	0.45	0.10	100	עגרון עם משטר עבודה קל
11	15	0.80	0.75	20	משאבות ומאורר
618	315	0.45	0.338	920	סה"כ

טבלה מס' 2

מקדם ההספק הכולל המחושב:

$$\cos\phi = \frac{P_C}{S_C} = \frac{315}{691} = 0.45$$

$$K_C = \frac{P_C}{P_i} = \frac{315}{920} = 0.338$$

ההספק המדומה המחושב הכולל:

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$$

$$691 \text{ KVA} = \sqrt{315^2 + 618^2}$$

הערה: במקרה הנ"ל יש צורך לשפר את מקדם ההספק עד ל-0.92!

אנרגיה — **מר ש. ריטן**, מנהל המחלקה לסטטיסטיקה ולחקר שווקים בחברת ה"חשמל.

ג. הסברי רקע לקראת הסיוור בתחנת הכח — **אינג' ע. אוקון**, מנהל תחנת הכח בחיפה.

הסיוורים בתחנת הכח תוכננו ובוצעו בצורה יעילה ע"י **אינג' ע. קוצר** סגן מנהל התחנה ו**אינג' ד. שועלי**, מהנדס החשמל של התחנה.

ה. השאלות הרבות שהוצגו ע"י המשתתפים הת"י ייחסו הן לנושאי ההרצאות והן לבעיות מעשיות יומיומיות הקשורות במכלול יחסי העבודה הרגילים שבין החשמלאים וחברת החשמל.

נציגו מחוז הצפון שהתייחסו לשאלות ולהשגות: **אינג' ל. יבלונבסקי**, מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית.

**אינג' צ. אביתר**, מנהל מחלקת החיבורים ל-בתים.

## ימי עיון לחשמלאים — „התקע המצדיע" בע"פ — משולבים בסיוור בתחנת הכח בחיפה

ב. בתאריכים 24.8.77, 31.8.77 התקיימו ימי עיון לחשמלאים במתכונת „התקע המצדיע" בע"פ אשר שולבו בסיוור בתחנת הכח **חיפה**.

השתתפו למעלה מ-200 חשמלאים (מהנדסים, הנדסאים וטכנאים) ביניהם קבלני חשמל, יועצי חשמל, חשמלאי תעשייה וכו'.

ההרצאות היו כדלקמן:

א. שיפור מקדם ההספק, האספקטים הטכניים והכלליים — **אינג' א. רינד**, מנהל הרשת הארצית.

ב. מגמות בצריכת החשמל לאור משבר ה-

# שיטות שונות להתנעת מנועים חשמליים

אינג' ה. כהן

כלל חשוב הוא שברגע הפעלתו של מנוע, הן לזרם ישר והן לזרם-חילופין, מופיעות בו תופעות שאינן קיימות בזמן פעולתו הרגילה.

לכן, קיים במעגלים המניעים, חוץ מהציוד להגנת המעגל והמנוע, גם ציוד המיועד להפעלתו.

ציוד זה קיים בשוק בדגמים רבים ושונים, בהתאם ליצרנים השונים, ולפעמים הוא משולב עם חלקים אחרים של המעגל החשמלי. אולם עקרונות-הפעולה של כל הדגמים זהים.

## התנעת מנועים לזרם ישר

בעת ההתנעת מנוע לזרם ישר, העוגן עוד לא התחיל להסתובב והכח האלקטרו מניע (כא"מ) הנגדי ה" נוצר בעוגן שווה לאפס. הנוסחה הכללית של מנועי זרם ישר היא:

$$I = \frac{E - e}{R}$$

E — מתח המקור

e — נגדי (כח אלקטרו מניע) נגדי

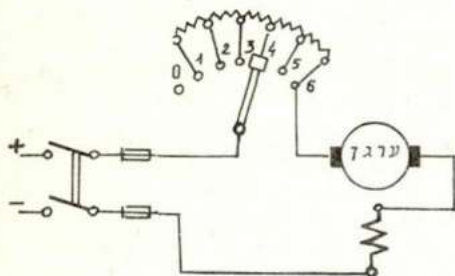
R — התנגדות המנוע

I — זרם

הערך של הכא"מ e, אשר תלוי במהירות העוגן, הוא קרוב למתח המקור E. ברגע התנעת המנוע e=0 והזרם גבוה מאוד (בסדר גודל של מאות אמפרים). לפיכך יש צורך להכניס התנגדות נוספת כתחליף לכא"מ הנגדי, שתאפשר התנעה הדרגתית של המנוע.

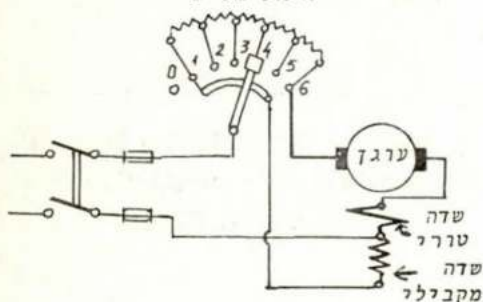
עם הגדלת מהירות העוגן הולך וגדל הכא"מ הנגדי ויש להוציא את ההתנגדות בשלבים מהמעגל. כאשר העוגן יגיע למהירות המירבית יש לנתק את ההתנגדות הנוספת מהמעגל. ריאוסטט הדרגתי, המותקן במעגל, מסוגל לעשות פעולות אלה. הריאוסטט יכול לשמש גם לוויסות מהירות המנוע. התקנתו במעגל לפי דגמי המנועים מודגמת בתרשימים הבאים:

שרטוט מס' 2



חיבור ריאוסטט להתנעת מנוע טורי

שרטוט מס' 3



חיבור ריאוסטט להתנעת מנוע מעורב

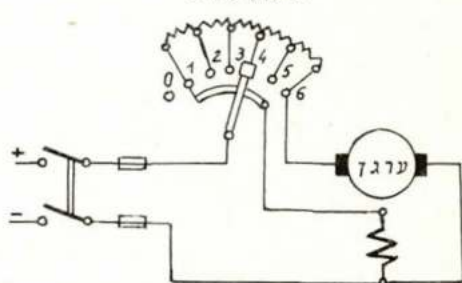
## התנעת מנועים לזרם חילופין

המנוע האסינכרוני עם רוטור כלוב הוא בעל יתרונות רבים ומשום כך נפוץ בשימוש. חסרונותיו העיקריים של מנוע זה הם:

- זרם-התנעה גבוה (פי 5 עד 8 מהזרם הנומינלי).
- מקדם הספק גרוע בזמן ההתנעה.

כדי למנוע השפעת התופעות הללו על המנוע והרשת יש להתקין במעגל המנוע ציוד המיועד להתנעתו. לפי התקן הקיים מותרת התנעה ישירה של מנועים

שרטוט מס' 1



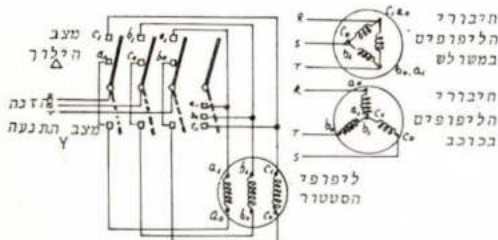
חיבור ריאוסטט להתנעת מנוע מקבילי

מוכן שבחיבור כוכב הזרם קטן פי שלושה מהזרם הנומינלי של המנוע. יש יזכור שבאותו זמן יקטן הזרם בסליל המנוע רק פי  $\sqrt{3}$ .

יש לציין באופן מיוחד שמנוע המיועד לעבוד בפעולה רגילה בחיבור כוכב במתח מסויים, לא ניתן להפעלה בחיבור משולש באותו מתח, כיוון שאז יגדל הזרם פי  $\sqrt{3}$  בליפוי. העברת חיבורי המנוע ממצב כוכב למצב משולש צריכה להיעשות כשמהירות המנוע קרובה למהירות הנומינלית שלו (90%—85% מהמהירות הנומינלית) אחרת יכולה להתקבל מכת"זרם כמעט כמו בהתנעה ישירה לקו.

להלן תרשים עקרון הפעולה של מתנע כוכב משולש:

שרטוט מס' 5



עקרון פעולה של מתנע כוכב — משולש

קיימים מתנעי כוכב — משולש שבהם ההחלפה ממצב כוכב למשולש נעשית באופן ידני ומתנעי כוכב — משולש אוטומטיים, עם החלפה אוטומטית של המצבים.

מתנעי כוכב — משולש אוטומטיים עדיפים בגלל דייקנות הפעולה וגם כיום שבדרך כלל הם משולבים עם חלקי ההגנה של מעגלי המנוע (הגנה נגד עומסי יתר וזרם-קצר) ומאפשרים הפעלה ואחזקה יותר יעילות.

### מתנע שנאי עצמי (אוטו-טרפו)

במתנעים אלה מחוברים ליפוי הסטטור בעמדת ההתנעה בטור עם ליפוי השנאי העצמי, כך שהזרם העובר דרכם קטן.

ההספקם אינו עולה על 3 כ"ס. במקרים מסויימים, עם אישור מראש מחברת-החשמל, מותרת התנעה ישירה גם של מנועים בעלי הספקים גדולים יותר. במנועים בגודל גדול מ-3 כ"ס, יש להגביל את זרם ההתנעה עלידי ציוד מיוחד, לפי צורת ההתנעה. צורות ההתנעה הנפוצות ביותר הן:

- התנעת כוכב — משולש.
- שנאי עצמי (אוטו-טרפו).

למנועי טבעות-מגע (עם רוטור מלוף) שיטת ההתנעה היא באמצעות „סטארטר“ (ריאוסטט הדר"גתי).

שיטות ההתנעה הנזכרות לעיל מקטינות את זרם ההתנעה וגורמות להקטנת מומנט ההתנעה ברגע הראשון לאחר הפעלת המנוע. משום כך יש לבחון תמיד אם השיטה הנבחרת (המתנע הנבחר) מקטינה את זרם ההתנעה לפי הנדרש ואם המומנט ההתנעתי לא הוקטן מתחת לדרוש להנעת המכונה.

### מתנע כוכב — משולש

כדי שניתן יהיה להתניע מנוע באמצעות מתנע זה חייבים סלילי ליפוף הסטטור לתאים לעבודה רגילה בחיבור משולש.

רק כך יקבל כל סליל פזה בזמן חיבור בכוכב, מתח קטן פי 3 מהמתח הקווי. לדוגמה, אם המנוע בנוי לעבודה במתח 380 וולט — כשסלילי הסטטור מחוברים במשולש וחיבורי הסלילים נהפכים לכוכב יקבל כל סליל 220 וולט. אם ההתנגדות האוהמית של הסליל היא 11 אוהם, בחיבור משולש הזרם שעובר דרכו הוא

$$I_F = \frac{380}{11} = 34.6 \text{ A}$$

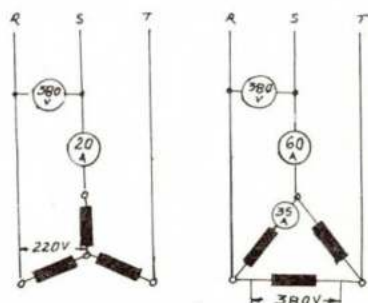
במקרה הזה יהיה הזרם ברשת:

$$I_L = \sqrt{3} I_F = \sqrt{3} \cdot 34.6 = 60 \text{ A}$$

בחיבור כוכב הזרם הפזי  $I_F$  שווה לזרם הקווי  $I_L$  אך המתח קטן פי  $\sqrt{3}$ . הזרם שיעבור בסליל בחיבור כוכב יהיה:

$$I_L = I_F = \frac{220}{11} = 20 \text{ A}$$

שרטוט מס' 4



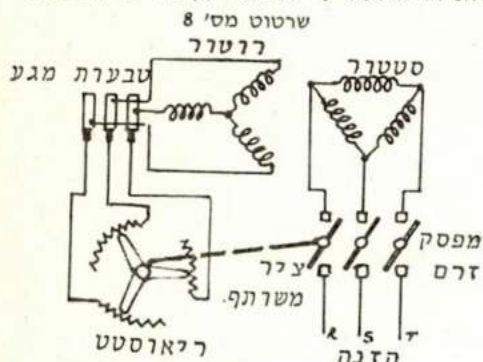
שלו, לכן אסור להפעיל מנוע באופן קבוע עם שנאי עצמי המיועד להתנעת המנוע בלבד.

## מתנע למנועים עם רוטור בעל טבעות

מנועים אסינכרוניים עם רוטור מלוּפף בעל טבעות מיועדים להספקים גדולים — וזקוקים לכוח התחלתי גדול. במנועים אלה המומנט ההתחלתי קטן על אף שהזרם ההתחלתי גדול.

שיטת ההתנעה של מנועים אלה היא חיבור ריאוס-טט בטרור עם ליפופי הרוטור באמצעות טבעות ופי חמים, כך שבשעת ההתנעה ההתנגדות הכללית של הרוטור גדולה מן הרגיל.

לאחר ההתנעה מקטינים באופן הדרגתי את התנגדות הריאוסטט עד לביטולה (קיצור הריאוסטט).

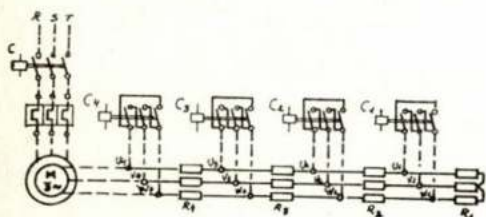


### עקרון פעולה של מתנע למנוע טבעות מנוע

הריאוסטט בנוי בצורת התנגדות משתנה של שלוש הפזות, כמתואר בציור, וההתנגדויות יכולות להיות עם קירור באוויר או באמבטיות שמן. כרגיל באותו ציר שמשמש לווסת ההתנגדויות ישנו גם שולב (Inter Lock), שתפקידו למנוע סגירת מפסק הזרם להזנת הסטטור לפני שהריאוסטט נמצא ב מצב „כולו בפנים“.

במתקנים חדישים נעשות כל הפעולות הללו על-ידי מערכת אוטומטית בעלת מנגונים וממסרי זמן, המ אפשריים התנעה קלה ונכונה של המנוע.

שרטוט מס' 9



טכמה להתנעה אוטומטית של מנוע עם רוטור בעל טבעות מנוע וארבע מדרגות הפעלה (איהן כוללת טכמה פיקוד).

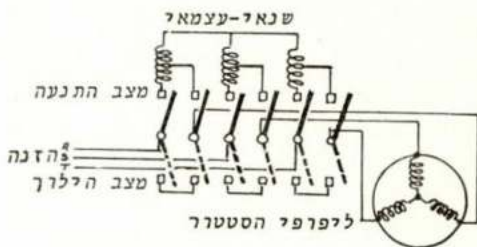
שרטוט מס' 6

המומנט הסיבובי וזרם הרשת בזמן ההתנעה יקטנו ביחס ריבועי ליחס הקטנת המתח וזרם ההתנעה במנוע יקטן ביחס ישר. בזמן ההתנעה יורד המתח ב קוטבי סלילי המנוע לחצי ממתח הרשת (190 ו') וה זרם הוא 60 א'. כיוון שיחס הזרמים שווה בהיפוך ל יחס המתחים בשנאי, הזרם הנדרש מהרשת יהיה רק 30 א'. אילו היה אותו מנוע מחובר ישירות לרשת היה דרוש זרם מלא כלומר פי שניים מאשר הוא מקבל דרך הטרנספורמטור (60 X 2 = 120 א'). הזרם הזה הוא פי 4 מהזרם הנדרש בהתנעה בעזרת שנאי עצמי (30 א').

בזמן ההזנעה יקטן המומנט ההתחלתי של המנוע גם כן פי 4, כי הוא ביחס ישר עם הזרם ועם השדה המגנטי הסיבובי.

בניגוד הרוטור למהירות המתאימה, מחבר המתנע את המנוע ישר לקו ההספקה. אפשר להשתמש במתנעים מטיפוס שנאי עצמי בכל המנועים, ללא קשר אם ליפופי הסטטור מחומרים בכוכב או במשולש. בפעולה רגילה העברת החיבורים ממצב ההתנעה למצב רגיל צריכה להיות אוטומטית ולהיעשות בזמן-מעבר נכון, כיוון שאם לא כך — מכת-הזרם בעת ההעברה תהיה כמעט כמו בהתנעה ישירה לקו.

שרטוט מס' 7



### עקרון פעולה של מתנע טיפוס שנאי עצמי

לעומת מתנע כוכב משולש שמומנט-ההתנעה שלו קבוע, במתנע שנאי עצמי ניתן להתאים את מומנט ההתנעה לדרוש על-פי עומס המנוע בזמן ההתנעה. זה היתרון הגדול של מנועי שנאי עצמי.

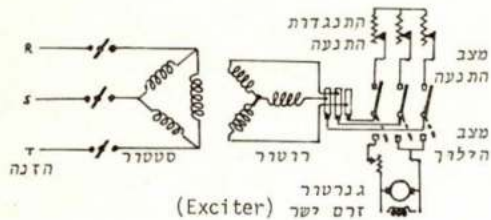
השנאי העצמי (אוטרטרופ) מיועד לעבודה בזמנים קצרים, התלויים בסוג ועומס המנוע ובזמן-ההתנעה



## מתנע למנוע השראה סינכרוני

להלן סכמה עקרונית להתנעת מנוע סינכרוני, בהדגשה שדרך כלל הפעולות הללו נעשות על-ידי מערכת פיקוד אוטומטית.

שרטוט מס' 10



עקרון התנעה של מנוע סינכרוני

אף על פי שהמנוע הסינכרוני יקר יותר ויעיל פחות ממנוע השראה רגיל, הוא בעל תכונות הנותנות לו עדיפות במקרים מסויימים ובדרך כלל להספקים גדולים.

אלה היתרונות העיקריים:

- מומנט סיבובי התחלתי טוב כמו במנועים בעלי טבעות-מגע;
- פעולה עם מקדם הספק גדול מאוד (קרוב ל-1).

כאשר סטאטור מנוע-השראה בעל ליפוף של שלוש פזות המחובר בכוכב, מתחבר למקור זרם ישר באופן שהזרם נכנס דרך פזה אחת ויוצא דרך שתי הפזות האחרות, המחוברות במקביל, מתהווים קטבים קבועים. כתוצאה מכך נוצר מצב קטע, אשר בזרם-חילוף פיו הוא מצב רגעי כיוון שכאשר הזרם בפזה אחת מכסימלי — בשתי הפזות האחרות מחצית הזרם המכסימלי נמצאת בכיוון שלילי.

יוצא מכאן, שברוטור בעל ליפוף של שלוש פזות מחוברות בכוכב, המקבל זרם ישר באותו אופן, יתהוו קטבים מסויימים שהינם קבועים ביחס לרוטור. את טבעות-המגע של הרוטור במנוע זה אפשר לחבר באמצעות מתג מחליף להתנגדות התנעה של שלוש פזות או לזרם ישר. (בדרך כלל באמצעות מעורר המחובר ישר לקו).

המנוע מתחיל לפעול כמנוע השראה רגיל, בעל טב"ע-תמגע, כשמהירותו מגיעה לאחוזים אחדים (פחות מהמהירות הסינכרונית) מעבירים את הרוטור לחיבורים של זרם ישר. הקטבים המסויימים המתהווים על-ידי כך גורמים לרוטור לקפוץ לסינכרוניות והוא ממשיך להסתובב במהירות סינכרונית.

## החישמול על גג הקומה ה-8

### עובדות המקרה:

- מפי אנשי המקום נשמעה גירסה שהמנוח רצה, כנראה, להשתמש במוליכי המעגל לשם הורדת דליים עם זפת מגג הבריכה לגג הבנין, ואמנם שני דליים עם זפת נמצאו על יד המנוח על גג הבריכה.
- סולם הפלדה של בריכת המים ותורן, אנטנת הטלביזיה" הם הארקה מצויינת בעלת התנגדות של כ-1 אום.
- כאשר הוכנס מבטח 15 אמפר לתוך הבסיס המסומן בלוח הציבורי כ, אנטנת טלביזיה" הופיע בין הקצוות החופשיים של מוליך הפזה והאפס וכן בין הקצוות החופשיים של מוליך הפזה והארקה מתח של 230 וולט.

### מסקנות:

- המנוח יכול היה להתחשמל באחת משתי הדרכים האפשריות:
  - על ידי מגע במוליכי הפזה והאפס (או ההארקה).
  - על ידי מגע במוליך הפזה ובסולם הפלדה (או בתורן האנטנה).
  - התאונה נגרמה כתוצאה מעבודה בלתי זהירה של החשמלאי אשר חיבר לבסיס הלוח הציבורי את מוליכי המעגל שקצוותיו היו זרוקים באופן חופשי על גג הבריכה. קצוות אלה היו צריכים להיות מקוצרים בינם לבין עצמם.
  - הסימון על הבסיס, אנטנת טלביזיה", הזמין הכנסת נתון על ידי אדם שרצה להפעיל את מבורי אנטנת הטלביזיה.

א. המנוח ש. שעבד כפועל בנין נמצא ללא רוח חיים על גג בריכת מים המותקנת על גג אחד מהמבנים בשכונת מגורים באזור תל-אביב.

ב. המנוח עסק בתיקונים קטנים של בריכת המים. הבנין במקום הוא בית של 8 קומות והיה בשלבי בניה אחרונים. בבנין גרו כבר חלק מהדיירים.

ג. לגג הבריכה מגיע מעגל חד-פזי עבור מנורת סימון אדומה שהיתה צריכה להיות מותקנת על תורן האנטנה. מעגל זה היה מותקן בצינור פלסטי מטיפוס מריכף וכלל 3 מוליכים: פזה — אדום, אפס — שחור, הארקה — לבן. המעגל היה מחובר ללוח החשמל הציבורי שבקומת הקרקע. עבור המעגל היה מותקן בלוח הציבורי בסיס אנגלי של 15 אמפר המסומן כ, אנטנת טלביזיה".

ביציאה מצינור המריכף היו מונחים באופן חופשי על הגג המזופת של הבריכה מוליכי המעגל. אורך המוליכים שהתגלגלו על הגג היה כ-7 מ', וקצור-תיהם באורך כ-2 ס"מ היו חשופים מהבידוד.

ד. הנתין מהטיפוס החליף שדרכו היה מוזן המעגל הנוצר בסעיף ג' הוצג בפני המשטרה והתברר כי חוט ההגנה שלו היה מותקן באופן רשלני ע"י ליפוף סביב הברגות הברגים.

ה. על הקצוות החשופים של המוליכים נמצאו סימנים, של בשר חרוך.

## רשיונות, כישורים מקצועיים ואיכות הביצוע

חר והתעשייה למשרד העבודה הסתבר כי המקום הפיזי במשרד העבודה צר מלהכיל את היחידה. לפיכך נשכרה דירה אשר היוותה דיוור הולם ליחידה. בדירה זו הופעלו בעונת החורף, מספר רב של תנורי חימום חשמליים. ברור שהנתיכים המי תוכננים לא עמדו בעומס. לפיכך פנינו לחברת החשמל וביקשנו מאיתה להגדיל את החיבור. משרד העבודה, מצידו, התחייב להחליף את המוליכים, למוליכים בעלי קוטר מתאים. כאשר הוחל בהחלפת המוליכים הסתבר כי לא ניתן, בשום פנים, להיר ציא מוליכים ישנים מההצינורות.

נעזרנו בבעלי מקצוע שהגיעו ליחידה למטרות אחרות. ולמרות הכל לא הצלחנו ב"מבצע".

התחלנו לפרוץ את הקיר ולברר פשר התופעה. משפרצנו את הקיר התברר כי חלק מהמוליכים היו תחת הטיח ללא צינור. ברור שבעתיד, בטוח קצר או ארוך יש בכך משום סכנת נפשות.

בעזרת חברת החשמל אותר החשמלאי אשר ביצע את העבודה. הסתבר כי הוא מחזיק ברשיון מסוג חשמלאי ראשי מזה שנים רבות ומשמש קבלן חשמל בעל מוניטין. החשמלאי הזמן לביורור ורשיונו נשלל. היות ועד כה לא נשללו רשיונות מסיבה זו הוחלט כי הפעם לא נעמיד את החשמלאי לדיון.

### ד. תרזה

מפקח ארצי לחשמל ולאקטרוניקה  
במשרד העבודה



מאז שהרופא אסר עלי לשתות  
משקאות חריפים נעשיתי  
אוהד של חברת החשמל

בעת האחרונה הוחלט ביחידת החשמל שאין די במתן רשיונות חשמל, יש גם לפעול ולפקח כי המחזיקים ברשיונות יהיו חשמלאים בעלי כישורים מקצועיים ההולמים את הנאמר בגוף הרשיון.

היות והמשאבים של משרד-העבודה מצומצמים, בדומה לכלל המשאבים של מדינת ישראל, הוחלט להפנותם לנושאים בעלי עדיפות כגון: הכשרה מקצועית והשתלמויות, אשר מטרתן העלאת הרמה המקצועית של אוכלוסית החשמלאים. מכאן שכלי הפיקוח של היחידה לחשמל ולאקטרוניקה במשרד-העבודה הצטמצמו. מעשה הפיקוח שלנו על נושא איכות עבודת החשמל המבוצעות ע"י ציבור מחזיקי הרשיונות נעשה במישורים הבאים:

א. תלונות הציבור אודות איכות ירודה של עבודת חשמל, זכות לטיפול מידי ונמרץ מצידנו.  
ב. הנוחלקה לפיקוח על העבודה במשרד העבודה נוהגת להעביר אלינו דוח"ות אודות מקרים חריגים של ביצוע עבודות באיכות שאינה מתאימה לדרישות החוק.

ג. אנשי חברת החשמל, במחוזות הנתקלים במקרים בהם מוגשות תוכניות או מבוצעות עבודות שלא בהתאם לתקן.

ד. הממונה על ענייני החשמל במשרד המסחר והתעשייה הבודק מתקנים ובוחר תאונות חשמל מעביר אלינו בצורה עדכנית כל חריג הנראה לו. מהאמור לעיל ניתן ללמוד כי הפיקוח בצורתו הנוכחית הינו מקרי ואינו מכסה את כל הנושאים. אנו מקווים כי בעתיד תעמיד מדינת ישראל לרשותנו, כלים תקפים ומהימנים יותר אשר בעזרתם נוכל לעלות על כל חריג.

מצאנו לנכון, במקרים רבים, להזמין חשמלאים אשר חרגו מהגדרות רשיונם, למשרדנו לשם ברור העבירה שנעשתה.

ברוב המקרים הסתפקנו בהתראה חמורה אשר בנוסף לה חויב החשמלאי בתיקון המעוות על-ידו או במימונו.

בכל מקרה נשאר העתק בתיקו האישי של החשמלאי כך שבעתיד נוכל לעמוד על המשמר במידה ותהיינה עבירות חוזרות של אותו חשמלאי.

במקרים אחרים, שבהם העבירה נראתה חמורה יותר, כינסנו ועדה והחלטנו לשלול את רשיונו של החשמלאי.

ברצוני לספר אודות מקרה אחד בו החליטה הועדה לשלול רשיון חשמלי מסוג ראשי.

משהעתיקה יחידת החשמל מקומה ממשרד המס-

# מפעל הידרואלקטרי ים תיכון - ים המלח (פרויקט הימים)

ד"ר ד. וינר

מתקנים לפעולה דריכונית לפי עקרון אגירה שאובה.

קביעת השילוב האופטימלי בין גודל אגם הויסות, קוטר המנהרה, שיפוע הזרימה, היכולת המותקנת ומשטר ההפעלה, יוכל להגדיל את תרומת המתקן למערכת החשמל הארצית ובכך את כדאיותו הכלכלית. קביעה זו תוכל להיעשות רק לאחר ביצוע הסקר המומלץ בהמשך מאמר זה.

## יתרונו של המפעל ההידרואלקטרי

יתרונו הגדול של המפעל ההידרואלקטרי מתבטא בכך שהוא מספק מקור אנרגיה נוסף שאינו מבו"ס על דלק. בספקו 8% עד 10% מצריכת השיא החזויה בעוד כ-10 שנים, יחסוך למדינה כ-175,000 טון דלק לשנה שהם (במחיר של \$ 75 לטון מזוט) כ-13 מיליון \$, ובערך מהווה ל-15 שנה כ-100 מיליון \$.

בנוסף לכך עשויות להיות למפעל זה תרומות נוספות:

חברת מפעלי ים המלח עומדת כיום בפני שתי בעיות אשר הפרויקט עשוי היה לתרום לפתרונן: המשך ירידת מפלס ים-המלח, אשר יגרום להתייבשות האגן הדרומי וניתוק בריכות האידוי מחלקו הצפוני של הים, והסתמות בריכות האידוי ע"י המלח השוקע בהן.

למים שיוזרמו לים המלח ערך פוטנציאלי לשטיפת המלח השוקע בבריכות האידוי ולמניעת הסתמרותן. עם זאת, עשוי פתרון זה להיות משמעותי עבור מפעלי ים-המלח רק בעוד כ-20 שנה, היות וקרוב לוודאי שעד המועד האפשרי להפעלת הפרויקט ההידרואלקטרי תבוצע הרמה ראשונה של הסכרים ע"י מפעלי ים המלח בלאו הכי.

המפעל עשוי להביא גם לתרומה אקולוגית.

כמויות המים שניתן להזרים מהים התיכון לים המלח מספיקות לכל היותר לקירור יחידה גרעינית אחת בגודל 900 מגו"ט בקירור חד-פעמי (Once through). צורת ניצול זו אינה רצויה משיעור שיתוב

— מבחינת אמינות כל המערכת (במקרה של הפסקה בזרימת המים במוביל תצאנה משימוש הן התחנה ההידרואלקטרית והן התחנה הגרעינית).

— אין זה כדאי לפתח אתר גרעיני ליחידה אחת בלבד.

לעומת זאת, ניתן לנצל את מוביל ים התיכון — ים המלח כדי לקרר מספר של יחידות תרמויות קונבנציונליות או גרעיניות ע"י קירור בסחרור (שימוש במגדלי קירור או בריכות אידוי במי ים), בתנאי שאומתו ההנחות הבאות:

לאור משבר הדלק הנוזלי בעולם ובעקבות החלטת הממשלה על צעדים לגיוון מקורות האנרגיה, החלה חברת החשמל בביצוע שני פרויקטים שיטו בצורה משמעותית את משק האנרגיה בישראל. הפרויקט הראשון הינו הקמת תחנת כוח קונבנציונלית ש-תוסק בפחם ליד חדרה. תחנת כוח זו תכלול ארבע יחידות בנות 350 מגו"ט כל אחת, שהראשונה בהם תכנס לתפעול בשנת 1978. הפרויקט השני הוא הקמת תחנת כוח גרעינית ראשונה בהספק 900 מגו"ט שתוקם בניצנים.

במקביל לפרויקטים גדולים אלה ניגשה חברת החשמל לבדוק את האפשרות לנצל את הפוטנציאל ההידרואלקטרי של ישראל. בהקשר לכך בוחנת חברת החשמל שלוש תוכניות לשימוש באנרגיה הני"ל והן: אגירה שאובה באגן הכנרת, מפעל הידרואלקטרי ברום הירדן ומפעל הידרואלקטרי שיחבר את ים התיכון עם ים המלח.

## יכולת המתקן ההידרואלקטרי

במפעל ים תיכון — ים המלח מדובר על הזרמת כמיליארד מ"ק לשנה של מי ים-התיכון אל ים-המלח וזאת בממוצע רבי-שנתי. מהזרמה שנתית בגודל זה ניתן להפיק כ-800 מיליון קוט"ש לשנה שהם 100 מגו"ט בהפעלה רצופה או הספקים גבוהים יותר בתפעול בלתי רצוף לתקופות קצרות יותר.

תחנת כוח הידרואלקטרית מתאימה במיוחד ל-אספקת חשמל בשעות שיא. הדבר יושג ע"י הזרמה רצופה של המים במנהרה במשך כל שעות היממה ואגירת חלק מהם בבריכת ויסות תוך הפלתם בשעות שיא בהספק מוגבר.

בדיקת התפלגות צריכת החשמל בארץ הראתה כי כישוי רצוף של שיאי הביקוש היומיים מצביע על הצורך בהפעלת התחנה במשך 2,700 שעות בשנה, המתאים להספק של 300 מגו"ט. ההספק הני"ל יהווה כ-10% משיא הביקוש החזוי בעוד כ-10 שנים.

נשקלת האפשרות להרחיב את ההספק המותקן עד כ-600 מגו"ט ולהגדיל בכך את גמישות המערכת. זאת ניתן להשיג ע"י הזרמת כמויות גדולות מה-ממוצע בעת העלאת מפלס ים המלח ולאחר מכן התאמת ההזרמה על פני השנים לשנויים בעומס המערכת ובתנאי האקלים. כמוכך, ניתן לתכנן את המערכת כך שתאפשר ייצור מוגבר של אנרגיה לשעת חרום ע"י הגדלת קוטר המנהרה ו/או שיפוע הזרימה. במידה וההספק המותקן יעלה על 300 מגו"ט ניתן יהיה להתאים חלק מה-

— ימצאו אתרים מתאימים לתחנות כח גרעיניות לאורך המוביל או בקרבתו.

— תאומת טכנולוגיה של מגדלי קירור במיים או ימצא שטח בקרבת התחנה, המתאים לבריכת קירור בגודל מתאים.

במקרה כזה ישמשו מיהים כמי תוספת לאמצעי קירור אלה בכמויות שהן כ-10% מהכמות הנחוצה לקירור בשיטת קירור חד-פעמית.

במקרה חרום של תקלה במוביל הראשי ניתן יהיה להמשיך ולספק מי קירור ממקור חרום ל- תחנות הגרעיניות כיוון שמדובר בכמויות קטנות יחסית.

### שימושים נוספים למוביל המים

למוביל המים יש התיכון—ים המלח עשויים ל- היות יתרונו נוספים שאחדים מהם מפורטים להלן:

- אספקת מי קירור לתעשייה באזור הדרום.
- אפשרות להמתקת מים, במידה ויימצא לכך יתרון.
- סלוק פסולת תעשייתית שאינה מהווה מטרד אקולוגי.
- ניצול אגמים לאורך המוביל כאתרי תיירות.

### מינהלת הפרויקט

כתוצאה מהחלטת משרד המסחר והתעשייה הוקמה בחברת החשמל מינהלת פרויקט האחראית כלפי מכלול העבודות של סקר ההתכנות. מינהלת פרו-

יקט זה פועלת בתיאום צמוד עם לשכת המדען הראשי במשרד המסחר והתעשייה. מאז הקמתה מטפלת מינהלת הפרויקט בנושאים הבאים:

- ניהול הפרוייקט, ליווי ופיקוח על קבלני משנה
- הוצאות מפרטים לקבלני משנה
- הערכת התועלות האנרגטיות הישירות והעקי- פות של פרויקט הימים.

### מחקרים ותכנון ראשוני

מינהלת הפרוייקט נעזרת בקבלני משנה לבצוע ה- משימות המוטלות עליה. בעקבות המלצת ועדת פרופ' אקשטיין, הוטלה על חברת תה"ל המשימה של עריכת תכנון ראשוני של המפעל ברמה של בדי- קת ההיתכנות ההנדסית והערכת העלות. נתוני תה"ל ישמשו כמרכיב יסודי במאזן עלות-תועלת של הפרוייקט.

במקביל לעבודת סקר ההיתכנות ההנדסית והע- רכת העלות, נערכים מחקרים מקבילים שמטרתם כימות מדוייק יותר של מי הים התיכון שניתן יהיה להזרים לים המלח ומחקר על הרכב המים הצפוי לים המלח עם הפעלת המפעל.

מחקרים אלה מתבצעים במכון ויצמן למדע וב- אוניברסיטה העברית. בנוסף לתרומה האנרגטית הישירה בודקת מינהלת הפרוייקט את מכלול ה- תרומות האנרגטיות העקיפות העשויות לנבוע מ- קיום המפעל ההידרואלקטרי.

עם תום כל המחקרים שנימנו לעיל תוכל מינהלת הפרוייקט לערוך מאזן עלות תועלת כוללני ולהגיע להחלטה בדבר הקמת המפעל.

לפתח, נמצא מד"אורן (מטר) ממתכת, פתוח ליד הקצוות הגלויים של מוליכי כבל TPS (פזה ואפס). לאחר הכנסת המבטחים שהוצאו בשעת התאונה הופיע מתח של 230 וולט כלפי האדמה על מוליך הפזה (דרך שעון שבת).

מצב הארקה בחנות הוא תקין ואפשר שריפת מבטחים עד 60 אמפר.

### מסקנות:

א. המנוח יכול היה להתחשמל כאשר נגע בטעות עם מד"אורן (מטר) מתכתי במוליך הפזה שהיה תחת מתח 230 וולט כלפי האדמה. הכבל עם הקצ- וות החופשיים נותק כנראה על-ידי המנוח עצמו מהפלווארסצנט שאתו עמד להעתיק.

ב. מכת החשמל היתה במקרה זה חזקה ביותר הואיל והמנוח היה במגע אידיאלי כלפי האדמה כי החזיק בידו מקדחה מאורקת.

ג. נראה כי בשעת פרוק המנורות, היה הכבל חופשי ממתח, והוא חובר בשלב מאוחר יותר על ידי שעון שבת.

### מתח בלתי צפוי

גדי עבד בהעתקת מנורות פלווארסצנט בארגו שלטי פרסומת בחנות השייכת לאביו. תוך כדי עבודתו נפל גדי ללא רוח חיים מהסולם כאשר בידו מק- דחה חשמלית.

### בחקירת המקרה הועלו הפרטים הבאים:

- א. המקדחה היתה מחוברת באמצעות כבל מאריך לבית תקע שליד לוח החשמל של החנות.
- ב. בידוד המקדחה נמצא תקין.
- ג. הארקה המקדחה נמצאה תקינה.
- ד. פתיל הזינה הורכב משתי חתיכות, ומקום חיבורם היה מבודד בסרט בידוד.
- ה. התקע היה ללא התקן תפיסה כפי שנדרש בתקן.
- ו. למקדחה לא היה שלט זהוי.

למרות שלשת הליקויים האחרונים פעלה המקדחה כראוי ולא חישמלה בשום מצב.

באחד המקומות בארגו שלטי הפרסומת סמוך

# שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמו בעיגול את מספרי המודעות בהן יש לך ענין.
  2. מלא את הפרטים המופיעים בגלויה בכתב יד ברור.
  3. שלח את הגלויה למערכת כשהיא מבוילת.
- הפרטים יישלחו למפרסם המודעה, אשר ימציא לך מידע נוסף הנמצא ברשותו.

## תלוש הזמנה

לכבוד

חברת החשמל לישראל בע"מ  
מערכת „התקע המצדיע“

ת.ד. 25 תל-אביב

א"נ,

הנני מזמין מודעה בגודל..... עמוד

שם המפעל.....

הכתובת.....

לשם בירור תוכן וצורת הפרסום נא

להתקשר עם מר.....

טלפון.....

## לתשומת-לב המפרסמים

### לתשומת לב הקוראים

למערכת מוחזרות מהדאר מידי חודש חוב-  
רות רבות של „התקע המצדיע“.

בדרך כלל מוחזרות החוברות בגלל שינויים  
בכתובת הנמענים אשר לא הודיעו בעוד  
מועד למערכת על שינוי כתובתם.

לשם ברור מתבקשים החשמלאים אשר הפ-  
טיקו לקבל את החוברות האחרונות (16-  
15) לכתוב למערכת.

לנוחיות כל אלה, המעניינים 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 — 2000 ל"י

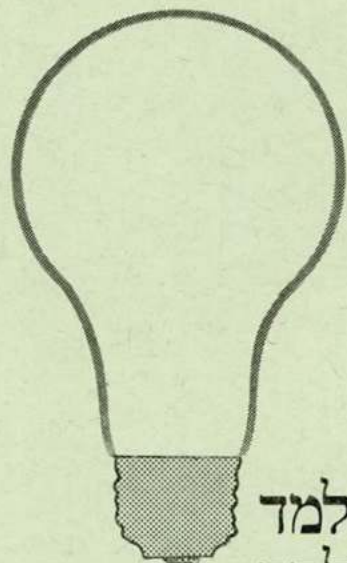
1/2 " — 1000 ל"י

1/4 " — 500 ל"י

לא כולל מ.ע.מ.

ההדפסה היא באופסט

(אין צורך בגלופות)



כל העולם למד  
את לקח

גם אנחנו.

חרם הנפט הערבי.

אנחנו רוצים להבטיח לך  
ולמשק המדינה, חשמל בלתי-תלוי  
בספקי הנפט.  
ישנה רק דרך אחת: לגוון את  
מקורות האנרגיה. להניע את  
הטורבינות גם בכח מים,  
פחם ואורניום.  
זו הדרך להבטיח חשמל לשיפור  
איכות החיים ולחילוץ המשק.



חברת החשמל לישראל

## השתמש בחשמל בתבונה חסוך כסף יקר למפעלך

M.D.C. מערכת משוכללת לשיפור עקומת העומס

עקומת עומס משופרת מפחיתה את תשלומי מפעלך, עבור האנרגיה החשמלית, בשיעור של 10% לפחות.

להגיע לעקומת עומס משופרת תוכל ע"י התקנת מערכת M.D.C. — (MAXIMUM DEMAND CONTROL), שתוכננה במטרה לשפר את עקומת העומס של צרכני חשמל גדולים. עלות המערכת נמוכה והחזר ההשקעה מתאפשר תוך תקופה קצרה של פעולתה.

מערכת M.D.C. סוגרת חוג בקרה על צריכת אנרגיה במפעל. בהתאם למדידה וחיזוי העומס משגרת המערכת הוראות פיקוד לצרכני האנרגיה הפנימיים, כך היא מווסתת את הצריכה כדי להמנע מ"שיא ביקוש" בלתי רצוי, שאינו משקף נכונה את העומס הריאלי, אך קובע בתשלום השבון החשמל שלך.

המערכת מותקנת ופועלת בהצלחה רבה במפעלים תעשייתיים, בתי-מלון, ומוסדות ציבוריים אחרים. מערכת M.D.C. תוכננה ופותחה בישראל על ידי "מטרה-וט" — חברה להנדסת חשמל בע"מ.

מומחי "מטרה-וט" יתכננו, ללא תשלום נוסף, תוכנית מיוחדת לצרכי מפעלך. שירות והדרכה ילוו את התיפעול השוטף של המערכת לשביעות רצונך.

לקבלת מידע מפורט, נא פנה לחברת "ישום", מערכות הנדסה וניהול בע"מ, נציגי — "מטרה-וט", רחוב הרב פרידמן 43, תל-אביב, טל. 447159.

## רצף שיווק בע"מ

מפרץ חיפה, רח' המסגר 16  
ת"ד 10159, טל: 725081

מתכות והנדסה  
בע"מ

## אלקטרה

רח' הנגב 4 ת"א טל: 37029, 30851

המפסק של שנות ה-80



### Westinghouse Seltronic Breakers

בעלי מערכת הגנה אלקטרונית  
מתכוונת

#### מפסקים ראשיים

להגנה על שנאים

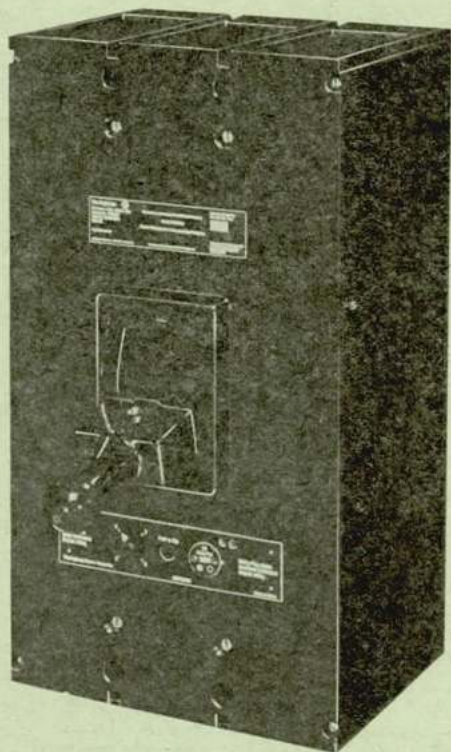
זרם נקוב: 300 - 3,000 אמפר

כושר ניתוק: 35,000 -

100,000 אמפר

#### מפסקים סלקטיביים

להגנה בפני עומס יתר וזרם קצר  
מתכוונת



### מערכת הגנה

#### בפני זרם קצר לאדמה

מתוצרת Westinghouse ארה"ב

G.F.P. (Ground Fault Protection System)

מערכת GFP תוכננה להגנת  
מתקני חלוקה בפני זרמי קצר  
במתח נמוך לאדמה

כוללת:

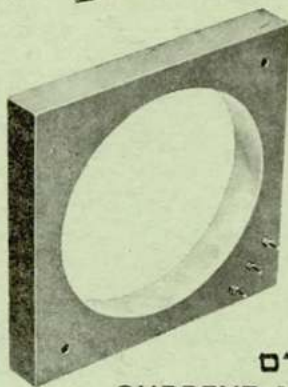
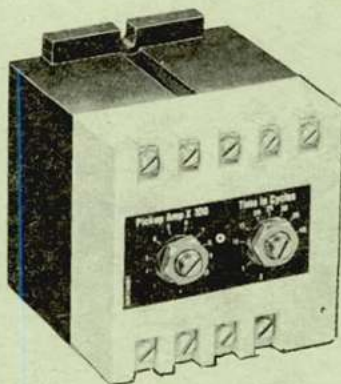
גלאי (SENSOR)

תחום כוון זרם ההגנה:

דגם א: 5 - 60 אמפר

דגם ב: 100 - 1200 אמפר

עם כוון זמן ההשהיה:



משנה זרם

CURRENT MONITOR

בעל פתח עגול או מלבני

(דופן אחת ניתנת לפרוק)



**האם בדיקת בשנה האחרונה את מפסק הפחת? קח את המכשיר (כבתמונה) ובדוק!**

**מאחר ומדובר בחיי אדם חובה לבדוק את מפסקי הפחת אחת לשנה לפחות. רק המכשיר FI מאפשר לך לבדוק את מפסק הפחת בתנאי התחשמלות.**

כי:

1. תוכל להעביר דרכו זרם ב- $mA$  כרוזנד (עד  $500\text{ mA}$ ).
2. תמיד תקבל זרם זה למשך זמן של  $0.1-0.2$  שניות (היקווי מושלם למצב התחשמלות).
3. תוכל לקבוע את זרם הדלף הקבוע של המערכת.

**זכור! להחיצה על הלחצן של מפסק הפחת גורמת למעבר זרם של כ- $90\text{ mA}$  בלי הגבלת זמן ולכן אין פלא שמפסק המגן יפעל.**

**רג'אד שיווק בע"מ**  
רח' המסגר 16 מפרץ חיפה  
ת.ד. 10159 טל. 740711, 725081

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

- \* לוחות חלוקה, פקוד וסינופטיים
- \* ליפוף מנועים
- \* ייצור טרנספורמטורים ומטענים
- \* מתקני חשמל (אינסטלציה)
- בתעשייה ובמשק
- \* שרותי תחזוקה ותיקונים

**מטרות שקילה ומינון באמצעות מתמר-כח**

חוצגת לפיכך שיטת שקילה מתקדמת (לא עוד להבים וחלקים מכניים) באמצעות מתמר כח  
טיקרון הפטולה:

משקל החופטל על המתמר יוצר תפוקת מתח עד  $5\text{ v}$  המועברת באמצעות מטרות אלקטרונית לצ"ג.  
באמצעות שיטה זו ניתן לפתור מרבית בעיות השקילה.

עגלה מערבלת שוקלת  
**FAME VEHICLE**

מינון וזערובת  
**MIX MILL**

פלטת שקילה ניידת  
**PORTABLE PLATFORM SCALE**

רח' המסגר 16, מפרץ חיפה  
ת.ד. 10159, טל. 740711, 725081

**רג'אד שיווק בע"מ**



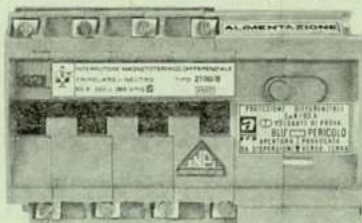
מעתה ניתן להשיג גם בישראל את  
מוצרי הבטיחות המעולים של **ave**

(מוצרי הבטיחות של **ave** הנם שם דבר באירופה)

**מפסקי מגן משולבים** חד-פזיים; תלת-פזיים

הרעיון החדשני ביותר בתחום מפסקי הזרם ומפסקי המגן.

אתה מקבל במפסק אחד את כל ההגנות הדרושות



• לעומס יתר (הגנה טרמית)

• לקצר (הגנה מגנטית)

• להתחשמלות (30 mA)

**ave** המפסק עם כל היתרונות  
האפשריים מוצר איכות ללא תחרות.

**חנות מכירות:**

דרך פתח תקוה 13, תל-אביב  
טל. 612702

היבואן והמפיץ הראשי:

**לא-קיייל יבוא-יצוא בע"מ**  
הנדסה ושרותים  
רמת השרון, דרך ראשונים 34  
טל. 03-475414



## חשמלאי!

לנו הפיתרון לבעיות של  
הורדת בידוד!

- ☆ 30 דגמים שונים של כלים לקילוף חוטים וכבלים.
- ☆ כלי לחיצה לנעלי כבל (ידני, תעשיתי, הידראולי)
- ☆ מ-0.25 עד 400 מ"מ.
- ☆ מגוון רב של כלי עבודה ואמצעי עזר לאלקטרוניאים.
- ☆ אספקה מהמלאי.

**israbiko** ישראל ביקו בע"מ

רח' ארלוזורוב 86, תל-אביב  
מיקוד 62 647 טל. 24 90 85

פתוח: א-ה, 8.30-16.30

LANDIS & GYR ZUG & LONDON

ציוד לפיקוח

על שיא ביקוש

מותאם למערכות מדידה

של חברת החשמל.

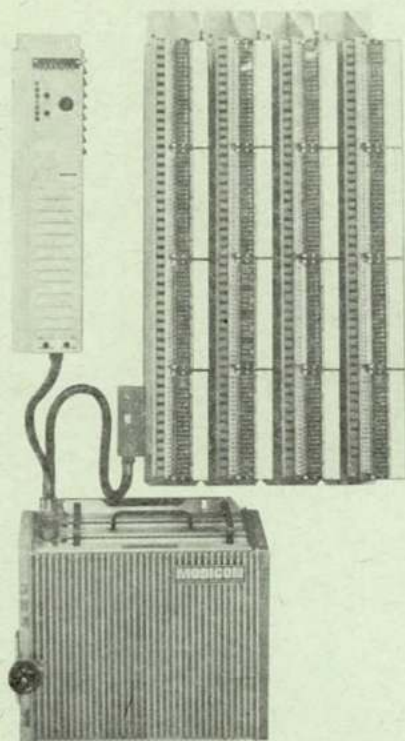
פרטים:

נציגות סוויס אלקטריק בע"מ  
ת.ד. 4541 ת"א  
טל. 03-292983

**פקוד ובקרה תעשייתית**  
**בקרת צריכת אנרגיה!**  
**באמצעות הבקר המתוכנת**

# MODICON

WORLD'S LARGEST PROGRAMMABLE CONTROLLER COMPANY



יישום, התקנה וגבוי טכני:

**אשר פויכטונגר בע"מ הנדסה חשמלית**

תל-אביב, רח' פינסקד 14, טלפונים: 299617-297116



# הצבת הדיג'יטלית האידיאלית

תוצרת  
**AMPROBE INSTRUMENT**  
DIVISION OF SPS CONSOLIDATED INC. LYBRIDGE, NEW YORK 11563



**01-999**

אזהם  
ולט  
אחמד

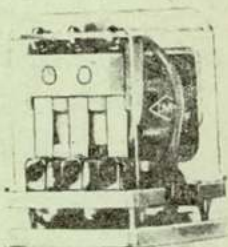
הכל במחשיר אחד!

סוכן ומפיץ:  
אוריאל שי בע"מ - ת"א  
ת.ד. 71793, טל. 03-268328

PROXIMITY SWITCHES



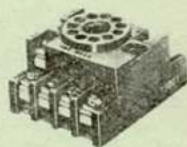
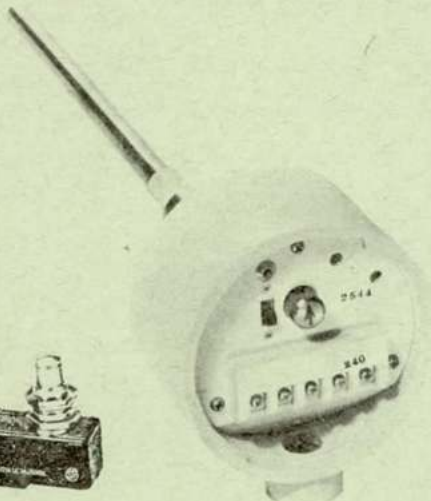
# OMRON



PLUG-IN TIMER



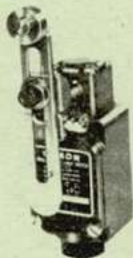
SOLID STATE CAPACITANCE SWITCH



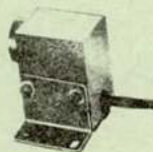
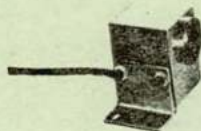
MICROSWITCHES



limit switches



photoelectric switch



י. וליש בע"מ

טל. 249-014 - 230-936 (03)

תל-אביב, רח' משה בן עזרא 30

## **חברת החשמל לישראל בע"מ**

### **שיטות מודרניות לייעול וחיסכון בצריכות החשמל אצל צרכני חשמל גדולים**

בחודש נובמבר יתקיימו 2 כנסים עיון בנושא הנ"ל.

**לאיזור הצפון :** במלון „דן כרמל“, חיפה, ביום שני 28.11.77.

**לאיזור המרכז והדרום :** במלון „פאל“, תל-אביב, ביום רביעי 30.11.77.

הכנסים מיועדים למנהלים של מפעלי תעשייה וצרכנים גדולים אחרים  
שצריכתם החודשית הממוצעת עולה על 100 אלף קוט"ש.  
מטרת הכנסים להגביר את המודעות והידע בנושא.  
ישתתפו בכנסים מהנדסים יועצים בכירים בענף החשמל וכן מהנדסי ייצור  
ומהנדסי תחזוקה של מפעלי התעשייה וצרכנים גדולים אחרים.

#### **טופס הרשמה**

נא למלא את הפרטים ולשלוח במעטפה מבוילת לפי הכתובת :

**המחלקה לפיתוח הצריכה**

**חברת החשמל לישראל בע"מ**

**ת.ד. 8810, חיפה**

אני החתום מטה מאשר את השתתפותי בכנס העיון אשר יתקיים :

במלון „דן-כרמל“ בחיפה.

במלון „פאל“ בתל-אביב.

נא לכלול אותי ברשימת המשתתפים.

נא לכלול ברשימת המשתתפים, בנוסף אלי, את הרשומים להלן :

כתובת

תפקיד

שם

מצ"ב דמי השתתפות (לפי — 150 ל"י לכל משתתף) :

בשיק / בהמחאת דואר מס'..... לפקודת : חברת החשמל לישראל בע"מ.

במכתב התחייבות לכיסוי דמי ההשתתפות ע"י..... לאחר הגשת חשבון.

שם

תפקיד

בכבוד רב,

כתובת

חתימה

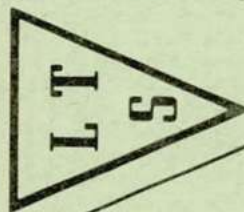
## תכנית הכנסים

	0800 — 0900
התכנסות ורישום.	
ברכת חברת החשמל וסקירה על תוכניות הפיתוח של משק החשמל בישראל:	0900 — 0930
נר א. עמיעד — המנהל הכללי, חברת החשמל לישראל בע"מ.	
הפסקה — כיבוד קל.	0930 — 1000
סקירה על ביצוע סקרים לבדיקת אפשרויות היעול והחיסכון בצריכת החשמל	1000 — 1100
אצל הצרכנים: מר א. לייטנר — מנהל המחלקה לפיתוח הצריכה, האגף המסחרי, חברת החשמל לישראל בע"מ.	
משקלו של מרכיב החשמל בהוצאות הייצור של התעשייה: מר י. יערי — מנהל המחלקה למחקר כלכלי, האגף המסחרי, חברת החשמל לישראל בע"מ.	1100 — 1200
תעריפי החשמל ככלי להגברת היעול והחיסכון בצריכת החשמל: מר ש. ברט — מנהל המחלקה לצרכנות ותעריפים, האגף המסחרי, חברת החשמל לישראל בע"מ.	1200 — 1300
הפסקה — ארוחת צהרים.	1300 — 1400
שיטות פיקוח חדשניות על צריכת החשמל: מר מ. רייכנברג — מהנדס מערכות, י.ב.מ. ישראל.	1400 — 1445
Application of Programmable Controllers For Load Management of Consumers: Mr. M. Savelyev — Application Engineer, Modicon Corp. (U.S.A.)	1445 — 1500
הנסיון המעשי שנרכש בארץ מיישום מערכות מתוחכמות לניהול עומס: סקירת מהנדסי מפעלים	1500 — 1600
הפסקה — כיבוד קל.	1600 — 1630
פנל: כיצד על המשק הישראלי להערך לייעול וחיסכון בצריכת החשמל. המשתתפים:	1630 — 1800
מר י. טראוב, מנהל האגף המסחרי, חברת החשמל לישראל בע"מ.	
מר א. גולונסקי, סגן מנהל האגף המסחרי, חברת החשמל לישראל בע"מ.	
מר ר. חביב, סמנכ"ל משרד האנרגיה והתשתית.	
ד"ר נ. ארד, מנכ"ל הרשות הלאומית לאנרגיה.	
מר א. גולדוסר, יו"ר ועדת האנרגיה, התאחדות התעשיינים בישראל.	
מר ד. סלע, עוזר מנכ"ל לטכנולוגיה ומדע, כור תעשיות בע"מ.	

**ליד אולם ההרצאות תהיה תצוגה של מכשירים ומתקנים בהקשר לנושאי ההרצאות.**



**ה ש ת מ ש ב ח ש מ ל ב ת ב ו נ ה**



# Model 12T\* Digital Thermometer/Multimeter

## Model 12 3-1/2-Digit Probe DMM

Patent Pending, Made in U.S.A.

A UNIQUE COMBINATION: A DIGITAL THERMOMETER AND  
A DIGITAL MULTIMETER IN A "POCKET-SIZED" PROBE



- 3-1/2 Digits, 0.1% Accuracy for VDC
- Measures °C\*, VDC, VAC, Ohms
- Measures Surface & Air Temperature\*
- Very Small Size — Probe Form Factor
- Autoranging, Autopolarity
- Rechargeable NiCd Batteries Standard

נציגים בלעדיים

**פרופסיונל אלקטרוניקס בע"מ**

רח' רוקנטי 1, תל-אביב

טל. 421722, 03-412403, טלפקס 341270

**PEL** professional electronics ltd.



# חברת ישראלמקס בע"מ

רחוב ארלוזורוב 25, תל-אביב • ת.ד. 6014 • טלפון: 5-4-248213-טלקס: 03-2266

**BBC GOERZ**  
BROWN BOVERI

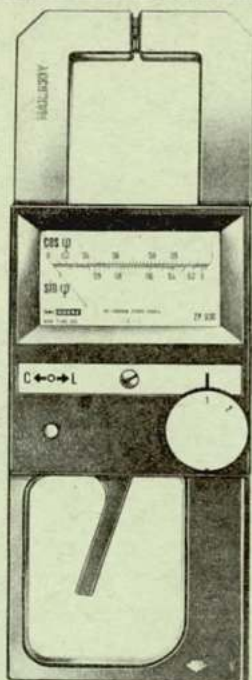
# חדש!

## 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  $50 \times 60$  מ"מ.

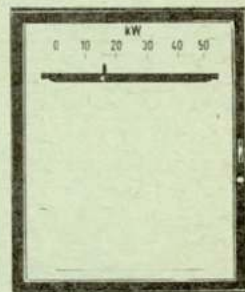
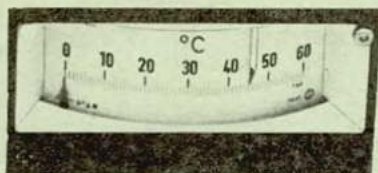
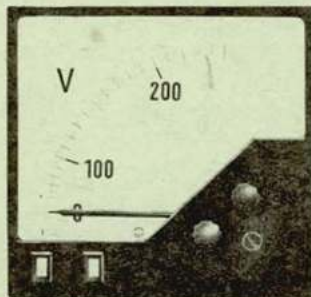
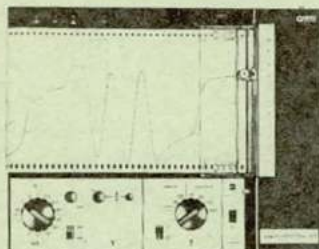
## מד הספק נייד ("צבת" וואט-מטר)

למידת הספק במערכות חד פאזיות  
או תלת פאזיות 380/220 וולט,  
50 הרץ.  
תחומי מדידה:  
3-10-30-100-300 קילוואט.

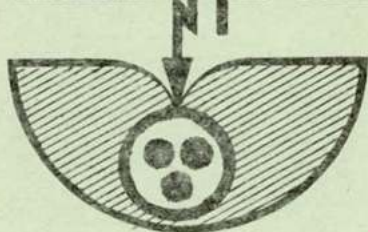


**BBC METRAWATT**  
BROWN BOVERI GMBH

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



# בדיקת כבלים



**בדיקת כבלים  
קביעת מקומם בשטח  
אתור מקום התקלה**

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



**DURO-TEST  
CORPORATION**

**יצרן נורות לתעשייה,  
בתי מלון ומבנים גדולים:**

נורות מיוחדות:  
ליבון, פלואריסצנט, כספית ללא משנק, קסנון:  
• לחסכון בחשמל

- בעלות אורך חיים גבוה במיוחד
- עמידות בתנאי סביבה קשים
- בעלי גוון מיוחד (כגון אור טבעי)
- לפעולות מיון, מתפרות, בתי דפוס, אולמי יצור, משרדים, לולים, לצמחיה, אקוואריומים.
- להקטנה משמעותית בהוצאות אחזקת מתקני תאורה!

**י. רוזנפלד חברה למסחר בע"מ**

ת.ד. 42, הוד השרון.  
טל. 052-29578 טלקס: 341923

# מקדם ההספק 0.92 ?

■ האם אתה זקוק למכשיר  
שימדוד לך את מקדם  
ההספק?

■ האם מערכת לבקרת  
המקדם בעזרת מדידה,  
הכנסת קבלים בהתאם  
תפתור לך את הבעיה?

■ או, אולי רישום השינויים  
יסייע לך?

# חסוך נסף!

אנו נפתור את הבעיות  
שלך בצורה אמינה וזולה



פנה אל:

קוננטאל - הנדסת מכשור  
ובקרה בע"מ  
תוצרת הארץ 10 תל-אביב  
טל. 260186-(03)

# ניהול צריכת חשמל חוסך בהוצאות

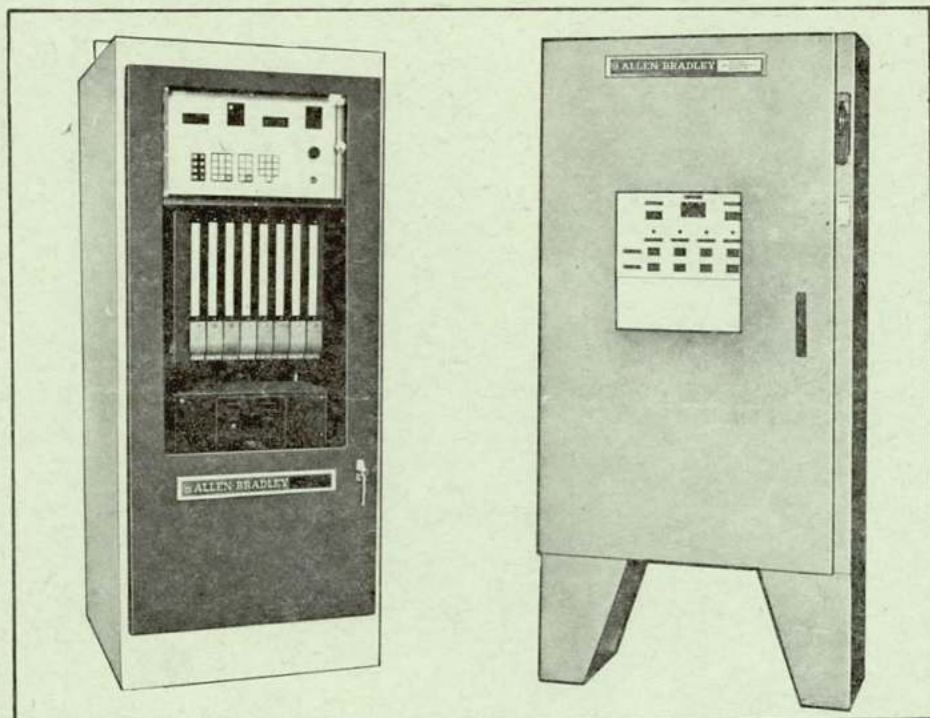
בקרי „אלן-ברדלי“ עושים זאת על-ידי:  
מחזוריות עומסים, בקרת „שיא-בקוש“  
3 דגמים בסיסיים:

• 1820 למתקנים מסחריים

• 1810-C למתקנים תעשייתיים

• 1810-P למתקנים גדולים – מתוכנתים

הניתנים להתאמה בהתאם לדרישות הלקוח,  
בהתאם למספר עומסים, מחזוריות, ופעילות מיוחדת.



## ALLEN-BRADLEY

Milwaukee, Wisconsin 53204

ייעוץ אספקה, התקנה והפעלה על-ידי:

תל אביב  
רח' תוצרת הארץ 10  
ת.ד. 36005 טל. 260186

קונטל  
הוועד הישראלי לניהול ע"מ  
CONTEL  
CONTROL & INSTRUMENTATION ENGINEERING LTD.



אם חשבון החשמל החודשי במפעלך  
עולה על 120,000 ל"י  
**תוכל לחסוך עד 25% מההוצאה**  
בעזרת מערכת מחשב לניהול אנרגיה  
סידרה/1 של י.ב.מ.

בכסף הנחסך תוכל לכסות את עלות המחשב תוך פחות משנתיים

**המערכת**

המערכת לניהול אנרגיה של י.ב.מ. מורכבת ממחשב קטן: יבמ סידרה/1, ותכניות מוכנות. את המחשב ניתן להציב כמעט בכל מקום ואין הוא מצריך צוות הפעלה מיוחד.

**המשתמשים**

מערכת המחשב לניהול אנרגיה — יבמ סידרה/1 — מהווה פתרון בעיתו לחסכון אנרגיה בשביל מפעלי תעשייה, מוסדות ציבור ורפואה, אוניברסיטאות, סופרמרקטים וארגונים אחרים, אשר חשבון החשמל שלהם עולה על 120,000 ל"י בחודש.

**עקרון הפעולה**

בשליטתה על העומסים הבלתי חיריים מצמצמת המערכת הן את שיאי הביקוש והן את הצריכה הכוללת — בלי לפגוע בנוחיות, ביעילות ובבטיחות העבודה. בכך אתה חוסך הוצאות מיותרות על חשמל בגין שיאי-ביקוש גבוהים וצריכת-יתר.

**כך פועלת המערכת**

מערכת המחשב מקיימת מעקב שוטף אחר צריכת החשמל — 24 שעות ביממה — תוך שהיא משווה את שעורי הצריכה בפועל ליעדים המשוערים או הקבועים, ומבטלת צריכה בזבזנית של חשמל.

**לדוגמא:**

★ ניתוק אוטומטי של מיזוג אוויר, לפרקי זמן קצובים, בחלקים מסויימים של הבנין.

★ ניתוק זמני של מכשירים, מכונות או מערכות תאורה — אשר פעולתם הרצופה אינה הכרחית — כאשר עומס הצריכה מתקרב לשיא הביקוש.

פנה אל ישראל פלד מ"י.ב.מ. (טל' 286111) שלוחה 930 או 966 לקבלת פרטים נוספים על מערכת י.ב.מ. לניהול אנרגיה, או שלח בדואר את התלוש הרצוף.



**יבמ IBM**

לכבוד  
מר ישראל פלד  
המחלקה לשוק מערכות מיוחדות  
י.ב.מ. ישראל בע"מ, ת"ד 20210  
תל-אביב

אבקש פרטים נוספים על מערכת המחשב לניהול אנרגיה

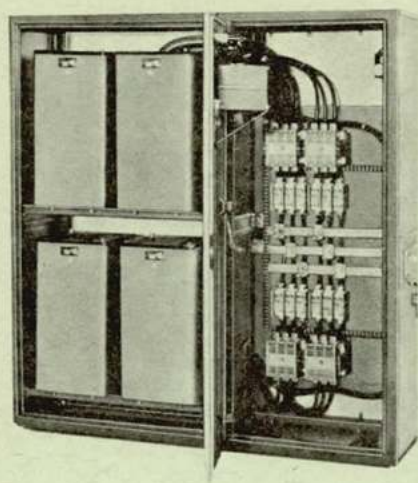
שם

החברה

כתובת

תפקיד

טלפון



הנדסת חשמל בע"מ

ארון קבלים לשפור מקדם הספק

גדלים סטנדרטים מ-60—312 קו"א"ר

הרכב:

- 4 או 6 קבלים תוצרת ASEA
- מפסק ראשי
- הבטחות לקבלים
- נורות סימון
- ווסת אוטומטי HELIOWATT
- מד כופל הספק
- הפעלה ידנית או אוטומטית

אספקה תוך 3-6 שבועות או מהמלאי

לייעוץ והדרכה אנא פנה למשרדנו!  
 רחוב עקיבא אריה 18 תל-אביב  
 (מאחורי בית החיל)  
 טלפון 456433, 455184/5

# קב-קודר

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 ומדויקות!

## 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  $+80^{\circ}\text{C}$  ÷  $-30^{\circ}\text{C}$
- דיפרנציאל של  $3^{\circ}\text{C}$ —1

ניתן כדגם FDX בקופסת פלסטיק

בית-אלפא, ד. נ. גלבע, טל. (065)81924

**הפעלי התכת וחשמל קבוע נכר בלום**



סוכנים-מפיצים:

**BACO**

**SIEMENS**

**SYMO**

TEXAS INSTRUMENTS

**Klixon**

**vynckier**

יצרני לוחות חשמל, לוחות סינופטים:

בשיטת מוזאיקה SYMO

אלומיניום חריטה

אלומיניום פיגורות

לוחות פיקוד

לוחות חלוקה

לוחות גנרטורים

(רכיבי SIEMENS)

קיבוץ כפר בלום

ד. נ. גליק עליון

טל: 067-41823, 40720

משרד מכירות תל-אביב

רחוב הארבעה 16

טל: 253405/6

להשיג אצל:

המשביר המרכזי חיפה, טל. 662101

ורם חזק צפון שווק סימנס (BACO SIEMENS)

ע' רפפורט יעקב, מנרץ חיפה, שד ההסתדרות

יע' טוב וולקון, טל. 723626, בערב טל. 715597

**שרות וביצוע עבודות חשמל**

**בתעשייה, במבנים ציבוריים, תחנות טרנספורמציה, פיקוד ובקרה.**

בחברתנו

צוות עובדים צעיר ומנוסה המבצע עבודות חשמל לתעשייה, בניני ציבור, מתקני מתח גבוה, פיקוד ובקרה.

מוקדי עבודה בכל צפון הארץ, טלפון וקשר אלחוטי מהמשרד לכל מכונית - מבטיח שרות מהיר ללקוחותינו.

**יעד אלקטריקה**

רחוב דהאן 15, טבריה, טל: 067-21226

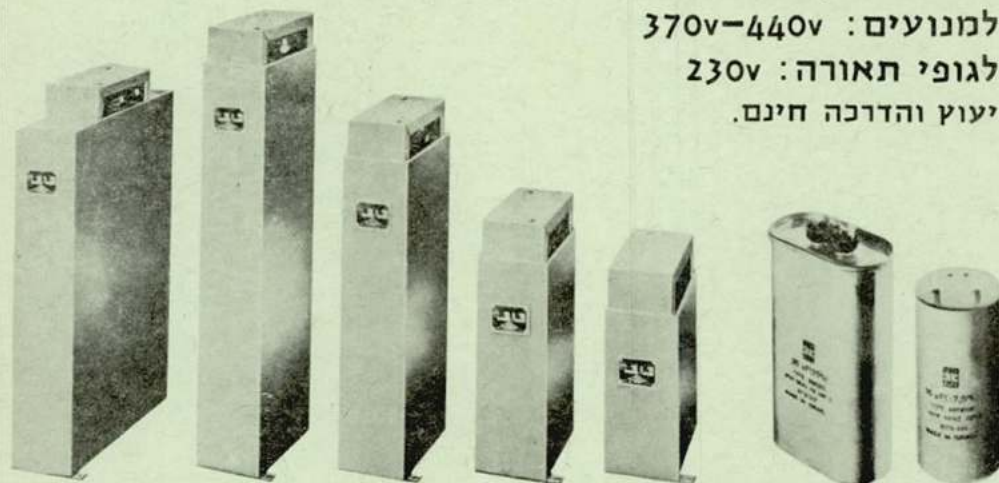
**קבלים**

לשיפור מקדם ההספק: 230v ; 400v (2.5-50) KVAr.

למנועים: 370v-440v

לגופי תאורה: 230v

יעוץ והדרכה חינם.



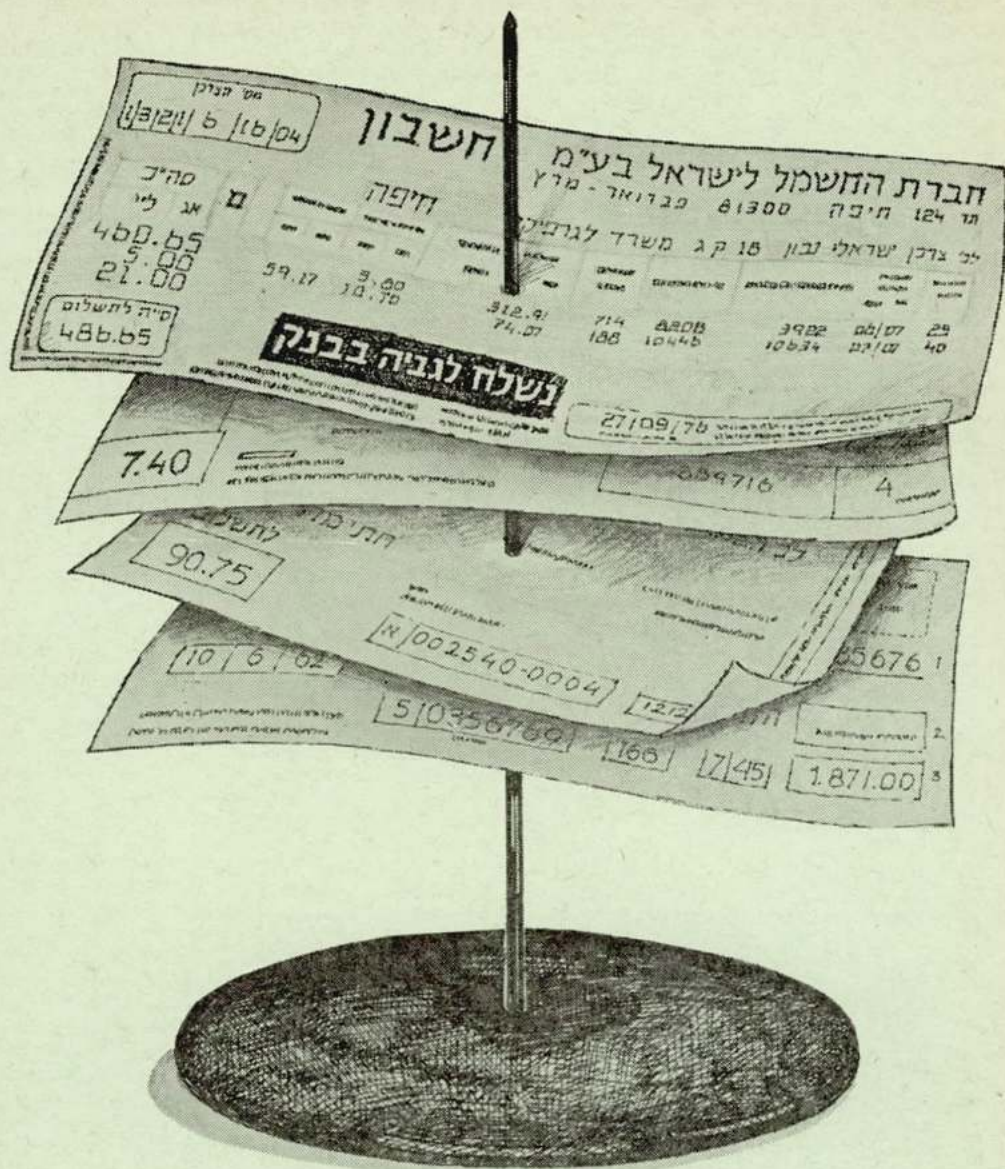
ענף הקבלים

**אלקו**



רמת גן, דרך ז'בוטינסקי 23 טל: 727131

חרושת אלקטרוניקת ישראל בע"מ רמת גן



## דאגה אחת פחות...

כל אשר עליך לעשות הוא לתת הוראה מתאימה לבנק, ואילו אנחנו נמציא את החשבון לביתך לאחר שיפרע בדרך זו, ועדיין תשמר לך זכות הערעור. הצטרף אל 100,000 הצרכנים הנהנים מהסדר תשלום נוח זה.



**השתמש  
בחשמל  
בתבונה**

דאגה לתשלום חשבון החשמל אינה צריכה להטריד אותך עוד. אנו מציעים לך לשלם את חשבון החשמל מחשבוך בבנק, באמצעות הוראת קבע. כך תחסוך לעצמך טרחה מיותרת ותוכל להיות בטוח שחשבון החשמל ייפרע במועדו.

# חברת החשמל לישראל

**יום עיון — „התקע-המצדיע“ בעל פה  
תל-אביב (מלון פלז'ה) 26.10.77**

**תכנית יום העיון**

0800 — 0830	התכנסות ורישום
0830 — 0845	דברי פתיחה — מר ד. גלעדי, מנהל מחוז דן.
0845 — 0945	שיקולי ייעול וחסכון באנרגיה להסקת דירות — אינג' א. לייטנר, מנהל המחלקה לפיתוח הצריכה, האגף המסחרי
0945 — 1015	הפסקה — כיבוד קל.
1015 — 1115	ההשלכות הטכניות הנובעות מהשינויים האחרונים בתעריפי החשמל — אינג' מ. זיסמן, סגן מנהל מחוז דן לעינינים טכניים.
1115 — 1215	מערכות החשמל במקלטים — אינג' נ. פלג, מנהל מחלקת שרותים טכניים לצרכנים, הרשת הארצית.
1215 — 1315	היערכות חברת החשמל לקראת תחנת הכח הגרעינית הראשונה בישראל — אינג' א. קיס, צוות פרויקט התחנה הגרעינית (תג"ר).
1315 — 1515	ארוחת צהרים.
	רב שיח בהשתתפות.
	א. נציגי חברת החשמל.
	ב. מר ד. תרזה, מפקח ארצי לחשמל ואלקטרוניקה במשרד העבודה (בנושאים הקשורים ברשיונות וברישוי חשמלאים).
	הערה: ליד אולם ההרצאות תהיה תצוגה של מכשירים ומתקנים, בהקשר לנושאי ההרצאות.

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

תאריך.....

אני החתום מטה מאשר את השתתפותי ביום העיון „התקע המצדיע בעל-פה“ אשר יתקיים במלון „פלז'ה“ בתל אביב ביום רביעי, י"ד חשוון תשל"ח, 26.10.77.

נא לכלול אותי ברשימת המשתתפים.

מצ"ב דמי השתתפות בסך — 100 ל"י.

שיק/המחאת דאר מס' ..... לפקודת: חברת החשמל לישראל בע"מ, מערכת „התקע המצדיע“.

בכבוד רב,

התימה:.....

שם

כתובת



# ניתוח עומס החשמל במערכת הארצית - מטרות ושיטות

י. ז'ק, כלכלן

תאורו המדויק של צרכן אנרגיה חשמלית מתקבל על ידי שורה ארוכה של גדלים פיזיקליים. לשנים מהגדלים הללו, האנרגיה הנצרכת וההספק (או העומס החשמלי) הנדרש בכל נקודת זמן, נודעת חשיבות ראשונית במעלה. ניתוח עומס מכוון ללימוד מאפייני העומס המבוקש (המכונה בקצרה „ביקוש“) על ידי צרכני החשמל לסוגיהם, והקשרים בין ה„ביקוש“ ובין מאפיינים אחרים של הצרכן.

במאמר זה תתוארנה המטרות העיקריות של ניתוחי העומס והשיטות המשמשות בניתוחים אלו תוך הדגש על היישומים בחברת החשמל בישראל.

א. עלויות הביקוש המשקפות את ההשקעות הדרושות במערכת הייצור ואספקת החשמל.  
ב. עלויות הייצור המשקפות בעיקר את ההוצאות על דלק אחזקה ותפעול של מתקני היצירה וה-אספקה.

בדיאגרמה מס' 1 ו-2 מתוארות עקומות העומס, של כלל צרכני החשמל בישראל, האופייניות ל-קיץ וחורף בשנת 1976/7. מתוך התבוננות בדיא-גרמה ניתן ללמוד על הקשר שבין צורת עקומת העור-מס היומית ועלות החשמל. בשעות הלילה, המאופ-ינות ברמת ביקוש נמוכה (המכונה „עומס בסיסי“), עלות החשמל היא הנמוכה ביותר. יחידות הייצור הפועלות בשעות אלו הינן היעילות ביותר הן מבחינת העלות הכספית לקו"ט מותקן והן מבחינת תצרוכת הדלק הסגולית (וגם לקו"ט ש מיוצר). המחשת היעילות שהוצגה לעיל מובאה בדיאגרמה מס' 3 ובלוח מס' 1.

את מטרות ניתוח העומס ניתן לחלק לשלושת התחומים הבאים:

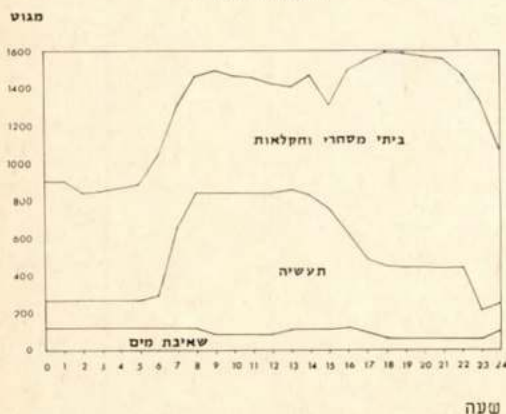
- מטרות בתחום המסחרי.
- מטרות בנושאי חיזוי ותכנון.
- מטרות בתחום ההנדסי.

## המטרות בתחום המסחרי

לתוצאות המתקבלות ממחקרי עומס עומק השל-כות רבות בתחום המסחרי. השלכות אלו נובעות ישירות מהעובדה שהעלויות לייצור החשמל, ואס-פקתו לצרכן, משתנות בהתאם לשעות היממה, סוגי הימים (ימי חול, שבתות, חגים) ועונות השנה, כפי שיוסבר בהמשך.

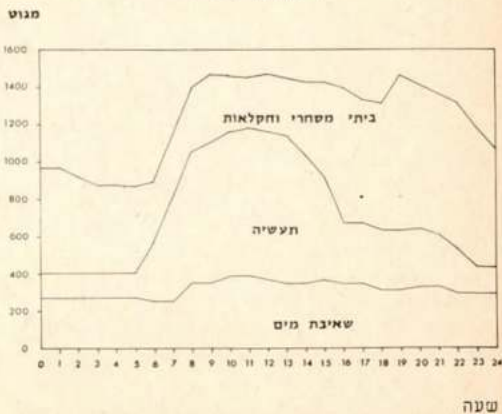
עקומת העומס מתארת את העומס החשמלי המבוקש בכל נקודת זמן. שני סוגי עלויות מוש-פעים ישירות מדפוסי עקומת העומס:

דיאגרמה מס' 2



עקומת עומס אופיינית חורף 77

דיאגרמה מס' 1



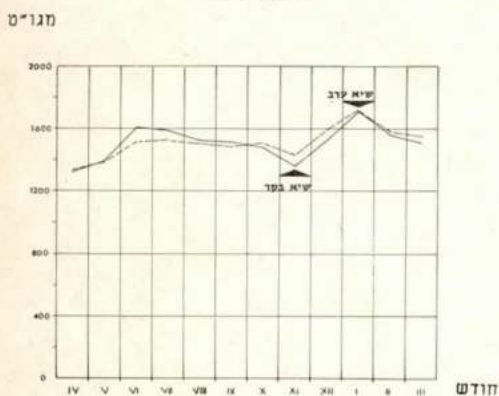
עקומת עומס אופיינית קיץ 77

קוש הכולל במערכת הות מינימלי. אולם מעל ומעבר לעלויות הייצור ראוי להכיר בעובדה כי צרכן המפנה את ביקושו לשעות שפל אילו אינו גורר למעשה עלויות ביקוש. יכולת הייצור המותקנת נקבעת לפי רמת הביקוש בשעות השיא ולפי כך כל ביקוש בשעות השפל מביא לניצול טוב יותר של היכולת המותקנת אולם אינו מצריך השקעות נוספות. עיון חוזר בעקומות העומס בדיאגרמות מס' 1 ו-2 יגלה כי עם העליה בעומס לקראת שעות הבוקר, מתחילה עליה מקבילה בעלות ייצור האנרגיה החשמלית. נדרשת תוספת הולכת וגדלה של יכולת ייצור המסופקת על ידי יחידות פחות ופחות יעילות.

עלויות החשמל מגיעות לשיאן בשעות הצהריים והערב, שעות בהן חל שיא הביקוש הכללי. כל צרכן המצרף את ביקושו לשעות השיא מצריך השקעה נוספת ביכולת ייצור ולפיכך יוצר ישירות עלויות ביקוש. בנוסף לכך, הייצור בשעות אילו, נעשה תוך שימוש במלוא יכולת הייצור הכוללת בתוכה את היחידות הפחות יעילות, דבר הגורם לנידול בעלויות הייצור.

עקומות העומס היומיות מציגות צד אחד של נושא קביעת העלויות הריאליות באספקת חשמל. הצד השני נובע מהשינויים העונתיים, דיאגרמה מס' 4 מציגה את שיאי הביקוש החודשיים בשנת 1976/77 וממנה ניתן ללמוד על ההבדלים המשמעותיים בין שיאי הביקוש בעונות השיא (קיץ וחורף) והביקוש בעונות השפל (עונות המעבר).

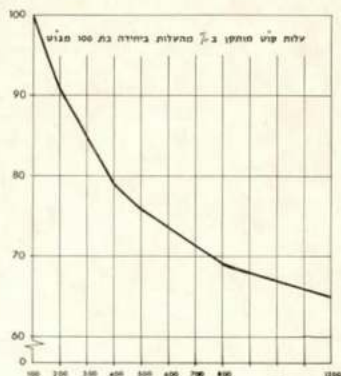
דיאגרמה מס' 4



שיאי ביקוש חודשיים 1976/77

הניתוח שהוצג בנושא השנתות העלויות בהתאם להשתנות היומית של העומס ישים גם להשתנות העונתית. לפיכך ברור כי ייצור ואספקת האנרגיה לצרכן, המרכז צריכתו בעונות הקיץ ו/או החורף, יקרה יותר לעומת צרכן שביקושו חל בעונות הדימעבר.

אחוזים



גודל היחידה במגו"ט

לוח מס' 1

**צריכת דלק סגולית בתחנות כח קיטוריות (גרם לקוט"ש מיוצר)**

1976/77

(ממוצעים ליחידות בעלות הספק דומה)

צריכת דלק סגולית (גרם לקוט"ש מיוצר)	הספק במגו"ט
280	50
253	75
231	141
227	214 — 228
242	

דיאגרמה מס' 3 מציגה את העלות לקוט"ש מותקן ב-100% מהעלות של קוט"ש מותקן ביחידה בגודל 100 מגו"ט. היתרון לגודל, דהיינו הירידה המתמדת בעלות ככל שגדלה היחידה, מומחשת היטב ע"י צורת העקומה. לדוגמה, צרכן בעל ביקוש של קוט"ש שביקושו מסופק ע"י יחידה בת 400 מגו"ט יוצר עלות ביקוש הנמוכה בכ-20% מעלות הביקוש המקבילה במידה ואותו ביקוש היה מסופק מיחידה בגודל של 100 מגו"ט.

לוח מס' 1 ממחיש את הירידה בעלות הדלק לייצור קוט"ש ככל שעוברים ליחידות הגדולות והיעילות יותר. תופעה זו ניתן לשייך הן ליתרון נות טכנולוגיים בייצור ביחידות הגדולות, והן לעובדה כי היחידות הגדולות הן גם היחידות החדישות ביותר במערכת.

השיקולים שהובאו לעיל ממחישים את העובדה כי עלויות הייצור הן מינימליות בשעות בהן הבי

שר קביעת מערכת תעריפים כזו, נדרשת הכרת מאפייני הביקוש של הצרכן, מבחינת כמות האנרגיה הנצרכת ועיתוי (שעות, עונות וכו') הביקוש. "מקדם העומס" המוגדר באופן הבא:

מבנה העלויות שתואר לעיל מכתוב למעשה את המטרה המסחרית העיקרית של ניתוחי עומס: **קביעת מערכת תעריפים שתשקף את העלויות היאליות לייצור ואספקת האנרגיה.** במטרה לאפ-

$$\text{מקדם עומס (באחוזים)} = \frac{\text{צריכת אנרגיה בקוט"ש}}{\text{שיא בקוש בתקופה (קו"ט)} \times \text{שעות בתקופה}} \times (100)$$

### המטרות בתחומי החיזוי והתכנון

מחקרי העומס מספקים תשתית חיונית לחיזוי שיאי הביקוש הצפויים. שמוש זה בתוצאות המחקרים, מעניק להם משנה חשיבות בהתאם למטרות החיזוי.

מבחינים בין מטרות התחזית לפי טווח החיזוי.

#### א. הטווח הקצר (שנה עד שנתיים):

נדרשת תחזית שיאי ביקוש חודשיים לצורך תכנון האחזקה במיתקנים. על תכנון זה להבטיח, ברמת סבירות גבוהה המצאותה של, "יכולת זמינה" מספקת עבור שיאי הביקוש.

#### ב. הטווח הבינוני (שלוש עד עשר שנים):

תחזית של שיאי ביקוש שנתיים בטווח חיזוי זה, משמשת כנתון בסיסי לפיו נקבעות תכניות הפיתוח של יכולת הייצור ואספקת החשמל. על תכנון זה לדאוג להמצאותה של, "יכולת מותקנת" ביאה למינימום את הוצאות ההון הנובעות מההשקעות היקרות בצידוד תוך שמירה על רמת אמירה נות גבוהה המתקבשת עקב הנוזקים הכבדים הנגרמים למשך בעת הפסקות החשמל.

#### ג. הטווח הארוך (עד 25 שנה):

עבור טווח שנים זה נערכת תחזית שיאי ביקוש למספר, "שנות יעד" לצרכי תכנון השטחים והאתרים שיידרשו עבור מתקני הייצור והאספקה העתידיים.

שיטות החיזוי המקובלות עושות שמוש ניכר בתוצאות מחקרי העומס. במרבית השיטות המשתנה הראשוני הנחזה הוא אנרגיה נצרכת. המעבר מתחזיות צריכת אנרגיה לתחזיות שיאי ביקוש נעשה באמצעות, "מקדמי העומס" ומגמות השתנה נותם לאורך הזמן. אינפורמציה זו כאזור מתקבלת מניתוחי העומס.

מאחר ואחד הגורמים המכריעים בהתוות שיאי ביקוש עונתי הם תנאי מזג האוויר, מושם דגש מיוחד לחקר מכשירי החשמל המיועדים להסקה ולמיוזג. בארה"ב לדוגמה הצליחו חברות החשמל לחזות את המעבר משיאי ביקוש שנתי חורפי, שנבע מהסקת הדירות, לשיאי ביקוש קיצי שהתהווה בהשפעת מספרם הגדל והולך של מיתקני המיוזג.

מבטא את המידה בה משתמש הצרכן בעומס בסיסי. מקדם עומס הקרוב ל-100% מבטא צריכה בעומס אחיד במשך מרבית שעות התקופה. חלק גדול מצריכת האנרגיה נעשה בשעות שפל בהן פרעלות יחידות הייצור היעילות. ובמקביל את עלויות הביקוש, הנקבעות על פי תרומתו של הצרכן לביקוש הכללי בתקופות שיא ניתן לחלק לכמות גדולה של אנרגיה נצרכת. מסקנה מניתוח זה היא כי תעריף חשמל ריאלי חייב, ככל האפשר, להתנהג בהתאם למקדם העומס.

אולם יתירה מזאת, שיקולים של חיסכון לאומי מכתובים פעולות להגדלת מקדם העומס של כל צרכן וצרכן ולהפניית ביקושי צרכנים משעות השיא לשעות השפל. פעולות אלו תורמות לשיפור (העלאה) של מקדם העומס הכולל במערכת (דבר המתבטא באופן גרפי בעקומות עומס של כלל המערכת שטורחה יותר) ושה"כ ההוצאות ליצירת ואספקת כמות נתונה של אנרגיה חשמלית הולכות ופוחות. סוג זה של פעילות מכונה, "ניהול עומס" (Load Management) ובין מרכיביו ניתן למצא:

א. הסכמים עם צרכנים גדולים לאספקת אנרגיה בשעות שפל וניתוקם מהמערכת בעיתות שיא (בארץ קיימים למשל הסכמים מסוג זה עם חב"רת, "מקורות" בקשר להפעלת מוביל המים הארצי ועם מספר מפעלי תעשייה גדולים).

ב. הכוונת הצריכה לשעות השפל ע"י קביעת תעריפים מוזלים לשעות אלו (חימום מים, תנורים, אוגרים).

ג. בחינת משמעות שילובם של מספר סוגי אנרגיה לאותה מטרה סופית. (למשל: אנרגיות שמש ור חשמל).

האינפורמציה הדרושה לצרכי, "ניהול עומס" מתקבלת ברובה מניתוחי העומס והיא כוללת עקומות עומס אופייניות של צרכנים גדולים וקבוצות צריכה שונות. סוגי המכשירים היוצרים את העומס בשעות השונות והאפשרות להעברתם — לשעות שפל, השפעות עונתיות, שינויים כלכליים סביבתיים ועוד.

\* יכולת זמינה = שה"כ היכולת המותקנת בניכוי היחידות שהוצאו מפעולה לצורך שיפוצים או עקב תקלות.  
\*\* יכולת מותקנת = טכום הספקי יחידות הייצור היותקנות במערכת.

## מטרות בתחום ההנדסי

המידע המתקבל ממחקר עומס הינו חיוני ביותר לתכנון ואחזקה של רשתות מסירה וחלוקה. ה"אינפורמציה הסופית הנדרשת עבור מטרה זו מאופיינת על ידי שלושה העומסים הבאים:

1. התפלגות העומסים בשנאים לחלוקה ובקטיעי רשת שונים.
2. קביעת תקנים לגודל החיבור אצל קבוצות צרכנים שונות.
3. "מקדמי ההספק" והעומס הריאקטיבי הנדרש ע"י סוגים שונים של צרכנים.

ידעת התפלגות העומסים בשנאי החלוקה ובקטיעי רשת, מאפשרת קבלת החלטות בעוד מועד על הצורך בהגדלת יכולת ההשנאה ובחיזוק הרשת באזורים שונים. העדרו של מידע זה מונע אפשרות לתכנון יעיל של אחזקת המערכת וגורם לסבל רב לצרכנים ולהוצאות אחזקה ותפעול גבוהות. חשוב לא פחות הוא המידע בדבר העומסים הריאקטיביים הנדרשים בקבוצות שונות. באמצעות מידע זה ניתן להחליט על הצורך בהוספת מערכים ליצירת הספק ריאקטיבי בסמוך למקומות הצרכנות (סוללות קבלים סינכרוניים וכו') תוך חסכון כספי ניכר.

קביעת התקנים לגודל החיבור באה במגמה להבטיח הספקה אמידה של אנרגיה חשמלית תוך מינימיזציה של עלות חיבור הצרכן לרשת. כדי לקבוע תקנים אלו יש לאמוד הו את הביקוש הממוצע לצרכן בסוגים שונים של צרכנות והן את "מקדמי החפיפה הקבוצתיים" \* . מקדמים אלו מ"בטאים את העובדה כי שיא העומס הסימולטני של קבוצת צרכנים קטן מסכום שיאי הביקוש האינדיבידואליים של כל צרכני הקבוצה. זאת מאחר ושיאי הביקוש האינדיבידואליים חלים בזמנים שונים אצל צרכנים שונים. באמצעות עקומת מקדמי החפיפה (המוצגת בדיאגרמה מס' 5) ניתן לקבוע

את שיא הביקוש ביציאה מהבנין, בקו המוליך מהטרנספורמטורים, בקוים המזינים שכונות ועוד. באמצעות מידע זה ניתן לקבוע את חתכי הרשת בכל נקודה ונקודה בצורה הכלכלית ביותר.

## שיטות הניתוח

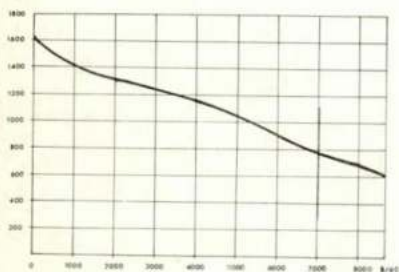
שיטות הניתוח המקובלות נגזרות ישירות מהמטרה הסופית ומהנתונים העומדים לרשות עורכי ה"מחקר. את מירב מטרות מחקרי העומס ניתן להשיג באמצעות נתוני עקומות העומס אצל מספר רב של צרכנים ובנקודות שונות ומגוונות ברשת. אולם השגת נתונים אלו כרוכה בהוצאות כספיות ניכרות, לפיכך פותחו שיטות המאפשרות השגת חלקית של מטרות המחקרים תוך שימוש בנתוני מערכת חשבונות הצרכנים. נתונים אלו כוללים את צריכת האנרגיה התקופתית ועבור צרכנים בקבוצות תעריפים מסוימות אף את שיא הביקוש התקופתי. בנוסף לכך נעזרים, בנתונים סטטיסטיים ארציים על אחוזי הבעלות של מכשירי חשמל שונים, ב"מחקרי שווקים ועוד. זאת במטרה לאפשר אמידה סטטיסטית ברמת מהימנות סבירה ובמסגרת תקציבית מצומצמת. שיטות אלו נהוגות כיום בחברת החשמל. התכניות לעבור לשימוש במכשירי מדידה משוכללים ויקרים יתוארו בפרק הסיכום.

## ניתוח עקומת משך העומס

לשם הדגמת אחת משיטות הניתוח, המספק מידע חיוני לצרכים מסחריים מוסבר להלן ניתוח עקומת משך העומס. עקומת משך העומס מתארת את ה"עומסים הכלליים במערכת מדי שעה במשך תקופת זמן מסוימת (בדרך כלל שנה = 8760 שעות). ה"שעות ממוינות לפי העומס הממוצע באותה שעה ומסודרות במסדר יורד החל משעת שיא הביקוש התקופתי ועד לשעה בה שרר הביקוש הנמוך ביותר בתקופה. דיאגרמה מס' 6 מתארת את עקומת משך העומס לשנת 1976/77.

דיאגרמה מס' 6

מג"ט



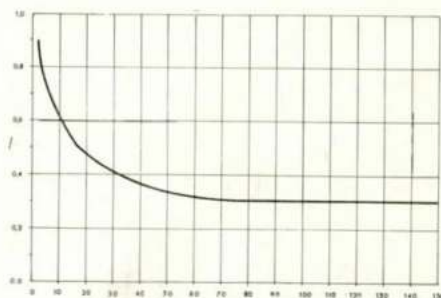
שעות השנה

עקומת משך עומס 1976/77

\*\* (מקדם חפיפה קבוצתי) × (מספר הצרכנים) = שיא ביקוש של קבוצת צרכנים.

דיאגרמה מס' 5

מקדם חפיפה קבוצתי



מספר הצרכנים בקבוצה

עקומת מקדמי החפיפה הקבוצתיים

ניתוח עקומת משך העומס בא לחלק את העומסים לסוגי הצרכנות השונים. עיקר ההתעניינות מתרכז בשעות המאופיינות בעומס גבוה. ניתוח משך העומס עבור שעות אלו מאפשר קבלת אידיקציה על הדרך בה יש להעמיס את ההשקעות במתקני החברה על קבוצות הצרכנות השונות.

שיטת הניתוח מורכבת מארבעה שלבים עיקריים:

א. חלוקת ימי השנה לקבוצות „הומוגניות” מבחינת מאפייני העומס.

ב. בחירת עקומת עומס יומית מייצגת לכל קבוצה.

ג. נתוח שעה שעה של עקומות העומס המייצגות שנבחרו.

ד. יישום הניתוחים מהעקומות המייצגות לעקרונות משך העומס הכללית.

א. מאחר וקריטריון ל„דימיון” בכל קבוצה הוא צורת עקומות העומס היומיות מחולקים ימי השנה ל-9 ( $3 \times 3$ ) קבוצות.

1. 3 עונות שנה — חורף, קיץ ומעבר.

2. 3 סוגי ימים — א'—ה', ו' וערבי חג, שבתות וחגים.

ב. עבור כל אחת מ-9 הקבוצות נבחרת עקומה יומית אופיינית. בדרך כלל נבחרת העקומה המייצגת ייצור יומי קרוב ככל האפשר לייצור יומי ממוצע עבור הקבוצה.

ג. בכל עקומה יומית מחולקות השעות לשלוש קבוצות:

1. שעות יום: 1600 — 0600

2. שעות ערב: 2200 — 1700

3. שעות לילה: 0500 — 2300.

עבור כל מירווח שעות מבוצע ניתוח סכמטי ב־אופן הבא:

1. ניתוח מפורט של עומס ממוצע, שעות עבודה ומספר משמרות, לכל צרכן בתעריף התעשייתי. באמצעות הסיכומים המתקבלים ניתן לבנות עקומות עומס סכמטיות של תעשייה לפי משמ-

רת אחת, שתיים ושלוש משמרות.

2. השוואת עקומות עומס בימים גשומים, לפני הם ואחריהם, בד בבד עם שימוש בתוני הצריכה לשאיבת מים, מאפשרים אמידת העומס הממוצע הנדרש לשאיבת מים. לעומס זה מוסיפים את נתוני מוביל המים הארצי, לגבי קיימת אינפורמציה שעה שעה וכך מתקבלת עקומה אופיינית לשאיבת מים.

3. עקומת העומס של יתר השימושים (בית, מס' חרי וחקלאי) מתקבלת כהפרש בין עקומת ה־עומס של כלל המערכת ובין „הסכום האנכי” של עקומות העומס התעשייתי ושאיבת המים.

ד. נתוח סמכתי של עקומת משך העומס הכללית נעשה שוב על־ידי חלוקת כל שעות השנה למספר קבוצות. כשכל קבוצה מוגדרת ע"י תחום של ער מסים (ראה דוגמא לחלוקה ל-4 קבוצות בלוח מס' 3). עבור כל אחת מהקבוצות מחושבת התפלגות השעות לפי הקריטריונים שמשו לניתוחים הקודמים דהיינו עונת השנה, סוגי הימים ושעות היממה. באמצעות התפלגויות אלו וניתוחי העומס בשעות האופייניות מתקבלת חלוקה סכמטית של העומס לשימושים השונים בכל אחת מקבוצות ה־עומס.

לאחר קבלת תוצאות הניתוח הסכמטי נבחנת אמיתות התוצאות. האנרגיה התאורטית המבוקשת על־ידי השימושים השונים מחושבת על־ידי הכפלת העומס הממוצע שנתקבל במספר השעות המתאים. אנרגיה תיאורטית זו מושווית עם נתוני הצריכה המעשיים בכשהאחרונים מוכפלים במקדמי איבר דים. קבלת סטיות בלתי משמעותית בהשוואה לעיל מאפשרת ייחוס רמת אמינות „סבירה” לתוצאות הניתוח.

#### ניתוח עקומת משך העומס בשנת 1976/77

בלוחות הבאים מוצג יישום ניתוח משך העומס לשנת 1976/77. לוח מס' 2 מתאר את חלקם של שני סוגי הצרכנות העיקריים בצריכת האנרגיה השנתית.

לוח מס' 2

סוג השמוש	מספר צרכנים לסוף 1976/77		צריכת חשמל ב-1976/77	
	באלפים	ב-מהסה"כ	במליוני קוט"ש	ב-מהסה"כ
ביתי	1,002.5	87.3	2,560	28.6
מסחרי וציבורי	108.5	9.5	1,395	15.6
חקלאי	5.8	0.5	345	3.9
תעשייתי	25.4	2.2	3,060	34.2
שאיבת מים	5.6	0.5	1,580	17.7
סה"כ	1,147.8	100.0	8,940	100.0

העיקריים לשיא העומס החורפי (החל בשעות הערב). לוח מס' 3 מציג את תרומתו של כל שימוש לשיא העומס החורפי והקיצו ולעומס ה- ממוצע בארבע קבוצות עומס.

מהתבוננות חוזרת בדיאגרמות מס' 1 ו-2 ניתן ל- הבחין כי השימוש התעשיתי הינו הדומיננטי ב- צירת שיא העומס הקיצי (החל בשעות הצהריים) ואילו השימושים הביתיים והמסחריים הם התורמים

לוח מס' 3

### נתוני שנת 1976/77

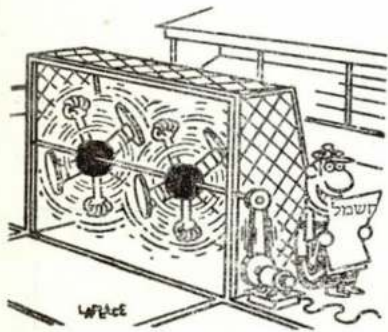
התרומה של השימוש ב-% :				
סה"כ	שאיבת מים	תעשייה	ביתי + מסחרי + חקלאי	
100.0	3.5	23.4	73.1	שיא ביקוש חורף 1,711 מגו"ט
100.0	23.0	49.7	27.3	שיא ביקוש קיץ 1,610 מגו"ט
				1,005 שעות עם עומס מעל 1,442 מגו"ט ועומס ממוצע של 1,496 מגו"ט
100.0	16.4	43.2	40.4	3,349 שעות עם עומסים בין 1,200 ל-1,441 מגו"ט ועומס ממוצע של 1,319 מגו"ט
100.0	16.6	39.1	44.3	3,381 שעות עם עומסים בין 831 ו-1,199 מגו"ט ועומס ממוצע של 997 מגו"ט
100.0	18.4	28.1	53.6	1,025 שעות עם עומסים בין 530 ו-830 מגו"ט ועומס ממוצע של 769 מגו"ט
100.0	19.9	22.6	57.5	
100.0	17.4	34.8	47.9	סה"כ עקומת משך העומס, עומס ממוצע 1,151 מגו"ט

### תוכניות לעתיד

התנאים המשתנים במשק האנרגיה בכלל ובמשקי החשמל בפרט — ההשקעות חסרות התקדים וה- עלויות הגדולות לייצור האנרגיה — מחייבים המ- שך המאמץ להשגת מידע רחב ואמין ביותר בנושא מחקרי העומס. במסגרת זו נערכת חברת החשמל לקראת ביצועו של מחקר עומס בהיקף נרחב. המחקר המתוכנן יתבסס על מדידות עומס אצל צרכנים בודדים בקבוצות צרכנות הומוגניות. המ- דידות תתבצענה באמצעות מיכשור מתוחכם ויקר תוך שימוש במערכת תוכניות מחשב לפיענוח וני- תוח הנתונים.

באמצעות המידע שיתקבל ממחקר זה ניתן יהיה לאפיין את עקומות העומס של הצרכנות הביתית לפי איזורים גיאוגרפיים ודמוגרפיים, סוגי המכ- שירים שברשות הצרכן, מספר הנפשות וכו'. את עקומות העומס בצרכנות המסחרית והתעשיתית ניתן יהיה לנתח בהתאם לענף הכלכלי אליו משתייך העסק או המפעל ולאמוד את הקשרים בין תפוקת היחידה הכלכלית, מספר העובדים המועסקים וסוגי הציוד לבין עקומות העומס וצ- ריכת האנרגיה.

תשתית אינפורמציה רחבה זו תאפשר תכנון והקצאת עלויות יעילות שיביאו לניצול אופטימלי של מערכת הייצור המסירה והחלוקה של משק החשמל.



איך מאמת זכינו באליפות

# הארקות והגנות אחרות

## דעת המומחים מחו"ל \*

תרגום ועריכה — אינג' ג. ארליך

**א. הארקה באמצעות אלקטרודות במתקן הצרכן (שרטוט מס' 1)**

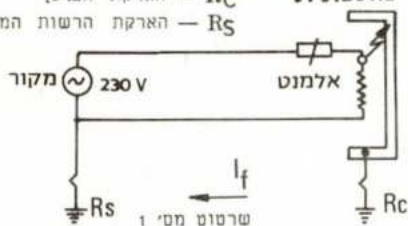
הארקה באמצעות אלקטרודות אדמה

מעטפת מתכתית

מקרא:

$R_C$  — הארקה הצרכן

$R_S$  — הארקה הרשות המספקת חשמל



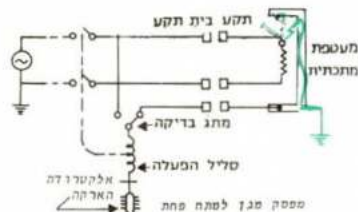
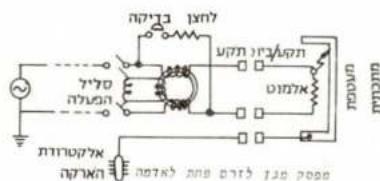
יש לדחות שיטה זאת בכל תוקף.

כדי ששיטה זו תהיה אפקטיבית ותעמוד בכל ה"דרישות יש צורך בהתקנת מספר גדול מאוד של אלקטרודות באדמה החייבות להיות מרוחקות זו מזו מרחק רב.

מתקן הארקה כזה יהיה כרוך בהוצאות מעבר לכל פרופורציה סבירה ויידרש עבורו שטח קרקע רב, טיפול והשגחה מרובים.

**ב. ממסרי פחת (שרטוטים מס' 2 ו-3)**

שרטוט מס' 3



שרטוט מס' 4

**Ip** — זרם פחת ספילי שאינו גורם להפעלת ממטר מתח פחת

**Mr. G. F. L. Dixon, Chief Engineer**  
Yorkshire Electricity Board, England

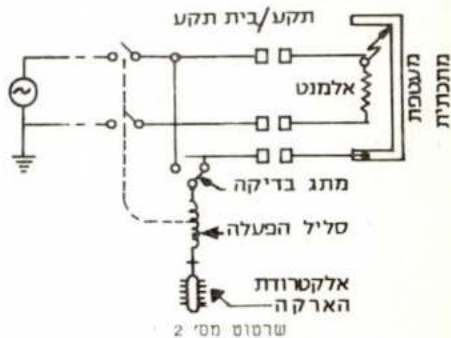
בתחילת דבריו התייחס המרצה ל-2 הסיבות העיקריות המונעות את המשך השימוש בשיטת ההארקה שהיתה מקובלת מאז ומתמיד בישראל:

1. צינורות המים המתכתיים מוחלפים בהדרגה בצינורות מחומרים שאינם מוליכים חשמל (כגון: צינורות פלסטיים, צינורות אסבסט וכו'). החלפת הצינורות מתבצעת ללא פיקוח של מהנדסי חשמל. גם אם מניחים פס מתכתי במקביל לצינור הלא-מתכתי אין תחליף זה שווה ערך: בעוד ש-צינור מים הנאכל מקורוזה מתריע על התקלה בניזלת המים המאפשרת איתור מהיר ותיקון הרי כאשר פס מתכתי שנאכל וכתוצאה מזה רציפות ההארקה נפגמת הדבר עשוי להיות מורגש רק כאשר מתרחש החישמול.

2. העומס החשמלי הסגולי של הצרכנים הולך וגדל ובמקביל לכך עולה עוצמת הזרם הנומינלי של הנתכים. למשל, כאשר הזרם הנומינלי של ה"נתיך הוא 60 א' די בהתנגדות מעגל הארקה בסדר גודל של 3 אוהם כדי להבטיח ניתוק המעגל ה"חשמלי בשעת קצר לאדמה. אולם כאשר ה"נתיך הוא בגודל נומינלי 200 א' דרושה התנגדות הארקה בסדר גודל של כ-1 אוהם וערך נמוך כזה כמעט שלא ניתן להשיג באופן מעשי.

בהמשך סקר המרצה את השיטות האלטרנטיביות כדלקמן והתייחס אל החיוב והשלילה שבכל שיטה בהתאם לענין:

### מפסק מגן למתח פחת



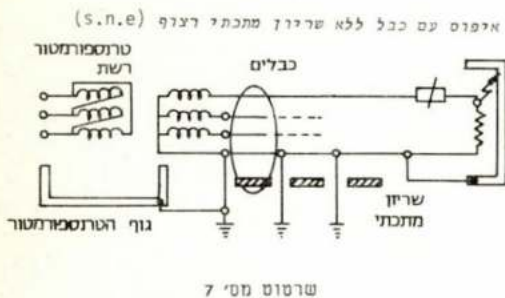
\* דברים שנאמרו בסימפוזיון הארקות (תלאביב, אפריל 1977)

ומושרה מתח בסליל המשני אשר מזרים זרם ל- ממסר. הממסר פועל והמעגל מנותק. אי לכך הממ- סר המופעל ע"י זרם פחת כנ"ל מהווה לכאורה פתרון מעולה לבעיותינו, הוא מגיב על כל זרמי הפחת הקיימים במתקן הצרכן, הוא לא זקוק ל- אלקטרודות או מתקני הארקה מסובכים, הן מצד הצרכן והן מצד הרשות המספקת חשמל.

החסרונות הפוסלים אותו לשימוש כללי הם: רגישותו והאפשרות של תקלות מכניות.

על הממסר להגיב על זרמי פחת של 30 מיליאמפר. כאשר לממסר רגישות כה גבוהה הוא עלול להגיב גם על זרמי מעבר מכל הסוגים ולגרום ל- הפסקת המעגל ללא צורך. הנסיון מלמד שהפסקות שוא עלולות להיות מרובות ולגרום להפרעות רבות אצל הצרכן, "שמאלצוי" לקצר את ממסר הפחת ועל ידי כך אמנם למנוע הפסקות שוא אולם ביחד עם זה להשאר ללא הגנה בפני זרמי פחת. כתוצאה מקורוזה הממסר עשוי להפסיק לתפקד כעבור זמן לא רב.

מסיבות אלו יש להמנע בדרך כלל משימוש ב- ממסרי פחת ולהגביל את השימוש בהם למקרים מיוחדים כגון קרוואנים, סירות, תחנות חליבה וכו' בהם השימוש בשיטה אחרת הוא בעייתי.



שרטוט מס' 7

מקרא:

Sne — הארקה אפס מיוחדת

לבין האדמה. לפי התקנות הבריטיות החדשות ביותר מספיק שערך התנגדות זו יהיה 20 אוהם. למעשה בשעת קצר לאדמה משמש מוליך האפס לסגירת מעגל האדמה (ראה שרטוטים מס' 5, 6 ו- 7) מעגל הארקה בעל התנגדות נמוכה ביותר כך שמתפתח זרם קצר בעוצמה מספקת כדי לגרום לשריפת הנתכים או להפעלת מתקני ההגנה ה- אחרים בכל מקרה. המעגל הלוקי מתנתק מרשת החשמל במהירות. למעשה זרם הקצר עובר בתיל האפס בלבד ובכלל לא עובר דרך אלקטרודות ה- הארקה ודרך האדמה. אלקטרודות הארקה הקשו- רות לתיל האפס מהוות על כן כעין קו הגנה שני למקרה של ניתוק האפס. האפשרות של ניתוק ה- אפס ותוצאותיו גרמו לספיקות רבים לפני טיב

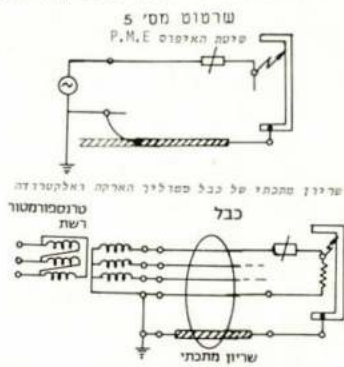
מבין ממסרי הפחת יש לפסול את הממסר הפועל על מתח פחת. ברב מדינות אירופה ממסר זה נפסל לשימוש על פי החוק.

שרטוט מס' 4 מסביר מדוע ממסר זה פסול לשי- מוש. במתקן הצרכן עלולים להוצר מסלולי זרי- מה לזרמי פחת העוקפים את הממסר והמנועים את הפעלתו גם במקרים שבהם הוא חייב לפעול. זרמי פחת "טפיליים" אלה אשר אינם גורמים להפעלת הממסר ולניתוק החשמל עלולים לגרום לשריפות ולנזקים אחרים למתקן הצרכן ואף לסכן בני אדם ובעלי חיים.

הסכנה של זרמי פחת שגמסר הפחת לא, "מרגיש" בהם, כמעט ואינה קיימת בממסרים המופעלים ע"י זרם פחת.

לפי חוק קירכהוף סכום הזרמים במערכת חד- פזית או תלת-פזית עם מוליך אפס הוא אפס, וכאשר מעבירים את מוליכי הפזות והאפס דרך שנאי מסכם (שרטוט מס' 3) סכום השטף המגנטי הוא אפס ובמצב נורמלי לא מושרה כל מתח בסליל הנמצא על השנאי המסכם המחובר לממסר ה- פחת.

באם אמנם זרם זרם פחת במתקן, סכום הזרמים במוליכי הפזות והאפס אינו אפס ואז נוצר שטף



שרטוט מס' 6

### ג. איפוס לפי השיטה הבריטית P.M.E.

לפי שיטה זו הארקה הצרכן מחוברת לתיל האפס של הרשות המספקת חשמל. חלקי המתכת במתקן הצרכן, העלולים לקבל מתח ולהוות סכנה בטיחור תית, קשורים ביניהם בקשר חשמלי טוב עם התי נגדות נמוכה המחוברת באמצעות תיל האדמה ב- מתקן הצרכן לתיל האפס של הרשות המספקת חשמל בלוח הראשי.

תיל האפס מחובר בלוח הראשי של הצרכן וגם לצינוורות המים והגז הנכנסים לתוך מתקן הצרכן.

ההתנגדות בין תיל האפס לגוף האדמה צריכה להיות נמוכה כדי למנוע אפשרות של התהוות מת- חים מסוכנים בין האפס וחלקי המתכת של הצרכן



לגבי צרכנים יחידים הניזונים בנפרד באמצעות שנאי על עמוד יש להשתמש בשיטה הנקראת C.N.E. לפי שיטה זו הארקות הצרכן, המבוצעות במתקניו באופן זהה לשיטת ה-P.M.E. מחוברות באמצעות כבל חד גידי מבודד להארקת נקודת ה-אפס של השנאי (ראה שרטוט מס' 9) במקרים מיוחדים אלה שיטה זו עדיפה לגבי השיטות ה-אחרות.

המראה המליץ לבנות רשתות חדשות ב-ארצנו לפי שיטת ה-P.M.E. לאלתר ולהכין תכניות רב-שנתיות עד לתקופה מכסימלית של 10 שנים ל-העברת הרשתות הקיימות ל-P.M.E. תוך ניתוק הדרגתי של הצרכנים מרשת צינורות המים.

**Mr. H.J. Sheppard, Head of Engineering, The Electricity Council, England.**

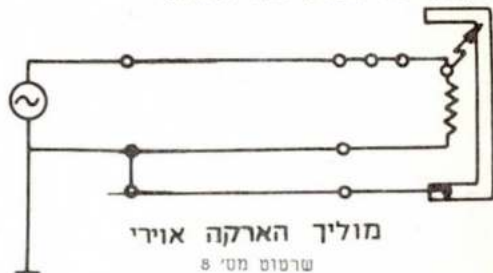
המראה סקר את ההתפתחות ההדרגתית של שיטת ה-P.M.E. באנגליה. התפתחות זו אמורה לעניין את הנוגעים בדבר בארצנו הואיל ומתברר כי ב-תחילת הדרך של פיתוח השיטה ויישומה באנגליה היו קיימים שם אותם הספקות המקשים כל כך לקבל החלטות לאמוץ שיטה זאת.

בתחילת ה-P.M.E. הדרושות היו חמורות מאוד. התקנות משנת 1940 קבעו שההתנגדות הכוללת בין אפס לאדמה של כל קו חלוקה ראשי על הס-תעפופותיו וחיבוריו לבתים לא תעלה על 2 אוהם. לצורך זה היה נחוץ להגדיל את מספר החיבורים של תיל האפס לאדמה לאורך הקו עד אשר יושג הערך של 2 אוהם. התנגדות החיבור לאדמה בכל אחד מקצוות הקווים לא היתה צריכה לעלות על 10 אוהם. מתקניו של כל צרכן היו צריכים להיות מותאמים ל-P.M.E. ולא היתה קיימת אפשרות שמתקני צרכנים הקשורים לרשת עם P.M.E. לא יהיו מותאמים ל-P.M.E. לאור הניסיון המעשי שנרכש התברר שהיה מקום להקלות ניכרות ב-הוראות ה-P.M.E. ושהסיכונים שנבעו מההקלות הללו היו סבירים.

לפי התקנות משנת 1974 ההתנגדות הכוללת, של קו ראשי על הסתעפופותיו ועל חיבוריו לצרכנים, בין האפס לאדמה לא היתה צריכה לעלות על 20 אוהם. הערך הזה נקבע בהנחה שכאשר נוצר מגע חשמלי בשנאי בין סלילי המתח הגבוה לבין סלילי המתח הנמוך, הזרם אשר יזרום במגעל צריך להיות מספיק גדול כדי לנתק את נתיבי ה-מתח הגבוה לאלתר. עם התנגדות של 20 אוהם בין אפס לנוף האדמה תנאי זה מתמלא. משרד התקשורת שמתקניו רגישים לזרמי האדמה אינו מרשה שהתנגדות זו תעלה על 20 אוהם.

תקנה נוספת היא שבמקום הדרושה שבכל אחד מקצוות הקווים תותקן אלקטרודת הארקה, נקבע שלפחות אלקטרודת הארקה של האפס תותקן במקום אשר ריחוקו מהשנאי לא יהיה קטן מה-

השיטה. אולם המציאות הוכיחה שהחששות הללו הם תיאורטיים בעיקרם: כאשר נגרם ניתוק ב-אפס הדבר הזה מורגש מיד כי אבזרי החשמל מפסיקים לפעול, לכן פרק הזמן בו האפס מנותק קצר מאוד וההסתברות שיקרה אסון או פגיעה בפרק זמן זה נמוכה ביותר וכדי לצמצם עוד יותר את הסכנה הזו מאורק האפס בקצוות הרשת, קובעים את חתך מוליך האפס כחתך מוליכי ה-פזות ומינימים עליו בכבלים בפני קורוזיה. כידוע לא קיימת בעולם מערכת הגנה מעשית המבטיחה בטיחות של 100%. בשיטת ה-P.M.E. מידת הסי-כון היא מינימלית ונמוכה מזו של שיטות אחרות. בבריטניה התברר שהעלות של שיטה זו לגבי ה-צרכן ולגבי הרשות המספקת חשמל נמוכה בהרבה מעלותן של שיטות הגנה אחרות.

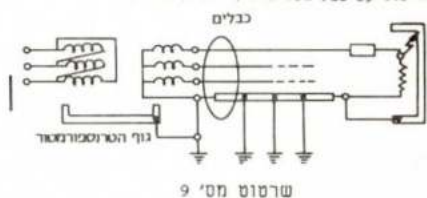


**ד. מוליך הארקה ברשתות אויריות**

בבריטניה רשתות מתח נמוך בערים הן רשתות של כבלים ובאיוורים כפריים משתמשים ברשתות או-ריות. במקומות רבים משתמשים להגנה בפני זרמי פחת ברשתות אויריות בתיל אדמה מיוחד. (ראה שרטוט מס' 8). יש לדחות שיטה זו לחלוטין: במקרה של ניתוק של חוט האדמה ברשת עלול הדבר להתגלות רק במקרה של אסון, שכן לרצי-פתו של מוליך האדמה יש חשיבות רק במקרה של תקלה כי בשל כך לתיל האפס אין לחוט האדמה כל תפקיד כאשר הרשת במצב תקין. כמו כן תיל האדמה מייקר את הרשתות באופן משמעותי.

**ה. שיטת הקישור ההגנתי C.N.E.**

איור עם כבל בעל מוליך אפס (C.N.E.)



**מקרא: C.N.E. — הארקות אפס משותפת**



צנורות מים, זיון של בטון, מעטים של כבלים ו-אלקטרודות מלאכותיות (כגון: הארקות יסוד, מוטות הארקה, סרטי הארקה וכו').

אין להשתמש כאלקטרודות הארקה במערכות של צנורות להולכת נוזלים דליקים, גזים, מתקני חימום וכו'.

בחישוב ההולכה החשמלית של הקרקע יש להתחשב בשינויים העונתיים — ההתנגדות המכסימלית חלה בחורף והמינימלית בקיץ (הואיל ולקרקע יש מקדם טמפרטורה שלילי), בלחות הקרקע ובתכונותיו האלקטרולטיות, בהתייבשות הקרקע סביב האלקטרודה כתוצאה מחימום על ידי זרמי פחת.

כדי להקטין את התנגדות הקרקע יש לצמצם את צפיפות הזרם באלקטרודות במידה מכסימלית ל-מטרה זו האורך של האלקטרודה צריך להיות גדול ביחס לרוחבה או לקוטרה והמצב הגרוע ביותר בנידון הוא של לוחות הארקה.

לזרמים ישרים בקרקע יש השפעה אלקטרוכימית על אלקטרודות והם עלולים לגרום לקורוזיה. בארץ אין רכבות חשמל ומקורות לזרם ישר ולכן בעיה זו היא מינימלית כאן. אולם כאשר אלקטרודות אדמה הם ממתכות שונות או נמצאות בקרבת מינרלים תת-קרקעיים ממתכות אחרות שהם קשורים אליהם קשר חשמלי עלול להוציא תא גלווני אשר יגרום ברוב המקרים לקורוזיה באותה המתכת המשמשת כאנודה, יש למנוע קורוזיה מסיבה זו על ידי שימוש במתכות זהות והרחקת החלקים שממתכות שונות או על ידי ציפוי או בידוד חשמלי לאותו חלק מתכתי אשר אינו משמש כאלקטרודה.

הארקות יסוד מוכנסות לתוך יסודות המבנים בעת הקמתם, הן אלקטרודות אדמה יעילות וקישורים לזיון הברזל של הבטון מאפשר קישור שווה פוטנציאלי של כל חלקי המתכת של מתקני החשמל בבנין.

משמשים בסרט פלדה מצופה אבץ חס בחתכים  $35 \times 30$  מ"מ או  $4 \times 25$  מ"מ או מוטות פלדה מצרפים אבץ חס בקוטר 10 מ"מ וגם במבני פלדה תת-קרקעיים של בנינים (תקנות VDEW 1967). סרט תיל הפלדה צריך להיות מוכנס לתוך היסודות כטבעת סגורה והוא צריך להמצא מתחת למחסום הלחות אולם שום חלק שלו לא צריך להיות מרוחק יותר מ-10 מ' מתחתית היסוד. הארקה היסוד צריכה להיות קשורה בריתוך או באמצעות מחברי הברגה לזיון הברזל של הבטון. יש להוציא מחוץ לבטון קצוות של הארקה יסוד כדי לאפשר ביצוע מדידות התנגדות. כל חלקי הארקות היסוד היוצאים מהבטון צריכים להיות מוגנים בפני קוררזיה (ציפוי אבץ חס), את סרט הפלדה יש להכניס לשיכבת בטון בעובי של 10 ס"מ בתחתית היסוד.

מרחק בין השנאי לצרכן המרוחק ביותר. שינוי אחר בתקנות בעל חשיבות מכרעת הוא היתר לצרכנים להשתמש בשיטת הארקה אחרת על אף העובדה שהם מחוברים לרשת עם P.M.E. אי לכך אין העברתה של רשת מסויימת ל-P.M.E. מחייבת את כל הצרכנים הקשורים לאותה הרשת לעבור ל-P.M.E.

**הרצאותיהם של 2 המרצים מאנגליה מובילות ל-שלוש מסקנות חשובות:**

א. לפי דעותיהם שיטת ה-P.M.E. היא השיטה היעילה והאמינה ביותר בין כל האלטרנטיבות הקיימות.

ב. המעבר מהשיטה הקיימת כעת בישראל לשיטת ה-P.M.E. לא חייב להיות כרוך בהוצאות גדולות והוא זול יותר מהמעבר לכל שיטה אחרת. ג. המעבר לשיטת P.M.E. יכול להיות הדרגתי ובשלבים נוחים ואין צורך להכריח את כל הצרכנים לעבור ל-P.M.E. כי לרשת עם P.M.E. יכולים להיות מחוברים צרכנים המותאמים לשיטת ה-P.M.E. וגם צרכנים שהבטחתם מפני זרמי פחת היא לפי שיטה אחרת.

**Mr. W. Rudolf, Oberingenieur A.E.G. Telefunken, Germany.**

דבריו של המרצה התמקדו בשינויים נושאים: אלקטרודות אדמה וממסרי פחת.

#### א. אלקטרודות אדמה

הדרישות לגבי אלקטרודות אדמה:

1. התנגדותם למסת האדמה צריכה להבטיח עוצמת זרמי פחת וקצר המסוגלים להפעיל את מתקני ההגנה בשעת הצורך.
2. זרמי הקצר העלולים להופיע לא צריכים לגרום למאמצים תרמיים ומכניים גדולים יתר על המידה שעשויים לגרום נזק לאלקטרודות.
3. האלקטרודה צריכה להיות מוגנת בפני קורוזיה.

4. מערכת האלקטרודות לא צריכה לגרום נזק לאבזרי מתכת אחרים על ידי אלקטרוליזה. מבחינים בין סוגי האלקטרודות הבאים:

1. מוטות הארקה.
2. צנורות הארקה.
3. סרטי הארקה.
4. תילי הארקה.
5. לוחות הארקה (צורה מאוד לא יעילה).
6. הארקות יסוד (בתוך יסודות הבניינים).
7. הזיון של הבטון.
8. שונות.

מבחינים גם בין אלקטרודות שטוחות לבין אלקטרודות לעומק.

כמו כן מבחינים בין אלקטרודות טבעיות כגון:

או לאינברסיה במערכות חצאי מוליכים, יש לקוות שבעתיד, היצרנים של ממסרי פחת יצליחו להתגבר על בעיה זו.

על כל פנים יש להבטיח שרכיב הזרם הישר בזרם פחת לא יעלה על 20% דהיינו 6 מיליאמפר, בגרמניה משתמשים בממסרי פחת בעיקר באזורים כפריים, כאשר ממסר הפחת מותקן ומופעל בצורה נכונה אינו גורם לבעיות.

בהשוואה לאיפוס יש לממסרי פחת לדעתו של ה-מרצה מספר יתרונות:

ממסרי פחת מופעלים על ידי זרמים קטנים ביותר. כדי להפעיל את מתקני ההגנה לפי שיטת האיפוס חייבים לזרום זרמים גדולים המעמיסים את הרשת וגורמים לחימום.

זרמי פחת קטנים הזורמים בתוך המבנים עוללים לגרום לשריפות ולנזקים רציניים אחרים. זרמים כאלה מתגלים ע"י ממסרי פחת ומפעילים אותם, אולם אינם מתגלים ע"י מערכת האיפוס. יותר קל להבטיח סלקטיביות במתקן המוגן ע"י ממסרי פחת מאשר על פי שיטת האיפוס. בדומה לגישה האנגלית דעתו של המרצה היא שבכל מקום בו ההסתברות של ניתוק האפס גבוהה יש להשתמש במפסק פחת. היתרון לגבי מפסקי פחת הוא שהדאגה לתקינות מערכת האיפוס חלה על הרשות המפקדת חשמל, בו בזמן שתקינות מפסק הפחת היא באחריותו של הצרכן, חובה, שצרכן לא תמיד מסוגל לעמוד בה.

**Mr. Hans Heinze, Oberingenieur  
Stuttgart, Germany.**

המרצה תאר את שיטת האיפוס הגרמנית לעומת שיטת האיפוס הבריטית שתוארה קודם לכן. היתרון של האפס ושל מוליכי הפזות צריך להיות כך שעוצמת זרם הקצר תהיה לפחות בין  $1.25I_n$  ל- $5I_n$ . הערך בתחום זה בהתאם לאמצעי ההגנה (נתיד, מפסק זרם זעיר, מפסק זרם) או סוג מתקן, (רשת או אינסטלציה ביתית).

התקנת מוליך האפס צריכה להיות מאוד קפדנית ולא צריכה להיות כל אפשרות של ניתוק האפס ואסור שהיו מפסקים, נתיכים וכו' בתוך מוליך האפס. מוליך האפס חייב להיות מאורק ליד ה-שנאי ובכל אחת מקצוות הקווים וההסתעפויות. ההתנגדות הכוללת בין האפס לאדמה לא צריכה להיות גבוהה מ-2 אוהם. למרות שמערכת האיפוס תפעל גם ללא הארקות האפס, קיימים בתיל האפס תמיד פוטנציאלים חשמליים. כתוצאה מאי איזון העומס בין הפזות יזרום תמיד זרם באפס ומסיבה זו יכול להווצר פוטנציאל מסוכן באפס. באם ה-אפס אינו מאורק בכל הקצוות ובעל התנגדות קטנה לאדמה עלולים להיווצר מתחים מסוכנים. דרוש לפי הוראות VDE חדשות להתקין מוליך אדמה נוסף למוליך האפס באם החתך הנומינלי הוא 6 מ"מ"ר או קטן מזה.

רק ברשתות אויריות בעלות חתך גדול מ-70 מ"מ"ר

(המשך בעמוד 33)

ממסרי פחת צריכים להיות רגישים לזרמים בגודל של 30 מיליאמפר ולמנוע התהוותם של מתחי מנוע מעל 65 וולט בתוך המתקן (לפי הוראות אירופאיות 50 וולט) אי לכך התנגדות מעגל האדמה לא צריכה לעלות על 1667 אוהם כדי שיזרום זרם פחת של 30 מיליאמפר שזהו הזרם המינימלי ה-מסוגל להפעיל את ממסר הפחת. אין כל בעיה להגיע לערך התנגדות הנ"ל ברוב המקרים אין ההתנגדות עולה על 100 אוהם וזה מגביר מאוד את רגישות ממסר הפחת ואת אמינותו.

כאשר משתמשים באלקטרודות הארקה למספר רב של ממסרי פחת ההתנגדות של האלקטרודה צריכה להתאים לזרם הפעלה הגבוה ביותר. באם למשל מספר ממסרים ל-30 מיליאמפר מחוברים ביחד עם ממסר ל-0.5 אמפר לאותה האלקטרודה ה-התנגדות של האלקטרודה לא צריכה לעלות על 100 אוהם.

כמובן שחיבור ממסרים רבים לאלקטרודה אחת מבוסס על ההנחה שאין אפשרות שיותר מממסר פחת אחד יצטרך לפעול בעת ובעונה אחת.

הוראות VDE יותאמו בעתיד הקרוב להוראות I.E.C. המרשים שמעגל ממסר הפחת יחובר לאפס מאורק במקום באלקטרודת אדמה. אין להכניס את המוליכים במעגל ממסר הפחת לתוך צינורות יחד עם מוליכי הפזה כדי למנוע תקלה וקילקול ממסר הפחת כתוצאה מקצר בין מוליכי הפזות לתיל המגן שבתוך הצינור.

אמנם מוליך ההגנה בקטע בין ממסר הפחת לא-לקטרודת הארקה ניתן להכניס ביחד עם מוליכי הפזות לאותו הצינור, בתנאי שחתך מוליך המגן בקטע זה יהיה זהה לחתכם של מוליכי ה-פזות.

באם מוליך המגן מותקן בגפרד ממוליכי הפזות חתכו המינימלי צריך להיות 2.5 מ"מ"ר באם הוא מוגן הגנה מכנית, ו-4 מ"מ"ר באם אינו מוגן הגנה מכנית.

לפי התקן הגרמני, זמן הפעלת מפסק הפחת לא צריך לעלות על 0.2 שניות אולם קיימים גם מפסקים עם זמני הפעלה של 0.02—0.04 שניות וזה למען סלקטיביות כאשר מפסקי הפחת מחוברים בטור.

התקן הגרמני אינו מרשה שמפסק הפחת ישמש כאמצעי הגנה יחיד, בנוסף חייב להיות במתקן גם מוליך אדמה מאורק באמצעות שיטת האיפוס או בשיטה אחרת כמו כן יש להבטיח הגנה נוספת בפני מנוע ישיר עם מתח.

מתברר שהרכיב של זרם ישר הנוצר ברשת בעיקר על ידי שימוש ב-S.C.R. (אביזרים חצאי מוליכים) גורם להפרעות בפעילות ממסרי פחת. עובדה זאת מעמידה את יעילותו של ממסר הפחת בספק בעיקר במתקנים חדישים המשמשים לבקרה ליישור

# הקטנת האיבודים בקווי חשמל ובטרנספורמטורים ע"י בחירה נכונה של חתך המוליכים והספק הטרנספורמטורים

אינג' א. בן ארצי

ואזי אפשר לכתוב:

$$\Delta P_n = n \cdot \Delta P_o' + \frac{1}{n} \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 \cdot \Delta P_{sc}' \quad (.6)$$

מנוסחה זו אפשר ללמוד שהאבר הראשון לא תלוי בכלל בהעמסת הטרנספורמטורים (או במילים אחרות לא תלוי בהספק הנצרך S) והאבר השני הוא ביחס ישר לרובע של S. לעומת זאת האבר הראי שון ביחס ישר למספר הטרנספורמטורים n והאבר השני ביחס ההפוך אליו.

אם S גדל נצטרך להוסיף טרנספורמטור (ז"א ל- עבור ל-1+ n טרנספורמטורים) ברגע ש-S יהיה:

$$S > S_n \sqrt{n(n+1) \frac{\Delta P_o' + K_e \cdot Q_o}{\Delta P_{sc}' + K_e \cdot Q_{sc}}} \quad (.7)$$

מאיך אפשר לחשב מתי כדאי (בגלל הקטנת הצריכה מסיבה כל שהיא) לנתק טרנספורמטור מהמתח (ז"א להפוך אותו „לרזרבה קרה" בלבד):

$$S < S_n \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_o' + K_e \cdot Q_o}{\Delta P_{sc}' + K_e \cdot Q_{sc}}} \quad (.8)$$

מכאן אפשר לראות שהפעלתם הבלתי מעומסת של הטרנספורמטורים היא בלתי כדאית בצורה מוחלטת. זאת הסיבה שמחשבה של החזקת טרנספורמטורים ריקים (לצורכי העתיד) או החזקתם כ„רזרבה חמה" (ז"א תחת מתח מצד המתח הראשוני בלבד) מוטעית לחלוטין בגלל הגדלת ההפסדים בצורה בולטת.

## ב. חישוב איבודים בקווים

האיבודים בקווים נתונים ע"י נוסחה:

$$\Delta P = P I^2 \cdot 10^{-3} \quad (.9)$$

כאשר:  $\Delta P$  — איבודים בקווים בקו"ט.

R — התנגדות הקו באומים.

I — זרם הזורם בקו באמפרים.

בדוגמא פשוטה של שני קווים זהים בהתנגדותם החשמלית, ז"א כאשר הזרם יתחלק לחצי דרך כל קו ובשימוש בנוסחה הכללית (9) אפשר לכ- תוב:

$$P' = R \left(\frac{I}{2}\right)^2 = \frac{R I^2}{4} = \frac{\Delta P}{4} \quad (.10)$$

בדרך ככל מקובל על המתכננים לבחור טרנספורמטור גדול יותר מאשר נחוץ, או מוליך בחתך יותר גדול בהתחשב עם גידול העומס הצפוי בעתיד. יחד עם זאת משנה בחירה זו את האיבודים בקווים ובטרנספורמטור.

## א. חישוב ההספק המביא לאיבודים מינימליים עבור טרנספורמטור

האיבודים הכלליים בטרנספורמטור נתונים ע"י הנוסחה:

$$\Delta P = \Delta P_T + K_e Q_T \quad (.1)$$

$\Delta P$  — הפסדי הספק כלליים,

$\Delta P_T$  — הפסדים פנימיים בטרנספורמטור,

$K_e$  — קבוע אנרגטי של ההספק הראקטיבי,

$Q_T$  — הצריכה בהספק ראקטיבי הזורם דרך הטרנספורמטור.

עבור טרנספורמטור עמוס בהספק כולל  $S_n$  ההפסדים הכלליים נתונים ע"י הנוסחה:

$$\Delta P = \Delta P_o' + K_e \cdot Q_o + \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 \cdot (\Delta P_{sc}' + K_e \cdot Q_{sc}') \quad (.2)$$

$\Delta P_o'$  — הפסדים של הטרנספורמטור בריקים,

$\Delta P_{sc}'$  — הפסדים של הטרנספורמטור בקצר.

בכדי להראות שבחירת הספק טרנספורמטור גדול יותר מאשר נחוץ היא טעות, אבחר מקרה פשוט של צרכן עבורו נחוצים מספר טרנספורמטורים להבטחת העומס הדרוש. ההפסדים הכלליים עבור n טרנספורמטורים יהיו:

$$\Delta P_n = \sum (\Delta P_o' + K_e \cdot Q_o) + \frac{S^2}{(\sum S_n)^2} \sum (\Delta P_{sc}' + K_e \cdot Q_{sc}') \quad (.3)$$

במקרה והטרנספורמטורים זהים, מבחינת הספק, זרם קצר ומתח בריקים נוסחה (3) תהיה:

$$\Delta P_n = n(\Delta P_o' + K_e \cdot Q_o) + \frac{S^2}{(n S_n)^2} n \cdot (\Delta P_{sc}' + K_e \cdot Q_{sc}') \quad (.4)$$

בכדי להפוך את הנוסחה (4) לנוסחה עוד יותר פשוטה נרשום:

$$\Delta P_o' = \Delta P_o' + K_e \cdot Q_o \quad (.5)$$

$$\Delta P_{sc}' = \Delta P_{sc}' + K_e \cdot Q_{sc}'$$



המעבדה הניידת החדשה לאיתור תקלות בכבלים תת־קרקעיים שהוכנסה לאחרונה לשימוש במחוז ירושלים, המשופע בקרי חשמל תת־קרקעיים.

ז"א האיבודים יהיו שווים לרבע מאיבודים בשי- מוש בקו אחד בלבד.

יוצא איה, כי מבחינת האיבודים בלבד, אפשר להסיק את המסקנות הבאות:

- 1) ניתן לתכנן קווים מכל הסוגים (עיליים, פני- מים, כבלים וכו') ברזרבה גדולה ככל האפשר או לבצע מראש יותר קווים במקביל, בכדי לדאוג לאפ- שריות פיתוח בעתיד ולהשתמש בהם מתחילה.
- 2) לא כדאי לתכנן טרנספורמטורים עם רזרבה גדולה או מספר מוגזם של טרנספורמטורים בכדי להבטיח טרנספורמציה לדרושות העתיד.

#### הערות:

\* במידה ומופיע עומס חדש על טרנספורמטורים קיימים כדאי לפעמים להעמיס מעל ההספק הנומינלי שלהם (מבחינה כלכלית). החישוב הכלכלי מבוסס על מחיר האיבודים כנגד מחיר החלפתו של הטרנספורמטור. סור. בנושא זה ראה מאמרם של פרופ' י. נאות וי. פורת שהופיע בירחון "הנדסה ואדריכלות" מס' 3 משנת 1972. בבחירה נכונה של טרנספורמטור חלוקה, \*\* במקרה והקווים לא שווים בהתנגדותם יש לחקור סיבת אי-שויון זה. אם סיבת האי-שויון היא אורך הקווים שלהם בלבד, אזי עדיין אפשר לחבר את הקווים במקביל, אבל אם השוני נובע מחתך המוליכים או מחומר המוליכים, יש לבדוק אם הזרם שידרום בקו בעל התנגדות גבוהה יותר לא עובר את הזרם המירבי המותר במוליך. הבעיה מטובבת כאשר שני הקווים מחוברים לפטי צבירה שונים. במקרה זה יש לבדוק את הנושא באופן תאורטי, יותר מעמיק לפני חיבורם במקביל של שני הקווים.

#### הארקות והגנות אחרות

##### המשך מעמוד 31

ובכבלים עם חתך נומינלי גדול מ-25 מ"מ, חתך מוליך האפס יכול להיות מחציתו של החתך ה- נומינלי. אולם כיום משתמשים בתילי אפס בעלי חתך נומינלי זהה לחתכים של מוליכי הפזות לפי הוראות VDE. מי שמתקין מערכת חשמלית עם איפוס חייב בעצמו לבדוק באם האיפוס תקין. כל פעם שמגדילים את הנתכים במתקן יש לבדוק את מערכת האיפוס. המרצה בדעה שבארצנו ניתן אולי להגיע לערך התקני של 2 אוהם על ידי שימוש נרחב בהארקות יסוד.

האיפוס הוא שיטת ההגנה הפשוטה והחסכונית ביותר והרשות המספקת חשמל מספקת את ה- איפוס ומרבית ההוצאות עבור האיפוס חלות על רשות זו.

מונעים ניתוק האפס ותוצאותיו על ידי חתך גדול

של האפס והגנה בפני קורוזיה. ההסתברות לפגיעה באדם קטנה מאוד אולם היא קיימת (מגע עם חלק הנמצא תחת מתח לפני הפ- סקת המעגל).

כסיכום ניתן לומר שגם המרצים מגרמניה מעדי- פים את האיפוס על כל שיטה אחרת אולם אינם דוחים את ממסר הפחת באותה המידה כמו מר דיקסון.

שיטת האיפוס הגרמנית הנוכחית מחמירה בהרבה מהשיטה הבריטית. יש לציין כי לפני 35 שנה גם השיטה הבריטית החמירה אולם כאשר הבריטים רכשו נסיון עם האיפוס P.M.E. הם נוכחו לדעת שניתן להקל ולהווייל במידה ניכרת מבלי להגדיל את הסיכונים באופן משמעותי.

את העובדה החשובה הזאת יש לזכור בשעת תה- ליך ההחלטה לקראת שיטת הגנה חדשה בארצנו.

## ספר חדש: חישובים לחשמלאי

(בעיות ופתרונות לחשמלאי מוסמך ולחשמלאי ראשי)

במערכת התקבל ספרם החדש של אינג' סלו גליקמן, אינג' ג'ורג' אברהם. מטרת הספר להקל על המורה בהשגת מטרותיו ועל התלמיד בלימודיו בפיתרון סוגיות מעשיות הקשורות במקצוע החשמל. הספר חובר ונערך בצורה דידקטית התואמת מקצוע זה.

הלומדים לקראת קבלת רשיון „חשמלאי מוסמך” ו„חשמלאי ראשי”, ימצאו בספר אוסף שאלות ופיתרונות הממצה את הנדרש מהם. הספר מאפשר לתלמיד להתמודד עם הבעיות באופן עצמאי, ולרכוש ידע וניסיון בפיתרון בעיות מעשיות דומות. השאלות המסומנות בכוכב (\*) מיועדות ללומדים לקראת קבלת רשיון „חשמלאי ראשי” ויתר השאלות מיועדות ללומדים לקראת קבלת רשיון „חשמלאי מוסמך”. רצוי עם זאת, שהלומדים לקראת קבלת הרשיון הגבוה יותר, יתמודדו גם עם יתר הבעיות.

בראש כל פרק רוכזו הנוסחאות המתאימות לפיתרון הבעיות שבאותו פרק, בעמוד מיוחד, לנוחיות הלומד.

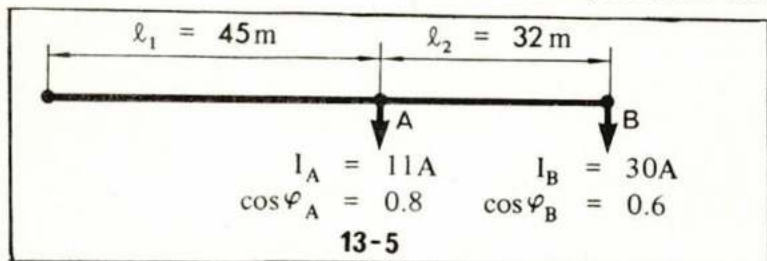
הספר הוא בהוצאה משותפת של משרד העבודה — האגף להכשרה והשתלמות מקצועית, המכון לאמצעי הוראה, המרכז לתוכניות לימודים ובשיתוף עם המח' לקה לחשמל של קיבוצי השומר-הצעיר.

**מתוך פרק 13:**

**13.9\*** רשת חד-מופעית מתוארת בתרשים 5-13. הרשת עשויה מוליכי נחושת

$$\left( \rho = 0.0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$$

שטח החתך אחיד בכל הקטעים. הפסד המתח המותר  $2V$ . את ההגב ההשראתי של הקו ניתן להזניח. נקבע את שטח החתך הנדרש.



ה ת ר ה :

$$\Delta U = \frac{2\rho}{S} I l \cos \varphi$$

הפסד המתח בכל קטע:  
הפסד המתח לכל אורך הקו:

$$\Delta U = \frac{2\rho}{S} \cdot [ I_A \cdot l_1 \cos \varphi_A + I_B (l_1 + l_2) \cos \varphi_B ]$$

$$S = \frac{2\rho}{\Delta U} [ I_A l_1 \cos \varphi_A + I_B (l_1 + l_2) \cos \varphi_B ]$$

שטח החתך:

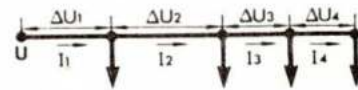
נציב ונקבל:

$$S = \frac{2 \cdot 0.0175}{2} \cdot [ 11 \cdot 45 \cdot 0.8 + 30(45 + 32) \cdot 0.6 ]$$

$$S = 31.2 \text{ mm}^2$$

נבחר את החתך התקני הקרוב:

$$\underline{S = 35 \text{ mm}^2}$$

יחידה	סימון	שם	נוסחאות
V : kV	U	מתח	קו זינה בזרם ישר או בזרם חילופין חד-מופעני בעומס התנגדותי:
V : kV	U	מתח שלוב	$\Delta U = IR_1 = I\rho \frac{2l}{S}$
A	I	זרם (בקו)	$\Delta P = I^2 R_1 = I^2 \rho \frac{2l}{S}$
m : km	l	מרחק, אורך חיל	$\Delta U = \frac{P \cdot \rho \cdot 2l}{U \cdot S}$
mm <sup>2</sup>	S	שטח חתך	קו זינה בזרם חילופין חד מופעי (בהזנחת השראות הקו):
$\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$	$\rho$	התנגדות סגולית	$\Delta U = IR_1 \cos \varphi = I\rho \frac{2l \cdot \cos \varphi}{S}$
$\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$	$\rho_{20}$	התנגדות סגולית ב- 20°C	$\Delta P = I^2 R_1 = I^2 \rho \frac{2l}{S}$
V : kV	$\Delta U$	הפסד מתח (מפל מתח)	$\Delta U = \frac{P \cdot \rho \cdot 2l}{U \cdot S}$
W : kW	$\Delta P$	הפסד הספק	קו זינה בזרם חילופין תלת מופעי (בהזנחת השראות הקו):
W : kW	P	הספק (חשמלי)	$\Delta U = \sqrt{3} IR \cos \varphi = \sqrt{3} I \rho \frac{l \cos \varphi}{S}$
kW : HP	$P_{\text{mech}}$	הספק מכני	$\Delta P = 3I^2 R_1 = 3I^2 \rho \frac{l}{S}$
- : %	$\eta$	נצילות	$\Delta U = \frac{P \cdot \rho \cdot l}{U \cdot S}$
$\Omega$	$R_1$	התנגדות מוליך הקו	קו זינה בזרם חילופין תלת-מופעני:
$\Omega$	$X_1$	הנב השראותי של הקו	$\Delta U = \sqrt{3} I (R_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi)$
Var : kVar	Q	הספק ריאקטיבי	$\Delta P = 3I^2 R_1$
VA : kVA	S	הספק מדומה	$\Delta U = \frac{P \cdot R_1 + Q \cdot X_1}{U}$
	$\cos \varphi$	מקדם הספק	תזכורת נוסחאות:
mm	d	קוטר מוליך עגול	$\rho_{20} = \rho (1 + \alpha \Delta \theta)$
1/°C	$\alpha$	מקדם שינוי ההתנגדות בטמפרטורה	$P = \frac{P_{\text{mech}} \cdot 736}{\eta}$
	$\Delta T$	הפרש בין טמפרטורה מסוימת לבין 20°C	$I = \sqrt{(I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2 + \dots)^2 + (I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2 + \dots)^2}$
V : kV	$U_1$	מתח בחחילה הקו	$S = \sqrt{(P_1 + P_2 + \dots)^2 + (Q_1 + Q_2 + \dots)^2}$
			הספק במעגל חד-מופעני:
			$P = UI \cos \varphi$
			הספק במעגל תלת מופעי:
			$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$
			
			$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4$

חתיכים לפי הזרם המקסימלי המותר, נבחרו לפי טבלאות מקובלות בהכנון מתקנים!

(מתוך הספר „חישובים לחשמלאי“).

התקצי-המצדיע 18 — ספטמבר 1977

# המנוע האסינכרוני - כגנרטור אסינכרוני שימושי

ד"ר י. צוראון

עלית מחירי האנרגיה החשמלית וההתמודדות ההולכת וגוברת עם בעיות זיהום האוויר והסביבה, הנם גורם מאיץ לפיתוח מקורות אנרגיה חדשים. יחד עם זאת אין לשכוח שמחיר האנרגיה תלוי בין השאר בהשקעות באלמנטי הייצור ובהוצאות החזקתם. אלמנט ייצור אנרגיה פשוט וזול יותר במחירו הבסיסי ובהחזקתו מאשר הגנרטור הסינכרוני המקובל הינו הגנרטור האסינכרוני.

בציור 1 א. בתנאים אלה הספק עובר מהסטטור לרוטור כלומר מהרשת למכונה ופירושו עבודה מנועית, הספק חשמלי הופך למכני. כאשר  $n = n_1$  זאת אומרת נאלץ את המכונה האסינכרונית להסתובב במהירות סינכרונית על ידי כך מניע חיצוני נקבל  $S=0$ ;  $\Delta P_{cu2}=0$ , זאת אומרת פרט לזרמי מגנט (המוזנחים) במשי וואות הנ"ל) לא יזרום זרם נוסף ולא ייווצרו מתחים מושרים ברוטור (אין מהירות יחסית בין מוטות הרוטור לשדה המסתובב) וכמובן לא נפיק הספק מכני מהציר כמתואר בציור 1ב.

אם נאלץ את הרוטור למהירות  $n > n_1$  נקבל בהתאם למשוואות  $S < 0$ ;  $P_\omega < 0$ ;  $P_{mec} < 0$  כמתואר בציור 1ג. האצת המנוע מעבר למהירות הסינכרונית גורמת להפוך כוון זרימת ההספק זאת אומרת זרימת הספק לרשת. המכונה הפכה איפוא לגנרטור.

## זרם המגנט בגנרטור האסינכרוני

בגנרטור אסינכרוני העובד כיחידה מבודדת אינו יכול להיבנות מתח הדקים היות והוא לא מסוגל ליצור לעצמו את זרם המגנט ליצירת השדה המגנטי.

את זרם המגנט ניתן לקבל בשתי שיטות עקרוניות:

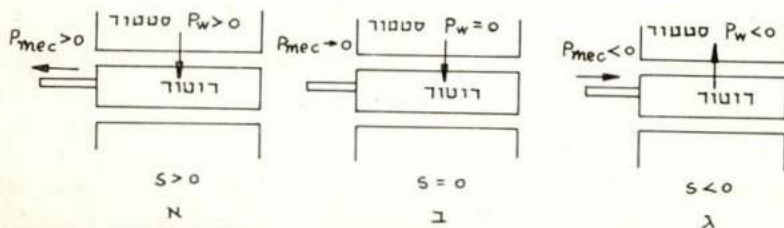
א. בעבודה כיחידה נפרדת ניתן לקבל זרם מגנט דרוש ע"י מערכת קבלים המחוברת למעגל הסטטור כמתואר בציור 2א.

ב. על ידי חבור הגנרטור האסינכרוני לרשת בעלת מתח ותדירות קבועים הנוצרים על ידי מערכת גנרטורים סינכרוניים שביכולתם לספק את זרם המגנט הדרוש, כמתואר בציור 2ב.

במקרה זה יעבוד הגנרטור בתדירות קבועה ובמתח קבוע שייקבע על ידי הרשת.

ציור מס' 1

מצבי עבודה של מכונה אסינכרונית במעבר לעבודה גנרטורית



גנרטור זה הוא למעשה מנוע אסינכרוני בעל רוטור כלוב המוכר לנו שנים רבות, אשר ניתן בתנאים מסויימים להביאו לעבודה גנרטורית. על אף שימוש מוגבל בעבר, קיימת כיום נטיה גוברת לשלב בתוך מערכות ייצור אנרגיה קונבנציונליות, על מנת להעלות את הנצילות הכוללת של מתקן הגנרציה.

ניצול אנרגיה תרמית עודפת להנעת גנרטורים אסינכרוניים במהירות גבוהה (1500—3000 סל"ד) ושילוב מכונות למהירות נמוכה בתחנות כח הידרואוליות, הנם שדה ניצולו העיקרי כיום.

## עקרון הפעולה

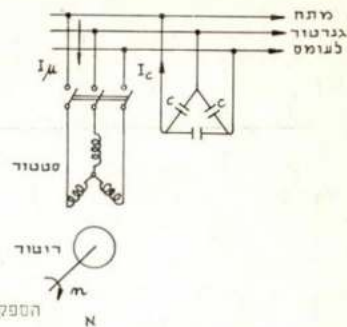
נתייחס תחילה למצב עבודה מנועי של המכונה האסינכרונית בעלת רוטור כלוב המחוברת לרשת. לצורך זה נעזר בשלוש מישואות יסוד מקובלות.

- $S = \frac{n_1 - n}{n_1}$
- $S \times P_\omega = \Delta P_{cu2}$
- $P_{mec} = P_\omega \times (1 - S)$

כאשר:

- $S$  — החלקה
  - $n_1$  — מהירות השדה המסתובב, מהירות סינכרונית.
  - $n$  — מהירות הרוטור.
  - $P_\omega$  — הספק שדה מסתובב.
  - $P_{mec}$  — הספק מכני.
  - $\Delta P_{cu2}$  — הפסדי נחושת ברוטור.
- במצב עבודה מנועי,  $0 < n < n_1$  נקבל לפי המשוואות  $P_{mec} > 0$ ;  $P_\omega > 0$ ;  $S > 0$





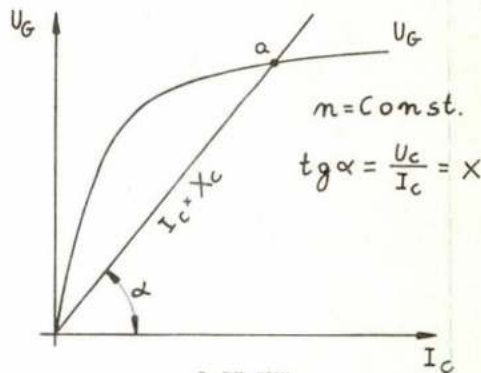
צ'ור מס' 2

הספקת זרם מגנט לגנרטור אסינכרוני

### גנרטור אסינכרוני עם קבלים סטטיים

התעוררות הגנרטור בתנאים אלה דומה להתעוררות גנרטור זרם ישר מקבילי. שאר  $I_C = \frac{U}{X_C}$  כתוצאה ממגנט נותר נקבל זרם  $I_C$  זרם זה יגרום לעלית מתח בהדקי הגנרטור  $I_1 = I_\mu \times X_G$  - זרם מגנט.  $X_G$  - ריאקטנס הסטטור.

בהמשך זרם הקבלים יגדל, המתח יגדל וכך הלאה עד להתיצבות המתח בנקודה a כמתואר בצ'ור מס' 3.



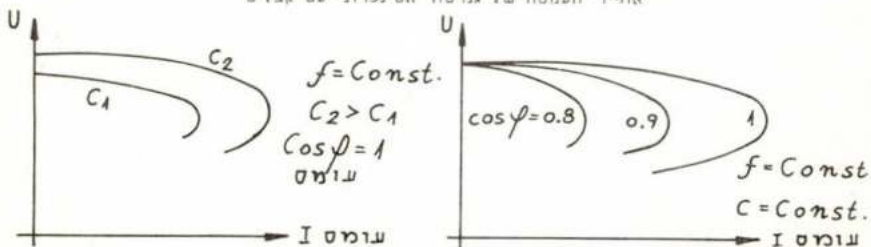
צ'ור מס' 3

אופין מתח גנרטור אסינכרוני בריקם

ניתן אם כן לשלוט על מתח הגנרטור עלידי שינוי קיבול C (וקיבול גדול יותר יתן מתח גבוה יותר) או על ידי שינוי מהירות סיבוב הגנרטור (בתנאים אלה נקבל גם תדירות משתנה). אופייני העמסה נתונים בצ'ור מס' 4.

צ'ור מס' 4

אופיני העמסה של גנרטור אסינכרוני עם קבלים



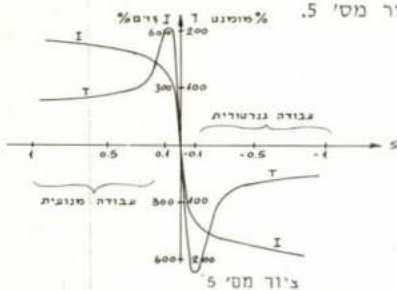
התקע המצדיע 18 - ספטמבר 1977

ניתן להשיג וויסות מתח על ידי שימוש במערכת קבלים משתנים וויסות מסוים של מהירות הגנרטור. גנרטור בתנאים אלה, "לא מפחד" מקצר בהדקים. בהתרחש קצר נעלם מתח הדקיו ותו לא!

### גנרטור אסינכרוני המחובר לרשת

השימושים העיקריים בהספקים גדולים הם כאשר הגנרטור מחובר לרשת קשיחה.

קיימים בעבודה גנרטורים אסינכרוניים בהספקים מעבר ל-10 מגו"ט והמגבלות הן למעשה ההספקים המקובלים של המנועים האסינכרוניים, אופייני מומנט זרם למצב מנועי וגנרטורי מתו ארים בצ'ור מס' 5.



אופיני זרם ומומנט בעבודה מנועית וגנרטורית

כאשר המכונה לא חייבת לשמש גם כמנוע (ב) מקרים מסויימים עושים שימוש במצב מנועי וגנרטורי בהתאם לנסיבות). ניתן, על מנת להגדיל נצילות הגנרטור, לבנות את הרוטור עם התנגדות נמוכה ומתקבל אז אופין תלול של מומנט וזאת אומרת-החלקה קטנה ביותר גורמת כבר לזרמים גבוהים.

סדרי גודל של נצילות ומקדמי הספק לגנרטורים אסינכרוניים מובאים בטבלה מס' 1.

טבלה מס' 1  
נחוני נצילות ומקדם הספק

מקדם ההספק	הנצילות	סוג גנרטור אסינכרוני
$0.9 \div 0.92$	$0.95 \div 0.97$	מהירות גבוהה
$0.65 \div 0.8$	$0.93 \div 0.94$	מהירות נמוכה

### יתרונות הגנרטור האסינכרוני

לעומת הגנרטור הסינכרוני הוא זול ופשוט לתפעול ואינו דורש מתקני סינכרון מיוחדים. השוואת התכונות נתונה בטבלה מס' 2.

טבלה מס' 2  
השוואת תכונות גנרטור אסינכרוני וסינכרוני.

תכונה	גנרטור אסינכרוני מחובר לרשת	גנרטור סינכרוני מחובר לרשת
מתח הדקים	נקבע על-ידי הרשת, לא תלוי במהירות	נקבע על-ידי הרשת
תדירות	— " —	— " —
גל מתח מיוצר	נטיה לריסון הרמוניות רשת	נטיה לייצור הרמוניות
מהירות	משתנה עם העומס	סינכרונית
מקדם הספק	נקבע ע"י התכנון (מפגרי)	משתנה עם זרם הערור (מקדים)
זרם ערור	מהרשת	ממקור זרם ישר דרך טבעות החלקה או לפוף רוטורי
החלקה	1%	0
נצילות	גבוהה (נמוכה במקצת מזו שבגנרטור סינכרוני)	גבוהה
מבנה רוטור	רוטור כלוב, מספר קטן של מוטות נחושת לא מבודדים, מספר מועט של חבורים גדולים מולחמים	מספר רב של לימפים מבודדים הרבה חיבורים וחלקים בסיסיים
חיבור לרשת	מתקן פשוט הכולל אלמנט לקביעת מהירויות וסגירת מפסק במהירות סינכרונית	ציוד מורכב לסינכרון ובקרה

### סיכום

האנרגיה על ידי תרומתו להספקת חלק מהאנרגיה הכוללת הדרושה.

ניתן לעיתים לנצל באופן דו-תכליתי הן כמנוע והן כגנרטור, אשר לזמנים קצרים מסוגל לספק מומנט או הספק כפול מנומינלי. יכולת זו יכולה לתרום ליציבות מערכות ייצור בזמן תופעות מעבר. פרט לחסרונות מעטים (הצורך במיצב מהירות ומק"דס הספק אינדוקטיבי) הרי יתרונות גנרטור אסינכרוני למטרות מסוימות הן מעבר לכל ספק ועברו רן הוא מהווה "כל יכול".

הגנרטור האסינכרוני הנו זול ואמין, פשוט במב"נהו, בתפעולו ובאחזקתו.

בשימוש לניצול עודפי גזים בבתי זיקוק (מהירויות גבוהות) או בתחנות כח וידראוליות (מהירות נמוכה) — כתוספת בזמן יא ביקוש, הגנרטור האסינכרוני הינו אלמני הנמצא בשימוש גובר והולך. ביכולתו לשפר יסך הכל נצילות ייצור

## פתרון חידון מס' 17

שאלה 1 (ד)	שאלה 3 (א)	שאלה 5 (א)	שאלה 7 (א)
שאלה 2 (ד)	שאלה 4 (ד)	שאלה 6 (ב)	שאלה 8 (ב)

### הערות והארות לחידון

**שאלה 1 — התשובה הנכונה (ד)** ראה תקנות להתקנת לוחות במתח נמוך סעיף 34ה'. „מפסק ראשי יותקן על כל לוח משני, פרט אם קויימו בו התנאים הבאים, כולם ביחד:

- (1) המרחק בין הלוח בו מותקן מפסק ראשי והלוח המשני אינו עולה על 3 מטר;
- (2) קיים קשר עין בין הלוח בו מותקן מפסק ראשי והמקום בו מותקן הלוח המשני;
- (3) קיים מעבר חפשי בין מקום הלוח בו מותקן מפסק ראשי והמקום בו מותקן הלוח המשני.

**שאלה 2 — התשובה הנכונה (ד)** ראה תקנות מוליכים 1970 פרק ד' סעיף 24. „**איסור התקנה גלויה במקומות ציבוריים**. לא יותקן מוליך בהתקנה גלויה בתיאטרון, בבית קולנוע או במקומות ציבוריים סגורים ומקורים.

**שאלה 3 — התשובה הנכונה (א)** ראה תקנות כבלים 1949 פרק ח' סעיף 53. **רווחים מכסימליים בין חבקים סמוכים**. הרווחים המקסימליים בין חבקים סמוכים לאורך הכבל יהיו כמפורט להלן:

- (1) כבלים ללא שריון או ללא עטיפה מתכתית, בהם מספר המוליכים אינו עולה על 4 כמפורט בטבלה: חתך מוליכי הכבל הממ"ר מעל 16 עד 35 — רווח מקסימלי בס"מ 45.
- (2) בכבלים בעלי עטיפה מתכתית או שריון בהם מספר המוליכים אינו עולה על 4, הרווח המקסימלי בין החבקים הסמוכים יהיה שווה 1.5 פעמים הערכים המפורטים בפסקה (1).
- (3) עולה מספר המוליכים בכבל על 4, ניתן להגדיל את הרווח המקסימלי בין החבקים בדרגה אחת מעל זו הקבועה בטבלה שבפסקה (1) לצד הכבל שחתך המוליכים בו הוא קבוע באותה טבלה.

**שאלה 4 — התשובה הנכונה (ד)** ראה תקנות מובילים 1809 פרק רביעי סעיף 34. „**קוטר מינימלי** אין להשתמש בצינור פלדה אלא אם קטרו הפנימי אינו קטן מ-11.0 מ"מ.

**שאלה 5 — התשובה הנכונה (א)** ראה קובץ התקנות 1495 סימן ד'. „**רשיון חשמלאי מוסמך** לא יינתן רשיון חשמלאי-מוסמך אלא אם נוכח המנהל שנתקיים במבקש אחד מאלה: (1) הוא סיים את לימודיו בבית ספר גבוה למהנדסי חשמל.

**שאלה 6 — התשובה הנכונה (ב)** ראה קובץ תקנות הארקות 1321 סעיף 19 ב'. „**מערכת צינורות למים כאלקטרודה** במיתקנים לזרם ישר לא ישתמשו במערכת צינורות מתכת לאספקת מים כאלקטרודה טבעית להארקת שיטה.

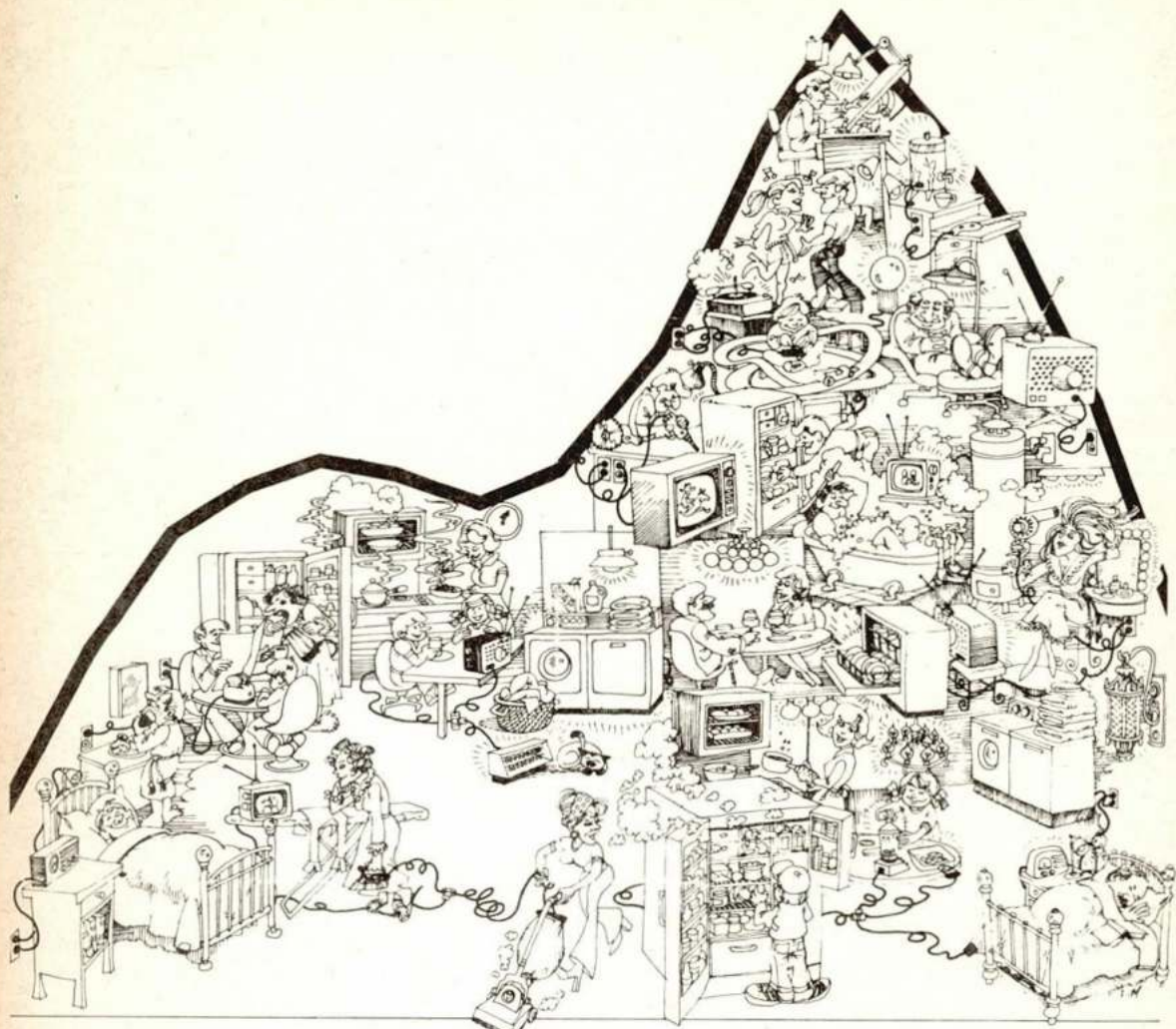
**שאלה 7 — התשובה הנכונה (א)** ראה ת"י 108 פרק 503.6/1. „**הגנת הטרנספורטורים** כל טרנספורמטור לריתוך בקשת יוגן בכל אחד ממוליכי הפזות בצידו הראשוני בפני זרם-יתר על ידי נתיכים או על ידי מפסק אוטומטי. עוצמת-הזרם הנומינלית של הנתיכים או ויסות המפסק האוטומטי לא יעלו על עוצמת-הזרם הנומינלית של הטרנספורמטור כפול 2.

**שאלה 8 — התשובה הנכונה (ב).**

בסך הכל הגיעו למערכת 127 פתרונות מהם 7 נכונים.  
להלן שמות בעלי הפתרונות הנכונים שזכו בפרסים.

1. **מתי איזנברג**, כפר סבא.
2. **זאב גול**, פלמ"ח צובה.
3. **אהרן גרצס**, רמת אליהו.
4. **רן מוזס**, חיפה.
5. **יגאל פרטל**, קרית חיים.
6. **ברוך פרוץ**, נהריה.
7. **ישי שטרצר**, פתח תקוה.

הפרסים יישלחו אל הזוכים.



5 6 7 8 9 10 11 NOON 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

### „החשמל יקר יותר כאשר כולם משתמשים בו באותו זמן“

פניה זו של אחת מחברות החשמל בארה"ב אל צרכניה נועדה לעודדם לתרום להקטנת הביקוש לחשמל בשעות הערב החורפיות. בתקופות אלו חל „שיא הביקוש“ דהיינו העומס החשמלי המבוקש מגיע לשיאו.

שיא הביקוש נוצר מאחר ומרבית בני המשפחה מוצאים דרכים שונות להשתמש בחשמל בין השעות 16.00—21.00.

חברות החשמל חייבות להערך לאספקתם של „שיאי הביקוש“, והמת-חייב מכך בא לידי ביטוי הן בשימוש ביחידות הייצור הפחות יעילות והן בצורך בהשקעות נוספות במתקני יצירת החשמל ואספקתו.

במקביל עולות ההוצאות לייצור החשמל ואספקתו לצרכנים. הפעולות למען חיסכון בעלויות באמצעות מיתון „שיאי הביקוש“ מת-בססות על הפנית ביקוש משעות שיא לשעות שפל. תעריפים המעודדים צריכת חשמל מחוץ לשעות השיא כאלטרנטיבה לשימוש בשעות השיא מופעלים לגבי סוגי צרכנות רבים. בנוסף לכך מופנית קריאה אל הצר-כנים הביתיים להעתיק שימושים כמו כביסה, ייבוש בגדים, גיהוץ, בישול, הדחת כלים חשמלית וכו' משעות הערב לשעות הבוקר או לשעות המאוחרות יותר.