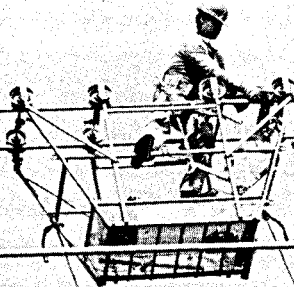


התקע המצדיע



עלון לחשמלאים
בהוצאת הברית החשמל לישראל בע"מ



ביצוע עבודה בקו מתח עליון
קיסריה-ירקון

תוכן הענינים

3	פיתוח הצריכה — מהי סיסמת חברת החשמל — א. לייטנר
6	השוואת מחירי הסקת חדרים
8	מונים חשמליים תלת פאזיים — המבנה ועקרון הפעולה — ה. רימיני
13	עקרונות תכנון מערכת החשמל במפעל — מ. זיסמן / א.י. איציקוביץ
17	לוח החשמל הדירתי — התקנה בתוך הדירה — נ. פלג
18	מערכות הנע זעירות — א. ברסלר
21	טורבינת מים הופעלה בקיבוץ הגושרים
22	כך שוקמה מערכת החשמל הארצית בלבנון — ו. זיס
	מדור מודעות — שדות פרסומי
	תחנת כח גרעינית — מתי? — א. קיס
23	חישמול רכבת ישראל — מ. לאזר
26	הבקר המתוכנת ושימושיו — פ. שלומוביץ
30	תקעים ובתייתקע לשימוש בתעשיה
33	ייעול וחיסכון בחשמל — ש. וולפסון
34	תאונת חשמל ולקחה — ו. זיס
35	מה חדש במיכשור החשמלי — א. ונגרקו
36	משאבות חום — א. מובשוביץ
37	איתור תקלות בכבלים — א. שטיינר
39	בדיקת שנאי חלוקה לרשתות — א. גליקר
42	

העורך:

א. לייטנר

עורך המשנה:

א. ונגרקו

המערכת:

צ. אביתר, י. בלבל, מ. זיסמן,

ל. יבלונובסקי, ש. מרדיקס,

י. נוימן, ז. ספורן, נ. פלג,

ג. פרבר, ה. ציפר

מנהלה:

ש. וולפסון

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת.ד. 25, תל-אביב — 61000

טל. 03-625963

הפקה:

פרסום אלי בע"מ, חיפה

סדר והדפסה:

דפוס ואופסט י. גרף בע"מ, חיפה

ב ש ע ר :

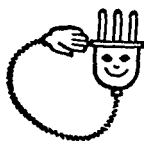
עגלת עבודה במשקל של 80 ק"ג + עובד, הנוסעת על מוליכי קו מתח עליון
160 ק"ו — להתקנת מהדקי מרחק (ספייסרים) להידוק פזות המורכבות
ממספר מוליכים.

המערכת איננה אחראית לתוכן המודעות שהן על אחריותם של המפרסמים.

פיתוח הצריכה — מהי סיסמת חברת החשמל ?

אינג' א. לייטנר

- * פירסומים בנושא פיתוח הצריכה שראו לאחרונה אור באמצעי התקשורת ובהתבטאויות של גורמים שונים, מעוררים אולי מבוכה ושאלות כגון :
האם חברת החשמל מעונינת היום למכור יותר חשמל כמו כל יצרן המעונין בהרחבת השימוש במוצרו ?
האם יש לפעול לצימצום צריכת החשמל, הלא יצרנית, בגלל משבר הדלק ?
האם רצוי לעודד מעבר לאנרגיות חליפיות ?
האם כדאי לחמם דירות בחשמל ? האם יש למנוע את השימוש במחממי מים מידיים שהספקם גבוה ?
האם כדאי לעודד בישול בחשמל ? מה דינם של מקררים "יבשים" שצריכת החשמל שלהם גבוהה מזו של מקררים אוטומטיים בעלי קיבול דומה ?
- * ההתייחסות העקרונית הכוללת של חברת החשמל לשאלות כדוגמת השאלות שהובאו לעיל מבוטאת למעשה ב-3 הסיסמאות הידועות, פחות או יותר, לכל צרכן במדינה ולמעשה כמעט לכל אחד. הסיסמאות מביעות למעשה את רעיון פיתוח הצריכה ואת קו הפעולה של החברה בנדון.



1. — "יותר חשמל פחות עמל" — סיסמה זו חדרה לתודעת הציבור בתחילת שנות ה-60 לאחר מסע פרסום "כבד" ומגוון של חברת החשמל באותם הימים.



2. — "השתמש בחשמל בתבונה" — סיסמה זו גובשה ע"י חברת החשמל ומשמשת את מערכת ההסברה שלה לצרכנים בשנים שלאחר מלחמת יום הכיפורים.



3. — "טוב שיש חשמל — חסוך שלא יחסר" — הסיסמה אומצה ע"י חברת החשמל בתחילת שנות ה-80 ("מבצע ציבורי" וכו').

- * מנקודת המבט של האגף המסחרי — האחראי לעיצובה, לגיבושה וליישומה של המדיניות המסחרית של החברה ובכלל זה מדיניות פיתוח הצריכה — אין כל סתירה בין שלוש הסיסמאות. לשלושתן יש זכות קיום בכל עת אלא שמידת ההדגשה על כל אחת מהן שונה בתקופות מסויימות.
- * בהיות חברת החשמל חברה ממשלתית שבתחום אחריותה נמצא שרות ציבורי לאומי בסיסי — ייצור חשמל, העברתו, חלוקתו ואספקתו לצרכנים — ברור כי קוי הפעולה של החברה בתחום פיתוח הצריכה נכללים ומשתלבים בהיבט הכולל של משק החשמל הלאומי, משק האנרגיה הלאומי והמשק הלאומי בכללו.
- * כאשר פעלה מערכת פיתוח הצריכה תחת הסיסמה "יותר חשמל פחות עמל" היא קיימה פעילות ענפה של הדרכה והסברה לצרכנים, ללמדם כיצד להשתמש בצורה נכונה בחשמל בעיקר בנושק הבית שהיה אז בתהליך של מודרניזציה. כך למשל יכלה כל עקרת בית, שהיתה מעונינת בדבר, לקבל הדרכה אישית של בישול יעיל וחסכוני בחשמל. יצרנים של מכשירי חשמל שונים (נורות, תנורי חימום, דודים לחימום מים וכו') קבלו הכוונה ותדרוך של מומחי חברת החשמל לשיפור מוצריהם מההיבט של ניצול יעיל של האנרגיה החשמלית הנצרכת לתפעולם.

אינג' א. לייטנר — מנהל המחלקה לפיתוח הצריכה, האגף המסחרי, חברת החשמל.

בשלב מסויים כאשר הגענו בארץ לרוויה כלשהי במודעות לצריכת חשמל, החלה מערכת ההסברה וההכוונה של חברת החשמל לפעול לעידוד הצריכה בשעות השפל ("זרם לילה") כאלטרנטיבה לצריכת חשמל בשעות שיא הביקוש. המדובר בחימום מים, בהסקת חדרים על ידי מערכות חשמל תת-רצפתית ואוגרי חום חשמליים, אשר צריכתם השנתית הכוללת היא אומנם גבוהה לעומת מחממים ישירים כיוון שיש בהם מידה מסויימת של "בזבוז", אולם בכך שהם אפשרו העברת צריכה משעות שיא לשעות שפל בימים שהדלק לייצור החשמל היה זול וקל להשגה, היה משום חיסכון כולל למשק החשמל (התאפשר מיתון בקצב הפיתוח הנדרש במערכת הייצור וההעברה — דחיית הצורך בבניית תחנות כח נוספות, דחיית המעבר למתח-על וכו').

* כאשר מרכיב הדלק בעלות החשמל הפך להיות משמעותי ביותר (כ-70% לעומת כ-20% בימים ההם) הפך נושא החיסכון בחשמל — מבלי להתייחס לשעות בהן הוא נצרך — למטרה בולטת יותר במערכת הכוונה הצריכה. דבר זה בא לידי ביטוי בסיסמה "השתמש בחשמל בתבונה".

יחד עם זאת יש להדגיש שגם בתקופה זו נשאר בתוקף נושא ניהול העומס והצריכה כנושא פעיל במערכת הכוונה הצריכה (ניסויי תעריף תע"ז, בחינה מתמדת של נושא המונה הדרת-עריפי וכו').

* כאשר נוספו גם סיבות גיאופוליטיות — מחסור אפשרי במאגר הדלק הלאומי, המבוסס כולו על יבוא ואשר כ-35% ממנו מיועד לייצור חשמל — יצאה החברה בסיסמה נוספת בעלת אופי מחמיר ו"מאיים":

"טוב שיש חשמל, חסוך שלא יחסר". כאן המקום להדגיש שגם בימים הללו לא הציעה חברת החשמל לצרכנים שלא להשתמש בחשמל, או לעבור במקרים מסויימים לצריכת אנרגיה אלטרנטיבית. מערכת ההסברה והדירכה של החברה המשיכה לפעול במישורים השונים ובמגזרי הצרכנות, ללמדם כיצד לנצל בצורה הטובה ביותר כל קוט"ש נצרך, תוך הדגשת היתרונות שבאנרגיה החשמלית: נוחיות הפעלה, נקיון, גמישות באפשרויות הויסות והחיסכון וכו'.

* מחקרים שונים שבוצעו אחרי סדרת "אדון צ'בוטרו" הראו כמה קלענו למטרה:

- הציבור מתייחס באהדה לחשמל ולאפשרויות הגלומות בו.
 - גדלה המודעות לצורך בחיסכון ומניעת בזבוז חשמל כדי למנוע חוסר.
 - כל אחד למד, במידה זו או אחרת, כיצד להשתמש בחשמל בתבונה, והראיה: הרחבת השימוש במכשירי חשמל שונים וניצולם היעיל להגדלת הרווחה והנוחות, בבחינת "יותר חשמל פחות עמל".
- עם המעבר לייצור חשמל בתחנות כח המוסקות פחם יש להדגיש 2 נקודות בולטות:
1. החשמל המיוצר בתחנות כח "פחמיות" זול יותר מחשמל המיוצר בתחנות כח "מזוטיות".
 2. פחם הוא דלק שקל למדינה להשיגו בהשוואה למזוט.

לאור זאת, ומתוך השיקולים הלאומיים של גיוון מקורות האנרגיה של המדינה מסתמנת מגמה כללית להסבת צריכות אנרגיה המבוססות על דלק נוזלי, לצריכות אנרגיה המבוססות על פחם. המדובר בעיקר באנרגיה לחימום מים, להסקה ולמיזוג אוויר.

— כאשר מדובר בתאורה מלאכותית הרי שאין כיום אלטרנטיבה ממשית לתאורה החשמלית לכן עיקר פעולות ההכוונה היא לניצול יעיל יותר של החשמל לתאורה ע"י שימוש במקורות אור עתירי נצילות (בתאורת נפיים-נורת פלורסצנט יעילה יותר מנורת ליבון ובתאורת חוץ-נורת נתון בלחץ גבוה יעילה יותר מנורת כספית).

— כאשר המדובר בחימום מים, השיטה המעשית כיום הינה בעיקרה ניצול אנרגיית השמש — ועל כך יש תקנות המחייבות מערכות סולריות לבניינים חדשים — בעוד שהגיבוי למערכות הסולריות בימים בהם השמש "לא מספיקה", הוא באמצעות חשמל.

— כאשר המדובר בהסקת חדרים, נכון אומנם כי שריפה ישירה של דלק בבית למטרות החימום נותנת יותר קילוקלוריות מאשר שריפת פחם בתחנת כח, הפיכתו לחום המייצר קיטור, המניע את הטורבינות, המניעות את הגנרטורים המייצרים חשמל המובל ומחולק לצרכנים ואצלם הופך מחדש לחום באמצעות תנורי חשמל. אולם כיוון שלא נראית בעין טכנולוגיה מעשית מתקבלת על הדעת של שריפת פחם בבתיים והפיכתו לחום, מגיעים למסקנה שהחשמל, הן בתנורי חשמל והן ב"משאבות חום" (מזגני אוויר עם תהליך הפוך — לחימום), הוא מקור האנרגיה העתידי למטרות הסקה במקום הדלק הנוזלי והגו המשמשים כיום. כן צפוי שימוש מוגבר בחשמל לקרוור ומיזוג אוויר ואולי גם לבישול ואפיה כתחליף אפשרי לנו שהוא כיום הדומיננטי בבישול הביתי.

* פיתוח מערך ייצור החשמל (תחנת הכח) מצביע על כך כי היחס בין היכולת המותקנת לבין הביקוש הארצי הכולל לחשמל הולך ומשתפר. שיפור מסתמן גם בתחום של העברת האנרגיה מתחנות הכח לתחנות המשנה. (מערכת המתח העליון ומתח-על-בעתיד).

לעומת זאת במערכת החלוקה (תחנות משנה וקוי מתח גבוה) לא בכל המקרים ערוכה המערכת למעבר מסיבי של שימוש בחשמל למטרות חימום, הסקה, קירור, מיזוג אוויר ובישול.

הדבר עוד פחות מוסדר כיום ברשתות המתח הנמוך.

יש להדגיש כי כל שלושת התחומים הנ"ל הם בתחום הטיפול של הגורמים האחראים למערכת החשמל בארץ ואינו מהווה בעיה של הצרכן הבודד או מזמין האספקה.

לעומת זאת בתחום החיבורים לבתים נתון הדבר לשיקוליו של הצרכן או המתכנן הפרטי.

* כאשר המדובר בבתי מגורים קיימות 3 אלטרנטיבות עיקריות:

1. חיבור סטנדרטי של 25 אמפר.

2. חיבור מוגדל של 35 אמפר.

3. חיבור תלת-פזי של 3X25 אמפר.

חיבור מהסוג הראשון מאפשר צריכת חשמל בריזמנית בהספק של עד כ-5 קילוואט. חיבור מהסוג השני מאפשר הספק עד כ-8 קילוואט, וחיבור מהסוג השלישי מאפשר הספק של כ-15 קילוואט.

כללי הצרכנות מגדירים, כידוע, את אופן הישוב המחיר של החיבורים לבתים מכל סוג.

* על העובדים המשרתים בייעוץ את הצרכנים הפונים אליהם, חל, מטבע הדברים, התפקיד להדריך אותם בכל מה שקשור בבחירת גודל החיבור המתאים (בבניה חדשה או בבניה קיימת בה מתרחב השימוש בחשמל).

כמו כן יש להפנות את תשומת לב הצרכנים המרחיבים את השימוש בחשמל בדיר-תיהם, בעיקר בתחום ההסקה, מיזוג האוויר, הבישול והכביסה, כי במקביל להתאמת גודל החיבור — דבר הנעשה כאמור, באמצעות פניה לחברת החשמל, יש לבצע כהלכה את השינויים המתחייבים במתקן החשמל הפרטי:

— מכשיר חימום שהספקו יותר מ-2 קילוואט ולא יותר מ-3 קילוואט, חייב להיות מוזן ממעגל שחתך נוליכיו 2.5 מ"מ"ר ואשר מאובטח ע"י מבטח 16 אמפר (נתיך או מפסק אוטומטי זעיר).

— מכשיר שהספקו 4 קילוואט יש להזין ממעגל שחתך מוליכיו לפחות 4 מ"מ"ר וגודל המבטח 20 אמפר.

יש לציין כי בהתאם לכללי האספקה, שיטת האספקה למאור ולמכשירים כשהעומס אינו עולה על 4 קילוואט וכן למנועים בעלי הספק נומינלי שאינו עולה על 1 כ"ס היא בדרך כלל חד-פזית, לכל עומס או הספק גדולים מאלו ניתנת בדרך כלל אספקה תלת-פזית.

בהתאם לחוק החשמל עבודות של הרחבה ושינוי במתקני החשמל של הצרכן מותרת לביצוע אך ורק על ידי חשמלאי בעל רשיון.

לסיכום:

שלושת סיסמאותיה של חברת החשמל שנועדו להחזיר בצרכנים את תודעת צרכנות החשמל הטובה, מעוגנות בגישה הכוללת הנובעת ממחויבותה של חברת החשמל, בהתאם לזכיון שלה, לספק חשמל, במידת האפשר, לכל צרכן בהתאם לביקוש שלו בתנאי שיכוסו העלויות הכרוכות באספקה.

חברת החשמל נוהגת מאז ומתמיד כחלק מהשרות לצרכניה גם להדריכם לשימוש נכון ונכון שהוא גם חסכוני, בחשמל אותו היא מספקת להם. יש בדבר תרומה ותועלת הן לכל צרכן כפרט והן למשק החשמל בכללו.

חוק החשמל — מהדורה חדשה — מרץ 1982

- בחודש מרץ יצאה לאור מהדורה חדשה של חוק החשמל בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות.
- מהדורה זו, בפורמט "כיס" כוללת את התקנות התקפות במאי 1982.
- את החוברת ניתן לרכוש במוסד לבטיחות ולגיהות, המחלקה להוצאה לאור, תל-אביב.

השוואת מחירי הסקת חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים

(מחירי יחידת חום — 1000 קק"ל)

מטרת הנתונים דלהלן לאפשר חישוב הוצאות ההסקה (הוצאות שוטפות בלבד, לא כולל ההשקעה ברכישת המכשירים והמתקנים ותחזוקתם).
אופן החישוב המלא הוצג במאמרים שהופיעו ב"התקע המצדיע" 13 (דצמבר 1975) ו-19 (פברואר 1978).

הבסיס לתחשיבים

טבלה מס' 1

מחירי יחידת חום (1000 קק"ל) המתקבלים מסוגי מקורות אנרגיה המקובלים להסקה ביתית בהתאם לערך הקלורי של מקור האנרגיה והמחירים הרשמיים, אשר בתוקף החל ב-3.11.82.

טבלה מס' 1					
מחירי יחידת חום (1000 קק"ל) המתקבלים מסוגי מקורות האנרגיה המקובלים להסקה ביתית					
מקור האנרגיה	המחיר/התעריף כפי שמופיע בפרסומים רשמיים (1)	המחיר כולל מע"מ (2)	ערך קלורי	מחיר יח' חום (שקל/1000 קק"ל)	הערות והארות
1	2	3	4	5	6
חשמל	"זרם יום"	2.042 שקל / קוט"ש	860 קק"ל / קוט"ש	2.73	לא נכלל החשלום החדשי הקבוע החל על כל צרכן גם אם איננו משתמש בחשמל
	"זרם לילה" (מנינה נפרד)	1.749 שקל / קוט"ש	860 קק"ל / קוט"ש	2.34	לא נכלל החשלום החדשי הקבוע 7.40 שקל / קוט"ש
קרוסין (נפט)	(א)	16.80 שקל / ליטר	8300 קק"ל / ליטר	2.02	מתייחס לקניה בתחנת דלק
	(ב)	1405.70 שקל / 100 ליטר	8300 קק"ל / ליטר	1.95	כולל הובלה ואספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 250 ליטר לבין 999 ליטר
סולר	(א)	1250.82 שקל / 100 ליטר	8500 קק"ל / ליטר	1.69	כולל הובלה והספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 250 ליטר לבין 999 ליטר
	(ב)	12422.18 שקל / 1000 ליטר	8500 קק"ל / ליטר	1.68	כולל הובלה והספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 2000 ליטר לבין 2999 ליטר
גז	(א)	234.35 שקל / 12 ק"ג	11000 קק"ל / ק"ג	2.04	כולל הובלה לבית הצרכן, התקנת מיכל ודמי שירות
	(ב)	56.61 שקל / מ"ק	11000 קק"ל / ק"ג	2.52	כ"ל, אך כשאספקה היא באמצעות מונה (אספקה מרכזית)

- (1) בתוקף החל ב-3.11.82
(2) התחשיב מבוסס על שיעור מע"מ 15%

טבלה מס' 2

הגורמים המשפיעים על ערכו של מקדם התפוקה:

- מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר.
- כמויות החום הנפלטות אל מחוץ לקטע המר-חבי בחלל החדר, אשר בו נדרש החימום למעשה.
- ניצולו בזמן הרצוי של החום המופק מן התנור.

מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר תלויה בין היתר במידת השלמות של שריפת הדלק במכשיר, רמת התקינות והתחזוקה של המכשיר, רמת ההפסדים התרמיים בצנרת (במקרה של הסקה מרכזית).

מחיר יחידת חום (1000 קק"ל) לגבי המכשירים המקובלים להסקה בדירות מגורים, מחושב לפי הנתונים המופיעים בטבלה מס' 1 ובהתחשב במקדם התפוקה של המכשירים.

בהקשר לטבלה זו יש להבהיר את הגדרת המושג "מקדם תפוקה" שהוא: "היחס בין כמות החום המתקבלת למעשה לצורך העלאת הטמפרטורה בחדר לבין כמות האנרגיה הטמונה בדלק או בחש-מל הנצרך על ידי ההסקה ואשר עבורה משלם הצרכן".

**מחיר יחידת חום (1000 קק"ל) לגבי מכשירי ההסקה המקובלים
לדירת מגורים בבית קיים**

המחיר ל-1000 קק"ל ("נטו") בשקלים	מקדם התפוקה המשוער	המחיר ל-1000 קק"ל ("ברוטו") בשקלים	סוג המכשיר
4	3	2	1
2.87	0.95	2.73	תנור חשמל — קורן
2.87	0.95	2.73	תנור חשמל — מפזר חום עם מנוע
2.87	0.95	2.73	תנור חשמל — מוליד חום ("קונבקטור")
3.03	0.90	2.73	תנור חשמל — רדיאטור שמן
1.40	1.95	2.73	משאבת חום (מזגן אויר)
2.75	0.85	2.34	תנור חשמל — אוגר ("זרם לילה")
3.34	0.70	2.34	מתקן חשמל תת-רצפתי
2.89	0.70	2.02	תנור נפט ("פייירסייד")
3.00	0.65	1.95	תנור נפט עם ארובה
2.60	0.65	1.69	תנור סולר עם ארובה
3.36	0.50	1.68	מתקן הסקה מרכזית (סולר)
2.27	0.90	2.04	תנור גז ללא ארובה (גז — בבלונים)
2.80	0.90	2.52	תנור גז ללא ארובה (גז — הספקה מרכזית)
2.90	0.70	2.04	תנור גז עם ארובה (גז — בבלונים)
3.60	0.70	2.52	תנור גז עם ארובה (גז — הספקה מרכזית)



כמויות החום הנפלטות אל מחוץ לקטע המרחבי בחלל החדר, אשר בו נדרש החימום למעשה, נובעות מהצורך לאוורר את החדר על מנת למנוע הצטברות של גזים רעילים הנפלטים בזמן תהליך השריפה של דלקים נוזליים (סולר, קרוסין) וגז, ולהעלות את כמות החמצן בחלל האוויר של החדר.

בטבלה מס' 2, מפורטים 12 סוגים של מכשירי חימום ביתיים מקובלים הניתנים ליישום בדירת מגורים בבתים קיימים. לגבי כל סוג מופיע בטור השני מחיר מקור האנרגיה ל-1000 קק"ל "ברוטו" (דהיינו הערך הקלורי המושקע במכשיר) בהתאם למחירי הדלקים ותעריפי החשמל הרשמיים.

בטור השלישי מופיעים ערכי מקדם התפוקה המשוערים לכל סוג.

בטור הרביעי מופיעים מחירים של 1000 קק"ל "נטו" (דהיינו הערך הקלורי המושקע בפועל לחימום החדר).

יש לציין שהמחירים המופיעים בטור הרביעי של טבלה מס' 2 חושבו לפי רמת המחירים של מקורות האנרגיה המופיעים בטור השני של טבלה מס' 1 ובהתאם לערכים משוערים של מקדם התפוקה המופיעים בטור השלישי של טבלה מס' 2. במידה ולגורם כלשהו המעוניין להשתמש בטבלה מס' 2 יש נתונים על ערכי מקדם תפוקה השונים מאלו שמופיעים כאן יש לעדכן את המחירים בהתאם.

כמו כן, כמובן, לעדכן את המחירים בכל מקרה של שינוי בתעריפים.

(א. לייטנר)

מונים חשמליים תלת פאזיים — המבנה ועקרון הפעולה

אינג' ת. רימיני

המאמר הוא ראשון מסדרת מאמרים אשר יסבירו את יסודות תורת המונים בצורה המובנת גם לחשמלאים שאינם בעלי השכלה טכנית רחבה. במאמר זה ננסה להסביר את עקרונות הפעולה והמבנה של מונה תלת-פאזי מודרני. במאמרים הבאים יובאו סוגים נוספים של מונים ואופן חיבורם לרשת, מערכות מונים עם שנאים ובדיקת מונים.

עקרון הפעולה של מונים תלת-פאזיים מסוגים שונים (מבחינת הכמות של יחידות המדידה מהן מורכב המונה) מבוסס על עקרונות מדידה של אנרגיה חשמלית במערכות חשמל לזרם חילופין ע"י מד הספק.

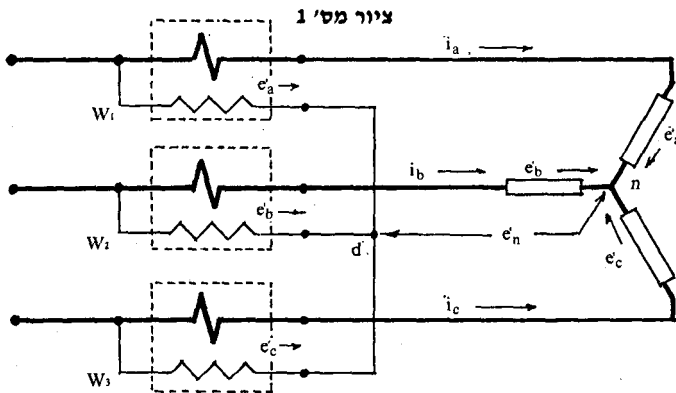
ההבדל הבסיסי בין מונה חשמל לבין מד הספק כמכשיר מדידה הוא בכך שמד ההספק מודד את ההספק הרגעי בלבד ואילו תפקידו של המונה למדוד את ההספק המשתנה ולרשום את סיכומו המצטבר בזמן, דהיינו למדוד את האנרגיה. ההבדל בין שני המכשירים מתבטא בעיקר במבנה שלהם אך לא בעיקרון החשמלי.

נתחיל את הדיון בכל הנוגע למדידת הספק במערכות תלת-פאזיות ונוכיח שמדידת הספק במערכות רב-פאזיות אפשרית בעזרת כמות מדי הספק הקטנה באחד מכמות הפאזות במערכת.

חשמלית בעלת N פאזות (N מוליכים) ע"י N-1 מדי הספק. המשפט נכון לגבי כל מערכת ליצירת אנרגיה או לצריכתה.
להלן הוכחת משפט בלונדל:

משפט בלונדל

עקרון פעולתו של מונה תלת-פאזי מבוסס על משפט הנושא את שמו של א. בלונדל, שפיתח בשנת 1893 תיאוריה שלפיה ניתן למדוד הספק של מערכת



W_1	W_2	W_3
e_a	e_b	e_c
e_a	e_b	e_c
		n
		d
i_a	i_b	i_c
		e_n
		W

מקרא:

ווטמטרים המחוברים לפאזות a, b, c
מפלי מתחים על העומסים של פאזות a, b, c
מתחים על סליל מתח של הווטמטרים של פאזות a, b, c
נקודת כוכב של העומסים
נקודת כוכב של סלילי המתח של הווטמטרים
זרמים בפאזות a, b, c
הפרש המתחים בין נקודות n ו-d
הספק במעגל תלת-פאזי

אינג' ת. רימיני — מחלקת מונים ארצית, חברת החשמל.

בציור מס' 1 מתוארת מערכת הספקת אנרגיה לעומס תלת-פאזי בעזרת שלושה מוליכים (ולא מוליך האפס).

הרבועים המקווקוים מתארים שלושה מדי הספק כאשר הסליל הנמצא בטור למוליכים הינו סליל הזרם של מדי ההספק והסליל השני מתאר את סליל המתח שלו (סלילי המתח מחוברים בכוכב).

העומס מתואר ע"י שלושה מקבילים המחוברים בכוכב. כל הערכים של הזרם (I) ושל המתח (e) הם ערכים ריגועיים.

$$1. \quad \bar{W} = \bar{e}_a \cdot \bar{i}_a + \bar{e}_b \cdot \bar{i}_b + \bar{e}_c \cdot \bar{i}_c$$

מכיוון שכל ערכי המשוואה הם ערכים וקטוריים, המשוואה נכונה מבחינת אופיה ומבחינת אי הסימטריות שבין הפאזות.

ניתן לרשום את מפלי המתח על העומס של כל פאזה בזניחת מפל המתח על סלילי הזרם של מדי ההספק, כדלהלן:

$$2. \quad \begin{aligned} e_a &= e'_a + e_n \\ e_b &= e'_b + e_n \\ e_c &= e'_c + e_n \end{aligned}$$

אם נציב את הערכים של i_a, i_b, i_c ו- i_n למשוואה מס' (1) נקבל:

$$3. \quad \begin{aligned} \bar{W} &= (e'_a + e_n) \bar{i}_a + (e'_b + e_n) \bar{i}_b + (e'_c + e_n) \bar{i}_c = \\ &= e'_a \cdot \bar{i}_a + e'_b \cdot \bar{i}_b + e'_c \cdot \bar{i}_c + e_n (\bar{i}_a + \bar{i}_b + \bar{i}_c); \end{aligned}$$

על-פי המשפט הראשון של קירכהוף (סכום הזרמים הנכנסים והיוצאים בצומת של מערכת חשמלית שווה ל-0) מתאפס האיבר האחרון של משוואה מס' 3 ומתקבל:

$$4. \quad \bar{W} = \bar{e}'_a \cdot \bar{i}_a + \bar{e}'_b \cdot \bar{i}_b + \bar{e}'_c \cdot \bar{i}_c$$

כלומר ההספק הרגעי הנצרך ע"י העומס שווה להספק הרגעי הנמדד ע"י שלושת מדי ההספק.

אם נקצר עכשיו את הנקודה d לאחד המוליכים (פאזות), יתאפס המתח על סליל המתח של מדי ההספק השייך לאותו מוליך. נבחר לדוגמא, לצורך זה, את הפאזה b, ואז משוואה מס' 4 תקבל את הצורה הבאה:

$$5. \quad \bar{W} = \bar{e}'_a \cdot \bar{i}_a + \bar{e}'_c \cdot \bar{i}_c$$

הבטוי האחרון (5) מתאר את ההספק הנמדד ע"י שני מדי ההספק שקריאתם לא התאפסה. ההספק הזה הוא ההספק הנצרך ע"י הצרכן התלת-פאזי.

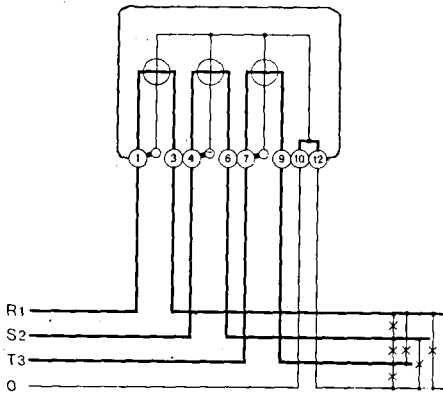
יש להדגיש שהמתחים e'_a ו- e'_c שבבטוי מס' (5) אינם זהים מבחינת הגודל והזווית לבטויים המתאימים מב-חינת הכתיבה לבטוי מס' (4) — הם השתנו בגלל הקיצור של נקודה d לפאזה b. הוכחה נוספת, מתמטית, להיתנה של מדידת העומס נכונה (העומס המוזן בעזרת שלושה מוליכים) לפי סכמת החיבורים בה הנקודה המשותפת של סלילי המתח מחוברת לפאזה ובמדידתה משתתפים רק שני מדי הספק, ניתנת בהמשך.

לאור האמור לעיל נוכל לסכם שבמערכת חשמלית תלת-פאזית בעלת 4 מוליכים, ניתן להשתמש למניית אנרגיה במונה בעל שלוש יחידות מדידת הספק (שלושה אלמנטים) ובמערכת תלת-פאזית בעלת שלושה מוליכים, ניתן לבצע את המדידה ע"י מונה בעל 2 יחידות בלבד.

מונה תלת-פאזי תלת אלמנטי

המונה מיועד למניית אנרגיה אקטיבית ברשתות בעלות 4 מוליכים (3 פאזות ואפס) או ברשתות תלת-פאזיות אשר נקודת האפס שלהן מאורקת באופן ישיר או דרך התנגדות נמוכה. סכמת החיבורים של מונה תלת-אלמנטי מתוארת בציור מס' 2.

ציור מס' 2



המונה מורכב מ-3 אלמנטים מניעים, הכוללים סליל זרם וסליל מתח כל אחד והזהים מבחינת אופן הפעלת המומנט המניע על הדיסק הדומה לאלמנט המניע של המונה החד-פאזי (הדבר מוסבר במאמרו של אינג' ש. אקסלרוד — "המונה החשמלי החד-פאזי, מבנהו ועקרונות פעולתו" ב"תקע המצדיע" (13) — דצמבר 1975.

שלושת האלמנטים המניעים של המונה מפעילים שדה מגנטי על אחד, שניים או שלושה דיסקים המורכבים על ציר משותף ולכן המומנט המניע של כל שלושת האלמנטים מסתכם.

ההספק הנמדד ע"י כל אלמנט הוא:

$$6. \quad P_{ph} = I_{ph} \cdot U_{ph} \cdot \cos \varphi_{ph}$$

U_{ph} ו- I_{ph} הם הזרם והמתח של פאזה כלשהיא $\cos \varphi_{ph}$ הינו מקדם ההספק של העומס בפאזה זו. במקרה הכללי לא יהיו הזרמים, המתחים ומקדמי ההספק הפאזיים שווים, ההספק הכללי של המערכת הנמדד ע"י המונה יהיה:

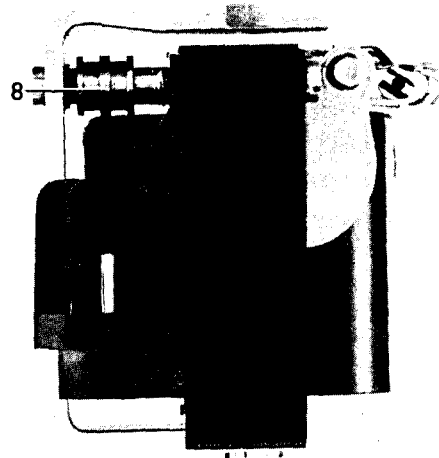
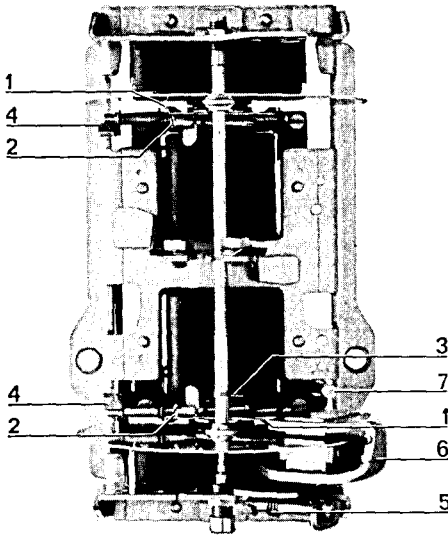
$$7. \quad P = I_1 \cdot U_1 \cdot \cos \varphi_1 + I_2 \cdot U_2 \cdot \cos \varphi_2 + I_3 \cdot U_3 \cdot \cos \varphi_3$$

כאשר העומס התלת פאזי הינו סימטרי, יקבל בטוי

$$8. \quad P = 3 I_{ph} \cdot U_{ph} \cdot \cos \varphi$$

ציור מס' 3.

מבנה של מונה תלת פאזי תלת אלמנטי



מקרא:

- 2,1 — כיילות עומס קטן
- 3 — חוט נגד מהלך ריסק
- 4 — כיילת עומס השראתי
- 5,6 — כיילת עומס גדול
- 7 — כיילת עדינה של איזון האלמנטים
- 8 — כיילת גסה של איזון האלמנטים

במלים אחרות, המונה התלת-פאזי הנפוץ בארץ, (60) 15 אמפר (זרם נקוב 15 אמפר, זרם מירבי 60 אמפר) שייך לסוג המכשירים בעלי דיוק של 2% ולא יעבור את תחום השגיאה של $\pm 2\%$ בתחום העמסה שבין

0.75 אמפר עד ל-60 אמפר בכל פאזה. לכן, בתחום העמסה של 0.75 אמפר, דיוק המונה יהיה גדול פי 80 ממכשיר מדידה בעל מחוג המודד הספק באותו תחום, בעל אותו סוג דיוק. שגיאת המונה ההשראתי מסוג דיוק של 1% תישמר גם היא בגבולות $\pm 1\%$ לאורך כל טווח העומסים להם מיועד המונה.

דיוק המונים ההשראתיים החדשים נשמר לאורך זמן, הודות לשיכלולים רבים שהוכנסו למונה העיקריים שבהם:

- א. מיסב עליון ללא שימון.
- ב. מגנטים קבועים העשויים מתרכובות פרומגנטיות מיוחדות (אלניקו, אלקומקס וכו') אשר שומרים על שדה מגנטי קבוע לאורך זמן.
- ג. מהירות סיבוב נמוכה של דיסק המונה, מומנט מניע גבוה ביחד עם מומנט בלימה חזק במיוחד, מקטינים את הבלאי של החלקים הנעים.
- ד. שימוש במערכות ספירה בעלות חיכוך קטן, שאינן זקוקות לשימון.
- ה. מיסב תחתון מאיכות גבוהה מאוד. כדור פלדה בין שני אבנים או מיסב מגנטי המבטל כליל את השפעות משקל הדיסק.

המונה מצוייד בכיילות המאפשרות כיוול כל אלמנט מניע לחוד וגם כיילת אשר משפיעה על כל האלמנטים בו זמנית. במונים חדישים הכיילות הן מיקרומטריות, דבר המאפשר כיוול מדויק ביותר.

המונה ההשראתי החדש הוא מכשיר משוכלל ופשוט כאחד. לכאורה, נראה שקיימת סתירה בין שתי ההגדרות האלה, אך אין הדבר כך. המונה החשמלי הוא מכשיר מדידה נפוץ ביותר ולכן, הוא שוכלל לדרגת דיוק גבוהה יותר מרוב מכשירי המדידה החשמליים הקובנציונליים. במכשירי מדידה חשמ-ליים רגילים מוגדר הדיוק כאחוז מהתחום המלא של חסקלה (FSD — Full Scale Deflection) ולכן השגיאה של מכשירים אלה בתחילתה של חסקלה (בעומסים קטנים) גדולה מאוד. לדוגמא — אם המכשיר שייך לסוג המכשירים בעלי דיוק של 1%, תיתכן שגיאה של 10% בעומסים שמתחת ל-10% מ-FSD.

לעומת זאת, מוגבלת השגיאה המכסימלית המותרת של מונה השראתי בכל טווח העומסים שבהם הוא מודד מ-5% של העומס הנומינלי ועד ל-400% ממנו ולפעמים עד ל-700% מהעומס הנקוב.

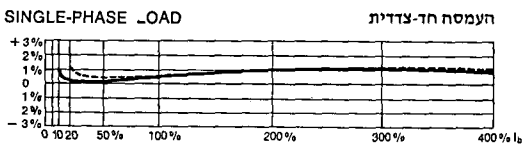
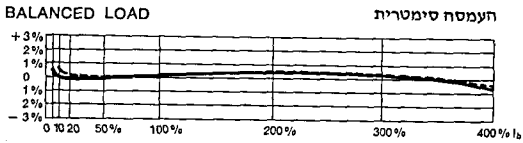
בגלל השפעות בלתי ליניאריות שונות, כגון: החלחלות המגנטית (הפרמביליות) של ברזל הגרעין, החיכוך שאינו קבוע במהירויות שונות של החלק הנע, ומומנט הבלימה התלוי בגודל הזרם המשתנה, אינן מאפשרות לייצר מונה השראתי בעל שגיאה 0 בכל תחום העומסים. למרות זאת, הגיעו מתכנני המונים לתוצאות מצוינות (כפי שאפשר לראות בציור 5).

ציור 4

החלק הנע של מונה תלת-פאזי השראתי חדיש.

ציור 5

עקומת השגיאות של מונה אלג-1 (60) :15



מקרא:

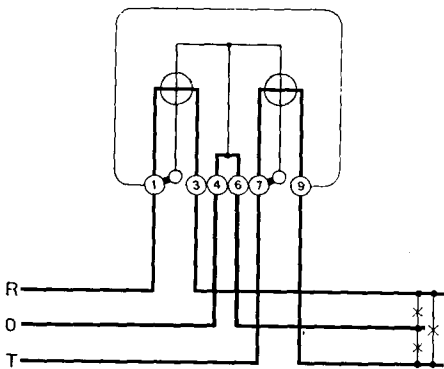
שגיאות ב- $\cos \varphi = 1$ _____

שגיאות ב- $\cos \varphi = 0.5$ - - - - -

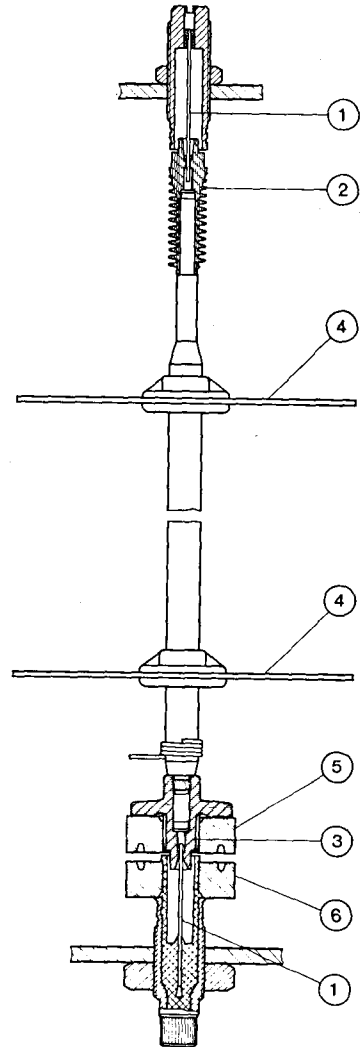
בציור מתוארת עקומת השגיאות של מונה תלת-פאזי בתחום העומסים של 5% עד 400% של העומס הנקוב. עקומת השגיאות שטוחה ואינה עוברת את מחצית הגבולות המותרים לסוג מונים זה. חברת החשמל משתמשת כיום במונים מסוג דומה.

ציור 6

סכמת חיבורים טיפוסית של מונים תלת-פאזיים דו-אלמנטים



מדידת אנרגיה ברשת תלת-פאזית בעלת 3 מוליכים, נעשית בדרך כלל בהתאם לאמור קודם בעזרת מונה



מקרא:

1. מחט מובילה
2. גופתת מיסב העליון עם חילוון
3. גופתת מיסב תחתון
4. דיסק
5. המגנט הנושא (מסתובב)
6. המגנט הנושא (יציב)

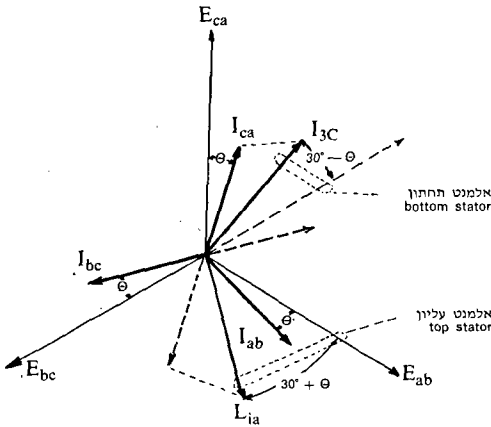
מכיוון שהנחנו שהמערכת היא סימטרית, הזרמים, המתחים והזוויות ביניהם שווים ונוכל לומר ש:

$$P_T = P_I + P_{II} = \sqrt{3} \cdot E_{ph} \cdot I_{ph} \cdot [\cos(30 + \varphi) + \cos(30 - \varphi)]$$

$$= \sqrt{3} \cdot E_{ph} \cdot I_{ph} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi = 3 \cdot E_{ph} \cdot I_{ph} \cdot \cos \varphi$$

קבלנו תוצאה המאשרת את משפט בלונדל בדרך מתמטית, עבור מערכת תלת-פאזית סימטרית בעלת שלושה מוליכים.

צויר 7



דו-אלמנטי. החלקים הפנימיים של המונה דומים לאלו של מונה תלת-אלמנטי. סכמת חיבורים טפוסית של מונה דו-אלמנטי מתוארת בצויר 6. אופן פעולתו של מונה זה מוסבר בעזרת הסכמה שבצויר 8 וע"י דיאגרמת המחוגים שבצויר 7. ברשת בעלת שלושה מוליכים, הזרמים הקוויים שונים מהזרמים הזורמים בפאזות של העומס. ננתח מקרה של עומס סימטרי:

עבור הזרמים הקוויים נוכל לרשום

$$I_{1a} = I_{ab} - I_{ca}$$

$$I_{3c} = I_{ca} - I_{bc}$$

במערכת תלת-פאזית סימטרית, הזרמים הקוויים שווים לזרמים בפאזות כפול $\sqrt{3}$

(המחוגים השייכים לאותו האלמנט הוכנסו בצויר 7 לעגול מקוקו). אלמנט המדידה העליון של P_I של המונה, ניזון ממתח E_{ab} ומזרם I_{1a} שהזווית ביניהם היא $30 + \varphi$, לכן ההספק P_I שמודד האלמנט העליון יהיה:

$$P_I = E_{ab} \cdot I_{1a} \cdot \cos(30 + \varphi)$$

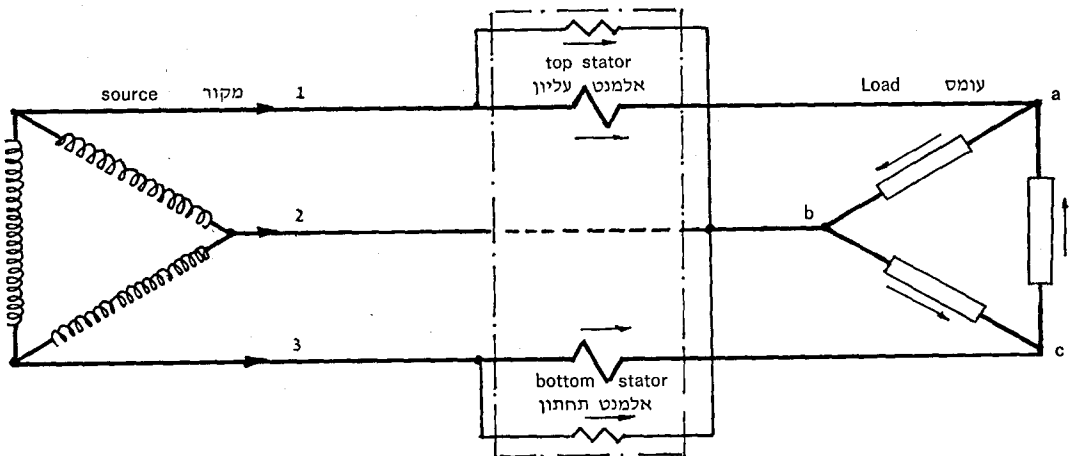
אלמנט המדידה התחתון P_{II} ניזון ממתח E_{cb} וזרם I_{3c} שהזווית ביניהם היא $30 - \varphi$, ולכן ההספק שמודד האלמנט התחתון הוא P_{II} כדלקמן:

$$P_{II} = E_{cb} \cdot I_{3c} \cdot \cos(30 - \varphi)$$

סכום שני ההספים הנמדדים P_T יהיה:

$$P_T = P_I + P_{II} = E_{ab} \cdot I_{1a} \cdot \cos(30 - \varphi) + E_{cb} \cdot I_{3c} \cdot \cos(30 - \varphi)$$

צויר 8



בזאת, הסתיים החלק התיאורטי של הדיון העוסק במונים תלת-פאזיים אקטיביים הנמצאים בשימוש בארץ. במאמר הבא נעסוק במונים מסוגים אחרים ובמערכות מונים עם שנאים.

עקרונות תכנון של מערכת החשמל במפעל

אינג' מ. זיסמן — אינג' א. י. איציקוביץ

תכנון מערכת חשמל צריך להתבסס על דרישות חוק החשמל, על התקנים הקיימים בארץ ועל הכללים להספקת חשמל לצרכנים של חברת החשמל.

על מתכנן החשמל להכיר את התנאים המיוחדים של המפעל כולל מיקומו, התהליך הטכנולוגי שלו וכל הגורמים הקשורים לתפעולו התקיין. רצוי מאוד שהמתכנן יהיה בקשר עם אדריכל המבנה כדי לתאם את מיקום חדר החשמל ואופן הזנתו ואת חלוקת העומס בתוך המבנה, כמו תעלות לקויי-הזנה (לכבלים) המזינים את המנועים, את המכשירים וכו'.

בתכנון מערכת החשמל יש לקחת בחשבון את תוכניות הפיתוח של המפעל תוך התחשבות באספקט הכלכלי. לדוגמה: השוואה בין משך הזמן שהמפעל יכול לעבוד ללא התרחבות לבין העלות הכרוכה בהזמנת חיבור גדול יותר. כמו-כן יש להגדיר במפורט את הנתונים המדויקים של הציוד, אופן התקנה, הוראות להפעלה שוטפת והוראות בטיחות.

של המפעל המתוכנן, ובניסיון שנרכש בתכנון קודם של ציוד דומה.

במאמר זה נשתמש בסימנים הבאים:

זרם המנועים מחושב בהתאם לנוסחה:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} [A]$$
 לדוגמה: עבור מנוע בעל 10 כ"ס = 7.5 קו"ט, חישוב הזרם הוא:

- I_n — הזרם הנקוב של המנוע [A]
- P — ההספק הנקוב של המנוע [kW]
- U — המתח הנקוב [V]
- η — הנצילות [%]
- P_c — ההספק המחושב של המפעל [kW]
- P_i — ההספק המירבי הנקוב של המפעל [kW]
- K_e — מקדם הביקוש
- $\cos \varphi$ — מקדם החספק
- l — אורך הכבל מהלוח עד להדקי המנוע [m]
- K — הקבוע עבור נחושת = 57
- q — שטח חתך הכבל [mm²]
- β — מקדם העומס — התלוי במספר כבלים בתעלה משותפת
- I' — הזרם להגנה תרמית [A]
- I'' — הזרם הנקוב של הנתיד [A]
- I_1 — הזרם להתנתעת המנוע [A]
- φ_1 — הזווית לפני שיפור מקדם החספק
- φ_2 — הזווית אחרי שיפור מקדם החספק
- Q — ההספק העיוור [kVA]

$$I_n = \frac{7.36 \times 10^3}{1.73 \cdot 400 \cdot 0.86 \cdot 0.79} = 15.6 [A]$$

מיקום לוח החשמל

מנוע חשמלי צמוד בדרך כלל למכונה המיכנית שאותה הוא מניע. בדרך כלל נקבע מיקום המכונה על-ידי הטכנולוג של המפעל, ואין למתכנן החשמל שליטה על נושא זה. לעומת זאת מיקומו של לוח החשמל נמצא בשליטת מתכנן החשמל והוא אחד המרכיבים החשובים של התכנון. אנו מעוניינים שלוח החשמל יהיה במרכז העומס של המפעל, כדי שהקווים היוצאים אל נקודות העומס השונות במפעל יהיו קצרים ככל האפשר.

עם זאת יש להדגיש, שלעיתים, מיגבלות ואילוצים בשטח מכתביים למתכנן את מיקום לוח החשמל לאו דווקא במקום האידיאלי, והוא חייב לקחת בחשבון אפשרות זו.

בחירת צורת הזנת המיתקן החשמלי

הקריטריונים לבחירת צורת הזנה הם תפעוליים וכלכליים כאחד. רשת החשמל פועלת לפעמים בתנאים סביבתיים קשים, כמו: לחות גבוהה, אבק, זיהום תעשייתי (פליטת גזים ואדים) וכד'. לכן, כאשר בוחרים כבל הזנה יש לקחת בחשבון את התנאים הסביבתיים של המפעל, כדי שכבל זה יוכל לעמוד בהם לאורך זמן.

המתכנן יציין את צורת התקנת הכבלים כדי שתימנע פגיעה מיכנית אפשרית בהם; יש להגן עליהם במיוחד

התכנון צריך לפתור את הבעיות הבאות:

קביעת העומס הצפוי

קביעת העומס הצפוי הכולל מהווה את הבסיס לתכנון כולו ומכאן החשיבות הרבה הנודעת לקביעת מדויקת של עומס זה. קביעה זו חייבת להתבסס על נתונים מדויקים של עומס המפעל בשלב הראשון של ההפעלה ולהתחשב גם בעומס העשוי להיתוסף בהמשך. מומלץ להיעזר בקטלוגים ספציפיים לציוד

אינג' מ. זיסמן — סגן מנהל מחוז דן לעניינים טכניים וחבר מערכת "התקע המצדיע", חברת החשמל.
 אינג' א. י. איציקוביץ — מחלקת אחזקת הרשת במחוז הצפון, חברת החשמל.

אם מנוע הוא בעל הספק קטן (עד 3 כ"ס) אפשר לחבר ישירות לרשת. זרם ההתנעה שלו יהיה הרבה יותר קטן מהזרם של הרשת ואין צורך לנקוט אמצעים מיוחדים, כמו שיטות התנעה שונות, כדי להקטין את זרם ההתנעה. השיטות הנפוצות של התנעת מנועים הן:

(א) התנעה בעזרת מפסק כוכב-משולש

להתנעת מנועים בעלי הספקים בינוניים (עד 20 כ"ס), המותאמים להזנה מרשת תלת-מופעית, מקובל להיעזר במפסק כוכב-משולש. מפסק זה מפעיל את המנוע בשני שלבים:

1) מחברים את הסלילים של המנוע בכוכב; כתוצאה יהיה מפל המתח על הסלילים.

$$U = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{400}{1.73} \approx 231[V]$$

כלומר המנוע ניזון כעת רק במתח של 220 וולט, דבר המוריד כמובן את הזרם הנצרך.

2) לאחר מספר שניות, משנים בעזרת המפסק את החיבורים מכוכב למשולש לעבודה רצופה של המנוע, במתח 400 וולט. על-ידי חיבור זה הוקטן זרם ההתנעה.

(ב) התנעה בעזרת שנאי עצמי

מנועים בעלי הספק גדול יותר נוהגים להתניע באמצעות שנאי עצמי, בשלב הראשון של ההתנעה מזינים את המנוע בעזרת שנאי עצמי, בערך במחצית המתח הנקוב. לאחר שהרוטור מסתובב מזינים את המנוע בהדרגה במתחים גדולים יותר עד למתח המלא של הרשת ומנתקים את השנאי העצמי.

הערה: במקרים מסוימים מאשרת חברת החשמל חיבור של מנועים בעלי הספק גדול בהתנעה ישירה, במיוחד כאשר המפעל כולו ניזון משנאי נפרד.

הגנה למנועים

הגנת המנועים נועדה לספק הגנה מירבית, תוך צמצום מינימאלי של ההפרעות בעבודה רציפה של המיתקן. ההפרעות לעולות להופיע הן במנוע עצמו והן במערכות המחוברות אליו, כגון חימום-יתר של התילים, המכשירים וכו'. מאמץ יתר של מנוע שאינו מוגן כהלכה גורם כמובן להתחממות-יתר של המנוע ולפעמים גם לשריפתו. לכן חשוב, כי הגנת המנועים תותאם לסוג המנוע, לצורת הפעלתו, לזמני ההתנעה שלו ולתנאים הסביבתיים שבהם הוא עובד.

יש לתכנן את ההגנה של המנועים באופן שיהיו מסוגלים להפסיק את המערכת בשעת הצורך ולמנוע, בעוד מועד, את הריסת המיתקן ופגיעה בעובדים המטפלים בו.

(א) הגנה מפני זרם יתר

כאשר המנוע פועל מעל לזרם הנקוב שלו, אנו אומרים שקיים מצב של זרם יתר או עומס יתר (OVERLOAD). הגנה מפני זרם יתר מבצעים בעזרת דו-מתכת, המכווננת לזרם פעולה, העולה בדרך כלל ב-20% על הזרם הנקוב של המנוע, כלומר $I' = 1.2 I_n$

באותם מקומות שקיים חשש ממשי של פגיעה בהם. יש לדאוג להפרדה בין כבלי הזנה לבין כבלים של שירותים אחרים, כגון קיטור, מים חמים, גז וכד'. כאשר יש מספר מתחים יש להוביל את הכבלים בתעלות נפרדות: כבלים של מתח נמוך בתעלת קיר אחת וכבלי פיקוד בתעלת קיר אחרת.

יש לקבוע במדויק נתונים שונים: העומס המותר על כבל תלוי, חומר המוליכים, מבנה הכבל, סוג הבידוד, המתח הנקוב, צורת ההתקנה והטמפרטורה המותרת של הסביבה במקום ההתקנה.

קביעת שטח החתך של הכבלים מבחינה מיכנית ותרמית ומפלי המתח המותרים

החוזק המיכני דרוש לכבל בגין מאמץ המשיכה הפועל עליו בעת התקנתו בתעלות, השחלתו בצינור או קשירתו.

הזרם אשר זורם בתיל גורם להיווצרות חום, המעלה את הטמפרטורה שלו. בבחירת שטח החתך של התיל, יש כמובן להתחשב בגורם התרמי, כדי למנוע התחממות יתר של הכבל וכתוצאה מזה — פגיעה בבידודו. גודל הזרם, המשתנה בהתאם לעומס המופעל, משתנה גם בגין שינוי מתח. לדוגמה: המנועים בנויים תמיד למתח נקוב מסוים. ירידת המתח מביאה להקטנת מומנט ההתנעה של המנועים וכתוצאה מכך יכול להיווצר קושי בהתנעת המנועים ועליית הזרם הנצרך.

ניתן להיעזר בטבלאות נתונים לחישוב התך הכבל הרצוי, כפונקציה של זרם המנוע. לאחר מכן יש צורך גם לבדוק, אם הכבל שנבחר עומד בדרישות מבחינת מפל המתח המותר.

דוגמה: עבור מנוע בעל 10 כ"ס נבחר כבל NYY בחתך $4 \times 2.5 \text{ מ"מ}^2$. את מפל המתח נחשב לפי הנוסחה:

$$\Delta U = \frac{I_n \cdot \ell \cdot \cos \varphi \cdot \beta}{K \cdot q} [V]$$

עבור המקרה שלנו: $\ell = 15$ מטר, $\beta = 0.65$ (כאשר בתעלה מונחים 6 כבלים).

$$\Delta U = \frac{15.6 \cdot 15 \cdot 0.79 \cdot 0.65}{57 \cdot 2.5} = 0.84 [V]$$

התנעת המנועים

כאשר מנוע חשמלי ניזון מהרשת הוא צורך אנרגיה בהתאם לעומס המיכני שאותו הוא חייב להניע. אם ההעמסה המיכנית של המנוע גוברת, גדלה גם האנרגיה החשמלית הנצרכת מהרשת. מאחר שהמתח של הרשת הוא קבוע, הרי כאשר עולה ההעמסה המיכנית של המנוע יזרום דרכו זרם גבוה יותר.

רוב המנועים בתעשייה הם מנועים א-סינכרוניים רוטור-כלוב. בשעת התנעת מנוע מסוג זה, עלול זרם ההתנעה לעלות פי 7 מהזרם הנקוב. זרם התנעה זה עלול לגרום תקלות, והמתכנן חייב להתחשב בגורם זה ולתכנן אמצעים מתאימים שימנעו נזק למנוע או לרשת בגין זרמי התנעה גבוהים.

שיפור מקדם ההספק

כל מנוע בנוי להספק, מתח, זרם ומקדם הספק נקובים. כאשר המנוע מועמס בעומס חלקי, קטן יחסית מקדם ההספק הנקוב שלו. היות שרוב העומס במפעל נוצר ממנועים (בדרך כלל 60% – 70% של העומס במפעל) המהווים גם עומס ריאקטיבי, גורם הדבר לירידת מקדם ההספק.

על המתכנן למצוא דרכים לשפר את מקדם ההספק — אם באופן טבעי על-ידי העמסה נקובה וכו' או באמצעים מלאכותיים, כגון קבלים.

תכנון מיתקני תאורה ובחירת גופי תאורה

מטרת תכנון מיתקני התאורה נועד בין היתר להבטיח תיפקוד יעיל ובטוח של המפעל. המיתקנים האלה חייבים לענות על הדרישות הספציפיות המתחייבות מאופיו של המפעל הנדון המייצר חלקים עדינים. הקריטריונים לבחירת גופי תאורה הם: התאמה לתנאי הסביבה. בטיחות בהפעלה ושיקולים כלכליים, כגון שימוש לאורך זמן.

מערכות התאורה המקובלות הן מערכות פלואורסצנ-טיות, אולם היות שמדובר במכונות מסתובבות יש להקפיד ולנקוט שיטות מתאימות כדי למנוע את האפקט הסטרובוסקופי.

לוח החשמל

בגלל רגישות התפקוד שממלא לוח החשמל הראשי במערכת החשמל של המפעל, יש להבטיח שיותקן במקום נוח לגישה ולטיפול. המקום צריך להיות מואר ומאוורר היטב. הלוח יהיה מהסוג המתאים לתנאי המקום. מבנה הלוח יענה על הדרישות המיכניות, הפיסיקליות והכימיות של מקום ההתקנה. הלוח יותקן בצורה שתמנע השפעה מזיקה על מערכת השירותים האחרים ולא יושפע על-ידיהם לרעה. לדוגמה: אין להתקין לוח חשמל ראשי ליד סביבה קורוסיבית מאוד, חמה מאוד וכדומה, אלא אם יוגן כהלכה. רצוי שהלוח יהיה מוקף במסגרת שתאטום את המירווח בין הלוח ובין הקיר שעליו הוא מותקן כדי למנוע נגיעה מקרית בחלקו האחורי של הלוח או כניסת זרמים לא-רצויים.

כל המכשירים והמוליכים על הלוח יסודרו באופן שהגישה אליהם, הטיפול בהם והבקרה עליהם יהיו נוחים וחופשיים.

גם: החיטוי מאחורי הלוח יהיה מסודר ללא הצטלבויות. צבעי המוליכים יהיו בהתאם לדרישת התקנות.

חישוב ההספק המחושב של המפעל — P_c

את ההספק המחושב P_c של המפעל, מקבלים על ידי הכפלת ההספק הנקוב המירבי P_i במקדם הביקוש K_c (שהוא ערך נקוב המופיע בטבלאות נתונים). מקובל שמקדם הביקוש עבור מפעל לעיבוד שבבי הוא בדרך כלל $K_c = 0.4$

$$P_c = K_c \cdot P_i$$

$$P_c = 0.4 \cdot 422.6 = 169 \text{ [kW]}$$

לדוגמה: המנוע בן 10 כ"ס —
 $I_1 = 1.2 \cdot 15.6 = 18.7 \text{ [A]}$
 ההגנה מפני עומס יתר היא הגנה הדרגתית המכונה גם 'הגנה תרמית'.

(ב) הגנה מפני זרם קצר

קיימים שני מנגנוני הגנה מפני זרם קצר: (1) שימוש בנתיכים; (2) שימוש במפסקים חצי-אוטומטיים.

(1) כאשר בפרק זמן קצר עולה הזרם במנוע בהרבה מעל לזרם הנקוב, מחייבת תקלה זו הפסקה מהירה של המעגל. מאחר שזמן התגובה של נתיך קצר בהרבה מזה של דו-מתכת, מתקבל מהתגובה המהירה של הנתיך.

$$I'' \geq \frac{I_1}{2.75}$$

$$I_1 = 5 I_{In}$$

כאשר:

לדוגמה: עבור מנוע בעל 10 כ"ס

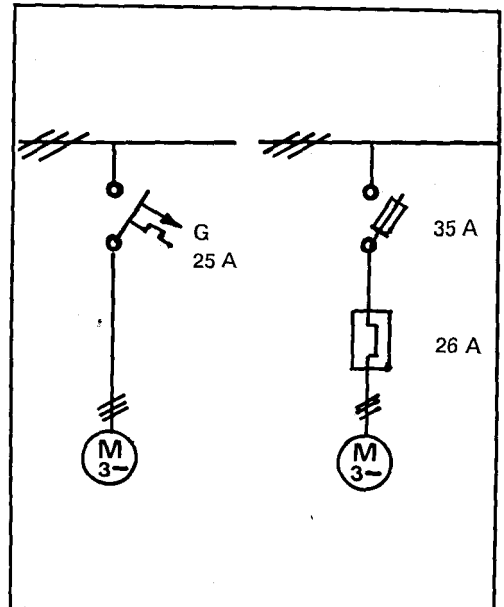
$$I'' \geq \frac{5 \cdot 15.6}{2.75} \geq 28.3 \text{ [A]}$$

בוחרים בנתיך של 35 אמפר.

(2) כאשר משתמשים במפסק חצי אוטומטי מנצלים את שני מנגנוני ההגנה שהמפסק מצויד בהם: הגנה נגד עומס יתר והגנה נגד זרם קצר.

לדוגמה: מנוע בעל 10 כ"ס צריכים לצייד במפסק חצי-אוטומטי מטיפוס G המיועד למנועים, לזרם נקוב של 25[A]

בשרטוט סכימה המתארת את שני מנגנוני ההגנה האלה.



טבלה מס' 1

**דוגמת תכנון מעשית של מתקן חשמלי
לעיבוד שבבי
רשימת העומסים במפעל**

$P_1 = \frac{P_2}{\eta}$								
הספק כללי נצרך	הספק נקוב	נצילות $\eta\%$	מקדם ההספק $\cos \varphi$	ההספק הנקוב P_2		מספר המכונות	ה מ כ ו נ ה	מס' סד'
				kW	HP			
7.9	5.88	74	0.73	0.736	1	8	מקדחה	1
39.4	33.12	84	0.79	5.52	7.5	6	כרסומת	2
51.3	44.16	86	0.79	7.36	10	6	כרסומת	3
62.7	55.20	88	0.8	11.04	15	5	כרסומת	4
26.2	22.08	84	0.79	5.52	7.5	4	מחרטה	5
34.2	29.44	86	0.79	7.36	10	4	מחרטה	6
66.1	58.88	89	0.81	14.72	20	4	מחרטה	7
7.7	5.88	76	0.73	1.47	2	4	משחזת שולחן	8
16.9	13.20	78	0.73	2.20	3	6	משור מיכני	9
30	30	—	1	30.	—	1	תנור חיסום	10
5.6	4.40	78	0.73	2.20	3	2	מכונת הקצעה	11
13.1	11.04	84	0.79	5.52	7.5	2	מכונת הקצעה	12
9.6	8.08	84	0.76	4.04	5.5	2	מדחס	13
26.2	22.08	84	0.79	5.52	7.5	4	מכונת ליטוש	14
25.6	22.08	86	0.79	7.36	10	3	מכונת השחזה	15
3.8	2.94	76	0.73	1.47	2	2	אקסוסטר	16
426.3	368.46						סה"כ	

טבלה מס' 2

חישוב מקדם ההספק

$\Sigma I_n \sin \varphi$	$\Sigma I_n \cos \varphi$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$\frac{\Sigma I_n}{[A]}$	זרם נקוב $I [A]$	מספר המנועים n	הספק המנוע HP
10.3	11.1	0.68	0.73	15.2	1.9	8	1
15.5	16.6	0.68	0.63	22.8	3.8	6	2
29.9	32.1	0.68	0.73	44.0	5.5	8	3
11.8	13.8	0.65	0.76	18.2	9.1	2	5.5
117.1	151.6	0.61	0.79	19.2	12.0	16	7.5
123.7	160.2	0.61	0.79	202.8	15.6	13	10
67.8	90.4	0.6	0.8	113.0	22.6	5	15
104.4	143.3	0.59	0.81	177.0	29.5	6	20
480.5	619.1						סה"כ

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\Sigma I_n \sin \varphi}{\Sigma I_n \cos \varphi} = \frac{480.5}{619.1} = 0.78$$

$\operatorname{tg} \varphi_1 = 0.78 \quad \cos \varphi = 0.79$ בהתאם לדרישות חברת החשמל
 $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0.42 \quad \cos \varphi = 0.92$ יהיה מקדם ההספק:

$$Q = P_c (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 169 (0.78 - 0.42) = 60 \text{ kWAr}$$

כלומר: יש לבחור סוללת קבלים סטנדרטית בהספק 80 kVAr של

חישוב הזרם הכללי של המפעל I

(1) כאשר המפעל עובד במקדם הספק $\cos \varphi = 0.78$

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{169 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 400 \cdot 0.78} = 311 [A]$$

כאשר נוסף עוד כ-25 אמפר למאור.
יהיה הזרם הכולל של המפעל:
 $I = 311 + 25 = 336 [A]$

(2) כאשר המפעל עובד במקדם הספק תיקני: $\cos \varphi = 0.92$

$$I = \frac{169 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 400 \cdot 0.92} = 265 [A]$$

כאשר נוסף עוד כ-25 אמפר למאור,
יהיה הזרם הכולל של המפעל:
 $I = 265 + 25 = 290 [A]$

חיבור הסטנדרטי של חברת החשמל — והעלות
למפעל (לפי מחירי ינואר 1982)

אם מניחים שהמפעל מוקם במרכז תל-אביב והאורך

הממוצע של הכבל מעמוד החשמל ללוח החשמל הוא
כ-50 מטר, יהיו המחירים כדלקמן:

(1) המפעל עובד במקדם הספק $\cos \varphi = 0.78$

הצרכן צריך להזמין בחב' החשמל חיבור
סטנדרטי של $3 \times 400 [A]$ והתשלום יהיה:
מחיר הכבל + החיבור 97,690 שקל
מחיר 'יחידות' רשת 299,754 שקל

סה"כ 397,444 שקל

(2) המפעל עובד במקדם הספק תיקני $\cos \varphi = 0.92$

הצרכן צריך להזמין בחב' החשמל חיבור
סטנדרטי של $3 \times 315 [A]$ והתשלום יהיה:

מחיר הכבל + החיבור 55,437 שקל
מחיר 'יחידות' רשת 235,973 שקל

סה"כ 291,410 שקל

כלומר החיסכון המיידי יתבטא ב-106,034 שקל.

לוח החשמל הדירתי — התקנה בתוך הדירה

בדיון שהתקיים בהשתתפות נציגי משרד השיכון והבינוי, משרד האנרגיה והתשתית וחברת החשמל נקבע:
לוח החשמל הדירתי יכול להיות מותקן בתוך הדירה, אולם, הדקי הצרכן ישארו עקרונית בארון החשמל
והסידור כולו יהיה כדלקמן:

1. הדקי הצרכן יהיו מהדקים או מהדקי תותב בגודל מתאים. אם משתמשים בהדקי תותב רצוי שחומר הבידוד שלהם יהיה חומר פלסטי או חרסינה אך לא בקליט.
2. ההדקים יותקנו בתוך קופסה מתומר פלסטי בעל תכונה של "כבה מאליו".
3. הקופסה תמוקם מעל לוח המונים — בתאום עם חברת החשמל — ותשמש, כאמור להתקנת ההדקים וכן כקופסת מעבר למוליך ההארקה ממוליך ההארקה הראשי (באם המבנה מצוייד בהארקת יסוד) לפס ההארקה בלוח הצרכן.
4. בין הקופסה הג"ל לבין לוח הצרכן יותקנו 3 (או 2) צינורות פלסטיים: שניים בקוטר 23 מ"מ לפחות (למעגל מאור ומכשירים ולרזרבה) וצינור אחד בקוטר 16 מ"מ לפחות — לזרם לילה — באם ישנו.
5. מידות הקופסה יהיו בסדר גודל של 12×8 ס"מ. עומק הקופסה יאפשר את התקנת המוליכים והחיבורם להדקים או הדקי התותב.
6. הקופסה תותקן מעל לוח המונים (דהיינו — במקום בו היו נוהגים להתקין את לוח הצרכן) כאשר הצלע הארוכה שלה היא אנכית.
7. הקופסה, ההדקים, שלושת הצינורות והמוליכים שבתוכם יסופקו על ידי זומין החיבור ויותקנו על ידו בתאום מוקדם עם חברת החשמל.

ל ס י כ ו ם

- לוח החשמל הדירתי בארון החשמל בחדר המדרגות — כפי שהיה מקובל.
- לוח החשמל הדירתי בתוך הדירה — וקופסת הדקים בחדר המדרגות.

אינג' נ. פלג —

מנהל שרותים טכניים לצרכנים,
הרשת הארצית.

מערכות הנע זעירות — סקר השוואתי*

אינג' א. ברסלר

מבוא

תפקידן של מערכות הנע זעירות פשוטות לייצוב או למיקום הוא להזיז או לסובב (לרוב במהלכים מחזוריים) דלתות, מסוטים, שולחנות הזזה וסיבוב, או מתקנים דומים — במערכות הסעה או במכוונות.

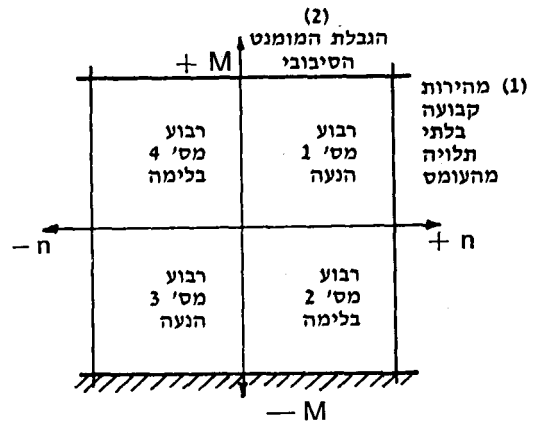
מערכות הנע פשוטות לייצוב או למיקום מבוססות לרוב על מתקנים קבועים או מתקנים הניתנים לוויסות. פשוט במיוחד, בהתקנה ובפעולה הוא מנוע א-סינכרוני בעל כלוב קצר עם ספק סימיסטוריים (TRIAC'S). במאמר שלפנינו ניתנת השוואת היתרונות והמגרעות של מערכות הנע שונות.

מערכת הנע זעירה — דרישות כלליות

תיאור הדרישות לגבי מערכות הנע מסוגים אלה ניתן בצורה גראפית בצירור 1.

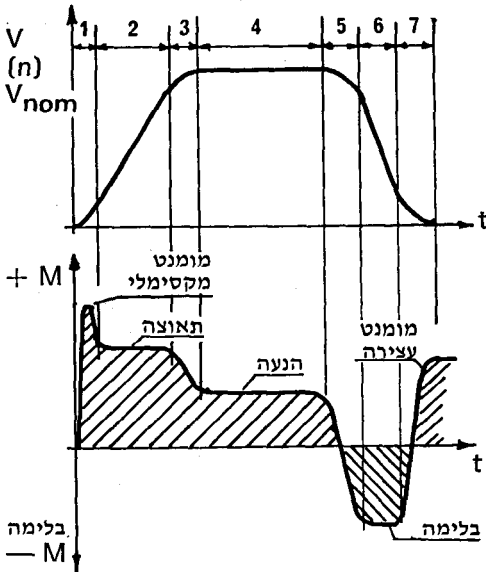
צירור מס' 1

דרישות טכניות לגבי מערכות הנע זעירות



צירור מס' 2

מהלך אידיאלי של המהירות והמומנט הסיבובי



בצירור 2 מתוארות עקומות המהירות והמומנט הסיבובי כפונקציות של הזמן. בשלב הראשון רצויה עלייה איטית של המהירות — הדבר מתבטא בעיגול עקומת המהירות בקטע 1 של הגראף. באותו שלב יכול המומנט להגיע לערך גבוה יחסית, כי המנוע צריך להתגבר על מומנט נגדי התחלתי גבוה של מתקני נעילה וכדומה.

בשלב השני נדרשת תאוצה קבועה, ובהתאם לכך גם מומנט סיבובי קבוע. במעבר מתאוצה קבועה למהירות קבועה בשלב השלישי (קטע 3 בגראף) יורד המומנט הסיבובי לערכו הנומינאלי והוא נשמר גם במהלך השלב הרביעי. במקביל חל בשלב השלישי שינוי הדרגתי של המהירות הסיבובית, עד להשגת המהירות הקבועה במשך השלב הרביעי (קטע 4 בגראף).

המהירות הסיבובית של המנוע חייבת להיות קבועה במידת האפשר, ללא תלות בעומס. בעת הופעה פתאומית של התנגדות מיכנית למשל: (תקלה בחלק הנע) או הפרעות אחרות, חייב המומנט הסיבובי שאותו מפתח המנוע להיות מוגבל, לשם מניעת שברת חלקים. מערכת הנע לייצוב חייבת גם למלא אחרי דרישות לגבי מהלך שינויי המהירות — ללא תלות בצורת עקומת המומנט הסיבובי.

אינג' א. ברסלר — מהנדס יועץ השמל.

* מעובד לפי המאמר של W. Böhm בכתב-העת Der Elektromeister מס' 15/80

במערכות הנע זעירות מהסוג שתוארו לעיל עדיף השימוש במנוע א-סינכרוני בעל כלוב קצר, כי הוא אמין ויש לו מבנה 'סולידי' במיוחד יש להתחשב בעובדה, שבדרך כלל הגישה למערכות הנע המשמ- שות לייצוב או למיקום, אינה נוחה, מאחר שהן צמודות למערכות שאותן הן אמורות לשרת.

בציור 3/a מתוארת מערכת הנע זעירה תלת-מופעית. עם הפעלת המפסק K_1 מתנהג המנוע M_1 בהתאם לאופיין סיבובים/מומנט (n, M) כפי שתואר ברביע הראשון של שדה האופייניים n, M .

בעזרת משנה החיבורים K_2 מופעל המנוע במשטר עצירה, כפי שתואר ברביע השני של שדה n, M . לצורך בלימה (ריסון) נזקקים למתקן-עזר. נניח שבדוגמה שלנו משתמשים במשכך שמן.

היות שבשלב הבלימה פועלים במקביל גם המנוע וגם המשכך, מתקבלת עקומת בלימה שקולה לפי הקו הסוגר את השטחים המקווקווים בציור 3. מתקיים אז השוויון:

$$\text{ריסון } M + \text{מניע } M = \text{בלימה } M$$

עקב קשיחות עקומת המומנט של המנוע הא-סינכרוני ושל השיכך, לא ניתן לקיים במלואו את המהלך התנועה לפי ציור 2.

לצורך בלימה — לקראת האטת התנועה עד לעצירה — עובר המומנט לערכים שליליים (קטע 5 בגראף) הנשארים גם במהלך השלב השישי — האטת התנועה (קטע 6 בגראף).

במערך מהשלב השישי לשלב האחרון — השגת המצב הסופי במחזור (קטע 7) — משנה המומנט הסיבובי שוב את כיוונו ועובר לערך החיובי של מומנט העצירה.

בהתאם למבנה המערכת, ייתכן ניתוקה הגמור עם סיום המחזור שתואר לעיל, אולם אם רוצים לוותר על אמצעי נעילה או על אמצעי היזוק מיכניים, יכול המנוע להתמיד במצב נעילה על-ידי מומנט העצירה, בתנאי שהוא מתוכנן להעמסה ממושכת (מבחינה תרמית — עמידת הליפופים בהתחממות) במצב עצירה.

מערכת ההנע שתוארה לעיל (ציור 2) מאופיינת על-ידי שינוי כיוון המומנט בעת מחזור התנועה מערך חיובי לשלילי, ולהיפך.

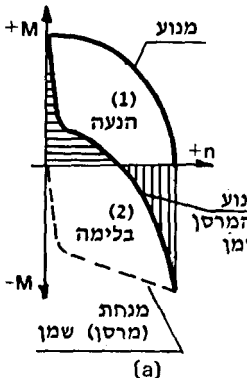
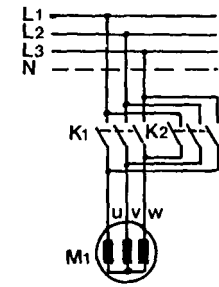
השוואת מערכות הנע שונות

(א) מנוע אי-סינכרוני תלת-מופע בעל רוטור עם כלוב קצר

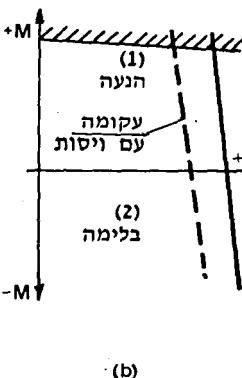
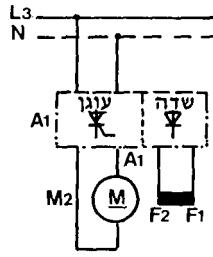
ציור מס' 3

תרשימי חיבור עקרוניים וצורות פעולה של מערכות הנע שונות

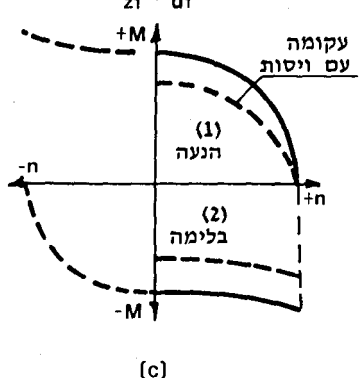
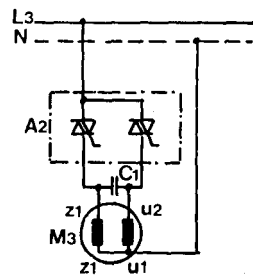
מערכת הנע תלת-מופעית ללא ויסות



מערכת הנע עם מנוע לזרם ישר וספק טיריסטורי



מערכת הנע עם מנוע אסינכרוני חד-מופע וספק סימיסטורים (TRIAC'S)



וכתוצאה מזה גם כיוון הזרם בעוגן, מתוך המשוואה:

$$M_i \sim I_A \cdot \phi$$

או מתוך המשוואה (עבור שטף עירור קבוע): $M_i \sim I_A$. ניתן לראות, שעקב שינוי כיוון הזרם I_A בעוגן משתנה גם כיוון המומנט הסיבובי האלקטרומגנטי M_j , כלומר המנוע עובר למשטר בלימה.

המגרעת של מערכת הנע עם מנוע לזרם ישר היא הצורך בתחזוקה קבועה של מברשות הפחם ושל המחלף (קומוטטור). לעומת זאת, פשוטים יותר וקלים יותר להכנה הם מעגלי הפיקוד לייצוב או וויסות מערכת ההנע.

לכן, הפתרון המתבקש הוא מערכת הנע שבה ישולבו האמינות של מנוע א-סינכרוני לזרם חילופין עם שיטת הוויסות האלקטרוני הפשוטה — על-ידי שינוי המתח על ההדקים בלבד — האופיינית למערכת עם מנוע לזרם ישר.

(ג) מנוע א-סינכרוני בעל כלוב קצר עם ספק-וסיית עם סימיסטורים (TRIACS)

במערכות הנע לייצוב או למיקום שואפים בדרך כלל להשיג את המצב הרצוי החדש במהירות גדולה במידת האפשר. כדי להגיע למהירות הנומינאלית המלאה (פרט לשלבי התאוצה ותבלימה), בוחרים בפתרון חנדון במנוע א-סינכרוני בעל כלוב קצר, המופעל על-ידי וסית מתח עם מעגלי סמוסטורים (TRIACS) (ליזור 3c) גם במקרה זה ניתן להשתמש במנוע שהוא עמיד במצבי עצירה ממושכים.

הקריטריון החשוב הוא ההנחה, שתנועת זחילה ממושכת ממצב למצב במערכת הנע לייצוב או למיקום, באה בחשבון רק בתנאי חירום, או בעת כוונן המערכת.

שני ליפופי הסטטור U_1 - U_2 ו- Z_1 - Z_2 מחושבים לקבלת התפקיד של ליפוף ראשי וליפוף עזר לחילופין, ובהתאם לזה מחוברים גם מעגלי הווסית והקבל הקבוע C_1 , הגורם לתזוזה פאזית בליפוף העזר, ומאפשר בזה היווצרות החדה המסתובבת במנוע וקבי-עת כיוון הסיבובים.

המהירות הסיבובית של השדה המסתובב n_d מתקבלת מתוך הנוסחה:

$$n_d = \frac{f_1}{p}$$

n_d (מהירות סיבובית לשנייה) פרופורציונאלית לפי יחס ישר לתדירות f_1 בסטטור, וביחס הפוך למספר זוגות הקטבים במנוע.

לשם שינוי התדירות המסופקת לסטטור דרושים מכשירים אלקטרוניים יקרים יחסית. לעומת זאת מספר זוגות הקטבים נקבע על-ידי ליפוף מתאים של המנוע.

המומנט האלקטרומגנטי M_i העובר דרך חריץ האוויר מהסטטור לרוטור תלוי בזרם הרוטור I_2 ובשטף של השדה המסתובב — ϕ_d בהתאם לנוסחה:

$$M_i \sim I_2 \cdot \phi_d$$

(לשם פישוט החסבר אנו מזניחים את התזוזה הפאזית בין הזרם I_2 ובין השטף ϕ_d).

מפיתוח הנוסחה ניתן להסיק, שעבור תדירות f_1 קבועה, משתנה המומנט האלקטרומגנטי של המנוע

למרות זאת, על-ידי קביעת צורות אופטימאליות של עקומות M, n של המנוע ושל משך השמן, ניתן להגיע להתנהגות משביעת-רצון של מערכת ההנע לצורך ייצוב או מיקום.

שיפור ניכר בעת הביצוע המעשי ניתן להשיג על-ידי שימוש במנועים הבנויים לפעולה ממושכת במצב עצירה Drehferd magnete בגרמנית, או Torm motors באנגלית).

(ב) מנוע זעיר לזרם ישר עם ספק טרייסטורי

בעזרת מנוע זעיר לזרם ישר וספק טרייסטורי מווסת או נשלט, אפשר בקלות להשיג את צורת הקשר בין המתח והזמן לבין המומנט הסיבובי והזמן, כפי שתוארו בגרפים בצירור 2.

בדרך כלל מקובל השימוש במנועי זרם ישר בעלי עירור חיצוני (צירור 3b), או על-ידי מגנטים תמידיים. בשני המקרים משתנה המהירות הסיבובית n בצורת פרופורציונאלית — ביחס ישר למתח הפנימי (הכוח האלקטרומניע הנגדי U_q , וביחס הפוך לשטף המגנטי ϕ הנוצר על-ידי העירור החשמלי החיצוני או על-ידי המגנטים התמידיים):

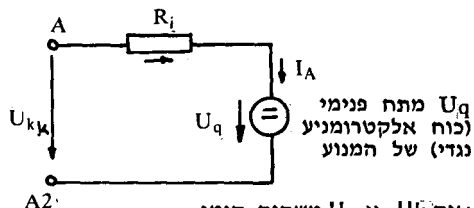
$$n \sim \frac{U_q}{\phi}$$

אם השטף המגנטי הוא קבוע — הודות למגנטים הקבועים או הודות לעירור F_1 - F_2 הקבוע — תשתנה המהירות הסיבובית n כתלות במתח U_q הפנימי של המנוע בלבד.

המתח U_q שווה למתח U_k על הדקי הרוטור A_1 - A_2 פחות מפל המתח הפנימי $R_i \cdot I_A$ בעוגן, כפי שמתואר במעגל התמורה (צירור 4):

צירור מס' 4

מעגל תמורה של העוגן במנוע לזרם ישר



אם $U_q \gg U_k$ משתנה סימן המכפלה $R_i \cdot I_A$, כלומר משתנה כיוון הזרם I_A וחל מעבר למשטר בלימה]

$$U_q = U_k - R_i \cdot I_A ; n \sim U_k - R_i \cdot I_A$$

ברור מכאן, שעל-ידי שינוי המתח U_k על הדקי המנוע ניתן לשנות את המהירות הסיבובית n . הגראף M, n בצירור 3b — בקו רצוף — מתקבל במתח U_k מלא, לעומת זאת מתקבל, הגראף לפי הקו המרוסק כתוצאה מ'התערבות' הספק הטרייסטורי המווסת.

עם ירידת המתח U_k או עם עליית המתח U_q בהתאם, משתנה סימן המרכיב $R_i \cdot I_A$ של המשוואה,

מנוע לזרם ישר, על-ידי שינוי המתח על ההדקים בלבד. ואילו במערכת המבוססת על מנוע א-סינכרוני יש לאפשר, נוסף לשינוי המתח, גם שינוי כיוון הסיבובים של השדה המסתובב.

עקרונות הוויסות

עקרונות הוויסות במערכת הנע לזרם חילופין מוסברים בעזרת דיאגרמת המלבנים (ציור 5). מערכת ההנע קשורה בפיקוד על-ידי מתגי הינתקות בכניסה ובמוצא. אותות המצב מועברים ליחידת הערכים הרצויים.

בכניסה לווסת מתבצעת השוואה בין הערך הרצוי לערך המצוי. הערך המצוי נקלט בעזרת פוטנציומטר קווי בעל דיוק גבוה ביותר, המשולב עם מימטר תנועה.

הנתונים המעובדים לאותות מועברים לבקרה הכוללת של המערכת. במקביל מתבצע חישוב המהירות הרצויה, המבוסס על גזירת הנתונים שהתקבלו מהשוואת הערך הרצוי לערך המצוי.

אות המוצא של הווסת PID מועבר למחולל דפקים (אימפולסים), ובו הוא מעובד לדפקי (מתקפי) הצתה עבור וסת הסימיסטורים (TRIAC'S).

הכוונון הראשוני והפעלת המערכת הם קלים ופשוטים הודות למחווני הפעולות ואפשרויות הידוק הפוטנציומטרים, המיועדים לכוונון המערכת.

M_i לפי יחס ישר לריבוע מתח הזונה של סטטור המנוע, M :

$$M_i \sim U_1^2$$

מכאן, שינוי המתח על ההדקים U , מאפשר לווסת את המומנט הפנימי (האלקטרומונט) M_i של המנוע.

לפי ציור 2, חייב להתאפשר גם שינוי המהירות הסיבובית של המנוע M , וכתוצאה מזה גם של מהירות 'משחקי' הייצוב והמיקום, שעבורם תוכננה המערכת, על-ידי 'מינון' המומנט הסיבובי M_i .

בדרך כלל מותנית פעולה מנוע א-סינכרוני בקיום הפרש כלשהו בין המהירות הסיבובית של השדה המסתובב n_d התלויה בתדירות f , לבין המהירות הסיבובית של הרוטור n_B :

$$N_s = N_d - N_B$$

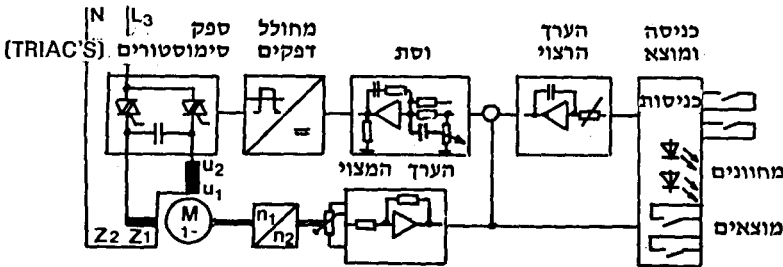
החליקה n_s (בסיבובים לשנייה) פרופורציונאלית לתדירות זרם הרוטור של המנוע הא-סינכרוני. החלקיקה היא הגורם להשראת הזרם I_s ברוטור וכתוצאה מזה להיווצרות המומנט הסיבובי.

עם עליית המומנט הנדרש (עקב מומנט נגדי גדל), עולים גם ערכי הזרם, החליקה, והתדירות ברוטור. עם עליית החליקה עולים גם ההפסדים ברוטור. שיטת הוויסות המתוארת לעיל מכונה 'שיטת ויסות חליקה'.

המעבר מרביע 1 (הנעה) לרביע 2 (בלימה) בשדה הדיאגרמות n, M (ציור 1) מתאפשר במערכת הנע עם

ציור: מס' 5

דיאגרמת מלבנים של מערכת הנעה מווסתת — לזרם חילופין (עם מנוע ח"מ מופעל).



טורבינת מים הופעלה בקבוץ הגושרים

בקיבוץ הגושרים הופעלה בספטמבר 1982 טורבינת מים המניעה גנרטור אסינכרוני. הטורבינה מונעת בכח מים הזורמים בצינור בעל קוטר 662 מ"מ המגיע ממקורות הדרן ומיועד להשקיית שדות כותנה.

4 חודשים בשנה (מאי—אוגוסט) משמשים המים להשקיית שדות הכותנה ו-8 חודשים בשנה ניתן לנצלם לייצור חשמל.

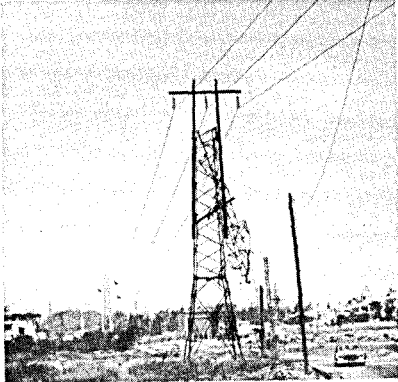
נתוני הגנרטור: 400 וולט, 50 הרץ, 215 קו"ט.

בחודש העבודה הראשון ייצרה המערכת כ-135 אלף קוט"ש מתוכם ניצל הקיבוץ כ-128 אלף קוט"ש. יתרת התפוקה, כ-7 אלפים קוט"ש, סופקה לרשת חברת החשמל.

בשעות שבאותו חודש בהן עלה הביקוש לחשמל של הקיבוץ על יכולת המערכת, סיפקה לו חברת החשמל כ-33 אלף קוט"ש.

מאמר מפורט יופיע באחת מהחברות הבאות של "התקע המצדיע". (ראה תמונות בשער האחורי).

כך שוקמה מערכת החשמל הארצית בלבנון



אינג' ו. זיס

מערכת החשמל הארצית בלבנון היא מערכת חשמל מפותחת בהספק מותקן של כ-915 מגו"ט, מזה יחידות תרמיית בהספק 633 מגו"ט ויחידות הידרו-חשמליות בהספק 282 מגו"ט.

קווי ההעברה של המערכת פועלים במתחים 150 ק"ו או 66 ק"ו. מתח החלוקה הוא 15 ק"ו או 11 ק"ו. המתח הנמוך הוא 330/220 וולט או 190/110 וולט. המערכת היתה מופעלת על ידי חברת החשמל הממלכתית וסיפקה אנרגיה חשמלית לכל תושבי לבנון.

המערכת שותקה כמעט כליל במבצע "שלום הגליל" בכל השטחים אשר בשליטת כוחות צה"ל. חוסר החשמל שיתק את כל התשתית ובעיקר את הספקת המים הציבורית וסיכן על ידי כך את כל ענפי החקלאות.

הצוות הישראלי שכלל את אינג' י. ליפשיץ מחברת החשמל לישראל בע"מ (מנהל מחלקת אחזקת הרשת במחוז הצפון) ואת כותב הסקירה, התארגן במהירות יחד עם עובדי חברת החשמל הלבנונית לשיקום המערכת. עיקר עבודות השיקום שאיפשרו החזרת אספקת החשמל התרכזו בשלבים הבאים:

(א) איתור כל התקלות בקווי ההעברה (66 ק"ו ו-150 ק"ו) ותיקונם המהיר.

(ב) שיקום של תחנת משנה "צור" אשר ספגה פגיעה ישירה.

(ג) תיקון של קווי חלוקה וקווי מתח נמוך.

להלן אתיחס בפרוט יתר לכל הנקודות.

(א) קווי ההעברה עוברים בחלקם הגדול על רכס ההרים והגישה אליהם קשה מאד ולכן איתור כל התקלות בוצע ממסוק (במשך 4 שעות). במספר מקומות, בנוסף לתילים קרועים, נפגעו זרועות עמודי הברזל או עמודי הברזל בעצמם. התיקון המהיר של קווי ההעברה התאפשר הודות לשימוש בקונסטרוקצי-ות מעמודי עץ סטנדרטיים לתקון עמודי ברזל פגומים.

(ב) תחנת המשנה "צור" שבה מותקן שנאי בהספק 20 מו"א ומתח 66/15 ק"ו קיבלה פגיעה ישירה במסדר 66 ק"ו (נשרפו מפסק ומנתק 66 ק"ו וסלילים היוצרים אפס מלאכותי בצד 15 ק"ו). השנאי עצמו נפגע בצורה קלה על ידי אש חיצונית ואיבד את כל השמן כתוצאה מפגיעה של רסיס בתחתית המיכל.

ברגע הראשון נראה היה שקיימת אפשרות לתקנו במקום; אי לכך הובאה למקום מעבדה ניידת של

אינג' ו. זיס — מנהל ענייני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית וקצין מטה לענייני חשמל ביחידת הסיוע לאזרחי לבנון.

יחידת המעבדות ובקרת איכות של חברת החשמל ובעזרתו של אינג' נ. אליאש סגן מנהל היחידה בוצעה במקום בדיקה.

בבדיקה זו התברר שמצב הבידוד של סלילי השנאי משביע רצון אך כל המבדדים נפגעו, נכנס לכלוך לתוך המיכל ויש צורך בתיקון בתנאי בית חרושת או בית מלאכה לתיקון שנאים.

תחנת משנה זו תוקנה על ידי ביצוע הפעולות הבאות:

(1) החלפת השנאי הפגום שהספקו 20 מו"א בשנאי קטן יותר בהספק של 10 מו"א ובשלב מאוחר יותר על ידי הוספת שנאי נוסף בהספק של 10 מו"א.

(2) החלפת מפסק, מנתק וסלילים לנקודת האפס המלאכותית. חלק מהציוד נמצא במחסני חברת החשמל הלבנונית וחלק פורק מתחנת משנה אחרת שאיננה מיועדת להיות מופעלת בחודשים הקרובים.

עד לשקומה של תחנת משנה "צור" קבלו צרכנים חיוניים שניזונו ממנה אספקת חשמל מתחנת משנה סמוכה בסולטניה.

(ג) קווי חלוקה 15 ק"ו ורשתות-מתח נמוך היו קלים יחסית לתיקון כי מרביתם בנויים מתילי נחושת עד 50 מ"מ"ר.

סכום:

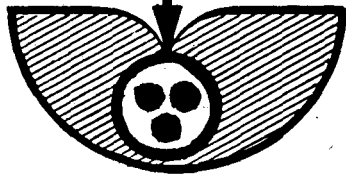
(א) העבודה בוצעה במהירות הודות לשתוף פעולה לבנוני-ישראלי וגיוס כל פועלי הרשת הלבנוניים (כ-200 איש).

(ב) תוך פחות מחודש ימים תוקנו הקווים הראשיים של מערכת ההעברה והחלוקה וחוברו תחנות הכח הראשיות וכך התאפשרה אספקת חשמל למרבית הצרכנים.

(ג) תוך חודשיים וחצי חוברו בחזרה כל צרכני החשמל המסוגלים לקבל חשמל, ובהמשך החלו העובדים הלבנוניים בשיקום יתר קווי החשמל במטרה לסגור "טבעות" ולהגביר את אמינות אספקת החשמל.

(ד) נרקמו יחסים אישיים טובים מאד בינינו לבין הלבנונים ותקוותי שיהיה להם המשך בעתיד לתועלת שני הצדדים.

בדקן | כבל



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

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

ת.ד. 27154, יפו 61271

טלפון: 821661

שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בדף השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור בכל משבצת מהמודעות שסימנת.

3. שלח את דף השרות (בשלמותו) לפי כתובת המערכת:

מערכת „התקע המצדיע“

ת.ד. 8810

חיפה 31087

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

למידע נוסף סמן מס' 28/1

חידוש מנוי — רכישת חוברות

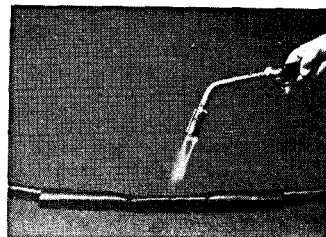
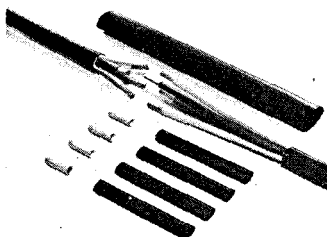
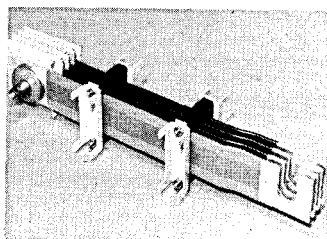
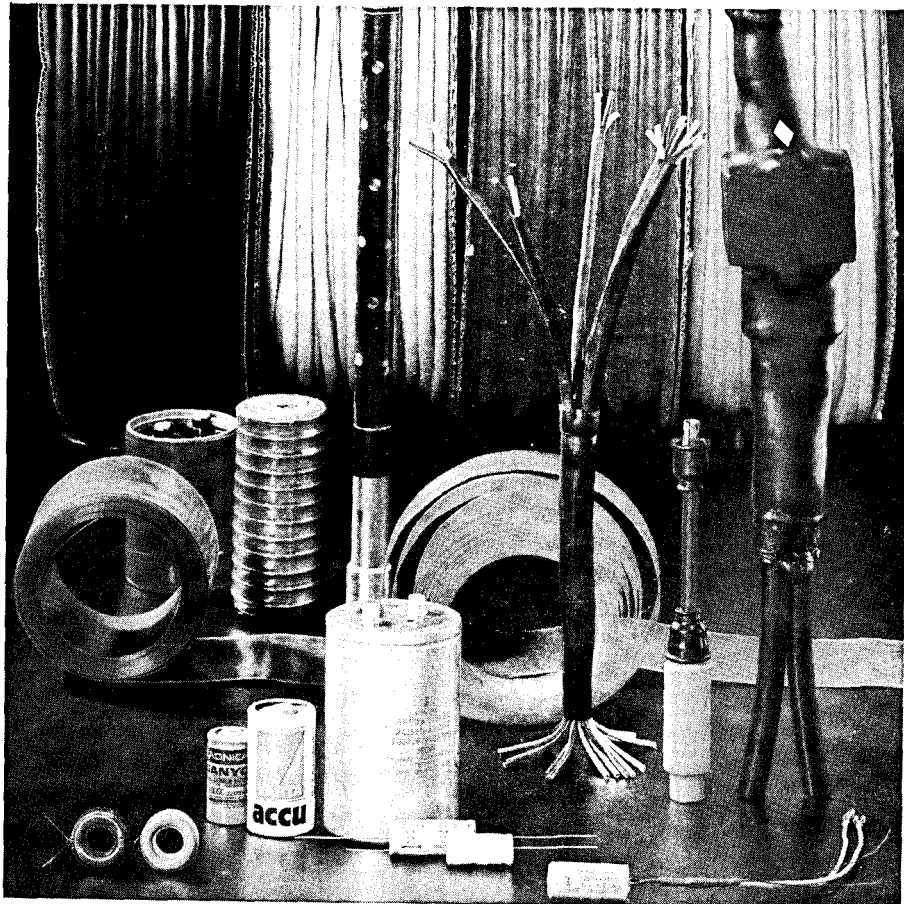
„התקע המצדיע“

- חוברת זו (”התקע המצדיע“ מס' 28) היא האחרונה בסדרה הנוכחית (25—28).
- הסדרה החדשה שתצא לאור, בהתאם למתוכנן, ב-1983/84 תכלול 3 חוברות (29,30,31).
- דמי המנוי לסדרה החדשה 75 שקלים (25 שקלים לכל חוברת).
- מחיר זה כוחו יפה עד 30.6.83.
- כדי להכליל ברשימת המנויים המעודכנת יש למלא את כרטיס המנוי המצורף לחוברת זו, ולשלוח אל מערכת ”התקע המצדיע“ לפי הכתובת:
חברת החשמל לישראל בע”מ / מערכת ”התקע המצדיע“
רח' החשמל 25
ת.ד. 25
תל-אביב 61000
- ניתן לקבל כרטיסי מנוי גם על ידי פניה ישירה אל המערכת בכתב לפי הכתובת הנ”ל או בטלפון 614343, שלוחה 487.
- את דמי המנוי יש לצרף בהמחאה/שיק בסך 75 שקלים.
- במחירים הנ”ל כלולים דמי המשלוח, (המחירים מהווים כיסוי חלקי לכל ההוצאות בהן כרוכה הוצאת ”התקע המצדיע“).

שרות פרסומי - דף למידע נוסף

28/3 שם _____ כתובת _____	28/2 שם _____ כתובת _____	28/1 שם _____ כתובת _____
28/6 שם _____ כתובת _____	28/5 שם _____ כתובת _____	28/4 שם _____ כתובת _____
28/9 שם _____ כתובת _____	28/8 שם _____ כתובת _____	28/7 שם _____ כתובת _____
28/12 שם _____ כתובת _____	28/11 שם _____ כתובת _____	28/10 שם _____ כתובת _____
28/15 שם _____ כתובת _____	28/14 שם _____ כתובת _____	28/13 שם _____ כתובת _____
28/18 שם _____ כתובת _____	28/17 שם _____ כתובת _____	28/16 שם _____ כתובת _____
21/21 שם _____ כתובת _____	28/20 שם _____ כתובת _____	28/19 שם _____ כתובת _____
28/24 שם _____ כתובת _____	28/23 שם _____ כתובת _____	28/22 שם _____ כתובת _____
28/27 שם _____ כתובת _____	28/26 שם _____ כתובת _____	28/25 שם _____ כתובת _____
שם _____ כתובת _____	שם _____ כתובת _____	28/28 שם _____ כתובת _____

DSG הינו השם והמקור באירופה ל:
שרוולים מתכווצים וסרטים ניתכים
 בהתאם למפרטי MIL, UL, AMS, DIN
 לישומים מגוונים בתחומי החשמל והאלקטרוניקה



GATAG LTD. גתג בע"מ

יצוג והפצה:

ת.ד. 13113, תל-אביב טל. 03-491567, 03-471027, טלקס: 341118 BXTV EXT 6707

איך לחסוך בחימום הדירה



סגרו את החלונות היטב ואיטמו אותם בסרטי בידוד, כדי למנוע בריחת חום החוצה. (איטום טוב של הדירה יעזור לכם גם בקיץ). להרגשה נעימה בדירה די ב-18 עד 20 מעלות. מומלץ לתלות על הקיר מדחום ובאמצעותו לפקח על וויסות החום. אל תחממו חדרים שאין בהם איש. אין צורך בחימום מוקדם של החדר, מספיק להדליק את התנור כשנכנסים לחדר.

כמה תוכלו לחסוך

חימום מופרז של הדירה יכול להביא לצריכה של כ-1,400 קילוואטרשעה לחודש שמחירים כ-980 שקל. לעומת זאת חימום יעיל וחסכוני יכול להוריד את הצריכה לכ-400 קילוואטרשעה לחודש שמחירים כ-280 שקל. חימום חסכוני עשוי לחסוך לכם כ-700 שקל לחודש.

תוכלו גם לפנות אלינו לקבלת עלוני הסברה לת.ד. 8810 - חיסכון, חיפה, מיקוד 31087.

חברת החשמל לישראל

טוב שיש חשמל, חסוך-שלא יחסר.

ענקי התאורה מכל העולם בגעש

ראשונים במחקר ובפיתוח נורות ופנסים חדשניים.
ידועים בעולם בגופייתאורה לתאורת-שטח,
תאורת-רחוב ותאורת-פנים (מספקים שירותי מחשב).

PHILIPS

החברה השנייה בגודלה בארה"ב
לתאורת-רחוב (מספקים שירותי
מחשב).

ITT

יצרן הפלואורסצנטים הגדול
ביותר בארה"ב (מספקים שירותי
מחשב).

LITHONIA

פנסים בעלי רפלקטורים
מתוחכמים לתאורה תעשייתית
ולתאורת-שטח.

hiteck

גופייתאורה מיציקת אלומיניום
ומפזרי-אור מפוליקרבונט -
אנטי-וונדל ובעלי אטימות גבוהה.

FLUORITIC

spero

מתמחים בייצור גופייתאורה
תעשייתיים.

RAB

פנסי-חוץ אטומים, "מוגן
התפוצצות", עשויים מיציקת
אלומיניום.

marlin

תאורה דקורטיבית, סמוטים
ופסי-צבירה.

isocel

מייצרים מצתים אלקטרוניים
לנורות-פריקה שמדליקים את
הנורות ממרחק רב.

החברות מיוצגות ע"י געש
בייעוץ, בתכנון ובהספקה.

מפעלי תאורה

געש



קיבוץ געש: טל' 8-78985 (052)
מוצרי תכן: רח' הארבעה 8, ת.א. טל' 268251 (03)
ובכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: זהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושי,
טל' 3-2-1321 (04)

דובר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת גנים*תאורת פנים*תאורת חירום.



חברת
PHILIPS

הצטרפה
 לחברה טובה

מעכשיו אתה יכול לקבל את פיליפס ואת געש בהזמנה אחת. ובמילים אחרות: פיליפס משלימה את המעגל החשמלי של געש עם גופי תאורה ונורות הממורסמים באיכותם ובעיצובם בכל העולם.

איכות גבוהה אך לא במחיר גבוה. מוצרי פיליפס עולים כמו מוצרים אחרים שנופלים מהם ברמתם. כי מי יכול להתחרות בפיליפס בשליטה המקסימלית על מקור האור, או במיגוון הגדול והחדשני, או בטיב המעולה ובחיים הארוכים של הנורות?

ואם אינך מסתפק בפחות מתכנית תאורה מלאה ומדוייקת - תוכל להיעזר גם בשירותי המחשב של פיליפס. לשם כך, או לקבלת פרטים נוספים - התקשר למחלקת הייעוץ של געש, טלפון 8-78985-052.

מפעלי תאורה

געש



קניון געש: טל' 8-78985-052
 מוצרי תכנן: רח' הארבעה 8, ת"א, טל' 268251-03
 ובכל מרכזי תכנן בארץ.
 אזור הצפון: זרע"א אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושן
 טל' 3-21321-04

דבר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת גנים*תאורת פנים*תאורת חירום.

ייעוץ חינוך ממקור ראשון.

ההשקעה הכספית בגופי-תאורה היא הקטנה ביותר מסך כל ההשקעה בתשתית שכוללת: חפירות, כבלים ועמודים. ועם זאת - גופי-תאורה הם החלק החשוב ביותר במערכת-התאורה. אל לך לחסוך "על חשבונם" או להתקין גופי-תאורה ללא ייעוץ מקצועי.

לנעש יש צוות מהנדסי-תאורה מדופלמים ובעלי ניסיון. כל אחד ממהנדסים אלה עומד לרשותך בייעוץ, ללא התחייבות מצדך. בתחום התאורה, החל מייעוץ להחלפת גופי-תאורה ונורות במתאימים יותר ועד להתקנת מערכת-תאורה חדשה.



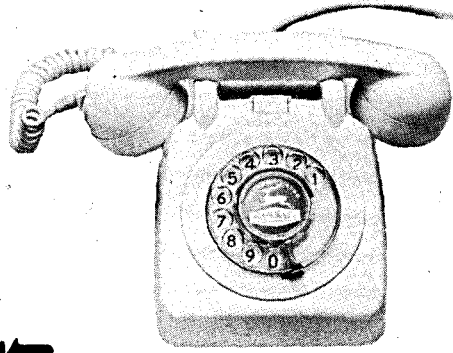
חפצלי תאורה
געש



סיבוי געש: טל 8-78985(052)
מועזי תמ: רח הארבעה 8 ת"א טל (03)268251
ובכל מרכזי תכנ בארץ.
אזור הגמון: זהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסך חוש.
טל 3-2-21321(04)

זמר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת ננים*תאורת פנים*תאורת חירום.



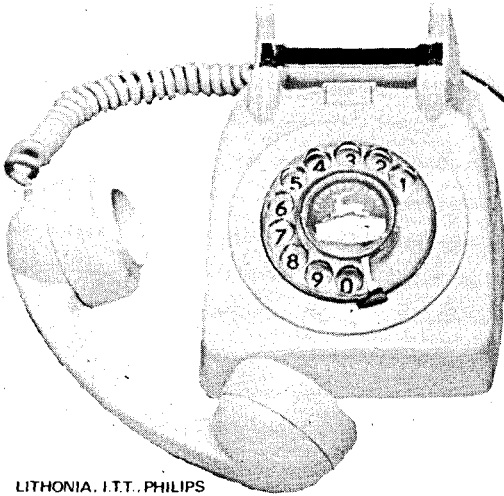
קשר ישיר ממהנדס למהנדס

הפרוייקט שלך אושר. אך המימרט הטכני טרם הושלם. בנושא תאורה למשל. בוודאי היית רוצה לדעת יותר על גופי-תאורה מסויימים לפני שתחליט מה מתאים לתכנית התאורה שלך.

לפעמים, שיחת מהנדס עם מהנדס יכולה לקצר לך את הדרך למציאת גופי-תאורה ונורות נכונים. ד"ר סטרומזה, מי שהיה ראש מחלקת תאורה בעיריית ירושלים, ומהנדס התאורה דניאל קלינה, ישמחו לשוחח אתך. טלפן אליהם. טלפון:

(052)78985-8

הם יעדכנו אותך בכל מה שקשור לגופי-תאורה ונורות געש. I.T.T., PHILIPS, ISOCEL, MARLIN, RAB, SPERO, COUGHTRIE, HITEK, LITHONIA, אחרי-הכל, תאורה היא חלון הראווה של כל פרוייקט.



LITHONIA, I.T.T., PHILIPS
מספקות שירותי מחשב.

מפעלי תאורה
געש



קיבוץ געש: טל 8-78985 (052)
מוצרי תכנון: רח הארבעה 8 ת"א טל (03)268251
ובכל מרכזי תכנון בארץ.
אזור הצמון: זהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסך חושי.
טל 2-321-721 (04)

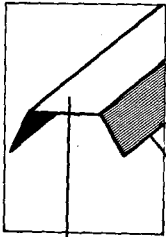
דבר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת גנים*תאורת פנים*תאורת חירום.

אצלנו רק המחיר מתקלף!

הצבע נשאר! כדי להתגבר על קורוזיה – געש צובע את גומי התאורה שלו בתהליך צביעה אלקטרוסטטי, באבקת אמוקסי, במיתקן צביעה חדיש ומשוכלל.

תהליך צביעה כזה מאפשר מיזור צבע באופן שווה על כל המוצר, כולל הדפנות שבצביעה קונבנציונאלית הן נמצאות מקופחות. למרות שהמינימום הנדרש על פי התקן הוא 30 מיקרון – שכבת הצבע של געש היא מעל 50 מיקרון.



טבעי שתהליך צביעה כזה צריך לייקר את המוצר (כמו בחברות אחרות), אך לא בגעש. בגעש הצבע לא משמיע על מחיר המוצר – רק על איכותו.

מיזור אחיד של צבע מאפשר צביעת כל הדפנות.

שכבת צבע מעל 50 מיקרון.

מהנדס/אדריכל,
דרשו במפרט הטכני
צביעה באבקת אמוקסי.

מפעלי תאורה

געש



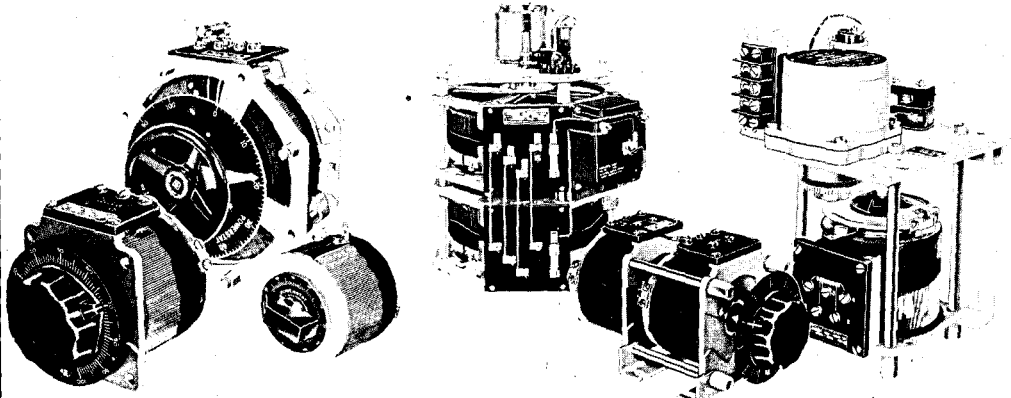
קייבוץ געש: טל 8-052178985
מוצרי תכן: רח הארבעה 8, ת.א. טל (03)268251
ובכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: אהרן אור, מפרץ חיפה. מול מוסד חושי
טל 3-041721321

דובר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת גנים*תאורת פנים*תאורת חירום.

שנאים משתנים

תוצרת Superior Electric



POWERSTAT® variable transformers

אנו מציעים דגמים חד פאזיים בגדלים 0.7 אמפר — 28 אמפר ודגמים תלת פאזיים בהספק 1 — 244 קו"א וכן הרכבים שונים. השנאים הם קומפקטיים ביותר ומצטיינים במשקל נמוך/ליחידת הספק וכן בעמידה מצוינת בעומס יתר. זאת הודות למבנם המיוחד הכולל בסיס ומפזר חום גדול לפחם העשויים מיציקת אלומיניום. כל השנאים מאפשרים שינוי רצוף בין 0 — 117% של מתח הכניסה ורוב הדגמים ניתנים גם להפעלה בתדר 400 הרץ במלא ההספק הנקוב!

דגם מיוחד למתח נמוך

השנאים מדגם LW136B הם בעלי לפוף משני המבודד לחלוטין מהראשוני, מתח המוצא ניתן לשינוי רצוף בין 0 — 28 וולט או 14 וולט — 0 — 14 וולט. זרם מקסימלי: 35 אמפר.

דגמים מפעלי מנוע

רוב הדגמים ניתנים לאספקה כמפעלי מנוע במהירויות פעולה שונות תוספת יחידת הבקרה מאפשרת קבלת מערכת יצוב או ויסות מתח להספקים גבוהים. בתור מפעלים מורשים של חבר' Superior Electric אנו מחזיקים במלאי דגמים רבים לשם אספקה מיידית. נא פנה אלינו עבור אינפורמציה נוספת ולשם סיוע בדרישותיך המיוחדות.

ת.ד. 6613, תל-אביב 63117

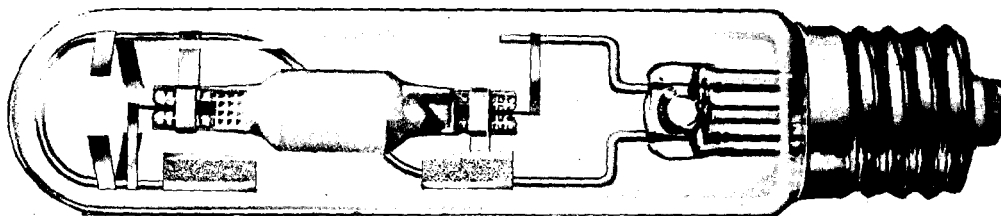
רח' דינגוף 280 א', ת"א, טל. 45 42 46



אורפק בע"מ

יחידת תעשייה

סוף סוף !
נורת "לחץ גבוה"
הנותנת אור יום (5200° א)



"OPTIMARC" נורת "אופטימארק"
תוצרת "דורו-טסט"

- * **אור לבן - כמו האור הטבעי.**
- * **אינדקס אחידות מסירת צבעים (CRI) גבוה: 91 !**
- * **19,000 לוחמים ב-250 ווט !**
- * **12,000 - 15,000 שעות בעירה !**

לראיה טובה יותר - לתנאי עבודה משופרים - להעלאת פריון העבודה
חברת רוזנפלד-מצפי בע"מ

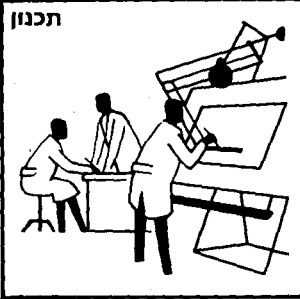
ת.ד. 177, בתח תקווה 49101, טל: 03-913971 טלפקס: 341923

סוכנים בלעדיים בארץ של חברת "דורו-טסט"



Duro-Test Corp. International Division

700 Goodwin Ave. Midland Park, NJ 07432 U.S.A



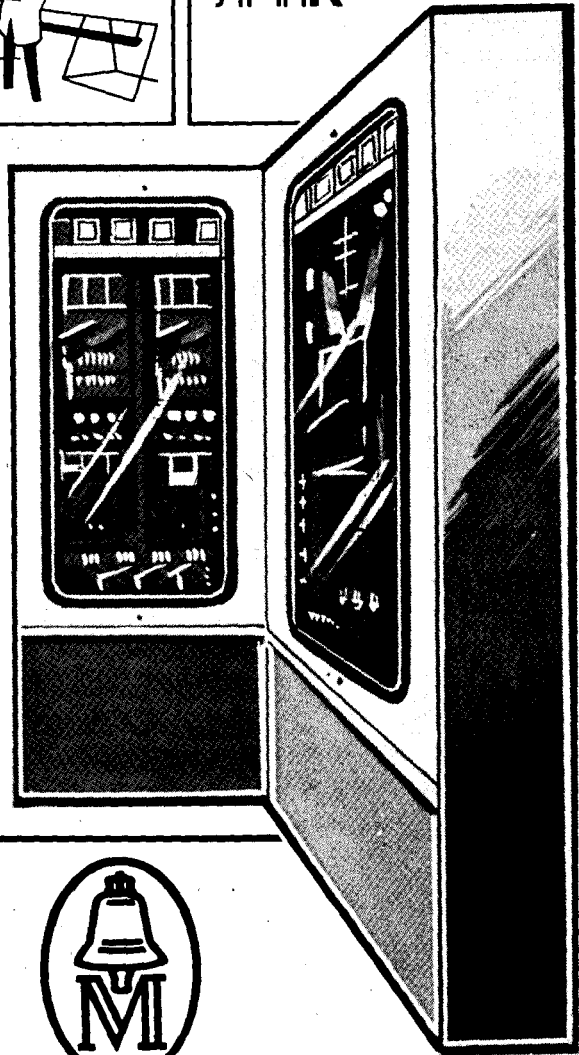
אמינות
איכות
אחריות

NZMH

ניצול אופטימי
(בהתאם לחוק ה

הגנה על ה
מגבילי זרם

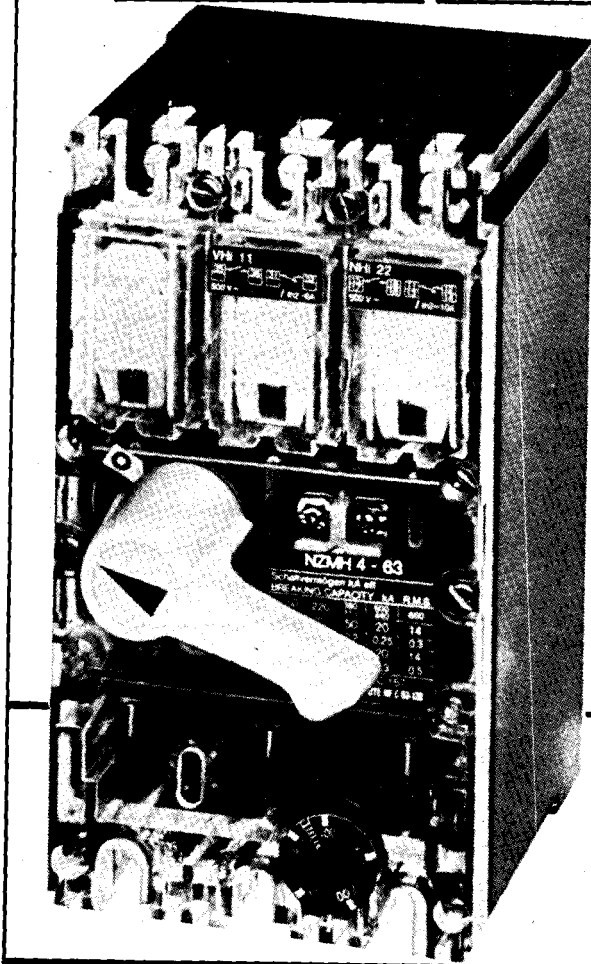
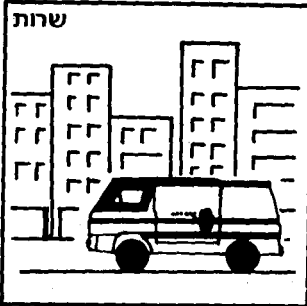
דרוש: א.ט. 44



קבוצת קצנ

משרדינו הטכניים תמיד קרובים אליך
קצנשטיין, אדלר ושות' בע"מ.
מחלקת התקנות
הנדסה אלקטרו מכנית חיפה בע"מ.
לוחות והנדסת חשמל כפר-סבא בע"מ.
קדקו בע"מ.
ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ
ק.א.אלקטרו-מכניקה באר שבע בע"מ.





NZM —

י של הכבלים
שמל, עידכון 1982

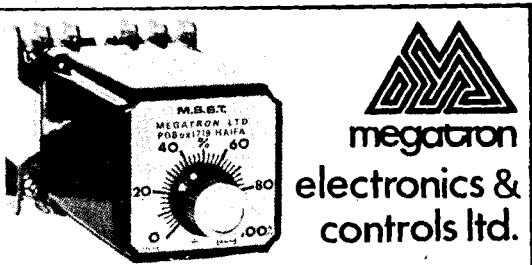
ותקן על ידי
NZMH —

א.ט. 45 — 7.פ. 2021

טיין אדלר

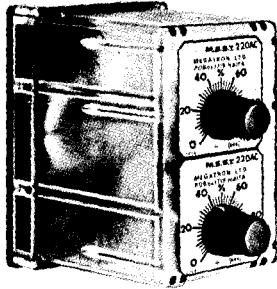
טל. 03-614668
טל. 03-332946
טל. 04-532175/6/7
טל. 052-24003
טל. 051-26719
טל. 02-536332
טל. 057-35916

תל-אביב,
תל-אביב,
חיפה,
כפר סבא,
אשקלון,
ירושלים,
באר-שבע,



megatron
electronics & controls Ltd.

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



אחריות 5 שנים לפעולה מקינה!

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 28/13

M.S.S.T. 701

מגטרון
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

ח ד ש !
ט י י מ ר
ט ו ר י

יחידה אחת המתאימה למתח החל מ-12 וולט ועד 230 וולט.
10 תחומי זמן ניתנים לבחירה ע"י חיבור פנימי מ-1 שניה עד 16 דקות.
מתאים למסילת DIN סטנדרטית. איכות מעולה במחיר נמוך (\$17) אספקה מהמלאי!

מגטרון
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 28/15

electronics & controls Ltd.

megatron

יצרנים של:
* מערכות התראה
* קוצבי זמן מהבהבים
* יחידות להמרת סיגולים
* בקרים מיוחדים
* מתקנים ומכשור בהתאם למפרטי המזמין

מפיצים של:
מפסקי לחץ טמב' זרימה
מפסקי קרבה אינדוקטיביים
ומפסקים מגנטיים,
בקרי גובה

מגטרון
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 28/12

48 כניסות ויציאות *
ניתנות לבחירה
* כל סוגי הטימרים
* ניתנים לתיכנות
* מיונים ל-4 ספרות,
* ניתן לחבר לכל כניסה
* זכרון תכנות: 800
* בתים, בשיטת
"דיאגרמת סולם"

בקר לוגי מתוכנת: PLC 106

מגטרון
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 28/14

בואו לבקר אותנו בתערוכת OPIX 83
במלון הילטון 1.83 24-27

רסן את הוצאות האנרגיה



מערכת שליטה ובקרה לחסכון באנרגיה

האם מערכות המיזוג אשר במפעלך פועלות בצורה אופטימלית? האם יש לך שליטה על נפח הקרור בהתאם לעונות השנה? האם אתה כמנהל, מחיר האנרגיה במגמת עליה. האם אתה מתכוון? יודע להיכן זורמת אנרגיה וזו מהם העומסים המתבזבזים?

עזור את צריכת האנרגיה ללא בקרה. הפעל את המערכות בצורה אופטימלית וחסוך באנרגיה. תן לנו לעזור לך לחסוך.

יערו ושיווק:

מוטורולה ישראל בע"מ

משרד ראשי: רחוב קרמניצקי 16 תל-אביב. טל. 335175-03
מחלקת בקרת אנרגיה והעשייה, טל. 337314-03

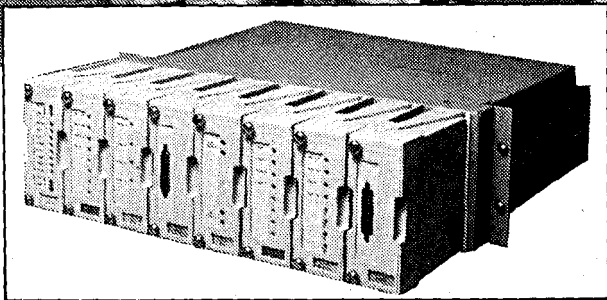
מוטורולה יום-יום בשירות האדם.

גם לשלוט, גם לבקר וגם להגמיש את הייצור במפעל שלך



בקר מתוכנת חדש מתוצרת ישראל.

מוטורולה גאה להציג בקר תעשייתי מתוכנת, MEIC 2000, שפותח ומיוצר בישראל. הוא מצטרף למשפחה האמינה של מוצרי מוטורולה. MEIC 2000 מתוכנת עבור לוחות בקרה, מכונות חשמל, מערכות אוטומציה, מערכות שקילה ושינוע, מערכות חימום ומיזוג מערכות ביטחון ותאורה. הבקר המתוכנת של מוטורולה יכול לטפל בכל אחת ממערכות אלה ובכולן יחדיו, ביעילות ובדיקנות, תוך חסכון בזמן, כסף וכח אדם.



ייעוץ שיווק ושירות:

מוטורולה ישראל בעמ

משרד ראשי: רחוב קרמניצקי 16 תל אביב, מיקוד 67899
מחלקת בקרת אנרגיה ותעשייה, טל. 335175, 337314-03

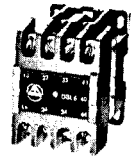
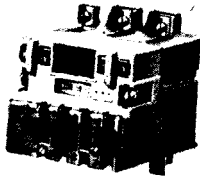
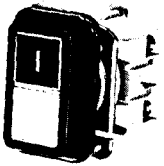
מוטורולה יום-יום בשירות האדם.



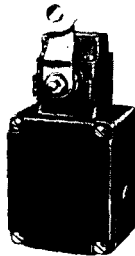
05.11.11



FANAL



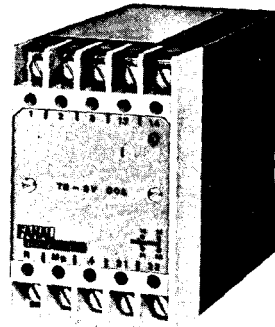
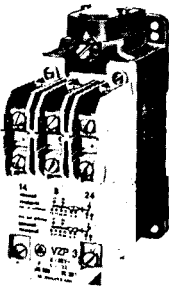
ממסרי פיקוד ז"י ז"ח מגענים ומתנעים עד 200 קו"ט לחצנים ומנורות סימון



מפסיקי גבול אלומיניום, יציקת ברזל מוגני התפוצצות EX

קופסאות אבזרי אלומיניום ופלסטי IP 65 או מוגן התפוצצות EX

ממסר — השהייה פניאומטי



ממסרי בקרה אלקטרוניים: מתח חילופין, מתח אסימטרי, כוון פזות, ממסרי הבהוב, בקרת גובה נוזל בקרת גובה, ממסר השהייה אלקטרוני.

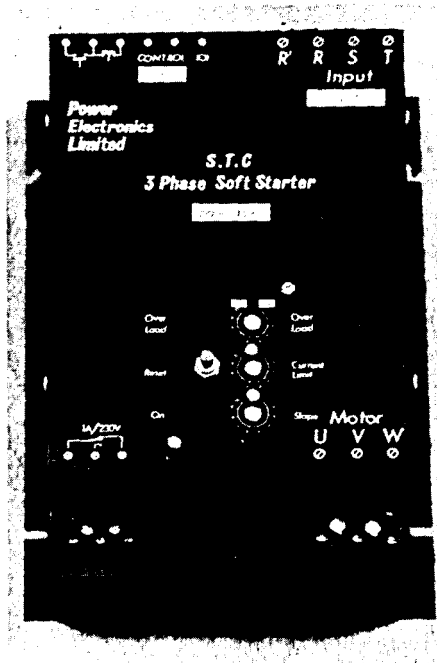
אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, דרך פתח-תקוה 19 ת"ד 61021, 2180 טל: 614640, 611183

S.T.C. Static Soft Starter

מתנע אלקטרוני להתנעה רכה למנועי רוטור- כלוב 5-150 כ"ס

חברת



- התנעה מבוקרת מאפס ועד למהירות הנומינלית תוך כדי הגבלת זרם ההתנעה ושמירה על יחס אופטימלי של מומנט לזמן.
- מחליף מתנעים אלקטרומכניים ומצמדים הידראוליים יקרים.
- בנוי בטכנולוגיה חדישה המבטיחה אמינות, משך חיים ארוך ואחזקה פשוטה גם בתנאי התעשייה הקשים ביותר. פנה אלינו לקבלת חומר קטלוגי נוסף ולהדרכה!

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

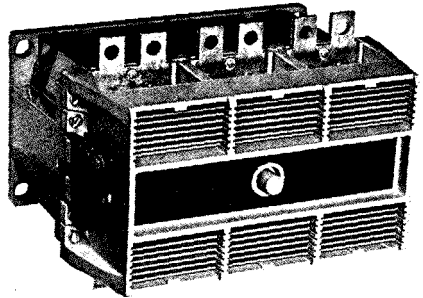
תל-אביב, דרך פתח-תקוה 19 ת.ד. 2180, 61021 טל: 614640, 611183

תורה

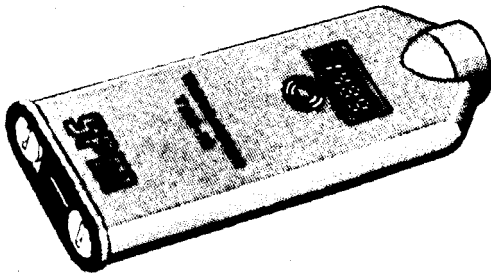
מגענים EG תוצרת ASEA

המגענים לזרם גדול ובמידות קטנות

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



מכשירי עזר לאחזקה במפעלים תוצרת SPM



1. מכשיר לבדיקת טיב מיסבים s43A היחיד בעולם היכול לקבוע את מצבם של מיסבי המנוע ולהעריך כמה זמן עוד ימשיכו לשרת
2. סטטוסקופ — אלקטרוני — s 11628 — לשמיעת רעידות במכוונות וקביעת תקלות בהם.
3. טכומטר TAC 10 חדיש לבדיקת מספר הסיבובים, ללא מגע תוך ניצולת אפקט סטרובוסקופי, המכשיר עם תצוגה דיגיטלית, כמו כן אפשרות מדידה עם מגע.

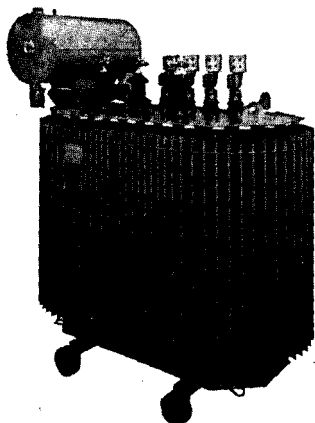
כליאי ברק מתח נמוך ומתח גבוה ASEA

שימו לב
לכתובתנו החופשה

הנדסת חשמל בע"מ ASEA-ת



ביאליק 129 — ת.ד. 8229 רמת גן 52523 (ליד גשר ההלכה)
טלפונים: 03-729146-7-8 טלקס לועזי 32154



חברת

שנאים

טרנספורמטורי חלוקה

100-2500 קו"א.

הידעת שנאי ASEA זולים ובעלי הפסדים נמוכים ! ! ! !
במחירי האנרגיה של היום תחסוך את מחירים תוך זמן קצר רק בהפרש מחיר הפסדים ! ! ! !

פנה אלינו לקבלת מידע נוסף ! ! ! !

ציוד מיתוג מתח גבוה ASEA

מפסיקי זרם בשמן מינימום ASEA HKN ל-22 ק"ר ול-13.2 ק"ר הם הטובים והזולים בשוק היום !

משני הזרם ומשני המתח הידועים בטיבם

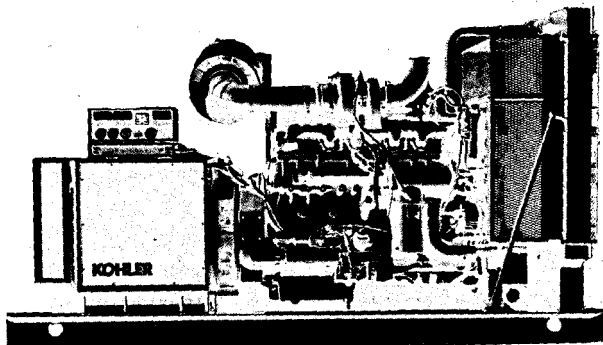
הגנות ASEA ללוחות מתח בינוני וקוימתח גבוה :

- א. ריליים אולטרמכניים RI, RIDA, RVBA
- ב. ריליים אלקטרוניים חדישים.
- ג. ממסרי זליגה מתח גבוה.
- ד. הגנות דיפרנציאליות לשנאים.
- ה. הגנות מרחק לקויים.
- ו. הגנות פסי צבירה.

דיזל גנרטורים וציוד אל-כסק

- מערכות ASEA UPS עד 300 קו"א ביחידה אחת המהימנים ביותר.
- דיזל גנרטורים בגדלים 5000 — 1.5 קו"א במלאי.
- מערכות אל-כסק עם גלגל תנופה למפעלי פלסטיק בארץ.
- גנרטורים עם מנועי בניין 5 קו"א במלאי במחירים הזדמנותיים.

היחידה מורכבת עם הגנרטור החדש בעל טירסטורים מס' טובבים, עם זמן תגובה קצר ביותר, הנותן עד שמונה פעמים זרם נומינלי, דבר הדרוש להנעת מנועים. (כל גנרטור אחר נותן רק פעמיים זרם נומינלי)



שימו לב
לבתאבתנו
החדשה

הנדסת חשמל בע"מ-ASEA

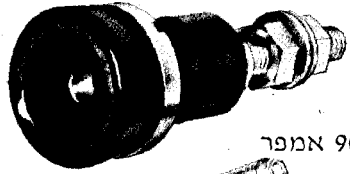


ביאליק 129 — ת.ד. 8229 רמת גן 52523 (ליד גשר ההלכה)
טלפונים: 03-729146-7-8 טלקס לועזי 32154

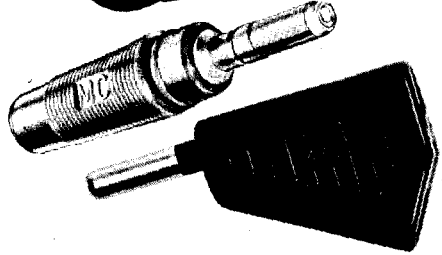
מחברים לזרם גבוה.

Multi-Contact AG Basel **MC** מתוצרת:

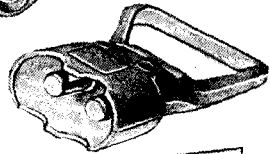
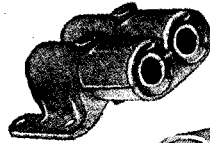
- מחברים, שקע תקע; עם או בלי בידוד עם או בלי נעילה
- צורות התקנה שונות: על פנל, על כבל, לחיצה או הלחמה על פס צבירה, הברגה
- נתונים טכניים
- מפל מתח על מחבר בזרם נומינלי 13mV
- עמידה בזרם קצר 25 x זרם נומינלי למשך 2 שניות.
- כל המחברים עשויים נחשת או פלז מצופים בכסף.
- מחלקת ייצור למחברים לא סטנדרטיים (מתקבלות הזמנות אפילו ליחידה אחת).



עד 90 אמפר



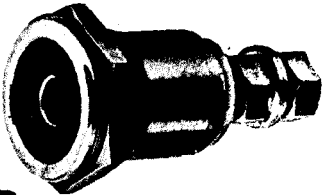
מעביר 6 מ"מ ל-4 מ"מ.



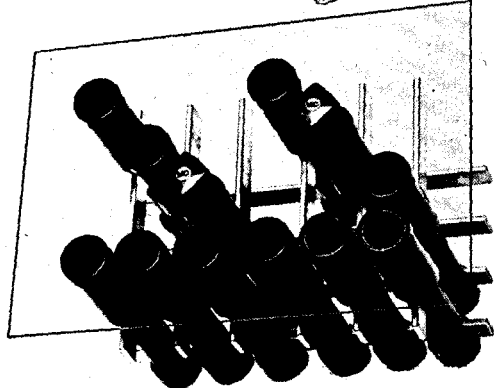
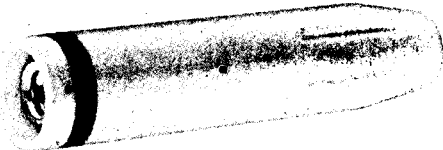
200A 60V
למצברים



עד 180 אמפ' ו-280 אמפ' 500 וולט



עד 250 500 1000 אמפר 1000V



מערך חלוקה 35-3000A

LOTAN Engineering Ltd.

P.O. BOX 39748
TEL AVIV 61397 ISRAEL
TLX 341118 EXT. 6636

נציגים בלעדיים
לוטן הנדסה בע"מ

ת.ד. 39748 תל אביב 61397
טל. **03-424789**

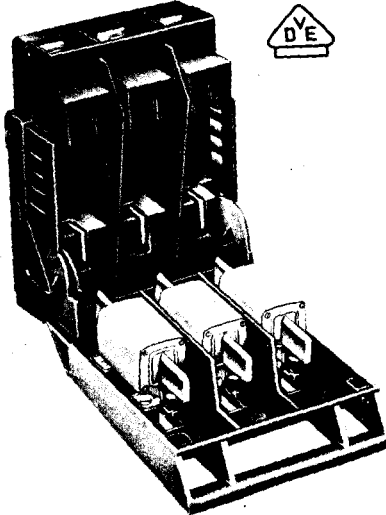
אליסל, רח' אלנבי 10, חיפה 31000 טל: 529623



ציוד ללוחות חשמל

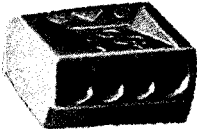


ידיות שליפה



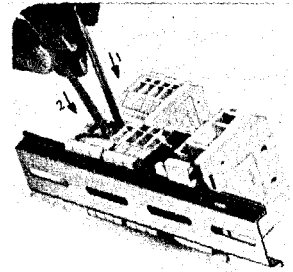
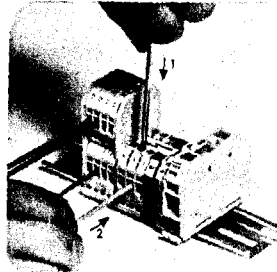
נתיכי סכין (כנ"ג)

מנתקי מבטיחים דגם עם נתיכי סכין



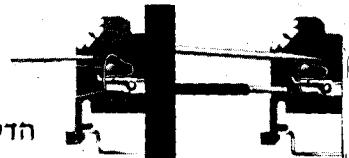
מהדק מהיר ללא בורג
לאינסטלציה חשמלית

מהדקים WAGO®



מהדקים ללא בורג

הקץ לחבור-רופף;
אמין מהיר, חסכוני
ולצמיתות. אושר ע"י
עשרות מכוני תקנים
בעולם.



הדק כלוב

OBO BETTERMANN

ציוד הארקה

מוטות הארקה, "אומקס" בנויים גרעין פלדה סימנס - מרטין פסי הארקה - מפלדה
אנו משווקים מהדקי-תותב, מאמ"תים, ממסרי - פחת. פנה ותיענה!

יעד אלקטריקה

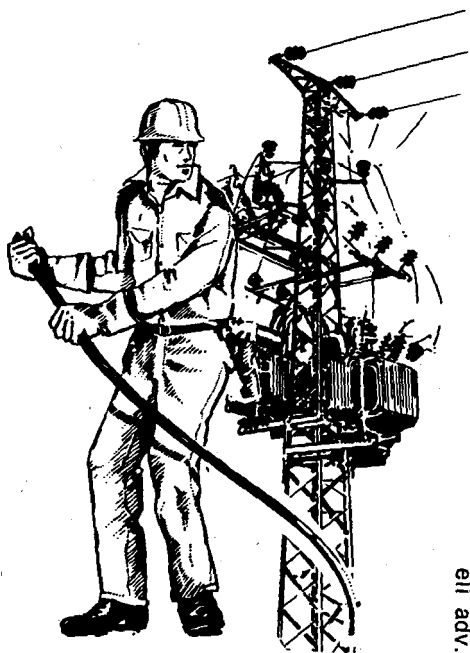
שרות וביצוע
עבודות חשמל בע"מ

נצרת עילית.
אזור תעשייה ב'
רח' העמל 3, ת.ד. 609
טל. 065-74434

מפיצים בלעדיים
בצפון הארץ
לציוד טלמכניקה



Telemecanique



eli adv.

ברק כ"ח בע"מ

ייצור שנאים (טרנספורמטורים)
בהסכם ידע עם

BENMAT CO. L.I.C. NEW YORK U.S.A.

* חד פאזי ותלת פאזי * שנאי זרם לאמפרמטר להרכבה
בלוחות חשמל ומתקני חשמל

* שנאים 110V - 220 לשימוש ביתי עבור הפעלה
מכשירי חשמל אמריקאים 110V

* למקררי NO FROST
עם תו-תקן ושנה אחריות

להשיג: במפעל

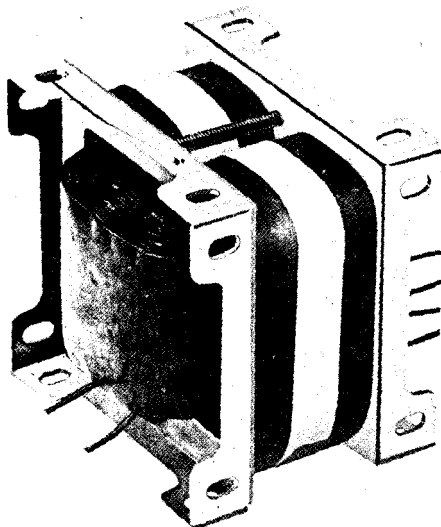
ברק כ"ח

ייצור טרנספורמטורים (שנאים)

רח' רוויגו 8, פינת שד' הר ציון 91

תל-אביב

או בחנויות חומרי חשמל



שד' הר ציון 91 (סמטת רוויגו 8)

838316, 833475

טל:

לא-קיייל בע"מ

רח' לוינסקי 64 ת"א טל. 7021 8270



יבואנים וספקים בארץ
של החברה המפורסמת



מגענים ויתרות זרם,
לחצנים ונורות סימון, מפסיקי פקט.

למידע נוסף סמון מס' 28/26

"אוריון" חשמל לתעשייה מבנים ורשת

שותפות לבצוע ואחזקת
מתקני חשמל
טבריה ת.ד. 457
טל. 6-92455 (067)

- תאורת רחובות, גן ובטחון
- מקלטים ומבנים
- רשתות ותעשייה.

למידע נוסף סמון מס' 28/28



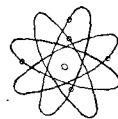
אלקטרוטכניקה בע"מ

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

- * לוחות חלוקה, פקוד וסינופטיים
- * מתקני חשמל (אינסטלציה)
- בתעשייה במשק ובמבני ציבור
- * מתקני מתח גבוה
- * ייצור טרנספורמטורים ומטענים
- * ליפוף מנועים
- * שרותי תחזוקה ותיקונים

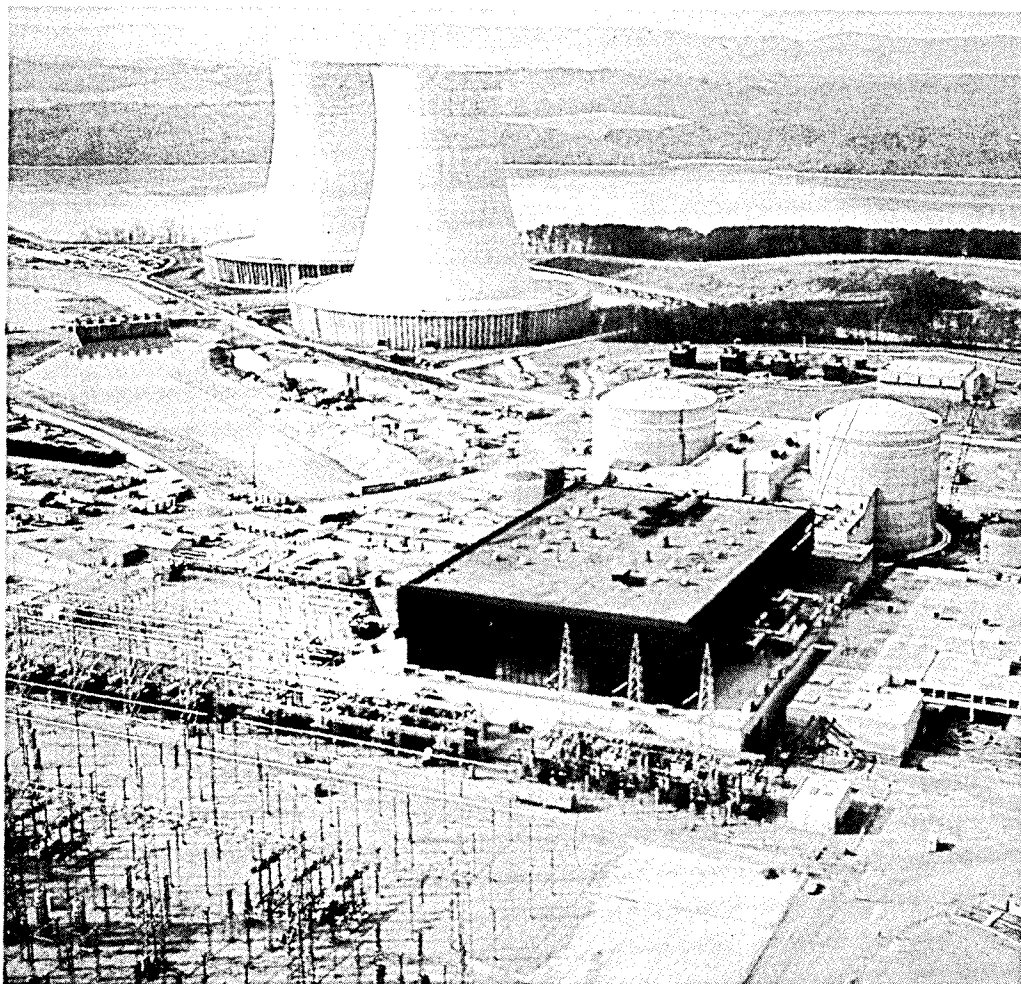
למידע נוסף סמון מס' 28/27

תחנת-כח גרעינית — מתי?



אינג' א. קיס

כידוע, מאז 1974 מטפלים בישראל בצורה אינטנסיבית בנושא תחנת-כוח גרעינית לייצור חשמל. באותה שנה ביקר באזורנו נשיא ארצות-הברית דאז, ריצ'רד ניקסון, ובמהלך הסכמי הפרדת הכוחות ופינוי שדה הנפט באברודס נאמר, הן לישראל והן למצרים, ששתיהן תוכלנה לפתור את בעיות האנרגיה שלהן בעזרת תחנות-כוח גרעיניות (תג"ר), שהציוד עבורן והדלק לתפעולן יסופקו על-ידי ארצות-הברית.



תחנת הכוח הגרעינית 'סקויה' מטיפוס P.W.R. (מים בלחץ) הממוקמת באיזור המילטון, מדינת טנסי, ארצות הברית. תחנת-הכוח מורכבת משתי יחידות בהספק של 1150 מגו"ט כל אחת. הציוד הגרעיני לתחנה סופק על-ידי 'וסטינגהאוז'.

בתמונה נראים:

1. שתי יחידות הכור.
2. מבנה הטורבוגנרטור.
3. מגדלי הקירור (המים מסופקים מנהר 'סקויה' הסמוך לאתר התחנה).
4. תחנת המיתוג.

אינג' א. קיס — צוות פרוייקט תג"ר, חברת החשמל.

הפעילויות בשנים 1974—1977

בישראל החלו בהכנות קדחתניות לקראת 'העיזן הגרעיני'. התכנון, ההקמה וההפעלה של תג"ר הוטלו על חברת החשמל והפיקוח על תג"ר הוטל על הוועדה לאנרגיה אטומית. בהתאם לחלוקה זו הקימה חברת החשמל את צוות פרוייקט תג"ר ולאחר-מכן את המחלקה לתכנון גרעיני. הוועדה לאנרגיה אטומית הקימה את אגף הרישוי ובהמשך את האגף לכורי כות.

בשנים 1974—1977 התרכזו הפעילויות בשני כיוונים עיקריים:

— הגנות להזמנת הציוד העיקרי, דהיינו המערכת הגרעינית לייצור קיטור (שהוא הכור למערכותיו) והטורבוגנרטור.

— טיפול נמרץ למען אישור אתר ניצנים (שהוקפא לצורך זה שנים רבות קודם לכן) כאתר לתג"ר.

במשך שנת 1977 התברר, כי עקב שינויים במימשל בארצות-הברית והחמרת הדרישות מהארצות שלהן היא מספקת ציוד גרעיני, לא תהיה אפשרות להזמין את הציוד הדרוש, אלא אם ישראל תסכים לחתום על ההסכם לאי-הפצת הנשק הגרעיני ותאפשר פיקוח על כל מוסדותיה הגרעיניים. היות שישראל לא היתה מעוניינת בפיקוח כזה, לא יצאה הזמנת הציוד לפועל והפרוייקט הגרעיני עוכב.

ה'נסיגה' למצב של קדם-פרוייקט

לאחר הערכת-מצב מעמיקה ומדוקדקת הוחלט, כי היות שבתנאים הקיימים אין אפשרות להמשיך את הפרוייקט לפי המתוכנן, תבוצע 'נסיגה' לשלב של קדם-פרוייקט והפעולות ירוכזו בעבודות שיש לבצע בכל מקרה לפני תחילת הפרוייקט. פעילויות אלה כוללות:

- בחינת ספקי הכורים
- מחקרים והערכות בבטיחות גרעינית
- הערכות כלכליות ומדיניות אנרגיה
- סקרי אתרים
- בדיקת אמצעי קירור
- בניית כוח אדם, התארגנות והכנת תשתית

בחינת ספקי הכורים

כיום מוצעים בצורה מסחרית שלושה סוגים עיקריים של כורים:

א. כור הפועל על בסיס מים כבדים, מטיפוס קנדו, המיוצר בקנדה.

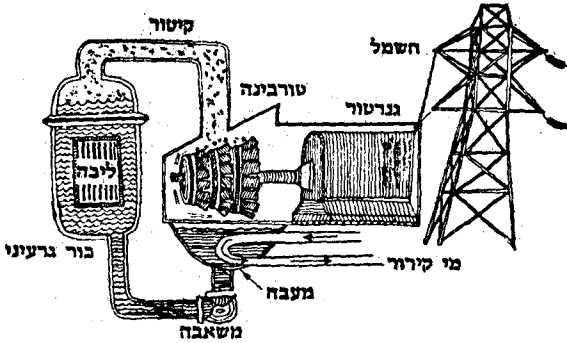
ב. כור העובד עם מים קלים רותחים שמייצרת חברת 'ג'נרל אלקטריק' בארצות-הברית. לפי רשיון והסכם ידע וייצור עם חברה זו, מייצרים אותו גם בשוודיה, בגרמניה וביפן.

ג. כור העובד עם מים קלים בלחץ, שמייצרת חברת 'וסטינגהאוז' בארצות-הברית. מספר חברות בארצות שונות, שבתחילה עבדו במדויק לפי רשיון והסכמי

ידע עם 'וסטינגהאוז', כיום שינו במידת-מה את התכנון. הבולטים בקבוצה זו הם חברת 'ק.ו.או.' הגרמנית וכן הצרפתים והיפנים.

נוסף לכך קיימים שני ספקים של כורי מים קלים בלחץ עם תכנון שונה: 'קומבסשן אינג'נירנינג' ו'בבקוק וילקוקס' — שניהם בארצות-הברית.

תחנת כוח גרעינית
בעלת כור מסוג BWR



מחקרים והערכות בבטיחות גרעינית

מחקרים והערכות בבטיחות גרעינית באים לבדוק את הסיכונים שלהם השופים אנשים הקרובים לתחנה הגרעינית בעת תפעולה השוטף ובעת תקרית. היות שישראל נמצאת עדיין במצב מלחמה עם כמה משכנותיה, התקרית העיקרית שיש להתייחס אליה בארץ, היא התקרית העלולה להתפתח כתוצאה מפגיעה בתחנה הגרעינית בעת מלחמה. מטרת העבודות המבוצעות במסגרת זו היא הערכה ריאלי של הסיכונים ונקיטת כל האמצעים הטכניים, כדי שסיכונים אלה יהיו נמוכים ככל האפשר.

הערכות כלכליות ומדיניות אנרגיה

ההערכות הכלכליות באות לבדוק את עלות האנרגיה המיוצרת בתחנות גרעיניות לסוגיהן והשוואתה לאנרגיה המיוצרת בתחנות פוסיליות, בעיקר בתחנות פחם.

הערכות אלה מתייחסות לכל מרכיבי עלות האנרגיה הנובעים מן ההשקעה בתחנה, התפעול, הדלק ועוד. מכל ההערכות שנעשו מתברר, כי לאנרגיה הגרעינית יש יתרון כלכלי בולט: מחיר הקוט"ש המיוצר בהן נמוך בהרבה מזה המתקבל בתחנות פחם.

ההערכות לגבי מדיניות האנרגיה באות להשלים את ההערכות הכלכליות ודנות בשאלות של גיוון מקורות האנרגיה, שילוב של תחנות-כוח לעומס הבסיסי ותחנות לשעות שיא הביקוש, אמינות המערכת, זרבות דרושות וכו'.

סקרי אתרים

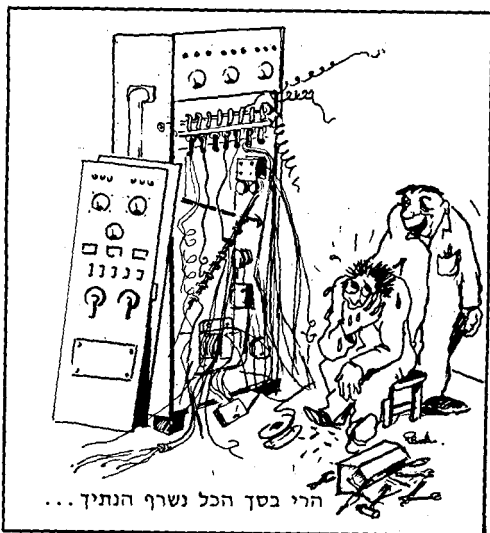
סקרי האתרים באים לענות על הדרישות הרבות והקשות העומדות בפני מתכנני תחנה גרעינית מבחינת מיקום התחנה.

זאת ועוד: ארגון פרוייקט ענק, כגון הקמת תחנת-כוח גרעינית, הוא משימה הדורשת אמצעים שונים מהמקובל. המדובר בתפקידי ניהול, שליטה ובקרה במפעל העולה מיליארדי דולרים (מחיר יחידה אחת מוערך כיום ב־2 מיליארד דולר!), המעסיק אלפי עובדים. לדוגמה: פיגור של יום בהפעלה עולה כחצי מיליון דולר. לכן, הארגון של פרוייקט ענק כזה הוא בעיה נכבדה, בעיקר בארצנו, אשר בה עוד לא השתמשו טכניקות ניהול מתקדמות ואשר בה אנשי ניהול ברמה הדרושה הם יקר־מציאות.

חברת החשמל תקים ותפעיל את תחנת-הכוח הגרעינית, אולם דרושה הכנת תשתית אנושית שתשלים את כל הפונקציות הדרושות גם מחוץ למסגרתה. הכוונה היא לתעשייה המסוגלת לייצר את המרכיבים הכבדים, לתעשיית אלקטרוניקה המסוגלת לתת גיבוי לצורכי הבקרה, למוסדות וגופים האמורים לספק שירותים ייעוץ ותכנון. פעולה זו של הכנת התשתית האנושית היא פעולה הדורשת מאמצים ניכרים מכל הגורמים המעוניינים ומסוגלים להשתתף בהקמת תחנת-הכוח הגרעינית, אשר בלעדיה, הכניסה לעידן הגרעיני בישראל אפשרית, אולי, אך ללא ספק יקרה ובזבזנית מאוד.

סיכום

כיום, לא ברור מתי אפשר יהיה להפעיל בישראל תחנת-כוח גרעינית. הבעיה העיקרית, המונעת אפשרות של קביעת מועד להפעלת התחנה, היא העדר הסכם מדיני אשר יאפשר רכישת כור גרעיני. בינתיים, עד להשגת הסכם מדיני, מבצעים פעולות הכנה עיוניות לפני תחילת הקמת תחנת-הכוח הגרעינית. עם חתימת ההסכמים להספקת כורים למצרים והשינויים במימשל בכמה מן הארצות המספקות כורים, גברו הסיכויים להסכם מדיני ולכן קיימים סיכויים שבקרוב נוכל להתחיל בצעדים מעשיים להקמת תחנת-כוח גרעינית ראשונה בישראל שתספק חשמל בעשור הבא.



הסקרים האלה צריכים להראות שהאתר הנבחר נמצא רחוק ככל האפשר מריכוזי אוכלוסייה אך בקרבת מרכזי צריכה; במקום שקט מבחינה סיסמולוגית; בקרבת מקור מי קירור; במקום שאין בו סכנה של שטפונות ושל רוחות עזות; ועוד דרישות רבות ומגוונות שלא אחת הן מנוגדות זו לזו. בנושא זה, שהוא בעל חשיבות עליונה, מושקעים משאבים רבים הן מבחינה כלכלית והן מבחינת כוח אדם.

בתחילת הפרוייקט, בשנים 1975—1977 התרכזו המאמצים באתר ניצנים. מאז 1977 הועתק מרכז הכובד של הסקרים לאזור חלוצה. לאזור חלוצה יתרונו רבים ולפי כל המחקרים שבוצעו עד כה נראה שאכן התחנה הגרעינית הראשונה, ובעקבותיה השנייה, תוקמנה באזור זה.

בדיקת אמצעי קירור

בדיקת אמצעי הקירור היא חלק מתהליך מיקום התחנה הגרעינית. מאחר שתחנת-כוח גרעינית בגודל המדובר (כ־900 מגו"ט) מייצרת חום עודף, שהוא כפול מהספקו החשמלי, יש לדאוג שחום עודף זה יסולק בצורה נכונה.

בכל תחנת-הכוח הקיטוריות הפועלות בארץ, מבוצע קירור התחנה על-ידי הזרמת מים למערכות הקירור, ולכן כל התחנות ממוקמות סמוך לחוף הים; כאשר תחנת הכוח איננה ממוקמת סמוך לחוף הים אפשרות כזאת איננה קיימת ולכן יש למצוא פתרונות אחרים.

היות שבישראל מקורות המים מוגבלים ביותר, ואזור חלוצה הוא אזור מדברי, הפתרון צריך להיות בכיוון של חיסכון מירבי במים הדרושים לקירור התחנה. מההערכות הראשוניות שבוצעו מתברר, שקיימים שני פתרונות:

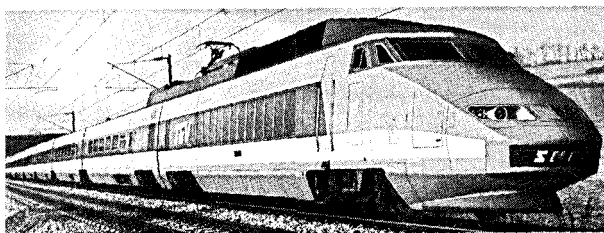
— קירור בעזרת מגדלי קירור במי־ים, שיובאו לצורך זה אל התחנה.

— קירור בעזרת הטכנולוגיה החדשה של מגדלי קירור יבשים-רטובים.

לפתרון על-ידי מגדלי קירור במי־ים יש יתרון כלכלי כלשהו, כי תעלת הימים תעבור, לפי המתוכנן, באזור חלוצה וכך ייחסך חלק מהוצאות הבנייה. למגדלי קירור יבשים-רטובים יש שני יתרונות: בטחוני-בטיחותי — מערכת הקירור עצמאית ואין צורך בתעלות ובצינורות ארוכים; מיקום התחנה — אין צורך להתחשב במחיר הובלת המים אל התחנה.

בניית כוח אדם, התארגנות והכנת תשתית

הקמת תחנת-כוח גרעינית היא משימה גדולה הדורשת כוח-אדם מקצועי ומיומן. יש צורך במאות מהנדסים וטכנאים ובאלפי פועלים מקצועיים בעלי הכשרה מיוחדת. מספר האנשים בעלי נתונים מתאימים בארץ הוא מזערני ולכן יש לדאוג לטפח את בעלי המקצועות הדרושים. אין המדובר במומחים גרעיניים בלבד, אלא באלפי אנשים שיעבדו כפקחי ביקורת-טיב והבטחת-איכות, מרכיבי ציוד מיוחד, רתכים, בנאים ובעלי מקצועות בתחומים רבים אחרים, שבהם קיים חוסר של בעלי מקצוע ברמה מקצועית גבוהה במיוחד.



חישמול רכבת ישראל

אינג' מ. לא-זר

מבוא

מערכת התחבורה עוסקת בהעברת עצמים במרחב ובזמן לשם השגת יעדים שונים — כלכליים, חברתיים, צבאיים ועוד. פיתוח התחבורה תרם תרומה נכבדה להתקדמות האנושות במאתיים השנים האחרונות, והישגי הטכנולוגיה והמדע בתקופה זו נוצלו במלואם לפיתוח התחבורה. במעמדם ובחשיבו- תם של כל אמצעי התחבורה — יבשתיים, ימיים ואוויריים — היו עליות ומורדות, שהיו תלויים ביכולת האדם לנצל את הישגי הטכנולוגיה ולהתאי- מם לדרישות החברה המתפתחת.

מבחינה טופוגרפית ישראל היא מדינה ארוכה וצרה, לכן תחבורה רכבתית מתאימה ביותר לאורכה של המדינה, ואילו למרחקים קצרים, לרוחב המדינה, מתאימה יותר תחבורה מוטורית.

תוכנית החישמול של רכבת ישראל

בשנת 1979 מינה מנכ"ל הרכבת ועדה לבדיקת כדאיות חישמול רשת הרכבות בישראל כחלופה לרכבת המופעלת על-ידי קטרי דיזל. מקורות המידע אשר שימשו את הוועדה היו:

(א) חומר מקצועי של הנהלות הרכבות בחו"ל המפעילות רכבות חשמליות.

הוועדה עיבדה שאלון מקצועי מפורט והפיצה אותו — ישירות ובאמצעות האיגוד הבינלאומי לרכבות — לחברות רכבות בעולם כולו. תשובות מפורטות רבות, נתקבלו מארצות רבות: יפן, צרפת, דרום-אפריקה, דנמרק, פינלנד, שוודיה, אוסטרליה, שווייץ וכו'.

(ב) חומר טכני שנתקבל מחברת החשמל בעת פגישות ובידורים משותפים;

(ג) תחזיות של תוכנית-האב של רכבת ישראל.

הוועדה הגדירה את היעדים העיקריים כדלקמן:

(א) היעד האנוגטי — שימוש במקורות חלפיים לדלק נוזלי לאור הקשיים להשגת דלק נוזלי בעתיד הנראה לעין;

(ב) היעד התחבורתי — הערכות של המערכת הרכבתית לגידול משמעותי של התנועה בכבישים בעתיד הנראה לעין;

(ג) היעד הכלכלי — השגת הנ"ל תוך שימוש אופטימאלי במשאבים;

(ד) היעד הלאומי — תרומה לכלכלת המדינה, משיכת המשתמשים בתחבורה המוטורית ותרומה לפתרון בעיות אקולוגיות.

הוועדה בדקה את קבילות החישמול של תוואי-המסילה המאופיינים בתנועה צפופה במונחים של טון/ק"מ בריטו או במונחים של מספר רכבות בשנה. התברר, שהקוים הכדאיים ביותר לחישמול בתאריך היעד (1990) הם:

(א) קו חיפה-תל-אביב-בני-ברק עם מסילה כפולה בקטע בנימינה-חדרה-מערב, ומסילה כפולה בקטע תל-אביב מרכז-תחנת מקוה-ישראל.

(ב) קו דימונה-חלץ-אשדוד — מסילה יחידית.

נוסף לתוואים הנ"ל, נבדקו גם מספר תוואים נוספים כחלופות שונות.

היתרונות של חישמול הרכבת

(א) חישמול מאפשר ניצול אנרגיה ממקור ארצי מרכזי שהוא בלתי תלוי בדלק נוזלי ומאפשר שימוש

התחבורה הרכבתית במשך 160 השנים האחרונות (הרכבת הראשונה הופעלה ב-1825 באנגליה) תרמה תרומה עצומה להתפתחות הכלכלה באירופה, באמ-ריקה ובאסיה. טוענים שארצות-הברית לא היתה הופכת למעצמה עולמית אילמלא קישרה הרכבת את החוף המזרחי לחוף המערבי בסוף המאה התשע-עשרה; הרכבת איפשרה את פיתוח מערב ארצות-הברית בקצב מהפכני.

בתחילת המאה העשרים חלה ירידה משמעותית במעמד הרכבת בזכות ההתפתחות המהירה של התחבורה המוטורית (המכונית והכביש בצורתם המודרנית הופיעו בשנות העשרים של המאה העש-רים) והתחבורה האווירית. התשתית היקרה של התחבורה הרכבתית (אינפרסטרוקטורה) וחוסר-גמישות יחסי איפשרו לתחבורה המוטורית להתחרות ברכבת במרחקים קצרים ותחבורה אווירית להתחרות בה במרחקים ארוכים. אולם יש לציין, שבמהלך שתי מלחמות העולם הוכיחה הרכבת את חיוניותה — כלכלה מלחמתית לא היתה יכולה להתקיים ללא מערכת הרכבות. ברבעון האחרון של המאה העשרים חוזרת התחבורה הרכבתית למקום הראוי לה מן הסיבות הבאות:

(א) משבר האנרגיה בשנות השבעים;

(ב) הצמיחה בכבישים ובפרודורי האוויר הגורמת לסתימה תחבורתית;

(ג) ריבוי תאונות הדרכים וחוסר אמינותה של התחבורה המוטורית;

(ד) זיהום סביבתי — מודעות הולכת וגוברת של האוכלוסייה למיפגעים הללו.

לעומת זאת התחבורה הרכבתית צורכת פחות אנרגיה ליחידת עומס (באופן מיוחד ממקור דלק נוזלי שבו מתפתח מחסור), תופסת רצועת קרקע צרה. (מסילה לעומת כביש רב-מסלולי) והיא אמינה ובטוחה יותר מן התחבורה המוטורית. האמינות והבטיחות טמונים באופי התחבורה הרכבתית, שכן השליטה והבקרה נעשות בנתיב חד-מימדי לעומת נתיב דו-ממדי בכביש, ונתיב תלת-ממדי באוויר.

אינג' מ. לא-זר — מנהל אגף תיקשורת, רכבת ישראל.

עקרון הישגול הרכבות

בתחבורה רכבתית משתמשים בתור כוח מתניע בסוגי קטרים שונים, כגון קטרי קיטור, קטרי דיזל, קטרי טורבו וקטרים חשמליים. קטרי קיטור, דיזל וטורבו מייצרים את האנרגיה הנחוצה להנעתם באמצעות תחנות-כוח קטנות הבנויות בתוכם. לעומת זאת, קטרים חשמלים מקבלים את האנרגיה הנחוצה להנעתם ממקור היצור — מקור אנרגיה מרכזי בתחנות-כוח חשמליות.

עקרון הפעולה של רכבת חשמלית מודרנית הוא כדלקמן:

תחנות-כוח חשמליות מרכזיות (רשת לאומית או רשת המיוחדת לרכבות) מייצרות אנרגיה חשמלית. קיימות מספר שיטות לייצור אנרגיה חשמלית:

- (א) ניצול אנרגיה על-ידי שריפת דלק נוזלי או פחם;
- (ב) ניצול אנרגיה של הפרשי מפלסי מים (תחנות הידרואליות);
- (ג) ניצול אנרגיה הנוצרת בעת התפרקות גרעינית (תחנות גרעיניות).

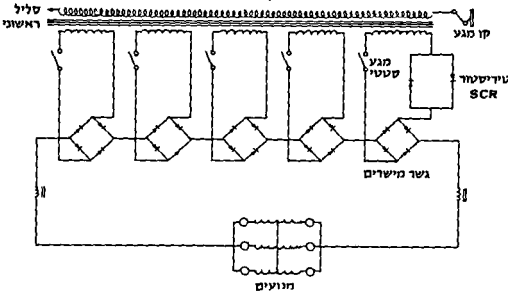
אנרגיה חשמלית מתחנות-כוח מרכזיות מועברת על-ידי קווי מתח גבוה או עליון לתחנות-כוח משניות, המורידות את המתח לרמה הדרושה להפעלת מנועים חשמליים להנעת הרכבות. מטרת העברת האנרגיה במתח גבוה הוא מניעת הפסדים ומיסכון בהעברת האנרגיה.

מתחנות-המשנה מועברת האנרגיה לקו-מגע הבנוי לאורך מסילת הרכבת. קטרים חשמליים מקבלים את האנרגיה מקו-המגע בעזרת קולט מגע (פנטוגראף). האנרגיה החשמלית מפעילה את המנועים שבתוך הקטר והמנועים הופכים את האנרגיה החשמלית לאנרגיה מכנית, אשר בעזרת המסורת מיכנית מניעה את הגלגלים.

עקרון הפעולה של קטר חשמלי

קטר חשמלי מקבל את האנרגיה החשמלית להנעתו מקו-מגע (לדוגמה 23 ק"ו, 50 הרץ), השנאי מוריד את המתח למישורים הקשורים למתקן לוגי לוויסות המתח באופן אוטומטי, ההספק מוגש למנועים באופן הדרגתי על-ידי בקרת פאזה. החיבור ההדרגתי של ההספק למנועים על-ידי בקרה באמצעות המתקן הלוגי מונע תופעת החלקה.

סכימה חשמלית עקרונית של קטר חשמלי.



תופעת החלקה של הגלגל על הפס עלולה לגרום להריסת הפסים. מידת אי-החלקה מוגדרת על-ידי

במקורות אנרגיה חילופיים, כמו פחם, אנרגיה גרעינית, ניצול מפלסי מים;

(ב) ניצולת אנרגיה בחישמול רבה יותר מאשר בדזלים. בזמן עצירות והמתנות בתחנות אין הקטר החשמלי צורך אנרגיה. בתהליך בלימה וירידה הופך המנוע החשמלי לגנרטור ומחזיר אנרגיה לקו,

(ג) החישמול תורם לצמצום הוצאות שנתיות בסעי-פיים עיקריים כלהלן:

(1) הוצאות התחזוקה של קטר חשמלי הן בשיעור 25%-50% מהוצאות התחזוקה של קטר דיזל;

(2) הוצאות האנרגיה של קטר חשמלי הן מ-25% עד 70% מהוצאות האנרגיה של קטר דיזל בתנועה נתונה (מותנה בפרופיל, תוואי, מהירות וכיו"ב);

(3) אמינותו של קטר הדיזל נמוכה משל הקטר החשמלי;

(4) הזמינות של קטר חשמלי גבוהה יותר משל קטר דיזל, ולהיקף תנועה נתון תידרש מצבה מצומצמת יותר של קטרים חשמליים;

(ד) מפאת שיעורי תאוצה ותאוצה גבוהים יותר בקטר חשמלי, גדלה המחירות המסחרית; התוצאה — שיפור במחזוריות והקטנת הוצאות התפעול;

(ה) איכות הסביבה (זיהום אוויר ורעש) משופרת יותר במערכת של רכבת חשמלית.

החסרונות של הישגול הרכבת

(א) השקעה התחלתית גבוהה יותר;

(ב) הזנה מרכזית מתחנות-משנה לקו מגע — שיתוק מספר גדול יחסית של רכבות במקרה של תקלות בחספקת הזרם.

המתודולוגיה של הפרוייקט

פרוייקט הישגול הרכבות הוא פרוייקט מורכב, רב-מקצועי ורב-שלבי, המחייב תכנון לטווח ארוך ומתבצע בתנאי אי-ודאות חלקית. לכן דרושה מתודולוגיה מורכבת והגדרת יעדים מפורטת.

השלבים העיקריים של הפרוייקט הם כדלקמן:

(א) הגדרת היעדים לטווח הקצר ולטווח הארוך (מבוססת על תוכנית-האב של הרכבת);

(ב) בדיקת המצב הקיים כולל מצב העולם הפנימי (המצב הקיים של הרכבת) ומצב העולם החיצוני הלאומי (מצב נשיגות האנרגיה, מצב התחבורה בארץ);

(ג) קביעת אלטרנטיבות, כגון:

(1) השארת המצב הקיים — דיזלים;

(2) הישגול חלקי קטרים ושילוב עם דיזלים;

(3) הישגול מוחלט;

(ד) החלטה — בחירת האלטרנטיבה האופטימאלית לאחר קבלת מידע מספיק על כל אחת מן האלטרנטיבות, קביעת מהימנות המידע וקביעת סיכויי החצל-חה של האלטרנטיבות בשעת הביצוע;

(ה) ביצוע הפרוייקט לאחר בחירת האלטרנטיבה האופטימאלית, תוך היזון חוזר, בקרה וקבלת מידע נוסף באופן מתמיד;

(ו) גמר הפרוייקט.

המונח 'אדחזיה'. בתנאים אידיאליים — פסים נקיים, גלגלים נקיים, מזג-אוויר טוב — מקדם האדחזיה שווה ל-50%. בתנאי תיפעול רגילים הוא מגיע ל-25%, ובמזג-אוויר גרוע הוא יורד ל-18%.

קיימת חשיבות מכרעת לגילוי מהיר של תופעת ההחלקה. כדי למנוע הפסד אנרגיה או תופעות שליליות אחרות, מותקנים בקטרים מודרניים גלאי החלקה המגיבים תוך 30 שניות לתופעה ההחלקה. לאחרונה הוכנסו טריסטורים למערכת הוויסות האוטומטי של המנועים דבר שאיפשר הסדרה טובה יותר של תופעת ההחלקה (אדחזיה), הכנסת הטריסטורים להנעה החשמלית של הרכבות גרמה מהפכה טכנולוגית ושיפרה לאי-שעור את ביצוע הקטרים החשמליים לעומת הקטרים האחרים.

שיקולים לבחירת מקור אנרגיה מרכזי

שיקולים לבחירת מקור אנרגיה מרכזי לרכבות חשמליות מוכתבים על-ידי המצב הגיאופוליטי, המצב הכלכלי, נשיגות האנרגיה, גודל רשת הרכבת ועוד. רוב הרכבות מקבלות את האנרגיה שלהן מרשת החשמל הלאומית. בגלל קשיים בנשיגות דלק נוזלי ומשבר האנרגיה, קיימת נטייה לעבור למקורות אחרים, כגון תחנות המופעלות על-ידי פחם, תחנות הידרואלקטריות ותחנות גרעיניות. בארצות שונות משתמשות הנהלות הרכבת בתחנות-כוח הנמצאות בבעלות הרכבת כגון, גרמניה המערבית, אוסטרिया ושווייץ. הן מנצלות מקורות של אנרגיה הידרו-אלקטרית ומייצרות אנרגיה חשמלית במיוחד לרכבות — במתחים ובתדירויות השונים מאלה של רשת החשמל הארצית.

אם רכבת ישראל תחליט לחשמל את רשת הרכבות, מקור האנרגיה של חברת החשמל הלאומית בתדירות סטנדרטית של 50 הרץ ובמתח של 23 ק"ו נראה לנו מתאים ביותר.

שיקולים לבחירת תדירויות ומתחים להנעת רכבת חשמלית

שיטת זרם חילופין —

בארצות שונות משתמשים במקור אנרגיה כמתחים ותדירויות שונים. ברוב הרכבות המודרניות ובפרט-ייקטים החדשים לחישמול בוחרים בשיטת זרם החילופין בתדירות המסחרית (50 הרץ באירופה ו-60 הרץ בארה"ב; ביפן משתמשים בקווים המערביים ב-60 הרץ ובקווים המזרחיים ב-50 הרץ). הארצות המשתמשות בשיטה זו באירופה, הן: צרפת, אנגליה, רוסיה, רומניה, דניה, יוגוסלביה, פורטוגל, פינלנד, לוקסמבורג וכו'.

הארצות המתפתחות, המבצעות פרויקטים חדשים בשיטה המקובלת, הן יפן, טאיוון, דרום קוריאה, הודו, פאקיסטאן, סין, טורקיה.

ביבשת אמריקה הוכנסה השיטה בארצות-חברית ובקנדה והוא הדין בדרום אפריקה (60 הרץ).

הסיבה העיקרית לבחירה בשיטת התדירות המסחרית לפרוייקטים חדשים היא. האפשרות לנצל את מקור האנרגיה של הרשת הלאומית ללא צורך

במתקנים מיוחדים (ממירים) להתאמת התדירות מה גם שהממירים הם מתקנים יקרים המהווים מקור לתקלות.

בארצות מסוימות כגון: גרמניה המערבית, אוסטרिया, שווייץ, שוודיה, ונורווגיה משתמשים בשיטת זרם חילופין בתדירות נמוכה — $16\frac{2}{3}$ הרץ. ובהולנד בתדירות של 25 הרץ.

בארצות-הברית הסיבה העיקרית לשימוש בשיטת התדירות הנמוכה ($16\frac{2}{3}$ או 25 הרץ) היא היסטורית, היות ואת המנועים הראשונים לכוח-מתניע בזרם חילופין להספקים גדולים היה קל יותר לבנות בתדירות נמוכה. עם מיתוח האלקטרוניקה להספקים גדולים, בעזרת דיודות וטריסטורים, נמצאה שיטה זולה ויעילה יותר ליישר את זרם החילופין בתדירות מסחרית ולהפעיל את מנועי הקטרים בזרם ישר.

היתרון העיקרי של שיטת זרם חילופין טמון באפשרות להשתמש במקור אנרגיה לאומי מרכזי, כמו-כן להעביר אנרגיה במתחים גבוהים וכך להוזיל את הוצאות הרשת העילית. שיטת התדירות המסחרית זולה ויעילה יותר משיטת התדירות הנמוכה מאחר שאת תחנות-הכוח המשניות אפשר לבנות באופן פשוט יותר בלי צורך להפוך תדירות מסחרית (50, 60 הרץ) לתדירות נמוכה ($16\frac{2}{3}$ ו-25 הרץ).

שיטת זרם ישר —

חישמול הרכבות הונהג לפני יותר ממאה שנה בשיטת הפעלת הרכבות עם זרם ישר. משתמשים בה ברכבות ותיקות בקווים שהושלמו מזמן אך גם מספר קווים חדשים נבנים בשיטה זו. בארצות שונות — כמו אנגליה, בלגיה, דנמרק, הולנד וספרד. שיטת הזרם הישר עדיין מופעלת במקביל עם קווים חדשים המופעלים בזרם חילופין עם תדירות מסחרית ותדירות נמוכה:

השיטה מופעלת באמצעות קו-מגע המוזן על-ידי זרם ישר או על-ידי פס שלישי. כפי שהסברנו הסיבה העיקרית לשימוש בשיטת הזרם הישר היא היסטורית. השיטה מתאימה ביותר לרכבות כבדות בעלות מהירויות נמוכות. שיטת הזרם הישר עם פס שלישי חוסכת בניית קו-מגע. מורכב יקר, אך היא מוגבלת מבחינת מהירות תנועת הרכבת ונמצאת בשימוש ברכבות פרבריות ובמקומות שאין אפשרות לבנות קו-מגע בלבד.

החיסרון של שיטת הזרם הישר הוא יוקר קווי התמסורת לחשמל. עובי קווי-המגע מצריך קוטר גדול פי 4 מזה של שיטת זרם החילופין. המרחק בין תחנות-המשנה הרבה יותר קטן מאשר בשיטת זרם החילופין — בשיטת הזרם הישר מ-10 עד 20 ק"מ בין תחנות-המשנה לעומת 40 עד 70 ק"מ בשיטת זרם החילופין.

מסקנה —

לאור האמור לעיל נראה לנו שהשיטה המתאימה ביותר לרכבת ישראל היא שיטת זרם החילופין עם תדירות מסחרית של 50 הרץ. שיטה זאת תהיה כלכלית ביותר מאחר שניתן יהיה לנצל כמקור אנרגיה את הספקת החשמל של חברת החשמל לישראל בע"מ.

שיקולים לבחירת מתח לקו מגע

בארצות שונות משתמשים בשיטות שונות למתחים לקווי מגע. בשיטת זרם החילופין עם תדירות מסחרית משתמשים במתחים לקו מגע 20-25 ק"ו. בזמן האחרון בונים בארצות אחרות קווים לתדירות מסחרית במתח 50 ק"ו. שיטת מתח של 50 ק"ו. מזוילה בהרבה את קו המגע בגין הקטנת קוטר הקו וחיסכון בחשמל. הבעיות העיקריות בשיטה זו הן המרחק הגדול בין קו המגע לבין המבנים העליונים (גשרים) המייקרות את השיטה מבחינת הנדסה אזרחית. המתחים לשיטת זרם חילופין לפי תדירות מסחרית עדיין נחשבים כאופטימאליים בין 20-25 ק"ו. מתחים הנמצאים בשימוש בשיטת זרם חילופין ובתדירות נמוכה, $16\frac{2}{3}$ הרץ, ו-25 הרץ, הם מ-11 עד 15 ק"ו. מתחים לקו מגע בקו זרם ישר הנמצאים בשימוש הם מ-3 עד 5 ק"ו.

כפי שהוזכר לעיל עם עליית המתח גדל החיסכון באנרגיה וקטנה עלות קו-המגע וקווי-התמסורת. מכאן אפשר להסיק, שמבחינה זו כלכלי ביותר לבחור במתח 50 ק"ו; בעדיפות שניה-מתחים 20-25 ק"ו, בעדיפות שלישית-11-15 ק"ו ובעדיפות אחרונה-3-5 ק"ו. שיטת זרם ישר.

* המסקנה —

מאחר שבחברת החשמל לישראל בע"מ קיימות תחנות-משנה עם טרנספורמציה למתח 23 ק"ו, אשר ניתן להופכן ישירות לקו-מגע רכבתי, נראה לנו שזהו המתח האופטימאלי להישמול רכבת ישראל בשלב זה, — בשיטת זרם חילופין מסחרי בתדירות 50 הרץ.

* הערה: אין לדחות עדיין את אפשרות בחירת מתח 50 ק"ו לקו-מגע, אך הדבר מצריך בדיקה מדוקדקת של הוצאות הנדסה אזרחית להיקף המבנה הדרוש ושל בעיות בטיחות הקשורות עם נוכחות קו מתח גבוה במקביל לקווי הרכבת.

שיקולים לחישוב כלכלי לחישמול

הקריטריון העיקרי שיש להתחשב בו בעת קבלת החלטה לחישמול הרכבות הוא מקדם החזר החון, המבוסס על מספר גורמים: כמות הטונאג' בקטע המיועד, מספר הרכבות ביממה (לוח זמנים), קילומטראז' הנסיעות ועוד. הקריטריון המקובל לחישמול רכבות נוסעים הוא בעיקר מספר הרכבות ביממה.

בדרך כלל חישמול כדאי במערכת גדולה שכל הגורמים הנ"ל מופיעים בה בקנה-מידה גדול, וזאת בגלל החשקעה הגדולה בתשתית — בניית קו-מגע ותחנות-משנה.

הקריטריון של מקדם החזר החון היה קובע לפני משבר האנרגיה בשנות ה-70. מאז ואילך החלו בחישמול מערכות קטנות בגלל בעיית נשיגות הדלק הנוזלי ומחירי האנרגיה.

קריטריונים נוספים לחישמול

בהתאם למידע ממקורות חוץ, כגון: צרפת, יפן, הולנד, דרום-אפריקה, בויטניה וארצות-הברית, קיימות גישות שונות לבדיקת כדאיות החישמול. ניתן לחלקן ל-2 שיטות (סצנריות) עיקריות:

(א) לפי השיטה של השוואה (Scenario de reference) לוקחים בחשבון את כל האירועים המתרחשים בנתיב המערכת — רכבות דיזל ורכבות חשמליות לכל אורך החיים של הפרוייקט ומשווים בין התשומות של שתי השיטות.

(ב) לפי השיטה של השקעה (Scenario de investment) לוקחים בחשבון את כל האירועים המתרחשים עם החלפת מערכת דיזלים במערכת חשמלית והשפעתם לכל אורך החיים של הפרוייקט.

שיטת ההשוואה מתאימה יותר לבדיקת ההיתכנות (feasibility study) לשם קבלת מושג כללי אם החישמול הוא כדאי. הוא אינו דורש מידע מפורט. לעומת זאת שיטת ההשקעה מתאימה יותר להכנת אומדן מעשי, כי הוא דורש מידע מפורט יותר.

הקריטריון לשתי השיטות מוגדר על-ידי שיעור התשואה הפנימי r המחושב לפי הנוסחה:

$$r = \frac{\Delta C}{\Delta I} = \frac{C_D - C_E}{I_E - I_D}$$

שבה: C — חיסכון בהוצאות השנתיות עקב החישמול.

I — הפרש בין השקעות בחישמול לעומת השקעות בדיזלים

C_D — הוצאות שנתיות של מערכת הדיזלים

C_E — הוצאות שנתיות של מערכת החשמל

I_E — השקעה נומינלית לחלופה של מערכת החישמול

I_D — השקעה נומינלית לחלופה של מערכת הדיזלים.

בהוצאות השנתיות — C — כלולות הוצאות מסוגים שונים: התחזוקה של הכוח המתניע, מחיר האנרגיה, החזקת קו-מגע ותחנות-משנה, הון לכוח מניע, הון של קו מגע ותחנות-משנה.

לפי המידע שנתקבל מצרפת מבדילים בין שיעור התשואה הפנימי (הכלכלי) — r_e — הלוקח בחשבון את החסכוניות בהוצאות השנתיות הישירות הנוגעות לרכבת במפעל עסקי (החזקה, אנרגיה). לעומת זאת השיעור הפנימי הלאומי r_n לוקח בחשבון גם את התרומה לכלכלה הלאומית של המדינה $r_n > r_e$ — שיעור התשואה הלאומית גדול יותר מהשיעור הכלכלי (הואלת התבורה, שיפור איכות הסביבה וכו').

בחישוב הכלכלי שנעשה ברכבת ישראל הסתבר ששיעור התשואה הפנימי של הפרוייקט לחישמול קו חיפה-תל-אביב הוא 15%.

ההמלצה מתייחסת להפעלה ב-1990 אך ההחלטה לביצוע פרויקט החישמול תלויה גם בעדיפויות ובתפתחויות ברכבת ישראל ובמשק הלאומי.

הבקר המתוכנת — ושימושו

פ. שלומוביץ

(א) יחידת הזיכרון

יחידת הזיכרון משמשת לאיחסון התוכניות שתוכננו על-ידי המתכנת, וכך היא משפיעה בצורה לוגית על הכניסות והיציאות בהתאם לרצון של המתכנת. את יחידות הזיכרון ניתן לחלק לשני סוגים עיקריים:

(1) (Random Access/Memory) — זיכרון לקריאה ולכתיבה, בעל גישה אקראית. בזיכרון מסוג זה ניתן לרשום מידע ולקרוא מידע פעמים רבות. יתרון זה מאפשר למתכנת לשנות ולהוסיף במהירות ובקלות לתוכניות המאוחסנות בזיכרון. חסרונו של זיכרון זה הוא, שבעת הפסקת חשמל או ניתוק המתח הוא מאבד את האינפורמציה האצורה בו. לכן יש לחבר אליו סוללה אשר תספק לו את המתח הדרוש לשמירת תוכן הזיכרון.

(2) (Read Only Memory) — זיכרון לקריאה בלבד. בזיכרון זה לא ניתן לכתוב מידע אלא רק לקרוא את המידע המצוי בו. יתרונו של זיכרון מסוג זה הוא שבעת הפסקת חשמל נשמרת האינפורמציה האצורה בו. לזיכרון מסוג ROM קיימים מספר סוגים וביניהם EPROM (Erasable Programmable Electrically) — זיכרון זה ניתן לתיכנות על-ידי המשתמש בו. כמו-כן ניתן למחוק את המידע המצוי בתוכו על-ידי הארת הזיכרון באור אולטרה-סגול.

זיכרון RAM מצוי במקלדת (מתכנת) ובעזרתו ניתן לשנות תוכניות בעת תיכנון ואילו זיכרון מסוג ROM מצוי בבקר עצמו.

הבקר המתוכנת הינו שם כולל למערכת רכיבים אלקטרוניים חדישים אשר פותחה כדי לענות על דרישות התעשייה לעבור מפיקוד בעזרת מימסרים לפיקוד ממוחשב. הבקר פותח לפני כ-15 שנים כאשר תעשיית המכוניות בארה"ב פנתה למפעלי האלקטרוניקה בבקשה להציע לה מערכת פיקוד חדשה אשר תעמוד בדרישות הבאות:

- (א) אמינות גבוהה;
- (ב) מינימום מקום פיסי;
- (ג) מערכת שאינה רגישה להפרעות חיצוניות;
- (ד) תיכנון מהיר ופשוט של התהליך;
- (ה) חיבור נוח ופשוט למערכת הבקרה;
- (ו) מחיר זול לעומת מחירן של מערכות קיימות.

הבקרים שהוצעו על-ידי מפעלי האלקטרוניקה היו בעלי רמה טכנולוגית מתוחכמת וחדשה ועמדו בציפיות המזמינים.

הבקר המתוכנת הינו מכשיר יעיל ואמין המציע לצרכן נוחות מירבית במחיר נמוך, ומאפשר שינוי מהיר של התוכניות על-ידי המפעיל; משום כך אין צורך לערוך שינוי בחיוטים של המערכת שאותה מבקר הבקר המתוכנת.

מערכת הבקר המתוכנת קלה לאחזקה, אין בה תקלות ונוח לחברה על-ידי מגעים או מהדקים. אבזרי המערכת מחוברים בשיטת ה-plug in, ולכן, במקרה של תקלה, ניתן להחזיר את המערכת לפעולה תקינה תוך פרקי-זמן קצר ביותר, וכך נחסך זמן יקר של השבתת המערכת. הבקר המתוכנת הוכיח את עצמו, ואט-אט כבש שטחים נוספים בתעשייה, כגון: מערכות מנועי דיזל-גנרטורים, תעשיות כימיות, בתי-קירור, ייצור מכוניות, תהליכים של יציקות, בקרת אנרגיה.

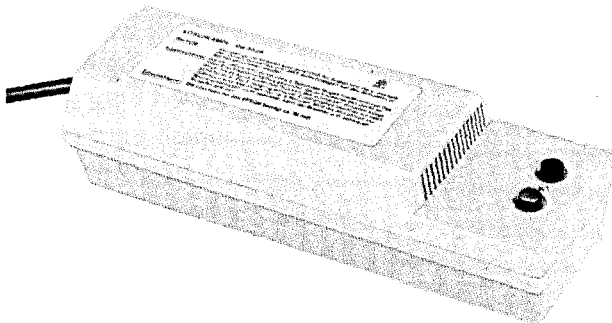
כדי לתכנת את הבקר אין צורך לדעת שפת תיכנות כלשהי; ולפיכך גם אנשים אשר אינם יודעים את שפת התיכנות אך מכירים את לוגיקת התיכנות יוכלו לתכנת את הבקר ולתפעלו בעזרת דיאגרמת סולם.

מבנה הבקר המתוכנת

הבקר מורכב מהיחידות הבאות: יחידת זיכרון, ספק כוח, כניסות ויציאות ויחידת עיבוד נתונים.

פ. שלומוביץ — תלמיד במכללה הטכנולוגית 'אורט יד-סינגלובסקי'.
(המאמר נכתב בהנחיית אינג' ס. מנדלבאום.)

צור 1
מכשיר להארת הזיכרון באור אולטרה סגול



תאורת מחיקה (אור אולטרה סגולי)

קיבולת הזיכרון של בקרים מסוגים ומגדלים שונים מתחילה ב- $\frac{1}{4}$ K (כלומר 256 מילים) בבקרים קטנים, ומגיעה ל-64K בבקרים גדולים.

(ב) ספק כוח

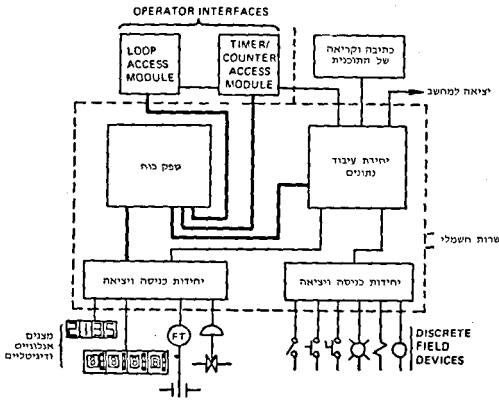
תפקידו של ספק הכוח הוא לספק את המתחים הדרושים למערכת האלקטרונית של הבקר. ספק הכוח מצויד במסנן המונע רעש והפרעות שונות

(ד) יחידת עיבוד הנתונים

יחידה זו נקראת GPU — Central Processing Unit — והיא לב הבקר המתוכנת. תפקידה של יחידה זו הוא לבדוק ולסרוק את התוכנית האגורה בתוך הזיכרון ואת מצב הכניסות, ובהתאם לכך לעדכן את היציאות.

בבקרים קטנים יחידת עיבוד הנתונים מבצעת פעולות לוגיות פשוטות. בבקרים גדולים מסוגלת יחידה זו לבצע פעולות אריתמטיות (+; -; x; :;) ופעולות בסיסיות של עיבוד נתונים, כגון: טיפול בטבלאות, העברת אינפורמציה מטבלאות ליציאות, והשוואה בין נתונים שונים וכו'.

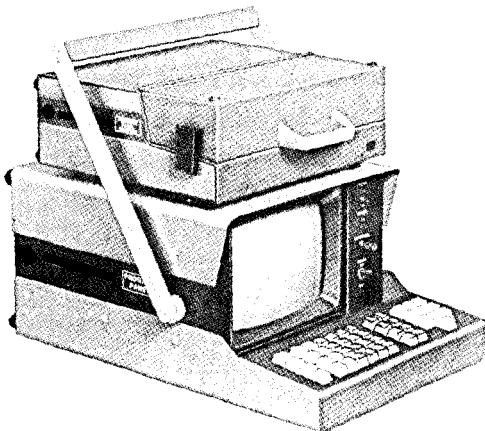
ציור 4
תרשים עקרוני של מבנה הבקר המתוכנת



(ה) מקלדת

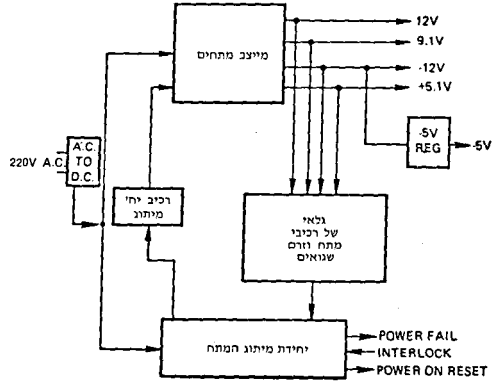
המקלדת היא לוח מקשים, אשר בעזרתה ניתן להכניס ולהוציא נתונים מהבקר. קיימים שני סוגים עיקריים של מקלדות: האחת בעלת צג (מירקע) אשר בעזרתה ניתן לתכנת את הבקר על-ידי דיאגרמת

ציור 5
מקלדת בעלת צג (מירקע)



לבקר. כמו-כן מצויד הספק במנגוני הגנה המונעים נזקים אפשריים למערכות הבקר בזמן תקלות, כגון הפיכת קוטיביות המתח. כאשר מוסיפים למערכת כניסות ויציאות חייבים להוסיף ספק כוח נוסף כדי שניתן יהיה להזין את היחידות הנוספות.

ציור 2
תרשים עקרוני של ספק כוח

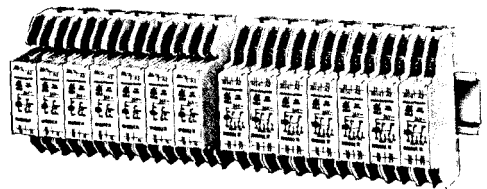


(ג) יחידות כניסה ויציאה

האותות החשמליים, הנכנסים אל הבקר המתוכנת, עוברים דרך יחידת כניסה, שתפקידה לתרגם אותם מאותות חשמליים המגיעים מגששים הנמצאים בשטח המיתקן (כגון: מפסקי גבול, מפסקי בורה, לחצני פעולה וכו') לאותות לוגיים, וכך הבקר יכול לטפל באותות האלה.

לאחר שהבקר טיפל באותות הכניסה, יופיעו ביציאותיו אותות לוגיים. אותות אלה יתורגמו לאותות חשמליים על-ידי יחידת היציאה וישוגרו אל המיתקן שאותו אנו רוצים לבקר.

ציור 3
יחידות כניסה ויציאה



על הדקי הכניסות והיציאות מורכבות נורות סימון המאפשרות למפעיל הבקר לדעת את מצב הכניסות והיציאות. יחידות הכניסה והיציאה הן מודולריות ומתחברות לבקר על-ידי מגעים או מהדקים, וכך הן ניתנות להרכבה ולשליפה מהירות ונוחות.

יחידות הכניסה והיציאה יכולות להימצא בקרבת הבקר או מרוחקות ממנו — מאות ואף אלפי מטרים (המרחק תלוי בסוג הבקר ובגודלו).

תכנות הבקר

תכנות הבקר הוא פשוט ונוח, ומאפשר להשתמש בו ללא כל ידע מעמיק בתיכנות מחשבים. את הבקר ניתן לתכנת בעזרת מספר שיטות תיכנות:

(א) דיאגרמת סולם – שיטה פשוטה ונוחה, אשר בעזרתה ניתן לצייר על המסך תרשים חשמלי, המורכב ממגעים (פתוחים או סגורים), מימסרים, מימסרי השהיה וכו'. בעזרת שיטה זו ניתן לבחון את התהליך בעת פעולתו, לשנות אותו ולהכניס אלמנטים נוספים למערכת, וכל זאת בעזרת התרשים החשמלי המוצג על המירקע, המאפשר למפעיל לראות את שלבי התהליך וציור מס' 7.

(ב) תכנות בעזרת קודים – מאפשר למתכנת להפעיל את הבקר בעזרת קודים ופקודות עשייה, כגון: AND – בטור; OR – במקביל; TMR – מימסר השהיה; Y – סליל וכו' (בטבלה מס' 1).

טבלה 1

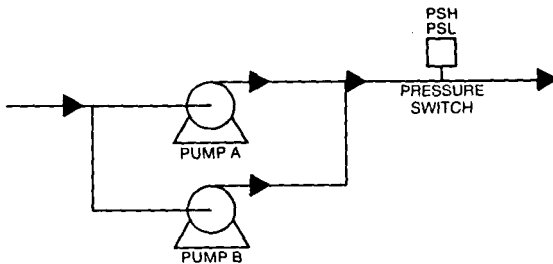
דוגמת טופס לתיכנות בעזרת קודים ופקודות עשייה

מונה התכנית	סוג ההיבור	קבוצה	מס' רכיב	בדיקה עצמית	הערות
∅ ∅ ∅	U, -		∅, 1		
, , 1	O, -		∅, 2		
, , 2	G, -		6, ∅		ממסר עזר
, , 3	U, -		2, ∅		מגע עזר
, , 4	U, -		∅, 3		
, , 5	U, -		∅, 4		
, , 6	G, -		4, 1		
, , 7					

דוגמה מעשית לשימוש בבקר המתוכנת

נתונות 2 משאבות וגוש המתריע על לחץ נמוך או על לחץ גבוה.

ציור 8

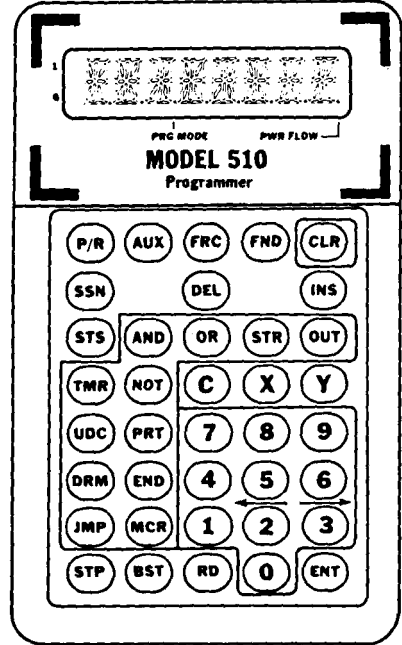


דרישת המערכת היא: כאשר הגוש מתריע על לחץ נמוך נכנסת משאבה מס' 2 לפעולה, אך כאשר הלחץ הוא גבוה וכאשר מימסר ההשהיה מוציא אות, תוצא המשאבה מכלל פעולה.

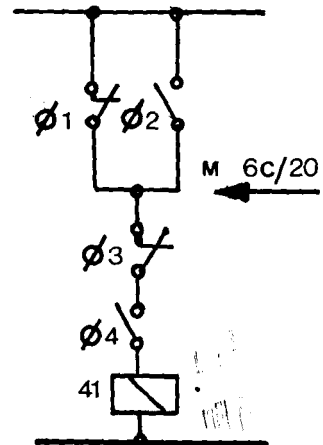
סולם, שפת תיכנות וקודים; השנייה היא מקלדת בעלת תצוגה אלפא נומרית, ובעזרתה ניתן לתכנת את הבקר אך ורק בעזרת קודים. גודלה ומחירה של מקלדת זו קטן מהמקלדת בעלת הצג.

המקלדת מאפשרת לתכנת את הבקר ולהוציא ממנו נתונים, בהתאם לרצון המתכנת; בעזרתה ניתן לבחון את התהליך שאותו הבקר מפעיל; כמו כן אפשר לשנות נתונים בזמן התהליך ולפקח עליו בזמן פעולתו.

ציור 6 מקלדת



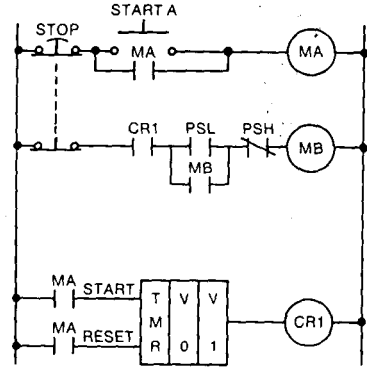
ציור 7 תיכנות בעזרת דיאגרמת סולם



טבלה 2
תיכנות בצורת קודים ופקודות עשייה

LADDER ELEMENT STORAGE LOCATION	ELEMENT TYPE	I/O TYPE	I/O IDENT.	I/O NAME	COMMENTS
0	STR NOT	X	0	STOP	
1	STR	X	1	START	
2	OR	Y	0	MA	
3	AND STR				
4	OUT	Y	0	MA	PUMP A STARTER
5	STR NOT	X	0	STOP	
6	AND	CR	1		
7	STR	X	2	PSL	
8	OR	Y	1		
9	AND NOT	X	3		
10	AND STR				
11	OUT	Y	1		
12	STR	Y	0		
13	STR	Y	0		
14	TMR				
15	PRE	V	0		
16	CUR	V	1		
17	OUT	CR	1		

ציור 9
תרשים חשמלי של המיתקן



ציור 10
תיכנות בדיאגרמת סולם

טבלה 3
רשימת חיט לבקר

BASE ASSEMBLY NO. 1	
TERMINAL DESIGNATION	TERMINAL NAME
X0	STOP
X1	START
X2	PSL
X3	PSH

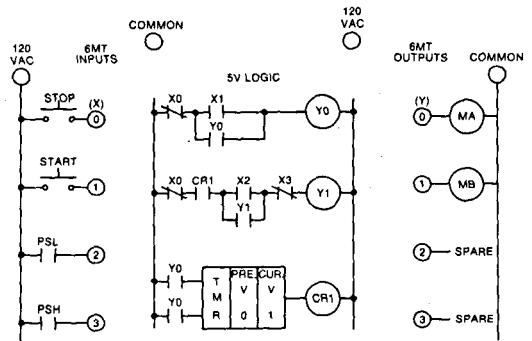
כניסות

BASE ASSEMBLY NO. 1	
TERMINAL DESIGNATION	TERMINAL NAME
Y0	PUMP A STARTER
Y1	PUMP B STARTER

יציאות

המבנה המיכני של הבקר המתוכנת

הבקר המתוכנת תוכנן לעבוד בסביבה תעשייתית, לכן הושם דגש על עבודה בטמפרטורה גבוהה (עד 60°C), ולחות יחסית של 0%–95%. מבנה הבקר מתוכנן להגן על המיכשור בפני לכלוך, אבק, רעשים חשמליים ופגיעות מיכניות. הגנה זו מאפשרת להתקין את הבקר בסביבה תעשייתית קשה. ממדי הבקר הם קטנים במיוחד, לדוגמה: 70–250 מ"מ. הבקר גם נוח לחיבור, הדבר נעשה באמצעות מגעי חיבור.



בתחילה מתכננים תרשים חשמלי למתקן הנדרש: לאחר תכנון המערכת החשמלית, מתרגמים אותה לשפת התכנות הנחוצה (לפי סוג המקלדת).

מה חדש בתקינה

תקעים ובתי תקע לשימוש בתעשייה

לא מכבר פורסם התקן הישראלי ת"י 1109 – תקעים ובתי תקע לשימוש בתעשייה. תקן זה, המבוסס על התקנים הבין-לאומיים I.E.C. 309 ותוספותיו, חל על תקעים ובתי תקע המיועדים לשימוש בתעשייה במתח עד 660 וולט וזרם נומינלי עד 250 אמפר וזאת תוך הבטחת אייחלופות בין תקעים ובתי תקע למתחים שונים, תדרים שונים (כולל זרם ישר) וזרמים שונים.

בתקנות החשמל – מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך – נאמר, בתקנה 3 (ג') כדלקמן: "ציוד חשמלי סופי יתאים לדרישות התקן".

במתקני חשמל תעשייתיים חדשים יש להתקין בתי תקע התואמים דרישות התקן הנ"ל.

אינג' נ. פלג.

ייעול וחיסכון בחשמל במתקני חברת החשמל

ש. וולפסון

הצריכה דהיינו: משרדים, מחסנים, מוסכים, מטבחים, בתי מלאכה וכו'.

אותרו מוקדי הצריכה העיקריים בכל מבנה ונקבע לפי סקר ויוזאלי בלבד ולפי הערכה, חלקם של מוקדי הצריכה בסך הכל הצריכה.

מוקדי הצריכה סווגו כדלקמן:

תאורת פנים, תאורת חוץ, מיוזג אויר אינדידואלי (מזגני חלון), מיוזג אויר מרכזי, הסקת חדרים ברדיאטורים, הסקה מרכזית לחדרים, תנורים אוגרים, חימום מים למקלחות, חימום מים למטבחים, מכשירי בישול ואפיה, מנועי סדא, תנורי סדא ואחרים.

הוצא נוהל לקריאת המונים הקיימים בחצרי החברה והוראה לסידור לוחות חל"ב והרכבת מונים בחצרים שהיו מחוברים ישיר לרשת ללא מונה.

עם גמר שלב א' הוחל בביצוע שלב ב'. בין הפעולות שבוצעו: שילוב לוחות שקופים (במקום לוחות אסבסט) בגג המוסך ובתי המלאכה במרכז הטכני בתל-אביב, התקנת מערכת סולרית לחימום מים למקלחות ומטבח במרכז הטכני בתל-אביב עם גיבוי של חשמל במקום חימום באמצעות חשמל בלבד.

הוחל בעריכת בדיקות טכנו-כלכליות של התקן מיתוג (חסגן) לחיסכון בצריכת חשמל במזגני אויר (חלון), חסגן זה מפסיק את פעולת המזגן כל פרק זמן קצוב וכדי להפעילו מחדש יש ללחוץ על כפתור בצורה ידנית, דבר זה מבטיח שמזגנים לא ימשיכו לפעול לריק במשרדים שהעובדים עזבו אותם לזמן ממושך.

לפי תוצאות הבדיקות שנעשו על ידינו, מלוא עלות התקנת המכשיר מחזירה את עצמה תוך כשנתיים והחסכון בהפעלה מוערך ב- 20%—25% בזמן המופעל 180 יום בשנה.

באפריל 1982 אישרה הנהלת חברת החשמל את התקנת התקני המיתוג לחיסכון בצריכת החשמל על יד מזגני אויר במתקני החברה. תכנית ההתקנה היא תלת-שנתית.

בשלב א' יותקנו 300 התקני מיתוג, עדיפות ראשונה בשלב א' ניתנת למשרדים בהם יש קבלת קהל.

לצורך הכנת מפרט דרישות בהקשר לרכישת התקני מיתוג לחיסכון במזגנים (חסגנים) נמסרו חסגנים של שלושה ספקים, שונים לבדיקה במעבדת חשמל למחקר ופיתוח ובהסתמך על

עם פרוץ המשבר באנרגיה לאחר מלחמת יום הכיפורים נעשתה פעולה חד-פעמית לחסכון באנרגיה בחצרי החברה. פעולה זו נתנה תוצאות מסוימות. אבל בגלל סיבות שונות הופסק הטיפול בנושא.

בפברואר 1980 חודשה הפעולה לטיפול סדיר בנושא חסכון באנרגיה במתקני החברה.

במסגרת האגף המסחרי מונה מטה לייעול וחיסכון בחשמל במתקני החברה, מונה מרכז מטה ומפקח ארצי והוחל בפעולה.

יש להדגיש שכל הפעילויות נעשו במסגרת העבודה השוטפת של כל אחד בתפקידו הקיים. המבנה הארגוני של החברה בנוי על 12 אגפים ו-4 מתוונות, לפי החלטת המטה ואשור הנהלת החברה מונה ממונים אגפיים/מחוזיים ובהמשך ממונים מחלקתיים לטיפול בנושא החסכון.

כפעילות ראשונה נקבעה מטלה של ייעול ושיפור התאורה במשרדים ומחסנים וביטול גופי תאורה מיותרים.

בוצעו בדיקות עוצמת תאורה בעזרת לוקסמטר במשרדים.

הונמכו גופי תאורה והופסקו כ-30% גופי תאורה מיותרים. במזגני אויר כווננו תרמוסטטים, הוצא עלון הסברה לעובדים איך לא לבזבז חשמל במשרדים, הוצאו תדריכים מקצועיים לממונים האגפיים/המחוזיים לתאורת משרד נכונה (לפי התקן הישראלי למאור) ולמיוזג אויר.

רוב העובדים שיתפו פעולה עם העובדים הטכניים שביצעו את השינויים מתוך הכרה בצורך בפעולת החיסכון באנרגיה.

עם פרסום תקנות הרשות הלאומית לאנרגיה (פיקוח על יעילות צריכת האנרגיה במפעלים) נקבעה תכנית פעילויות לביצוע במספר שלבים. בעזרת עובדי המחוזות הושלם שלב א' של התכנית שכלל:

צילום המצב הקיים בכל חצרי החברה, הוכן תיק לכל מבנה לתרשים בו מסומן סוג הצרכן (תאורה, מיוזג אויר, חימום וכו'). צוינו צורות התיכורים של המכנים, חיבור ישיר לרשת ללא מונה, מונים קיימים, מספר המונים, מצב המונים, לוחות חל"ב ריקים המאפשרים להרכיב מונים נוספים. המכנים/החצרים מיונו לקבוצות לפי יעדי

ש. וולפסון — סגן מנהל המחלקה לפיתוח הצריכה וראש המטה לייעול וחיסכון בחשמל בחצרי חברת החשמל.

הדרישות שעובדו והוגשו ע"י בודקי המעבדה הוכן המפרט.
 כמו כן הוכנו הוראות בהקשר להתקנת התקני מיתוג למזגני חלון קיימים, על מנת שההתקנה תבוצע בכפוף לדרישות חוק החשמל.
 על מנת לקבל נתונים בדוקים על מידת החיסכון בחשמל כתוצאה מהתקנת התקני המיתוג למזגנים הוחלט על עריכת בדיקה מדגמית. לצורך הבדיקה משתמשים במונים מטולטלים. בהתייעצות עם המחלקה לסטטיסטיקה נבחרו כ־60 מזגנים

שמהווים גם קבוצת בדיקה וגם קבוצת ביקורת. למידגם נכנסו מזגנים בכל אזורי החברה. הבדיקה תבוצע לאורך תקופת זמן של שתי עונות קיץ. בעזרת עובדים טכניים מהמחנות התחלנו בבדיקות ופעולות לשיפור מקדם ההספק. כמו כן נמשכת הפעילות השוטפת כגון: החלפת גופי תאורה ו/או דילול ו/או מיקום גופי התאורה, התקנת אמצעי מיתוג יעילים כדי למנוע תאורת ריק וסך־הכל התוצאה בחיסכון בחשמל באתרי החברה היא חיובית.

תאונת חשמל וליקחה

אינג' ו. זיס

תאונה קטלנית עם פטיש חשמלי בעל בידוד כפול

230 וולט כלפי האדמה נגרר דרך ליפופי מנוע הפטיש על המעטפת המתכתית של בית־תקע המיטלטל ומיכאל שהחזיק בה סגר דרך גופו מעגל חשמלי לאדמה והתחשמל למוות.

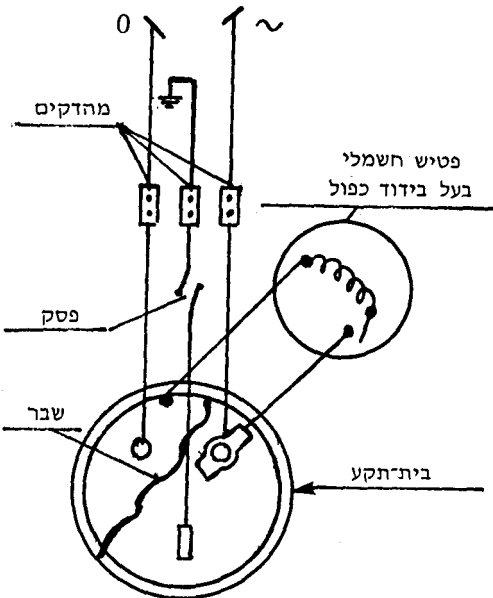
לקחי התאונה פשוטים למדי:

- (א) לא די אם משתמשים בכלים חשמליים מיטל־טלים בעלי בידוד כפול, אלא צריך להקפיד גם על שימוש בכלים מאריכים תקינים.
- (ב) התאונה לא היתה מתרחשת לו הכבל המאריך היה עשוי מחתיכה אחת והיה מצויד בתקע ובבית־תקע מיטלטל תקינים (עם התקני תפיסה לכבל) ועשויים מחומר בידוד.

באחד מאתרי הבנייה השתמשו בפטיש חשמלי בעל בידוד כפול (Ⓜ), כפי שדור־שות התקנות היום. להפתעתם הרבה של העובדים באתר נהרג אחד הפועלים בשם מיכאל כאשר רצה לחבר את הפטיש לבית־תקע מיטלטל. בחקירת נסיבות התאונה התבררו הפרטים הבאים:

- (א) הפטיש בעל הבידוד הכפול מתוצרת יצרו ידוע, בעל מוניטין בינלאומי, היה תקין לחלוטין.
- (ב) בכבל המאריך, שאילו רצה מיכאל לחבר את הפטיש, התגלו הליקויים הבאים:
 - (1) הכבל היה עשוי משני חלקים שחוברו באמצעות 3 מהדקים רגילים המיועדים לשימוש בתוך קופסאות הסתעפות או ב־קופסאות מעבר במיתקני חשמל. סביב המהדקים לופפה שכבה עבה של סרט בידוד, אך דבר זה לא מנע את ההתי־נתקות של מוליך הארקה מהמהדק שלו באחת מהמשיכות בכבל.
 - (2) בקצה הכבל היה מותקן בית־תקע מתכתי המיועד להתקנה קבועה שבו לא היה התקן תפיסה.
 - (3) החלק השמאלי של מכסה הבקליט בבית־תקע המוזכר בסעיף (2) היה שבור, אי לכך שפופרת המגע של האפס היתה חשור פה.

(ג) בזמן הכנסת התקע הדרפיני (פינים עגולים) של הפטיש נכנס פין אחד לתוך שפופרת המופע (פאזה) והסתובב בו; כתוצאה מכך נגע הפין השני בחלק המתכתי של בית־התקע. לרוע ה־מזל היה מפסק הפטיש במצב מחובר, ומתח





מה חדש במיכלי השתן

בית-שימוש ביו-אלקטרי

א. ונגרקו

מספר לא-מבוטל של מקומות ציבוריים, כגון אתרי בנייה, מוסכים, מבנים טרומיים, נקודות שמירה, מקלטים, תחנות דלק ואפילו חנויות ובתי-עסק, אינם מצוידים בבתי-שימוש בשל העדר מערכת מסודרת של אינסטלצית מים וביוב לניקוז הפסולת. העדרם של מתקני נוחיות אלה יוצרים לא פעם מיפגע תברואתי חמור ויש לחפש דרכים ופתרונות למנוע או לצמצם אותו עד למינימום.

בשנים האחרונות נמצא פתרון לבעיה זו. בשוודיה מיוצר בית-שימוש ביו-אלקטרי, הפועל על חשמל בלבד ללא צורך במים, בכימיקלים או במערכת ביוב. נוסף לכך מבטיחים לנו היבואנים של המיתקן, כי פעולתו איננה מלווה בריחות והוא גם קל לשימוש ואפילו מעוצב בצורה נאה ואסתטית.

המבנה ועקרון הפעולה

בית-שימוש חשמלי זה בנוי משתי יחידות העשויות חומר פלסטי חסיך-אש. החלק החיצוני של המיתקן מסייע לאגירת חום ואנרגיה כתוצאה מתכונות הבידוד הטובות שלו, כך שהיעילות של המיתקן וההיגיינה מירביים. הפסולת באה במגע רק עם המיכל הנפרד ואינה מלכלכת את גוף המיתקן עצמו.

נייר הטואלט נזרק אף הוא לתוך המיתקן. החלקים הפנימיים מורכבים ממנוע, מיכל קליטת הפסולת, מערכת סינון, קופסת בקרה, מאורר אידוי, כפתור שטיפה ופילטרים מפחם.

לחיצה על כפתור השטיפה מפעילה מנוע פיזור מיוחד. המנוע פועל כל עוד נמשכת הלחיצה. המנוע מפזר את הפסולת לתוך המיכל הפנימי ושם, בצירוף של חום ואידוי קטן הנפח לעשירית מנפחו המקורי. לדוגמה: 200 ק"ג פסולת מצומצמים ל-15—20 ק"ג. כלומר על-ידי צירוף של חום ומיחזור אוויר הוא מפרק את הפסולת ומפחית את נפחה. במרכז המיתקן מצויה דיסקית פיזור מיוחדת המפזרת את הפסולת ומסננת את תוכנו. נוזלים נשארים על דיסקית מיוחדת לאידוי מהיר.

מאורר מיוחד וגוף חימום בעל ויסות אוטומטי מאדים ומייבשים את הפסולת לעשירית הנפח הראשוני ומאדים נוזלים שבפסולת בקצב של 4—5 ליטר ביום. האוויר והאדים היוצאים מן המכונה מטוהרים על-ידי פילטרים מיוחדים. המאורר מסלק ריחות ויוצר תת-לחץ במיכל כך ששום ריח אינו יוצא מהמיתקן לכיוון החדר שבו הוא מותקן.

מיכל הפסולת נפרד מכל המיתקן וניתן להוציאו בקלות כשהמיכל מתמלא. מיכל מלא שוקל 15—20 ק"ג. המיתקן מסופק עם מיכל רוזבי. ריקון המיכל מפסולת מיובשת נעשה אחת ל-4—5 חודשים במקרה של שימוש רצוף של 4 אנשים. אפשר להשתמש בפסולת המיובשת כזבל כימי לגינות או לסלקה כאשפה רגילה.

א. ונגרקו — עורך משנה של "החקע המצדיע", המחלקה לפיתוח הצריכה, חברת החשמל.

הגוף בנוי מחומר פלסטי מבודד אך ליתר ביטחון יש לו סידורי הארקה. צריכת החשמל של המתקן איננה גבוהה — אין היא עולה על 2.4 קוט"ש ביממה בממוצע, (ההספק של המתקן הוא כ-100 וט). כלומר כ-150 שקל בחודש* (שימוש רצוף 30 יום בחודש).



סיכום

ראוי לציין, כי בית-השימוש החשמלי הזה נבדק על-ידי מפקדת ראש הג"א — ענף הנדסת מקלטים במסמך מ-2.10.1981 ואושר על-ידיה לשימוש במקלטים. אם כן ברור, שהשימוש במיתקן רצוי במקלטים ציבוריים, במקלטים ביתיים (ברבי-קומות), בבתי-עסק וכו' שאין בהם שירותים רגילים כמקובל.

* במחירי החשמל בתוקף מ-3.11.82.

משאבות חום

אינג' א. מובשוביץ

תוך כדי חימום המים מתקרר הקרר עד לטמפרטורה של המים הזורמים במחליף-החום. במצב זה מוסר הקרר את האנרגיה התרמית שלו למים תוך כדי שינוי מצב הצבירה שלו מגז לנוזל. החום הכמוס הנפלט בתהליך זה מן הקרר נקלט במים המתחממים עד לטמפרטורה של 55°C.

לאחר שהפך הקרר מגז לנוזל הוא עוזב את מחליף-החום בטמפרטורה גבוהה ובלחץ גבוה. הקרר עובר דרך שסתום התפשטות ויוצא מצדו השני בלחץ נמוך ובטמפרטורה שהיא קרה בכ-10°C מן הטמפרטורה של האוויר הסביבה.

הקרר הקר עובר דרך סליל קירור שבמזרם אוויר. מאחר שקיים הפרש טמפרטורה של כ-10°C בין אוויר הסביבה לטמפרטורה של הקרר הוא קולט אנרגיה תרמית מן האוויר ועובר ממצב צבירה נוזלי למצב גזי. לאחר שהתאייד ממשך הקרר בדרכו למדחס, וחוזר חלילה.

במבט כללי מערכת משאבת-החום קלטה מהאוויר החופשי אנרגיה תרמית אשר בתוספת לאנרגיה החשמלית נמסרה לחימום המים.

כנגד כל יחידת אנרגיה חשמלית שהושקעה במערכת נקלטו שתי יחידות אנרגיה מהאוויר ושלוש יחידות האנרגיה שימשו לחימום המים.

מדד היעילות למשאבת-החום מוגדר:
C.O.P. - Coefficient Of Performance

$$C.O.P. = \frac{\text{אנרגיית החימום שנתקבלה}}{\text{אנרגייה שהושקעה בתהליך}}$$

המחזור שתואר לעיל הוא למעשה מחזור קלאסי של פעולת הקירור המופיעה בכל מקרר ובכל מזגן-אוויר. ניתן לומר, כי גם המקרר וגם מזגן-האוויר הם משאבות-חום השואבות אנרגיה תרמית ממקור קר אל מקור חם יותר.

קיימות מספר קבוצות של משאבות חום המסוגלות לפי החומרים המוסרים את החום והקולטים אותו:

משאבות-חום אוויר-מים

משאבות-חום אלו סופגות חום מהאוויר החופשי גם כאשר הטמפרטורה החיצונית נמוכה. ברוב משאבות-החום הגבול התחתון הוא 6°C; במשאבות-חום מיוחדות ניתן לשאוב חום מהאוויר גם בטמפרטורות נמוכות יותר.

מקור האנרגיה במשאבות-החום הוא החום והלחות שבאוויר. שימוש אידיאלי של משאבות-חום מסוג זה הוא במיתקנים, שמצד אחד קיימים בהם עודפי חום ולחות המהווים מיטרד, ומצד שני נדרשים בהם מים חמים; מיתקנים כגון מטבחים ציבוריים, מכבשות, מאפיות, בריכות-שחייה סגורות וכו'. בכל המיתקנים האלה מקבלים חימום מים ביעילות מירבית וגם צינון וייבוש האוויר ללא השקעה כלשהי.

ניתן לקבל חום למטרות שימושיות בשני אופנים:

(א) ייצור חום על-ידי המרה מסוג אחד של אנרגיה לסוג אחר של אנרגיה:

(1) שריפת דלק מוצק, דלק נוזלי או גז וקליטת האנרגיה התרמית הנוצרת בעת הבעירה.

(2) הפיכת אנרגיה חשמלית לאנרגיה תרמית בעזרת התנגדות חשמלית.

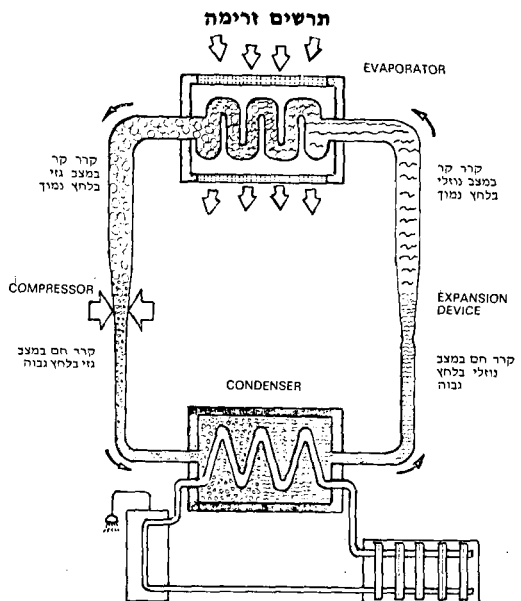
(3) קליטת אנרגיה הנוצרת בעת ביקוע גרעיני.

(ב) קליטת חום ממקור חום קיים:

(1) אנרגיה סולרית — קליטת האנרגיה האצורה בקרני השמש.

(2) שאיבת אנרגיה תרמית ממקורות המכילים אנרגיה ברמת טמפרטורה גבוהה, שאין אפשרות לנצלה, והעברתה בעזרת משאבות-חום לרמת טמפרטורה גבוהה יותר הניתנת לניצול.

שאיבת החום מתבצעת באמצעות קרר (גז קירור) המסוגל, בשלב מסוים של התהליך, לקלוט אנרגיה תרמית ברמת טמפרטורה נמוכה ולמסור אותה בשלב אחר של התהליך ברמת טמפרטורה גבוהה יותר. לשם הבנת התהליך נייער בצירוף



קורר-קר במצב גזי בלחץ נמוך נדחס על-ידי מדחס ללחץ גבוה; תוך כדי דחיסה הוא מתחמם עד לטמפרטורה של כ-100°C.

הקרר הגזי החם עובר למחליף-חום שזורמים בו מים.

אינג' א. מובשוביץ — מנהל אגף פיתוח, אמקור בע"מ.

משאבות-חום מים — מים

משאבות-חום אלו סופגות חום ממאגרי מים קרים יחסית לשם חימום מים. הן מנצלות מים של נהרות, של אגמים, של מאגרי מים, כגון בריכות השקיה בחקלאות. ברוב משאבות-החום הללו הגבול התחתון של טמפרטורת המים, שמהם ניתן לשאוב אנרגיה, הוא כ-5°C.

משאבות-חום אוויר — אוויר

משאבות-חום אלו מוכרות בדרך כלל כמזגני אוויר הפועלים במחזור פעולה הפוך, דהיינו מזגנים מחממים.

משאבות-חום מים — אוויר

משאבות אלו שואבות חום ממאגרי מים לשם חימום אוויר, בדרך כלל למטרות הספקה.

יעילותן של משאבות-החום מותנה בתנאי העבודה שלהן. ככל שהטמפרטורה של מקור החום תהיה גבוהה יותר והטמפרטורה של החומר הקולט את החום תהיה נמוכה יותר תעלה היעילות של משאבת-החום, למשל: במשאבת-חום אוויר — מים בעלת הספק חימום נומינאלי של 4 קו"ט נקבל ביצועים המופיעים בטבלה.

חיבטים כלכליים

החיסכון המושג על-ידי שימוש במשאבת-חום לחימום מים הוא משמעותי בהשוואה לסוגי החימום האחרים הצורכים אנרגיה.

לצורך חישוב החיסכון יש לקבוע:

- (א) את כמות המים החמים הנדרשת ליום;
- (ב) את המחיר ל-1 קוט"ש חשמל בדולרים;
- (ג) את המחיר ל-1 ליטר דלק נוזלי בדולרים.

לדוגמה

עבור חימום של 1000 ליטר מים ביום במחירי חשמל של 0.075 דולר לקוט"ש

ומחיר סולר של 0.4 דולר לליטר יתקבל חיסכון שנתי של 728 דולר.

לעומת חימום חשמלי רגיל יהיה החיסכון השנתי גדול עוד יותר — 844 דולר.

זמן החזר ההשקעה על-ידי החיסכון המתקבל במשאבות-חום מהסוג המודגם הוא בדרך כלל כשנתיים.

התשתית הנדרשת להפעלת משאבות חום לעומת חימום אחר היא מועטה ביותר. הן לגבי חימום בחשמל, המחייב לעתים הגדלת קווי הספקת החשמל, והן לגבי חימום בדלק נוזלי המחייב מיכלי דלק, קווי הספקה וכו'.

למשאבות-החום המיוצרות כיום יש מיגוון רחב ביותר של שימושים וקיימים גדלים שונים, החל במשאבת-חום דירתית לחימום מים למשפתח הבד-דת ועד למתקנים גדולים ביותר לחימום ולחסקה. באחרונה החלו לשווק בישראל שני דגמים של משאבות-חום: האחת מסחרית, שהספק החימום שלה הוא 4 קו"ט, מיועדות לחימום כ-1500 ליטר מים ביום, ואחת, שהספק החימום שלה הוא 1.8 קו"ט, מיועדות לדירה פרטית.

כמו-כן מיוצרת ומשווקת כיום משאבת-חום דירתית הבנויה על-גבי דוד מים בקיבול של 200 ליטר. משאבת-חום זו עובדת ביעילות גבוהה ביותר ועשויה לפתור את בעיות הספקת החימום לדירה הבודדת כפתרון מקביל לאנרגיה סולרית.

	D	C	B	A
	הספק נצרך (ואט)	הספק חימום מופע. (ואט)	טמפ. המים (°C)	טמפ. האוויר (°C)
$C.O.P. = \frac{C}{D}$				
3.1	1100	3450	30	10
2.6	1200	3200	40	10
2.2	1280	2900	50	10
3.5	1230	4350	30	20
3.1*	1320*	4080*	40*	20*
2.6	1430	3800	50	20
3.8	1280	4900	30	25
3.3	1400	4600	40	25
2.8	1520	4260	50	25

* תנאי עבודה נומינאליים.

איתור תקלות בכבלים תת-קרקעיים

אינג' א. שטיינר

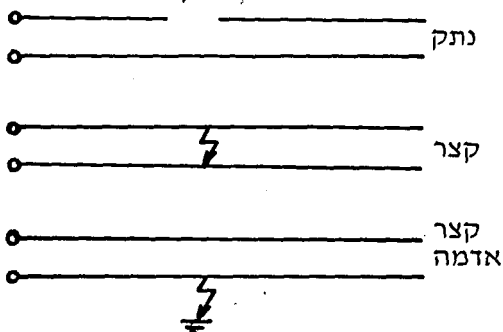
איתור תקלות בכבלים הוא אמנות יותר מאשר מדע, מאחר שלא קיים מכשיר או מערכת מכשירים המסוגלים לאתר את כל סוגי התקלות. האדם המחפש את התקלות אמנם מוצא אותן; הבעיה היא הזמן הנדרש לאיתור התקלה, ההוצאה הכספית, אי-הנוחיות (בגלל אי אספקת חשמל) וכן הנזק הנגרם למערכת התת-קרקעית על ידי חיפוש ממושך. המטרה שהמאתר חייב לחתור אליה היא איתור של התקלה בחפירה אחת בלבד, עמידה בלוח-זמנים מדויק והקדשת מספר שעות מועטות ככל האפשר למשימת האיתור. כמובן דברים אלה אינם תמיד אפשריים. מאמר זה מציג שיטות חדשות לאיתור תקלות ומספר מכשירים שבהם נעזרים בביצוע משימה זו.

סוגי התקלות

תקלות בכבלים ניתן לחלק לשלושה סוגים עיקריים:
נתק;
קצר או פריצה חשמלית בין פזות;
חיבור לאדמה.

תמונה מס' 1

סוג התקלה



קיימות כמה תת-חלוקות של הסוגים הנ"ל וגם צירוף מקרים המקשה מאוד על איתור התקלות. לדוגמה: קצר יכול להיות בעל התנגדות קטנה מאוד או גבוהה מאוד ואפילו מספר מגאומים. במעגל פתוח יכולה להיות התנגדות למעטה או לגיד אחר, אף הוא מערכים נמוכים מאד — עד הרבה מגאומים. המתח הנומינאלי של הכבלים אינו הנתון החשוב, אלא התנאים של בדיקות העמידות במתח וסוג הבידוד הם קובעים את הגישה ואת שיטת הבדיקה.

תהליך איתור התקלות

- הסיכוי היחיד להצלחה באיתור התקלות הוא לשמור על סדר הגיוני של פעולות הבדיקה:
1. אבחנה;
 2. בדיקה ראשונית;
 3. איתור התוואי;
 4. איתור מדויק של מיקום התקלה.

אינג' א. שטיינר — הרשת הארצית, חברת החשמל.

אבחנה

יש לשמור על מספר חוקים בסיסיים:

- בכל פעם בצע אבחנה אחת בלבד.
 - בדוק את כל הערכים של-ההתנגדויות בין הגידים לסיכוך ובין הגידים עצמם.
 - באבחנה הראשונית השתמש באוהמטר רגיל עם מתח מדידה של מספר וולטים בלבד. מכשיר זה מראה את המצב המדויק של הכבל. רק במקרים כאשר המכשיר מראה "אין סוף", יש צורך להשתמש בכוח בידוד במתח גבוה.
- את כל התוצאות רשום על טופס בדיקה מיוחד.

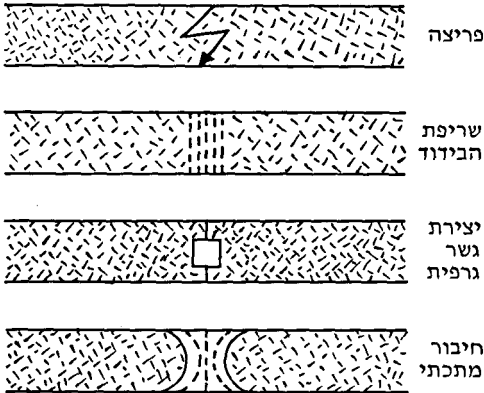
תמונה מס' 2

דוגמת טופס

דו"ח לבדיקת כבלים תת קרקעיים			
מקום:	תאריך:		
כבל:	אורך:		
ממקום:	למקום:		
מערכת: (א) מאורקת (ב) לא מאורקת			
תקלה: (א) בזמן העבודה (ב) בזמן הבדיקה			
סוג ההגנה:			
בדיקה:	צד א'	צד ב'	
	אוהמטר מגר	אוהמטר מגר	
פזה 1 —			אדמה
פזה 2 —			אדמה
פזה 3 —			אדמה
אפס —			אדמה
פזה 1 —			2
פזה 1 —			3
פזה 2 —			3
מסקנות:			
נתונים של הבדיקה הראשונית:			
נתונים של מציאת התוואי:			
נתונים של איתור מדויק:			
הערות:			

תמונה מס' 4

שיטות שריפה של בידוד כבל

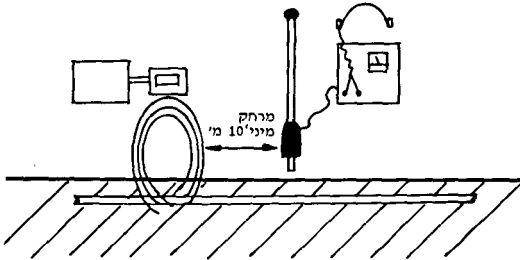


איתור התוואי

לאחר חישוב המרחק של התקלה לא ניתן עדיין למצוא את מקום התקלה ללא ידיעת התוואי המדוייק של הכבל לכל אורכו. למטרה זו משתמשים במערכת שמע, הכוללת משדר (גנרטור) וקולט (מגבר). המשדר מופעל על-ידי סוללות נטענות ומסוגל לשדר אותות של 50 ואט בתדירות של 1kHz ו-10kHz. אותות אלו מועברים דרך הכבל הנבדק ונקלטים במכשיר קליטה המפעיל צליל באוזניות. לפי ההבדלים בצלילים וכן בקריאות ניתן לאתר במדוייק את התוואי.

תמונה מס' 5

איתור תוואי



מכשיר זה אפשר לצייד גם במיקרופון אדמה עדין במיוחד, שבאמצעותו ניתן לגלות את המיקום המדוייק של התקלה גם אם היא מצויה בעומקים גדולים יותר.

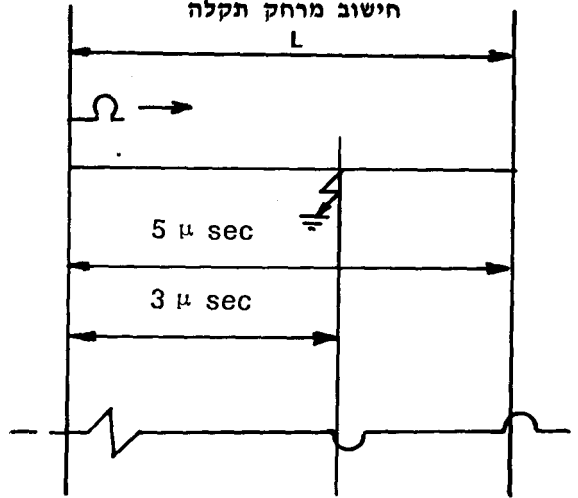
איתור מדוייק של התקלה

בדרך כלל השיטה המקובלת ביותר לאתר תקלות בכבלים להעברת אנרגיה היא באמצעות מכשיר המייצר אותות הלם. אנרגיה זו מיוצרת על-ידי קבל מתח גבוה המתפרק דרך מרווח פריצה וכך גורם לתנודות קול באיזור הנבדק. את האנרגיה המיוצרת ניתן לחשב לפי הנוסחה $\frac{1}{2} C \cdot V^2$ והתוצאה היא בג'אולים.

בדיקה ראשונית

בעבר נבדקו "קצר" בעזרת גשר התנגדותי, ו"נתק" במעגל באמצעות גשר קיבולי. היום, משתמשים באוסצילוסקופ המחזיר אותות, שהינו המכשיר המתאים ביותר לבדיקה ראשונית של תקלות. מכשיר זה מראה את חוזר חיובי במקרה של "נתק" ואת חוזר שלילי במקרה של "קצר" במעגל. מכשיר זה חייב להיות מחובר בקצה אחד ואת המרחק עד למקום התקלה ניתן לחשב לפי מרחק האות היוצא (הנמדד באוסצילוסקופ במיקרו-שניות) יחסית לאות החוזר מקצה הכבל וזאת על בסיס המהירות של התפשטות האות בתוך הכבל. מהירות התפשטות האות מכל סוג של כבל שונה; ניתן לקבל את הנתון הזה אצל יצרן הכבלים. הגודל וחתך הכבלים אינו משפיע על מהירות התפשטות האות.

תמונה מס' 3
חישוב מרחק תקלה



$L = \frac{3}{5} F (m)$
 $= F$ מהירות התפשטות האות

חסרונו של מכשיר זה הוא שלא ניתן לגלות תקלה בכבל כאשר האימפדנס שלו גבוה בהרבה מהאימפדנס האופייני של הכבל Z_0 . במקרים כאלה, כאשר התנגדות התקלה גדולה מאד, יש צורך לשרוף את נקודת התקלה עד למצב שהתנגדותה תהיה קטנה מאוד.

קיימים מכשירי שריפה בעלי הספק מ-500 VA עבור כבלים של טלקומוניקציה ועד 7kVA עבור כבלים להעברת אנרגיה. יש גם מכשיר שריפה בעל מתח ישר מ-0.5kV ועד 14kV.

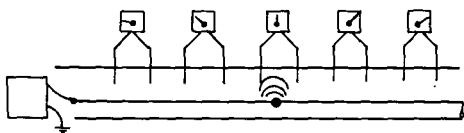
מכשירים אלה צריכים להיות מצוידים באמפרמטר, היות שלאחר מכת הזרם הראשונה החומר נפרץ אך לא נשרף ורק לאחר מעבר זרם ממושך החומר גם נשרף וההתנגדות קטנה.

בשלב ראשון מופעל מכשיר זה במתח גבוה ובזרמים קטנים עד לפריצה של הנקודה הבעייתית; בשלב שני מורידים את המתח ומגבירים את הזרם שתפקידו לשרוף את החומר.

מיקום התקלה לפי השיטה המקובלת. למטרה זו משתמשים באותות זרם במתחים מ-500 וולט ועד 2 ק"ו. האיתור עצמו מתבצע באמצעות גליונטמטר מדויק ואלקטרודות אדמה. את הנקודה המדויקת של התקלה ניתן לגלות לפי התנודות בשני הכיוונים של הגליונומטר והקטנת המרחקים בין שתי האלקטרודות.

תמונה מס' 8

איתור תקלה במעטה החיצוני של הכבל.

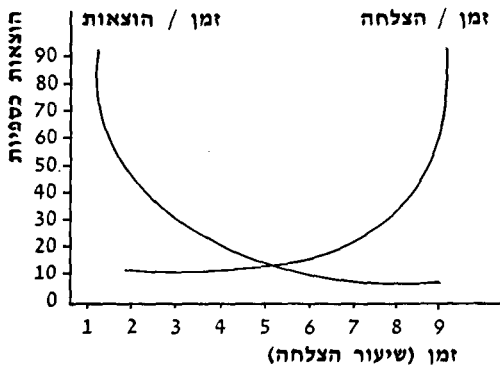


ניהול איתור תקלה בכבלים תת־קרקעיים

יש חשיבות גדולה לבחירת הציוד המתאים לאיתור התקלות. מאחר שמחירו של ציוד זה יקר מאוד יש חשיבות מירבית בבחירת ציוד המתאים לדרישות הצרכן.

לצרכן גדול, כגון חברת החשמל כדאי לעתים לרכוש מעבדה ניידת מושלמת עם כל הציוד, כי תדירות התקלות במשק התת־קרקעי היא יחסית גבוהה והדרישה לדיוק ומהירות באיתור התקלות היא דרישה בסיסית.

תמונה מס' 9

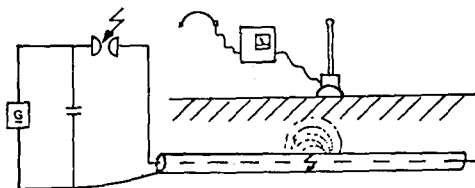


לסיכום יש לומר, שבחירת הציוד המתאים חשובה מאוד אולם רק מפעיל בעל ניסיון רב, המכיר ויודע את העבודה, יכול להצליח באיתור תקלות בכבלים ולהצדיק את העלות הגבוהה של רכישת הציוד.

מכשיר זה מייצר אנרגיה מ-400 ועד 1000 ג'אול במתחים מ-3kV ועד 30kV. שיטת העבודה של המכשיר היא פשוטה יחסית: בשלב ראשון תפקיד ההלם לעשות גשר גרפית באיזור התקלה וכך להגיע להתנגדות קטנה ביותר ובשלב השני דרך גשר גרפית לגרום לתופעות שמע שניתן לגלות במיקרופון מיוחד המחבר למגבר נייד.

תמונה מס' 6

איתור מדויק של התקלה



התקלה היחידה שלא ניתן לגלות לפי שיטה זו היא קצר מוחלט עם התנגדות קרובה לאפס. במקרים האלה משתמשים בנגרטור של תדירות שמע. במקרה של קצר בין הגידים משתמשים ב"שיטת שיזור" באמצעות מיקרופון קרקע העוקב אחר אותות לפי השיזור של הכבל. צליל האותות משתנה רק במקום התקלה וכך ניתן לגלות את המיקום של התקלה.

שיטות מיוחדות

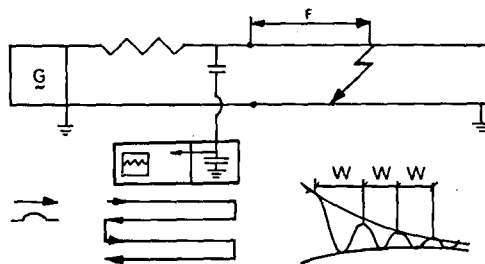
במקרים ספורים אין השיטות שהוזכרו לעיל מתאימות ויש לעבור לשיטות אחרות. לדוגמה:

(א) פריצה חשמלית שלא ניתן לשרוף במתח מסוים. בשיטה זו אי-אפשר לבדוק בשיטת האוסצילוסקופ או באמצעות גשר מדידה, אלא הכרחי לבדוק ולנתח את הגל של המתח שתפקידו לפרוץ שנית את מקום התקלה. למטרה זו יש להשתמש באוסצילוסקופ המצויד בזיכרון דיגיטאלי כפול, שבאמצעותו ניתן לנתח את האותות (הפולסים הנקלטים).

(ב) תקלה במעטה החיצוני של הכבל. במקרה זה קיים חיבור מתכתי בין השריון או בין סיכוך הכבל ובין המסה של הקרקע. במקרה זה לא ניתן לגלות את

תמונה מס' 7

חישוב מרחק תקלה באמצעות אוסצילוסקופ בעל זיכרון



מרחק תקלה

$$F = \frac{W}{2}$$

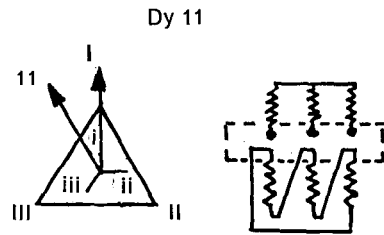
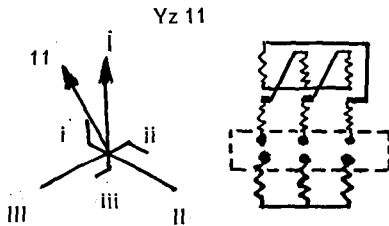
בדיקת שנאי חלוקה לרשתות

א. גליקר

ברשתות החלוקה 12.6 — 22 — 33 ק"ו מורכבים בארץ כ-18,000 שנאים, רובם ברשות חברת החשמל ומקצתם ברשות הפרטית.

אמצעי הבידוד המקובל בשנאים אלה הוא שמן מינרלי, כי עלותו נמוכה יחסית (לעומת שמנים סינתטיים או בידוד ארלדיט), יש לו מתח פריצה גבוה ועמידה טובה בפני מאמצים דיאלקטריים. השמן משמש כבידוד וכאמצעי להעברת חום. משתמשים בקירור טבעי ולא מאולץ.

בחברת החשמל הונהגו 6 הספקים סטנדרטיים לשנאי רשת והם: 50, 100, 160, 250, 400, 630 קו"א. השנאים בעלי הספק 50 ו-100 קו"א הם בדרך כלל מקבוצת החיבורים YZ11 והיתר בדרך כלל מקבוצת החיבורים DY11.



בדיקת קבלה (לכל שנאי)

מי שקונה שנאי פטור למעשה מעריכת בדיקות קבלה היות שהיצרן חייב לערוך את כל הבדיקות והוא מספק תעודת בדיקה. בדיקות הקבלה מתבצעות על כל שנאי בהתאם לדרישות התקן הבינלאומי IEC76. בדיקות אלו כוללות:

- (א) מדידת התנגדות הליפופים;
- (ב) מדידת תמסורת המתחים;
- (ג) מדידת קבוצת החיבורים;
- (ד) מדידת מתח הקצר ואימפדנס הקצר;
- (ה) מדידת הפסדי קצר;
- (ו) מדידת הפסדי ריקם וזרם ריקם;
- (ז) בדיקת מתח מושרה בתדירות גבוהה;
- (ח) בדיקת מתח יתר בתדירות הרשת.

בדיקות אלו נותנות תמונה ברורה על תכונות השנאי ותקינותו ואם הוא עומד בדרישות המיפרט של מזמין השנאי. כדאי לשמור תעודת בדיקה זו לשם השוואה בעת הצורך בעתיד במקרה של תקלה, תיקון וכו'.

בדיקת דגם (שנאי אחד מסדרת ייצור)

כדי לבדוק אם שנאים אלה עומדים במאמצים דיאלקטריים הנובעים מתנאי השימוש, ואם עליית הטמפרטורה בסלילים או בשמן בהעמסה מלאה של השנאי אינה עוברת את הגבול המותר המותנית על ידי חומר הבידוד, מבצע היצרן בכל סדרת שנאים חדשה בדיקות דגם. בדיקות אלו כוללות:

- (א) בדיקת עליית הטמפרטורה: בדיקה זו נעשית בדרך כלל על ידי העמסת השנאי בהפסדים כוללים,

ליפופי השנאים בהתאם למיפרטים החדשים של חברת החשמל הם כדלקמן:

- שנאים 400 ו-630 קו"א: מתח גבוה — חוט נחושת עגול; מתח נמוך — פוליו נחושת;
- שנאים 250 קו"א: מתח גבוה — חוט נחושת עגול; מתח נמוך — פוליו נחושת;
- שנאים 160 קו"א: מתח גבוה — חוט נחושת עגול; מתח נמוך — פוליו אלומיניום;
- שנאים 50 ו-100 קו"א: מתח גבוה — חוט נחושת עגול; מתח נמוך — פוליו

המעבר לליפופי פוליו נעשה בגלל עמידתו הטובה של ליפוף זה בפני הכוחות הדינמיים בזמן זרמי קצר.

תקני בדיקה

תקני הבדיקה המקובלים לשנאי חלוקה הם:

- IEC Standard 76: POWER TRANSFORMERS
- Part 1: General: 76—1 (1976)
- Part 2: Temperature Rise: 76—2 (1976)
- Part 3: Insulation Levels and Dielectric Tests: 76—3 (1980)
- Part 4: Tapping and Connections: 76—4 (1976)
- Part 5: Ability to Withstand Short Circuits: 76—5 (1976)

א. גליקר — ראש מדור בדיקות מ.ג. במעבדת חשמל למחקר ופיתוח, חברת החשמל.

דהיינו הפסדי קצר והפסדי ריקם כאשר צד אחד של השנאי מקוצר;
(ב) בדיקת מתח הלם (Impulse test): מטרת בדיקה זו היא לבדוק את עמידת כל ליפוף כלפי אדמה ויתר הליפופים בתנאי מתח הלם. בדיקה זו נעשית במיתקן מיוחד.

נוסף לכך מבצעים שתי בדיקות המוגדרות מיוחדות, והן:
(א) בדיקה בקצר מלא;
(ב) בדיקת רמת הרעש.

בדיקה לפני הכנסת השנאי לניצול

אם עברו בין תאריך בדיקת השנאי לבין תאריך הכנסתו לניצול יותר משישה חודשים, רצוי לבצע את הבדיקות הבאות (בדיקה כאשר השנאי עדיין באחסנה):
(א) גובה השמן;
(ב) נזילות, צבע;
(ג) סיליקה ג'ל;
(ד) שמן (מים חופשים ומתח פריצה בלבד).

לקיחת שמן לבדיקה (לפי תקן בינלאומי IEC 475 [1974])

כדי להבטיח תוצאות מהימנות של בדיקת השמן יש לשמור על מספר כללים כאשר לוקחים דוגמה לבדיקה:
(א) לוקחים את דוגמת השמן אך ורק משנאי תחת עומס (ראה הסבר בדיקות תקופתיות — סעיף (א)5);
(ב) משתמשים בבקבוקי זכוכית נקיים ויבשים בתכולה של ליטר אחד;
(ג) לוקחים דגימת שמן מהברז התחתון של מיכל השנאי;
(ד) מנקים את יציאת הברז ומורידים כמות שמן לשיטפת הברז (בערך ליטר);
(ה) שוטפים את הבקבוק עם קצת שמן דגימה;
(ו) ממלאים את הבקבוק עד ל-95% מתכולתו ומונעים כניסת אוויר על-ידי הורדת השמן בצורה איטית;
(ז) סוגרים את הבקבוק באופן הרמטי ושומרים אותו עד לבדיקה במקום אפל.

במשך כל התהליכים האלה יש להימנע מזהום הדוגמה.
שמן חדש צריך לענות על דרישות התקן הבינלאומי IEC 296 (1969) ושמן הנמצא בשימוש — על דרישות התקן הבינלאומי IEC 422 (1973).
בשנאים חדשים מתח הפריצה צריך להיות לפחות 50 ק"ו והחומציות המירבית 0.03 mg KOH/g.

בדיקות תקופתיות

במשך 'חיי' השנאי חלים בו מספר שינויים הנובעים מתהליך ההתיישנות של חומרי הבידוד השונים (נייר, שמן) ונוסף לכך קיימת גם ההשפעה של גורמים חיצוניים, כמו חדירת רטיבות, עומסי יתר וכו'. לפיכך רצוי לבצע בכל שנאי בדיקות וטיפולים תקופתיים. טיפולים ובדיקות אלה מתחלקים לשניים:

א. טיפולים ובדיקות כאשר השנאי בניצול

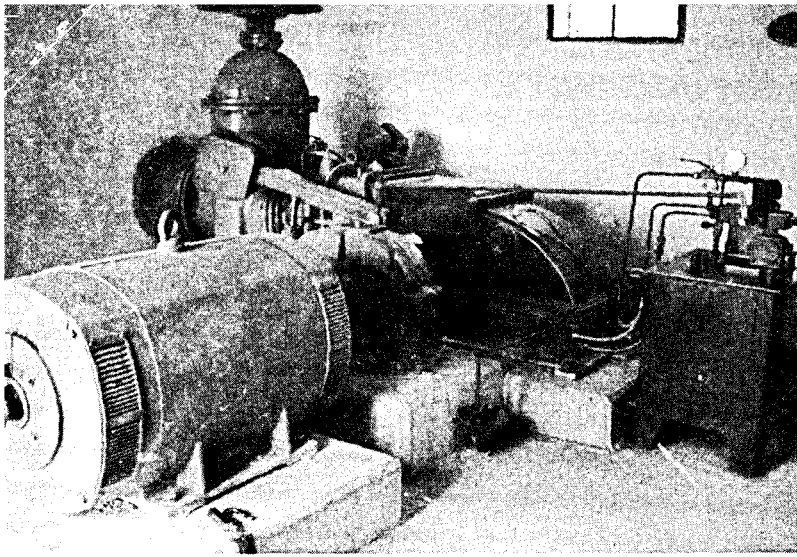
(1) נזילות שמן (בדיקה מתחת לשנאי) ומראה גובה השמן;
(2) מצב המבדדים, ברגי הארקה ואביזרים הניתנים לבדיקה כאשר השנאי בניצול;
(3) בדיקה אם הטמפרטורה של שמן השנאי לא עולה מעל למותר (במידה שהשנאי מצויד במד-חום עם מחוג נגרי);
(4) בדיקת הסיליקה ג'ל: יש להחליף את הסיליקה ג'ל ב'נושם' כאשר החלק הוורוד (הרטוב) מהווה כ-1/4 מתכולת ה'נושם'.
(5) הוצאת שמן לבדיקה: פעולה זו נעשית פעם בשלוש שנים, או מוקדם יותר בהתאם לתוצאות קודמות או אם קיים חשש לעומסי יתר. הוצאת השמן נעשית אך ורק משנאי חם (תחת עומס) היות שבמצב זה הרטיבות שנקלטה בחומרי הבידוד עברה ברובה לתוך השמן. מבצעים בדיקת שמן הכוללת: מים חופשיים, מתח פריצה וחומציות. מתח הפריצה בהתאם לתקן הבינלאומי (IEC 422 (1973) צריך להיות מעל 30 ק"ו ורצוי שהחומציות של השמן בשנאי רשת לא תעבור 0.7 mg KOH/g, אחרת קיימת הסכנה של יצירת מישקעים המכסים את ליפופי השנאי וגורמים להתחממות יתר.

ב) טיפולים כאשר השנאי מופסק

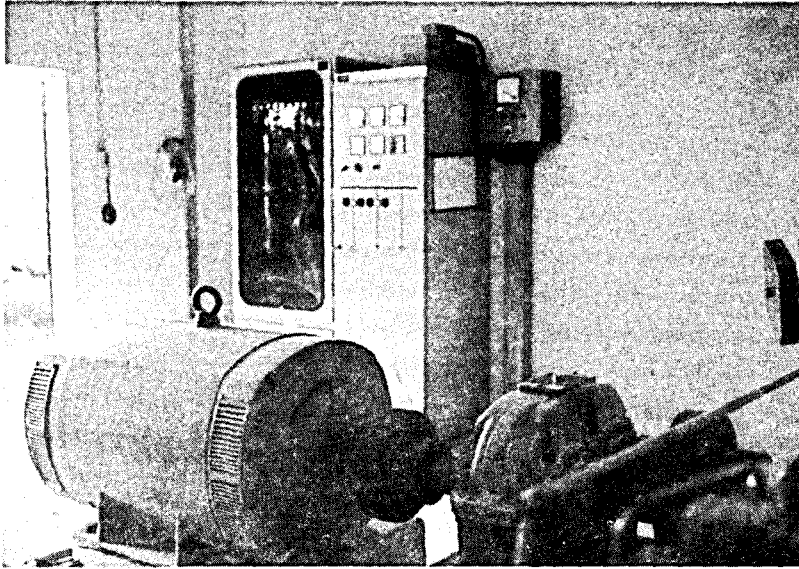
רצוי לבצע ביקורת כללית פעם בחמש שנים. ביקורת זו תכלול: חיזוק ברגי ההדקים, איתור נזילות, הוספת שמן, ניקוי המבדדים, צביעת השנאי (אם נתגלתה קורוזיה) ובדיקת שמן.
נוסף לכך יש להפסיק את השנאי אם נתגלו בו, בבדיקות המצוינות בסעיף (א) לעיל מימצאים חריגים כגון: נזילות, שברים במבדדים או אם תוצאות בדיקת השמן אינן משביעות רצון. אם נתגלו בשנאי מים או אם מתח הפריצה של השמן הוא מתחת למותר (וגם הבדיקה החוזרת מאשרת זאת) יש לייבש את השנאי כולו. במקרה שמוצאים רטיבות אן חומציות יתר אין להסתפק בהחלפת השמן בלבד ויש להביא את השנאי לבית-המלאכה לטיפול. במקרה של רטיבות יכלול טיפול זה ייבוש השמן והסיליקים ובמקרה של חומציות יתר הורקת השמן, הוצאת הגרעין ושיטפה יסודית של הסיליקים והמיכל, הכנסת שמן תקין וייבוש לפי הצורך.
אם נוהגים בשנאים לפי המלצות אלה, יש סיכוי רב שישרתו אותנו שנים רבות.

קורא יקר, חידוש המינוי — תנאי לקבלת החוברות הבאות.
מלא את הגלויה הרצופה — ושלח אותה אל מערכת "התקע המצדיע".

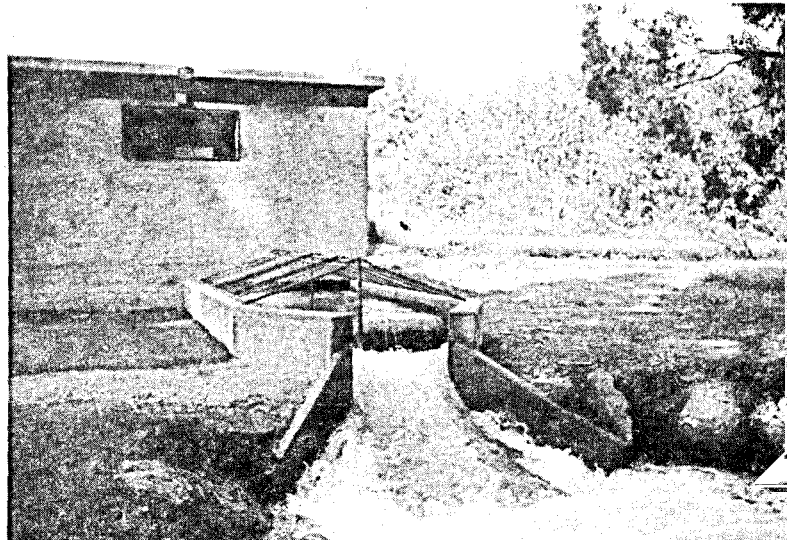
טורבינת המים
בקיבוץ הגושרים



הגנרטור משמאל וטורבינת המים מימין



הגנרטור ולוח הפיקוד



יציאת המים לאחר שסיפקו את
ההזנה לטורבינה