

# התקע המצדיע



ע ל ו ן   ל ח ש מ ל א י ם  
בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



מבט על תחנת  
המשנה החדשה  
"ירושלים ג"

דצמבר 1975

מס' 13

## תוכן העיניים :

3	ימי העיון לחשמלאים — „התקע המצדיע“ בע"פ . . . . .
4	מכתבים למערכת . . . . .
6	מחשבות ותחשיבים בהקשר לבחירת שיטת ההסקה הדירתיית
10	המונה החשמלי החד-פזי, מבנהו ועקרונות פעולתו . . . . .
14	למה לא מחיר אחיד לקוט"ש? . . . . .
16	תקצירי תקנים חדשים לחשמל שפורסמו לאחרונה ע"י מת"י
17	תקנים ישראליים למאור . . . . .
<b>מדור מודעות — שרות פרסומי</b>	
20	נתיכים למתח גבוה . . . . .
25	הודעות המערכת . . . . .
26	הארקות במתקני מתח גבוה . . . . .
29	איכות-המתח והגורמים המשפיעים עליה . . . . .
33	חשמול „קטן“ תבע את קורבנו . . . . .
34	חידון בקיאות בתקנות החשמל . . . . .

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

הדפסה :

דפוס ואופסט נורמן, חיפה.

## ימי העיון לחשמלאים - התקע המצדיע" בע"פ

לאחרונה הסתיימה הסדרה הראשונה של ימי עיון מטעם חברת החשמל לחשמלאים במסגרת „התקע המצדיע" בע"פ.

ימי העיון תוכננו ובוצעו ע"י צוות שכלל את עורך „התקע המצדיע" — א. לייטנר, האחראי על המנהלה — ש. וולפסון, חברי המערכת ועובדי המחלקה לפתוח הצריכה שבאגף המסחרי.

הפעולה עליה הודענו מראש בחוברת מס' 12 ממאי 1975 זכתה להצלחה ולתגובות חיוביות מצד המשתתפים שהביעו את משאלתם להמשך הפעולה ולהפיכת „התקע המצדיע" בע"פ לבמה קבועה.

מנכ"ל חברת החשמל, **מר א. עמיעד**, אשר קבל דווח על הפעולה שהקיפה כ-750 חשמלאים מכל הארץ אישר את מגמת מערכת „התקע המצדיע" להמשיך בסדרת ימי העיון במסגרת קבע ואנו מקווים לעמוד בתוכנית ולקיים מפגשים עם החשמלאים בת"א, חיפה, ירושלים ובאר-שבע לפחות פעמיים בשנה.

הדרום אשר סקר את העקרונות המחייבים את מתכנני החיבורים לאור המספר ההולך ומתרבה של צרכנים המקבלים את האספקה במתח גבוה.

✦ **שמוש נבון בחשמל מנקודת ראות החשמלאי** — הרצאה זו הוגשה בת"א, חיפה, ירושלים ובאר-שבע ע"י **איינג' א. לייטנר** מהאגף המסחרי. בהרצאה הוסברה מדיניות החברה לאור משבר האנרגיה כאשר הסיסמא „יותר חשמל פחות עמל" פנתה את מקומה לסיסמא החדשה „השתמש בחשמל בתבונה, נצל ביעילות מירבית כל קוט"ש נצרך".

✦ **חידושים ושינויים בתקנות החשמל** — הרצאה זו הוגשה בת"א, חיפה, ירושלים ובאר-שבע ע"י **איינג' נ. פלג** ממחלקת הרשת הארצית ובחיפה ע"י **איינג' ל. יבלונובסקי**, מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית. המרצים התייחסו לרויזיות ולשינויים בתקנות. נמסר שבזמן הקרוב יפורסמו הדברים באופן רשמי.

✦ **בעיות צרכנות טכנית** — הרצאה זו הוגשה בירושלים ע"י **איינג' ז. ספורן**, מנהל מחלקת ה"צרכנים הטכנית במחוז ירושלים ובה שלב המרצה נושאים נבחרים הן משטח החיבורים לבתים והן משטח בדיקות מתקנים.

✦ **גורמים פרטיים לאספקה אלטרנטיבית-אספק"ט** — טים טכנית ובטיחותיים. הרצאה זו הוגשה בחיפה ע"י **איינג' ג. גודוביץ**, מחלקת הצרכנים הטכנית במחוז הצפון.

ברב שיח שהתקיים בחלקו השני של כל כנס השתתפו רבים מבין החשמלאים אשר העלו שאלות והשגות בנושאים טכניים ומסחריים וכן בנושאים אדמיניסטרטיביים הקשורים ביחסי הגומלין בין חברת החשמל והחשמלאים.

ביום העיון הראשון שהתקיים במלון קאוטרי קלוב בת"א ב-7.8.75 בהשתתפות 270 חשמלאים נשא את דברי הפתיחה **איינג' ר. זאמן**, מנהל מחוז הדרום.

ביום העיון השני שהתקיים במלון דן-כרמל בחיפה ב-19.8.75 בהשתתפות 220 חשמלאים נשא את דברי הפתיחה **מר י. בלושטיין**, מנהל מחוז הצפון.

ביום העיון השלישי שהתקיים בהרציון בירושלים ב-9.9.75 בהשתתפות 100 חשמלאים נשא את דברי הפתיחה **איינג' פ. שפר**, מנהל מחוז ירושלים.

ביום העיון הרביעי שהתקיים במלון נאות מדבר באר-שבע ב-14.10.75 בהשתתפות 150 חשמלאים נשא את דברי הפתיחה **איינג' ב. בלנקמן**, מנהל אר-זור באר-שבע.

ההרצאות היו בנושאים הבאים: —

✦ **תעריפי החשמל ותשלומי המזמינים** — הרצאה זו הוגשה בכל 4 הכנסים ע"י **מר א. גולינסקי**, סגן מנהל האגף המסחרי, שעמד בדבריו על העקרונות הבסיסיים ובד בבד עם זאת הסביר נושאים אקטואליים הקשורים בשינויי התעריפים.

✦ **חידושים בביצוע חיבורים** — הרצאה זו הוגשה בת"א ובאר-שבע ע"י **איינג' מ. זיסמן**, מנהל ענף החיבורים במחוז הדרום ובחיפה ע"י **איינג' צ. אביתר**, מנהל ענף החיבורים במחוז הצפון. המרצים סקרו בדבריהם מספר חידושים טכנו-לוגיים בנושא וכן הבהירו הוראות טכניות חדשות שנכנסו לתוקפן לאחרונה במה שנוגע לביצוע החשמלאים.

✦ **עקרונות לחיבורים במתח גבוה** — הרצאה זו הוגשה בת"א ובאר-שבע ע"י **איינג' ה. גינדס**, סגן מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית במחוז

# מפתחים / מערכת

במקלטים וכמו כן התקנות המתייחסות לחשמל וקשר במקלטים.

## השימוש במכשיר המיועד למתח של 110 וולט

אצלנו בקיבוץ יש ילדים רבים הסובלים מקוצר נשימה, הטיפול המקובל הוא בעזרת אדי מים חמים. את האדים האלה יוצרים בעזרת מכשיר הבנוי משתי אלקטרודות הבאות במגע עם המים. כאשר מחברים את המכשיר למתח, מתחממים מיד המים ודרך נקב שבראש המכשיר יוצאים אדי מים.

המכשיר הוא אמריקאי והוא מיועד למתח של 110 וולט אבל כמובן אצלנו הוא מופעל במתח של 230 וולט.

א. מדוע מתירים יבוא מכשיר שהפעלתו היא ב-110 ניווד לתקנות.

ב. מה הפתרון המוצע להפעלת מכשירים אלה? האם הרכבת ממסר פחת במערכת מהווה תשובה נאותה מבחינה בטיחותית?

זאב גול, פלמח-צובה  
השמוש הנכון במכשיר המיועד למתח של 110 וולט, המופעל בארץ חייב להיעשות באמצעות שנאי מבדל (לא אוטרנספורמטור) 115/230 וולט.

שמוש כזה יפתור גם את בעיית הבטיחות. יש להניח כי כל דגם של מכשיר המיובא כחוק, קבל אישור מכון התקנים הישראלי להתאמתו לתקן ישראלי הרלבנטי או למפרט מוסכם אחר.

## תקנים בינלאומיים

מהם התקנים שסימונם — CEE, IEC, VDE, BSS, NEMA.

את מי הם מחייבים ומי האחראים להם?

קלינברג אהרון, חיפה

תקן המסומן ב-V.D.E, הוא תקן שהוצא על ידי ארגון המהנדסי החשמל בגרמניה ויש לו תוקף של תקן לאומי.

מכשיר שעליו מוטבע הסמל, פירושו שדגם המוצר נבדק במעבדות בגרמניה, ועומד בדרישות התקן הגרמני המתאים.

I.E.C. היא הועדה הבינלאומית לאלקטרוטכניקה. ארגון וולנטרי המאגד בתוכו מכוני תקנים מכל העולם כולל ישראל, המוציא המלצות בינלאומיות. הארצות החברות בארגון זה קבלו על עצמן ל- התאים במידת האפשר את התקנים הלאומיים שלהם להמלצות הארגון.

## החלפת נתיכים סטנדרטיים במבטחים חצי אוטומטיים

בזמן האחרון הולך ומתפשט השימוש במפסקי זרם חצי אוטומטיים המשמשים גם כמבטחים נגד קצר. ידוע כי נתיך סטנדרטי עם אלמנט ניתך (אנגלי או גרמני) מאפשר מעבר זרם העולה ב-30% עד 50% מהזרם הנומינלי.

נשאלת השאלה: במידה ורוצים להחליף נתיך סטנדרטי קיים, איזה גודל של מפסק חצי אוטומטי יש להתקין במקומו?

בנימיני ציון, ירושלים

בארץ קיים תקן ישראלי, ת"י 728 — מפסקים אוטומטיים זעירים.

המפסקים האוטומטיים הזעירים מהטיפוסים G, H, המתאימים לתקן זה מיועדים לשמש כתחליף לנתיכים בעלי אלמנט ניתך בגודל נומינלי זהה מאחר והאופיין הטומי שלהם תואם (בגבולות הטולרנסים התקניים).

יש לציין שמפסק אוטומטי זעיר מטפוס G פועל באופן מיידי בזרם קצר נמוך יותר מאשר מפסק מטפוס H.

אגב, מאמר מפורט יותר בנושא הופיע ב„תקע המצדיע“ מס. 2.

## מערכות חשמל במקלטים

מי אחראי להתקנת ולהשלמת מערכות החשמל במקלט (בבית חדש) וכיצד אפשר לדעת מה חייב — מומלץ לכלול המתקן החשמלי במקלט. גנות יעקב, חולון

מתקן החשמל במקלט חייב כמובן לעמוד בכל הדרישות לפי חוק החשמל כמו כל מתקן חשמלי, בנוסף לכך גם בדרישות הרלבנטיות הנמצאות בקובץ התקנות 2692 — חוק ההתגוננות האזר חית — מפרטים לבניית מקלטים — פרק חשמל וקשר.

האחריות היא על מתכנן החשמל ועל החשמלאי המבצע אותו.

כמובן שקבלן הבנין האחראי על ביצוע המקלט בכללו בהתאם לתקנות, אחראי כלפי הדיירים גם על החלק החשמלי של המקלט, כמו על כל שאר המתקנים המשותפים של הבנין כגון חדר המדרגות, המעלית, תאורת החצר וכו'.

כמו כן הנוו להפנות את תשומת לבך לכך כי בחוברת „התקע המצדיע“ מס' 9 — יולי 1970, פורסם מאמרו של אינג' נ. פלג על מתקני החשמל

C.E.E. הוא מוסד וולנטרי המאגד בתוכו את נציגות מכוני התקנים הלאומיים של ארצות השוק האירופאי המשותף.

קיים תאום די נרחב בין I.E.C.-ר C.E.E., אם כי פה ושם ישנם הבדלים בין פרסומי שני גופים אלה.

B.S.S. זהו סימון לתקנים בריטיים, שמוצאים על ידי מכוני התקנים הבריטי. מוצר שעליו מוטבע הסימון, פירושו שדגם המוצר עמד בבדיקות לפי התקן הבריטי המתאים, לאחר שנבדק במעבדות מכוני התקנים בריטי.

NEMA זהו תקן מוסכם בתעשייה האמריקאית ו- הוא מקובל בארצות הברית.

## מעגלים סופיים

לפי התקנות הקיימות מותר להתקין במעגל מאור ושקעים בדירות מגורים 12 נקודות מתוכם 4 בתי תקע עם מוליכים 1.5 מ"מ<sup>2</sup>.

בשנים האחרונות יש דרישה למספר רב של בתי תקע עבור מכשירים בעלי הספק נמוך. מדובר בטל-ויזיות, מערכות סטריאו עם מגברים, פטפון, רשם קול, מנורות שולחן וכדומה. הדבר מצריך בדרך כלל ריכוז רב של מספר שקעים זה ליד זה.

שאלתי היא האם קיימת אפשרות במקרים כאלו להתקין מספר רב יותר של בתי תקע במעגל אחד. מתקן זה ימנע מהצרכן חבור מספר מכשירים לנקודה אחת עם כל מיני הסתעפויות והתקלות הנובעות בכך. לדעתי רצוי דבר זה מכל הבחינות. כאן המקום לציין כי עם הכנסתם של מבטחים חצי

אוטומטיים לשמוש נרחב בדירות מגורים דבר המ- שפר בהרבה את אמינות הבטחת המעגלים, יש צורך לדעתי ברביזיה של התקנות הנוגעות למספר הנקודות במעגל בדירות מגורים.

אשכנזי חיים, גבעתיים

תקן 108 פרק 204 הדין במעגלים סופיים הוא עדיין בתוקף למרות שפורסם ב-1953 ומטבע הדברים ש- הוא מיושן במידה מסוימת. בנגוד לפרקים אחרים של התקן שהוחלפו על ידי תקנות במסגרת חוק החשמל.

הגורמים הנוגעים לדבר מודעים לעובדה שההור- אות האלה הן כבר מיושנות וישנה כוונה להכניס בהקדם האפשרי תקנות לפי חוק החשמל עבור מעגלים סופיים.

במסגרת התקן הקיים ניתן לפתור את הבעיה על ידי הגדלת מספר המעגלים הסופיים הביתיים, דבר שהוא לכשעצמו מונע הרבה תקלות הקיימות במת- קנים בעלי מספר מעגלים מצומצם וכמו כן על ידי הפרדה בין מעגלי תאורה ומעגלים המיועדים בלעדית לבתי תקע. גם לפי תקן 108 ניתן להתקין במעגל ביתי אחד שחתך המוליכים שלו הוא 1.5 מ"מ<sup>2</sup> ועומס של 2000 וט — 12 נקודות מאור — כאשר 4 מנקודות אלה יכולות להיות בתי תקע ל- 10 אמפר. כאשר יש להתקין בתי-תקע למאור ול- מכשירים מותר להתקין אפילו עד 6 בתי תקע. כאשר שטח חתך המוליכים הוא 2.5 מ"מ<sup>2</sup> והעומס עד 3000 וט מותר להתקין עד 8 בתי-תקע.

## 25 שנה למחלקה לחשמל של הקבוץ הארצי

בימים אלו מלאו למחלקה לחשמל של הקבוץ הארצי 25 שנה. יוזם רעיון הקמת המחלקה היה חבר קבוץ שער העמקים — מיכאל זאבי. המחלקה ראתה לפניו את הצורך, הן בהכשרה הטכנית של חשמלאי הקיבוצים והן בהחדרת מיטב הציוד החשמלי לשימוש מתוך ההנחה שהדברים היקרים הם בסופו של דבר הזולים לטווח ארוך.

לעזרת המחלקה נרתמו ממיטב אנשי המקצוע בארץ ובראשם פרופ' י. נאות מהטכניון ועל ידי גיוס מיטב הכוחות ארגנו סימפוזיונים, הרצאות, קורסים ברמות שונות ודאגו לכך שחשמלאי כל התנועות הקיבוציות יקבלו את ההכשרה הטכנית המתאימה וכן יתענינו בחידושים המקצועיים באמצעות ספרות מקצועית שהיא היחידה מסוגה בארץ כגון „ידע“.

מערכת „התקע המצדיע“ מאחלת למחלקה לחשמל של הקבוץ הארצי ביום חגה: המשך עבודה ברוכה ופוריה.

# מחשבות ותחשיבים בהקשר לבחירת שיטת ההסקה הדירתית

אינג' א. לייטנר

בכל שנה עם התקרב עונת החורף מתעוררת מחדש, אצל אנשים רבים אשר עומדים בפני שינוי או הרחבת שיטת ההסקה בדירתם, השאלה מהי השיטה הטובה ביותר. בדרך כלל קיימת הבעיה לגבי דירות בבתי מגורים קיימים בהם לא הותקנה מראש, בזמן הבניה, שיטת הסקה מתוכננת כלשהי ולפיכך על הדיירים להחליט בהתאם לאפשרויותיהם הכספיות ולאור שיקולי קדימויות אחרים באיזו שיטה לבחור ואיזה מכשירים לרכוש.

מטרת מאמר זה היא להגיש את קוי המחשבה הרלבנטיים ואת דרך עריכת התחשיבים שיהוו בסיס לקבלת ההחלטה מנקודת ראותו של הצרכן.

ה. שיקולים בהקשר לאפשרויות הויות והחסכון (אינדיבידואליות, אי תלות בשכנים וכו').

## שיקולים כלליים

אין בכונתי להתייחס במסגרת זו לשיקולי כלל ה-משק הלאומי באשר לבחירת שיטת ההסקה האופטימלית, זאת בהנחה ששיקולים אלה, שהם מטבעם רביגוויים וחייבים להביא בחשבון מספר רב של אספקטים, באים לידי ביטוי ב-3 האלמנטים הבסיסיים:

א. מחירי האנרגיות (חשמל, נפט, סולר, גז) האלטרנטיביות למטרות ההסקה הדירתית.

ב. המיסוי על המכשירים והמתקנים לסוגיהם, ה-מכתיב את מחיריהם לצרכן.

ג. צעדים אדמיניסטרטיביים, כגון: מניעת הייצור והשווק, או איסור השימוש במכשירים מסוימים.

מנקודת הראות של משק החשמל ניתן לומר, במסגרת התפיסה הבסיסית שהחסכון באנרגיה הוא צו-שעה לאומי מרכזי בעידן משבר האנרגיה, כי צריכת חשמל חסכונית היא צריכה כזו שבה מנוצל כל קוט"ש בצורה יעילה ומועילה תוך ניצול אופטימלי של מערכת הייצור (הקטנת שיאי ביקוש — פיזור הצריכה) ושל מערכת ההובלה והחלוקה של האנרגיה החשמלית (מניעת עומס יתר ואיבודים).

## הבסיס לתחשיבים

כדי לנסות ולהציג את העובדות והנתונים הבסיסיים הרלבנטיים לשקול דעתו ולהחלטתו של הצרכן מ-נקודת הראות האינדיבידואלית שלו מובאות הטבלאות הבאות:

### טבלה מס' 1:

מחיר האנרגיה (דלק נוזלי, גז, חשמל) בהתאם לתעריפים אשר בתוקף ב-1.11.75.

### טבלה מס' 2:

הערך הקלורי של החשמל והדלקים לסוגיהם בהתאם ליחידת המכירה המקובלת.

### טבלה מס' 3:

מחיר האנרגיה להסקה דירתית לגבי מכשירי הסקה המקובלים לדירת מגורים בבית קיים. (בחישוב מעוגל לאגורות שלמות).

## חסכון באנרגיה

עידן משבר האנרגיה והעליה הדרסטית במחירי הדלק בשנתיים האחרונות (והעליות הצפויות בעתיד...) מחייבים לייחס חשיבות ראשונה במעלה לנושא החסכון באנרגיה להסקה. לגבי כל שיטת הסקה שתבחר והמכשירים שיירכשו בהתאם, יש לנקוט מראש צעדים מעשיים למניעת בזבז אנרגיה: א. שפור הבידוד הטרמי של הדירה כדי למנוע חדירת קור מבחוץ ו"בריחת" חום כלפי חוץ, ומניעת חדירה של לחות מוגברת לתוך הדירה.

ב. הקטנת דרגת החימום, דהיינו — הסתפקות בטמפרטורות נמוכות לעומת מה שהיה מקובל בעבר. למשל, אם בעבר ראינו בטמפרטורה של 22 מעלות צלזיוס טמפרטורה קומפורטית, הרי כיום ניתן להגיד דרגת חום של 18—20 מעלות צלזיוס כטמפרטורת נוחות, ובד בבד עם זאת להתלבש בלבוש חם יותר כדי להסיר את הרגשת אי הנוחות בטמפרטורות נמוכות יחסית.

ג. מניעת חימום מיותר (שמשמעותו צריכת דלק / חשמל לריק) בשעות או ימים שבהם אין צורך בהסקה, בגלל טמפרטורה חיצונית גבוהה יחסית או כאשר אין איש בחדר.

הנסיון מלמד שמימושם, הלכה למעשה, של הדברים הנ"ל עשוי להביא לחסכון בשעור 30%—50% באנרגיה הנצרכת, וכתוצאה מזאת גם בהוצאות הכספיות.

## שיקולי איכות

יש שיקולי איכות וטיב לגבי פתרון נושא ההסקה הדירתית, אשר מן ההכרח להתחשב בהם למרות שבדרך כלל לא ניתן לתרגם אותם בצורה פשטנית לערכים מספריים של כסף. נפרט להלן אחדים מהשיקולים: א. שיקולים אקולוגיים (זיהום אויר בתוך הדירה ומחוצה לה, נקיון, רעש וכו').

ב. שיקולים בטיחותיים (התלקחות, כויות, גזים רעילים).

ג. שיקולים פסיכולוגיים ובריאותיים.

ד. שיקולים בהקשר לנוחיות התפעול ואספקת הדלק.

קלוריות המושקעות במכשיר) בהתאם לתעריפי ה-  
 חשמל ומחירי הדלק הרשמיים.  
 בטורים השני והשלישי נתונים ערכי מקדם התפוקה  
 המשוער (ערך גבוה וערך נמוך) לכל סוג. ובטורים  
 הרביעי והחמישי נתונים הערך הנמוך והערך הגבוה  
 של מחיר 1000 קילוקלוריות, "נטו" כשהם מתייח-  
 סים לערך הגבוה ולערך הנמוך של מקדם התפוקה.

#### טבלה מס' 4:

מכשירי הסקה המקובלים בארץ: מחיריהם (כולל  
 רכישה, הובלה והתקנה) המועדכנים ל-1.11.75, משך  
 החיים המשוער (בדרך כלל אפשר לייחס למכשירים  
 הזולים יותר את משך החיים המשוער הנמוך ולמכ-  
 שירים היותר יקרים — את משך החיים המשוער  
 הגבוה) והוצאות התחזוקה הממוצעות לשנה (בדרך  
 כלל אפשר לייחס למכשירים הזולים יותר הוצאות  
 תחזוקה גבוהות ולמכשירים היקרים — הוצאות  
 תחזוקה נמוכות).

#### טבלה מס' 5:

מקדם החזר הון (פחת וריבית) לפי 15%.

בהקשר לטבלה זו יש להבהיר את הגדרת המושג  
 "מקדם תפוקה" שהוא: היחס בין כמות ההזם  
 המתקבלת למעשה לחימום בפועל של האנשים ה-  
 נמצאים בחדר ואשר עבורה מופעל מכשיר החימום,  
 לבין כמות האנרגיה הטמונה בדלק או בחשמל  
 הנצרך על-ידי מכשיר החימום ואשר עבורה משלם  
 הצרכן.

הגורמים המשפיעים על ערכו של מקדם התפוקה:

- הערך הקלורי של הדלק.
- מידת ניצולו של חדלק שהוכנס למכשיר ונשרף  
 בשלמות.
- כמויות החום הנפלטות אל מחוץ לקטע המר-  
 חבי בחלל החדר אשר בו נדרש החימום למעשה.
- ניצולו בזמן הרצוי של החום המופק מן התנור.  
 בטבלה מפורטים 11 סוגים של מכשירי חימום בי-  
 תיים הניתנים ליישום בדירות מגורים בבתים קי-  
 מים. לגבי כל סוג מופיע בטור הראשון מימין מחיר  
 האנרגיה ל-1000 קילו קלוריות, "ברוטו" (דהיינו,

### טבלה מס' 2

סוג הדלק	ערך הסק קלורי סטנדרטי	משקל סגולי ממוצע (מתאים לתוצאות מעבדתיות אופיניות)	ערך הסק קלורי ליחידת המכירה המקובלת
חשמל			860 $\frac{\text{קק"ל}}{\text{קוט"ש}}$
נפט	10,400 $\frac{\text{קק"ל}}{\text{ק"ג}}$	0.80	8,300 $\frac{\text{קק"ל}}{\text{ליטר}}$
סולר	10,200 $\frac{\text{קק"ל}}{\text{ק"ג}}$	0.84	8,500 $\frac{\text{קק"ל}}{\text{ליטר}}$
גז			11,000 $\frac{\text{קק"ל}}{\text{מטר"ג}}$

### טבלה מס' 1

מחיר האנרגיה	סוג האנרגיה
	חשמל "זרם לילה" 9 שעות אצירה
25 אג' / קוט"ש	דרגה I : 30 קוט"ש לחודש לכל קו"ט
23.5 אג' / קוט"ש	דרגה II : 30 קוט"ש נוסף פים לחודש לכל קו"ט
22.5 אג' / קוט"ש	דרגה III : כל קוט"ש נוסף
	חשמל "זרם יום"
31.6 אג' / קוט"ש	דרגה I : 150 קוט"ש ראד שונים לחודש
30.6 אג' / קוט"ש	דרגה II : כל קוט"ש נוסף
150 אג' / ליטר	נפט
125 אג' / ליטר	סולר
300 אג' / ק"ג	גז

\*למחירי החשמל יש להוסיף 15% בול בטחון.  
 \*במחירי הדלק הנוזלי והגז לא נכללו הוצאות  
 הובלה/חלוקה.

טבלה מס' 3

טבלה מס' 4

טבלה מס' 5

מקדם החזר הון	שנים	הוצאות תחוקה ממוצעות לשנה	משך החיים המשותף	מחיר ההשקעה הראשונה (הכשה, הובלה, התכנה)	גודל נקוב		סוג המכשיר	מקדם התפוקה המשותף		מחיר 1000 ל"ק"ל "נטי"	מחיר 1000 ל"ק"ל "ברוטו" (אגורות)	סוג המכשיר	
					ערך נמוך ל"י	ערך גבוה נמוך נמוך		ערך נמוך	ערך גבוה				
1.150	1	25	15	12	5	300	200	2 קו"ט	42	42	0.99	42	תנור השמל קורן ("אינפרא")
0.615	2	30	20	12	8	750	600	2 קו"ט	42	42	0.99	42	תנור השמל מנפר חום עם מנוע ("פיניהטרי")
0.438	3	50	20	20	15	1000	800	2 קו"ט	42	42	0.99	42	תנור השמל מוליך חום ("קונבקטור")
0.350	4	30	15	20	10	1800	900	2 קו"ט	42	42	0.99	42	תנור השמל דדיאטור שמו
0.298	5	150	50	12	8	9000	7500	4000 ק"ל (2,4 שעה קו"ט)	22	19	1.95	42	משאבת חום (מוגן אויר עם חימום בתהליך הפוך)
0.264	6	75	25	20	15	8300	6000	6 קו"ט	36	33	0.85	31	תנור השמל אוגר ("ירם לילה")
0.240	7	50	25	12	5	750	450	2200 ק"ל שעה	26	23	0.70	18	תנור נפט ("פירסידי")
0.223	8	250	100	15	8	7000	4000	6000 ק"ל שעה	28	24	0.65	18	תנור ארובה - נפט או סולר
0.210	9	75	25	15	12	2000	1600	3000 ק"ל שעה	23	20	0.65	15	תנור ארובה - סולר
0.199	10	75	25	15	12	2000	1600	3000 ק"ל שעה	30	28	0.90	27	תנור גז ללא ארובה
0.191	11	175	75	15	10	6000	5000	6000 ק"ל שעה	39	34	0.80	27	תנור גז עם ארובה
0.184	12												
0.179	13												
0.175	14												
0.171	15												
0.168	16												
0.165	17												
0.163	18												
0.161	19												
0.160	20												

תוך התבססות על נתוני הטבלאות אפשר לבצע את תחשיבי הכדאיות הכספיים לבני כל שיטה אלטרנטיבית או צרוף מספר שיטות. בכל מקרה יש להגדיר מראש את היקף החימום הנדרש (השטח שנועד להיות מחומם, מספר שעות ההסקה בממוצע ליום).



**דוגמה ראשונה**

היקף החימום הנדרש בחדר נמוך:  
 חימום ברוג'ני של חדר אחד, שה"כ 6 שעות הסקה בממוצע ליום, לעונת חורף בת 100 ימים.

בבחן 2 אלטרנטיבות:  
**אלטרנטיבה א'**: תנור נפט גזי מטפס "פיינרסטי", מתוצרת הארץ. תפוקה נומינלית: 2200 ק"ל/שעה  
**אלטרנטיבה ב'**: תנור חשמל מטפס "אונפאר", מתוצרת הארץ. הספק נומינלי: 2 קו"ט"ש.

**דוגמה שנייה**

היקף החימום הנדרש במיזוהרצונג' חימום ברוג'ני של 2 חדרים, שה"כ 6 שעות הסקה בממוצע ליום, לעונת חורף בת 100 ימים.

בבחן 2 אלטרנטיבות:  
**אלטרנטיבה א'**: תנור גז ללא אורבה מתר-צרת הארץ, תפוקה נומינלית: 3000 ק"ל/שעה  
**אלטרנטיבה ב'**: 2 תנורי חשמל נומינלי חום מטפס "קונבקטור", תוצרת הארץ, הספק נומינלי: 2 x 2 קו"ט"ש.

**דוגמה שלישית**

היקף החימום הנדרש בדיירימלא: חימום ברוג'ני של מרתח שחר הדייר, שה"כ 9 שעות הסקה ליום, לעונת חורף בת 100 ימים.

בבחן 3 אלטרנטיבות:  
**אלטרנטיבה א'**: אורי חום מתוצרת הארץ המופל "זבוא" לילה" בתפוקה 6 קו"ט"ש.  
**אלטרנטיבה ב'**: מאגז אורי (מאטבת חום) מתוצרת הארץ בתפוקה 24 קו"ט"ש  
**אלטרנטיבה ג'**: מאגז אורי (מאגז אורבה) (תנור אורבה) (נפט) לצינור שאמקטביבות הפועלה של מאטבת החום הא רק לטמפרטורות חוץ מעלות על 7 מעלות צלזיוס.  
**אלטרנטיבה ז'**: תנור אורבה-נפט מתוצרת הארץ בתפוקה נומינלית 6000 ק"ל/שעה

אלטרנטיבה ז' (תנור אורבה נפט)	אלטרנטיבה ב' (מאגז אורי)	אלטרנטיבה א' (אורי חום)	אלטרנטיבה ז' (2 תנורי חשמל)	אלטרנטיבה א' (תנור גז ללא אורבה)	אלטרנטיבה ב' ("אונפאר")	אלטרנטיבה א' (פיינרסטי)	מחיר התקנה הראשוני
892 = 0.223 x 4000	1,675 = 0.223 x 7500	1,026 = 0.171 x 6000	274 = 0.171 x 1600	294 = 0.184 x 1600	60 = 0.298 x 200	134 = 0.298 x 450	מחיר התקנה הראשוני
250	150	75	50	75	25	50	מכשיר החום הרו
1,142	1,825	1,101	324	369	85	184	הוצאות תחזוקה בממוצע לשנה
0.18	0.42	0.31	0.42	0.27	0.42	0.18	סו"כ הוצאות השנתיות הקבועה (השקעה + תחזוקה)
0.65	1.95	0.95	0.95	0.90	0.95	0.70	המחיר ל-1000 קו"ל "זבוא"
0.28	0.22	0.36	0.44	0.30	0.44	0.26	מקדם התפוקה המשוער
6000 x 9.100 x 0.65	2.4 x 860 x 9.100 x 1.95	6 x 860 x 9.100 x 0.85	4 x 860 x 6.100 x 0.95	3000 x 6.100 x 0.90	2 x 860 x 6.100 x 0.95	2200 x 6.100 x 0.70	סו"כ כמות החום השנתית "זבוא"
3500	3600	3950	1950	1620	980	924	הוצאות השנתיות הקבועה ל-1000 קו"ל "זבוא"
1142 = 0.33	912 = 0.25	1101 = 0.28	324 = 0.17	369 = 0.23	85 = 0.09	184 = 0.20	הוצאות השנתיות הקבועה ל-1000 קו"ל "זבוא"
3500	3600	3950	1950	1620	980	924	התנולת הקבועה
0.61	0.47	0.64	0.61	0.53	0.53	0.46	מקדם ל-1000 קו"ל "זבוא"

\* לצורת סו"כ הוצאות השנתיות הקבועה הוא 1.825 ל"י נלקח בהשכרן לפרט החישוב רק חצי המכום והיקף 912 ל"י תנור תנור 50% יעילותה של לוחית למתקנת השפחה אחת ומכאן הוחלט לקבץ בשפתו במטבת רום לחדר.

# המונה החשמלי החד-פזי, מבנהו ועקרונות פעולתו

אינג' ש. אקסלרוד M.Sc.

מונה חשמל הוא מכשיר המשמש לאינטגרציה (סכום בזמן) של גדלים חשמליים שונים. מוני החשמל הנפוצים ביותר הם המונים לרישום צריכת האנרגיה החשמלית והיאקטיבית והיאקטיבית.

מבחינת החיבורים ניתן להבחין בין המונה החד-פזי המקובל בעיקר אצל הצרכנים הביתיים הרגילים, והמונה התלת-פזי — אצל צרכנים גדולים יותר, בעיקר תעשייתיים.

המונים החד-פזיים היאקטיביים נועדו לרישום האנרגיה הפעילה הנמדדת בקילווט שעות (קוט"ש).

כמות האנרגיה היאקטיבית הנצרכת על ידי מכשירים ביתיים הכוללים מנוע ו/או מכשירי תאורה מסויימים, בעלי אלמנטים בלתי לינאריים, הינה קטנה יחסית ולכן הרכבת מונה חשמל לשם רישום לא כדאית.

שונה הדבר במפעלים תעשייתיים, בהם הצרכנים העיקריים הם לפעמים בעלי מקדם הספק נמוך, בהרבה מיחידה. במקרה זה, מרכיבים בנוסף למדידת רישום האנרגיה הפעילה, גם מונים לרישום האנרגיה היאקטיבית.

עקרון הפעולה היסודי של כל מוני החשמל האלקטרומכניים, ואופן הביצוע של מנגנון המדידה, נשאר קבוע והוא:

על החלק הנע של המונה צריכים להיות מופעלים שני מומנטים עיקריים —

**המומנט המניע  $M_m$  והמומנט העוצר  $M_c$**

המומנט המניע צריך להיות יחסי לערך החשמל המסתכם והמומנט העוצר, למהירות התנועה של החלק הנע.

## מבנה המונה ועקרון פעולתו

בציור מס' 1 מתואר מבנה עקרוני של מונה השראתי חד-פזי לרישום צריכת אנרגיה חשמלית. כאמור, ההספק הפעיל של צרכן חד-פזי נתון על ידי מכפלת הערכים האפקטיביים של המתח, הזרם ומקדם ההספק. לכן יש לחבר למונה את מתח הרשת  $U$  וזרם הצרכן  $I$  כפי שהם מסוים מנים בציור מס' 1. מערכת ההנעה של המונה מורכבת משני חלקים: מעגל מתח, הכולל גרעין (1) שעליו מלוּפף סליל מתח המוזן ישירות מן הרשת, ומעגל זרם הכולל את הגרעין (2) בעל סליל הזרם המחובר בטור לזרם הצרכן. נהוג לקרוא למעגל המתח — מעגל מקבילי, ולמעגל הזרם — מעגל טורי.

כפי שאפשר לראות מן הציור, בנוי המונה כך

## דרישת היסוד לפעולת המונה

הרוב המכריע של המכשירים הביתיים צורך זרם הנמצא בפה עם מתח הרשת ולכן מקדם ההספק שלהם, המסומן כ- $\cos\phi$ , שווה ל-1 או קרוב מאוד ל-1.

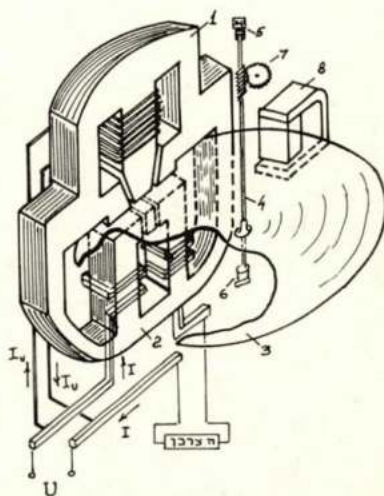
נוסחת ההספק הפעיל של עומס חד פזי המוזן במתח חלופין היא:

$$1. P = U \times I \times \cos\phi \text{ [KW]}$$

נוסחת ההספק היאקטיבי (העיוור) של עומס חד-פזי היא:

$$2. Q = U \times I \times \sin\phi \text{ [KVAr]}$$

$U$  ו- $I$  הם הערכים האפקטיביים של המתח הפזי של הרשת וזרם הצרכן בהתאם.  $\phi$  היא הזווית בין וקטורי המתח והזרם. ככל שההפרש בזמן בין המתח והזרם גדול יותר, הזווית  $\phi$  גדולה יותר.  $\cos\phi$  קטן מ-1 עד 0 כאשר הזווית גדלה מ- $0^\circ$  עד  $90^\circ$  ו- $\sin\phi$  גדל אז מ-0 עד 1.



ציור מס' 1

אם נסמן את הזווית החשמלית  $\widehat{\Phi_U \Phi_I}$  ב  $\psi$ ,  
נוכל לכתוב:

$$\sin \psi = \cos \rho$$

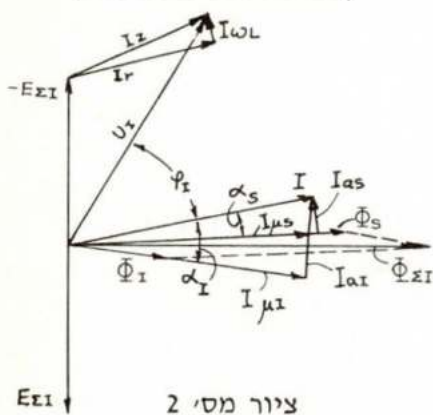
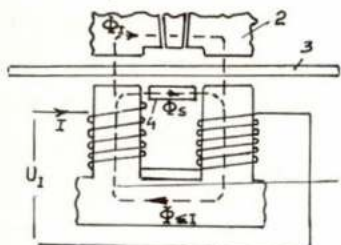
ולכן

$$\psi = 90^\circ - \rho$$

כאשר העומס הוא בעל הספק פעיל  $\rho=0$  והזווית  $\psi$   
בין שני השטפים תהיה,  $\psi = 90^\circ$ . זהו התנאי  
היסודי לתכנון של מונה השראתי.

### המעגל הטורי

בציור מס' 2 מתואר המעגל הטורי של המונה  
ודיאגרמת המחוונים שלו.



ציור מס' 2

זרם הצרכן  $I$  מוזרם דרך סליל הזרם (1) שהוא  
בעל מספר קטן של ליפופי מוליך עבה. הזרם יוצר  
שטף מגנטי כולל  $\Phi_{\Sigma I}$  אשר מתפצל לשני  
חלקים: שטף  $\Phi_I$  החותך את הדיסק (3) פעמיים  
ונסגר דרך החלק התחתון של המעגל המגנטי המק-  
בילי (2) ושטף  $\Phi_S$  המורכב משטף הפיזור ומהשטף  
הנסגר דרך הקוטב הנגדי של המעגל המקבילי (4).  
בדיאגרמת המחוונים משורטטים שלושת השטפים,  
זרם הצרכן ומפל המתח על הסליל. הזרם  $I$  מתואר  
כמורכב משני חלקים: זרם מיינווט  $I_{\mu s}$   
וזרם ההפסדים במעגל המגנטי  $I_{\alpha s}$   
פירוק הזרם נעשה פעמיים: פעם עבור השטף  
 $\Phi_S$  ופעם עבור השטף  $\Phi_I$ .  
השטף  $\Phi_S$  מפגז אחרי הזרם  $I$  בזווית  $\alpha_s$ .  
הפיגור נגרם ע"י ההפסדים להיסטרזיס וזרמי מער-

שחלק מהשטפים המגנטיים של שני המעגלים,  
המיוצרים על ידי שטיפות מגנטיות של סליליהם,  
עובר דרך הדיסק הדק (3) שעשוי מחמרן (אלומי-  
ניום). הדיסק מורכב על ציר (4) ויכול להסתובב  
במיסבים (5) ו-(6).

התנועה הסיבובית של הדיסק מועברת באמצעות  
תמסורת חלזונית (7) למערכת ספירה אשר לא  
משורטטת כאן.

השטפים המגנטיים המתחלפים של המעגלים  
המקבילי והטורי חודרים דרך הדיסק, וגורמים  
להווצרות מומנט מניע  $M$  המופעל על הדיסק  
וזאת בהתאם לעקרון הידוע אשר לפיו מופעל כח  
על מוליך חשמלי נושא זרם, כאשר הוא נמצא  
בתחום השפעתו של שדה מגנטי. הזרם בדיסק  
נוצר עקב חדירת השטפים המתחלפים דרכו.  
לשם יצירת המומנט העוצר קיים במונה מגנט  
קבוע (8).

הכוח העוצר או המומנט העוצר, נוצר כאשר  
הדיסק מסתובב בהשפעתו של המומנט המניע  
וחותך את השדה המגנטי של המגנט הקבוע לפי  
אותו העקרון — השפעה הדדית בין השטף המ-  
גנטי והזרם שנוצר בדיסק עקב חותך השטף המ-  
גנטי הזה.

המומנט העוצר שווה ל-

$$3. M_y = K_y \times \Phi_y \times n$$

כאן  $\Phi_y$  הוא השטף המגנטי הקבוע,  $n$  — מהי-  
רות הסיבוב של הדיסק,  $K_y$  — מקדם שגודלו תלוי  
במוליכות הדיסק, עוביו ובמיקומם ההדדי של  
המגנט הקבוע והדיסק.

לשם הקטנת הלחץ הצדדי על הציר משתמשים  
בדרך כלל בשני מגנטים קבועים ליצירת מומנט  
עוצר.

בעזרת חישובים ניתן להוכיח ששני השטפים  
 $\Phi_U$  ו- $\Phi_I$ , שהם חלק מן השטפים שנוצרים על ידי  
סלילי המתח והזרם בהתאם, מפעילים על הדיסק  
מומנט מניע שגודלו

$$4. M_m = K_m \times \Phi_U \times \Phi_I \times \sin(\widehat{\Phi_U \Phi_I})$$

כלומר המומנט המניע יחסי למכפלת השטפים  
וסינוס הזווית החשמלית שביניהם.  $K_m$  הוא  
מקדם שגודלו תלוי במבנה המונה ובתדירות  
הרשת.

היות והמומנט המניע את הדיסק חייב להיות  
יחסי להספק החשמלי הפעיל של הצרכן, נוכל  
לכתוב:

$$5. M_m = K_m \times \Phi_U \times \Phi_I \times \sin(\widehat{\Phi_U \Phi_I}) = U \times I \times \cos \rho$$

כלומר, השטפים  $\Phi_U$  ו- $\Phi_I$  צריכים להיות יחסיים  
למתח הרשת וזרם הצרכן בהתאם, וכן יש לשמור  
על תנאי נוסף:

$$\sin(\widehat{\Phi_U \Phi_I}) = \cos \rho$$

הגרעין של המעגל המקבילי בנוי כך שהשטף הכולל  $\Phi_{\Sigma U}$  מתפצל לשני חלקים עיקריים  $\Phi_U$  ו- $\Phi_I$ .

מבחינה זו דומה המצב למקרה המעגל הטורי, אך כאן משיגים פיגור של השטף  $\Phi_U$  אחרי הזרם בזווית  $\alpha_U$  הרבה יותר גדולה מהזווית  $\alpha_I$ . בין היתר משתמשים למטרה זו בליפוף מקוצר (1) אשר מגדיל את ההפסדים בדרכו של השטף  $\Phi_U$ .

כידוע אי אפשר לקבל במעגל מגנטי רגיל זווית פיגור של השטף אחרי המתח בזווית הגדולה מ- $90^\circ$ . שני האמצעים הללו — פיצול השטף והוספת הליפוף המקוצר, אשר מגדילים את  $\alpha_U$  בנוסף לכך שהזווית  $\rho_U$  גדולה, מבטיחים את זווית הפגור הדרושה  $\beta$ .

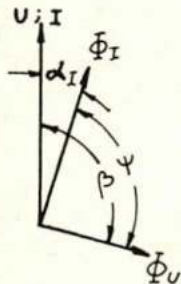
הזווית  $\rho_U$  גדולה כיון שסליל המתח (2) כולל מספר רב של ליפופים ולכן ההשראות שלו גדולה. על ידי כך משיגים גם הקטנת הצריכה העצמית של הסליל. הדבר חשוב מאוד היות וסליל המתח מחובר למתח הרשת גם כאשר הצרכן אינו צורך זרם.

דיאגרמת המחווגים של המעגל המקבילי זהה מבחינה עקרונית לדיאגרמת המחווגים של המעגל הטורי.

לגבי מעגל מקבילי חשוב לציין שמצבו של השטף  $\Phi_U$  נקבע אך ורק על ידי מבנה המעגל המגנטי וסליל המתח, וגודלו תלוי במתח הרשת.

### פעולת הסכום

אם נתאר לעצמנו מקרה של צרכן אומי ונקח בחשבון שלא תהיה קיימת לגביו זווית פיגור של הזרם אחרי מתח הרשת, נוכל לצייר דיאגרמת מחווגים כוללת של השטפים. הדיאגרמה מתוארת בציר מס' 4.



ציר מס' 4

אנו רואים שהזווית בין שני השטפים שסמנו אותה ב- $\psi$  שווה במקרה זה ל- $\psi = \beta - \alpha_I = 90^\circ$ . אם העומס אינו אומי טהור וקיימת זווית פיגור  $\rho$  של זרם העומס אחרי מתח הרשת יזוז מחוג הזרם ימינה ויחד אתו יזוז גם מחוג השטף  $\Phi_I$ . השטף  $\Phi_U$  נשאר במקומו ואז תהיה הזווית  $\psi = \beta - \alpha_I - \rho = 90^\circ - \rho$ , כלומר התנאי היסודי לעבודה נכונה של המונה נשמר.

בולת. הזווית  $\alpha_S$  קטנה (בדרך כלל  $2^\circ - 1^\circ$ ). השטף  $\Phi_I$  מפגור אחרי הזרם בזווית  $\alpha_I$  הגדולה מהזווית  $\alpha_S$  וזאת בגלל הפסדי הספק נוספים בדיסק.

המתח  $U_I$  מורכב משני חלקים: מפל המתח  $-E_{\Sigma I}$  המאזן את הכח האלקטרו-מניע  $E_{\Sigma I}$  ומפל המתח של אימפדנס סליל הליפוף  $I_Z$ .

הזווית  $\rho_I$  היא הזווית בה מקדים המתח  $U_I$  את זרם הצרכן.

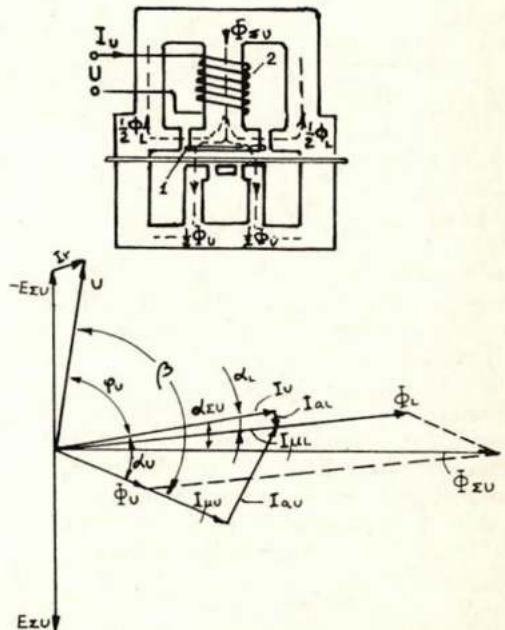
חשוב לזכור שמצבו של מחוג הזרם נקבע אך ורק על ידי אופי העומס; האימפדנס של הסליל הטורי עצמו משנה רק את מצבו של מחוג המתח  $U_I$  כלומר גם מצבו של השטף  $\Phi_I$  תלוי רק בזרם ובתכונות הגרעין והדיסק.

לגבי המעגל הטורי קיימת בעיקר דרישה אחת והיא שהשטף  $\Phi_I$  יהיה יחסי לזרם הצרכן ומספיק גדול כדי לייצר מומנט מניע יחד עם השטף של המעגל המקבילי  $\Phi_U$ .

לעומת זאת המעגל המקבילי של המונה צריך להיות מתוכנן כך שהשטף  $\Phi_U$  שלו יפגור אחרי מתח הרשת בזווית של  $90^\circ + \alpha_I$  ושהצריכה העצמית של סליל המתח תהיה מינימלית.

### המעגל המקבילי

המעגל המקבילי של המונה ודיאגרמת המחווגים שלו משורטטים בציר מס' 3.



ציר מס' 3

## דוגמה לחישוב נכונות הרישום

הופעת ערכו של המקדם A על חזית מערכת הסיפירה מאפשרת בדיקה פשוטה של נכונות רישום המונה.

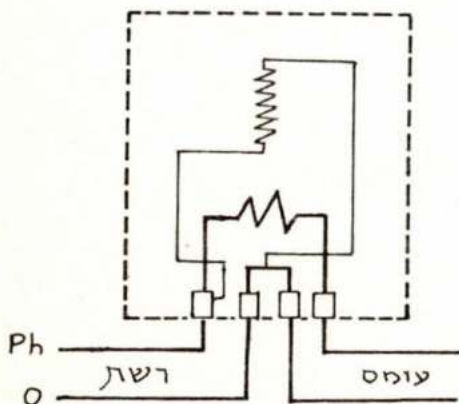
על שפת דיסק המונה נמצא סימן בולט בצורת קו שחור שנתן לראותו בקלות דרך חלון המונה ולספור את מספר הסיבובים של הדיסק במשך זמן מסוים.

נייה לדוגמה שבדירת צרכן עובד מכשיר חשמלי בעל אופי אומי שהספקו ידוע ושווה ל-500 וט למשל. האנרגיה הנצרכת על ידי מכשיר זה במשך

$$2 \text{ דקות תהיה } P \times t = \frac{1}{2} \text{kw} \times \frac{1}{30} \text{h} = \frac{1}{60} \text{kwh}$$

אם המקדם A הוא  $\frac{\text{rev}}{\text{kwh}}$  900 הרי שבמשך 2 דקות יספור הבודק 15 סבובים

$$N_o = 900 \frac{\text{rev}}{\text{kwh}} \times \frac{1}{60} \text{kwh} = 15 \text{rev}$$



ציור מס' 5

### סכימת החיבורים

סכימת החיבורים של מונה חד-פזי מתוארת בציור מס' 5. למונה 4 הדקי החיבור אליהם מתחברים 4 מוליכים. שני מוליכים באים מן הרשת ושניים יוצאים מן המונה לעומס הצרכן.

במוליכים המסומנים בקו עבה עובר זרם הצרכן, וסליל הזרם של המונה נמצא בטור לאחד מהמוליכים. סליל המתח ומוליכיו מסומנים בקו דק.

עד כה הראנו שהמומנט המניע M יחסי להספק הפעיל P. אך כאמור מופעל על הדיסק של המונה גם המומנט העוצר M.

המומנט העוצר דרוש על מנת למנוע מהדיסק לקבל תאוצה בזמן שהמומנט המניע קבוע ולשמור על מהירות מתאימה למומנט מניע מסוים.

שני המומנטים, המניע והעוצר צריכים להיות שווים בכל רגע ולכן נוכל לכתוב:

$$6. M_m = M_y$$

$$7. K_m \times \phi_U \times \phi_I \times \sin \psi = K_y \times \phi_y \times n$$

ומכאן

$$8. n = K_n \times M_m$$

מצד שני, בהסתמך על היחס שבין המומנט המניע וההספק (5) אפשר לכתוב את המשוואה גם כך:

$$9. n = K_p \times P$$

$K_p$  ו- $K_n$  הם מקדמים.

כפי שהגדרנו, n היא מהירות הסיבוב של דיסק המונה ולכן נוכל לבטא אותה במקרה של עומס קבוע כך:

$$10. n = \frac{N_T}{t} \frac{[\text{סבובים}]}{[\text{שעה}]}$$

כאשר  $N_T$  הוא מספר הסיבובים שהדיסק עשה במשך זמן t. אחרי הצבת הביטוי האחרון לנוסחה המקשרת את n עם P (9) מקבלים:

$$11. N_T \equiv K_p \times P \times t \quad [\text{קוט"ש}]$$

כלומר, מספר הסיבובים שעושה דיסק המונה במשך זמן מסוים יחסי לאנרגיה הנצרכת בקוט"ש. אם נקח בחשבון את יחס התמסורת של מערכת הספירה, הרי שמספר הסיבובים שנרשם בה במשך זמן t יהיה:

$$12. N_o = A \times P \times t \quad [\text{קוט"ש}]$$

המקדם A כולל בתוכו את כל המקדמים שהשתמשנו בהם והוא תלוי במבנה המונה, במערכת הספירה שלו ובתדירות הרשת.

ערכו של A מסומן תמיד על חזית מערכת הספירה בצורה הבאה:

$$1 \text{ kwh} \triangleq 450 \text{ סבובים}$$

$$450 \frac{\text{rev}}{\text{kwh}} \quad \text{או}$$

# למה לא מחיר אחד לקוט"ש ?

מ ב ו א

נהנה החשמל בשוק ממעמד מונופוליסטי חזק; הרי לגבי סוגים וייעודים אחרים על החשמל לעמוד בתחרות עם צורות אחרות של אנרגיה ובמידה מסויימת בתחרות על כח הקניה של הצרכן.

**ב. החשמל אינו מוצר אחד ואינו נמכר בשוק אחד**

מבחינת אנרגטית כמותית, אין אולי שוני רב בין קוט"ש אחד לבין קוט"ש אחר, אולם מבחינות שריות, כגון: עלות הייצור, ייעוד הצריכה וכו', קיים לעתים שוני רב בין קוט"ש שונים, הנצרכים למטרות שונות במועדים ובתנאים שונים — עד כדי הצדקת ראייתם כמוצרים שונים. כמוכרן שוק החשמל מבחינת רבות יכול להחשב כמספר שווקים נפרדים לצורך שיקולים של המשק הלאומי, שיקולי תחרות וכו'.

**ג. מבנה עלויות הייצור**

עלויות הייצור של שרותים ציבוריים בכלל ושל אספקת חשמל בפרט הן מיוחדות ושונות בהרכבן ובמבניהן בתכלית, מהרכבן ומבנהן עלויות הייצור של מוצרים רגילים. ניתוח מרכיבי עלויות הייצור של שירות אספקת החשמל וקביעת המדוייקת קשים ומסובכים. הרכבם היחסי משתנה בתדירות גבוהה יותר מזה של מוצרים אחרים.

בהמשך עיון זה נעמוד ביתר פירוט על מבנה עלויות הייצור והשפעתו על מדיניות המחירים.

**ד. החובה לספק כל רמה של צריכה בכל עת**

חובת יצרן החשמל לשרת את כל הצרכנים ולספק כל רמת ביקוש וצריכה הנדרשת על-ידיהם, בכל עת, והעדר אופציה ליצרן החשמל לקבוע עפ"י שיקוליו הוא את היקף ההשקעות, היקף הייצור והמכירות האופטימליים מנקודת מבטו.

**עקרונות למדיניות תעריפים**

בעשרות השנים האחרונות הובעו במדינות השונות רעיונות רבים בנושא קביעת עקרונות למימוש תעריפים של שרותים ציבוריים, אולם נראה כי בשנים האחרונות הולך ומתגבש בעולם עקרון אחד כעקרון שולט בכל דיון על מדיניות תעריפים ציבוריים. לפי עקרון זה יש להתאים, במידת האפשר, את התעריף לעלות הייצור של אותו שירות.

אין פירוש הדבר שעקרון זה, כאשר הוא מופעל, הוא מופעל בלעדית תוך התעלמות מוחלטת מדרישות עקרוניות או ספציפיות אחרות, אולם גם כאשר בקביעת מערכת תעריפים נלקחים בחשבון אלמנטים שאינם קשורים ואינם נובעים משיקולי עלות בלבד, הרי שומרים על קשר הדוק בין עלות הייצור ובין התעריף, הן מבחינת המבנה הפנימי-תעריפי והן מבחינת יחסי המחירים הבין-תעריפיים.

ברור גם כי לא ניתן להפעיל בדיוקנות את העקרון האמור אינדיבידואלית, לגבי כל צרכן בנפרד, כי כל

מדי פעם כאשר חלים שינויים בתעריפי החשמל, עולה מחדש אצל חשמלאים רבים השאלה „למה לא מחיר אחד לקוט"ש?" ובאמת — הרי יכולה חברת החשמל לסכם את סך הכל הוצאותיה לייצור חשמל ומכירתו, לחלק סכום זה בסך הכל הקילור-ווט-שעות שנמכרו לצרכנים וכך יתקבל תעריף אחד שיהיה מחיר ממוצע לכל קוט"ש שנצרך.

נניח לרגע שהחברה קבלה אישור לעקרון התעריף האחד, לשם דוגמא — 35 אגורות לקוט"ש: ברור שבמערכת הצרכנות הכוללת ישנם צרכנים שגורמים לעלות של 18 אגורות לקוט"ש בעוד שישנם צרכנים שצריכתם גורמת להוצאות של 90 אגורות לקוט"ש. אם יימכר החשמל לכל הצרכנים במחיר 35 אגורות לקוט"ש המהווה כאן ממוצע משוקלל, ייוצר המצב שבו חלק מהצרכנים (אשר גורמים מטבעם לעלויות נמוכות יחסית) יבחרו באנרגיה אלטרנטיבית שת-ספק את צריכתם ויפסיקו לצרוך חשמל. כתוצאה מכך יעלה המחיר הממוצע שהיה קודם 35 אגורות ל-קוט"ש ויגיע ל-50 אגורות לקוט"ש, למשל. דבר זה יגרום לכך שקבוצות נוספות של צרכנים יודפו אנרגיה אלטרנטיבית לחשמל היקר עבורם. הדבר יקטין שוב את ניצולם האופטימלי המלא של מתקני המערכת ויביא בהכרח לעליה נוספת של המחיר הממוצע, גם כאשר כל המחירים במשק נשארים קבועים. בסופו של דבר יתברר לנו שנוצר מעגל התייקרות ריזות בלתי רציונלי שמקורו בירידת יעילות מערכת האספקה.

כל האמור לעיל נאמר בצורה פשטנית על רקע השאלה הפשטנית שבכותרת המאמר. ננסה כעת לנתח את הדברים בצורה קצת יותר מעמיקה: נתאר את התכונות המיוחדות את ספק החשמל ואת מוצר החשמל, נפרט את העקרונות הבסיסיים לקביעת מדיניות תעריפים, נסביר את מבנה עלויות הייצור של אספקת החשמל ונדגים בתרגיל חישוב כיצד „בוניס" את התעריפים.

**התכונות המיוחדות את החשמל**

בכל עיון בעקרונות המחירים לאספקת חשמל, יש לכזור מספר תכונות המייחדות את ספק החשמל ואת „המוצר" שלו המבדילות אותם מיצרנים ומזרמים אחרים. נעמוד בקצרה על העיקריות שבהן:

**א. מעמדו הכפול של ספק החשמל מבחינת השוק** — מונופול מצד אחד ומתחרה מצד שני

בעוד שלגבי סוגי צרכנות וייעודי שימוש מסויימים

נערך ע"י אינג' א. לייטנר לפי הרצאתו של מר א. גולניסקי בימי העיון לחשמלאים.

## מבנה עלויות הייצור של אספקת חשמל

כלל העלויות לייצור חשמל, הולכת ומסירתו לצרכנים מתחלקים לשלושה מרכיבים: —

### א. עלויות שוטפות

העלויות השוטפות הן אותן עלויות המשתנות בעיקר בתלות בכמויות הצריכה הנמדדות בקוט"ש. המרכיב בעל המשקל העיקרי בעלויות אלו הוא הדלק שצריכתו בתחנות הכח נמצאת ביחס ישר לכמויות הייצור הנדרשות לשם הספקת הצריכה בקוט"ש בכל עת.

יש לזכור כי אף אם עלויות אלו נמצאות ביחס ישר לכמויות הצריכה הרי אין הן נמצאות תמיד ביחס שווה. כמות הדלק, למשל, הדרושה לייצור קוט"ש אחד בשעות הלילה, כאשר מעמס תחנות הכח נמצא בשפל, קטנה מזו הדרושה לייצור קוט"ש אחד בשעות היום. כלילה ניתן לייצר את כל כמות החשמל הדרושה באמצעות תחנות כח חדישות ויעילות יותר, הצורכות כמות סגולית של דלק, קטנה יחסית. ואילו ביום יש להפעיל גם תחנות פחות יעילות.

### ב. עלויות צרכן

עלויות צרכן הן אותן עלויות המשתנות עם מספר הצרכנים. עלויות אלו כוללות הוצאות הטיפול האדמיניסטרטיבי בצרכן, קריאת המונים, הכנת החשבון וביתו וכו', וכן חלק מההשקעות התלויות במספר הצרכנים בלבד והוצאות החזקתו של חלק זה.

### ג. עלויות ביקוש

צרכן חשמל אינו צורך רק קוט"ש, אלא הוא דורש במקביל לצריכתו, לעשות שימוש במתקני החשמל. גודלו של שימוש זה והעלויות הנגרמות בעטיו אינם בהכרח צמודים למספר הקוט"ש הנצרכים.

עלויות הביקוש הן, איפוא, אותן עלויות המשתנות עם גודל הביקוש של הצרכן הנמדד בקוט"ש. עלויות אלו כוללות את מרבית השקעות הייצור במתקני הייצור ובמתקני האספקה ואת ההוצאות הקבועות לאחזקתם.

להמחשה נוהגים להביא את הדוגמא הבאה: שני צרכני חשמל צורכים 500 קוט"ש בחודש, כל אחד. צרכן א' צורך את 500 הקוט"ש במשך שעה אחת בכל חודש ואילו צרכן ב' צורך אותה כמות של קוט"ש במשך 500 שעות. כדי לספק את הצריכה הדרושה לצרכן א' על ייצור החשמל להעמיד לרשות הצרכן 500 קוט"ש מההספק של תחנות הכח, תחנות הטרנספורמציה ומתקני האספקה האחרים ואילו כדי לספק את דרישתו של צרכן ב' די בהספק של קוט"ש אחד בלבד.

## אופי הצריכה והשפעתו על עלויות הייצור

לימוד השפעת אופי הצריכה של כל צרכן או של קבוצת צרכנים על עלויות הייצור מחייב ניתוחים מעמיקים ומורכבים למדי, אולם לצורך עיון זה, רצוי

נסיון לקבוע את העלויות להן גורם כל צרכן לחוד, היה מוכיח שאין כמעט שני צרכנים שצריכתם גרמת לעלויות שוות לחלוטין. הצמדת התעריף לעלות לגבי כל צרכן בנפרד היה גורם, איפוא, למספר עצום של תעריפים ומבחינה אדמיניסטרטיבית מעשית לא ניתן היה לעמוד בכך. כמרכיב גם לא ניתן להגיע לדיוק מוחלט בקביעת היציאות שכל צרכן בנפרד גורם, מאחר ואין אפשרות מעשית למדוד כאופן מתמיד את תנאי הצריכה של כל צרכן על השינויים החלים בה תוך כדי צריכתו.

הפעלת העקרון נעשית, איפוא, ע"י הטלת העלויות באופן קבוצתי; היינו, ממיינים את הצרכנים לקבוצות בעלות אופי צריכה דומה. לכל אחת מהקבוצות קובעים תעריף שמבנהו מתאים לצורות הצריכה השכיחות ביותר באותה קבוצה לאחר מודיפיקציה זו מקבל העקרון ניסוח שונה, לאמור: **"יש להטיל על כל אחת מקבוצות הצרכנים את חלקה היחסי בעלויות הייצור של השירות"**.

לדעת מומחים בעולם מהווה הפעלת העקרון, כעקרון מנחה עיקרי בצד עקרונות משניים, פתרון נאות למיזב השאלות והבעיות המתעוררות בקביעת מדיניות תעריפים לשרותים ציבוריים. הזנחת עקרון זה עלולה להוביל לתוצאות שליליות ביותר למשק החשמל ולייעודו במשק הלאומי. הצמודות מוחלטות בעליות לעקרון, תוך התעלמות מדרישות ואספקטים אחרים שתעריף החשמל צריך לענות עליהם ולהתחשב בהם, עלולה אף היא להביא לתוצאות שליליות. להארת חישש זה, נעלה להלן, בראשי פרקים, דרישות וציפיות עיקריות שיש לקחת בחשבון בדיון על בנין ועצוב במערכת התעריפים: —

- א. שהתעריף יתן כיסוי נאות של הוצאות החברה.
- ב. שהמחיר יהווה תמורה נאותה לשירות הניתן ע"י יצרן החשמל לצרכניו.
- ג. שיהיה בו משום עידוד לצריכה יעילה של חשמל ולמניעת בזבז, לנצול טוב יותר של ההשקעות במשק החשמל, כדי להגיע לעלות כוללת נמוכה, ככל האפשר, ליחידת אנרגיה.
- ד. שימנע עוותים במשק, העלולים להוצר בהשפעת תעריפי חשמל ושלא יקשה על פתוח המשק הלאומי.
- ה. שימנע הפליה בין צרכן לצרכן באותם התנאים (ושיענה על דרישות חוקיות אחרות לפי הזכיון ולפי כל דין).
- ו. שיהיה בעל מבנה נוח ככל האפשר לביצוע מבינה אדמיניסטרטיבית-טכנית.
- ז. שיהיה בעל מבנה חד-משמעי, פשוט וככל האפשר מובן לציבור.
- ח. שתהיה בו משום יכולת תחרות הוגנת עם תחליפים בלתי רצויים למשק הלאומי.

במשך 5000 שעות בשנה וצורך 50,000 קוט"ש.  
 נניח שמרכיבי העלויות הן כדלקמן:  
**עלויות שוטפות: 16 אגורות לקוט"ש**  
**עלויות צרכן: 240 ל"י לצרכן לשנה (20 ל"י לחודש)**  
**עלויות ביקוש: 540 ל"י לקוט"ש לשנה**  
 תחשיב העלויות באג' לקוט"ש, הנגרמות ע"י כל אחד משני הצרכנים אשר ישמש כבסיס לקביעת ה- תעריפים עבורם יהיה כדלקמן:

להמחיש באופן כללי את מידת ההשפעה על עלויות הייצור הנוגעות לאופי הצריכה ולתנאים בהם עושה הצרכן שימוש בחשמל המסופק לו.  
 לשם כך נציג תרגיל של תחשיב השוואתי בין שני צרכנים הפועלים בתנאים שונים: —  
 צרכן א', שהספקו 1 קו"ט משתמש במתקן שלו במשך 1000 שעות בשנה וצורך כמובן 1000 קוט"ש.  
 צרכן ב' שהספקו 10 קו"ט משתמש במתקן שלו ב-

העלויות	צרכן א'	צרכן ב'
עלויות צרכן	$1 \times 240 = 240$ ל"י	$1 \times 240 = 240$ ל"י
עלויות ביקוש	$1 \times 540 = 540$ ל"י	$10 \times 540 = 5400$ ל"י
עלויות שוטפות	$0.16 \times 1000 = 160$ ל"י	$0.16 \times 50000 = 8000$ ל"י
סה"כ	<u>940</u> —	<u>13640</u> —

„אופי“ הצריכה במקרה זה מתייחס לגודל העומס ולמשך שעות השימוש בשנה בלבד. לכן יש משום פישוט בדוגמא זו כיוון שלא נלקחו בחשבון אלמנטים נוספים של „אופי“ כגון: מועדי השימוש — מבחינת ימי השבוע ועונת השנה — או רציפות ה- שימוש, תנודות בעומס ומידת השתלבותו בעומסים של צרכנים אחרים וכד'.

העלות הכוללת לקוט"ש תהיה, איפוא: —  
 לצרכן א' 94.0 אג' / קוט"ש = 1000 : 940 ל"י  
 לצרכן ב' 27.3 אג' / קוט"ש = 50000 : 13640 ל"י  
 תחשיב זה מראה כיצד שני צרכנים באותה מערכת אספקה גורמים לעלויות שונות ובהפרש ניכר בגלל אופי צריכה שונה.

## תקצירי תקנים חדשים לחשמל שפורסמו לאחרונה ע"י מכון התקנים הישראלי

**ת"י 808 — (1971) וג'ת — (1975) תרמוסטטים למחממי מים חשמליים**  
 התקן חל על תרמוסטטים הנועדים לשימוש במחממי מים חשמליים. מפורטות בו הוראות סימון ומבנה ודרישות בדיקה, המתייחסות בין השאר, לעמידות התחממות ההדקים, חוזק מיכני, עמידות בפני החלדה וקיימות. בגליון התיקון שונה סעיף 130.

**ת"י 900 — כללי בטיחות למכשירי חשמל לשימוש ביתי ולשימושים דומים**  
 התקן הנ"ל דן בבטיחות מכשירי חשמל לחימום ולבישול, בבטיחות מכשירי חשמל המונעים חשמלית או המופעלים מגנטית והמיועדים לשימוש ביתי או לשימושים דומים, לרבות מכונות משרד. תקן זה דן גם בבטיחות מכשירים, שאינם מיועדים לשימוש ביתי רגיל, אבל עלולים להוות סכנה לציבור, בחנויות, בבתי-מלאכה ובמשקים חקלאיים.

**ת"י 901 — מחממים חשמליים מיטלטלים לחימום בטבילה**  
 תקן זה חל על מחממים חשמליים, שמתחם הנומינלי אינו עולה על 250 וולט והמיועדים לחימום מים או לחימום תמיסה מימית לא קורוזיבית, כשהם טבולים בתוכם. בתקן הובאו פרטים על ערכים נומינליים, הגנה מפני הלם חשמל, הספק מבוא זרם, מניעת הפרעות רדיו, עמידות ברטיבות, זרם דלף (במצב קר, התנגדות הבידוד ומתח פריצת הבידוד, פעולה לא-יתקינה, חיזוק מיכני וכו'.



# תקנים ישראליים למאור: בתי ספר, ספריות, משרדים ואולמי תעשייה

אינג' א. אנגל \*

## תקן למאור בתי-ספר

בהתאם למחקר האחרון, שנעשה בשוודיה בשנת 1969, האחוה הגבוה ביותר של תלמידים שנבחרו כצופים, שגילם 17—20, מצאו רמת הארה של 300 לוקס כ, טובה מאוד. לפיכך נראית הגיונית המלצתנו לגבי הארה של 300 לוקס. בעיה אחרת, שעמדה לפני ועדת התקינה, היא הסינוור. הוקדשה מחשבה רבה לאמצעים למניעת הסינוור הישיר והמורז; יש להבטיח בחירת גופי תאורה מתאימים והתקנתם הנכונה, (מיקומם הנכון כלפי המטרה הראייתית, גובה הרכבתם והמרחק שביניהם). הבהיקות המקסימלית של גופי התאורה תהיה 2000 ק"ד למ"ר ולכן יש להשתמש במעטה מפוזר וברפ"סות (Louvers): בקביעת הגובה של גופי תאורה יש להבטיח „זווית הגנה“ מינימלית של 45° בין הקו המחבר את עיני התלמידים עם מקור האור, לבין הקו האופקי היוצא מעיניהם. כשמשתמשים במאור פלואורסצנטי האופקי את השפעת הסינוור על ידי קביעת המנורות בניצב לשולחנות התלמידים ומעל המעברים.

כן יש לדאוג לגימור מחוספס או קהוי של משטחי העבודה ושול המשטחים השונים בחצר.

לא ניכנס לפרטי בעיות אחרות, שהתקן עוסק בהן כגון: מניעת האפקט הסטרובוסקופי, ההרכב הספקטרולי של מקורות האור או יצירת סביבה נעימה, אבל כדאי לעמוד על שתי בעיות אחרות חשובות מאוד.

ב ע י ה ר א ש ו נ ה: התאורה במקלטים הדו-תכליתיים; חוק ההתגוננות האורחית אינו מציע פתרון ובתקן נקבע, שרמת התארה תהיה בהתאם לטבלת התקן בתוספת עד 50%, אך לא פחות מאשר 400—500 לוקס;

(בקשר לרמת התארה של מאור הדחק, בתקן הצרפתי האחד-רונ משנת 1971 נאמר כי: „רמת התארה של מאור הדחק תהיה תחילה כ-1/10 מרמת התארה הרגילה, כדי למנוע תחושת חשכה, ולאחר זמן קצר אפשר להסתפק ברמת הארה של כ-10 לוקס“. הואיל ולא נתקבל מידע נוסף על ציטוט זה, הוחלט לא לכלול בתקן).

ב ע י ה ש נ י י ה: עניין תחזוקת המאור; בתקן יש דריי-שה לניקוי תקופתי בהתאם לתנאי המקום, ולבדיקה של רמת התארה. אם חלה ירידה גדולה מ-10% מהערכים הנקובים בתקן, יש להחליף את הנורות. לשפץ את המנורות, לחדש את צבעם של הקירות, של התקרה ושל הריהוט, וזאת כדי לשמור על הערכים של מקדמי ההחזרה הנקובים בתקן.

## תקן למאור ספריות

פעולתה הנוספת של ועדת התקינה — הכנת התקן למאור בספריות (ת"י 890) — קשורה גם היא לקריאה; גיל הקוראים בספרייה הוא רחב מאוד וכולל בני נוער ווקנים גם יחד. מתוך הנחה, שגיל התלמידים אינו עולה על 40 וכומר הראייה יורד עם התקרב האדם לשנות ה-50 שלו, דרושות בספרייה רמות הארה העולות כדי 50%—100 על אלה המומלצות והנראות כסבירות בתקן למאור בתי-ספר.

חומר הקריאה בספריות שונה מבחינת כושר הראייה

התקן הראשון בסדרת התקנים במאור פנים בבניינים מוקדש למאור בתי-ספר (ת"י 889). הסיבה העיקרית לכך היא, כי אצל הילד, „המאור הטוב“ הוא גורם בעל חשיבות גדולה יותר מאשר אצל המבוגר, בגלל השפעת המאור על התפתחותו הגונית, הנפשית והשכלית של התלמיד בבית הספר. בכך הלכה ועדת התקינה שהכינה את זה בעקבות התקינה באנגליה, מקום שם התקנים למאור בתי-ספר קדמו לכל יתר תקני המאור בבניינים.

בעבודתה התבססה הועדה על ההתפתחות, שחלה לאחרונה בתקני חו"ל על יסוד הרחבת העקרונות להכנון המאור בבניינים בכלל ובבתי-ספר בפרט; עקרונות אלה חלים על מאור טבעי ועל מאור מלאכותי גם יחד, וזאת על בסיס של מידע לא רק על האספקטים הפיסיולוגיים של הראייה, אלא גם על האספקטים הפסיכולוגיים, הקשורים באור ובצבע כגורמים בציירת סביבה, המדרבנת ללמוד מתוך עניין ומתוך הרגשת סיפוק.

לפיכך הושם בתקן זה דגש חזק יותר על דרישות האיכות מאשר על דרישות הכמות לאור, וזאת מן הטעם שיש להקפיד על כך, שהמאור בחדרי הלימוד יבטיח לתלמידים נוחות ראייה בעבודה בתנאים של רמת הארה מתאימה, של העדר סינוור ושל התעייפות מינימלית של העיניים; הדרישה האחרונה מחייבת קיום של איוון הבהיקויות הן בשדה הראיה והן בשדה הראייה התיקפי.

בהתחשב בתנועה הבלתי פוסקת של עיני התלמידים מהשור לחן אל המורה, אל הלוח ואל כל העצמים האחרים הנמצאים בכיתה, חולק שדה הראייה ל-3 תחומים:

ה ת ח ו מ ה ר א ש ו נ: מטרה ראייתית (כגון: ספר, מחברת, דהיינו, שדה הראייה המרכזי);

ה ת ח ו מ ה ש נ י: הסביבה הסמוכה למטרה (כגון: השור לחן, שמונה עליו ספר או מחברת);

ה ת ח ו מ ה ש ל י ש י: הסביבה ההיקפית (כגון: התקרה, רה, הקירות, הרצפה, הלוח).

חיחס המקסימלי שבין הבהיקויות בשלושת תחומים אלה יהיה 1:3:5 והוא תלוי במקדמי התחזרה של המשטחים השונים, הנמצאים בתחום הראייה. לפיכך, בשום פנים לא תהיה בהיקות הסביבה הסמוכה גדולה מזו של המטרה הראייתית (הנקבעת ע"י רמת התארה ומקדם התחזרה שלה).

הבעיה הקשה ביותר, שעמדה לפני ועדת התקינה, הייתה הקביעה של רמת התארה על שולחנות התלמידים בכיתה לימוד רגילה, שתשמש כקנה-מידה לרמות התארה האחרות; ברוב המקרים בנידון הגיעו למסקנה, שרמת הארה של 250—300 לוקס מבטיחה חדות ראייה מקסימלית של 10/10 (ולגבי תלמידי דים בעלי ראייה לקויה — 500 לוקס).

\* אינג' אמיל אנגל מרכז את עבודת ועדת התקינה למאור, הפועלת במכון התקנים הישראלי, שהיורר שלה הוא פרופ' אלכסנדר צ'צ'יק.

(visual perception) החל בספרי ילדים, המודפסים על נייר לבן, לא-מבריק ובאותיות גדולות ועד לחומר קשה לקריאה, כגון: ספרי קודש וספרות תורנית המודפסת בכתב רש"י, עתונים המודפסים באותיות קטנות על נייר גרוע, מדריי-כיס, מפות וכדומה.

התקן דן במאור באולמי הקריאה ובחדרי העזר של הספריות, כגון: חדרים לכונניות ספרים או לתצוגות ספרים, חדרים לקטלוג ולמיון בריטיסים, חדרי הרצאות, חדרי הקרנה, חדרים לקריאת מיקרו-פילמים, חדרים להקלטת מוסיקה וכיוצא באלה. בקביעת רמות ההארה המינימליות הובאה בחשבון בראש וראשונה רמת ההארה הבסיסית של 300 לוקס, שנקבעה בתקן „מאור בבתי-ספר“ לשולחנות בכיתות לימוד רגילות. בהתחשב בשוני הגילים של הקוראים בספריות יהיו רמות ההארה של השולחנות בספריות גבוהות יותר וזאת בהסתמך על נתונים של חוקת המאור האנגלית I.E.S. Code משנת 1973, ועל הדו"ח הטכני המיוחד (מס' 8) למאור בספריות; כן הובאו בחשבון התקן האמריקאי משנת 1950 והנתונים בספר העזר למאור I.E.S. Lighting Handbook.

יש לציין גם את התקן ההודי משנת 1966, שרמות ההארה, המומלצות בו בשביל „מטרות ראייתיות קריטיות“ (כולל הב-חנת אותיות 8-6 פונקט, מפות, הערות בעפרון וכד') הן 300 עד 700 לוקס, בעוד שבשביל „מטרות ראייתיות רגילות“ (כולל הבחנת אותיות מטיפוס 8-12, מיון וכד') הן 150 עד 300 לוקס. יש לציין גם את הספריות העירוניות, שהוקמו בצרפת בזמן האחרון, ושמ נבחרו בהתאם להמלצות „אגודת מהנדסי המאור בצרפת“ (A.F.E.) רמות הארה של 400 לוקס על שול-חנות קריאה ו-300 לוקס מעל כונניות.

המאור בספריות צריך להיות מפורז (ולא על ידי מנורות שולחן); כמו כן יש להקדיש מחשבה רבה לשילוב בין האור הטבעי לבין האור המלאכותי. יש להקפיד שבמאור של כוננ-יות-ספרים תהיה חלוקת ההארה אנכית ואחידה, כדי לאפשר הבחנה קלה ומהירה של השמות שעל גבי כריכות הספרים מהמדף העליון ועד למדף התחתון. בהקשר לכך מפורטים להלן כמה דברים מן הספרות המצויה בענף זה:

א. מתוך התקן ההודי 2672 למאור בספריות משנת 1966: „במאור לכונניות-ספרים יש כמה גורמים מקשים במיוחד באותן הכונניות, שלקהל יש גישה אליהן: אף-על-פי שרק לעתים רחוקות נמצאים אנשים על-ידי הכונניות וזמן ממושך ופעולתם הראייתית היא פעולה לסיווגין — עליהם לראות את כל השמות, מהמדף העליון עד למדף התחתון, בקלות ובמהירות“.

ה, הקושי במאור לכונניות-ספרים נובע מכריכות כהות, או-תיות קטנות והמצב הבלוי של גב הכריכות כשהשם מחוק בחלקו. קושי אחר נגרם עקב המעברים הארוכים והצרים בין הכונניות ועקב ההגבלות למיקום מקורות האור להארת המש-טחים האנכיים.

ב. מתוך דו"ח מס' 8 „מאור בספריות“, שפורסם על ידי אגודת מהנדסי התאורה באנגליה (I.E.S.) בשנת 1966: „להארת כונניות רצוי להשתמש בנורות פלואורוניות וברפל-קטורים, המיועדים לכוון את רובו של שטף האור כלפי המדף הנמוך“.

מנורה כזאת תהיה מתוכננת לקביעה בראש הכוננית ובמרחק אופקי מספיק, להשגת אחידות מקסימלית בחלוקת ההארה מה-מדף העליון עד למדף התחתון. לדוגמה: בכוננית שגובהה הוא כ-2 מ' רצוי מרחק אופקי של 0.90 מ' אך לא קטן מ-0.45 מ'.

ג. מתוך הספר על המאור, שהוצא על-ידי אגודת מהנדסי התאורה בארצות הברית (I.E.S.) בשנת 1968: „באולם שיש בו שורות של כונניות, שתקרנו נמוכה והרווח בין הכונניות מספיק, אפשר להשתמש במנורות קבועות לתקרה במרכזי המעברים שבין שורות הכונניות; מנורות אלה יהיו מוגנות מסינוור ישיר, כאשר מסתכלים לעבר המדף העליון“.

### נתקן למאור משרדים

בין שני התקנים שנדונו (889, 890) לבין התקן החדש (ת"י 933) למאור במשרדים קיים קשר הדוק; הצד השווה שבהם הוא שהם מבטיחים תנאי ראייה יעילים ונוחים לעובדי משרדים בהתחשב במאמץ הכרוך בעבודתם: קריאת חומר מודפס באר-תיות קטנות או בקונטרסט נמוך כגון העתק של הדפסה במכונת כתיבה, רשימות טלגרפיות בעיפרון וכדומה.

ברובן של עבודות משרד, פועלות העיניים במשך זמן ממושך במרחקים קטנים מהמטרה הראייתית (מ-30 ס"מ ועד 50-60 ס"מ בקירוב); כן יש להזכיר את גילם של העובדים, העשוי להשתנות, החל מצעירים ועד לקשישים, מהם — כושר ראייתם נורמלי ומהם, שכושר ראייתם לקוי. לפיכך, יש לדאוג שהמאור יקל, הן מבחינת הכמות והן מבחינת האיכות על הראייה שתהיה מהירה, מדויקת ויעילה וזאת אנגב יצירת סביבה נוחה, הגורמת גם להנאה אסתטית. המאור במשרדים בשעות היום צריך להיות טבעי מיקרו. אולם אם המאור הטבעי אינו ברמה המינימלית הדרושה, יש לשלבו במאור מלאכותי.

ראשונה נידון השילוב שבין המאור הכללי לבין המאור המקומי (מנורות שולחן); מכאן, התארה הכללית תהיה מפורזת ועצמתה תהיה לפחות 300 לוקס; היתרון בכך הוא, שאפשר לחלק את החדרים באמצעות מחיצות ללא צורך בשינויים במתקנים חשמליים.

אשר לרמות ההארה בשטחי התנועה אשר בין המשרדים (כגון פרוזדורים וחדרי מדרגות): הואיל והסתגלות העיניים היא איטית במעבר בין שטח מואר יותר לבין שטח מואר פחות והואיל ובשטחי תנועה אלה רמת אור היום היא נמו-כה או איננה בטמא כלל, הומלץ על רמה כפולה של מאור מזו המוצעת בשבילם; אפשר להשתמש גם בשתי רמות הארה: אחת בשימוש בשעות היום ואחרת לשימוש בשעות הלילה. המאור במשרדים צריך להיות נוח ולשמך כך יש לפלג את הבהיקויות בשדה הראייה, לפי יחסים מתאימים בשלשה תחו-מים אלה:

ה ת ח ו ם ה ר א ש ו ן : מטרה ראייתית, דהיינו, שדה הראייה המרכזי, כגון חומר הקריאה, חומר הכתיבה או חומר החישוב;

ה ת ח ו ם ה ש נ י : הסביבה הסמוכה למטרת הראייה, כגון השולחן;

ה ת ח ו ם ה ש ל י ש י : הסביבה הרחוקה ההיקפית למ-טרת הראייה, כגון התקרה, התקרות, הרצפה.

היחס המקסימלי בין הבהיקויות של שלשת התחומים האלה יהיה:

— 1:3, בין בהיקותו של התחום הראשון לבין בהיקותו של התחום השני;

— 1:5, בין בהיקותו של התחום הראשון לבין בהיקותו של התחום השלישי.

# שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן 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.

נזר ושלח

## גלוית-דואר

השולח:

לכבוד

חברת החשמל לישראל בע"מ  
מערכת "התקע המצדיע"

ת.ד. 25

תל-אביב.

## 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 \_\_\_\_\_

## שרות פרסומי

### לתשומת-לב המפרסמים!

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 — 1400.— ל"י

" 1/2 — 700.— "

" 1/4 — 350.— "

ההדפסה היא באופסט

(אין צורך בגלופות)

ג ז ר ו ש ל ח

## גלוית שרות לקוראים

(נא מלא בכתב יד ברור)

שם \_\_\_\_\_

מקום העבודה: \_\_\_\_\_

המפעל/חברה/מוסד \_\_\_\_\_

הכתובת: \_\_\_\_\_

מספר

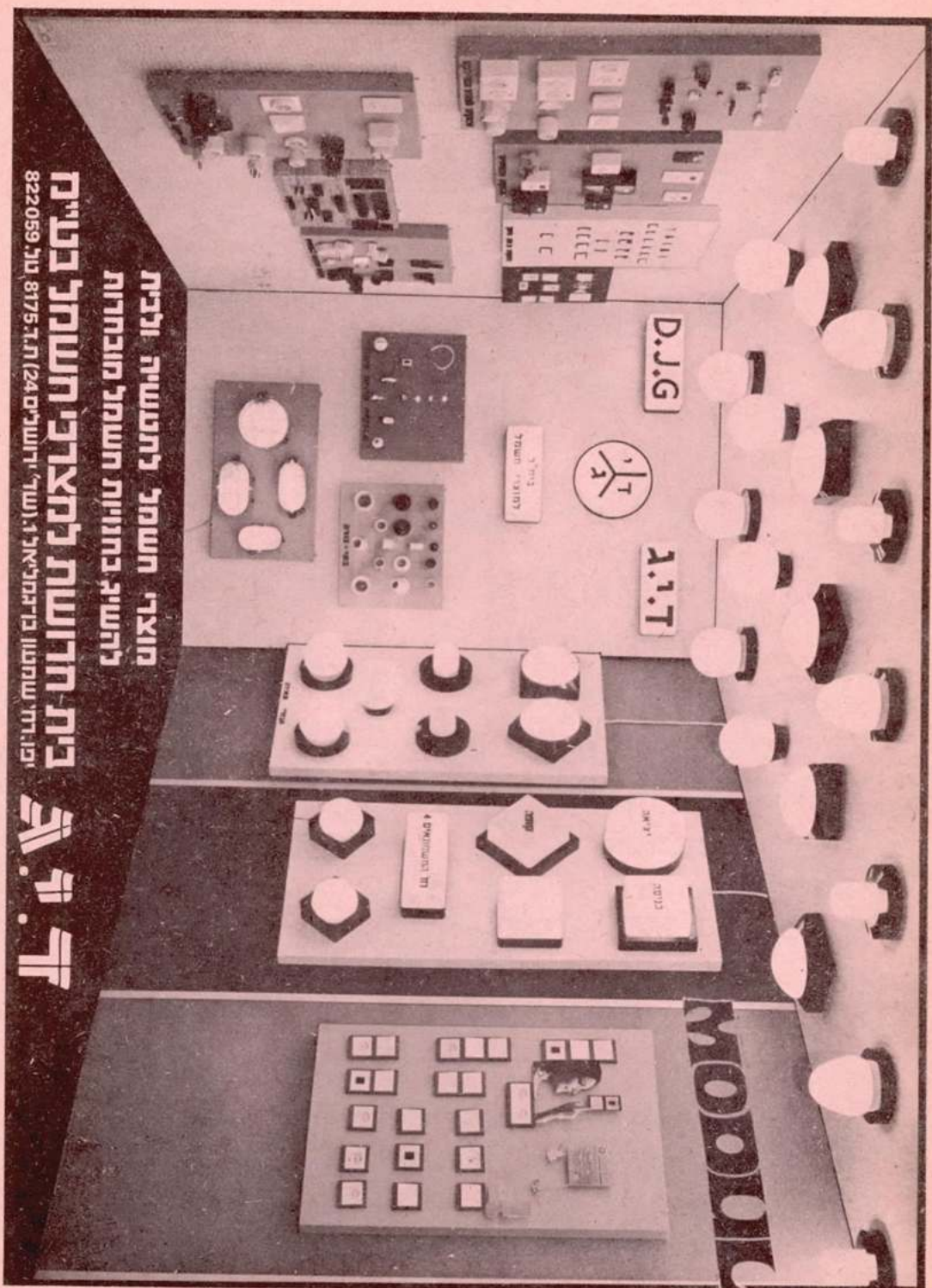
רחוב/שכונה

עיר \_\_\_\_\_ מיקוד \_\_\_\_\_

הואיל נא לסמן עיגול סביב מספרי המודעות בהן יש לך ענין  
במידע נוסף.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

הערות:



מוצרי השתל לתמסיה ולגיה  
 להשיק בחנויות השתל מוצחרות

בית מדרשת להמצר'י השתל בנ"ים  
 יפו: דודי שומרון בן-גמליאל 1 (שול) ירושלים 24 ת: 8175.7 עול: 822059





**התשובה  
לבעיות  
מתוג חשמלי...**

...שילוב של

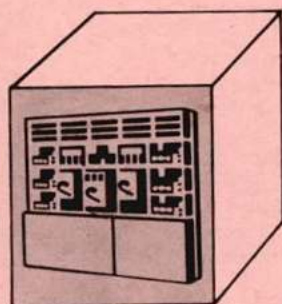
ציוד מטולה

ובצוט מושלם

**KLÜCKNER-MOELLER**

יצרני ציוד ולוחות

בקה ובקוח חשמלי.



\* דרוש את רשימת חוברות האיפורמציה הטכנית  
המופצת על ידינו.

**קצננטיין, אדלר ושות' בע"מ**  
תל-אביב, דרך פתח-תקוה 37 טל. 614 668 (5 קוים)



הרינו מתכבדים להביא בזה חלק מרשימת המוצרים שחברתנו מספקת למוסדות רבים בארץ.

**\* רבי מודדים**

מיועדים לאלקטרוניאים וחשמלאים. בעלי רגישות גבוהה של  $20K\Omega/V$ ,  $50K\Omega/V$ ,  $100K\Omega/V$  וכן זרמים של החל מ- $10\mu A$  ועד 10A ז"י וז"ח מוגנים בפני עומס יתר וזעזועים מכאניים —

**\* מדי הספק**

חד פאזיים ותלת פאזיים. בעלי דיוק של 0.5% לזרמים של עד 25A, מתחים של 120V, 240V ו-480V ומקדמי הספק של 0.2 ו-1.

**\* אמפרמטרים, וולטמטרים (פנלמטרים)** לתחום רחב של זרמים ומתחים

**\* אוסצילוסקופים**

חד-ערוצים ודו-ערוצים במגוון רחב.

**\* מד גורם הספק COS  $\Psi$  METER**

**\* דקדות נגדים, קבלים ומשרנים**

**\* שנאים משתנים (וריאקים)**

**\* בודק בידוד ("מגר")**

**\* פוטו-טכומטר**

**\* אמפר-מטר צבת**

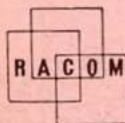
**\* בודק הארקה**

**\* לוקס מטר**

**\* גשר ויטסטון**

**\* ראוסטטים**

**\* שואבי בדיל**

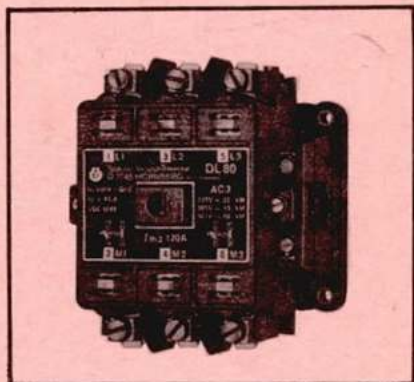


ראקום אלקטרוניקה בע"מ  
RACOM ELECTRONICS CO. LTD.

רחוב פנקס 60, תל-אביב, טלפונים 78-443126

**אויס**

**מגעוני איכות**



עד ל-270 קילוואט (AC3)

עד ל-600 אמפר (AC1)

עד ל-3 מיליון פעולות

(ב-1000 פעולות לשעה)

מתח סליל נומינלי 330 וולט

הסוכן הבלעדי:

**KOCH**

קוך הנדסה בע"מ

ת.ד. 61060, ת"א

המשווק:

**אטקה בטח**

בני-ברק רח' בר-כוכב 6,

טל: 78 24 65, 78 27 18-03

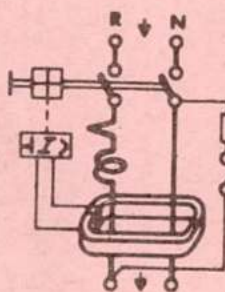
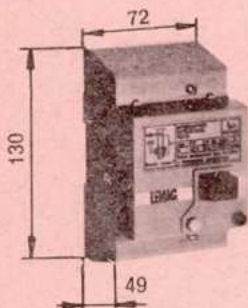
GILGAL COMMERCIAL LTD. גלגל מסחר בע"מ

34 Yaffo Road, P.O.B. 620, Haifa - Tel. 04-521785 טל. חיפה - ת.ד. 620, חיפה

המפסק

LEMAG D.M. 2

מפסק "חשמגן" עם הגנה טרמו מגנטית להגנה בפני התחשמלות והגנה ליתרת זרם 25 אמפר, V. 220



נתונים טכניים D.M.2

2 זרם חילופין, 220 V  
25 A  
30 mA  
פחות מ-30 מילישניות  
בין 15 ל-30 mA יש  
50 Hz  
עד 16 מ"מ  
יותר מ-20.000 פעולות  
פי 5 עד 6.5 מזרם נקוב  
מעל 4500 A  
פחות מ-10 מילישניות  
באמצעות לחצנים  
אפור  
גרם 450

מספר קטבים מתח זרם נקוב רגישות לזרם פת זמן ניתוק דיפרנציאלי תחום זרם ניתוק דיפרנציאלי סוג אוטמוספירה תדירות גודל חדקי חיבור אורך חיים גודל הזרם לניתוק המפסק האוטומטי עצמת ניתוק ב-V 220 זמן ניתוק הפעלה-הפסקה צבע משקל

סימן

סרגל חישוב מקצועיים

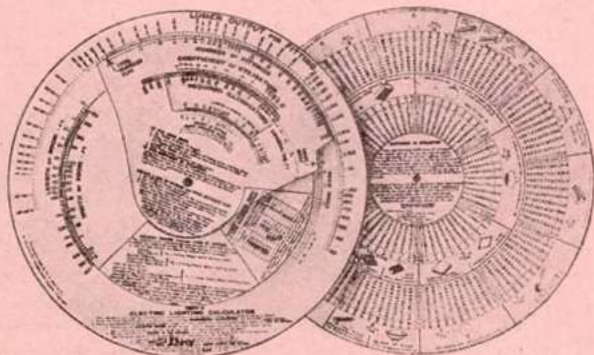
טל. 793255

\*

רמת-גן, רחוב חיבת ציון 23

למתכננים ועוסקים בתאורה!

ניתן להשיג סרגל חישוב תאורת פנים ELECTRIC LIGHTING CALCULATOR הסרגל מיוצר ע"י חב' 'מיר' מכריטניה, תחת חסות המועצה הבריטית לתאורה.



בעזרת הסרגל ניתן למצוא:

\* מספר וגודל גופי התאורה

\* אינדקס החדר

\* מקדם הנצילות

מקדם אחזקה של 0.8 נלקח בחשבון בתוצאה הסופית.

מחיר הסרגל - 150 ל"י

וניתן להזמינו בדואר גוביינא.





## אסטרוגל בע"מ

מכשירי בקרה, אוטומציה וחלקיהם  
 חלקי חשמל ואלקטרוניקה  
 מכשירי מדידה  
 ציוד חשמלי מוגן התפוצצות  
 גופי תאורה חרקורים  
 מערכות איתור אנשים וטלויזיה תעשיתית.

אספקה מהמלאי וביבוא מיוחד - יעוץ טכני  
 קטלוג/מחירון-מלאי וקטלוגים מפורטים לפי דרישה.

ה"א אייר 10 (ככר המדינה) תל-אביב טל. 26 25 59, 26 20 49

## מפעל ק.מ.א.

קיבוץ לוחמי הגיטאות

מייצר:

קבלים

קונדנסטורים חשמליים

עבור:

- \* תאורה פלורסצנטית
- \* מנורות כספית
- \* מנועי חשמל
- \* טלפון ומרכזיות
- \* קבלים אלקטרוליטיים
- \* למנועים חד-פזיים

ק.מ.א. - לוחמי הגיטאות

קונדנסטורים ואלקטרוניקה

קיבוץ לוחמי הגיטאות, דאר נע אשרת

טלפון 920022

## CAPACITORS



**KAMA**  
LOCHAMEI HAGETAGT

# התכנית להמשך ימי העיון - התקע המצדיע" בע"פ

ימי עיון למהנדסים „התקע-המצדיע" בע"פ

תכנית ימי העיון : -

## 1. בתל-אביב (מלון בזל 20.11.75)

08.45 — 08.15	התכנסות ורישום.
08.45 — 09.00	דברי פתיחה — מר ש. הוך מנהל מחוז הצפון.
09.00 — 09.30	פיתוח מערכת החשמל בישראל על רקע משבר האנרגיה — אינג' י. לב-ער, המהנדס הראשי.
09.30 — 10.15	העקרונות הבסיסיים לתעופי החשמל — מר א. גולינסקי, סגן מנהל האגף המסחרי.
10.15 — 10.45	הפסקה וכבוד קל.
10.45 — 11.30	דרישות לגבי תנאי חיבור של צרכנים מיוחדים (תגורי קשת, תגורים אידוקטיביים, עגורנים, מנועים גדולים) — אינג' ב. גודוביץ מחלקת הצרכנים הטכנית, מחוז הצפון.
11.30 — 12.15	תכנון האספקה לפרויקטים בעלי אופי מיוחד. (התחנה המרכזית בחיפה, בתים רבי קומות בזרנאליה, חיבורים תת קרקעיים לישובי רמת הגולן) — אינג' צ. אביתר, מנהל ענף החיבורים לבתים, מחוז הצפון.
12.15 — 13.00	הכללים החדשים בדבר תשלומי המזמינים — י. יערי, האגף המסחרי.
13.00 — 14.00	הפסקה לארוחת צהרים.
14.00 — 16.00	רב שיח — יחסי הגומלין בין חברת החשמל והמהנדסים (מתכנים, יועצים, מהנדסי תפעול, מהנדסי תחזוקה), בהשתתפות נציגי הנהלת החברה.

## 2. בחיפה (מלון דן-כרמל 24.12.75)

08.45 — 08.15	התכנסות ורישום.
08.45 — 09.00	דבר פתיחה — אינג' ר. זאמן מנהל מחוז הדרום.
09.00 — 09.30	משק החשמל בישראל עבר, הווה ועתיד — מר א. עמיעד, המנהל הכללי.
09.30 — 10.15	העקרונות הבסיסיים לתעריפי החשמל — מר א. גולינסקי, סגן מנהל האגף המסחרי.
10.15 — 10.45	הפסקה וכבוד קל.
10.45 — 11.30	חיבורים במתח גבוה — אינג' ה. גינדס סגן מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית, מחוז הדרום.
11.30 — 12.15	תכנון האספקה לפרויקטים בעלי אופי מיוחד. (מגדל שלום, ימית, התחנה המרכזית בת"א, דיזנגוף סנטר) — אינג' מ. זיסמן מנהל ענף החיבורים לבתים, מחוז הדרום.
12.15 — 13.00	הכללים החדשים בדבר תשלומי המזמינים — אינג' י. טראוב, מנהל האגף המסחרי.
13.00 — 14.00	הפסקה לארוחת צהרים.
14.00 — 16.00	רבשיח — יחסי הגומלין בין חברת החשמל והמהנדסים (מתכנים, יועצים, מהנדסי תפעול, מהנדסי תחזוקה), בהשתתפות נציגי הנהלת החברה.

\* עם סיום הסדרה למהנדסים אנו מתכננים סדרת ימי עיון שניה. המעוניינים לקבל הזמנות לימי העיון — „התקע-המצדיע" בע"פ, מתבקשים למלא את התלוש ולשלחו לפי כתובת המערכת.

אני מעוניין להשתתף ביום העיון לחשמלאים/למהנדסים (מחק את המיותר).  
אבקשם לשלוח אלי הזמנה מפורטת.

שם \_\_\_\_\_ כתובת \_\_\_\_\_

## מאמץ הראייתית

המחקרים הוכיחו, שעם העלאת רמת ההארה של המטרה הראייתית, עולים המהירות ודיוק הביצוע, אך יחד עם זה גדלה גם סכנת סינוור ותחושת אי-נוחות.

בתקני חוץ לארץ מקובל, שמבחינת, רמות הארה מומלצות, יש לחלק את העבודות השונות בתעשייה כדלקמן:

1. בקבוצות 1 — לפי המאמץ הראייתית הנדרש לפי דרגות העדינות הדרושות בעבודה, והמגדרות לפי הניגוד ולפי גודל הפרט;

2. ברשימות — לפי רשימות מושלמות ככל האפשר, בהתאם לסוגי ענפי תעשייה שונים ותהליכי עבודה וייצור למיניהם.

מתוך סקר טרנספרסטיבי על רמות ההארה המומלצות במהירות השונות של תקני חוץ לארץ נמצאו למדים כי

יש נטייה להעלות את רמות ההארה, הודות לשיפורים במי קורות האור ובמנורות. גם בתקן הישראלי הודגשו תנאי ראות טובים כדי לאפשר עשיית העבודה בדיקנות, במהירות ובמינימום של התעייפות וזאת בהתחשב בגודל הפרט שיש להבחין בו, בניגוד שבין הפרט לבין הרקע שלו, בתהליכי עבודה וייצור שונים ובאופי האתר שהעבודה נעשית בו.

התקן מפרט גם סעיפים מיוחדים המוקדשים לאיוון בהירות, בעיות סינוור ואמצעים למיניהם.

התקן אינו דן בעבודות הנעשות בחוץ, כלומר בשטח פתוח. אבל הוא דן בעבודות הנעשות (בחוץ) סמוך למבנים, כגון ברציפי טעינה ופריקה וכן בכל הקשור בבעיות שמירה ובטחון. התקן דן גם במאור הטבעי, בשילובו של המאור הטבעי במאור המלאכותי.

כן דן התקן בשיטות המאור המלאכותי ומבדיל ביניהן כלהלן: — מאור כללי, המיועד להאיר באופן אחיד את חדר העבודה כולו;

— מאור מקומי, שהוא שילוב של מאור כללי אך עם רמות הארה גבוהות יותר במקומות העבודה;

— מאור משוב, שהוא שילוב של מאור כללי עם מאור מקומי, המיועד להאיר את השטח הקטן היחסי של המטרה הראייתית.

התקן דן גם במפעלים נעדרים-חלונות; במקרה זה נחוצה גישה למניעת גורמים פסיכולוגיים שליליים, כגון תחושת הקלאוסטרופוביה וזאת ביצירת אפקטים דימוניים. רמת ההארה תהיה בדרגה אחת גבוהה יותר מזו המומלצת בטבלה ולכן יש לדאוג למשטחים המאפשרים הסתגלות הדרגתית של העיניים.

כיוון שבהיקותו של המשטח נקבעת על ידי מקדם החזרה שלו ועל ידי שטף האור הנופל עליו, וכדי להשיג את יחסי הבהיקות הללו, יש לבחור במקדמי החזרה של המשטחים השונים שבמשרדים בגבולות הנקובים בטבלה המובאת בתקן. כדי להפחית את הסינוור המזוהר, צריך להיות גימור המר שטח קהוי (מאט) ולשם כך יש להימנע משימוש בכיסויים מבריקים על שולחנות העבודה כגון זכוכית ופורמאיקה מב-היקה. יש לדאוג גם למיקומן הנכון של המנורות וגם לשינוי מיקומה של המטרה הראייתית, כך שלא יחדרו קרני אור בלתי רצויים לזווית הראייה הרגילה.

אם משתמשים בחומר לבידוד אקוסטי, לתקרות של משרד, דים, יש לדאוג לכך, שמקדמי החזרה שלהם יהיו בהתאם לטבלה: גם תריסים ואמצעי הצללה אחרים של חלונות צריכים להיות בעלי מקדמי החזרה כשל הקירות.

בעיה אחרת, אשר העסיקה את אנשי הועדה זמן ממושך, היא הישוב הערכים המקסימליים לבהיקות של המנורות והערכת דרגת הסינוור.

במחקרים רבים, שעסקו בקביעת הגורמים המשפיעים על תחושת הסינוור המטרדי, העלו שהסינוור המטרדי תלוי בעיקר בבהיקות של המנורות ובגורמים נוספים כגון: מידות החדר, רמת ההארה, מספר המנורות ומיקומן לכיוון עיני העובדים. בעקבות מחקרים אלה, הוצעו שיטות אחדות של הערכת דרגת הסינוור למאור מלאכותי בבניינים, כהנחות לתקנים למאור בארצות שונות, מתן החשובות:

1. The I.E.S. Glare index system for artificial lighting installation;

2. Limiting curves for the luminance of the luminaires. שרטה 1 — כוללה ב" I.E.S. Code האנגלי משנת 1961, אולם במהדורה משנת 1968 מסתמכים בפרסום מיוחד על השיטה על ידי ה- I.E.S. האנגלי:

"Evaluation of discomfort glare" — Technical report 10 (1967).

שיטה זו מומלצת גם בתקנים למאור פנים בכלגיה, בארצות סקנדינביה ובהודו.

שרטה 2 — שעובדה על ידי זולנר (Soelner) ופורסמה בש"נים 1965-1968 ב" "Lichttechnik" וב" "Light and Lighting". המלצה בתקנים למאור פנים בהולנד, באוסטריה, בגרמניה ובצרפת.

אף על פי ששיטת זולנר עובדה בעבור המנורות המיועדות לשיפורות פלואורוניות (פלואורסצנטיות), נמצא באמצעות ניסויים חדשים, שהשיטה יכולה לשמש גם לגבי המנורות המיועדות למקורות אור אחרים.

כבשאר התקנים, הודגש גם כאן בין היתר גם בעיית המקסימום הדרגתית ובעיית תחזוקת המאור.

## תקן למאור תעשייתית

תקן ישראלי חדש נוסף (הנמצא כעת בשלבי סיום) חל על מאור תעשייתית. תכליתו של תקן זה היא ביצוע של "מטרות ראייתיות" באופן היעיל ביותר הן מבחינת פריור העבודה (תפוקה ואיכות המוצר) והן להבטחת התנאים האר-פטימליים למניעת עייפות ראייתית וכללית, להבטחת ביטחון בעבודה (מניעת תאונות עבודה) ולהענקת רווחה לעובדים. רמות ההארה הדרושות בתעשייה תלויות באופי העבודה שיש לעשותה, בדרגת הדיוק הדרושה, בגודל הפרט שיש להבחין, בניגודים שבין הפרט לבין הרקע (הבדלי בהיקוות וצבע), בהיקות הסביבה הסמוכה למטרה הראייתית ואם המטרה הראייתית היא בתנועה (או לא) — במשך העבודה וב-

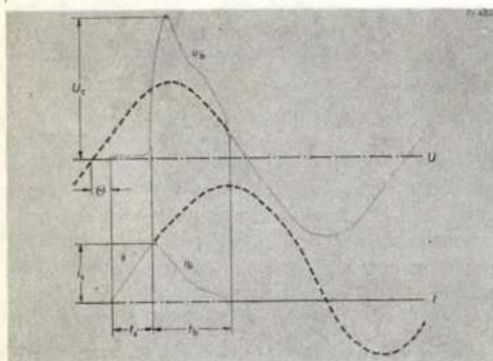


# נתיכים למתח גבוה

אינג' ה. גינדס

כידוע תפקיד הנתיך, הוא להגן על המרכיבים של מתקן החשמל מפני חימום יתר והריסה, אשר נובעים ממעבר זרמים גדולים מדי, דרכם.

3. הגבלת מתחי היתר המופיעים במתקן, בעת ניתוק זרם קצר, כך שלא יהיו מסוכנים כבידוד.



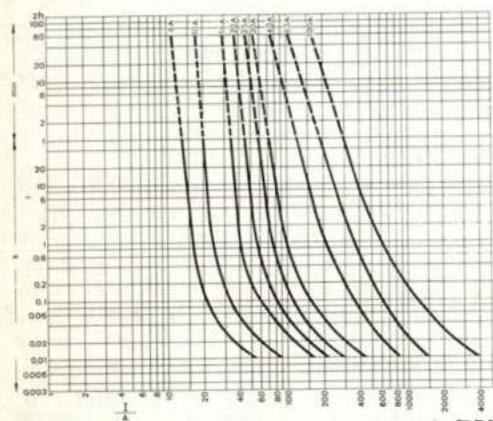
תמונה מספר 3

אוסילוגרם של ניתוק זרם קצר על ידי נתיך מגביל זרם.

מתח מיתוג:  $U_C$  מתח קשת:  $I_B$  זרם שיא בפועל:  $I_S$   
זרם קשת:  $U_B$  זמן קדם קשת:  $t_S$  זמן קיום הקשת:  $t_B$

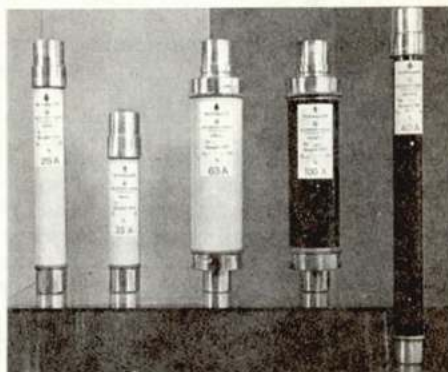
- פעולת הנתיך לא תגרום נזק כלשהוא בסביבתו.
- הנתיך יהיה מסוגל לנתק זרמי יתר, קטנים, עד כמה שאפשר.
- על הנתיך לשמור, עד כמה שיותר, על אופיין התכה בלתי משתנה עם הזמן.

זמן



תמונה מספר 4

אופיין התכה של נתיכים מתח גבוה.



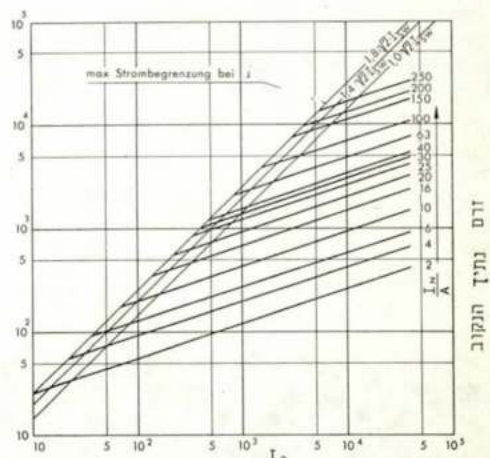
תמונה מספר 1

נתיכים למתח גבוה, לבנים — למתקנים פנימיים  
כהים — למתקנים חיצוניים.

## תכונות הנתיך

מן הנתיך נדרשות התכונות להלן:

- כושר ניתוק גבוה על-מנת להפסיק ללא תקלות את הספק הקצר המופיע בהדקי המתקן.
- כושר הגבלת זרם הקצר בפועל, וכתוצאה מכך הקטנה משמעותית של המאמצים האלקטרודיניים מיים והטרמיים במתקן. לפיכך, קטנים אף הסיכונים של שריפה ושל פגיעה בנפש וברכוש. (ראה תמונה מס' 2).

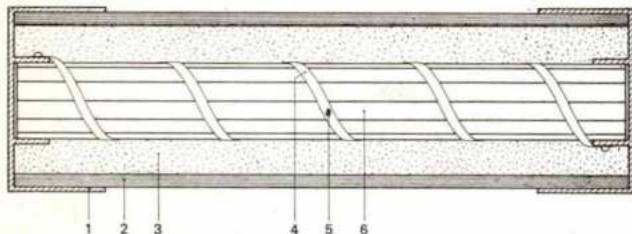


תמונה מספר 2

הגבלת זרם הקצר על ידי נתיך מתח גבוה.

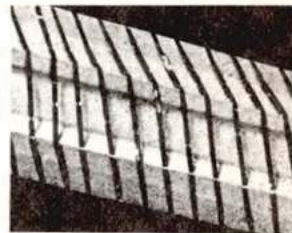
## מבנה הנת"ך

המבנה של נת"ך למתח גבוה אינו שונה עקרונית מזה של נת"ך למתח נמוך. אלמנט ההתכה עשוי מפסים של כסף, שעוקים בתוך מלוי של חול מקורוץ נקי, אשר גרגריו אחידים וקטנים.

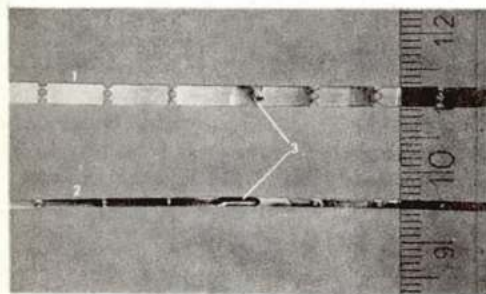


תמונה מספר 5

1. כיפה, 2. צינור בידוד עמיד בפני לחץ וחום, 3. חול לכבוי הקשת, 4. אלמנט ההתכה, 5. חומר להורדת נקודת ההתכה של הכסף, 6. בסיס קרמי בעל צלעות לנשיאת האלמנט.

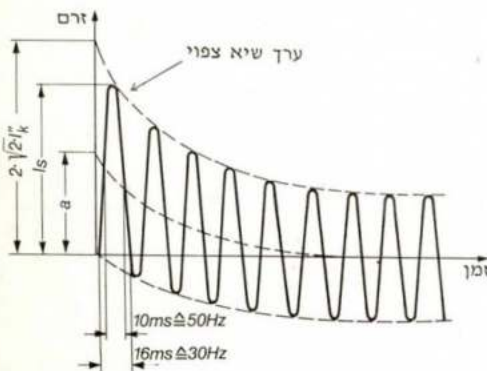


של המתכת, כפי שהדבר נהוג בנתיכים למתח נמוך. מאידך נתיכים מסוג זה נוטים להזדקן (ageing), הינו אופני ההתכה שלהם משתנה עם הזמן.



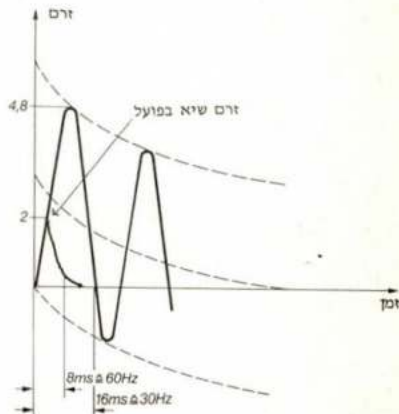
תמונה מספר 6

טרס כסף של אלמנט ההתכה. אפשר להבחין (3) בחומר להורדת נקודת ההתכה של הכסף במקרה של זרם יתר.



תמונה מספר 7

a: מרכיב של זרם ישר הגודל הנקוב של הנת"ך באמפרים.



## עקרון הפעולה

הניתוק, העלולים לפגוע בבידוד המתקן המוגן, על כן, מתוכנן נתיך טוב, כך שיהיה פשרה סבירה בין הצורך לנתק את הקצר במהירות והצורך להגביל את מתח היתר המופיע בעת הניתוק. פעולת הנתיך בעת ניתוק זרמי יתר קטנים, שונה בתכלית מפעולתו בעת ניתוק זרמי קצר. המעבד רים הצרים בסרטים של אלמנט ההתכה, פועלים בטור כאשר זרם הקצר הינו בעל עוצמה גדולה, כך שקרורם בזמן קדם-הקשת (pre-arcing) קטן ביותר. בפועל מצאו כי זרם קצר כזה שווה ל-8 פעמים הזרם הנקוב של הנתיך או יותר. כשזרמי היתר קטנים יחסית, נהיה הקירור של המעבד רים הצרים, בזמן הארוך של קדם-הקשת לבעל משמעות. במקרה זה, לאחר תקופת חימום ארוך כה יחסית, מתחילה פעולת ההתכה של האלמנט במרכזו, מאחר וזהו המקום החם ביותר של הסרט, בגלל רחוקו מכיפות הנתיך מוליכות החם. במצב זה, אין לצפות לשיתוף פעולה בין המעבד ברים הצרים, כפי שהדבר קורה בעת קצר. כדי להתגבר על הבעיה, מוסיפים מספר יצרנים, בני קודה האמצעית של הסרטים תרכובת מיוחדת לתרכובת יש אופן זרם-זמן הגורם להתכתה ביתרת הזרם שנקבעה, ולחזירתה בתוך המתכת של האלמנט. כתוצאה מכך גדלה ההתנגדות של המתכת בנקודה האמצעית של הסרט שניתכת במהירות. יצרנים אחדים מתנגדים לשימוש בשיטה הנ"ל, בהדגישם כי היא גורמת להזדקנות (ageing) מוקדמת של הנתיך.

תהליך הפעולה של הנתיך, תלוי במידה רבה בצפיפות הזרם באלמנט ההתכה, הינו ביחס שבין הזרם אשר יש להפסיק, לבין החתך של האלמנט. החתך של האלמנט נקבע בהתאם לגודל הזרם הנקוב של הנתיך.

כשזרם הקצר גדול יחסית, מספיקה, בדרך כלל, צפיפות הזרם לחתוך את האלמנט, לפני שהזרם מגיע לערך הצפוי המירבי. זהו ערך השיא שאליו היה מגיע זרם הקצר, לולא היה מתקן הנתיך במעגל.

במעברים הצרים של הפסים, ניתכת המתכת של הסרטים ומתאדה. במקומות אלה ניצרות שורה של קשתות המחלקות את המתח באופן פחות או יותר שווה.

חומר הכיבוי החולי מפזר את האדים המתכתיים ומקצרם ביחד עם הקשתות (נגרמת דיאיוניזציה יעילה) כתוצאה מכך, מיד עם איבוד חלקי הסרטים, המתח של הקשתות הינו גבוה יחסית. עם התקדמות התהליך, עולה הטמפרטורה של חול הכיבוי והמתח על הקשתות יורד. אם הנתיך מתוכנן כראוי נשאר המתח על הקשתות, בכל עת התהליך, גבוה מן המתח הרגעי של ההזנה. דבר זה מאפשר ניתוק מהיר של זרם הקצר. בלשון אחר, ככל שהמתח על הקשתות גבוה יותר ונשמר כך כל זמן קיומו, כך ייבוצע הניתוק באופן מהיר יותר. מאידך, יש לדאוג לכך שמתח הקשת לא יעבור על ערך מסוים, על מנת למנוע הופעת מתחי יתר בזמן

## ציון כושר ניתוק מינימלי ומתח מקסימלי של הנתיך.

מתח נומינלי		זרם נקוב	כושר ניתוק	המידות		המשקל	כושר הניתוק המינימלי			
				d mm	e mm		נתיך מטפוס HHC		נתיך מטפוס HHFC	
U <sub>Nu</sub>	U <sub>No</sub>	I <sub>N</sub>	I <sub>a</sub>				I <sub>min</sub>	Nr.	I <sub>min</sub>	Nr.
kV	kV	A	kA <sub>eff</sub>			kg	A		A	
6	7.2	6	40	50	192	0.9	12	5381	12	5386
		10					20			
		16					34			
		20					45			
		25					62			
		30					80			
		40					100			
63	165	5491	> 165	5396						
100	280	> 280								
6	7.2	6	40	50	292	1.2	12	5382	12	5387
		10					20			
		16					34			
		20					45			
		25					62			
		30					80			
		40					100			
63	165	5392	> 165	5397						
100	280	> 280								

טבלה מס' 8

## בדיקות כושר ניתוק

לפי התקן הבין-לאומי שהוזכר לעיל, חייב הנתין להפסיק:—

1. זרם הקצר הצפוי המקסימלי המובטח ע"י היצרן (כושר ניתוק מקסימלי).

2. זרם הקצר הצפוי הגורם להופעת אנרגיית קשת מירבית. בדרך כלל אנרגיה זו מתקבלת עם זרם קצר צפוי השווה ל-50 פעם הזרם הנקוב של הנתין.

3. זרם היתר הגורם להתכת האלמנט תוך שעה אחת, עבור נתיכים לשימוש כללי, וזרם היתר המינימלי המובטח על ידי היצרן עבור נתיכים משולבים.

מן האמור בסעיף 3 דלעיל, יוצא כי הנתין אינו חייב להיות מסוגל להפסיק זרם יתר שערכו גדול מן הזרם הנקוב של הנתין אך קטן מן זרם היתר המוגדר ככושר הניתוק המינימלי שלו. זרם בגודל כזה עלול, עם הזמן, לגרום להתפתחות טמפרטורות גבוהות ביותר בתוך הנתין, נקודת ההתכה של הכסף הינה  $960^{\circ}\text{C}$ , ובסופו של דבר להריסתו. על מנת למנוע העברת זרמי יתר ממושגים כים מן הסוג הנ"ל, יש להטיל את ההגנה בפניהם על אמצעי אחר. למשל, כשמדובר בהגנה על שנאים, יוטל הדבר על ההגנות לזרם יתר מצד המתח הנמוך.

### 4. נתיכים עבור שנאי הספק.

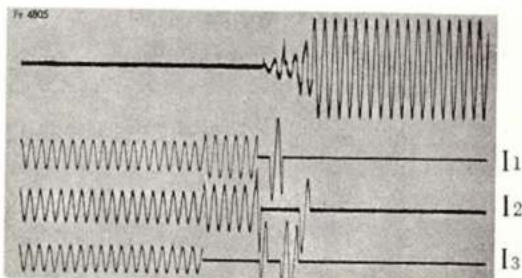
יש להבטיח כי זרמי הזניקה Inrush Current של השנאים המוגנים על ידי נתיכים, לא יגרמו להתכה כלשהיא של האלמנט. אחרת ייתכן חלק קטן מאוד מן הסרט מכיוון והזרם נמשך זמן מועט. אם לאחר מכן, מועמס השנאי בזרם ממושך קטן יחסית, יהווה זרם זה, שהינו חלק מן הזרם הנקוב של הנתין, עומס יתר לגבי האלמנט שחטכו צומצם. לפיכך תפתח קשת בעלת מתח קיום נמוך יחסית. הקשת בנתין תמשיך להתקיים והתכת הסרטים תמשך בקצב איטי מאוד. חול המלוי לכבוי הקשת יתחמם לדרגה כה גבוהה, עד שלא ניתן יהיה להפסיק את הזרם.

בדרך כלל אין מבחינים בתקלה המתוארת לעיל, מאחר ומתח הקשת של הנתין נשאר נמוך ולא מורגשים שנויים במתח מצד המתח הנמוך של השנאי. יתר על כן, הנתין אינו מראה סימנים חיצוניים של קלקול. רק לאחר תקופה ארוכה יחסית, הנמשכת לפעמים מספר ימים, ניזוק הנתין במידה הנורמת להופעת סימני שריפה, אשר בסופו של דבר עלולה להתפתח לקצר ביו פזות, ו/או בין פזות לאדמה, ולהרס הנתין באופן הע" שוי לפגוע בצידוד או בנפש.

בדרך כלל, נתיך בעל אלמנט התכה עשוי מסרט אחד אינו מסוגל להפסיק זרמי יתר. כדי להשיג את ההגנה הזו, משתמשים באלמנט התכה מורכב ממספר סרטים. במצב של מעבר זרם יתר, ניתכת לאחר זמן, הנקודה האמצעית של אחד הסרטים. מתלווה לכך הופעת קשת בלתי משועותית, מאחר והזרם מועבר אל יתר הסרטים. תהליך ההתכות והעברות הזרם מסרט נתיך לסרטים הנותרים נמשכת עד שנותר הסרט האחרון. אם נניח שכושר הניתוק המינימלי של הסרט שווה למשל ל-8 פעמים הזרם הנקוב של הנתין, ושאלמנט ההתכה מורכב מ-4 סרטים מקבילים, יצא שביתרת זרם השווה לפי שניים של הזרם הנקוב, יוכל הסרט האחרון שנותר שלם להפסיק את הזרם. הודות לצפיפות הזרם הגבוהה בסרט האחרון, ניתן סרט זה בכל המיצויים הפועלים בטור, וההפסקה מתבצעת כראוי. קורה והסרטים שניתכו ראשונים, ניתכו לאורך קטע סרט כה קצר, עד כי הקשת ניצתת שוב על גביהם למחזור או שניים, אך בסופו של דבר גם הם ניתכים לאורך מספיק גדול ומפסיקים את הזרם, (ראה תמונה מס' 9) כאן יש בקום להזכיר כי פרסום I.E.C. מס' 1-282, הודן בנתיכים למתח גבוה, מגדיר שני סוגים של נתיכים:—

1) נתיכים מגבילי זרם לשימוש כללי, המסוגלים להפסיק את כל הזרמים הכלולים בין כושר הניתיך הנקוב המקסימלי, לבין הזרם הגורם להתכת האלמנט תוך שעה אחת.

2) נתיכים מגבילי זרם משולבים (Back-up fuse), המסוגלים להפסיק את כל הזרמים הכ"ולים בין כושר הניתוק הנקוב המקסימלי, לבין כושר הניתוק הנקוב המינימלי. נתיכים מסוג זה פועלים בדרך כלל בשילוב עם מפסק זרם.



תמונה מספר 9

הפסקת יתרת זרם ע"י נתיך מ"ג בעל אלמנט התכה מורכב מ-3 סרטים, I3 — נפסק ראשון. I1 — שני. I2 — אחרון, לאחר מכן הצעות חוזרות בי"ג ו"ו. I1, I2, I3 מתח

## לוח מוצע להבטחות של שנאים

מתח הספקה נקוב  kV	ה ס פ ק ש נ א י									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
	ג ו ד ל ה נ ת י כ ב א מ פ ר י מ									
3	63	63	100	100						
5	30	40	63	63	100	100	100			
6	30	40	63	63	63	100	100	100		
10	20	25	30	40	40	63	63	100	100	100
12.5	16	20	25	30	30	40	63			
15	16	16	20	25	30	40	63	63	100	100
20	10	16	16	20	25	30	40	40	63	100
25	10	10	10	16	20	25	30	30	40	63
30	6	10	10	16	20	20	25	30	40	63

### טבלה מס' 10

א. המתח הנקוב של הנת"ך צריך להיות שווה למתח הנקוב של הרשת. מתח נקוב של הנת"ך נמוך מדי, עשוי לגרום תקלות בעת ניתוק הזרם. הדבר נובע מן העובדה שמתח הקשת יהיה נמוך מדי במקרה של קצר ובמקרה של זרם יתר עלולה העמידה הדיאלקטרית של הנת"ך להיות בלתי מספקת. מאידך מתח נקוב של הנת"ך גבוה מדי, עשוי לגרום להופעת מתחי יתר בעת ניתוק הזרם, אשר עלולים לפגוע בבידוד המתקן.

ב. היחס בין גודל הנת"כים הראשיים של השנאי, מצד המתח הגבוה, לבין גודל הנת"כים או ההי"נ נות מצד המתח הנמוך, צריך להבטיח כי במקרה של עומס יתר, או קצר, המתרחש אחרי הגנות המתח הנמוך, ינקו האחרונים את זרם התקלה, ולא יחול שנוי בראשונים.

ג. מצד המתח הגבוה יש לבחור בנת"כים שלא יושפעו על ידי זרמי הזניקה Inrush Current בזמן חיבור השנאי.

ד. יש לשים לב לכך שהנת"כים שעומדים להת-קנה, לא יניזקו מבחינה מכנית. העברת נת"כים ממקום למקום על רצפות של מכוניות ללא הגנה מספקת, עלולה להביא בסופו של דבר לפגיעה וניתוק של חלק מסרטי אלמנט ההתכה. מאותה סיבה אין ממליצים על השימוש במפסיקים למתח גבוה שבהם הנת"כים מותקנים על הסכינים. אומנם, מרוויחים מקום והמתקן קומפקטי יותר, אך מטלטלים את הנת"כים בכל הפסקה וחיבור. ה. אחרי קצר תלת-פזי הגורם לשריפת שניים

התופעה שתוארה לעיל, עלולה להתרחש בנת"כים שבהם נקרעו סרטים כתוצאה מפגיעה מכנית, מר-עידות או מחבטות בעת השימוש. עוד תופעה הראויה לתשומת לב נובעת משימוש בנת"כים לאחר קצר תלת-פזי. במקרה זה, לעתים קורה ששני נת"כים בלבד נשרפו בעוד שהנת"ך השלישי נראה, לכאורה, במצב תקין. השיטה של וודוא תקינות הנת"ך השלישי, באמצעות מעגל עם נורה, פעמון, או באמצעות מגר לבדיקת בידודים פסולה, ואין להשתמש בה. אם רוצים לבדוק את מצב הנת"ך השלישי, יש צורך למדוד את התנגדותו באמצעות גשר טומסון למשל, או למדוד את נפילת המתח על הנת"ך בזרם נקוב. יש להשוות את הערכים שנמדדו עם אלה של נת"ך מאותו דגם ומאותו זרם נקוב. השימוש החוזר בנת"ך הישן, מבלי לבדוק כאמור לעיל, עלול להוביל לתוצאות הרות אסון. הסיבה לכך נעוצה באפשרות כי ייתכן והאלמנט התחיל להנתק בעת הקצר, ובזמן חיבור השנאי גרם זרם הזניקה Inrush Current

להתכתו בנקודה אחת והתהליך שתואר קודם לכן מתרחש שוב. האמור לעיל מורה כי אין להש-תמש בנת"כים בעלי זרם נקוב קטן מדי, אך באותה מידה אין להשתמש בנת"כים בעלי זרם נקוב גדול מדי לגבי נתוני הקצר של הרשת במקום ההת-קנה. במילים אחרות, אסור שזרם קצר בהדקי היציאה של השנאי מצד המתח הנמוך, ייראה כזרם יתר ממושך לנת"כים שמצד המתח הגבוה.

לסכום כשבאים לבחור נת"כים למתח גבוה, מן הראוי לזכור את הנקודות להלן: — מתוך שלושת הנת"כים, רצוי להחליף גם את



ח. בחירת גודל הנתכים של שני הספק, יש לקבוע לפי הזרם הנקוב של השנאי, זרמי החש שלו ודרישות הברירה (Selectivity) של המתקן. לבסוף יש להדגיש, כי בפועל מראה הנסיון שמעט מאוד תקלות נגרמות על ידי הנתכים. מספר התקלות יפחת עוד יותר אם האחראים על המתקנים יקחו בחשבון את התכונות והמגבלות של הנתכים כפי שתוארו לעיל.

הנתיך השלישי, ולא, יש לוודא באמצעות מכשירים מדויקים כי הנתך הותר לא נפגע מן הקצר. ו. ברשתות בעלות עכבה גבוהה יחסית, היינו זרם קצר נמוך יחסית, יש להמנע משימוש בנתיכים בעלי זרם נקוב מופרז. ז. כאשר באים לבחור נתיך מתח גבוה מתוצרת מסוימת, יש לזכור כי כושר הניתוק של הנתך בזרמי יתר קטנים, הינו בעל חשיבות ראשונה במעלה. מספר יצרנים יכולים להבטיח כושר ניתוק בזרמים שבין פי-2 ל-2.5 פעם הזרם הנקוב של הנתך.

## הודעות המערכת

### האוגדן לכריכת „התקע-המצדיע“

האוגדן נשלח כבר לכל החשמלאים אשר הזמינו ושילמו עבורו. הרינו להבהיר כי האוגדן נועד לכריכת החוברות — הקודמות, 1—10; או הבאות, 11—20 (נע"י סדור מיוחד אשר אינו מחייב את ניקוב החוברות).

החשמלאים אשר הזמינו ושילמו עבור האוגדן ולא קיבלוהו עדיין מתבקשים לפנות למערכת ולציין את מספר הקבלה. נותר לנו עדיין מספר מצומצם של אוגדנים והמעוניינים מתבקשים לפנות למערכת בצרוף המחאת דאר/שיק ע"ס — 6 ל"י.

### קובץ „התקע-המצדיע“

אנו מצטערים ומבקשים סליחת החשמלאים אשר הזמינו ושילמו עבור הקובץ ולא קבלוהו עדיין והרינו להבהיר: —

לאור הדרישה הרבה לחוברות הקודמות אשר אזלו כבר מזמן, החליטה המערכת להוציא לאור קובץ שיכלול את החוברות, הקודמות לא בצורת חוברות בודדות, אלא בספר הכולל את כל המאמרים שפורסמו בחוברות 1—10 כשהם מסווגים לפי נושאים כגון:

- \* פרקים בתורת החשמל
- \* תאורה
- \* הארקות והגנות אחרות
- \* כבלים ומוליכים
- \* מתקני חשמל
- \* תחזוקת מתקנים ורשתות

הקובץ כולל כ-300 עמודים.

הקובץ נמצא כבר ממש בהדפסה ואנו מקווים כי בקרוב הוא ימצא כבר בידי המזמינים. הקובץ שמחירו נקבע בזמנו ל-15 ל"י ישלח לכל החשמלאים שהזמינוהו ושילמו עבורו מראש את המחיר הנ"ל.

החל מ-1.9.75 נקבע מחיר הקובץ למזמינים החדשים ל-25 ל"י.

# הארקות במתקני מתח גבוה

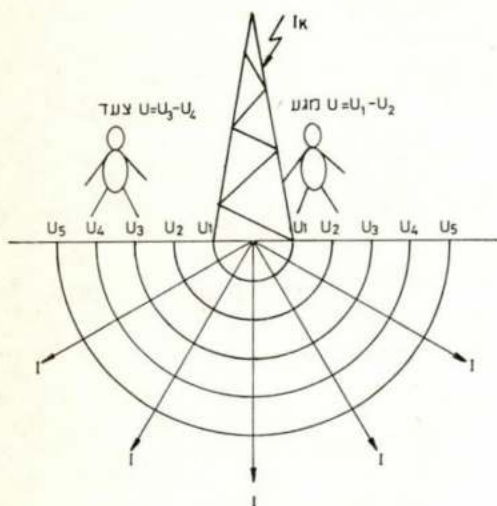
אינג' א. נאוטרה M.Sc.

כאשר מדברים על מתקני מתח גבוה הכוונה, בהתאם לחוק החשמל, היא למתקנים בהם מתח המערכת הוא מעל 1000 וולט. ההתעניינות בכל הקשור במתקני מתח גבוה הולכת וגוברת, ביוחד לאור העובדה שמפעלים רבים מפעילים רשתות עצמיות של מתח גבוה ומספרם הולך ורב בקצב מהיר.

## סוגי הארקה

נקודת ההארקה. גודל מפל מתח זה תלוי במכפלה של זרם הקצר  $I_K$  ושל התנגדות ההארקה  $R_E$  אך הוא אינו אחיד אלא משתנה עם המרחק מנקודת ההארקה, כפי שניתן לראות בציור מס. 1.

$$\begin{aligned} U_1 - U_2 &= \text{מתח מגע} \\ U_3 - U_4 &= \text{מתח צעד} \end{aligned}$$



ציור מס. 1

מתח המגע, כפי שניתן לראות מציור מס. 1, מופיע בין יד אדם הנוגעת במבנה מתכתי ובין רגליו ומתח צעד מופיע בין רגלי אדם הנמצא בקרבת האלקטרודה. התפיסה של הארקות במתח גבוה מבוססת על העקרון לשמור שמתחי הצעד והמגע בכל נקודה במערכת לא יעברו על הגבולות המותרים.

**הגבולות המותרים** של מתח המגע ומתח הצעד נתונים בתקנים השונים בתלות בזמן זרימת זרם התקלה, דהיינו הם תלויים במהירות פעולתה של ההגנה במערכת הנידונה.

כל כמה שזמן זה הוא ארוך יותר, המתחים המותרים הם נמוכים יותר. מתחי מגע מותרים

כמו במתקני מתח נמוך, גם במתקני מתח גבוה מטרת הארקה היא כפולה: הארקות השיטה והארקות הגנה, אך הטכניקה היא שונה במקצת, כפי שנראה בסעיפים הבאים.

**א. הארקות שיטה** (הארקות נקודת הכוכב של טרנספורמטור או גנרטור) בעוד שבמתקני מתח נמוך שואפים שהתנגדות הארקות השיטה תהיה נמוכה ככל האפשר, במתקני מתח גבוה המצב אינו זהה בכל מקרה.

מבחינת הארקות שיטה מבחינים בסוגי הארקה הבאים:

- א. הארקה ישירה.
- ב. הארקה דרך אימפנדס
- ג. הארקה דרך סליל כיבוי.
- ד. שיטה מבודדת (ללא הארקות שיטה).

הארקה ישירה לפי סעיף א' מקובלת במתחים גבוהים 66, 110 ק"ו ולמעלה מזה, וזאת מתוך שיקולים של יציבות במתחי הפזות כלפי אדמה. הארקה בלתי ישירה, לפי סעיפים ב-ד, מטרתה להגביל את זרמי הקצר במערכת.

הארקות שיטה דרך התנגדות של מספר אומים מקובלת ברשתות של 3.3, 6.6 ק"ו הנפוצות ביותר בתעשייה (שיטה ב').

הארקה דרך סליל כבוי (פטרסן) מקובלת ברשתות חלוקה במתחי ביניים של 22-33 ק"ו ומטרתה להקטין את מספר הפסקות הצרכנים עד למיני-מום האפשרי (שיטה ג').

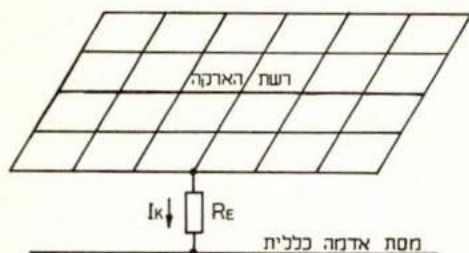
מערכות מבודדות לפי סעיף ד' פחות מקובלות, הן בגלל אייציבות המתחים כלפי האדמה והן בגלל קשיי הגנה במערכת כאלה.

**ב. הארקות הגנה** (הארקות גופים מתכתיים) מטרת הארקות ההגנה היא, כמו במערכות מתח נמוך, למנוע סיכונים מאנשים ולגרום להפסקה מהירה ככל האפשר של מתח הזינה במקרה של תקלה בבידוד של אחד ממרכיבי המערכת.

## מתח צעד ומתח מגע

בזמן תקלה זורם זרם קצר דרך ההארקה המת-אימה לאדמה. מאחר והארקה זו מהווה התנגדות מסוימת כלפי האדמה יוצר מפל מתח סביב

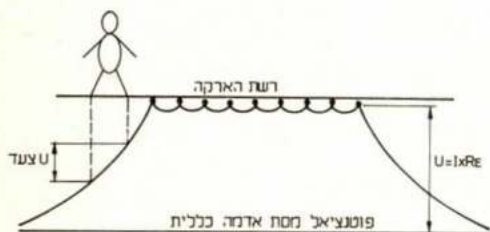
מגע נהוג להכניס בתוך הקרקע בעומק של כ- 60 ס"מ, בשטח התחנה, רשת של מוליכים בצורת שתי וערב המחברים ביניהם בנקודות ההצטלבות (ראה ציור מס' 3).



ציור מס' 3

כאשר זורם זרם  $I_K$  קצר דרך התנגדות ההארקה של התחנה  $R_E$ , עולה פוטנציאל רשת ההארקה כלפי מסת אדמה הכללית בשיעור:  $U = R_E I_K$ . אולם מתחי צעד ומגע בתוך שטח התחנה הם קטנים יותר בגלל רשת ההארקה הגורמת לכך ששטח התחנה כולו הופך למעין שטח אקויופוטנציאלי, דהיינו שווה פוטנציאלי.

דבר זה נכון רק בחלקו משום שבין מוליך אחד למישנהו בתוך רשת שתי וערב נוצרים הפרשי פוטנציאל מסוימים. מסיבה זו מובן שיש לבצע את הרשת עם משבצות בוגלל כזה שמבטיח שערכי מתח צעד ומגע ישארו בגבולות המותרים. בציור מס' 4 מתואר מהלך פוטנציאל ברשת הארקה כנ"ל.



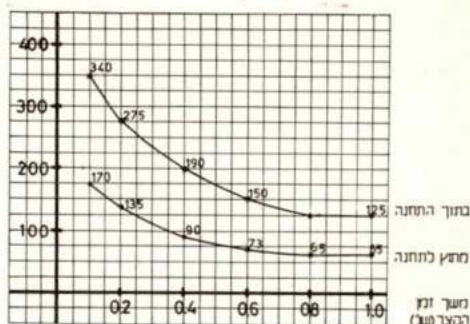
ציור מס' 4

מתוך ציור מס' 4 רואים שמתח צעד ניכר עלול להופיע בקרבת התחנה, זאת יש לקחת בחשבון בזמן תכנון התחנה.

הגורמים המשפיעים על מתח הצעד והמגע הם כדלקמן:

- זרם הקצר
- התנגדות הארקה התחנה.
- צפיפות רשת הארקה בתוך התחנה.
- התנגדות סגולית של הקרקע בשכבה העליונה.

לפי התקן הגרמני מס' VDE 0141/2.64 ניתנים לדוגמה בציור מס' 2. מתח מגע מותר (וולט) לפי התקן הגרמני



ציור מס' 2

מתוך ציור מס' 2 רואים שערכי מתח מגע מותרים בתוך התחנה גבוהים בערך פי 2 מאלה המותרים מחוץ לתחנה. השיקולים לכך הם שסיכויי הפגעות בתוך התחנה הם פחותים עקב לבוש מתאים (נעלים וכו') וערונתם של העובדים בעלי הנסיון לסכנות הקיימות.

הגישה בארה"ב היא מתירנית יותר והיא מתחשבת בהתנגדות הסגולית של השכבה העליונה בתחנה ולכן ערכי מתחי מגע וצעד מותרים ניתנים ע"י הנוסחאות בתקן AIEE-80/1961:

$$\text{מתח מגע מותר: } U = 165 + 0.25 \rho_s / \sqrt{t} \quad (\text{וולט})$$

$$\text{מתח מגע מותר: } U = 165 + \rho_s / \sqrt{t} \quad (\text{וולט})$$

כאשר:

$\rho_s$  — היא התנגדות סגולית של הקרקע בשכבה העליונה באום X מטר.

t — הוא זמן משך הקצר בשניות.

עבור ערכי  $\rho_s$  גבוהים מקבלים מתחי מגע וצעד מותרים גבוהים למדי וזאת מתוך ההנחה שהשכבה העליונה משמשת כעין שטיח מבודד המהווה התנגדות גבוהה בטור עם רגלי העובדים ולכן מקטינה את סכנת ההלם החשמלי.

אבל, גם אם ניקח לדוגמה ערכים גבוליים דהיינו  $\rho_s = 0$ ,  $t = 1$ , מקבלים ערכי מתח מגע וצעד מותרים גבוהים במקצת לפי התקן האמריקאי (וולט  $U = 165$ ) לעומת המתח המותר לפי התקן הגרמני (וולט  $U = 125$ )

### רשת הארקה של התחנה

כדי לשמור על ערכים נמוכים של מתח צעד ומתח

ומוגנים בפני חמצן או פגיעות מכניות כל שהן. אי לכך נוהגים לבצע את החיבורים בתוך תאי בקרת מוגנים, אשר הגישה אליהם אפשרית בכל עת. כמו כן נוהגים לשמור על העקרון שכל גוף מתכתי בתחנה חייב להיות מחובר לרשת הכללית דרך 2 מוליכים לפחות.

### שיקולי בטיחות נוספים

בפרקים הקודמים סוכמו הדרישות הכלליות לגבי רשת הארקה למתח גבוה. כדי להשלים את ה"תמונה רצוי עוד להזכיר מספר עקרונות לשמירת רמת בטיחות גבוהה בתוך אתרי מתח גבוה:

יש לשמור על עקרון שוויון הפוטנציאלים וזאת ע"י גישור כל המערכות המתכתיות בתחנה אל אותה רשת הארקה משותפת וזאת לגבי:

- א. כל חלקי קונסטרוקציה ומבנים מתכתיים.
  - ב. צנרת מים, אוויר וכו' מתכתיים.
  - ג. מעטפת מתכתית של כבלים.
- כדי להמנע מפני הוצאת מתחים מסוכנים מהתחנה החוצה נהוג להכניס הפרדות מבודדות בכל הגורמים המתכתיים היוצאים מתחום התחנה, כגון:
- א. צנרת מים מתכתית.
  - ב. פסי רכבת.
  - ג. צנרת דלק וכו'.

כבלי תקשורת הנכנסים לתחנה מהווים סכנה בהיותם מחוברים לפוטנציאל המסה הכללית במ"קום המרוחק מתחנה ולכן מופיע הפרש פוטנציאל בינם לבין הארקה התחנה בשעת תקלה. אי לכך נהוג להכניס בתילים של הכבילים הנ"ל מפרצים בכל תיל כלפי הארקה, המגבילים את הפרש הפוטנציאל לערך סביר ובלתי מסוכן. עובדים המטפלים בכבילי תקשורת כנ"ל נרדשים לזהירות מיוחדת.

מתח הצעד בסביבת התחנה עלול להגיע לערכים מסוכנים, כמוסבר בסעיף 3. כדי למנוע סכנת הלם חשמלי מהעוברים ושבים ליד התחנה אפשר לניקוט באחת מהשיטות הבאות:

- א. התקנת טבעת להשוואת פוטנציאלים מסביב לתחנה.
- ב. התקנת גדר התחנה בעלת הארקה נפרדת במרחק מהמרשת הארקה.
- ג. יש לבצע בדיקות הארקה תקופתיות כדי לוודא תקינות ושלמות הארקה.

### סיכום

מהמסובר בסעיפים הקודמים ניתן להבין מקצת השקולים בתכנון ובבצוע של הארקות של מתקני מתח גבוה. עבודה זו הינה מסובכת, כרוכה בהשקעות ניכרות ודורשת ידע ונסיון רב ולכן יש להטילה על אנשים מיומנים המתמחים בטכניקות אלה.

זרם הקצר הינו גודל התלוי במערכת היצירה, בהספק השנאים בתחנה ובעכבת הקצר שלהם, אך ניתן גם להגביל אותו כמוזכר בסעיף 1.1.

התנגדות הארקה התחנה תלויה בשטח התחנה, בהתנגדות הסגולית של הקרקע ובאורך המוליכים:

$$R = \frac{\rho}{2D+L} \quad (\text{אום})$$

כאשר:

- $\rho$  — התנגדות סגולית של הקרקע באום X מטר.
- $D$  — קוטר אקוילנטי של התחנה במטר.
- $L$  — אורך כולל של המוליכים ברשת הארקה במטר.

במידה והתנגדות הארקה היא גבוהה, ניתן ל"הקטינה ע"י החדרת אלקטרודות הארקה לעומק, אם התנגדות הסגולית של הקרקע נמוכה יותר בעומק. אלקטרודות אלו יש כמובן לחבר לרשת הארקה של התחנה.

התנגדות סגולית גבוהה בשכבה העליונה, מעל לרשת הארקה משפיעה לטובה על הבטיחות, כמוסבר בסעיף 2.3 והתקן האמריקאי לוקח זאת בחשבון. לפיכך נהוג לכסות כל שטח התחנה בשכבת חצץ נקי אשר ההתנגדות הסגולית שלו הינה בסדר גודל של 1000 אום X מטר אפילו במצב רטוב.

### מוליכי רשת הארקה

מוליכי רשת הארקה ממלאים תפקיד חשוב ביותר כמערכת הארקה ולכן חיוני להקפיד לגביהם על הנקודות הבאות:

- א. כושר העברת זרם מספיק (חתך המוליכים).
  - ב. עמידה במשך שנים רבות נגד קורוזיה.
  - ג. השפעה קורוזיבית על גופים מתכתיים אחרים.
  - ד. חיבורים טובים בין מוליך למוליך.
- חתך המוליכים נקבע לפי זרם הקצר המירבי הצפוי בתחנה על בסיס של 1 שניה ולפיכך צפיפות הזרם המותרת עבור מוליכי נחושת היא 164 אמפר לממ"ר. צפיפות זרם זו גורמת לעלית טמפרטורה במוליכים בשעור של כ-200 מעלות צלסיוס.
- מאחר והמוליכים הנמצאים בקרקע עלולים להיות מותקפים מקורוזיה, משתמשים על פי רוב במוליכי נחושת או מוליכי ברזל מגולבנים ואין משתמשים במוליכי אלומיניום.

מאחר וכמות המתכת באדמה הא ניכרת, עלולה להוצר השפעה קורוזיבית בין מוליכי הארקה לבין גופים מתכתיים אחרים באדמה כגון צנרת או יסודות קונסטרוקציה. באתרים כאלה, לכן אין משתמשים במוליכי נחושת גלויה, אלא יש לצפות את הנחושת בעופרת על מנת לשמור על הצנרת אשר עלולה להיות מותקפת מנחושת גלויה באדמה (הווצרות תא אלקטרוליטי).

החיבורים בין המוליכים חייבים להיות טובים

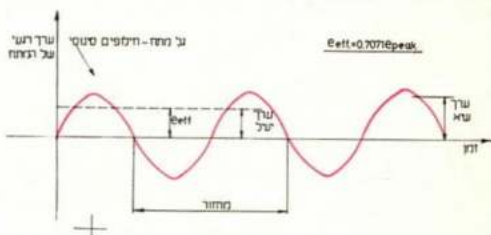
# איכות המתח והגורמים המשפיעים עליה

אינג' דן רווח

היינו יכולים להמנע מקיצור חייהם של מנועים רבים, עקב פעולתם במתח נמוך מדי, או של נורות רבות, עקב פעולתם במתח גבוה מדי. אובדן שעות עבודה והפסדים בייצור כתוצאה מ"נפילת" רליים עקב תנודות מתח, הן דוגמה נוספת מני רבות להשלכות שיש לאיכות המתח על הצורות השונות של שמושי החשמל. במונח "איכות המתח" אנו מתכוונים כאן, איפוא, באופן כללי לתכונה שלו להיות מתאים לשמושים השונים שאנו עושים בחשמל ובמיוחד למכשירים ומכונות החשמל המיועדים לבצע את העבודה.

## איפיוני המתח

מכשיר חשמלי ויהיה זה מנוע, נורה, או כל מכשיר אחר, מיוצר לעבוד במתח מסוים או בסביבתו הקרובה. מתח זה נקרא בשם "מתח נקוב" (באנגלית Rated voltage) של המכשיר והיצרן נוהג לסמן את ערכו על גבי המכשיר או שלט-הביצועים שלו. כאשר מדובר על זרם-חלופים או מתח-חלופים מתייחס הגודל הזה ל"ערך יעיל" (באנגלית: Effective value) אשר גודלו בערך 70% מ"ערך שיא (באנגלית: Peak value) של מתח החלר פים שלנו \* (ראה ציור 1).



ציור מספר 1

מתח החלופים ברשת מאופיין ע"י 3 גורמים עיקריים: צורה, גודל (הניתן ע"י "ערך יעיל" או "ערך שיא") ותדירות. צורת המתח היא צורת השתנות גודל המתח עם הזמן שהיא צורת גל סינוסי ותדירותו ברשת שלנו 50 מחזורים כשניה (ציור 1). לתדירות המתח ישנה השפעה על מכשירי רים ובעיקר קבלים או מכשירים המנגלים השראה מנגיטית, כגון מנועים. במכשירים אלה מציינים "תדירות נקובה" (rated frequency) עברה הם מיוצרים. לשינוי צורת המתח, או בשפה המקצועית "עיוות מתח", יש השפעה לא רצויה על מכשירים מסויימים. מידת העיוות של המתח ניתנת למדידה ע"י מכשיר המודד את גודל הגלים

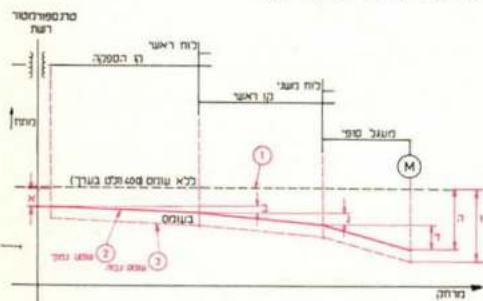
\* הערה: משמעות הערך היעיל בזרם חלופים (באמפרים) היא בהשוואתו לזרם ישר: זהו הערך של הזרם הישר (באמפרים) שיגרם לחימום זהה (בחום-להם של נורת ליבון למשל) לזה של זרם חלופים שערך היעיל (באמפרים) שווה לראשון.

ה"זרים" (אלה השונים מל הסינוס המקורי שתדירותו 50 הרץ) הנמצאים ברשת, אשר מופיעים בזמן עיוות המתח. גלים אלה קרויים בשפה המקצועית "הרמוניות".

אפשר איפוא לקבוע איכות של מתח ע"י קביעה של סטיות מותרות מערך נקוב של גודל המתח, תדירותו וצורתו. סטיות מותרות אלה נקראות סיבולות ("טולרנסים"), אשר נקבעו לפי אמות-מידה שונות, בהתאם לסוג השימוש הרגיש יותר או פחות לאיכות המתח.

גודל המתח הוא הערך המועד ביותר לשינויים ברשת וכך, מטבע הדברים, הנו המרכיב בעל החשיבות המעשית ביותר של איכות המתח. אנו נתרכז בדיון על גודל המתח.

רשת, או כל מערכת לאספקת חשמל היתה אידיאלית אילו היתה מספקת לנו מתח קבוע בגודלו (הכוונה לערדיעיל או ערדשיא כמובן ולא לערך הרגעי בזרם חלופים). אלא שברשת המעשית משתנה גודל המתח בהתאם לעומס ולמרחק ממקור ההזנה. הזרם הזורם בסלילי השנאי ובקווים גורם לנפילת מתח (ציור 2).



ציור מספר 2

בציור 2 מתואר גודל המתח ברשת מתח-נמוך, מלפוף המתח הנמוך של השנאי עד למכשיר צורך זרם (מנוע). גודל המתח משתנה בהתאם לזרם העומס (הגובה ביותר בעקבות מס' 3) ובהתאם למרחק מהשנאי. לתחום שינויי המתח המסומן באות "ו", קוראים "פזור המתח" (Voltage

spread) ולערך הממוצע הנמצא בתוך פיזור זה קוראים „רמת המתח“ (Voltage level). כאשר גודל המתח ליד הדקי המנוע (או כל מכשיר אחר) יהיה שונה מערכו הנקוב במידה העולה על הסיבולת תהיה לדבר תוצאה שלילית על הביצור עים שניפק מהמכונה או על אורך החיים שלה, או על שניהם.

כעת, מה אומר לנו הדבר מבחינה מעשית לגבי יצרן המנוע, הנורה, גוף החימום וכד' ? המסקנה היא שיש לדייק בתכנון ובבניית המכשיר כך שהוא יפיק את הביצועים הרשומים על השלט כאשר יחובר למתח המתאים למתחו הנקוב, בתחום הסיבולת, מבלי שאיזה שהוא חלק ממנו יתחמם מעל המידה המותרת או יקבל מאמצים אחרים מעבר למותר. לגבי מספק החשמל דורש הדבר הקמה, החזקה ותפעול נכונים של מערכת שתהיה מסוגלת לספק מתח שאינו משתנה מעבר לסיבולת המותרת למערכת אספקה. למתכנני ובוני המתקנים פרוש הדבר בחירה נכונה של המוליכים והמכשירים ב' התאם לתנאי פיזור המתח. לאיש האחזקה פרוש הדבר בדיקה מתמדת של גודל המתח בתנאי עבודה שונים במפעל, ליד הדקי המכשירים השונים, על מנת להכיר את פיזור המתח ולהשוותו עם המתח הנקוב של המכשיר. להלן נפרט את ההשפעות שיש לסטיות מהמתח הנקוב על מכשירים.

### מנועים (אסינכרוניים)

א. **השפעות עיקריות כאשר המתח נמוך מהנקוב** כאשר המתח ליד הדקי המנוע נמוך ממתחו הנקוב יהיו קשיים בהתנעה של המנוע (ירידה חזקה של מומנט ההתנעה). דבר זה מסוכן במיוחד במנועים המותנעים תחת עומס או בעלי אנרציה גבוהה על הציר (כגון : מפוחים). במקרה זה עלולה ההתנעה להמשך זמן רב ותוצאה מכך חימום יתר של המנוע. במקרים קיצוניים עלול מומנט ההתנעה להיות כה חלש שהרוטור לא יתחיל לנוע ובמנוע יתפתחו זרמים גבוהים שיגרמו לפעולת ההגנות או, במקרה גרוע יותר, לחימום יתר ניכר.

תופעה שלילית נוספת למתח ירוד בולטת כאשר המנוע עובד בקרבת העומס המלא הנקוב שלו (הרשום על השלט) והיא חימום יתר של המנוע. הדבר נובע מהתגברות הזרם במנוע כתוצאה ממתח ירוד. בצורה זאת „מפצה“ המנוע את עצמו על ה„מחסור“ במתח זוהי אחת הסיבות הנפוצות לקיצור חייהם של מנועים היות וברוב המקרים

\* הערה : המתח הנקוב של נורה הוא חידערכי (למשל : 220, 230, 250 וולט). לכן אין משמעות מבחינת מתח נקוב לסימון כגון 230—220 וולט ויש לברר אצל היצרן לאיזה מתח הוא מייחס את ביצועי הנורה כגון הספק (בווס), תפוקת אור וכד.

בווס, תפוקת אור בלומן וכד.

אין הגנה ישירה נגד עלית טמפרטורה של לפופי המנוע מעבר למותר, כאשר ההגנה נגד זרם יתר אינה פועלת בקרבת הזרם הנקוב.

ב. **השפעות עיקריות כאשר המתח גבוה מהנקוב** במקרה זה קיימות שלוש תוצאות עיקריות : הת-נעה חזקה מדי (מומנט התנעה חזק בצורה מופרזת), זרם גבוה בזמן התנעה והרעה (הקטנה) של מצב גורם-ההספק.

התנעה חזקה מדי גורמת לבלאי מופרז של החל-קים המחברים בין ציר המנוע למערכת העומס והמיסבים, הסופגים את הלם ההתנעה. גם החל-קים הנמצאים במסה המסתובבת על הציר, במנוע ובמתקן העומס, עלולים להיות במאמצים מכניים למעלה מהמתוכנן בזמן ההתנעה, עקב התאוצה המופרזת.

זרם ההתנעה של מנוע גבוה כמה מונים מזרם העבודה הנקוב שלו והוא מתפתח ברשת בבת-אחת (הלם של זרם). למכת-זרם מעין זאת ישנה השפעה שלילית ברשת האספקה, בה נדון בשלב מאוחר יותר. לעת-עתה נסתפק בזה שנציין שמכת הזרם ברשת בזמן ההתנעה עולה באופן ישיר עם עלית המתח.

שתי תוצאות אלה מתייחסות לתהליך ההתנעה בלבד וחשיבותם עולה במנועים המותנעים לעתים קרובות. ההשפעה על גורם ההספק היא ממושכת. לזרם המגנוט של המנוע השפעה שלילית על גורם ההספק שלו. כידוע משלמים קנסות לחברת החש-מל עבור צריכת אנרגיה בגורם הספק נמוך מה-מותר. גורם ההספק הנקוב של המנוע מתייחס לעבודה במתח נקוב. זרם המגנוט קבוע ואינו תלוי למעשה בעומס אבל אם המתח יהיה גבוה יותר יזרום זרם מגנוט גבוה יותר בסלילי המנוע וגורם ההספק יקטן. השפעת זרם המגנוט תהיה בולטת יותר כאשר המנוע עובד בריקס או בהע-מסה נמוכה היות וחלקו היחסי בזרם הכללי הזורם במנוע יהיה גבוה יותר. מאחר ומנוע השראה הנו המכשיר הנפוץ ביותר בתעשייה תהיה השפעתו על מאזן מקדם ההספק הכללי של המפעל גדולה.

### נורות לבון

נורות לבון, הנפוצות בעיקר בבתי מגורים ובסוגים מסוימים של תעשיות, רגישות ביותר לסטיות מתח ההזנה מערך המתח הנקוב שלהן. אם נבדוק את תפוקת האור של נורת לבון פעם במתח נקוב ופעם במתח הנמוך ב-5% מהנקוב, נמצא שבפעם השניה חלה ירידה בתפוקה ב-15—20%.

אם נקח לדוגמה נורה המתחם הנקוב הרשום עליה\* הוא 230 וולט והספקה הנקוב 100 ווט ונחבר אותה ברשת המספקת מתח נמוך יותר בכ-10% (כ-207 וולט) תהיה תפוקת האור שלה רק כ-65% מהתפוקה הנקובה. היא תשרת אותנו כמו נורה שבין 75 ל-60 ווט או במלים אחרות :

שהספקו ומתחו הנקובים הם 25 קווא"ר ר-400 וולט ומתח הרשת יהיה 360 וולט (10% פחות מהמתח הנקוב של הקבל), נקבל מהקבל רק כ-20 קווא"ר. תוצאה זאת מצביעה על הפסדים של כ-20% במימוש ההשקעה בקבלים.

### סלילים (סולונואידים)

רמת המתח חשובה למכשירים הפועלים באמצעות סליל (סולונואיד), כגון: קונסטרוקטורים, ריליים, מצמדים חשמליים וכד'. ברמת מתח הנמוכה ב-10% מהמתח הנקוב של הסליל יהיה כח המשיכה שלו קטן ב-20%. עלית הטמפרטורה בסליל מושפעת ממצב המתח באותה צורה. מסיבה זאת מתכננים היצרנים סלילים לתחום מתחים של 110%-85% של הערך הנקוב.

### מכשירי חימום

באלמנטים של חימום (גופי חימום) שהתנגדותם החשמלית נשארת קבועה בתחום הטמפרטורות הנורמליות בזמן העבודה, תהיה הפחתה של כ-20% בתפוקת החום כתוצאה מרמת מתח הפחור תה ב-10% מהמתח הנקוב של האלמנט. רמת מתח גבוהה ב-10% תגרום בתנאים כאלה לעלית יתר של כ-20% בכמות החום המופקת. הסכנה הקיימת בקיצור חיי המכשיר כתוצאה מחימום יתר איננה קיימת במכשירים המצויידיים ב-תרמוסטט.

### ציוד אלקטרוני

באופן כללי רגישים סוגים מסוימים של ציוד אלקטרוני לרמת המתח וברוב המקרים מציידיים מסיבה זאת מערכות אלקטרוניות בספקי מתח הכוללים מייצבים. במסגרת זאת לא נכנס לכל ההשפעות הנובעות מסטיות רמת המתח מהערך הנקוב של הציוד האלקטרוני.

### רמות מתח

רמת המתח בנקודות השונות של רשת החשמל מושפעת משני גורמים: (א) רמת המתח מכיוון מקור האספקה, (ב) תנאי העומס ברשת.

לדוגמה: אם משנה הדרגות \* בשנאי הרשת מכיוון ל-2.5%+ והוא איננו מועמס נקבל בצד המתח הנמוך רמת מתח גבוהה ב-2.5% מרמת המתח בצד המתח הגבוה. (אם בגלל עומס בקו מתח גבוה תהיה רמת המתח בצד המתח הגבוה של השנאי נמוכה ניח ב-7% מהערך הנקוב של השנאי נקבל בצד המתח הנמוך רמה הנופלת רק ב-4.5% מהערך הנקוב בגלל מצב משנה הדרגות המעלה את הרמה בחזרה ב-2.5%).

אם השנאי מועמס תהיה נפילת מתח בסליליו ורמת המתח תהיה נמוכה יותר מאשר בריקס. אם נקודת ההעמסה בצד המתח הנמוך רחוקה

נקבל אור של נורה קטנה במחיר ששלמנו עבור נורה גדולה יותר אם כי נשתמש ביותר חשמל. בסוג מסויים של תעשיות ושרותים ישנה חשיבות רבה לרמת התאורה ומשקיעים כסף רב במתקנים המספקים תאורה בעלת איכות גבוהה. מתח ירוד מהנקוב יגרום איפוא הפסד ישיר במימוש ההשקעה הגבוהה במתקנים.

כאשר המתח גבוה מהנקוב תעלה כמוכן תפוקת האור אבל כל עליה כזאת מקצרת באופן משמעותי את אורך חיי הנורה. לדוגמה: אורך חיי הנורה המחוברת למתח הגבוה ב-5% ממתח הנורה הנקוב \* ירד לחצי מזה של אותה הנורה המחורברת למתח השווה למתח הנקוב. ואם יהיה המתח גבוה ב-10% תחזיק הנורה מעמד רק כרבע משעות הבעירה הנקובות שלה. לבד מההשקעה במחיר הנורה צריך להביא בחשבון את מחיר ההוצאות שבהחלפתה ולכן יש השלכות לכלליות חשובות לגודל מתח ההזנה של הנורה.

### נורות פלואורסצנטיות

נורות כספית בלחץ נמוך (הידועות כשפופרות פלואורסצנטיות) מושפעות פחות, באשר לתפוקתן, מנורות הלבון. באופן כללי סטיה של 1% של מתח ההזנה לנורה ממתח הנקוב (הכוונה למתח המוזן דרך המשנק) תגרום לסטיה של 1% בתפוקת האור. גם הרגישות של אורך החיים לרמת המתח פחותה יותר. אחת התוצאות החשובות של רמת מתח נמוכה הן ההפרעות בהדלקה של הנורה. בכל המקרים השפעת המתח תלויה בסוג הנורה והנטל כאחד.

### נורות כספית

נורות כספית בלחץ גבוה (או אלה הידועות בשם המקוצר נורות כספית) מושפעות בתפוקת האור שלהן באותה מגמה כמו נורות הלבון אבל פחות בכמות. סטיה של 5% מהמתח הנקוב תגרום לסטיה של כ-10% בתפוקת האור. הרגישות של אורך החיים נמוכה ביחס לנורות לבון. קיימת הבעיה של הדלקת הנורה הדורשת מינימום מסויים של מתח.

### קבלים

קבליתיקון של גורם ההספק מושפעים בביצועיהם ממצב רמת המתח. סטיה של 10% מהמתח הנקוב של הקבל תגרום לסטיה של כ-20% בביצועיו. לדוגמה: אם נחבר לרשת קבליתיקון תלת-פזי

\* הערה: שנאי רשת בארץ מצויידיים בהתקן המאפשר שינוי יחס התמסורת מהיחס הנקוב בשעור  $2\frac{1}{2}\% + 5\% - 2\frac{1}{2}\%$  (4 דרגות שינוי).

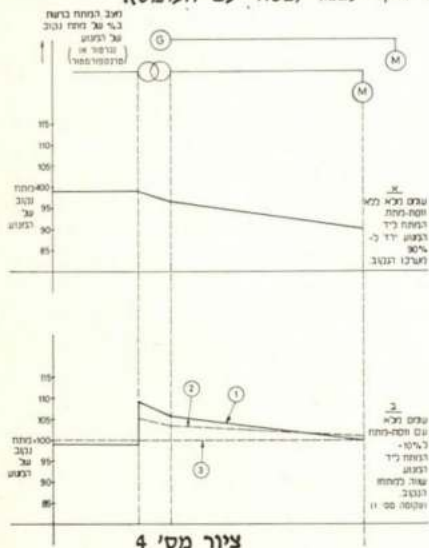
התקן זה נקרא "משנה דרגות". הדרגה המתאימה אליה מכוון משנה דרגות נקבעת לפני התקנת השנאי ברשת ובדרך כלל אין משנים אותה כל עוד נשאר השנאי במקומו.

מספר מקובל למתח נמוך בכמה ארצות הוא  $\pm 6\%$ .

רמת המתח בהדקי הכניסה לצרכן חייבת אפוא להיות גבוהה מרמת המתח ליד המכשיר על מנת לאפשר נפילת מתח סבירה במוליכים, טרנספורמטורים, מכשירי מיתוג שונים וכד'. לכן מכשירים שמתחם הנקוב 220 וולט מתאימים ביותר לעבודה לרשתות מעומסות בתנאי הארץ. הסיבולת המקור בלתי בכמה מקומות לרמת המתח ליד הדקי המכשיר שמתחו הנקוב 220 וולט הינה 240—210 וולט ( $-4\%$ ;  $+9\%$ )\*. סיבולת זאת ב% מומצאת גם למכשירים תלת-פזיים (ב-380 וולט בין פזות) ז"א הגבולות המומלצים למכשיר תלת-פזי שמתחו הנקוב 380 וולט הם 414—363 וולט. למנועים ה"ה המוזנים במתח גבוה הסיבולת המומלצת חמורה יותר:  $-2\%$ ;  $+8\%$ .

### האמצעים להקטנת פזור המתח

כפי שראינו מופיע פזור המתח בגלל תנאי ההעמ"ס המשתנים ונפילת המתח בקווים ושאר חלקי הרשת. את נפילת המתח בקווים אפשר להקטין ע"י קיצורם ככל האפשר או ע"י הגדלת החתך של המוליכים או הקטנת המרחק ביניהם (שמוש בכב"לים). את זאת משתדלים לעשות בהתאם לכדאיות הכלכלית שבשקעה. האמצעי השני הוא בהגדלת רמת המתח של מקור האספקה (טרנספורמטור או גנרטור) לפי מידת ההעמסה, ע"י שמוש ב"ווסתי-מתח אוטומטיים בטרנספורמטורים או בגנרטורים, אמצעי נוסף אך פחות מקובל הוא מיתוג אוטומטי של קבלים במקביל לעומס בהתאם לכמות ההעמסה החשמלית, או התקנת קבלים על הקו עצמו (בטור עם העומס).



ציור מס' 4

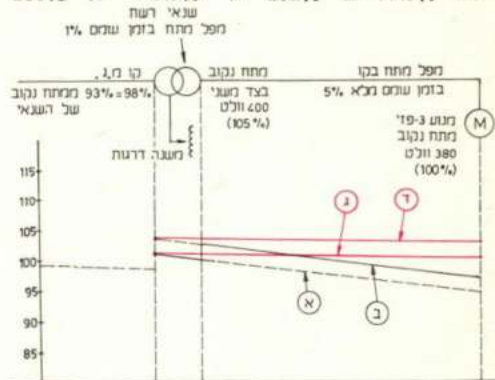
במחצית העומס הנקוב של המנוע ווסת המתח כוון מראש להעלות המתח רק ב- $5\%$  (עקומה 2) ובריקס הווסת לא יעלה את המתח בכלל (עקומה 3).

מהשנאי, למשל מנוי במרחק של כמתאים מטרים ממנו, נצטרך להפחית מרמת המתח ליד השנאי גם את נפילת המתח לאורך קו זה (ראה עקומה א' בציור 3).

נוכל להשוות את רמות המתח השונות ליד המנוע בתנאי תפעול שונים.

נשים לב שלא הבאנו בחשבון תנאי תפעול בצד המתח הגבוה. כאשר קו המתח הגבוה אינו מועמס יהיה המתח בצד המתח הגבוה  $105\% = 7 + 98$ . רמת המתח בתנאי התיפעול השונים בצד המתח הנמוך יושפעו אפוא מנקודת מוצא חדשה, רמה  $105\%$  במקום  $98\%$ .

בהתאם לכך נקבל את המקרים בהתאמה א.  $99.5\%$  ב.  $102\%$  ג.  $105.5\%$  ד.  $108\%$



ציור מס' 3

### סיבולת מומלצת לרמות מתח

כפי שראינו תלויה רמת המתח ליד הדקי המכשיר במספר גורמים, כגון: רמת המתח ליד השנאי (או הגנרטור), תנאי העמסה, מבנה הקווים ועוד. אבל נשאלת השאלה מהוא הפיזור המומלץ למתח בהדקי המכשירים.

המתח הנקוב המקובל למכשירים בשימוש בארץ הוא 220 (ולפעמים 230) וולט למכשירים חד-פזיים (מתח בין פזה לאפס), ו-380 (לפעמים 400) וולט למכשירים תלת-פזיים (מתח שלוב). חברת החשמל לישראל משתדלת מצדה לספק להדקי הצרכנים מתח באחת מהרמות הנקובות הבאות: 230 וולט בין פזה לאפס, 400 וולט בין פזות. אשר העומס של צרכן יחיד עולה על 630 קו"א תספק החברה חשמל באחד מהמתחים הנקובים הבאים בהתאם להחלטתה בכל מקרה: 6.3, 12.6, 22, 33, 110, 161 קילו-וולט.

לא קיים עדיין תקן לאומי ישראלי הקובי סיבולת לרמות המתח ה"ל וכן לא קיימת כל תקנה אחרת בארץ בענין זה. תקנות או המלצות לסיבולת מתח בהדקי צרכנים קיימות בארצות שונות.

\* הערה: לגורות ליבון לא רצוי שפזור המתח מהדקי יעלה על 2% ממתח הנקוב מהסיבות שהזכרנו לעיל.



# חשמול „קטן“ תבע את קורבנו

אינג' ו. זיס

בנגריה קטנה, שבה עבדו כמה פועלים, סודר בחצר ביתן שרותים שכלל: מלתחה, חדר רחצה, מטבחון ופינת אוכל. המתקן החשמלי של הביתן היה ניזון מהנגריה עצמה ע"י כבל אווירי (כבל תלוי על חוט נושא). כבל ההזנה היה דו-גידי (פזה ואפס). לצרכי ההגנה נגד התחשמלות סודרה במקום מערכת הארקה אשר חוברה לצנור המים הנכנס לביתן השירותים. המתקן החשמלי (ראה איור) בתוך הביתן כלל לוח עם 3 מבטיחים עבור המעגלים הבאים:

המקרר. חישמול זה, התפזר דרך מוליכי הארקה במתקן והועבר גם על גופו של דוד המים החמים אשר היה מבודד מרשת המים. מובן מאליו, שבעת החישמול, גוף דוד המים החמים היה תחת מתח של 230 וולט כלפי האדמה.

לרוע המזל, הופיע החישמול בזמן שמשה התקלח ונגע בברזי הדוד תוך שהוא עצמו עמד על פתח צינור הביוב המתכתי אשר שימש להארקה יעילה מאד. כך (ראה איור) הוא סגר מעגל חשמלי לא-דמה בזמן שהתנגדות גופו היתה קטנה ביותר (משה היה רטוב לגמרי). בתנאים כאלה, מכת החשמל חזקה באופן מיוחד ומסתיימת בצורה קטלנית.

בסיכומי של דבר, אל תזלזלו אפילו במכות חשמל „קטנות“ ובלתי משמעותיות. לוא התייחסו אליהן במלוא הרצינות כי רק כך יהיה ניתן למנוע תאונות.

✦ מעגל מאור;

✦ מעגל לשני בתי תקע במטבחון;

✦ מעגל לדוד מים חמים 60 ליטר בעל גוף חיימום 750 וואט.

לאחד מבתי התקע היה מחובר באופן קבוע מקרר חשמלי ישן.

במשך תקופה ארוכה הורגשו, מדי פעם, מכות חשמל קצרות בזמן הנגיעה במקרר, אך לא יחסו להן חשיבות מיוחדת, עד ליום הטראגי שבו נגר צעיר, בשם משה, מצא מותו ממכת חשמל בחדר הרחצה.

חקירת נסיבות התאונה גילתה את הפרטים הבאים:

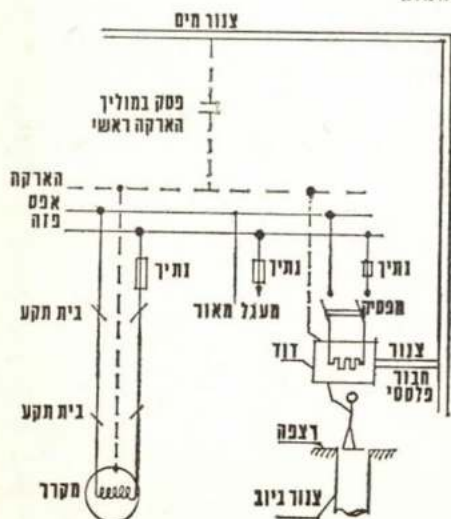
✦ בידוד הגומי של גידי הפזה וההארקה בפתיל ההזנה של המקרר התקלף בכניסה לתקע, והיתה אפשרות של נגיעת פזה בהארקה בזמן תנודות הכבל.

✦ מוליך ההארקה הראשי נקרע על-ידי חיבור לצנור המים, כנראה על ידי מכה בזמן העברת הקרשים אותם נהגו לאכסן בקרבת ביתן השירותים.

✦ דוד המים החמים עם „טלפון“, לא היה במגע מתכתי עם צנור המים, כי הוא חובר לרשת המים באמצעות צנור פלסטי לחץ גבוה (מהסוג המקובל במתקנים הידראוליים).

✦ במקרים מסויימים של תנודות פתיל ההזנה, (הנגרמות על ידי התנגעת או הפסקת המקרר) דוד המים החמים עם „טלפון“, לא היה במגע היתה נגיעה קצרה של גיד פזה בגיד ההארקה וכתוצאה מכך נגרם חישמול גוף המקרר אשר הורגש מדי פעם. בזמן החשמול, גוף המקרר היה תחת מתח של 230 וולט כלפי האדמה.

כתוצאה מפסק במוליך ההארקה הראשי, לא נסגר מעגל קצר לאדמה ולא נשרף נתיך המגן של



# חידון בקיאות בתחנות החשמל

## חידון מספר 13

- מערכת הארקה במיתקן לייצור חשמל (למשל, גנרטור) תיבדק לפני הפעלת המתקן וכן, לפחות אחת ל-.....:
- שנתיים ב. חמש שנים ג. עשר שנים ד. לפי ראות עיניו של החשמלאי האחראי.
- כבלים בעלי עטיפה חיצונית מגומי ניתן להתקין:
  - בכל מקום בתנאי שאין בו עשן.
  - רק במקומות רטובים.
  - רק במיתקנים ביתיים.
  - רק במקומות בהם מאחסנים או מוכרים דלק.
- ברצונך להתקין מפסק מאחורי הלוח.
  - מותר בתנאי שעל הלוח יהיה שילוט מתאים.
  - אסור באופן מוחלט.
  - אסור כאשר הזרם הנקוב של המפסק עולה על 63 אמפר.
  - מותר אם הפעלת המפסק נעשית מחזית הלוח.
- חתך המוליכים (מנחשת) במעגל ביתי המיועד לבית תקע של מכונית כביסה יהיה:
  - 1.0 מ"מ"ר אך מוליך ההארקה 1.5 מ"מ"ר.
  - 1.5 מ"מ"ר.
  - לא פחות מ-1.5 מ"מ"ר אך רצוי 2.5 מ"מ"ר כאשר גודל המבטח למעגל הוא 16 אמפר.
  - אין חשיבות לחתך בתנאי שהבידוד תקני.
- מוביל המותקן במקום המכיל גזים נפיצים (כגון רכוז גז בישול) חייב להיות:
  - מצינורות מתכת אל-ברזליים בכדי שלא יהיו ניצוצות כאשר מכים בו בברזל אחר.
  - מצינורות פלסטיים בצבע אפור בלבד.
  - יהיה אטום לכל אורכו למניעת חדירת גזים וכן סידורים למניעת התפשטות, התפוצצות או שריפה בין קטעיו.
  - בכלל אסור להתקין מוביל במקום כזה.
- עליך להתקין תיבת מעבר במערכת צינורות בגובה של 1.85 מ' מהריצפה. לשם כך מותר לך להשתמש בתיבה ובמכסה מחומר:
  - פלסטי, בתנאי שהמכסה והתיבה עומדים בפני פגיעות מכניות והמכסה מתחבר עם ברגים.
  - פלדה דקה (ברגמן) בתנאי שהמכסה אינו מצריך כלי עבודה להסרתו.
  - לא משנה מה שתתקין בתנאי שגובה התיבה הוא פחות מ-15 ס"מ מהריצפה.
  - אסור להתקין תיבה בגובה פחות מ-2 מ' מהריצפה.
- מפסק מגן חייב להבטיח ניתוקם מהזינה של:
  - גם מוליכי הפזות (או הפזה) וגם מוליך האפס (או התווד).
  - גם מוליכי הפזות (או הפזה) וגם מוליך ההארקה.
  - רק מוליכי הפזות (או הפזה).
  - רק מוליך ההארקה ומוליך האפס (או התווד).
- האם בהגנה ע"י הפרד מותר להתקין:
  - הארקת שיטה.
  - הארקת הגנה.
  - גם הארקת הגנה וגם הארקת שיטה.
  - אף תשובה אינה נכונה.

סמן בעיגול את התשובה הנכונה, ציין את שמך וכתובתך.

נזור ושלח לפי כתובת המערכת

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
ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד

תשובות התקבלנה עד יום 31.1.76.

השם .....

הכתובת .....

(אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד).

\* בין הפותרים נכונה את החידון מס' 13 יוגרלו 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

## פתרון החידון מס' 12

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

מצאנו לנכון להביא הפעם את התשובות וההנמקות כפי שהביאם הקורא; ההנדסאי קסלר יעקב מנתניה.

### הערות והארות לחידון

**לשאלה מס' 1 — התשובה הנכונה (א):** בתקנות בדבר הארקות והגנות אחרות (פרק 4 סעיף (א) 19) כתוב: מערכת צינורות מתכת לאספקת מים יכולה לשמש כאלקטרודה טבעית אם היא רצופה מבחינה חשמלית, טמונה ברובה באדמה ונרחבת במידה מספקת כדי לקיים את מטרות ההארקה. בסעיף 20 כתוב: מערכת צנורות למי שופכין, לקיטור או למים חמים וכן צנורות או מבנים המכילים חמרים דליקים נפיצים או מעכלים לא ישמשו כאלקטרודה טבעית.

**לשאלה מס' 2 — התשובה הנכונה (ב):** בתקנות בדבר התקנת מובילים: (פרק 4 סעיף 38) כתוב: הרדיוס הפנימי המינימלי של כיפוף צנור פלדה שקוטרו החיצוני צוין בטור א' להלן יהיה כמצויין לצידו בטור ב'. טור א'  $3/4$  אינצ' טור ב' 210 מ"מ.

**לשאלה מס' 3 — התשובה הנכונה (א):** בתקן ישראלי 108/1.2.305 כתוב: אבזרי ההתקנה שאליהם מתייחס פרק זה דהיינו בתי-תקע, תקעים, מפסיקים, מנתקים ונתיכים לסוגיהם השונים ותיבות ההתקנה שלהם יתאימו מכל הבחינות לדרישות התקנים הישראליים המתייחסים לכל אחד מהאבזרים הנ"ל ובפרק 305/1.7 — אין להתקין את האבזרים המפורטים בסעיף 305/1.2 בחדרי אמבטיה, חדרי מקלחת, חדרי הזעה וחדרי מקוואות.

**לשאלה מס' 4 — התשובה הנכונה (ג):** בתקנות בדבר רשיונות, נאמר: „בעל רשיון חשמלאי בכיר רשאי — (תקנה (2) (ג)): לעסוק בביצוע כל עבודת חשמל כשהמתקן הוא בעל עוצמת זרם שאיננה עולה על 400 אמפר”.

אמנם לפי תקנת הושנה (ד) מותר לבעל רשיון חשמלאי בכיר לעסוק בביצוע כל עבודת חשמל ללא הגבלת זרם בתנאי שהמתקן הוא בעל מעגל אחד המיועד למנוע יחיד ולמכשיר חשמל יחיד.

**שאלה מס' 5 — התשובה הנכונה (ד):** בתקנות בדבר הארקות והגנות אחרות: פרק שני סעיף א(1) 9 כתוב: בהארקות שיטות המפורטות בטור א' להלן יש להאריק את הנקודות המפורטות בטור ב' שלצדן: טור א. בזרם חלופין חד-פזי (א) בשיטה בעלת שני מוליכים במתח נמוך ובמתח נמוך מאוד. טור ב' (1) הדק של ליפוף הגנרטור או הטרנספורמטור או (2) נקודה של המוליך המחובר להדק האמור קרוב ככל האפשר למקור הזנה וכן נקודות נוספות של המוליך או (3) נקודות תווך של ליפוף הגנרטור או הטרנספורמטור.

**שאלה מס' 6 — התשובה הנכונה (א):** בתקנות בדבר הכללים להתקנת לוחות: פרק 5 סעיף א/14 כתוב: מאחורי הלוח יסודר מעבר חופשי פנוי מכל חפץ ומכל מכשול אם (סעיף (א) 15) אינו עולה אורך הלוח על 4 מטר, תהיה למעבר כניסה אחת לפחות. עולה אורך הלוח על 4 מטר, תסודר כניסה נוספת ועד כמה שאפשרי יסודרו אז הכניסות בקצוות הקיצוניים של הלוח.

**שאלה מס' 7 — התשובה הנכונה (ב):** בתקן ישראלי 108 פרק 205/7 כתוב: נפילת המתח בין נקודת החיבור של מתקן הצרכן (הדקי הצרכן) וכל נקודה של מאור, לא תעלה על 2.5% ובין כל נקודה של מכשירים או מנועים על 5%.

**שאלה מס' 8 — התשובה הנכונה (א):** בתקנות בדבר התקנת מובילים פרק 5 סעיף 52/1 כתוב: צנורות פלסטיים יותקנו אם נתמלאו כל התאים האלה: (1) מתח המתקן אינו עולה על מתח נמוך. ובפרק ראשון: פרשנות כתוב: מתח נמוך — מתח ששיעורו בפעולה עולה על מתח נמוך מאד אולם אינו עולה על אלף וולט בין המוליכים.

בסך הגיע 136 פתרונות מהם 77 נכונים מפאת חוסר מקום אין אנו מפרסמים הפעם את רשימת בעלי הפתרונות הנכונים. בין בעלי הפתרונות הנכונים הוגרלו פרסי ספרים.

#### הזוכים בהגרלה הם:

ציון בנימיני, רחוב ממילא 10, ירושלים.  
יצחק דסקלו, שכון 62, יקנעם עלית.  
אלברט ברקו, חביבה ריק 21, כפר סבא.  
אלי קדוש, 885/2, מגדל העמק.  
ישי שטרצר, קפלן 31, פתח-תקוה.  
שאלו גוטויליג, קבוץ מצובה, גליל מערבי.  
דוד קופילוביץ, קבוץ רוחמה, חוף אשקלון.  
ויקטור קרופניק, רחוב השר משה 36, רמת-גן.

אבו אדמונד, סמטת אני מאמין 4, חיפה.  
מנחם לוינר, רחוב הגליל 27, נ"ש, חיפה.

# תמונות מימי העיון, התקעה המצדיע" בע"פ

שולחן הנשיאות  
ביום העיון למהנדסים.  
המנכ"ל מר. א. עמיעד  
נושא את הרצאת הפתיחה.



חלק מהמשתתפים  
ביום העיון בת"א.

דריכות והקשבה  
ביום העיון בבאר שבע

