

# התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



טראה כללי  
של הר הצופים  
אשר חובר  
לאחרונה לרשת  
החשמל הארצית.

## תוכן הענינים

3	קטעים מתוך הד"ר השנתי של חברת החשמל לשנת 1969/70
6	עובדות ומספרים על רינג' ד'
7	מכתבים למערכת
9	פיקוד אדוות (RIPPLE CONTROL)
14	אור מאופל
15	תאונת חשמל ולקחה
16	חישמולים ונורמיהם
19	השפעת הזרם על נוף האדם
21	הגנה נוספת לפסי צבירה במתח נמוך
23	מחקר ופתוח בחברת החשמל
24	תקנים ישראלים חדשים במקצוע החשמל
24	אינג' אברהם מרדכי רקובר ד"ר
25	מידת הספק במערכות תלת-פזיות
27	בעיות וויסות המתח של דיזלנורטורים
29	חיסומזיון ה-18 למאור
30	פרסי עבודה תש"א
32	חידון בקיאות בתקנות החשמל

העורכים האחראים :  
פאול שפר  
יעקב טראוב

מזכיר המערכת :  
אורי לויטנר

כתובת המערכת :  
חב' החשמל לישראל בע"מ,  
רח' אלנבי 5, תל-אביב

תסדיר ובצוע :  
אורי אבנת — פרסום והסברה

הדפסה :  
דפוס א. ירום בע"מ, תל-אביב

# קטעים מתוך הדו"ח השנתי של חברת החשמל לשנת 1969/70

## מערכת הייצור

במערכת הייצור בשנת 1972. כיום מצויות ברשות החברה שתי טורבינות זו בהספק של 10,000 קילוואטים כל אחת.

היתרונות העיקריים של טורבינות זו הם השקעה נמוכה לקילוואט מותקן, הקמה מהירה, שטח בנין מצומצם יחסית, ביטול הצורך בהיצמדות למקורות מי קירור ואפשרות פיזור היחידות באיזורים שונים בארץ, מהירות הפעלה, רמה גבוהה של אמינות בהפעלה, וצוות תפעול מינימלי או הפעלה ללא צוות בכלל אלא ע"י מיקוד מרחוק.

בשנת 1975, לאחר השלמת תחנות הכוח רדינג ד' ואשכול ג' והפעלתן, תעמוד לרשות החברה יכולת ייצור מותקנת של קרוב ל-2 מיליון קילוואטים כש" שיא הביקוש הצפוי יגיע ל-1.8 מיליון קילוואטים.

## מערכת האספקה

במשך השנה הושלמה והוכנסה לפעולה תחנת משנה ראשית חדשה "הרטוב" ביכולת של 30,000 קילוואט-אמפרים. התקדמה הקמתן של שתי תחנות-משנה נוספות, "ירושלים ג'", ביכולת של 80,000 קילוואט-אמפרים, "ראונ" ביכולת של 60,000 קילוואט-אמפרים, והוחל בהכנות להקמתן של שתי תחנות-משנה נוספות, — "זמיר" (ליד חיפה) ו"רעננה". בשתי תחנות-משנה מוסיפים מטדרים של 150 ו-22 קילוואטים, ובחמש תחנות אחרות הוחל בהרחבת היכולת.

במערכת קוי המתח העליון נמשכת הקמתם של קוי 150 קילוואט דלקסן; קישור-נעמן (5-17 ק"מ), קישור-מנדים (5-15 ק"מ), ירקון-רדינג ד' (7 ק"מ), יבנה-הרטוב (32 ק"מ), דימונה-סארן (92 ק"מ). כמו כן הוחל בתכנון או בהקמת הקווים לעמך-כברי (14 ק"מ), קיסריה-משנה (25 ק"מ), הרטוב-ירושלים (20 ק"מ), יבנה-ת"א מזרח (23 ק"מ).

במשך השנה הנסקרת הורחבה רשת האספקה ע"י תוספת 95 ק"מ קוי מסירה במתח עליון, 265 ק"מ קוי חלוקה במתח גבוה, 102 ק"מ של רשתות חלוקה במתח נמוך ו-441 טרנספורמטורים לחל"ד. קה בהספק כולל של 148,000 קילוואט-אמפרים.

ליום 31-3-1970 כללה מערכת האספקה הארצית 40 תחנות-משנה ראשיות ביכולת כוללת של 1,460,000 קילוואט-אמפרים ו-11 תחנות משנה ברשות צרכנים גדולים ביכולת כוללת של 304,000 קילוואט-אמפרים; 1,416 ק"מ קוי מסירה במתח עליון; 6,183 ק"מ קוי חלוקה במתח גבוה; 5,969

## תחנת הכוח רדינג ד'

תחנת הכוח רדינג ד' שהוחל בהקמתה ביוני 1968 הולכת ונשלמת בקצב מזורז. יחידת הייצור הרא" שונה, ביכולת של 214,000 קילוואטים, הניעה לשלב סופו של הרכבה, ובספטמבר 1970 הוכנסה לפעולה נסיונית. יחידת הייצור השנייה, אף היא ביכולת של 214,000 קילוואטים, נמצאת כבר בשלב הרכבה מתקדם ותוכנס לפעולה בסוף קיץ 1971. עם השלמת תחנת הכוח רדינג ד' תודם תחנת הכוח רדינג א' (יכולת ייצור של 36,000 קילוואטים) הפועלת מאז שנת 1938.

הונשה תביעה משפטית ע"י מספר תושבים באיזור תל-אביב נגד החברה למניעת הקמתה של תחנת הכוח רדינג ד' והפעלתה, בטענה כי היא תגרום לזיהום אויר, והיא נידונה כמני בית משפט השלום של תל-אביב—18 בפברואר 1970.

בית המשפט, בפסק דינו מיום 19-4-70, דחה את התביעה. התובעים הגישו ערעור לבית המשפט המחוזי על פסק הדין, וערעור זה תלוי ועומד.

## תחנת הכוח אשכול ג'

התכנון ורכישת הציוד לתחנת הכוח אשכול ג' נמשכים. שני הדוודים לתחנת כוח זו, שכל אחד מהם יספק קיטור בשיעור של 1,450,000 ליברות לשעה בטמפרטורה של 1000 מעלות פרנהייט, הוזמנו בקנדה. כן הוזמנו בקנדה מבנה הברזל לאולם הדוודים וציוד עזר. שני הסורבוגרטורים לתחנה זו, בהספק של 228,000 קילוואטים כ"א, הוזמנו באנגליה, ושאר הציוד יספק מארצות שונות באירופה ומארצות הברית.

לפי לוח הזמנים להקמת התחנה הוחל בעבודות הראשונות בסוף שנת 1970, ובהקמת מבנה הברזל ביולי 1971. עבודות ההרכבה התחלנה בטובמבר 1971 ותארכנה כשנתיים וחצי. בהתאם לתחזית זאת תופעל יחידת הייצור הראשונה בקיץ 1973 והיחידה השנייה בקיץ 1974.

## טורבינות גז

כדי להשלים את העבודה של יכולת ייצור הדרושה בתקופות של הקמת תחנות כוח חדשות, ולשם סיפוק הביקוש בשעות שיא, בשעת דחק או בשעת חרום, מתכננת החברה להתקין מספר טורבינות גז בהספק כולל של 120,000 קילוואטים שישולבו

• בנובמבר הוכנסה היחידה לפעולה רגילה.

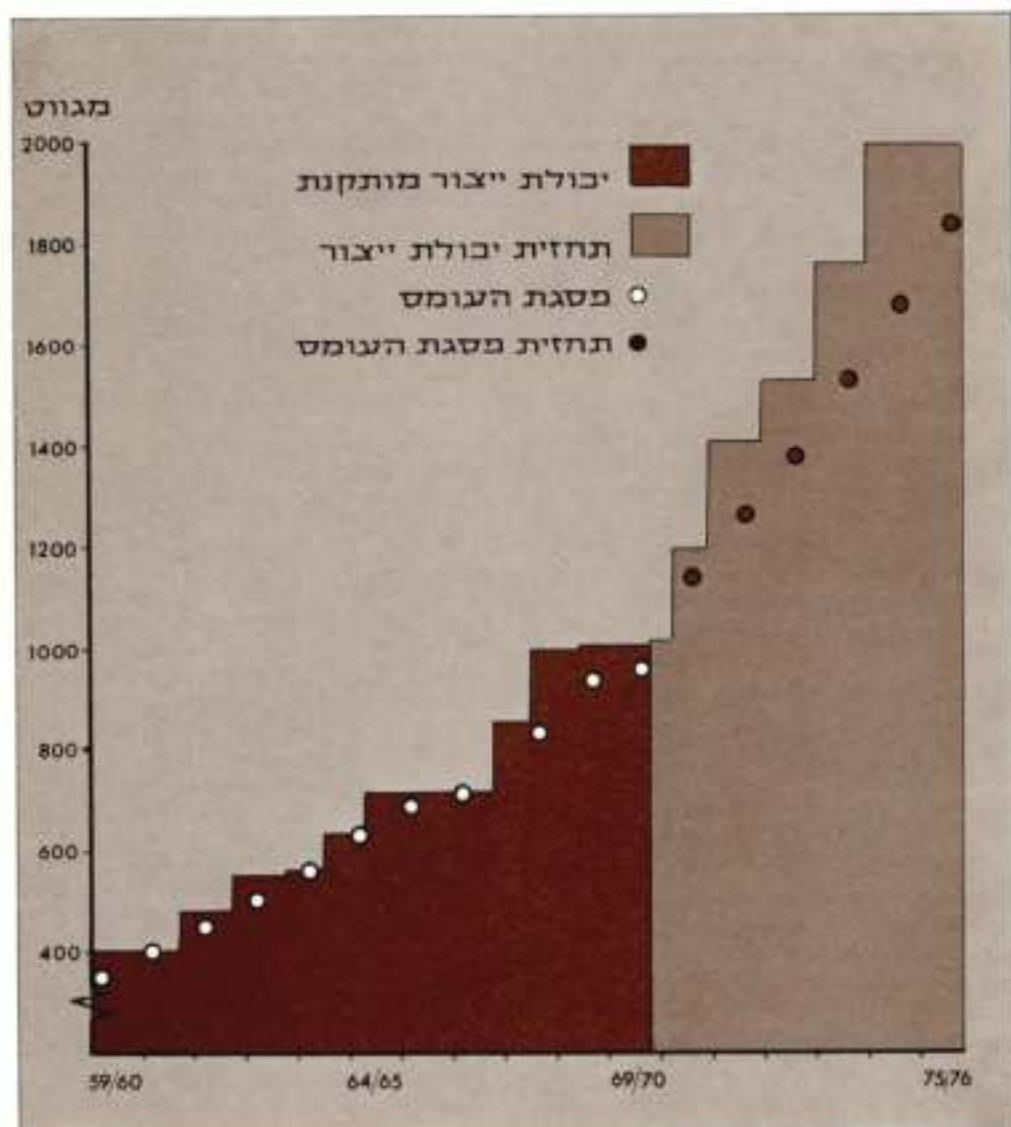
קנת הסתכמה ב-1,020,000 קילולטרים- הביקוש שסופק למעשה היה כדי 956,000 קילולטרים בלבד לעומת שיא ביקוש של 940,000 קילולטרים בשנת 1968/69.

ייצור החשמל בשנת 1969/70 הסתכם ב-6,053 מיליון קוט"ש— גידול ב-10-9% לבני השנה הקודמת. חלקה של תחנת הכוח חיפה נ' בתפוקה

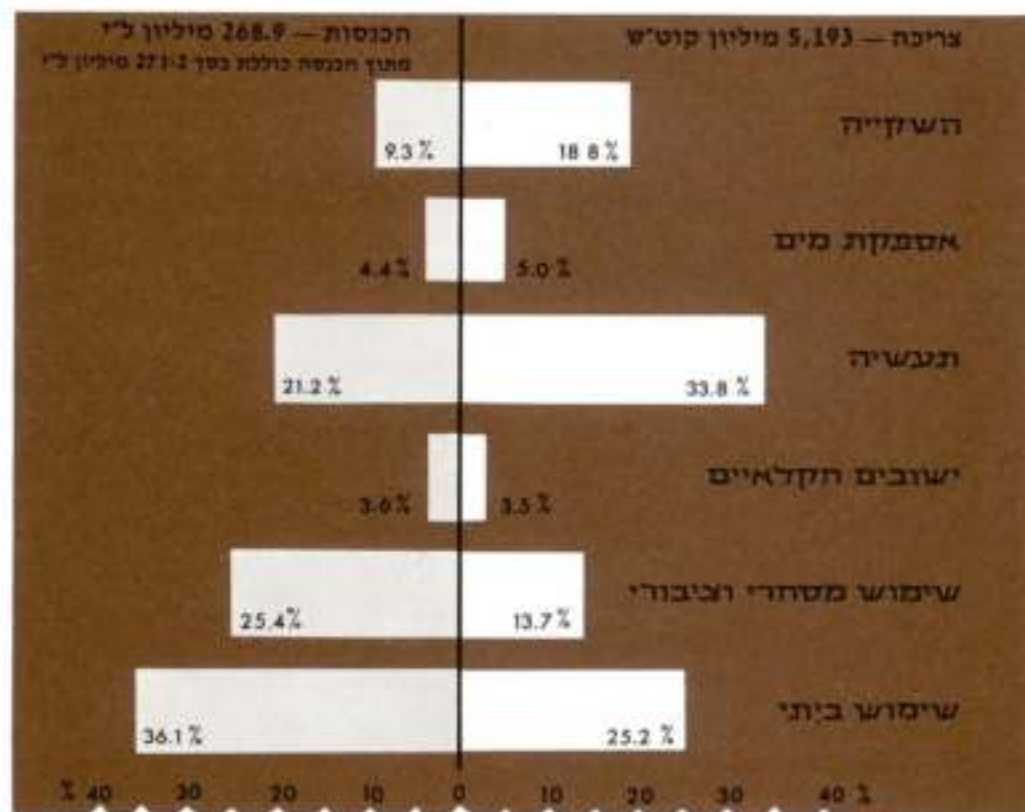
ק"מ רשתות במתח נמוך ו-8,631 טרנספורמטורים לחלוקה ביכולת כוללת של 2,360,000 קילולטרים-אמפרים.

## ביקוש וייצור

שיא הביקוש הפוטנציאלי בשנה הנסקרת הגיע ל-1,045,000 קילולטרים כאשר יכולת הייצור המות-



יכולת הייצור המותקנת בתחנות הכוח מסוגות העומס 1959/60 — 1975/76



חלקם של סוגי השימוש השונים בצריכה ובהכנסה חסכיות השמל 1969/70

## צרכנים ומכירות השמל

מספרם של צרכני השמל ביום 31-3-1970 היה 888,100 לעומת 857,400 שנה לפני כן, — גידול ב־30,700 או 3-6% שהוא שיעור גדול מזו של גידול האוכלוסייה.

הצרכנים מסווגים בין קבוצות הצרכנות העיקריות כדלקמן: צרכנים ביתיים — 753,000, צרכנים מסחריים וציבוריים — 105,700, צרכנים תעשייתיים — 21,500, צרכנים חקלאיים — 4,300 וצרכנים לשאיבת מים — 3,600.

מכירות השמל במשך השנה הנסקרת הסתכמו ב־5,193 מיליון קוט"ש לעומת 4,714 מיליון קוט"ש בשנת 1968/69, — גידול ב־10.2%. שיעור גידול זה (נסוך יחסית משיעור הגידול בשנה הקודמת (13.2%)) שהיתה שנת גאות כלכלית לאחר תקופת הסיתון והמלחמה.

המכירות לצריכה ביתית גדלו ב־8-2%, לצריכה מסחרית וציבורית ב־11.8%, לצריכה בישובים

השנתית — 37% תצרוכת המזוט בתחנות הכוח הסרמיות הגיעה ל־1,501,700 טונות — גידול בקצת יותר מ־5-10% לגבי השנה הקודמת.

התצרוכת הממוצעת של מזוט נשארה ברמה של השנה הקודמת, דהיינו 250 גרמים לקוט"ש ייצור, — וזאת למרות השימוש המוגבר בשנה הנסקרת ביחידות הייצור הקטנות והישנות. עם השלמת יחידות הייצור החדשות בתחנת הכוח רדינג ד' והובאת יחידות מיושנות מפעולה תשופר הנצילות הסרמית במערכת הייצור.

מקדם העומס של מערכת הייצור (כלומר היחס בין העומס הממוצע לפינת העומס) הגיע בשנת 1969/70 ל־72.3% (לעומת 66.7% בשנה הקודמת), ומקדם היכולת של מערכת הייצור (כלומר היחס בין הייצור למעשה לבין יכולת הייצור של תחנות הכוח) הגיע ל־67.9% לעומת 61.6% בשנה הקודמת. שני המקדמים הנוכחים מצביעים על מידת נצילות גבוהה ביותר של מערכת ייצור השמל בארץ.

מחירים ממוצעים לחשמל (אג' לכל קו"ט"ש)		סוג השימוש
1968/69	1969/70	
7-37	7-38	בית
9-66	9-56	מסחרי, מוסדות וכו'
5-47	5-41	ישובים חקלאיים
3-25	3-24	תעשייה
4-43	4-48	אספקת מים
2-59	2-56	השקיה
5-20	5-18	כל הסוגים

המחיר הממוצע לכל קו"ט"ש בשנת 1969/70 היה 5-18 אגורות לעומת 5-20 אגורות לקו"ט"ש בשנה הקודמת.

לעומת יציבות במחיר הממוצע לשימוש ביתי ועליה קטנה במחיר הממוצע לאספקת מים חלה ירידה קטנה במחיר הממוצע לשימוש מסחרי ו' חקלאי. מגמת הירידה במחיר הממוצע של חשמל לתעשייה ולתעשייה נמשכת ושיעור הירידה מאז שנת 1963/64 מגיע בתעשייה ל-5-0% ובהשקיה ל-14-1%. בשנת 1969/70 נטלו התעשייה ושאיבת מים להשקיה 52-6% מכלל צריכת החשמל בארץ ואילו חלקן המשותף בהכנסות ממכירת חשמל הגיע ל-30-5% בלבד.

חקלאיים ב-11-8%, לתעשייה ב-9-9%, לאספקת מים ב-6-9% ולהשקיה ב-12-0%.

השימוש השנתי הממוצע לצרכן ביתי עלה מ-1,700 קו"ט"ש בשנת 1968/69 ל-1,768 קו"ט"ש בשנת 1969/70 — גידול ב-4% בלבד (לעומת גידול ב' שיעור 7-3% בשנה הקודמת), ואילו השימוש ה' שנתי הממוצע לחשמל לכל הצרכים הגיע בשנת 1969/70 ל-1,835 קו"ט"ש לנפש לעומת 1,689 קו"ט"ש בשנה הקודמת, — גידול ב-8-6%.

## מחירי החשמל

בינואר 1970 הונהג תעריף מיוחד לתאורת בטחון בבתיים וחצרות, והחל מפברואר 1970 הורחבה תחולתו של התעריף הכולל לבתי מלון, בתי חולים ומכללות, לצריכת החשמל במוסדות לחינוך מקצועי וחקלאי המקיימים פנימיות לחניכים. דבר זה מביא חסכון בהוצאות הכרוכות במתקני חשמל נפרדים ולהוצאת מחיר החשמל למוסדות החינוך הנזכרים. מרט להטבות אלו במחירי החשמל לא היו שינויים בתעריפי החשמל בשנה הנסקרת, אולם עקב גידול הצריכה בכל סוגי השימוש חלה בדרך כלל ירידה במחירים הממוצעים. להלן המחירים הממוצעים לצרכנים בסוגי השימוש השונים בשנת 1969/70 בהשוואה לשנת 1968/69:

## עובדות ומספרים על רדינג ד'

- תחנת טרינספורמציה להעלאת המתח ל-150,000 וולט.
- ארובת בטון בגובה 150 מטר, בצורה קונית. נודל הקוטר למטה הוא 18-25 מטר ואילו למעלה — 10-67 מטר בלבד. הארובת הוקמה על יסוד שקוטרו — 28 מטר, שנבנה על 81 כלונסאות בקוטר של 91 ס"מ ובעומק עד 22 מטר כל אחד.
- כמות הבטון בארובה בלבד מגיעה ל-4,500 מ"מ"ע.
- 3 ארובות מלדה הורכבו בתוך ארובת הבטון. שתיים מהן עבור שתי היחידות של רדינג ד' בקוטר של 3-66 מטר כל אחת, ואחת — בקוטר 3-33 מטר עבור שתי היחידות של רדינג ב'.
- מבני עזר שונים, כגון: מגדל הסקשר בין ה' תחנות, מתקן לדימינרליזציה, מתקן לדחיסים, מתקן לכלורינוציה, בתי-מלאכה, שרותים שר' נים וכו'.
- צינור תתימי חדש בקוטר של 24" (מעל 60 ס"מ) ובמרחק של 1,800 מטר מן החוף, עד לעומק הדרוש לענינת אניות דלק גדולות, עם מעגן לקשירתן.

- התחנה כוללת 2 יחידות ייצור. כל אחת מורכבת מדוד קיטור, טורבוגנרטור וכל יתר מסדרי העזר. כושר הייצור של כל יחידה 214-000 קילוואט (כושר הייצור הקיים בכל התחנות מגיע למיליון קילוואט). היחידות פועלות בקיטור בלחץ של 144 אטמוספ' פירות ובטמפרטורה של 540 מעלות צלזיוס. תחנת הכח מורכבת מן המגנים הראשיים:
- בנין התחנה — שטחו 4,500 מ"מ"ר, גובהו 54 מטרים עם נפח המתקרב ל-200-000 מ"מ"ע. שלד הבנין בנוי מקונסטרוקציה ברזל שמשי קלה כ-3,000 טון. כמות הבטון המזויין ב' יסודות בלבד כ-6,300 מטרים מעוקבים.
- בנין המשרדים והשרותים בגובה של 4 קומות.
- בית המשאבות למי-קרוור בגנה עמוק יותר ויגיע ל-8 מטרים מתחת למני הים.
- תעלת-כניסה למי-קרוור — על מערכת מי קרוור לספק כ-70-000 מ"מ"ע מים לשעה. לשם הב' שחת הנ"ל חוקם שובר גלים ראשי באורך של 620 מטר, ושובר גלים נגדי באורך של 200 מטר. כמות האבן הדרושה לבנייתם היא כחצי מיליון טון עם בלוקים שמשקלם עד 10 טון.
- תעלת-מוצא של 2 מחילות.

# מכתבים ואמרות

מדוע אין חברת החשמל מתקינה ארון חשמל סטנדרטי על עמוד החשמל הקרוב לבנין שהולך ובנה, על-מנת שלבעלי המלאכה יהיה זרם להפעלת כלים ומכשירים ולא יצטרכו לסחוב כבלים מסרי חקים או להביא גנררטורים הגורמים לטרדה רבה.

יוסף גרין — חשמלאי

התעצב לארון סטנדרטי איננה מעשית כיוון שהחייב הבר הנדרש ע"י קבלנים שונים איננו זהה מבחינת ההספק, הוא שונה ממקום למקום בהתאם לי דרישות הציוד במבנה, החל ממכונת ליטוש קטנה וכלה בעגורנים כבדים- לאור זאת יש לסגל בכל מקרה לנוף של עיני ולהזמין את החיבור הזמני הנדרש במשרד המחוזי של חברת החשמל.

\*

מה ההגיון בדרישת ת"י 108 פרק 204 להגביל את מספר בתי התקע במעגל סופי שבו 12 נקודות, ל-4 בשה"ב- מדוע לא 6 נקודות מאור ר"ב חיבורי קיר או 7 נקודות מאור ר"ב חיבורי קיר?

חשמלאי

כוונת הדרישה הנ"ל היתה להעלות את רמת ה"מתקן ואת יעילותו- אמנם חלק מבתי התקע משמשים למכשירים בעלי הספק נמוך כגון מקלטי רדיו וטלביזיה, שואבי אבק וכ"א אולם גם במקרה זה יש מן החיוב בפיזורם של בתי התקע על מני מספר גדול יותר של מעגלים בייחוד כיום כאשר הולך וגדל בכל דירה מספר מכשירי החשמל הניידים הן בהספקים גבוהים כמו תנורי הסקה, והן בהספקים נמוכים כמו מכונת נילוח וכ"א.

אמנם הגדלת מספר המעגלים לצורך חוספת בתי תקע כרוכה בייקור המתקן החשמלי בכללו בגלל הצורך לשנות גם את מבנה הלוח ולהוסיף בו מבטח ראשי ומפסק ראשי, אולם אין ספק שיעילותו ואמינותו של המתקן יגדלו אז לאין ערוך.

\*

כידוע מחוברת הארקה בבתי-גנרטים לעגרת המים וכך משמשת רשת הצינורות הדורותיה בבתי גנרטים גם כהארקת הנגה למכשירי חשמל- יוצא מכך שעגרת המים חייבת להיות בעלת התנגדות נמוכה ביותר עד הניעה לקרקע וכן צריכה להיות רציפות חשמלית בקו הצינורות גם בתוך הקרקע- שיטה זו מיושנת ובלתי מתאימה להתפתחות החומרים וה"אבזורים שמהם מורכבת רשת הצינורות- בחשמלאי

בתקנה 55 "הארקות" כתוב: ההתנגדות החשמלית בין נקודת חיבור של מוליך הארקה לאלקטרודה לבין כל נקודה אחרת של אותה מערכת הארקה במתקני צריכה במתח נמוך לא תעלה על אוהם אחד, ובלבד שיסלאו הוראות תקנה 29- בתקנה 29 כתוב שאימפדנס מעגל הארקה במתקנים למתח נמוך חייב לאפשר פיתוח זרם לאדמה פי שניים וחצי לפחות מתורם הנומינלי של נתיך המעגל או פי אחד וחצי לפחות של זרם החכונה של המפסק האוטומטי של המעגל או יאפשר מצב שבשום חלק מהמיתקן לא יתהווה מתח תקלה מעל 65 וולט- לרעתי יש שתירה בין 2 התקנות- לדוגמא נקח מפסק אוטומטי של 100 אמפר- לפי תקנה 29 חייב מעגל הארקה לאפשר פיתוח זרם של 150 אמפר- לפי תקנה 55 ההתנגדות הקו יכולה להיות אותם אחד מאנן שעשוי להתפתח מתח של 150 וולט- ברור שמתח של 150 וולט הנופל על אדם המחובר, במקביל לקו מסוכן מאוד שהרי החוק מתיר רק 65 וולט.

אהרון קלינברג — קרית ביאליק

תקנה 29 קובעת, מבחינה מעשית, שתי אלטרנטיביות: אלטרנטיבה ראשונה היא הבטחת הפסקת המעגל ע"י שריפת הנתיך או פתיחת המפסק האו"טומטי, במקרה של זרם פחת לאדמה, תוך פרק זמן קצר בהתאם לאופני התקני שלחם- האלטרנטיבה השנייה היא שגם אם המעגל לא ייפסק ע"י אמצעי ההנגה הנ"ל, לא יעלה מתח המעגל על 65 וולט.

האלטרנטיבה השנייה, דהיינו, הבטחת מתח מגע שלא יעלה על 65 וולט לא נראית לנו כפתרון רצוי מהסיבות הבאות: א) מתח של 65 וולט עלול, בתנאים מסויימים של הזעה, רטיבות וכ"א להיות מסוכן- ב) המתח המופיע במקום התקלה הוא תוצאה של חלוקת מפלי המתח במקום התקלה ועל התנגדות הארקה הטרנספורטטור- מאזן זה עשוי להשתנות עקב תופעות שאין עליהן שליטה- למשל רטיבות ארעית במקום מסויים-

יש להדגיש שההסתמכות על האלטרנטיבה הראשונה, דהיינו, הבטחת הפסקת המעגל ע"י אמצעי הנגה שלו שהיא האלטרנטיבה העדיפה, עשויה גם כן להביא למצב שבו, בפרק הזמן הקצר שבין תחילת התקלה לבין רגע פתיחת המעגל, יופיע על הגוף המחושמל מתח זמני שעלול להיות גבוה מ-65 וולט.

\*

המערכת טודה לכותב המכתב על עירנותו ועל העמדת הבעיה והסכנות הכרוכות בה באורם הנכון. תקנתו שהעלאת הבעיה על הפרק תאלץ את הגו' פים הנוגעים בדבר לתת את דעתם עליה ולפתורנות המתחייבים לשמירת על מניעת סכנות מהציבור.

נכון שהשרברים התחילו, לאחרונה, להשתמש יותר ויותר הן באבזרים מחוסרים פלסטיים והן בשרט פלסטי מטפולן (במקום פשתן). כל זמן שדברים אלו נעשים אחרי הסקום שבו מסתעפים להארקה ה" הגנה של מתקן הצרכן הרי אין כל סכנה, אך אם נעשה הפסק במוליכות החשמלית של הצנרת ה" מתכתית לפני הסקום שבו מסתעפים להארקה גור" מים למצב מסכן. מאחר ולא תמיד ידוע לשרברב המיקום המדוייק של מקום חיבור מוליך ההארקה לצינור המים הרי בכל פעם שהוא גורם לפסק ברציפות המוליכות החשמלית של הצנרת הוא עלול לנרס למצב בו הוא מבטל את הארקה התגנה של הצרכן וכן להיפגע עצמו מהחשמל בשעת עבודתו. בתקנות החשמל (הארקות או הגנות אחרות) תשכ"ב — 1962, תקנה 121(ב) נאמר:

"לפני פירוק חלקים ממערכת צינורות כאמור בתקנת משנה (א) יותקנו גישורים מתכתיים ומגניים ומתאימים לשם הבטחת הרציפות החשמלית של מערכת הארקה."

מבחינה חוקית חייב השרברב הנורם לפסק חשמלי ברציפות של צנרת המים לדאוג לגישור מתאים שיחזיר את הרציפות הדרושה. לצערנו, מתעלמים רוב השרברבים מהחובה הזו המוטלת עליהם (לפי עמים מחוסר ידיעה) ועל ידי זה מסכנים את עצמם וגורמים למצב מסכן של הציבור. מאחר ועל ביצוע חוק החשמל מסונה משרד המי תוח נעביר את תוכן מכתבך אליהם לטיפול במישור המתאים.

העובד גם בשיפוץ דירות ישנות סמתי לב שהשרברב בהחליפו קטע צינור מים פגום בתוך הדירה או בחוץ על הקיר החיצוני של הבנין משתמש באבזור חדש הנמצא בשוק לדבריו כשנתיים והנקרא — "קופולונג". אבזור זה חוסך הברנות וחיסורים ע"י הברנה כמקובל פעם.

הקופולונג בנוי על עקרון של חבורי צנורות ע"י טבעות לחץ אוסמות מניאופרן (המונע הארקה).

הקופולונג מיוצר במידות מ"2 — 1/2" ע"י "אורדן" מפעלי יציקה נתניה בבעלות החברה המרכזית ל" חשקעות, ונמכר בכמויות גדולות. כמו כן משתמשים כעת הרבה לאטיסות הברנות ב"טפולון" — חומר פלסטי היוצר במקרים מסוימים בידוד מוחלט בין קטעי הצינורות. רק לחץ המים הנמצא בצנור יוצר הארקה מופקפת. במקרה של הפסקת מים מוח" לטת עקב קלקול בקו הראשי ברחוב או במשאבות הלחץ עלול מכשיר פגום באחת הדירות ליצור קשר חשמלי בין הפזה לרשת הצינורות, אשר עקב קופולונג המורכב מעל פני הקרקע אין קשר לאדמה כדרוש, ועלול לקרות אסון בנפש, וגם בדידות סטרי כות, היות ולא תמיד ישנו קשר חשמלי בין הצנרת לקונסטרוקציה של הבטון המזוין ועלול לקרות שאדם הנוגע בברז המים ובאוזנו זמן נוגע בצינור הביוב שבכיור יתחשמל.

ברצוני לדעת כיצד מוגן הדייר מפני אסונות כאלה? האם ידוע לחברת החשמל על מכות חשמל שנגרמו עקב האבזורים שהוכרתי ומה עושה חברת החשמל למניעתן. על מי חלה האחריות המשפטית במקרה נזיקין? הרי התקנות מחייבות חבור הארקה לצנרת המים. במקרה הנזכר לא נגרם קצור בין פזה לנוף והפסקת הטענל והנתיך לא נשרף!!!

ירוחם ציונו — תלאביב

## הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל המדור ללימודי חוץ

מודיע על המשך ההרשמה

# לקורסי ערב להכשרת חשמלאים לקראת רשיון מסוג חשמלאי מוסמך חשמלאי ראשי

תנאי קבלה: 10 שנות לימוד רשיון חשמלאי עוזר.

מועד פתיחה: חודש מרץ 1971.

בדבר פרטים והרשמה נא לפנות למדור ללימודי חוץ, טלפונים 67818, 68107,

ת.ד. 4959, חיפה.



# פיקוד אדוות (RIPPLE CONTROL)

## פיקוד מרכזי לרשת החשמל בתדירות שמע

א. רוזנברג אינג'

נ. אליאש M.Sc.

פיקוד האדוות מנצל את רשת החשמל, בנוסף ל-  
העברת אנרגיה גם להעברת אותות פיקוד- האותות  
מופיעים כאדווה (Ripple) בתדירות שמע על גל  
המתח הבסיסי של 50 הרץ. ראה ציור מס' 1.

הפרסים הטכניים בהמשך מאמר זה מתוחסים ל-  
ציור, שיותקן בקרוב באופן נסיוני בארץ. יש לציין,  
שאין הבדלים מהותיים בין היצורים השונים של  
ציור לשיטת פיקוד האדוות.

אותות הפיקוד בתדירות שמע מוחדרים לרשת  
במספר תחנות מרכזיות ומועברים לרכיבים דרך קו  
המתח הנבוא, טרנספורמטורי החלוקה ורשתות  
המתח הנמוך. אבל הצרכן מותקן מקלט מיוחד  
המכוון (Tuned) לתדירות השמע המשודרת ולצופן  
(Code) הפקודה המתאימה ומבצע את פעולת המי-  
תוג הדרושה.

האותות מופיעים כדפקים קצובים המאפשרים  
העברת עשרות פקודות כמולות בלתי תלויות בעזרת  
צופן דפקים (Impulse Code) ומאות פקודות בלתי  
תלויות בעזרת צופן צירופים (Combination Code).  
לפעולה הזמן מנוצלת ההתנעה הסינכרונית של  
המסדר והמקלט. צופן דפקים מופיעה בהתאם  
לזמן בין דפס ההתחלה לדפס הפיקוד אליו מכוון  
המקלט. כל פקודה נפולה בצופן הדפקים מורכבת  
מ-2 מתוך 50 דפקים המשודרים, דופק אחד  
להפעלה ודופק שני להפסקה. צופן צירופים מנצל  
5 מ-25 הפקודות הכפולות. מקלט צופן הצירופים  
מגיב לאחד ממאות הצירופים של פקודות אלה.  
תכנית שידור נמשכת כ-30 שניות. בזמן זה משודרות  
לרשת 20 פקודות כמולות בצופן דפקים ופקודה  
אחת בצופן צירופים. (ראה ציור מס' 2).

ציור מס. 2



תכנית שידור

תכנית הפיקוד ניתנת לשינוי בקלות וניתן לסדר  
לכל נקודה ברשת המבוקשת בהתאם לצורך. המספר  
הרב של הפקודות מאפשר חלוקה קבוצות צרכנים

שיטת פיקוד אדוות מסייעת ליישום צריכת החשמל  
תוך מגמה לאיזון עקומת הביקוש. המאמר מסביר  
את עקרונות תפעול השיטה ודרישותיה: אמינות,  
נמיכות, אי הפרעה ומטווח תפעול ואחזקה; מצוינים  
שמוטים נוספים: מאור, שאיבה, אזעקה; מוסברות  
שיטות ההזרקה: טורית ומקבילית; ניתנים עקרי  
נות מבנה: המסדר או מקור תדירות השמע וה-  
מקלט.

### 1. כללי

בצריכת חשמל קיימים הבדלים בין הביקוש בשעות  
היום לביקוש בשעות הלילה. כושר היצור של  
המערכת צריך להיות מותאם לשיא הביקוש ולכן  
הקטנת שיא הביקוש ע"י העתקת צריכה משעות  
שיא לשעות שפל מהווה יעילות בניצול וחיסכון ניכר  
למשק.

הצרכנים שלנביהם ניתן פתרון זה לביצוע לא  
צמצום הנחות הם: מחממי מים, תנורים אורגים  
לחמס דירות, תנורים תעשייתיים, מכוני שאיבה  
ועוד.

באמצעות תעריפים מוזלים ניתן עידוד לצריכת  
חשמל ביום לילה ומניית האנרגיה הנערכת בתערי-  
מיים השונים מתבצעת בעזרת מונים מיוחדים ה-  
מפוקדים ע"י שעוני זמן. למיתוג בעזרת שעוני זמן  
ישנם חסרונות כמו: דיקנות מוגבלת ושגיאה  
מצטברת, אחזקה מרובה וקושי להתאימם לתנאים  
משתנים.

פיקוד רשת מרכזי (Centralized Network Control)  
מהווה פתרון לליקויים הנ"ל ובלומים בו יתרונות  
נוספים. השיטה המקובלת כיום בעולם לפיקוד רשת  
מרכזי היא שיטת פיקוד האדוות, (Ripple Control).



אדוות בגל המתח

הפקוד המרכזי עשוי לסייע באספקת חשמל תקינה במקרי תקלה במערכת היצירה. כיום מתגברים על תקלות אלה ע"י ניתוק קווים לתקופות קצרות ולסירוגין. זהו פתרון של כורח המונע התמוטטות המערכת אך גורם נזקים לצרכנים ולחברת החשמל. שיטת פיקוד האדוות תאפשר הפסקת סוגים מסוימים של צרכנות שבה ההפרעה תהיה מזערית (מחממי מים, משאבות וכד'), בעוד שלכלל הצרכנים לא תגרם כל אי נוחות.

בהדרגה באופן שימוע שינוי תלול בהספק הנדרש. השיטה מנוצלת בנוסף לתפקידה היעודי גם לפיקוד מאור רחובות, חלונות ראווה, חדרי מדרגות, התנתות תחנות חשמל היא אזעקת צותי חירום כמו קשור בצריכת חשמל, עזרה רפואית, סכני אש, צותי תיקון ו' משטרה, למערכת. הבטחון ענין מיוחד בשמושים אלה למטרות הגנה אוריות.

צ'ור מס. 3

## 2. דרישות עקרוניות

שיטת פיקוד האדוות צריכה לענות על הדרישות העקרוניות כדלקמן:

- 2-1 אמינות
- 2-2 אי הפרעה
- 2-3 נמישות
- 2-4 משטות בהפעלה ואחזקה
- 2-4 צריכה עצמית נמוכה.

### 2.1 אמינות

האמינות מתבטאת בשתי דרישות יסוד:

- א- האותות חייבים להגיע למקלט בכל תנאי של רשת האספקה
- ב- על המקלט לא להגיב לנלים עליונים ולתופעות מעבר חולפות.

למילוי תנאי א אחראי ציוד השידור והצימוד כי מפורט בסעיף 3-2.

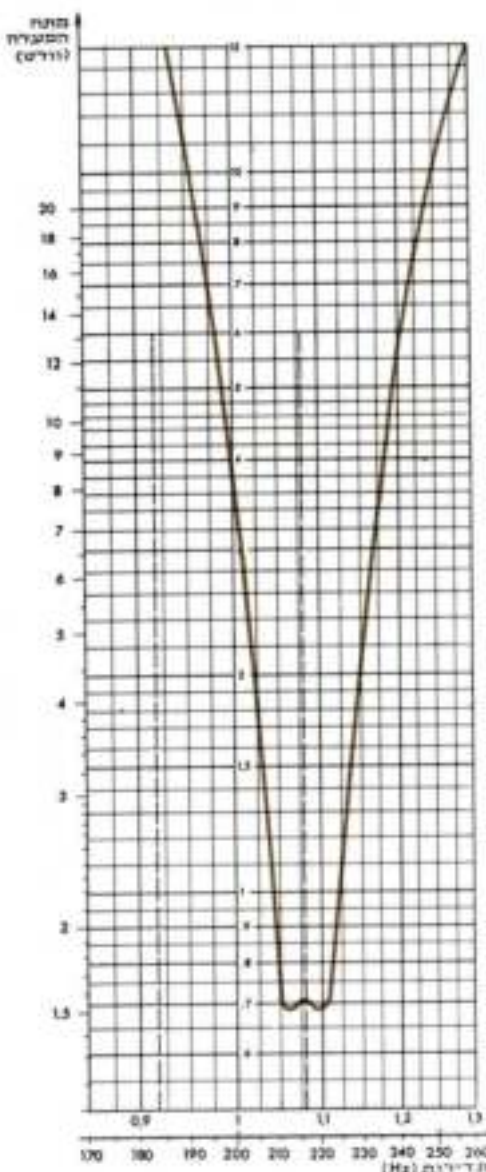
תנאי ב מתמלא הודות לעקום ההענות של המקלט כפי שניתן לראות מצויר מס' 3.

על אותות בתדירות הפקוד מגיב המקלט במתח השווה ל-1,5 וולט בעוד שלגלים העליונים הסמוכים, 150 ו-250 הרץ, יגיב המקלט במתח של מאות וולטים או באופן מעשי לא יגיב בכלל. למניעת פעולה בלתי נכונה של המכשיר כתוצאה מתופעות חולפות ברשת, בנוי המכשיר כך שיתחיל לפעול רק כשיקבל את (Startling impulse) דפס ההתנעה ל- מסך הזמן המתוכנן — 500 מילישניות.

### 2.2 אי הפרעה

נדרש שהאותות המסודרים לא יהוו גורם מפריע לצרכנים כמו מאור, רדיו, טלוויזיה, מחשבים וכד'. על סמך מחקרים שנערכו בנידון בהרל נקבעו עצמות מתחי השידור בתדירות שסע שאינן מהוות הפרעה.

בעזרת מגבר טרנזיסטורי במקלטים מבטיחים ה" ענות למתחים הנמוכים בהרבה מהמבטיחום המר תר- לדוגמא: בתדירות השמע שנבחרה לפיקוד ה" אדוות בישראל 216-7 הרץ, מותרים 20 וולט של



מטי בהתאם לתכנית. כאשר יש צורך בחזרה על תכנית שידור, שאינה מתבצעת אוטומטית, די בלחיצת כפתור והתכנית המלאה משודרת שנית.

שידור צופן צירופים מצריך הפעלה ידנית של 5 מתגים ולחצן הפעלה. הוצאות התפעול והאחזקה של המקלטים הן מוערות, לדוגמא מספר התקלות במקלטים עפ"י נתונים סטטיסטיים מחולל מגיע ל-2% לשנה.

המשדרים, יהודות יצור תדירות הסמע וצידו העור אינם מצריכים, באופן מעשי, כל פעולה אחזקה.

### 2.5 צריכה עצמית

צריכת האנרגיה הדרושה להפעלת השיטה מצומצמת ביותר, ההספק הנדרש הוא פחות מ-5% של הספק טרנספורמטור החזנה והצריכה נמשכת רק בזמן שידור הדפקים דא בסה"כ דקות שפורות ליממה.

## 3. ההזרקה

הזרקת אותות הפיקוד לרשת מצוינת ע"י:

- 3-1 רמת מתח הרשת בתחנת ההזרקה.
- 3-2 שיטות ההזרקה.
- 3-3 תדירות ומתחים.

תדירות שמע במתח בסיסי של 230 וולט. מתח השידור המעשי יהיה בסביבות 3 וולט.

יש עוד לזכור שהמתח בתדירות שמע יופיע רק בדפקים שארכם כ-100 מילישניות וברובו המכריע של הזמן לא תופיע כל תדירות פיקוד ברשת. רואים גם שבתדירויות שמע נמוכות מותרת רמת שידור גבוהה יותר מאשר בתדירויות שמע גבוהות.

### 2.3 גמישות

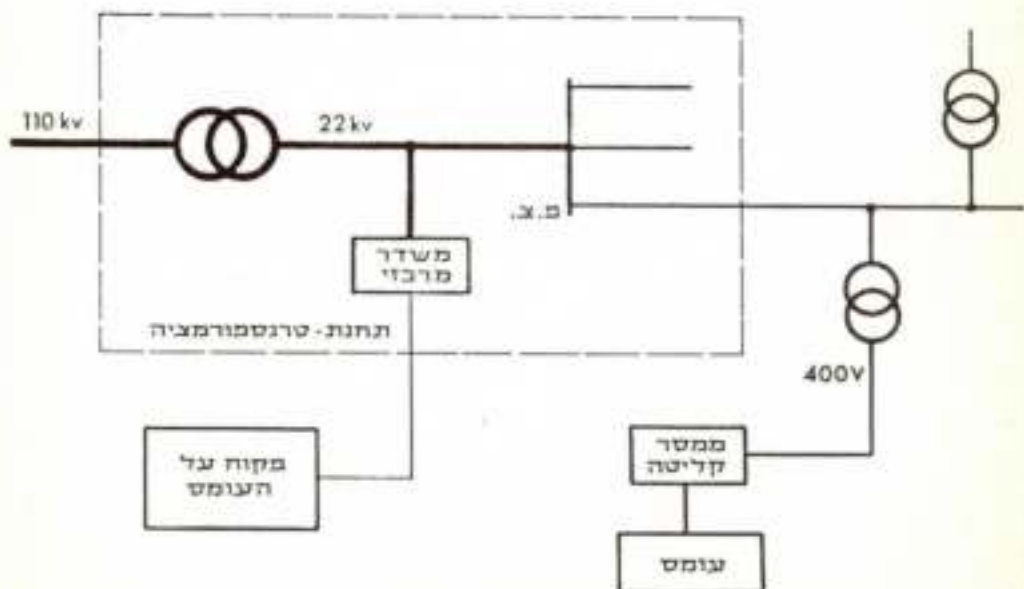
תכנית השידור (Program Transmission) צריכה להיות נוחה לשינוי בהתאם לדרישות המשתנות של הרשת; הן לשינויים הנובעים משינוי הרגלי צריכה והן לשינויים במקרי תקלה. הפיקוד המרכזי וה"מסדר האוטומטי מבטיחים תנאי זה. די לשנות מצבם של ממסרי הצופן והפקוד שבמסדר האוטורי מטי וכך לשנות את תכנית השידור.

המסדר מאפשר גם הפעלה ידנית או הפעלה מ"מתמר (Transducer) בזמן חרום. בארצות כהן שיטת פיקוד האדוות מכסה שטחים נרחבים ושולטת בהספקים גבוהים משולבת תכנית הפיקוד בתכנית מחשב המזון בנתוני המערכת.

### 2.4 פשטות בהפעלה

המסדר האוטומטי כפי ששמו מעיד, מצריך תכנית חד-פעמית ומסדר אח"כ את הפקודות באופן אוטורי.

צ"ר מס. 4



סכימה מקוריות לפיקוד אדוות

### 3.1 רמת מתח הרשת בתחנת ההזרקה

רמת המתח אליה מוזרקים האותות קובעת את התחום המבוקר בעזרת ההזרקה.

כאשר האותות מוזרקים לרשת מתח נמוך מבוקר אזור מצומצם הניזון טרנספורמטור יחיד. כדי לפקח על אזור רחב בעזרת הזרקה למתח נמוך יש צורך במספר רב (אלפיים) של תחנות הזרקה שי הקשר אליהן מהמספר המרכזי צריך להישות בעזרת

מספר רב מתאים של ערוצי קשר.

דרך קיצונית שניה היא להזריק את אותות הפקוד למתח עליון מתחנה מרכזית אחת. במקרה זה תבוקר גבת אחת כל המערכת אולם הזרקה כזאת דורשת השקעה בסיסית גדולה ותקלה בתחנה המרכזית תגרום לתקלה בכל המערכת.

דרך אופטימלית היא הזרקה לרשת מתח ביניים. כדי לפקח על שטחים נרחבים יש צורך במספר תחנות הזרקה שניתן לבנותן בהדרגה ולהרחיבן בהתאם לדרישות המערכת. שיטה זאת מתוארת בציור מס' 4.

כדי שאותות הפיקוד יעברו את תחנות הטרנספורמטור מציה ויגיעו לכל הצרכנים ברשת המבוקרת יש להזריקם ממקור תדירות שמע תלת פא בדומה למקורות המתח בתדירות של 30 הרץ.

### 3.2 שיטות ההזרקה

שתי שיטות הזרקה מקובלות, הזרקה טורית והזרקה מקבילית.

#### 3-2-1 הזרקה טורית

בשיטה זו מחובר טרנספורמטור הצימוד בטור לרשת המבוקרת, בדומה למשנה זרם, ומכוון בעזרת מעגל תהודה מקבילי לתדירות השידוריים.

המתח המשודר לרשת מופיע רק בחלקו ערפ הרשת המבוקרת וחלקו הנותר על פני אימפדנס רשת ההזנה, אשר אימפדנס טרנספורמטור ההזנה מהווה את החלק הארי שלה.

השימוש בשיטה זו מקובל כאשר רשת ההזנה היא בעלת אימפדנס בתדירויות שמע נמוכות.

מקרה פרטי של ההזרקה הטורית היא ההזרקה לנקודות הוכבב בטרנספורמטורים מתח נמוך. כי מקרה זה ההזרקה היא חד פזית כי האותות אינם מועברים דרך טרנספורמטורים תלת פזיים אלא נמסרים לצרכן ישירות (רכיב אפס). ההזרקה החד פזית מפשטת את השידור אך, כאמור, מגבלתה היא ההספק המצומצם הניתן לשליטה.

#### 3-2-1 הזרקה מקבילית

בשיטה זו מחובר ציוד הצמוד במקביל לרשת הזרקה מבוקרת בדומה למשנה מתח. קבלים המחברים

בטור הן לצד המתח הגבוה והן לצד המתח הנמוך מהיום עם השראות שאני הצימוד, מעגל תהודה טורית לתדירות השידור.

המתח המשודר לרשת מופיע כולו על פני הרשת המבוקרת כמו גם על רשת ההזנה. מאידך, הזרמים המשודרים מהמקור מתחלקים לשני הכיוונים.

כדי להקטין את ההפסדים לצד רשת ההזנה רצוי להשתמש בתדירות שידור גבוהה אך מבחינת הרשת המבוקרת רצויה יותר תדירות נמוכה כי מפורט בסעיף 3-3.

### 3.3 תדירות ומתחים

אנרגיית הפיקוד המוחזרת לרשת בתדירות השמע מתחלקת לשני סעיפים כפי שראינו מקודם. חלק אחד יעיל זורם לכיוון הרשת המבוקרת וחלק שני שאינו מנוצל נצרך ע"י טרנספורמטורי ההזנה וע"י כלל המערכת, למעט החלק המבוקר. ניתן לצמצם את חלק האנרגיה הבלתי מנוצל ע"י בחירת תדירות ושיטות הזרקה מתאימה או ע"י התקנת ציוד חסימה. מאידך — שכלול המקלט, שהביא להורדת מתחי השידור, מצריך אנרגיית פיקוד מועטה, כך שחשכוני יותר לוותר על האנרגיה הנצרכת בחלק הבלתי מבוקר מאשר להתקין ציוד חסימה יקר.

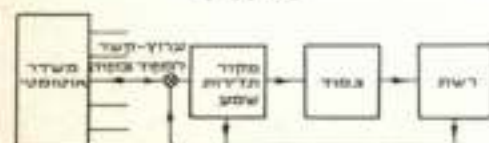
רמות מתחי השמע ברשת המבוקרת, תלויים בתדירות השידור ובאפיוני הרשת. בתדירות שידור גבוהה מהווה רשת עלית אימפדנס טורי גבוה המקטין את מתח הפקוד המגיע למקלט. רשת כבלים מהווה אימפדנס מקבילי נמוך הסוגף חלק מורם הפיקוד. סוללות קבלים, המותקנות ברשת לשפור גורם החספס, עלולות במקרה של תדירות שידור גבוהה לחוות קצר למתחי השידור.

תדירות שידור נמוכה מצמצמת את התקלות הנ"ל ומבטיחה רמה אחידה של מתחי השידור ברשת המבוקרת לכן הנוטיה בעולם להשתמש בתדירויות שמע נמוכות ולכן גם נבחרה אצלנו תדירות של 216-7 הרץ.

### 4. ציוד השידור

הציוד הנדרש להתחדת אותות הפיקוד לרשת נקרא ציוד השידור, ראה ציור מס' 3. הציוד כולל משדר אוטומטי ערוצי קשר לפקוד ובקרה ורכיבי הצימוד לרשת.

ציור מס' 3



ציוד השידור

## 4.1 המשדר האוטומטי

תפקידו של המשדר האוטומטי לקבוע את מועדי השידור ואת צופן הדפקים שישודר בהתאם לתכנית מוקדמת.

תכנית השידור נתנת לשינוי ע"י הפעלה ידנית של המשדר, במקרה של שינוי בודד, או ע"י שינוי התכנית בהתאם לדרישות המערכת.

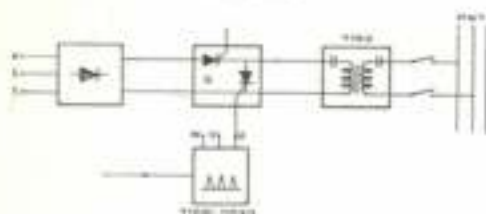
צופן צירופים משודר רק ע"י הפעלה ידנית.

ניתן לשלב במערכת גם פיקוד נוסף כמו תא מיטר אלקטרי לפקוד מערכות מאור או מסמרת תדירות לפקוד מערכות התראה וכדומה.

משדר אוטומטי אחד מספיק לפקוד על מספר רב של תחנות הורקה ולשם כך יש צורך בערוצי קשר בין המשדר האוטומטי לתחנות.

למשדר ארבעה מרכיבים: ראה ציור מס' 6.

ציור מס' 7



פנה אחת של מקור תדירות שמע

יתרונות האינטורטר הסטטי הם:

- נוח להפעלה מרחוק.
- שיטת התקנה מצומצמת והתקנה פשוטה.
- מגבל חלק מצויד הצמוד לקבלת גל שינושי.
- גבולות גבוהים.
- אמינות בתפעול.
- פעולות אחזקה מינימליות.

## 5. המקלט (ראה תמונה)

תפקידו של המקלט: להענות לתדר הפיקוד, לפענח את הפקודה ולחבר או להפסיק את הצרכן.

בהתאם לתפקידיו בנוי המקלט משלושה מרכיבים בסיסיים:

מסגנת תדירות שמע

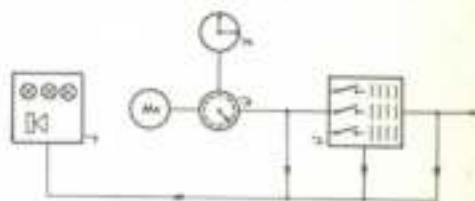
מפענח סינכרוני

מפסקי עומס

המסגנת הסבילה (מעגל תהודה כפול), המכוון לתדר הפיקוד (תדירות הפיקוד) מעבירה את דפקי הפקוד למגבר טרנזיסטורי ומפעילה ממסר יציאה מספוס רוד. מגני המספר נסגרים בקצב ובמשך הדפקים המשווים דרים ברשת.

המפענח מונע ע"י מנוע סינכרוני (בדומה לבורר ש"ב במשדר). בעזרת דיסקיות בוררות, שעל צירו המפענח, ומערכת מגעים המופעלת ע"י הדיסקיות, מועברת

ציור מס' 6



משדר אוטומטי

א- שיעון מרכזי

ב- בורר סינכרוני

ג- ממסרי פיקוד

ד- מערכת בקרה והתראה.

השיעון המרכזי הוא שיעון זמן מדויק הקובע את מועדי השידור. כמו כן מופקד השיעון על שינוי מסמרת הפיקוד בהתאם לתכנית. עד לשינוי הצופן נמצאת בתוקף תכנית השידור האחרונה וניתן לחזור עליה ע"י לחיצת כפתור.

הבורר הסינכרוני קובע את קצב שידור הדפקים ואת מסכם הבורר מונע בדומה למפענח במקלט, בעזרת מנוע סינכרוני לתדירות הרשת. מערכת ה"ב קרה וההתראה משוות את הדפקים המשווים לדפקים הנקלטים מהרשת ומתריעה במקרה של אי התאמה. התראה נוספת מתקבלת במקרה של תקלה במקור תדירות השמע או בערוצי הקשר.

## 4.2 מקור תדירות שמע

כתור מקור לתדירות שמע משמש אינטורטר סטטי בעל מישרים מווסתים. האינטורטר בנוי משלוש יחידות

הפקודה למפקק העומס- המפסקים — מטפס  
ננעל — מתברים ומנתקים את הצרכן בהתאם  
לפקודה שנקלטה-

במקלט מותקן סגנון המבטיח שהמערכת לא  
תכנס לפעולה כתוצאה מרעשים חולפים ברשת,  
וכמו כן מפרץ, המגן על המערכת בפני יתרות מתח.  
בנוסף למקלט הרגיל, הנענה לפקודה כמולה  
מכוונת מראש, קיימים מקלטים מיוחדים כמו:

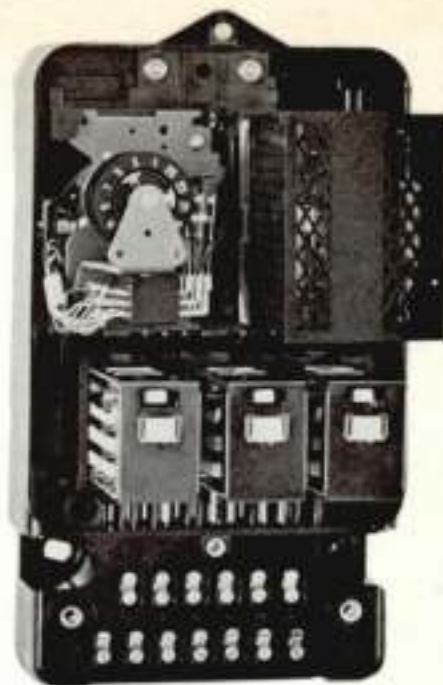
מקלט צופן צירופים

מקלט מטלטל

מקלט לעמודי מאור רחובות ועוד-

## 6. סכום

אמינות השיטה, נמישותה בתפעול, שמושיה המגור'  
נים ויתרונותיה הכלכליים מסבירים את התרחבותה  
בעשרים השנים האחרונות- השפורים שהוכנסו לי'  
אחרונה כמו החלפת מקור תדירות הצליל מגנרטור  
מסתובב לאינוורטר סטטי ושפור עקום ההענות של  
המקלט — מעידים על ישום ההמצאות הטכנולוגי'  
יות החדשות לשכלול השיטה- שכלולים נוספים  
כמו שידור אוטומטי של צופני צירופים ושפורים  
במערכות הבקרה, לא נכללו במאמר-



## אור מאופל

עלי בלבד שלי ינחו אותי ואת בני-ביתי שרויים  
באפילה בפרוס שבוע חדש-

— שום תשלום לא נקבל ממך, אדוני — זוהי  
חובת השירות שלנו — ענה המפקק והוסיף, כי  
אי-השירות יבוא עוד מעט לעזרת- ואמנם, תוך  
שעה קלה הגיע האיש, בדק ואישר את ה"אבחנה"  
של הבן, תימן את הדרוש — והביא אור לבית-

תוך כדו עבודתו סיפר, כי סחמת המחשור בכוח'  
אדם, עמוסה מחלקת התיקונים לעימה- "אנו  
עובדים שש"עשרה שעות ליום", — אבל — הוסיף  
בחיוך "ספחה היא להביא אור לבית יהודי..."

— האמן לי — סיים ידידי סיפורו — ברנע זה  
נסתתמו כל הקוכלנות על רדינג ד', על הפסקות  
החשמל, זה המרירות על שביתות והשבתות,  
והציפני רגש חם לעובדי-לילה, השש לרגש אופל  
מביתו של יהודי-

י. רואני

(לקח מ-מגילתהשחרר')

סה לי חבר: במצואי-שבת, ירדה לפתע חשיכה על  
דירתי, עקב ניתוק זרם-החשמל-

הבן, שיידע טכני בידו, בדק ומצא שמקור התקלה  
במקק ראשי, שתיקונו רק בידו חברת-החשמל-  
צילצל איפוא לשירות התורני של מחלקת-התיקונים,  
והסביר, כמיטב ידיעתו, את משר התקלה- להפתע'  
תנו, נכנס עמו התורן במחלקה בוויכוח מקצועי-  
טכנולוגי בדבר סיבת ניתוק הזרם, ויעץ לבן כמה  
עות טובות כיצד לתקן את ה"תקר", בעצמו, או  
בעזרת חשמלאי מקצועי-

חור הבן וטרח ובדק ומצא שוב, שכל האביוזים  
הם כשורה, פרט למקק הנ"ל, המופקד בשירות  
חברת-החשמל. הפעם (אומר חברי) טילפנתי אנוכי  
למחלקת התיקונים, ולמזלי ענה לי מפקק ראשי,  
סיפרתי לו בקצרה את פרשת המורס עם התורן,  
והוספתי כי מאוד יקשה עלי להשיג בשעה שכואת  
חשמלאי שיתרעה לוותר על בילוי מוצ'ש, ונכון  
אני איפוא לשלם למחלקת התיקונים ככל שיוטת

# תאגית השמל ולקחה



התאונה הקטלנית אותה נתאר להלן קפחה את חייו של פועל באחד מכפרי המיעוטים. הבית שבו אירעה התאונה הוא בן שתי קומות. בקומה א' מספר חנויות שחלקן משמשות למגורים ובקומה ב' – אשר נבנתה כנראה בשלב מאוחר יותר – היו חדרי מגורים.

ביום התאונה בשעת ערב עמד הנפגע ליד חלון בעל מעקה ברזל בדירה הנמצאת בקומה ב' של הבית. על מעקה הברזל היה מונח כבל שספק חשמל מבית תקע שבהול הדירה לאחת החנויות בקומה א' אשר שמשה מגורים לפועלים. לאותה מטרה שמשה גם הדירה שבקומה ב' בה עמד הנפגע. הוא ננע כנראה במעקה הברזל של החלון, קבל חבטת חשמל והתחיל לצעוק. על אף מאמציו לא יכול היה להשתחרר מהמעקה. חבר שיצא מחדרו כדי לברר את פשר הצעקות ניסה להתקרב אליו אך חש חישמול ברגליו היחפות (הרצפה היתה רטובה) ולא התקרב אליו. לבסוף נסוג לאחור ושלף את תקע הכבל מבית התקע שבאותה דירה. עם שליפת התקע נפל הנפגע על הרצפה ואבד את הכרתו. הוא הועבר לבית חולים שם חזר ליבו לפעום אחרי טיפול אך הכרתו לא שבה אליו ואחרי שלושה ימים נפטר.

חקירת המקרה העלתה את הפרטים הבאים: האספקה לקומה ב' נעשתה דרך מבטח במתקן המאור של אחת החנויות שבקומה א' אשר שמשה כאטליו. הכבל שהורכב מחלקים אחדים מחוברים ביניהם כחיבורים שנעשו בצורה בלתי מקצועית וללא בידוד מתאים הזין לוח מבטחים בקומה ב'. לפי המסמכים שבחברת החשמל התברר שמתקן הדירה בקומה ב' לא נבדק וחובר לאספקה, דרך המתקן הפרטי שבקומה א', ללא ידיעת החברה.

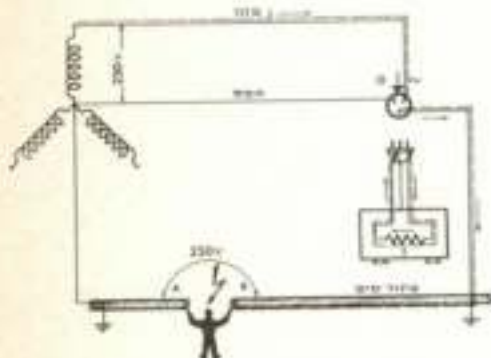
הכבל שהוסר ממקום התאונה היה מסוג T P S עשוי ממספר חלקים כשמקומות החיבור מבודדים חלקים על ידי ניר של קופסת סיגנויות. בקצה אחד של הכבל מותקן היה בית תקע דו-פיני ובקצה השני 2 בתי נורה. נמצא שאחד המקומות החשופים שבכבל היה מונח בדיוק על מעקה הברזל. מכאן יש להניח שכאשר הכבל היה מחובר לאספקה היה המעקה תחת מתח והמגע בו הוא שגרם לחבטה הקטלנית. דבר זה עשוי גם להסביר את מתח הצעד שחש חברו של קרבן התאונה. העובדה שהמתקן הקטלני לא נבדק ע"י חברת החשמל וחובר לאספקה תרמה בצורה מכרעת לאסון. אין ספק שאילו נהג החשמלאי שהתקין את המתקן בהתאם לכללים לאספקת חשמל לצרכנים והיה מגיש לחברת החשמל את תכנית המתקן ואת ההצהרה החתומה על ידו בדבר תקינותו היה הדבר מחייב אותו בהכרח לבצע את עבודתו כהלכה ובהתאם לכללי המקצוע ואז היתה התאונה הקטלנית שתוארה לעיל, נמנעת קרוב לוודאי.

# חישמולים וגורמיהם

אינג' ה. גינדס

קיימת אפשרות שכתוצאה מסעות בחיבורים כמו שתוארה לעיל ימצא בין התקע שאליו חובר מוליך ההארקה של המכשיר מול מיוצגת האפס של בית התקע (צויר מס' 2). כתוצאה מכך יפעל המכשיר הנייד בין מה להארקה בו כוסן שגופו

צויר מס' 2



יתרוק צנור המים פ"י שרברב בלי התקנת גשר בין A-B

מחובר לאפס. מקרים כאלה מובאים לידיעת חברת החשמל באמצעות תלונה של שרברב, למשל, המקבל הכסת חשמל בעת פירוק צנור המים המשמש כמוליך לחצרות הורם (תפקיד המיועד במצב תקין למוליך האפס). גם דיור באותו בית עשוי להתלונן על הכסת חשמל בנוגעו בברו המים, בעיקר בשעה שהוא נמצא בתאי רשיבות מיוחדים, למשל בתוך אמבטיה - תרשים המעגל החשמלי (ראה צויר מס' 3) מראה שהאדם באמבטיה מחוזה דרך נוספת מקבילה, למעבר הורם החוזר. ידוע שהורם שיעבור בין הנקודות (1) ו(2) יתחלק ביחס הנוף לערך ההתנגדויות החיבורות במקביל. אם נקה לדוגמא מקרה שהיה, ונחבר מקרן בעל הספק של 1.5 ק"ט בין מה להארקה ונגיח שההתנגדות בדרך הראשית מ"ל (1) שווה ל-1.5 אוהם אנו מקבלים יחס התנגדויות כדלקמן:

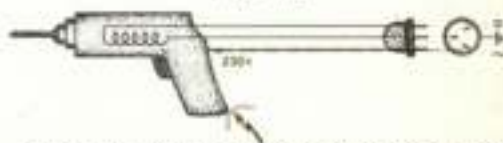
$$\frac{1.5}{500+500} = \frac{1.5}{1000} = 0.15\%$$

הנחות: התנגדות אדם רטוב באמבטיה 500 אוהם.  
 התנגדות מערכת הביוב 500 אוהם.  
 הורם דרך המכשיר 7 אמפר.  
 יוצא ש-0.15% מהורם כולו יעבור דרך נוף האדם. דהיינו דרך נוף האדם יעברו כ-10 מיליאמפר. וזו זה מורגש היטב ורחוק מלהיות נעים. ישנם אנשים עם מעעים בידיים או שעורם רגיש בדרך כלל, אשר מניבים כבר לורסים של 1 — 0.5 מולי-

פועל שעסק בליטוש קיר חימוני של ביון חדש נמצא מוטל ללא רוח חיים כשגופו נשען על הפנס שהיה מברזלי. בידו אחז הפועל במכונת ליטוש חשמלית בעלת מעטה מתכתו. בחקירת סיבות ה"מקרה שנעשתה על ידי כותב המאמר, המשמש כמהנדס בודק נחברת החשמל, הועלו הפרטים הבאים: בידוד מכונת הליטוש היה תקין אולם לא היתה רציפות בין הפין האמצעי של התקע לבין נוף המכשיר. פירוק התקע נילח שקצה מוליך ההארקה השתחרר וכך, על ידי סביב הפתיל יכול היה קצה חופשי זה לבא במגע עם ניד הפוח שהיה חשוף יתר על המידה - בצרוף מקרים כזה עלול היה להופיע סחל מלא על נוף המכשיר - תקע המכשיר לא היה תקין ונמצא שרגלי ברני החיבור של הפונים לחצו את החוטים השזורים של הניידים במגמה לקרעם. המסקנה המתבקשת היא שיש להשתמש בתקעים אך ורק מהסוג המאושר על ידי מכון התקנים או מוסד מוסמך אחר. יחד עם זאת יש להקפיד על בצוע נאות של העבודה: אין להשאיר קצוות נידים חשופים מעבר למקום החיבור של המינים, יש להלחים את קצוות החוטים השזורים על מנת להגביר את תחוסם ולמנוע את פורם.

באופן כללי, מובן שחיבור מוליך ההארקה של מכשיר נייד לפון שאינו מיועד לכך, עלול להביא למצב בו נוף המכשיר יהיה תחת מתח. אין צורך להדגיש את הסכנה הצפויה לעובד שינסה לאחוז במכשיר החשופי-המצב המסוכן יוכל פי כמה, באם הטעות בוצעה בבית התקע כי אז כל מכשיר בעל הארקה תקינה שיוחבר לבית תקע זה יימצא תחת מתח (צויר מס' 4) לפעמים קורה שבגלל חיבור בלתי תקין מלכתחילה משתחרר מוליך ההארקה מתפזר אליו היה מחובר ובהיותו חופשי בתוך בית התקע הוא עלול לבא במגע עם פין המתח, דבר הנורם לחישמול המכשיר.

צויר מס' 4



מכל האמור לעיל עלינו לקבוע שיש צורך לבדוק את תקינות מצב הפתילים של מכשירים ניידים לעתים תכופות ובזמן בדיקת מתקן יש צורך למדוד את רציפות ההארקה בכל בית תקע ללא יוצא מן הכלל מן נעשתה טעות כאחד מהם.

\* \* \*



אספר. מובן שכל עליה בהתנגדות מערכת צינורות המים הופכת את החבטה למסוכנת יותר.

\* \* \*

אתאר להלן את אחד המקרים שבהם נתקלתי לא מכבר. אשה מסוימת התלוננה שבשעת התרחצה באמבטיה מלאת מים נעצה בברז וקבלה זעזוע חשמלי שהצמיד את ידה לברז. רק במאמץ מיוחד הצליחה להנתק ממנו ולגאת מן "הסלכות". חברנו מכסיר אבוטטר בין צינור המים לצינור הביוב באמבטיה הנל והפעלנו את כל המכשירים המצויים בכל 12 הדירות שבאותו בית. מעולה זאת נעשית בזמן שאחד הבודקים מתבונן בלוח מכסיר הסדידה ובודק שני עובר מדירה לדירה ומחבר את המכשירים השונים בניסיון לשחזר את תופעת החישמול. הקשר בין שני הבודקים נשמר באמצעות מכשירי אלוהוט ניידים. חיבור כל המכשירים בבית לא גרם לחופעת מתח במעגל הסדידה, והנה לפעם מופיע מתח של 9 וולט בין צינור המים לצינור הביוב. מובן שאז היה צריך לפעול במחירות המירבית כדי לאתר את מקור החישמול מן ייעלם בפתאומיות כפי שהופיע. נתקנו מעגל אחרי מעגל בדירות עד שהפסקת מעגל מסוים בדירה שמעל לדירת המתלוננת גרמה להעלמות החישמול. יש לציין שקודם לכן הופעלו בדירה זו כל המכשירים והתאורה מבלי שהחישמול יופיע. התברר שתוך כדי מהלך החיפושים הועבר מקורן של 1-5 קרס מזרח אחד לשני. בבית התקע שאליו חובר כעת הסקרן הוחלפו ביניהם מוליכי האפס וההארקה וזאת בשל צבע אחד, אדום, של שלושת מוליכי

ציור מס' 1



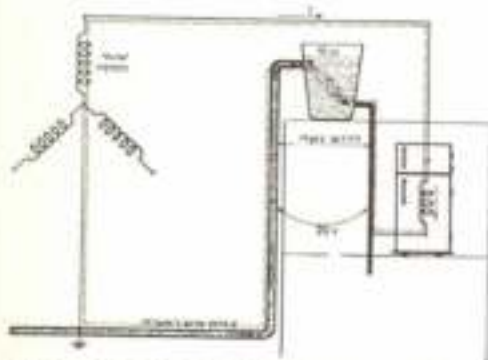
המתקן. את עובדת ההחלפה אספר לאמת על ידי ניתוק האפס הראשי של המתקן בדירה ואז הוברר שהמקור המשיך לפעול. אספר גם להקיף את מוליכי האפסקה הראשיים (פזא ואפס) באספרמטר צבת ולמדוד את קיומו של אי האיזון. במקרה שתואר לעיל נמצא שהתנגדות מערכת ההארקה היתה 1-5 אוהם. התנגדות זו כוללת את התנגדות הארקה ההגנה והארקה השיטה. נפילת המתח על שתי התנגדויות אלה היתה

1-5 אוהם  $\times$  7 אספר = 10-5 וולט. מהם נמדדו על הארקה ההגנה של המתקן דירתו 9 וולט. אם נניח שהתנגדות האשה בהיותה באמבטיה היתה בתחום שבין 500 ל-1000 אוהם יוצא שהיא שמשה מסלול לזרם של 9 עד 18 מיליאמפר, נקל לשער את הרגשתה...

\* \* \*

מאשה הגיה בדירת נג שבבית רב קומות נתקבלה הודעה על חישמול ברוים. ואמנם מדדנו מתח של 20 וולט בין צינור המים לצינור הביוב במטבח. עם הפסקת המקור שבדירה נפסק החישמול. התברר שבתוך תקע המקור השתחרר ניד האפס מן הסיוע לו. טספ לכך היה קשר גלווני בין ניד האפס לניד ההארקה במתיל הסיוע את המקור.

ציור מס' 4



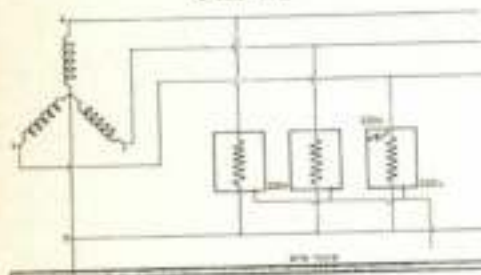
יש לציין שהופעת קצר במתילים של מקורים נפוצה אחרי מספר שנות שימוש. ההסבר לכך הוא שבדרך כלל עובר הפתיל מאחורי המקור ליד ספור החום של יחידת הקינור. במשך הזמן גורם החימום התמידי של הפתיל להתרככות הבידוד ואז נוצר מגע גלווני בין הניידים. למעשה מעל המקור בין פזא והארקה. בבדיקת טיב ההארקה התברר שהמוליכים הראשיים בכל ארבעת הדירות שבקומת הגג, הוברו לצינורות מים היוצאים ממיכל מים עשוי מאסבסט המוצב על הגג מבלי שהותקן, על ידי הסמלאי שבצע את המתקן, גשר מתכתי בין הצינור הנכנס והצינורות היוצאים. בתנאים אלה היתה התנגדות מערכת ההארקה כ-10 אוהם (ראה ציור מס' 4).

\* \* \*

שוב אחר של חישמול נובע מחיבור ההארקה הראשית לצינור לא מתאים דבר העלול לסכן את דיוריים בבית כולו. לדוגמא: דיורי בית, מסוים בן 4 דירות התלוננו על חישמול ברוים חזק שהיה מופיע מוזמן לזמן. חברנו את האבוטטר בין צנור המים לצינור הביוב (כאן יש מקום להערה כללית: אין טעם לחבר את מכשיר הסדידה בין 2 הצינורות האלה באם קיים חיבור גלווני ביניהם. לכן יש לבדוק תחילה שאמנם קיימת התנגדות של 10 אוהם

כשבמתקן קיים מוליך הארקה המחבר ביניהם את נטי כל המכשירים גורם סגסג בבידוד של מכשיר אחד — כאשר מוליך ההארקה הראשית מנותק מצינור המים — להופעת החימום על נטי כל המכשירים התקונים. כתוצאה מכך מוכפלת פי כמה הסכנה בכל המכשירים המחברים לאותה הארקה (ראה ציור מס' 6) - לדוגמה: מאשה הנרה

ציור מס. 6



בזולה דרקומתית התקבלה הודעה שספגה חבסת חשמל עזה כשאחזה בידית המקרר. חקירת המקרה העלתה שבידוד המקרר תקין, קיימת רציפות טובה בין נקודות ההארקה בדירה, אך קיים פסק בין ההארקה הראשית לצינור המים. כאשר הופעלה מטרת קיר עשויה מתכת באחד החדרים בקומה השניה של הדירה הופיע מתח של 230 וולט על גוף המקרר בקומה הראשונה. בידוד מטרת הקיר לבני מוליך הפזה החוזר ממפסק הזרם נמצא שזה לאפס. המתח שהופיע על גוף המטרה, נמסר לכן דרך מערכת ההארקה אל גוף המקרר. המתח שעל גוף המטרה לא הורגש כיון שעל היצפה היו שטיחים אך במטבח בו אין שטיחים עשויה היתה הדלקת המטרה בקומה השנית לגרום לחשמול רציני.

\*\*\*

לאחרונה נתקבלה תלונה על חימום מקרר וברור המקרה הצביע על הצורך להקפיד על השימוש במוליכים תקינים גם מבחינת הצבעים כפי שהדבר נקבע לאחרונה בתקנות: השמלאי שהזמין להתקין בית תקע עבור מקרר השתמש בכלל מסוג T.P.S. 1-5-3 צבעי הניודים בכלל היו אדום שחור וכתול. זהו כמובן ככל בלתי תקני למטרות התקנה. החשמלאי הבר את הניד האדום למינעת הפזה, את הניד השחור למינעת האפס ואת הניד שנותר, הניד הכחול — למינעת ההארקה. את הקצה השני של הכבל הביא עד לתיבת השתעפות של מתקן המאור בדירה. את הניד האדום חיבור למוליך האדום שבתוכה (מוליך הפזה) את הניד השחור חיבר למוליך השחור שבתוכה (מוליך האפס) ואת הניד הכחול חיבר למוליך כחול שהיה בתיבה ושמש פזה-הזרחה ממפסק זרם של מטרה... כתוצאה מכך, בכל פעם שהיו מדליקים את המטרה, היה מופיע מתח מלא על גוף המקרר.

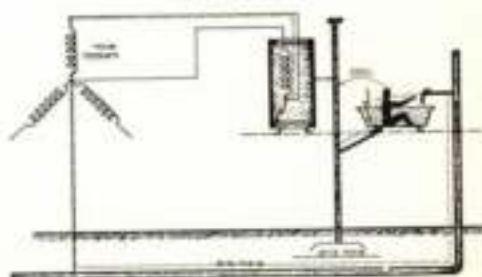
לפחות בין שני הצנורות) ואז עם הפעלת מקלט רדיו נאחת הדירות הופיע מתח של 220 וולט על מכשיר המדידה שחובר כאמור בין צינור המים לצינור הביוב. התברר שמוליך ההארקה של המקלט חובר לצינור הביוב המסרת את הבית. בידודו של המקלט היה פגום ואמנם עם חיבור המקלט הופיע המתח על צינור הביוב בעל ההתנגדות הגבוהה יחסית, לבני מסת האדמה. המתח של צינור הביוב התפשט אל רצפת הדירות ועבר מהרצפה דרך גוף האדם שנצב עליה אל צנור המים. קיים גם מסלול מקביל דרך הקירות היוצרים סגסג בין צינור הביוב לצינור המים (התנגדות זו גבוהה בעיקר בימים יבשים).

\*\*\*

בבית אחר התלוננו הדיירים גם הם על חימום בריזים חזק ואמנם נמצא שעם הפעלת תנור אפיה נאחת מדירות הבית הופיע מתח של 200 וולט בין ברו המים לבין צינור הביוב. הוברר שבידוד התנור היה לקוי מצד הכניסה של הפזה, המתח הועבר לגוף התנור ומכאן למוליך ההארקה הראשי שנמצא מחובר לצינור הביוב המשותף לדירות. צינור זה היה דומה בצורתו לצינור מים והחשמלאי חיבר אליו את ההארקה הראשית מבלי לודא תחילה שאמנם זהו צינור מים המותר לשימוש כאלקטרודה טבעית ולא צינור ביוב שאסור להשתמש בו למטרה זו. (ראה ציור מס' 5)

יש לעיון שבאנגליה ובצרפת, למשל, מחייבות ה"תקנות לחבר באופן גלוי את צינורות המים והביוב על מנת שלא יוכלו להוצר הפרשי פוטנציאל ביניהם כפי שהדבר קרה במקרים שתוארו לעיל. בארץ, בכלל סוגי צינורות הביוב השונים לא נמצאה דרך מעשית לקיים את הדרישה הזאת. המסקנה היא שמחובת החשמלאי לודא שהצינור אליו הוא מחבר את מוליך ההארקה הראשית, היא צינור מים חיים בעל רציפות נאותה.

ציור מס. 5



\*\*\*

סוג אחר של חימום הם אלה הנובעים מניתוק בהארקה הראשית ומגם בבידוד. בהקשר לכך יש להזכיר: כשמתקן חשמל פועל בכלל ללא כל הארקה חנה, פגם בבידוד של מכשיר אחד בעל גוף מתכתי הופך מכשיר בודד זה למסוכן, אך

# השפעת הזרם על גוף האדם

א. מיקן

(מורס ב.ג.סייחז"א — במסגרת המוסד בבטיחות ובריאות)

אם נזרים בחלק הנ"ל של חיד באופן פתאומי זרם של 20 מ"א או יותר מזה תהיה התכווצות השריריים כה חזקה שהיא תוכל לגרום לשבירת העצמות או קריעת השרירים.

אם במקום דרך שרש חיד, נזרים זרם של 20 מ"א — 50 מ"א מחיד אל הרגל הוא יגרום להתכווצות של שרירי בית החזה, הריאות תתמלאנה באויר למעלה מהרגל ותישארגה במצב זה כל עוד זרם הזרם הנ"ל וחטרי הפסולת ילכו ויצטברו בדם בצורה מסוכנת לאחר שהאויר אינו יכול להפלט מהראות; תוך דקות ספורות מתחוללות במוח, כתוצאה מכך, תמורות שאין להשיבן, היכולות להיות קטלניות. כאשר נפסק הזרם יתכן שהנפגע לא יחדש בעצמו את נשימתו בגלל עייפות השרירים, או טילוק מוצרי הלואי של השריפה או בגלל השפעת הזרם על קצוות העצבים. תופעות אלה הן ניתנות כרגיל להשיב והנשמה מלאכותית המבוצעת והנמשכת בצורה נכונה יכולה להיות מאד מועילה.

אם הזרם הזורם מהיד לרגל יהיה 50 מ"א — 500 מ"א תהיה צפיפות הזרם העובר דרך הלב שווה לזו של הזרם העובר דרך שרש חיד והמשתק את מערכת העצבים שלו, ובמקום שהלב יפעם בקצב שזה ושקול מתכווצות הנימות הקטנות הבודדות שלו באופן מקרי וכתוצאה מכך ישותק לנמרי מחזור הדם. אפילו זרם הזרם זמן קצר מאד (0-1 של שניה) יכול לגרום לתופעה זו אם זרימה זו חלה בשלב רגיש של פעימת הלב; למעשה שלב רגיש כזה בהכרח קיים בעבור כל זרם הנמשך יותר ממחזור אחד של פעימות הלב (1 שניה). אם לא נוקטים מיד וברירות צעדים מתאימים יחולו במוח במקרה זה שינויים כאלה שהסוּת יהיה בלתי נמנע.

אם זרם זרם מסדר נודל של אמפרים תיגרום התכווצות בית החזה והזרם דרך הלב יגרום להתכווצות שרירי הלב; ברם כשייסק הזרם ואם הוא לא נמשך זמן רב מדי עלול הלב לחדש את פעימו. תזו בעצמו או כתוצאה מתנועה הנגרמת למשל על-ידי מכה בחזה או שימוש בהנשמה מלאכותית. זרמים גדולים נורמים לכוויות מסוכנות, יכולים גם לפגוע במערכת העצבים וכך לשתק את מערכת השרירים.

שלד גוף האדם מהווה מערכת משולבת של עצמות המומעלים על-ידי מערכת שרירים המתכווצים לצרכי כל תנועה כגון התרחבות חזה, תפיסת כלי עבודה וכד'. התכווצות של שרירי בית החזה, למשל, מגדילה את הנפח שלו, כך שהאויר נשאב לתוך הריאות; הרפיית שרירים אלה נורמת להוצאת האויר מהריאות. השרירים עצמם מתכווצים כאשר מופעלים עליהם אימפולסים של מערכת העצבים בתדירות של 100 מחזורים לשניה בערך.

מערכת עצבים זו בעצם רשת של מוליכים המעבירים רים אינפורמציה והוראות מהחשים אל השרירים המפעילים את חלקי השלד השונים.

זרם חילופין בעל תדירות מקובלת של 50 מחזורים לשניה, המועל על מערכת העצבים, מורכב, למעשה, ממאה אימפולסים לשניה היות ומערכת העצבים איננה רגישה לקוטביות, כלומר לכיוון הזרם. דח של 50 מחזורים ישפיע, איסוף, על מערכת השרירים בדיוק באותה הצורה כמו מערכת העצבים הפועלת, כאמור, בתדירות של 100 אימפולסים לשניה.

אם, למשל, נרכיב אחת האלקטרודות של המעגל החשמלי, על אפסת חיד והשנייה על כף חיד, כך שהזרם יזרום דרך שורש חיד, אפשר לעקוב אחרי תופעות הלואי שלו ללא כל סכנה לחיי הנבחן ובריאותו.

זרם של 0.5-2 מ"א — 2 מ"א (מיליאמפר = 0.001 א') הזורם דרך החלק הנ"ל של חיד יגרום לרגישות קלה בלבד.

זרם של 3 מ"א — 6 מ"א יגרום לכך שהעצבים החושניים של החלק שבו הוא זורם לא יהיו רגישים לכאב כגון זה הנגרם על-ידי תלישת שרפה או דקירה במחש.

במידה שנודל את הזרם יגבר הקושי בתפעלת השרירים וזרם של 8 מ"א — 20 מ"א ישותקו השרירים לנמרי על-ידי התכווצות מוחלטת ומתיחת כף חיד הסגורה תהיה בלתי אפשרית. העצבים החושניים של שורש חיד יהיו עדיין בלתי רגישים (כרגיל) וכל כאב, פרט לזה הנגרם על-ידי החום הנוצר על-ידי התנגדות במקום הכניסה והציאה של הזרם ליד וממנה, לא יורגש כמעט לנמרי.

התנגדות נוף האדם מורכבת משני רכיבים, שניהם משותפים:

- א. התנגדות העור
- ב. התנגדות פנימית של הגוף.

א. התנגדות העור משתנה בגבולות בין 10-000 אוהם/ס"מ<sup>2</sup> לבין 10 אוהם/ס"מ<sup>2</sup> בהתאם למידות הלחות של העור. גורם זה מושפע מההוצעה היכולה להיגמר עלידי מעבר זרם קטן דרך העור, כך שעד כמה שהעור לא יהיה יבש בהתחלה תהיה זרימת הזרם במתח של 240 ו' כזו שתופיע ההוצעה (אם הזרם לא יופסק מיד), ההתנגדות תקטן, הזרם יגדל, ההוצעה תתגבר, כך שהתנגדות העור תרד במהרה לערך אפסי.

ב. ההתנגדות הפנימית של הגוף היא מסדר גודל של 200-800 אוהמים והיא משתנה ביחס המודל לחזקה 1.5-1.9 של המתח, כך שאם מורידים את המתח מ-240 ו' ל-110 ו' תגדל ההתנגדות האפקטיבית בערך פי 4 והזרם יקטן בערך פי 8. סקירה סטטיסטית שבוצעה ע"י המבקר החשמלאי הראשי בדניה מראה ששכנת ההלם החשמלי הצפויה מי מערכת של 220 ו' היא בערך פי 6-5 יותר גדולה מזו הצפויה ממערכת 119 ו'.

מתחים בסדר גודל של 20 ו' — 60 ו' ז"ח עלולים לגרום לחוסר אפשרות לפתוח את כף היד הסגורה מסביב לכלי עבודה, המהווה את אחד המגעים. כמו כן מתח של 40 ו' — 100 ו' המזרים זרם במסלול העובר דרך החזה יפסיק את הנשימה ומתח של 80 ו' — 600 ו' יגרום לתופעה המתוארת לעיל כשהנימות הבודדות של הלב מתכווצות באופן מקרי וללא כל התאמה ביניהן.

מעל המתחים הנ"ל התופעות הנפוצות ביותר הן הפרעות במערכת עצבים וכוויות אולם אם המגעים הם לקויים, כגון במקרה של רצפות או נעלים המבודדים במקצת יכול המתח הפועל על הגוף להיות 80 ו' — 600 ו' כאשר המתחים של המערכת החשמלית הם הרבה יותר גבוהים.

פריקות קיצבוליות ופריקות אטמוספיריות (ברקים) הם כרגיל קצרים מדי כך לפגוע במערכת העצבים וגורמים לכוויות מסוכנות שלפגמים הן רק שטחיות.

בסקרה אחד לא נרשם התפרקות קבל של 114 מ"ס (מיקרופורד) הטעון במתח של 4 ק"ו (4000 ו') דרך חזהו של אדם לשום תופעות פרט לכוויות מסויכות להלם העצבים והאדם הנפגע מסוגל היה להגיע בכוחות עצמו לחדר העזרה הראשונה.

התדירות של הזרם אינה משפיעה בהרבה; ברם אם מגדילים אותה פי 10 גורם הדבר להגדלת הזרם הבטוח ב-20%, כלומר הזרם שבו אפשר עדיין לתת את האגרוף יהיה 15 מ"א.

בתדירות של 10,000 מחזורים לשניה זרם זה יהיה — 80 מ"א בערך ומעל ל-15,000 מחזורים בערך תהיה החשפעה על מערכת השרירים קטנה ביותר למרות שתופעות החימום נשארות ללא שינוי.

זרם ישר מונע רק במערכת השרירים בזמן חיבורו והפסקתו: הדבר יכול לגרום לזעזוע חזק. זרם ישר חלש (עד ל-0.1 א') אם אינו נמשך הרבה זמן אינו מזיק. ברם זרמים יותר חזקים וזרמים קטנים וממושכים, נוסף לכוויות רציניות שהם גורמים, יכולים להביא לידי תופעות אלקטרוליטיות העוללות לפגוע בצורה רצינית במערכת העצבים.

השפעת סמפרטורת הסיבוב בתור גורם המשפיע על ההלם החשמלי בולטת מהלוח דלהלן המבוסס על סקירת התאונות שנערכה חודש-חודש בתקופה של 20 שנה (1928-46) בשווייץ:

מספר תאונות	חודש
137	ינואר
131	פברואר
182	מרץ
138	אפריל
218	מאי
305	יוני
301	יולי
262	אוגוסט
219	ספטמבר
212	אוקטובר
163	נובמבר
141	דצמבר

יש לציין ששיעור הארעיות של מספר התאונות גדל עם עליית הטמפרטורה ואחר כך יורד שוב. אם נזכור שהחדשים החמים ביותר הם גם חדשי החופשות, כשמספר התאונות בהם יורד בדרך כלל, יהיו המספרים הנ"ל מאלפים מאד.

מספרים סטטיסטיים דומים שנאספו באנגליה במשך 10 שנים מצביעים על נטייה דומה:

מספר תאונות	חודש
48	ינואר
35	פברואר
55	מרץ
60	אפריל
62	מאי
60	יוני
56	יולי
67	אוג. ט.
63	ספטמבר
60	אוקטובר
66	נובמבר
45	דצמבר

# הגנה נוספת לפסי צבירה במתח נמוך

אינג'ן נ. פלג

## הקדמה

כאשר מדובר במתקנים לורמים רציניים במתח נמוך (230/400 וולט) הרי מן הראוי להקדיש תשומת לב מיוחדת להגנת פסי הצבירה הראשיים והסוליכים הסזינים מהטרנספורמטור (או מהטרנספורמטורים) עד למספק הראשי.

במתקנים שהספקם עולה על 630 ק"א — דהיינו למעלה מ-1000 אמפר — יש להביא בחשבון מספר עובדות טכניות והן:

א. מאחר ועבור זרמים מעל 600 אמפר (הספק של 400 ק"א) מתקונים להגנה, מצד המתח הנמוך, מספק זרם אוטומטי בלוח הרי שקטע החיבור שבין הטרנספורמטור לבין מספק זה מוגן רק על ידי הנתיכים למתח גבוה. נתיכים אלו למתח גבוה אינם מאפשרים, מטבעם, הגנה צמודה (Close Protection) ליתרת זרם, ויפעלו, לכן, רק לאחר שתקלה כל שהיא תתפתח לזרמים בסדר גודל של קצרי.

ב. התנהגה הרגילה המתאפשרת על ידי מספק זרם בעל מימסרים ליתרת זרם (מימסרים תרמיים, למשל) ומימסרים לזרם קצר (מגנטיים) מתייחסת להגנה בפני יתרת זרם של המתקן כשהוא פועל בתנאים נומינליים, אולם אינה אפקטיבית לגבי פתיחה אוטומטית של המספק בזרמים קטנים יחסית בתחילת קצר לאדמה. מימסי זרם אלה לזרם קצר הם למעשה בלם החרום האחרון המופעל רק לאחר שתנוק הוא כבר עובדה.

מאחר והאנרגיה העלולה להשתחרר בלוח ה"ראשי ובפסי הצבירה במקרה של תקלה היא בסדר גודל של מנאוואטים (פיליוני וואטים) הרי ברור שהזמן מתחילת התקלה עד לפתיחת המספק הוא גורם חשוב ביותר באיתור תקלה ופילוקה המהיר. במידה זמן זה יהיה קטן יותר גם מיסדי תנוק יהיו קטנים יותר.

## החיבור בין הטרנספורמטור והמספק הראשי

לשיטה של מניעת תקלות עדיפות על כל שיטה אחרת הפועלת רק לאחר הופעת התקלה. מסיבה זו יש להקדיש תשומת לב מיוחדת דוקא לאותו קטע שבין הטרנספורמטור לבין המספק הראשי — הקטע הבלתי מוגן. כאן יש לנקוט בכל האמצעים

האפשריים שלא יהיו תקלות — שימוש במבודדים בעלי דרך זחילה ארוכה יותר מהנדרש, הנדלת מרחקי האוויר בין הפוליכים לבין עצמם ובניגוד לבין חלקים מתכתיים, מניעת אפשרות של כניסת בעלי חיים (וכגון חתולים, עכברים, צפורים או חרקים) בכדי שלא יגרמו לקצרים, צביעה מוליכים בצבעים מבודדים וכדו' אין לרוב קשיים אובייקטיביים ב"השגת תנאים משופרים אלה כיוון שחלק זה של המתקן הוא פשוט, יחסית, מבחינת המערכת החשמלית — חיבור ישיר ללא הסתעפויות בין הדקי היציאה של הטרנספורמטור לבין הדקי ה"כניסה של מספק הזרם. הישופרים שדובר בהם מצריכים, אולי, קצת מחשבה והתנערות משיגרתיות. אך אינם מגדילים את החוצאות בצורה משמעותית.

## פסי הצבירה בלוח

אשר לפסי הצבירה של הלוח עצמו אחרי המספק הראשי — חל במטות הקודמת שינוי לרעה. כאן מתחילים לחיתקל בבעיות שאינן מאפשרות, מ"בחינה טכנית וכלכלית, את הפתרון שנמצא לקטע שבין הטרנספורמטור והמספק הראשי — לפנינו תסבוכת של הסתעפויות, משני זרם, משני מתח, מערכות פיקוד, מערכות מידוח ובקרה, מתקני סיוגליוציה, מפסקים בגדלים שונים, נתיכים, קווי טקטוריום ועוד התקנים ככל שיעלה הדמיון. ברור שנמצא כזה רבה הצפיפות ועמה גדלה הסכנה של התהוות תקלה אשר, אם לא תעצר בעוד מועד, תזרים לתגובת שרשרת העשויה להסתיים בזקק כללי ללוח או בהרס כללי שלו.

## תאור התפתחות תקלה

נתאר כאן את התפתחות אחת מהתקלות הנאופייניות. התהליך מתחיל בזרם זליגה לאדמה המתפתח בין אחת הפוות לבין מסגרת המתכת הסוארקת של הלוח — תופעה היכולה לנבוע מלקוי ש"התפתח במכוד כמשך הזמן כתוצאה מרענויות, מהצטברות של אבק מוליך הנובע מתהליכי היצור, מחידרת לוחות כתוצאה משנוי במגו האוויר או מכל סיבה אחרת. תהליך זה, המתחיל בזרם בסדר גודל של אמפרים בודדים או עשרות אמפרים — מספק הזרם עדיין אינו מניב כיוון שהמימסר ליתרת זרם מכיון לאלף אמפרים או יותר — גורם הן ליוניציה של האוויר בקרבת הקצר והן, עבור סוגי ביזוד מסויימים, גם לנתיכות (Tracking) ה"תוצאה של המעבר למצב זה מתבטאת בהנדלת

ברור שמבחינה טכנית מעשית כמעט בלתי אפשרי להשיג ערך נמוך זה כיוון שכל קטע של מוליך במעגל זה וכל חיבור תורמים, במידה זו או אחרת, להתנגדות מעגל ההארקה גם אם כולו מתכתי.

אם, במצב זה, אפשר להוסיף התקן אשר יפתח את המפסק הראשי כאשר הזרם לאדמה יהיה בסדר גודל של 200-300 אמפר או פחות הרי שהשגת אפשרות לקיים את החגגה הדרושה בלי להגיע לזרמים גדולים במיוחד.

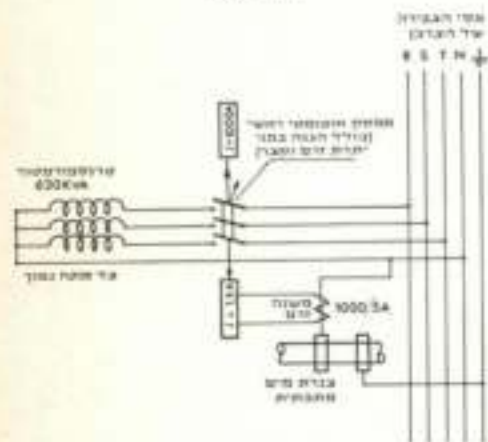
### הפסקת המעגל במקרה של זרם לאדמה

נתאר כאן שתי שיטות המאפשרות להביא לפתיחת המפסק הראשי במקרים של זרם לאדמה — וזאת בתחום של זרמים שהאמצעים המקובלים (מיסטר לזרם יתר או לזרם קצר) אינם מבחינים בהם כלל, ועל ידי זה להקטין את מימדי הנוק.

#### השיטה במקרה של טרנספורמטור בלעדי של צרכן

במקרה שהטרנספורמטור הוא בלעדי עבור צרכן אחד נתון, בדרך כלל, להאריק את נקודת האפס שלו ליד פס האפס שבלוח הצרכן (הארקת השיטה). כאשר משתמשים בהארקה לצגרת המים הרי שדור זה מתבטא בחיבור מתכתי מתאים ממוליך האפס שאם מהטרנספורמטור לצגרת המים.

צ"ר 1.00



לפי השיטה המוצעת יושלח מוליך הארקה השיטה דרך משנה זרם  $I_n/5$  אמפר, משנה זרם זה יכול להיות אפילו בעל דרגת דייקנות נמוכה ולא כפי שנדרש במשני זרם של מערכות מדידה. (למשל — Class "D" לפי התקן הבריטי). המשני של משנה זרם זה (5 אמפר) יחובר למיסטר אשר יפתח מיידית את המפסק הראשי בזרם של 1.5 אמפר למשל, וכך נאפשר הפסקה מיידית של התקן ברגע שהזרם לאדמה יגיע ל-30% מהזרם הנומינלי

הזרם באותו מקום לסדר גודל של מאות אמפרים. גם כשהזרם הזה למבנה מניע לכמה מאות אמפרים עדיין אין המיסטרים לזרם קצר פועלים, וגם אם גודל הזרם נכנס לתחום הפעולה של המיסטר ליתרת זרם עלול לעבור זמן של דקות שלמות — אם לא עשרות דקות — עד שמיסטר זה יפתח את המפסק הראשי.

השלב הבא הוא כבי הקריטי והחסור ביותר — האנרגיה שהתפתחה עקב הזרימה בין הפזה לאדמה היא ניכרת והינוג'יה של האויר הנעה, עקב הזרם הניכר, ליתר מוליכי הפזות ואז נוצר מצב של התהוות קשת כללית בין מוליכי הפזות לבין עצמן ובין המוליכים לנף והתוצאה — הרס חמור. רק בשלב זה יפתח מפסק הזרם עקב פעולת המיסטר ליתרת זרם שהגיע לנקודת העבודה שלו או עקב פעולת המיסטר המגנטי לזרם קצר. ל-זרימת סידרי הגודל של הזרמים — במפסק המכוון לזרם עבודה של כאלף אמפר יפעל המיסטר המגנטי לזרם קצר בזרם של כ-7000 אמפר.

התהליך שתאורו הובא כאן הינו תהליך ממושך יחסית וממשך במשך מספר לא קטן של מחזורי מתח ברשת החשמל, אף על פי שלאדם החווה בו נדמה שהכל התרחש כהרף עין. ברור שבמידה ונקדים את פתיחת מפסק הזרם הראשי נצמצם ונבטל את מימדי התקלה והנוק שייגרם למסי הצבירה, הלוח וכל הסובב אותם כיוון שהאנרגיה שתשתחרר בלוח עקב התקלה תהיה קטנה יותר.

### שקולי בטיחות

נוסף לדיון בצד הטכני יש לקחת בחשבון שיקול בטיחותי. בהתאם לתקנות החשמל החלות בארץ יש לדאוג לכך שהתנגדות מעגל ההארקה תהיה מספיק נמוכה, כך שבמקרה של קצר לאדמה, תהיה זרימת זרם שיבטיח את הפעלת אמצעי ההגנה של המעגל החשמלי. כל עוד מדובר במתקן עד סדר גודל של 100 או 125 אמפר ניתן, בדרך כלל, למלא את ההוראות הנדרשות בתקנה 29 של תקנות הארקות, כלשונו.

תקנה 29: (א) נוסף לתנאים שבתקנה 28 (א) ו(ב) יאסר החיפזום של מעגל ההארקה ב מתקנים למח נמוך שיחת זרם לאדמה מ' ג'נים וחצי למחות מהזרם הנומינלי של נת'ן המעגל או ע' אחד וחצי' לפחות של זרם ה' הכחה של המפסק האוטומטי של המעגל....."

למשל — אם מעגל מונע על ידי נתיכים של 100 אמפר יש צורך שהתנגדות מעגל ההארקה לא תעלה על 0.9 אוהם. אם המעגל מונע על ידי מפסק זרם אוטומטי נדרש שהתנגדות זו לא תעלה על 1.5 אוהם. כאשר מדובר במפסק זרם המכוון להגנת מתקן חשמל בעל זרם נומינלי של 1000 אמפר התנגדות מעגל ההארקה אינה צריכה לעלות על 150 מילי אוהם.



## תקנים ישראלים חדשים במקצוע החשמל שפורסמו לאחרונה

הגידים השונים של תילי חשמל המשמשים לזינת מכשירי חשמל מיטלטלים- התקן אינו חל על תיליים דרינדיים ללא מעטה הנגה.

ת"י 230 : נתיכים מתוברנים בעלי פקק : דרישות טיב (בא במקום התקן משנת 1965).

התקן חל על נתיכים, בהם האלמנט הניתך נמצא בתוך כלי קיבול סגור, אשר נועדים להגן על מעגלים חשמליים שמתחם אינו עולה על 500 וולט בין הפוליכים או על 250 וולט לבני האדם.

ת"י 231 : נתיכים מתוברנים בעלי פקק : בית נתיך של 25 ושל 53 אמפר לחיבור אחורי (בא במקום התקן משנת 1965).

ת"י 233 : נתיכים מתוברנים בעלי פקק : בית נתיך של 25 ושל 63 אמפר לחיבור אחורי (בא במקום התקן משנת 1965).

ת"י 235 : נתיכים מתוברנים בעלי פקק : ראשים של 25 ושל 63 אמפר וברני התאמה (בא במקום התקן משנת 1965).

ת"י 108 פרק 206: הוראות למתקני חשמל, העמסת מוליכי אלומיניום, סבודדי פוליוניל פלורין.

פרק זה שנוסף לתקן 108 דן באופן קביעת הזרם המירבי במוליכי אלומיניום סבודדי פי-וי-סי. כולות במספר נורמים: שטח התך הכבל, הטמפרטורה האופפת, מספף הכבלים הנמצאים בסמיכות והי מרחק בין הכבלים.

ת"י 734 : מיון ציוד חשמלי בהתאם להגנה מפני הלם חשמלי: הגדרת מונחים.

התקן מתייחס להגדרת מונחים, הקשורים במיון חשמלי הנעשה בהתאם לדרגת ההגנה מפני הלם חשמלי. ההגדרות בהן מטפל התקן הן אלה הקשורות במתח בטיחות נמוך מאוד, בסוגי הבידוד ובסוגי הציוד — סוג 0 סוג 10 סוג 1 סוג 11 סוג 111.

ת"י 544 : תיליים לחיבור מכשירי חשמל מטל-טלים : צבעי התיכור של הגידים (בא במקום התקן משנת 1965).

התקן חל על צבעי היכר, המאפשרים הבחנה בין

התקן חל על צבעי היכר, המאפשרים הבחנה בין



**אינג' אברהם  
מרדכי רקובר ז"ל**

התקן חל על צבעי היכר, המאפשרים הבחנה בין

הלך מאתנו חבר רב פעלים אשר הטביע את חותמו על מסך החשמל במדינה. עלה ארצה בשנת 1912, אחרי שסיים את חוק למודיו בטכניון בוארשה. התחיל את עבודתו ב" מחלקת עבודות צבוריות, עבר לחברת-אשלג ובשנת 1954, עם פרסום חוק החשמל מונה לתפקיד של מנהל לעניני חשמל. תחת הש" נחתו חישירה נעשה התכנון של מתקני החשמל בנסל אילת, בעיירות הפיתוח בגב ובערבה, כולל דיטונה, כפר ירוחם ואור ים-המלח.

התקן חל על צבעי היכר, המאפשרים הבחנה בין

רקובר התמסר בכל סרצו לשני יעדים: תקינה וחינוך מקצועי. בזמנו פורסמו הי-תקנים הראשונים בשטח החשמל וקובץ התקנים הלך והתרחב ונעשה למסגרת קבוי עה למתקנים בארץ. התקנות לרישוי חשמלי-אים הן פרי עמלו המבורך. גם הבחינות התקופתיות לרישוי חשמלאים וסדרי החינוך המקצועי בשטח החשמל חייבים לשקידתו את מירב קיומם.

היה חבר המרכז באגודת האינג'נירים והי ארכיטקטים, יושב ראש האיגוד של האינג'נירים לחשמל במשך 6 שנים; היה פעיל בהסתדרות המהנדסים ויושב ראש של הי-סניף בירושלים.

במלאות לו ששים שנה, רשמוהו חבריו לי-עבודה בספר הוחב של הקרן הקיימת, כאות הוקרה על שפעלו ועל תרומתו לפיתוח מסך החשמל בארץ.

בשנתיו האחרונות הקדיש את מאמציו לי-הנחת אינספקטורסים בארץ, אך לא זכה לראות את הנשמת שאיפתו.

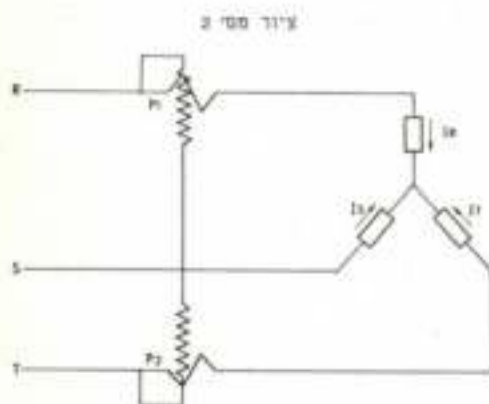
יהיה זכרו ברוך.

אינג' יעקב נולדהמר



# מדידת הספק במערכות תלת-פזיות

M.Sc. אינג' א. נאוטרה



נכונות שיטה זו ניתן להוכיח עבור המקרה של עומס סימטרי, אם כי השיטה נכונה גם עבור עומסים בלתי סימטריים.

נתבונן בדואנרמה וקטוריות של הזרמים והמתחים בציר מס' 3.

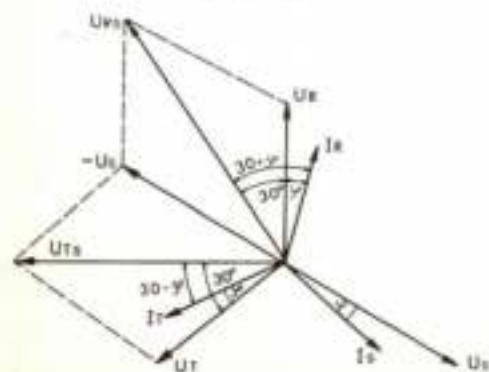
$$U_{RS} = \sqrt{3} U_{ph}$$

$$U_{TS} = \sqrt{3} U_{ph}$$

$$P_1 = I_R U_{RS} \cos(30 + \varphi)$$

$$P_2 = I_T U_{TS} \cos(30 - \varphi)$$

צ'ור מס' 3

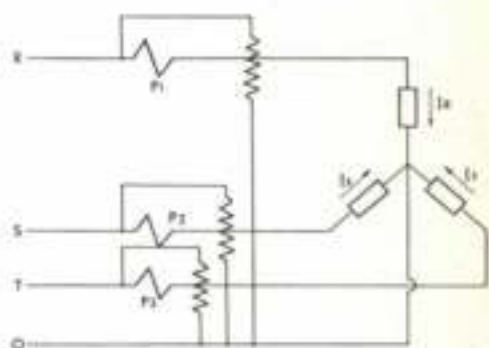


במאמר זה מוכנת סקירה קצרה על השיטות לי מדידת הספק במערכות תלת-פזיות סימטריות ובלתי סימטריות בעלות 3 או 4 מוליכים, תוך שימת דגש על בחירת השיטות המתאימות ותאור היתרונות והמגבלות של השיטות השונות.

## 1. מערכת תלת פזית בעלת 4 מוליכים

במערכת בעלת 4 מוליכים עם עומס בלתי סימטרי השיטה המתאימה למדידת ההספק היא באמצעות 3 ווטמטרים בחיבור המתואר בציר מס' 1- ההספק התלת פזי הכולל הוא סכום ההספקים הניתנים עלידי 3 הוטמטרים:  $P = P_1 + P_2 + P_3$

צ'ור מס' 1



בסקרה של עומס סימטרי  $I_R = I_S = I_T$  ו-  $\varphi_R = \varphi_S = \varphi_T$  אפשר להסתמך בווטמטר אחד והי הספק התלת-פזי הכולל יהיה ההספק הנמדד עלידי הוטמטר כמול 3.  $P = 3P_1$

## 2. מערכת תלת-פזית בעלת 3 מוליכים

למדידת ההספק התלת פזי הכולל במערכת בעלת 3 מוליכים עם עומס בלתי סימטרי אפשר להסתמך בשני ווטמטרים- שיטה זו ידועה בשם "שיטת אהרון"- חיבור 2 הוטמטרים יהיה כמתואר בציר מס' 2.

$$P = P_1 + P_2$$

מצור מס' 3 רואים שכום החסמים המודדים ע"י הווסטמטרים הוא:

$$P = I_R U_{R\phi} \cos(30 + \varphi) + I_T U_{T\phi} \cos(30 - \varphi)$$

$$P = \sqrt{3} I_{ph} U_{ph} [\cos(30 + \varphi) + \cos(30 - \varphi)]$$

מהבטוי בשוברים מקבלים ע"י חשוב טריגונומטרי משוט:  $2 \cos 30 \cos \varphi$  וע"י הצבת הערך עבור  $\cos 30$  מקבלים:

$$P = \sqrt{3} I_{ph} U_{ph} 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi =$$

$$\underline{\underline{3 U_{ph} I_{ph} \cos \varphi}}$$

וזו החספס התלת־חפמי הכלל של המערכת.

אם משתמשים בשיטה זו במערכת בעלת עומסים סימטריים, אפשר למדוד בעזרתה גם את הזווית בין המתח והזרם, דהיינו את טורם החספס  $\cos \varphi$  של המערכת, בדרך הבאה:

אפשר להוכיח שההפרש בין 2 הווסטמטרים הוא שווה:

$$P_2 - P_1 = \sqrt{3} U_{ph} I_{ph} \sin \varphi$$

ויחד עם הנוסחה שתוכחנו קודם:

$$P_2 + P_1 = 3 U_{ph} I_{ph} \cos \varphi$$

נקבל ע"י חלוקת הנוסחה הראשונה בשנייה:

$$\boxed{\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{3} \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1}}$$

בעזרת נוסחה זו אפשר לחשב את הזווית  $\varphi$  וכמוכך את מקדם החספס  $\cos \varphi$ .

יש לציין שעבור זווית  $\varphi$  גדולות מ- $60^\circ$  קריאת אחד הווסטמטרים נעשית שלילית ואז עבור קבלת החספס התלת־חפמי הנכון יש להחסיר הוראת ווסטמטר זה מהווסטמטר הראשון.

מכל האמור לעיל מתברר שקוטביות הווסטמטרים חשובה במיוחד כאשר הזווית בין המתח והזרם אינה ידועה ואז נשאלת השאלה האם צריך לחבר את קריאות 2 הווסטמטרים או להחסירן זו מזו.

על קושי זה ניתן להתגבר בקלות ע"י בדיקת קוטי־ביות פשוטה, שמבצעים בשיטה הבאה: נחבר את הווסטמטרים כך ששניהם יראו סטייה חיובית. נקח את הווסטמטר המראה קריאה נמוכה יותר ונפתח את חיבור סליל המתח שלו בפזה המשותפת  $U_s$  (ראה ציור מס' 2).

את אותו קצה של סליל המתח נחבר לפזה בה מחובר סליל הזרם של הווסטמטר השני. אם הזווית בין המתח והזרם במערכת קטנה מ- $60^\circ$  הווסטמטר הנ"ל ימשיך להראות סטייה חיובית ואז יש לחבר את קריאות שני הווסטמטרים.

אם הווסטמטר הנ"ל יראה סטייה בכיוון הפוך, הזווית בין המתח והזרם גדולה מ- $60^\circ$  ואז יש להחסיר את קריאות שני הווסטמטרים.

### 3. שכום

במערכות תלת־פזיות בהן אנו בטוחים שהעומס הוא תמיד סימטרי, כמו למשל במנועים תלת־פזיים גדולים, אפשר להשתמש במדידת חספס בפזה אחת ולהכפיל את הקריאה פי 3.

במערכות תלת־פזיות בעלות 3 מוליכים, כמו למשל טרנספורמטור המזין צרכנים בלתי סימטריים, אפשר להשתמש במדידה בעזרת 2 ווסטמטרים בחבור אחרון אולם יש לזכור שאחד הווסטמטרים עלול לתת סטייה בכיוון הפוך.

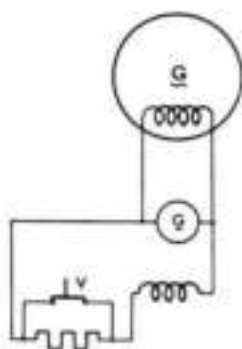
גם במערכות תלת־פזיות סימטריות, כאשר משתמשים בחיבור בשיטה אחרון עלול אחד הווסטמטרים להפוך את כוון סטייתו כאשר הזווית בין המתח והזרם עולה על  $60^\circ$ .

לכן כאשר עובדים בשיטת אחרון יש תמיד לערוך תחילה את בדיקת הקוטביות של הווסטמטרים.

# בעיות וויסות המתח של דיזלגנרטורים

אינג' י. זיס

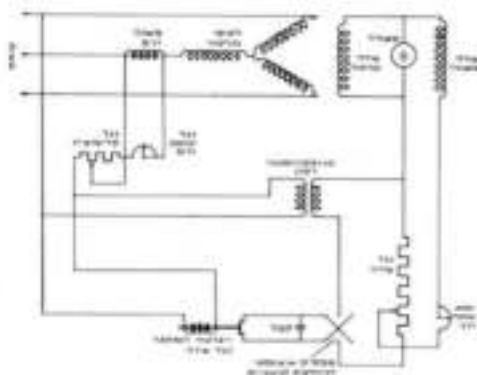
תרשים מס. 2



חברונות השיטה הם נוכחות מספר רב של חלקים נעים כגון מצעים וקולקטורים הדורשים תשומת לב וטיפול תמידיים.

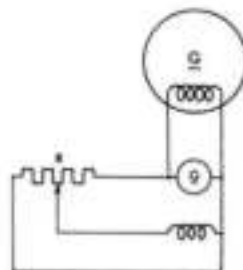
לעומת זאת בשנים האחרונות פותחה שיטה חדשה של הדיזלגנרטורים השיטה ידועה כשיטה של עור עצמי וויסות עצמי (selfexciting and selfregulating) ללא נוכחות מעורר ווסת מתח (ראה תרשים מס' 5).

תרשים מס. 3



כל הדיזלגנרטורים דורשים אמצעים לחזקת מתח בגודל נומינאלי עם סטיות של  $\pm 5\%$  על מנת להבטיח פעולה תקינה של מערכות חשמל- הדרך הקלה והזולה והמפושטה ביותר, המבטיחה את איבודי האנרגיה הקטנים ביותר, היא שניו מתח (ורם הערור). דבר זה משיגים בגנרטורים ישנים יותר המצוידים במעוררים (גנרטורי ורם ישראל) ע"י שינוי השדה המגנטי באמצעות נגד של המעורר (ראה תרשים מס' 1).

תרשים מס. 1



ידינת ודורש הימצאות תמידית של אדם ליד הדיזלגנרטור. ברוב המקרים פעולה זאת נעשית בצורה אוטומטית על ידי ווסת מתח בו נמצא אלמנט ויברציוני אשר באופן תקופתי מקצר או מכניס לפעולה את הנגד (תרשים מס' 2). לווסת מתח מסוג זה שייך ווסת המתח מתוצרת סינכוסטט אשר מופיע בתרשים מס' 3. סוג אחר נפוץ של ווסתי מתח הוא ווסת מתח בעל נגד משתנה העשוי מדיסקיות פחם, אשר נלחצות זו לזו באמצעי עות מנוף המופעל על ידי אלקטרו-מגנט הניזון ממתח החילופין של הדיזלגנרטור (תרשים מס' 4).

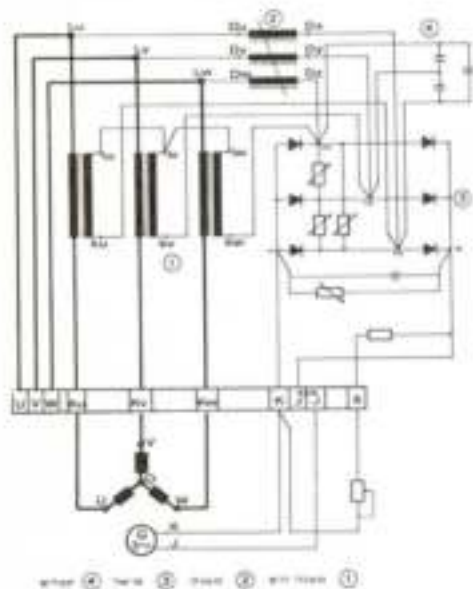
בשניו מתח משתנה כח הלחיצה ואתו ההתנגדות המחוברת במעגל הערור של המעורר ובעקיפין - מתח החילופין של הדיזלגנרטור.

המכנה המשותף לכל השיטה הוא נוכחות שני אלמנטים, מעורר ווסת המתח- תצרוכת האנרגיה לצרכי ערור נעה בין  $3\%$ — $4\%$  של ההספק הנומינלי הנקוב של הדיזלגנרטור.

(פוטנציאל אפסי). אך במקרה זה מקוצרות בינן לבין עצמן נקודות בעלות פוטנציאל גבוה יותר

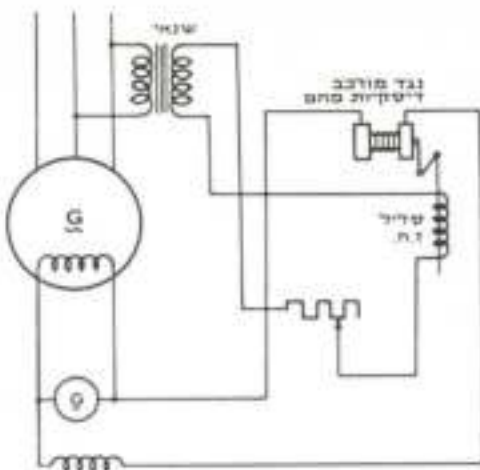
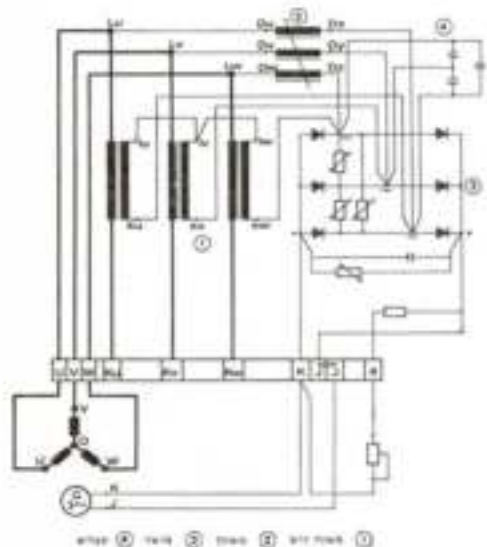
תרשים 4.00

תרשים 5.00



ונקודות בעלות פוטנציאל אפסי מחוברות למערכת המישרים שאינה מקבלת כעת תוספת ערוו מתאימה לעומס.

תרשים 6.00



הזרם הישר לרוטור מופק ממישרי זרם סיליקונים אשר מקבלים הזנה כפולה ממשניקים ומשני זרם- בשעת עבודת ריקם זרמי העורר מסופקים על ידי המשניקים בלבד. בשעת העומס מקבלים מישרי זרם תוספת הזנה ממשני זרם המחבורים בטור עם הצרכנים. כמובן שתוספת זו גדלה ככל שהעומס גדל וכך ממלאים למעשה משני הזרם תפקיד של 'וולטג'—רוג'טור' אך ללא חלקים נעים הרגשיים לתקלות. למערכות של משני זרם ומשניקים מורכבות בדרך כלל ביחידות קטנות בתוך הגנרטור עצמו.

מתגנרטור קיימת יציאה ללוח הבקרה הכולל בדרך כלל מספק זרם ראשי, מכשירי הזנה ומכשירי מדידה. בגנרטורים גדולים מערכת המשניקים, משני הזרם והמישרים מסופקת לפעמים בארזו נפרד. במידה ובזמן התקנה טעוים ומחליפים בינם לבין עצמם כניסות ויציאות ממשני זרם מתקבל תרשים מס' 6 אשר בו הגנרטור מספק מתח נומינאלי בעבודת ריקם, אך כבר בחיבור עומס קטן המתח נופל לכדי חצי והיחידה לא יכולה לעבוד באופן נורמלי.

בתרשים מס' 6 מחובר הגנרטור למנעים U, V, W במקום ל' Ku, Kv, Kw. בתרשים החבורים הנכון (תרשים מס' 5) מחובר הגנרטור למנעים Ku, Kv, Kw.

חבור הנכון הנקודות Ku, Kv, Kw הן בעלות פוטנציאל גבוה יותר מנקודות Lu, Lv, Lw (פוטנציאל אפסי) כמו כן בצדדים המשניים של משני הזרם הנקודות Ku, Kv, Kw הן בעלות פוטנציאל גבוה יותר מאשר נקודות Lu, Lv, Lw. מחוברות ביחד ומתוות נקודת אפס נוספת של טרנספורמטור הטהרה עבור מישרי הזרם. במקרה של חבור הגנרטור למנעים U, V, W הנקודות Lu, Lv, Lw הן בעלות פוטנציאל גבוה יותר מאשר נקודות ku, kv, kw.

# הסימפוזיון ה־18 למאור

השימוש בסמורות חדשות כמו נורת הנתרן בלחץ גבוה ושל שיטת התאורה בעזרת עמודים גבוהים המתאימה במיוחד לתארת שטחים גדולים ודרכי התבורה רב־ספלטיות. חוברת עם תקצירי ההרצאות חולקה לבאי הכנס עם מתיחתו. כמו כן נערכה בערב היום הראשון לסימפוזיון ארוחת ערב בחסות עיריית תל־אביב—150 זבנה ניתנה הרצאתו של מנכ"ל "תיבת אילון", מר ברוך אמיר, על תוכניות הפיתוח של התחבורה הסהירה בגחל אילון. בשיחה שהתפתחה לאחר מכן הודגש הצורך לדאוג, בין שאר הנושאים, לתכנון תאורה ברמה הולמת לכל הנתיבים, ההצטלבויות והמסעפים ה־כלולים בתוכנית גדולה זו.

בסימפוזיון הפעם נכללו שתי תערוכות, האחת, למאור פנים שנערכה בבית המהנדס והשתתפו בה יצרנים מקומיים וספקים של ציוד תאורה מחרל. והשניה, תערוכת תאורת חוץ שנערכה במגרשי יריד המורה. דברי הסבר על התערוכות נתנו ע"י מר היל. באהן מחברת "דורס".

בערב השני של הסימפוזיון נערך סיור במתקני ה־תאורה של בית הביסה, נער הירקון בהמשך רח' אבן גבירול, הטלביזיה הליטודית ולבסוף תערוכת סאור החוץ ביריד המורה. בכל המקומות ניתנו דברי הסבר על מתקני התאורה ולמשתתפים בסיור ניתנה האפשרות לשאול שאלות ולהעיר הערותיהם. דברי סיום לסיכום הכנס נאמרו ע"י מרופ. א. צ'צ'יק.

בכנס נוכחו בסך הכל כ־150 משתתפים מכל קצות הארץ והדעה הכללית היתה שהכנס עבר בהצלחה וההרצאות בו היו בעלות ענין ותועלת לכל המשתתפים בטסת המאור.

בחג החנוכה תשל"א (27 עד 29 לדצמבר 1970) התקיים בתל־אביב, בבית המהנדס, הסימפוזיון השנתי ה־18 למאור. נושאי הסימפוזיון חולקו הפעם לשני חלקים: א) הרצאות על האדם בסביבה בנויה. ב) הרצאות אורחים מחרל.

החלק הראשון כלל את ההרצאות הבאות: הנדסת המאור כגורם לתכנון סביבתי כולל — אתגרים וחידושים ע"י מרופ. א. צ'צ'יק, סגן נשיא הועדה הבינלאומית למאור. תכנון המאור כחלק מתכנון סביבתי בטנאי האקלים הישראלי ע"י ד"ר אינג' א. נאמן, המחלקה הטכנית של קיבוצי השומר הצעיר וכן ההרצאה על האדם כגנה מידה לארכיטקטורה ע"י תארכיטקט י. ישר.

בהרצאות אלה נסקר מיכלול הבעיות של התכנון הסביבתי הכולל בתוך מיבנים במטרה ליצור תנאי נוחות מירביים לאדם השוהה בתוכם. המטרה היא לשלב את התכנון של כל הנורמים הסביבתיים, היינו, האקוסטיקה, החימום, האוורור והקירור וכמובן התאורה לשלמות סביבתית כוללת הן מ"בחינה טכנולוגית אנרגטית וכן מבחינת התחושה האנושית.

החלק השני כלל את ההרצאה על תאורת מוזיאון נים ואתרים עתיקים ע"י מר ג. הריס ממיניסטריון העבודות הציבוריות בלונדון. היתה זו הרצאה מ"אלפת על שיטות התאורה החדשות במוזיאונים וכללה דוגמאות מאלפות של תאורת אתרים עתיקים ונגים ציבוריים. הרצאת האורה השניה היתה על ההתפתחויות במאור רחובות (תאורה בעזרת עמודים גבוהים), ע"י מר א.מ. ג'ורדן מחברת "ג'נרל אלקטריק קומפני" באנגליה. בהרצאה זו ניתנה סקירה כללית על מאור הרחובות תוך הדגשת

# פרסי עבודה תשל"א

## עובדי חברת החשמל בצפון - תמיד בקו הראשון

מאת עמוס כרמלי

ביות הודעות, הם לא התפסקו מליקון חרטה הארצית בלבד. אלא סיפלו בכל החקלות בכל קיטון ובכל מושב, הגם שהללו גם באחד ריות הישובים עצמם.

אני זוכר - מספר יומי בלר ש סיין, האוראי טעמם החברה על ענייני טהון בצפון - סקרה שהיה באותה הקופה בנודות, כשי המה הפנה קפה על המסל. הוא נשים ונחלו יוצאים מן הפקלטים, כאשר איש מרם אינו מאמן. כי נשאר הם חשבל אחד על הילה, היה כבר הודיעהשבל סואר בתו אורה סלואה, כאילו לא קרה דבר, כך היו הדברים בלהפנות הבשן, במסיר, חוללה, הליקציר ובכל ישוב אחד יצאה בהדסות באותה עת.

אחרי מלחמת ששת הימים נשא זור המפגזות חרטה ליישובי עסקי הירדן, ביתרשאן ובגלו הלמבון, הזור עובדי התיפסול של חברה החשמל והגשרו אל התי הראשון יחד עם הרישבי ירדנה, גשר, פנה" סיה, סדרה, מטולה, אביבים וחובב. תמיד היו לגוד עניינם כתי יל דים העשויים לסננת חסימה, מסא מת'סים שמאייסת עליהן סננת שיעוק ורשימת שאי אפשר היה לחלוב מהן, במסירות, באומץ וכי חקרבה נהלצו איהם שבדים אשי רים, רחוקים מרקיזי הפרסום, לי עזרת כל ישוב סופגן - כמות ה' חוליות החסומות במצורת הבטור" גיה - מתבטאותו של קצין ככיר בצה"ל, שלא יטיל להסתיד את התי פעלתו מסירותם של עובדים אלה.

החזרת זרם החשמל הודו סרק זמן קצר ביותר סרטיעה את סודי לו ובסיוחה את החילום, זאת אני אומר מבועת ביתהארזה שלי טי, איהם כאיום טעק עלי לציין, כי יש לכן העלמות טסקיות ואי חרות ישרתן רב מאוד מכל הני חונות, אנו אסירי חודה על השי רות הטוב ואמורר שאנו סמבלים משובדי חברת החשמל, סמבלו של רב אשכול, מנהל ביתהארזה באילתיתחור, הוא אחד מסאות סמלני חודה העורכה, שהתכללו מספרדי חברת החשמל.

שובדי התיפסול של החברה באי זורי צפת, טכניה ועפלה טעם להחראים על אפסות חשמל סדי לה לכל יישובי העמל, מרובב ואי גיבים בצפון עד עסק ביתרשאן בדרום, השכו בשנים האחרונות בדיני יישוביחומר לייבדי חובב לה, שבדים איה - 42 במספר - המיוצגים יותר סילאן עובדים, שאוטבנו תורת סמחייצון של פנד האייב, כדי להחזיר את זרם ה' חשמל במחורות המירבית ליידי בים המופגזים - קיבלו את הפרס לא על סיבצע חד'עמטי.

פאו התיפסול שלמי מלחמת ששת הימים, כאשר יישובי הגליל ובסקיהירדן היו סטרה להפגזות הטורים הודיעים, צעו עובדי ה' התיפסול במחורות נודעה סמטריות אחרי הגשם כדי להחזיר את הזרם ליישובים המופגזים, וזראה לבינה היתה בידם: לא להתחשב בניי רת, לא לבוזו וזכו יקר על אסיר רים סמטרבו, אלא לצאת סיד לטקס, לתקן את סמרכת החשמל ויק אחרי'כן לשרוד את ההתחשב

10 יום ה' כ"א באדר תשל"א, 18 במאי 1971

ה



הפרס ניתן ע"י הווע"ם של ההסתדרות לצוות עובדי התפעול של חב' החשמל במחוז הצפון על יזיליו מסירות, התמדה והזדהות מלאה בשעות חירום עם יושבי הספר, על עמידה איתנה במבחנים קשים בחידוש האספקה הרגומה של מאור וכח ליושבים ולמפעלים בעמק הירדן, בעמק בית שאן, בגליל העליון וברמת הגולן.

הצוות מורכב מעובדי התפעול באזורים טכריה, עפולה וצפת, והוא מצטיין בגילוי תשיה ובמהירות הביצוע בהחזרת החיים התקינים ליושבים המותקפים ובחישול כוחם של המתיישבים לעמוד במערכה.

תושבי המשקים רואים בחברי הצוות שותפים לנורלם ונאים במעשיהם.

(—) חיים כהן — יו"ר ועדת הפרס

(—) יצחק בן-אחרון — מזכיר ההסתדרות



# חידון בקיאות בתקנות החשמל

1. ברצונך להתקין לוח חשמל בחדר כביסה שבו ישנן 3 מכוונות כביסה ומסחטה.
  - א. הדבר אסור בהחלט.
  - ב. מותר להתקין לוח כזה אם הוא מיועד אך ורק למכשירים הנמצאים בחדר הכביסה והוא מוגן בפני רטיבות.
  - ג. מותר להתקין לוח כזה באם גובהו מעל פני הרצפה עולה על 2.20 מטר.
2. ברצונך להתקין 15 מבטחים על לוח עץ בבית מגורים. הלוח מוזן ממבטח ראשו של 25 אמפר.
  - א. הדבר מותר אם אף מבטח איננו בעל נודל נומינלי של יותר מ-6 אמפר.
  - ב. אסור בהחלט להתקין למעלה מ-12 מבטחים על לוח עץ.
  - ג. מותר, אם תחלק את המבטחים ל-3 קבוצות כשהמרחק בין קבוצה לקבוצה עולה על 2 ס"מ.
3. הצבע לסימון מוליך ההארקה המושחל בצינור פלדה במתקן תעשייתי חייב להיות:
  - א. לבן.
  - ב. דו־גוני צהוב־ירוק אולם עד 13.5.72 מותר להשתמש גם בלבן.
  - ג. לבן, אולם במידה ומחובר למתקן מכשיר מתוצרת חוץ יהיה הצבע לסימון מוליך ההארקה – אדום.
4. מוליך מבודד במוביל הטמון באדמה מותר, בתנאי שהמוביל הוא:
  - א. אך ורק מפלדה ואטום לכל ארכו.
  - ב. מפלדה או פלסטי קשיח כבד ואטום לכל ארכו.
  - ג. אסור בכלל להתקין באדמה מוליך שאיננו כבל תתי־קרקעי.
5. הגובה המינימלי של כבל עילי מעל פני כביש יהיה:
  - א. 5 מטר.
  - ב. 4,5 מטר.
  - ג. 3 מטר.
6. המרחק בין 2 אלקטרודות הארקה מלאכותיות עבור 2 מערכות הארקה נפרדות חייב להיות:
  - א. 5 מטר בדיוק.
  - ב. 5 מטר לפחות.
  - ג. אסור בכלל להתקין 2 אלקטרודות נפרדות לשיטות שונות.
7. עבודה ברשת עילית שאיננה מופסקת (ההפסקה עלולה לגרום להפרעה בקיום שירותים חיוניים לציבור) מותרת:
  - א. אך ורק לחשמלאים מוסמכים.
  - ב. רק לחשמלאים מוסמכים שהוכשרו במיוחד לעבודה זו.
  - ג. רק לעובדי חברת־חשמל.
8. קבלת מכשיר חשמלי חד־פזי מתוצרת ארה"ב. על המכשיר לא היה סימון של בידוד כפול. פתיל המכשיר הוא בעל 2 גידים. כיצד תנהג לפני שתחיל להשתמש בו.
  - א. מאחר והמכשיר הוא אמריקאי מסוג טוב תשתמש בו כמו שהוא כיון שלא רצוי לטפל במכשיר הנמצא במצב מקורי תקין.
  - ב. תשאיר את הפתיל כמו שהוא אך תקשור אליו מוליך נוסף שתחברו לגוף בקצהו האחד ולנקודת הארקה בקצהו השני.
  - ג. בהנחה שאתה חשמלאי מוסמך, תחליף את הפתיל המקורי בפתיל בעל 3 מוליכים ותחבר את מוליך ההארקה של הפתיל למכשיר עצמו בנקודה המתאימה, ואת קצהו השני להדק ההארקה של התקע.



- שאלה 1 : (ב)  
 שאלה 2 : (ג)  
 שאלה 3 : (ג)  
 שאלה 4 : (א)  
 שאלה 5 : (ב)  
 שאלה 6 : (א)  
 שאלה 7 : (ג)  
 שאלה 8 : (ג)

**הערות והארות לחידון מס' 9**

**לשאלה 1 :** עפ"י ת"י 108 סרק 205-1 (ג) "בקוי הזנה שבהם מותקנים בטור מערכות אחדות של מבטחים, ללא הסתעפויות מותר לבחור את שטח החתך של המוליכים בהתאם לעוצמת הזרם הנ"י מינלית הקטנה ביותר I של המבטחים המותקנים בטור (בקצה הקו כוון לצרכן) בתנאי שעוצמת הזרם הנומינלית של אף אחד מבין המבטחים המותקנים לא תהיה גדולה מ"1-75.

במקרה שלנו יורכבו בצד הצרכן מבטחים 200 אמפר (ככל 95 סמ"ר) ובצד הזינה יורכבו מבטחים בנובל נומינלי 300 אמפר. סידור זה יאפשר סלקי טיביות של ההגנה.

**לשאלה 2 :** בתקנות "הארקות" (1325) נאמר כי מפורש בתקנה 13 (א) שהארקת הגנה הכרחית בכל מתקן, למעט מתקן בו המתח כלפי האדמה אינו עולה על 65 וולט ולמעט מתקן בו סודרה מערכת הגנה אחרת. יש להדגיש שבמקרים מסויימים, למשל במקומות של סכנה מוגברת רשאי מנהל עיניי החשמל לדרוש הארקת הגנה גם לגבי מתקן מיוחד שהמתח בו כלפי האדמה אינו עולה על 65 וולט.

**לשאלה 3 :** בתקנות "מובילים" (1809) נאמר כי תקנה 54 (2) לגבי התקנת צינור פלסטי מתחת לרצפה במתקן ביתי למתח נמוך ; "צינור פלסטי קשיח/עקבד או פלסטי כפוף או פלסטי גמיש — לפני יציקת בטון של חלקי מבנה ובהתקנה מתחת לרצפות". יש להעיר שבמתקן תעשייתי כמו בית-מלאכה או בית-חרושת אסור להתקין בכלל צנורות פלסטיים בנובה של פחות ממטר אחד מהרצפה.

**לשאלה 4 :** בתקנות "הארקות" (1325), תקנה 29 נאמר שבמקרה שהמעגל סוגן ע"י נתיך יאפשר האימפדנס של מעגל ההארקה במתקנים למתח נמוך, פיתוח זרם לאדמה מיישנים וחצי לפחות מחזרים הנומינלי של נתיך המעגל.

במקרה שלנו חייב הזרם לאדמה להיות 25 אמפר = 2.5 × 10.

ההתנגדות המכסימלית שתאפשר זרם זה במתח 230 וולט היא : 9.252 אוהם = 2.5 × 230 כסובן שרצויה התנגדות נמוכה יותר.

**לשאלה 5 :** בתקנות "לוחות" (668) נאמר בתקנה 31 (ד) שכל מספק ראשי יהיה בנוי להפסקת העומס המכסימלי הנאמד של המתקן כולו אולם לא פחות מ"10 אמפר.

**לשאלה 6 :** עפ"י ת"י 108 סרק 4-503 : טרנספורמטורים בשמן שהספקם אינו עולה על 10 ק"ו מותר להתקין בתוך בנין גם אם איננו בנוי במיוחד כתחנת טרנספורמטורים בתנאי שהבנין יהיה בנוי מחומר העומד במני אש.

לגבי טרנספורמטורים עד 20 ק"ו ישנן הקלות נוספות. לעומת זאת לגבי טרנספורמטורים שמעל 25 ק"ו כבודדים או 75 ק"ו כקבוצה ישנה דרישה לחדר מיוחד.

**לשאלה 7 :** בתקנות "לוחות" (668) נאמר בתקנה 10 : בין הלוח הבלתי מוגן לבין התקרה הבטייה מוצן או מחוסר דליק אחר יהיה המרחק המינימלי 30 ס"מ. אפשר לצמצם את המרחק אם מתקינים בין הלוח והתקרה מסיצה מחומר בלתי דליק.

**לשאלה 8 :** בתקנות "הארקות" (1325) תקנה 21 נתנו מידות הגשר : במקרה של מס נחושת נקב החתך המינימלי 1.5 × 20 מ"ס, דהיינו 30 סמ"ר. למאורה גם התשובות א' וב' נכונות כי גם בהן שטח המס הוא 30 סמ"ר, אלא שבתשובה א' לא נתקיים התנאי לגבי עובי המס (1.5 מ"ס) ואילו בתשובה ב' לא נתקיים התנאי לגבי רוחב המס (20 מ"ס).

אוב, בעמודה המתייחסת לפלדה מגולוונת נפלה טעות ופוס ברזישות לגבי ססים. כתוב 2 × 2.5 מ"ס — צ"ל 25 × 2 מ"ס.

שאלה 1:	שאלה 2:	שאלה 3:	שאלה 4:	שאלה 5:	שאלה 6:	שאלה 7:	שאלה 8:
א	א	א	א	א	א	א	א
ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב
ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג

סמן בעיגול את התשובה הנכונה, כתוב מעבר לדף את שמך וכתובתך.  
 נזור ושלח לפי כתובת המערכת.

תשובות התקבלנה עד יום 30-5-71

השם \_\_\_\_\_

הכתובת \_\_\_\_\_

(אם ברצונך לסמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד)  
 \* בין הפותרים נכונה את החידון מס' 10 יוגרלו 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

## שמות הפותרים - חידון מס' 9

נוגן — עמלי ארנון  
 נוי-שמואל — רו שלמה  
 נשר חייו — הופמן חנן  
 דימונה — הופמן אברהם  
 חולון — רוזן משה  
 חיפה — גליקר א., גרוס משה, הופמן נתן, ונגרין אריה, נוימן יצחק, קלונימוס סלומון,  
 אייזיק יצחק, פשוט דוד  
 סירת צבי — מרקוביץ בנימין  
 כפר יונה — סימן טוב רחמים  
 להב — קטלן רפי  
 מבשרת ירושלים — וקנין מרדכי  
 מעלה החמישה — כהן שלמה  
 משואות יצחק — ספיץ שמעון  
 נתניה — קסלר יעקב  
 סעד — איתאל אורי \*  
 עין כרמל — הרפז משה  
 פלמ"ח טובה — גול זאב  
 רמת-אליהו — גרצס אהרון  
 רמת-גן — ברוך יאיר  
 שדה נחמיה — מגדל יואל  
 תל-אביב — י. שטרצר, דורון ברוך

בסך הכל הגיעו 120 פתרונות מהם 43 נכונים. בין בעלי הפתרונות הנכונים הוגרלו פרסי ספרים. הזוכים בהגרלה הם:

- 1) אברהמי אפרים — (בית קמה) ד-ג. הנגב
- 2) חוני אליהו — (פתח-תקוה) מעונות עובדים 25
- 3) זלינגר רמאל — (כפר מיסון) ד-ג. הנגב
- 4) טלמון חיים — (ק. לוחמי הניטאות) ד-ג. אשדוד
- 5) מנהיים מרדכי — (חיפה) ליאונרדו דה וינצ'י 6
- 6) ניר יוסף — (באר-שבע) ת-ד. 9193
- 7) קולקופסקי דוד — (עין השופט)
- 8) רו יצחק — (ירושלים) טטרניחובסקי 64
- 9) שוירמן יוסף — (רחובות) בנימין 21
- 10) שני בנימין — (רמת-גן) השושן 9

שאר בעלי הפתרונות הנכונים שלא זכו בהגרלה הם:

בחן — נפני דני  
 בית-גוברין — קיודר ירמיהו  
 בני-ברק — איזנברג מתי  
 בני-דור — נוה ראובן  
 בתים — בכר שבתאי





זה מול זה ...



רבינג ד —  
תחנת הכח הרבינג.

נהריוס —  
תחנת הכח הראשונה  
בארץ, אשר נחרסה  
במלחמת העצמאות.

